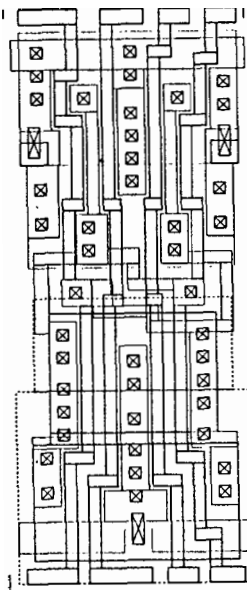


**UNIVERSIDAD POLITECNICA DE LAS PALMAS**  
**ESCUELA UNIVERSITARIA DE**  
**INGENIERIA TECNICA DE TELECOMUNICACION**  
**ESPECIALIDAD: EQUIPOS ELECTRONICOS**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**DISEÑO VLSI DE UNA BIBLIOTECA**  
**DE CELULAS EN CMOS**



**TUTOR: JAVIER LOPEZ CURBELO**

**ALUMNO: FELIPE M. SANTANA VEGA**

**JUNIO, 1989**

## INTRODUCCION

La idea que había en mente cuando se pensó en este proyecto como trabajo fin de carrera, era el aprendizaje, por parte del autor, de cómo trazar las geometrías de un circuito integrado a escala VLSI. Para ello se ha hecho un estudio de las materias necesarias en el orden que se indica en el índice de esta memoria. Es decir, primero se ha hecho una introducción histórica a los circuitos integrados, diciendo como han evolucionado hasta llegar a la era de la VLSI. Se ha descrito como es esta tecnología y las posibilidades que existen hoy en día en el mercado para este tipo de diseño.

Para la realización de la biblioteca de células en tecnología CMOS, objetivo concreto de este proyecto, se ha hecho lo siguiente. Primero un estudio del componente básico para los circuitos integrados a escala VLSI, que es el transistor MOS. Seguidamente se estudian los circuitos más utilizados de la familia lógica CMOS. En el capítulo 3 se habla de las normas que hay que seguir para este tipo de diseño; este tipo de reglas vienen determinadas por el proceso tecnológico de fabricación. El soporte básico para el diseño VLSI son las herramientas de diseño. Sin este tipo de ayuda, la concepción de circuitos a tan alta escala de

integración, sería imposible. En el capítulo 4 se habla de como están organizadas estas herramientas y se describe de forma resumida la que se ha utilizado en este proyecto (LUCIE). Por último en el capítulo 5 se expone la colección de células realizadas, con un ejemplo de interconexión y emplazamiento de este tipo de células.

## INDICE

<b><u>ANTECEDENTES</u></b>	1
• Introducción histórica	1
• Aspectos de la tecnología VLSI	4
• Alternativas de diseño	8
<b><u>OBJETO DEL PROYECTO</u></b>	16
<b><u>PETICIONARIO</u></b>	17
<b><u>MEMORIA DESCRIPTIVA:</u></b>	
<b>CAPITULO 1. ESTUDIO DEL TRANSISTOR MOS Y DISPOSITIVOS</b>	
BASICOS	18
1.1 Introducción	18
1.2 El transistor MOS	18
1.3 El transistor MOS como conmutador	22
1.4 El inversor CMOS	25
1.5 La puerta de transmisión	31
<b>CAPITULO 2. DISEÑO LOGICO Y CIRCUITOS CMOS</b>	34
2.1 Introducción	34
2.2 Lógica CMOS	34
2.2.1 Lógica combinacional	34
2.2.2 El inversor	36

2.2.3	La puerta NAND	. . . . .	37
2.2.4	La puerta NOR	. . . . .	38
2.2.5	Puertas complejas	. . . . .	39
2.2.6	Multiplexores	. . . . .	41
2.2.7	Memorias	. . . . .	42
2.3	Lógica sincronizada CMOS	. . . . .	43
2.3.1	Fases de reloj	. . . . .	44
2.3.2	El inversor síncrono	. . . . .	46
2.3.3	Elementos de almacenamiento estáticos	. . . . .	48
2.3.4	Elementos de almacenamiento dinámicos	. . . . .	52
2.4	Estructuras de entrada-salida (pads)	. . . . .	57
2.4.1	Consideraciones generales	. . . . .	57
2.4.2	Pads de alimentación	. . . . .	59
2.4.3	Pads de salida	. . . . .	59
2.4.4	Pads de entrada	. . . . .	60
2.4.5	Pads tri-state	. . . . .	61
<b>CAPITULO 3.</b>	<b>LA TECNOLOGIA CMOS</b>	. . . . .	<b>63</b>
3.1	Introducción	. . . . .	63
3.2	Reglas de diseño	. . . . .	64
3.3	Representación física	. . . . .	70
3.3.1	Ejemplos de Layout	. . . . .	74
3.4	Parámetros eléctricos	. . . . .	84
3.5	Proceso de fabricación CMOS	. . . . .	88
3.5.1	Transferencia de modelos	. . . . .	89
3.5.2	Proceso de fabricación con pozo p	. . . . .	91
3.5.3	Otros procesos CMOS	. . . . .	96

CAPITULO 4. HERRAMIENTAS DE AYUDA AL DISEÑO . . . . .	101
4.1 Introducción . . . . .	101
4.2 Automatización del sistema de diseño . . . . .	101
4.3 Descripción del editor gráfico LUCIE . . . . .	105
4.4 Traductor de LUCIE a CIF . . . . .	115
CAPITULO 5. BIBLIOTECA DE CELULAS EN CMOS . . . . .	123
5.1 Introducción . . . . .	123
5.2 Descripción de las células . . . . .	124
5.3 Reglas de diseño empleadas . . . . .	128
5.4 Listado de células . . . . .	136
5.5 Ejemplo de utilización de las células . . . . .	247
5.6 Descripción de células en CIF . . . . .	256
<b><u>BIBLIOGRAFIA</u></b> . . . . .	331

## ANTECEDENTES

### INTRODUCCION HISTORICA

Desde la aparición de la TECNOLOGIA PLANAR en 1960, tras el descubrimiento del efecto transistor en 1947 y su utilización a partir de 1955, la tecnología electrónica ha evolucionado de una forma vertiginosa.

La clave de este éxito radica en la posibilidad que ofrecía dicha tecnología de integrar diversos componentes sobre un único dado de silicio (chip). Si bien al comienzo el número de componentes por chip era reducido, pronto la tecnología fue mejorándose hasta llegar al momento actual donde pueden integrarse hasta varias centenas de miles.

Desde la aparición de los circuitos integrados (CI's) comerciales, éstos se aplicaron a los ordenadores, lo que condujo a la aparición de la llamada tercera generación. Como consecuencia de este hecho, a partir de este instante existirá una interdependencia cada vez más estrecha entre ordenadores y tecnología, pues como resulta evidente, los avances tecnológicos permiten la construcción de ordenadores más potentes que a su vez permiten diseños de CI's más

complejos y así sucesivamente.

Con el progresivo aumento de la complejidad o nivel de integración de los circuitos integrados, han sido acuñadas una serie de siglas representativas de las distintas escalas de integración. Así la serie SSI (Small Scale Integration; pequeña escala de integración) fueron los primeros circuitos integrados, que incluían unas pocas puertas o transistores. Luego aparecieron los MSI (Medium Scale Integration) y los LSI (Large Scale Integration). En 1978 aparece la VLSI (Very Large Scale Integration; muy alta escala de integración), que nos permite hoy en día la realización de circuitos de hasta 1 millón de transistores por chip, estando previsto que dentro de pocos años podamos encontrar en el mercado circuitos de varios millones de transistores/chip, utilizando para ello la ULSI (Ultra Large Scale Integration).

A medida que aumentaba la capacidad de integración, aumentaba la complejidad del diseño de circuitos. Paralelamente a esta complejidad se reducía el número de usuarios, puesto que las compañías de semiconductores no pueden crear los circuitos que necesitan las de sistemas. Por tanto, la vieja filosofía de que un fabricante concibe, diseña y produce en grandes cantidades circuitos de uso general (CI estandar) ya no es válida. Aparece la necesidad de que el usuario pueda especificar su circuito, ser diseñado por él o por el fabricante en un



tiempo razonable, y con unos costes de diseño y producción aceptables (CI "custom" o específico). Se puede decir incluso que la novedad de la VLSI no reside sólo en aspectos importantes como son, reducción del coste de un sistema, mayor número de componentes por chip, reducción de consumo y espacio, mayor fiabilidad; sino en los nuevos métodos de diseño que ha habido que concebir para manejar la complejidad inherente a estos circuitos, y en las nuevas arquitecturas digitales que son posibles.

Como consecuencia de este proceso, las alternativas que hoy día se le presentan al usuario a nivel de CI VLSI son las tres que a continuación enumeraremos, y que serán analizadas con mayor detalle en un próximo apartado.

a) **Circuitos estandar**, con funciones típicas como memorias, microcontroladores o convertidores de datos de gran capacidad y velocidad y nuevas funciones tales como generadores de voz, procesadores de señal, etc.

b) **Circuitos integrados "Semi-Custom"**, donde incluimos las redes predifundidas o "Gate arrays" y los CI's diseñados utilizando una biblioteca de células estandar.

c) **CI de diseño específico (Full-Custom)**, donde el circuito es realizado totalmente a medida del cliente.

Una vez enumeradas de forma somera las distintas alternativas de diseño que podemos encontrar, vamos a ver los aspectos más sobresalientes sobre los que se fundamenta el diseño VLSI.

## ASPECTOS DE LA TECNOLOGIA VLSI

### **a) Tecnología**

Hoy en día, el material básico para la fabricación de circuitos integrados, sigue siendo el silicio. Centrados en circuitos digitales, la familia MOS es la que predomina sobre todo a escala de LSI y VLSI. De las dos tecnologías más ampliamente difundidas (nMOS y CMOS), es la CMOS la que va adquiriendo un papel preponderante. El predominio de las familias MOS surge como consecuencia de su estructura capacitiva, lo que permite realizar un almacenamiento de carga (efecto memoria); posibilidad de mezclar circuitos analógicos y digitales en un mismo chip; existencia de estructuras únicas (capacidad conmutada); y un menor consumo. No obstante, hay que advertir que el silicio puede ser sustituido por el arseniuro de galio (AsGa), debido a que la movilidad de sus portadores de carga es cinco veces superior al caso del silicio.

### **b) Litografía**

El trabajo del diseñador de un CI finaliza cuando

tiene disponible en una cinta de ordenador una descripción geométrica de las diferentes máscaras que permitirán fabricar dicho circuito. A partir de ese momento el fabricante deberá transferir dichas formas geométricas a unas placas (generación de máscaras) o directamente sobre la oblea (impresión directa) y con ellas elaborar el circuito. Este proceso es lo que se conoce como litografía o microlitografía.

Hasta ahora las máscaras se obtienen por procedimientos ópticos (fotolitografía), pero se están introduciendo nuevas técnicas como son la litografía por haz de electrones, o rayos X. que tienen mayor resolución, algo esencial para la reducción de las dimensiones de los dispositivos. Estas formas de transferencia de modelos también ha influido en el desarrollo de la VLSI.

### **c) Diseño**

Dada la complejidad creciente de los sistemas electrónicos VLSI, debe buscarse el modo de manejarla para que el diseño sea más productivo. El proceso de diseño de un sistema integrado consiste en el paso desde una idea y sus especificaciones generales hasta la concreción del último detalle de un primer prototipo que posteriormente pasará a producción. Se trata, por tanto, de un proceso que inicialmente maneja aspectos globales para, posteriormente, ir concretándose.

Un buen procedimiento consiste en alternar entre un proceso descendente o "top-down" (especificación, síntesis, simulación y test) y otro ascendente o "botom-up" (colocación de elementos o bloques, cableado, y análisis topológico del resultado), con lo que una función compleja se realiza a través de otras más simples. La idea básica es adoptar diseños celulares en los que un pequeño circuito lógico se diseña y repite hasta obtener la función, reduciendo al máximo el cableado de conexión entre elementos.

Según la metodología anterior, el proceso de diseño comenzaría con un planteamiento de las necesidades que queremos resolver con nuestro sistema. En función de éstas, realizaremos una partición del circuito, y luego su diseño lógico, comprobaremos si es verificable (test) y obtendríamos su trazado geométrico (layout), el cual se envía al fabricante seleccionado. Una vez que el circuito ha sido elaborado se realiza el test, producción masiva y encapsulado. En todos estos pasos, existen diversas herramientas software de ayuda (simuladores eléctricos y lógicos, editores gráficos, extractores de parámetros, comprobadores de reglas de diseño, etc).

#### **d) Comprobación del circuito**

No basta con que tengamos unas buenas herramientas

software de ayuda al diseño, ni que consigamos a través de una buena metodología un diseño estructurado en un breve plazo de tiempo; es necesario que, una vez fabricado el chip, éste pueda ser fácilmente comprobado y, en caso de fallo, averiguar dónde se encuentra el mismo. Debemos, por tanto, diseñar los circuitos pensando en el test, de forma que se facilite el mismo. La clave está en garantizar dos factores:

Controlabilidad, o lo que es lo mismo, que el circuito pueda ser llevado a cualquier estado que se desee.

Observabilidad, a fin de poder conocer en cualquier momento en qué estado se encuentra el circuito.

#### **e) Encapsulado**

La elección del encapsulado no es un tema sencillo, pues tiene una gran incidencia en el coste final. Los factores que condicionan el encapsulado son: máximo número de líneas de entrada-salida, máxima disipación de potencia, rango de temperaturas de funcionamiento, fiabilidad, etc. Con la llegada de la VLSI el encapsulado de doble hilera de pines (Dual-In-Line) ya resulta inadecuado. Deben adoptarse otros como el "portador de chip" (chip carrier) o el "enrejado de pines" (pin grid).

## ALTERNATIVAS DE DISEÑO

La fig.1 muestra una clasificación de los CI's desde el punto de vista de su diferente destino. Los elementos del primer grupo, los llamados de uso general, están pensados, diseñados y fabricados por uno cualquiera de los grandes fabricantes de semiconductores y en grandes cantidades. La pauta a seguir es clara: en el primero de los subgrupos se trata de conseguir el máximo de prestaciones en un área mínima, lo que repercutirá en un mayor número de chips por oblea fabricada y, consecuentemente, en una mayor rentabilidad. La posibilidad de ofrecer unas características de funcionamiento más potentes en el segundo subgrupo o mayor cantidad de bits almacenados y mayores facilidades de lectura/escritura en el tercero, son las tendencias de estos subgrupos. La participación activa del usuario es aquí

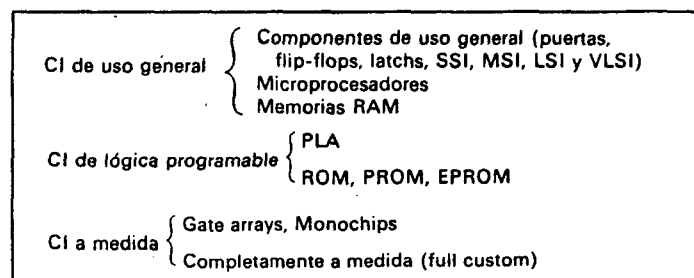


Fig.1 Clasificación de los CI's según su utilización o destino

completamente nula. El segundo gran grupo corresponde, en cierta forma, a un primer paso en el diseño a medida. El fabricante diseña el componente básico y el usuario definirá

el comportamiento final. La característica principal del tercer grupo es la intervención directa del usuario en la elaboración del diseño y en la definición de sus características.

Otra forma de clasificar las alternativas de diseño es desde el punto de vista de su estructura. Son varias las posibilidades que hoy tiene el diseñador para conseguir sus circuitos integrados. Desde las redes predifundidas o red de puertas ("gate-array"), pasando por la biblioteca de células estándar, hasta el diseño totalmente adaptado a la demanda ("full-custom"). Lo común a todos estos procedimientos es que el cliente obtiene un CI conforme a sus especificaciones. En lo que difieren es en la libertad que se le da a cada uno, lo que al final se traduce en tiempo y coste.

Seguidamente veremos las características de las alternativas de diseño más utilizadas.

#### **a) Redes predifundidas**

Un "gate array" o red lógica predifundida es un chip que contiene un conjunto de transistores (a veces también resistencias y diodos) o puertas predifundidas pero no conectadas entre sí. Por tanto consiste en un circuito lógico programable por máscara que consta de una parte estándar, formada por una serie fija de componentes, y una

parte específica del cliente, que constituye las interconexiones necesarias de todos esos componentes para lograr una determinada función.

En la fig.2 se muestra la estructura interna de un "gate array" en la que se pueden diferenciar tres partes: células lógicas, células de E/S (pads), y espacio para interconexiones. Nótese que la estructura básica es fija, mientras que lo único que varía son las interconexiones.

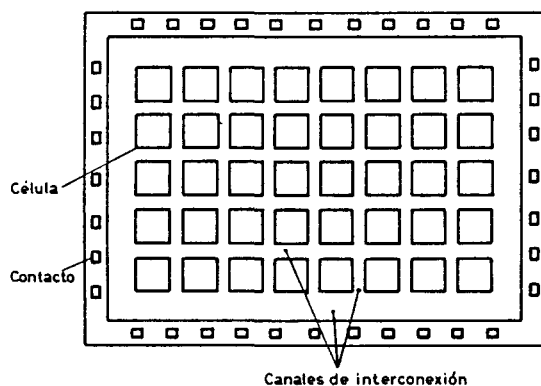


Fig. 2 Estructura interna de un "gate array"

La ventaja básica de esta solución radica en la sencillez del diseño, por requerir sólo la concepción de un circuito mediante la conexión de celdas y por la existencia de eficientes herramientas CAD de apoyo, con bajo riesgo de rediseño. Tiene un costo de desarrollo moderado y es especialmente rentable cuando se requiere un gran número de unidades. El tiempo de realización de prototipos es pequeño. El inconveniente principal es la mala utilización del silicio, debido tanto a la superficie fija de los canales de conexión o bien a la casi siempre inevitable inutilización



de algunas de las puertas disponibles.

#### **b) Diseño con células estándar (standar-cell)**

Contrariamente a un gate-array, en un "standar-cell" no existen elementos predifundidos en el chip. El diseñador debe, por tanto, diseñar todas las máscaras del CI. En esto es como un circuito integrado "full-custom", excepto que el fabricante del chip tiene a disposición del cliente una librería de células previamente definidas y caracterizadas en sus parámetros eléctricos y físicos. Esta biblioteca diseñada normalmente por el fabricante consta de una serie de funciones lógicas como puertas o biestables, funciones de entrada y salida, llegando incluso a contener sistemas mayores como microprocesadores.

Este tipo de células cubren toda la superficie disponible del chip por tanto el aprovechamiento de la superficie de silicio es muy superior al de un gate array aunque menos aprovechable que en un diseño full-custom, ya que las células no se encuentran totalmente optimizadas como en ese caso.

Un plano típico para un chip diseñado con células estándar es el que se muestra en la fig.3. Las células tipo MSI se colocan en filas separadas por canales de conexionado. Los grandes bloques funcionales LSI como una

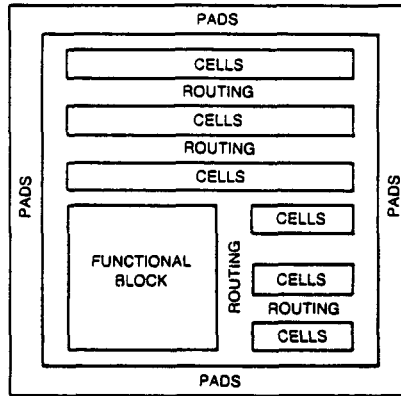


Fig. 3 Plano típico para "standard-cell"

RAM pueden estar conectado de forma óptima. Las células MSI a menudo son de altura fija, y anchura variable según la complejidad del circuito de la célula. Esto se muestra en la fig.4a. En la fig.4b se muestra el esqueleto de una célula

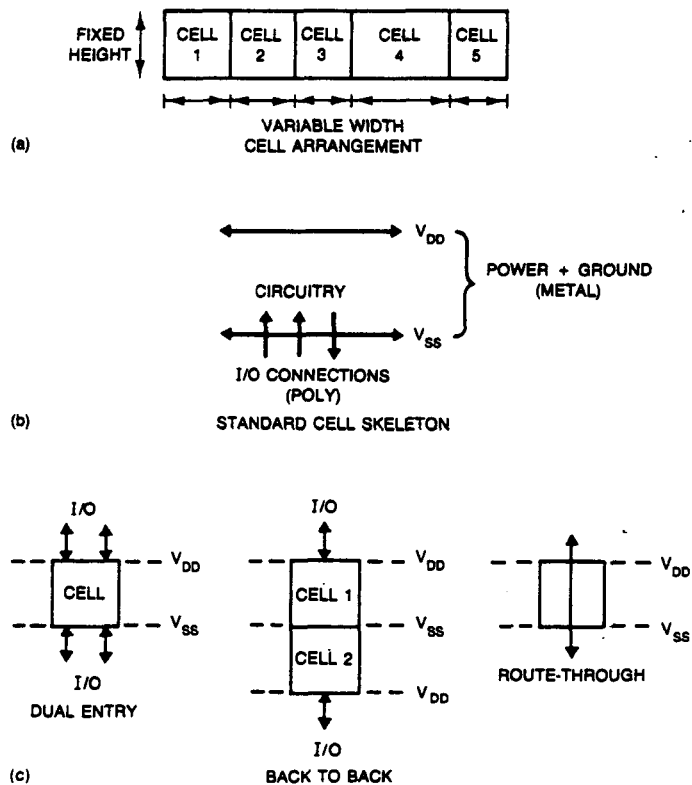


Fig. 4 Formatos de "standard-cell"

estándar, las vías de alimentación corren en horizontal en el primer nivel de metal y las conexiones de E/S de la célula corren en vertical con polisilicio o segundo nivel de metal. El acceso de E/S de las células pueden tener distintas formas como se muestra en la fig.4c.

Las ventajas son de nuevo la posibilidad de un diseño rápido y sencillo, debido a que utilizan células totalmente caracterizadas y comprobadas, y también existe un buen soporte CAD. El precio y los tiempos de entrega de muestras son, por lo general, más altos, como consecuencia de tener que realizarse el proceso de fabricación completo. Como inconveniente principal tenemos que tener en cuenta que nos encontramos limitados a la utilización de aquellas células que nos proporciona el fabricante.

### **c) Diseño totalmente a la medida ("full-custom")**

En este caso, el diseñador realiza el diseño completo del circuito ajustándose a las especificaciones funcionales concretas de éste, es decir el diseño, se hace totalmente a medida. Disponiéndose de la máxima libertad en cuanto a la creación de células o de los distintos bloques funcionales.

Frente a la ventaja que supone poder crear cada una de las partes del circuito optimizadas, en función de unas necesidades concretas, aparecen un gran número de

inconvenientes que plantean la necesidad de un estudio cuidadoso de esta posibilidad. Se requiere un alto número de unidades producidas, los plazos de diseño y fabricación son también altos, y debe cuidarse extremadamente el diseño.

A modo de resumen, la fig.5 presenta las diferencias entre los tres conceptos vistos hasta ahora.

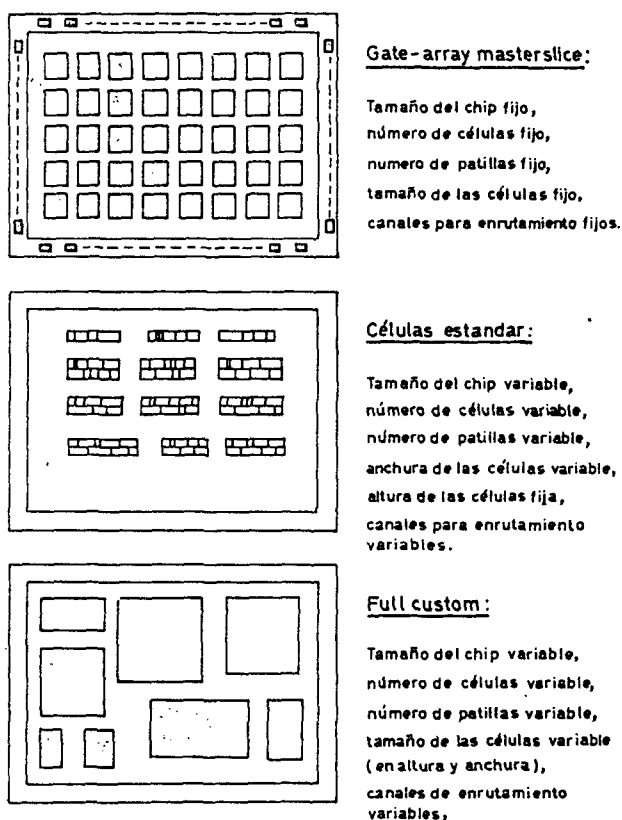


Fig.5 Diferencias en cuanto a su estructura entre los gate-array, standar-cell, y full-custom

La tendencia actual es la de ir hacia superherramientas software que generen directamente, de forma automática, las máscaras del circuito a partir de las

especificaciones, para una arquitectura dada. Es decir mediante lenguajes de alto nivel, el diseñador introduce sus circuitos lógicos (en el sistema CAD) como descripciones y no como el diagrama esquemático habitual. Es lo que se le ha dado en llamar el Compilador de Silicio.

## OBJETO DEL PROYECTO

Así como algunos fabricantes de semiconductores disponen de una librería de células estándar para el diseño de CI's semicustom, con este proyecto se ha tratado de crear este tipo de librería para el Departamento de Electrónica y Telecomunicación de la E.T.S.I.I de Las Palmas. Con esto el Departamento dispondrá en su laboratorio de un conjunto de células estándar con las que se pueden construir sistemas digitales más complejos y con las que el alumno pueda hacer prácticas de diseño VLSI en tecnología CMOS.

Otro propósito de este proyecto es su presentación como trabajo fin de carrera del alumno firmante.

## PETICIONARIO

Actúa como Entidad Peticionaria, el Departamento de Electrónica y Telecomunicación de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Las Palmas, con domicilio físico en el Campus Universitario de Tafira, de la Universidad Politécnica de Canarias.

## CAPITULO 1

### ESTUDIO DEL TRANSISTOR MOS Y CIRCUITOS BASICOS

#### 1.1 Introducción

En este capítulo veremos el componente activo básico para los circuitos integrados a escala VLSI: el transistor MOS. Nos referiremos a sus curvas de características eléctricas, y su funcionamiento como conmutador. Así mismo veremos los elementos básicos que conforman las redes digitales CMOS: la puerta de transmisión y el inversor.

#### 1.2 El transistor MOS

Un tipo de transistor por el que se propaga una sola clase de portadores de carga es el MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect-Transistor) o transistor MOS. Existen dos tipos básicos de transistores MOS: el que tiene un canal con material semiconductor tipo  $n$  y el de canal con material tipo  $p$ . La estructura de un transistor MOS de canal  $n$  es la que se muestra en la fig.1.1. Consta de dos islas de difusión tipo  $n$  incrustadas en un substrato tipo  $p$ , las cuales forman los terminales del transistor *fuentes* y *drenador*. Sobre la superficie se forma



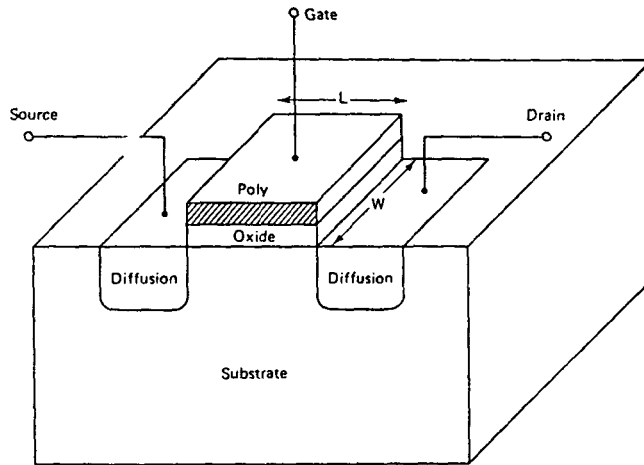


Fig. 1.1 Estructura de un transistor MOS

una delgada capa de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y encima de ésta se deposita un material de conducción hecho de polisilicio llamado *puerta*. Si el material del substrato fuera de tipo n y las islas difundidas de tipo p, se trataría de un transistor MOS de canal p. La región entre las dos islas difundidas bajo la capa de óxido es el llamado canal.  $L$  y  $W$  marcados en la figura denotan la longitud y la

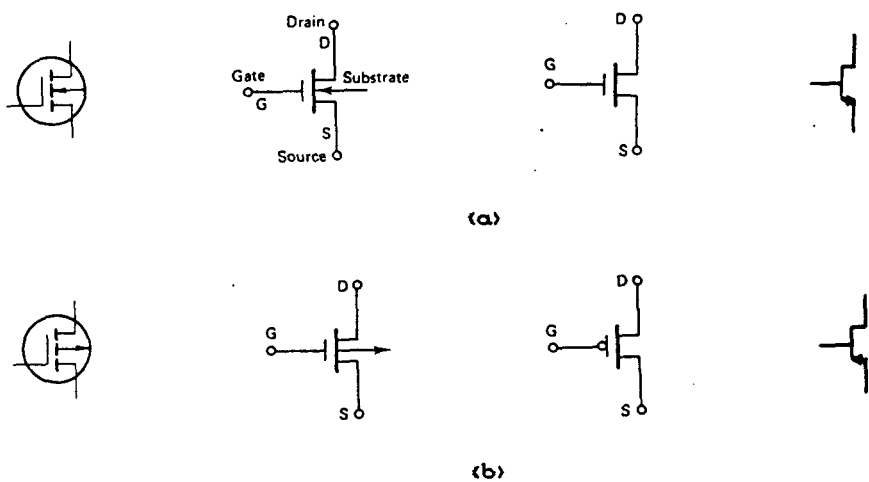


Fig. 1.2 Símbolos de los transistores MOS:  
(a) canal n; (b) canal p

anchura del canal respectivamente.

En la fig.1.2 se muestran diferentes formas de simbolizar los transistores MOSFET de enriquecimiento para ambos tipos de canal.

Las características de terminales del dispositivo se dan por una gráfica en la que se representa la corriente drenador-fuente ( $I_{ds}$ ) frente a la tensión drenador-fuente ( $V_{ds}$ ) para diferentes valores de la tensión puerta-fuente ( $V_{gs}$ ). Todos los voltajes se miden con respecto a fuente, la cual está al potencial de masa. La fuente y el substrato están al mismo potencial. En la fig.1.3 se muestran las curvas características para ambos tipos de transistores (n y p). Estas curvas nos revelan las siguientes propiedades: La corriente drenador-fuente fluye sólo cuando la magnitud de

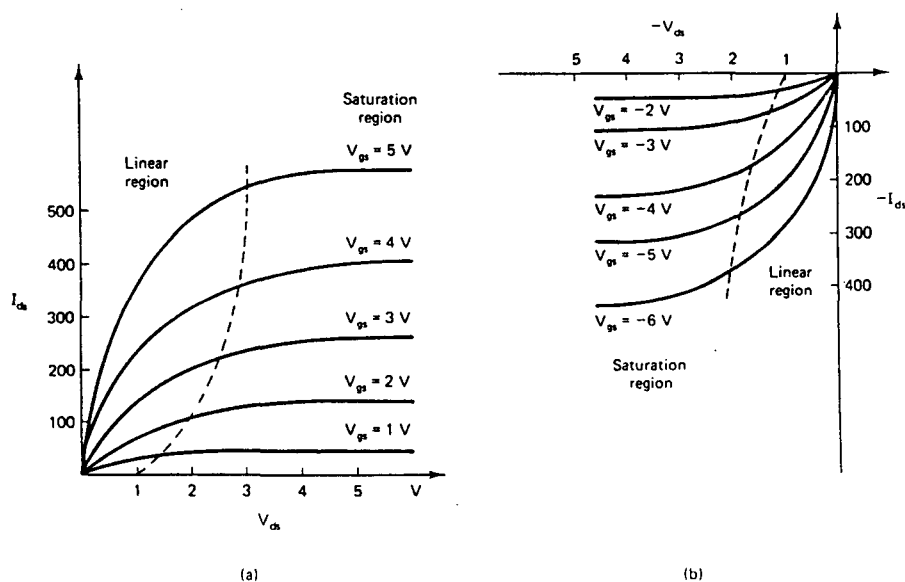


Fig.1.3 Curvas características  $I_{ds}$ - $V_{ds}$ :  
(a) transistor canal n; (b) canal p

la tensión puerta-fuente excede un valor mínimo llamado *tensión umbral* ( $V_{th}$ ), es decir cuando  $|V_{gs}| > |V_{th}|$ . Esto se observa más claramente en las curvas características  $I_{ds}-V_{gs}$  para un valor dado de  $V_{ds}$  como se muestra en la fig.1.4. Vemos que los valores de  $I_{ds}$  y  $V_{ds}$  son negativos para la curva característica del transistor canal  $p$ . En la fig.1.3 la curva característica puede dividirse en dos regiones, separadas por la línea a trazos; la región de la izquierda (derecha para el canal  $p$ ) es la llamada *región lineal*, donde el dispositivo se comporta como una resistencia controlada por tensión. La región de la derecha (izquierda para el canal  $p$ ) es la llamada *región de saturación*, donde  $I_{ds}$  permanece prácticamente constante con incrementos de  $V_{ds}$ .

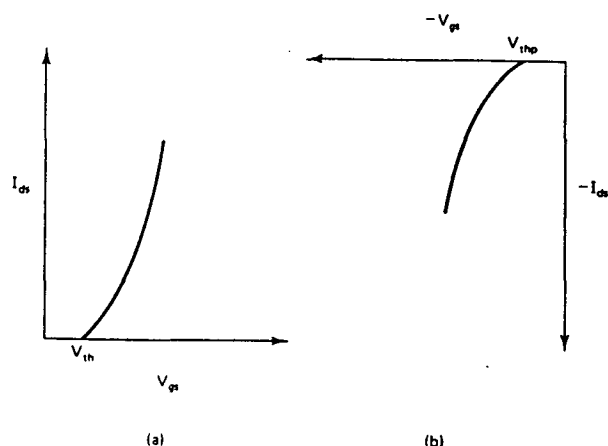


Fig.1.4 Curvas características  $I_{ds}-V_{gs}$  para (a) transistor canal n y (b) canal p

Las ecuaciones que dan la corriente drenador-fuente ( $I_{ds}$ ) para las distintas zonas de trabajo de un transistor MOS, derivadas del estudio del comportamiento físico de los semiconductores, son las siguientes:

$$\begin{array}{ll}
I_{ds} = 0 & V_{gs} - V_{th} < 0 \quad (\text{off}) \\
I_{ds} = \frac{\beta}{2}(V_{gs} - V_{th})^2 & 0 \leq V_{gs} - V_{th} \leq V_{ds} \quad (\text{saturated}) \\
I_{ds} = \beta \left( V_{gs} - V_{th} - \frac{V_{ds}}{2} \right) V_{ds} & V_{gs} - V_{th} > V_{ds} \quad (\text{linear})
\end{array}$$

donde  $\beta = (\mu\epsilon/T_{ox}) \cdot (W/L)$ ;  $\mu$  es promedio de movilidad de los portadores de carga (electrones para el canal  $n$  y huecos para el canal  $p$ ),  $\epsilon$  es la permitividad del óxido, y  $T_{ox}$  es el espesor del óxido. La movilidad  $\mu$  del transistor canal  $n$  es unas dos veces la del transistor canal  $p$ . Esto se explica por el hecho de que la cantidad de corriente que fluye a través del transistor es mucho mayor para el de canal  $n$  que para el de canal  $p$  para una  $|V_{ds}|$  y  $|V_{gs}|$  dadas.

Los tres terminales del dispositivo mantienen unos niveles de tensión tal que la carga inducida en la puerta es el fenómeno que domina el dispositivo. Este tipo de dispositivo MOS es el llamado transistor *modo enriquecimiento* ya que la formación del canal ha sido enriquecida por la presencia de tensión en la puerta. Otro tipo de dispositivo MOS de canal  $n$ , es el llamado transistor *modo empobrecimiento* o *deplexión*, que tiene un fino canal construido bajo la puerta por implantación iónica. (El transistor modo deplexión, aunque es conceptualmente posible, no se ha utilizado nunca en la práctica para circuitos CMOS ).

### 1.3 El transistor MOS como conmutador

Cuando el transistor funciona en región lineal, el dispositivo actúa como una resistencia lineal controlada por la tensión de puerta. De esta forma el transistor puede utilizarse como conmutador "on-off", como se simboliza en la fig.1.5. El conmutador se abre (off) haciendo  $V_{gs}=0$ , el canal desaparece y solo fluye una pequeña cantidad de corriente de fuga al drenador. El conmutador se cierra (on) para  $V_{gs} = V_{dd}$ , en este modo de funcionamiento fluye una corriente a través de la resistencia  $R_{ch}$  (resistencia del canal). Para el transistor canal  $p$  el conmutador está activado (on) si  $V_{gs} = -V_{dd}$ . Si el transistor está conectado

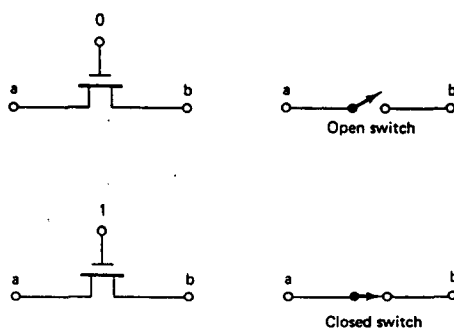


Fig. 1. 5 El transistor MOS como conmutador

en serie con un circuito de alta impedancia la corriente que fluye a través del transistor será pequeña y la caída de tensión  $V_{ds} = I_{ds} \cdot R_{ch}$  que cruza el canal también será pequeña. El switch se aplica como se muestra en la fig.1.6,

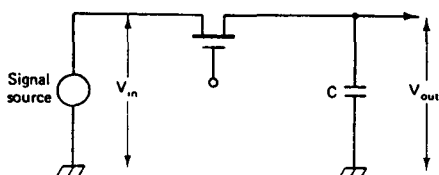


Fig. 1. 6 Transistor de paso nMOS

la tensión de entrada  $V_{in}$  puede ser cero o  $V_{dd}$  representando los niveles lógicos '0' ó '1' respectivamente. El nodo de salida  $V_{out}$  mantiene su nivel lógico previo si el conmutador está abierto, si está cerrado la capacidad  $C$  se carga al valor de  $V_{in}$  en un corto periodo de tiempo. Cuando se utiliza el transistor de esta manera se le llama *transistor de paso* o *puerta de transmisión*.

En un transistor de paso nMOS modo enriquecimiento una señal de nivel bajo '0' pasa bien, pero una de nivel alto '1' tiene una pequeña degradación como se ve en la fig.1.7a. Aunque en ambas situaciones el transistor opera en región lineal, cuando pasa un '1', el valor máximo de la tensión de salida es  $V_{dd} - V_{th}$  (valor de un 1 pobre), ya que más allá de este valor la tensión puerta-fuente caería por

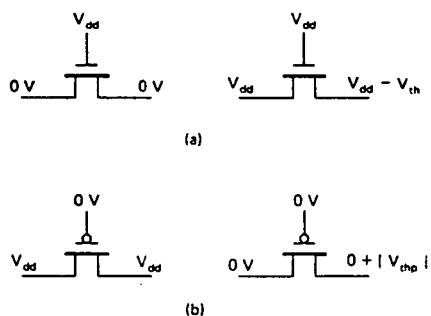


Fig. 1.7 Degradación de la señal en un transistor de paso: (a) canal n; (b) canal p

debajo del umbral y el transistor se abriría. Pero si la entrada es '0' o cualquier otro valor menor o igual a  $V_{dd} - V_{th}$ , pasaría todo salvo una pequeña caída debido a la resistencia del canal. Una situación complementaria ocurre

para un transistor de canal  $p$  como puede verse en la fig.1.7b. Cuando pasa una señal de nivel '0' el valor mínimo de la tensión de salida es  $|V_{thp}|$ , ya que por debajo de este valor la tensión puerta-fuente sería mayor que  $-V_{thp}$  y el transistor se desactivaría (off). Todo lo dicho puede resumirse en la siguiente tabla

DEVICE	TRANSMISSION OF '1'	TRANSMISSION OF '0'
n	poor	good
p	good	poor

Características de transmisión de los transistores de paso canal n y canal p

Puede también comprobarse que los dispositivos MOS son elementos simétricos, es decir pueden intercambiarse los papeles la fuente y el drenador.

#### 1.4 El inversor CMOS

La tecnología CMOS (Complementary-MOS) utiliza los dos tipos de transistores MOS mencionados al principio del capítulo, el transistor canal n (nMOS) y el transistor canal p (pMOS). En esta tecnología el dispositivo principal de conducción es el transistor de canal n y el dispositivo de carga es el transistor canal p. En la fig.1.8 se representan dos esquemas de un circuito inversor CMOS. Utilizaremos más la simbología del circuito de la fig.1.8a, pero el de la fig.1.8b también es útil ya que muestra las conexiones de los substratos. Las puertas de entrada de ambos transistores

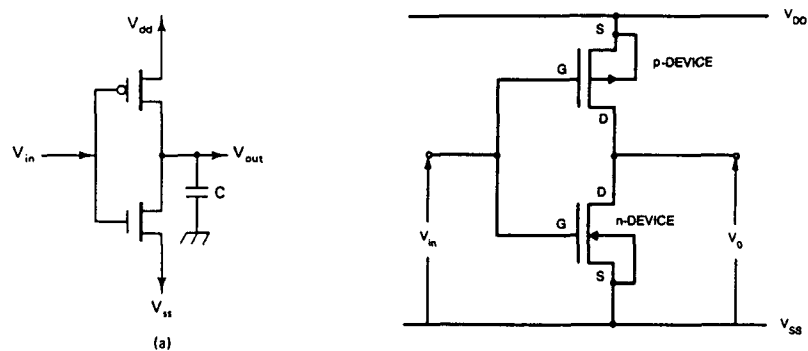


Fig. 1. 8 Dos formas de representar el circuito inversor CMOS

están unidas al punto de entrada de señal, la salida se toma del punto común a los dos drenadores.

Refiriendo todas las tensiones a masa ( $V_{ss} = 0$ ), el funcionamiento del circuito puede describirse como sigue. Cuando la tensión de entrada  $V_{in} = 0$ , la puerta del transistor canal  $p$  está a  $V_{dd}$  por debajo del potencial de fuente, es decir  $V_{gsp} = -V_{dd}$  lo que hará conducir a este transistor, ofreciendo un camino de baja resistencia a la carga capacitiva  $C$ , la cual se cargará a  $V_{dd}$ . A través del transistor canal  $n$  no pasará corriente, ya que al ser  $V_{gs} = 0$  está desactivado. Si la tensión de entrada aumenta a  $V_{dd}$ , superando la tensión umbral, el transistor canal  $n$  conducirá mientras que el transistor canal  $p$  se desactivará, descargando la capacidad de carga  $C$  al potencial de masa. Vemos que la corriente a través de uno de los transistores fluye hasta que el nodo de salida alcanza  $V_{dd}$  (cuando carga) o masa (cuando descarga).



Con las ecuaciones de la corriente drenador-fuente ( $I_{ds}$ ) dadas anteriormente para el transistor MOS, podemos hacer una representación gráfica de las *características de transferencia* tensión-corriente para los dos transistores como se muestra en la fig.1.9a. Tomando valores absolutos de

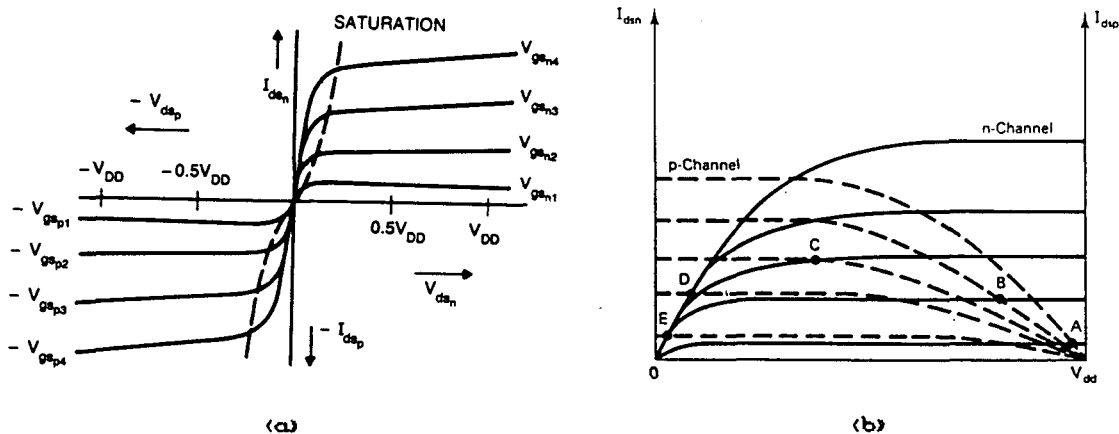


Fig. 2. 9 Gráficas derivadas de las características del inversor

la corriente  $I_{ds}$  y tensión  $V_{ds}$  del transistor  $p$  y superponiendo las curvas de ambos dispositivos se produce la curva mostrada en la fig.1.9b que representa las características de las corrientes drenador-fuente ( $I_{ds}$ ) para ambos transistores con el eje  $x$  en común.

Las características de transferencia de tensión del inversor se representa en la fig.1.10 que puede dividirse en cinco regiones de funcionamiento.

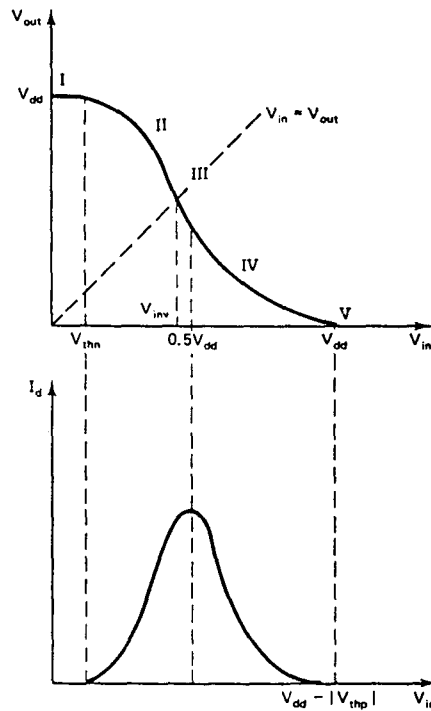
**Región I:**  $0 \leq V_{in} \leq V_{thn}$ . El transistor  $n$  está desctivado y el transistor  $p$  en región lineal, pero no hay

paso de corriente hasta que  $V_{in}$  cruce el umbral  $V_{thn}$ .  $V_{gsn}$  varía desde  $-V_{dd}$  a  $-V_{dd} + V_{thn}$ . Un punto de funcionamiento típico es el A que se muestra en la fig.1.9b, marcado como región I en la fig.1.10. La tensión de salida  $V_{out}$  permanece a  $V_{dd}$  mientras  $V_{in}$  varíe de '0' a  $V_{thn}$ .

**Región II:**  $V_{thn} \leq V_{in} < V_{inv}$ . El límite superior de  $V_{in}$  se da por la tensión umbral lógica del inversor ( $V_{inv}$ ) para esta región.  $V_{inv}$  es la tensión de salida cuando  $V_{in} = V_{out}$ . Un punto de funcionamiento típico es el B que se muestra en la fig.1.9b. El transistor  $n$  se mueve dentro de la región de saturación, mientras que el transistor  $p$  permanece en la región lineal de su curva. La corriente total que fluye a través de los transistores se incrementa y la tensión de salida tiende a caer rápidamente.

**Región III:**  $V_{in} \approx V_{inv}$ . Ambos transistores están en la región de saturación de sus curvas características, la corriente de drenador alcanza un valor máximo y la tensión de salida cae rápidamente. Un punto de funcionamiento típico es el C mostrado en la fig.1.9b.

**Región IV:**  $V_{inv} < V_{in} \leq V_{dd} - |V_{thp}|$ . Como la tensión de entrada aumenta más allá de  $V_{inv}$ , el transistor  $n$  deja la región de saturación para entrar en la región lineal, mientras que el transistor  $p$  continúa en estado de saturación. Las magnitudes de ambos, la corriente de drenador y la tensión de salida, continúan cayendo. El punto



- (I) Drive OFF; Load Ohmic
- (II) Drive SAT; Load Ohmic
- (III) Drive SAT; Load SAT
- (IV) Drive Ohmic; Load SAT
- (V) Drive Ohmic; Load OFF

Fig. 1.10 Características de tensión entrada-salida y transitorio de corriente de un inversor CMOS

de funcionamiento esta ahora en D marcado en las curvas características.

**Región V:**  $V_{dd} - |V_{thp}| \leq V_{in} \leq V_{dd}$ . En este punto el transistor canal  $p$  se desactiva y el transistor canal  $n$  se mantiene firme en la región lineal, arrastrando una pequeña corriente (punto E en la fig.1.9b), que se reduce a cero si  $V_{in}$  aumenta más allá de  $V_{dd} - |V_{thp}|$  ya que el transistor  $p$  corta el camino de corriente. La capacidad de carga  $C$  está ahora completamente descargada y la salida está conectada al potencial de masa.

En la fig.1.10 podemos ver además, las

características de la corriente transitoria y un resumen de lo dicho sobre los puntos de trabajo de ambos transistores, donde *drive* es el transistor canal *n* y *load* el transistor canal *p*. Las características de la corriente transitoria contrasta con la de un inversor *n*MOS, el cual arrastra una corriente si la entrada se mantiene a '1' lógico, mientras que el inversor CMOS no arrastra ninguna corriente en ninguno de sus estados estables de salida (excepto una pequeña corriente de fuga). Esto significa que los circuitos CMOS tienen una ventaja sobre los circuitos *n*MOS en lo que se refiere a consumo de potencia. Puesto que la corriente fluye solo durante la transición, los circuitos CMOS tienen consumo de potencia dinámica, la cual depende sólo de la frecuencia de los cambios de estado.

Otra ventaja del inversor CMOS es ser "ratioless", esto es, que la salida no depende de las dimensiones relativas de los canales de los transistores *p* y *n*, que podrían ser de tamaño mínimo. En este inversor ambos niveles lógicos se transmiten sin degradarse. Esto implica que el circuito produce mayores impulsos de tensión a la salida, resultando más inmune al ruido que los circuitos *n*MOS. Para hacer los tiempos de transición de subida y bajada simétricos, muchos de los circuitos comerciales CMOS han sido provistos de una relación fija entre la anchura de los canales *p* y *n* de los transistores para responder a la disparidad de las movilidades entre electrones y huecos. Esta relación puede variar desde 2:1 a 3:1 dependiendo del

proceso. En la mayoría de los diseños industriales, la longitud del canal normalmente se mantiene fija y la anchura es lo que se varía. Pero hay que tener en cuenta siempre que al incrementar la anchura del canal  $p$  de los transistores, la capacidad resultante produce una peor respuesta transitoria.

Otro circuito de interés es el inversor de tres estados (tri-state) que se muestra en la fig.1.11. Cuando  $cl = 0$ , la salida del inversor está en un estado de alta impedancia (la salida  $Z$  no está forzada por la entrada  $A$ ). Cuando  $cl = 1$ , la salida  $Z$  es igual a  $\bar{A}$ . Para el mismo dimensionado de los transistores  $p$  y  $n$ , este inversor es aproximadamente la mitad de rápido que el inversor de la fig.1.8.

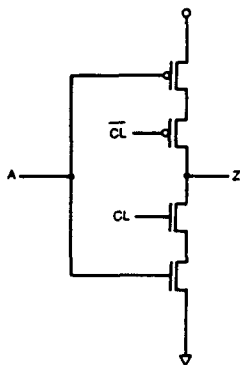


Fig. 1. 11 Inversor tri-state CMOS

### 1.5 La puerta de transmisión

Anteriormente, al estudiar el transistor MOS como

switch vimos que había una degradación en la señal; en el transistor  $n$  pasaba bien un '0' pero el '1' se empobrecía, y una situación complementaria ocurría con el transistor  $p$ .

Estos principios pueden combinarse para formar un "perfecto" elemento de paso para circuitos CMOS llamado *puerta de transmisión* o *c-switch* (fig.1.12a). Consiste en la conexión en paralelo de un transistor canal  $p$  y otro canal  $n$ , con sus terminales de fuente conectados a la entrada de señal, sus terminales de drenador conectados a la salida, y sus puertas conectadas a un par de señales de control complementarias  $C$  y  $\bar{C}$ . Cuando  $C = 1$  ambos transistores están en conducción. Si la señal de entrada es  $x = 0$  ésta pasará sin degradarse por el canal  $n$ ; si  $x = 1$  pasará sin degradarse via canal  $p$ . Cuando  $C = 0$  ambos transistores se desactivan.

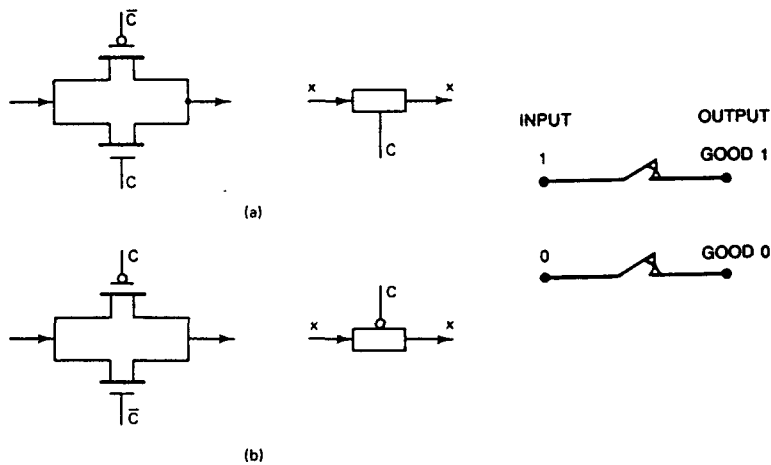


Fig. 1.12 Puerta de transmisión o *c-switch*: (a) normalmente abierta; (b) normalmente cerrada

De este modo se comporta como un interruptor "perfecto" normalmente abierto, el cual se cierra cuando la señal de

control  $C$  sea igual a '1'. Si la conexión de los terminales de puerta se invierte, tendremos un switch normalmente cerrado como se muestra en la fig.1.12b. Al lado de cada circuito pueden verse también sus símbolos respectivos.

## CAPITULO 2

### DISEÑO LOGICO Y CIRCITOS CMOS

#### 2.1 Introducción

En este capítulo estudiaremos la manera de interconectar los elementos básicos vistos en la sección anterior para construir cualquier red digital, como son la puerta NAND, la puerta OR, o los elementos de memoria básicos.

En el primer apartado veremos estos circuitos sin ninguna señal de reloj complementaria (circuitos asíncronos). A continuación veremos los circuitos básicos síncronos que utilizan una o dos fases de reloj. Por último daremos unos breves conceptos de como están contruidos los pads (elementos de comunicación intermedio entre un chip y el mundo exterior).

#### 2.1 Lógica CMOS

##### **2.2.1 Lógica combinacional**

Si colocamos dos  $n$ -switches en serie como se muestra en la fig.2.1a, esta estructura quedará cerrada (on)



cuando ambos conmutadores estén cerrados (entradas a '1'). Esto producirá una función AND. La estructura correspondiente para  $p$ -switches se muestra en la fig.2.1b. Esta composición queda cerrada cuando ambas entradas estén a '0'.

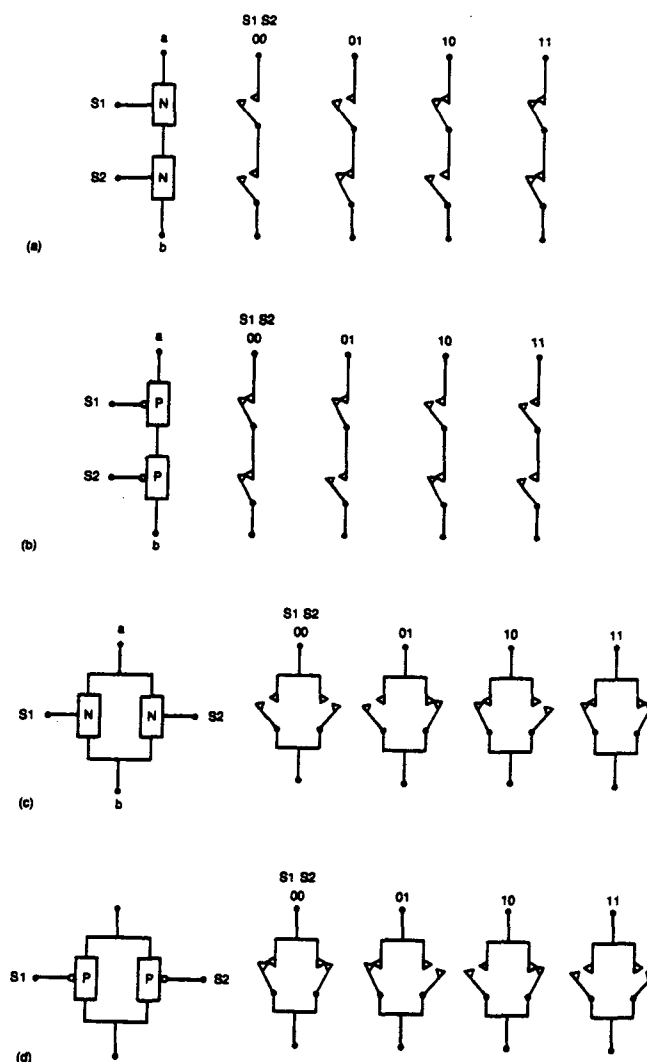


Fig. 2. 1 Combinaciones en serie y paralelo de conmutadores CMOS

Cuando dos  $n$ -switches se colocan en paralelo (fig.2.1c), la estructura quedará cerrada si un conmutador cualquiera está cerrado (una de las entradas a '1'). Así se crea una función OR. La estructura mostrada en la fig.2.1d esta compuesta de dos  $p$ -switches colocados en paralelo. En contraste con el caso previo, el conjunto queda cerrado si una de las entradas es '0'.

Utilizando combinaciones de estas estructuras, pueden construirse las puertas combinatoriales CMOS.

### 2.2.2 El inversor

Si examinamos la tabla de verdad del inversor de la fig.2.2, encontramos que cuando hay un '0' en la entrada, hay un '1' en la salida. Esto sugiere conectar un conmutador

INPUT	OUTPUT
0	1
1	0

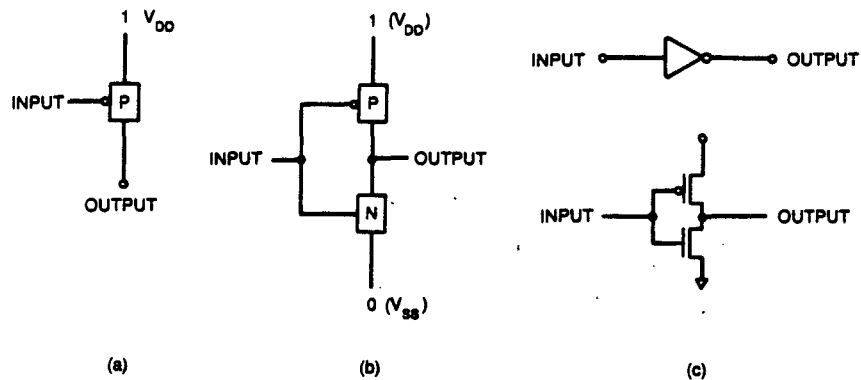


Fig. 2. 2 Construcción de un inversor CMOS

$p$  ( $p$ -switch) desde una fuente de '1' ( $V_{dd}$ ) a la salida como

se muestra en la fig.2.2a. Cuando hay un '1' en la entrada tiene que haber un '0' en la salida. Esto sugiere la adición de un conmutador  $n$  entre la salida y una fuente de '0' ( $V_{ss}$ ). El circuito completo se muestra en la fig.2.2b. En la fig.2.2c se ve el símbolo lógico y el diagrama de transistores del inversor.

En general, una puerta CMOS totalmente complementaria siempre tiene una red  $n$ -switch (pull-down) para llevar la salida a '0' ( $V_{ss}$ ) y una red  $p$ -switch (pull-up) para llevar la salida a '1' ( $V_{dd}$ ).

### 2.2.3 La puerta NAND

Una puerta NAND de dos entradas puede hacerse con las construcciones de la fig.2.1a y fig.2.1d. Estas estructuras se derivan de examinar la tabla de verdad en la fig.2.3a. El término '0', conducido por la red pull-down, dicta una estructura AND. La salida de 1's se realizará con la estructura paralelo OR  $p$ . La estructura  $n$  es la dual lógica de la estructura  $p$ . Esta propiedad se utiliza en la mayoría de las puertas lógicas puramente complementarias. El circuito y el símbolo lógico de una puerta NAND de  $n$  entradas se muestra en la fig.2.3b y fig.2.3c respectivamente. Nótese también en la fig.2.3b que una puerta NAND de  $n$  entradas se construye colocando  $n$  transistores de tipo  $n$  en serie y  $n$  transistores tipo  $p$  en paralelo.

A INPUT	B INPUT	OUTPUT
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

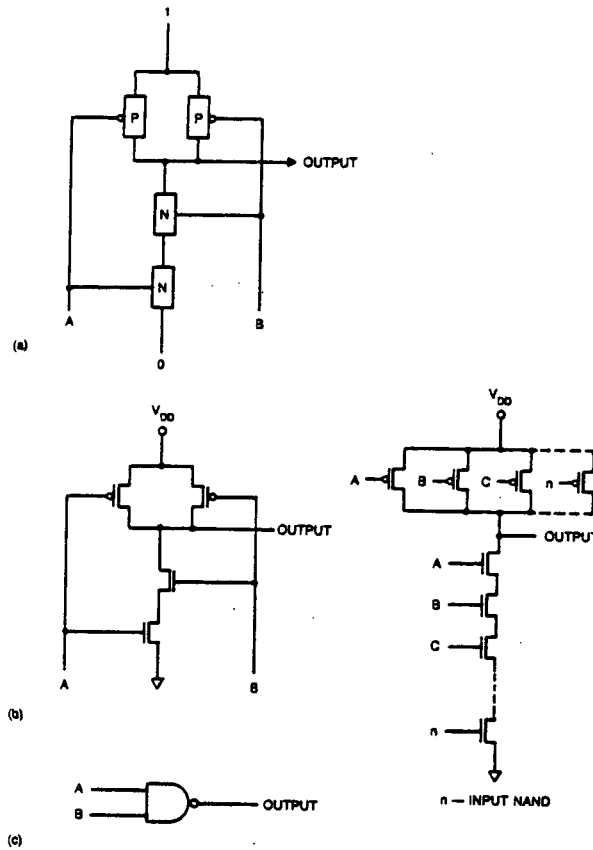


Fig. 2.3 Puerta NAND CMOS

## 2.2.4 La puerta NOR

Análogamente se construye una puerta NOR de dos entradas como se muestra en la fig.2.4a. Esta compuesta de las estructuras anteriores (fig.2.1b y fig.2.1.c) conforme a la tabla de verdad. El circuito de transistores y el diagrama lógico se muestra en la fig.2.4b y fig.2.4c. Para construir una NOR de más entradas se añaden  $n$ -switches en paralelo y  $p$ -switches en serie; se necesita un par de

A INPUT	B INPUT	OUTPUT
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

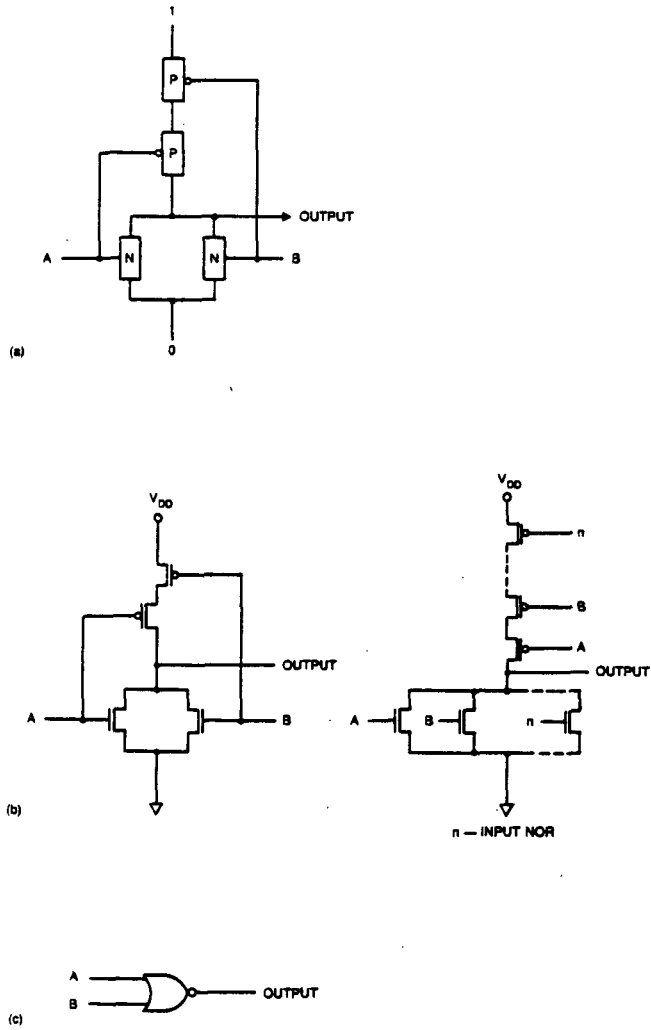


Fig. 2. 4 Puerta NOR CMOS

transistores complementarios por cada entrada como se muestra en la figura.

### 2.2.5 Puertas complejas

Para realizar funciones complejas utilizaremos

combinaciones en serie y paralelo de las estructuras vistas en la fig.2.1. Vamos a implementar por ejemplo la función  $F = \overline{((A \cdot B) + (C \cdot D))}$ , que puede descomponerse de la siguiente forma. Por el lado  $\neg$  tomamos la expresión no invertida  $((A \cdot B) + (C \cdot D))$ . Las expresiones AND,  $(A \cdot B)$  y  $(C \cdot D)$ , pueden implementarse por conexiones en serie de switches como se muestra en la fig.2.5a. Ahora realizamos la operación OR con

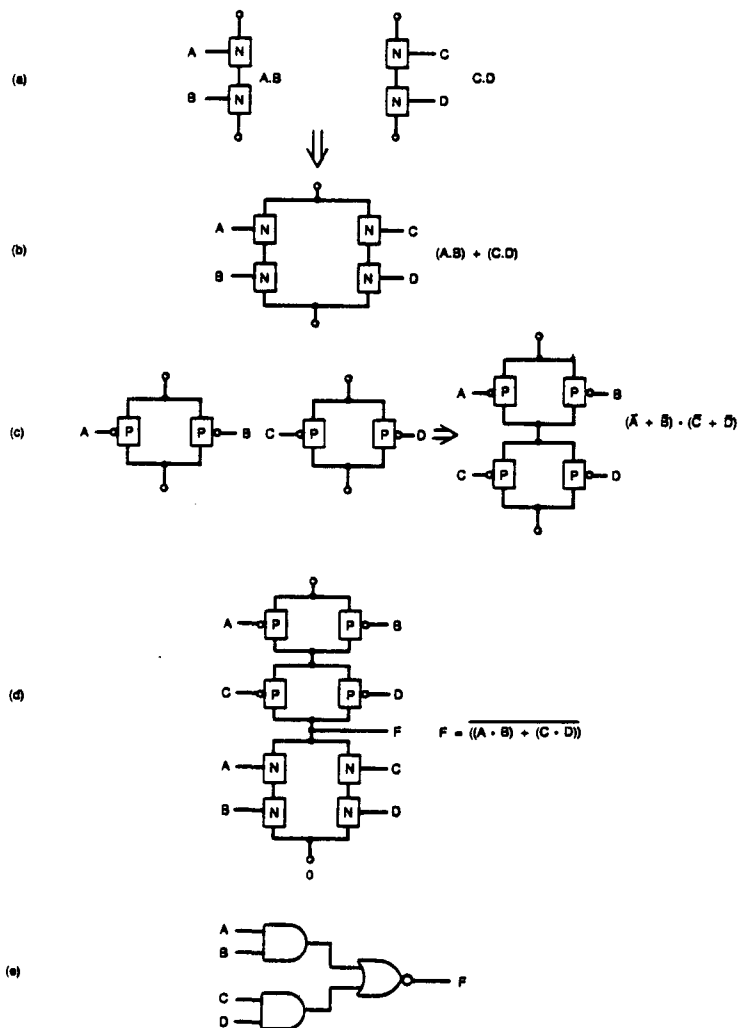


Fig. 2.5 Construcción de una función AND-OR-INV

estas estructuras poniéndolas en paralelo. Esto se ve en la

fig.2.5b. Para el lado  $p$  invertimos la expresión utilizada para  $n$ , produciendo  $((\bar{A}+\bar{B}) \cdot (\bar{C}+\bar{D}))$ . Esto sugiere dos estructuras OR que se conectarán en serie como vemos en la fig.2.5c. El paso final requiere conectar un terminal de la estructura  $p$  a '1' ( $V_{dd}$ ) y el otro a la salida. Un lado de la estructura  $n$  se conectará a '0' ( $V_{ss}$ ) y el otro a la salida en común con la estructura  $p$ . Esto produce el diagrama de conexión final de la fig.2.5d. El diagrama lógico se muestra en la fig.2.5e.

En general, las puertas CMOS pueden implementarse analizando el mapa de Karnaugh o la tabla de verdad para ambas estructuras lógicas ( $p$  y  $n$ ).

### 2.2.6 Multiplexores

Las puertas de transmisión pueden utilizarse para seleccionar entre un número de entradas, formandose así una función multiplexora. La fig.2.6a muestra el diagrama de conexión para un multiplexor de dos entradas. Como por los conmutadores tienen que pasar igualmente bien los 1's y los 0's, estas puertas de transmisión utilizan transistores de tipo  $n$  y  $p$  ( $c$ -switches). La tabla de verdad del multiplexor se muestra en la misma figura. Los símbolos utilizados para representarla puerta de transmisión son los que se muestran en la fig.2.6b. La conexión del multiplexor en términos de estos símbolos, se muestra en la fig.2.6c.

A	B	S	$\bar{S}$	OUTPUT
X	0	0	1	0(B)
X	1	0	1	1(B)
0	X	1	0	0(A)
1	X	1	0	1(A)

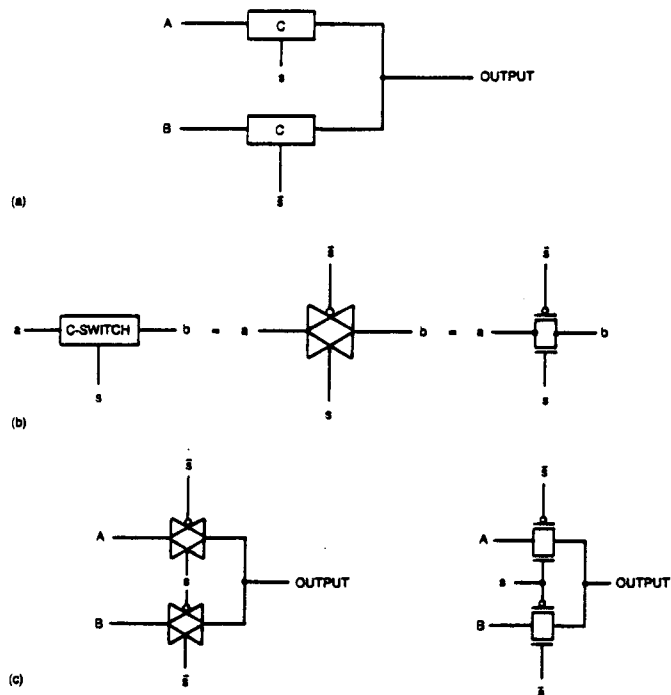


Fig. 2.6 Multiplexor CMOS de dos entradas representado de distintas maneras

### 2.2.7 Memorias

Con las estructuras que hemos visto podemos construir un elemento de memoria. Un simple flip-flop o elemento de memoria que utiliza un multiplexor de dos entradas y dos inversores es el que se muestra en la fig. 2.7a. Cuando  $LD=1$ ,  $\bar{Q}$  es igual a  $\bar{D}$  y  $Q$  es igual  $D$  (fig. 2.7b). Cuando  $LD$  pasa a '0', se establece una realimentación entre los dos inversores (fig. 2.7c). Esto causa que el estado de  $Q$  quede almacenado. Mientras  $LD=0$  la



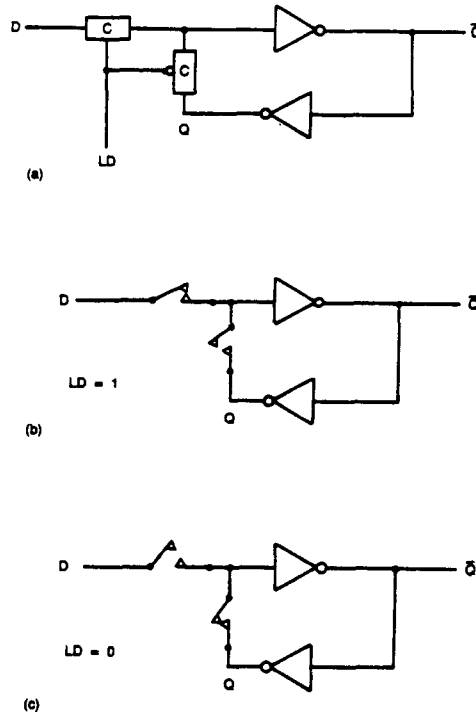


Fig. 2.7 Conexión de componentes para un simple flip-flop CMOS

entrada  $D$  es ignorada.

### 2.3 Lógica sincronizada CMOS

Hasta ahora hemos utilizado los valores lógicos '1' y '0' para describir el funcionamiento del circuito, pero en realidad, estos valores son una abstracción del proceso físico de carga y descarga de las *capacidades parásitas* en los terminales de los dispositivos y vías de interconexión. Debido a esto, los niveles de tensión en los nodos se toman un tiempo de respuesta antes de llegar a su valor final, contribuyendo así al *retardo* del circuito.

En circuitos estáticos la capacidad aparece como

un factor que contribuye a disminuir la velocidad del circuito. Pero esa capacidad tiene una virtud importante, y es que mantiene una carga, y una carga puede representar información. Si los procesos de carga y descarga ocurren en determinados momentos, en sincronía con un pulso de *reloj*, los circuitos se dicen que son *temporizados* o *síncronos*.

Sobre los elementos de memoria hay que decir que, básicamente, todos los dispositivos semiconductores de almacenamiento son estáticos o dinámicos. En un dispositivo dinámico, el almacenamiento se debe a una pequeña capacidad intrínseca que mantiene información en forma de presencia o ausencia de carga eléctrica. En dispositivos estáticos, la información almacenada se debe al estado de conducción o no conducción de un transistor. Los dispositivos estáticos necesitan más consumo de potencia pero pueden mantener la información indefinidamente. Los dispositivos dinámicos utilizan poca potencia pero necesitan un refresco periódico de la carga almacenada, que puede perderse por fuga. Además a causa del refresco requerido, los circuitos dinámicos deben funcionar a una frecuencia mínima.

### **2.3.1 Fases de reloj**

Una de las decisiones más importantes que pueden hacerse al comienzo del diseño de un circuito digital síncrono es la selección de la estrategia de reloj. Los circuitos CMOS síncronos pueden diseñarse para utilizar una

fase, dos fases, o incluso cuatro fases de reloj. Los esquemas de reloj más utilizados son la *fase de reloj complementada* ( $\phi, \bar{\phi}$ ) y las *dos fases no solapadas*.

El esquema de reloj de una fase consiste en una secuencia de pulsos (sucesiones de 1's y 0's lógicos) con una *anchura*  $W$ , un *periodo*  $T$ , y una *separación*  $g$  entre pulsos sucesivos (fig.2.8). Los puntos críticos de una fase de

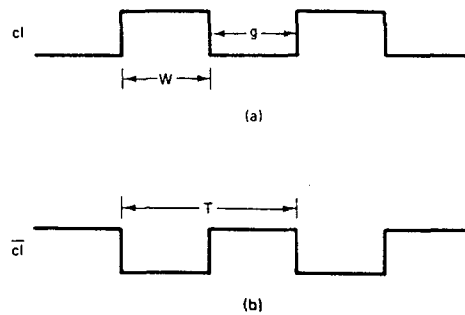


Fig. 2. 8 (a) Fase simple de reloj; (b) su complementada

reloj son el flanco de subida y el flanco de bajada, que es donde generalmente se producen los cambios de estado de un circuito.

En la fig.2.9 se representa la estrategia de reloj

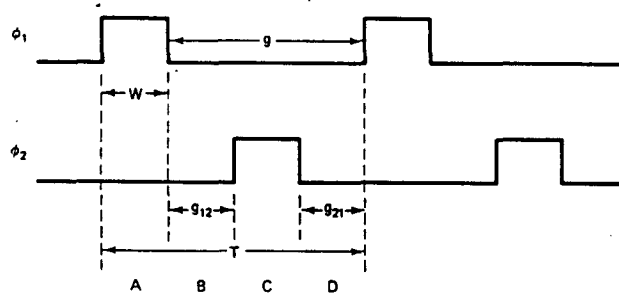


Fig. 2. 9 Dos fases de reloj no solapadas

de dos fases no solapadas, consiste en dos señales de reloj  $\phi_1$  y  $\phi_2$  separadas y sincronizadas, y con el mismo periodo  $T$ . Las zonas de trabajo de este esquema de reloj son las marcados en la figura como A, B, C, D y que constituyen el periodo total  $T$ . En estas dos fases de reloj los puntos críticos son los flancos de subida y bajada de cada una de las fases.

### 2.3.2 El inversor síncrono

Los circuitos CMOS sincronizados son circuitos dinámicos que generalmente trabajan basándose en el principio de precargar el nodo de salida a un nivel particular cuando el reloj tiene un valor '0'. Durante la fase de precarga es cuando las entradas al circuito pueden cambiar. Cuando el reloj tiene el valor '1', la salida puede cambiar al estado complementario o no, dependiendo de las condiciones de entrada.

El circuito inversor síncrono es el que se muestra en la fig.2.10a. Siempre que  $\overline{in}=1$ , y  $cl=1$ , la salida será '0' ya que se cierra el camino del nodo de salida a  $V_{ss}$ . Si  $\overline{in}=0$  y  $cl=1$  ( $\overline{cl}=0$ ), conducirán los transistores de canal  $p$  llevando la salida a '1'. Para todas las demás combinaciones la salida mantiene su valor previo. Un símbolo para este inversor es el que se muestra en la fig.2.10b, y la fig.2.10c da un ejemplo de una secuencia típica de pulsos que representa el funcionamiento del inversor. Nótese que el

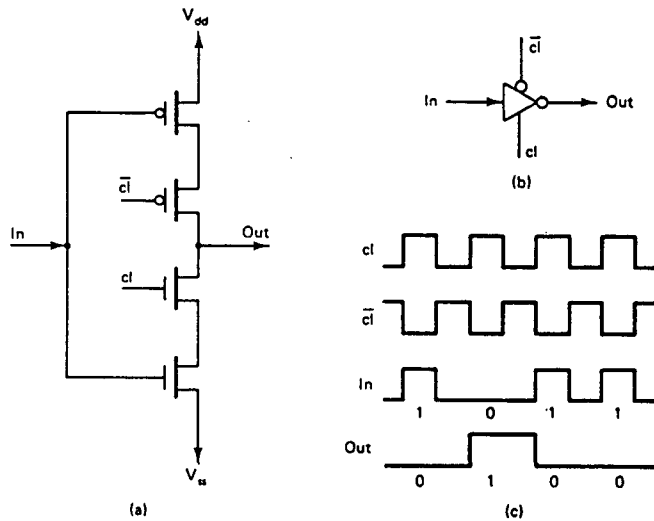


Fig. 2.10 (a) Inversor CMOS síncrono; (b) su símbolo lógico; (c) formas de onda de para este inversor

circuito funcionaría de la misma manera si se intercambia la conexión de  $\overline{cl}$  por la entrada al transistor de canal  $p$  e igualmente si se cambiara  $cl$  por la entrada del transistor canal  $n$ , llegándose a producir un total de cuatro configuraciones. La configuración que se obtiene al permutar el reloj y la entrada se utiliza cuando el dato tiene que atravesar varias etapas. En este caso el reloj carga los

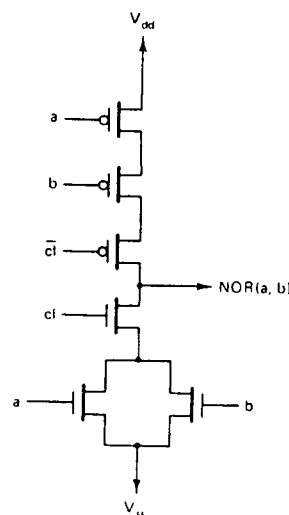


Fig. 2.11 Circuito NOR síncrono CMOS

nodos internos más rápidamente vía  $V_{dd}$  y  $V_{ss}$ . Extendiendo el principio básico de este circuito, podemos construir puertas más complejas. Por ejemplo un circuito NOR síncrono como el que se muestra en la fig.2.11.

Una alternativa a este método de diseño de circuitos CMOS es utilizar la lógica de precarga. Un circuito inversor de precarga es el que se muestra en la fig.2.12a. La salida es precargada a '1' durante el tiempo

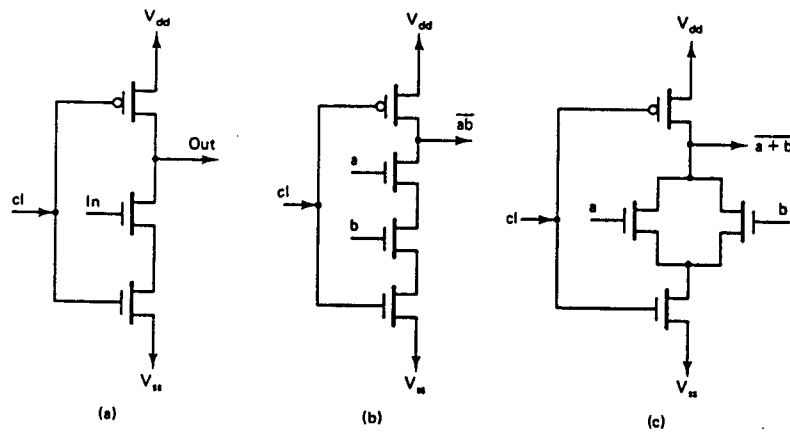


Fig. 2.12 Puertas de precarga CMOS: (a) Inversor; (b) puerta NAND; (c) puerta NOR

en que  $cl=0$ . Si  $in=1$  durante  $cl=1$ , la salida irá a masa; en caso contrario, la salida permanecerá a '1'. Con argumento similar, se puede comprobar que los circuitos de la fig.2.12b y 2.12c realizan las funciones de NAND y NOR respectivamente.

### 2.3.3 Elementos de almacenamiento estáticos

El flip-flop es el circuito básico de memoria

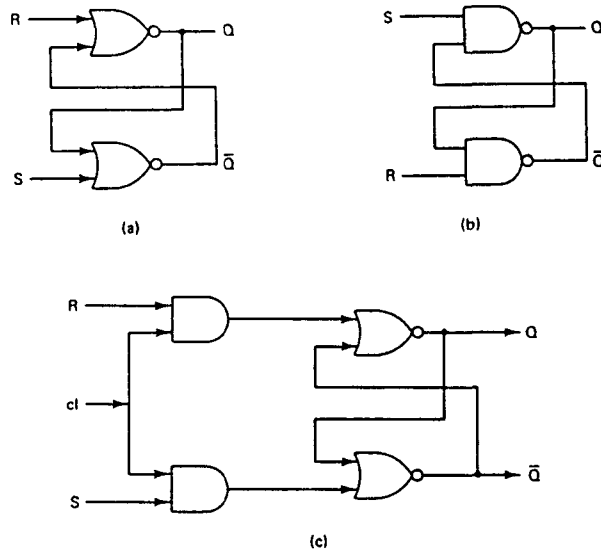
estático. En la fig.2.13a se muestra el flip-flop *RS* implementado con puertas NOR. El estado del flip-flop se representa por dos salidas complementarias  $Q$  y  $\bar{Q}$ . El funcionamiento puede resumirse en la siguiente tabla:

$S(t)$	$R(t)$	$Q(t+1)$	$\bar{Q}(t+1)$
1	0	1	0
0	1	0	1
0	0	$Q(t)$	$\bar{Q}(t)$
1	1	Not allowed	

El flip-flop *RS* también puede implementarse con puertas NAND acopladas como se muestra en la fig.2.13b. Nótese el cambio de las etiquetas Set y Reset en ambas implementaciones; el primero se activa a nivel alto y el segundo con nivel bajo. Para que el flip-flop cambie de estado, el valor de las entradas  $R$  y  $S$  deben ser estables al menos por un periodo de tiempo igual al que tarda en propagarse la señal de la entrada a la salida (*time latching*).

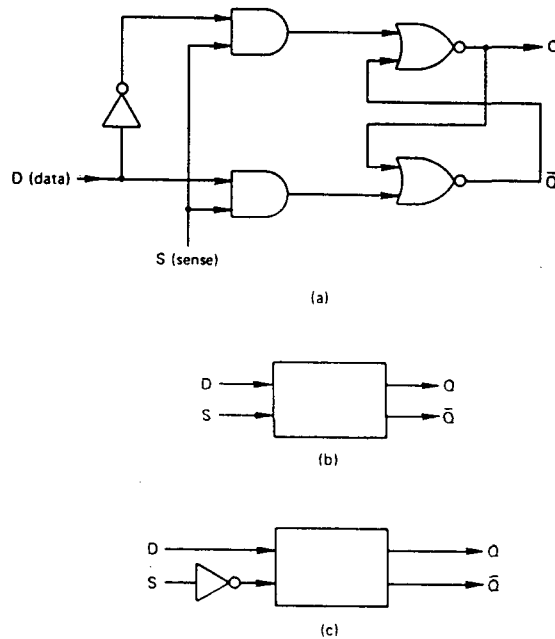
Para que el flip-flop cambie de estado en sincronía con un pulso de reloj; puede utilizarse el flip-flop *RS* síncrono que se muestra en la fig.2.13c. La mayor diferencia entre este circuito y un latch dinámico síncrono es que si los valores de  $R$  y  $S$  están a '0', el flip-flop *mantiene* su estado indefinidamente, solo cambia de estado cuando  $cl=1$  y si hay alguna señal presente en  $R$  o  $S$ . Mientras que en un simple latch dinámico, como veremos, se *propaga un dato* al elemento de almacenamiento cuando  $cl=1$ .

Una adaptación del flip-flop *RS* es el flip-flop



**Fig. 2.13** (a) ffrs implementado con puertas NOR; (b) con puertas NAND; (c) ffrs síncrono

tipo *D* (Dato), en el que el dato se carga en el interior del dispositivo mediante una señal de habilitación. Como se



**Fig. 2.14** (a) Circuito fFD; (b) su símbolo; (c) fFD que almacena con el flanco de bajada



muestra en la fig.2.14a, el dato  $D$  pasa (latched) al interior del flip-flop  $RS$  si la línea  $S$  esta a nivel alto. Cuando  $S$  cambie a nivel bajo el dato queda retenido en la célula. En la práctica un flip-flop  $D$  no se hace con este circuito. El flip-flop  $D$  se simboliza como se muestra en la fig.2.14b. Si el dato tiene que ser almacenado con el flanco de bajada de la línea  $S$ , se puede utilizar el circuito de la fig.2.14c. Poniendo estos dos circuitos en cascada como se muestra en la fig.2.15, conseguimos un flip-flop

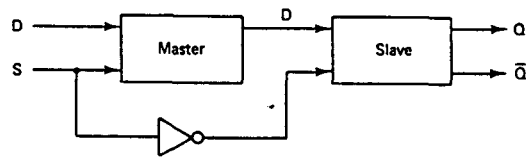


Fig. 2.15 Configuración de un flip-flop  $D$  master-slave

master-slave. El dato se almacena dentro del "latch master"

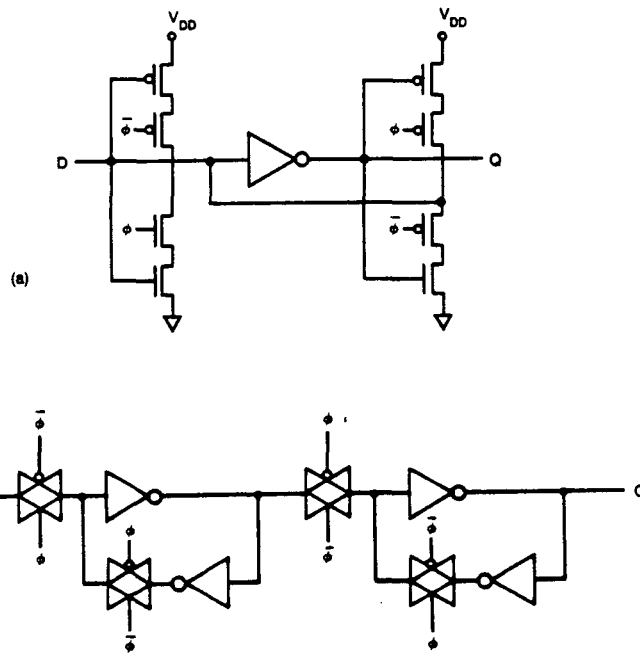


Fig. 2.16 Dos alternativas de flip-flop  $D$  estáticos

cuando  $S$  esta a nivel alto y se transfiere a la salida del "latch salve" cuando  $S$  pasa a nivel bajo. Un circuito práctico para el flip-flop master salve sería el mostrado en la fig.2.16a o el de la fig.2.16b

Como podemos observar con la relación complementaria de las dos fases de reloj no solapadas  $\phi_1$  y  $\phi_2$  y los flip-flop's tipo  $D$  se puede construir un registro de desplazamiento estático como se muestra en la fig.2.17.

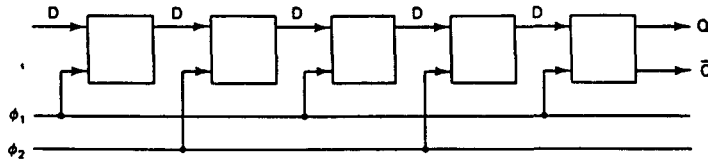


Fig. 2. 17 Registro de desplazamiento estatico utilizando ffD

### 2.3.4 Elementos de almacenamiento dinámicos

Hasta ahora hemos supuesto que la carga por fuga en los nodos no se degrada demasiado. Si esto no fuese así, los nodos de almacenamiento tendrían que ser "refrescados". Un elemento de memoria dinámico es un registro *semiestático* en el que la carga se refresca en todos los ciclos de reloj.

Un elemento básico de memoria dinámica CMOS es el que se muestra en la fig.2.18. Este circuito utiliza una puerta de transmisión y un inversor. El proceso físico de almacenar (*latching*) la señal de entrada  $X$ , consiste en presentar la señal de control, normalmente un reloj, a nivel

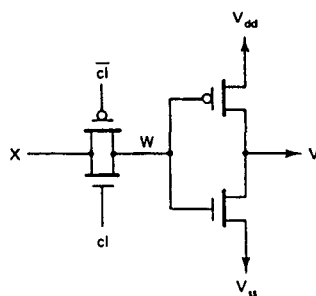


Fig. 2. 18 Latch dinámico CMOS

alto y mantener la señal de entrada  $X$  a un valor fijo de manera que la capacidad de puerta de entrada del inversor (nodo  $W$ ) pueda cargarse al valor de  $X$ . La salida del inversor  $V$  reacciona a  $X$  fijándose a su valor final después de un pequeño retardo a través del inversor.

El dispositivo de almacenamiento se llama dinámico porque la información continúa por un tiempo, mientras la carga, en el nodo  $W$ , esté por encima de la tensión umbral del inversor.

Los registros de desplazamiento dinámicos en CMOS pueden construirse utilizando simples latches y una o dos fases de reloj. Una etapa de registro de desplazamiento dinámico que utiliza dos fases de reloj es la que se muestra en la fig.2.19 (DFF1) en la que puede verse además, las formas de onda del reloj y las fases de funcionamiento. Durante  $\phi_1$  se cierra la puerta de transmisión de la primera etapa (stage 1), de este modo se almacena el nivel de entrada en la capacidad de puerta del inversor y en la capacidad de salida de la puerta de transmisión ( $C_1$ ). El

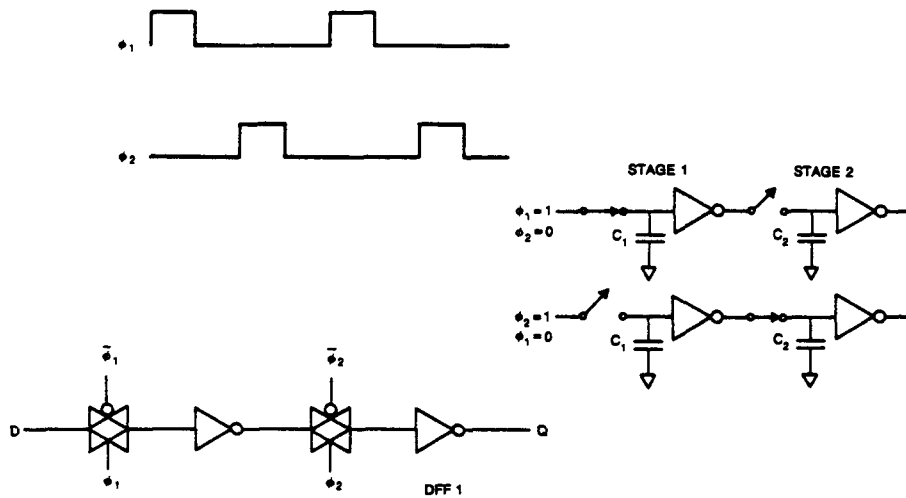


Fig. 2.19 Etapa de registro de desplazamiento CMOS con reloj de dos fases

estado de la segunda etapa (stage 2) se almacena en una capacidad similar  $C_2$ . Durante  $\phi_2$ , la puerta de transmisión de la primera etapa se abre y el valor inverso de lo almacenado en  $C_1$  pasa a  $C_2$ . Normalmente las señales de reloj local las generan dos relojes patrones que las distribuyen por medio de buffers.

Una alternativa para eliminar la puerta de transmisión en el circuito que acabamos de ver, es utilizar el inversor síncrono visto anteriormente (fig.2.10) para construir una etapa de medio registro. Este registro de desplazamiento sería el mostrado en la fig.2.20a (DFF2). Consiste simplemente en dos inversores síncronos en cascada. El funcionamiento es similar al primer latch (DFF1). Cuando  $\phi_1$  está a nivel alto, el nodo  $n_2$  será condicionalmente puesto a nivel alto o bajo por los transistores de dato  $p$  o

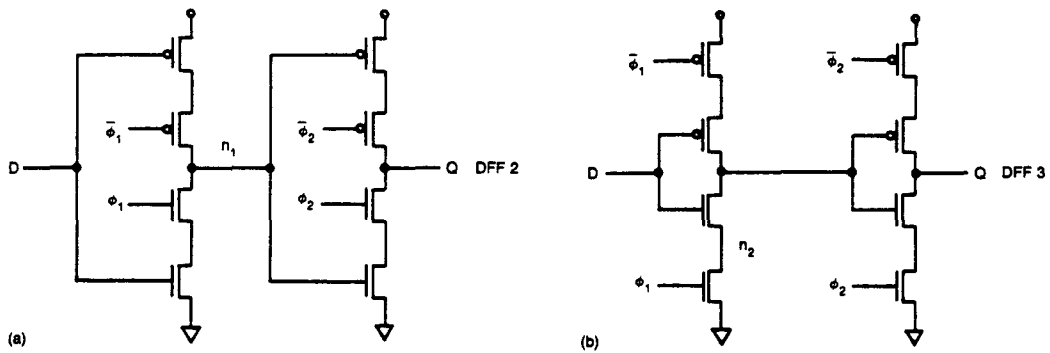


Fig. 2. 20 Etapas de registro de desplazamiento con inversores síncronos y dos fases de reloj

$n$  respectivamente. Cuando  $\phi_1$  está a nivel bajo, este valor queda almacenado ya que los transistores de reloj están al corte. La segunda etapa opera de forma similar. Una variación histórica del DFF2 es el DFF3 que se muestra en la fig.2.20b, en el que los transistores de reloj se colocan entre el inversor y las líneas de alimentación. La entrada se complementa una vez durante  $\phi_1$  y otra vez más durante  $\phi_2$  de manera que al final de un ciclo completo de reloj la salida es igual a la entrada. Estos dos circuitos tienen además la ventaja de tener un layout regular y compacto.

En la fig.2.21 se muestra otra versión de un latch

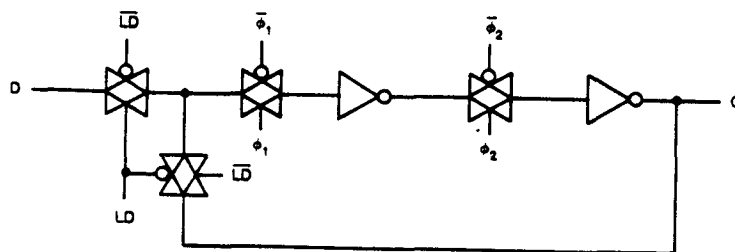


Fig. 2. 21 Latch dinámico D

$D$  dinámico. Si denotamos la entrada por  $D$  y la salida por  $Q$  su ecuación característica puede escribirse como

$$Q(t) = D(t) \quad LD=1$$

$$= Q(t-1) \quad LD=0,$$

donde  $D(t)$  es el estado del dato en el instante  $t$   
 $Q(t)$  es el estado del latch en el instante  $t$   
 $Q(t-1)$  es el estado del latch en el instante  $t-1$

En algunas ocasiones conviene reducir el número de líneas de reloj que llegan al chip. Una solución a esto sería utilizar la fase complementada de reloj ( $\phi$   $\bar{\phi}$ ). En la fig.2.22 se muestra el circuito de un registro de desplazamiento dinámico de una sola etapa y con una sola fase de reloj. Cuando  $cl=0$ , la entrada pasa a través de la puerta de transmisión  $T_1$  para cargar la capacidad de entrada  $C_1$  del primer inversor. Cuando  $cl=1$ ,  $T_1$  se abre aislando la

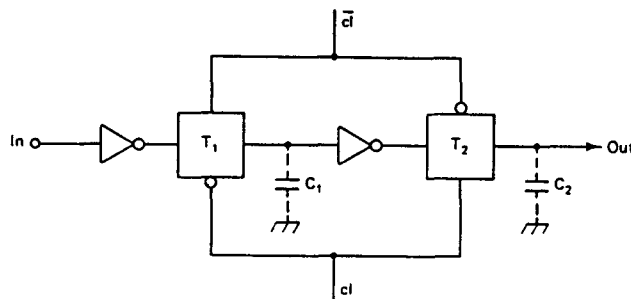
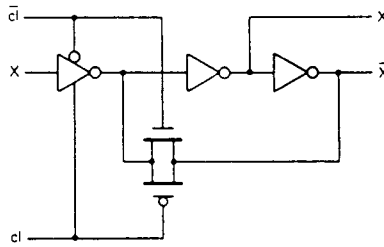


Fig. 2. 22 Etapa de registro de desplazamiento dinámico con una sola fase de reloj

carga en  $C_1$ , la cual se invierte y entrega a la salida vía  $T_2$ . Al final de un periodo de reloj, la salida será igual que la entrada. Una cascada de  $n$  células como ésta formarán un registro de desplazamiento de  $n$  bits.

Otra etapa para un registro de desplazamiento

dinámico que utiliza una fase de reloj complementada podría ser la de la fig.2.23. Este circuito tiene un inversor



**Fig. 2. 23** Etapa de registro dinámico CMOS de una fase

síncrono a la entrada que aísla a ésta del interior del latch; y dos inversores síncronos que además actúan como buffer de las salidas  $X$  y  $\bar{X}$ .

## 2.4 Estructuras de entrada-salida (PADs)

### 2.4.1 Consideraciones generales

Las estructuras I/O o pads son las que requieren más experiencia en diseño de circuitos integrados y unos conocimientos detallados del proceso de fabricación. En este apartado veremos algunas nociones básicas para construir unos buenos terminales de entrada/salida. Por ejemplo es conveniente construir los pads de I/O con una altura y anchura constante, con los puntos de conexión predefinidos. Las dimensiones del pad suelen estar en función del tamaño mínimo necesario para la soldadura. Los pad de  $V_{dd}$  y  $V_{ss}$  deben tener una localización fija. La fig.2.24 ilustra distintos emplazamientos de los componentes. La anchura de

las líneas de alimentación y masa pueden calcularse a partir

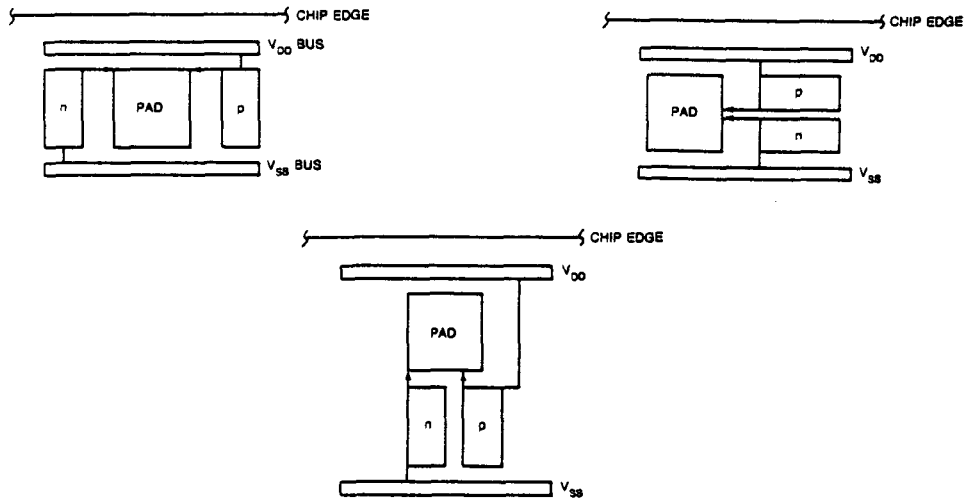


Fig. 2. 24 Distintas formas de distribuir los componentes de un pad

de la disipación de potencia del chip en el peor caso y, para suministrar buenos niveles de tensión a todo el circuito integrado. Los multiples pads de  $V_{dd}$  y  $V_{ss}$  se utilizan para reducir el ruido. Algunos diseñadores prefieren la línea de potencial cero ( $V_{ss}$ ) como la más exterior del chip. En la fig.2.25a podemos ver un modelo simple de organización de los pads.

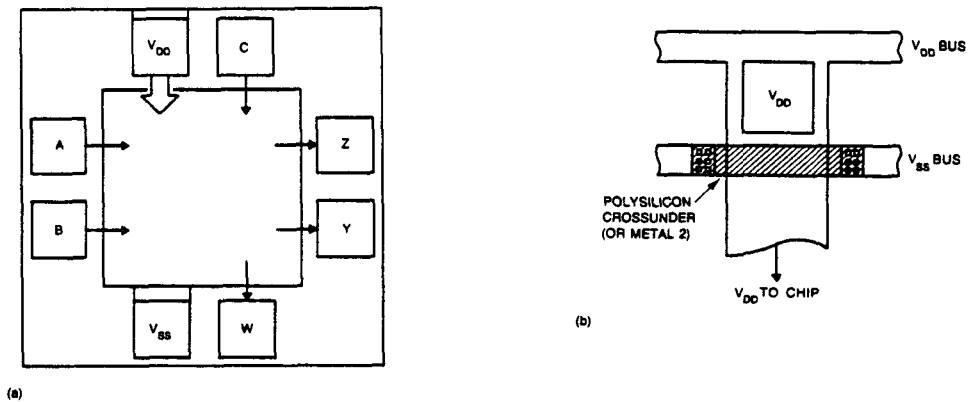


Fig. 2. 25 (a) Marco de pads I/O; (b) Diseño de pads  $V_{dd}$



### 2.4.2 Pads de alimentación

Estos pads se pueden diseñar fácilmente, simplemente consisten en un pad de metal conectado al bus apropiado. Este bus puede ser atravesado por otro tipo de vías como el polisilicio o un segundo nivel de metal, como se muestra en la fig.2.25b. El proceso con dos niveles de metal nos proporciona buenos cruces y un gran número de vías de conexión.

### 2.4.3 Pads de salida

Lo principal en un pad de salida es que debe ser capaz de atacar una determinada carga capacitiva con unos tiempos de subida y bajada adecuados. Generalmente se necesitan colocar buffers a la salida para presentar una carga mínima a la circuitería interna. Una vez estimado el tamaño de los transistores de estos buffers se construye el layout. En los pads los transistores y las corrientes que circulan por ellos suelen ser grandes, por tanto estas estructuras son más susceptibles al efecto "latch-up". Esto significa que deben separarse los transistores  $n$  y  $p$  usando los apropiados anillos de guarda (rings) unidos a las líneas de alimentación. El problema de latch-up también suele ocurrir cuando hay subida transitoria por encima de  $V_{dd}$  o por debajo de  $V_{ss}$ . Esto ocurre en los pads de entrada-salida por ser interface con circuitos externos.

### 2.4.4 Pads de entrada

El tamaño de los transistores de los pads de entrada suelen ser iguales que los de salida. A veces los transistores diseñado para los pads de salida se utilizan para los pads de entrada.

Debido a la alta resistencia de entrada de los transistores MOS y la baja tensión de ruptura del óxido (40-100v.). Estos circuitos son muy sensibles a las cargas electrostáticas. La tensión que se forman en la puerta de entrada viene determinada por  $V = I \cdot \Delta t / C_g$ ; donde  $V$  es la tensión de puerta,  $I$  es la corriente de carga,  $\Delta t$  es el tiempo tomado para cargar la puerta, y  $C_g$  es la capacidad de

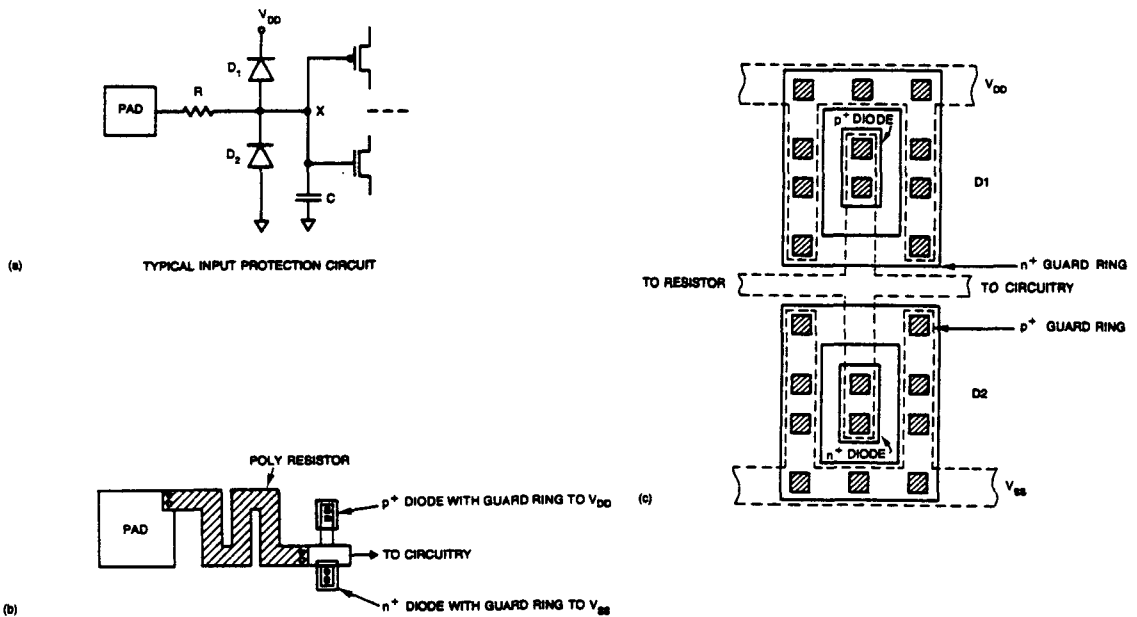


Fig. 2.26 Pad de entrada con protección de carga electrostática

puerta. Así con unos valores de  $I=10\mu\text{A}$ ,  $C_g=0.03\text{pF}$ , y  $\Delta t=1\mu\text{sec}$ , el voltaje que aparece en la puerta es de unos 330v. Para limitar este potencial destructivo se utiliza una combinación de resistencia y diodos. Un circuito típico es el que se muestra en la fig.2.26, con su layout aproximado. Los diodos  $D_1$  y  $D_2$  se activan si la tensión en el nodo X aumenta por encima de  $V_{dd}$  o por debajo de  $V_{ss}$ . El resistor  $R$  se usa para limitar los picos de corriente que fluyen a los diodos en determinados casos. Esta resistencia, en conjunto con la capacidad de entrada nos da una constante de tiempo que debe tenerse en cuenta sobre todo en los circuitos de alta velocidad.

#### 2.4.5 Pads tri-state

Un pad de tres estados (tri-state) puede construirse con un inversor de tres estados como el que hemos visto en apartados anteriores. Otro circuito es el que se muestra en la fig.2.27a. Este es más rápido debido a que tiene un menor número de dispositivos en serie.

Mezclando un pad de entrada y un pad tri-state puede construirse un pad bidireccional. Esto puede verse en la fig.2.27b.

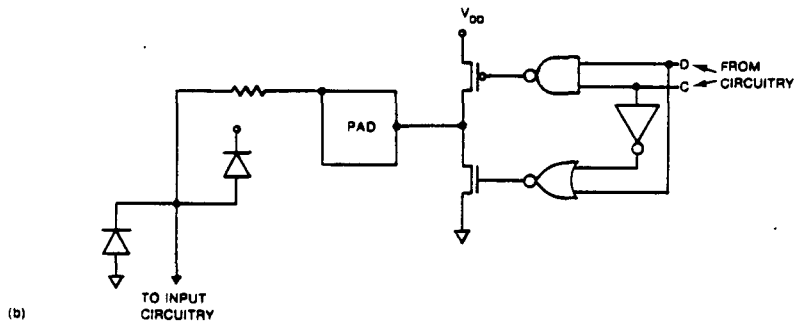
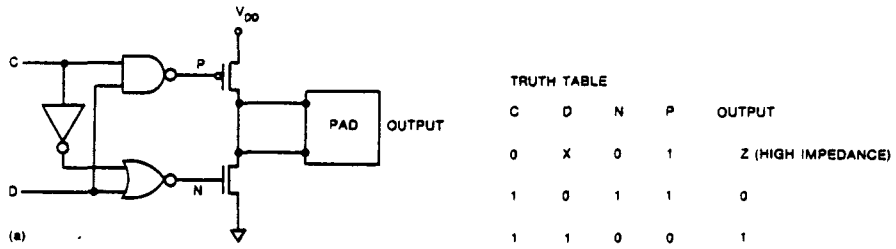


Fig. 2. 27 (a) Pad tri-state, (b) pad bidireccional.

## CAPITULO 3

### LA TECNOLOGIA CMOS

#### 3.1 Introducción

La técnica de fabricación para la implementación de un circuito integrado implica tres pasos principales: diseño de circuitos, construcción de máscaras, y fabricación.

La descripción de máscaras, o trazado geométrico de un circuito, da una especificación detallada y exacta de todas las formas geométricas que deben trazarse en la oblea de silicio a niveles de conducción (metal), semiconducción (polisilicio, o la difusión), y materiales aislantes (dióxido de silicio) que corresponden al circuito que va a ser diseñado. Esta descripción se expresa usualmente en un lenguaje de intercambio estandar llamado CIF (Caltech Intermediate Form), que es capaz de describir las estructuras geométricas planares utilizando unas simples notaciones para cada capa.

La tarea básica del proceso de fabricación es trazar éstas estructuras en la superficie del silicio. El diseñador no tiene que ocuparse de los pasos implicados en

el proceso de fabricación, pero conviene tener una pequeña idea de lo que ocurre a nivel físico para comprender mejor el conjunto de regla de diseño y parámetros eléctricos determinados por estos procesos.

### 3.2 Reglas de diseño

Existe una clara separación entre el proceso de fabricación de la oblea y el esfuerzo que ha de realizar un diseñador a la hora de crear el modelo de su circuito. Esta separación requiere, por parte del diseñador, el conocimiento de un conjunto de geometrías permitidas que están dentro de la resolución del proceso, y que no violen los requerimientos físicos de los dispositivos para las operaciones de los transistores y vías de interconexión que se han de fabricar. Este conjunto de normas geométricas son las llamadas *reglas de diseño*. Las reglas de diseño además deben garantizar que los parámetros eléctricos, tales como las resistencias y capacidades de las vías, que son determinados por las dimensiones físicas de los modelos, no se vean alterados por el tratamiento de la oblea durante el proceso. El principal objetivo relacionado con las reglas del trazado del layout es obtener un circuito con óptimo rendimiento en una geometría lo más pequeña posible sin comprometer la fiabilidad del circuito. En definitiva las reglas de diseño nos va a indicar valores mínimos de *anchuras, separaciones, extensiones, y solapamientos* de los modelos geométricos en los distintos niveles de un sistema.

La unidad de medida para expresar las reglas de diseño es la micra ( $1\mu = 10^{-6}$  metros); pero como los procesos tecnológicos de fabricación evolucionan rápidamente, permitiendo fabricar los distintos elementos cada vez más pequeños, no es lógico definir las magnitudes geométricas en unidades absolutas, ya que el valor de éstas sería efímero. Por esta razón, las reglas de diseño, se presentan en dimensiones que son múltiplos de una unidad básica de longitud. La unidad básica de medida usada es igual a la resolución fundamental de cada uno de los procesos tecnológicos que utilizemos. Todas las distancias que definamos en un diseño, estarán en función de esa unidad básica conocida como lambda ( $\lambda$ ). Las reglas de diseño en función del parámetro  $\lambda$ , nos permite trazar el layout sobre una simple cuadrícula (grid). En la siguiente tabla podemos ver como se expresa en función de  $\lambda$  algunas reglas de diseño medidas en micras.

MASK	FEATURE	DIMENSIONS	
		Micron rule	$\lambda$ rule
1: Thinox	Minimum thinox width	4 $\mu\text{m}$	2 $\lambda$
	Minimum thinox spacing	4 $\mu\text{m}$	2 $\lambda$
	Minimum p-thinox to n-thinox spacing	8 $\mu\text{m}$	4 $\lambda$
3: Polysilicon	Minimum poly width	3.75 $\mu\text{m}$	2 $\lambda$
	Minimum poly spacing	3.75 $\mu\text{m}$	2 $\lambda$
	Minimum gate poly width (p)	4.5 $\mu\text{m}$	3 $\lambda$
	Minimum gate poly width (n)	4.0 $\mu\text{m}$	2 $\lambda$
6: Aluminum	Minimum gate poly extension	3.5 $\mu\text{m}$	2 $\lambda$
	Minimum Al width	4.5 $\mu\text{m}$	3 $\lambda$
	Minimum Al spacing	4.5 $\mu\text{m}$	3 $\lambda$

Expresión en  $\lambda$  de unas reglas de diseño basadas en micras

Aunque es difícil ver todos los niveles de máscara que se utilizan en un proceso de fabricación CMOS, puede hacerse una abstracción a un número conceptual de niveles de

layout que representan la forma física de la oblea de silicio acabada. Estos niveles para CMOS son los siguientes: dos substratos diferentes; regiones dopadas de material  $n$  y material  $p$  que forman ambos tipos de transistores; electrodos de puerta de los transistores; vías de interconexión; y contactos entre niveles. Estos niveles pueden representarse con figuras de distintos colores y formas. Una representación de niveles típica para un proceso de CMOS  $p$ -well es la de la siguiente tabla:

NIVEL	COLOR	COD.CIF	COD.LUCIE
*pozo $p$	marrón	CW	ms
*óxido fino	verde	CD	md
*poly	rojo	CP	mp
*difusión $p^+$	amarillo	CS	mb
*metal 1	azul claro	CM	mm
*metal 2	azul oscuro	CN	mh
*contacto	negro	CC	mc
*pasivación	blanco	CG	mg

en la que además pueden verse sus correspondientes códigos para los ficheros de descripción en los lenguajes CIF y LUCIE.

Utilizando  $\lambda$  como unidad de longitud elemental en el diseño de un circuito integrado, vamos a ver como se han de dimensionar los distintos elementos de que disponemos en un circuito. Las reglas de diseño CMOS pueden variar según



el proceso ( $n$ -well, twin-tub, etc). Las reglas que se muestra a continuación son sólo representativas y son el resultado de hacer un promedio de un gran número de procesos.

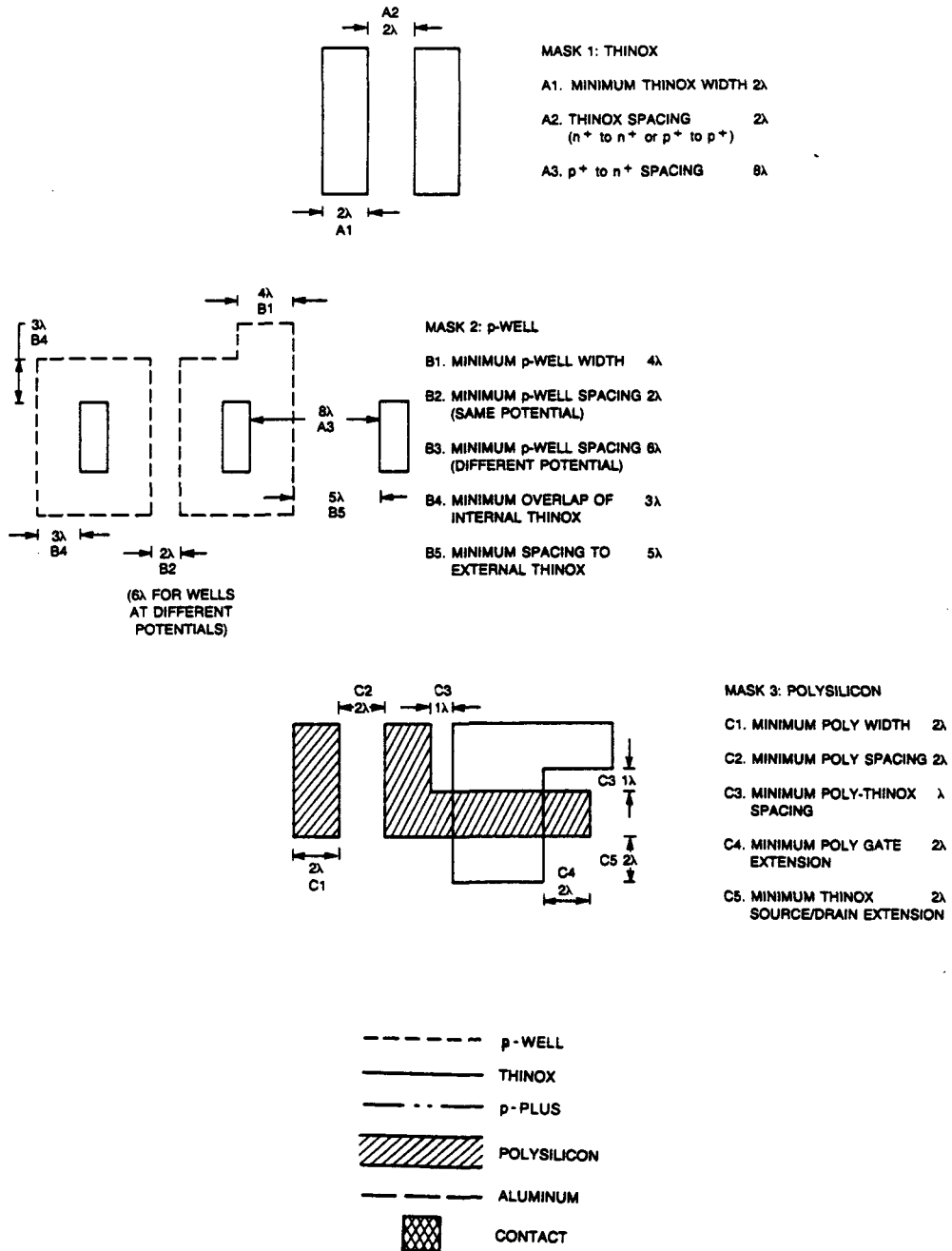


Fig. 9.1 Reglas de diseño CMOS p-well: óxido fino, p-well, transistor

Sobre estas primeras figuras hay que decir que un transistor se forma siempre que una vía de polisilicio  $\geq 2\lambda$  cruce otra vía de difusión de anchura  $\geq 2\lambda$ . Para evitar un cortocircuito en difusión entre la fuente y el drenador, la puerta de polisilicio debe extenderse en ambos lados al menos  $2\lambda$ . De forma similar, para garantizar que exista un canal por donde fluya corriente, las difusiones de drenador y fuente deben extenderse más allá del poly al menos  $2\lambda$ .

En la fig.3.2 puede verse las reglas del óxido fino y  $p^+$ , la separación de estas difusiones con respecto al poly, la separación entre metal, y las normas para los contactos. Un área de transistor canal  $p$  debe estar rodeada por una implantación  $p^+$  de  $2\lambda$ . La regla marcada en la fig.2.2 como 'E7' es un contacto especial para conectar el pozo  $p$  a  $V_{cc}$  o masa. Consiste en un contacto de óxido fino-metal rodeado de región  $p^+$   $2\lambda$ . La estructura completa se incrusta en una región  $p$ -well conservando un espacio de al menos  $3\lambda$  entre el óxido fino y el borde del pozo. El óxido fino y el metal pueden formar un contacto dentro del pozo  $p$  ('E5'). Esto se suele utilizar para obtener una señal en metal desde dentro de la región  $p$ -well. Si se tiene que sacar el óxido fino de la región  $p^+$ , se utiliza un *contacto dividido* (split contact). Esto consiste en un contacto de metal-óxido fino de  $4 \times 8 \lambda$ , del que la mitad sale de la región  $p^+$ . Los contactos divididos se utilizan para conectar las fuentes de los transistores a la alimentación o masa a través de los substratos.

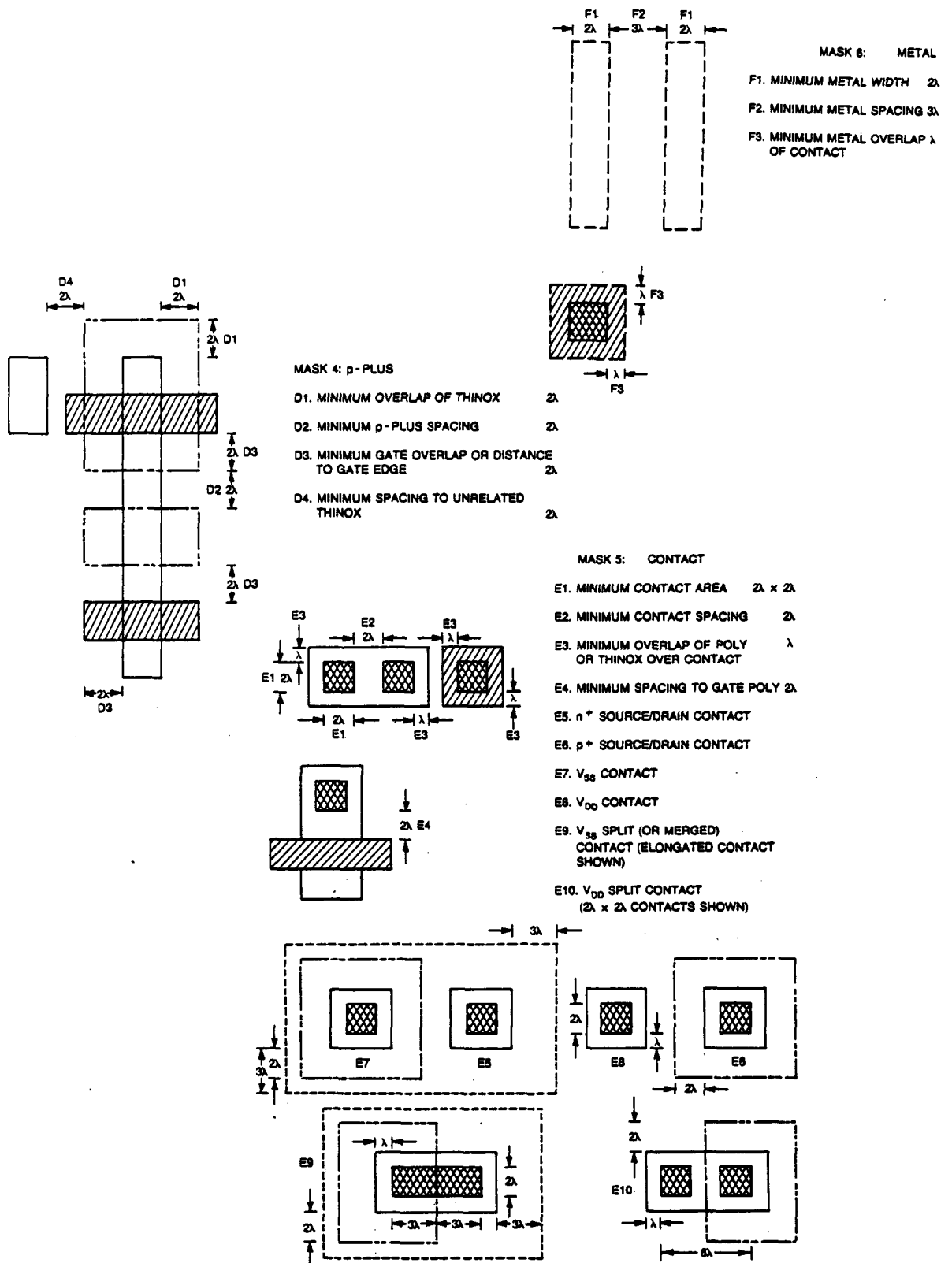


Fig. 3.2 Reglas de diseño CMOS p-well: pt, contactos, metal

En la fig.3.3 se muestran unos anillos de guarda (ring). Los anillos de guarda son difusiones  $p^+$  en el sustrato  $p$  y difusiones  $n^+$  en el sustrato  $n$ , se utilizan en estructuras muy susceptibles a efectos de latch-up como son los pads. En una estructura los anillos de guarda  $p^+$  deben conectarse a  $V_{ss}$ , mientras que los anillos  $n^+$  deben unirse a  $V_{dd}$ .

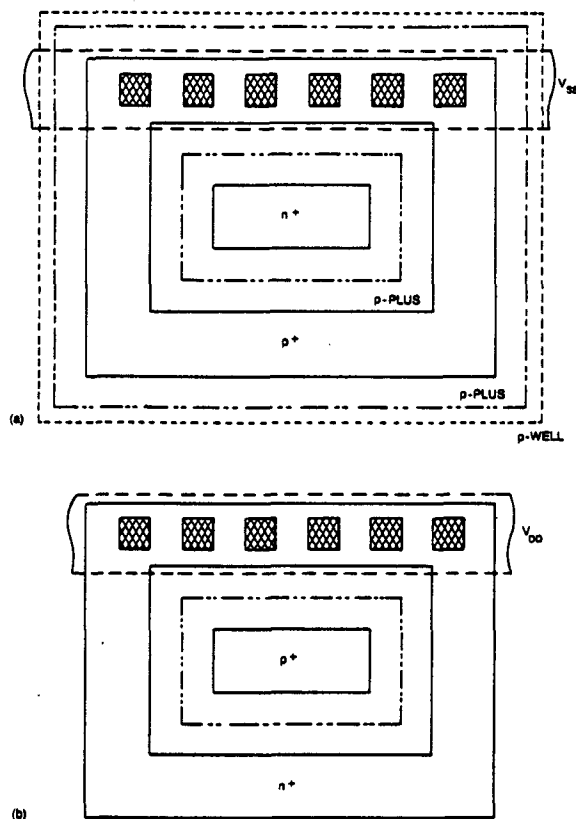


Fig. 3.3 Construcción de anillos de guarda: (a)  $n^+$ ; (b)  $p^+$

### 3.3 Representación física

La representación física (layout) de un circuito se utiliza para definir como debe construirse una estructura específica para que tenga un comportamiento determinado. El

nivel más bajo de representación física es la descripción de las fotomáscaras que se utilizan en el proceso de fabricación.

Una típica representación física para un transistor canal  $n$  consiste en dos rectángulos como se muestra en la fig.3.4a. En este caso se reflejan dos niveles del proceso, una capa corresponde al electrodo de puerta y la otra a la fuente y el drenador. Un símbolo similar se utiliza para el transistor de canal  $p$  como se muestra en la

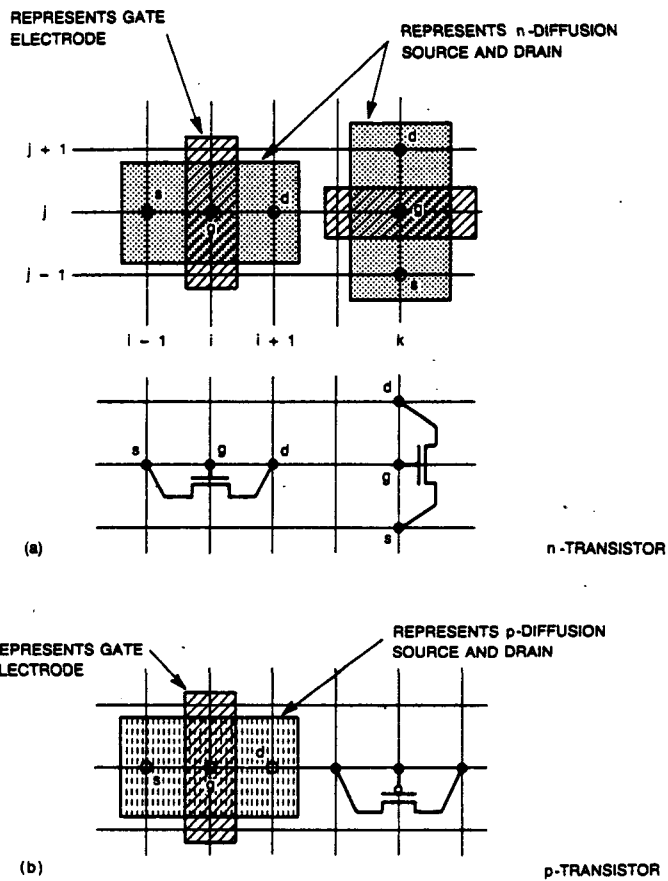


Fig. 3.4 Representación física de los transistres: (a) canal  $n$ ; (b) canal  $p$

fig.3.4b. Estos símbolos están trazados sobre una cuadrícula (grid). Los símbolos de estos transistores ocupan 3 puntos del grid. El punto central corresponde a la situación de la puerta del transistor. El punto a la derecha (o superior) es el drenador y el punto a la izquierda (o inferior) corresponde a la fuente. Estos dos terminales son intercambiables. También se muestra el símbolo esquemático de los transistores con sus terminales conectados a los puntos del grid que le corresponden.

La idea de utilizar un grid simbólico es para dividir la superficie del chip en una zona uniformemente espaciada en ambas direcciones X e Y. Con esto, principalmente, conseguimos medir y controlar las reglas de

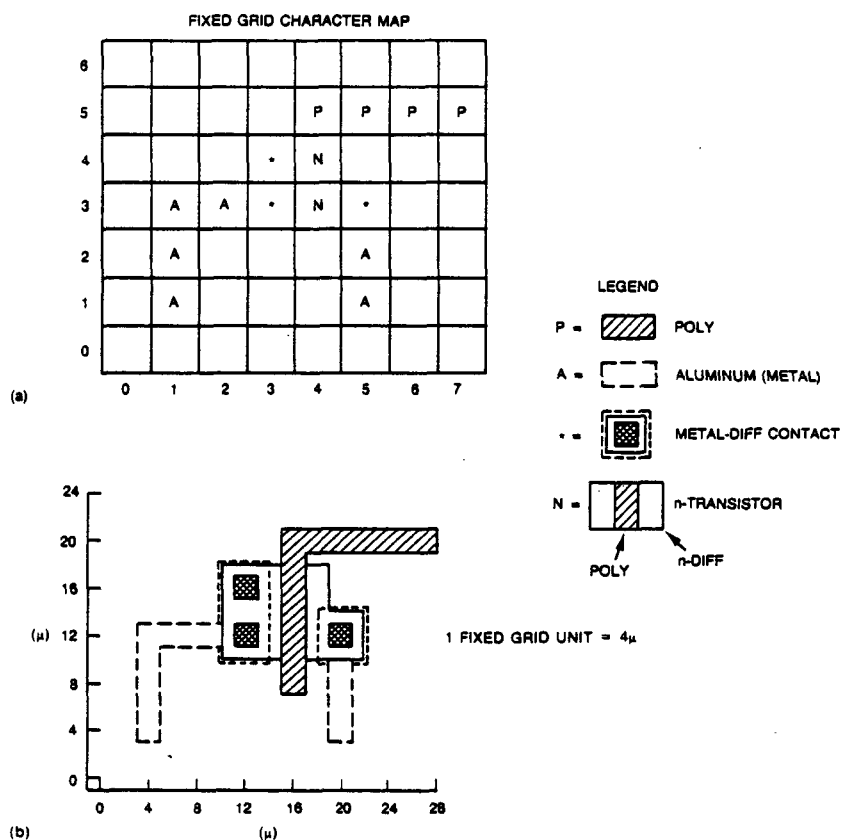


Fig. 3.5 Layout fijado sobre un grid

diseño. El tamaño de cada cuadro del grid representa la tolerancia mínima, permitida por la resolución del proceso de fabricación, para la anchura o separación de un modelo. Para cada nivel de máscara que se va a trazar sobre un grid, existe un símbolo definido. La fig.3.5 muestra un conjunto de símbolos típicos y un layout basado en estos símbolos. En la fig.5.6a vemos como quedaría esa representación física sobre el grid a partir de sus dimensiones en micras.

A continuación vamos a construir el layout de un inversor sobre un grid. Para ello necesitamos cuatro capas de conexión; la interacción entre estos niveles se resume en la siguiente tabla:

	n-DIFFUSION	p-DIFFUSION	POLYSILICON	ALUMINUM
n-diffusion	OK	X	Transistor	OK (C)
p-diffusion	X	OK	Transistor	OK (C)
polysilicon	Transistor	Transistor	OK	OK (C)
aluminum	OK (C)	OK (C)	OK (C)	OK

#### Interacción entre capas

O.K. denota que puede hacerse una conexión, mientras que X designa que no se puede hacer una conexión directa entre los dos niveles. OK(C) requiere un contacto entre los dos niveles. Así en la fig.3.6a se muestra el layout para un inversor; en la fig.3.6b se muestra el layout para una puerta de transmisión, también fijado sobre un grid. Estas representaciones gráficas, que se utilizan cuando disponemos de una pantalla gráfica para el diseño, también pueden ser expresadas con caracteres alfanuméricos utilizando un

lenguaje de descripción como es el CIF.

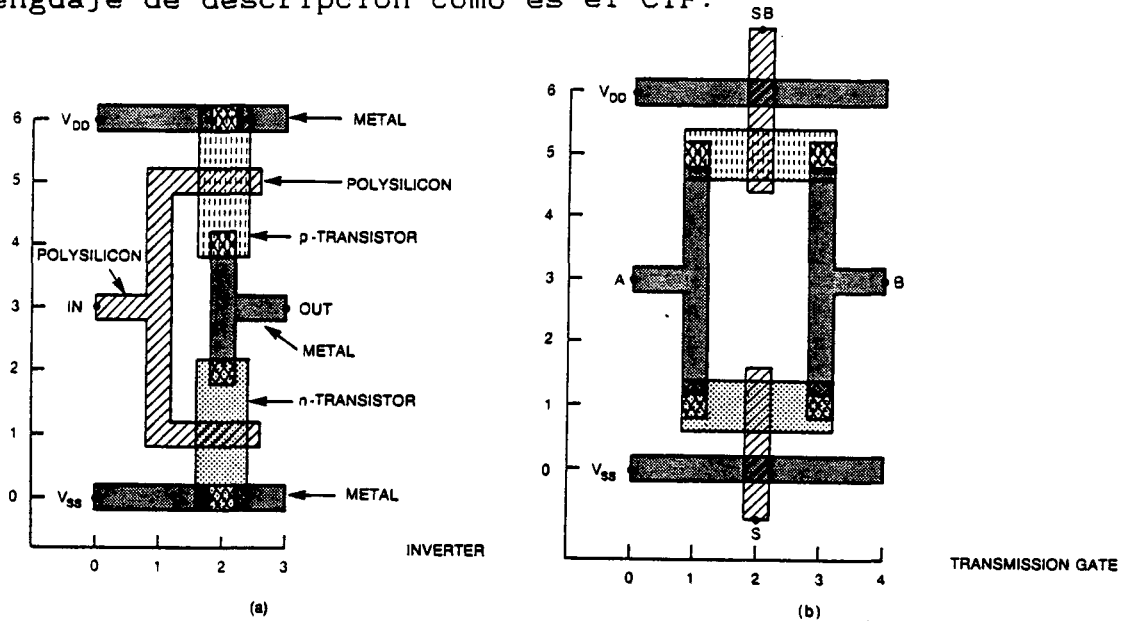


Fig. 3.6 Layout sobre un grid de elementos básicos

### 3.3.1 Ejemplos de Layouts

Seguidamente veremos la representación física (layout) de algunos circuitos básicos en forma casi de diagramas de barras (Stick layout). Estos diagramas son una etapa de paso entre los diagramas eléctricos de un circuito y la disposición geométrica de esos circuitos. Consisten en representar la topología de un circuito simplemente con líneas y puntos de contacto. Así tenemos en la fig.3.7 otras dos formas de representar un inversor CMOS distintas a la que se ha visto en el apartado anterior. Nótese que en esta representación simplificada no se ha marcado los contactos al substrato, ni los transistores tienen las proporciones adecuadas. En estas representaciones los transistores están alineados horizontalmente, pero en los de la fig.3.7b además, se han hecho de tal forma que la célula pueda ser



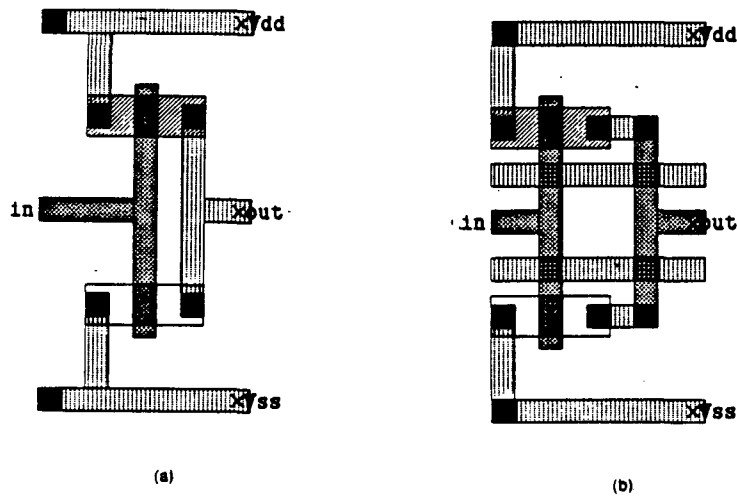


Fig. 3.7 Dos formas de representar el layout de un inversor CMOS

atravesada por dos líneas de metal independientes al circuito inversor. Con los mismos argumentos se pueden construir el layout de otros circuitos, como son los dos que se representan en la fig.3.8 que corresponden a una puerta NAND de dos entradas. La fig.3.8a muestra una traslación

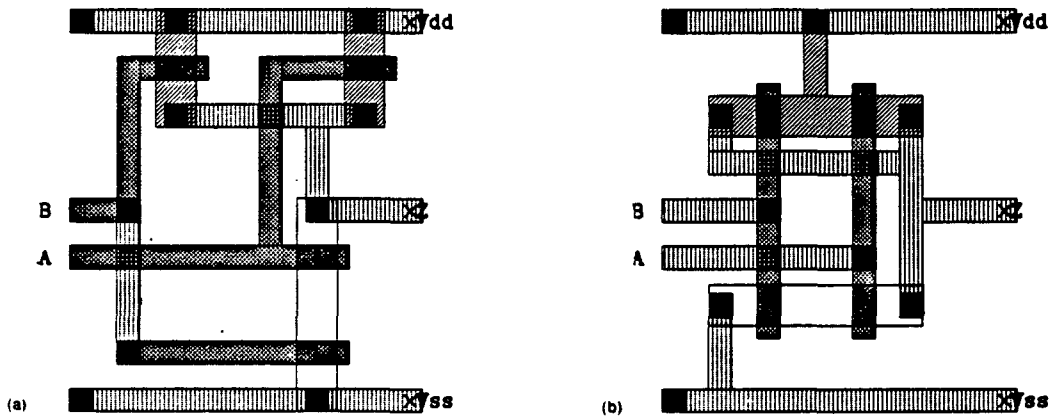


Fig. 3.8 Layouts de puertas NAND

directa del esquema de transistores. En la fig.3.8b se representa el mismo circuito pero con los transistores orientados horizontalmente, puede comprobarse que este

layout es más compacto; en general para puertas de múltiples entradas se suele adoptar este estilo de diseño en que los transistores están orientados de forma horizontal y el polisilicio de puerta corre verticalmente.

Otro layout de circuito básico es el de la puerta de transmisión, que conste simplemente de dos transistores complementarios con sus fuentes y drenadores conectados en paralelo. En la fig.3.9 se muestra dos formas de su layout.

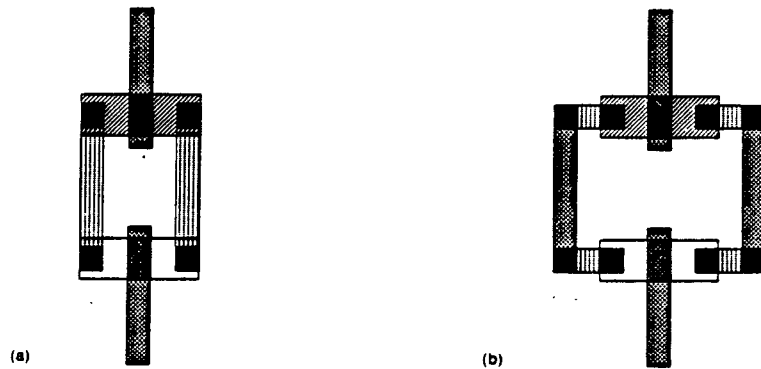


Fig. 3.9 Layouts de puerta de transmisión

Nótese que en la fig.3.9a ninguna línea de metal puede atravesar la célula de izquierda a derecha. El layout mostrado en la fig.3.9b es mayor pero tiene transparencia horizontal al metal. La decisión de que layout es más conveniente puede depender del circuito sobre el que va a ser diseñado. Por ejemplo, en un registro de desplazamiento conviene el de la fig.3.9a debido a su menor tamaño y por tanto tiene un retardo menor. En una ruta de datos, donde las líneas de bus tienen que pasar horizontalmente, se prefiere el de la fig.3.9b.

Cuando se diseñan células estándar, a menudo se requiere una regularidad geométrica al tiempo que se mantiene algunas características eléctricas entre la "librería" de células. Una limitación física común es fijar la altura de la célula y variar la anchura acorde con la función que realiza. En la fig.3.10 se muestra una típica célula estándar, cuya función lógica es  $F = \overline{(A \cdot B \cdot C + D)}$ . Está

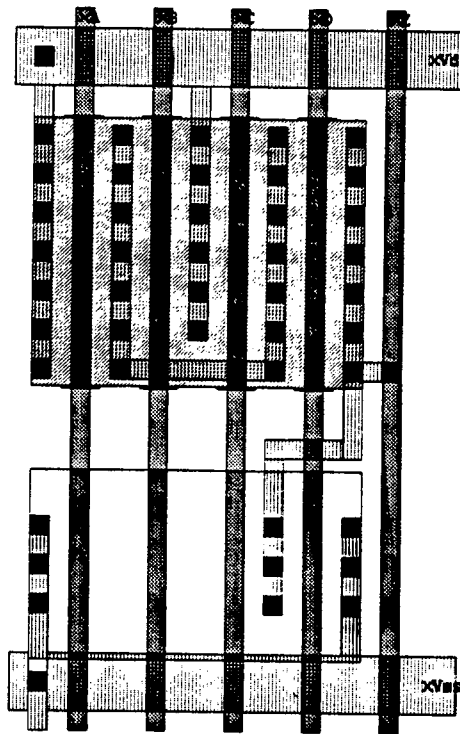


Fig. 3.10 Layout típico de una célula estándar CMOS

compuesta de una fila de transistores  $n$  y  $p$  con unas anchuras de canal ( $W_n$  y  $W_p$ ) máxima, separados por una distancia marcada por las reglas de diseño para el óxido fino  $n$  y  $p$ . Los buses de alimentación  $V_{dd}$  y  $V_{ss}$  atraviesan la parte superior e inferior de la célula. La selección de las anchuras de los canales  $W_n$  y  $W_p$  se diseñan teniendo en cuenta parámetros tales como la disipación de potencia,

retardo de propagación, inmunidad al ruido, y área.

Las estructuras que hemos visto en este apartado y cuantas diseñemos pueden ser almacenadas en la memoria de un ordenador, así dispondríamos, en un entorno automatizado, de una librería de células para el diseño de sistemas mayores. Esto tendría la ventaja de situar la célula en el lugar que queramos y repetirlas cuantas veces nos haga falta sin haberla construido más que una sola vez. Por ejemplo, con dos inversores y dos puertas de transmisión como las que hemos visto anteriormente, ensamblándolas de forma adecuada,

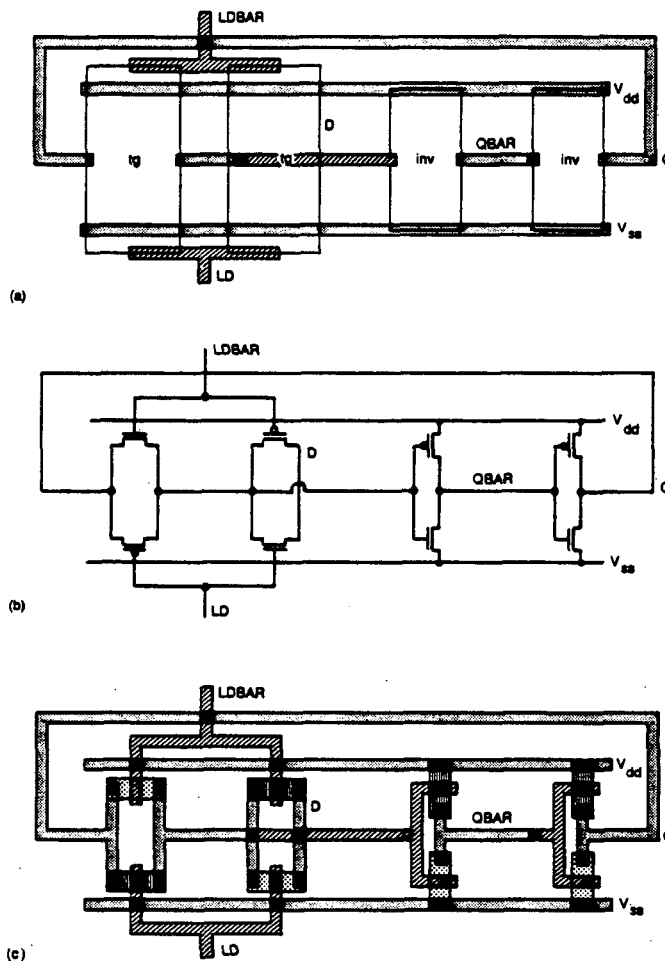


Fig. 9.11 Construcción física de un flip-flop CMOS

se puede hacer un flip-flop como el de la fig.3.11. La fig.3.11a muestra el conexionado a nivel de capas y el emplazamiento de las células necesario para este circuito. Las líneas  $V_{dd}$  y  $V_{ss}$  se han dispuesto de tal forma que las células tengan la alimentación en la parte superior e inferior respectivamente. En la fig.3.11b se detalla el circuito eléctrico de ese flip-flop. Finalmente en la fig.3.11c se muestra el layout completo del circuito que es idéntico en topología al de la fig.3.11b.

Como se ha dicho al principio del apartado las representaciones físicas que hemos visto hasta ahora no representan las verdaderas disposiciones geométricas de los circuitos. Seguidamente presentaremos algunos layouts de circuitos vistos en éste y otros capítulos, pero con una mayor representación de niveles y estando más sujetos a las reglas de diseño.

Para trazar la geometría de un inversor CMOS, podríamos empezar con el tamaño mínimo de los transistores  $p$  y  $n$  como se muestra en la fig.3.12a. En el caso de CMOS, la fuente y el drenador de estos transistores no pueden conectarse a la salida a través del óxido fino ya que éste no puede cruzar el borde del pozo  $p$ . Necesitamos un preparado de tres contactos, dos en óxido fino (uno a  $3\lambda$  dentro del pozo  $p$  y otro a  $2\lambda$  dentro de  $p^+$ ) conectados con metal a la salida, el tercer contacto será del metal al polisilicio que sacará la señal de ese circuito. Las

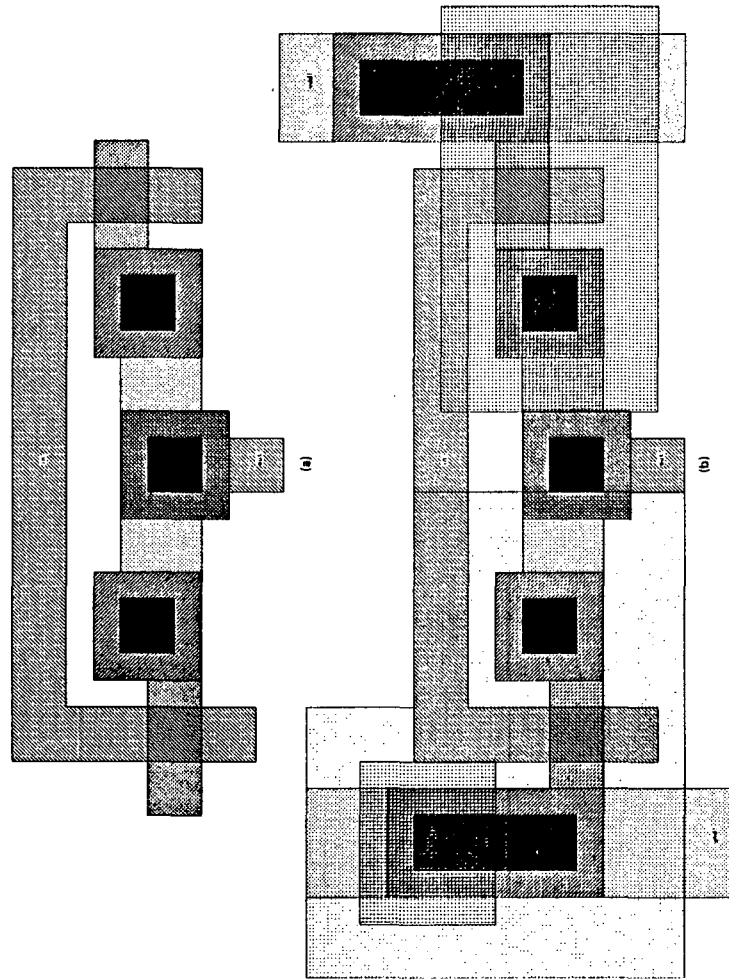
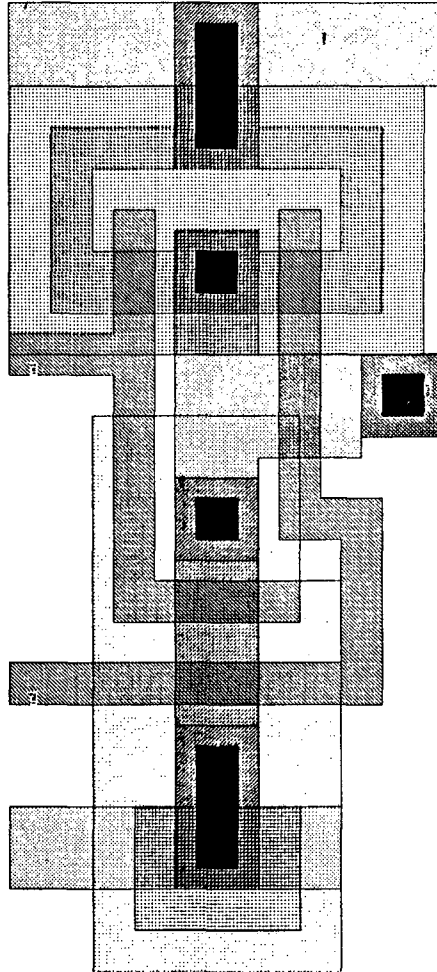


Fig. 3.12 Geometría de un inversor CMOS

entradas de los dos transistores pueden conectarse con polisilicio. El layout se completa simbolizando los contactos de los substratos a  $V_{dd}$  y  $V_{ss}$  con los contactos de tipo "split" (fig.3.12b). De igual forma se contruye el layout de una puerta NAND CMOS como el que se muestra en la fig.3.13.

El layout de un inversor CMOS síncrono es el que se muestra en la fig.3.14. En la fig.3.15 se muestra un registro dinámico en CMOS que utiliza dos etapas del



**Fig. 3.19** Representación de la puerta NAND en CMOS

inversor síncrono, este layout corresponde al circuito de la fig.2.20b, y está hecho de tal manera que pueda lindar con otros iguales por cualquier lado.

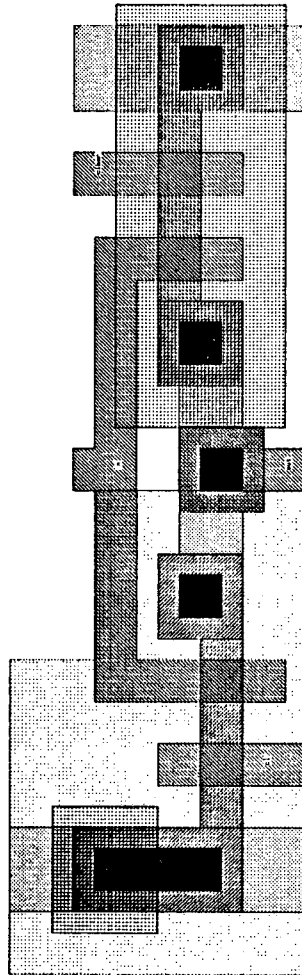


Fig. 3.14 Layout de un inversor síncrono CMOS



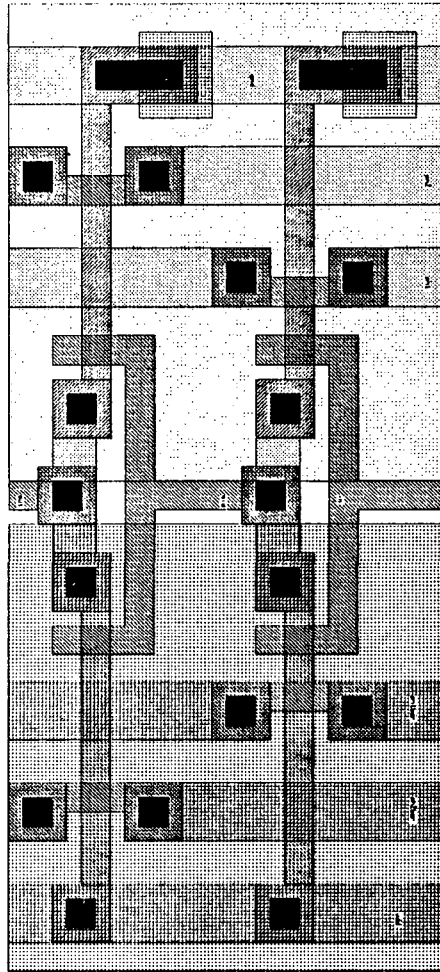


Fig. 3.15 Layout de etapa de registro dinámico

### 3.4 Parámetros eléctricos

Para que el diseñador pueda hacer aproximaciones de las características eléctricas del circuito (velocidad, consumo, corrientes), es necesario conocer los valores de los parámetros, es decir de la *resistencia* y *capacidad* de los modelos. Recientemente se han desarrollado un gran número de programas de simulación para el análisis y predicción del comportamiento eléctrico de los circuitos VLSI. En este apartado veremos algunas ideas fundamentales que contemplan los parámetros del circuito y simples procedimientos para computarlos.

#### a) Resistencia

La resistencia eléctrica  $R$  de un simple material de longitud  $l$ , anchura  $w$ , y espesor  $t$  (fig.3.16) viene determinada por

$$R = \rho \cdot \frac{l}{w \cdot t} = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

donde  $A = w \cdot t$  es el área de la muestra perpendicular a la

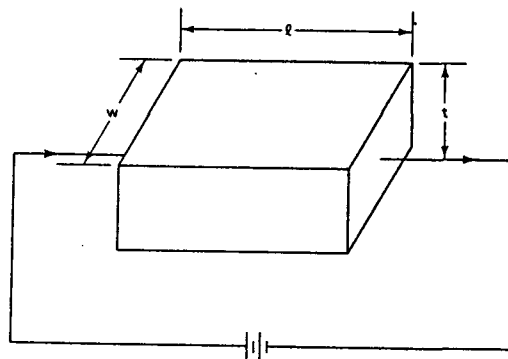


Fig. 3.16 Hoja de un modelo o nivel

dirección del flujo de corriente y  $\rho$  denota la resistividad del material, que está en función de la concentración de huecos y electrones y de sus movilidades. Si  $l=w$ , que sería un material de forma cuadrada, la resistencia por cuadro  $R_{\square}$ , sería

$$R_{\square} = \frac{\rho}{t}$$

A  $R_{\square}$  se le suele llamar *resistividad de la hoja* y su valor es independiente de la longitud del cuadro. La cantidad  $t$  se fija para un modelo dado, y  $\rho$  se expresa en ohm·cm. Así la unidad de medida de  $R_{\square}$  se expresa normalmente en ohmios por cuadro ( $\Omega/\square$ ). De esta forma se han computado unos valores aproximados para cada hoja que se utiliza en un proceso CMOS

canal p:	$15 \cdot 10^3 \Omega/\square$
canal n en pozo p:	$6 \cdot 10^3 \Omega/\square$
polisilicio:	20-50 $\Omega/\square$
difusion n:	15-60 $\Omega/\square$
difusion p:	150-200 $\Omega/\square$
metal:	0.02-0.06 $\Omega/\square$

Estos valores muestran que el valor de  $R_{\square}$  varía considerablemente; el metal ofrece la resistencia más baja por eso se suele utilizar como el material que transporta las mayores corrientes. El canal ofrece la mayor resistencia, por ello se suele utilizar los transistores como resistores para un circuito determinado. La resistencia del polisilicio puede ser controlada por el dopaje hecho durante el proceso.

Es útil calcular, de forma aproximada, la resistencia de los modelos o vías rectangulares. La fórmula para ello es  $R = R_0 \cdot \left(\frac{l}{w}\right)$ . Esta fórmula se comprende si consideramos el modelo rectangular como una conexión en paralelo de unas filas (perpendiculares a la dirección de la corriente) y cada fila consta de una conexión en serie de hojas cuadradas (resistencias  $R_0$ ) de longitud  $l$ . La fórmula no es muy exacta porque no tiene en cuenta los posibles cambios en los valores de  $l$  y  $w$  que varían con el dopaje de la difusión lateral, así como la posible variación de  $\rho$  con la profundidad. Para un área arbitraria,  $R$  puede ser computada arreglando el área total como suma de rectángulos parciales de longitud  $l_i$  y anchura  $w_i$ , que se conectan en serie. Así  $R = R_0 \cdot \sum \left(\frac{l_i}{w_i}\right)$ . La fig.3.17 ilustra el cálculo de unos modelos utilizando esta fórmula.

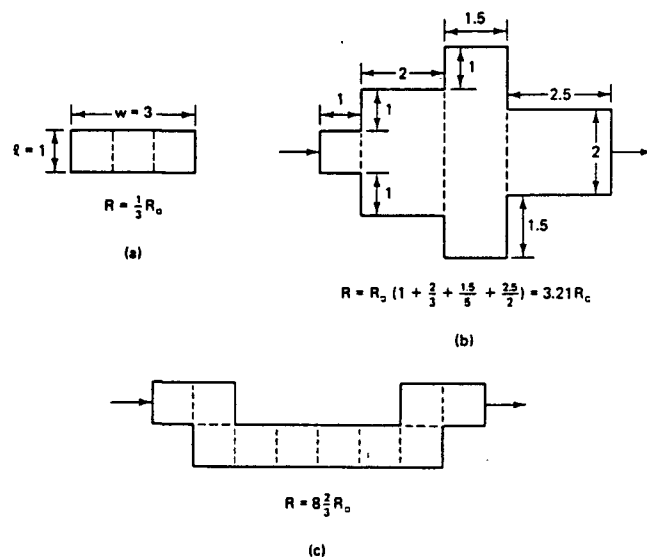


Fig. 3.17 Cálculo de resistencia para distintos modelos de hoja

## b) Capacidad

La importancia de la capacidad es que determina el retardo o la velocidad del circuito. La capacidad de una red MOS dependen de unos factores tales como la estructura física del dispositivo MOS, la tensión que controla la formación y profundidad del canal, el modo de funcionamiento del circuito (estático o dinámico), y la topología del circuito.

La estructura mostrada en la fig.3.18 muestra algunas de las capacidades intrínsecas más importantes que tiene un transistor MOS. La capa de óxido atúa como aislante

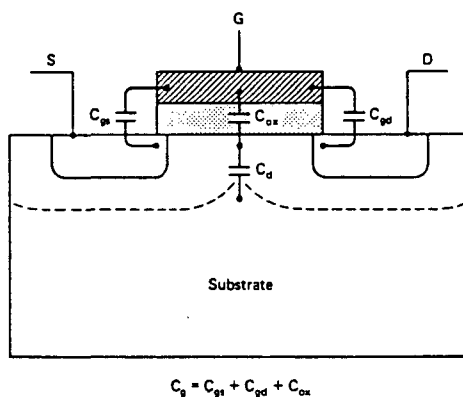


Fig. 3. 18 Capacidad MOS

entre los dos conductores (la puerta y el sustrato). La fórmula para esta capacidad es  $C_{ox} = \frac{\epsilon \cdot \varnothing}{T_{ox}} \cdot A$ , donde  $\epsilon$  es la constante dieléctrica del óxido,  $\varnothing$  es la permitividad del vacío,  $T_{ox}$  es el espesor del óxido, y  $A$  es el área de la puerta.  $C_{ox}$  también puede variar ligeramente con incrementos de tensión del sustrato. Unas capacidades similares se

forman entre las regiones de puerta-fuente y drenador-fuente denotadas por  $C_{gs}$  y  $C_{gd}$  respectivamente. Estas capacidades se suman a  $C_{ox}$  para computar la capacidad de puerta total. Una capacidad de deplexión  $C_d$  se forma entre la puerta y el borde de la región de deplexión, la cual está conectada en serie con  $C_{ox}$ . El valor de  $C_d$  depende de la profundidad de la región de deplexión.

Existen otras capacidades que no forman transistor como son las capacidades entre vías y el substrato. Estas capacidades también estarán, principalmente en función del área y de la constante dieléctrica del aislante.

### 3.5 Proceso de fabricación CMOS

El proceso de fabricación para la creación de circuitos integrados, es un conjunto de diversas etapas durante las cuales, por medio de diversos procesos químicos, vamos a alterar las propiedades eléctricas de una oblea de silicio monocristalino. Estos procesos nos van a originar transistores, resistencias, condensadores y pistas de conducción eléctrica.

El primer paso en este proceso es la *fotolitografía*, que convierte los ficheros CIF en un conjunto de *placas de máscaras* que contienen imágenes exactas de las estructuras en forma de sombras opacas o transparentes. En este apartado primeramente veremos los

pasos de transferencia de modelos. Estos pasos son aproximadamente los mismos para cada una de las máscaras utilizadas en la fabricación del circuito. En un segundo apartado veremos el proceso de fabricación CMOS con pozo  $p$  ( $p$ -well), que es el utilizado en este proyecto, y por último veremos las estructuras de otras tecnologías CMOS utilizadas en la industria.

### 3.5.1 Transferencia de modelos

La transferencia de modelos (patternig) es el proceso de "imprimir" las figuras geométricas del diseño sobre las distintas capas que componen el chip. Esto se hace con las placas de máscaras y el proceso de fotolitografía. Las placas de máscara contienen las figuras geométricas correspondientes al área de la superficie de la oblea donde se debe prevenir (o tener lugar) ciertas reacciones fotoquímicas.

En la fig.3.19 se ilustra un proceso típico de la eliminación del material seleccionado. Inicialmente se parte de una oblea de silicio puro al que se le hace crecer una capa de óxido. La deposición de estos materiales (óxido, poly, metal) sobre la superficie de la oblea se realiza por evaporación a alta temperatura. Una vez cubierta toda la superficie con la capa de óxido, se cubre con una emulsión fotosensible llamada *fotorresina* (resist). Seguidamente se pone el soporte de máscara en contacto con la oblea en la

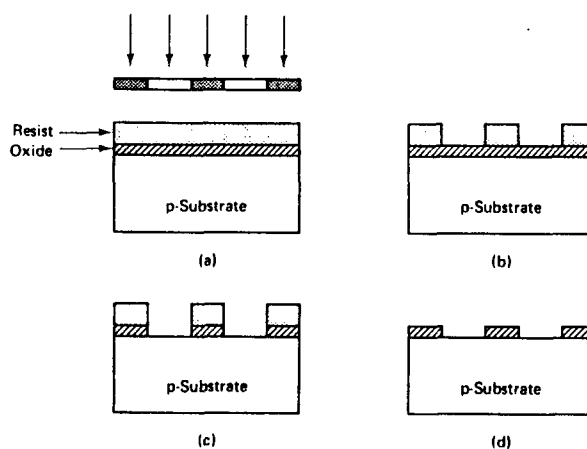


Fig. 3. 19 Transferencia de modelos

posición exacta. La exposición de la superficie a rayos ultravioletas a través de la máscara (fig.3.19a) causa la ruptura de las moléculas de la resina. Un disolvente orgánico se lleva las moléculas más pequeñas dejando el resist que no fue expuesto a la irradiación (zona opaca de la máscara). Esto puede verse en la fig.3.19b. Al sumergir la oblea en ácido fluorhídrico eliminamos la capa de óxido pero deja intacto el resist y el silicio (fig.3.19c). El paso final es eliminar el material resist sobrante con un ácido que ataca sólo a éste (fig.3.19d). De esta forma queda grabado en la oblea el modelo que teníamos en la máscara. De estos pasos de transferencia de modelos deducimos que: donde incide la luz ultravioleta (zonas transparentes de la máscara) eliminamos el material que hay bajo el resist (óxido, poly), y donde no hay radiación (zonas oscuras de la máscara) el material queda como está.



### 3.5.2 Proceso de fabricación con pozo p

Un proceso de fabricación podría definirse como un conjunto de pasos para transformar un conjunto de modelos (layout) en un circuito integrado. Aunque los pasos de un proceso de fabricación, son algo complejos y varían según la línea de fabricación, vamos a tratar de explicar de forma simplificada los pasos implicados en un proceso típico CMOS  $p$ -well. Esto nos ayudará a comprender mejor el trazado del layout. Los pasos que se ilustran a continuación corresponden a la fabricación de un circuito inversor, pero pueden extenderse a todos los circuitos CMOS.

La tecnología CMOS utiliza los dos tipos de transistores de enriquecimiento (canal  $n$  y canal  $p$ ), lo cual conlleva a necesitar dos tipos de substratos. Por tanto la primera tarea del proceso sería dopar ligeramente el substrato base con material tipo  $n$  donde se ubicarán los transistores de canal  $p$ . Sobre este mismo substrato, con una primera máscara construiremos el pozo  $p$ , que va a ser de substrato para los transistores de canal  $n$ . Esto se ve en la fig.3.20. El pozo  $p$  se realiza con una profunda implantación

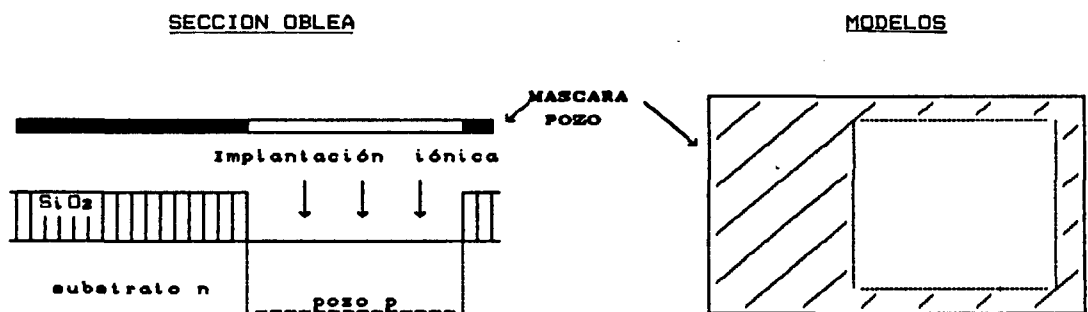


Fig. 3.20 Creación del pozo p

iónica sobre la superficie de silicio no cubierta por el óxido. El óxido en esta zona, fue eliminado siguiendo los pasos de transferencia de modelos vistos anteriormente, utilizando para ello la máscara que se muestra en la misma figura.

El próximo paso es definir las áreas activas, es decir las zonas donde se van a formar transistores y vías de difusión. Eliminando el óxido restante de la fase anterior, dejando la oblea al descubierto, se prepara un "sandwich" de óxido fino, nitruro de silicio, y otro óxido fino (fig.3.21). El primer óxido actúa como amortiguador de la desigual expansión térmica del substrato y el nitruro. El nitruro también evita que se oxide la región activa durante

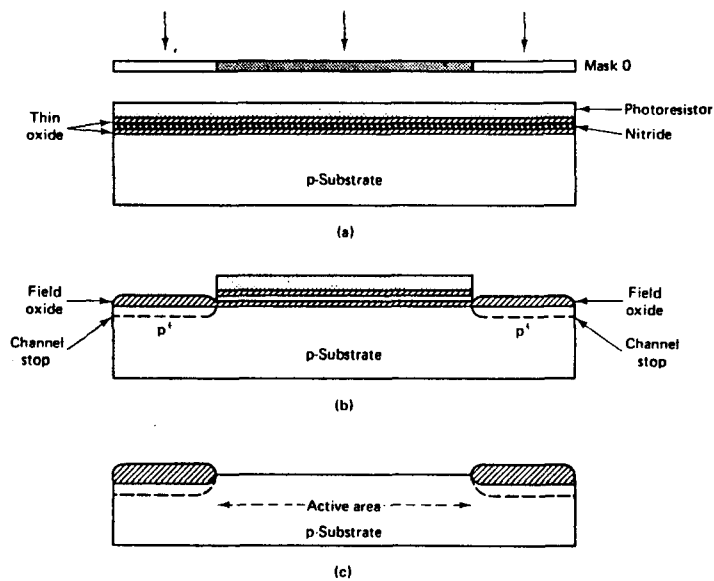


Fig. 3. 21 Creación de una zona activa

la oxidación de campo. Además se deposita una capa de

fotorresina en toda la superficie. Utilizando la *mascara del nivel de difusión* (mask 0 en la fig.3.21a), eliminamos el óxido fino y el nitruro, descubriendo así la *región de óxido de campo*. En esa zona se crea una región  $p^+$  por implantación iónica que actúa como zona de guarda (fig.3.21b). Seguidamente se hace crecer un óxido grueso en la región implantada, que junto con el canal de guarda sirven para aislar regiones activas vecinas. Después de esto, el óxido y el nitruro restante se eliminan, resultando la estructura mostrada en la fig.3.21c.

De esta forma el substrato inicial para el caso del inversor quedaría como se muestra en la fig.3.22, en la que además, ya se ha hecho crecer un óxido fino en esas zonas. Este óxido va a ser el aislante de puerta. En la misma figura puede verse la máscara del modelo en difusión de los transistores utilizados para este circuito.

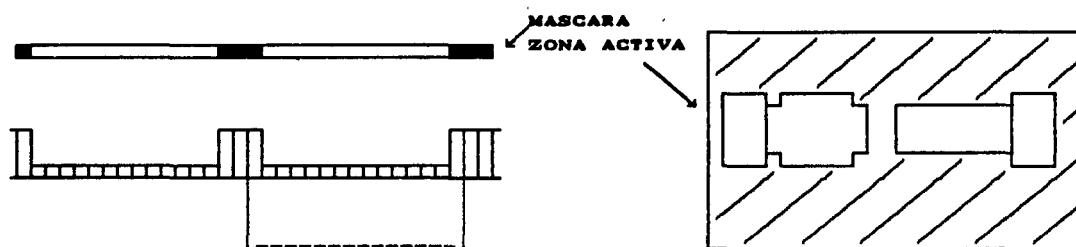


Fig. 3. 22 Especificación de zonas activas

El siguiente paso sería depositar el polisilicio sobre toda la superficie. Con este material se formarán los electrodos de puerta de todos los transistores, y otras vías de interconexión. Para conseguir el modelo requerido,

utilizamos la máscara de la fig.3.23. Vemos en este caso que las zonas oscuras son las interiores al modelo, puesto que esas son las zonas donde nos interesa que permanezca el polisilicio; el poly del resto de la superficie (zonas transparentes de la máscara) quedará eliminado.

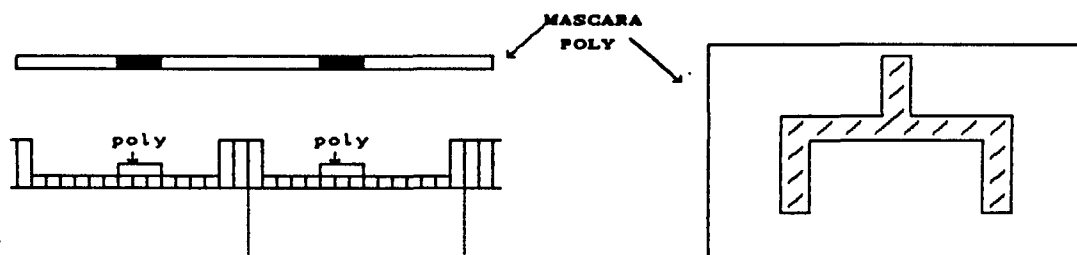


Fig. 3. 23 Formación de las puertas

Unas de las razones por las que se utiliza el polisilicio como electrodo de puerta es que nos va a servir de máscara que define los electrodos de fuente y drenador.

La máscara  $n^+$  junto con el polisilicio indicará el área de la oblea que será implantada con difusión  $n^+$  (fig.3.24). Si el área de la máscara  $n^+$  esta en el pozo  $p$  define los transistores y vías de conexión de tipo  $n$ ; si el área está sobre el substrato  $n$ , se formará un contacto óhmico al substrato  $n$ . Este contacto tiene además la misión

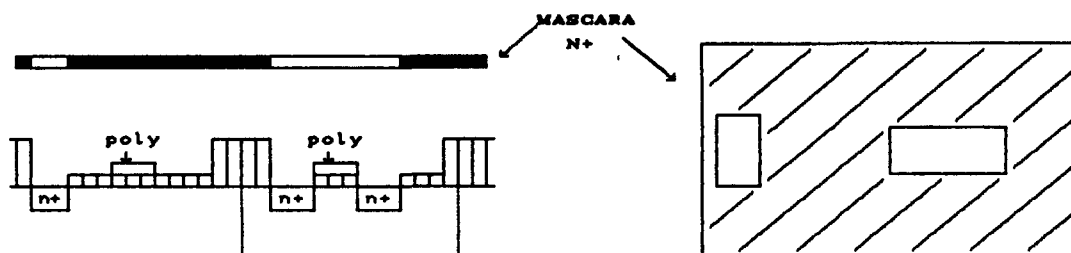


Fig. 3. 24 Implantación  $n^+$

de reducir el efecto "latch-up" (formación de un tiristor bipolar parásito que puede hacer un corto entre  $V_{dd}$  y  $V_{ss}$ ).

El próximo paso es exactamente igual que el anterior, excepto que la difusión es de tipo  $p^+$ . Para esta implantación se ha utilizado la máscara de la fig.3.25. La

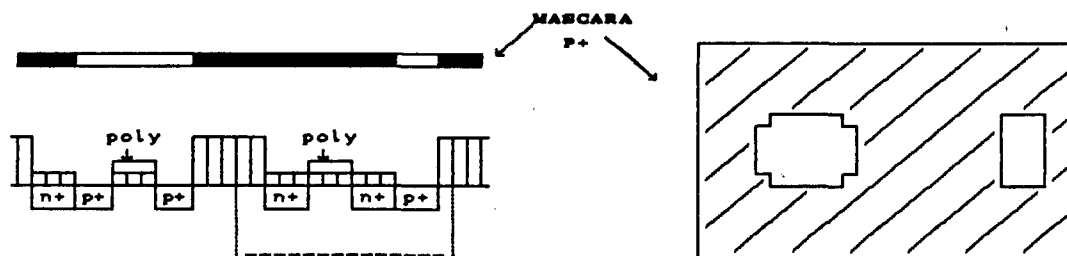


Fig. 3. 25 Implantación  $p^+$

difusión  $p^+$  en el substrato  $n$  define los transistores de canal  $p$  y vías del mismo tipo (fig.3.25). Una difusión  $p^+$  en el pozo  $p$  produce un contacto óhmico. Los contactos óhmicos deben estar próximos a los terminales de fuente de los transistores.

El siguiente paso sería cubrir la superficie del chip con una capa de óxido grueso para luego definir los huecos de contacto. Para eliminar el óxido en estos puntos seguimos los pasos de transferencia de modelo utilizando la máscara de la fig.3.26. Estos huecos permiten contactar el

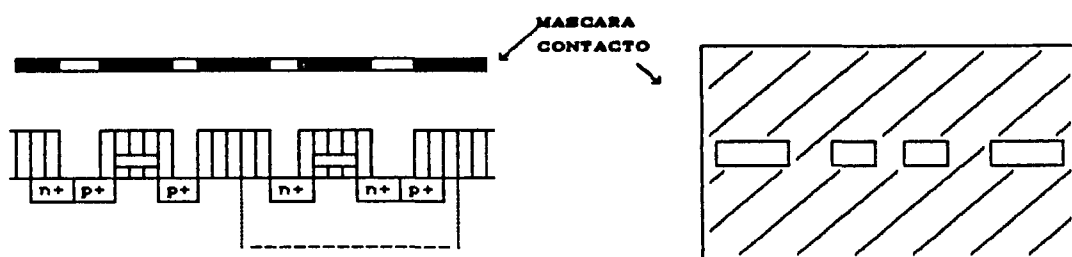


Fig. 3. 26 Definición de los huecos de contacto

metal (próximo paso) con las regiones de difusión o polisilicio. El metal se aplica sobre toda la superficie y se elimina en las zonas no deseadas. La máscara para el metal, igual que la del poly, tiene las zonas opacas en el interior del modelo como puede verse en la fig.3.27.

Finalmente la superficie de la oblea se cubre con una capa protectora de pasivación. Esta máscara (no mostrada en las figuras) abre ventanas exclusivamente en torno a los terminales de entrada-salida del chip (pads) para permitir la soldadura de hilos al encapsulado.

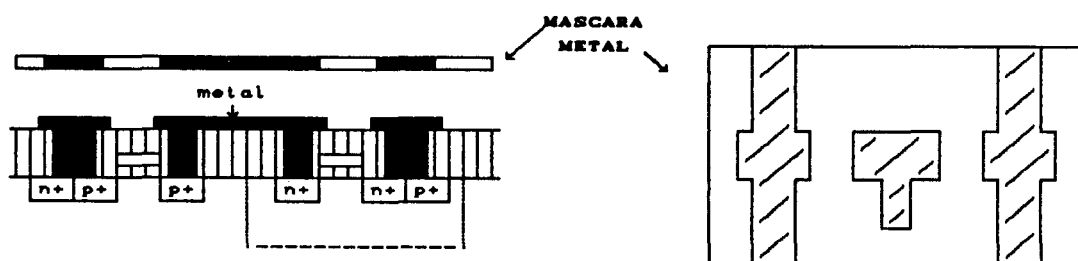


Fig. 3. 27 Deposición del metal de interconexión

### 3.5.3 Otros procesos CMOS

Existen otros procesos de fabricación para circuitos CMOS que se utilizan en la industria como son: el proceso con pozo n; el que utiliza dos niveles de polisilicio; el proceso con dos pozos (twin-tub); el proceso de silicio sobre aislante; etc. Cada uno aporta unas ventajas y unos inconvenientes. Seguidamente veremos de forma breve la estructura de algunos de estos procesos.

### a) Proceso con pozo $n$

Los pasos del proceso de fabricación con pozo  $n$  o "n-well" son los mismos que el anterior  $p$ -well, excepto que el substrato base es de tipo  $p$  y el pozo de tipo  $n$ . En la fig.3.28 puede verse el corte de un inversor CMOS para el proceso  $n$ -well. Este proceso tiene las ventajas de que es menos sensible al problema de latch-up y es altamente compatible con la tecnología  $n$ MOS.

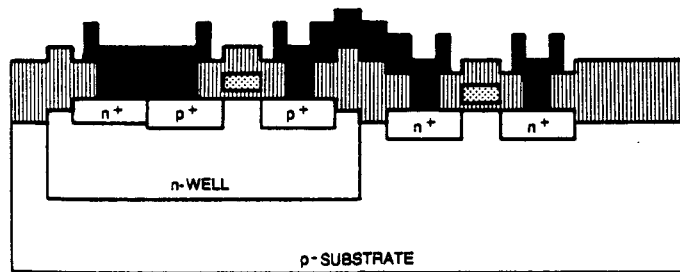


Fig. 3. 28 Proceso  $n$ -well

### b) Proceso con dos pozos

En el proceso con dos pozos o "twin-tub", la secuencia de pasos para su fabricación es similar a la de un solo pozo, excepto la formación de doble pozo. En la fig.3.29 se muestra un corte seccionado de una estructura twin-tub típica. Consta principalmente de un substrato tipo  $n^+$  o  $p^+$  con una capa epitaxial ligeramente dopada utilizada para protección contra latch-up. También incluye contactos al substrato. Entre sus ventajas destacan unas capacidades parásitas pequeñas para cada dispositivo, además el uso de

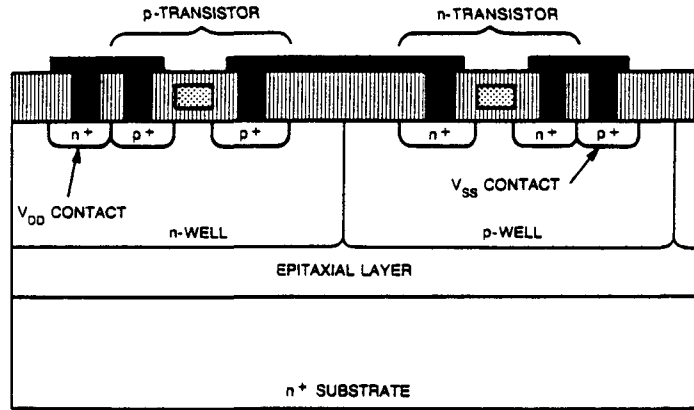


Fig. 3.20 Proceso con doble pozo

dos pozos permite que los dispositivos puedan ser optimizados independientemente.

### c) Proceso de silicio sobre aislante

En un proceso de silicio sobre aislante (SOI) se hace crecer epitaxialmente una capa de silicio policristalino sobre una superficie aislante tal como el zafiro (fig.3.30a). Las islas activas (donde se formarán los transistores) se construyen sobre el substrato siguiendo los pasos de transferencia de modelo y luego se dopan adecuadamente para cada transistor. En la fig.3.30 se muestran los pasos del proceso. Las regiones activas se aíslan eliminando el silicio que hay entre ellas (fig.3.30b). La primera máscara por tanto, define las regiones activas. La base aislante reduce la capacidad de unión, por lo que resultan circuitos más rápidos. Las islas activas se dopan con impurezas tipo  $p$  y tipo  $n$  por implantación (fig.3.30b). Seguidamente se hace crecer un



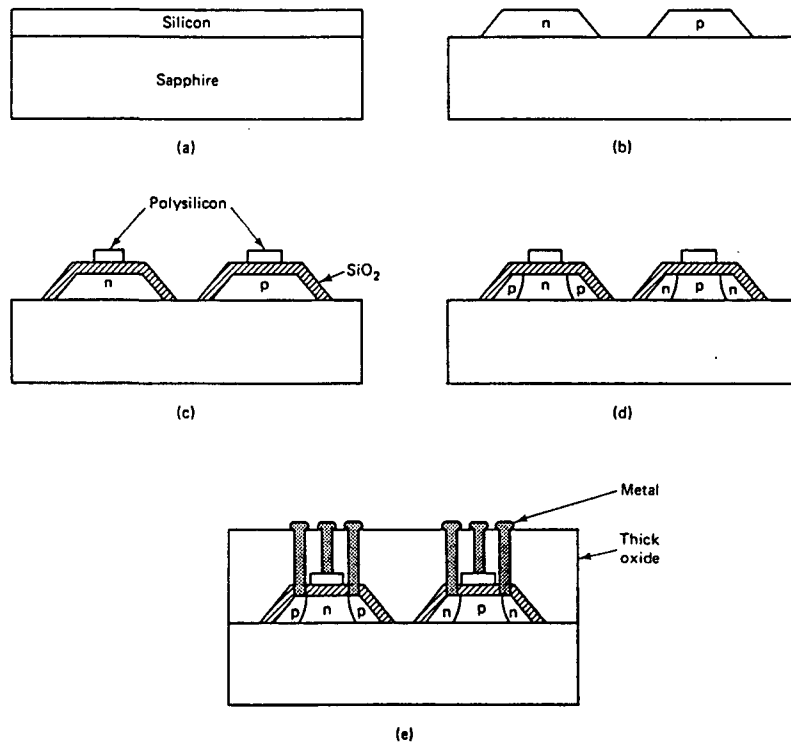


Fig. 3.30 Proceso CMOS de silicio sobre zafiro

óxido fino y se deposita el polisilicio para formar los terminales de puerta (fig.3.30c). El paso siguiente sería formar las regiones de drenador y fuente por implantación utilizando las máscaras de  $p^+$  y  $n^+$  (fig.3.30d). A continuación se hace crecer una capa de óxido grueso sobre toda la superficie para proteger la estructura. Con otra máscara se crean los huecos de contacto. Y la última máscara será para la deposición del metal (fig.3.30e).

La tecnología SOI tiene algunas ventajas como bajas capacidades parásitas; no existe el problema de latch-up por tener un substrato aislante; etc. También tiene inconvenientes como que el zafiro (aislante) es un material

escaso; además no pueden formarse diodos de protección en las entradas del chip.

## CAPITULO 4

### HERRAMIENTAS DE AYUDA AL DISEÑO

#### 4.1 Introducción

La especificación y el diseño, así como la verificación y validación de un circuito integrado, son unos procesos algo complejos. La clave del éxito de la tecnología VLSI consiste en el desarrollo de poderosas herramientas de diseño y sistemas software que ayuden al diseñador a producir un circuito integrado.

En este capítulo veremos una exposición de la organización de las herramientas de ayuda en función del proceso de diseño. En un segundo apartado se dará una breve descripción del editor gráfico LUCIE, que es la principal herramienta de diseño utilizada en la realización de este proyecto. Por último veremos una descripción del lenguaje CIF y un traductor de ficheros de lenguaje LUCIE a CIF, que fue creado durante la realización de este proyecto.

#### 4.2 Automatización del sistema de diseño

En la fig.4.1 se muestra un esquema de la organización e interrelación de las herramientas implicadas

en las fases de diseño de un circuito integrado. Este diagrama describe ampliamente la mayoría de los componentes

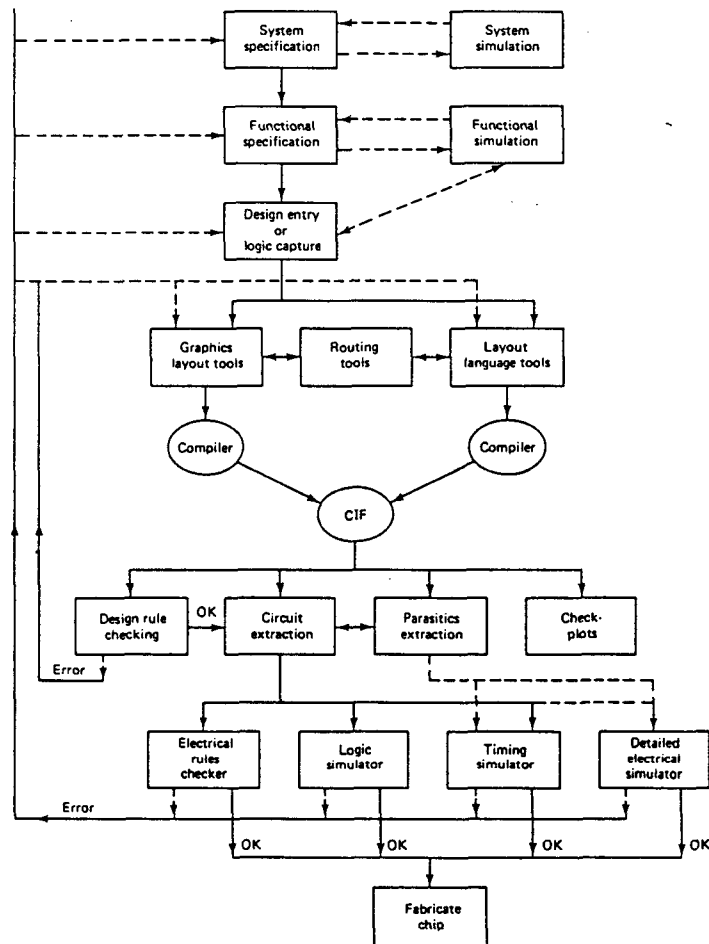


Fig. 4.1 Sistema automático de diseño

de un diseño automatizado. Estos componentes son: Especificación y simulación funcional y del sistema, captura lógica, el layout, generación de un formato de intercambio, y varias herramientas de simulación a niveles de diseño físico. El diseño se somete a varios niveles de verificación y cambios antes de ser enviados para su fabricación (esto se indica en la figura con las líneas a trazos).

Actualmente existe una gran variedad de herramientas de ayuda al diseño de CI's, aunque hay que tener en cuenta que la mayoría de las herramientas de diseño VLSI sufren una constante evolución, las herramientas que se utilizan hoy pueden llegar a ser obsoletas en un corto periodo de tiempo.

Las herramientas de diseño las podemos agrupar siguiendo el esquema de organización en las siguientes fases:

- Especificación, para la introducción de los datos que sirvan de definición del diseño, sus partes y relación entre ellas. Puede ser un lenguaje a nivel de transferencia entre registros, un lenguaje de alto nivel para descripción del comportamiento, o un sistema gráfico. Como ejemplos de esta fase tenemos el ELLA, ENDOT, VHLD.

- Síntesis, para expandir la especificación funcional de un nivel en otras funciones de nivel más bajo. Las alternativas son: síntesis lógica, minimización de PLA's expansión de macros (diseño de una función en términos de otras más sencillas) y compiladores de silicio (permiten obtener de forma automática el trazado de un circuito integrado a partir de una especificación funcional o de alto nivel). Las herramientas para esta fase son: KARLIII, SILOSS, HILO.

- Simulación. Al no existir la posibilidad de

prueba sobre el circuito, debe utilizarse el ordenador para predecir las características y operación de los circuitos. Existen para ellos simuladores funcionales, a nivel de transferencia entre registros, lógicos, de tiempos, y de fallos, como son KARLIII, SILOS, HILO, LESIM; y simuladores eléctricos de dispositivos como es el SPICE.

- Comprobación (Test). Generación automática de las secuencias de test, análisis de la cobertura de fallos, herramientas automáticas que añadan a los diseños los elementos necesarios para facilitar las tareas de test, como por ejemplo KARATE, HILO.

- Diseño físico. En este capítulo se incluye un conjunto amplio de herramientas que abarcan la edición de la geometría; verificación del trazado (comprobación de que se cumplen las reglas de diseño); comprobación de las reglas eléctricas; comparación entre el trazado y el esquema de partida; extracción de parámetros a partir del trazado físico a fin de poder hacer una simulación final con las condiciones reales (teniendo en cuenta la longitud real de las pistas de conexión, con sus capacidades parásitas, etc); colocación y conexión automática de "gate arrays", células estándar o bloques. Los ejemplos herramientas para esta fase son MAGIC, KIC2, y LUCIE.

La complejidad creciente de los circuitos a diseñar ha hecho que se haya aplicado un gran esfuerzo en la

concepción de herramientas que simplifiquen este proceso. Tal es así que, frente a un esfuerzo tecnológico aplicado a los procesos hace unos años, en la actualidad este esfuerzo ha quedado reducido a un 80%, estando el 20% restante dirigido a la tecnología de las herramientas de diseño. Esta tendencia parece mantenerse para el futuro, y existen previsiones de que en unos diez años el reparto será a partes iguales, o en todo caso balanceado a favor de las herramientas.

En este sentido actualmente se tiende a la creación de entornos de diseño en los que se integran las herramientas apropiadas a cada nivel según el flujo de diseño. Un ejemplo de estos entornos es el SOLO 2000. Este tipo de herramientas necesitan además un soporte hardware especial, como son las estaciones de trabajo SUN, APOLO, VAX STATION.

#### 4.2 Descripción del editor gráfico LUCIE

El sistema LUCIE ( Lenguaje Universitario de Concepción de circuitos Integrados para la Enseñanza) está constituido de un lenguaje de descripción de máscaras de circuitos integrados (lenguaje LUCIE) y de un ensamblador para la manipulación de células, que consta de lo siguiente:

-Traductor: para pasar de lenguaje Lucie a una forma intermediaria y viceversa.

Editor: permite fijar totalmente o en parte una figura sobre la pantalla gráfica Tektronix, y diversas operaciones de conexión y de extracción de parámetros de diseño.

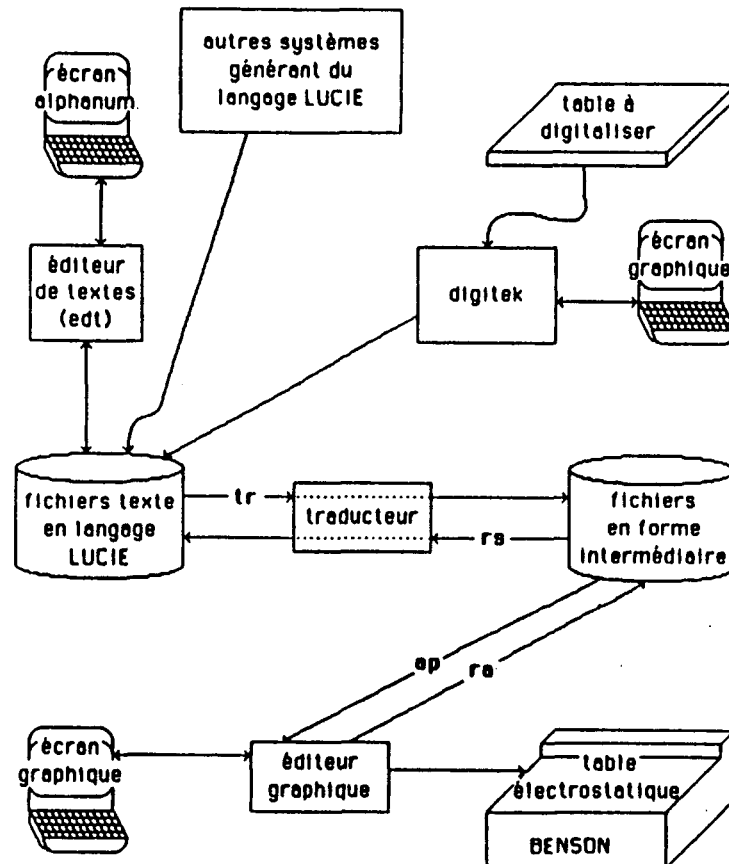


Fig. 4.2 Organización del sistema LUCIE

Este editor corre sobre el sistema operativo VAX/VMS. En la fig.4.2 se puede apreciar el organigrama general del sistema LUCIE.

Seguidamente describiremos las tres partes



principales de que consta.

### Características del lenguaje LUCIE

La estructura general de un fichero escrito en lenguaje LUCIE es la siguiente

*declaración\_de\_niveles*

*declaración\_de\_figura*

La primera línea (*declaración de niveles*) del fichero es la descripción de niveles de máscaras. Para el caso de tecnología CMOS esta línea de declaración sería de la siguiente forma:

NIV md,mb,mc,mp,mm,ms,me,mv,mh,mg

El significado de cada código ya se ha descrito en otro capítulo. A continuación se declara una figura (*declaración de figura*) con la siguiente sintaxis

FIG *identificador\_de\_la\_fig.*

descripción de la fig.

FFIG

El *identificador\_de\_la\_fig.* está compuesto de un máximo de 6 caracteres alfanuméricos. En la descripción de la fig. puede aparecer otras declaraciones de figuras o unas sentencias de descripción como las siguientes:

REC (x, y, dx, dy, n)

que es la sentencia de descripción de un rectángulo, donde x y son las coordenadas de la esquina inferior izquierda del rectángulo, dx y dy son las medidas del rectángulo en la dirección del eje x e y respectivamente (fig.4.3); y n es el

nivel de máscara que representa ese rectángulo.

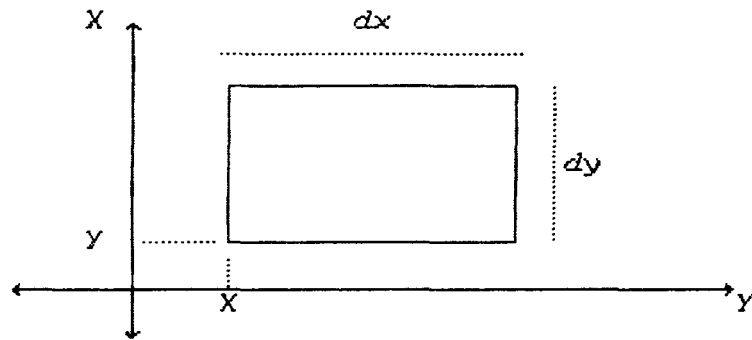


Fig. 4.3 Representación de un rectángulo en LUCIE

```
FIGEXT nombre_de_fichero (x,y)
```

Esta sentencia permite llamar una figura declarada en otro fichero para situarla en el fichero presente en las coordenadas (x y).

```
REP (n, X, dx)
      otras declaraciones
FREP
```

Esta sentencia permite repetir una figura, o parte de ella, el número de veces que se desee y en la dirección x o y. "n" indica el número de veces a repetir, "x" indica el eje, y "dx" denota la porción de figura que se va a repetir.

```
SYM (x, dx)
      otras declaraciones
FSYM
```

Con esta descripción hacemos un dibujo simétrico con respecto al eje  $x$  o  $y$  de la porción de figura abarcada por " $dx$ " o " $dy$ " respectivamente.

ROT (+,  $dx$ )

otras declaraciones

FROT

En esta declaración con el signo +, giramos  $90^\circ$  en el sentido positivo de los ángulos una porción de figura indicada por la longitud " $dx$ ", y con el signo - giramos  $90^\circ$  en el sentido de las agujas del reloj una porción de figura indicada por " $dy$ ".

### Traductor LUCIE

El traductor LUCIE permite traducir ficheros en lenguaje LUCIE a forma intermediaria, y análogamente puede restaurar a lenguaje LUCIE ficheros escritos en forma intermediaria. Para que esto pueda hacerse desde una cuenta particular del sistema VAX, hay que añadir en el fichero LOGIN.COM de esa cuenta la siguiente declaración:

```
TRADU;==RUN DPTO:[ELECTRONICA.UTILIDADES.LUCIE.TRADU]TRADUCT
```

De esta forma cuando se quiera hacer una traducción de ficheros no hay más que emplear el comando TRADU

Ya dentro el traductor podemos emplear tres

comandos: tr, rs, au. La sintaxis del primero es la siguiente:

```
tr namefile
```

Con este comando convertimos el fichero de texto *namefile* escrito en lenguaje Lucie en un fichero en forma intermediaria. El fichero de texto debe tener el sufijo o extensión ".LUC" (ej. NAND.LUC). El fichero de salida en forma intermediaria tendrá el mismo nombre pero con la extensión ".DAT". El nombre del fichero debe coincidir con el identificador de la figura englobante.

El comando rs tiene la siguiente sintaxis

```
rs namefile1 namefile2
```

donde *namefile1* es el nombre de la figura en forma intermediaria y *namefile2* es el nombre que tendrá la figura con la extensión ".LUC".

Para salir del traductor el comando es simplemente:

```
au
```

## EDITOR LUCIE

El editor LUCIE posee 4 clases de funciones gráficas:

Visualización de una figura o de una porción de figura.

Modificación interactiva de una figura.

Extracción de parámetros de una figura sobre la pantalla.

Generación del perfil de una figura a partir de una tabla electrostática BENSON.

El editor trabaja sobre una copia del fichero en forma intermediaria. Sobre esta copia se pueden hacer modificaciones y salvar los nuevos cambios, incluso se puede cambiar el nombre de la figura creando una nueva.

Los modos de funcionamiento del editor son los siguientes:

- a) Modo espera de comandos (mode A).
- b) Modo retícula (mode R).
- c) Modo salida sobre la tableta (mode T).

En la fig.4.4 puede verse como está estructurado el editor.

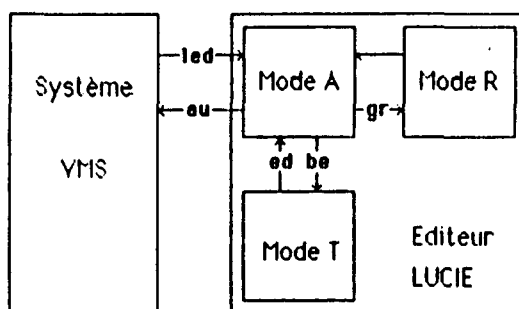


Fig. 4.4 Modos del sistema LUCIE

Aquí solamente veremos el "mode A" y el "mode B" con sus comandos más utilizados. Para entrar en el editor podemos crear un comando que se añadirá al fichero LOGIN.COM:

```
LUCIE:==RUN [ELECTRONICA.UTILIDADES.LUCIE.EDITOR]EDCOLBEN1
```

Al correr este programa lo primero que nos aparece en la pantalla es un menú sobre el tipo de pantalla gráfica Tektronix que vamos a utilizar y el tipo de tecnología (nMOS o CMOS). A continuación nos aparece el "prompt" indicativo del modo espera de comandos ("ED":).

Seguidamente veremos los comandos más utilizados del "mode A" y el "mode B".

### Mode A

El primer comando para trabajar en modo retícula es el *ap*, cuya sintaxis es la siguiente

```
ap namefig
```

Este comando llama a la figura *namefig* la cual debe encontrarse en el directorio en forma intermedia.

El siguiente comando podría ser *fi* que hace aparecer la figura llamada en la pantalla. La sintaxis es como sigue

```
fi [namefig][,i][,p]
```

*namefig* es el nombre de una figura interna de la que hemos llamado, por defecto aparece la figura englobante.

*i* indica la aparición sólo de los encubrimientos de la figura.

*p* es un número que indica la cantidad de encubrimientos que

deben aparecer según las figuras externas que haya, por defecto se generan los contornos de todas las figuras.

Con el comando *ls* podemos listar el fichero de descripción LUCIE correspondiente a la figura que tenemos en pantalla, la sintaxis es la siguiente

**ls** *n,m*

*n* es el número de la primera línea a imprimir.

*p* es el número de la última línea a imprimir.

Para salvar los cambios hechos en una figura utilizamos el comando *rt* cuya sintaxis es simplemente

**rt**

El comando *ra* crea una nueva figura, su sintaxis es como sigue

**ra** *namefig*

Este comando crea un nuevo fichero que contiene a la figura *namefig*.

El comando *op* nos permite que la figura aparezca en la pantalla sólo con los niveles deseados, su sintaxis es

**op**

A continuación se eligen los niveles cruzando los ejes que aparecen en la pantalla sobre la capa deseada.

Podemos modificar una figura con el comando *mo*, la sintaxis es

**mo** *número\_línea*

donde *número\_línea* es el número de la línea donde está la

figura que queremos modificar.

Después de haber hecho un zoom sobre una zona de la figura, con el comando `rj` podemos ver el entorno de la figura sobre ese punto que se ha ampliado, la sintaxis es

`rj`

Para pasar a modo retícula utilizamos el comando `gr`, cuya sintaxis es simplemente

`gr`

### **Mode B**

Una vez que entremos en modo retícula aparecen unos ejes de coordenadas que podemos mover con las ruedas que se incluyen en el teclado. Dentro de este modo los comandos más utilizados son los siguientes:

**a** Nos indica las coordenadas del punto donde se cruzan los ejes.

**p** Imprime un listado de todas las figuras situadas bajo el punto de cruce de los ejes.

**rr** A situar el par de ejes en dos puntos diferentes y marcando en cada uno con `r`, hemos situado los vértices de un rectángulo que aparecerá sobre la pantalla.

**f** Añade una figura interna en el punto que hemos señalado con los ejes.

**x** Añade una figura externa en el punto que hemos señalado con los ejes.

**v** Con este comando podemos crear una vía con la



anchura y el nivel que se desee.

**c** Extiende una figura o parte de ella en dirección horizontal o vertical.

**g** Fija una rejilla (grid) sobre la pantalla cuyo paso depende del tamaño de la figura.

**zz** Marca los vértices opuestos de un rectángulo que representa la zona que queremos ver ampliada. Situando el par de ejes en el punto central de la figura y marcando dos veces **z** sobre el mismo punto, podemos ver el contorno de la figura con el punto señalado en el centro de la pantalla.

Para salir de cualquiera de los modos y volver al sistema VMS se emplea el comando **au**. En caso de que apareciese el siguiente aviso

WARNING! PAS DE RT APRES MODIF

REPETEZ VOTRE COMMAND S.V.P.

significa que no hemos salvado los últimos cambios hechos en la figura.

Por último a modo de ejemplo en el apartado 5.5 del capítulo 5 podemos ver unos listados en lenguaje LUCIE.

#### 4.4 Traductor de LUCIE a CIF

La mayoría de las herramientas de diseño utilizan un formato de intercambio, basado en la descripción de la geometría, llamado *Caltech Intermediate Form* (CIF) como el común denominador para la representación de circuitos.

Por este motivo se ha visto la necesidad de crear un traductor de lenguajes que pase los ficheros de fomato LUCIE a formato CIF.

Seguidamente explicaremos de forma breve la descripción del lenguaje CIF, y al final del capítulo se verá el programa traductor hecho en lenguaje PASCAL.

El Caltech Intermediate Form (CIF) es un formato de intercambio para describir los modelos de un circuito integrado. Esta forma de descripción del circuito es aceptada actualmente como la forma de intercambio estandar entre la descripción simbólica o gráfica de alto nivel de un chip y la descripción de bajo nivel necesaria para la generación de ficheros para las máquinas fotolitográficas así como para dispositivos de salida como plotter o pantallas gráficas. Este lenguaje puede ser fácilmente generado, transportado y procesado.

El lenguaje utiliza una abstracción del circuito como una colección de rectángulos de diferentes colores que representan los niveles. La sintaxis para especificación del nivel es

$$NL^*$$

donde  $L$  declara nivel,  $N$  denota proceso nMOS, y  $*$  puede ser una simple letra de un conjunto que denota la capa. Para el proceso CMOS, la especificación es

$$LC^*$$

donde \* denota los niveles de máscara de un típico proceso CMOS, tal como el pozo  $p$  cuyas letras serían:  $W, D, P, S, M, N, C, G$ . El lenguaje utiliza un sistema de coordenadas; la distancia se expresa en unidades de centenas de micras. La línea más común de este fichero es la descripción de una *caja* (box) especificada como

$$B \ l \ w \ x \ y \ a \ b$$

donde  $l$  y  $w$  denotan la longitud y la anchura de la caja, respectivamente,  $(x,y)$  son las coordenadas del centro de la caja, y  $(a,b)$  especifica que el eje  $x$  de la caja está rotado de manera que tiene una inclinación  $a/b$ . Todo esto puede verse en la fig.4.5. En la mayoría de las implementaciones,

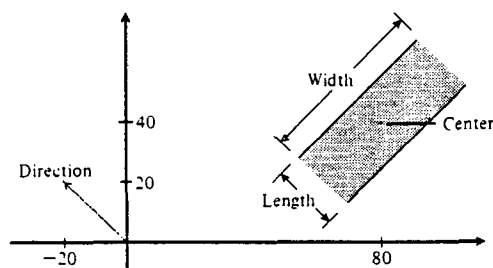


Fig. 4.5 Representación de una caja en CIF

estos parámetros no se utilizan, de forma que la longitud y la anchura son a lo largo del eje  $x$  e  $y$  respectivamente. La caja está a un nivel especificado por una sentencia de nivel que la precede. Otras figuras son el polígono ( $P$ ) vías ( $W$ ).

El lenguaje permite definir una "célula" que puede ser llamado más tarde para uso repetido. La sintaxis para la definición de células es

(Definición Start) DS # A/B;

<sentencias CIF>

(Definición Finish) DF;

donde # es un número de identificación para la célula y A/B es un factor de escala para evitar utilizar números grandes en las declaraciones. Para saber el valor real en micras de la distancia especificada en CIF (n) hay que multiplicar por ese factor ( $n \cdot A/B$ ).

La célula puede ser llamada por la sentencia

C {transformación};

donde la opcional "transformación" podría especificar una traslación lineal del origen del símbolo, reflejo en x (multiplicar la coordenada x por -1), reflejo en y; y rotación.

Otra característica útil es el comentario de texto que en una línea empieza con "94". En la fig.4.6 se muestra un ejemplo simple de un programa en CIF. La línea que empieza con "9" es para poner el nombre a una célula.

```

DS 1 200 4;
9 pcell;
L CP; B 24 8 52 68;
L CD; B 16 16 52 84;
      B 16 16 52 52;
      B 8 16 52 68;
L CM; B 16 16 52 52;
      B 16 16 52 84;
L CS; B 32 64 52 68;
L CC; B 8 8 52 84;
      B 8 8 52 52;
94 vdd 48 84;
DF;
DS 2 200 4;
9 ncell;
L CP; B 24 8 -12 24;
L CD; B 16 16 -12 40;
      B 16 32 -12 0;
      B 8 16 -12 24;
L CM; B 16 16 -12 40;
      B 16 32 -12 0;
L CW; B 40 88 -12 16;
L CS; B 32 24 -12 -12;
L CC; B 8 8 -12 40;
      B 8 24 -12 0;
DF;
DS 3 200 4;
9 cmosinv;
L CP; B 16 8 48 76;
      B 8 40 52 100;
      B 8 40 52 52;
      B 24 8 76 76;
      B 16 4 72 82;
      B 16 4 72 70;
L CM; B 40 16 68 20;
      B 40 16 68 132;
      B 16 16 72 76;
      B 12 8 70 88;
      B 12 8 70 64;
L CC; B 8 8 72 76;
94 in 44 76;
94 gnd 64 16;
94 out 84 76;
C 2 R 1 0 T 80 12;
C 1 R 1 0 T 16 48;
DF;
C 3;
End

```

Fig. 4.6 Un fichero en lenguaje CIF

```

PROGRAM LUCIF(INPUT,OUTPUT,ENTRADA,SALIDA,CONTADOR);
VAR
  RISTRA:VARYING [5] OF CHAR;
  BL,RR,EE,CC:CHAR;
  ENTRADA,SALIDA,CONTADOR:TEXT;
  CONSTANTE,NUMEROFIG:INTEGER;
  FRASE:VARYING [4] OF CHAR;
(*-----*)
PROCEDURE CONVERTIR;
VAR
  E:INTEGER;
BEGIN
  IF (CONSTANTE<10000)AND(CONSTANTE>999)THEN E:=4;
  IF (CONSTANTE<1000)AND(CONSTANTE>99) THEN E:=3;
  IF (CONSTANTE<100)AND(CONSTANTE>9) THEN E:=2;
  IF (CONSTANTE<10) THEN E:=1;
  RISTRA:=DEC(CONSTANTE,E);
END;
(*-----*)
PROCEDURE NOMBREFIG;
VAR
  CARACTER:CHAR;
  NOMBRE:ARRAY [1..80] OF CHAR;
  C,T:INTEGER;
BEGIN
  C:=1;
  WHILE NOT EOLN(ENTRADA) DO
  BEGIN
    READ(ENTRADA,CARACTER);
    NOMBRE[C]:=CARACTER;
    C:=C+1;
  END;
  CONSTANTE:=NUMEROFIG;
  CONVERTIR;
  WRITE(SALIDA,'DS ',RISTRA,' 5 1;');
  WRITELN(SALIDA);
  WRITE(SALIDA,'9 ');
  FOR T:=1 TO 6 DO WRITE(SALIDA,NOMBRE[T]);
  WRITE(SALIDA,'');
END;
(*-----*)
PROCEDURE SENTENCIA;
VAR
  I:INTEGER;
  PARENTESIS,COMA,MASCARA,M:CHAR;
  X1,Y1,DX,DY,X2,Y2,L,W:INTEGER;
BEGIN
  READ(ENTRADA,PARENTESIS);
  FOR I:=1 TO 4 DO
  BEGIN
    READ(ENTRADA,CONSTANTE);
    IF I=1 THEN X1:=CONSTANTE;
    IF I=2 THEN Y1:=CONSTANTE;
    IF I=3 THEN DX:=CONSTANTE;
    IF I=4 THEN DY:=CONSTANTE;
    READ(ENTRADA,COMA);
  END;
  X2:=TRUNC((X1+DX/2)*10);
  Y2:=TRUNC((Y1+DY/2)*10);
  L:=DX*10;

```

```

W:=DY*10;
READ(ENTRADA,M,MASCARA);
IF MASCARA='d' THEN MASCARA:='D';(*dif n*)
IF MASCARA='p' THEN MASCARA:='P';(*poly*)
IF MASCARA='c' THEN MASCARA:='C';(*contacto*)
IF MASCARA='m' THEN MASCARA:='M';(*metal 1*)
IF MASCARA='s' THEN MASCARA:='W';(*p well*)
IF MASCARA='b' THEN MASCARA:='S';(*dif p*)
IF MASCARA='g' THEN MASCARA:='G';(*pasivacion*)
IF MASCARA='h' THEN MASCARA:='N';(*metal 2*)
WRITE(SALIDA,'L C',MASCARA,'; B ');
FOR I:=1 TO 4 DO
  BEGIN
    IF I=1 THEN CONSTANTE:=L;
    IF I=2 THEN CONSTANTE:=W;
    IF I=3 THEN CONSTANTE:=X2;
    IF I=4 THEN CONSTANTE:=Y2;
    CONVERTIR;
    WRITE(SALIDA,RISTRA,' ');
  END;
WRITE(SALIDA,';');
END;

```

(\*-----\*)

```

PROCEDURE FIGEXT;
VAR  CARACTER,NUMEROFIG,COMA:CHAR;
     T,N1,N2:INTEGER;
BEGIN
  FOR T:=1 TO 8 DO READ(ENTRADA,CARACTER);
  IF CARACTER='(' THEN NUMEROFIG:='1';
  IF CARACTER='0' THEN
    BEGIN
      NUMEROFIG:='2';
      READ(ENTRADA,CARACTER);
    END;
  IF CARACTER='h' THEN
    BEGIN
      NUMEROFIG:='3';
      READ(ENTRADA,CARACTER);
    END;

```

```

WRITE(SALIDA,'C ',NUMEROFIG,' T ');
READ(ENTRADA,N1,COMA,N2);
CONSTANTE:=N1*10;
CONVERTIR;
WRITE(SALIDA,RISTRA,' ');
CONSTANTE:=N2*10;
CONVERTIR;
WRITE(SALIDA,RISTRA,';');

```

END;  
(\*-----\*)

```

PROCEDURE FINFIG;
BEGIN
  WRITE(SALIDA,'DF;');

```

END;  
(\*-----\*)

```

BEGIN
  RESET(CONTADOR);
  READ(CONTADOR,NUMEROFIG);

```

```

NUMEROFIG:=NUMEROFIG+1;
REWRITE(CONTADOR);
WRITE(CONTADOR,NUMEROFIG);
RESET(ENTRADA);
REWRITE(SALIDA);
WHILE NOT EOF(ENTRADA) DO
  BEGIN
    READ(ENTRADA,BL,RR,EE,CC);
    FRASE:=BL+RR+EE+CC;
    IF FRASE='niv' THEN ;(* NIVELES*)
    IF FRASE='fig' THEN NOMBREFIG;
    IF FRASE='rec' THEN SENTENCIA;
    IF FRASE=' fig' THEN FIGEXT;
    IF FRASE='ffig' THEN FINFIG;
    READLN(ENTRADA);
    WRITELN(SALIDA);
  END;
CONSTANTE:=NUMEROFIG;
CONVERTIR;
WRITE(SALIDA,'C ',RISTRA,',');
WRITELN(SALIDA);
WRITE(SALIDA,'E');
END.

```



## CAPITULO 5

### BIBLIOTECA DE CELULAS EN CMOS

#### 5.1 Introducción

En este capítulo veremos el trazado geométrico de la biblioteca de células objeto de este proyecto. Como se ha comentado anteriormente, la realización del diseño de un circuito integrado, o parte de él, sólo es posible mediante la utilización de las herramientas de un centro de Diseño Asistido por Ordenador. Razón por la cual la totalidad de los layouts que se presentan en este proyecto, han sido realizados en el centro de diseño VLSI del Departamento de Electrónica y Telecomunicación de la E.T.S.I.I. de Las Palmas. Los principales medios utilizados para tal fin han sido:

- Ordenador VAX 11/750
- Pantalla gráfica TEKTRONIX 4111
- Programa de diseño gráfico interactivo LUCIE
- Impresora gráfica TEKTRONIX 4696

En un primer apartado se describirá como están estructuradas las células y las reglas de diseño empleadas en este caso. Después de hacer una exposición de todas las

células, se dará un pequeño ejemplo de como interconectar este tipo de células para construir sistemas más complejos. Por último se dará unos listados de todas las células descritas en lenguaje CIF.

## 5.2 Descripción de las células

Para este proyecto se han realizado un total de 36 células en las que incluimos 3 pads. Cada célula con sus características se expone en tres páginas, exepcto las que no llevan circuito que sólo se expone en dos. En la primera página se detalla lo siguiente: su símbolo lógico con el nombre y número de terminales, una breve descripción de su función, altura y anchura de la célula en micras, y la tabla de verdad; cuando se necesita describir con más detalle la funcionalidad de la célula se dará además un esquema lógico, y/o su ecuación lógica. La siguiente página es la del circuito eléctrico, esta página contiene el esquema del circuito con todos los terminales de entrada-salida enumerados; cada transistor aparece con una etiqueta que indica el número del dispositivo y sus dimensiones en micras entre paréntesis (LONGITUD/ANCHURA). El convenio de enumeración de los dispositivos es el siguiente:

-números del 20 al 49 son dispositivos de canal  $p$

-números del 50 al 89 son dispositivos de canal  $n$

La última página contiene el trazado geométrico de la célula en color, con sus terminales indicados con letras. A

continuación haremos una descripción de como están estructuradas las células de funciones y los pads.

#### a) Células funcionales

Todas las células tienen una altura de 150 micras y una anchura que es múltiplo de 12 micras. Para toda la familia de células se ha mantenido un espacio de 12 micras o múltiplos entre los terminales sucesivos; como resultado todas las células aumentan su tamaño también en múltiplos de 12 micras. Todas la células funcionales tienen los mismos terminales de entrada y salida por la parte inferior y superior de la célula. Aunque en el esquema de layout los terminales se identificarán con letras, éstos se enumerarán de izquierda a derecha empezando con el número "2". La correspondencia entre números y letras se comprobarán en los esquemas de símbolos, en los que además aparecerán numeraciones en decenas (12,15) que corresponden a los terminales de la parte superior.

Dentro de cada célula se incluirán los buses de alimentación. Cada bus cruzará la célula horizontalmente con una anchura mínima de 8 micras. El bus de masa  $V_{es}$ , estará en la parte inferior de la célula, centrado en una coordenada y de 12 micras. El bus superior corresponde a la alimentación  $V_{dd}$  y está centrado en una coordenada y de 138 micras. Por tanto las células están estructuradas para que

puedan ser adyacentes ya sean células funcionales o pads como veremos a continuación.

#### b) terminales I/O

Todos los pads, excepto los de alimentación, tendrán una altura de 313 micras y una anchura de al menos 204 micras pudiendo variar en incrementos de 12 micras. En estos pads, al contrario que las células funcionales, el bus de alimentación  $V_{dd}$  estará en la parte inferior de la célula y el bus de masa  $V_{ss}$  estará en la parte superior. El bus  $V_{dd}$  tendrá 8 micras de ancho, corre horizontalmente y está centrado en una coordenada y de 12 micras. El bus superior  $V_{ss}$  tiene 50 micras de ancho y su parte inferior está en una coordenada y de 134 micras.

En estos pads se han incluido estructuras especiales para protección contra descargas electrostáticas y reducir la posibilidad del efecto latch-up.

En los circuitos de entrada se ha construido una abertura antichispas para minimizar el voltaje de pico presente en las puertas de los circuitos internos y aliviar la corriente sobre la configuración de diodos-resistencia. Un lado de la abertura antichispas se conecta a la línea del pad de señal previo a la entrada del resistor y el otro lado se conecta al bus superior de alimentación. Esta abertura




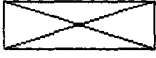
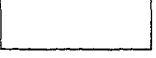
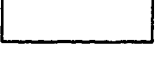
tiene forma de dientes y es una región que debe quedar sin capa de pasivación.

Los pads de entrada tienen además para protegerse de descargas electrostáticas un par de diodos y un resistor. La protección para los pads de salida es una mayor separación entre el pad de señal y el bus de alimentación superior.

Para reducir el potencial de latch-up, un anillo de guarda (ring) de difusión  $p^+$  rodeará a los transistores de canal  $n$  y otro de  $n^+$  rodeará los transistores de canal  $p$ . El substrato bajo el pad puede elevarse debido a la inyección de huecos en él durante las rápidas transiciones. Para minimizar este efecto se ha construido alrededor del área del pad una región aislante  $p^+$  sobre substrato  $p$  que tiene forma de "U".

### 5.3 Reglas de diseño empleadas

En las siguientes páginas se exponen las reglas de diseño empleadas para la elaboración de estas células. En la primera página se representan los símbolos utilizados para cada nivel con sus correspondientes códigos de letras para los ficheros de descripción. Todas las longitudes marcadas se refieren a distancias mínimas.

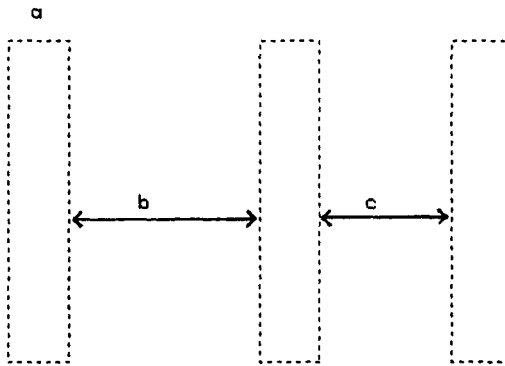
nivel	color	codluc	codcif
puell		ns	cw
poly		np	cp
diffp		nb	cs
diffn		nd	cd
contac		nc	cc
meta1		nm	cm
meta2		nh	cn

<u>POZO P</u>	<u>MICRAS</u>
A. Anchura del pozo $p$	5
B. Espacio de pozo $p$ a pozo $p$ a diferente potencial	15
C. Espacio de pozo $p$ a pozo $p$ al mismo potencial	9

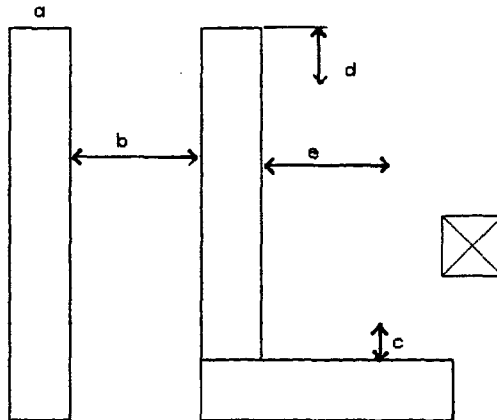
<u>POLY</u>	<u>MICRAS</u>
A. Anchura del poly	3
B. Espacio de poly a poly	3
B.1 Espacio de poly a poly sobre difusión si son adyacentes por más de 16 micras	4
C. Espacio de poly a difusión ( $P+$ o $N+$ )	2
D. Solapamiento del poly de puerta más allá de la difusión	3
E. Extensión de la difusión ( $P+$ o $N+$ ) para formar transistor	3
E.1 Extensión para puertas con anchuras mayores de 8 micras	4
E.2 Extensión para puertas con anchuras mayores de 25 micras	5



puell



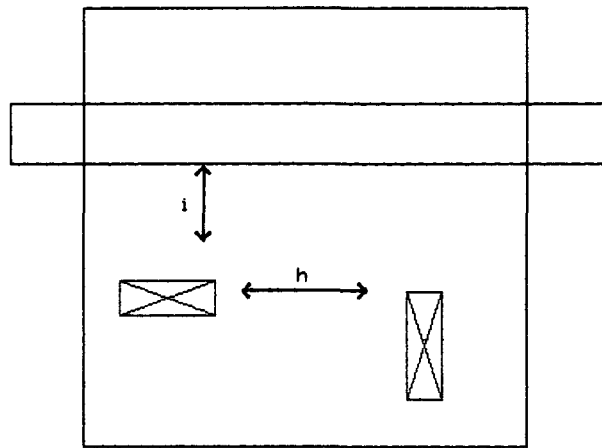
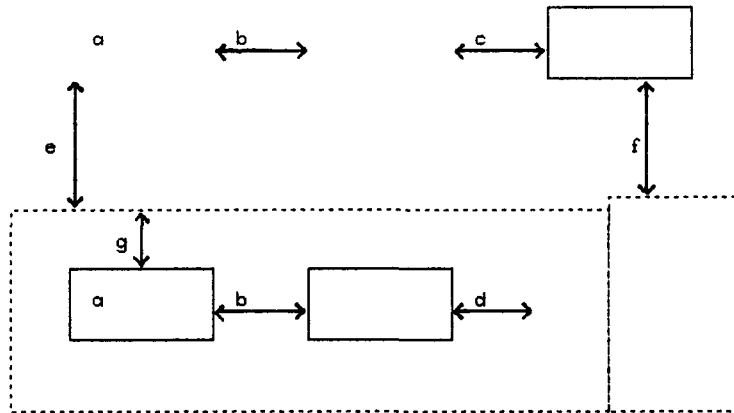
poly



DIFUSIONMICRAS

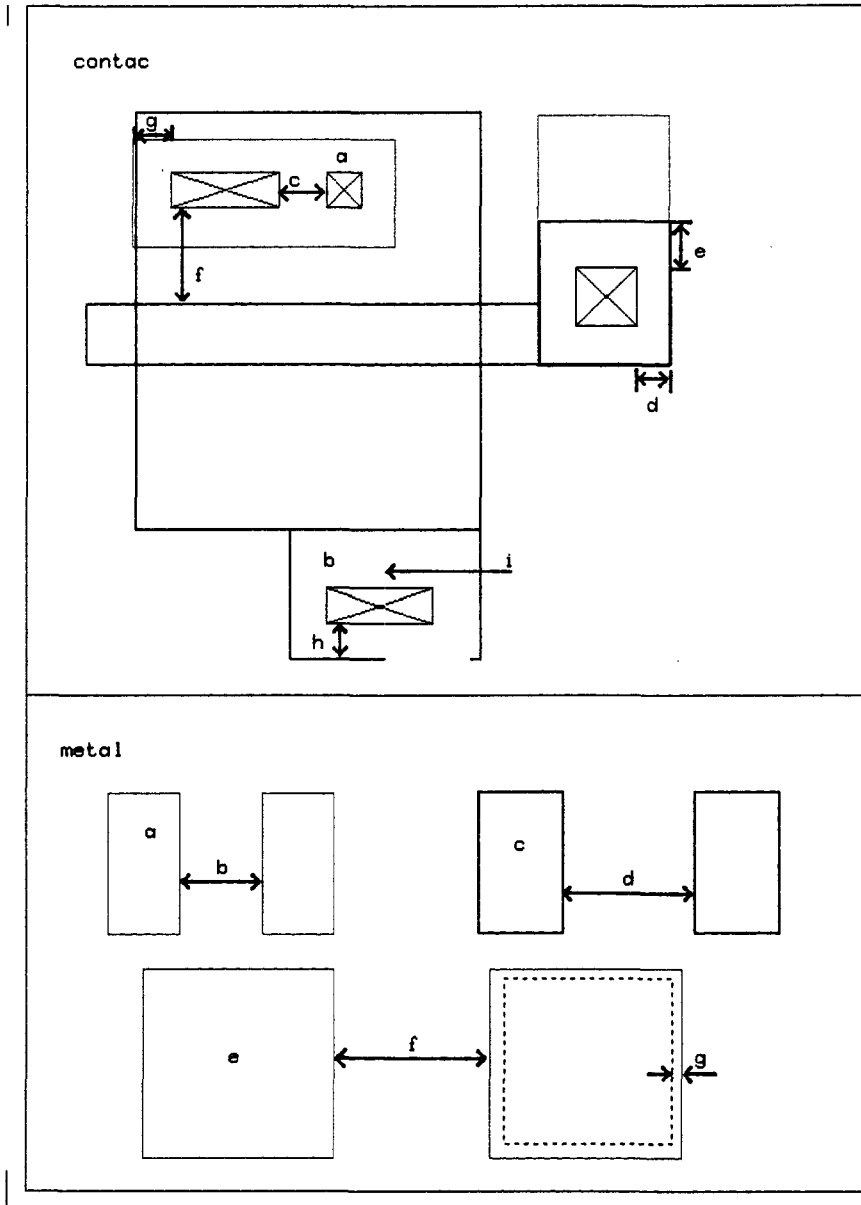
A.	Anchura de la difusión $P+$ o $N+$	4
B.	Espacio entre difusiones $P+$ o $N+$	4
C.	Espacio entre $N+$ y $P+$ fuera del pozo	4
D.	Espacio entre $N+$ y $P+$ dentro del pozo	4
E.	Espacio de $P+$ en sustrato $n$ al pozo $\rho$	8
F.	Espacio de $N+$ en sustrato $n$ al pozo $\rho$	7
G.	Espacio de $N+$ al borde del pozo $\rho$ dentro del pozo	4
H.	Espacio entre difusiones $P+$ sobre difusión $N+$ o entre difusiones $N+$ sobre difusión $P+$	3
I.	Espacio entre poly y $N+$ sobre difusión $P+$ o entre poly y $P+$ sobre difusión $N+$	3.5

diff



<u>CONTACTO</u>	<u>MICRAS</u>
A. Tamaño del contacto	3 x 3
B. Tamaño máximo del contacto (contacto al sustrato)	3 x 8
C. Espacio de contacto a contacto	3
D. Extensión del poly a contactar	2
E. Extensión del poly a contactar en dirección al metal	2.5
F. Espacio del poly al contacto	3
G. Extensión del metal a contactar	2
H. Extensión de la difusión a contactar (P+ o N+)	2
I. Distancia entre N+ y P+ en los contactos al sustrato	0

<u>METAL</u>	<u>MICRAS</u>
A. Anchura del metal1	3
B. Espacio entre dos metal1	4
C. Anchura del metal2	5
D. Espacio entre dos metal2	5
E. Extensión del metal para un PAD	100 x 100
F. Espacio entre PADS	100
G. Solapamiento del metal sobre el pozo $\rho$ en un PAD	3



#### 5.4 Listado de células

En este apartado se verá lo siguiente:

1º.- Listado de células por orden alfabético del nombre con el que aparecen en el directorio del sistema donde se han diseñado. También puede verse el número de identificación para el fichero CIF que se le ha asignado.

2º.- Símbolos de las células agrupadas según su función.

3º.- Exposición de las células tal como se han descrito en el apartado 5.2.

Directory DPTO:[ELECTRONICA.SANTANA.CMOS]

CELULAS:	DESCRIPCION:	Nº. CIF
AND2.DAT	Puerta AND/NAND 2 in, 2 out	4 (cell14)
AND3.DAT	Puerta AND/NAND 3 in, 2 out	5 (cell15)
AND4.DAT	Puerta AND/NAND 4 in, 2 out	6 (cell16)
A022.DAT	Función AND/OR 2,2 (Multiplexor)	7 (cell17)
A032.DAT	Función AND/OR 3,2 (Multiplexor)	8 (cell18)
A042.DAT	Función AND/OR 4,2 (Multiplexor)	9 (cell19)
AOI22.DAT	Función AND/OR/INV 2,2 (Multiplexor)	10 (cell110)
BUFTRI.DAT	Buffer de 3 estados (tri-state)	11 (cell111)
BUSM1.DAT	Bus de cruce con metal 1	12 (cell112)
BUSM2.DAT	Bus de cruce con metal 2	13 (cell113)
CTO.DAT	Contacto de 3x3 micras	1 (cell11)
CTOH.DAT	Contacto de 3x8 micras	3 (cell13)
CTOV.DAT	Contacto de 8x3 micras	2 (cell12)
EXNOR.DAT	Puerta NOR exclusiva 2 in	14 (cell114)
EXOR.DAT	Puerta OR exclusiva 2 in	15 (cell115)
FF2QSR.DAT	Latch síncrono D con 2Q,set,y reset	16 (cell116)
FFD1QR.DAT	Flip-flop D síncrono con 1Q,y reset	17 (cell117)
FFD2Q.DAT	Flip-flop D síncrono con 2Q	18 (cell118)
FFD2QR.DAT	Flip-flop D síncrono con 2Q,y reset	19 (cell119)
FFNAND.DAT	Latch con puertas NAND	20 (cell120)
FFNOR.DAT	Latch con puertas NOR	21 (cell121)
FULADD.DAT	Sumador completo de 2 bits,Cin,Cout	22 (cell122)
INV.DAT	Inversor	23 (cell123)
INUX4.DAT	Buffer inversor	24 (cell124)
NAND2.DAT	Puerta NAND 2 in	25 (cell125)
NAND3.DAT	Puerta NAND 3 in	26 (cell126)
NINV.DAT	No inversor	27 (cell127)
NINUX4.DAT	Buffer no inversor	28 (cell128)
NOR2.DAT	Puerta NOR 2 in	29 (cell129)
NOR3.DAT	Puerta NOR 3 in	30 (cell130)
NOR4.DAT	Puerta NOR 4 in	31 (cell131)
OR2.DAT	Puerta OR/NOR 2 in, 2 out	32 (cell132)
OR3.DAT	Puerta OR/NOR 3 in, 2 out	33 (cell133)
OR4.DAT	Puerta OR 4 in	34 (cell134)
PADIN.DAT	Pad de entrada	35 (cell135)
PADIO.DAT	Pad de entrada-salida tri-state	36 (cell136)
PADOUT.DAT	Pad de salida	37 (cell137)
PADPOW.DAT	Pad de alimentación	38 (cell138)
TRAGAT.DAT	Puerta de transmisión	39 (cell139)

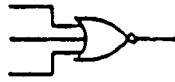
Total: 39 ficheros, 36 células y 3 figuras externas.

PUERTAS:

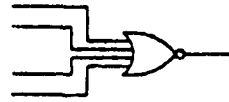
NOR2



NOR3



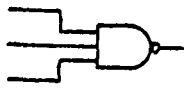
NOR4



NAND2



NAND3



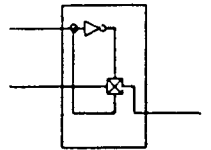
INV



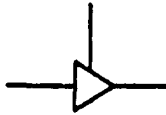
NINV



TRAGAT



BUFTRI



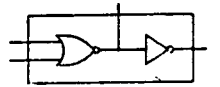
INVX4



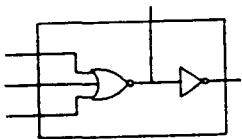
NINVX4



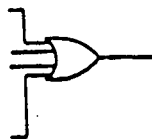
OR2



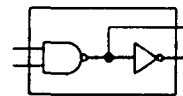
OR3



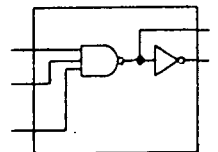
OR4



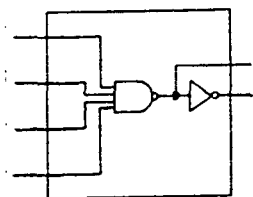
AND2



AND3



AND4



EXOR



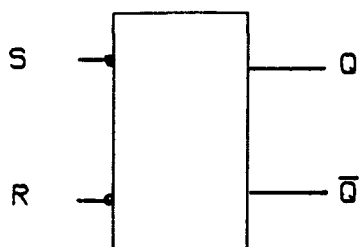
EXNOR



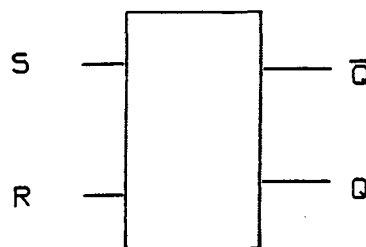


BIESTABLES:

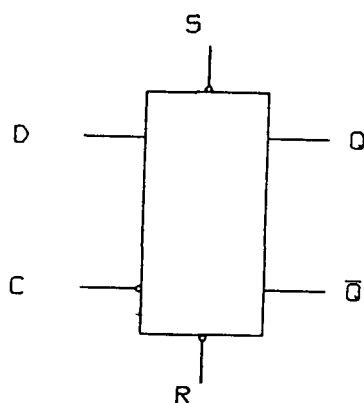
FFNAND



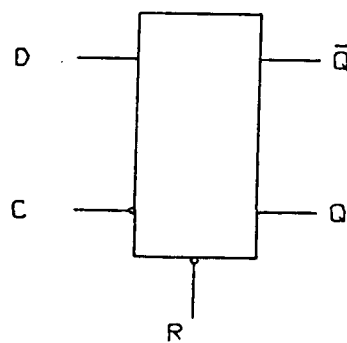
FFNOR



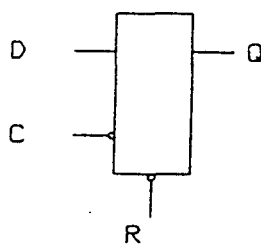
FF2QSR



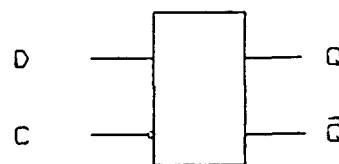
FFD2QR



FFD1QR

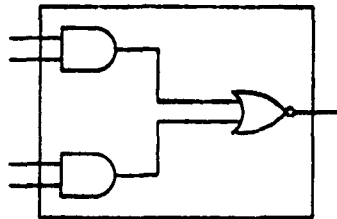


FFD2Q

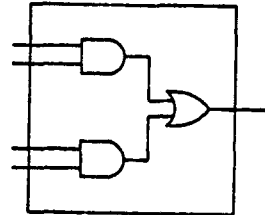


**FUNCIONES:**

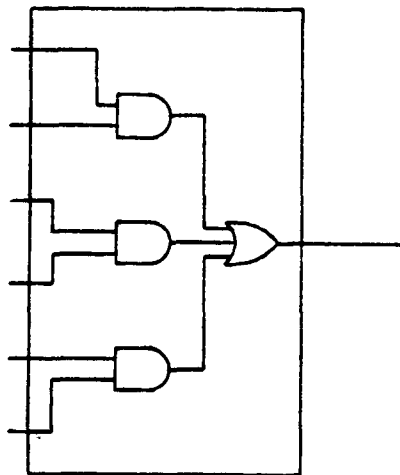
A0122



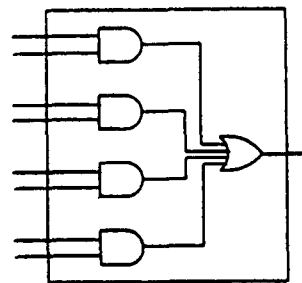
A022



A032



A042

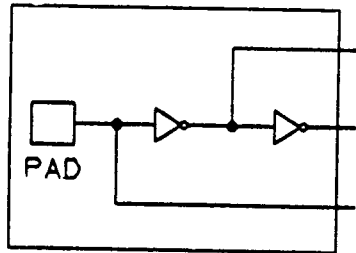


FULADD

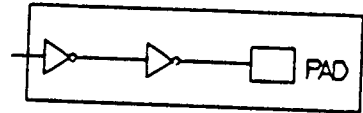


PADs Y BUSES:

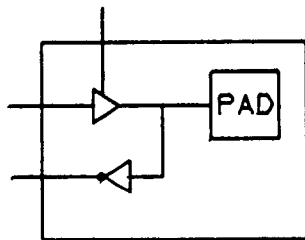
PADIN



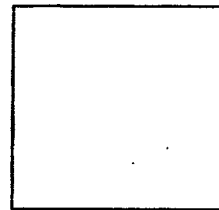
PADOUT



PADIO



PADPOW



BUSM1



BUSM2



## AND2

Cell14: Puerta AND/NAND de 2 entradas y dos salidas.

Altura: 150      Anchura: 48

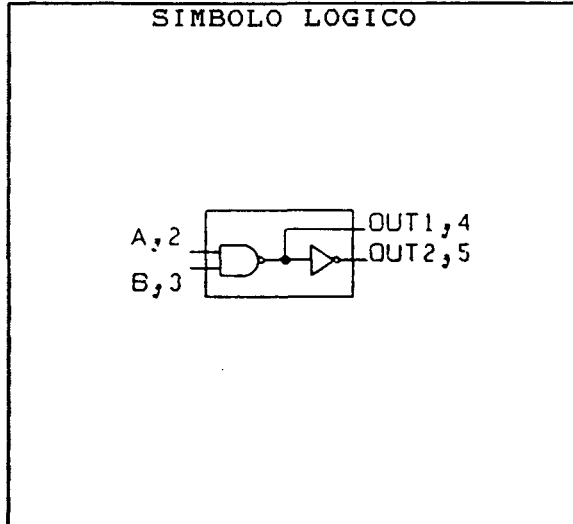


TABLA DE VERDAD

A	B	OUT1	OUT2
0	*	1	0
*	0	1	0
1	1	0	1
X	1	X	X
1	X	X	X
X	X	X	X

\* = No importa el estado

X = Estado desconocido

ECUACIONES LOGICAS:       $OUT1 = \overline{A \cdot B}$

$OUT2 = A \cdot B$

# AND2

## CIRCUITO ELECTRICO

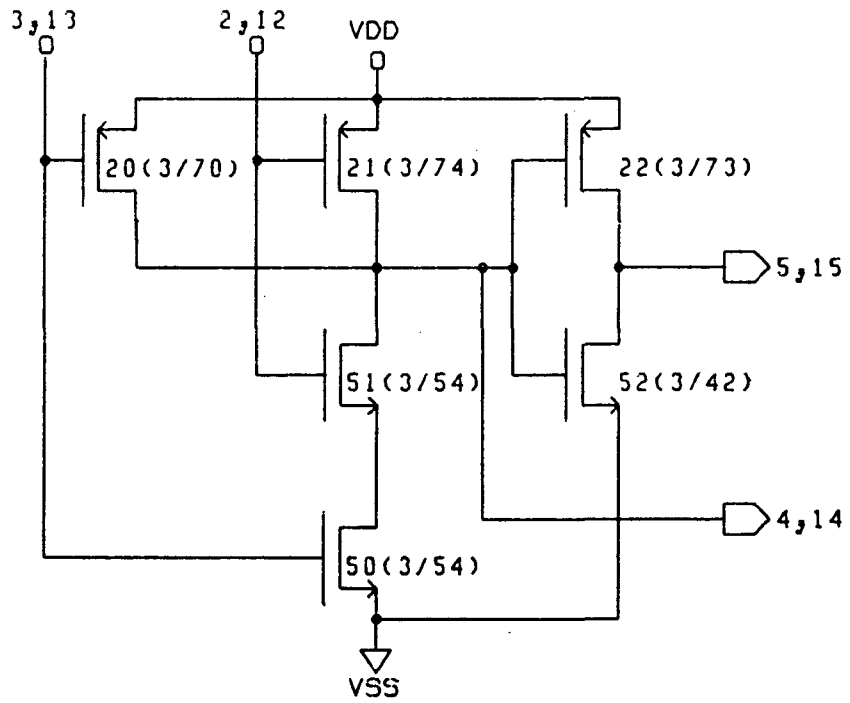
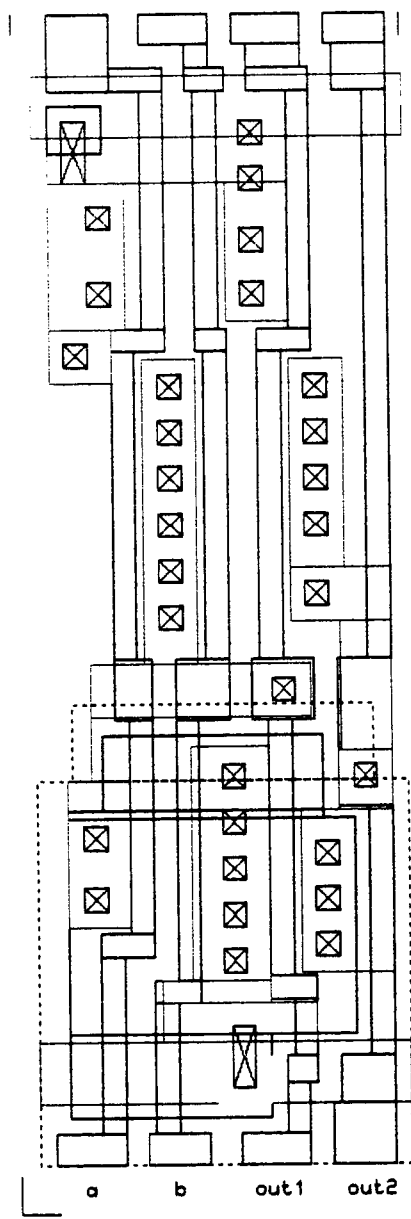


Fig. 10.



## AND3

Cell15: Puerta AND/NAND de 3 entradas y dos salidas.

Altura: 150    Anchura: 60

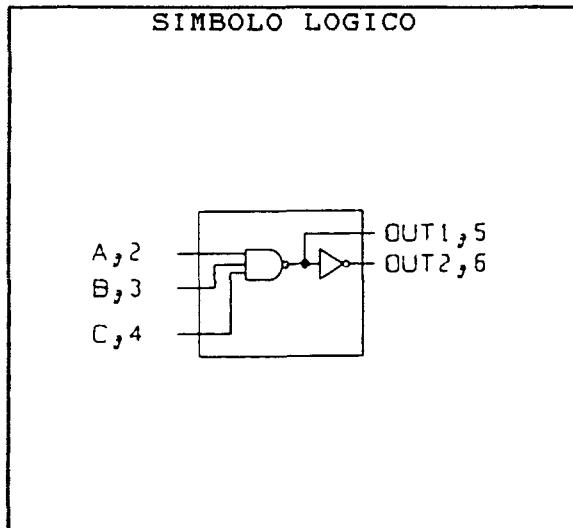


TABLA DE VERDAD

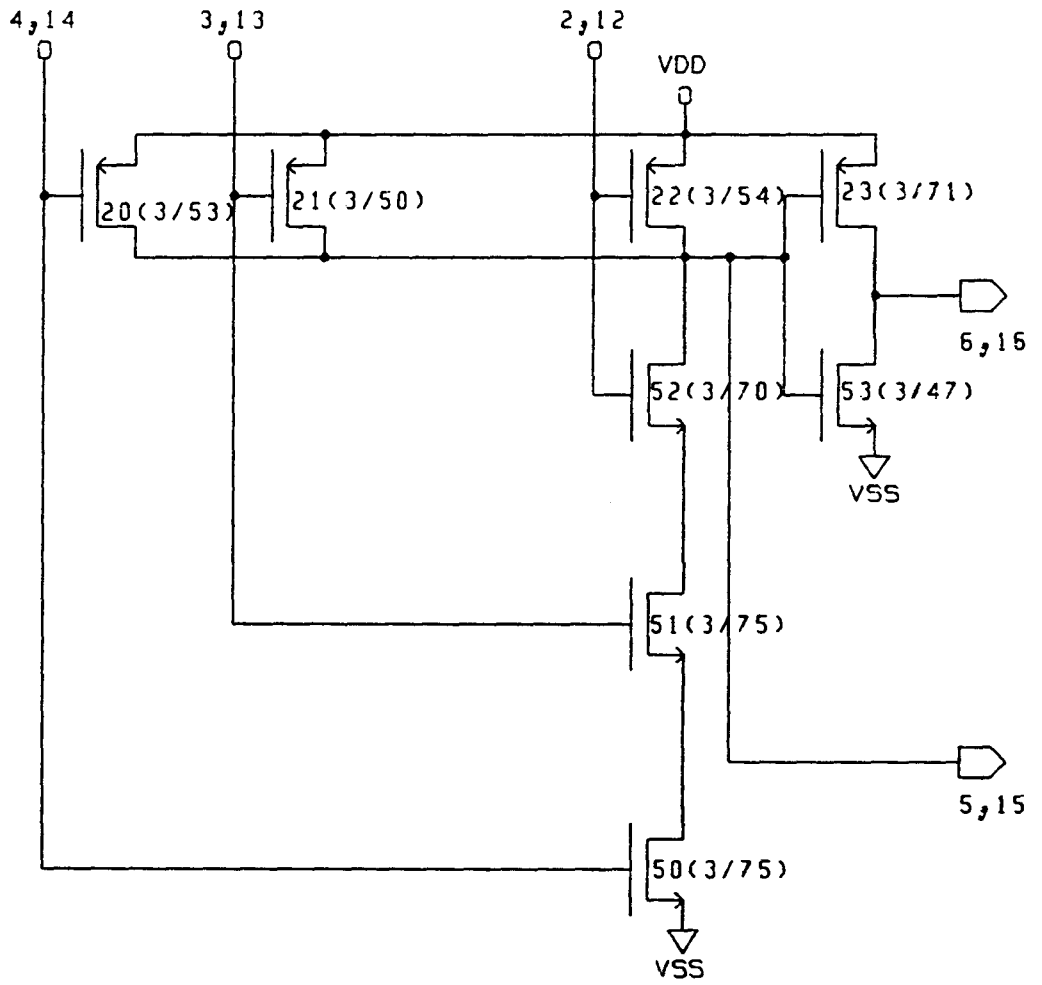
A	B	C	OUT1	OUT2
0	*	*	1	0
*	0	*	1	0
*	*	0	1	0
1	1	1	0	1
TODAS LAS DEMAS COMBINACIONES			X	X

ECUACIONES LOGICAS:             $OUT1 = \overline{A \cdot B \cdot C}$

$OUT2 = A \cdot B \cdot C$

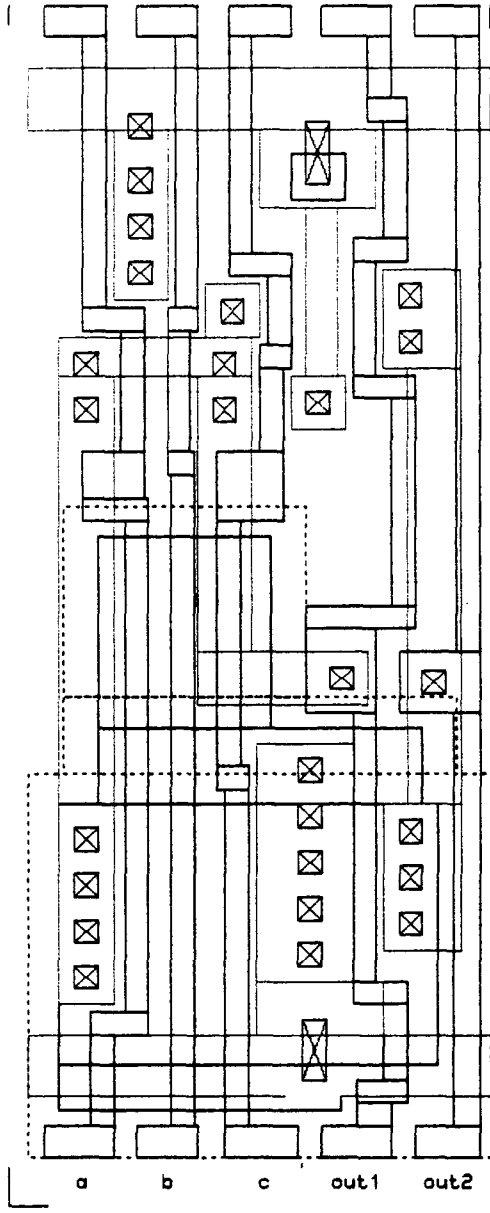
# AND3

## CIRCUITO ELECTRICO





147



## AND4

Cell16: Puerta AND/NAND de 4 entradas y dos salidas.

Altura: 150    Anchura: 72

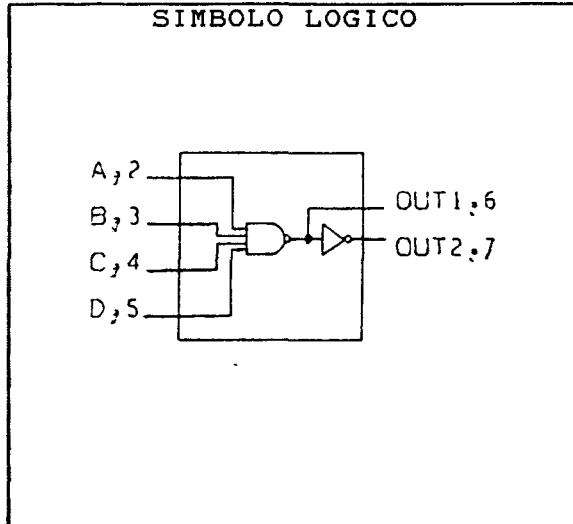


TABLA DE VERDAD

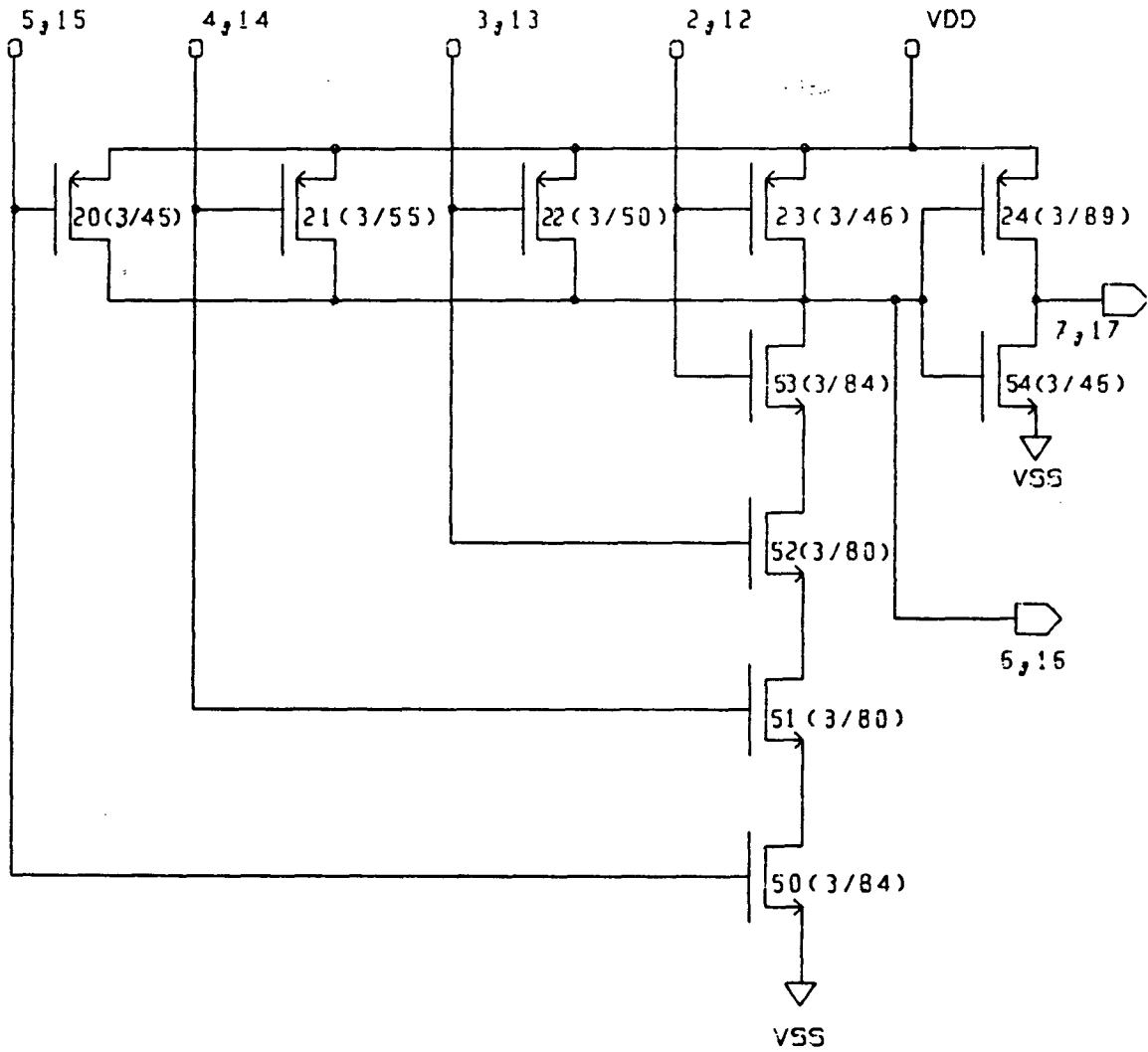
A	B	C	D	OUT1	OUT2
0	*	*	*	1	0
*	0	*	*	1	0
*	*	0	*	1	0
*	*	*	0	1	0
1	1	1	1	0	1
TODAS LAS DEMAS COMBINACIONES				X	X

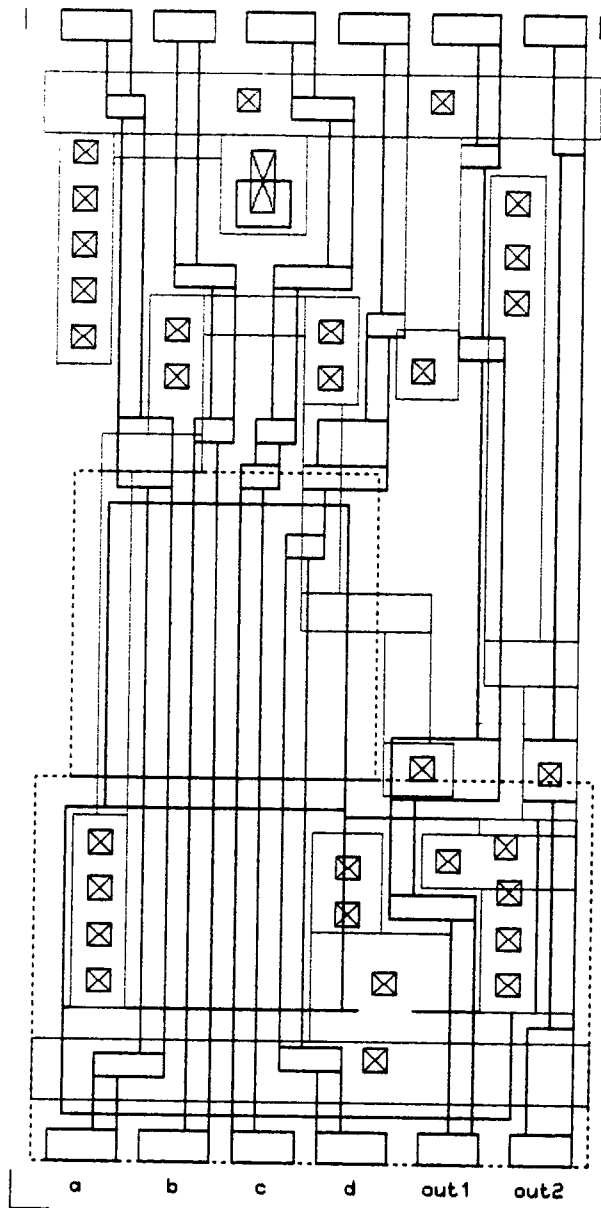
ECUACIONES LOGICAS:             $OUT1 = \overline{A \cdot B \cdot C \cdot D}$

$OUT2 = A \cdot B \cdot C \cdot D$

# AND4

## CIRCUITO ELECTRICO





## A022

Cell17: Función AND/OR con 2 puertas NAND de 2 entradas.

Altura: 150    Anchura: 84

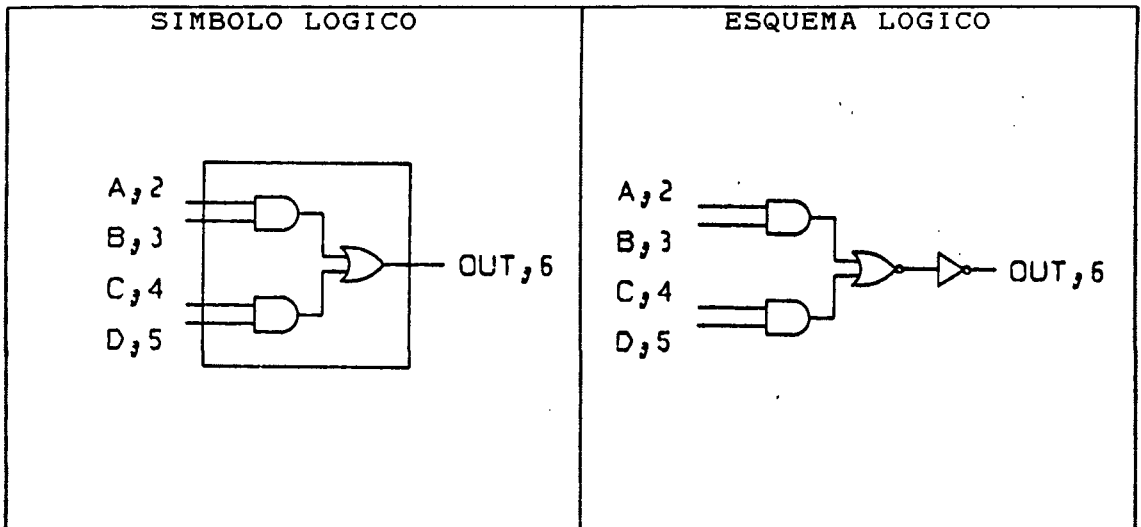


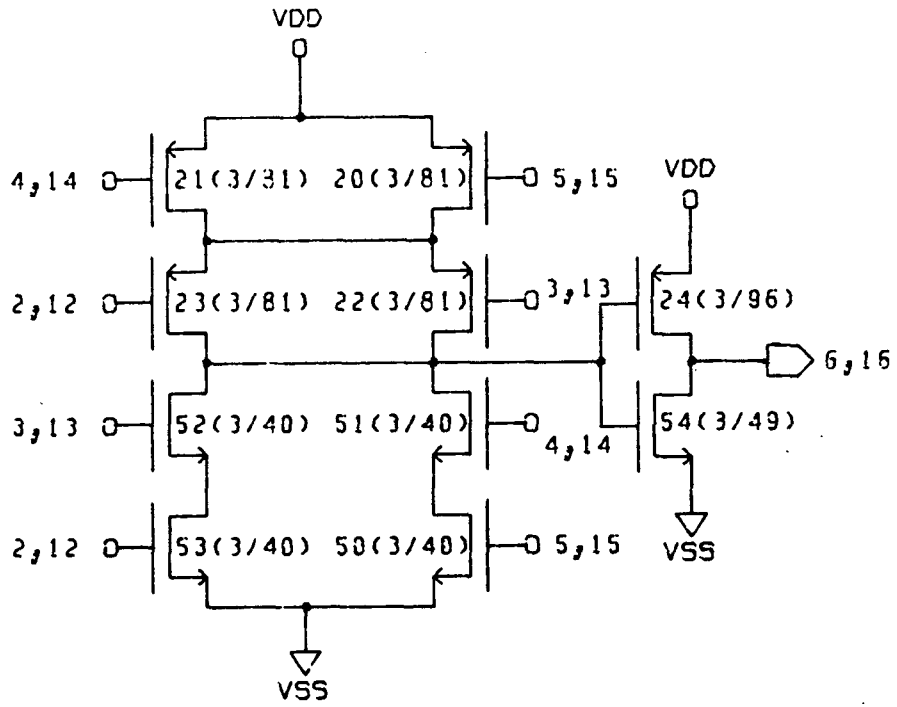
TABLA DE VERDAD

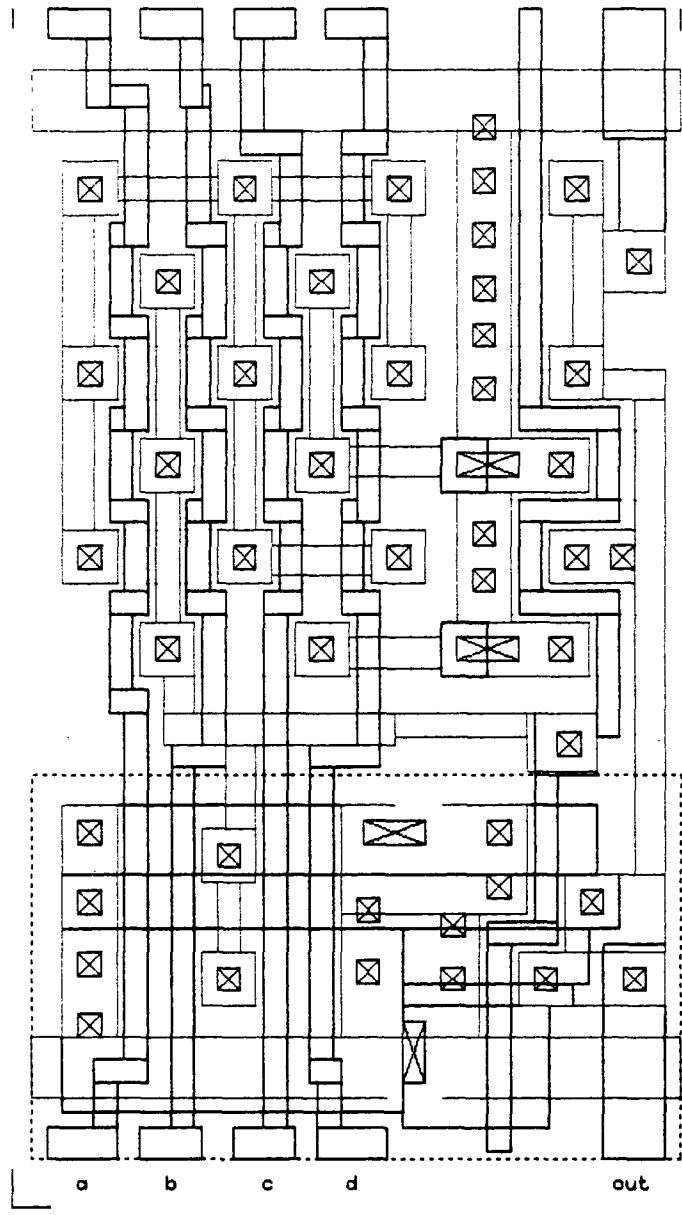
A	B	C	D	OUT
1	1	*	*	1
*	*	1	1	1
0	*	0	*	0
0	*	*	0	0
*	0	0	*	0
*	0	*	0	0
TODAS LAS DEMAS COMBINACIONES				X

ECUACION LOGICA:  $OUT = A \cdot B + C \cdot D$

# A022

## CIRCUITO ELECTRICO





## A032

Cell18: Función AND/OR con 3 puertas NAND de 2 entradas.

Altura: 150 Anchura: 108

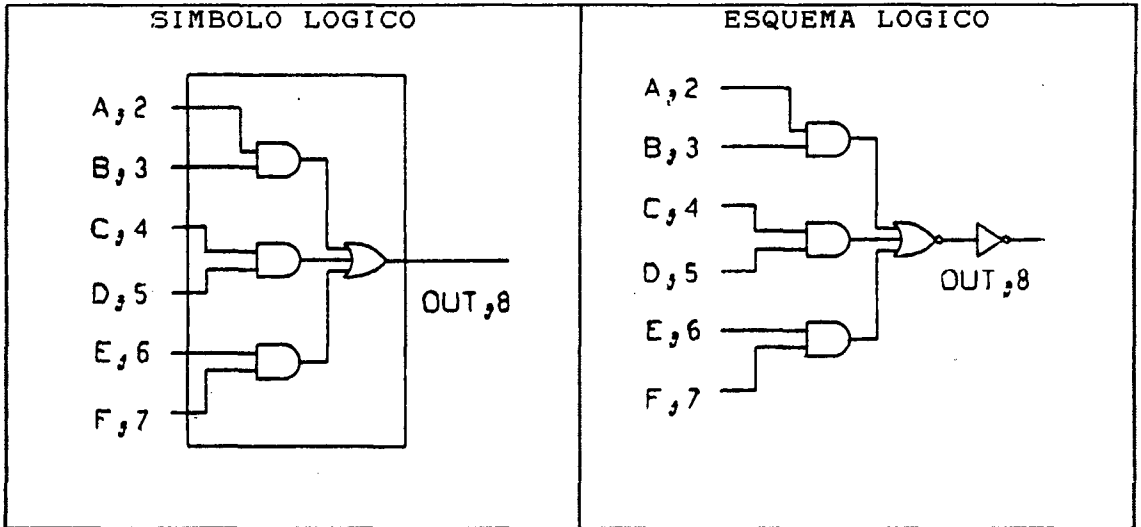


TABLA DE VERDAD

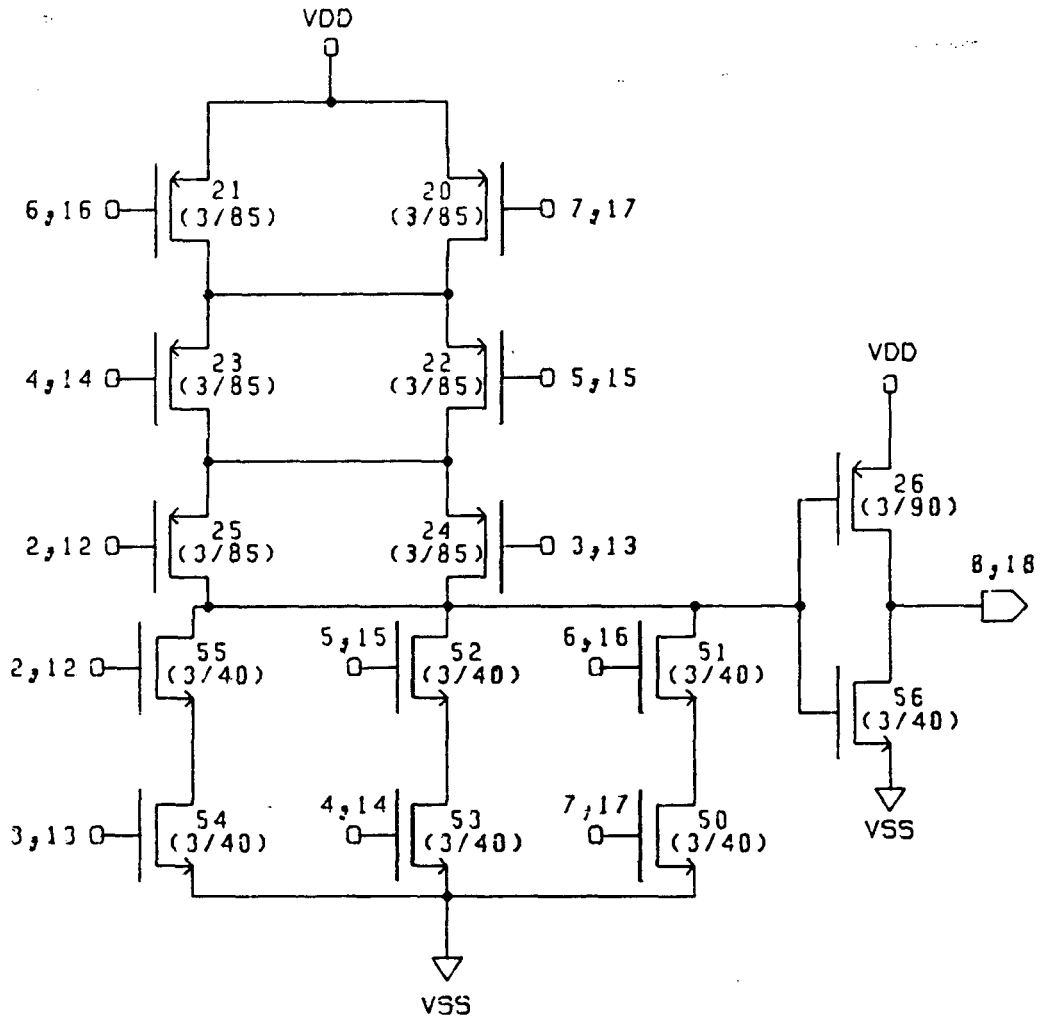
A	B	C	D	E	F	OUT
1	1	*	*	*	*	1
*	*	1	1	*	*	1
*	*	*	*	1	1	1
0	*	0	*	0	*	0
0	*	0	*	*	0	0
0	*	*	0	0	*	0
0	*	*	0	*	0	0
*	0	0	*	0	*	0
*	0	0	*	*	0	0
*	0	*	0	0	*	0
*	0	*	0	*	0	0
TODAS LAS DEMAS COMBINACIONES						X

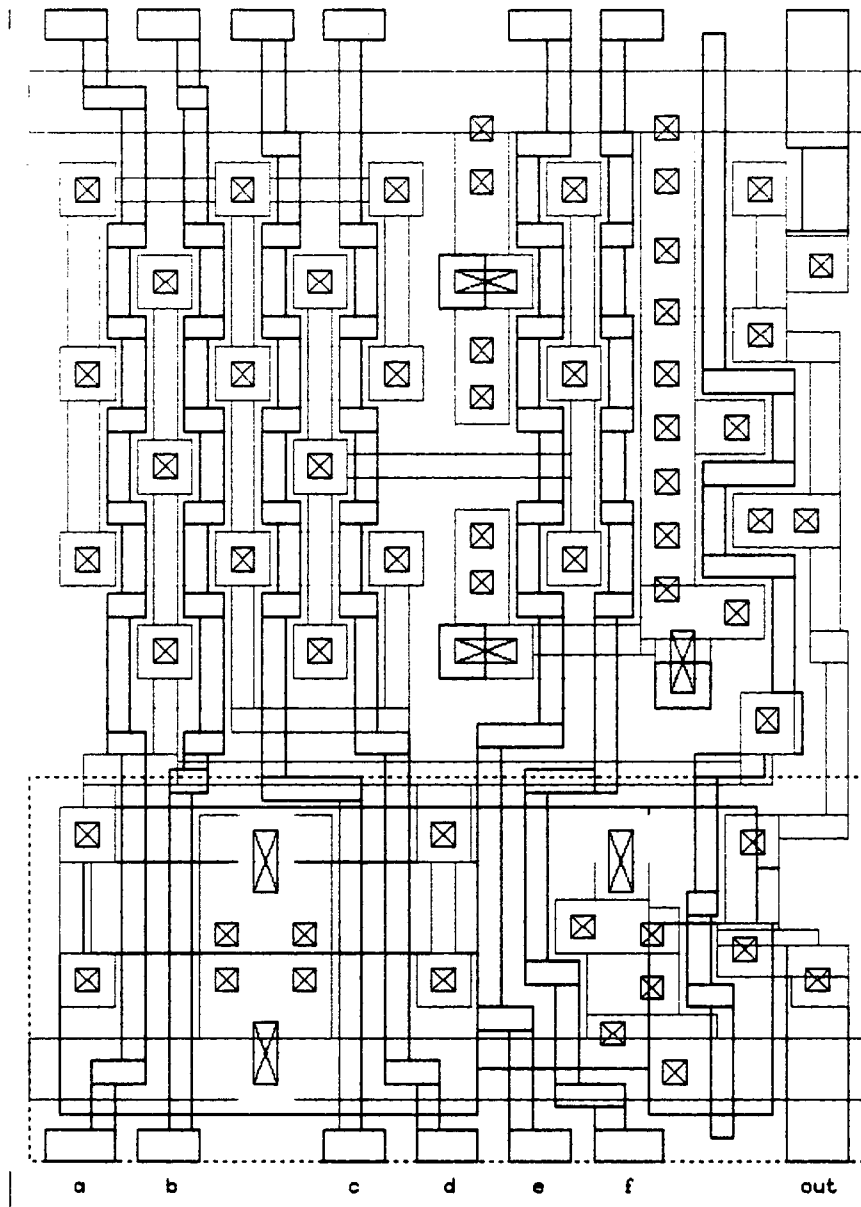
ECUACION LOGICA:  $OUT = A \cdot B + C \cdot D + E \cdot F$



# A032

## CIRCUITO ELECTRICO





A042

Cell9: Función AND/OR con 4 puertas NAND de 2 entradas.

Altura: 150 Anchura: 144

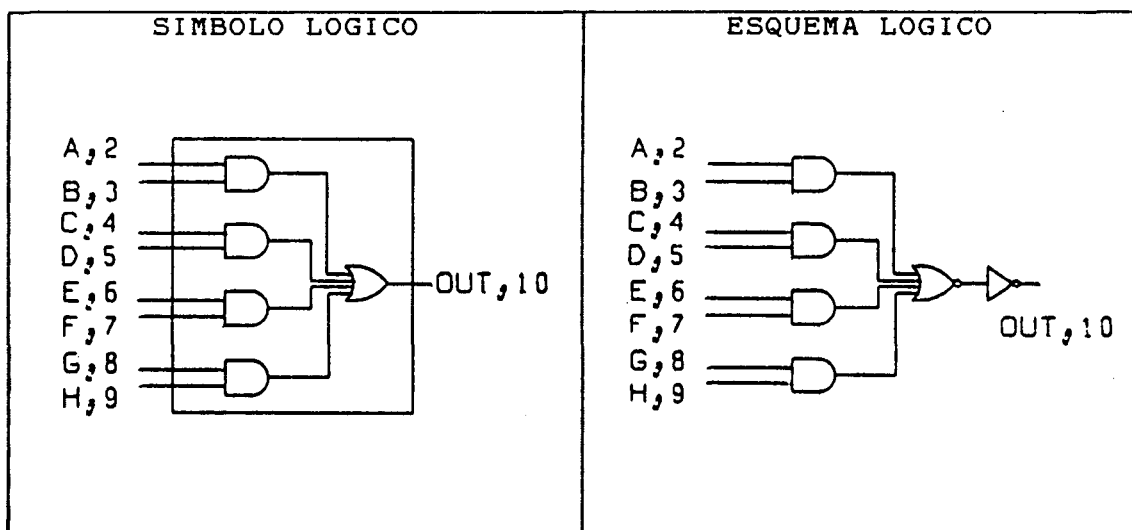


TABLA DE VERDAD

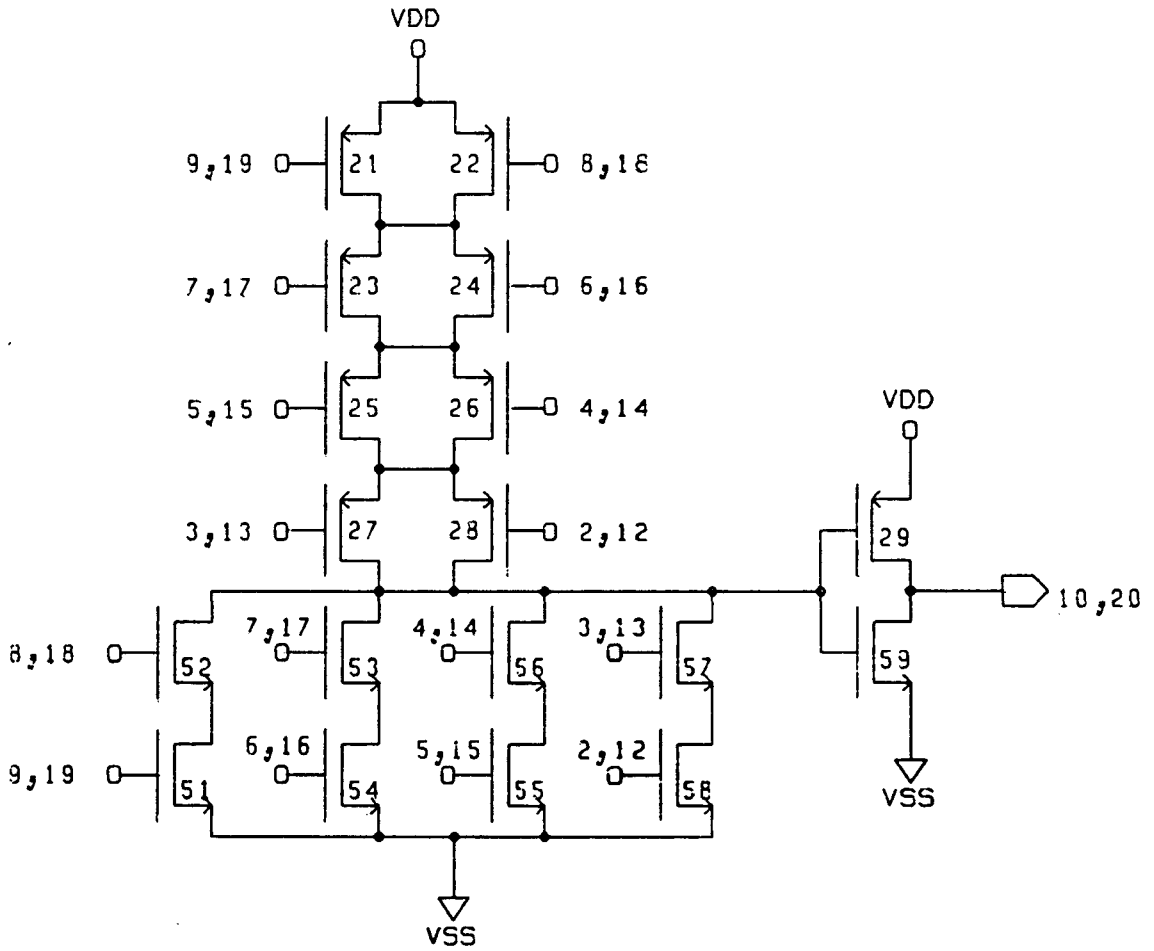
A	B	C	D	E	F	G	H	OUT
1	1	*	*	*	*	*	*	1
*	*	1	1	*	*	*	*	1
*	*	*	*	1	1	*	*	1
*	*	*	*	*	*	1	1	1
0	*	0	*	0	*	0	*	0
0	*	0	*	0	*	*	0	0
0	*	0	*	*	0	0	*	0
0	*	0	*	*	0	*	0	0
0	*	*	0	0	*	*	0	0
0	*	*	0	0	0	0	*	0
0	*	*	0	*	0	0	0	0
*	0	0	*	0	*	0	*	0
*	0	0	*	0	*	*	0	0
*	0	0	*	*	0	0	*	0
*	0	*	0	0	*	0	*	0
*	0	*	0	0	*	*	0	0
*	0	*	0	*	0	0	*	0
*	0	*	0	*	0	0	*	0
*	0	*	0	*	0	*	0	0

TODAS LAS DEMAS COMBINACIONES X

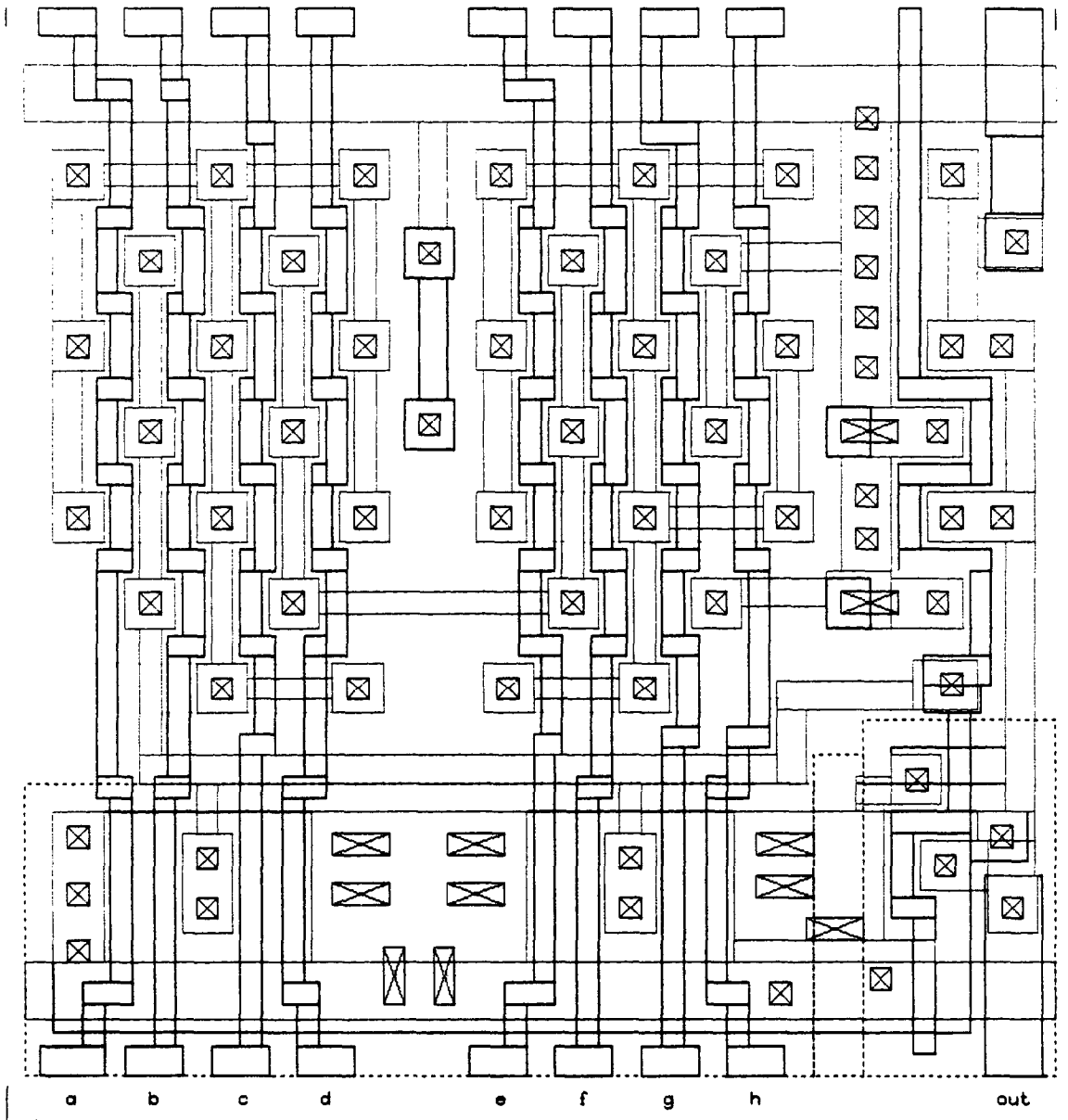
ECUACION LOGICA:  $OUT = A \cdot B + C \cdot D + E \cdot F + G \cdot H$

# A042

## CIRCUITO ELECTRICO



21(3/91)	26(3/93)	51(3/31)	56(3/31)
22(3/93)	27(3/93)	52(3/31)	57(3/31)
23(3/93)	28(3/87)	53(3/31)	58(3/31)
24(3/93)	29(3/101)	54(3/31)	59(3/48)
25(3/93)		55(3/31)	



## AOI22

Cell110: Función AND/OR/INV con 2 puertas NAND de 2 entradas

Altura: 150    Anchura: 72

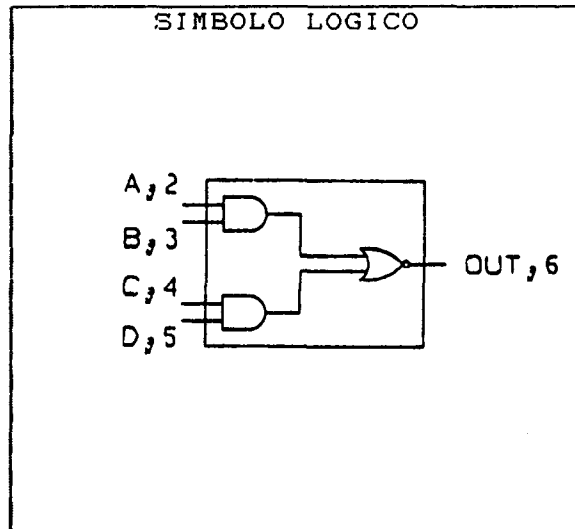


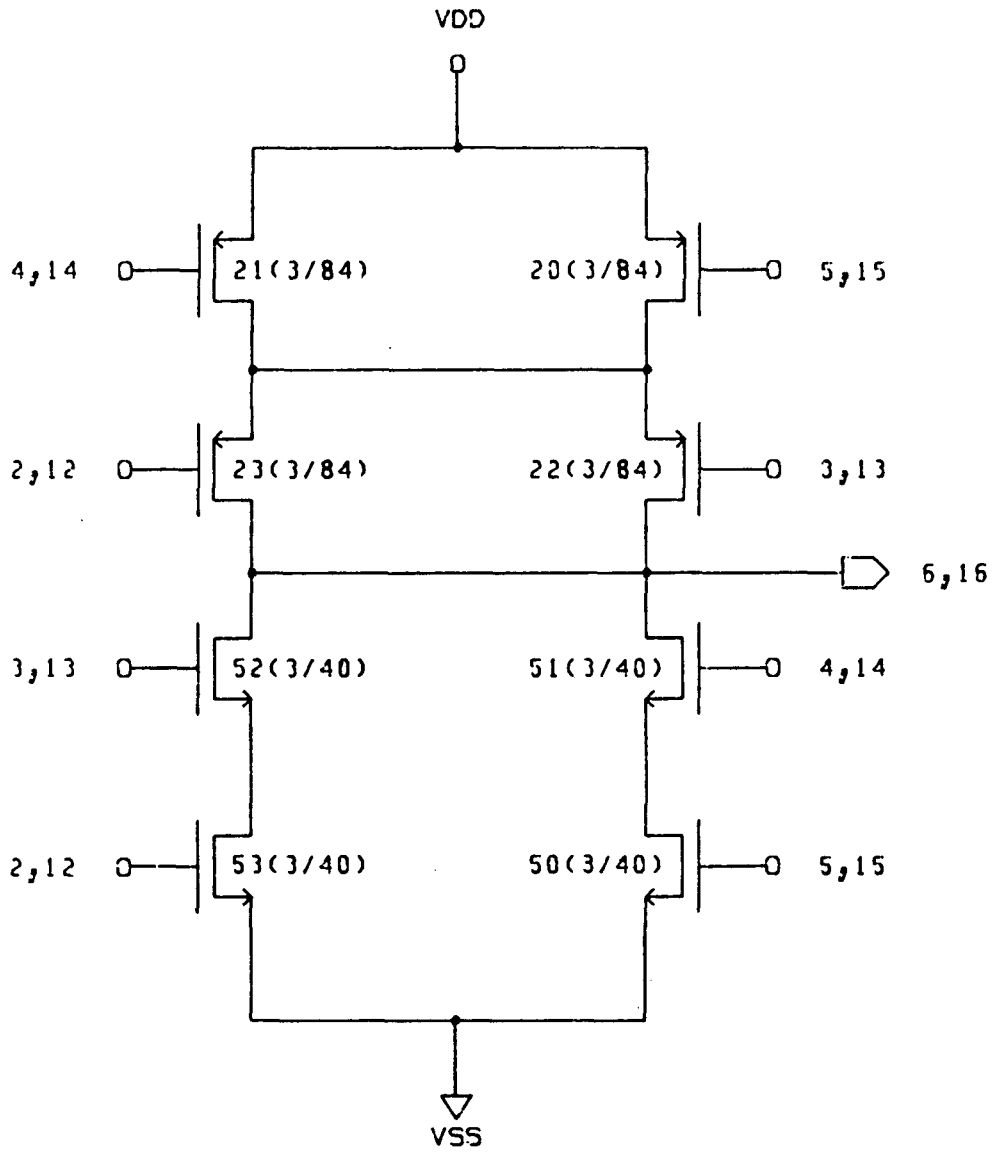
TABLA DE VERDAD

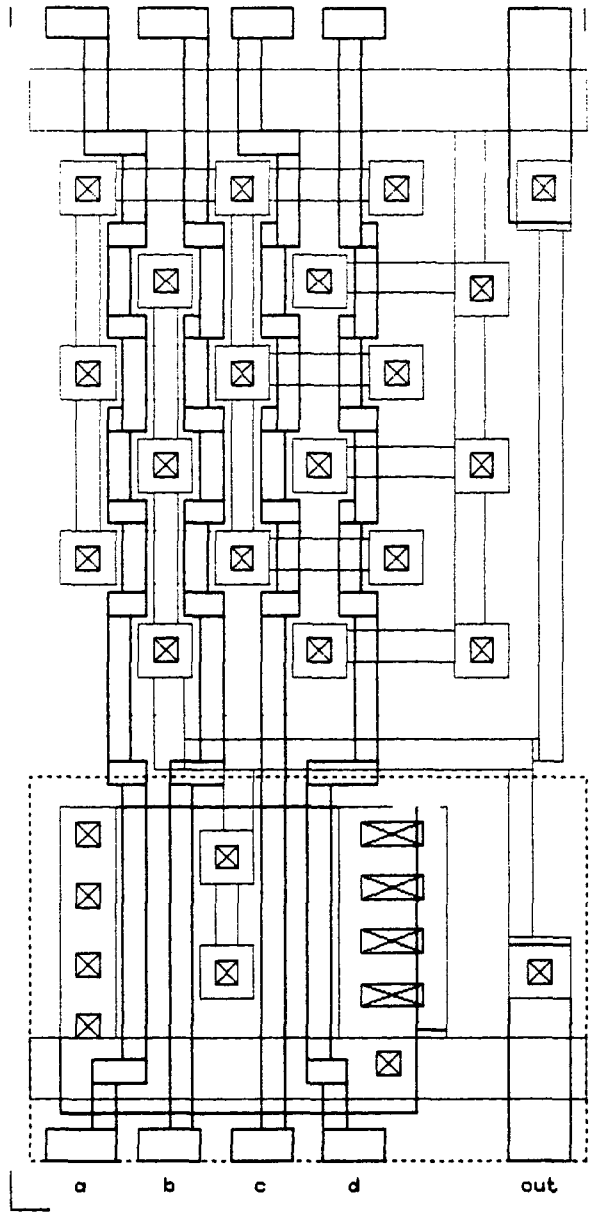
A	B	C	D	OUT
1	1	*	*	0
*	*	1	1	0
0	*	0	*	1
0	*	*	0	1
*	0	0	*	1
*	0	*	0	1
TODAS LAS DEMAS COMBINACIONES				X

ECUACION LOGICA:  $OUT = \overline{A \cdot B + C \cdot D}$

# AOI22

## CIRCUITO ELECTRICO





14



## BUFTRI

Cell111: Buffer no inversor de tres estados (tri-state).

Altura: 150 Anchura: 84

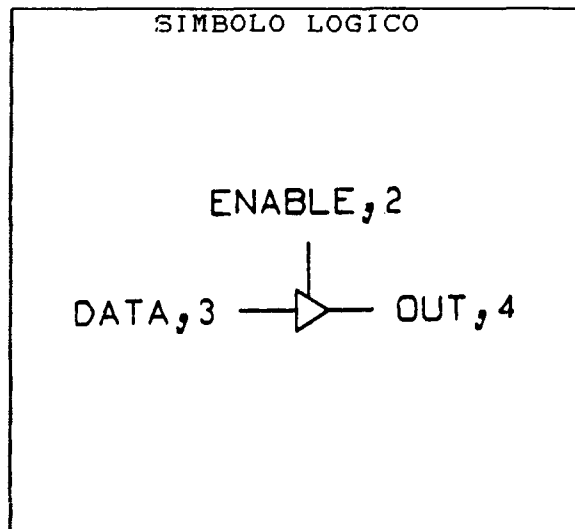


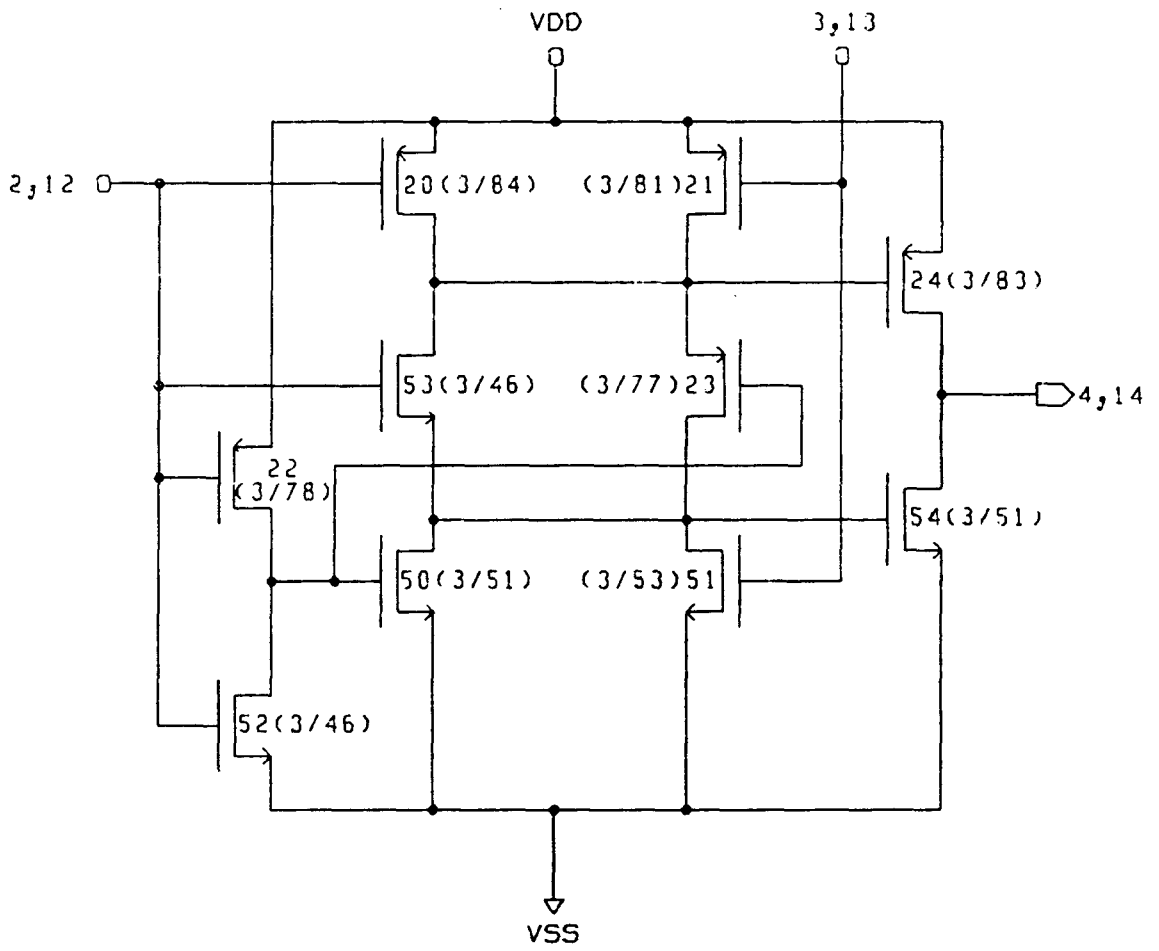
TABLA DE VERDAD

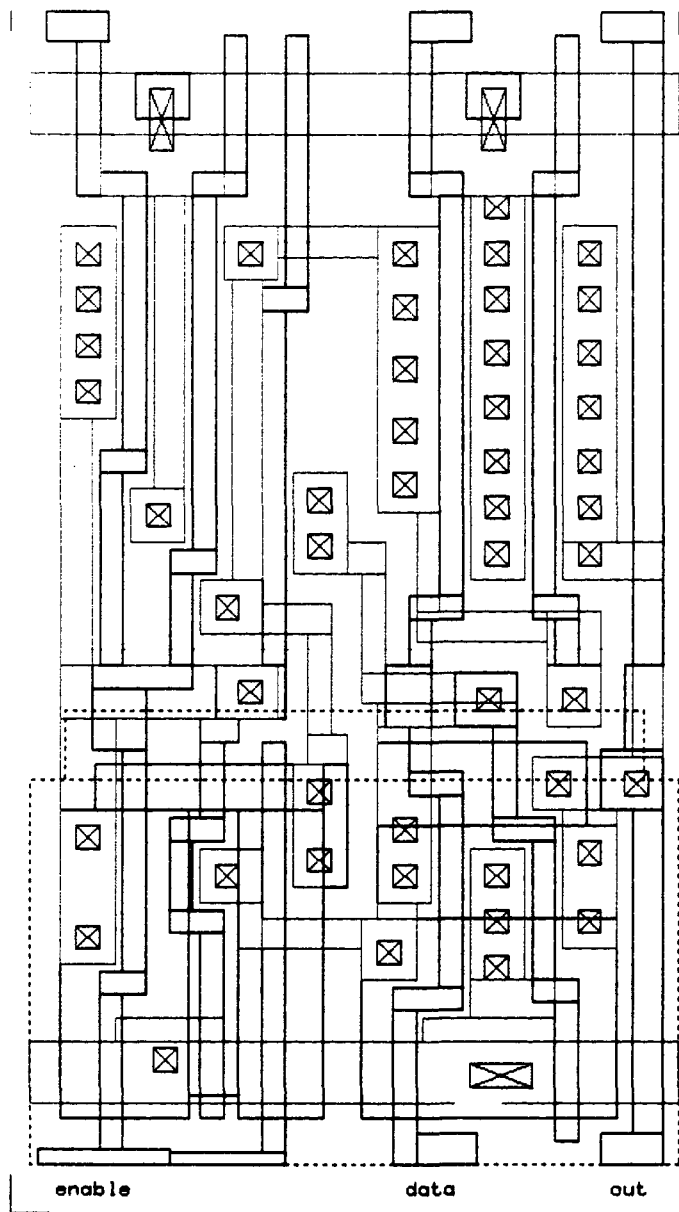
ENABLE	DATA	OUT
0	*	HI-Z
1	*	DATA
X	*	X

HI-Z = Estado de alta impedancia

# BUFTRI

## CIRCUITO ELECTRICO

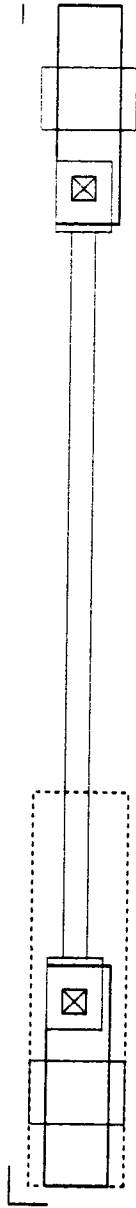




## BUSM1

Cell12: Bus de cruce con metal 1 para situarlo a los lados de las células.

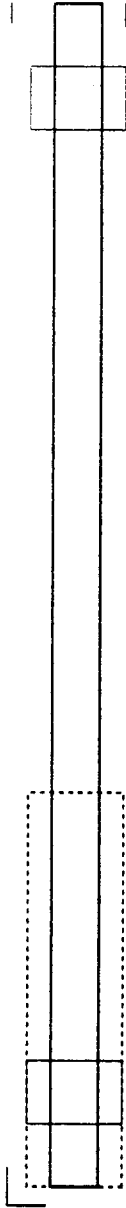
Altura: 150 Anchura: 12



## BUSM2

Cell13: Bus de cruce con metal 2 para situarlo a los lados de las células.

Altura: 150    Anchura: 12



## EXNOR

Cell14: Puerta NOR exclusiva de 2 entradas.

Altura: 150 Anchura: 72

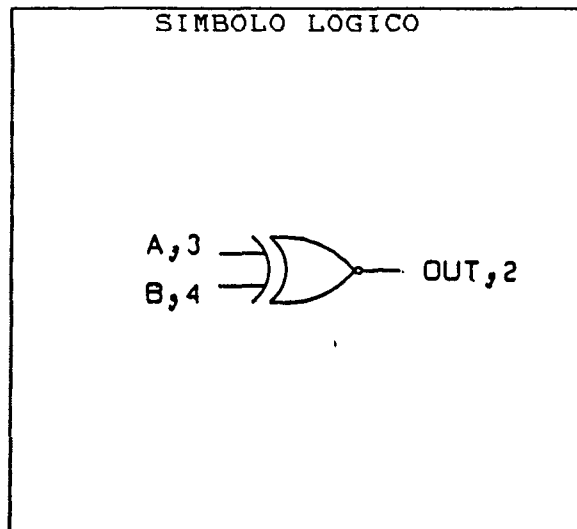


TABLA DE VERDAD

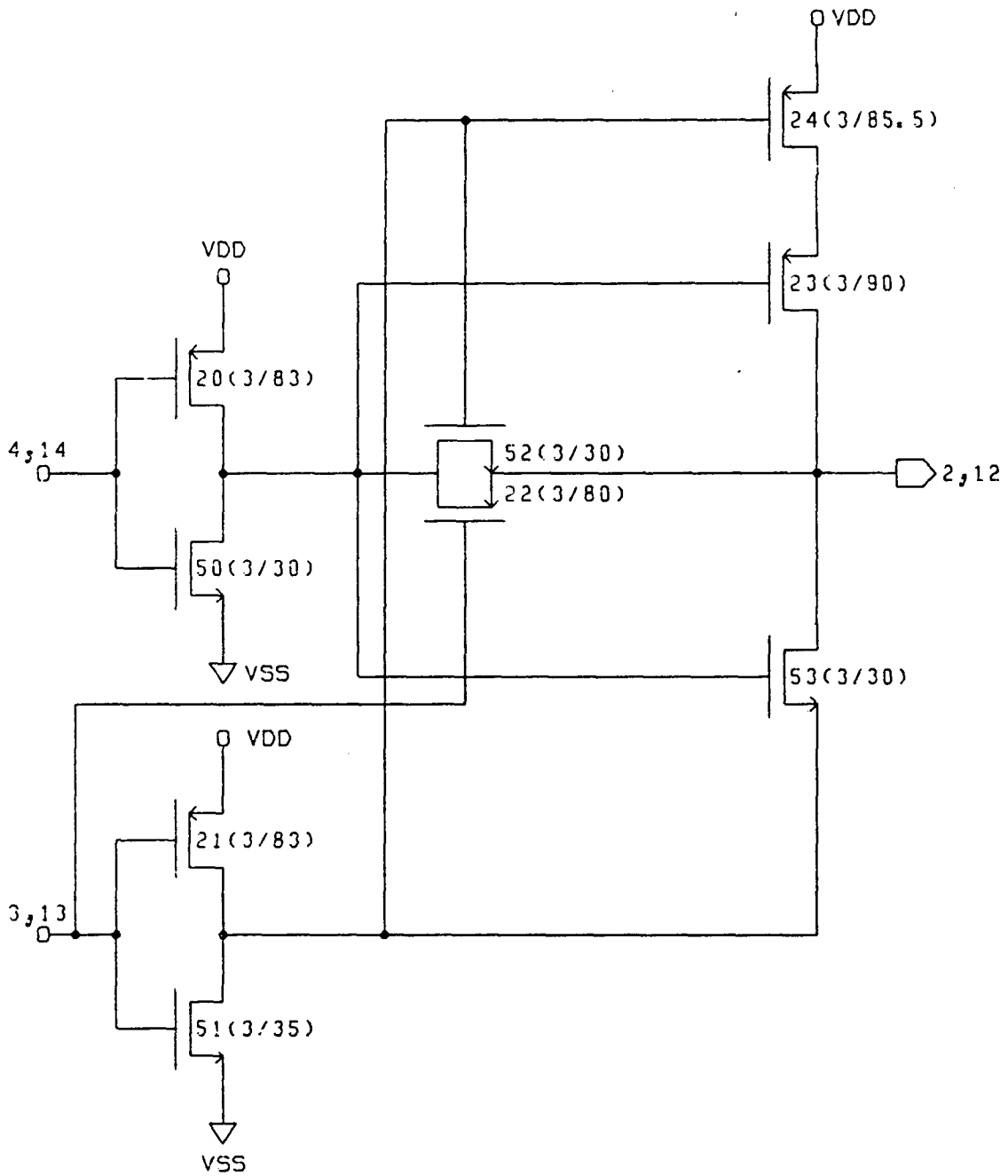
A	B	OUT
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1
0	X	X
1	X	X
X	0	X
X	1	X
X	X	X

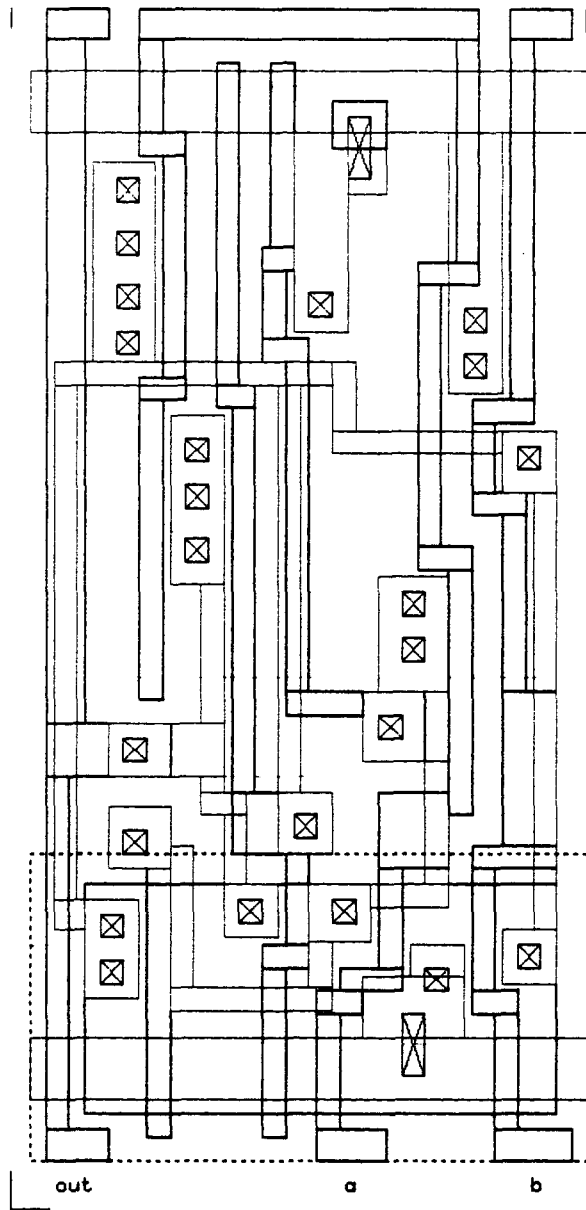
ECUACION LOGICA:  $OUT = \overline{A \oplus B}$



# EXNOR

## CIRCUITO ELECTRICO





## EXOR

Cell115: Puerta OR exclusiva de 2 entradas.

Altura: 150 Anchura: 72

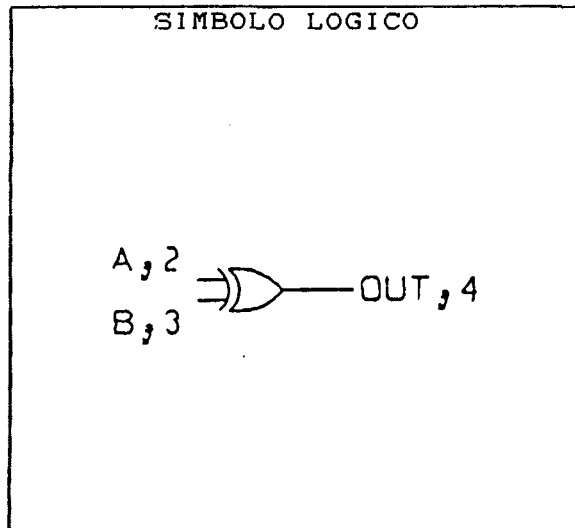


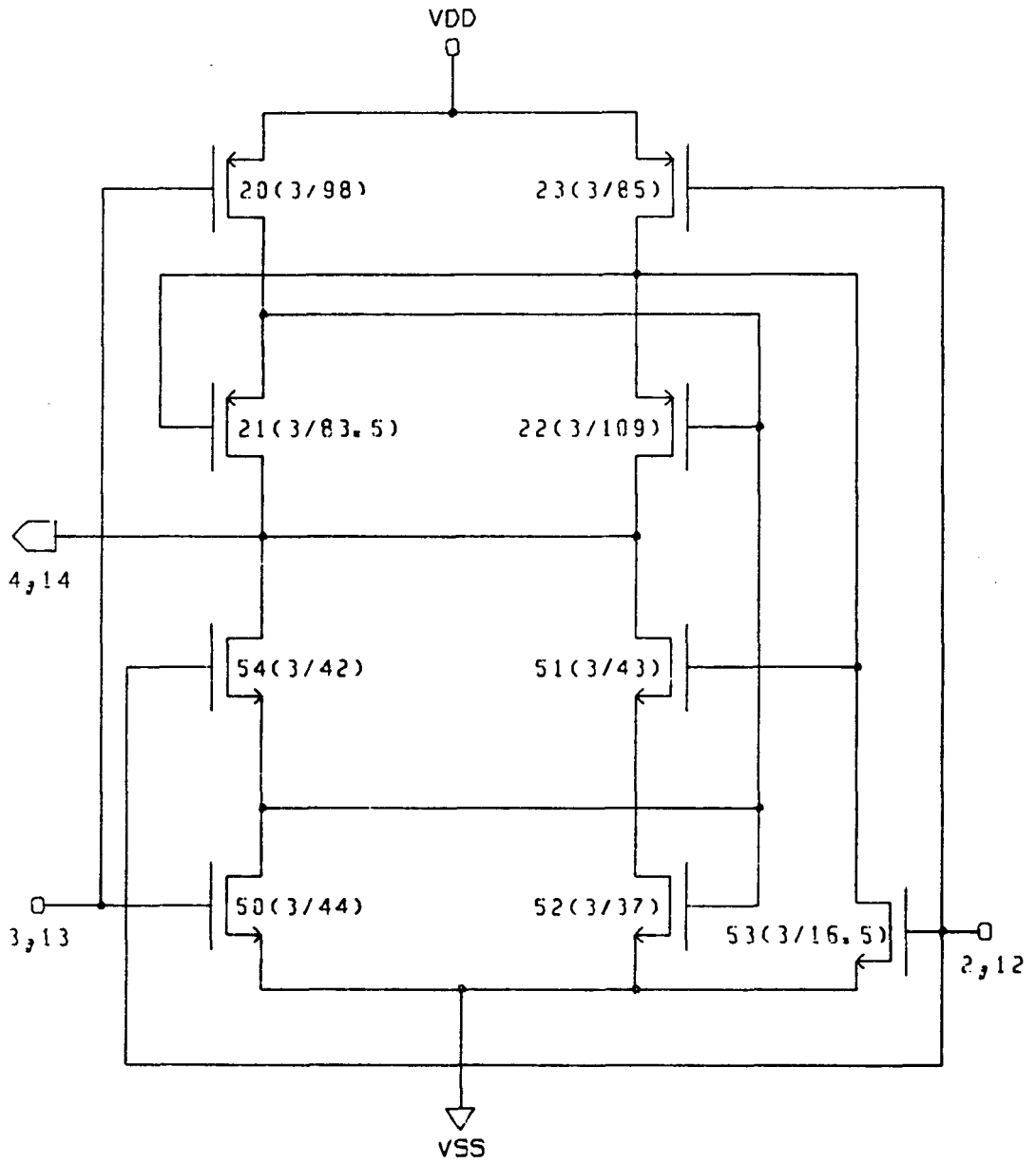
TABLA DE VERDAD

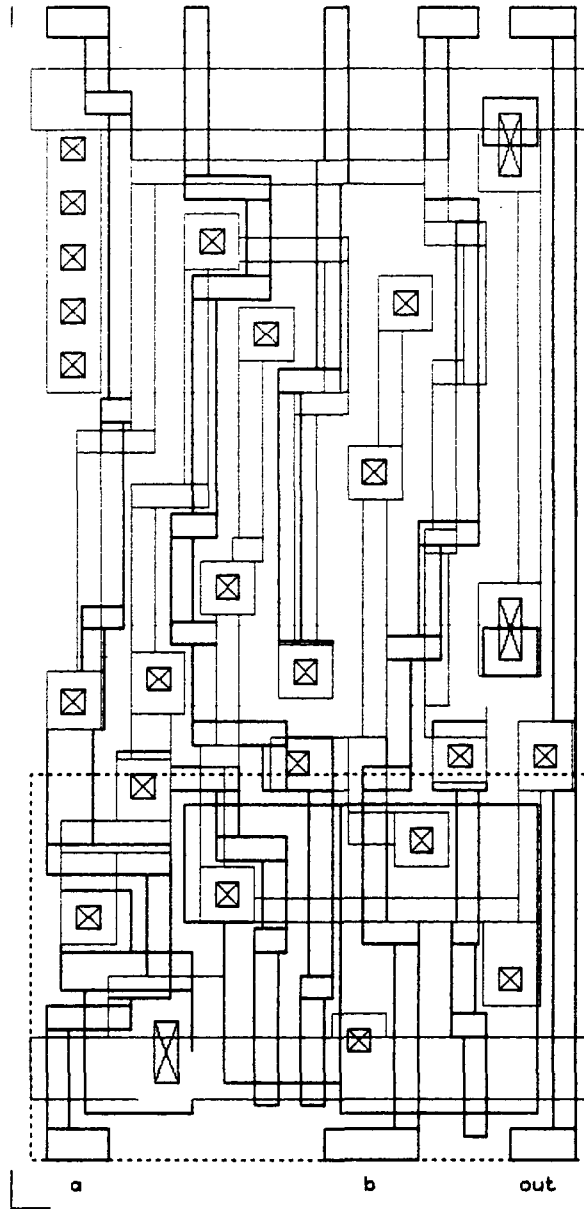
A	B	OUT
X	X	X
X	O	X
X	1	X
O	X	X
O	O	O
O	1	1
1	X	X
1	O	1
1	1	O

ECUACION LOGICA:  $OUT = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$

# EXOR

## CIRCUITO ELECTRICO





## FF2QSR

Cell16: Flip-flop síncrono tipo D con 2 salidas Q complementadas, y señales de Set y Reset.

Altura: 150 Anchura: 204

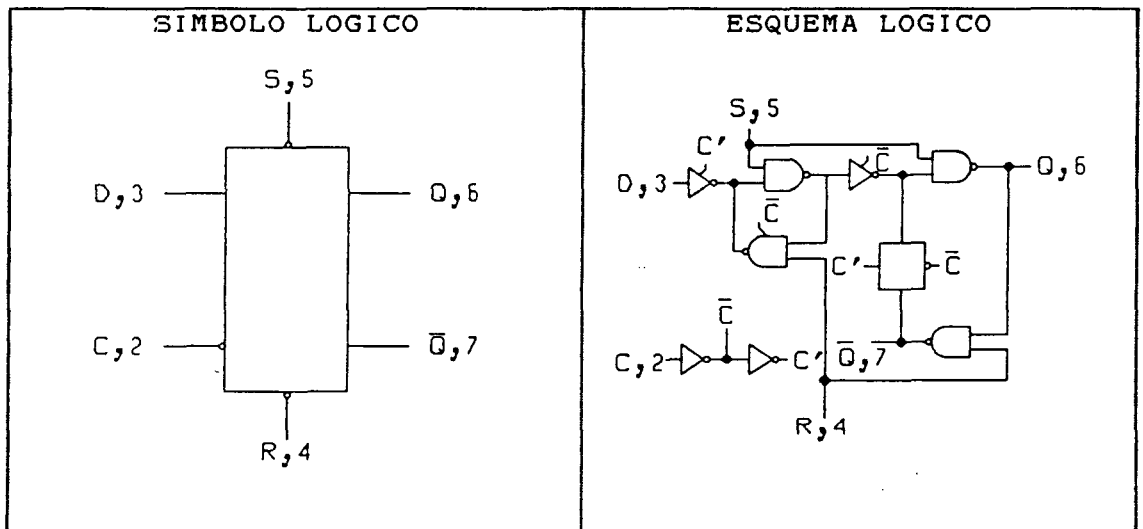


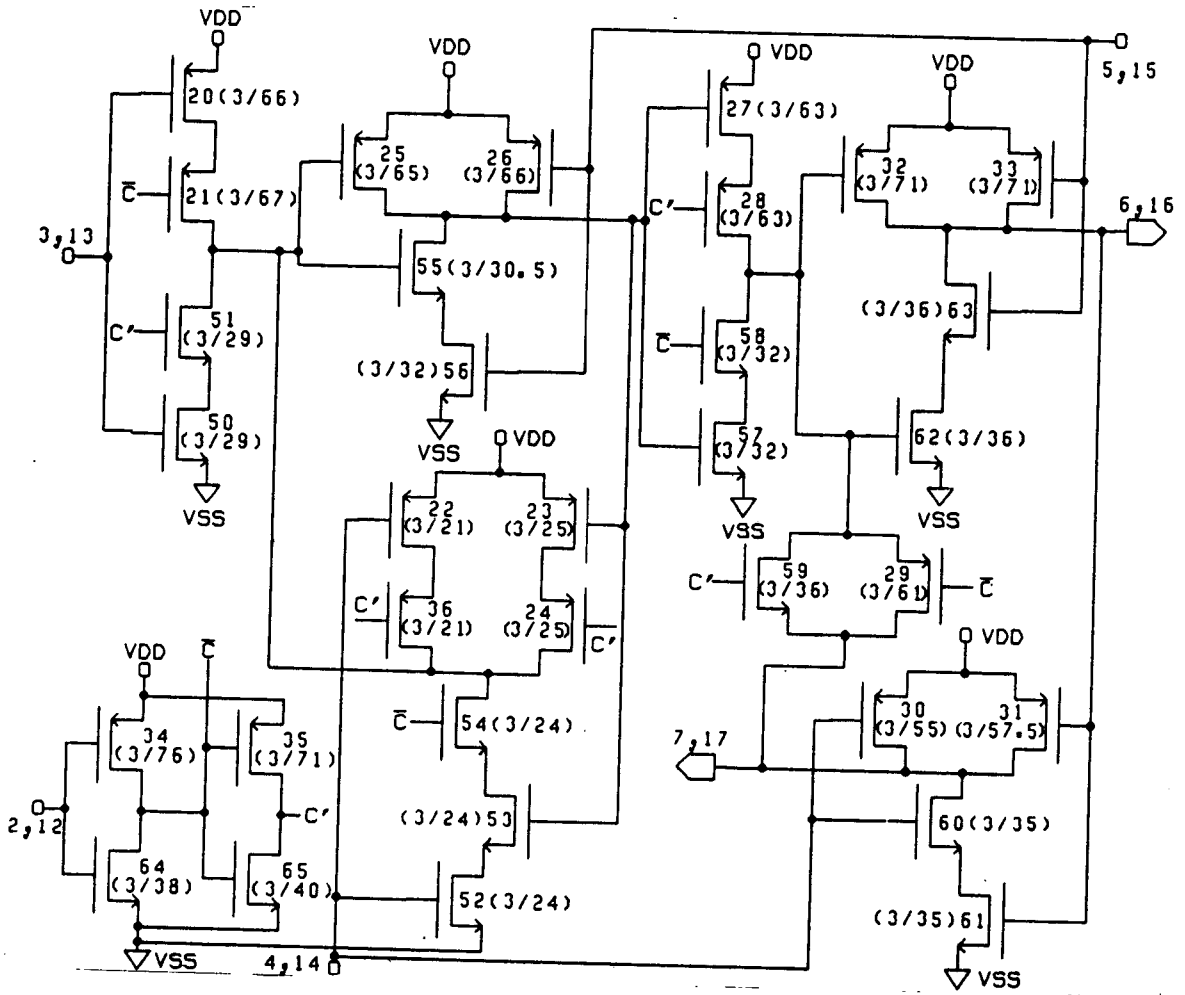


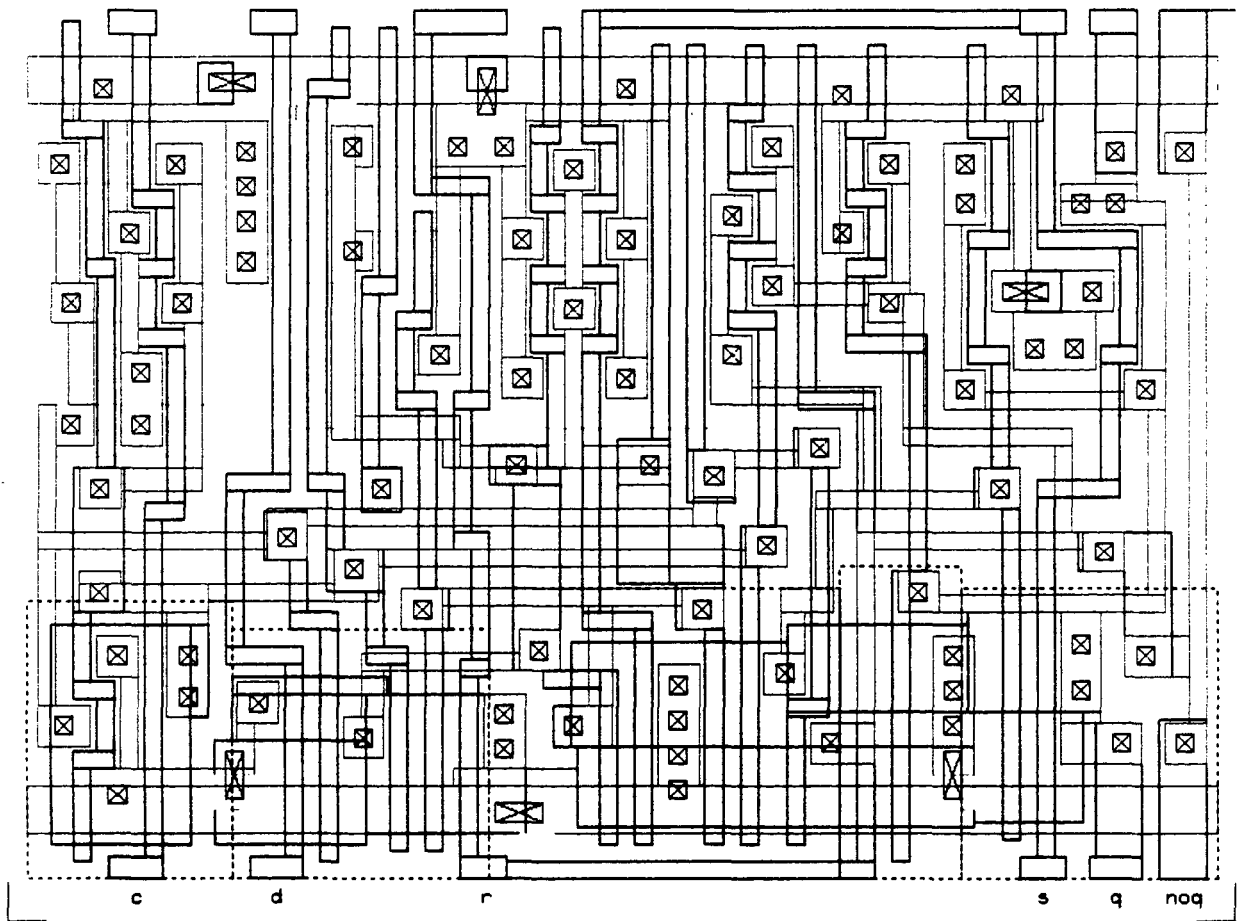
TABLA DE VERDAD

C	D	R	S	$Q_N$	$\bar{Q}_N$
	*	1	1	$Q_{N-1}$	$\bar{Q}_{N-1}$
	*	1	1	$D_{N-1}$	$\bar{D}_{N-1}$
*	*	0	1	0	1
*	*	1	0	1	0
*	*	0	0	1	1

# FF2QSR

## CIRCUITO ELECTRICO







# FFD1QR

Cell17: Flip-flop síncrono tipo D con 1 salida Q y señal de Reset.

Altura: 150 Anchura: 144

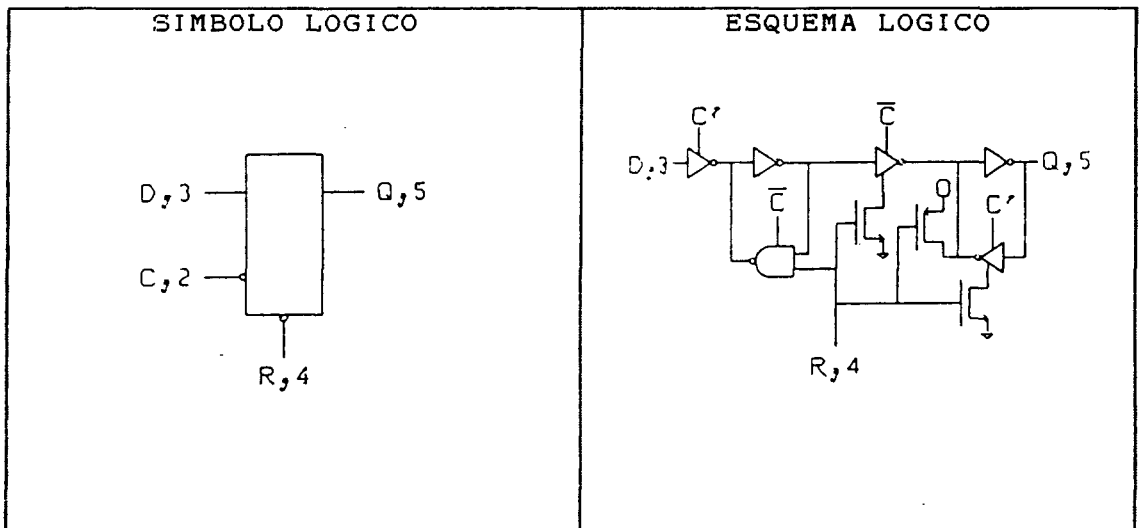
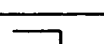

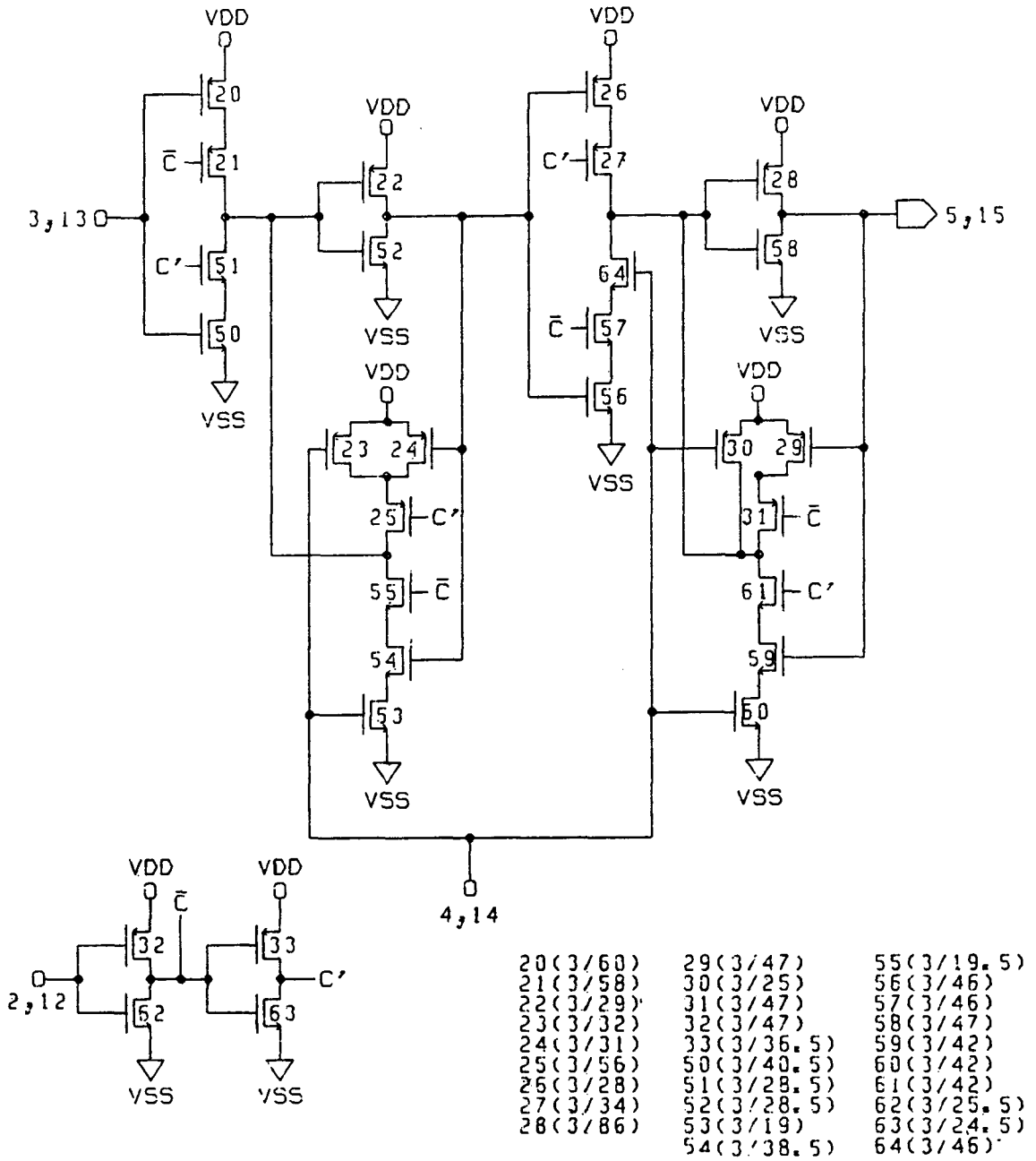


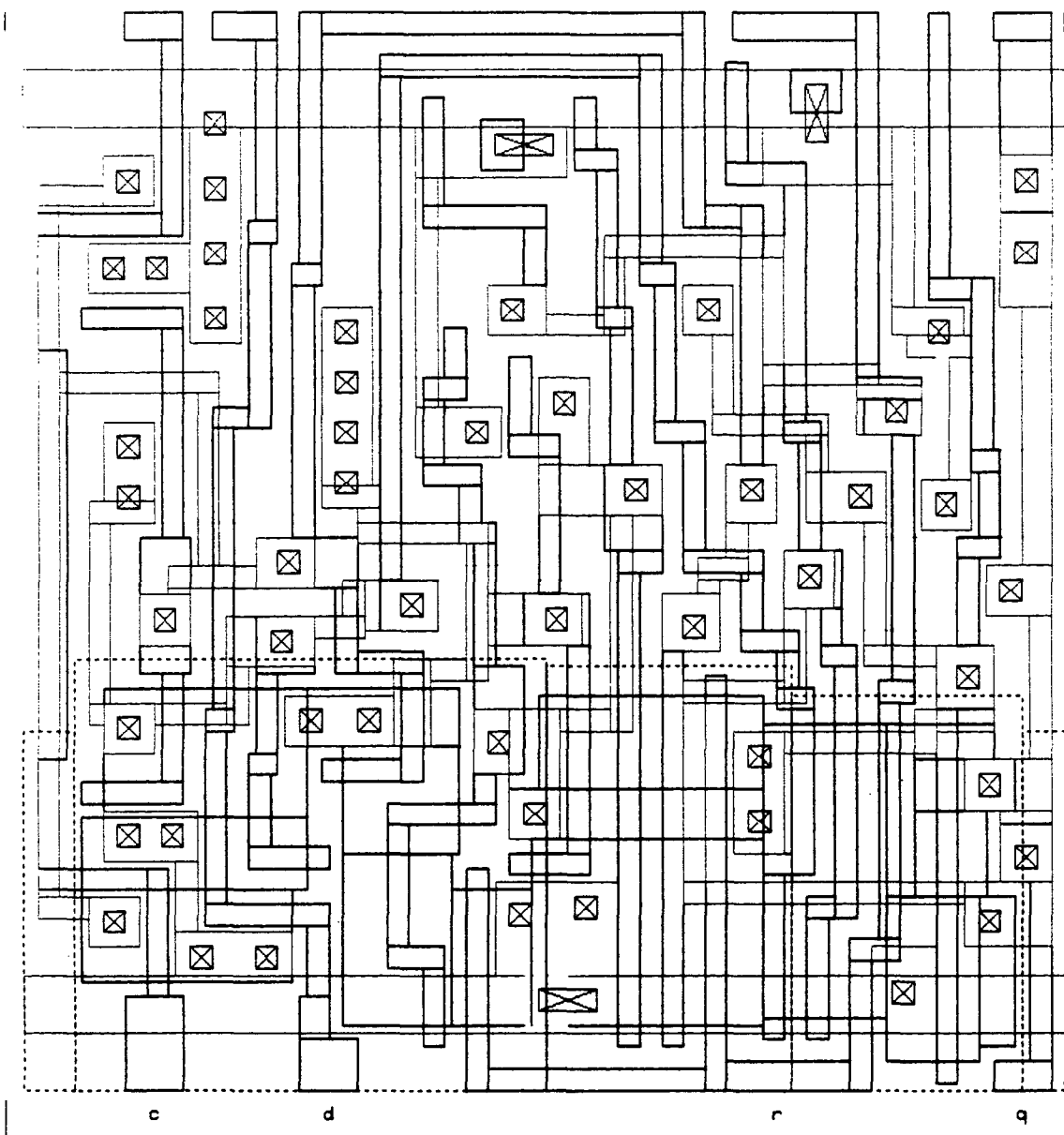
TABLA DE VERDAD

C	D	R	Q
	*	1	DATA
	*	1	$Q_{N-1}$
*	*	0	0
X	*	X	X

# FFD1QR

## CIRCUITO ELECTRICO





## FFD2Q

Cell118: Flip-flop síncrono tipo D con 2 salida Q complementadas.

Altura: 150 Anchura: 132

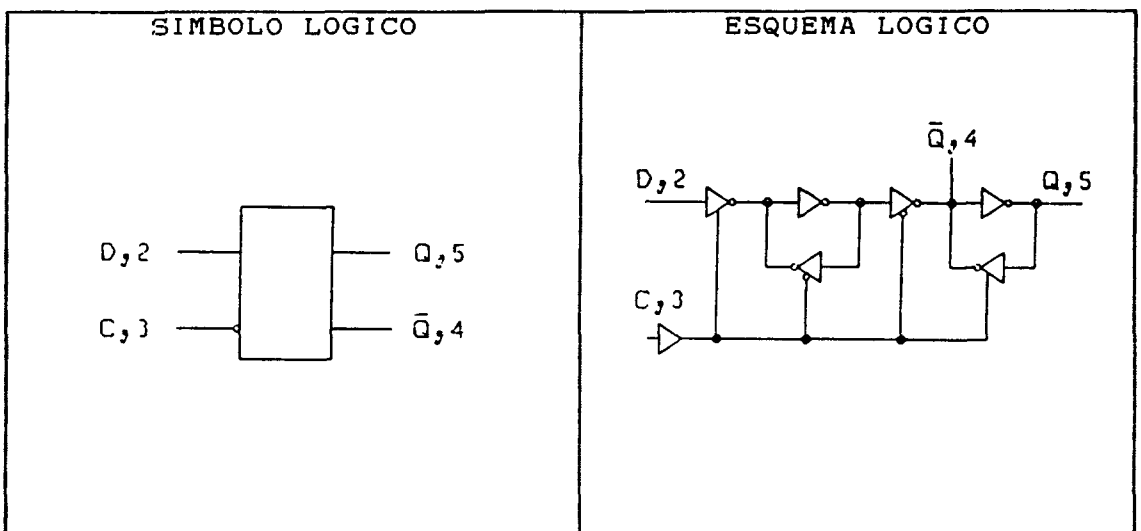
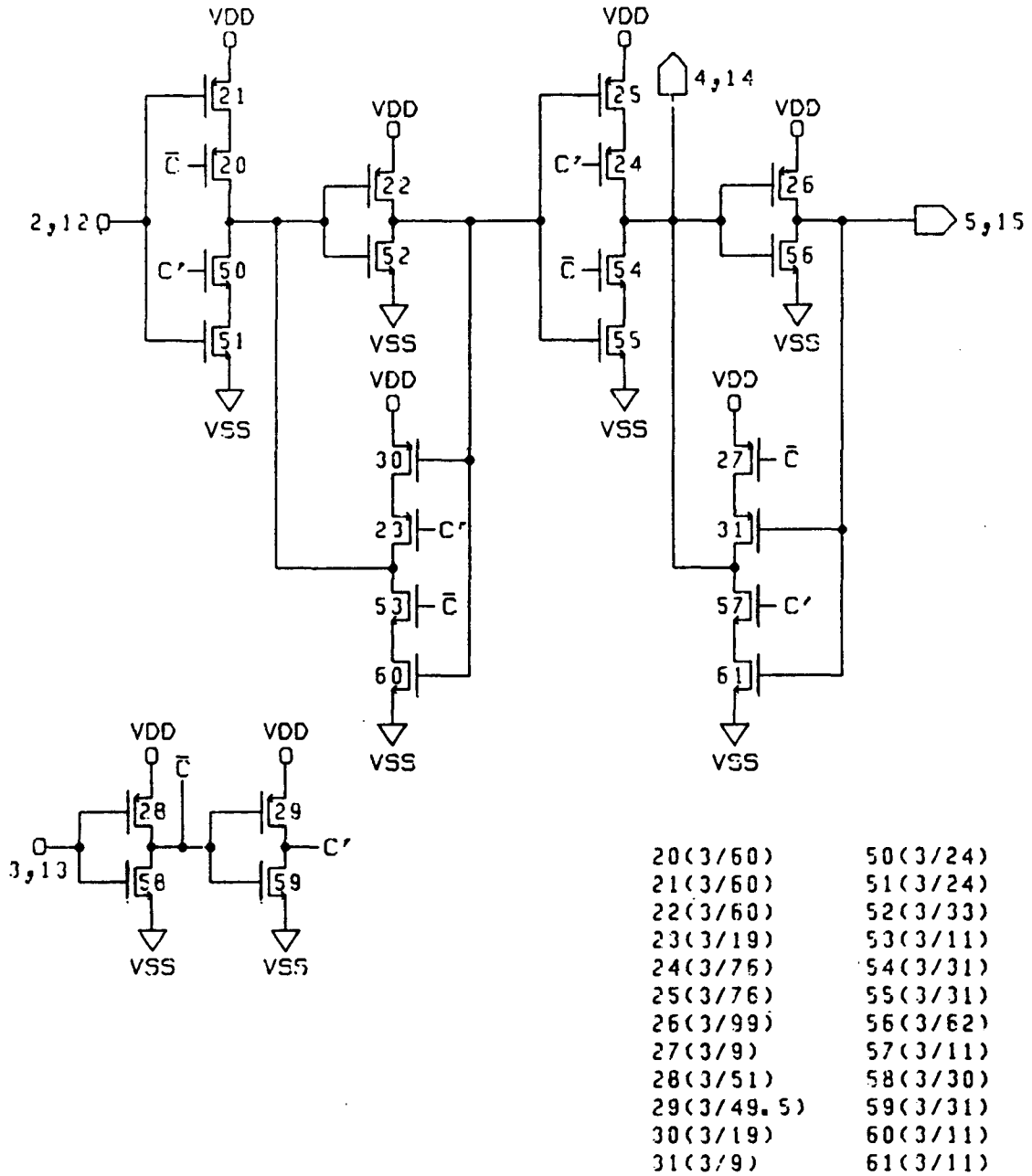


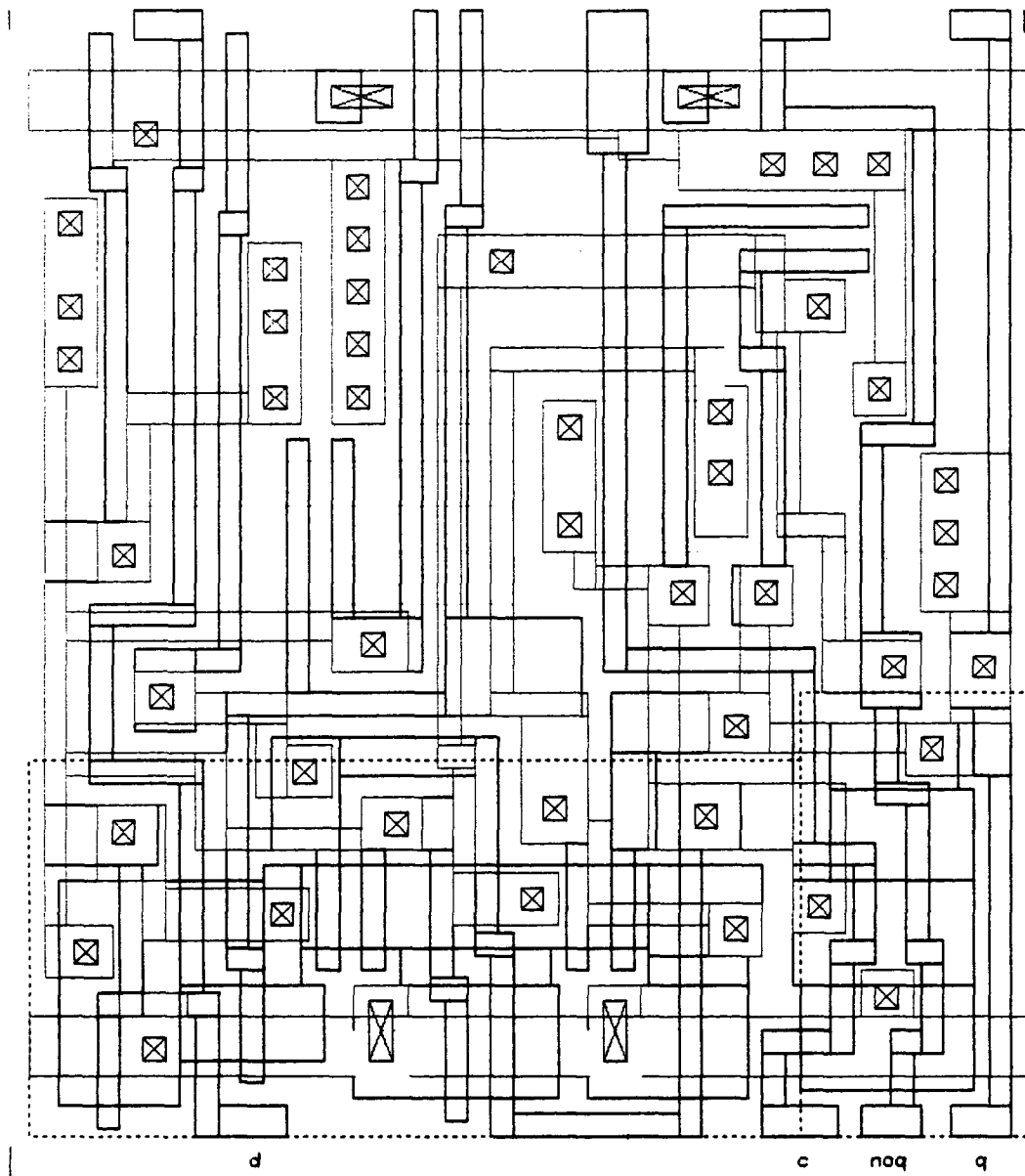
TABLA DE VERDAD

C	D	Q	Q̄
	*	DATA	DATA
	*	Q <sub>N-1</sub>	Q̄ <sub>N-1</sub>
X	*	*	*

# FFD2Q

## CIRCUITO ELECTRICO





## FFD2QR

Cell119: Latch síncrono tipo D con 2 salida Q complementadas y señal de Reset.

Altura: 150 Anchura: 120

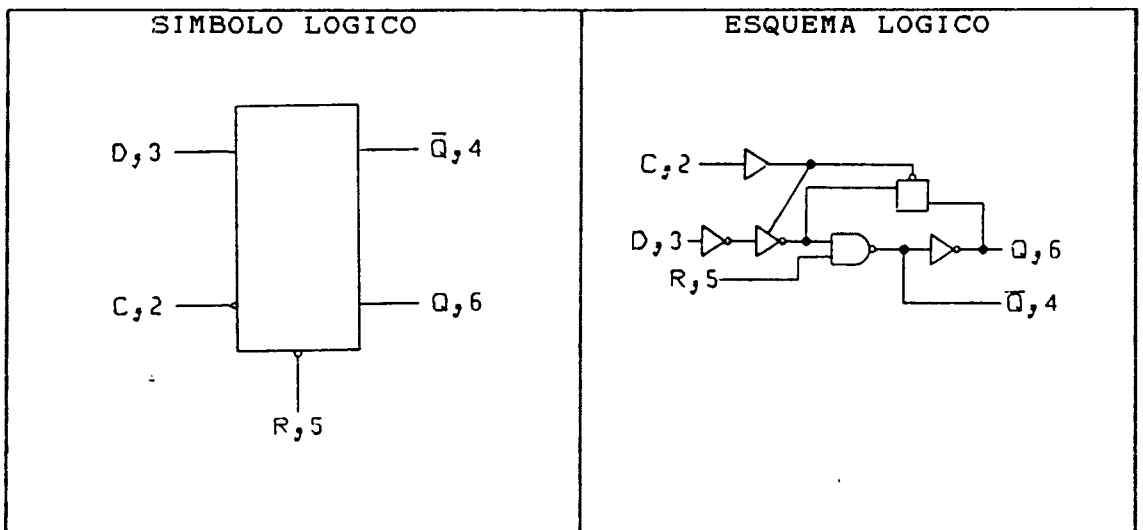


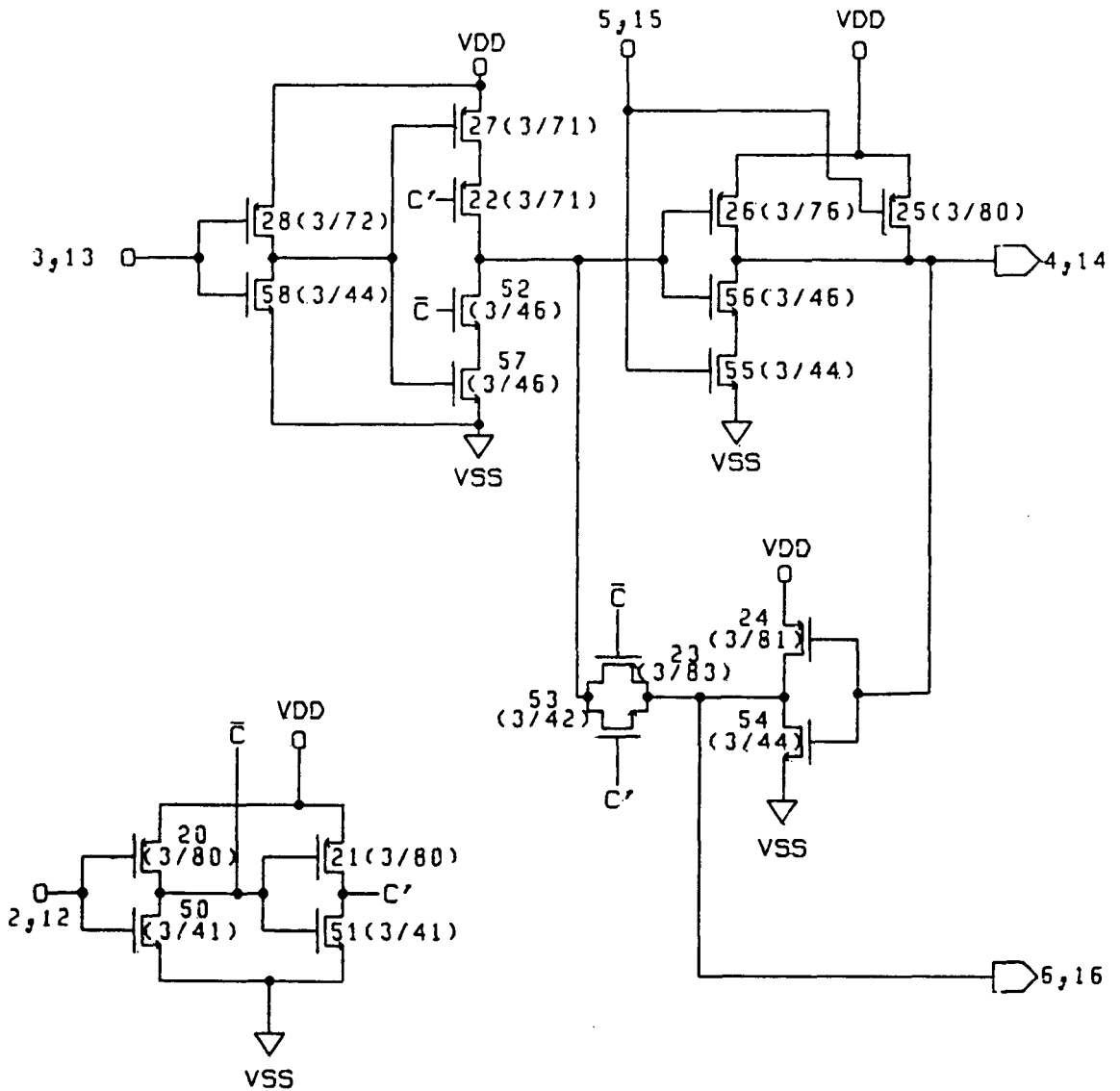
TABLA DE VERDAD

C	D	R	Q <sub>N</sub>	Q̄ <sub>N</sub>	
	*	1	DATA	DATA	
*	*	0	0	1	
	*	1	Q <sub>N-1</sub>	Q̄ <sub>N-1</sub>	
X	0	1	X	X	SI Q <sub>N-1</sub> = 0 ENTONCES Q=0
X	1	1	X	X	SI Q <sub>N-1</sub> = 1 ENTONCES Q=1
0	0	X	0	1	
1	*	X	X	X	SI Q <sub>N-1</sub> = 0 ENTONCES Q=0
X	0	X	X	X	SI Q <sub>N-1</sub> = 0 ENTONCES Q=0

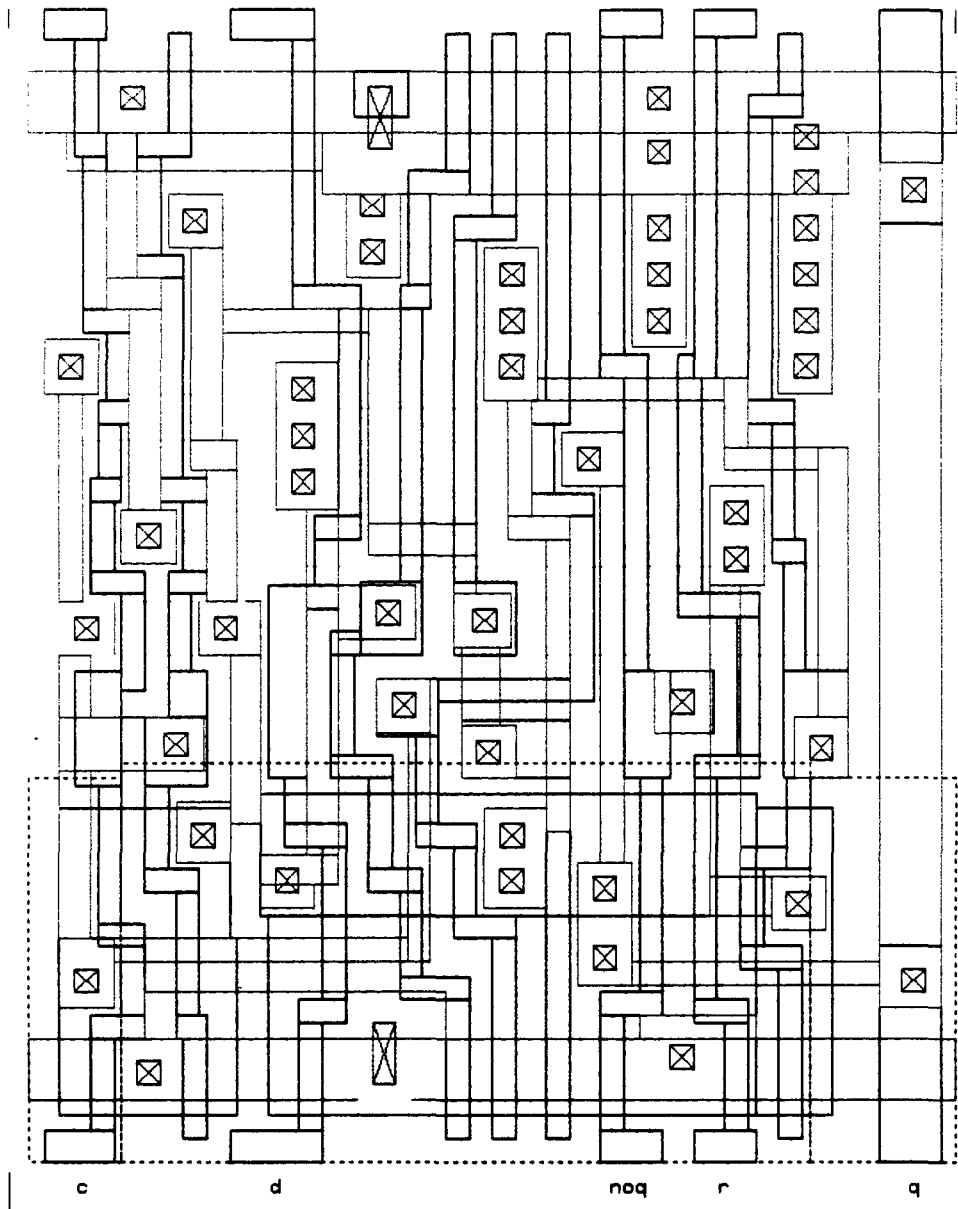
PARA TODAS LAS DEMAS CONDICIONES Q=X

# FFD2QR

## CIRCUITO ELECTRICO







## FFNAND

Cell20: Latch con puertas NAND

Altura: 150 Anchura: 60

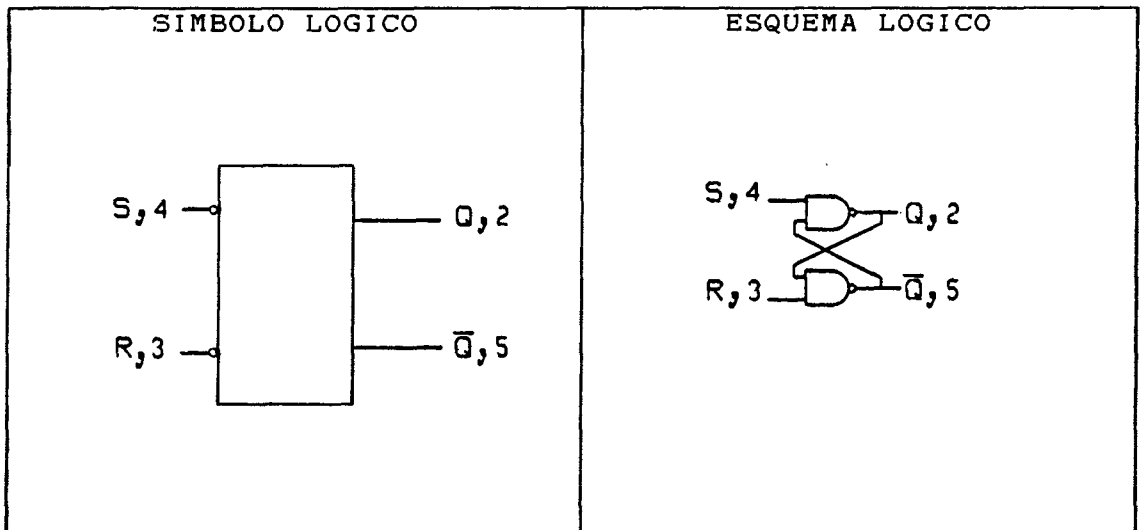


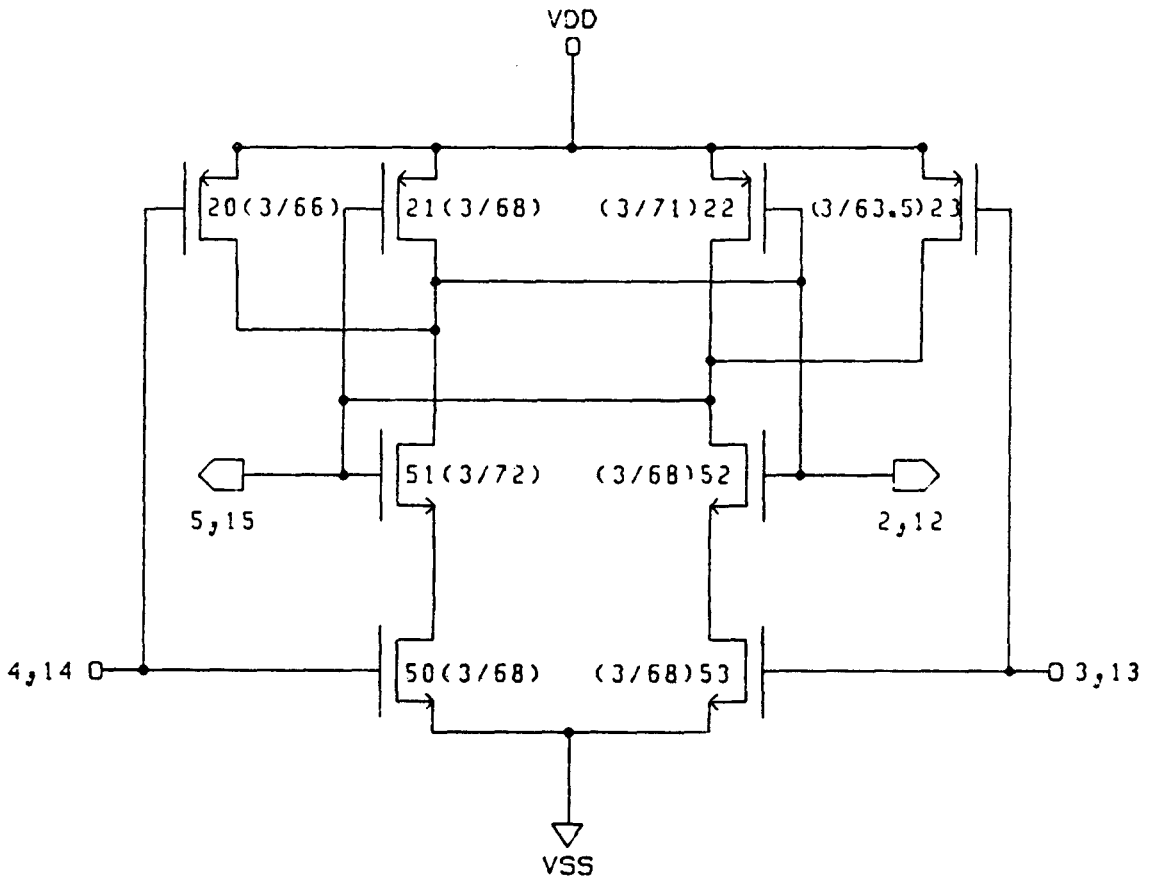
TABLA DE VERDAD

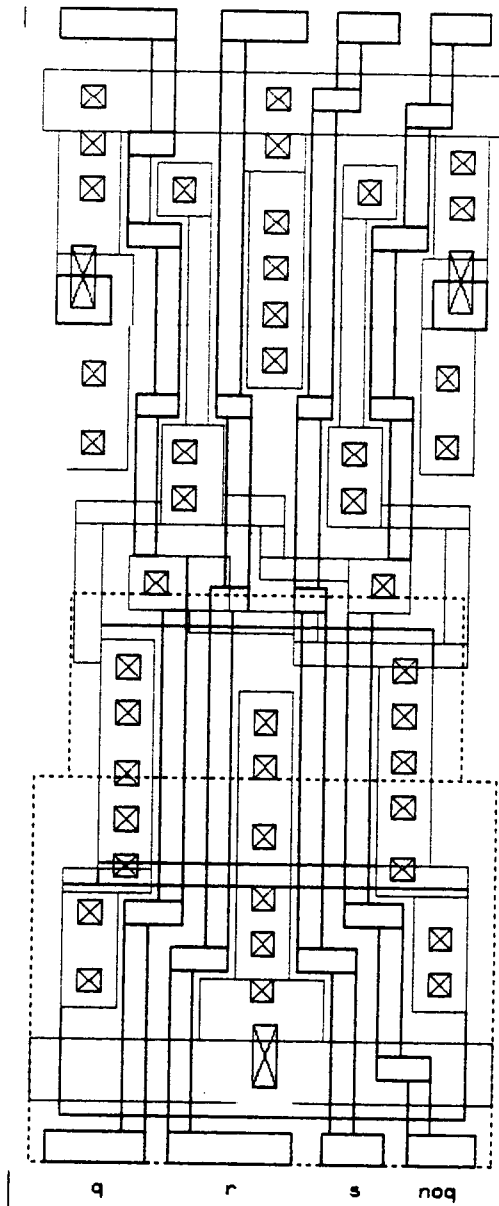
	S	R	Q	Q <sup>-</sup>	
	0	0	1	1	
	0	1	1	0	
	1	0	0	1	
(i) 1	1	1	Q <sup>N-1</sup>	Q <sup>-N-1</sup>	
	1	X	X	X	SI Q <sup>N-1</sup> = 0 ENTONCES Q=0 Y Q <sup>-</sup> =1
	0	X	1	X	
	X	1	X	X	SI Q <sup>-N-1</sup> = 0 ENTONCES Q=1 Y Q <sup>-</sup> =0
	X	0	X	1	
	X	X	X	X	

(i) Si ambas entradas cambian de 0,0 a 1,1 simultaneamente la salida irá a un estado desconocido.

# FFNAND

## CIRCUITO ELECTRICO





## FFNOR

Cell121: Latch con puertas NOR

Altura: 150 Anchura: 60

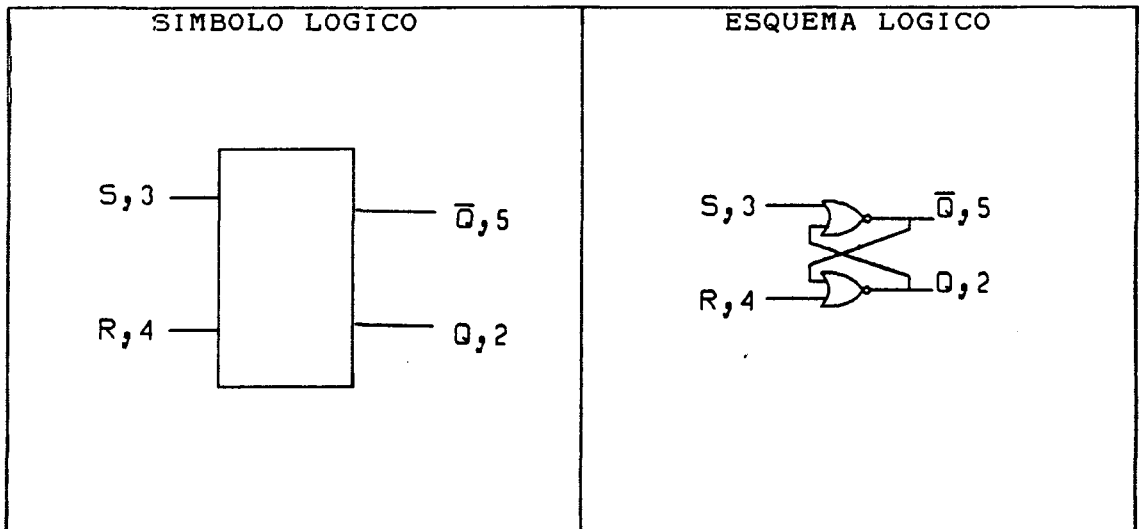


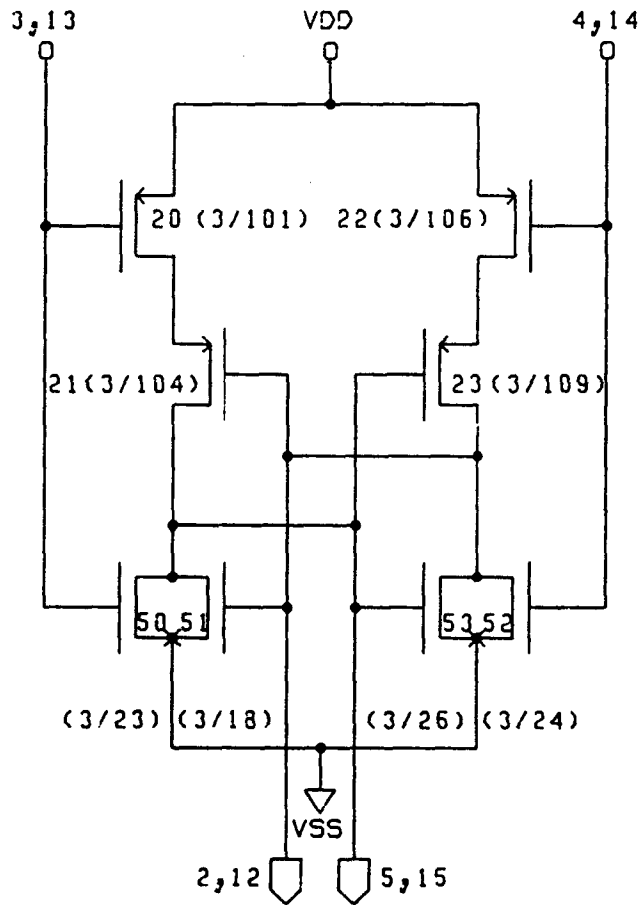
TABLA DE VERDAD

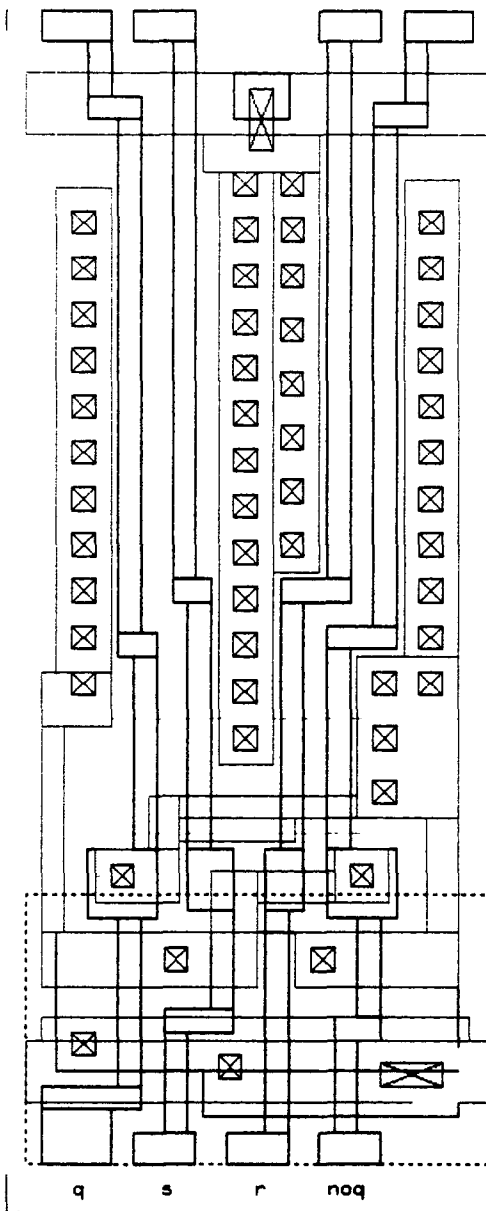
	S	R	Q		Q̄
(1)	0	0	Q <sub>N-1</sub>		Q̄ <sub>N-1</sub>
	1	0	1		0
	0	1	0		1
	1	1	0		0
	X	1	0		X
	X	0	X	SI Q̄ <sub>N-1</sub> = 0	ENTONCES Q=1 Y Q̄=0
	1	X	X		0
	0	X	X	SI Q <sub>N-1</sub> = 0	ENTONCES Q=0 Y Q̄=1

(1) Si ambas entradas cambian de 1,1 a 0,0 simultaneamente la salida irá a un estado desconocido.

# FFNOR

## CIRCUITO ELECTRICO





## FULADD

Cell22: Sumador completo de 2 bits, con acarreo de entrada y salida.

Altura: 150 Anchura: 168

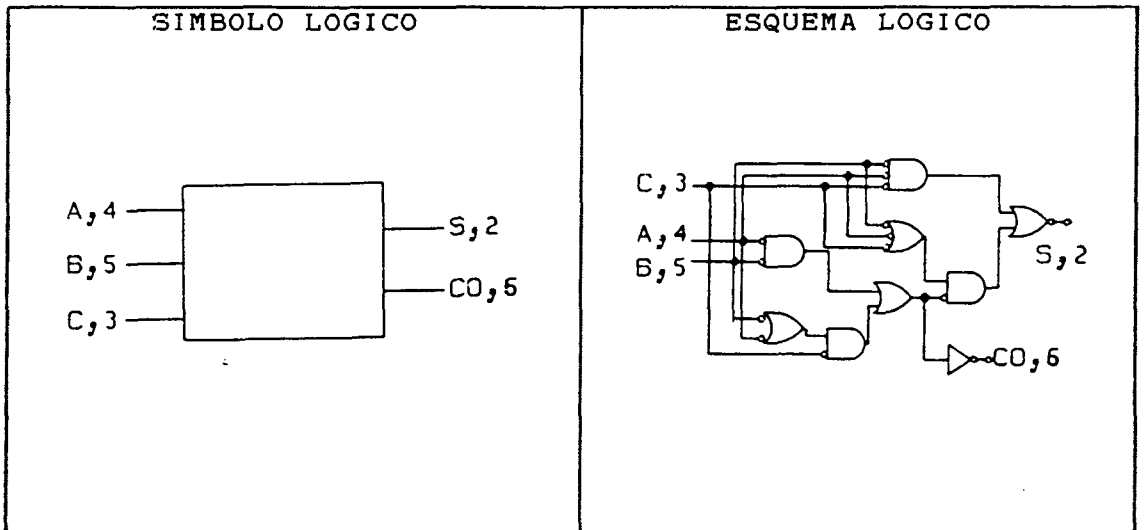


TABLA DE VERDAD

A	B	C	S	CO
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	0	X	X	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	X	0	X	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1
1	1	X	X	1
1	X	1	X	1
X	0	0	X	0
X	1	1	X	1
TODAS LAS DEMAS COMBINACIONES			X	X

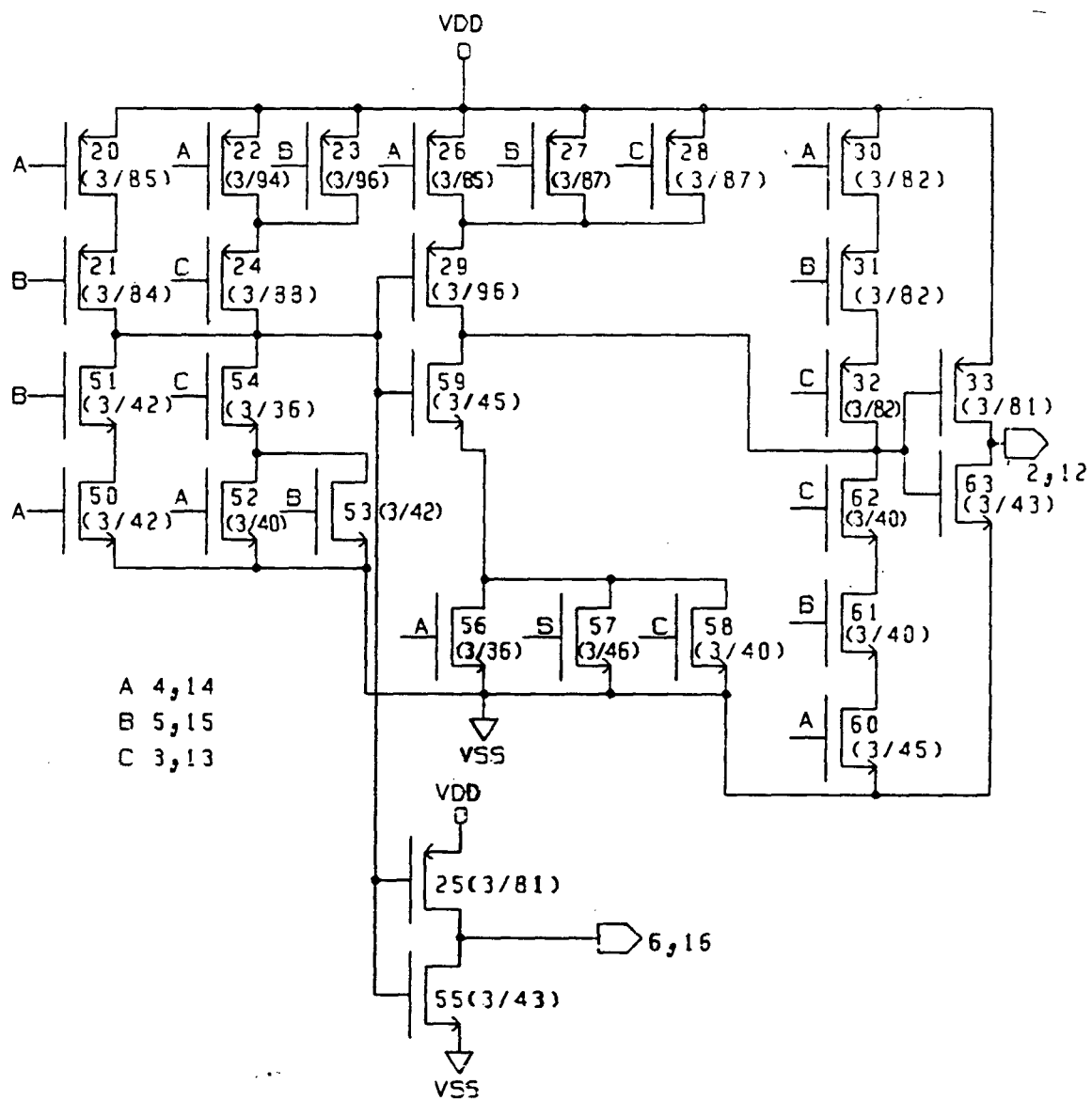
ECUACIONES LOGICAS:  $S = A \oplus B \oplus C$

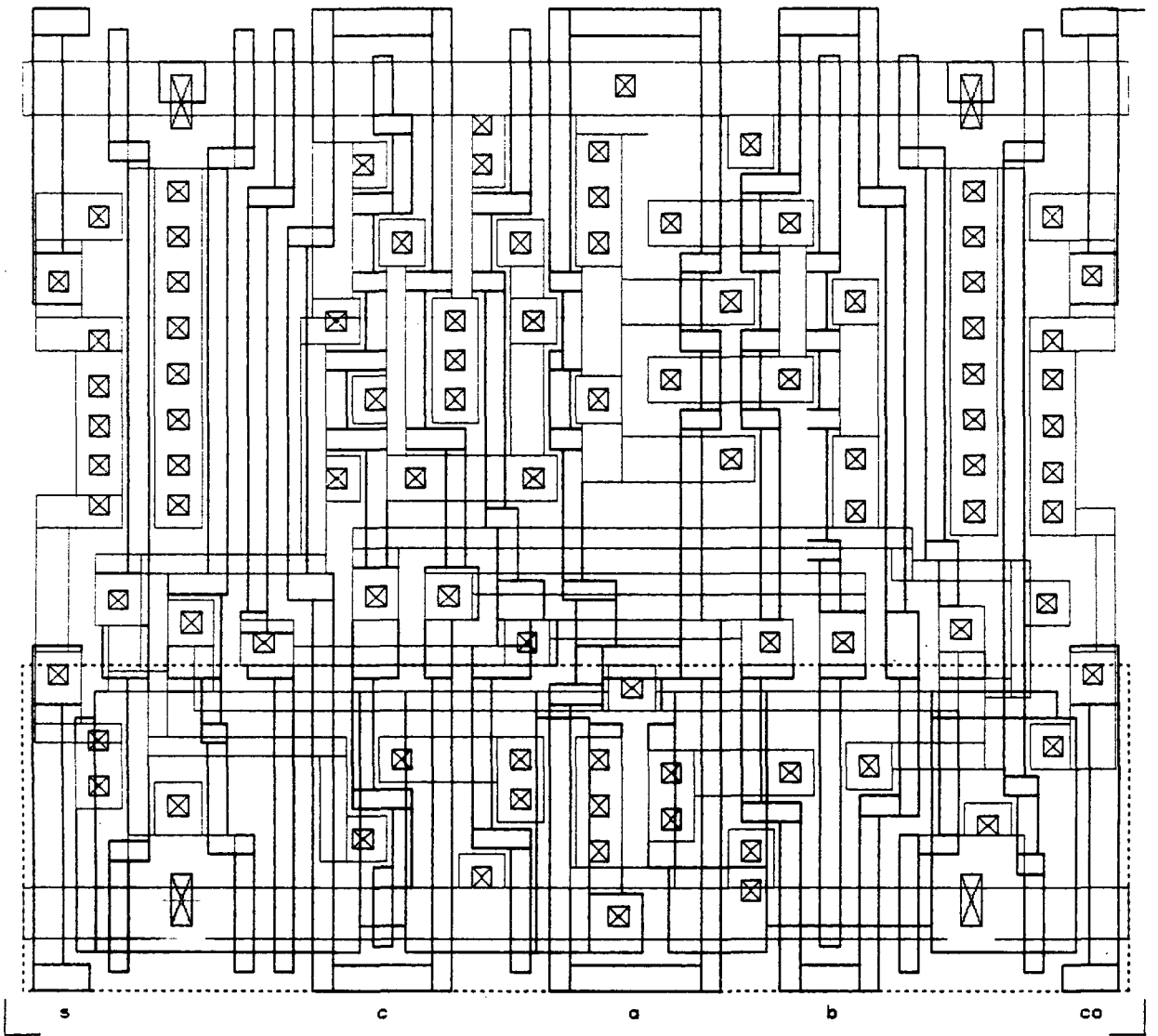
$CO = A \cdot B \oplus A \cdot C \oplus B \cdot C$



# FULADD

## CIRCUITO ELECTRICO





# INV

Cell23: Inversor

Altura: 150 Anchura: 36

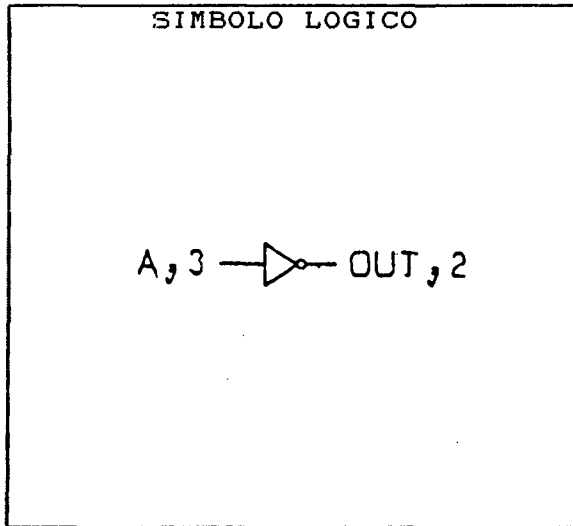


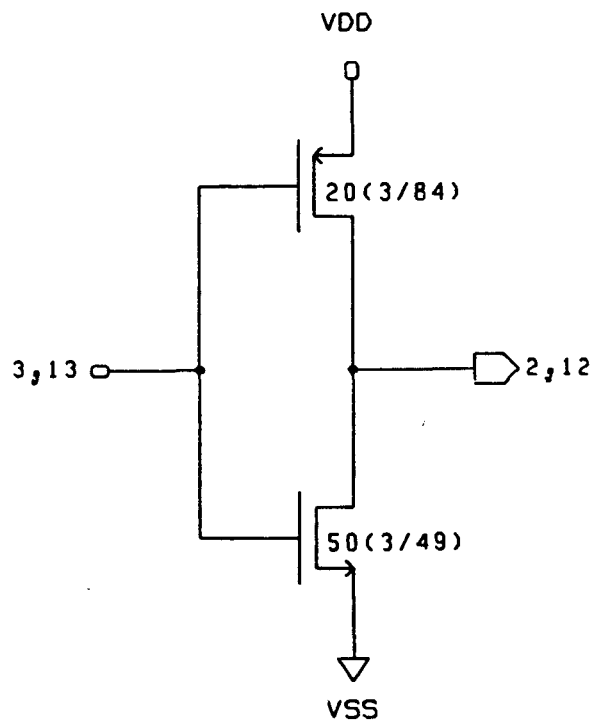
TABLA DE VERDAD

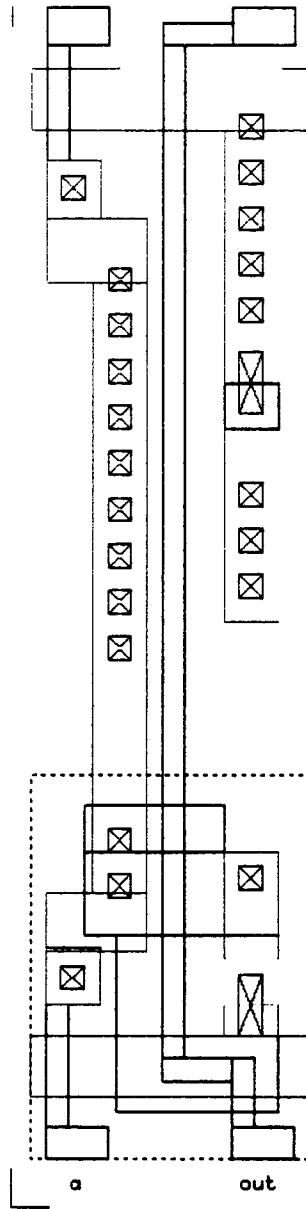
A	OUT
1	0
0	1
X	X

ECUACION LOGICA:  $OUT = \bar{A}$

# INV

## CIRCUITO ELECTRICO





## INVX4

Cell124: Buffer Inversor

Altura: 150 Anchura: 60

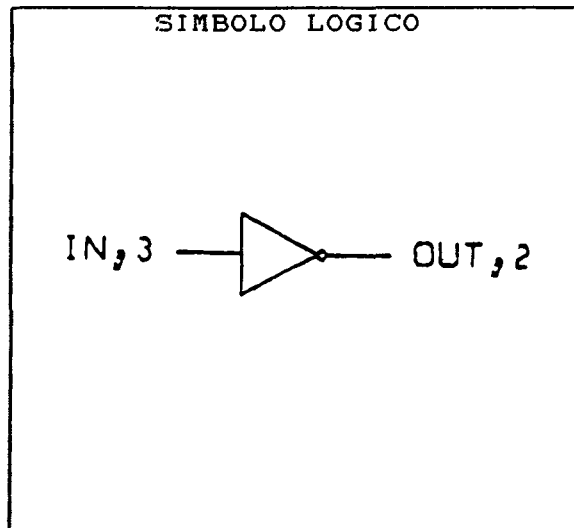


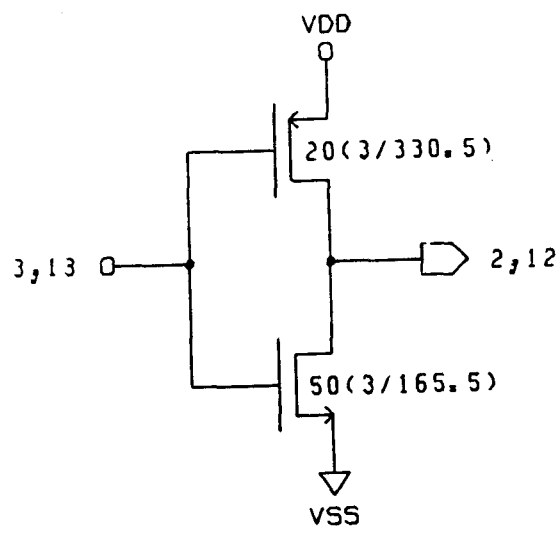
TABLA DE VERDAD

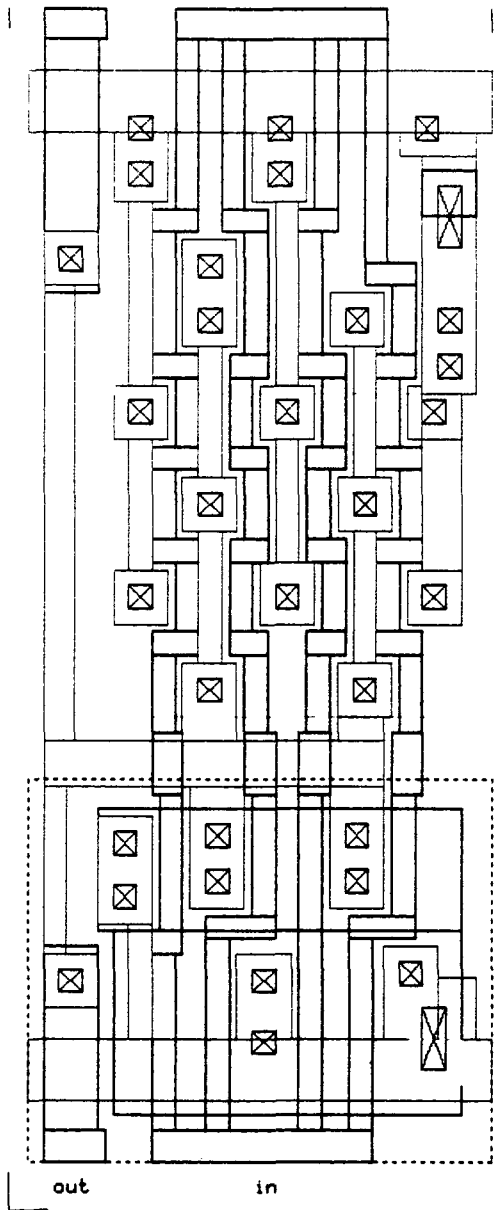
A	OUT
0	1
1	0
X	X

ECUACION LOGICA:  $OUT = \overline{IN}$

# INVX4

## CIRCUITO ELECTRICO







## NAND2

Cell125: Puerta NAND de 2 entradas

Altura: 150 Anchura: 36

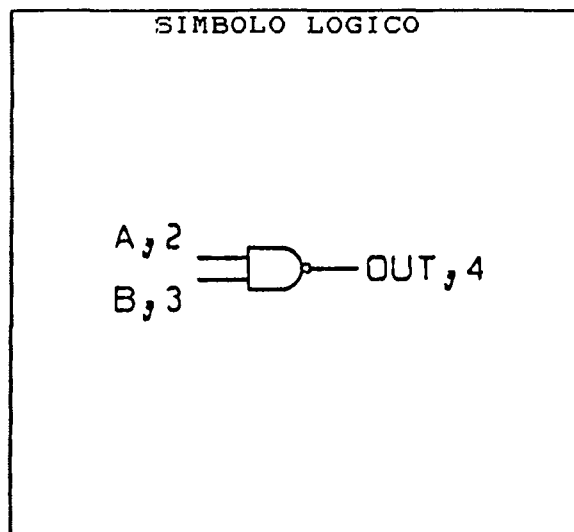


TABLA DE VERDAD

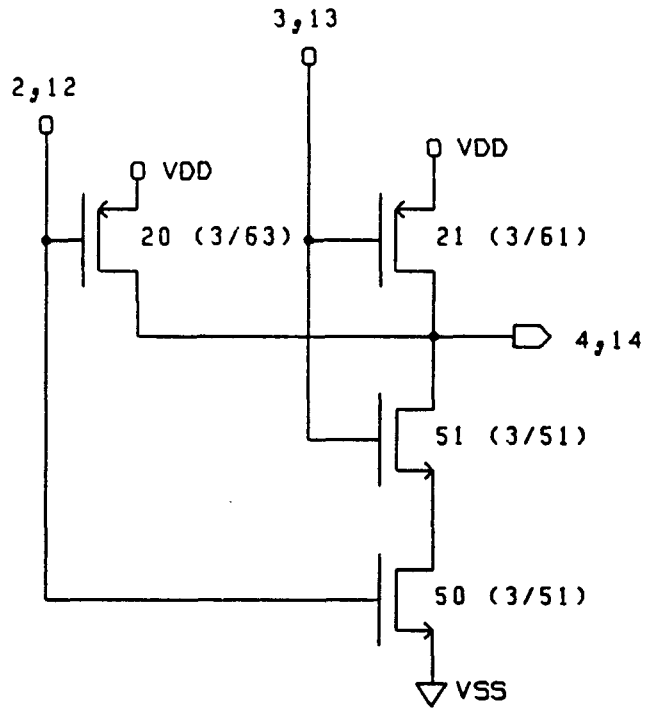
A	B	OUT
0	*	1
*	0	1
1	1	0
1	X	X
X	1	X
X	X	X

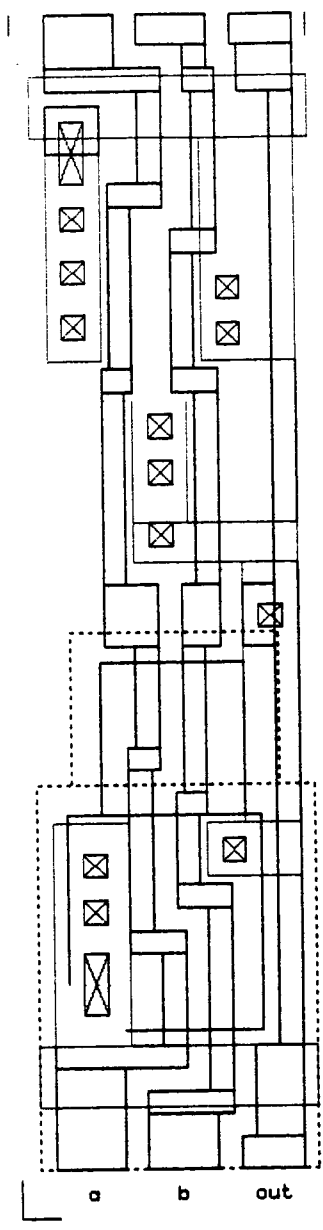
ECUACION LOGICA:  $OUT1 = \overline{A \cdot B}$

ECUACION LOGICA:  $OUT2 = A \cdot B$

# NAND2

## CIRCUITO ELECTRICO





## NAND3

Cell26: Puerta NAND de 3 entradas

Altura: 150 Anchura: 48

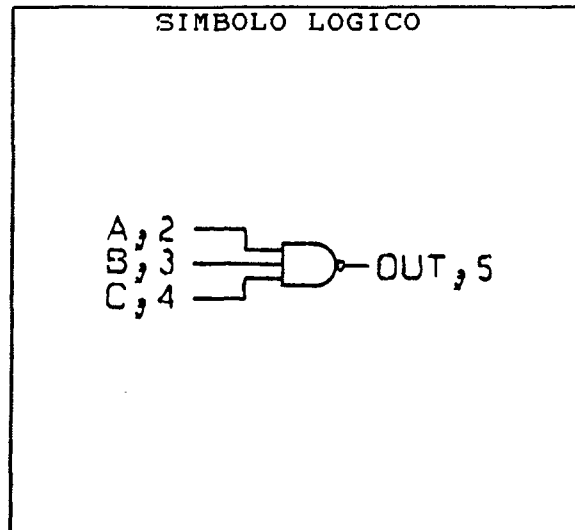


TABLA DE VERDAD

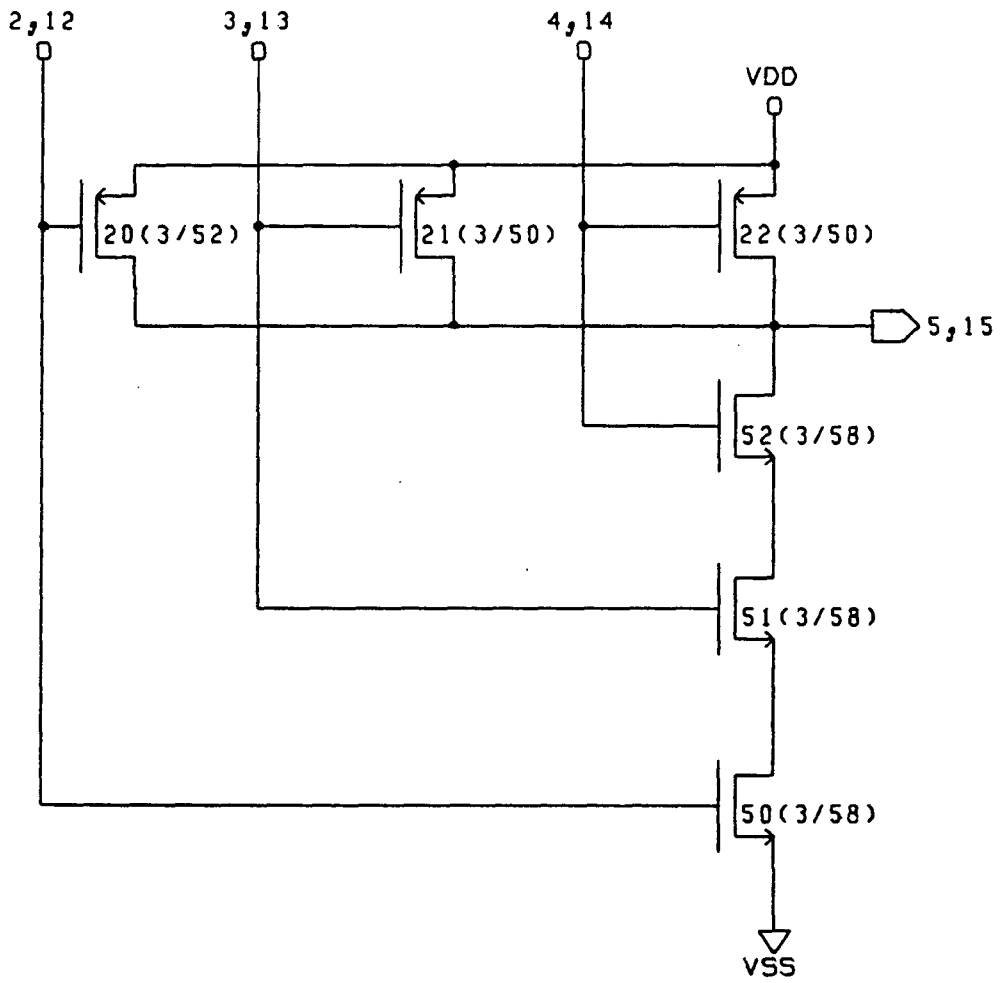
A	B	C	OUT
0	*	*	1
*	0	*	1
*	*	0	1
1	1	1	0
TODAS LAS DEMAS COMBINACIONES			X

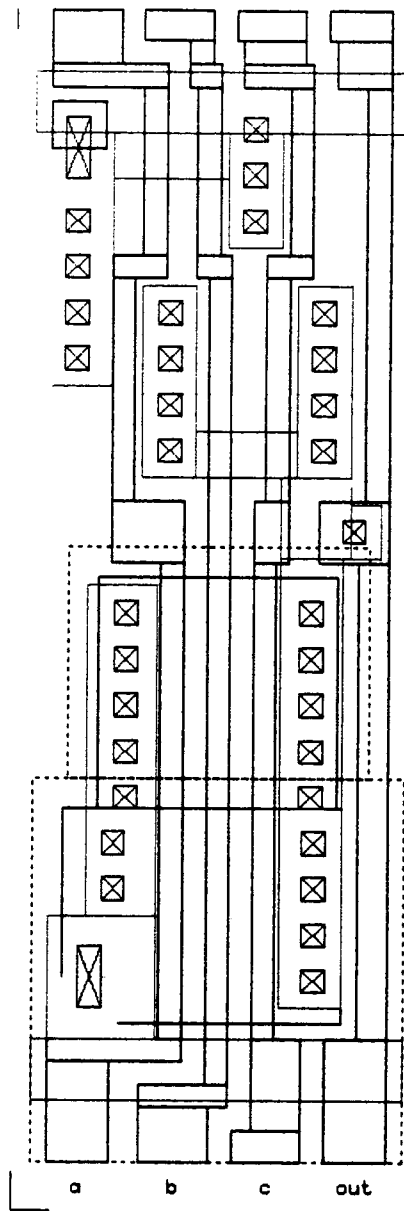
ECUACION LOGICA:  $OUT1 = \overline{A \cdot B \cdot C}$

ECUACION LOGICA:  $OUT2 = A \cdot B \cdot C$

# NAND3

## CIRCUITO ELECTRICO





# NINV

Cell127: No Inversor

Altura: 150 Anchura: 36

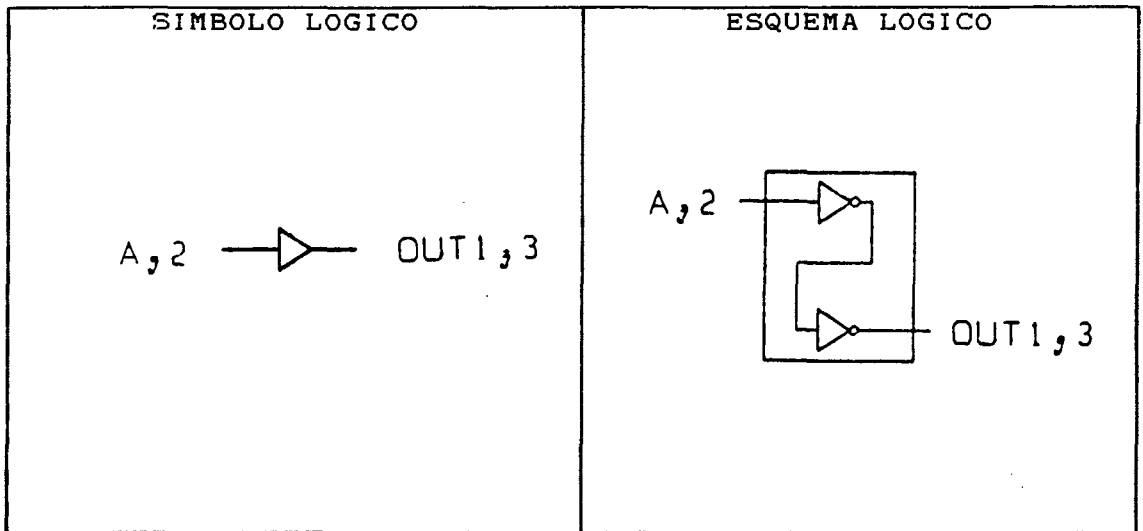


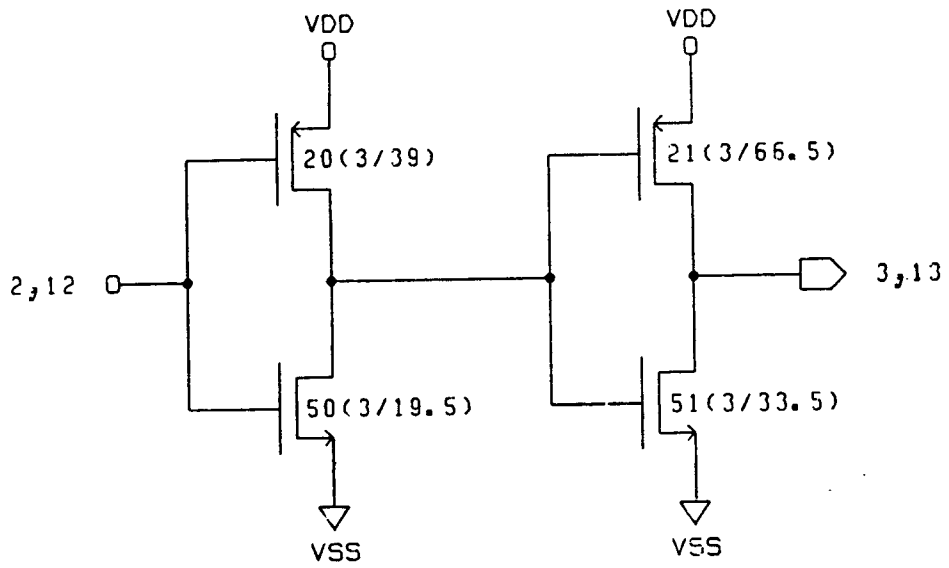
TABLA DE VERDAD

A	OUT1
0	0
1	1
X	X

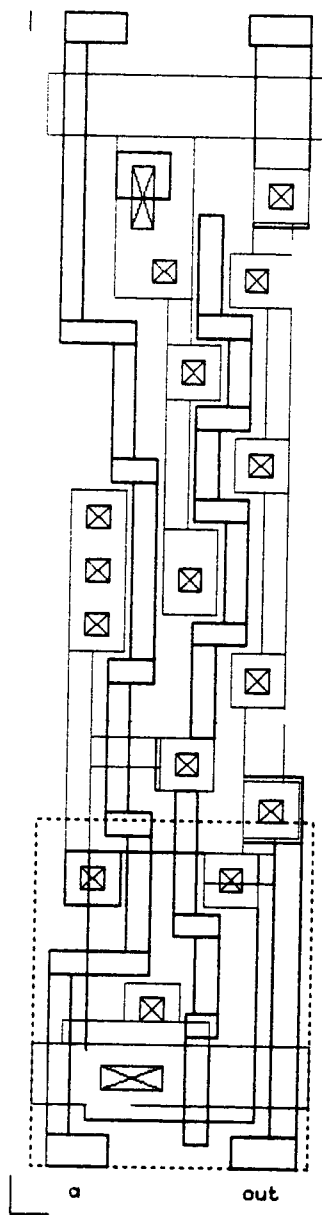
ECUACION LOGICA:  $OUT1 = A$

# NINV

## CIRCUITO ELECTRICO







# NINVX4

Cell128: Buffer No Inversor

Altura: 150 Anchura: 72

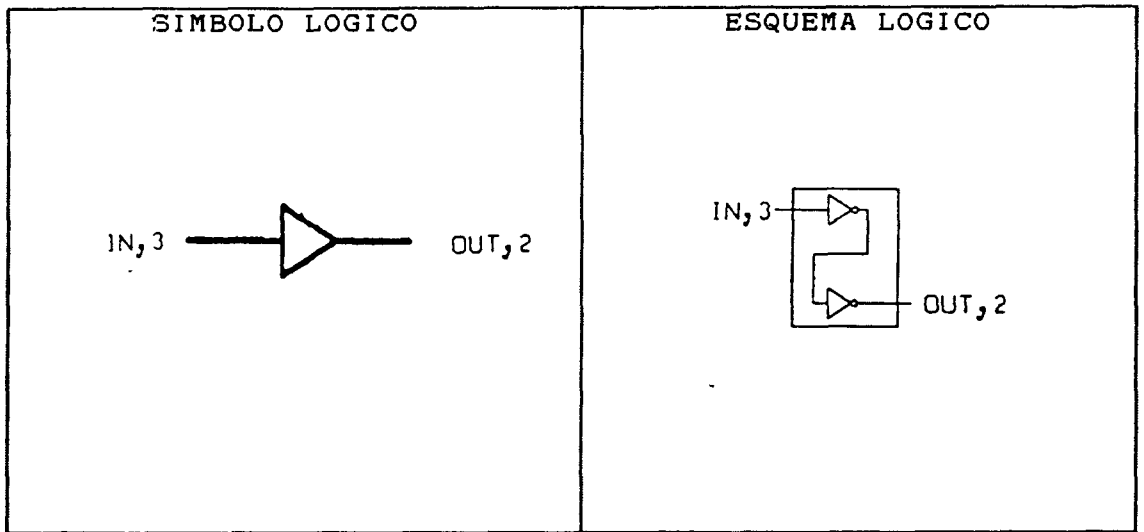


TABLA DE VERDAD

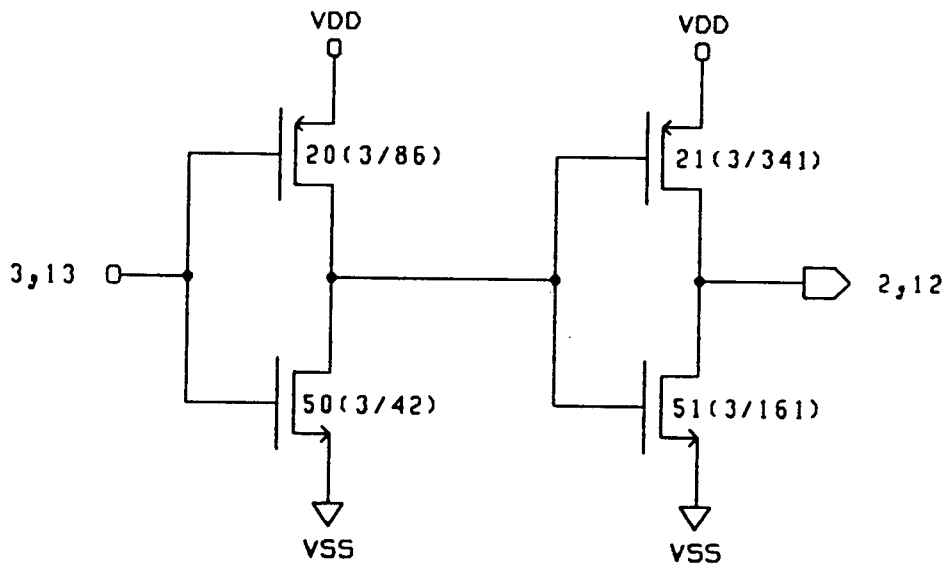
A	OUT1
0	0
1	1
X	X

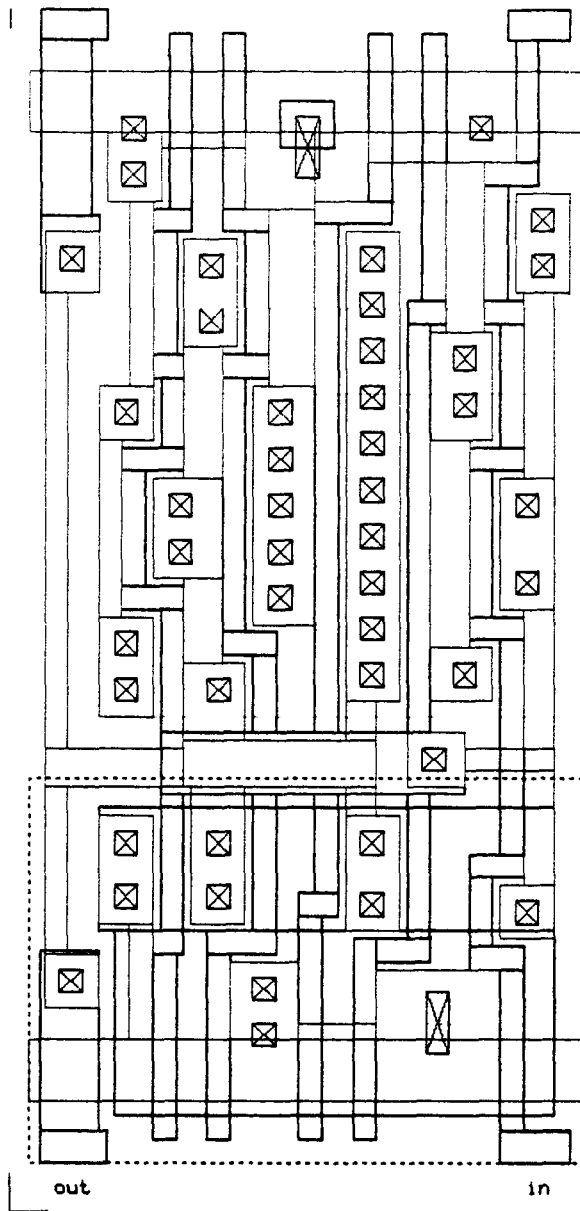
ECUACION LOGICA:

OUT = IN

# NINVX4

## CIRCUITO ELECTRICO





## NOR2

Cell129: Puerta NOR de 2 entradas.

Altura: 150 Anchura: 36

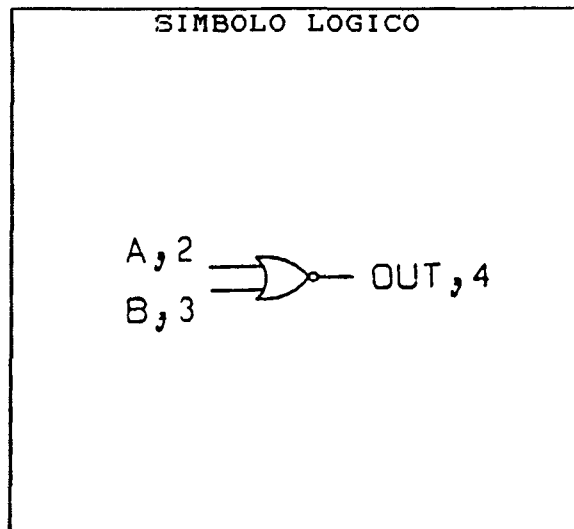


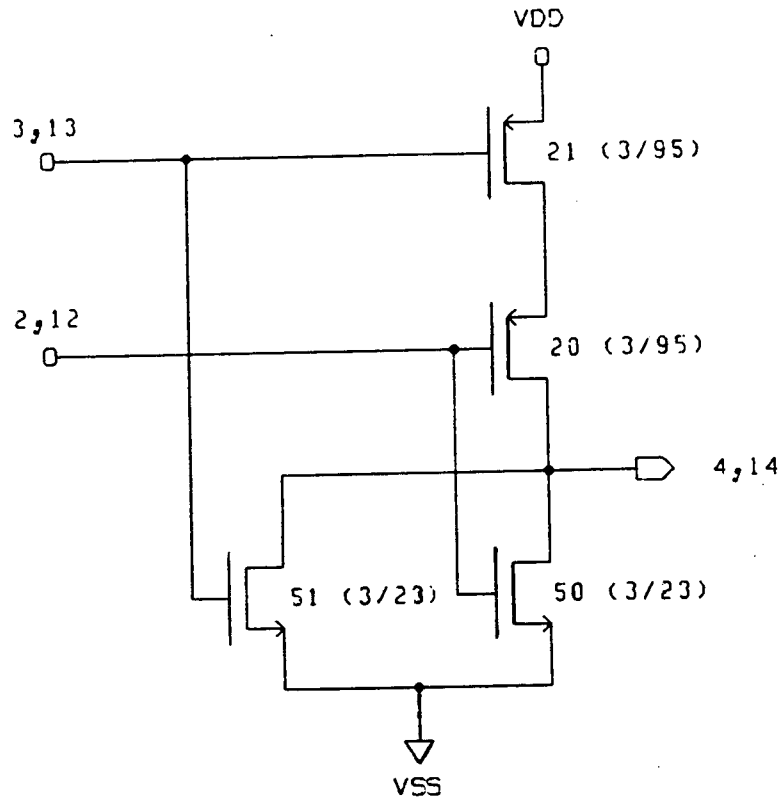
TABLA DE VERDAD

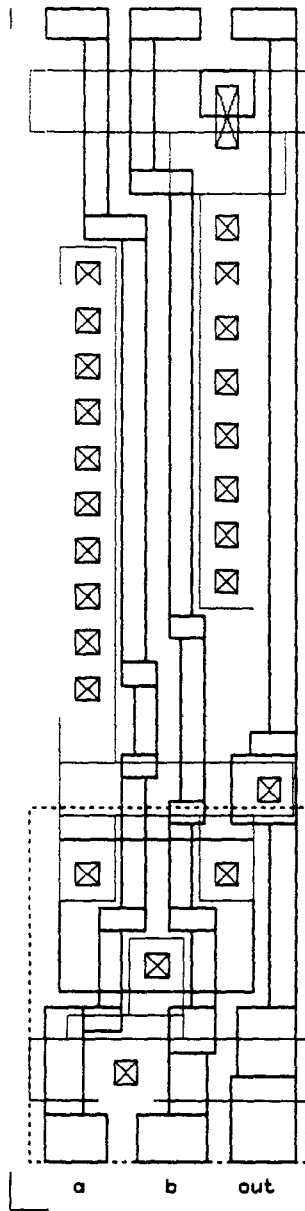
A	B	OUT
0	0	1
0	X	X
X	0	X
1	*	0
*	1	0
X	X	X

ECUACION LOGICA:  $OUT = \overline{A + B}$

# NOR2

## CIRCUITO ELECTRICO





## NOR3

Cell130: Puerta NOR de 3 entradas.

Altura: 150 Anchura: 48

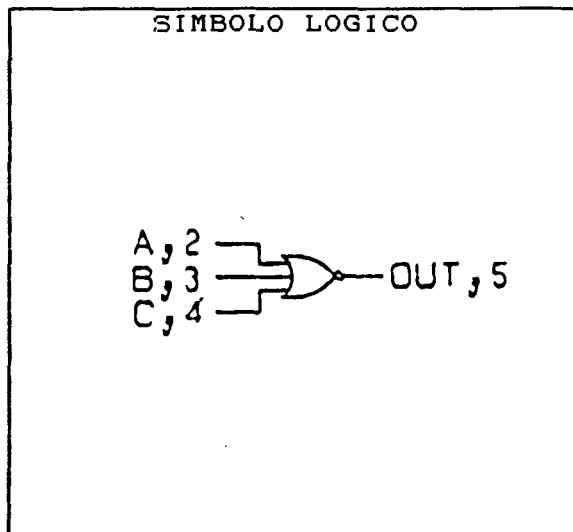


TABLA DE VERDAD

A	B	C	OUT
0	0	0	1
*	*	1	0
*	1	*	0
1	*	*	0

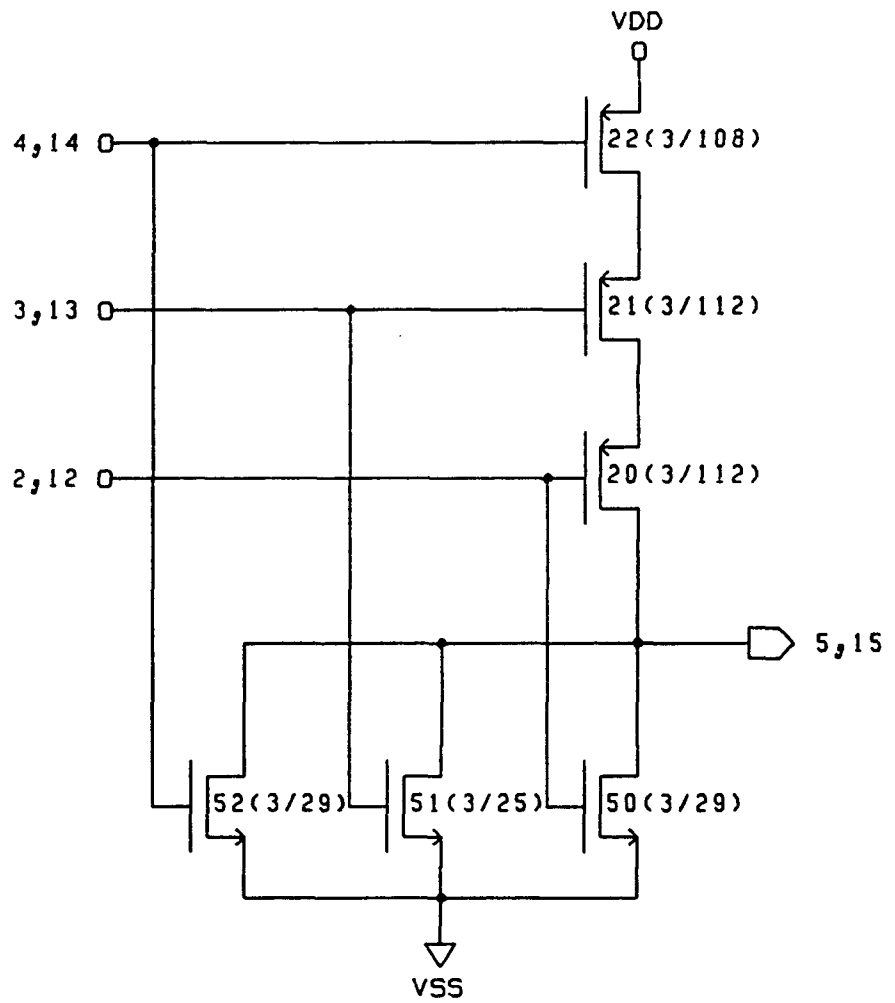
TODAS LAS DEMAS COMBINACIONES X

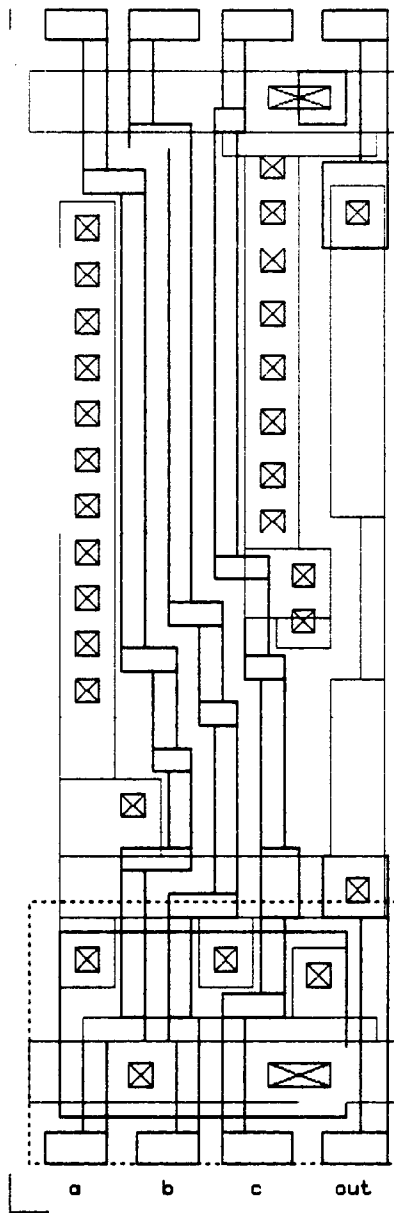
ECUACION LOGICA:  $OUT = \overline{A + B + C}$



# NOR3

## CIRCUITO ELECTRICO





## NOR4

Cell131: Puerta NOR de 4 entradas.

Altura: 150 Anchura: 60

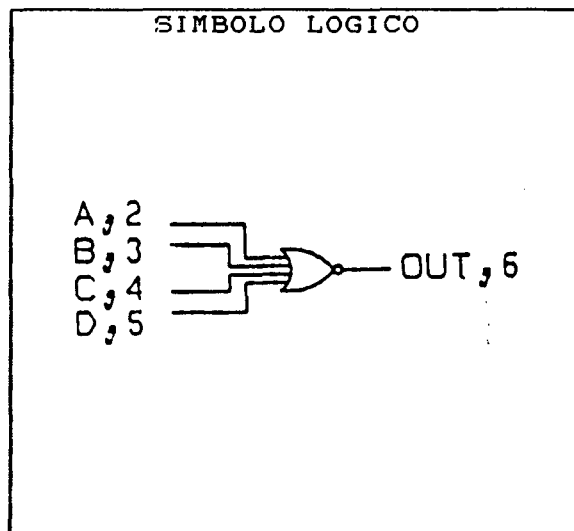


TABLA DE VERDAD

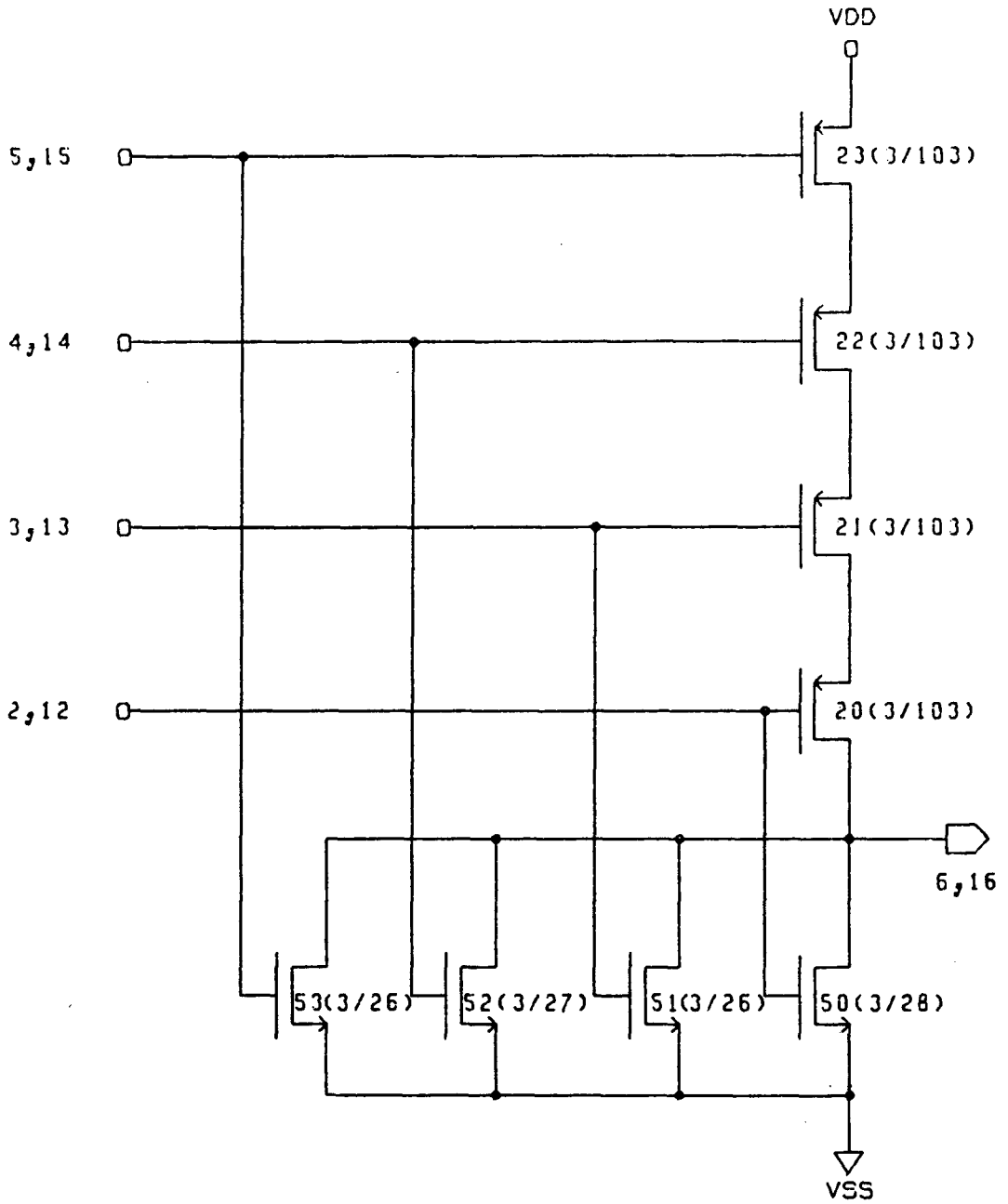
A	B	C	D	OUT
0	0	0	0	1
1	*	*	*	0
*	1	*	*	0
*	*	1	*	0
*	*	*	1	0

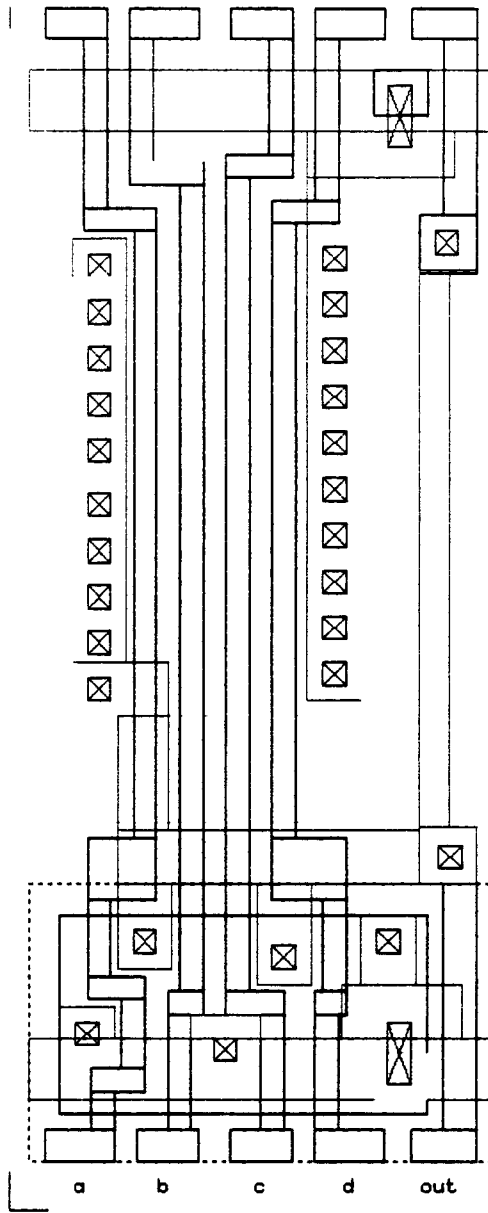
TODAS LAS DEMAS COMBINACIONES X

ECUACION LOGICA:  $OUT = \overline{A + B + C + D}$

# NOR4

## CIRCUITO ELECTRICO





## OR2

Cell32: Puerta OR/NOR de 2 entradas y 2 salidas.

Altura: 150 Anchura: 48

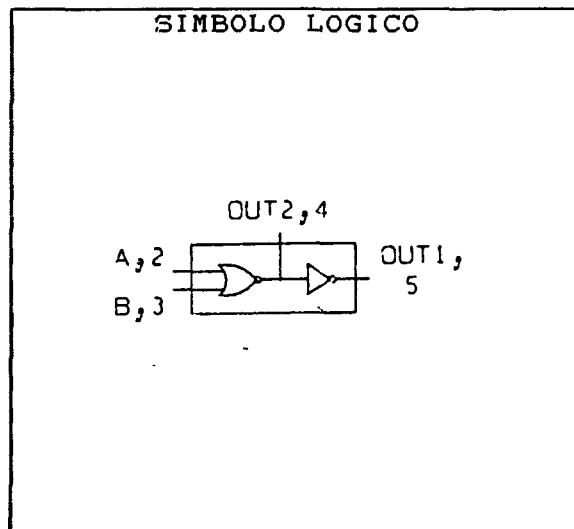


TABLA DE VERDAD

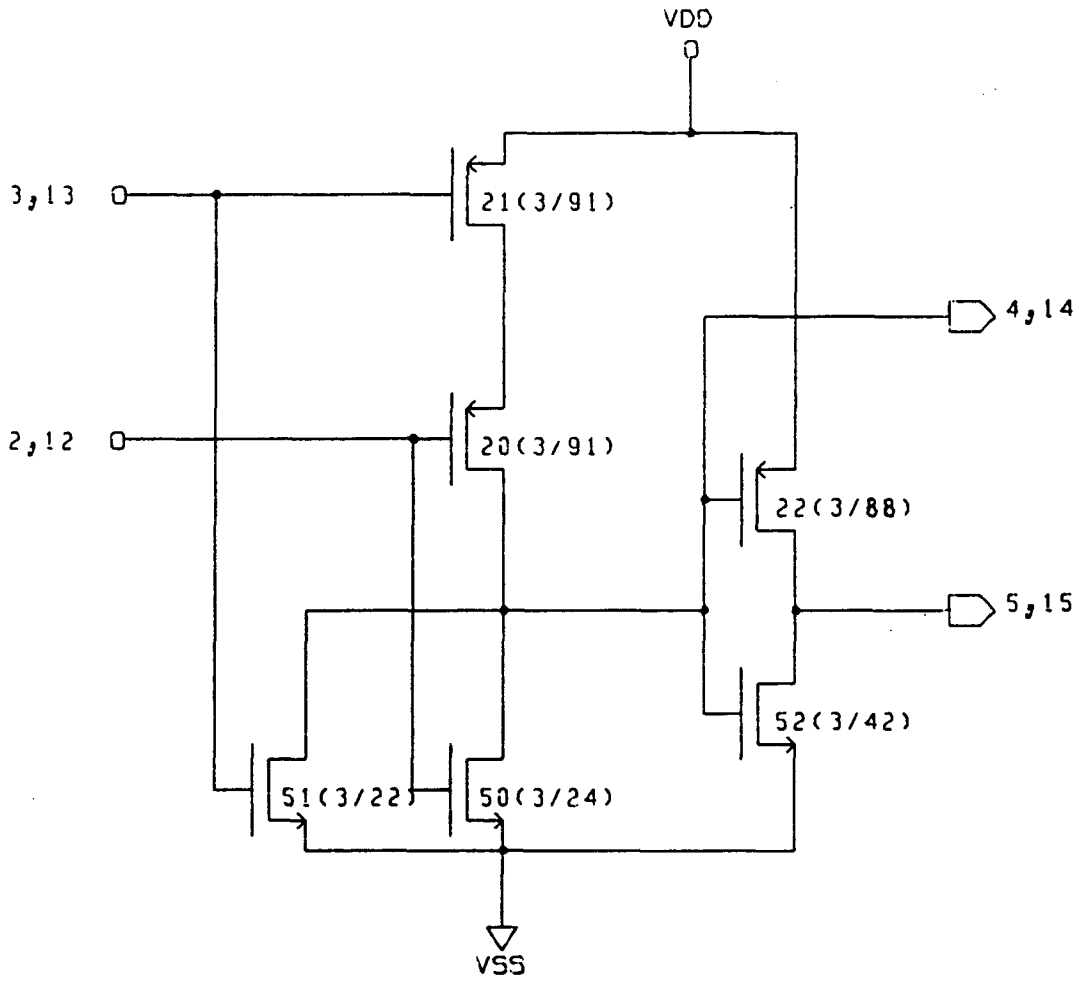
A	B	OUT1	OUT2
0	0	0	1
*	1	1	0
1	*	1	0
0	X	X	X
X	0	X	X
X	X	X	X

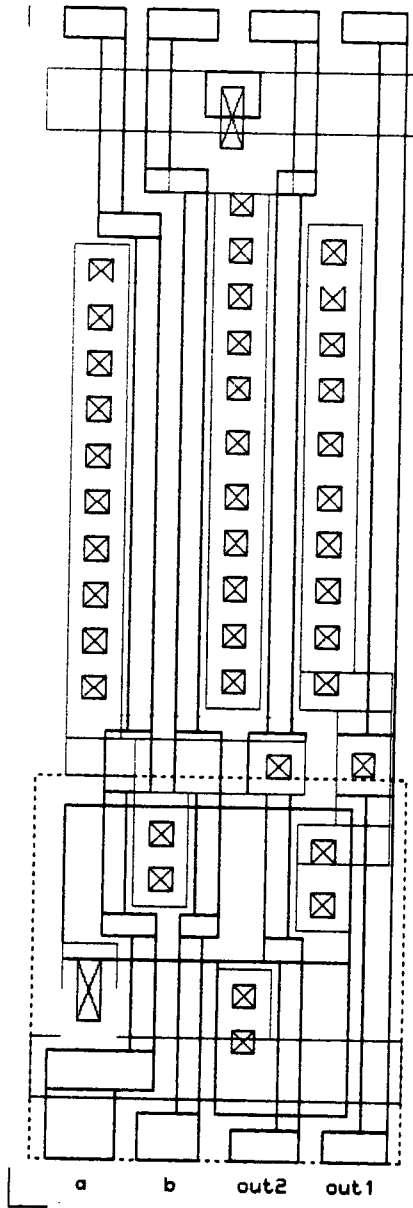
ECUACION LOGICA:  $OUT1 = A + B$

ECUACION LOGICA:  $OUT2 = \overline{A + B}$

# OR2

## CIRCUITO ELECTRICO







## OR3

Cell133: Puerta OR/NOR de 3 entradas y 2 salidas.

Altura: 150 Anchura: 60

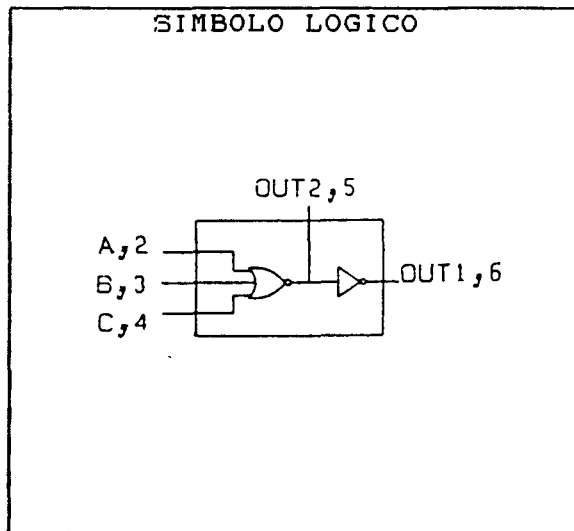


TABLA DE VERDAD

A	B	C	OUT1	OUT2
0	0	0	0	1
*	*	1	1	0
*	1	*	1	0
1	*	*	1	0
TODAS LAS DEMAS COMBINACIONES			X	X

ECUACION LOGICA:  $OUT1 = A + B + C$

ECUACION LOGICA:  $OUT2 = \overline{A + B + C}$

# OR3

## CIRCUITO ELECTRICO

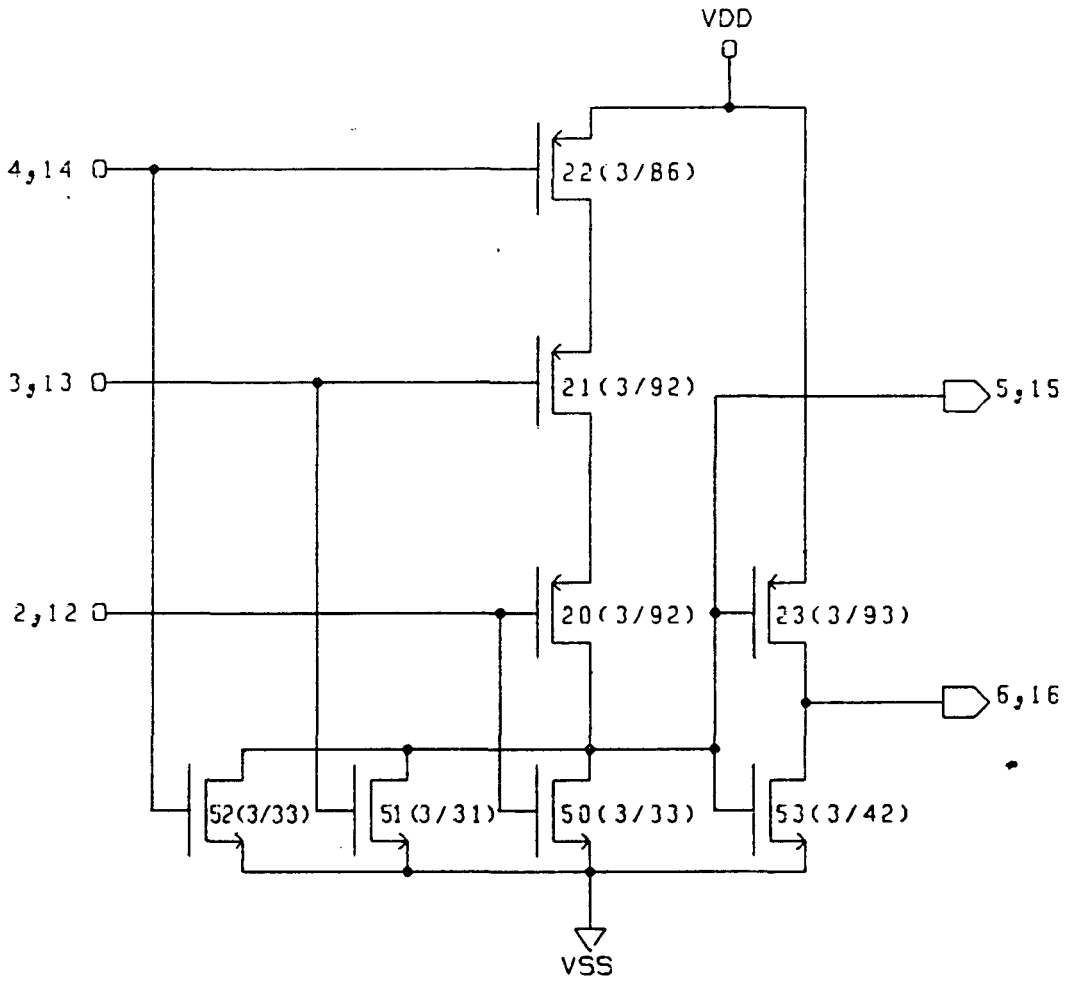
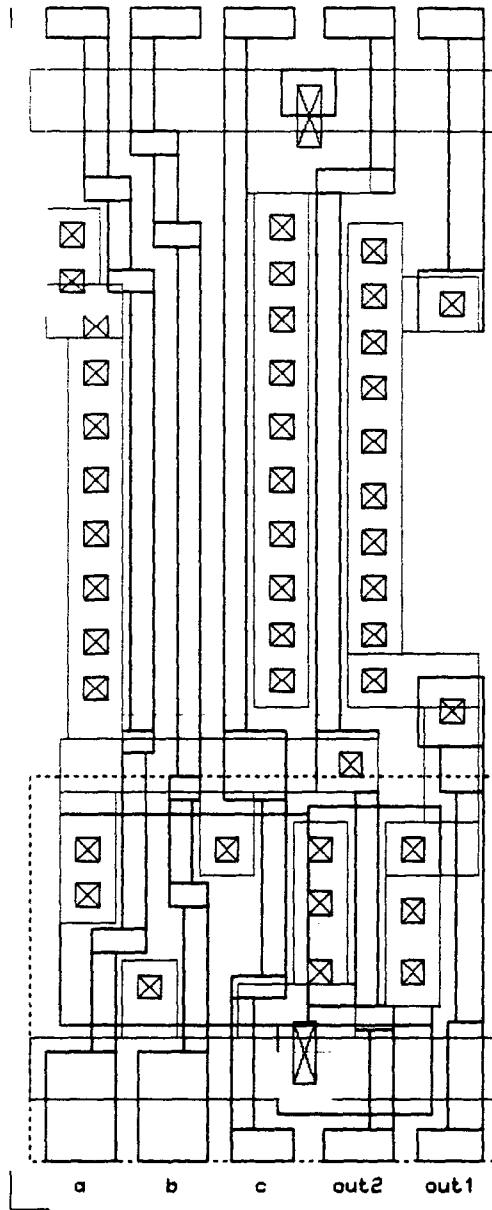


Fig. 13



## OR4

Cell134: Puerta OR de 4 entradas.

Altura: 150 Anchura: 72

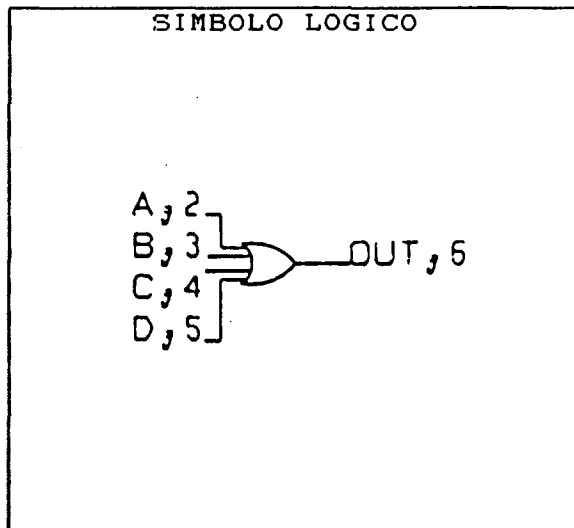


TABLA DE VERDAD

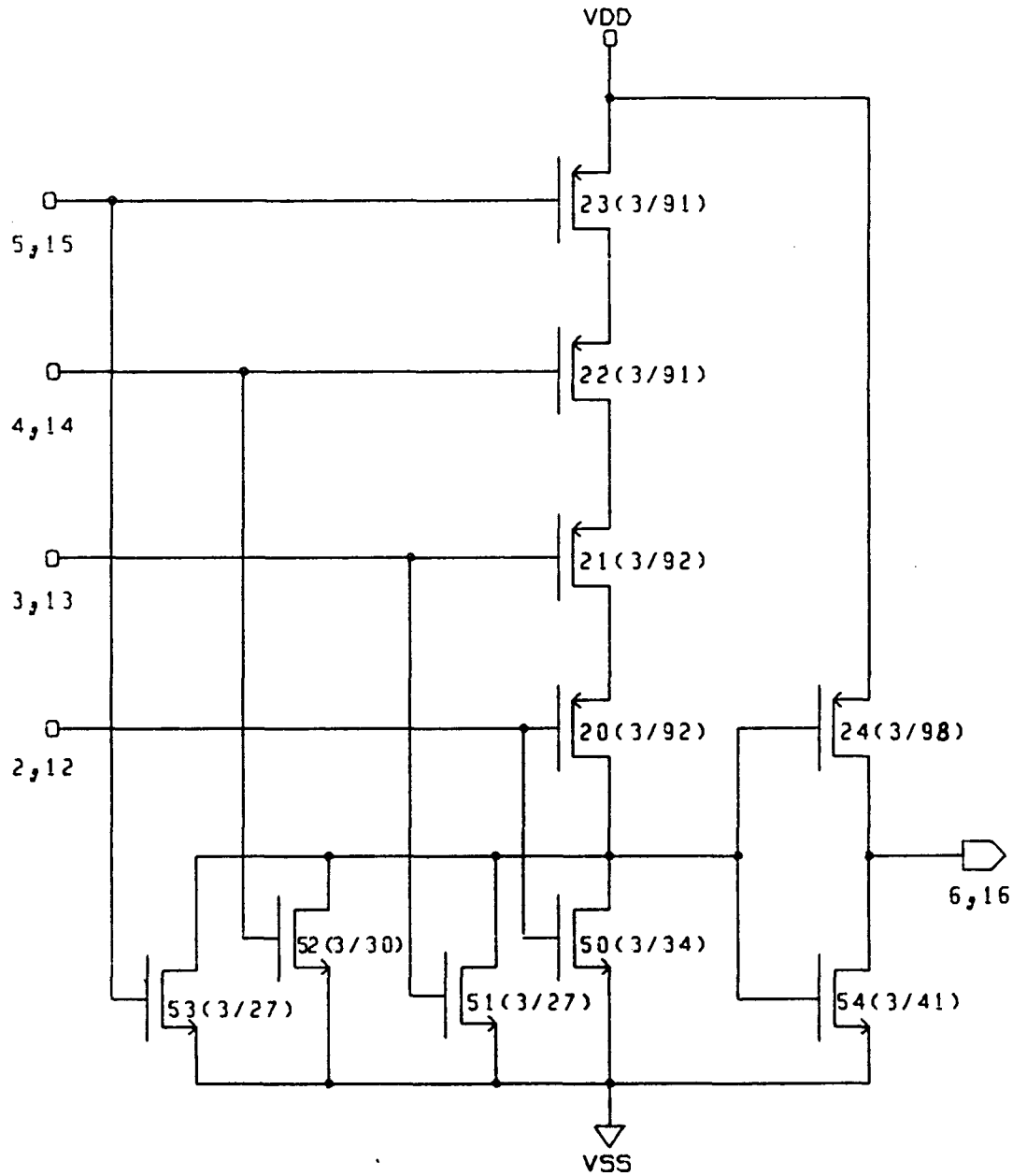
A	B	C	D	OUT
0	0	0	0	0
*	*	*	1	1
*	*	1	*	1
*	1	*	*	1
1	*	*	*	1

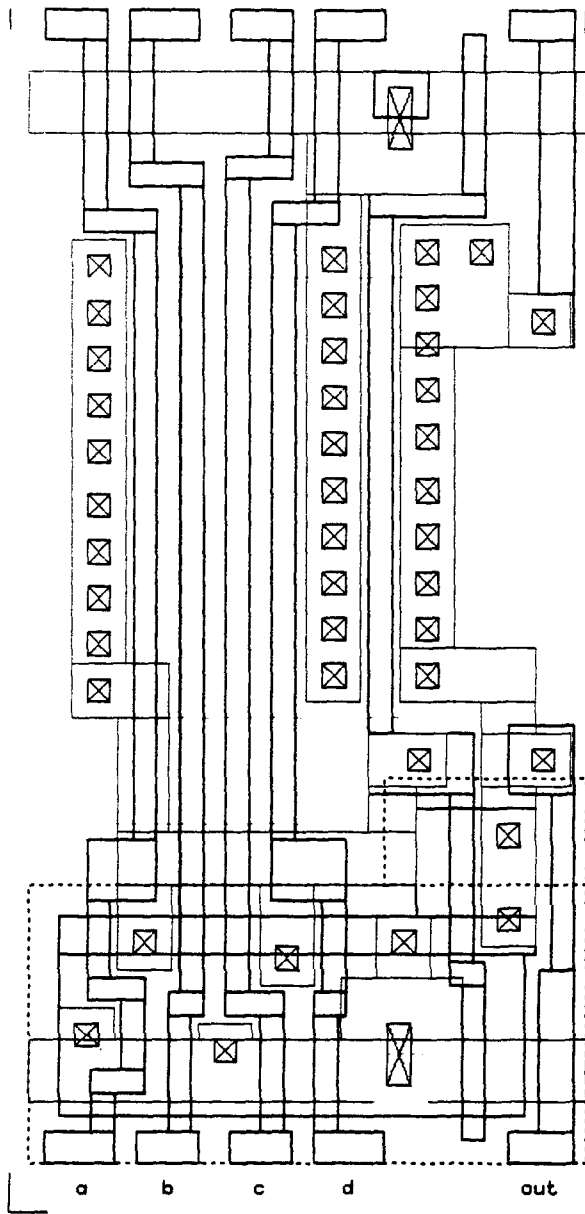
TODAS LAS DEMAS COMBINACIONES X

ECUACION LOGICA:  $OUT1 = A + B + C + D$

# OR4

## CIRCUITO ELECTRICO





# PADIN

Cell35: Pad de entrada.

Altura: 313 Anchura: 204

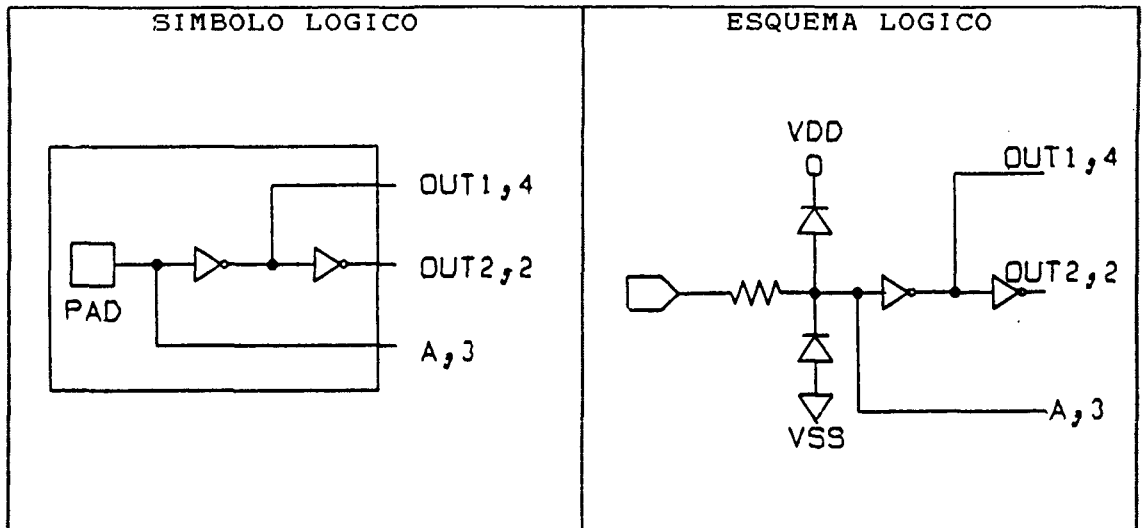


TABLA DE VERDAD

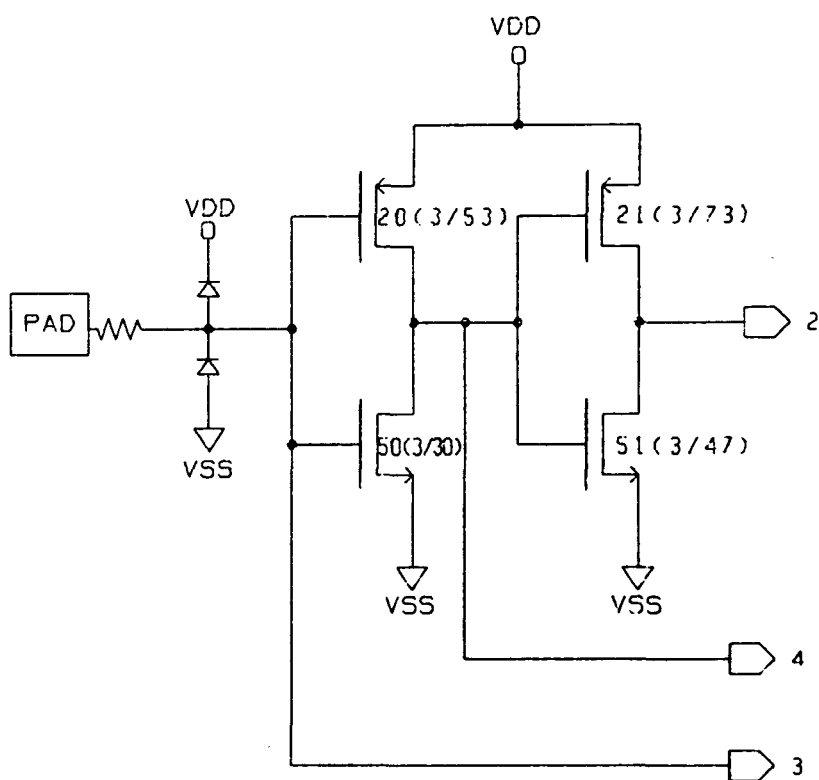
PAD	A	OUT1	OUT2
0	0	1	0
1	1	0	1
X	X	X	X

ECUACIONES LOGICAS:  $OUT1 = \bar{A} = \overline{PAD}$

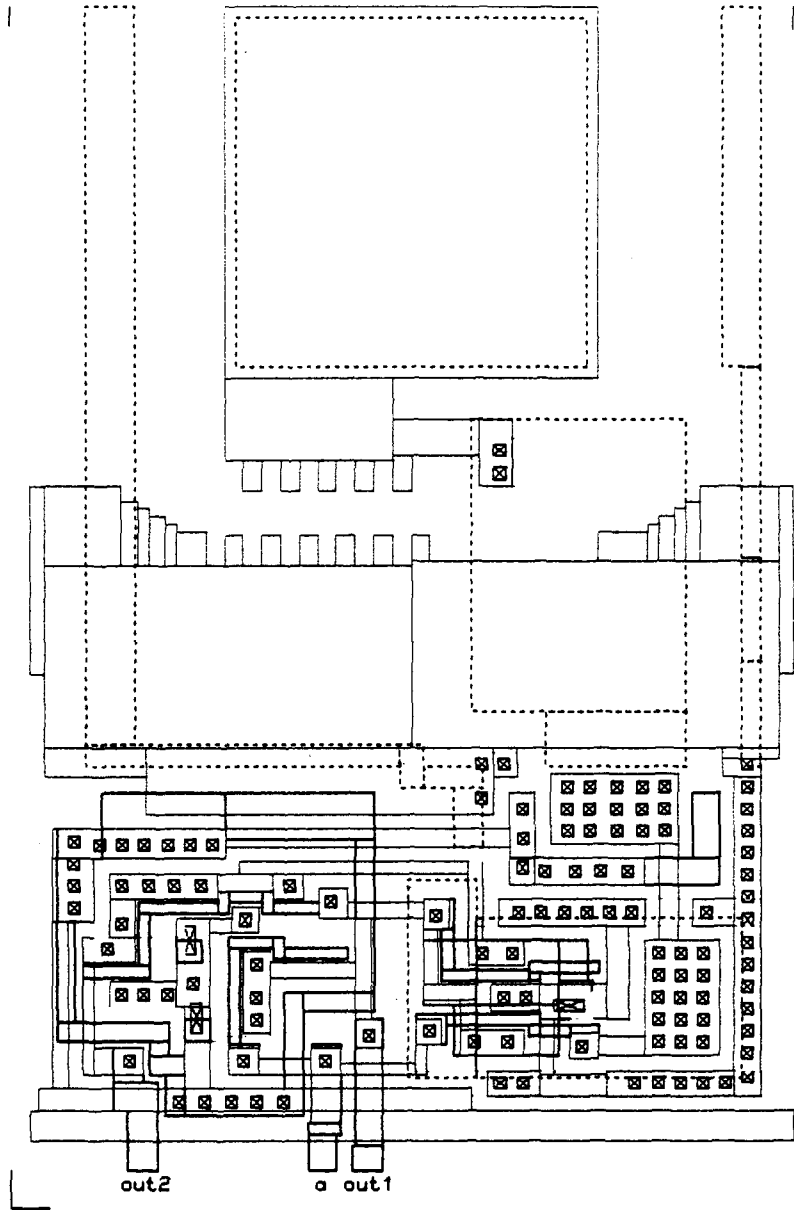
$OUT2 = A = PAD$

# PADIN

## CIRCUITO ELECTRICO







## PADIO

Cell136: Pad de entrada-salida tri-state.

Altura: 313 Anchura: 360

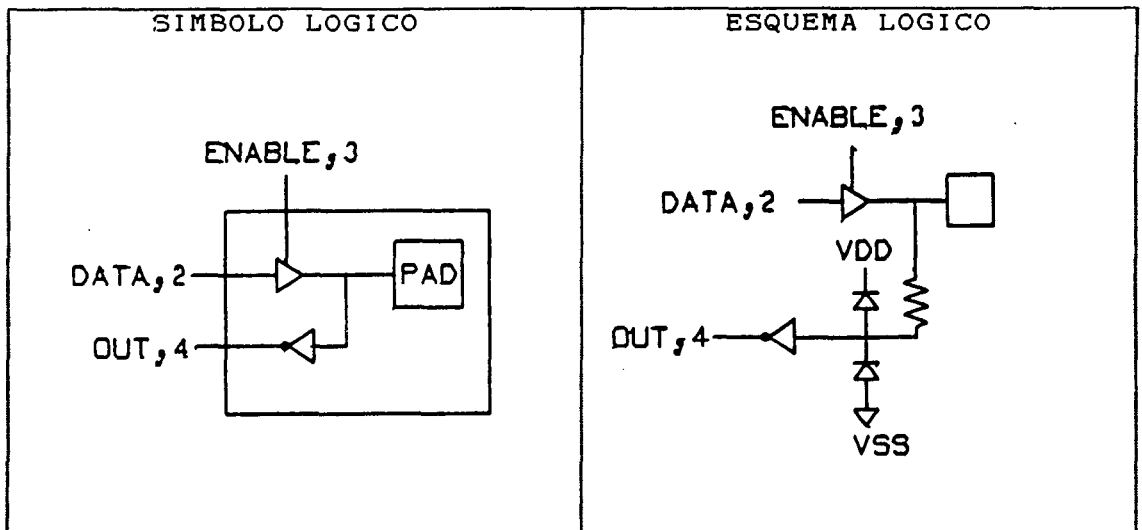
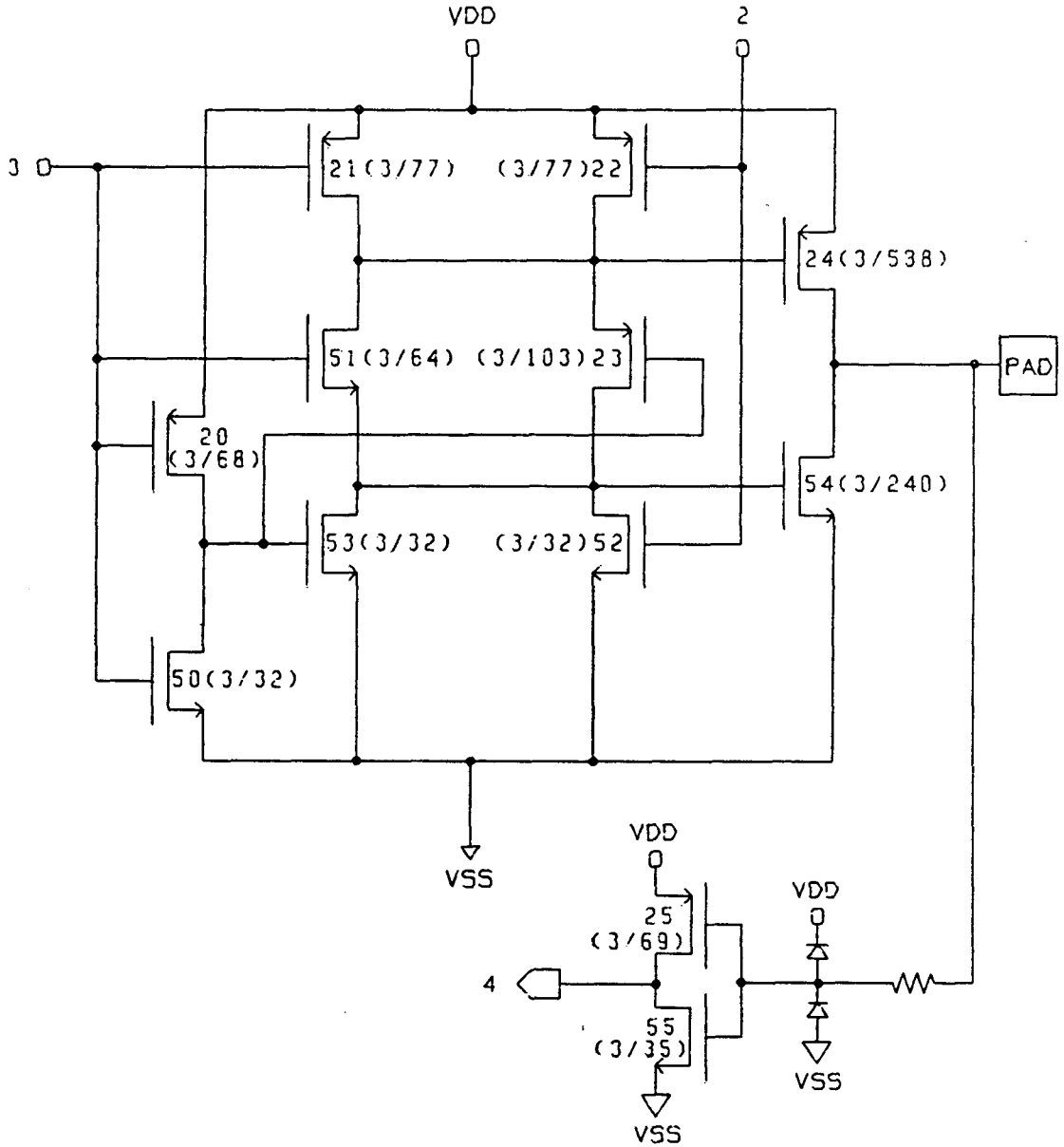


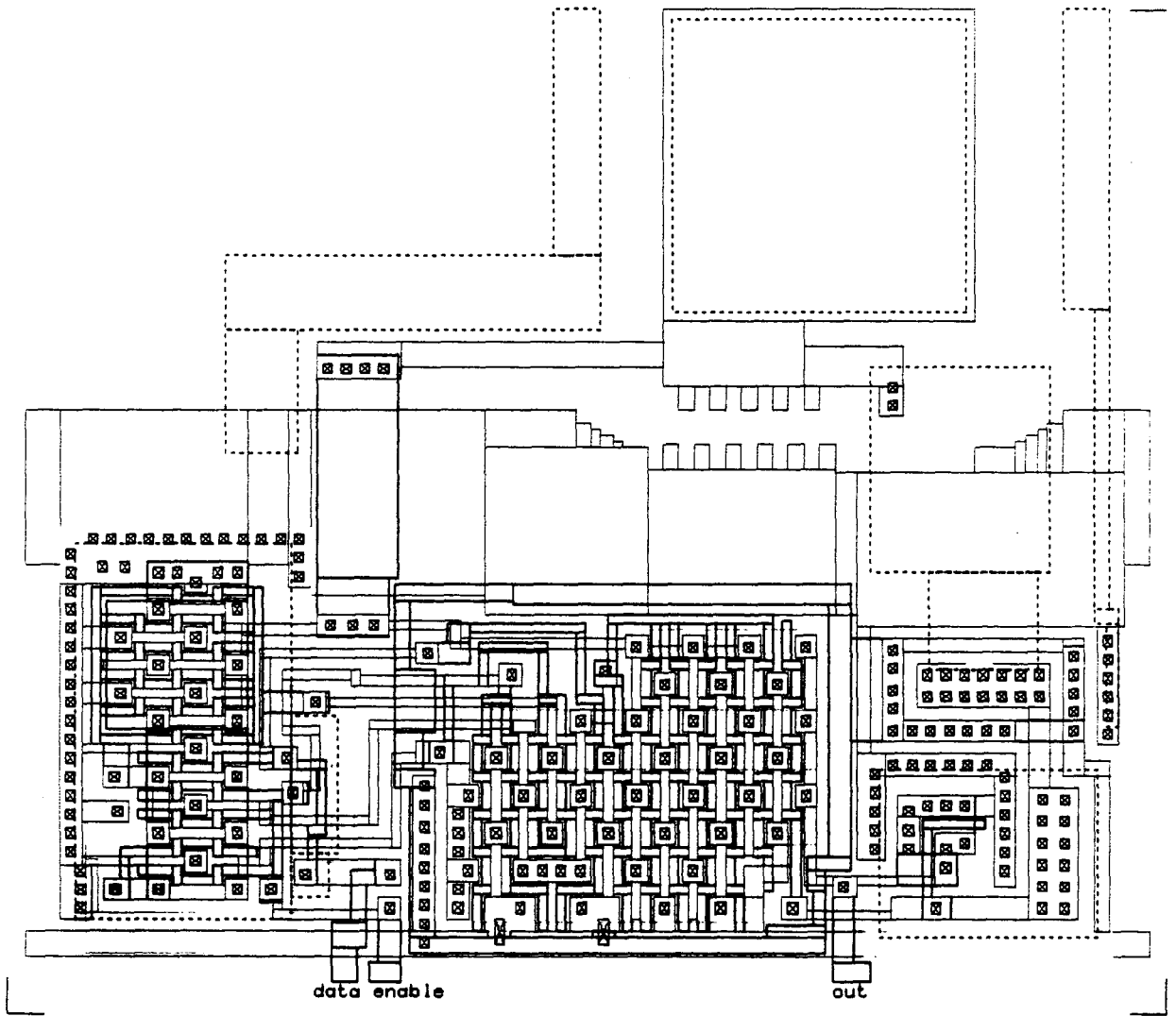
TABLA DE VERDAD

OUT:	ENABLE	DATA	PAD	IN:	PAD	OUT
	0	*	HI-Z		0	1
	1	*	DATA		1	0
	X	*	X		X	X

# PADIO

## CIRCUITO ELECTRICO





## PADOUT

Cell37: Pad de Salida.

Altura: 313 Anchura: 204

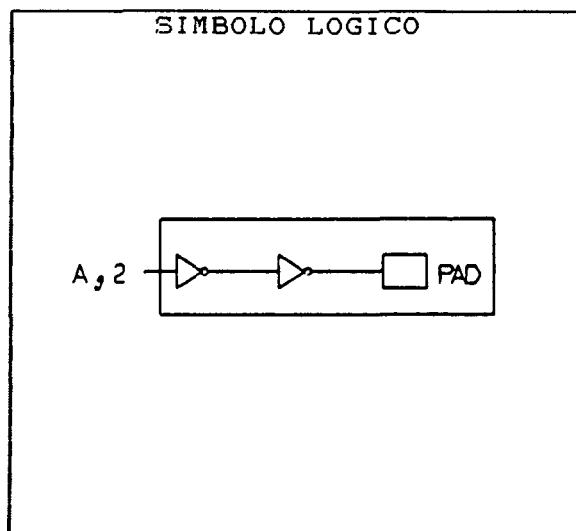


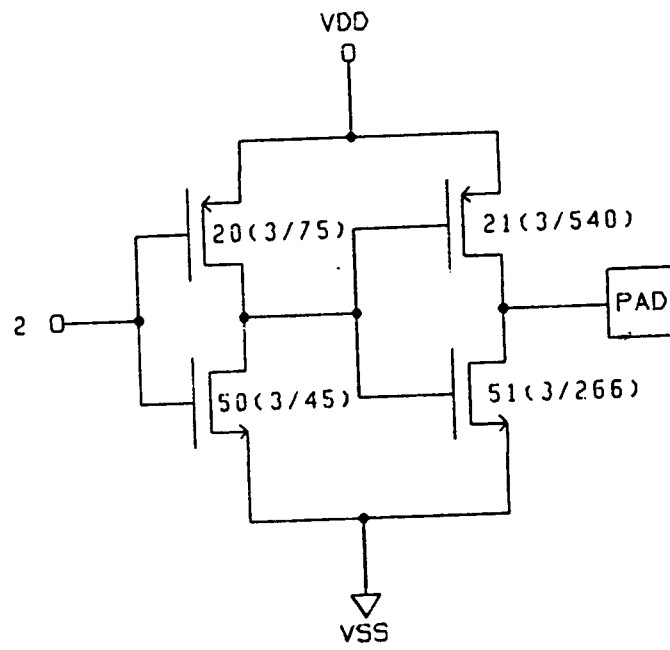
TABLA DE VERDAD

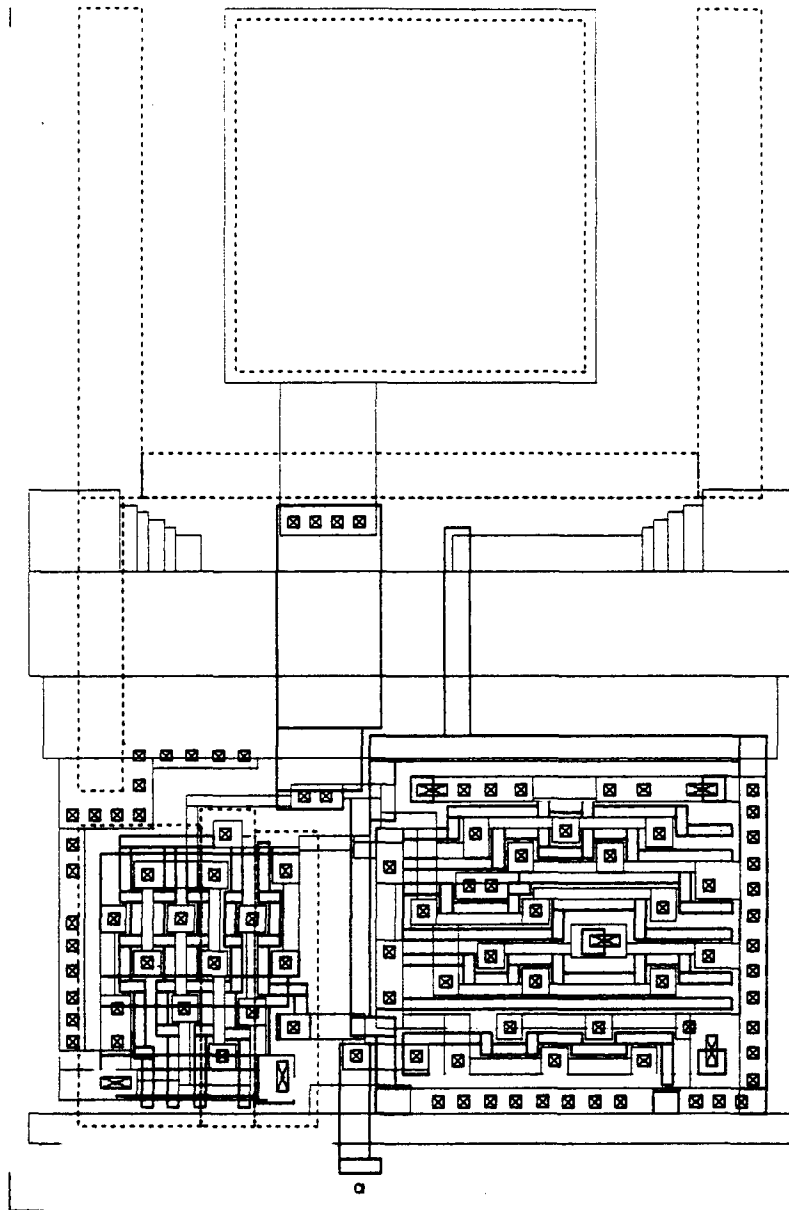
A	PAD
1	1
0	0
X	X

ECUACION LOGICA:  $PAD = A$

# PADOUT

## CIRCUITO ELECTRICO



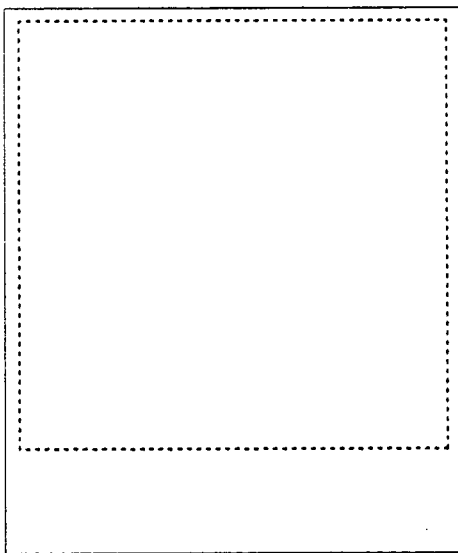


## PADPOW

Cell138: Pad de alimentación para Vdd y Vss.

Altura: 120 Anchura: 100





# TRAGAT

Cell139: Puerta de transmisión.

Altura: 150 Anchura: 72

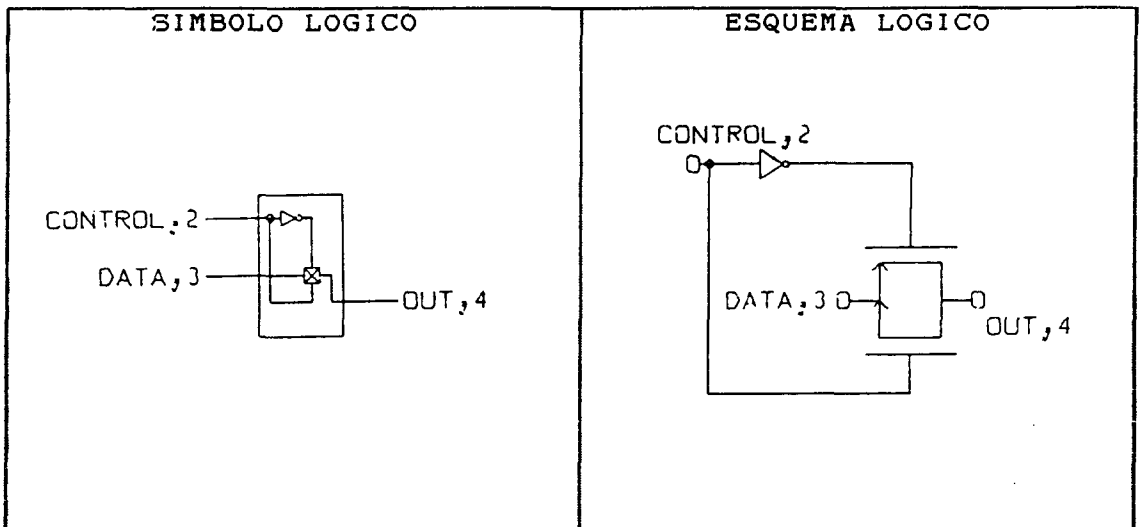
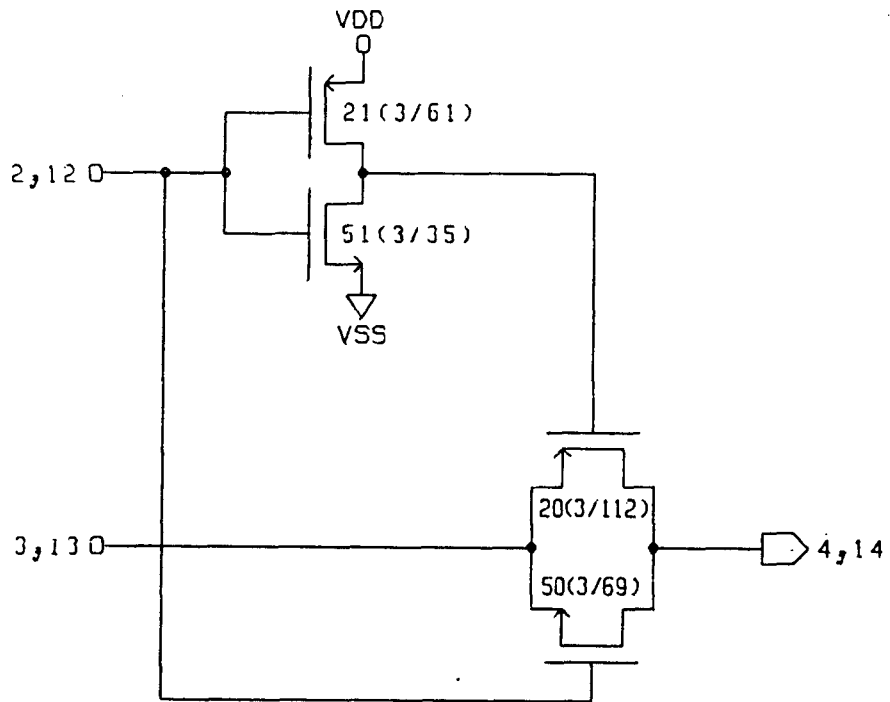


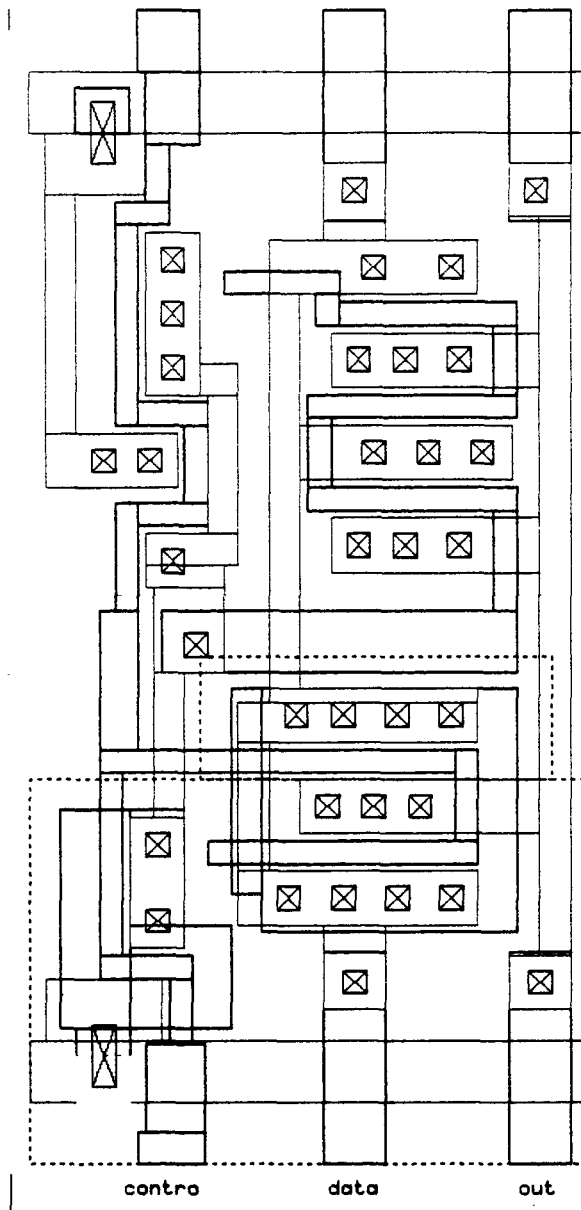
TABLA DE VERDAD

C	D	OUT
1	0	0
1	1	1
1	X	X
0	0	HI-Z
0	1	HI-Z
0	X	HI-Z
X	*	X

# TRAGAT

## CIRCUITO ELECTRICO

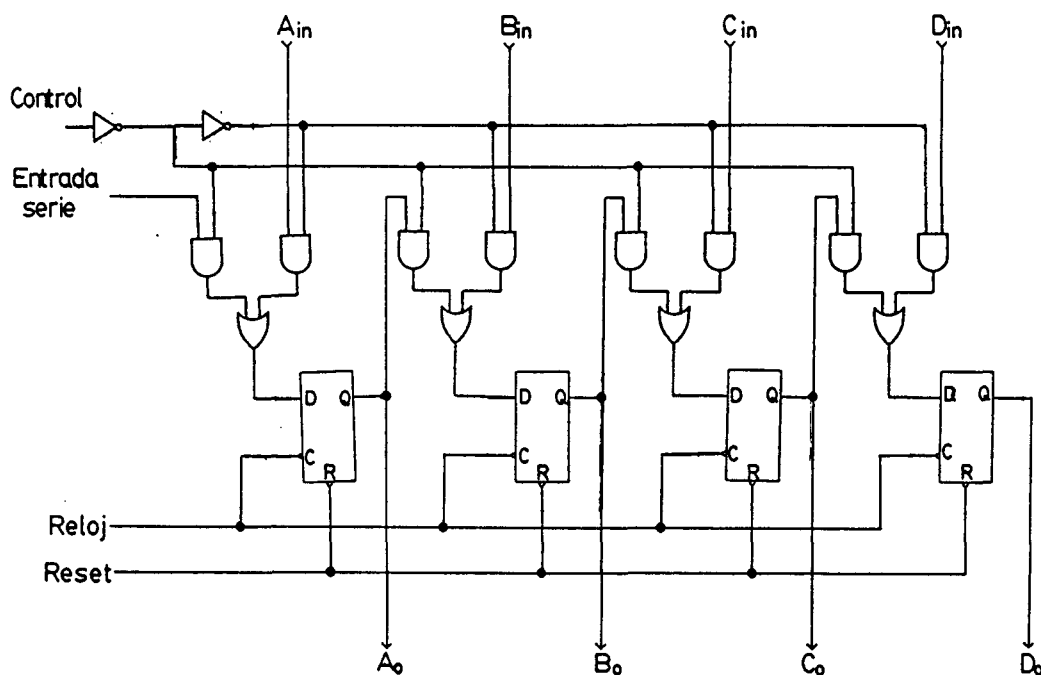




246

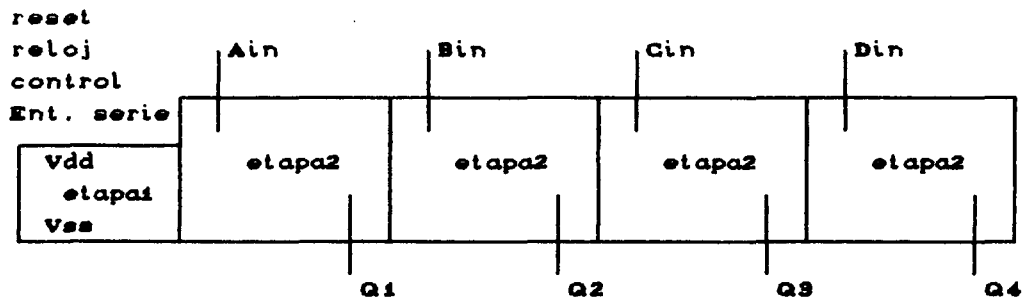
## 5.5 Ejemplo de utilización de las células

En este apartado se trata de ver como se haría el emplazamiento y el cableado de las interconexiones con este tipo de células para construir circuitos digitales de mayor complejidad. Por ejemplo para diseñar un registro de desplazamiento universal (con entradas y salidas en paralelo o serie) como el que se muestra en la figura. Haríamos lo

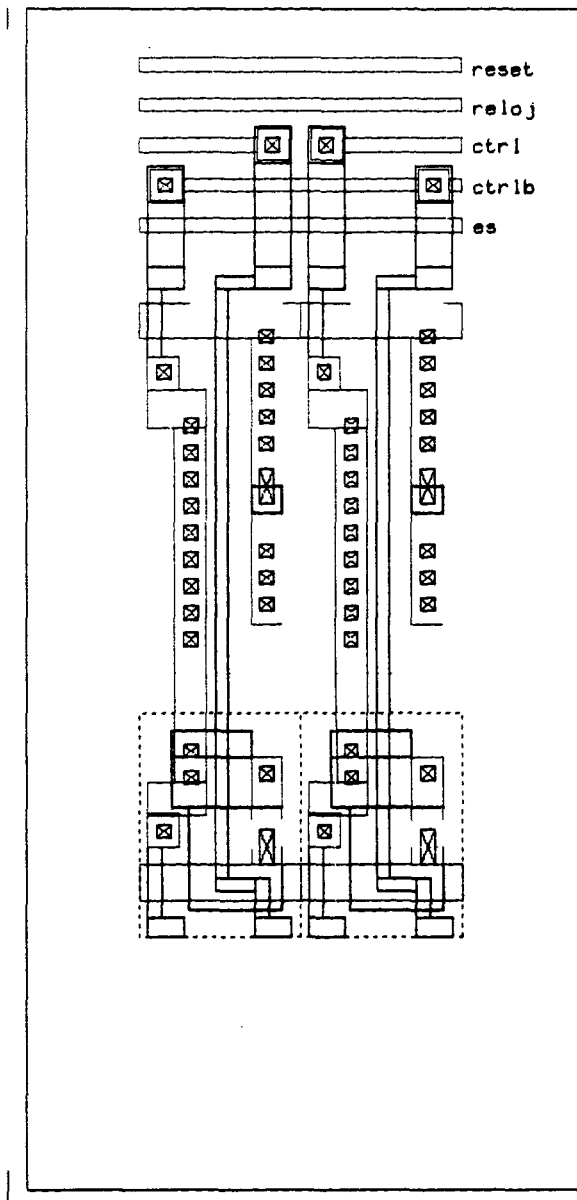


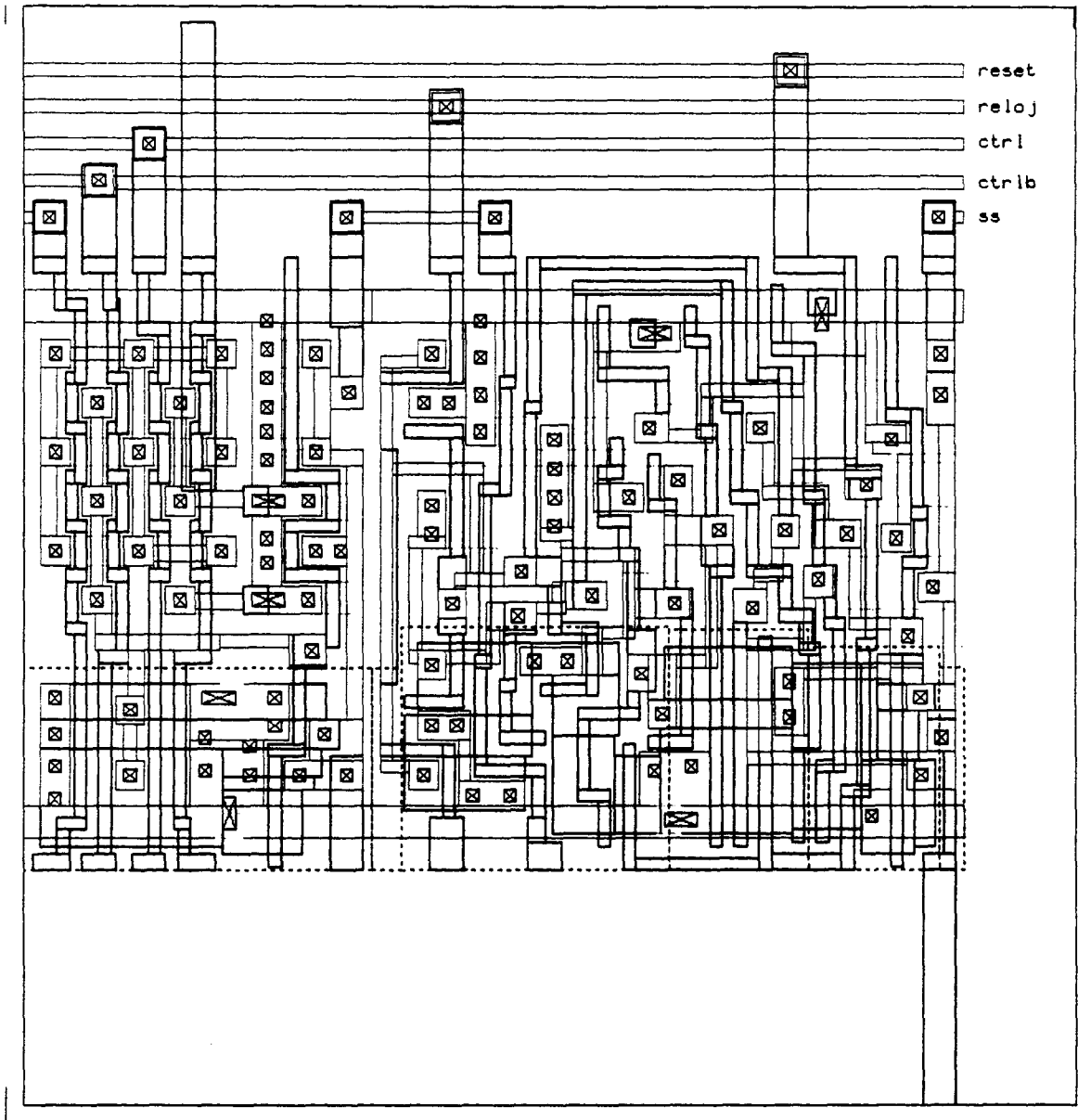
siguiente: Primero observaremos el circuito para ver si disponemos de esas células en la librería. A continuación trataríamos de buscar las estructuras de ese circuito que se repiten; vemos en este caso que lo repetitivo es la red de puertas y el biestable con sus interconexiones. Lo único diferente es el par de inversores de la señal de control. Por tanto este circuito se puede construir con sólo dos etapas; simplemente hará falta hacer el conexionado en el interior de cada una de ellas. Una etapa estará formada por

los dos inversores antes señalados, y la otra se compone de un flip-flop y la red de puertas. La estructura del emplazamiento quedaría como se muestra en la figura siguiente

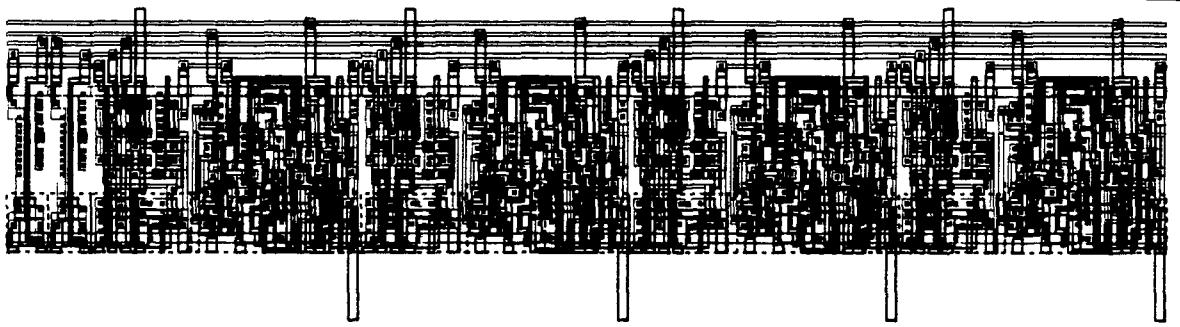


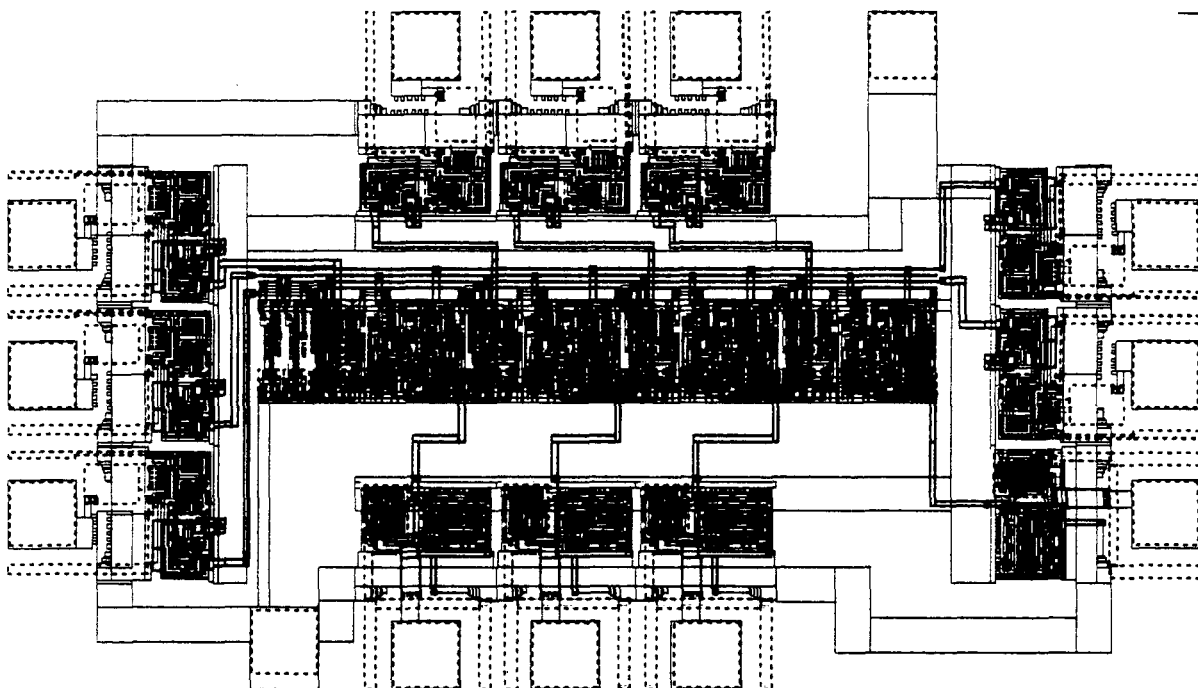
Las células "FFD1QR" y "A022" formarán la etapa2. La etapa1 se construye con dos células "INV". En las siguientes páginas se ve el conexionado de estas etapas, seguido del registro de desplazamiento completo y por último se muestra como quedaría situado ese registro sobre el plano de un chip. Después de estas figuras se incluyen los listados en lenguaje LUCIE correspondientes a estos circuitos.











```

niv md,mb,mc,mp,mm,ms,me,mv,mh,mg
fig etapa1
figext inv(0,114)
figext inv(72,114)
rec(0,430,144,6,mm)
rec(0,484,144,6,mm)
rec(0,502,144,6,mm)
figext ctomp(124,443)
figext ctomp(4,443)
figext ctomp(76,461)
rec(76,414,16,47,mp)
rec(124,414,16,29,mp)
rec(4,414,16,29,mp)
rec(19,448,106,6,mm)
rec(91,466,53,6,mm)
rec(139,448,5,6,mm)
rec(52,414,16,47,mp)
figext ctomp(52,461)
rec(0,466,53,6,mm)
ffig

```

```

niv md,mb,mc,mp,mm,ms,me,mv,mh,mg
fig etapa2
figext ao22(0,114)
figext ffd1qr(168,114)
rec(0,502,456,6,mm)
rec(0,484,456,6,mm)
figext ctomp(4,425)
figext ctomp(28,443)
figext ctomp(52,461)
rec(4,414,16,11,mp)
rec(28,414,16,29,mp)
rec(52,414,16,47,mp)
figext ctomp(196,479)
figext ctomp(220,425)
figext ctomp(148,425)
rec(148,414,16,11,mp)
rec(220,414,16,11,mp)
rec(196,414,16,65,mp)
figext ctomp(364,497)
figext ctomp(436,425)
rec(436,414,16,11,mp)
rec(364,414,16,83,mp)
rec(451,430,5,6,mm)
rec(163,430,58,6,mm)
rec(0,430,5,6,mm)
rec(0,448,29,6,mm)
rec(0,466,53,6,mm)
rec(76,300,16,228,mp)
rec(436,0,16,114,mp)
rec(67,466,389,6,mm)
rec(43,447,413,6,mm)
ffig

```

```

niv md,mb,mc,mp,mm,ms,me,mv,mh,mg
fig regdes
figext etapa1(50,0)
figext etapa2(194,0)
figext etapa2(650,0)
figext etapa2(1106,0)
figext etapa2(1562,0)
ffig

```

```
niv md,mb,mc,mp,mm,ms,me,mv,mh,mg
fig pb
  rep(4,x,408)
  sym(y,626)
  figext padout(0,0)
  fsym
  frep
ffig
```

```
niv md,mb,mc,mp,mm,ms,me,mv,mh,mg
fig de
  rep(3,y,408)
  rot(-,626)
  figext padin(0,0)
  frot
  frep
ffig
```

```
niv md,mb,mc,mp,mm,ms,me,mv,mh,mg
fig pt
  rep(4,x,408)
  figext padin(0,0)
  frep
ffig
```

```
niv md,mb,mc,mp,mm,ms,me,mv,mh,mg
fig pl
  rep(3,y,408)
  rot(+,626)
  figext padin(0,0)
  frot
  frep
ffig
```

niv md,mb,mc,mp,mm,ms,me,mv,mh,mg  
 fig chipre  
 figext pl(0,710)  
 figext pb(1006,400)  
 figext pt(1006,1754)  
 figext de(2834,900)  
 figext padpow(700,400)  
 figext padpow(2494,2140)  
 figext regdes(676,1126)  
 rec(258,758,100,166,mm)  
 rec(258,1728,100,294,mm)  
 rec(258,2022,748,100,mm)  
 rec(1006,924,1729,100,mm)  
 rec(694,1686,312,100,mm)  
 rec(2494,1834,200,306,mm)  
 rec(726,1240,1968,16,mm)  
 rec(726,1524,1968,16,mm)  
 rec(726,640,32,600,mm)  
 figext del(2834,492)  
 rec(594,710,100,1224,mm)  
 figext ctomp(701,1605)  
 figext ctomp(701,1551)  
 rec(716,1610,10,6,mm)  
 rec(716,1556,10,6,mm)  
 rec(626,762,56,16,mp)  
 rec(682,762,16,789,mp)  
 rec(682,1551,19,16,mp)  
 rec(626,1170,22,16,mp)  
 rec(648,1170,16,435,mp)  
 rec(648,1605,53,16,mp)  
 rec(610,1594,16,44,mp)  
 rec(610,1638,336,16,mp)  
 rec(1006,1686,1224,100,mm)  
 rec(258,540,442,100,mm)  
 rec(258,640,100,70,mm)  
 rec(900,539,100,119,mm)  
 rec(900,658,106,100,mm)  
 rec(2694,1834,156,100,mm)  
 rec(2230,1686,264,100,mm)  
 rec(2494,1686,100,148,mm)  
 rec(2734,710,132,1224,mm)  
 figext ctomp(2703,1623)  
 rec(2694,1628,10,6,mm)  
 figext ctomp(2703,1587)  
 rec(2694,1592,10,6,mm)  
 rec(2230,657,171,100,mm)  
 rec(2401,507,100,250,mm)  
 rec(2501,507,601,100,mm)  
 rec(3102,507,100,203,mm)  
 rec(2674,936,16,190,mp)  
 rec(2690,936,144,16,mp)  
 rec(2761,1458,73,16,mp)  
 rec(2761,1474,16,113,mp)  
 rec(2719,1587,58,16,mp)  
 rec(2703,1639,16,227,mp)  
 rec(2703,1866,131,16,mp)  
 rec(1402,1654,16,37,mp)  
 rec(1058,1691,360,16,mp)  
 rec(1058,1707,16,47,mp)

rec(1858,1654,16,37,mp)  
 rec(1466,1691,408,16,mp)  
 rec(1466,1707,16,47,mp)  
 rec(2314,1654,16,37,mp)  
 rec(1918,1691,412,16,mp)  
 rec(1918,1707,16,47,mp)  
 rec(1890,1754,44,16,mp)  
 rec(1172,1026,16,100,mp)  
 rec(1172,1126,134,16,mp)  
 rec(1580,1026,16,100,mp)  
 rec(1580,1126,182,16,mp)  
 rec(1988,1026,16,100,mp)  
 rec(1988,1126,230,16,mp)  
 rec(2694,1508,40,32,mm)  
 ffig

## 5.6 Descripción de células en CIF

### AND2

DS 4 5 1;  
9 and2 ;  
L CM; B 960 160 480 240 ;  
L CM; B 960 160 480 2760 ;  
L CP; B 180 80 130 40 ;  
L CP; B 160 80 360 40 ;  
L CP; B 180 80 610 40 ;  
L CP; B 160 160 840 80 ;  
L CP; B 140 120 850 220 ;  
L CP; B 80 70 680 245 ;  
L CP; B 60 130 670 145 ;  
L CD; B 520 220 340 230 ;  
C 2 T 500 200;  
L CP; B 120 60 360 450 ;  
L CP; B 60 340 330 250 ;  
L CP; B 120 60 660 460 ;  
L CP; B 60 150 690 355 ;  
L CP; B 140 60 230 570 ;  
C 1 T 120 660;  
L CP; B 60 460 190 310 ;  
L CD; B 740 560 450 620 ;  
C 1 T 720 540;  
C 1 T 720 660;  
C 1 T 720 780;  
L CM; B 240 420 800 710 ;  
L CD; B 570 200 455 1020 ;  
C 1 T 120 820;  
L CD; B 660 20 410 910 ;  
L CP; B 100 160 250 1240 ;  
L CP; B 140 160 430 1240 ;  
L CP; B 160 160 640 1240 ;  
C 1 T 610 1210;  
L CM; B 570 140 425 1240 ;  
L CM; B 100 170 190 1085 ;  
L CM; B 400 100 520 370 ;  
C 1 T 480 500;  
C 1 T 480 620;  
C 1 T 480 740;  
C 1 T 480 860;  
C 1 T 480 980;  
L CM; B 280 60 460 450 ;  
L CM; B 200 610 500 785 ;  
L CM; B 160 380 160 810 ;  
L CP; B 60 560 270 880 ;  
L CP; B 60 680 390 820 ;  
L CP; B 60 670 630 825 ;  
L CP; B 60 650 890 605 ;  
L CP; B 140 390 850 1125 ;  
C 1 T 820 980;  
L CM; B 140 160 850 1000 ;  
L CP; B 160 200 120 2900 ;  
L CP; B 180 80 370 2960 ;  
L CP; B 60 60 430 2890 ;  
L CP; B 100 60 450 2830 ;  
L CP; B 180 80 610 2960 ;  
L CP; B 140 60 630 2890 ;  
L CP; B 160 60 640 2830 ;  
L CP; B 160 80 840 2960 ;  
L CP; B 140 120 850 2860 ;  
L CP; B 140 60 270 2830 ;  
L CS; B 780 720 430 2400 ;  
L CS; B 740 680 450 1700 ;  
C 1 T 80 2080;  
L CP; B 140 60 270 2150 ;  
C 1 T 140 2240;  
C 1 T 320 2000;  
L CP; B 80 60 460 2150 ;  
L CP; B 60 800 230 1720 ;  
L CP; B 60 800 470 1720 ;  
C 1 T 320 1880;  
C 1 T 320 1760;  
C 1 T 320 1640;  
C 1 T 320 1400;  
C 1 T 320 1520;  
L CM; B 140 790 350 1705 ;  
C 1 T 700 2000;  
C 1 T 700 1880;  
C 1 T 700 1760;  
C 1 T 700 1640;  
C 1 T 700 1460;  
L CM; B 140 540 730 1830 ;  
L CM; B 260 140 790 1490 ;  
L CM; B 130 340 855 1250 ;  
L CP; B 140 60 650 2150 ;  
C 1 T 540 2240;  
C 1 T 540 2380;  
C 1 T 540 2540;  
C 1 T 540 2660;  
C 2 T 80 2560;  
C 1 T 140 2440;  
L CM; B 620 120 350 2620 ;  
L CM; B 200 380 140 2370 ;  
L CM; B 160 360 580 2380 ;  
L CM; B 160 140 120 2110 ;  
L CP; B 60 620 310 2490 ;  
L CP; B 60 620 450 2490 ;  
L CP; B 60 620 690 2490 ;  
L CP; B 60 800 610 1720 ;  
L CP; B 60 1480 890 2060 ;  
L CS; B 140 120 530 220 ;  
L CD; B 140 120 110 2700 ;  
L CW; B 960 1000 480 500 ;  
L CW; B 780 200 480 1100 ;  
DF;  
C 4;  
E

## AND3

DS 5 5 1;  
 9 and3 ;  
 L CM; B 1200 160 600 240 ;  
 L CM; B 1200 160 600 2760 ;  
 L CD; B 730 120 445 180 ;  
 L CD; B 980 680 570 590 ;  
 L CD; B 840 200 600 1020 ;  
 L CD; B 450 500 405 1370 ;  
 L CP; B 180 80 130 40 ;  
 L CP; B 60 240 190 200 ;  
 L CP; B 150 60 235 350 ;  
 L CP; B 160 80 360 40 ;  
 L CP; B 190 80 605 40 ;  
 L CP; B 180 80 850 40 ;  
 L CP; B 90 60 895 110 ;  
 L CP; B 170 80 1085 40 ;  
 L CP; B 130 60 915 170 ;  
 L CP; B 60 200 950 300 ;  
 L CP; B 140 60 910 430 ;  
 L CM; B 330 140 755 390 ;  
 C 1 T 700 500 ;  
 C 1 T 700 620 ;  
 C 2 T 710 200 ;  
 C 1 T 700 740 ;  
 C 1 T 700 860 ;  
 C 1 T 700 980 ;  
 L CM; B 250 620 715 770 ;  
 L CP; B 60 700 870 810 ;  
 C 1 T 960 580 ;  
 C 1 T 960 700 ;  
 C 1 T 960 820 ;  
 L CM; B 200 380 1020 730 ;  
 C 1 T 120 440 ;  
 C 1 T 120 560 ;  
 C 1 T 120 680 ;  
 C 1 T 120 800 ;  
 L CP; B 180 220 810 1270 ;  
 C 1 T 780 1220 ;  
 L CP; B 210 160 1065 1240 ;  
 C 1 T 1020 1210 ;  
 L CP; B 70 1080 1135 620 ;  
 L CP; B 80 60 530 990 ;  
 L CP; B 60 880 540 520 ;  
 L CP; B 160 120 220 1780 ;  
 L CP; B 70 60 395 1810 ;  
 C 1 T 120 1920 ;  
 C 1 T 480 1920 ;  
 L CP; B 170 180 575 1750 ;  
 L CP; B 60 1280 280 1020 ;  
 L CP; B 170 60 225 1690 ;  
 L CP; B 60 1700 400 930 ;  
 L CP; B 60 640 520 1340 ;  
 L CS; B 200 380 980 1690 ;  
 L CS; B 1000 120 580 1940 ;  
 L CS; B 1040 880 560 2440 ;  
 C 1 T 120 2040 ;  
 C 1 T 480 2040 ;  
 C 1 T 720 1940 ;  
 L CM; B 140 1640 150 1220 ;

L CM; B 500 100 330 2090 ;  
 L CM; B 440 140 660 1250 ;  
 L CM; B 140 720 510 1680 ;  
 L CM; B 140 140 750 1970 ;  
 C 1 T 500 2180 ;  
 L CM; B 140 140 530 2210 ;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CP; B 160 80 360 2960 ;  
 L CP; B 160 80 600 2960 ;  
 L CP; B 180 80 850 2960 ;  
 L CP; B 170 80 1085 2960 ;  
 C 1 T 960 2100 ;  
 C 1 T 960 2220 ;  
 L CM; B 200 260 1020 2190 ;  
 L CM; B 140 1140 1050 1490 ;  
 L CP; B 60 1600 1140 2120 ;  
 L CP; B 60 320 270 2000 ;  
 L CP; B 160 60 220 2190 ;  
 L CP; B 60 700 170 2570 ;  
 L CP; B 60 700 410 2570 ;  
 L CP; B 60 320 390 2000 ;  
 L CP; B 80 60 400 2190 ;  
 L CP; B 60 180 650 2210 ;  
 L CP; B 80 60 640 2090 ;  
 L CP; B 60 220 630 1950 ;  
 L CP; B 160 60 600 2330 ;  
 L CP; B 60 560 550 2640 ;  
 L CM; B 300 200 750 2580 ;  
 C 2 T 720 2540 ;  
 L CM; B 80 440 760 2260 ;  
 L CP; B 140 60 910 2370 ;  
 L CP; B 160 60 920 2010 ;  
 L CP; B 280 60 860 1410 ;  
 L CP; B 60 540 970 1710 ;  
 L CP; B 60 300 870 2190 ;  
 L CP; B 60 300 950 2550 ;  
 L CP; B 100 60 930 2730 ;  
 L CP; B 60 160 910 2840 ;  
 C 1 T 260 2280 ;  
 L CM; B 140 440 290 2460 ;  
 C 1 T 260 2400 ;  
 C 1 T 260 2520 ;  
 C 1 T 260 2660 ;  
 L CD; B 140 120 750 2560 ;  
 L CW; B 1200 1000 600 500 ;  
 L CW; B 1020 200 600 1100 ;  
 L CW; B 630 500 405 1450 ;  
 L CS; B 140 120 740 220 ;  
 DF;  
 C 5;  
 E

## AND4

DS 6 5 1 ;  
 9 and4 ;  
 L CM; B 1440 160 720 240 ;  
 L CM; B 1440 160 720 2760 ;  
 L CP; B 180 80 130 40 ;  
 L CP; B 180 80 370 40 ;  
 L CD; B 1160 280 660 260 ;  
 L CP; B 160 80 600 40 ;  
 L CP; B 180 80 830 40 ;  
 L CP; B 160 80 1080 40 ;  
 L CP; B 160 80 1320 40 ;  
 L CD; B 620 800 490 1320 ;  
 L CD; B 720 520 440 660 ;  
 L CD; B 500 500 1050 650 ;  
 C 1 T 140 800 ;  
 C 1 T 140 680 ;  
 C 1 T 140 560 ;  
 C 1 T 140 440 ;  
 L CM; B 140 500 170 650 ;  
 C 1 T 1200 440 ;  
 C 1 T 1200 560 ;  
 C 1 T 1200 680 ;  
 C 1 T 1190 800 ;  
 C 1 T 1040 760 ;  
 L CM; B 400 140 1200 790 ;  
 L CM; B 250 40 1275 880 ;  
 L CM; B 240 320 1280 560 ;  
 L CP; B 120 280 1340 220 ;  
 L CM; B 360 280 900 460 ;  
 C 1 T 880 440 ;  
 C 1 T 780 620 ;  
 C 1 T 780 740 ;  
 L CM; B 180 260 810 730 ;  
 L CP; B 220 60 1030 670 ;  
 L CP; B 60 250 950 825 ;  
 L CP; B 280 160 1060 1030 ;  
 L CP; B 60 560 1110 360 ;  
 L CP; B 60 160 770 160 ;  
 L CP; B 160 60 720 270 ;  
 C 1 T 860 240 ;  
 L CP; B 60 140 190 150 ;  
 L CP; B 180 60 250 250 ;  
 L CP; B 60 590 1370 655 ;  
 L CP; B 140 160 1330 1030 ;  
 C 1 T 1300 990 ;  
 L CP; B 100 60 690 1610 ;  
 L CP; B 60 120 710 1700 ;  
 L CP; B 220 60 790 1790 ;  
 L CP; B 100 60 570 1790 ;  
 L CP; B 60 60 590 1850 ;  
 L CP; B 60 60 590 1850 ;  
 L CP; B 100 60 610 1910 ;  
 L CP; B 180 120 810 1880 ;  
 L CP; B 100 60 450 1910 ;  
 L CP; B 140 180 270 1850 ;  
 L CP; B 60 1800 430 980 ;  
 L CP; B 60 1680 550 920 ;  
 L CP; B 60 1280 670 940 ;  
 L CP; B 60 1480 310 1020 ;  
 L CS; B 960 620 560 2290 ;  
 L CS; B 1240 280 660 2740 ;  
 L CS; B 40 600 60 2300 ;  
 L CP; B 180 80 130 2960 ;  
 L CP; B 160 80 360 2960 ;  
 L CP; B 180 80 610 2960 ;  
 L CP; B 180 80 850 2960 ;  
 L CP; B 180 80 1090 2960 ;  
 L CP; B 160 80 1320 2960 ;  
 L CS; B 260 1450 1170 1875 ;  
 L CP; B 80 280 1360 2780 ;  
 C 1 T 80 2120 ;  
 C 1 T 80 2240 ;  
 L CP; B 60 1530 1370 1875 ;  
 C 1 T 80 2360 ;  
 C 1 T 80 2480 ;  
 C 1 T 80 2600 ;  
 L CM; B 140 600 110 2380 ;  
 L CM; B 280 60 320 2650 ;  
 L CM; B 220 260 570 2550 ;  
 C 2 T 540 2480 ;  
 C 1 T 500 2740 ;  
 L CP; B 60 140 670 2850 ;  
 L CP; B 160 60 720 2750 ;  
 L CP; B 60 140 190 2850 ;  
 L CP; B 100 60 210 2750 ;  
 L CP; B 60 780 230 2330 ;  
 L CP; B 60 380 770 2530 ;  
 L CP; B 200 60 700 2310 ;  
 L CP; B 200 60 700 2310 ;  
 L CP; B 60 340 630 2110 ;  
 L CP; B 60 340 470 2110 ;  
 L CP; B 60 580 370 2630 ;  
 L CP; B 160 60 420 2310 ;  
 C 1 T 320 2020 ;  
 C 1 T 320 2140 ;  
 L CM; B 140 360 350 2080 ;  
 L CM; B 140 280 750 2120 ;  
 L CM; B 260 100 550 2210 ;  
 C 1 T 720 2020 ;  
 C 1 T 720 2140 ;  
 L CP; B 100 60 890 2190 ;  
 C 1 T 960 2040 ;  
 L CM; B 160 180 1000 2090 ;  
 L CP; B 60 220 870 2050 ;  
 L CP; B 60 700 910 2570 ;  
 L CP; B 60 990 1170 1605 ;  
 L CP; B 120 60 1140 2130 ;  
 L CP; B 60 440 1110 2380 ;  
 L CP; B 100 60 1130 2630 ;  
 L CP; B 60 260 1150 2790 ;  
 C 1 T 1000 2740 ;  
 L CM; B 140 500 1010 2430 ;  
 C 1 T 1200 2220 ;  
 C 1 T 1200 2340 ;  
 C 1 T 1200 2480 ;  
 L CM; B 80 900 200 1350 ;  
 L CM; B 260 100 290 1850 ;  
 L CM; B 340 100 850 1440 ;  
 C 1 T 970 1000 ;



## AND4

L CM; B 120 290 960 1245 ;  
L CM; B 180 140 990 1030 ;  
L CM; B 100 490 730 1735 ;  
L CM; B 140 350 1330 1075 ;  
L CM; B 140 1210 1230 1975 ;  
L CM; B 240 120 1280 1310 ;  
L CD; B 140 120 570 2500 ;  
L CS; B 140 140 910 470 ;  
L CW; B 1440 1000 720 500 ;  
L CW; B 790 800 485 1400 ;  
DF;  
C 6;  
E

A022

DS 7 5 1 ;  
 9 ao22 ;  
 L CM; B 1680 160 840 240 ;  
 L CM; B 1680 160 840 2760 ;  
 L CP; B 180 80 130 40 ;  
 L CP; B 160 80 360 40 ;  
 L CP; B 160 80 600 40 ;  
 L CP; B 180 80 830 40 ;  
 L CP; B 160 560 1560 280 ;  
 L CD; B 380 320 1150 240 ;  
 C 1 T 1300 440 ;  
 L CD; B 880 480 520 360 ;  
 L CD; B 440 60 1180 430 ;  
 L CD; B 480 140 1200 530 ;  
 L CD; B 1440 140 800 670 ;  
 C 1 T 1420 640 ;  
 L CM; B 260 200 1510 640 ;  
 L CM; B 380 140 1450 470 ;  
 C 1 T 1530 440 ;  
 L CD; B 1380 180 770 830 ;  
 C 1 T 1060 440 ;  
 C 1 T 1060 580 ;  
 C 1 T 840 460 ;  
 C 1 T 840 620 ;  
 C 2 T 960 200 ;  
 C 1 T 1180 680 ;  
 C 1 T 1180 820 ;  
 C 3 T 860 820 ;  
 C 1 T 120 320 ;  
 C 1 T 120 480 ;  
 C 1 T 120 640 ;  
 C 1 T 120 820 ;  
 C 1 T 480 440 ;  
 L CM; B 140 140 510 470 ;  
 C 1 T 480 760 ;  
 L CM; B 140 140 510 790 ;  
 L CM; B 60 180 510 630 ;  
 L CM; B 140 600 150 620 ;  
 L CP; B 60 120 190 140 ;  
 L CP; B 140 60 230 230 ;  
 L CP; B 60 120 770 140 ;  
 L CP; B 80 60 760 230 ;  
 L CM; B 360 320 980 480 ;  
 L CM; B 480 280 1040 780 ;  
 L CP; B 160 160 1380 1080 ;  
 C 1 T 1360 1050 ;  
 L CM; B 180 150 1370 1085 ;  
 L CP; B 100 60 250 1190 ;  
 L CP; B 140 60 430 1050 ;  
 L CP; B 180 60 810 1050 ;  
 L CP; B 60 900 270 710 ;  
 L CP; B 60 940 390 550 ;  
 L CP; B 60 760 750 640 ;  
 L CP; B 60 380 1330 810 ;  
 L CP; B 60 540 1210 290 ;  
 L CP; B 180 60 1270 590 ;  
 L CS; B 880 240 540 1380 ;  
 L CS; B 540 160 1330 1340 ;  
 L CS; B 500 300 1350 1570 ;

L CS; B 540 180 1330 1810 ;  
 L CS; B 500 160 1350 1980 ;  
 L CS; B 380 60 1290 2090 ;  
 L CS; B 320 340 1260 2290 ;  
 L CS; B 380 140 1290 2530 ;  
 L CS; B 320 340 1260 2770 ;  
 L CS; B 940 140 550 1570 ;  
 L CS; B 880 340 540 1810 ;  
 L CS; B 940 140 550 2050 ;  
 L CS; B 900 340 550 2290 ;  
 L CS; B 940 180 550 2550 ;  
 L CS; B 980 240 530 2760 ;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CP; B 160 80 360 2960 ;  
 L CP; B 160 80 600 2960 ;  
 L CP; B 160 80 840 2960 ;  
 L CP; B 60 180 170 2830 ;  
 L CP; B 100 60 250 2770 ;  
 L CP; B 60 180 410 2830 ;  
 L CP; B 20 60 450 2770 ;  
 L CP; B 60 240 570 2800 ;  
 L CP; B 60 240 890 2800 ;  
 L CM; B 140 140 550 1570 ;  
 L CM; B 140 140 550 2050 ;  
 L CM; B 140 140 550 2530 ;  
 L CM; B 140 140 150 1570 ;  
 L CM; B 140 140 150 2050 ;  
 L CM; B 140 140 150 2530 ;  
 L CM; B 140 140 950 2530 ;  
 L CM; B 140 140 950 2050 ;  
 L CM; B 140 140 950 1570 ;  
 L CM; B 140 140 350 1330 ;  
 C 1 T 320 1300 ;  
 L CM; B 140 140 750 1330 ;  
 C 1 T 720 1300 ;  
 L CM; B 140 140 350 1810 ;  
 L CM; B 140 140 350 2290 ;  
 L CM; B 140 140 750 1810 ;  
 L CM; B 140 140 750 2290 ;  
 C 1 T 320 1780 ;  
 C 1 T 320 2260 ;  
 C 1 T 720 2260 ;  
 C 1 T 720 1780 ;  
 C 1 T 120 1540 ;  
 C 1 T 120 2020 ;  
 C 1 T 120 2500 ;  
 C 1 T 520 2500 ;  
 C 1 T 520 2020 ;  
 C 1 T 520 1540 ;  
 C 1 T 920 1540 ;  
 C 1 T 920 2020 ;  
 C 1 T 920 2500 ;  
 L CP; B 100 60 650 1450 ;  
 L CP; B 100 60 850 1450 ;  
 L CP; B 100 60 250 1450 ;  
 L CP; B 100 60 450 1450 ;  
 L CP; B 60 1340 630 750 ;  
 L CP; B 60 200 230 1320 ;  
 L CP; B 60 340 470 1250 ;  
 L CP; B 60 340 870 1250 ;

## A022

L CP; B 60 180 270 1570 ;  
 L CP; B 100 60 250 1690 ;  
 L CP; B 60 180 230 1810 ;  
 L CP; B 40 60 220 1930 ;  
 L CP; B 60 240 270 2020 ;  
 L CP; B 100 60 250 2170 ;  
 L CP; B 60 180 230 2290 ;  
 L CP; B 40 60 220 2410 ;  
 L CP; B 60 360 270 2560 ;  
 L CP; B 60 180 430 1570 ;  
 L CP; B 40 60 420 1690 ;  
 L CP; B 60 240 470 1780 ;  
 L CP; B 100 60 450 1930 ;  
 L CP; B 60 180 430 2050 ;  
 L CP; B 40 60 420 2170 ;  
 L CP; B 60 240 470 2260 ;  
 L CP; B 100 60 450 2410 ;  
 L CP; B 60 300 430 2590 ;  
 L CP; B 60 180 670 1570 ;  
 L CP; B 100 60 650 1690 ;  
 L CP; B 60 180 630 1810 ;  
 L CP; B 40 60 620 1930 ;  
 L CP; B 60 240 670 2020 ;  
 L CP; B 100 60 650 2170 ;  
 L CP; B 60 180 630 2290 ;  
 L CP; B 40 60 620 2410 ;  
 L CP; B 60 240 670 2500 ;  
 L CP; B 160 60 620 2650 ;  
 L CP; B 60 180 830 1570 ;  
 L CP; B 40 60 820 1690 ;  
 L CP; B 60 240 870 1780 ;  
 L CP; B 100 60 850 1930 ;  
 L CP; B 60 180 830 2050 ;  
 L CP; B 40 60 820 2170 ;  
 L CP; B 60 240 870 2260 ;  
 L CP; B 100 60 850 2410 ;  
 L CP; B 60 180 830 2530 ;  
 L CP; B 120 60 860 2650 ;  
 L CM; B 80 340 120 1810 ;  
 L CM; B 80 340 120 2290 ;  
 L CM; B 240 80 940 1820 ;  
 L CM; B 240 80 940 1320 ;  
 L CM; B 260 80 750 1560 ;  
 L CM; B 60 340 350 1570 ;  
 L CM; B 60 340 550 1810 ;  
 L CM; B 60 340 350 2050 ;  
 L CM; B 60 340 550 2290 ;  
 L CM; B 260 60 350 2530 ;  
 L CM; B 60 340 950 2290 ;  
 L CM; B 260 60 750 2530 ;  
 L CM; B 60 340 750 2050 ;  
 L CM; B 600 80 640 1120 ;  
 L CM; B 80 100 380 1210 ;  
 L CM; B 80 220 540 970 ;  
 L CM; B 340 60 1110 1130 ;  
 L CM; B 380 140 1250 1330 ;  
 L CM; B 380 140 1250 1810 ;  
 L CM; B 140 340 1170 1570 ;  
 L CM; B 140 800 1170 2280 ;  
 C 3 T 1100 1300 ;  
 C 1 T 1340 1300 ;  
 C 1 T 1140 1480 ;  
 C 1 T 1140 1600 ;  
 C 1 T 1380 1540 ;  
 L CP; B 260 60 1390 1450 ;  
 L CP; B 60 320 1490 1260 ;  
 C 1 T 1500 1540 ;  
 C 3 T 1100 1780 ;  
 C 1 T 1340 1780 ;  
 C 1 T 1140 1980 ;  
 L CM; B 220 140 1450 1570 ;  
 L CP; B 60 180 1290 1570 ;  
 L CP; B 260 60 1390 1690 ;  
 C 1 T 1140 2120 ;  
 C 1 T 1140 2240 ;  
 C 1 T 1380 2020 ;  
 C 1 T 1140 2380 ;  
 C 1 T 1140 2520 ;  
 C 1 T 1140 2660 ;  
 C 1 T 1380 2500 ;  
 L CM; B 140 140 1410 2050 ;  
 L CM; B 140 140 1410 2530 ;  
 L CP; B 60 180 1490 1810 ;  
 L CP; B 260 60 1390 1930 ;  
 L CP; B 60 1040 1290 2480 ;  
 L CP; B 160 340 1560 2830 ;  
 L CP; B 120 240 1580 2540 ;  
 L CP; B 160 160 1560 2340 ;  
 C 1 T 1540 2310 ;  
 L CM; B 160 160 1560 2340 ;  
 L CM; B 80 1240 1600 1360 ;  
 L CM; B 160 80 1560 2020 ;  
 L CM; B 80 340 1440 2290 ;  
 L CS; B 120 140 1000 850 ;  
 L CS; B 140 120 990 220 ;  
 L CD; B 120 140 1120 1330 ;  
 L CD; B 120 140 1120 1810 ;  
 L CW; B 1680 1000 840 500 ;  
 DF ;  
 C 7 ;  
 E

A032

DS 8 5 1;  
 9 ao32 ;  
 L CM; B 2160 160 1080 240 ;  
 L CM; B 2160 160 1080 2760 ;  
 L CP; B 180 80 130 40 ;  
 L CP; B 160 80 360 40 ;  
 L CP; B 160 80 840 40 ;  
 L CP; B 160 80 1080 40 ;  
 L CP; B 160 80 1320 40 ;  
 L CP; B 180 80 1550 40 ;  
 L CP; B 160 560 2040 280 ;  
 L CM; B 140 140 150 470 ;  
 C 1 T 120 440;  
 L CD; B 1080 420 620 330 ;  
 L CM; B 140 140 1070 470 ;  
 C 1 T 1040 440;  
 L CD; B 440 680 1380 580 ;  
 L CD; B 320 500 1760 370 ;  
 L CD; B 280 300 1740 770 ;  
 L CD; B 60 140 1910 830 ;  
 C 1 T 1840 800;  
 C 1 T 1820 520;  
 L CM; B 340 80 1950 520 ;  
 L CM; B 260 40 1910 580 ;  
 L CM; B 160 20 1860 610 ;  
 L CM; B 140 280 1870 760 ;  
 L CM; B 180 60 2030 870 ;  
 C 1 T 2010 440;  
 L CM; B 150 80 2045 440 ;  
 L CD; B 1080 140 620 850 ;  
 L CD; B 1020 240 650 660 ;  
 C 1 T 120 820;  
 L CM; B 140 140 150 850 ;  
 C 1 T 1640 200;  
 C 1 T 1480 300;  
 L CM; B 340 60 1610 350 ;  
 L CP; B 80 60 1500 110 ;  
 L CP; B 180 60 1450 170 ;  
 L CP; B 120 60 1760 430 ;  
 L CP; B 60 180 1730 550 ;  
 L CP; B 80 60 1740 670 ;  
 C 1 T 1580 420;  
 C 1 T 1580 560;  
 C 2 T 1500 700;  
 L CM; B 240 160 1560 460 ;  
 C 1 T 1400 580;  
 L CM; B 240 140 1480 610 ;  
 L CM; B 80 120 1640 600 ;  
 L CM; B 140 220 1530 790 ;  
 L CP; B 140 60 1350 490 ;  
 L CP; B 140 60 1230 370 ;  
 L CP; B 140 60 990 230 ;  
 L CM; B 140 200 1070 880 ;  
 C 1 T 1040 820;  
 L CM; B 340 580 610 610 ;  
 C 2 T 580 200;  
 C 1 T 480 440;  
 C 1 T 680 440;  
 C 1 T 480 560;

C 1 T 680 560;  
 C 2 T 580 700;  
 L CP; B 140 60 230 230 ;  
 L CM; B 80 240 120 660 ;  
 L CP; B 60 880 390 520 ;  
 L CP; B 60 120 190 140 ;  
 L CP; B 100 60 250 1090 ;  
 L CP; B 100 60 410 990 ;  
 L CP; B 60 40 430 1040 ;  
 L CP; B 100 60 450 1090 ;  
 L CP; B 260 60 730 970 ;  
 L CP; B 140 60 910 1090 ;  
 L CP; B 220 60 1270 1110 ;  
 L CP; B 180 60 1370 990 ;  
 L CP; B 180 60 1810 1030 ;  
 L CP; B 160 160 1920 1140 ;  
 L CM; B 140 160 1910 1140 ;  
 C 1 T 1880 1120;  
 L CP; B 60 340 1790 230 ;  
 L CP; B 60 300 1750 850 ;  
 L CP; B 60 260 1390 330 ;  
 L CP; B 60 440 1310 740 ;  
 L CP; B 60 260 1270 210 ;  
 L CP; B 60 680 1190 740 ;  
 L CP; B 60 120 1030 140 ;  
 L CP; B 60 800 950 660 ;  
 L CP; B 60 800 270 660 ;  
 L CP; B 60 860 830 510 ;  
 L CS; B 880 320 540 1340 ;  
 L CS; B 940 140 550 1570 ;  
 L CS; B 900 340 550 1810 ;  
 L CS; B 880 340 540 2290 ;  
 L CS; B 940 140 550 2050 ;  
 L CS; B 940 140 550 2530 ;  
 L CS; B 920 40 500 2620 ;  
 L CS; B 920 240 500 2760 ;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CP; B 160 80 360 2960 ;  
 L CP; B 160 80 600 2960 ;  
 L CP; B 160 80 840 2960 ;  
 L CS; B 580 80 1470 1220 ;  
 L CS; B 700 160 1410 1340 ;  
 L CS; B 320 820 1920 1750 ;  
 L CS; B 900 20 1510 2210 ;  
 L CS; B 860 40 1530 2180 ;  
 L CS; B 660 740 1430 1790 ;  
 L CS; B 840 160 1480 2300 ;  
 L CS; B 800 80 1500 2420 ;  
 L CS; B 860 140 1530 2530 ;  
 L CS; B 800 280 1500 2740 ;  
 L CM; B 140 140 150 1570 ;  
 C 1 T 120 1540;  
 L CM; B 140 140 550 1570 ;  
 L CM; B 140 140 150 2050 ;  
 L CM; B 140 140 950 1570 ;  
 L CM; B 140 140 550 2050 ;  
 L CM; B 140 140 150 2530 ;  
 L CM; B 140 140 950 2050 ;  
 L CM; B 140 140 550 2530 ;  
 L CM; B 140 140 950 2530 ;

A032

C 1 T 120 2020;  
 C 1 T 120 2500;  
 C 1 T 520 2500;  
 C 1 T 920 2500;  
 C 1 T 920 2020;  
 C 1 T 920 1540;  
 C 1 T 520 1540;  
 C 1 T 520 2020;  
 L CM; B 140 140 350 2290 ;  
 C 1 T 320 2260;  
 L CP; B 100 60 250 2410 ;  
 L CP; B 60 180 230 2290 ;  
 L CP; B 100 60 250 2170 ;  
 L CP; B 100 60 450 2170 ;  
 L CP; B 100 60 450 2410 ;  
 L CP; B 60 180 470 2290 ;  
 L CM; B 140 140 350 1810 ;  
 C 1 T 320 1780;  
 L CP; B 100 60 450 1930 ;  
 L CP; B 100 60 450 1690 ;  
 L CP; B 100 60 250 1930 ;  
 L CP; B 60 180 470 1810 ;  
 L CP; B 60 180 230 1810 ;  
 L CP; B 100 60 250 1690 ;  
 L CM; B 140 140 750 2290 ;  
 L CM; B 140 140 750 1810 ;  
 L CM; B 140 140 350 1330 ;  
 C 1 T 320 1300;  
 L CM; B 140 140 750 1330 ;  
 C 1 T 720 1300;  
 C 1 T 720 1780;  
 C 1 T 720 2260;  
 L CP; B 100 60 250 1450 ;  
 L CP; B 60 180 270 1570 ;  
 L CP; B 60 180 430 1570 ;  
 L CP; B 60 180 270 2050 ;  
 L CP; B 100 60 450 1450 ;  
 L CP; B 60 180 430 2050 ;  
 L CP; B 100 60 650 2410 ;  
 L CP; B 100 60 650 2170 ;  
 L CP; B 60 180 630 2290 ;  
 L CP; B 100 60 850 2410 ;  
 L CP; B 60 180 870 2290 ;  
 L CP; B 100 60 850 2170 ;  
 L CP; B 100 60 850 1930 ;  
 L CP; B 100 60 650 1930 ;  
 L CP; B 60 180 630 1810 ;  
 L CP; B 100 60 650 1690 ;  
 L CP; B 60 180 870 1810 ;  
 L CP; B 60 180 670 2050 ;  
 L CP; B 60 180 670 1570 ;  
 L CP; B 60 180 830 2050 ;  
 L CP; B 100 60 850 1690 ;  
 L CP; B 60 180 830 1570 ;  
 L CP; B 100 60 650 1450 ;  
 L CP; B 100 60 850 1450 ;  
 L CP; B 60 300 870 1270 ;  
 L CP; B 60 420 630 1210 ;  
 L CP; B 60 300 470 1270 ;  
 L CP; B 60 300 230 1270 ;  
 L CP; B 160 60 220 2770 ;  
 L CP; B 60 120 170 2860 ;  
 L CP; B 80 60 420 2770 ;  
 L CP; B 60 120 410 2860 ;  
 L CP; B 100 60 650 2650 ;  
 L CP; B 60 240 630 2800 ;  
 L CP; B 60 180 670 2530 ;  
 L CP; B 60 300 430 2590 ;  
 L CP; B 60 300 270 2590 ;  
 L CP; B 60 480 830 2680 ;  
 L CM; B 80 340 140 1810 ;  
 L CM; B 80 340 140 2290 ;  
 L CM; B 260 60 350 2530 ;  
 L CM; B 60 340 550 2290 ;  
 L CM; B 260 60 750 2530 ;  
 L CM; B 60 340 950 2290 ;  
 L CM; B 60 340 550 1810 ;  
 L CM; B 60 340 750 2050 ;  
 L CM; B 60 340 350 2050 ;  
 L CM; B 60 340 750 1570 ;  
 L CM; B 60 340 350 1570 ;  
 L CM; B 60 320 550 1340 ;  
 L CM; B 60 320 950 1340 ;  
 L CM; B 580 60 1110 1810 ;  
 L CM; B 140 300 1170 2070 ;  
 L CM; B 140 300 1170 1550 ;  
 L CM; B 80 60 180 950 ;  
 L CM; B 240 80 260 1020 ;  
 L CM; B 80 80 1880 1020 ;  
 L CM; B 60 200 350 1160 ;  
 L CM; B 1460 60 1110 1010 ;  
 L CM; B 460 60 750 1150 ;  
 C 3 T 1100 1300;  
 C 3 T 1100 2260;  
 C 1 T 1140 2080;  
 C 1 T 1140 1600;  
 C 1 T 1140 1480;  
 C 1 T 1140 1960;  
 C 1 T 1140 2520;  
 L CP; B 60 280 1350 1280 ;  
 L CP; B 120 60 1320 1450 ;  
 L CP; B 60 180 1290 1570 ;  
 L CP; B 120 60 1320 1690 ;  
 L CP; B 60 180 1350 1810 ;  
 L CP; B 120 60 1320 1930 ;  
 L CP; B 60 180 1290 2050 ;  
 L CP; B 120 60 1320 2170 ;  
 L CP; B 60 180 1350 2290 ;  
 L CP; B 120 60 1320 2410 ;  
 L CP; B 60 180 1290 2530 ;  
 L CP; B 140 60 1330 2650 ;  
 C 1 T 1380 2500;  
 L CM; B 140 140 1410 2530 ;  
 C 1 T 1140 2660;  
 L CM; B 140 140 1410 2050 ;  
 L CM; B 140 140 1410 1570 ;  
 L CM; B 240 140 1180 1330 ;  
 L CM; B 240 140 1180 2290 ;  
 L CM; B 140 320 1170 2520 ;  
 C 2 T 1660 1220;

## A032

C 1 T 1800 1400;  
 C 1 T 1620 1460;  
 L CM; B 320 140 1740 1430 ;  
 L CM; B 140 180 1690 1270 ;  
 L CP; B 60 460 1490 1190 ;  
 L CP; B 100 60 1510 1450 ;  
 L CP; B 60 180 1530 1570 ;  
 L CP; B 80 60 1520 1690 ;  
 L CP; B 60 180 1510 1810 ;  
 L CP; B 80 60 1520 1930 ;  
 L CP; B 60 180 1530 2050 ;  
 L CP; B 80 60 1520 2170 ;  
 L CP; B 60 180 1510 2290 ;  
 L CP; B 80 60 1520 2410 ;  
 L CP; B 60 180 1530 2530 ;  
 L CP; B 80 60 1520 2650 ;  
 C 1 T 1620 1600;  
 C 1 T 1620 1740;  
 C 1 T 1620 1880;  
 C 1 T 1620 2020;  
 C 1 T 1620 2180;  
 C 1 T 1620 2340;  
 C 1 T 1620 2520;  
 C 1 T 1620 2660;  
 C 1 T 1380 1540;  
 C 1 T 1380 2020;  
 L CM; B 140 1180 1650 2090 ;  
 L CM; B 60 340 1430 1810 ;  
 L CM; B 60 340 1430 2290 ;  
 C 1 T 1800 1880;  
 L CM; B 180 140 1810 1910 ;  
 C 1 T 1860 2120;  
 L CM; B 140 140 1890 2150 ;  
 L CP; B 240 60 1860 2030 ;  
 C 1 T 1860 2500;  
 L CM; B 140 140 1890 2530 ;  
 L CM; B 80 240 1920 2340 ;  
 L CP; B 60 300 1950 1370 ;  
 L CP; B 240 60 1860 1550 ;  
 L CP; B 60 180 1770 1670 ;  
 L CP; B 240 60 1860 1790 ;  
 L CP; B 60 180 1950 1910 ;  
 C 1 T 1860 1640;  
 C 1 T 1980 1640;  
 L CM; B 280 140 1960 1670 ;  
 L CM; B 100 80 2070 1340 ;  
 L CM; B 60 400 2090 1100 ;  
 L CM; B 80 220 2060 1490 ;  
 L CM; B 80 340 2060 1910 ;  
 L CM; B 140 80 2030 2120 ;  
 L CP; B 160 160 2040 2340 ;  
 L CM; B 160 150 2040 2335 ;  
 C 1 T 2020 2300;  
 L CP; B 120 220 2060 2530 ;  
 L CP; B 60 880 1770 2500 ;  
 L CP; B 160 360 2040 2820 ;  
 L CP; B 160 80 1320 2960 ;  
 L CP; B 160 80 1560 2960 ;  
 L CP; B 60 240 1370 2800 ;  
 L CP; B 60 240 1510 2800 ;  
 L CM; B 60 240 1070 660 ;  
 L CM; B 280 80 1440 1360 ;  
 L CM; B 40 40 1600 1340 ;  
 L CS; B 140 120 610 840 ;  
 L CS; B 140 120 610 220 ;  
 L CS; B 140 120 1530 840 ;  
 L CD; B 120 140 1120 1330 ;  
 L CD; B 120 140 1120 2290 ;  
 L CW; B 2160 1000 1080 500 ;  
 L CD; B 140 120 1690 1240 ;  
 DF;  
 C 8;  
 E

## A042

DS 9 5 1;  
 9 ao42 ;  
 L CM; B 2880 160 1440 240 ;  
 L CM; B 2880 160 1440 2760 ;  
 L CD; B 2560 620 1360 430 ;  
 L CD; B 160 140 2720 670 ;  
 L CD; B 420 80 2530 780 ;  
 L CD; B 320 100 2580 870 ;  
 L CM; B 140 140 2490 830 ;  
 C 1 T 2460 800;  
 C 1 T 2700 640;  
 L CP; B 220 60 2530 710 ;  
 L CM; B 160 80 2740 700 ;  
 C 1 T 2540 560;  
 L CP; B 160 560 2760 280 ;  
 C 1 T 2730 440;  
 L CM; B 140 160 2760 480 ;  
 L CM; B 190 140 2595 590 ;  
 L CM; B 130 100 2755 610 ;  
 C 1 T 120 320;  
 C 1 T 120 640;  
 C 1 T 120 480;  
 L CP; B 180 80 130 40 ;  
 L CP; B 60 120 190 140 ;  
 L CP; B 140 60 230 230 ;  
 L CP; B 160 80 360 40 ;  
 L CM; B 80 20 2360 750 ;  
 L CM; B 100 80 2370 800 ;  
 L CM; B 420 360 2190 560 ;  
 L CP; B 120 60 2480 470 ;  
 L CP; B 60 180 2450 590 ;  
 L CP; B 60 380 2510 250 ;  
 L CM; B 560 60 2260 350 ;  
 L CP; B 60 120 1990 140 ;  
 L CP; B 120 60 1960 230 ;  
 L CP; B 160 80 2040 40 ;  
 C 1 T 2080 200;  
 C 1 T 2360 240;  
 C 3 T 2180 380;  
 C 3 T 2040 500;  
 C 3 T 2040 620;  
 L CP; B 60 60 1930 810 ;  
 L CP; B 60 140 1990 850 ;  
 L CP; B 120 60 2020 950 ;  
 L CP; B 100 60 1830 950 ;  
 L CP; B 100 60 1590 810 ;  
 L CP; B 80 60 1460 930 ;  
 L CP; B 160 80 600 40 ;  
 L CP; B 160 80 840 40 ;  
 L CP; B 60 120 790 140 ;  
 L CP; B 100 60 770 230 ;  
 L CP; B 100 60 250 810 ;  
 L CP; B 100 60 410 810 ;  
 L CP; B 100 60 650 930 ;  
 L CP; B 120 60 780 810 ;  
 L CM; B 600 420 1100 530 ;  
 C 3 T 860 620;  
 C 3 T 860 480;  
 C 3 T 1180 480;  
 C 3 T 1180 620;  
 C 2 T 1000 200;  
 C 2 T 1140 200;  
 L CP; B 160 80 1320 40 ;  
 L CP; B 160 80 1560 40 ;  
 L CP; B 60 120 1370 140 ;  
 L CP; B 140 60 1410 230 ;  
 L CP; B 160 80 1800 40 ;  
 L CM; B 140 420 150 530 ;  
 L CP; B 60 520 270 520 ;  
 L CP; B 60 700 390 430 ;  
 L CP; B 60 820 630 490 ;  
 L CP; B 60 520 750 520 ;  
 C 1 T 480 440;  
 C 1 T 480 580;  
 L CM; B 140 280 510 540 ;  
 L CM; B 60 140 510 750 ;  
 L CP; B 60 640 1450 580 ;  
 L CP; B 60 700 1570 430 ;  
 L CP; B 60 840 1810 500 ;  
 L CP; B 60 520 1930 520 ;  
 C 1 T 1660 440;  
 C 1 T 1660 580;  
 L CM; B 140 280 1690 540 ;  
 L CM; B 60 140 1690 750 ;  
 L CS; B 700 140 650 1090 ;  
 L CS; B 880 340 540 1330 ;  
 L CS; B 940 140 550 1570 ;  
 L CS; B 880 340 540 1810 ;  
 L CS; B 940 140 550 2050 ;  
 L CS; B 880 340 540 2290 ;  
 L CS; B 940 140 550 2530 ;  
 L CS; B 880 60 520 2630 ;  
 L CS; B 920 220 500 2770 ;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CP; B 160 80 360 2960 ;  
 L CP; B 100 60 250 2770 ;  
 L CP; B 60 180 170 2830 ;  
 L CP; B 80 60 420 2770 ;  
 L CP; B 60 120 410 2860 ;  
 L CP; B 160 80 600 2960 ;  
 L CP; B 160 80 840 2960 ;  
 L CM; B 140 140 550 1090 ;  
 C 1 T 520 1060;  
 L CM; B 140 140 350 1330 ;  
 C 1 T 320 1300;  
 L CM; B 140 140 750 1330 ;  
 C 1 T 720 1300;  
 L CM; B 140 140 150 1570 ;  
 L CM; B 140 140 550 1570 ;  
 L CM; B 140 140 150 2050 ;  
 L CM; B 140 140 550 2050 ;  
 L CM; B 140 140 150 2530 ;  
 L CM; B 140 140 550 2530 ;  
 L CM; B 140 140 750 1810 ;  
 C 1 T 720 1780;  
 L CM; B 140 140 750 2290 ;  
 L CM; B 140 140 930 1090 ;  
 C 1 T 900 1060;  
 L CM; B 140 140 950 1570 ;

A042

L CM; B 140 140 950 2050 ;  
 L CM; B 140 140 950 2530 ;  
 L CM; B 140 140 350 2290 ;  
 L CM; B 140 140 350 1810 ;  
 L CP; B 100 60 250 1450 ;  
 L CP; B 100 60 450 1210 ;  
 L CP; B 60 580 230 1130 ;  
 L CP; B 60 180 270 1570 ;  
 L CP; B 100 60 250 1690 ;  
 L CP; B 60 180 230 1810 ;  
 L CP; B 100 60 250 1930 ;  
 L CP; B 100 60 250 2170 ;  
 L CP; B 60 180 270 2050 ;  
 L CP; B 100 60 250 2410 ;  
 L CP; B 60 180 230 2290 ;  
 L CP; B 60 300 270 2590 ;  
 L CP; B 60 340 430 1010 ;  
 L CP; B 60 180 470 1330 ;  
 L CP; B 100 60 450 1450 ;  
 L CP; B 60 180 430 1570 ;  
 L CP; B 40 60 420 1690 ;  
 L CP; B 60 240 470 1780 ;  
 L CP; B 100 60 450 1930 ;  
 L CP; B 60 180 430 2050 ;  
 L CP; B 40 60 420 2170 ;  
 L CP; B 60 240 470 2260 ;  
 L CP; B 100 60 450 2410 ;  
 L CP; B 60 300 430 2590 ;  
 L CP; B 60 180 630 1330 ;  
 L CP; B 40 60 620 1450 ;  
 L CP; B 60 240 670 1540 ;  
 L CP; B 100 60 650 1690 ;  
 L CP; B 60 180 630 1810 ;  
 L CP; B 40 60 620 1930 ;  
 L CP; B 40 60 620 1930 ;  
 L CP; B 60 240 670 2020 ;  
 L CP; B 100 60 650 2170 ;  
 L CP; B 60 180 630 2290 ;  
 L CP; B 40 60 620 2410 ;  
 L CP; B 60 240 670 2500 ;  
 L CP; B 80 60 660 2650 ;  
 L CP; B 60 240 650 2800 ;  
 L CP; B 100 60 650 1210 ;  
 L CP; B 60 60 810 1210 ;  
 L CP; B 60 240 870 1300 ;  
 L CP; B 100 60 850 1450 ;  
 L CP; B 60 220 670 1070 ;  
 L CP; B 60 180 830 1570 ;  
 L CP; B 40 60 820 1690 ;  
 L CP; B 60 240 870 1780 ;  
 L CP; B 100 60 850 1930 ;  
 L CP; B 60 180 830 2050 ;  
 L CP; B 40 60 820 2170 ;  
 L CP; B 60 240 870 2260 ;  
 L CP; B 100 60 850 2410 ;  
 L CP; B 60 480 830 2680 ;  
 L CP; B 60 340 810 1010 ;  
 C 1 T 320 1780 ;  
 C 1 T 320 2260 ;  
 C 1 T 720 2260 ;  
 C 1 T 520 2500 ;  
 C 1 T 520 2020 ;  
 C 1 T 520 1540 ;  
 C 1 T 120 1540 ;  
 C 1 T 120 2020 ;  
 C 1 T 120 2500 ;  
 C 1 T 920 2020 ;  
 C 1 T 920 1540 ;  
 C 1 T 920 2500 ;  
 L CM; B 80 340 120 2290 ;  
 L CM; B 80 340 120 1810 ;  
 L CM; B 60 340 350 2050 ;  
 L CM; B 260 60 350 2530 ;  
 L CM; B 60 340 350 1570 ;  
 L CM; B 60 340 550 1330 ;  
 L CM; B 60 340 750 1570 ;  
 L CM; B 60 340 550 1810 ;  
 L CM; B 60 340 750 2050 ;  
 L CM; B 60 340 550 2290 ;  
 L CM; B 260 60 750 2530 ;  
 L CM; B 60 340 950 1810 ;  
 L CM; B 60 340 950 2290 ;  
 L CM; B 60 360 350 1080 ;  
 L CM; B 240 60 740 1090 ;  
 L CM; B 140 140 1130 1830 ;  
 C 1 T 1100 1800 ;  
 L CM; B 140 140 1130 2310 ;  
 C 1 T 1100 2280 ;  
 L CM; B 80 340 1140 2070 ;  
 L CM; B 80 300 1140 2530 ;  
 L CS; B 700 480 1630 1260 ;  
 L CS; B 180 440 2070 1280 ;  
 L CS; B 940 140 1730 1570 ;  
 L CS; B 880 340 1720 1810 ;  
 L CS; B 940 140 1730 2050 ;  
 L CS; B 900 340 1730 2290 ;  
 L CS; B 940 140 1730 2530 ;  
 L CS; B 880 60 1700 2630 ;  
 L CS; B 900 220 1690 2770 ;  
 L CM; B 140 140 1730 1090 ;  
 L CM; B 140 140 1350 1090 ;  
 L CM; B 140 140 1330 1570 ;  
 L CM; B 140 140 1330 2050 ;  
 L CM; B 140 140 1330 2530 ;  
 L CM; B 140 140 1730 2530 ;  
 L CM; B 140 140 1730 2050 ;  
 L CM; B 140 140 1730 1570 ;  
 L CM; B 140 140 1530 1330 ;  
 L CM; B 140 140 1530 1810 ;  
 L CM; B 140 140 1530 2290 ;  
 L CM; B 140 140 2130 2530 ;  
 L CM; B 140 140 2130 2050 ;  
 L CM; B 140 140 2130 1570 ;  
 L CM; B 140 140 1930 1330 ;  
 L CM; B 140 140 1930 1810 ;  
 L CM; B 140 140 1930 2290 ;  
 C 1 T 1320 1060 ;  
 C 1 T 1300 1540 ;  
 C 1 T 1300 2020 ;  
 C 1 T 1300 2500 ;



## A042

C 1 T 1500 1300 ;  
 C 1 T 1500 1780 ;  
 C 1 T 1500 2260 ;  
 C 1 T 1700 1060 ;  
 C 1 T 1700 1540 ;  
 C 1 T 1700 2020 ;  
 C 1 T 1700 2500 ;  
 C 1 T 2100 2500 ;  
 C 1 T 2100 2020 ;  
 C 1 T 2100 1540 ;  
 C 1 T 1900 1780 ;  
 C 1 T 1900 2260 ;  
 C 1 T 1900 1300 ;  
 L CP; B 120 60 1440 1210 ;  
 L CP; B 100 60 1630 1210 ;  
 L CP; B 100 60 1830 1210 ;  
 L CP; B 60 220 1470 1070 ;  
 L CP; B 60 340 1610 1010 ;  
 L CP; B 60 200 1850 1080 ;  
 L CP; B 60 440 2050 1200 ;  
 L CP; B 100 60 1430 1450 ;  
 L CP; B 60 180 1410 1330 ;  
 L CP; B 60 180 1650 1330 ;  
 L CP; B 100 60 1630 1450 ;  
 L CP; B 60 180 1610 1570 ;  
 L CP; B 40 60 1600 1690 ;  
 L CP; B 60 240 1650 1780 ;  
 L CP; B 100 60 1630 1930 ;  
 L CP; B 60 180 1610 2050 ;  
 L CP; B 40 60 1600 2170 ;  
 L CP; B 60 240 1650 2260 ;  
 L CP; B 100 60 1630 2410 ;  
 L CP; B 60 480 1610 2680 ;  
 L CP; B 60 180 1450 1570 ;  
 L CP; B 100 60 1430 1690 ;  
 L CP; B 60 180 1410 1810 ;  
 L CP; B 100 60 1430 1930 ;  
 L CP; B 60 180 1450 2050 ;  
 L CP; B 100 60 1430 2170 ;  
 L CP; B 60 180 1410 2290 ;  
 L CP; B 40 60 1400 2410 ;  
 L CP; B 60 360 1450 2560 ;  
 L CP; B 140 60 1410 2770 ;  
 L CP; B 60 120 1370 2860 ;  
 L CP; B 60 180 1810 1330 ;  
 L CP; B 100 60 1830 1450 ;  
 L CP; B 60 180 1850 1570 ;  
 L CP; B 100 60 1830 1690 ;  
 L CP; B 60 180 1810 1810 ;  
 L CP; B 40 60 1800 1930 ;  
 L CP; B 60 240 1850 2020 ;  
 L CP; B 100 60 1830 2170 ;  
 L CP; B 60 180 1810 2290 ;  
 L CP; B 40 60 1800 2410 ;  
 L CP; B 60 240 1850 2500 ;  
 L CP; B 160 60 1800 2650 ;  
 L CP; B 60 240 1750 2800 ;  
 L CP; B 100 60 2030 1450 ;  
 L CP; B 60 180 2010 1570 ;  
 L CP; B 40 60 2000 1690 ;  
 L CP; B 60 240 2050 1780 ;  
 L CP; B 100 60 2030 1930 ;  
 L CP; B 60 180 2010 2050 ;  
 L CP; B 40 60 2000 2170 ;  
 L CP; B 60 240 2050 2260 ;  
 L CP; B 100 60 2030 2410 ;  
 L CP; B 60 480 2010 2680 ;  
 L CP; B 160 80 1320 2960 ;  
 L CP; B 160 80 1560 2960 ;  
 L CP; B 160 80 1800 2960 ;  
 L CP; B 160 80 2040 2960 ;  
 L CM; B 80 340 1320 1810 ;  
 L CM; B 80 340 1320 2290 ;  
 L CM; B 260 60 1530 2530 ;  
 L CM; B 60 340 1530 2050 ;  
 L CM; B 60 340 1730 2290 ;  
 L CM; B 260 60 1930 2530 ;  
 L CM; B 60 340 1930 2050 ;  
 L CM; B 60 340 1730 1810 ;  
 L CM; B 60 340 1530 1570 ;  
 L CM; B 60 340 1730 1330 ;  
 L CM; B 260 60 1930 1570 ;  
 L CM; B 60 340 2130 1810 ;  
 L CM; B 240 60 1540 1090 ;  
 L CS; B 560 160 2520 1340 ;  
 L CM; B 180 160 2330 1340 ;  
 C 3 T 2280 1300 ;  
 C 1 T 2520 1300 ;  
 L CM; B 200 140 2520 1330 ;  
 C 1 T 2320 1480 ;  
 C 1 T 2320 1600 ;  
 C 1 T 2560 1540 ;  
 L CP; B 260 60 2570 1450 ;  
 L CP; B 60 180 2470 1570 ;  
 L CM; B 300 140 2670 1570 ;  
 L CD; B 80 340 1140 2070 ;  
 L CD; B 140 140 1130 2310 ;  
 L CD; B 140 140 1130 1830 ;  
 L CS; B 560 180 2520 1810 ;  
 L CM; B 380 140 2430 1810 ;  
 L CS; B 520 300 2540 1570 ;  
 C 1 T 2700 1540 ;  
 C 3 T 2280 1780 ;  
 C 1 T 2520 1780 ;  
 L CS; B 520 220 2540 2010 ;  
 L CS; B 320 340 2440 2290 ;  
 L CS; B 380 140 2470 2530 ;  
 L CS; B 320 340 2440 2770 ;  
 L CP; B 200 60 2540 1690 ;  
 L CP; B 60 240 2670 1780 ;  
 L CP; B 260 60 2570 1930 ;  
 L CP; B 60 1040 2470 2480 ;  
 L CM; B 140 320 2350 1580 ;  
 L CM; B 140 800 2350 2280 ;  
 L CM; B 300 140 2670 2050 ;  
 C 1 T 2560 2020 ;  
 C 1 T 2700 2020 ;  
 L CM; B 140 140 2590 2530 ;  
 C 1 T 2560 2500 ;  
 C 1 T 2320 1960 ;

## A042

C 1 T 2320 2100 ;  
C 1 T 2320 2240 ;  
C 1 T 2320 2380 ;  
C 1 T 2320 2520 ;  
C 1 T 2320 2660 ;  
L CP; B 160 360 2760 2820 ;  
L CP; B 160 160 2760 2340 ;  
L CP; B 140 220 2770 2530 ;  
L CM; B 180 140 2750 2340 ;  
C 1 T 2740 2310 ;  
L CP; B 160 80 2590 1060 ;  
L CP; B 190 80 2605 1140 ;  
L CM; B 180 140 2570 1100 ;  
C 1 T 2560 1070 ;  
L CP; B 60 280 2610 880 ;  
L CP; B 60 240 2670 1300 ;  
L CM; B 80 340 2620 2290 ;  
L CM; B 80 760 2780 1120 ;  
L CM; B 80 340 2780 1810 ;  
L CM; B 1780 80 1210 860 ;  
L CM; B 80 210 2140 925 ;  
L CM; B 380 80 2290 1070 ;  
L CM; B 240 80 2120 1360 ;  
L CM; B 280 80 2140 2300 ;  
L CM; B 640 60 1140 1330 ;  
L CD; B 120 140 2300 1810 ;  
L CD; B 120 140 2300 1330 ;  
L CW; B 540 1000 2610 500 ;  
L CW; B 140 900 2270 450 ;  
L CW; B 2200 820 1100 410 ;  
L CS; B 140 380 2190 530 ;  
L CS; B 280 160 1100 360 ;  
L CS; B 320 280 1100 580 ;  
DF ;  
C 9 ;  
E

## A0I22

DS 10 5 1;  
 9 aci22 ;  
 L CM; B 1440 160 720 240 ;  
 L CM; B 1440 160 720 2760 ;  
 L CP; B 180 80 130 40 ;  
 L CP; B 160 80 360 40 ;  
 L CP; B 160 80 600 40 ;  
 L CP; B 160 80 840 40 ;  
 L CD; B 920 800 540 520 ;  
 L CD; B 80 580 1040 630 ;  
 L CP; B 60 120 190 140 ;  
 L CP; B 140 60 230 230 ;  
 C 1 T 120 320 ;  
 C 1 T 120 480 ;  
 C 1 T 120 660 ;  
 C 1 T 120 820 ;  
 L CP; B 100 60 250 1010 ;  
 L CP; B 140 60 430 1010 ;  
 L CM; B 140 140 510 790 ;  
 C 1 T 480 760 ;  
 L CM; B 140 140 510 490 ;  
 C 1 T 480 460 ;  
 L CM; B 60 160 510 640 ;  
 L CP; B 60 120 790 140 ;  
 L CP; B 100 60 770 230 ;  
 C 1 T 900 220 ;  
 C 3 T 860 400 ;  
 C 3 T 860 540 ;  
 C 3 T 860 680 ;  
 C 3 T 860 820 ;  
 L CM; B 280 600 940 620 ;  
 L CP; B 180 60 810 1010 ;  
 L CP; B 60 900 390 530 ;  
 L CP; B 60 720 750 620 ;  
 L CP; B 60 720 270 620 ;  
 L CM; B 80 160 540 940 ;  
 L CP; B 160 560 1320 280 ;  
 L CM; B 160 160 1320 500 ;  
 C 1 T 1290 460 ;  
 L CM; B 60 440 1270 800 ;  
 L CS; B 900 340 550 1330 ;  
 L CS; B 940 140 550 1570 ;  
 L CS; B 900 340 550 1810 ;  
 L CS; B 940 140 550 2050 ;  
 L CS; B 900 340 550 2290 ;  
 L CS; B 940 140 550 2530 ;  
 L CS; B 920 280 500 2740 ;  
 L CM; B 140 140 350 1330 ;  
 C 1 T 320 1300 ;  
 L CM; B 140 140 150 1570 ;  
 C 1 T 120 1540 ;  
 L CM; B 140 140 750 1330 ;  
 C 1 T 720 1300 ;  
 L CM; B 140 140 550 1570 ;  
 C 1 T 520 1540 ;  
 L CM; B 140 140 950 1570 ;  
 C 1 T 920 1540 ;  
 L CM; B 140 140 150 2050 ;  
 L CM; B 140 140 150 2530 ;  
 L CM; B 140 140 550 2050 ;  
 L CM; B 140 140 550 2530 ;  
 L CM; B 140 140 950 2050 ;  
 L CM; B 140 140 950 2530 ;  
 C 1 T 120 2020 ;  
 C 1 T 120 2500 ;  
 C 1 T 520 2500 ;  
 C 1 T 920 2500 ;  
 C 1 T 920 2020 ;  
 C 1 T 520 2020 ;  
 L CM; B 140 140 350 2290 ;  
 C 1 T 320 2260 ;  
 L CM; B 140 140 350 1810 ;  
 C 1 T 320 1780 ;  
 L CM; B 140 140 750 2290 ;  
 L CM; B 140 140 750 1810 ;  
 C 1 T 720 1780 ;  
 C 1 T 720 2260 ;  
 L CD; B 140 140 1170 1810 ;  
 L CD; B 140 140 1170 2270 ;  
 L CD; B 140 140 1170 1330 ;  
 L CM; B 140 140 1170 2270 ;  
 L CM; B 140 140 1170 1810 ;  
 L CM; B 140 140 1170 1330 ;  
 C 1 T 1140 1300 ;  
 C 1 T 1140 1780 ;  
 C 1 T 1140 2240 ;  
 L CP; B 160 560 1320 2720 ;  
 L CM; B 140 180 1330 2510 ;  
 C 1 T 1300 2500 ;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CP; B 180 80 370 2960 ;  
 L CP; B 160 80 600 2960 ;  
 L CP; B 160 80 840 2960 ;  
 L CP; B 100 60 250 1450 ;  
 L CP; B 60 180 270 1570 ;  
 L CP; B 100 60 250 1690 ;  
 L CP; B 60 180 230 1810 ;  
 L CP; B 40 60 220 1930 ;  
 L CP; B 60 240 270 2020 ;  
 L CP; B 100 60 250 2170 ;  
 L CP; B 60 180 230 2290 ;  
 L CP; B 100 60 250 2410 ;  
 L CP; B 60 240 170 2800 ;  
 L CP; B 60 180 270 2530 ;  
 L CP; B 160 60 220 2650 ;  
 L CP; B 100 60 450 1450 ;  
 L CP; B 60 180 430 1570 ;  
 L CP; B 100 60 450 1690 ;  
 L CP; B 60 180 470 1810 ;  
 L CP; B 100 60 450 1930 ;  
 L CP; B 60 180 430 2050 ;  
 L CP; B 40 60 420 2170 ;  
 L CP; B 60 240 470 2260 ;  
 L CP; B 100 60 450 2410 ;  
 L CP; B 60 480 430 2680 ;  
 L CP; B 100 60 650 1450 ;  
 L CP; B 60 180 670 1570 ;  
 L CP; B 100 60 650 1690 ;  
 L CP; B 60 180 630 1810 ;

A0122

L CP; B 40 60 620 1930 ;  
 L CP; B 60 240 670 2020 ;  
 L CP; B 100 60 650 2170 ;  
 L CP; B 60 180 630 2290 ;  
 L CP; B 40 60 620 2410 ;  
 L CP; B 60 240 670 2500 ;  
 L CP; B 160 60 620 2650 ;  
 L CP; B 60 240 570 2800 ;  
 L CP; B 100 60 850 1450 ;  
 L CP; B 60 180 830 1570 ;  
 L CP; B 40 60 820 1690 ;  
 L CP; B 60 540 830 2650 ;  
 L CP; B 40 60 880 2410 ;  
 L CP; B 60 240 870 1780 ;  
 L CP; B 100 60 850 1930 ;  
 L CP; B 60 180 830 2050 ;  
 L CP; B 40 60 820 2170 ;  
 L CP; B 60 240 870 2260 ;  
 L CP; B 60 380 230 1230 ;  
 L CP; B 60 380 470 1230 ;  
 L CP; B 60 1340 630 750 ;  
 L CP; B 60 380 870 1230 ;  
 L CM; B 80 240 360 1140 ;  
 L CM; B 900 80 850 1060 ;  
 L CM; B 20 60 1310 1070 ;  
 L CM; B 60 340 150 1810 ;  
 L CM; B 60 340 350 1570 ;  
 L CM; B 60 340 150 2290 ;  
 L CM; B 60 340 350 2050 ;  
 L CM; B 60 340 550 1810 ;  
 L CM; B 60 340 550 2290 ;  
 L CM; B 260 80 350 2540 ;  
 L CM; B 280 80 960 2300 ;  
 L CM; B 260 80 750 2540 ;  
 L CM; B 260 80 750 2060 ;  
 L CM; B 280 80 960 1820 ;  
 L CM; B 260 80 750 1580 ;  
 L CM; B 280 80 960 1340 ;  
 L CM; B 80 340 1140 1570 ;  
 L CM; B 80 320 1140 2040 ;  
 L CM; B 80 340 1140 2510 ;  
 L CM; B 60 1380 1350 1730 ;  
 L CM; B 140 600 150 620 ;  
 L CM; B 1440 1000 720 500 ;  
 L CS; B 120 560 1000 640 ;  
 DF;  
 C 10;  
 E

## BUFTRI

DS 11 5 1;  
 9 buftri;  
 L CM; B 1680 160 840 240 ;  
 L CM; B 1680 160 840 2760 ;  
 L CP; B 340 40 190 20 ;  
 L CP; B 300 30 510 15 ;  
 L CP; B 60 400 210 240 ;  
 L CP; B 120 60 240 470 ;  
 C 1 T 320 240;  
 L CM; B 280 60 360 350 ;  
 C 1 T 120 560;  
 C 1 T 120 820;  
 L CD; B 330 800 245 520 ;  
 L CD; B 130 740 475 550 ;  
 L CP; B 60 480 470 360 ;  
 L CP; B 140 60 430 630 ;  
 L CP; B 60 180 390 750 ;  
 L CM; B 160 140 520 750 ;  
 C 1 T 480 720;  
 L CM; B 60 120 570 620 ;  
 L CD; B 220 800 650 520 ;  
 L CP; B 60 1070 630 565 ;  
 L CP; B 60 580 270 790 ;  
 L CP; B 140 60 430 870 ;  
 L CP; B 60 200 470 1000 ;  
 L CD; B 590 120 465 980 ;  
 L CP; B 140 160 230 1160 ;  
 L CP; B 100 60 490 1130 ;  
 L CP; B 180 140 570 1230 ;  
 C 1 T 540 1200;  
 L CP; B 260 60 290 1270 ;  
 L CM; B 140 640 150 840 ;  
 L CM; B 560 140 360 1230 ;  
 C 1 T 720 940;  
 C 1 T 720 760;  
 L CM; B 140 320 750 880 ;  
 L CM; B 100 80 770 1080 ;  
 L CM; B 60 260 750 1250 ;  
 L CM; B 180 80 690 1420 ;  
 L CS; B 740 1060 450 1870 ;  
 L CM; B 160 140 520 1450 ;  
 C 1 T 480 1420;  
 L CP; B 120 60 420 1570 ;  
 L CP; B 60 240 390 1420 ;  
 C 1 T 720 1580;  
 C 1 T 720 1700;  
 L CM; B 140 260 750 1670 ;  
 C 1 T 120 2340;  
 C 1 T 120 2220;  
 C 1 T 120 1980;  
 C 1 T 120 2100;  
 L CM; B 140 500 150 2190 ;  
 L CP; B 120 60 240 1830 ;  
 L CM; B 140 140 330 1690 ;  
 C 1 T 300 1660;  
 L CP; B 60 500 210 1550 ;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CP; B 60 400 150 2720 ;  
 L CP; B 120 60 240 2550 ;  
 L CP; B 60 660 270 2190 ;  
 L CS; B 780 480 430 2640 ;  
 L CM; B 320 160 340 2600 ;  
 C 2 T 310 2640;  
 L CP; B 140 60 490 2550 ;  
 L CP; B 60 360 530 2760 ;  
 L CP; B 60 920 450 2060 ;  
 L CM; B 80 760 360 2140 ;  
 L CM; B 80 640 120 1620 ;  
 L CM; B 140 140 570 2370 ;  
 C 1 T 540 2340;  
 L CP; B 120 60 660 2250 ;  
 L CP; B 60 920 630 1760 ;  
 L CM; B 80 780 560 1910 ;  
 L CP; B 60 660 690 2610 ;  
 L CD; B 60 320 790 880 ;  
 L CS; B 620 1540 1210 2110 ;  
 L CP; B 160 80 1560 40 ;  
 L CM; B 100 80 870 1580 ;  
 L CM; B 60 260 890 1410 ;  
 L CM; B 400 80 1060 1240 ;  
 L CM; B 360 60 1080 1170 ;  
 C 1 T 1160 1180;  
 L CP; B 160 140 1180 1210 ;  
 L CP; B 120 160 980 1220 ;  
 L CP; B 60 120 1010 1360 ;  
 L CP; B 140 60 1050 1450 ;  
 L CP; B 60 120 1010 1080 ;  
 L CP; B 140 60 1050 990 ;  
 L CP; B 60 240 1230 1020 ;  
 L CP; B 160 60 1280 870 ;  
 L CM; B 340 140 1470 990 ;  
 C 1 T 1340 960;  
 C 1 T 1540 960;  
 C 1 T 1420 780;  
 L CD; B 540 220 1170 990 ;  
 C 1 T 940 840;  
 C 1 T 940 720;  
 L CM; B 140 460 970 910 ;  
 L CD; B 660 520 1190 380 ;  
 L CD; B 620 240 1210 760 ;  
 L CM; B 100 40 950 660 ;  
 C 1 T 900 520;  
 L CM; B 140 160 930 560 ;  
 L CM; B 260 80 730 600 ;  
 L CP; B 180 60 1030 430 ;  
 L CP; B 60 500 1090 710 ;  
 C 1 T 1420 600;  
 L CP; B 120 60 1360 450 ;  
 L CM; B 340 60 1190 350 ;  
 L CM; B 220 100 1250 430 ;  
 C 1 T 1180 480;  
 C 1 T 1180 600;  
 C 1 T 1180 720;  
 L CM; B 140 340 1210 650 ;  
 L CP; B 60 360 1330 660 ;  
 L CM; B 140 360 1450 740 ;  
 L CP; B 60 400 970 200 ;  
 L CP; B 160 80 1080 40 ;  
 L CP; B 60 360 1390 240 ;

# BUFTRI

C 3 T 1140 200 ;  
L CP; B 80 840 1600 500 ;  
L CP; B 160 160 1560 1000 ;  
L CP; B 100 220 1590 1190 ;  
C 1 T 1380 1180 ;  
L CP; B 140 160 1410 1220 ;  
L CM; B 140 300 1410 1290 ;  
L CP; B 60 120 1390 1360 ;  
L CP; B 120 60 1360 1450 ;  
L CM; B 340 80 1170 1400 ;  
L CM; B 260 100 1510 1570 ;  
C 1 T 1420 1560 ;  
C 1 T 1420 1680 ;  
L CM; B 80 460 1600 1290 ;  
C 1 T 1420 1800 ;  
C 1 T 1420 1940 ;  
C 1 T 1420 2080 ;  
C 1 T 1420 2220 ;  
C 1 T 1420 2340 ;  
C 1 T 1180 1560 ;  
C 1 T 1180 1680 ;  
C 1 T 1180 1800 ;  
C 1 T 1180 1940 ;  
C 1 T 1180 2080 ;  
C 1 T 1180 2220 ;  
L CM; B 140 820 1450 2030 ;  
C 1 T 1180 2340 ;  
C 1 T 1180 2460 ;  
L CM; B 140 1000 1210 2020 ;  
L CM; B 60 260 1030 1570 ;  
C 1 T 940 1740 ;  
C 1 T 940 1880 ;  
C 1 T 940 2040 ;  
C 1 T 940 2200 ;  
C 1 T 940 2340 ;  
L CM; B 160 740 980 2070 ;  
L CM; B 260 80 770 2400 ;  
L CP; B 140 60 1050 2550 ;  
C 2 T 1170 2640 ;  
L CM; B 320 160 1200 2600 ;  
L CP; B 120 60 1360 2550 ;  
L CP; B 60 340 1010 2750 ;  
L CP; B 60 360 1390 2760 ;  
L CP; B 160 80 1060 2960 ;  
L CP; B 60 1040 1090 2000 ;  
L CP; B 60 1040 1330 2000 ;  
L CP; B 160 80 1560 2960 ;  
L CP; B 80 1620 1600 2110 ;  
L CD; B 140 120 340 2780 ;  
L CD; B 140 120 1200 2780 ;  
L CS; B 120 140 1160 230 ;  
L CW; B 1680 1000 840 500 ;  
L CW; B 1500 180 840 1090 ;  
DF ;  
C 11 ;  
E

## BUSM1

DS 12 5 1;  
9 busm1 ;  
L CM; B 240 160 120 240 ;  
L CM; B 240 160 120 2760 ;  
L CP; B 160 560 120 280 ;  
C 1 T 80 440;  
L CM; B 140 180 110 490 ;  
L CP; B 160 560 120 2720 ;  
C 1 T 80 2500;  
L CM; B 140 180 110 2510 ;  
L CM; B 60 1840 110 1500 ;  
L CW; B 240 1000 120 500 ;  
DF;  
C 12;  
E

## BUSM2

DS 13 5 1 ;  
9 busm2 ;  
L CM; B 240 160 120 240 ;  
L CM; B 240 160 120 2760 ;  
L CN; B 120 3000 120 1500 ;  
L CW; B 240 1000 120 500 ;  
DF ;  
C 13 ;  
E



## EXNOR

DS 14 5 1 ;  
 9 exnor ;  
 L CM; B 1440 160 720 240 ;  
 L CM; B 1440 160 720 2760 ;  
 L CP; B 160 80 120 40 ;  
 L CP; B 200 80 1300 40 ;  
 L CD; B 1220 600 750 420 ;  
 C 1 T 180 580 ;  
 C 1 T 180 460 ;  
 L CM; B 140 260 210 550 ;  
 L CP; B 180 80 830 40 ;  
 C 2 T 960 220 ;  
 C 1 T 1020 440 ;  
 L CM; B 260 160 990 400 ;  
 L CP; B 60 300 770 230 ;  
 L CP; B 120 60 800 410 ;  
 L CP; B 160 60 880 470 ;  
 L CP; B 60 260 930 630 ;  
 L CM; B 140 80 1050 520 ;  
 L CP; B 180 200 990 860 ;  
 L CM; B 140 140 1290 530 ;  
 C 1 T 1260 500 ;  
 L CP; B 60 300 1230 230 ;  
 L CP; B 120 60 1200 410 ;  
 L CP; B 60 320 1170 600 ;  
 L CP; B 220 60 1250 790 ;  
 L CP; B 60 440 630 280 ;  
 L CP; B 120 60 660 530 ;  
 L CP; B 60 240 690 680 ;  
 L CP; B 260 160 650 880 ;  
 L CM; B 140 160 710 880 ;  
 C 1 T 680 840 ;  
 C 1 T 540 620 ;  
 L CM; B 140 140 570 650 ;  
 L CP; B 60 700 330 410 ;  
 L CP; B 160 160 280 840 ;  
 C 1 T 240 800 ;  
 L CM; B 160 160 280 840 ;  
 L CM; B 160 150 800 645 ;  
 C 1 T 780 620 ;  
 L CM; B 420 60 570 420 ;  
 L CM; B 60 370 390 635 ;  
 L CM; B 60 120 750 510 ;  
 L CM; B 200 60 980 690 ;  
 L CM; B 60 180 530 810 ;  
 L CM; B 120 60 500 930 ;  
 L CM; B 60 40 470 980 ;  
 L CS; B 420 260 610 1130 ;  
 L CP; B 60 920 70 540 ;  
 L CP; B 320 140 200 1070 ;  
 L CM; B 300 140 350 1070 ;  
 C 1 T 240 1040 ;  
 L CS; B 640 1260 500 1890 ;  
 L CP; B 120 60 340 2010 ;  
 L CP; B 100 60 530 1990 ;  
 C 1 T 220 2100 ;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CP; B 100 1780 90 2030 ;  
 C 1 T 220 2220 ;

C 1 T 220 2360 ;  
 C 1 T 220 2500 ;  
 L CM; B 160 520 240 2340 ;  
 L CM; B 80 80 100 640 ;  
 L CP; B 60 780 310 1590 ;  
 L CP; B 60 1000 550 1460 ;  
 C 1 T 400 1560 ;  
 C 1 T 400 1700 ;  
 C 1 T 400 1820 ;  
 L CM; B 140 440 430 1720 ;  
 L CM; B 60 360 470 1320 ;  
 L CP; B 160 180 940 1130 ;  
 C 1 T 900 1100 ;  
 L CM; B 220 180 970 1130 ;  
 L CP; B 200 60 760 1190 ;  
 L CP; B 120 60 660 2110 ;  
 C 1 T 720 2200 ;  
 L CP; B 60 860 690 1650 ;  
 L CM; B 60 1340 90 1350 ;  
 L CM; B 720 60 420 2050 ;  
 L CM; B 60 1060 670 1490 ;  
 L CM; B 60 320 1050 880 ;  
 L CP; B 120 60 340 2650 ;  
 L CS; B 260 340 310 2690 ;  
 C 2 T 820 2560 ;  
 L CS; B 200 340 820 2690 ;  
 L CS; B 280 280 580 2660 ;  
 L CP; B 60 580 370 2330 ;  
 L CP; B 60 240 310 2800 ;  
 L CP; B 60 840 510 2440 ;  
 L CP; B 60 180 630 2230 ;  
 L CP; B 80 60 640 2350 ;  
 L CP; B 60 480 650 2620 ;  
 L CM; B 140 520 750 2420 ;  
 L CM; B 100 160 870 2600 ;  
 L CS; B 460 740 1130 1630 ;  
 C 1 T 960 1300 ;  
 C 1 T 960 1420 ;  
 L CM; B 180 300 990 1370 ;  
 L CP; B 140 60 1070 1570 ;  
 L CP; B 60 640 1110 1220 ;  
 L CP; B 140 400 1290 1020 ;  
 L CP; B 140 60 1210 1710 ;  
 L CM; B 140 160 1290 1820 ;  
 L CP; B 160 60 1220 1950 ;  
 L CP; B 60 180 1170 1830 ;  
 C 1 T 1260 1800 ;  
 C 1 T 1120 2040 ;  
 C 1 T 1120 2160 ;  
 L CP; B 160 60 1080 2310 ;  
 L CS; B 500 440 1150 2220 ;  
 L CS; B 400 420 1200 2650 ;  
 L CP; B 160 80 1320 2960 ;  
 L CM; B 140 680 1150 2340 ;  
 L CP; B 60 940 1270 2450 ;  
 L CP; B 60 580 1130 2630 ;  
 L CP; B 60 460 1250 1450 ;  
 L CP; B 60 680 1030 1940 ;  
 L CM; B 60 1140 1330 1170 ;  
 L CM; B 440 60 1000 1870 ;

## EXNOR

L CM; B 60 180 810 1990 ;  
L CP; B 880 80 720 2960 ;  
L CS; B 140 120 990 240 ;  
L CD; B 140 120 850 2700 ;  
L CW; B 1440 800 720 400 ;  
DF;  
C 14;  
E

## EXOR

DS 15 5 1;  
 9 exor ;  
 L CM; B 1440 160 720 240 ;  
 L CM; B 1440 160 720 2760 ;  
 L CP; B 160 80 120 40 ;  
 L CP; B 60 260 70 210 ;  
 L CP; B 220 60 150 370 ;  
 C 2 T 320 200;  
 L CD; B 280 320 280 280 ;  
 L CD; B 340 100 250 490 ;  
 L CD; B 180 160 170 620 ;  
 C 1 T 120 600;  
 L CF; B 60 20 230 410 ;  
 L CP; B 160 60 280 450 ;  
 L CP; B 60 260 330 610 ;  
 L CP; B 320 80 200 780 ;  
 L CM; B 140 240 150 680 ;  
 L CM; B 280 80 220 840 ;  
 L CM; B 300 160 350 400 ;  
 C 1 T 480 660;  
 L CP; B 240 80 880 40 ;  
 L CP; B 170 80 1325 40 ;  
 L CP; B 60 260 1150 190 ;  
 L CP; B 90 60 1135 350 ;  
 L CD; B 300 420 650 410 ;  
 L CM; B 140 140 510 690 ;  
 L CP; B 60 180 630 690 ;  
 L CP; B 180 60 570 810 ;  
 L CD; B 400 300 600 770 ;  
 L CP; B 80 60 620 570 ;  
 L CP; B 60 400 610 340 ;  
 L CP; B 80 60 740 450 ;  
 L CP; B 60 280 730 280 ;  
 L CM; B 140 60 850 350 ;  
 C 1 T 820 280;  
 L CP; B 140 60 930 590 ;  
 L CP; B 60 480 970 320 ;  
 L CP; B 60 180 1120 470 ;  
 L CP; B 70 60 1125 590 ;  
 L CM; B 150 220 1245 510 ;  
 C 1 T 1210 440;  
 L CP; B 150 180 1335 1050 ;  
 L CM; B 140 180 1330 1050 ;  
 C 1 T 1300 1020;  
 L CD; B 510 800 1055 520 ;  
 L CP; B 60 880 1380 520 ;  
 L CP; B 140 180 1110 1050 ;  
 C 1 T 1080 1020;  
 L CM; B 140 120 1110 1040 ;  
 L CM; B 160 80 1100 1140 ;  
 L CP; B 120 60 920 990 ;  
 L CM; B 140 140 1010 830 ;  
 C 1 T 980 800;  
 L CM; B 200 140 720 1030 ;  
 C 1 T 660 1000;  
 L CP; B 120 140 720 1030 ;  
 L CP; B 60 120 630 1020 ;  
 L CP; B 240 60 540 1110 ;  
 L CP; B 60 120 510 900 ;  
 L CP; B 180 60 450 990 ;  
 L CP; B 120 300 100 970 ;  
 L CP; B 140 180 290 970 ;  
 L CM; B 140 160 290 960 ;  
 C 1 T 260 940;  
 L CP; B 60 340 1130 790 ;  
 L CP; B 60 340 890 790 ;  
 L CP; B 60 480 750 720 ;  
 L CM; B 680 60 920 650 ;  
 L CM; B 60 340 1290 790 ;  
 L CM; B 60 260 470 890 ;  
 L CM; B 100 60 490 1050 ;  
 L CM; B 120 80 880 860 ;  
 L CM; B 100 200 870 1000 ;  
 L CS; B 370 210 415 1285 ;  
 L CP; B 150 150 115 1195 ;  
 L CM; B 140 150 110 1195 ;  
 C 1 T 80 1160;  
 L CS; B 160 690 150 1655 ;  
 L CS; B 1080 610 770 1695 ;  
 L CS; B 490 210 1065 1285 ;  
 L CS; B 1270 880 675 2440 ;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CP; B 160 80 1080 2960 ;  
 L CP; B 170 80 1325 2960 ;  
 L CS; B 720 60 600 2910 ;  
 L CP; B 60 140 170 2850 ;  
 L CP; B 120 60 200 2750 ;  
 L CP; B 60 110 160 1325 ;  
 L CP; B 110 60 185 1410 ;  
 L CM; B 140 160 330 1240 ;  
 C 1 T 300 1220;  
 L CM; B 100 120 310 1100 ;  
 L CP; B 60 200 450 1240 ;  
 L CP; B 120 60 420 1370 ;  
 L CM; B 140 140 510 1490 ;  
 C 1 T 480 1460;  
 L CP; B 60 220 390 1510 ;  
 L CP; B 120 60 420 1650 ;  
 L CM; B 60 340 510 1250 ;  
 L CP; B 140 150 710 1275 ;  
 L CM; B 140 140 710 1270 ;  
 C 1 T 680 1240;  
 L CP; B 60 280 950 1160 ;  
 L CP; B 140 60 990 1330 ;  
 C 2 T 1210 1300;  
 L CM; B 160 240 1240 1380 ;  
 C 1 T 80 2040;  
 C 1 T 80 2180;  
 C 1 T 80 2320;  
 C 1 T 80 2460;  
 C 1 T 80 2600;  
 L CP; B 80 60 220 1950 ;  
 L CP; B 60 480 210 1680 ;  
 L CM; B 140 680 110 2340 ;  
 L CM; B 200 60 220 1870 ;  
 L CM; B 200 60 360 1730 ;  
 L CP; B 160 60 1080 1630 ;  
 L CM; B 80 60 1060 1610 ;  
 L CM; B 140 140 890 1790 ;

# EXOR

C 1 T 860 1760 ;  
L CP; B 160 60 720 2030 ;  
L CM; B 140 60 750 1970 ;  
L CM; B 140 140 610 2150 ;  
C 1 T 580 2120 ;  
L CP; B 200 60 520 2270 ;  
L CM; B 140 140 470 2390 ;  
C 1 T 440 2360 ;  
L CP; B 60 240 1030 1480 ;  
L CP; B 60 650 670 1675 ;  
L CP; B 60 560 450 1960 ;  
L CM; B 60 400 1050 1380 ;  
L CM; B 60 620 890 1410 ;  
L CM; B 60 600 710 1640 ;  
L CM; B 60 340 790 2170 ;  
L CM; B 280 60 680 2370 ;  
L CM; B 80 60 560 1590 ;  
L CM; B 60 460 570 1850 ;  
L CM; B 60 380 290 1510 ;  
L CM; B 60 570 150 1555 ;  
L CM; B 60 560 430 2040 ;  
L CP; B 60 740 230 2350 ;  
L CP; B 60 200 590 2400 ;  
L CP; B 220 60 510 2530 ;  
L CP; B 60 440 430 2780 ;  
L CP; B 60 480 770 2300 ;  
L CP; B 80 60 780 2570 ;  
L CP; B 60 400 790 2800 ;  
L CM; B 140 140 970 2230 ;  
C 1 T 940 2200 ;  
C 2 T 1210 2560 ;  
L CM; B 160 160 1240 2600 ;  
L CP; B 140 60 1090 2470 ;  
L CM; B 160 60 1100 2410 ;  
L CP; B 60 780 1130 2050 ;  
L CP; B 60 420 1050 2710 ;  
L CP; B 60 1780 1380 2030 ;  
L CM; B 60 640 290 2220 ;  
L CM; B 760 60 640 2570 ;  
L CM; B 60 160 1050 2520 ;  
L CM; B 60 300 930 2010 ;  
L CM; B 60 380 1070 1830 ;  
L CM; B 80 60 1080 2050 ;  
L CM; B 60 360 1150 2200 ;  
L CM; B 60 1020 1290 2010 ;  
L CS; B 140 120 350 220 ;  
L CD; B 140 120 1240 2700 ;  
L CM; B 1440 1000 720 500 ;  
L CD; B 140 120 1240 1320 ;  
DF ;  
C 15 ;  
E

## FF2QSR

OS 16 5 1;  
 9 ff2qsr;  
 L CM; B 4080 160 2040 240 ;  
 L CM; B 4080 160 2040 2760 ;  
 L CP; B 180 80 370 40 ;  
 L CP; B 180 80 850 40 ;  
 L CD; B 480 760 320 500 ;  
 L CM; B 560 60 500 350 ;  
 C 1 T 280 260;  
 L CP; B 60 320 190 220 ;  
 L CP; B 140 60 230 410 ;  
 L CM; B 180 140 130 530 ;  
 C 1 T 100 500;  
 L CP; B 140 60 230 650 ;  
 L CP; B 60 180 270 530 ;  
 L CM; B 140 140 310 770 ;  
 C 1 T 280 740;  
 C 2 T 680 280;  
 L CM; B 140 100 710 430 ;  
 L CM; B 60 320 350 540 ;  
 C 1 T 520 600;  
 C 1 T 520 740;  
 L CM; B 140 360 550 740 ;  
 L CD; B 60 320 590 720 ;  
 L CP; B 260 60 810 770 ;  
 L CP; B 60 660 910 410 ;  
 L CM; B 140 140 790 610 ;  
 C 1 T 760 580;  
 L CM; B 60 60 750 510 ;  
 L CM; B 440 100 400 970 ;  
 C 1 T 220 960;  
 L CM; B 140 40 250 1040 ;  
 L CP; B 60 240 190 800 ;  
 L CP; B 170 500 245 1170 ;  
 L CM; B 140 140 250 1350 ;  
 C 1 T 220 1320;  
 L CP; B 140 60 470 1270 ;  
 L CP; B 60 1160 430 660 ;  
 L CM; B 60 540 70 870 ;  
 C 1 T 120 1540;  
 L CM; B 130 140 165 1570 ;  
 L CS; B 560 180 360 1550 ;  
 L CM; B 60 440 70 1420 ;  
 L CP; B 160 80 360 2960 ;  
 L CS; B 460 480 270 2640 ;  
 C 1 T 80 2440;  
 L CM; B 140 140 110 2470 ;  
 L CP; B 140 60 190 2590 ;  
 L CP; B 60 340 150 2790 ;  
 L CP; B 160 80 840 2960 ;  
 L CM; B 760 60 540 2650 ;  
 C 1 T 230 2700;  
 L CS; B 420 480 290 2160 ;  
 L CS; B 100 620 550 2230 ;  
 L CM; B 160 140 520 2470 ;  
 C 1 T 480 2440;  
 L CP; B 140 60 430 2350 ;  
 L CM; B 140 140 350 2230 ;  
 C 1 T 320 2200;  
 L CM; B 60 320 310 2460 ;  
 L CS; B 460 280 370 1780 ;  
 L CS; B 40 280 620 1780 ;  
 L CM; B 150 140 155 1990 ;  
 C 1 T 120 1960;  
 L CP; B 100 60 250 2110 ;  
 L CP; B 60 420 230 2350 ;  
 L CP; B 60 660 270 1750 ;  
 L CM; B 80 340 140 2230 ;  
 L CM; B 90 280 185 1780 ;  
 L CP; B 60 540 390 2650 ;  
 L CP; B 160 60 460 1870 ;  
 L CP; B 120 60 440 2110 ;  
 L CP; B 60 180 410 1990 ;  
 L CP; B 60 180 470 2230 ;  
 L CM; B 140 140 530 1990 ;  
 C 1 T 500 1960;  
 L CM; B 140 320 390 1660 ;  
 C 1 T 360 1540;  
 C 1 T 360 1720;  
 L CM; B 280 80 460 1380 ;  
 L CM; B 60 500 570 1670 ;  
 L CP; B 60 540 510 1570 ;  
 L CM; B 60 340 350 1990 ;  
 L CM; B 80 340 560 2230 ;  
 L CD; B 520 360 900 300 ;  
 L CD; B 540 480 1430 400 ;  
 L CD; B 460 160 930 560 ;  
 L CD; B 530 60 965 670 ;  
 L CP; B 220 60 790 1370 ;  
 L CP; B 120 60 1020 1370 ;  
 L CP; B 160 60 980 890 ;  
 L CP; B 60 800 1030 460 ;  
 L CP; B 60 180 930 1010 ;  
 L CP; B 150 170 885 1185 ;  
 L CM; B 140 180 890 1190 ;  
 L CM; B 780 60 430 1170 ;  
 L CP; B 60 540 710 1070 ;  
 C 1 T 860 1150;  
 L CP; B 140 60 1230 770 ;  
 L CP; B 60 640 1270 420 ;  
 L CP; B 200 150 1120 1065 ;  
 L CP; B 60 200 1050 1240 ;  
 L CM; B 150 180 1125 1050 ;  
 C 1 T 1090 1040;  
 L CP; B 60 190 1190 895 ;  
 L CM; B 430 60 835 990 ;  
 L CM; B 140 140 1150 490 ;  
 C 1 T 1120 460;  
 L CM; B 80 160 1180 640 ;  
 L CP; B 60 1520 870 2160 ;  
 L CS; B 400 500 920 1810 ;  
 C 3 T 620 2720;  
 L CS; B 380 60 930 2650 ;  
 L CS; B 540 200 850 2780 ;  
 L CS; B 440 560 900 2340 ;  
 C 1 T 720 2100;  
 C 1 T 720 2240;  
 C 1 T 720 2360;  
 C 1 T 720 2480;

## FF2QSR

L CP; B 140 60 1030 2730 ;  
 L CP; B 60 1300 990 2050 ;  
 L CP; B 60 180 1070 2850 ;  
 L CM; B 140 560 750 2340 ;  
 L CS; B 500 420 1370 2670 ;  
 L CS; B 360 500 1300 1990 ;  
 L CM; B 80 1080 1080 2060 ;  
 L CM; B 60 140 1150 2530 ;  
 C 1 T 1080 2500 ;  
 L CM; B 60 140 1150 2170 ;  
 C 1 T 1080 2140 ;  
 L CP; B 320 80 1480 2960 ;  
 L CP; B 60 560 1350 2640 ;  
 L CP; B 200 60 1480 2390 ;  
 L CP; B 120 60 1200 2050 ;  
 L CP; B 120 60 1320 1930 ;  
 L CP; B 140 60 1330 1650 ;  
 L CP; B 60 220 1290 1790 ;  
 L CP; B 60 340 1350 2130 ;  
 L CP; B 60 860 1230 2510 ;  
 L CM; B 140 140 1210 1350 ;  
 L CP; B 140 150 1210 1345 ;  
 C 1 T 1180 1320 ;  
 L CP; B 60 600 1170 1720 ;  
 L CP; B 160 140 1360 930 ;  
 L CM; B 140 140 1350 930 ;  
 L CP; B 60 760 1390 480 ;  
 C 1 T 1320 900 ;  
 L CP; B 60 620 1370 1310 ;  
 L CP; B 160 80 1560 40 ;  
 L CP; B 100 60 1530 730 ;  
 L CP; B 120 60 1520 1170 ;  
 L CP; B 60 380 1550 950 ;  
 L CP; B 60 620 1510 390 ;  
 L CP; B 120 60 1520 1650 ;  
 L CM; B 360 80 1300 1560 ;  
 L CP; B 60 420 1490 1410 ;  
 L CP; B 60 680 1550 2020 ;  
 L CS; B 440 1320 1840 2220 ;  
 L CS; B 360 1260 2240 2190 ;  
 L CS; B 620 900 2730 2370 ;  
 L CM; B 300 220 1550 2570 ;  
 L CP; B 60 340 1790 2770 ;  
 L CP; B 100 60 1770 2570 ;  
 C 1 T 1440 2500 ;  
 C 1 T 1600 2500 ;  
 C 2 T 1540 2640 ;  
 L CM; B 140 140 1410 1810 ;  
 C 1 T 1380 1780 ;  
 L CM; B 80 580 1440 2170 ;  
 L CM; B 60 100 1450 1470 ;  
 L CM; B 260 80 1610 1460 ;  
 L CM; B 140 60 1670 1390 ;  
 C 1 T 1640 1400 ;  
 L CP; B 120 60 1780 2330 ;  
 L CP; B 120 60 1780 2090 ;  
 L CP; B 120 60 1780 1850 ;  
 L CP; B 60 400 1810 1620 ;  
 L CP; B 240 60 1700 1390 ;  
 L CP; B 200 80 1680 1460 ;  
 L CP; B 60 180 1750 1970 ;  
 L CP; B 60 180 1810 2210 ;  
 L CP; B 60 180 1750 2450 ;  
 L CP; B 160 640 1740 1040 ;  
 L CM; B 140 140 1750 790 ;  
 C 1 T 1720 760 ;  
 L CM; B 540 60 1410 750 ;  
 L CM; B 140 140 1870 2450 ;  
 C 1 T 1840 2420 ;  
 L CP; B 120 60 1960 2570 ;  
 L CP; B 120 60 1960 2330 ;  
 L CP; B 120 60 1960 2090 ;  
 L CP; B 60 180 1930 2210 ;  
 L CP; B 120 60 1960 1850 ;  
 L CP; B 60 180 1990 1970 ;  
 L CP; B 60 180 1990 2450 ;  
 L CP; B 60 400 1930 2800 ;  
 L CP; B 1440 60 2680 2970 ;  
 L CM; B 140 140 1870 1970 ;  
 C 1 T 1840 1940 ;  
 L CM; B 300 80 2050 1460 ;  
 L CM; B 60 480 1870 1660 ;  
 L CM; B 180 60 2110 1390 ;  
 C 1 T 2100 1400 ;  
 L CM; B 60 340 1870 2210 ;  
 L CM; B 140 140 1690 2210 ;  
 C 1 T 1660 2180 ;  
 L CM; B 140 140 1690 1730 ;  
 C 1 T 1660 1700 ;  
 L CM; B 80 340 1660 1970 ;  
 L CM; B 80 180 1660 2370 ;  
 L CM; B 140 140 2050 1730 ;  
 C 1 T 2020 1700 ;  
 L CM; B 140 140 2050 2210 ;  
 C 1 T 2020 2180 ;  
 C 1 T 2020 2700 ;  
 L CM; B 500 60 1950 2650 ;  
 L CM; B 80 340 2080 2450 ;  
 L CM; B 80 340 2080 1970 ;  
 L CP; B 240 60 2020 890 ;  
 L CP; B 60 900 1930 1370 ;  
 L CP; B 200 60 1860 690 ;  
 C 1 T 1600 540 ;  
 C 1 T 1600 420 ;  
 L CM; B 140 260 1630 510 ;  
 L CM; B 420 60 1670 350 ;  
 C 3 T 1600 200 ;  
 L CD; B 100 140 1750 230 ;  
 L CD; B 1360 280 2560 320 ;  
 L CM; B 200 140 1900 530 ;  
 C 1 T 1840 500 ;  
 L CP; B 60 600 1990 420 ;  
 L CP; B 60 740 2110 490 ;  
 L CD; B 740 360 2230 640 ;  
 L CD; B 460 340 3450 750 ;  
 L CD; B 380 380 3430 390 ;  
 L CD; B 640 120 2920 520 ;  
 L CD; B 620 300 2910 730 ;  
 C 2 T 3140 280 ;  
 C 1 T 3140 500 ;

## FF2QSR

C 1 T 3140 620 ;  
 C 1 T 3140 740 ;  
 L CM; B 140 520 3170 580 ;  
 L CM; B 140 420 2230 530 ;  
 C 1 T 2200 640 ;  
 C 1 T 2200 520 ;  
 C 1 T 2200 400 ;  
 C 1 T 2200 280 ;  
 L CP; B 180 500 2110 1270 ;  
 L CP; B 160 160 2300 940 ;  
 L CP; B 180 200 2290 1120 ;  
 L CP; B 160 180 2340 1390 ;  
 L CM; B 140 160 2350 1400 ;  
 C 1 T 2320 1360 ;  
 L CM; B 80 100 2320 1270 ;  
 L CM; B 140 140 2310 930 ;  
 C 1 T 2280 900 ;  
 L CM; B 80 340 1960 770 ;  
 L CP; B 160 140 2520 1150 ;  
 L CM; B 140 140 2530 1150 ;  
 C 1 T 2500 1120 ;  
 L CP; B 160 140 2700 1490 ;  
 L CM; B 140 140 2710 1490 ;  
 C 1 T 2680 1460 ;  
 L CM; B 220 60 2530 1450 ;  
 L CP; B 60 1360 2170 2200 ;  
 L CP; B 60 1400 2290 2180 ;  
 L CP; B 60 740 2350 490 ;  
 L CP; B 60 960 2470 600 ;  
 L CM; B 140 240 2410 1760 ;  
 C 1 T 2380 1780 ;  
 L CM; B 140 140 2410 2290 ;  
 C 1 T 2380 2260 ;  
 L CM; B 60 340 2370 2050 ;  
 L CM; B 140 140 2550 2050 ;  
 C 1 T 2520 2020 ;  
 L CP; B 160 60 2480 1930 ;  
 L CP; B 160 60 2480 2170 ;  
 L CP; B 60 180 2430 2050 ;  
 L CM; B 140 140 2550 2530 ;  
 C 1 T 2520 2500 ;  
 L CP; B 160 60 2480 2410 ;  
 L CP; B 60 180 2530 2290 ;  
 L CP; B 60 180 2430 2530 ;  
 L CP; B 120 60 2460 2650 ;  
 L CM; B 60 340 2590 2290 ;  
 L CP; B 60 200 2490 2780 ;  
 L CP; B 60 680 2530 1560 ;  
 L CP; B 60 440 2630 340 ;  
 L CP; B 140 60 2670 590 ;  
 L CP; B 60 800 2710 1020 ;  
 L CP; B 260 60 2770 1650 ;  
 L CP; B 60 1560 2870 840 ;  
 L CP; B 1260 60 2270 30 ;  
 L CP; B 60 1200 2670 2280 ;  
 L CM; B 220 140 2790 470 ;  
 C 1 T 2720 440 ;  
 L CM; B 140 140 2590 710 ;  
 C 1 T 2560 680 ;  
 L CM; B 180 80 2670 960 ;  
 L CM; B 80 140 2620 850 ;  
 L CM; B 60 280 2730 1140 ;  
 L CM; B 60 360 2890 1520 ;  
 L CM; B 380 60 2670 1670 ;  
 L CM; B 820 60 1830 970 ;  
 L CM; B 1260 60 1830 1110 ;  
 L CM; B 1320 60 1620 1250 ;  
 L CM; B 60 660 2870 870 ;  
 L CD; B 60 140 1830 530 ;  
 L CM; B 60 460 2750 2390 ;  
 L CM; B 80 140 2820 2230 ;  
 C 1 T 2760 2200 ;  
 L CP; B 140 60 2870 2350 ;  
 L CM; B 140 140 2950 2470 ;  
 C 1 T 2920 2440 ;  
 L CP; B 60 180 2830 2470 ;  
 C 1 T 2760 2680 ;  
 L CP; B 60 260 2910 2750 ;  
 L CP; B 140 60 2870 2590 ;  
 L CP; B 140 60 2870 2110 ;  
 L CP; B 60 180 2910 2230 ;  
 L CM; B 60 340 2990 2230 ;  
 L CP; B 60 200 2830 1980 ;  
 L CM; B 260 80 2750 2020 ;  
 C 1 T 2920 1960 ;  
 L CS; B 560 200 2700 1820 ;  
 L CP; B 280 60 2940 1850 ;  
 L CP; B 60 1000 2990 560 ;  
 L CP; B 100 140 3070 990 ;  
 L CM; B 140 140 3050 990 ;  
 C 1 T 3020 960 ;  
 L CP; B 60 760 3050 1440 ;  
 L CM; B 70 460 3035 1790 ;  
 L CM; B 140 40 2950 2040 ;  
 L CM; B 120 100 2940 1970 ;  
 L CS; B 500 420 3370 2610 ;  
 L CS; B 780 800 3510 2000 ;  
 L CS; B 420 140 3330 1530 ;  
 L CP; B 160 140 3320 1350 ;  
 L CM; B 140 140 3330 1350 ;  
 C 1 T 3300 1320 ;  
 L CM; B 580 60 3290 1530 ;  
 L CP; B 60 260 3250 2750 ;  
 L CP; B 140 60 3290 2590 ;  
 L CM; B 760 60 3100 2650 ;  
 C 1 T 3340 2680 ;  
 L CM; B 140 280 3210 2400 ;  
 C 1 T 3180 2440 ;  
 C 1 T 3180 2300 ;  
 L CP; B 60 320 3330 2400 ;  
 L CP; B 160 80 3480 2960 ;  
 L CP; B 140 60 3290 2210 ;  
 L CP; B 340 60 3630 2210 ;  
 L CM; B 260 60 3670 2370 ;  
 C 1 T 3580 2300 ;  
 C 1 T 3700 2300 ;  
 L CP; B 60 680 3490 2580 ;  
 L CM; B 360 80 3720 2300 ;  
 L CM; B 140 180 3730 2490 ;  
 C 1 T 3700 2480 ;

## FF2QSR

L CP; B 140 480 3730 2680 ;  
 L CP; B 160 80 3720 2960 ;  
 L CM; B 420 140 3510 2030 ;  
 L CM; B 280 200 3520 1860 ;  
 C 1 T 3420 1800 ;  
 C 1 T 3560 1800 ;  
 C 3 T 3340 2000 ;  
 C 1 T 3620 2000 ;  
 L CP; B 140 60 3290 1810 ;  
 L CM; B 140 140 3210 1690 ;  
 C 1 T 3180 1660 ;  
 L CM; B 60 500 3170 2010 ;  
 L CP; B 60 340 3250 2010 ;  
 L CP; B 60 340 3770 2010 ;  
 L CP; B 120 60 3740 1810 ;  
 L CM; B 140 140 3830 1690 ;  
 C 1 T 3800 1660 ;  
 L CM; B 480 60 3520 1650 ;  
 L CP; B 60 400 3710 1580 ;  
 L CP; B 60 360 3330 1600 ;  
 L CP; B 280 60 3600 1350 ;  
 L CM; B 80 500 3860 2010 ;  
 L CP; B 160 560 3960 2720 ;  
 L CM; B 140 140 3970 2510 ;  
 C 1 T 3940 2480 ;  
 L CM; B 60 520 3410 2360 ;  
 L CP; B 160 550 3960 275 ;  
 L CP; B 160 460 3740 310 ;  
 L CP; B 180 80 3730 40 ;  
 L CP; B 160 80 3480 40 ;  
 L CM; B 280 140 3680 470 ;  
 C 1 T 3720 440 ;  
 L CM; B 140 380 3610 730 ;  
 L CM; B 140 140 3970 470 ;  
 C 1 T 3940 440 ;  
 L CP; B 160 500 3840 950 ;  
 L CP; B 160 140 3680 1130 ;  
 L CM; B 140 140 3690 1130 ;  
 C 1 T 3660 1100 ;  
 L CM; B 780 60 3510 950 ;  
 L CM; B 720 60 3260 1170 ;  
 L CM; B 560 60 2980 1310 ;  
 L CM; B 60 300 3550 1350 ;  
 L CM; B 60 640 3870 1300 ;  
 L CP; B 60 1240 3490 700 ;  
 L CP; B 60 1140 3370 710 ;  
 L CM; B 220 140 3870 770 ;  
 C 1 T 3800 740 ;  
 C 1 T 3580 620 ;  
 C 1 T 3580 780 ;  
 L CM; B 60 1900 4010 1490 ;  
 L CD; B 120 140 640 2750 ;  
 L CD; B 140 120 1570 2780 ;  
 L CD; B 120 140 3480 2030 ;  
 L CS; B 140 120 710 300 ;  
 L CS; B 120 140 1740 230 ;  
 L CS; B 140 120 3170 300 ;  
 L CW; B 700 960 350 480 ;  
 L CW; B 880 860 1140 430 ;  
 L CW; B 1200 1000 2180 500 ;

L CW; B 420 1080 2990 540 ;  
 L CW; B 880 1000 3640 500 ;  
 DF;  
 C 16;  
 E



# FFD1QR

OS 17 5 1;  
 9 ffd1qr;  
 L CM; B 2880 160 1440 240 ;  
 L CM; B 2880 160 1440 2760 ;  
 L CP; B 160 260 360 130 ;  
 L CD; B 580 260 450 430 ;  
 C 1 T 460 340;  
 C 1 T 220 440;  
 L CM; B 140 140 250 470 ;  
 L CM; B 320 120 580 380 ;  
 L CM; B 60 200 450 540 ;  
 L CP; B 60 360 370 440 ;  
 L CD; B 620 200 470 660 ;  
 L CD; B 560 360 500 940 ;  
 C 1 T 260 980;  
 L CM; B 140 140 290 1010 ;  
 C 1 T 260 680;  
 C 1 T 380 680;  
 L CM; B 260 140 350 710 ;  
 L CP; B 280 60 300 830 ;  
 L CP; B 300 60 190 590 ;  
 L CP; B 60 300 70 770 ;  
 L CM; B 140 60 110 510 ;  
 L CP; B 160 140 840 70 ;  
 L CP; B 80 120 800 200 ;  
 C 1 T 640 340;  
 L CP; B 140 380 390 1350 ;  
 L CP; B 80 60 540 1030 ;  
 L CP; B 80 60 660 910 ;  
 C 1 T 760 1000;  
 L CD; B 420 160 990 1040 ;  
 C 1 T 920 1000;  
 L CP; B 160 160 720 1240 ;  
 C 1 T 680 1220;  
 L CM; B 240 140 680 1250 ;  
 L CP; B 60 200 810 360 ;  
 L CP; B 340 60 670 490 ;  
 L CP; B 60 480 530 760 ;  
 L CP; B 60 300 410 1010 ;  
 L CP; B 60 220 670 1050 ;  
 L CP; B 220 60 730 650 ;  
 L CP; B 60 200 650 780 ;  
 L CD; B 320 300 1040 810 ;  
 L CD; B 300 480 1030 420 ;  
 L CP; B 280 140 780 1470 ;  
 C 1 T 700 1440;  
 L CM; B 160 140 720 1470 ;  
 L CP; B 140 300 1310 1030 ;  
 C 1 T 1280 940;  
 L CM; B 100 180 1290 970 ;  
 L CD; B 620 260 1730 970 ;  
 L CD; B 700 140 1690 770 ;  
 C 1 T 1380 740;  
 L CM; B 140 360 1410 880 ;  
 L CP; B 220 60 1450 630 ;  
 L CD; B 220 380 1290 370 ;  
 L CD; B 640 520 1720 440 ;  
 L CM; B 140 140 390 1310 ;  
 C 1 T 360 1280;  
 L CM; B 200 60 460 1050 ;  
 L CM; B 60 160 590 1100 ;  
 L CM; B 60 20 430 1390 ;  
 L CM; B 240 60 520 1430 ;  
 L CP; B 160 140 1060 1350 ;  
 C 1 T 1040 1320;  
 L CP; B 60 240 890 1280 ;  
 L CP; B 180 60 1010 1190 ;  
 L CM; B 200 140 1040 1350 ;  
 L CP; B 220 60 930 890 ;  
 L CP; B 60 300 1070 1010 ;  
 L CP; B 60 620 1250 310 ;  
 L CP; B 300 60 1150 770 ;  
 L CP; B 160 60 1080 370 ;  
 L CP; B 60 220 1130 230 ;  
 L CP; B 60 340 1030 570 ;  
 C 1 T 1340 460;  
 L CM; B 300 140 870 1030 ;  
 L CM; B 100 240 1070 1080 ;  
 L CM; B 140 60 870 1290 ;  
 L CM; B 60 100 910 1370 ;  
 L CP; B 60 80 1270 840 ;  
 L CP; B 180 140 1470 1310 ;  
 C 1 T 1440 1280;  
 L CM; B 260 140 1410 1310 ;  
 C 1 T 1520 480;  
 L CM; B 340 260 1470 450 ;  
 C 3 T 1420 220;  
 L CP; B 60 580 1530 950 ;  
 L CP; B 120 60 1700 1470 ;  
 L CP; B 160 240 1680 1620 ;  
 L CP; B 160 160 1840 1300 ;  
 L CM; B 160 160 1840 1300 ;  
 C 1 T 1820 1260;  
 L CM; B 60 40 1890 1400 ;  
 L CM; B 140 60 1930 1450 ;  
 L CP; B 60 1150 1910 575 ;  
 L CP; B 600 60 1580 30 ;  
 L CP; B 60 1320 1670 780 ;  
 L CP; B 60 1100 1790 670 ;  
 L CP; B 60 460 2070 370 ;  
 L CP; B 80 60 2080 630 ;  
 L CP; B 60 340 2190 310 ;  
 L CP; B 80 60 2200 510 ;  
 L CD; B 340 820 2210 610 ;  
 L CD; B 100 420 2690 330 ;  
 C 1 T 2640 440;  
 C 1 T 2400 240;  
 L CP; B 140 60 2350 390 ;  
 L CM; B 180 80 2430 360 ;  
 L CD; B 260 460 2510 310 ;  
 L CD; B 80 480 2420 780 ;  
 L CD; B 200 240 2560 660 ;  
 L CD; B 280 140 2600 850 ;  
 C 1 T 2640 820;  
 L CD; B 220 100 2570 970 ;  
 L CP; B 100 60 2130 1090 ;  
 L CP; B 100 60 2250 1210 ;  
 L CP; B 100 60 2410 1110 ;  
 L CP; B 60 100 2230 1290 ;

# FFD1QR

L CP; B 160 160 2180 1420 ;  
 C 1 T 2140 1400 ;  
 L CM; B 140 160 2170 1420 ;  
 L CP; B 160 180 2600 1150 ;  
 C 1 T 2530 1120 ;  
 L CM; B 160 240 2600 1120 ;  
 C 1 T 2740 620 ;  
 L CP; B 140 160 2770 660 ;  
 L CP; B 160 80 2760 40 ;  
 L CP; B 60 500 2810 330 ;  
 L CP; B 60 360 2310 180 ;  
 L CP; B 60 660 2390 750 ;  
 L CP; B 60 700 2270 830 ;  
 L CP; B 60 460 2150 830 ;  
 L CP; B 340 80 2110 40 ;  
 L CP; B 60 1040 2550 540 ;  
 L CM; B 240 140 2720 850 ;  
 L CM; B 140 200 2770 680 ;  
 L CM; B 240 180 2720 490 ;  
 L CP; B 60 100 2110 1170 ;  
 L CP; B 160 60 2060 1250 ;  
 L CP; B 60 160 2010 1360 ;  
 L CP; B 220 60 1930 1470 ;  
 L CM; B 60 100 1970 1530 ;  
 C 1 T 2000 720 ;  
 C 1 T 2000 900 ;  
 L CM; B 140 340 2030 830 ;  
 L CM; B 780 60 2210 550 ;  
 L CM; B 60 500 1850 830 ;  
 L CM; B 280 60 1960 1110 ;  
 L CM; B 60 260 2130 1210 ;  
 L CM; B 360 60 2280 970 ;  
 L CM; B 60 120 2490 1000 ;  
 L CM; B 60 600 1650 1300 ;  
 L CM; B 140 60 1550 1030 ;  
 L CP; B 140 160 2010 1660 ;  
 L CM; B 140 160 2010 1660 ;  
 C 1 T 1980 1640 ;  
 L CS; B 220 560 1450 1700 ;  
 L CS; B 260 520 1210 1720 ;  
 L CS; B 860 400 650 1780 ;  
 L CS; B 1080 80 760 2020 ;  
 L CS; B 900 160 670 2140 ;  
 L CS; B 460 660 370 2550 ;  
 L CS; B 300 520 750 2480 ;  
 L CS; B 340 480 1070 2460 ;  
 L CP; B 160 80 360 2960 ;  
 L CP; B 180 80 610 2960 ;  
 L CS; B 240 420 1360 2490 ;  
 L CS; B 140 640 1550 2380 ;  
 L CS; B 220 740 1730 2430 ;  
 L CS; B 280 900 1980 2350 ;  
 L CS; B 140 940 2190 2370 ;  
 C 1 T 260 1620 ;  
 C 1 T 260 1760 ;  
 L CM; B 140 220 290 1750 ;  
 L CM; B 40 60 200 1050 ;  
 L CP; B 80 1140 80 1490 ;  
 C 1 T 220 2260 ;  
 C 1 T 340 2260 ;  
 L CM; B 280 140 320 2290 ;  
 C 1 T 260 2500 ;  
 L CM; B 140 140 290 2530 ;  
 L CP; B 60 320 70 2220 ;  
 L CP; B 340 60 210 2410 ;  
 L CP; B 60 540 410 2650 ;  
 L CM; B 60 1920 70 1500 ;  
 L CM; B 180 60 130 2490 ;  
 L CM; B 60 500 210 1330 ;  
 L CM; B 180 60 270 1610 ;  
 L CP; B 280 60 300 2150 ;  
 C 1 T 500 2120 ;  
 C 1 T 500 2300 ;  
 C 1 T 500 2480 ;  
 C 1 T 500 2660 ;  
 L CM; B 140 600 530 2380 ;  
 L CP; B 80 60 660 2390 ;  
 L CP; B 80 60 780 2270 ;  
 L CP; B 60 580 410 1830 ;  
 L CP; B 60 780 550 1450 ;  
 L CP; B 100 60 570 1870 ;  
 L CP; B 60 520 650 2100 ;  
 L CP; B 60 700 770 1890 ;  
 L CP; B 60 700 790 2650 ;  
 L CP; B 60 500 670 2670 ;  
 C 1 T 860 1660 ;  
 C 1 T 860 1800 ;  
 C 1 T 860 1940 ;  
 C 1 T 860 2080 ;  
 L CP; B 100 60 1250 1550 ;  
 L CP; B 60 100 1230 1630 ;  
 L CP; B 160 60 1180 1710 ;  
 C 1 T 1220 1800 ;  
 L CM; B 240 140 1200 1830 ;  
 L CP; B 60 180 1130 1830 ;  
 L CP; B 120 60 1160 1950 ;  
 L CP; B 60 220 1370 1930 ;  
 C 1 T 1460 1880 ;  
 C 1 T 1660 1640 ;  
 L CP; B 60 340 1270 1350 ;  
 L CP; B 60 380 1450 1570 ;  
 L CP; B 140 60 1410 1790 ;  
 L CM; B 140 500 890 1930 ;  
 L CM; B 340 140 1590 1670 ;  
 L CM; B 140 240 1490 1860 ;  
 L CM; B 100 60 1170 1170 ;  
 L CM; B 60 380 1250 1330 ;  
 L CM; B 360 60 1100 1550 ;  
 L CM; B 60 40 950 1600 ;  
 L CM; B 160 60 900 1650 ;  
 L CP; B 60 140 1190 2050 ;  
 C 1 T 1320 2140 ;  
 L CP; B 160 140 1360 2170 ;  
 L CM; B 160 140 1360 2170 ;  
 L CP; B 60 160 1410 2320 ;  
 L CP; B 340 60 1270 2430 ;  
 L CP; B 60 140 1550 2690 ;  
 L CP; B 120 60 1580 2590 ;  
 L CP; B 60 300 1130 2610 ;  
 C 3 T 1300 2600 ;

# FFD1QR

L CM; B 420 140 1290 2610 ;  
 L CP; B 1000 60 1320 2970 ;  
 L CP; B 100 60 1630 2150 ;  
 L CP; B 100 60 1750 2270 ;  
 L CP; B 60 1400 1010 2120 ;  
 L CP; B 720 60 1340 2850 ;  
 L CP; B 60 580 1730 2590 ;  
 L CP; B 60 300 1850 1650 ;  
 L CP; B 140 60 1810 1830 ;  
 L CP; B 60 380 1770 2050 ;  
 L CP; B 60 380 1650 1930 ;  
 L CP; B 60 380 1610 2370 ;  
 L CP; B 60 600 1850 2700 ;  
 L CP; B 100 60 1930 2430 ;  
 L CP; B 60 720 2010 2100 ;  
 L CP; B 60 300 2170 1650 ;  
 L CP; B 100 60 2150 1830 ;  
 L CP; B 60 660 2130 2190 ;  
 L CP; B 220 60 2050 2550 ;  
 L CP; B 60 280 1970 2720 ;  
 L CM; B 60 640 1110 2220 ;  
 C 2 T 2160 2640 ;  
 L CM; B 360 160 2220 2600 ;  
 L CP; B 340 80 2130 2960 ;  
 L CS; B 240 60 2520 2910 ;  
 L CP; B 160 80 2760 2960 ;  
 L CS; B 260 480 2530 2640 ;  
 L CP; B 140 480 2770 2680 ;  
 C 1 T 2740 2500 ;  
 L CS; B 440 360 2620 2220 ;  
 C 1 T 2500 2080 ;  
 L CM; B 200 80 2500 2140 ;  
 L CM; B 180 60 2530 2070 ;  
 L CP; B 120 60 2560 2230 ;  
 C 1 T 2740 2300 ;  
 L CM; B 140 420 2770 2390 ;  
 L CP; B 160 100 2400 1870 ;  
 C 1 T 2380 1860 ;  
 L CP; B 180 60 2390 1950 ;  
 L CM; B 180 140 2390 1890 ;  
 L CS; B 280 220 2660 1890 ;  
 L CS; B 320 40 2680 2020 ;  
 L CS; B 560 240 2520 1660 ;  
 C 1 T 2280 1620 ;  
 C 1 T 2520 1600 ;  
 L CM; B 140 140 2550 1630 ;  
 L CM; B 220 140 2270 1650 ;  
 L CM; B 60 100 2190 1770 ;  
 L CM; B 320 60 2060 1850 ;  
 L CM; B 60 220 1930 1990 ;  
 L CM; B 320 60 2200 1990 ;  
 L CM; B 60 300 2070 2170 ;  
 L CM; B 500 60 1850 2350 ;  
 L CM; B 60 220 1630 2210 ;  
 L CM; B 160 60 1520 2130 ;  
 L CM; B 60 340 2590 1870 ;  
 C 1 T 1860 2140 ;  
 L CM; B 140 140 1890 2170 ;  
 L CS; B 500 260 2550 1410 ;  
 C 1 T 2700 1360 ;

L CM; B 180 140 2750 1390 ;  
 L CP; B 60 240 2610 1360 ;  
 L CP; B 120 60 2640 1510 ;  
 L CP; B 60 1020 2330 2490 ;  
 L CP; B 60 680 2430 1480 ;  
 L CP; B 60 180 2670 1630 ;  
 L CP; B 80 60 2660 1750 ;  
 L CP; B 60 480 2650 2020 ;  
 L CP; B 60 740 2530 2630 ;  
 L CM; B 80 720 2800 1820 ;  
 L CM; B 60 500 2430 2430 ;  
 L CM; B 200 60 2420 1210 ;  
 L CM; B 60 340 2350 1410 ;  
 L CM; B 60 400 2810 1120 ;  
 L CM; B 60 480 510 1700 ;  
 L CM; B 440 60 320 1970 ;  
 L CD; B 120 140 1320 2630 ;  
 L CD; B 140 120 2190 2780 ;  
 L CS; B 120 140 1440 250 ;  
 L CW; B 140 1000 70 500 ;  
 L CW; B 1300 1200 790 600 ;  
 L CW; B 680 1180 1780 590 ;  
 L CW; B 640 1100 2440 550 ;  
 L CW; B 120 1000 2820 500 ;  
 DF ;  
 C 17 ;  
 E

## FFD2Q

DS 18 5 1;  
 9 ffd2q ;  
 L CM; B 2640 160 1320 240 ;  
 L CM; B 2640 160 1320 2760 ;  
 L CD; B 320 600 240 380 ;  
 C 1 T 300 200 ;  
 L CP; B 60 300 210 170 ;  
 L CP; B 120 60 240 350 ;  
 L CP; B 60 320 470 160 ;  
 L CP; B 100 60 450 350 ;  
 L CP; B 180 80 590 40 ;  
 L CM; B 180 60 330 350 ;  
 C 1 T 120 460 ;  
 L CM; B 180 140 130 490 ;  
 L CP; B 60 340 270 550 ;  
 L CD; B 380 200 590 300 ;  
 L CP; B 100 60 570 470 ;  
 C 1 T 640 560 ;  
 L CD; B 220 280 510 540 ;  
 L CD; B 100 320 670 560 ;  
 L CP; B 300 160 190 800 ;  
 C 1 T 220 780 ;  
 L CM; B 180 200 270 780 ;  
 L CP; B 300 60 310 970 ;  
 L CP; B 60 560 430 660 ;  
 L CM; B 380 140 550 590 ;  
 L CM; B 60 160 330 600 ;  
 L CP; B 60 300 590 290 ;  
 L CP; B 160 220 360 1190 ;  
 L CM; B 160 140 360 1170 ;  
 C 1 T 320 1140 ;  
 L CP; B 120 60 500 1270 ;  
 L CP; B 60 360 190 1180 ;  
 L CP; B 280 60 300 1390 ;  
 L CP; B 360 260 1280 1250 ;  
 L CP; B 60 620 550 810 ;  
 L CP; B 580 60 810 1150 ;  
 L CD; B 920 220 1180 610 ;  
 L CD; B 540 300 1130 250 ;  
 L CD; B 400 100 1180 450 ;  
 L CD; B 420 300 1690 250 ;  
 L CD; B 260 80 1770 440 ;  
 L CD; B 300 240 1790 600 ;  
 L CM; B 140 140 1870 550 ;  
 C 1 T 1840 520 ;  
 C 2 T 1520 200 ;  
 L CM; B 140 80 1550 360 ;  
 C 2 T 900 200 ;  
 L CM; B 140 80 930 360 ;  
 L CP; B 100 60 1110 390 ;  
 L CP; B 100 60 1230 510 ;  
 C 1 T 1300 600 ;  
 L CP; B 180 300 730 910 ;  
 C 1 T 700 940 ;  
 L CM; B 120 140 740 970 ;  
 C 1 T 940 800 ;  
 L CP; B 240 140 1000 830 ;  
 L CM; B 160 140 960 830 ;  
 L CP; B 360 100 1000 1010 ;  
 L CP; B 60 320 1130 200 ;  
 L CP; B 60 340 1090 590 ;  
 L CP; B 60 320 910 600 ;  
 L CP; B 60 320 790 600 ;  
 L CP; B 60 520 1210 800 ;  
 L CP; B 60 480 1250 240 ;  
 L CP; B 280 160 180 1560 ;  
 C 1 T 220 1520 ;  
 L CM; B 140 160 250 1560 ;  
 L CP; B 60 600 70 1180 ;  
 L CM; B 340 60 270 990 ;  
 L CM; B 360 60 700 790 ;  
 L CM; B 80 200 640 1000 ;  
 L CM; B 240 80 560 1140 ;  
 L CM; B 80 260 480 890 ;  
 L CM; B 700 80 450 1360 ;  
 L CS; B 680 260 940 1550 ;  
 L CP; B 240 140 920 1310 ;  
 L CM; B 200 160 900 1320 ;  
 C 1 T 880 1280 ;  
 L CP; B 180 340 1390 950 ;  
 L CM; B 100 60 1130 1010 ;  
 C 1 T 1360 840 ;  
 L CM; B 180 340 1390 950 ;  
 L CM; B 260 60 1350 1150 ;  
 L CM; B 280 140 1260 630 ;  
 L CM; B 60 280 1150 840 ;  
 L CP; B 60 340 1450 610 ;  
 L CM; B 320 60 1640 590 ;  
 L CM; B 60 220 1510 730 ;  
 L CS; B 640 120 960 1740 ;  
 L CP; B 60 680 710 1520 ;  
 L CP; B 60 480 830 1620 ;  
 L CS; B 560 320 360 1840 ;  
 C 1 T 80 2040 ;  
 C 1 T 80 2180 ;  
 C 1 T 80 2400 ;  
 L CP; B 100 60 210 2550 ;  
 C 1 T 280 2640 ;  
 L CP; B 80 60 420 2550 ;  
 L CP; B 60 360 190 2760 ;  
 L CP; B 60 340 430 2750 ;  
 L CP; B 180 80 370 2960 ;  
 L CP; B 80 60 540 2430 ;  
 C 1 T 620 2280 ;  
 C 1 T 620 2140 ;  
 L CS; B 80 480 680 2140 ;  
 L CS; B 600 380 340 2190 ;  
 L CS; B 640 500 360 2630 ;  
 C 1 T 620 1940 ;  
 L CP; B 60 1100 410 1970 ;  
 L CP; B 60 1100 530 1850 ;  
 L CP; B 60 880 230 2080 ;  
 L CP; B 60 480 550 2700 ;  
 L CM; B 140 480 650 2140 ;  
 L CM; B 140 500 110 2250 ;  
 L CM; B 320 80 420 1940 ;  
 L CM; B 60 260 290 1770 ;  
 L CM; B 60 1440 70 1280 ;  
 L CS; B 520 420 1060 2250 ;

## FFD2Q

L CS; B 480 140 1040 1970 ;	C 1 T 2500 1220;
L CS; B 380 100 1090 1950 ;	C 1 T 2260 1220;
L CS; B 560 480 1040 2700 ;	L CM; B 260 140 2230 1250 ;
C 1 T 840 1940;	C 1 T 2400 1440;
C 1 T 840 2080;	L CS; B 440 180 2280 1470 ;
C 1 T 840 2220;	C 1 T 2400 1580;
C 1 T 840 2360;	C 1 T 2400 1720;
C 1 T 840 2500;	L CM; B 160 300 2520 1250 ;
L CP; B 100 60 1030 2570 ;	L CM; B 240 420 2480 1610 ;
L CP; B 100 60 1150 2450 ;	L CS; B 460 500 2270 1810 ;
L CP; B 60 1160 1010 1960 ;	C 1 T 2220 1960;
L CP; B 60 400 1050 2800 ;	L CM; B 140 140 2250 1990 ;
L CP; B 60 1040 1130 1900 ;	L CP; B 200 60 2300 1870 ;
L CP; B 60 520 1170 2740 ;	L CS; B 260 220 2370 2170 ;
L CM; B 920 80 680 2640 ;	L CS; B 240 240 2380 2400 ;
C 3 T 800 2740;	C 1 T 2220 2560;
C 1 T 1220 2300;	C 1 T 2080 2560;
L CM; B 60 1220 1110 1650 ;	C 1 T 1940 2560;
L CM; B 60 860 1250 1610 ;	L CP; B 60 240 1970 2800 ;
L CP; B 120 260 1600 890 ;	L CP; B 400 60 2200 2710 ;
L CP; B 160 180 1800 850 ;	L CS; B 180 380 2070 2330 ;
C 1 T 1760 820;	C 1 T 2060 2180;
L CP; B 420 160 1750 1100 ;	L CM; B 160 140 2080 2210 ;
C 1 T 1840 1060;	L CP; B 60 780 2370 2290 ;
L CM; B 160 160 1880 1100 ;	L CP; B 160 160 1940 1440 ;
L CP; B 440 60 1500 30 ;	L CM; B 140 160 1950 1440 ;
L CP; B 60 760 1750 380 ;	C 1 T 1920 1420;
L CP; B 60 320 1570 600 ;	C 1 T 1700 1420;
L CD; B 460 280 2270 260 ;	L CP; B 160 160 1720 1440 ;
L CP; B 200 80 2040 40 ;	L CM; B 160 160 1720 1440 ;
L CP; B 160 80 2280 40 ;	L CS; B 540 400 1630 1760 ;
C 1 T 2240 340;	L CS; B 500 40 1650 1980 ;
L CP; B 60 140 1970 150 ;	L CP; B 120 60 1940 2070 ;
L CP; B 180 60 2030 250 ;	L CP; B 60 200 1910 2200 ;
L CP; B 60 240 2150 340 ;	L CP; B 340 60 2050 2330 ;
L CP; B 120 60 2180 490 ;	L CM; B 80 260 1960 2270 ;
L CP; B 60 140 2310 150 ;	C 1 T 1800 1740;
L CP; B 80 60 2320 250 ;	C 1 T 1800 1900;
L CP; B 60 240 2390 340 ;	L CM; B 140 400 1830 1800 ;
L CP; B 100 60 2370 490 ;	C 1 T 1400 1600;
L CM; B 140 120 2270 380 ;	C 1 T 1400 1860;
L CD; B 480 280 2260 540 ;	L CM; B 140 400 1430 1760 ;
C 1 T 2060 580;	L CM; B 80 100 1800 2050 ;
L CP; B 60 200 2210 620 ;	L CS; B 440 580 1620 2290 ;
L CP; B 220 60 2130 750 ;	L CS; B 160 300 1760 2730 ;
L CP; B 60 360 2350 700 ;	L CS; B 660 360 2170 2700 ;
L CP; B 140 60 2310 910 ;	L CP; B 60 460 2050 1010 ;
L CM; B 140 400 2090 740 ;	L CP; B 60 1380 1550 1930 ;
L CP; B 160 380 1560 2810 ;	L CP; B 500 60 1830 1270 ;
C 3 T 1720 2740;	L CP; B 60 900 1710 1970 ;
L CD; B 380 240 2310 800 ;	L CP; B 540 60 1950 2450 ;
L CD; B 340 180 2290 1010 ;	L CP; B 60 1580 2570 2130 ;
C 1 T 2360 1000;	L CP; B 60 500 2230 1590 ;
L CM; B 280 140 2460 1030 ;	L CP; B 60 520 1970 1780 ;
L CP; B 160 200 2280 1240 ;	L CM; B 540 60 1490 2070 ;
L CP; B 60 200 2270 1040 ;	L CM; B 60 280 2130 1460 ;
L CP; B 160 80 2520 40 ;	L CM; B 180 60 2070 1630 ;
L CP; B 60 880 2570 520 ;	L CM; B 60 480 2010 1900 ;
L CP; B 100 180 2550 1050 ;	L CM; B 60 100 1470 1510 ;
L CP; B 160 200 2520 1240 ;	L CM; B 140 60 1570 1490 ;

## FFD2Q

L CM; B 600 160 2020 2600 ;  
L CM; B 160 80 1640 2640 ;  
L CM; B 420 20 1350 2670 ;  
L CM; B 840 140 1500 2330 ;  
L CP; B 180 80 2030 2960 ;  
L CP; B 160 80 2520 2960 ;  
L CM; B 80 460 2280 2290 ;  
L CM; B 360 80 2140 1060 ;  
L CM; B 80 420 1680 1150 ;  
L CM; B 80 180 1920 1270 ;  
L CM; B 380 180 1830 850 ;  
L CD; B 120 140 820 2770 ;  
L CD; B 120 140 1740 2770 ;  
L CS; B 140 120 930 220 ;  
L CS; B 140 120 1550 220 ;  
L CW; B 600 1180 2340 590 ;  
L CW; B 2040 1000 1020 500 ;  
L CM; B 140 700 870 2250 ;  
DF;  
C 18;  
E

## FFD2QR

DS 19 5 1;  
 9 ffd2qr;  
 L CM; B 2400 160 1200 240 ;  
 L CM; B 2400 160 1200 2760 ;  
 L CP; B 180 80 130 40 ;  
 C 1 T 280 200;  
 L CF; B 60 240 190 200 ;  
 L CP; B 140 60 230 350 ;  
 L CM; B 140 180 150 490 ;  
 L CP; B 60 260 430 190 ;  
 L CP; B 80 60 420 350 ;  
 L CD; B 460 460 310 350 ;  
 L CP; B 240 80 640 40 ;  
 L CD; B 440 340 300 750 ;  
 C 1 T 420 820;  
 C 1 T 120 440;  
 L CM; B 140 160 450 860 ;  
 C 1 T 640 700;  
 L CM; B 140 60 670 690 ;  
 L CM; B 200 80 700 760 ;  
 L CD; B 200 800 1980 520 ;  
 L CD; B 1260 520 1250 380 ;  
 L CD; B 1280 320 1240 800 ;  
 L CP; B 120 300 180 1130 ;  
 L CP; B 160 180 380 1070 ;  
 C 1 T 350 1060;  
 L CM; B 370 140 265 1090 ;  
 L CP; B 60 180 270 470 ;  
 L CP; B 120 60 240 590 ;  
 L CP; B 60 360 210 800 ;  
 L CP; B 60 320 410 540 ;  
 L CP; B 140 60 370 730 ;  
 L CP; B 60 220 330 870 ;  
 L CP; B 60 280 730 220 ;  
 L CP; B 120 60 760 390 ;  
 C 2 T 890 200;  
 L CP; B 100 500 670 1250 ;  
 L CP; B 60 360 1110 240 ;  
 L CP; B 180 60 1050 450 ;  
 L CM; B 780 120 690 380 ;  
 L CP; B 60 400 790 620 ;  
 L CP; B 160 60 740 850 ;  
 L CP; B 60 120 690 940 ;  
 L CP; B 60 220 990 590 ;  
 L CP; B 140 60 950 730 ;  
 L CP; B 60 240 910 880 ;  
 L CP; B 160 60 1180 610 ;  
 L CP; B 160 60 1080 850 ;  
 C 1 T 1220 820;  
 L CP; B 60 520 1230 320 ;  
 L CP; B 60 180 1130 730 ;  
 L CP; B 160 60 860 1030 ;  
 C 1 T 1220 700;  
 L CM; B 160 260 1260 790 ;  
 L CP; B 280 150 1260 1075 ;  
 C 1 T 1160 1040;  
 L CM; B 140 140 1190 1070 ;  
 L CP; B 160 150 980 1185 ;  
 L CM; B 140 140 970 1190 ;

C 1 T 940 1160;  
 L CM; B 760 60 600 550 ;  
 L CM; B 60 600 1010 820 ;  
 L CP; B 60 230 1030 995 ;  
 L CP; B 60 940 1370 530 ;  
 L CP; B 160 190 940 1415 ;  
 C 1 T 900 1400;  
 C 1 T 120 1360;  
 L CM; B 140 140 150 1390 ;  
 C 1 T 480 1360;  
 L CS; B 500 140 330 1390 ;  
 L CM; B 160 140 520 1390 ;  
 L CS; B 480 420 320 1670 ;  
 L CS; B 420 120 290 1940 ;  
 L CM; B 80 440 120 800 ;  
 L CM; B 80 440 560 1100 ;  
 L CM; B 80 160 120 1240 ;  
 L CP; B 100 120 410 1220 ;  
 L CP; B 60 250 270 1355 ;  
 L CP; B 140 60 230 1510 ;  
 L CP; B 60 200 390 1380 ;  
 L CP; B 100 60 410 1510 ;  
 L CM; B 200 140 900 1430 ;  
 L CP; B 60 260 810 1190 ;  
 L CP; B 80 60 820 1350 ;  
 L CP; B 80 60 760 1470 ;  
 L CM; B 140 140 310 1630 ;  
 C 1 T 280 1600;  
 L CP; B 60 180 430 1630 ;  
 L CP; B 120 60 400 1750 ;  
 L CP; B 60 180 190 1630 ;  
 L CP; B 80 60 200 1750 ;  
 L CS; B 460 880 270 2440 ;  
 L CM; B 140 140 110 2070 ;  
 C 1 T 80 2040;  
 L CP; B 80 60 220 1950 ;  
 L CP; B 60 140 210 1850 ;  
 L CP; B 60 180 230 2070 ;  
 L CP; B 120 60 200 2190 ;  
 L CP; B 120 60 340 2330 ;  
 L CM; B 140 140 430 2450 ;  
 C 1 T 400 2420;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CP; B 80 60 160 2650 ;  
 L CP; B 60 240 150 2800 ;  
 L CP; B 140 60 350 2650 ;  
 L CP; B 60 260 390 2810 ;  
 C 1 T 240 2740;  
 L CP; B 60 520 370 2040 ;  
 L CP; B 60 260 310 2490 ;  
 L CP; B 60 400 170 2420 ;  
 L CM; B 80 340 500 1630 ;  
 L CM; B 120 80 480 1840 ;  
 L CM; B 80 500 460 2130 ;  
 L CM; B 80 520 300 1960 ;  
 L CM; B 140 80 270 2260 ;  
 L CM; B 80 280 240 2440 ;  
 L CM; B 60 540 110 1730 ;  
 L CS; B 1500 920 1330 2420 ;  
 L CP; B 220 80 630 2960 ;

## FFD2QR

L CS; B 1440 410 1360 1755 ;	L CM; B 60 980 1510 1270 ;
C 1 T 680 1740;	L CP; B 120 280 1600 1140 ;
C 1 T 680 1860;	L CP; B 110 160 1715 1200 ;
L CM; B 160 380 720 1890 ;	C 1 T 1660 1170;
L CP; B 120 60 800 1650 ;	L CM; B 140 160 1690 1200 ;
C 1 T 680 1980;	L CP; B 60 560 1610 720 ;
L CP; B 60 120 770 1560 ;	L CP; B 60 580 1750 710 ;
L CP; B 60 540 830 1950 ;	L CP; B 170 60 1805 1030 ;
L CP; B 180 60 770 2250 ;	L CP; B 160 60 1920 530 ;
L CM; B 80 900 760 1250 ;	C 1 T 1960 640;
L CP; B 160 190 1180 1415 ;	L CM; B 140 140 1990 670 ;
L CM; B 150 140 1175 1410 ;	L CP; B 60 440 1970 280 ;
C 1 T 1150 1380;	L CP; B 160 560 2280 280 ;
L CM; B 380 60 690 2190 ;	L CM; B 300 60 1730 350 ;
L CM; B 60 100 1130 1530 ;	L CM; B 640 60 1880 490 ;
L CM; B 280 80 1020 1620 ;	C 1 T 2260 440;
L CM; B 80 560 920 1940 ;	L CP; B 60 200 1870 660 ;
L CP; B 60 640 710 2600 ;	L CP; B 120 60 1900 790 ;
L CM; B 660 100 430 2630 ;	L CP; B 60 240 1990 880 ;
C 1 T 860 2340;	L CM; B 160 100 1840 690 ;
C 1 T 860 2460;	L CP; B 170 280 2035 1140 ;
L CM; B 140 220 890 2410 ;	L CM; B 140 160 2050 1080 ;
L CP; B 80 60 1000 2250 ;	C 1 T 2020 1050;
L CP; B 60 240 1010 2400 ;	L CM; B 80 760 1800 1120 ;
C 2 T 880 2640;	C 1 T 1800 1540;
L CP; B 160 60 1060 2550 ;	C 1 T 1800 1660;
L CP; B 60 360 1110 2760 ;	L CM; B 140 260 1830 1630 ;
L CP; B 60 710 990 1865 ;	L CP; B 60 760 1570 1660 ;
L CP; B 160 60 1180 2430 ;	L CP; B 120 60 1540 2070 ;
C 1 T 1220 2280;	L CP; B 60 830 1510 2515 ;
C 1 T 1220 2160;	L CP; B 60 360 1860 1240 ;
C 1 T 1220 2040;	L CP; B 210 60 1785 1450 ;
L CP; B 60 890 1130 1955 ;	L CP; B 60 560 1710 1760 ;
L CP; B 60 480 1230 2700 ;	L CP; B 40 60 1700 2070 ;
L CM; B 140 400 1250 2180 ;	L CP; B 60 890 1750 2485 ;
L CS; B 780 230 1690 1435 ;	L CP; B 90 60 1965 1590 ;
L CM; B 100 200 1170 1240 ;	L CP; B 60 280 1980 1420 ;
L CP; B 100 60 1350 1950 ;	L CP; B 60 300 1950 1770 ;
C 1 T 1420 1800;	L CP; B 120 60 1920 1950 ;
L CM; B 160 140 1460 1830 ;	C 1 T 1600 2740;
L CP; B 340 60 1230 1230 ;	C 1 T 1600 2600;
L CP; B 60 480 1430 1440 ;	L CP; B 140 60 1930 2750 ;
L CP; B 160 60 1380 1710 ;	L CP; B 60 740 1890 2350 ;
L CP; B 60 180 1330 1830 ;	L CP; B 60 160 1970 2860 ;
L CM; B 60 760 1370 1240 ;	C 1 T 1600 2160;
L CM; B 160 60 1320 1650 ;	C 1 T 1600 2280;
L CM; B 60 300 1270 1830 ;	C 1 T 1600 2400;
L CP; B 60 960 1370 2460 ;	C 1 T 1980 2040;
L CP; B 160 70 1560 2965 ;	C 1 T 1980 2160;
L CP; B 160 70 1800 2965 ;	C 1 T 1980 2280;
L CP; B 160 80 1560 40 ;	C 1 T 1980 2400;
L CP; B 160 80 1800 40 ;	C 1 T 1980 2520;
C 1 T 1660 240;	C 1 T 1980 2640;
L CP; B 60 300 1510 230 ;	L CM; B 1360 160 1440 2600 ;
L CP; B 160 60 1560 410 ;	L CM; B 140 400 1630 2320 ;
L CP; B 60 280 1830 220 ;	L CM; B 140 520 2010 2260 ;
L CP; B 140 60 1790 390 ;	L CM; B 480 60 1560 2010 ;
C 1 T 1460 500;	L CM; B 60 180 1830 1950 ;
C 1 T 1460 680;	L CM; B 240 60 1920 1830 ;
L CM; B 140 320 1490 620 ;	L CP; B 160 560 2280 2720 ;



## FFD2QR

L CM; B 160 2200 2280 1500 ;  
C 1 T 2260 2500;  
L CM; B 80 700 2080 1510 ;  
L CW; B 1780 1040 1130 520 ;  
L CW; B 380 1000 2210 500 ;  
L CW; B 240 1000 120 500 ;  
L CS; B 140 120 920 220 ;  
L CD; B 140 120 910 2780 ;  
DF;  
C 19;  
E

## FFNAND

DS 20 5 1;  
 9 ffnand;  
 L CM; B 1200 160 600 240 ;  
 L CM; B 1200 160 600 2760 ;  
 L CP; B 260 80 170 40 ;  
 L CP; B 320 80 520 40 ;  
 L CP; B 160 80 840 40 ;  
 L CP; B 180 80 1070 40 ;  
 L CD; B 1050 600 605 420 ;  
 L CP; B 60 140 1010 150 ;  
 L CP; B 140 60 970 250 ;  
 L CP; B 60 420 810 290 ;  
 L CP; B 60 420 390 290 ;  
 L CM; B 320 160 600 400 ;  
 C 2 T 580 200;  
 C 1 T 570 420;  
 L CP; B 150 60 435 530 ;  
 L CP; B 150 60 315 650 ;  
 L CP; B 60 540 270 350 ;  
 L CP; B 150 60 765 530 ;  
 L CP; B 150 60 885 650 ;  
 L CP; B 60 340 930 450 ;  
 C 1 T 570 540;  
 C 1 T 570 660;  
 C 1 T 570 820;  
 C 1 T 570 1000;  
 C 1 T 570 1120;  
 C 1 T 120 440;  
 C 1 T 120 620;  
 L CM; B 140 300 150 550 ;  
 L CM; B 230 60 195 730 ;  
 C 1 T 210 740;  
 C 1 T 210 980;  
 C 1 T 210 860;  
 L CD; B 960 60 650 750 ;  
 C 1 T 210 1140;  
 C 1 T 210 1260;  
 L CD; B 860 620 600 1090 ;  
 L CM; B 140 600 240 1060 ;  
 C 1 T 1030 440;  
 C 1 T 1030 560;  
 C 1 T 930 740;  
 C 1 T 930 900;  
 L CM; B 240 80 1010 740 ;  
 L CM; B 140 300 1060 550 ;  
 L CM; B 140 750 600 855 ;  
 C 1 T 930 1020;  
 C 1 T 930 1140;  
 C 1 T 930 1260;  
 L CM; B 140 520 960 1040 ;  
 L CM; B 450 60 895 1330 ;  
 L CM; B 60 80 700 1400 ;  
 L CP; B 80 60 710 1470 ;  
 L CP; B 100 60 500 1470 ;  
 L CP; B 150 140 315 1510 ;  
 C 1 T 280 1480;  
 L CM; B 260 140 370 1510 ;  
 L CP; B 60 880 480 1000 ;  
 L CP; B 60 760 360 1060 ;  
 L CP; B 60 880 720 1000 ;  
 L CP; B 60 760 840 1060 ;  
 L CM; B 270 60 535 1410 ;  
 L CP; B 160 140 890 1510 ;  
 L CM; B 160 140 890 1510 ;  
 C 1 T 870 1480;  
 L CM; B 230 60 695 1550 ;  
 L CM; B 60 80 610 1620 ;  
 L CM; B 60 300 1090 1510 ;  
 L CM; B 70 360 135 1480 ;  
 L CP; B 300 80 190 2960 ;  
 L CP; B 220 80 570 2960 ;  
 L CP; B 160 80 840 2960 ;  
 L CP; B 160 80 1080 2960 ;  
 C 1 T 100 2740;  
 C 1 T 100 2620;  
 C 1 T 100 2500;  
 C 2 T 80 2220;  
 L CS; B 1120 700 600 2530 ;  
 L CP; B 60 240 310 2800 ;  
 L CP; B 120 60 280 2650 ;  
 L CM; B 140 140 370 2530 ;  
 C 1 T 340 2500;  
 L CP; B 60 180 250 2530 ;  
 L CP; B 140 60 290 2410 ;  
 L CM; B 160 320 120 2520 ;  
 L CM; B 200 180 140 2270 ;  
 C 1 T 110 2020;  
 C 1 T 110 1840;  
 L CM; B 160 380 150 1990 ;  
 L CS; B 1060 540 600 1910 ;  
 L CP; B 60 120 790 2860 ;  
 L CP; B 120 60 760 2770 ;  
 C 1 T 580 2740;  
 C 1 T 580 2620;  
 C 1 T 580 2420;  
 C 1 T 580 2300;  
 C 1 T 580 2180;  
 C 1 T 580 2060;  
 L CM; B 160 100 600 2630 ;  
 L CM; B 140 560 610 2300 ;  
 L CP; B 90 60 715 1970 ;  
 L CP; B 90 60 505 1970 ;  
 L CP; B 60 160 1030 2840 ;  
 L CP; B 120 60 1000 2730 ;  
 C 1 T 1060 2580;  
 C 1 T 1060 2460;  
 L CP; B 60 260 970 2570 ;  
 L CP; B 140 60 930 2410 ;  
 C 1 T 820 2500;  
 L CM; B 140 140 850 2530 ;  
 C 2 T 1060 2220;  
 L CM; B 170 180 1075 2270 ;  
 C 1 T 1030 2020;  
 C 1 T 1030 1840;  
 L CM; B 140 380 1060 1990 ;  
 L CM; B 140 320 1090 2520 ;  
 L CP; B 110 60 915 1970 ;  
 L CM; B 140 260 820 1790 ;  
 C 1 T 790 1700;

## FFNAND

C 1 T 790 1820 ;  
L CP; B 60 740 730 2370 ;  
L CM; B 60 540 810 2190 ;  
L CP; B 60 380 890 2190 ;  
L CP; B 60 920 490 2460 ;  
L CP; B 60 360 940 1760 ;  
L CP; B 60 440 700 1720 ;  
L CM; B 230 60 1005 1690 ;  
L CP; B 60 440 520 1720 ;  
C 1 T 350 1820 ;  
C 1 T 350 1700 ;  
L CM; B 160 260 400 1790 ;  
L CM; B 60 540 410 2190 ;  
L CP; B 110 60 305 1970 ;  
L CP; B 60 360 280 1760 ;  
L CM; B 220 60 210 1690 ;  
L CP; B 60 380 330 2190 ;  
L CM; B 160 80 560 1700 ;  
L CD; B 140 120 1090 2240 ;  
L CD; B 140 120 110 2240 ;  
L CS; B 140 120 610 220 ;  
L CW; B 1200 1000 600 500 ;  
L CW; B 1020 480 600 1240 ;  
DF ;  
C 20 ;  
E

## FFNOR

DS 21 5 1 ;  
 9 ffnor ;  
 L CM; B 1200 160 600 240 ;  
 L CM; B 1200 160 600 2760 ;  
 L CP; B 180 140 130 70 ;  
 L CP; B 260 60 170 170 ;  
 C 1 T 120 280 ;  
 L CP; B 160 80 360 40 ;  
 L CP; B 60 260 390 210 ;  
 L CP; B 160 80 600 40 ;  
 L CP; B 160 80 840 40 ;  
 L CP; B 60 240 830 200 ;  
 L CP; B 120 60 860 350 ;  
 L CD; B 660 120 790 180 ;  
 C 3 T 920 200 ;  
 C 1 T 500 220 ;  
 L CD; B 1040 360 600 420 ;  
 L CM; B 1110 60 595 350 ;  
 L CP; B 180 60 450 370 ;  
 C 1 T 360 500 ;  
 L CP; B 60 260 510 530 ;  
 L CP; B 60 440 270 420 ;  
 L CP; B 60 580 650 370 ;  
 L CM; B 560 140 320 530 ;  
 L CP; B 60 260 890 510 ;  
 C 1 T 740 500 ;  
 L CM; B 420 140 910 530 ;  
 L CP; B 180 180 870 730 ;  
 C 1 T 840 720 ;  
 L CM; B 140 140 870 750 ;  
 L CP; B 100 160 670 740 ;  
 L CP; B 120 160 480 740 ;  
 L CP; B 180 180 250 730 ;  
 C 1 T 220 720 ;  
 L CM; B 220 140 290 750 ;  
 L CM; B 80 140 360 890 ;  
 L CM; B 200 80 700 720 ;  
 L CM; B 300 60 550 870 ;  
 L CM; B 460 60 630 930 ;  
 C 1 T 900 940 ;  
 C 1 T 900 1080 ;  
 L CS; B 820 300 600 1010 ;  
 C 1 T 900 1220 ;  
 C 1 T 1020 1220 ;  
 C 1 T 120 1220 ;  
 L CP; B 180 80 130 2960 ;  
 L CP; B 180 80 1070 2960 ;  
 L CS; B 1040 1720 600 2020 ;  
 L CM; B 260 420 990 1110 ;  
 C 1 T 120 1340 ;  
 C 1 T 120 1460 ;  
 C 1 T 120 1580 ;  
 C 1 T 120 1700 ;  
 C 1 T 120 1820 ;  
 C 1 T 120 1940 ;  
 C 1 T 120 2060 ;  
 C 1 T 120 2180 ;  
 C 1 T 120 2300 ;  
 C 1 T 120 2420 ;  
 L CM; B 140 1260 150 1910 ;  
 L CM; B 180 140 130 1210 ;  
 C 1 T 1020 1340 ;  
 C 1 T 1020 1460 ;  
 C 1 T 1020 1580 ;  
 C 1 T 1020 1700 ;  
 C 1 T 1020 1820 ;  
 C 1 T 1020 1940 ;  
 C 1 T 1020 2060 ;  
 C 1 T 1020 2180 ;  
 C 1 T 1020 2300 ;  
 C 1 T 1020 2420 ;  
 L CM; B 140 1240 1050 1940 ;  
 L CM; B 120 160 540 680 ;  
 L CM; B 80 300 1080 750 ;  
 L CP; B 180 60 870 1370 ;  
 L CP; B 180 60 750 1490 ;  
 C 1 T 660 1580 ;  
 C 1 T 540 1440 ;  
 C 1 T 540 1320 ;  
 C 1 T 540 1560 ;  
 C 1 T 540 1200 ;  
 C 1 T 540 1080 ;  
 C 1 T 540 1680 ;  
 C 1 T 540 1800 ;  
 C 1 T 660 1720 ;  
 C 1 T 660 1860 ;  
 C 1 T 540 1920 ;  
 C 1 T 540 2040 ;  
 C 1 T 540 2160 ;  
 C 1 T 660 2000 ;  
 C 1 T 660 2140 ;  
 C 1 T 540 2280 ;  
 C 1 T 540 2400 ;  
 C 1 T 540 2520 ;  
 C 1 T 660 2280 ;  
 C 1 T 660 2400 ;  
 C 1 T 660 2520 ;  
 L CM; B 140 1540 570 1810 ;  
 L CM; B 120 1040 700 2060 ;  
 L CM; B 300 100 610 2630 ;  
 C 2 T 580 2640 ;  
 L CP; B 100 60 430 1490 ;  
 L CP; B 100 60 290 1350 ;  
 L CP; B 140 60 230 2750 ;  
 L CP; B 60 140 190 2850 ;  
 L CP; B 160 80 360 2960 ;  
 L CP; B 160 80 840 2960 ;  
 L CP; B 140 60 970 2730 ;  
 L CP; B 60 160 1010 2840 ;  
 L CP; B 60 500 310 1070 ;  
 L CP; B 60 640 450 1140 ;  
 L CP; B 60 640 690 1140 ;  
 L CP; B 60 520 810 1080 ;  
 L CM; B 60 540 70 870 ;  
 L CP; B 60 1340 270 2050 ;  
 L CP; B 60 1400 410 2220 ;  
 L CP; B 60 1400 810 2220 ;  
 L CP; B 60 1300 930 2050 ;  
 L CS; B 120 140 1060 230 ;  
 L CD; B 140 120 610 2780 ;  
 L CW; B 1200 700 600 350 ;  
 DF ;  
 C 21 ;  
 E

## FULADD

DS 22 5 1;  
 9 fuladd;  
 L CM; B 3360 160 1680 240 ;  
 L CM; B 3360 160 1680 2760 ;  
 L CD; B 140 720 1090 560 ;  
 L CD; B 400 800 1360 520 ;  
 L CD; B 160 720 1640 480 ;  
 L CD; B 160 180 1800 210 ;  
 C 1 T 1780 200;  
 L CD; B 800 800 620 520 ;  
 L CD; B 60 720 190 480 ;  
 L CD; B 100 520 1770 560 ;  
 C 1 T 1720 400;  
 C 1 T 1720 540;  
 C 1 T 1720 680;  
 L CP; B 170 80 115 40 ;  
 C 1 T 200 740;  
 C 1 T 200 600;  
 L CM; B 140 200 230 660 ;  
 L CP; B 150 180 105 970 ;  
 L CM; B 260 60 170 790 ;  
 L CM; B 140 220 110 930 ;  
 C 1 T 80 940;  
 L CP; B 90 800 75 480 ;  
 C 2 T 450 200;  
 L CP; B 120 60 320 430 ;  
 L CP; B 140 160 310 1040 ;  
 C 1 T 260 1170;  
 L CP; B 160 160 300 1200 ;  
 L CM; B 140 220 290 1230 ;  
 L CM; B 100 140 310 1050 ;  
 L CM; B 180 60 350 950 ;  
 L CP; B 60 500 350 710 ;  
 L CM; B 60 140 410 850 ;  
 L CP; B 80 60 580 790 ;  
 L CP; B 140 60 630 450 ;  
 L CP; B 60 280 590 620 ;  
 C 1 T 440 540;  
 L CM; B 140 160 470 560 ;  
 L CM; B 320 160 480 400 ;  
 L CP; B 60 340 290 230 ;  
 L CP; B 60 360 670 240 ;  
 L CP; B 160 260 520 1090 ;  
 L CM; B 140 140 510 1130 ;  
 C 1 T 480 1100;  
 L CM; B 60 140 550 990 ;  
 L CP; B 180 60 530 1250 ;  
 C 1 T 700 1040;  
 L CP; B 160 100 740 1050 ;  
 L CP; B 80 60 700 1130 ;  
 L CP; B 140 40 750 980 ;  
 L CP; B 80 40 780 1120 ;  
 L CM; B 160 140 740 1070 ;  
 L CP; B 140 80 870 1240 ;  
 L CP; B 60 900 790 510 ;  
 L CP; B 60 140 570 890 ;  
 L CP; B 60 1200 910 600 ;  
 C 1 T 1000 440;  
 L CM; B 120 140 1040 470 ;  
 L CP; B 60 180 1090 230 ;  
 L CP; B 60 60 1090 350 ;  
 L CP; B 60 240 1150 440 ;  
 L CP; B 180 60 1090 590 ;  
 L CP; B 140 340 1070 1130 ;  
 C 1 T 1040 1180;  
 L CM; B 140 220 1070 1250 ;  
 L CP; B 80 180 1260 1050 ;  
 L CP; B 160 160 1300 1220 ;  
 L CM; B 140 140 1290 1210 ;  
 C 1 T 1260 1180;  
 L CP; B 180 100 1450 1010 ;  
 L CP; B 80 140 1580 1070 ;  
 L CP; B 100 80 1490 1100 ;  
 C 1 T 1500 1040;  
 L CP; B 140 120 1510 1200 ;  
 L CM; B 140 140 1530 1070 ;  
 C 1 T 1120 680;  
 C 1 T 1480 560;  
 C 1 T 1480 680;  
 L CP; B 180 60 1450 470 ;  
 C 1 T 1360 320;  
 L CM; B 140 100 1390 370 ;  
 L CP; B 180 100 1850 910 ;  
 L CM; B 140 140 1850 930 ;  
 C 1 T 1820 900;  
 L CP; B 80 120 1720 1000 ;  
 L CP; B 160 60 1680 910 ;  
 L CP; B 240 100 1880 1010 ;  
 L CP; B 120 140 1740 1130 ;  
 L CP; B 120 180 2060 1050 ;  
 L CP; B 60 960 1270 480 ;  
 L CP; B 60 380 1510 250 ;  
 L CP; B 60 460 1390 730 ;  
 L CP; B 60 880 1630 440 ;  
 L CP; B 60 960 2090 480 ;  
 L CP; B 300 80 1090 40 ;  
 L CP; B 400 80 1860 40 ;  
 L CP; B 60 340 1030 790 ;  
 L CM; B 640 60 1140 1030 ;  
 L CM; B 1260 60 1150 890 ;  
 L CM; B 360 140 1260 710 ;  
 L CM; B 80 320 940 560 ;  
 L CM; B 140 260 1510 650 ;  
 L CM; B 600 60 680 750 ;  
 L CM; B 320 60 1820 350 ;  
 L CM; B 140 400 1750 580 ;  
 L CD; B 80 440 1940 600 ;  
 L CD; B 300 260 2110 250 ;  
 C 1 T 2180 280;  
 C 1 T 2180 400;  
 L CM; B 140 180 2210 410 ;  
 L CM; B 140 280 1970 600 ;  
 C 1 T 1940 500;  
 C 1 T 1940 640;  
 L CD; B 280 540 2120 650 ;  
 L CP; B 180 60 2270 550 ;  
 C 1 T 2300 640;  
 L CD; B 500 720 2510 560 ;  
 L CD; B 440 720 2980 480 ;

## FULADD

L CD; B 380 80 2950 880 ;  
 C 1 T 3100 720 ;  
 L CM; B 120 140 3120 750 ;  
 L CP; B 160 180 2260 1050 ;  
 L CM; B 160 140 2260 1070 ;  
 C 1 T 2240 1040 ;  
 L CP; B 140 200 2490 1060 ;  
 C 1 T 2460 1040 ;  
 L CM; B 140 220 2490 1110 ;  
 L CP; B 100 200 2670 1060 ;  
 L CP; B 140 220 2850 1070 ;  
 L CM; B 140 140 2850 1110 ;  
 C 1 T 2820 1080 ;  
 L CP; B 140 140 3110 1190 ;  
 L CM; B 120 140 3120 1190 ;  
 C 1 T 3080 1160 ;  
 L CP; B 150 180 3255 970 ;  
 L CM; B 140 360 3250 860 ;  
 C 1 T 3220 940 ;  
 C 2 T 2850 200 ;  
 L CP; B 120 60 2780 450 ;  
 C 1 T 2900 480 ;  
 L CM; B 140 100 2930 530 ;  
 L CP; B 100 60 3030 630 ;  
 L CP; B 80 60 3060 390 ;  
 L CP; B 60 180 3050 510 ;  
 L CM; B 320 160 2880 400 ;  
 C 1 T 2540 660 ;  
 L CM; B 140 140 2570 690 ;  
 L CP; B 60 820 2450 550 ;  
 L CP; B 60 520 2330 260 ;  
 L CP; B 60 380 2210 770 ;  
 L CP; B 60 540 2570 270 ;  
 L CP; B 120 60 2600 570 ;  
 L CP; B 60 420 2690 750 ;  
 L CP; B 60 480 2810 720 ;  
 L CP; B 60 300 3070 210 ;  
 L CP; B 60 420 2690 270 ;  
 L CP; B 180 80 2450 40 ;  
 L CM; B 360 140 2220 670 ;  
 L CM; B 60 220 2950 790 ;  
 L CM; B 280 80 2780 720 ;  
 L CP; B 170 80 3245 40 ;  
 L CP; B 90 800 3285 480 ;  
 L CS; B 800 740 560 1690 ;  
 L CS; B 800 240 620 2180 ;  
 L CS; B 860 580 590 2590 ;  
 L CP; B 170 80 115 2960 ;  
 C 1 T 200 2340 ;  
 L CP; B 150 160 105 2180 ;  
 L CM; B 140 240 110 2180 ;  
 C 1 T 80 2140 ;  
 C 1 T 200 1460 ;  
 C 1 T 200 1580 ;  
 C 1 T 200 1700 ;  
 C 1 T 200 1820 ;  
 C 1 T 200 1960 ;  
 L CM; B 260 100 170 2010 ;  
 L CM; B 260 140 170 2370 ;  
 L CM; B 260 100 170 1470 ;  
 L CM; B 140 440 230 1740 ;  
 L CM; B 100 380 90 1230 ;  
 L CP; B 90 660 75 2590 ;  
 L CP; B 120 60 320 2570 ;  
 C 2 T 450 2640 ;  
 L CP; B 140 60 630 2550 ;  
 L CM; B 320 160 480 2600 ;  
 C 1 T 440 2420 ;  
 C 1 T 440 2280 ;  
 L CP; B 140 60 750 2430 ;  
 L CP; B 140 60 870 2310 ;  
 C 1 T 440 2140 ;  
 C 1 T 440 2000 ;  
 C 1 T 440 1860 ;  
 C 1 T 440 1720 ;  
 C 1 T 440 1580 ;  
 C 1 T 440 1460 ;  
 L CP; B 60 1260 350 1910 ;  
 L CP; B 60 340 290 2770 ;  
 L CP; B 60 360 670 2760 ;  
 L CP; B 60 1240 590 1900 ;  
 L CP; B 60 1240 710 1780 ;  
 L CP; B 60 1000 830 1780 ;  
 L CP; B 60 660 910 2670 ;  
 L CP; B 60 480 790 2700 ;  
 C 1 T 920 2020 ;  
 L CP; B 100 60 1050 2170 ;  
 L CM; B 140 1100 470 1970 ;  
 L CP; B 180 60 1010 1930 ;  
 C 1 T 1040 1780 ;  
 C 1 T 920 1540 ;  
 L CM; B 100 140 970 1570 ;  
 L CM; B 100 140 1050 1810 ;  
 C 1 T 1160 1540 ;  
 L CS; B 580 720 1250 1700 ;  
 L CS; B 140 740 1090 2430 ;  
 L CS; B 740 180 1530 2790 ;  
 L CS; B 660 640 1490 2380 ;  
 L CS; B 280 760 1680 1680 ;  
 L CP; B 60 180 1090 2770 ;  
 L CP; B 120 60 1120 2650 ;  
 C 1 T 1000 2500 ;  
 C 1 T 1120 2260 ;  
 L CM; B 140 140 1150 2290 ;  
 C 1 T 1360 2500 ;  
 L CP; B 180 60 1450 2410 ;  
 C 1 T 1360 2620 ;  
 L CM; B 100 220 1410 2570 ;  
 C 1 T 1480 2260 ;  
 L CM; B 140 140 1510 2290 ;  
 C 1 T 1520 2020 ;  
 L CP; B 100 60 1650 2170 ;  
 C 1 T 1720 2260 ;  
 C 1 T 1720 2400 ;  
 C 1 T 1280 1780 ;  
 C 1 T 1280 1900 ;  
 L CP; B 180 60 1250 1690 ;  
 C 1 T 1280 2020 ;  
 L CP; B 140 60 1230 2170 ;  
 L CP; B 100 60 1410 2170 ;

# FULADD

C 1 T 1720 2540;  
 L CM; B 300 60 1830 2650 ;  
 C 1 T 1800 2740;  
 L CP; B 60 160 1470 1340 ;  
 L CP; B 100 60 1450 1450 ;  
 C 1 T 1520 1540;  
 L CP; B 100 60 1650 1690 ;  
 C 1 T 1720 1780;  
 L CM; B 140 140 1750 1810 ;  
 L CP; B 60 360 1070 1480 ;  
 L CP; B 180 60 1010 1690 ;  
 L CP; B 60 180 950 1810 ;  
 L CP; B 60 180 1070 2050 ;  
 L CP; B 60 180 1030 2290 ;  
 L CP; B 120 60 1060 2410 ;  
 L CP; B 60 240 1150 2500 ;  
 L CP; B 60 360 1310 1480 ;  
 L CP; B 60 420 1190 1930 ;  
 L CP; B 60 800 1270 2600 ;  
 L CP; B 60 660 1430 1810 ;  
 L CP; B 60 180 1390 2290 ;  
 L CP; B 60 500 1510 2690 ;  
 L CP; B 160 60 1720 1230 ;  
 L CP; B 60 400 1670 1460 ;  
 L CP; B 60 180 1630 1810 ;  
 L CP; B 40 60 1620 1930 ;  
 L CP; B 60 240 1670 2020 ;  
 L CP; B 60 800 1630 2600 ;  
 L CP; B 300 80 1090 2960 ;  
 L CM; B 560 60 640 1310 ;  
 L CM; B 60 580 1130 1930 ;  
 L CM; B 60 560 1330 2400 ;  
 L CM; B 520 140 1360 1570 ;  
 L CM; B 140 400 1750 2420 ;  
 L CM; B 140 380 1310 1930 ;  
 L CM; B 140 140 1550 2050 ;  
 L CM; B 100 100 1530 2170 ;  
 L CM; B 100 340 1530 1810 ;  
 L CM; B 80 640 880 1660 ;  
 L CM; B 140 60 950 2090 ;  
 L CM; B 180 80 930 2020 ;  
 L CM; B 100 140 1050 2530 ;  
 L CM; B 120 180 1760 1650 ;  
 L CM; B 120 480 940 2360 ;  
 L CM; B 120 340 1760 2050 ;  
 L CS; B 480 1440 2140 1900 ;  
 L CS; B 280 260 2120 2750 ;  
 C 1 T 2180 2560;  
 L CM; B 140 160 2210 2600 ;  
 L CP; B 400 80 1860 2960 ;  
 C 1 T 1940 2320;  
 L CP; B 120 60 2060 2230 ;  
 L CM; B 500 140 2150 2350 ;  
 L CP; B 180 60 2270 2470 ;  
 C 1 T 2300 2320;  
 L CP; B 100 60 2430 2230 ;  
 C 1 T 2500 2080;  
 C 1 T 2120 2080;  
 L CP; B 120 60 2240 1990 ;  
 C 1 T 1940 1840;

C 1 T 2300 1840;  
 L CM; B 500 140 2150 1870 ;  
 L CM; B 400 140 2020 2110 ;  
 L CP; B 100 60 2430 1750 ;  
 L CP; B 100 60 2430 1350 ;  
 L CP; B 60 580 2030 1430 ;  
 L CP; B 120 60 2060 1750 ;  
 L CP; B 60 180 2090 1870 ;  
 L CP; B 120 60 2060 1990 ;  
 L CP; B 60 180 2030 2110 ;  
 L CP; B 60 740 2090 2630 ;  
 L CP; B 60 580 2270 1430 ;  
 L CP; B 120 60 2240 1750 ;  
 L CP; B 60 180 2210 1870 ;  
 L CP; B 60 180 2270 2110 ;  
 L CP; B 120 60 2240 2230 ;  
 L CP; B 60 180 2210 2350 ;  
 L CP; B 60 420 2330 2710 ;  
 L CP; B 60 160 2450 1240 ;  
 L CP; B 60 340 2410 1550 ;  
 L CP; B 60 180 2450 1870 ;  
 L CP; B 100 60 2430 1990 ;  
 L CP; B 60 180 2410 2110 ;  
 L CP; B 60 600 2450 2560 ;  
 L CP; B 240 80 2420 2960 ;  
 C 1 T 2120 1600;  
 L CM; B 400 140 2020 1630 ;  
 L CP; B 140 60 2610 2430 ;  
 L CP; B 140 60 2730 2550 ;  
 C 2 T 2850 2640;  
 L CP; B 120 60 3040 2570 ;  
 L CS; B 360 1420 2560 1910 ;  
 L CS; B 200 1400 2840 1920 ;  
 L CS; B 500 180 2510 2710 ;  
 L CS; B 440 260 2980 2750 ;  
 L CS; B 260 320 3070 2460 ;  
 L CS; B 200 240 3040 2180 ;  
 L CS; B 260 760 3070 1680 ;  
 L CP; B 60 140 2810 1250 ;  
 L CP; B 100 60 2790 1350 ;  
 C 1 T 2860 1440;  
 C 1 T 2860 1580;  
 C 1 T 3100 1440;  
 C 1 T 3100 1560;  
 C 1 T 2860 1720;  
 C 1 T 3100 1700;  
 C 1 T 3100 1840;  
 C 1 T 2860 1860;  
 C 1 T 2860 2000;  
 C 1 T 2860 2140;  
 C 1 T 3100 1960;  
 C 1 T 2860 2280;  
 C 1 T 2860 2420;  
 C 1 T 3100 2340;  
 L CP; B 60 340 3070 2770 ;  
 L CP; B 170 80 3245 2960 ;  
 C 1 T 3220 2160;  
 L CP; B 150 160 3255 2180 ;  
 L CP; B 60 1880 3010 1600 ;  
 L CP; B 60 1140 2770 1950 ;

## FULADD

L CP; B 60 1240 2650 1780 ;  
L CP; B 60 540 2570 2730 ;  
L CP; B 60 280 2690 2720 ;  
L CM; B 260 100 3190 2010 ;  
L CM; B 140 240 3250 2180 ;  
L CM; B 260 140 3190 2370 ;  
L CM; B 140 1120 2890 1960 ;  
L CM; B 140 560 3130 1680 ;  
C 1 T 2500 1440 ;  
C 1 T 2500 1600 ;  
L CM; B 140 280 2530 1560 ;  
L CM; B 140 140 2530 2110 ;  
L CM; B 120 340 2540 1870 ;  
L CM; B 120 80 3260 1440 ;  
L CM; B 60 100 2670 1310 ;  
L CM; B 1700 60 1850 1390 ;  
L CM; B 300 60 2850 1290 ;  
L CM; B 60 420 3030 1110 ;  
L CM; B 60 360 3290 1220 ;  
L CM; B 80 340 2340 2110 ;  
L CM; B 1200 60 1960 1250 ;  
L CM; B 580 60 1890 1110 ;  
L CM; B 860 60 2350 890 ;  
L CM; B 60 180 2810 950 ;  
L CW; B 3360 1000 1680 500 ;  
L CP; B 90 660 3285 2590 ;  
L CS; B 140 120 480 220 ;  
L CS; B 140 120 2880 220 ;  
L CD; B 140 120 480 2780 ;  
L CD; B 140 120 2880 2780 ;  
L CM; B 80 60 2960 930 ;  
L CM; B 320 160 2880 2600 ;  
DF;  
C 22;  
E



# INV

L CM; B 200 60 1060 2650 ;  
L CM; B 140 620 1090 2310 ;  
L CM; B 40 140 1000 1950 ;  
L CM; B 100 120 1070 1940 ;  
C 2 T 1060 2380 ;  
L CP; B 550 80 655 2960 ;  
L CP; B 60 580 900 2630 ;  
L CP; B 60 440 770 2700 ;  
L CP; B 60 440 530 2700 ;  
L CP; B 60 440 410 2700 ;  
L CP; B 160 80 120 2960 ;  
L CP; B 140 660 110 2590 ;  
L CM; B 140 140 110 2350 ;  
C 1 T 80 2320 ;  
L CM; B 80 1180 80 1690 ;  
L CM; B 60 340 470 1470 ;  
L CM; B 60 340 870 1470 ;  
L CM; B 100 340 1070 1710 ;  
L CM; B 60 340 870 1950 ;  
L CM; B 60 320 670 1720 ;  
L CM; B 60 340 470 1950 ;  
L CM; B 60 340 290 1710 ;  
L CM; B 60 480 670 2260 ;  
L CM; B 60 480 290 2260 ;  
L CD; B 140 120 1090 2520 ;  
L CS; B 140 120 1050 260 ;  
L CW; B 1200 1000 600 500 ;  
L CM; B 60 300 290 470 ;  
DF;  
C 24;  
E

# INVX4

DS 23 5 1;  
9 inv ;  
L CM; B 720 160 360 240 ;  
L CM; B 720 160 360 2760 ;  
L CP; B 160 80 120 40 ;  
L CP; B 60 320 70 240 ;  
L CP; B 160 80 600 40 ;  
L CP; B 60 180 550 170 ;  
L CP; B 180 60 430 230 ;  
L CD; B 420 460 430 350 ;  
L CD; B 500 220 390 690 ;  
L CD; B 360 120 320 860 ;  
L CP; B 140 150 110 475 ;  
L CC; B 60 60 110 470 ;  
L CM; B 140 140 110 470 ;  
L CM; B 140 1590 230 1485 ;  
L CM; B 260 150 170 615 ;  
L CP; B 160 100 120 2950 ;  
L CP; B 60 300 70 2750 ;  
L CP; B 140 150 110 2525 ;  
L CC; B 60 60 110 2530 ;  
L CM; B 260 170 170 2365 ;  
L CM; B 140 150 110 2525 ;  
L CP; B 60 2640 370 1580 ;  
L CP; B 180 60 430 2930 ;  
L CP; B 160 100 600 2950 ;  
L CM; B 140 480 570 560 ;  
L CC; B 60 60 570 730 ;  
L CC; B 60 160 570 400 ;  
L CM; B 140 1280 570 2040 ;  
L CC; B 60 60 570 2690 ;  
L CC; B 60 60 570 2570 ;  
L CC; B 60 60 570 2450 ;  
L CC; B 60 60 570 2330 ;  
L CC; B 60 60 570 2210 ;  
L CC; B 60 160 570 2020 ;  
L CC; B 60 60 570 1730 ;  
L CC; B 60 60 570 1610 ;  
L CC; B 60 60 570 1490 ;  
L CC; B 60 60 230 2290 ;  
L CC; B 60 60 230 2170 ;  
L CC; B 60 60 230 2050 ;  
L CC; B 60 60 230 1930 ;  
L CC; B 60 60 230 1810 ;  
L CC; B 60 60 230 1690 ;  
L CC; B 60 60 230 1570 ;  
L CC; B 60 60 230 1450 ;  
L CC; B 60 60 230 1330 ;  
L CS; B 120 1480 580 2100 ;  
L CS; B 290 1660 375 2010 ;  
L CS; B 90 1230 185 1795 ;  
L CC; B 60 60 230 830 ;  
L CC; B 60 60 230 710 ;  
L CD; B 140 120 570 1960 ;  
L CS; B 140 120 570 460 ;  
L CW; B 720 1000 360 500 ;  
DF;  
C 23;  
E

## INVX4

OS 24 5 1;  
 9 invx4 ;  
 L CM; B 1200 160 600 240 ;  
 L CM; B 1200 160 600 2760 ;  
 L CP; B 160 80 120 40 ;  
 L CP; B 570 80 605 40 ;  
 L CD; B 900 480 670 360 ;  
 L CD; B 940 320 650 760 ;  
 L CM; B 140 280 250 760 ;  
 C 1 T 220 660;  
 C 1 T 220 800;  
 C 1 T 460 700;  
 C 1 T 460 820;  
 L CP; B 60 460 350 310 ;  
 L CP; B 80 60 360 570 ;  
 L CM; B 140 140 110 470 ;  
 C 1 T 80 440;  
 L CP; B 140 480 110 320 ;  
 L CP; B 180 60 550 610 ;  
 L CM; B 140 220 610 430 ;  
 C 1 T 580 440;  
 L CP; B 60 500 490 330 ;  
 C 1 T 580 280;  
 L CM; B 140 320 490 820 ;  
 L CP; B 60 320 610 800 ;  
 L CP; B 60 360 370 780 ;  
 L CP; B 60 880 730 520 ;  
 L CP; B 60 500 860 330 ;  
 L CM; B 100 160 1110 400 ;  
 L CM; B 140 240 990 440 ;  
 C 1 T 960 460;  
 C 2 T 1020 240;  
 L CP; B 170 60 915 610 ;  
 C 1 T 820 700;  
 L CP; B 60 320 970 800 ;  
 C 1 T 820 820;  
 L CM; B 140 320 850 820 ;  
 L CP; B 80 160 980 1040 ;  
 L CP; B 80 160 740 1040 ;  
 L CP; B 80 160 600 1040 ;  
 L CP; B 80 160 360 1040 ;  
 L CM; B 880 120 480 1040 ;  
 L CM; B 60 440 70 760 ;  
 L CS; B 900 840 670 1580 ;  
 L CP; B 60 200 350 1220 ;  
 L CP; B 60 200 590 1220 ;  
 L CM; B 140 200 470 1200 ;  
 C 1 T 440 1200;  
 L CP; B 120 60 380 1350 ;  
 L CP; B 100 60 570 1350 ;  
 L CP; B 60 200 750 1220 ;  
 L CP; B 100 60 770 1350 ;  
 L CM; B 120 60 860 1130 ;  
 L CM; B 140 140 870 1230 ;  
 C 1 T 840 1200;  
 L CP; B 60 200 990 1220 ;  
 L CP; B 120 60 960 1350 ;  
 L CM; B 140 140 290 1470 ;  
 C 1 T 260 1440;  
 L CP; B 60 180 410 1470 ;  
 L CP; B 120 60 380 1590 ;  
 L CM; B 140 160 670 1480 ;  
 C 1 T 640 1440;  
 L CP; B 60 180 550 1470 ;  
 L CP; B 100 60 570 1590 ;  
 L CP; B 100 60 770 1590 ;  
 L CP; B 60 180 790 1470 ;  
 L CP; B 60 180 930 1470 ;  
 L CM; B 140 140 1050 1470 ;  
 C 1 T 1020 1440;  
 L CP; B 120 60 960 1590 ;  
 L CM; B 140 140 870 1710 ;  
 L CP; B 60 180 990 1710 ;  
 L CP; B 120 60 960 1830 ;  
 L CP; B 100 60 770 1830 ;  
 L CP; B 60 180 750 1710 ;  
 C 1 T 840 1680;  
 L CM; B 140 140 470 1710 ;  
 C 1 T 440 1680;  
 L CP; B 120 60 380 1830 ;  
 L CP; B 60 180 350 1710 ;  
 L CP; B 100 60 570 1830 ;  
 L CP; B 60 180 590 1710 ;  
 L CM; B 140 140 290 1950 ;  
 C 1 T 260 1920;  
 L CP; B 60 180 410 1950 ;  
 L CP; B 60 180 550 1950 ;  
 L CP; B 100 60 570 2070 ;  
 L CP; B 120 60 380 2070 ;  
 L CP; B 60 180 790 1950 ;  
 L CM; B 140 140 670 1950 ;  
 C 1 T 640 1920;  
 L CP; B 120 60 760 2070 ;  
 C 1 T 1020 1920;  
 L CP; B 60 180 930 1950 ;  
 L CP; B 100 60 950 2070 ;  
 L CS; B 940 880 690 2440 ;  
 C 1 T 1060 2040;  
 C 1 T 1060 2160;  
 L CM; B 140 140 850 2190 ;  
 C 1 T 820 2160;  
 L CP; B 60 180 970 2190 ;  
 L CP; B 60 320 730 2260 ;  
 L CM; B 140 280 470 2260 ;  
 C 1 T 440 2160;  
 C 1 T 440 2300;  
 L CP; B 60 320 350 2260 ;  
 L CP; B 60 320 590 2260 ;  
 L CP; B 120 60 380 2450 ;  
 L CP; B 120 60 560 2450 ;  
 L CP; B 100 60 750 2450 ;  
 L CM; B 140 180 650 2590 ;  
 C 1 T 620 2540;  
 C 1 T 620 2660;  
 L CP; B 130 60 935 2310 ;  
 L CM; B 140 180 290 2590 ;  
 C 1 T 260 2540;  
 C 1 T 260 2660;  
 C 1 T 1000 2660;

## NAND2

```
DS 25 5 1;
9 nand2 ;
L CM; B 720 160 360 240 ;
L CP; B 180 260 130 130 ;
L CP; B 180 140 370 70 ;
L CP; B 160 80 600 40 ;
L CP; B 340 60 210 290 ;
L CP; B 220 60 390 170 ;
L CP; B 120 240 620 200 ;
L CM; B 200 580 140 610 ;
L CD; B 500 560 330 640 ;
L CP; B 60 240 350 440 ;
L CP; B 60 480 470 440 ;
L CP; B 140 60 310 590 ;
L CP; B 140 60 430 710 ;
L CM; B 240 140 560 830 ;
L CP; B 60 420 270 830 ;
L CP; B 60 180 390 830 ;
L CP; B 80 60 400 950 ;
L CP; B 80 60 280 1070 ;
L CP; B 60 260 290 1230 ;
L CP; B 60 380 410 1170 ;
L CM; B 140 680 610 1240 ;
L CP; B 140 160 250 1440 ;
L CP; B 100 160 430 1440 ;
L CM; B 140 320 330 1840 ;
L CP; B 60 2480 650 1560 ;
L CD; B 370 400 355 1120 ;
L CS; B 500 440 330 1780 ;
L CS; B 540 760 310 2380 ;
L CP; B 180 140 130 2930 ;
L CP; B 300 60 190 2830 ;
L CP; B 60 60 430 2890 ;
L CP; B 80 60 440 2830 ;
L CP; B 140 120 610 2860 ;
L CM; B 420 100 470 1630 ;
L CP; B 180 80 370 2960 ;
L CP; B 160 80 600 2960 ;
L CM; B 720 160 360 2760 ;
L CP; B 60 240 310 2680 ;
L CP; B 60 360 450 2620 ;
L CP; B 140 60 270 2530 ;
L CP; B 120 60 420 2410 ;
L CP; B 60 300 390 2230 ;
L CP; B 120 60 420 2050 ;
L CP; B 60 420 230 2290 ;
L CP; B 80 60 220 2050 ;
L CP; B 60 500 210 1770 ;
L CP; B 60 500 450 1770 ;
L CM; B 140 580 110 2390 ;
L CM; B 240 580 560 2390 ;
C 2 T 120 400;
C 1 T 120 640;
C 1 T 120 760;
C 1 T 480 800;
L CP; B 80 160 580 1440 ;
C 1 T 580 1410;
C 1 T 300 1620;
C 1 T 300 1780;
C 1 T 300 1900;
C 1 T 480 2140;
C 1 T 480 2260;
C 1 T 80 2160;
C 1 T 80 2300;
C 1 T 80 2440;
C 2 T 80 2560;
L CS; B 140 120 150 420 ;
L CD; B 140 120 110 2700 ;
L CW; B 720 1000 360 500 ;
L CW; B 540 400 360 1200 ;
DF;
C 25;
E
```

## NAND3

```

DS 26 5 1;
9 nand3 ;
L CM; B 960 160 480 240 ;
L CM; B 960 160 480 2760 ;
L CP; B 160 260 120 130 ;
L CP; B 180 140 370 70 ;
L CP; B 230 60 395 170 ;
L CP; B 350 60 215 290 ;
L CP; B 180 80 610 40 ;
L CP; B 130 240 635 200 ;
L CP; B 160 320 840 160 ;
L CP; B 180 140 130 2930 ;
L CP; B 300 60 190 2830 ;
L CP; B 180 80 370 2960 ;
L CP; B 60 60 430 2890 ;
L CP; B 80 60 440 2830 ;
L CP; B 180 80 610 2960 ;
L CP; B 160 60 620 2890 ;
L CP; B 180 60 630 2830 ;
L CP; B 160 80 840 2960 ;
L CP; B 140 120 850 2860 ;
L CM; B 280 320 180 480 ;
C 2 T 120 400;
C 1 T 180 680;
C 1 T 180 800;
C 1 T 210 920;
L CD; B 720 560 440 640 ;
C 1 T 210 1040;
C 1 T 210 1160;
C 1 T 210 1400;
C 1 T 210 1280;
L CD; B 620 600 480 1220 ;
L CM; B 180 860 230 1070 ;
C 1 T 700 440;
C 1 T 700 560;
C 1 T 700 680;
C 1 T 700 800;
C 1 T 690 920;
C 1 T 690 1040;
C 1 T 690 1160;
C 1 T 690 1280;
C 1 T 690 1400;
L CP; B 190 160 295 1640 ;
L CP; B 60 1240 360 940 ;
L CP; B 90 160 615 1640 ;
L CP; B 180 160 830 1640 ;
L CM; B 80 140 860 1640 ;
C 1 T 800 1610;
L CM; B 180 210 730 1675 ;
L CM; B 160 1170 720 985 ;
L CP; B 60 1240 600 940 ;
L CP; B 80 1240 880 940 ;
C 1 T 540 2660;
C 1 T 540 2540;
C 1 T 540 2420;
L CM; B 140 300 570 2530 ;
L CM; B 300 120 350 2620 ;
C 2 T 80 2560;
C 1 T 80 2420;

C 1 T 80 2300;
C 1 T 80 2180;
C 1 T 80 2060;
L CM; B 160 660 120 2350 ;
L CP; B 90 60 465 2330 ;
L CP; B 60 440 450 2580 ;
L CP; B 120 60 660 2330 ;
L CP; B 60 440 690 2580 ;
L CP; B 140 60 270 2330 ;
L CP; B 60 440 310 2580 ;
L CS; B 780 760 430 2380 ;
L CP; B 60 1080 890 2260 ;
L CP; B 60 2100 480 1250 ;
L CP; B 60 580 230 2010 ;
L CP; B 60 580 630 2010 ;
L CS; B 740 240 450 1880 ;
L CM; B 140 500 750 2030 ;
C 1 T 720 1820;
C 1 T 720 1940;
C 1 T 720 2060;
C 1 T 720 2180;
L CM; B 260 120 550 1840 ;
C 1 T 320 1820;
C 1 T 320 1940;
C 1 T 320 2060;
C 1 T 320 2180;
L CM; B 140 500 350 2030 ;
L CD; B 140 120 110 2700 ;
L CS; B 140 120 150 420 ;
L CW; B 960 1000 480 500 ;
L CW; B 780 600 480 1300 ;
DF;
C 26;
E

```

## NINV

DS 27 5 1;  
 9 ninv ;  
 L CM; B 720 160 360 240 ;  
 L CM; B 720 160 360 2760 ;  
 L CP; B 160 80 120 40 ;  
 C 3 T 180 200;  
 L CP; B 170 80 605 40 ;  
 L CP; B 60 280 430 200 ;  
 L CP; B 80 60 440 370 ;  
 C 1 T 280 380;  
 L CM; B 140 100 310 430 ;  
 L CM; B 380 60 270 350 ;  
 L CP; B 60 420 70 290 ;  
 L CP; B 260 60 170 530 ;  
 L CP; B 60 200 450 500 ;  
 L CP; B 120 60 420 630 ;  
 L CD; B 440 700 360 470 ;  
 L CP; B 120 60 240 890 ;  
 L CM; B 140 140 150 750 ;  
 C 1 T 120 720;  
 L CP; B 60 300 270 710 ;  
 L CM; B 140 60 510 710 ;  
 C 1 T 480 720;  
 L CM; B 180 80 530 780 ;  
 L CP; B 150 170 615 935 ;  
 L CM; B 140 150 610 935 ;  
 C 1 T 580 900;  
 L CM; B 80 40 580 840 ;  
 L CP; B 70 770 655 465 ;  
 L CP; B 150 140 385 1050 ;  
 C 1 T 360 1020;  
 L CM; B 140 140 390 1050 ;  
 L CP; B 60 320 390 820 ;  
 L CM; B 100 190 590 1105 ;  
 L CM; B 180 80 230 1080 ;  
 L CS; B 560 780 360 1550 ;  
 L CM; B 140 140 570 1270 ;  
 C 1 T 540 1240;  
 L CP; B 140 60 470 1390 ;  
 L CP; B 60 240 430 1240 ;  
 L CP; B 120 60 240 1290 ;  
 L CP; B 60 340 210 1090 ;  
 C 1 T 360 1500;  
 L CM; B 140 220 390 1550 ;  
 L CP; B 140 60 470 1710 ;  
 L CP; B 60 260 510 1550 ;  
 L CP; B 120 60 240 1810 ;  
 C 1 T 120 1660;  
 C 1 T 120 1520;  
 C 1 T 120 1380;  
 L CP; B 60 460 270 1550 ;  
 L CM; B 140 420 150 1550 ;  
 L CM; B 60 520 110 1080 ;  
 L CD; B 140 140 150 750 ;  
 L CM; B 140 140 570 1830 ;  
 C 1 T 540 1800;  
 L CP; B 140 60 470 1950 ;  
 L CP; B 60 180 430 1830 ;  
 L CM; B 140 140 390 2070 ;

C 1 T 360 2040;  
 L CP; B 140 60 470 2190 ;  
 L CM; B 60 340 350 1830 ;  
 L CP; B 60 180 510 2070 ;  
 L CM; B 160 140 560 2310 ;  
 C 1 T 520 2280;  
 L CM; B 100 80 590 2420 ;  
 L CP; B 60 260 430 2350 ;  
 L CS; B 360 320 460 2100 ;  
 C 1 T 280 2300;  
 L CM; B 60 120 350 2200 ;  
 L CS; B 460 160 410 2340 ;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CS; B 140 250 250 2545 ;  
 C 2 T 220 2440;  
 L CP; B 160 80 600 2960 ;  
 L CP; B 140 470 610 2685 ;  
 L CM; B 140 140 610 2530 ;  
 C 1 T 580 2500;  
 L CM; B 200 420 280 2470 ;  
 L CP; B 200 60 140 2170 ;  
 L CP; B 60 300 210 1990 ;  
 L CP; B 60 720 70 2560 ;  
 L CM; B 60 420 610 1550 ;  
 L CM; B 60 340 610 2070 ;  
 L CS; B 120 140 200 230 ;  
 L CD; B 140 120 250 2580 ;  
 L CW; B 720 900 360 450 ;  
 DF;  
 C 27;  
 E

## NINVX4

DS 28 5 1;  
 9 ninvx4;  
 L CM; B 1440 160 720 240 ;  
 L CM; B 1440 160 720 2760 ;  
 L CP; B 170 80 115 40 ;  
 L CD; B 1140 480 790 360 ;  
 L CP; B 150 470 105 315 ;  
 L CM; B 140 140 110 470 ;  
 C 1 T 80 440;  
 L CP; B 80 60 360 570 ;  
 L CP; B 180 60 550 570 ;  
 L CM; B 60 300 290 470 ;  
 L CD; B 1180 320 770 760 ;  
 L CM; B 140 280 250 760 ;  
 C 1 T 220 800;  
 C 1 T 220 660;  
 L CM; B 140 360 490 800 ;  
 C 1 T 460 660;  
 C 1 T 460 800;  
 L CP; B 60 360 370 780 ;  
 L CP; B 60 360 610 780 ;  
 L CP; B 100 60 750 670 ;  
 L CP; B 60 260 770 830 ;  
 C 1 T 860 800;  
 C 1 T 860 640;  
 L CM; B 140 300 890 750 ;  
 L CP; B 60 380 1010 770 ;  
 L CP; B 140 60 1210 530 ;  
 L CP; B 60 180 1170 650 ;  
 L CP; B 140 60 1210 770 ;  
 L CM; B 140 140 1290 650 ;  
 C 1 T 1260 620;  
 L CP; B 60 480 350 300 ;  
 L CP; B 60 480 490 300 ;  
 L CM; B 180 200 610 420 ;  
 C 1 T 580 420;  
 C 1 T 580 300;  
 L CP; B 60 580 730 350 ;  
 L CP; B 60 520 870 320 ;  
 L CM; B 200 40 800 340 ;  
 L CM; B 320 180 1060 410 ;  
 C 2 T 1030 280;  
 L CP; B 140 60 970 550 ;  
 L CP; B 180 80 1310 40 ;  
 L CP; B 60 420 1250 290 ;  
 L CP; B 790 160 735 1040 ;  
 L CM; B 150 140 1055 1050 ;  
 C 1 T 1020 1020;  
 L CM; B 500 120 650 1040 ;  
 L CM; B 80 80 860 940 ;  
 L CM; B 360 100 220 1030 ;  
 C 1 T 220 1200;  
 L CS; B 1220 840 750 1580 ;  
 C 1 T 220 1320;  
 L CM; B 140 260 250 1290 ;  
 L CP; B 160 60 320 1470 ;  
 L CP; B 60 320 370 1280 ;  
 L CM; B 160 200 480 1200 ;  
 C 1 T 460 1200;  
 L CM; B 180 260 410 1650 ;  
 C 1 T 360 1560;  
 C 1 T 360 1680;  
 L CP; B 60 300 270 1650 ;  
 L CP; B 160 60 320 1830 ;  
 L CM; B 100 220 450 1410 ;  
 L CP; B 140 60 570 1350 ;  
 L CP; B 60 200 610 1220 ;  
 C 1 T 620 1440;  
 C 1 T 620 1560;  
 C 1 T 620 1680;  
 C 1 T 620 1800;  
 C 1 T 620 1920;  
 L CM; B 160 620 660 1710 ;  
 L CP; B 120 60 560 2070 ;  
 L CM; B 140 140 250 1950 ;  
 C 1 T 220 1920;  
 L CM; B 60 460 210 1650 ;  
 L CP; B 60 660 530 1710 ;  
 L CS; B 1260 220 770 2110 ;  
 L CM; B 60 440 70 760 ;  
 L CM; B 230 60 1245 1050 ;  
 L CM; B 80 300 1320 870 ;  
 L CM; B 160 140 1120 1270 ;  
 C 1 T 1100 1240;  
 L CP; B 140 60 1210 1390 ;  
 L CP; B 60 560 1250 1080 ;  
 L CM; B 140 340 1290 1610 ;  
 C 1 T 1260 1680;  
 C 1 T 1260 1480;  
 L CP; B 60 380 1170 1610 ;  
 C 1 T 1100 1940;  
 L CP; B 140 60 1210 1830 ;  
 C 1 T 1100 2060;  
 L CM; B 160 280 1120 2020 ;  
 L CP; B 100 60 1230 2210 ;  
 L CP; B 60 320 1250 2020 ;  
 L CP; B 100 60 1030 2210 ;  
 L CP; B 60 1060 1010 1650 ;  
 L CM; B 100 540 1090 1610 ;  
 L CM; B 80 360 1320 1260 ;  
 L CP; B 80 60 360 2070 ;  
 L CP; B 60 180 370 1950 ;  
 L CM; B 100 340 450 1950 ;  
 C 1 T 440 2160;  
 C 1 T 440 2300;  
 L CM; B 140 280 470 2260 ;  
 L CP; B 60 320 350 2260 ;  
 L CP; B 60 320 590 2260 ;  
 L CP; B 100 60 370 2450 ;  
 L CP; B 120 60 560 2450 ;  
 L CS; B 1200 380 800 2690 ;  
 L CS; B 1180 280 810 2360 ;  
 L CP; B 60 460 390 2710 ;  
 L CP; B 60 460 530 2710 ;  
 L CM; B 80 100 860 1150 ;  
 C 1 T 860 1240;  
 C 1 T 860 1360;  
 C 1 T 860 1480;  
 C 1 T 860 1600;

## NIN VX4

C 1 T 860 1720 ;  
C 1 T 860 1840 ;  
C 1 T 860 1960 ;  
C 1 T 860 2080 ;  
C 1 T 860 2200 ;  
C 1 T 860 2320 ;  
L CP; B 200 60 840 2470 ;  
L CM; B 140 1220 890 1810 ;  
L CP; B 60 1320 770 1780 ;  
L CM; B 120 460 680 2250 ;  
L CM; B 180 200 650 2580 ;  
L CM; B 140 180 810 2590 ;  
C 2 T 690 2560 ;  
C 1 T 240 2540 ;  
C 1 T 240 2660 ;  
L CM; B 140 180 270 2590 ;  
L CM; B 220 40 450 2660 ;  
L CM; B 60 480 290 2260 ;  
L CP; B 60 440 910 2720 ;  
L CP; B 60 700 1050 2590 ;  
L CP; B 60 300 1210 2390 ;  
L CP; B 160 80 1320 2960 ;  
L CP; B 60 320 1290 2760 ;  
C 1 T 1140 2660 ;  
L CM; B 140 260 1330 2390 ;  
C 1 T 1300 2300 ;  
C 1 T 1300 2420 ;  
L CP; B 140 60 1250 2570 ;  
L CM; B 80 480 1320 2020 ;  
L CM; B 380 80 1070 2640 ;  
L CM; B 100 440 1130 2380 ;  
L CP; B 150 200 105 2360 ;  
L CM; B 140 160 110 2340 ;  
C 1 T 80 2320 ;  
L CP; B 170 80 115 2960 ;  
L CP; B 130 460 95 2690 ;  
L CM; B 60 1180 70 1670 ;  
L CS; B 140 120 1060 300 ;  
L CD; B 140 120 720 2700 ;  
L CW; B 1440 1000 720 500 ;  
DF ;  
C 28 ;  
E



## NOR2

DS 29 5 1;  
 9 nor2 ;  
 L CM; B 720 160 360 240 ;  
 L CM; B 720 160 360 2760 ;  
 L CP; B 160 120 120 60 ;  
 L CP; B 180 120 370 60 ;  
 L CP; B 170 220 605 110 ;  
 L CM; B 300 60 250 350 ;  
 L CP; B 100 280 90 260 ;  
 L CS; B 140 140 250 230 ;  
 L CC; B 60 60 250 230 ;  
 L CP; B 100 160 410 200 ;  
 L CP; B 120 120 420 340 ;  
 L CP; B 150 180 615 310 ;  
 L CP; B 100 60 190 370 ;  
 L CM; B 140 200 330 480 ;  
 C 1 T 300 480 ;  
 L CP; B 60 200 210 500 ;  
 L CP; B 60 200 450 500 ;  
 L CP; B 120 60 240 630 ;  
 L CP; B 120 60 420 630 ;  
 L CP; B 60 220 390 770 ;  
 L CP; B 60 340 270 830 ;  
 L CP; B 90 60 405 910 ;  
 L CP; B 90 60 285 1030 ;  
 L CP; B 60 180 300 1150 ;  
 L CP; B 60 420 420 1150 ;  
 L CP; B 90 60 405 1390 ;  
 L CP; B 90 60 285 1270 ;  
 L CD; B 500 400 330 640 ;  
 C 1 T 480 720 ;  
 L CM; B 140 220 510 790 ;  
 L CM; B 140 220 150 790 ;  
 L CM; B 600 140 380 970 ;  
 C 1 T 590 940 ;  
 L CP; B 170 180 605 970 ;  
 L CP; B 120 60 630 1090 ;  
 L CP; B 70 480 655 640 ;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CP; B 180 80 350 2960 ;  
 L CP; B 170 80 605 2960 ;  
 L CM; B 300 160 510 2600 ;  
 C 1 T 480 2400 ;  
 C 1 T 480 2280 ;  
 C 1 T 480 2140 ;  
 C 1 T 480 2000 ;  
 C 1 T 480 1860 ;  
 C 1 T 480 1720 ;  
 C 1 T 480 1600 ;  
 C 1 T 480 1480 ;  
 L CM; B 140 1080 510 1980 ;  
 C 2 T 480 2640 ;  
 L CP; B 60 1100 390 1970 ;  
 L CP; B 160 60 340 2550 ;  
 L CP; B 60 340 290 2750 ;  
 L CP; B 70 1800 655 2020 ;  
 L CP; B 60 460 170 2690 ;  
 L CP; B 160 60 220 2430 ;  
 L CP; B 60 1100 270 1850 ;  
 L CM; B 140 1340 150 1710 ;  
 C 1 T 120 2280 ;  
 C 1 T 120 2160 ;  
 C 1 T 120 2040 ;  
 C 1 T 120 1920 ;  
 C 1 T 120 1800 ;  
 C 1 T 120 1680 ;  
 C 1 T 120 1560 ;  
 C 1 T 120 1440 ;  
 C 1 T 120 1320 ;  
 C 1 T 120 1200 ;  
 C 1 T 120 720 ;  
 L CS; B 540 600 310 2580 ;  
 L CS; B 500 1120 330 1720 ;  
 L CS; B 340 60 360 1130 ;  
 L CD; B 140 120 510 2780 ;  
 L CW; B 720 920 360 460 ;  
 DF;  
 C 29;  
 E

# NOR3

DS 30 5 1 ;  
 9 nor3 ;  
 L CM; B 960 160 480 240 ;  
 L CM; B 960 160 480 2760 ;  
 L CP; B 160 80 120 40 ;  
 L CP; B 160 80 360 40 ;  
 L CP; B 180 80 590 40 ;  
 L CP; B 170 80 845 40 ;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CP; B 180 80 350 2960 ;  
 L CP; B 180 80 590 2960 ;  
 L CP; B 170 80 845 2960 ;  
 L CP; B 60 240 170 200 ;  
 L CP; B 60 240 410 200 ;  
 L CP; B 60 300 530 230 ;  
 L CP; B 160 60 220 350 ;  
 L CP; B 80 60 400 350 ;  
 L CM; B 760 60 520 350 ;  
 L CP; B 160 60 580 410 ;  
 L CM; B 140 180 750 470 ;  
 L CP; B 60 260 390 510 ;  
 L CP; B 60 200 630 540 ;  
 L CM; B 140 180 510 550 ;  
 C 1 T 480 500 ;  
 C 1 T 720 460 ;  
 L CM; B 840 160 500 720 ;  
 L CM; B 140 180 150 550 ;  
 L CP; B 180 60 450 670 ;  
 L CP; B 180 60 330 790 ;  
 L CP; B 60 380 270 570 ;  
 C 1 T 120 500 ;  
 L CP; B 100 180 650 730 ;  
 L CP; B 70 560 895 360 ;  
 L CP; B 170 160 845 720 ;  
 C 1 T 820 680 ;  
 L CD; B 740 480 450 360 ;  
 L CP; B 60 200 390 920 ;  
 C 1 T 240 900 ;  
 L CM; B 260 200 210 900 ;  
 L CP; B 100 60 370 1050 ;  
 L CP; B 60 440 510 920 ;  
 L CP; B 60 440 630 1040 ;  
 L CP; B 100 60 490 1170 ;  
 L CP; B 100 60 610 1290 ;  
 L CM; B 140 460 850 1030 ;  
 L CP; B 60 200 350 1180 ;  
 L CP; B 60 200 470 1300 ;  
 L CP; B 140 60 310 1310 ;  
 L CP; B 140 60 430 1430 ;  
 L CP; B 140 60 550 1550 ;  
 L CP; B 60 200 590 1420 ;  
 L CM; B 140 80 710 1380 ;  
 C 1 T 680 1380 ;  
 L CM; B 220 180 670 1510 ;  
 C 1 T 680 1500 ;  
 L CM; B 60 420 890 1470 ;  
 L CS; B 580 300 480 1010 ;  
 L CS; B 720 480 440 1400 ;  
 C 1 T 120 1200 ;  
 C 1 T 600 1640 ;  
 C 1 T 120 1320 ;  
 C 1 T 120 1440 ;  
 C 1 T 120 1560 ;  
 C 1 T 120 1680 ;  
 C 1 T 120 1800 ;  
 C 1 T 120 1920 ;  
 C 1 T 120 2040 ;  
 C 1 T 120 2160 ;  
 C 1 T 120 2280 ;  
 C 1 T 120 2400 ;  
 L CP; B 60 220 290 2810 ;  
 L CP; B 160 60 340 2670 ;  
 L CP; B 160 60 220 2550 ;  
 L CP; B 60 340 170 2750 ;  
 L CP; B 60 1180 270 1930 ;  
 L CP; B 60 1180 390 2050 ;  
 C 1 T 600 1760 ;  
 C 1 T 600 1900 ;  
 C 1 T 600 2040 ;  
 C 1 T 600 2180 ;  
 C 1 T 600 2320 ;  
 C 1 T 600 2440 ;  
 C 1 T 600 2560 ;  
 C 3 T 620 2740 ;  
 L CM; B 400 60 700 2650 ;  
 L CP; B 60 180 530 2830 ;  
 L CP; B 80 60 520 2710 ;  
 L CP; B 60 1100 510 2130 ;  
 L CM; B 140 1020 630 2110 ;  
 L CM; B 140 1500 150 1750 ;  
 L CS; B 640 740 400 2010 ;  
 L CP; B 70 320 895 2760 ;  
 L CP; B 170 220 845 2490 ;  
 L CM; B 140 860 850 2110 ;  
 C 1 T 820 2440 ;  
 L CS; B 680 260 380 2510 ;  
 L CS; B 780 240 430 2760 ;  
 C 1 T 260 200 ;  
 C 3 T 620 200 ;  
 L CS; B 120 140 760 230 ;  
 L CD; B 120 140 760 2770 ;  
 L CW; B 960 680 480 340 ;  
 DF ;  
 C 30 ;  
 E

## NOR4

DS 31 5 1;  
 9 nor4 ;  
 L CM; B 1200 160 600 240 ;  
 L CM; B 1200 160 600 2760 ;  
 L CP; B 180 80 130 40 ;  
 L CP; B 160 80 360 40 ;  
 L CP; B 160 80 600 40 ;  
 L CP; B 180 80 830 40 ;  
 L CP; B 170 80 1075 40 ;  
 L CP; B 60 100 190 130 ;  
 L CP; B 140 60 230 210 ;  
 L CP; B 60 300 390 230 ;  
 L CP; B 60 180 270 330 ;  
 C 1 T 120 300;  
 L CM; B 140 80 150 360 ;  
 L CP; B 150 60 225 450 ;  
 L CP; B 90 60 405 410 ;  
 C 1 T 480 260;  
 L CP; B 60 300 630 230 ;  
 L CP; B 150 60 585 410 ;  
 L CM; B 180 60 510 350 ;  
 L CP; B 60 300 770 230 ;  
 L CP; B 80 60 780 410 ;  
 L CM; B 310 140 965 390 ;  
 L CM; B 140 180 930 550 ;  
 C 1 T 900 540;  
 C 2 T 930 200;  
 C 1 T 630 500;  
 L CP; B 60 240 790 560 ;  
 L CM; B 140 260 660 590 ;  
 L CP; B 60 200 180 580 ;  
 L CM; B 140 220 300 610 ;  
 C 1 T 270 540;  
 L CP; B 90 640 1115 400 ;  
 L CP; B 180 160 240 760 ;  
 L CP; B 190 160 725 760 ;  
 L CP; B 150 150 1085 795 ;  
 C 1 T 1060 760;  
 L CM; B 780 140 620 790 ;  
 L CM; B 150 150 1085 795 ;  
 L CD; B 950 520 555 380 ;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CP; B 180 80 350 2960 ;  
 L CP; B 160 80 600 2960 ;  
 L CP; B 180 80 830 2960 ;  
 L CP; B 170 80 1075 2960 ;  
 L CP; B 60 320 290 2760 ;  
 L CP; B 190 60 355 2570 ;  
 L CP; B 170 60 595 2590 ;  
 L CP; B 60 300 650 2770 ;  
 L CP; B 190 60 235 2450 ;  
 C 1 T 150 2300;  
 C 1 T 150 2180;  
 C 1 T 150 2060;  
 C 1 T 150 1940;  
 C 1 T 150 1820;  
 C 1 T 150 1680;  
 C 1 T 150 1560;  
 C 1 T 150 1440;  
 C 1 T 150 1320;  
 C 1 T 150 1200;  
 L CM; B 250 140 235 1230 ;  
 L CP; B 60 440 170 2700 ;  
 L CM; B 140 1100 180 1850 ;  
 L CP; B 60 1580 300 1630 ;  
 L CP; B 60 2100 420 1490 ;  
 L CP; B 60 2120 540 1500 ;  
 L CP; B 170 60 715 2470 ;  
 L CP; B 60 420 770 2710 ;  
 L CP; B 60 1600 660 1640 ;  
 C 1 T 760 2320;  
 C 1 T 760 2200;  
 C 1 T 760 2080;  
 C 1 T 760 1960;  
 C 1 T 760 1840;  
 C 1 T 760 1720;  
 C 1 T 760 1600;  
 C 1 T 760 1480;  
 C 1 T 760 1360;  
 C 1 T 760 1240;  
 L CM; B 380 120 910 2620 ;  
 L CM; B 140 1360 790 1880 ;  
 L CS; B 570 280 475 1020 ;  
 L CS; B 750 1140 485 1730 ;  
 L CP; B 90 460 1115 2690 ;  
 C 2 T 930 2640;  
 L CS; B 990 280 535 2740 ;  
 L CS; B 820 300 450 2450 ;  
 L CM; B 150 140 1085 2390 ;  
 C 1 T 1050 2360;  
 L CP; B 150 150 1085 2385 ;  
 L CM; B 80 1450 1050 1595 ;  
 L CM; B 130 300 295 1010 ;  
 L CD; B 140 120 960 2780 ;  
 L CS; B 140 120 960 220 ;  
 L CM; B 1200 720 600 360 ;  
 DF;  
 C 31;  
 E

OR2

DS 32 5 1;  
 9 or2 ;  
 L CM; B 960 160 480 240 ;  
 L CM; B 960 160 480 2760 ;  
 L CP; B 180 180 130 90 ;  
 L CP; B 280 100 180 230 ;  
 L CP; B 160 120 360 60 ;  
 L CP; B 180 80 610 40 ;  
 C 1 T 520 280;  
 L CP; B 170 80 845 40 ;  
 C 1 T 520 400;  
 L CM; B 140 180 550 410 ;  
 L CP; B 100 60 650 550 ;  
 C 1 T 720 640;  
 L CD; B 340 400 650 320 ;  
 L CD; B 140 200 150 420 ;  
 C 2 T 120 360;  
 L CP; B 60 300 290 430 ;  
 L CP; B 140 60 250 610 ;  
 C 1 T 720 780;  
 L CM; B 140 180 750 690 ;  
 LCD; B 740 400 450 720 ;  
 C 1 T 820 1010;  
 L CP; B 150 160 855 1040 ;  
 L CP; B 70 880 895 520 ;  
 L CM; B 240 100 800 830 ;  
 L CM; B 140 300 850 1030 ;  
 L CP; B 60 440 670 300 ;  
 L CP; B 60 380 630 770 ;  
 L CP; B 150 160 625 1040 ;  
 L CP; B 60 320 210 800 ;  
 C 1 T 300 700;  
 C 1 T 300 820;  
 L CM; B 140 300 330 810 ;  
 L CP; B 60 320 450 800 ;  
 L CP; B 60 460 410 350 ;  
 L CM; B 140 240 150 440 ;  
 L CP; B 100 60 430 610 ;  
 L CP; B 120 160 240 1040 ;  
 L CP; B 120 160 420 1040 ;  
 C 1 T 600 1000;  
 L CM; B 440 140 480 1030 ;  
 L CM; B 180 100 170 1050 ;  
 C 1 T 120 1200;  
 C 1 T 120 1320;  
 C 1 T 120 1440;  
 C 1 T 120 1560;  
 C 1 T 120 1680;  
 C 1 T 120 1800;  
 C 1 T 120 1920;  
 C 1 T 120 2040;  
 C 1 T 120 2160;  
 C 1 T 120 2280;  
 C 1 T 720 1220;  
 C 1 T 720 1340;  
 C 1 T 720 1460;  
 C 1 T 720 1580;  
 C 1 T 720 1700;  
 C 1 T 720 1840;

C 1 T 720 2100;  
 C 1 T 720 1980;  
 C 1 T 720 2220;  
 C 1 T 720 2340;  
 L CS; B 740 1120 450 1720 ;  
 L CS; B 780 600 430 2580 ;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CP; B 180 80 350 2960 ;  
 L CP; B 180 80 610 2960 ;  
 L CP; B 170 80 845 2960 ;  
 L CM; B 140 1280 150 1740 ;  
 L CP; B 160 60 220 2430 ;  
 L CP; B 160 60 340 2550 ;  
 C 1 T 480 2460;  
 C 2 T 450 2640;  
 L CM; B 320 160 480 2600 ;  
 L CP; B 100 60 650 2550 ;  
 C 1 T 480 1220;  
 C 1 T 480 1340;  
 C 1 T 480 1460;  
 C 1 T 480 1580;  
 C 1 T 480 1700;  
 C 1 T 480 1840;  
 C 1 T 480 1980;  
 C 1 T 480 2100;  
 C 1 T 480 2220;  
 C 1 T 480 2340;  
 L CP; B 60 1280 270 1760 ;  
 L CP; B 60 460 170 2690 ;  
 L CP; B 60 1400 390 1820 ;  
 L CP; B 60 340 290 2750 ;  
 L CP; B 60 1400 630 1820 ;  
 L CP; B 60 340 670 2750 ;  
 L CP; B 70 1800 895 2020 ;  
 L CM; B 240 100 800 1230 ;  
 L CM; B 140 1160 750 1860 ;  
 L CM; B 140 1340 510 1850 ;  
 L CD; B 140 120 480 2780 ;  
 L CS; B 140 120 150 380 ;  
 L CW; B 960 1000 480 500 ;  
 DF;  
 C 32;  
 E

OR3

DS 33 5 1;  
 9 or3 ;  
 L CM; B 1200 160 600 240 ;  
 L CM; B 1200 160 600 2760 ;  
 L CP; B 180 280 130 140 ;  
 L CP; B 180 280 370 140 ;  
 L CP; B 160 80 600 40 ;  
 L CP; B 180 80 850 40 ;  
 L CP; B 170 80 1085 40 ;  
 L CD; B 400 230 840 235 ;  
 C 2 T 680 200;  
 L CD; B 340 520 890 660 ;  
 L CD; B 640 550 400 625 ;  
 L CD; B 320 50 880 375 ;  
 L CP; B 140 60 590 450 ;  
 C 1 T 720 460;  
 C 1 T 720 640;  
 L CP; B 100 60 890 370 ;  
 C 1 T 960 460;  
 C 1 T 960 620;  
 C 1 T 960 780;  
 L CM; B 240 140 1040 810 ;  
 L CM; B 140 340 990 570 ;  
 C 1 T 720 780;  
 L CP; B 60 460 630 710 ;  
 L CM; B 140 420 750 670 ;  
 L CP; B 60 260 910 210 ;  
 L CP; B 60 340 550 250 ;  
 L CM; B 300 140 690 390 ;  
 C 1 T 480 780;  
 L CP; B 100 60 410 690 ;  
 L CP; B 60 220 390 830 ;  
 L CM; B 140 220 510 850 ;  
 L CP; B 140 60 230 570 ;  
 C 1 T 280 420;  
 L CM; B 140 200 310 420 ;  
 L CP; B 60 380 430 470 ;  
 L CP; B 60 260 190 410 ;  
 L CP; B 60 460 270 830 ;  
 C 1 T 120 660;  
 C 1 T 120 780;  
 L CM; B 140 340 150 790 ;  
 L CP; B 90 280 1125 220 ;  
 L CP; B 110 120 1115 1020 ;  
 L CP; B 170 180 1085 1170 ;  
 C 1 T 1060 1140;  
 L CM; B 140 300 1090 1030 ;  
 L CP; B 160 160 820 1040 ;  
 C 1 T 800 1000;  
 L CP; B 160 180 580 1030 ;  
 L CP; B 80 60 400 970 ;  
 L CP; B 80 60 280 1090 ;  
 L CM; B 820 140 490 1030 ;  
 L CP; B 70 600 1135 660 ;  
 L CP; B 60 560 870 680 ;  
 C 1 T 140 1200;  
 C 1 T 140 1320;  
 C 1 T 140 1460;  
 C 1 T 140 1600;

C 1 T 140 1740;  
 C 1 T 140 1880;  
 C 1 T 140 2020;  
 C 1 T 140 2140;  
 C 1 T 80 2260;  
 L CP; B 120 60 260 2290 ;  
 L CM; B 200 140 140 2210 ;  
 L CM; B 140 200 110 2380 ;  
 C 1 T 80 2380;  
 L CP; B 120 60 200 2530 ;  
 L CP; B 60 180 230 2410 ;  
 C 1 T 860 1220;  
 C 1 T 860 1340;  
 L CM; B 340 140 990 1250 ;  
 L CS; B 860 1040 530 1680 ;  
 L CS; B 920 160 500 2280 ;  
 L CS; B 1000 520 540 2620 ;  
 L CP; B 170 80 1085 2960 ;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CP; B 180 80 350 2960 ;  
 L CP; B 180 80 590 2960 ;  
 L CP; B 180 80 850 2960 ;  
 C 1 T 860 1460;  
 C 1 T 860 1580;  
 C 1 T 860 1700;  
 C 1 T 860 1840;  
 C 1 T 860 1980;  
 C 1 T 860 2100;  
 C 1 T 860 2220;  
 C 1 T 860 2340;  
 L CP; B 170 160 1085 2240 ;  
 C 1 T 1060 2200;  
 L CM; B 200 140 1060 2230 ;  
 C 1 T 620 1220;  
 C 1 T 620 1340;  
 C 1 T 620 1460;  
 C 1 T 620 1600;  
 C 1 T 620 1740;  
 C 1 T 620 1880;  
 C 1 T 620 2020;  
 C 1 T 620 2160;  
 C 1 T 620 2280;  
 C 1 T 620 2400;  
 L CP; B 200 60 840 2550 ;  
 L CP; B 120 60 380 2410 ;  
 L CP; B 120 60 320 2650 ;  
 L CP; B 60 180 350 2530 ;  
 L CM; B 320 160 720 2600 ;  
 C 2 T 690 2640;  
 L CM; B 140 1120 890 1880 ;  
 L CM; B 140 1340 650 1850 ;  
 L CM; B 140 1040 170 1620 ;  
 L CP; B 60 1380 410 1690 ;  
 L CP; B 60 1140 290 1690 ;  
 L CP; B 60 360 170 2740 ;  
 L CP; B 60 240 290 2800 ;  
 L CP; B 60 1800 530 2020 ;  
 L CP; B 60 1400 770 1820 ;  
 L CP; B 60 340 910 2750 ;  
 L CP; B 90 600 1125 2620 ;  
 L CD; B 140 120 720 2780 ;  
 L CS; B 140 120 710 220 ;  
 L CW; B 1200 1000 600 500 ;  
 DF;  
 C 33;  
 E

OR4

DS 34 5 1;  
 9 or4 ;  
 L CM; B 1440 160 720 240 ;  
 L CM; B 1440 160 720 2760 ;  
 L CP; B 180 80 130 40 ;  
 L CP; B 160 80 360 40 ;  
 L CP; B 60 100 190 130 ;  
 L CP; B 140 60 230 210 ;  
 C 1 T 120 300;  
 L CM; B 140 80 150 360 ;  
 L CP; B 160 80 600 40 ;  
 L CP; B 180 80 830 40 ;  
 L CP; B 60 300 630 230 ;  
 L CP; B 60 300 770 230 ;  
 C 1 T 480 260;  
 L CM; B 140 40 510 340 ;  
 L CM; B 310 160 965 400 ;  
 C 2 T 930 200;  
 C 1 T 940 540;  
 L CM; B 140 160 970 560 ;  
 L CP; B 80 60 780 410 ;  
 L CP; B 90 60 1135 490 ;  
 L CD; B 1200 420 680 330 ;  
 L CD; B 1230 100 695 590 ;  
 C 1 T 1210 600;  
 L CD; B 310 280 1155 780 ;  
 C 1 T 1210 820;  
 L CM; B 140 420 1240 770 ;  
 L CP; B 60 200 180 580 ;  
 L CP; B 150 60 225 450 ;  
 L CP; B 60 180 270 330 ;  
 L CP; B 90 60 405 410 ;  
 L CP; B 150 60 585 410 ;  
 L CP; B 60 300 390 230 ;  
 L CP; B 60 240 790 560 ;  
 C 1 T 640 500;  
 L CP; B 190 160 725 760 ;  
 L CM; B 140 260 670 590 ;  
 L CP; B 180 160 240 760 ;  
 C 1 T 270 540;  
 L CM; B 140 220 300 610 ;  
 L CM; B 770 140 615 790 ;  
 L CP; B 170 180 1325 1050 ;  
 L CM; B 230 140 1285 1050 ;  
 C 1 T 1300 1020;  
 L CP; B 170 80 1325 40 ;  
 L CP; B 90 420 1365 290 ;  
 L CP; B 60 460 1380 730 ;  
 L CP; B 270 160 1015 1040 ;  
 C 1 T 980 1020;  
 L CM; B 200 140 980 1050 ;  
 L CM; B 120 120 940 920 ;  
 L CP; B 60 400 1150 260 ;  
 L CP; B 60 440 1120 740 ;  
 L CS; B 570 280 475 1020 ;  
 C 1 T 150 1200;  
 C 1 T 150 1320;  
 C 1 T 150 1440;  
 C 1 T 150 1560;

C 1 T 150 1680;  
 C 1 T 150 1820;  
 C 1 T 150 1940;  
 C 1 T 150 2060;  
 C 1 T 150 2180;  
 C 1 T 150 2300;  
 L CS; B 990 1140 605 1730 ;  
 L CS; B 1240 580 660 2590 ;  
 L CP; B 160 80 120 2960 ;  
 L CP; B 180 80 350 2960 ;  
 L CP; B 160 80 600 2960 ;  
 L CP; B 180 80 830 2960 ;  
 L CP; B 170 80 1325 2960 ;  
 L CM; B 250 140 235 1230 ;  
 L CM; B 140 1100 180 1850 ;  
 L CM; B 130 300 295 1010 ;  
 L CP; B 190 60 235 2450 ;  
 L CP; B 190 60 355 2570 ;  
 L CP; B 60 2100 420 1490 ;  
 L CP; B 60 320 290 2760 ;  
 L CP; B 60 440 170 2700 ;  
 L CP; B 60 1580 300 1630 ;  
 C 1 T 1000 1240;  
 C 1 T 1000 1360;  
 C 1 T 1000 1480;  
 C 1 T 1000 1600;  
 C 1 T 1000 1720;  
 C 1 T 1000 1860;  
 C 1 T 1000 1980;  
 C 1 T 1000 2100;  
 C 1 T 1000 2220;  
 C 1 T 1000 2340;  
 C 1 T 1140 2340;  
 L CM; B 280 320 1100 2280 ;  
 L CP; B 170 140 1325 2190 ;  
 L CM; B 160 140 1320 2190 ;  
 C 1 T 1300 2160;  
 L CP; B 300 60 1030 2490 ;  
 L CM; B 400 160 920 2600 ;  
 C 2 T 930 2640;  
 L CP; B 170 60 715 2470 ;  
 C 1 T 760 1240;  
 C 1 T 760 1360;  
 C 1 T 760 1480;  
 C 1 T 760 1600;  
 C 1 T 760 1720;  
 C 1 T 760 1840;  
 C 1 T 760 1960;  
 C 1 T 760 2080;  
 C 1 T 760 2200;  
 C 1 T 760 2320;  
 L CP; B 60 420 770 2710 ;  
 L CR; B 60 1600 660 1640 ;  
 L CP; B 60 1340 910 1790 ;  
 L CM; B 140 1320 790 1860 ;  
 L CM; B 140 80 1240 1160 ;  
 L CM; B 350 140 1135 1270 ;  
 L CM; B 140 780 1030 1730 ;  
 L CP; B 60 420 1150 2730 ;  
 L CP; B 90 660 1365 2590 ;

## OR4

L CP; B 60 2120 540 1500 ;  
L CP; B 170 60 595 2590 ;  
L CP; B 60 300 650 2770 ;  
L CD; B 140 120 960 2780 ;  
L CS; B 140 120 960 220 ;  
L CW; B 1440 720 720 360 ;  
L CW; B 520 280 1180 860 ;  
DF;  
C 34;  
E

## PADIN

DS 35 5 1;  
 9 padin ;  
 L CM; B 4080 160 2040 240 ;  
 L CP; B 160 320 600 160 ;  
 L CP; B 240 160 560 400 ;  
 L CP; B 160 180 520 570 ;  
 C 1 T 500 560 ;  
 C 1 T 760 340 ;  
 C 1 T 900 340 ;  
 C 1 T 1040 340 ;  
 C 1 T 1180 340 ;  
 C 1 T 1320 340 ;  
 L CP; B 160 200 1560 100 ;  
 L CP; B 180 60 1570 230 ;  
 L CP; B 160 420 1580 470 ;  
 L CM; B 160 140 1580 590 ;  
 C 1 T 1550 560 ;  
 L CM; B 260 140 470 590 ;  
 C 1 T 1110 560 ;  
 L CP; B 160 160 1140 600 ;  
 L CM; B 160 140 1140 590 ;  
 L CD; B 100 220 770 410 ;  
 L CD; B 180 100 730 570 ;  
 L CD; B 100 80 690 660 ;  
 L CD; B 600 100 440 750 ;  
 L CD; B 640 140 1140 370 ;  
 L CP; B 160 140 1800 70 ;  
 L CM; B 140 160 1810 740 ;  
 C 1 T 1780 700 ;  
 L CP; B 140 680 1810 480 ;  
 L CD; B 380 100 1650 910 ;  
 L CD; B 100 520 1410 700 ;  
 L CM; B 2320 120 1200 380 ;  
 L CS; B 260 880 1150 1160 ;  
 C 1 T 1180 780 ;  
 C 1 T 1180 900 ;  
 C 1 T 1180 1080 ;  
 L CM; B 140 440 1210 960 ;  
 L CS; B 200 900 920 1150 ;  
 C 2 T 860 740 ;  
 C 1 T 700 920 ;  
 C 1 T 840 980 ;  
 C 2 T 820 1160 ;  
 C 1 T 1120 1320 ;  
 L CM; B 140 140 1150 1350 ;  
 L CP; B 240 60 1180 1230 ;  
 L CP; B 60 120 1330 1200 ;  
 L CP; B 340 60 1530 1170 ;  
 L CS; B 360 280 1460 1180 ;  
 L CP; B 360 60 460 1070 ;  
 C 1 T 460 920 ;  
 L CM; B 360 140 600 950 ;  
 C 1 T 380 1160 ;  
 L CM; B 280 140 420 1190 ;  
 L CS; B 480 380 580 1070 ;  
 L CS; B 400 340 620 1430 ;  
 C 1 T 460 1300 ;  
 C 1 T 460 1500 ;  
 C 1 T 600 1500 ;  
 C 1 T 740 1500 ;  
 C 1 T 880 1500 ;  
 L CP; B 60 120 1030 1440 ;  
 L CM; B 580 140 710 1530 ;  
 L CP; B 420 60 790 1410 ;  
 L CM; B 140 200 490 1360 ;  
 L CM; B 180 480 870 1120 ;  
 L CP; B 180 60 1150 1470 ;  
 L CP; B 60 120 1270 1440 ;  
 C 1 T 1360 1500 ;  
 L CM; B 160 140 1380 1530 ;  
 L CM; B 140 440 890 660 ;  
 L CM; B 280 80 1360 560 ;  
 L CP; B 60 520 1090 940 ;  
 L CS; B 220 280 1390 1460 ;  
 L CP; B 240 60 1420 1410 ;  
 L CP; B 160 160 1620 1440 ;  
 L CM; B 160 160 1620 1440 ;  
 C 1 T 1580 1420 ;  
 L CD; B 100 820 1790 1370 ;  
 L CM; B 460 80 1510 1080 ;  
 L CM; B 80 540 1780 1090 ;  
 L CM; B 300 100 1150 1550 ;  
 L CP; B 60 280 610 1240 ;  
 L CM; B 60 600 310 820 ;  
 C 1 T 200 1380 ;  
 C 1 T 200 1500 ;  
 C 1 T 200 1620 ;  
 L CD; B 200 340 240 1510 ;  
 L CM; B 220 340 230 1510 ;  
 L CD; B 100 540 190 1070 ;  
 L CM; B 80 900 160 890 ;  
 C 1 T 200 1740 ;  
 C 1 T 340 1720 ;  
 C 1 T 460 1720 ;  
 C 1 T 580 1720 ;  
 C 1 T 700 1720 ;  
 C 1 T 820 1720 ;  
 C 1 T 940 1720 ;  
 L CD; B 660 360 710 1860 ;  
 L CD; B 240 160 260 1760 ;  
 L CM; B 920 160 580 1760 ;  
 L CD; B 800 260 1440 1910 ;  
 C 1 T 2480 440 ;  
 C 1 T 2600 440 ;  
 L CS; B 1980 140 2910 470 ;  
 L CS; B 100 980 1970 1030 ;  
 C 1 T 3800 480 ;  
 C 1 T 3680 440 ;  
 C 1 T 3800 600 ;  
 C 1 T 3560 440 ;  
 C 1 T 3440 440 ;  
 C 1 T 3320 440 ;  
 C 1 T 3200 440 ;  
 C 1 T 3800 720 ;  
 C 1 T 3800 840 ;  
 C 1 T 3800 960 ;  
 C 1 T 3800 1080 ;  
 C 1 T 3800 1200 ;  
 C 1 T 3800 1320 ;



# PADIN

C 1 T 3800 1440 ;  
 C 1 T 3800 1560 ;  
 L CS; B 140 780 3830 930 ;  
 L CS; B 120 780 3140 930 ;  
 L CS; B 820 140 3430 1330 ;  
 C 1 T 3580 1360 ;  
 C 1 T 3180 1360 ;  
 C 1 T 3060 1360 ;  
 L CD; B 400 620 3480 930 ;  
 C 1 T 3320 660 ;  
 C 1 T 3440 660 ;  
 C 1 T 3560 660 ;  
 C 1 T 3320 780 ;  
 C 1 T 3320 900 ;  
 C 1 T 3320 1020 ;  
 C 1 T 3320 1140 ;  
 C 1 T 3440 1140 ;  
 C 1 T 3440 1020 ;  
 C 1 T 3440 900 ;  
 C 1 T 3440 780 ;  
 C 1 T 3560 780 ;  
 C 1 T 3560 900 ;  
 C 1 T 3560 1020 ;  
 C 1 T 3560 1140 ;  
 L CP; B 160 180 2960 690 ;  
 L CM; B 160 140 2960 670 ;  
 C 1 T 2920 640 ;  
 L CM; B 80 300 2760 670 ;  
 L CM; B 360 120 2900 460 ;  
 L CM; B 240 100 3160 670 ;  
 L CM; B 400 620 3480 930 ;  
 L CM; B 360 180 2900 910 ;  
 C 3 T 2800 860 ;  
 C 1 T 2620 900 ;  
 C 1 T 2500 900 ;  
 L CM; B 260 140 2590 930 ;  
 L CP; B 160 160 2140 760 ;  
 L CM; B 140 140 2130 750 ;  
 C 1 T 2100 720 ;  
 L CD; B 560 270 2540 755 ;  
 C 1 T 2340 660 ;  
 C 1 T 2520 660 ;  
 L CM; B 340 140 2470 690 ;  
 L CP; B 60 60 2690 750 ;  
 L CP; B 500 60 2470 810 ;  
 L CD; B 180 200 2910 920 ;  
 L CP; B 60 40 2690 1040 ;  
 L CP; B 380 60 2850 1090 ;  
 C 1 T 2540 1140 ;  
 C 1 T 2380 1140 ;  
 L CM; B 300 140 2490 1170 ;  
 L CD; B 720 350 2460 1065 ;  
 L CD; B 160 220 2900 1130 ;  
 L CP; B 160 160 2180 1380 ;  
 L CM; B 140 160 2170 1380 ;  
 C 1 T 2140 1340 ;  
 L CP; B 460 60 2430 1050 ;  
 L CP; B 60 220 2230 1190 ;  
 L CM; B 80 160 2340 840 ;  
 L CM; B 280 80 2240 960 ;  
 L CM; B 80 300 2140 1150 ;  
 L CS; B 420 140 2130 1590 ;  
 L CS; B 140 340 2410 1490 ;  
 L CS; B 600 140 2780 1390 ;  
 C 1 T 2940 1360 ;  
 C 1 T 2820 1360 ;  
 C 1 T 2700 1360 ;  
 C 1 T 2580 1360 ;  
 L CM; B 780 140 2890 1390 ;  
 L CM; B 120 500 3140 1070 ;  
 L CM; B 400 60 1860 550 ;  
 L CM; B 60 160 2090 600 ;  
 L CM; B 1220 60 1730 1630 ;  
 L CM; B 80 420 2380 1450 ;  
 L CM; B 1520 100 1800 1790 ;  
 L CP; B 160 60 2800 750 ;  
 L CM; B 400 80 1900 1400 ;  
 L CM; B 280 140 2580 470 ;  
 L CM; B 220 140 3650 1390 ;  
 L CM; B 680 140 3420 470 ;  
 C 1 T 3800 1680 ;  
 C 1 T 3800 1800 ;  
 C 1 T 3800 1920 ;  
 C 1 T 3800 2040 ;  
 C 1 T 3800 2160 ;  
 L CS; B 140 660 3830 1790 ;  
 L CS; B 200 140 3800 2190 ;  
 L CD; B 1120 140 3120 1610 ;  
 L CD; B 140 360 3610 1860 ;  
 L CD; B 140 360 2630 1860 ;  
 C 1 T 2600 1920 ;  
 C 1 T 2600 1760 ;  
 C 1 T 2600 1600 ;  
 C 1 T 2720 1580 ;  
 C 1 T 2880 1580 ;  
 C 1 T 3020 1580 ;  
 C 1 T 3160 1580 ;  
 L CM; B 580 140 2990 1610 ;  
 L CM; B 140 500 2630 1790 ;  
 L CS; B 680 460 3120 1990 ;  
 C 1 T 580 920 ;  
 C 1 T 2840 1800 ;  
 C 1 T 2840 1920 ;  
 C 1 T 2840 2040 ;  
 C 1 T 2960 1800 ;  
 C 1 T 3100 1800 ;  
 C 1 T 3240 1800 ;  
 C 1 T 3240 1920 ;  
 C 1 T 3100 1920 ;  
 C 1 T 2960 1920 ;  
 C 1 T 2960 2040 ;  
 C 1 T 3100 2040 ;  
 C 1 T 3240 2040 ;  
 C 1 T 3360 1800 ;  
 C 1 T 3360 1920 ;  
 C 1 T 3360 2040 ;  
 L CM; B 680 380 3120 1950 ;  
 L CM; B 100 520 3410 1500 ;  
 C 1 T 2380 1980 ;  
 C 1 T 2380 2160 ;

## PADIN

C 1 T 2500 2160 ;  
 L CS; B 140 460 2410 1890 ;  
 L CS; B 260 140 2470 2190 ;  
 L CS; B 80 3920 3820 4220 ;  
 L CS; B 80 3980 420 4190 ;  
 L CM; B 2000 2000 2040 5260 ;  
 L CM; B 300 440 1490 4040 ;  
 L CM; B 100 160 1190 3740 ;  
 L CM; B 100 160 1090 3340 ;  
 L CM; B 100 160 1290 3340 ;  
 L CM; B 100 160 1390 3740 ;  
 L CM; B 100 160 1490 3340 ;  
 L CM; B 100 160 1590 3740 ;  
 L CM; B 100 160 1690 3340 ;  
 L CM; B 100 160 1790 3740 ;  
 L CM; B 100 160 1890 3340 ;  
 L CM; B 100 180 1990 3750 ;  
 L CM; B 100 140 2090 3350 ;  
 L CM; B 460 200 2170 3940 ;  
 L CM; B 1960 980 1060 2770 ;  
 L CM; B 1960 1000 3020 2780 ;  
 L CM; B 80 1000 4040 3180 ;  
 L CM; B 80 1000 40 3180 ;  
 L CM; B 300 60 3850 2250 ;  
 L CM; B 200 100 3800 2170 ;  
 L CS; B 340 80 2170 2120 ;  
 L CS; B 80 120 2040 2220 ;  
 L CS; B 1540 80 1230 2240 ;  
 L CW; B 160 320 2340 1900 ;  
 L CM; B 1860 360 1550 2100 ;  
 L CM; B 120 160 2540 2200 ;  
 L CM; B 540 160 350 2200 ;  
 L CW; B 1680 120 1140 2240 ;  
 L CW; B 120 240 2040 2180 ;  
 L CW; B 320 120 2260 2120 ;  
 L CM; B 400 420 280 3470 ;  
 L CM; B 100 340 530 3430 ;  
 L CM; B 60 300 610 3410 ;  
 L CM; B 80 260 680 3390 ;  
 L CM; B 60 220 750 3370 ;  
 L CM; B 160 180 860 3350 ;  
 L CW; B 260 3960 430 4280 ;  
 L CW; B 740 300 3130 2330 ;  
 L CW; B 100 570 3850 2465 ;  
 L CW; B 100 1020 3850 3810 ;  
 L CW; B 200 1940 3800 5290 ;  
 C 1 T 2480 3720 ;  
 C 1 T 2480 3840 ;  
 L CS; B 700 260 2790 3810 ;  
 L CM; B 180 360 2490 3860 ;  
 L CS; B 160 1460 3060 2950 ;  
 L CW; B 1140 1560 2930 3260 ;  
 L CW; B 1880 1880 2040 5260 ;  
 L CM; B 260 160 3170 3360 ;  
 L CM; B 60 200 3330 3380 ;  
 L CM; B 80 240 3400 3400 ;  
 L CM; B 60 280 3470 3420 ;  
 L CM; B 80 320 3540 3440 ;  
 L CM; B 420 400 3790 3480 ;  
 L CW; B 1420 860 3090 930 ;  
 L CW; B 360 1060 2200 1030 ;  
 L CM; B 120 80 1020 1320 ;  
 L CM; B 140 1720 3830 1260 ;  
 L CD; B 140 120 850 1180 ;  
 L CD; B 140 120 890 760 ;  
 L CS; B 120 140 2940 890 ;  
 L CW; B 100 550 3850 3025 ;  
 DF ;  
 C 35 ;  
 E

## PADIO

DS 36 5 1;  
 9 padio ;  
 L CM; B 7200 160 3600 240 ;  
 L CM; B 2000 2000 5080 5260 ;  
 L CM; B 900 420 4530 4050 ;  
 L CM; B 640 260 5300 3970 ;  
 L CM; B 100 160 4230 3760 ;  
 L CM; B 100 160 4330 3380 ;  
 L CM; B 100 160 4130 3380 ;  
 L CM; B 100 160 4430 3760 ;  
 L CM; B 100 160 4530 3380 ;  
 L CM; B 100 160 4630 3760 ;  
 L CM; B 100 160 4730 3380 ;  
 L CM; B 100 160 4830 3760 ;  
 L CM; B 100 160 4930 3380 ;  
 L CM; B 100 160 5030 3760 ;  
 L CM; B 100 160 5130 3380 ;  
 L CM; B 1200 940 4580 2830 ;  
 L CM; B 1040 1080 3460 2900 ;  
 L CM; B 60 40 3790 3460 ;  
 L CM; B 80 80 3720 3480 ;  
 L CM; B 60 120 3650 3500 ;  
 L CM; B 100 160 3570 3520 ;  
 L CM; B 580 240 3230 3560 ;  
 L CM; B 1120 1200 2380 3080 ;  
 L CM; B 140 1140 1750 3110 ;  
 L CM; B 260 1000 1550 3180 ;  
 L CM; B 1200 1120 820 3120 ;  
 L CM; B 220 1000 110 3180 ;  
 L CM; B 100 320 6590 3440 ;  
 L CM; B 60 280 6510 3420 ;  
 L CM; B 80 240 6440 3400 ;  
 L CM; B 60 200 6370 3380 ;  
 L CM; B 260 160 6210 3360 ;  
 L CM; B 140 920 5250 2820 ;  
 L CM; B 1720 1000 6180 2780 ;  
 L CM; B 160 1000 7120 3180 ;  
 L CM; B 400 400 6840 3480 ;  
 L CS; B 160 2740 300 1550 ;  
 L CS; B 1440 260 1100 310 ;  
 L CP; B 160 220 2040 110 ;  
 L CP; B 220 160 2070 300 ;  
 L CP; B 200 120 2300 60 ;  
 L CP; B 140 420 2330 330 ;  
 L CD; B 2660 100 3790 230 ;  
 L CP; B 240 120 5280 60 ;  
 L CP; B 140 420 5230 330 ;  
 L CS; B 1600 160 6160 240 ;  
 L CS; B 140 1000 6890 820 ;  
 C 1 T 6900 1560 ;  
 C 1 T 6900 1680 ;  
 C 1 T 6900 1800 ;  
 C 1 T 6900 1920 ;  
 C 1 T 6900 2040 ;  
 C 1 T 6900 2160 ;  
 L CS; B 160 160 6920 2320 ;  
 L CS; B 140 1000 5430 820 ;  
 L CS; B 1640 140 6180 1390 ;  
 L CS; B 140 780 6930 1850 ;  
 L CD; B 80 220 5080 470 ;  
 L CD; B 120 140 5060 650 ;  
 L CD; B 380 80 4930 320 ;  
 L CP; B 160 140 5240 610 ;  
 C 1 T 5200 580 ;  
 L CD; B 280 80 5140 760 ;  
 L CD; B 140 1620 5210 1610 ;  
 L CS; B 340 140 1870 510 ;  
 L CS; B 140 180 1970 670 ;  
 L CS; B 200 100 2000 810 ;  
 L CP; B 100 240 2130 500 ;  
 L CP; B 160 100 2160 670 ;  
 L CP; B 160 160 2320 700 ;  
 C 1 T 2300 660 ;  
 C 1 T 2300 440 ;  
 L CS; B 140 800 2030 1260 ;  
 C 1 T 2520 220 ;  
 C 1 T 2520 340 ;  
 C 1 T 2520 460 ;  
 C 1 T 2520 580 ;  
 C 1 T 2520 700 ;  
 C 1 T 2520 820 ;  
 C 1 T 2520 960 ;  
 C 1 T 2520 1100 ;  
 C 1 T 2520 1220 ;  
 L CD; B 160 960 2540 760 ;  
 L CD; B 260 120 2490 1300 ;  
 L CD; B 180 240 2450 1480 ;  
 L CD; B 260 400 2490 1800 ;  
 L CS; B 120 240 2040 1780 ;  
 L CS; B 440 120 1880 1960 ;  
 L CD; B 100 440 2410 2220 ;  
 L CD; B 760 120 2740 2500 ;  
 L CD; B 2160 140 4200 2490 ;  
 L CS; B 160 900 1740 2470 ;  
 L CS; B 1280 140 1020 2850 ;  
 L CP; B 460 390 2090 2405 ;  
 C 1 T 1920 2260 ;  
 C 1 T 2060 2260 ;  
 C 1 T 2200 2260 ;  
 L CM; B 460 140 2090 2290 ;  
 L CD; B 340 660 5450 1870 ;  
 C 1 T 5520 1580 ;  
 C 1 T 5520 1720 ;  
 C 1 T 5520 1840 ;  
 C 1 T 5520 1980 ;  
 C 1 T 5520 2100 ;  
 L CM; B 140 1000 2550 820 ;  
 L CD; B 1160 140 6200 1610 ;  
 C 1 T 6680 1580 ;  
 C 1 T 6680 1700 ;  
 C 1 T 6680 1820 ;  
 C 1 T 6680 1940 ;  
 C 1 T 6680 2060 ;  
 L CD; B 140 480 6710 1920 ;  
 C 1 T 320 440 ;  
 C 1 T 320 560 ;  
 C 1 T 320 680 ;  
 C 1 T 260 800 ;  
 L CS; B 80 340 420 610 ;

## PADIO

C 1 T 260 920;  
 C 1 T 260 1040;  
 C 1 T 260 1160;  
 C 1 T 260 1280;  
 C 1 T 260 1400;  
 C 1 T 260 1520;  
 C 1 T 260 1640;  
 C 1 T 260 1760;  
 C 1 T 260 1880;  
 C 1 T 260 2000;  
 C 1 T 260 2120;  
 C 1 T 260 2240;  
 C 1 T 260 2360;  
 C 1 T 260 2480;  
 C 1 T 260 2600;  
 C 1 T 260 2720;  
 C 1 T 400 2820;  
 C 1 T 520 2820;  
 C 1 T 640 2820;  
 C 1 T 760 2820;  
 C 1 T 880 2820;  
 C 1 T 1000 2820;  
 C 1 T 1120 2820;  
 C 1 T 1240 2820;  
 C 1 T 1360 2820;  
 C 1 T 1480 2820;  
 C 1 T 1600 2820;  
 C 1 T 1720 2820;  
 C 1 T 1720 2700;  
 C 1 T 1720 2580;  
 C 1 T 460 2640;  
 C 1 T 600 2640;  
 L CS; B 320 180 540 2690 ;  
 C 1 T 820 2600;  
 C 1 T 940 2600;  
 C 1 T 1060 2540;  
 L CM; B 140 60 1090 2530 ;  
 C 1 T 1200 2600;  
 C 1 T 1320 2600;  
 L CD; B 640 260 1100 2570 ;  
 L CP; B 60 1020 450 2030 ;  
 L CD; B 900 820 970 2030 ;  
 L CP; B 60 120 970 2480 ;  
 L CP; B 200 60 1100 2450 ;  
 L CP; B 60 120 1230 2480 ;  
 L CP; B 200 60 1360 2510 ;  
 C 1 T 1320 2360;  
 L CP; B 460 60 710 2510 ;  
 C 1 T 1060 1460;  
 C 1 T 1060 1820;  
 C 1 T 1060 2180;  
 L CM; B 140 140 1090 1490 ;  
 L CM; B 140 140 1090 1850 ;  
 L CM; B 140 140 1090 2210 ;  
 C 1 T 820 1640;  
 C 1 T 820 2000;  
 C 1 T 820 2360;  
 L CM; B 140 140 850 2390 ;  
 L CM; B 140 160 1350 2380 ;  
 L CP; B 60 120 730 2300 ;  
 L CP; B 180 60 850 2270 ;  
 L CP; B 60 120 970 2300 ;  
 C 1 T 580 2180;  
 C 1 T 580 1820;  
 C 1 T 1320 2000;  
 C 1 T 1320 1640;  
 L CM; B 320 140 520 2210 ;  
 L CP; B 220 60 590 2330 ;  
 L CM; B 140 140 850 2030 ;  
 L CM; B 140 140 850 1670 ;  
 L CM; B 140 140 1350 2030 ;  
 L CM; B 320 140 520 1850 ;  
 L CM; B 140 140 1350 1670 ;  
 L CP; B 460 60 710 1550 ;  
 L CP; B 60 120 970 1580 ;  
 L CP; B 200 60 1100 1610 ;  
 L CP; B 60 120 1230 1580 ;  
 L CP; B 200 60 1360 1550 ;  
 L CP; B 60 1020 1490 2030 ;  
 L CP; B 200 60 1100 2330 ;  
 L CP; B 60 120 1230 2300 ;  
 L CP; B 200 60 1360 2270 ;  
 L CP; B 220 60 590 2090 ;  
 L CP; B 60 120 730 2120 ;  
 L CP; B 180 60 850 2150 ;  
 L CP; B 60 120 970 2120 ;  
 L CP; B 200 60 1100 2090 ;  
 L CP; B 60 120 1230 2120 ;  
 L CP; B 200 60 1360 2150 ;  
 L CP; B 220 60 590 1970 ;  
 L CP; B 60 120 730 1940 ;  
 L CP; B 180 60 850 1910 ;  
 L CP; B 60 120 970 1940 ;  
 L CP; B 200 60 1100 1970 ;  
 L CP; B 60 120 1230 1940 ;  
 L CP; B 200 60 1360 1910 ;  
 L CP; B 220 60 590 1730 ;  
 L CP; B 60 120 730 1760 ;  
 L CP; B 180 60 850 1790 ;  
 L CP; B 60 120 970 1760 ;  
 L CP; B 200 60 1100 1730 ;  
 L CP; B 60 120 1230 1760 ;  
 L CP; B 200 60 1360 1790 ;  
 L CM; B 100 220 1330 1850 ;  
 L CM; B 100 200 1330 2200 ;  
 L CM; B 360 60 1100 2390 ;  
 L CM; B 360 60 1100 2030 ;  
 L CM; B 340 60 850 1850 ;  
 L CM; B 340 60 850 2210 ;  
 L CM; B 360 60 1100 1670 ;  
 L CM; B 660 60 690 1490 ;  
 L CD; B 640 1100 1100 1070 ;  
 L CP; B 160 280 580 1380 ;  
 C 1 T 540 1280;  
 C 1 T 820 1280;  
 C 1 T 1320 1280;  
 C 1 T 1060 1100;  
 C 1 T 820 920;  
 C 1 T 1320 920;  
 C 1 T 1060 740;

## PADIO

C 1 T 820 560 ;  
 C 1 T 1320 560 ;  
 C 1 T 540 560 ;  
 L CP; B 220 60 830 1430 ;  
 L CP; B 60 120 970 1400 ;  
 L CM; B 420 140 710 1310 ;  
 L CM; B 140 140 850 950 ;  
 L CM; B 140 140 1350 1310 ;  
 L CM; B 140 140 1350 950 ;  
 L CM; B 140 140 1350 590 ;  
 L CM; B 140 140 1090 1130 ;  
 L CM; B 140 140 1090 770 ;  
 L CP; B 160 140 580 590 ;  
 L CP; B 200 60 1100 1370 ;  
 L CP; B 60 120 1230 1400 ;  
 L CP; B 220 60 830 1190 ;  
 L CP; B 60 120 970 1220 ;  
 L CP; B 200 60 1100 1250 ;  
 L CP; B 60 120 1230 1220 ;  
 L CP; B 220 60 830 1070 ;  
 L CP; B 60 120 970 1040 ;  
 L CP; B 200 60 1100 1010 ;  
 L CP; B 60 120 1230 1040 ;  
 L CP; B 60 140 630 730 ;  
 L CP; B 340 60 770 830 ;  
 L CP; B 60 120 970 860 ;  
 L CP; B 200 60 1100 890 ;  
 L CP; B 60 120 1230 860 ;  
 L CP; B 220 60 830 710 ;  
 L CP; B 60 120 970 680 ;  
 L CP; B 200 60 1100 650 ;  
 L CP; B 60 120 1230 680 ;  
 L CM; B 360 60 1100 1310 ;  
 L CM; B 360 60 1100 950 ;  
 L CM; B 660 60 690 770 ;  
 L CM; B 100 220 870 1130 ;  
 L CM; B 360 100 1100 570 ;  
 L CM; B 420 140 710 590 ;  
 C 1 T 560 1060 ;  
 L CS; B 140 140 590 1090 ;  
 L CM; B 200 340 320 570 ;  
 L CM; B 140 1820 290 1650 ;  
 L CP; B 420 140 1730 1790 ;  
 L CP; B 160 140 1660 1430 ;  
 C 1 T 1640 1400 ;  
 C 1 T 1680 1180 ;  
 L CP; B 160 140 1720 1210 ;  
 L CM; B 140 140 1710 1210 ;  
 L CP; B 140 180 1570 590 ;  
 L CM; B 140 140 1570 590 ;  
 C 1 T 1540 560 ;  
 L CP; B 140 160 1790 700 ;  
 C 1 T 1760 660 ;  
 L CP; B 60 160 1830 860 ;  
 L CP; B 120 60 1860 970 ;  
 L CP; B 220 60 1370 830 ;  
 L CP; B 320 60 1420 710 ;  
 L CP; B 60 480 1610 920 ;  
 L CP; B 380 60 1450 1190 ;  
 L CP; B 320 60 1420 1070 ;  
 L CP; B 320 60 1420 1430 ;  
 L CP; B 60 360 1890 1180 ;  
 L CP; B 180 60 1830 1390 ;  
 L CM; B 240 140 1620 1430 ;  
 L CM; B 680 160 2060 700 ;  
 L CM; B 140 140 2330 470 ;  
 L CM; B 680 60 1920 430 ;  
 L CM; B 60 60 1610 490 ;  
 L CS; B 1980 980 3690 870 ;  
 C 1 T 2740 440 ;  
 C 1 T 2740 560 ;  
 C 1 T 2800 680 ;  
 C 1 T 2740 800 ;  
 C 1 T 2740 920 ;  
 C 1 T 2740 1040 ;  
 C 1 T 2800 1160 ;  
 L CM; B 200 140 2800 1190 ;  
 L CM; B 200 140 2800 710 ;  
 L CM; B 140 240 2770 520 ;  
 L CP; B 60 240 2890 440 ;  
 L CP; B 120 60 2920 590 ;  
 L CM; B 140 340 2770 950 ;  
 L CP; B 60 180 2950 710 ;  
 L CP; B 120 60 2920 830 ;  
 L CP; B 60 180 2890 950 ;  
 L CP; B 120 60 2920 1070 ;  
 L CP; B 60 180 2950 1190 ;  
 L CP; B 120 60 2920 1310 ;  
 L CP; B 60 180 2890 1430 ;  
 L CP; B 120 60 2920 1550 ;  
 L CP; B 60 200 2950 1680 ;  
 L CS; B 2280 380 3920 1550 ;  
 L CS; B 160 720 4760 1000 ;  
 L CS; B 220 480 4950 1120 ;  
 L CM; B 320 220 3100 430 ;  
 C 2 T 3000 240 ;  
 C 1 T 3140 440 ;  
 L CD; B 140 40 3030 300 ;  
 L CS; B 140 60 3030 350 ;  
 L CP; B 180 60 3010 1810 ;  
 L CP; B 80 60 3060 1870 ;  
 L CP; B 160 140 3100 1970 ;  
 L CM; B 160 140 3100 1970 ;  
 C 1 T 3080 1940 ;  
 L CM; B 140 140 3010 950 ;  
 C 1 T 2980 920 ;  
 L CP; B 60 240 3070 680 ;  
 L CP; B 120 60 3100 830 ;  
 L CP; B 60 180 3130 950 ;  
 L CP; B 120 60 3100 1070 ;  
 L CP; B 60 180 3070 1190 ;  
 L CP; B 120 60 3100 1310 ;  
 L CP; B 60 180 3130 1430 ;  
 L CP; B 120 60 3100 1550 ;  
 L CP; B 60 200 3070 1680 ;  
 L CM; B 140 140 3010 1430 ;  
 C 1 T 2980 1400 ;  
 L CP; B 60 180 3250 1430 ;  
 L CP; B 120 60 3280 1550 ;  
 L CP; B 120 60 3280 1310 ;

## PADIO

L CM; B 140 140 3370 1430 ;  
 C 1 T 3340 1400;  
 L CP; B 120 60 3460 1310 ;  
 L CP; B 60 180 3490 1430 ;  
 L CP; B 120 60 3460 1550 ;  
 L CP; B 120 60 3640 1310 ;  
 L CP; B 60 180 3610 1430 ;  
 L CP; B 120 60 3640 1550 ;  
 L CM; B 140 140 3730 1430 ;  
 L CP; B 120 60 3820 1310 ;  
 L CP; B 60 180 3850 1430 ;  
 L CP; B 120 60 3820 1550 ;  
 L CP; B 120 60 4000 1310 ;  
 L CP; B 60 180 3970 1430 ;  
 L CP; B 120 60 4000 1550 ;  
 C 1 T 4060 1400;  
 C 1 T 3700 1400;  
 L CP; B 120 60 4180 1310 ;  
 L CP; B 60 180 4210 1430 ;  
 L CP; B 120 60 4180 1550 ;  
 L CM; B 140 140 4090 1430 ;  
 L CM; B 140 140 4450 1430 ;  
 L CP; B 120 60 4360 1310 ;  
 L CP; B 60 180 4330 1430 ;  
 L CP; B 120 60 4360 1550 ;  
 C 1 T 4420 1400;  
 L CP; B 120 60 4540 1310 ;  
 L CP; B 60 180 4570 1430 ;  
 L CP; B 120 60 4540 1550 ;  
 L CP; B 60 180 4690 1430 ;  
 L CP; B 120 60 4720 1310 ;  
 L CP; B 120 60 4720 1550 ;  
 L CP; B 120 60 4900 1310 ;  
 L CP; B 60 180 4930 1430 ;  
 L CP; B 120 60 4900 1550 ;  
 L CM; B 140 140 4810 1430 ;  
 C 1 T 4780 1400;  
 L CM; B 80 340 5020 1430 ;  
 L CM; B 140 140 4990 1670 ;  
 C 1 T 4960 1640;  
 L CP; B 60 240 3310 440 ;  
 L CP; B 240 60 3220 590 ;  
 L CP; B 60 240 3490 920 ;  
 L CP; B 120 60 3460 1070 ;  
 L CP; B 60 180 3430 1190 ;  
 L CP; B 240 60 3340 830 ;  
 L CP; B 60 180 3250 950 ;  
 L CP; B 120 60 3280 1070 ;  
 L CP; B 60 180 3310 1190 ;  
 L CP; B 60 200 3310 1680 ;  
 L CP; B 120 60 3340 1810 ;  
 L CP; B 60 260 3430 1710 ;  
 L CP; B 60 240 3430 440 ;  
 L CP; B 240 60 3520 590 ;  
 L CP; B 60 240 3670 680 ;  
 L CP; B 120 60 3640 830 ;  
 L CP; B 60 180 3610 950 ;  
 L CP; B 120 60 3640 1070 ;  
 L CP; B 60 180 3670 1190 ;  
 L CP; B 60 240 3850 440 ;  
 L CP; B 120 60 3820 590 ;  
 L CP; B 60 180 3790 710 ;  
 L CP; B 120 60 3820 830 ;  
 L CP; B 60 180 3850 950 ;  
 L CP; B 120 60 3820 1070 ;  
 L CP; B 60 180 3790 1190 ;  
 L CP; B 60 240 3970 440 ;  
 L CP; B 120 60 4000 590 ;  
 L CP; B 60 180 4030 710 ;  
 L CP; B 120 60 4000 830 ;  
 L CP; B 60 180 3970 950 ;  
 L CP; B 120 60 4000 1070 ;  
 L CP; B 60 180 4030 1190 ;  
 L CP; B 60 240 4210 440 ;  
 L CP; B 120 60 4180 590 ;  
 L CP; B 60 180 4150 710 ;  
 L CP; B 120 60 4180 830 ;  
 L CP; B 60 180 4210 950 ;  
 L CP; B 120 60 4180 1070 ;  
 L CP; B 60 180 4150 1190 ;  
 L CP; B 60 240 4330 440 ;  
 L CP; B 120 60 4360 590 ;  
 L CP; B 60 180 4390 710 ;  
 L CP; B 120 60 4360 830 ;  
 L CP; B 60 180 4330 950 ;  
 L CP; B 120 60 4360 1070 ;  
 L CP; B 60 180 4390 1190 ;  
 L CP; B 60 240 4570 440 ;  
 L CP; B 120 60 4540 590 ;  
 L CP; B 60 180 4510 710 ;  
 L CP; B 120 60 4540 830 ;  
 L CP; B 60 180 4570 950 ;  
 L CP; B 120 60 4540 1070 ;  
 L CP; B 60 180 4510 1190 ;  
 L CP; B 60 220 4750 690 ;  
 L CP; B 120 60 4720 830 ;  
 L CP; B 60 180 4690 950 ;  
 L CP; B 120 60 4720 1070 ;  
 L CP; B 60 180 4750 1190 ;  
 L CP; B 60 500 4930 790 ;  
 L CP; B 120 60 4900 1070 ;  
 L CP; B 60 180 4870 1190 ;  
 L CM; B 140 140 3190 1190 ;  
 C 1 T 3160 1160;  
 L CM; B 140 140 3550 1190 ;  
 C 1 T 3520 1160;  
 L CM; B 140 140 3910 1190 ;  
 L CM; B 140 140 4270 1190 ;  
 L CM; B 140 140 4630 1190 ;  
 L CM; B 140 140 4990 1190 ;  
 L CM; B 140 140 3730 950 ;  
 L CM; B 140 140 4090 950 ;  
 L CM; B 140 140 4450 950 ;  
 L CM; B 140 140 4810 950 ;  
 L CM; B 140 220 4090 430 ;  
 L CM; B 140 140 3910 710 ;  
 L CM; B 140 140 4270 710 ;  
 L CM; B 500 140 3370 710 ;  
 C 1 T 3160 680;  
 C 1 T 3280 680;

## PADIO

C 1 T 3400 680 ;	L CP; B 60 180 4510 1670 ;
C 1 T 3520 680 ;	L CP; B 120 60 4540 1790 ;
C 1 T 3880 680 ;	L CP; B 60 180 4570 1910 ;
C 1 T 4240 680 ;	L CP; B 120 60 4540 2030 ;
C 1 T 4240 1160 ;	L CP; B 60 240 4510 2180 ;
C 1 T 3880 1160 ;	L CP; B 60 180 4390 1670 ;
C 1 T 3700 920 ;	L CP; B 120 60 4360 1790 ;
C 1 T 4060 920 ;	L CP; B 60 180 4330 1910 ;
C 1 T 4420 920 ;	L CP; B 120 60 4360 2030 ;
C 1 T 4060 440 ;	L CP; B 60 240 4390 2180 ;
L CM; B 320 220 3640 430 ;	L CP; B 60 240 4150 2180 ;
L CM; B 140 140 3370 950 ;	L CP; B 120 60 4180 2030 ;
C 1 T 3340 920 ;	L CP; B 60 180 4210 1910 ;
C 1 T 3530 440 ;	L CP; B 120 60 4180 1790 ;
C 2 T 3670 240 ;	L CP; B 60 180 4150 1670 ;
L CS; B 140 60 3700 350 ;	L CP; B 60 180 4030 1670 ;
L CD; B 140 40 3700 300 ;	L CP; B 120 60 4000 1790 ;
L CP; B 160 140 2660 1470 ;	L CP; B 60 180 3970 1910 ;
C 1 T 2620 1440 ;	L CP; B 120 60 4000 2030 ;
L CM; B 340 140 2670 1470 ;	L CP; B 60 240 4030 2180 ;
L CP; B 340 140 2670 2110 ;	L CS; B 40 260 3860 2130 ;
C 1 T 2540 2080 ;	L CM; B 140 140 3910 2150 ;
L CM; B 140 140 2570 2110 ;	C 1 T 3880 2120 ;
L CP; B 140 120 2770 2240 ;	L CP; B 1060 60 4250 2330 ;
L CM; B 140 140 3550 1670 ;	L CM; B 140 140 4270 2150 ;
L CM; B 140 140 4090 1910 ;	C 1 T 4240 2120 ;
C 1 T 3520 1640 ;	L CM; B 140 140 4450 1910 ;
C 1 T 4060 1880 ;	L CM; B 140 140 4810 1910 ;
C 1 T 3680 1960 ;	L CM; B 140 140 4630 1670 ;
L CM; B 140 160 3710 1980 ;	L CM; B 140 140 4270 1670 ;
L CM; B 140 80 3690 1700 ;	L CM; B 140 140 3910 1670 ;
L CM; B 60 160 3730 1820 ;	C 1 T 3880 1640 ;
L CP; B 60 280 3310 1980 ;	C 1 T 4240 1640 ;
L CP; B 440 60 3120 2150 ;	C 1 T 4600 1640 ;
L CP; B 60 220 2930 2010 ;	C 1 T 4780 1880 ;
L CP; B 220 60 2790 1930 ;	C 1 T 4420 1880 ;
L CP; B 60 360 2710 1720 ;	L CM; B 80 340 5020 1910 ;
L CP; B 60 200 3670 1680 ;	L CM; B 220 80 4090 2120 ;
L CP; B 180 60 3610 1810 ;	L CM; B 220 80 4450 2120 ;
L CP; B 60 400 3550 2040 ;	C 1 T 4600 1160 ;
L CP; B 740 60 3210 2270 ;	C 1 T 4960 1160 ;
L CP; B 60 320 3790 1740 ;	C 1 T 4780 920 ;
L CP; B 180 60 3730 1930 ;	L CM; B 60 80 1390 700 ;
L CS; B 1180 520 4470 2000 ;	L CM; B 140 60 1430 770 ;
L CP; B 60 340 3750 2130 ;	L CM; B 60 120 1530 800 ;
L CP; B 80 100 3680 2010 ;	L CM; B 840 60 1920 890 ;
L CM; B 140 140 4990 2150 ;	L CM; B 60 540 2370 1130 ;
C 1 T 4960 2120 ;	L CM; B 160 60 2420 1430 ;
L CP; B 60 180 4870 1670 ;	L CM; B 140 140 2770 1330 ;
L CP; B 120 60 4900 1790 ;	L CM; B 280 60 640 2030 ;
L CP; B 60 180 4930 1910 ;	L CM; B 480 80 1620 2260 ;
L CP; B 120 60 4900 2030 ;	L CM; B 60 580 1530 1790 ;
L CP; B 60 260 4870 2190 ;	L CM; B 1000 60 2000 2110 ;
L CP; B 60 240 4750 2180 ;	L CM; B 140 140 1850 1790 ;
L CM; B 140 140 4630 2150 ;	C 1 T 1820 1760 ;
C 1 T 4600 2120 ;	L CM; B 240 60 1760 1610 ;
L CP; B 60 180 4750 1670 ;	L CM; B 140 80 3190 1640 ;
L CP; B 120 60 4720 1790 ;	L CM; B 60 260 3370 1630 ;
L CP; B 60 180 4690 1910 ;	L CM; B 60 100 2110 1950 ;
L CP; B 120 60 4720 2030 ;	L CM; B 40 60 1800 1250 ;

## PADIO

L CM; B 60 360 1850 1400 ;	C 1 T 6620 860;
L CM; B 60 300 1670 1790 ;	C 1 T 6480 1000;
L CM; B 440 60 1860 1970 ;	C 1 T 6620 1000;
L CM; B 380 60 2580 1930 ;	C 1 T 6620 1140;
L CM; B 340 60 1330 1130 ;	C 1 T 6480 1140;
L CM; B 60 160 1530 1080 ;	L CD; B 320 840 6580 820 ;
L CM; B 640 60 1880 1030 ;	L CS; B 140 1000 6270 820 ;
L CM; B 60 620 2230 1310 ;	C 1 T 6240 680;
L CM; B 920 60 2660 1650 ;	C 1 T 6240 800;
L CM; B 1480 60 2660 1790 ;	C 1 T 6240 920;
L CM; B 60 180 2750 2230 ;	C 1 T 6240 1040;
L CM; B 400 60 2520 2290 ;	C 1 T 6240 1160;
L CM; B 1060 60 3310 2170 ;	C 1 T 6240 1280;
L CM; B 300 140 510 1090 ;	C 1 T 6120 1360;
C 1 T 4420 440;	C 1 T 6000 1360;
L CM; B 340 220 4550 430 ;	C 1 T 5880 1360;
L CM; B 120 200 4660 640 ;	C 1 T 5760 1360;
L CM; B 160 100 4800 690 ;	C 1 T 5640 1360;
L CM; B 100 140 4830 810 ;	C 1 T 5520 1360;
C 1 T 4880 440;	C 1 T 5400 1300;
L CP; B 160 140 4920 470 ;	C 1 T 5400 1180;
L CM; B 160 140 4920 470 ;	C 1 T 5400 1060;
L CM; B 80 500 5020 870 ;	C 1 T 5400 940;
L CM; B 100 60 5110 650 ;	C 1 T 5400 820;
L CM; B 160 140 5240 610 ;	L CM; B 180 680 5410 1120 ;
L CM; B 60 310 4630 965 ;	L CD; B 500 380 5830 1010 ;
L CM; B 60 340 4450 710 ;	C 1 T 5620 820;
L CM; B 60 240 4270 520 ;	C 1 T 5620 940;
L CM; B 60 340 4810 1190 ;	C 1 T 5620 1060;
L CM; B 60 240 3910 520 ;	C 1 T 5740 1100;
L CM; B 60 340 4090 710 ;	C 1 T 5860 1100;
L CM; B 60 340 4270 950 ;	C 1 T 5980 1100;
L CM; B 60 340 4450 1190 ;	L CM; B 140 240 5650 940 ;
L CM; B 60 340 4630 1430 ;	L CM; B 620 140 5890 1130 ;
L CM; B 60 340 4810 1670 ;	L CM; B 140 710 6270 965 ;
L CM; B 60 340 4630 1910 ;	L CM; B 840 140 5920 1390 ;
L CM; B 60 340 4450 1670 ;	L CP; B 180 140 5830 470 ;
L CM; B 60 340 4270 1430 ;	C 1 T 5860 820;
L CM; B 60 340 4090 1190 ;	C 1 T 5860 700;
L CM; B 60 340 3910 950 ;	C 1 T 5980 860;
L CM; B 60 340 3730 710 ;	L CM; B 140 200 5890 720 ;
L CM; B 60 340 3550 950 ;	L CM; B 260 140 5950 890 ;
L CM; B 60 340 3730 1190 ;	L CP; B 60 440 5770 760 ;
L CM; B 60 340 3910 1430 ;	L CP; B 400 60 5940 1010 ;
L CM; B 60 340 4090 1670 ;	L CM; B 880 140 5980 470 ;
L CM; B 60 340 4270 1910 ;	C 1 T 5800 440;
L CM; B 60 340 3910 1910 ;	L CM; B 540 60 5270 430 ;
L CM; B 60 340 3550 1430 ;	L CM; B 500 60 5570 650 ;
L CM; B 60 340 3370 1190 ;	L CM; B 320 840 6580 820 ;
L CM; B 60 340 3190 950 ;	L CD; B 380 200 5770 720 ;
L CM; B 60 340 3010 710 ;	C 1 T 5640 1580;
L CM; B 60 340 3190 1430 ;	C 1 T 5760 1580;
C 1 T 6620 440;	C 1 T 5880 1580;
C 1 T 6620 580;	C 1 T 6000 1580;
C 1 T 6480 580;	C 1 T 6120 1580;
C 1 T 6480 440;	C 1 T 6240 1580;
L CM; B 60 340 3010 1190 ;	L CM; B 720 140 5980 1610 ;
C 1 T 6620 720;	L CS; B 860 280 6130 1900 ;
C 1 T 6480 720;	C 1 T 5740 1800;
C 1 T 6480 860;	C 1 T 5860 1800;



## PADIO

C 1 T 5980 1800;  
C 1 T 6100 1800;  
C 1 T 6220 1800;  
C 1 T 6340 1800;  
C 1 T 6460 1800;  
C 1 T 6460 1940;  
C 1 T 6340 1940;  
C 1 T 6220 1940;  
C 1 T 6100 1940;  
C 1 T 5980 1940;  
C 1 T 5860 1940;  
C 1 T 5740 1940;  
L CM; B 140 660 5550 1870 ;  
L CM; B 140 520 6490 1500 ;  
L CM; B 140 880 6710 1760 ;  
L CM; B 140 760 6930 1900 ;  
L CM; B 860 280 6130 1900 ;  
L CM; B 80 820 5360 1870 ;  
L CM; B 100 1000 6890 820 ;  
L CM; B 160 100 6860 1370 ;  
L CM; B 1020 80 6130 2160 ;  
L CW; B 160 100 6920 2350 ;  
L CW; B 80 660 6960 1970 ;  
L CS; B 100 1940 6890 3370 ;  
L CS; B 220 80 6830 4380 ;  
L CS; B 140 1760 6790 5300 ;  
L CW; B 300 1920 6790 5300 ;  
C 1 T 5520 3680;  
C 1 T 5520 3800;  
L CS; B 700 260 5830 3770 ;  
L CS; B 160 1600 6100 2840 ;  
L CM; B 160 200 5540 3740 ;  
L CW; B 1160 1320 5980 3300 ;  
L CW; B 700 640 6130 2320 ;  
L CM; B 1680 160 3240 4040 ;  
L CP; B 520 1440 2120 3320 ;  
L CS; B 300 1360 1510 3600 ;  
L CS; B 2240 320 2480 4440 ;  
L CM; B 540 240 2130 4000 ;  
C 1 T 1900 3920;  
C 1 T 2020 3920;  
C 1 T 2140 3920;  
C 1 T 2260 3920;  
L CW; B 460 800 1510 3800 ;  
L CW; B 2400 480 2480 4440 ;  
L CS; B 140 1580 3530 5390 ;  
L CW; B 300 1580 3530 5470 ;  
L CW; B 1380 2420 1010 1610 ;  
L CW; B 300 880 1850 1260 ;  
L CW; B 240 280 1820 680 ;  
L CW; B 1400 1080 6160 820 ;  
L CW; B 1880 1880 5080 5260 ;  
L CW; B 100 1940 6890 3370 ;  
DF;  
C 36;  
E

## PADOUT

```

DS 37 5 1;
9 padout;
L CM; B 4080 160 2040 240 ;
L CM; B 4080 560 2040 2960 ;
L CM; B 140 1820 3870 1230 ;
L CD; B 140 2040 3870 1340 ;
L CS; B 1680 140 2880 2070 ;
C 3 T 3520 2040;
C 1 T 3260 2040;
C 1 T 3080 2040;
C 3 T 2080 2040;
C 1 T 2300 2040;
C 1 T 2440 2040;
C 1 T 2600 2040;
L CP; B 240 60 3640 1850 ;
L CP; B 60 160 3490 1900 ;
L CP; B 440 60 3240 1950 ;
L CP; B 60 80 2990 1960 ;
L CP; B 180 60 2870 1970 ;
L CP; B 60 80 2750 1960 ;
L CM; B 140 140 2870 1850 ;
C 1 T 2840 1820;
L CP; B 180 60 3110 1830 ;
L CP; B 60 160 2990 1780 ;
L CM; B 140 160 3110 1700 ;
C 1 T 3080 1680;
L CP; B 60 180 3230 1770 ;
L CM; B 140 160 3370 1840 ;
C 1 T 3340 1800;
L CP; B 500 60 3510 1710 ;
C 2 T 3620 580;
L CS; B 1660 1220 2870 1390 ;
L CM; B 240 200 3680 1580 ;
C 1 T 3600 1520;
L CP; B 280 60 3620 1430 ;
L CP; B 60 160 3510 1540 ;
L CM; B 140 180 3390 1450 ;
C 1 T 3360 1400;
L CP; B 60 220 3270 1370 ;
L CP; B 460 60 3530 1290 ;
L CM; B 240 140 3680 1170 ;
C 1 T 3600 1140;
L CP; B 280 60 3620 1050 ;
L CP; B 60 100 3510 1130 ;
L CM; B 140 140 3390 1030 ;
C 1 T 3360 1000;
L CP; B 60 160 3270 1100 ;
L CP; B 180 60 3390 1150 ;
C 1 T 3500 760;
L CP; B 240 60 2120 1830 ;
L CP; B 60 120 2270 1860 ;
L CP; B 480 60 2480 1950 ;
L CP; B 240 60 2840 1730 ;
L CP; B 60 100 2750 1810 ;
L CP; B 180 60 2630 1830 ;
L CP; B 60 220 2510 1750 ;
L CM; B 140 220 2390 1810 ;
C 1 T 2360 1800;
L CM; B 140 160 2630 1700 ;

C 1 T 2600 1680;
C 1 T 2440 1520;
C 1 T 2320 1520;
L CM; B 340 60 2450 1590 ;
L CM; B 280 80 2420 1520 ;
L CP; B 120 60 2620 1530 ;
L CP; B 480 60 2240 1670 ;
L CP; B 200 60 2100 1530 ;
L CP; B 60 160 2230 1480 ;
L CP; B 300 60 2410 1430 ;
L CP; B 60 100 2590 1450 ;
L CP; B 860 60 3050 1590 ;
L CP; B 800 60 2400 1290 ;
L CP; B 60 160 2830 1340 ;
L CP; B 440 60 3020 1450 ;
L CP; B 320 60 2160 1150 ;
L CP; B 60 160 2350 1100 ;
L CP; B 180 60 2470 1050 ;
L CP; B 60 100 2590 1070 ;
L CP; B 240 60 2680 1150 ;
L CP; B 60 160 2830 1100 ;
L CP; B 380 60 3050 1050 ;
L CM; B 140 140 2110 1410 ;
C 1 T 2080 1380;
L CM; B 140 140 2710 1410 ;
C 1 T 2680 1380;
L CM; B 140 140 2710 1030 ;
C 1 T 2680 1000;
L CM; B 300 180 3050 1250 ;
C 3 T 3000 1220;
L CM; B 340 60 2630 1890 ;
L CM; B 340 60 2870 1650 ;
L CM; B 360 60 3120 1890 ;
L CM; B 380 60 3370 1650 ;
L CM; B 620 60 3010 1510 ;
L CM; B 460 60 2410 1370 ;
L CM; B 360 60 3380 1210 ;
L CM; B 540 60 3050 990 ;
L CM; B 340 60 2470 990 ;
L CM; B 140 140 2470 1170 ;
C 1 T 2440 1140;
L CM; B 360 60 2720 1210 ;
L CP; B 1760 60 2880 910 ;
L CP; B 140 160 2070 620 ;
C 1 T 3840 480;
C 1 T 3780 360;
C 1 T 3660 360;
C 1 T 3840 760;
C 1 T 3840 920;
C 1 T 3840 620;
C 1 T 3840 1060;
C 1 T 3840 1200;
C 1 T 3840 1360;
C 1 T 3840 1500;
C 1 T 3840 1640;
C 1 T 3840 1780;
C 1 T 3840 1920;
C 1 T 3840 2040;
L CM; B 80 140 3500 790 ;
L CP; B 300 60 3290 730 ;

```

## PADOUT

L CM; B 140 140 3290 610 ;  
 C 1 T 3260 580 ;  
 L CP; B 300 60 3050 670 ;  
 L CM; B 140 140 3050 790 ;  
 C 1 T 3020 760 ;  
 L CP; B 240 60 2840 730 ;  
 L CP; B 60 120 2690 700 ;  
 L CM; B 140 140 2810 610 ;  
 C 1 T 2780 580 ;  
 L CM; B 140 140 2570 790 ;  
 C 1 T 2540 760 ;  
 L CP; B 60 120 2450 700 ;  
 L CP; B 180 60 2570 670 ;  
 L CM; B 140 320 2290 700 ;  
 C 1 T 2260 580 ;  
 L CP; B 420 60 2210 730 ;  
 L CS; B 1540 240 2950 660 ;  
 L CM; B 380 80 2550 580 ;  
 L CM; B 340 80 2810 820 ;  
 L CM; B 340 80 3050 580 ;  
 L CM; B 340 80 3290 820 ;  
 L CM; B 220 80 2110 820 ;  
 C 1 T 2040 600 ;  
 C 1 T 3540 360 ;  
 C 1 T 3140 360 ;  
 C 1 T 3000 360 ;  
 C 1 T 2860 360 ;  
 C 1 T 2720 360 ;  
 C 1 T 2580 360 ;  
 C 1 T 2440 360 ;  
 C 1 T 2300 360 ;  
 C 1 T 2160 360 ;  
 L CM; B 460 140 1910 630 ;  
 L CD; B 100 280 1910 600 ;  
 L CP; B 160 620 1740 390 ;  
 L CP; B 220 80 1770 40 ;  
 L CS; B 1460 120 890 220 ;  
 C 2 T 1320 440 ;  
 L CS; B 120 400 1560 480 ;  
 L CD; B 200 260 1320 510 ;  
 C 1 T 1000 600 ;  
 L CM; B 140 140 1030 630 ;  
 L CP; B 140 60 1110 750 ;  
 L CP; B 100 60 930 770 ;  
 L CM; B 140 140 830 890 ;  
 C 1 T 800 860 ;  
 L CP; B 120 60 740 770 ;  
 L CP; B 100 60 610 650 ;  
 C 3 T 380 460 ;  
 L CD; B 880 140 780 490 ;  
 L CS; B 100 360 210 460 ;  
 C 1 T 200 680 ;  
 C 1 T 200 800 ;  
 C 1 T 200 920 ;  
 C 1 T 200 1060 ;  
 C 1 T 200 1200 ;  
 C 1 T 200 1320 ;  
 C 1 T 420 1340 ;  
 L CM; B 140 140 450 1370 ;  
 L CP; B 120 60 540 1250 ;  
 L CP; B 120 60 540 1490 ;  
 L CP; B 120 60 720 1490 ;  
 C 1 T 600 1580 ;  
 L CP; B 60 240 750 1640 ;  
 L CP; B 120 60 900 1490 ;  
 L CP; B 100 60 1090 1490 ;  
 L CP; B 60 240 1110 1640 ;  
 C 1 T 960 1580 ;  
 L CP; B 60 260 1250 1650 ;  
 L CP; B 120 60 1280 1490 ;  
 C 1 T 1340 1600 ;  
 L CM; B 500 140 810 1610 ;  
 L CP; B 60 260 630 490 ;  
 L CP; B 60 240 510 1640 ;  
 L CP; B 60 240 870 1640 ;  
 L CP; B 60 180 570 1370 ;  
 L CP; B 60 180 690 1370 ;  
 L CP; B 60 180 930 1370 ;  
 L CP; B 60 180 1070 1370 ;  
 L CP; B 60 180 1310 1370 ;  
 L CP; B 120 60 720 1250 ;  
 L CP; B 100 60 1090 1250 ;  
 L CP; B 120 60 1280 1250 ;  
 L CP; B 120 60 900 1250 ;  
 C 1 T 600 1100 ;  
 L CM; B 140 140 630 1130 ;  
 L CP; B 100 60 730 1010 ;  
 L CP; B 60 180 750 1130 ;  
 L CP; B 60 380 770 550 ;  
 L CP; B 60 180 710 890 ;  
 L CP; B 60 300 590 830 ;  
 L CP; B 140 60 550 1010 ;  
 L CP; B 60 180 510 1130 ;  
 L CP; B 60 380 910 550 ;  
 L CP; B 60 180 950 890 ;  
 L CP; B 140 60 910 1010 ;  
 L CP; B 60 180 870 1130 ;  
 L CP; B 60 360 1150 540 ;  
 L CP; B 60 200 1070 880 ;  
 L CP; B 40 60 1060 1010 ;  
 L CP; B 60 240 1110 1100 ;  
 L CP; B 60 260 1250 1090 ;  
 L CM; B 140 140 990 1130 ;  
 C 1 T 960 1100 ;  
 L CM; B 140 140 1190 870 ;  
 C 1 T 1160 840 ;  
 L CM; B 140 140 1370 1130 ;  
 C 1 T 1340 1100 ;  
 L CM; B 140 140 1190 1370 ;  
 C 1 T 1160 1340 ;  
 L CM; B 140 140 810 1370 ;  
 C 1 T 780 1340 ;  
 L CD; B 840 80 800 600 ;  
 L CD; B 900 260 830 770 ;  
 L CD; B 1000 160 880 980 ;  
 L CD; B 1060 660 910 1390 ;  
 L CS; B 80 60 1580 710 ;  
 L CS; B 100 160 1590 820 ;  
 L CP; B 180 140 1410 790 ;  
 C 1 T 1380 760 ;

## PADOUT

L CP; B 60 100 1450 910 ;  
 L CP; B 200 60 1380 990 ;  
 L CM; B 460 140 1570 790 ;  
 L CM; B 120 20 1740 710 ;  
 C 1 T 1720 600;  
 L CP; B 160 140 1060 1830 ;  
 C 1 T 1020 1800;  
 L CM; B 160 140 1060 1830 ;  
 C 1 T 440 680;  
 C 1 T 440 860;  
 L CM; B 160 300 460 810 ;  
 L CM; B 420 160 370 480 ;  
 L CM; B 380 100 350 610 ;  
 L CM; B 220 100 690 450 ;  
 L CM; B 380 80 990 440 ;  
 L CM; B 80 340 420 1130 ;  
 L CM; B 80 360 1400 1380 ;  
 L CM; B 80 160 1220 720 ;  
 L CM; B 60 340 830 650 ;  
 L CM; B 60 360 1010 880 ;  
 L CM; B 60 360 1190 1120 ;  
 L CM; B 60 340 810 1130 ;  
 L CM; B 60 340 630 1370 ;  
 L CM; B 60 340 990 1370 ;  
 L CM; B 240 240 1300 520 ;  
 L CM; B 140 200 1370 1660 ;  
 L CM; B 300 60 1290 1790 ;  
 L CM; B 540 160 1770 400 ;  
 L CD; B 140 120 3410 380 ;  
 L CP; B 60 220 3410 590 ;  
 L CD; B 1480 140 2600 390 ;  
 L CD; B 460 140 3710 390 ;  
 L CM; B 1760 140 2920 390 ;  
 L CM; B 260 400 3670 660 ;  
 L CM; B 660 140 2370 2070 ;  
 L CM; B 340 120 2870 2080 ;  
 L CM; B 760 140 3420 2070 ;  
 L CM; B 140 380 2230 1150 ;  
 C 1 T 2200 1000;  
 L CD; B 240 100 1840 790 ;  
 C 1 T 1900 920;  
 L CS; B 120 1020 1580 1410 ;  
 L CS; B 340 100 1350 1870 ;  
 C 1 T 1440 2000;  
 C 1 T 1560 2000;  
 L CM; B 280 140 1540 2030 ;  
 L CD; B 100 1180 1770 1430 ;  
 L CP; B 140 980 1930 1370 ;  
 L CM; B 140 220 1930 1670 ;  
 C 1 T 1900 1620;  
 L CM; B 100 300 1910 1410 ;  
 L CM; B 140 480 1930 1020 ;  
 C 1 T 1900 1160;  
 L CS; B 240 380 1060 2130 ;  
 L CS; B 100 400 1230 2120 ;  
 L CP; B 500 60 730 1790 ;  
 L CS; B 580 460 650 2090 ;  
 L CS; B 140 1220 230 1250 ;  
 L CS; B 200 140 260 1930 ;  
 C 1 T 200 1900;  
 C 1 T 320 1900;  
 C 1 T 440 1900;  
 C 1 T 200 1740;  
 C 1 T 200 1600;  
 C 1 T 560 1900;  
 C 1 T 560 2060;  
 C 1 T 560 2220;  
 L CM; B 100 380 2130 1670 ;  
 L CD; B 140 320 1890 2060 ;  
 L CM; B 300 80 2030 1900 ;  
 L CM; B 200 80 1780 2060 ;  
 L CM; B 80 160 1920 2020 ;  
 L CM; B 120 80 1800 1740 ;  
 L CM; B 300 80 1590 1780 ;  
 L CM; B 60 300 870 1830 ;  
 L CM; B 560 60 1120 2010 ;  
 L CM; B 140 1200 230 1260 ;  
 L CM; B 3920 440 2040 2460 ;  
 C 1 T 700 2220;  
 C 1 T 840 2220;  
 C 1 T 980 2220;  
 C 1 T 1120 2220;  
 L CM; B 500 380 410 2050 ;  
 L CM; B 560 60 940 2210 ;  
 L CM; B 80 40 1780 1800 ;  
 L CP; B 360 100 1500 2010 ;  
 L CD; B 1980 140 2810 2290 ;  
 L CP; B 460 340 1550 2230 ;  
 L CM; B 2000 2000 2040 5260 ;  
 L CM; B 520 820 1600 3850 ;  
 L CP; B 560 1200 1600 3000 ;  
 C 1 T 1380 3480;  
 C 1 T 1500 3480;  
 C 1 T 1620 3480;  
 C 1 T 1740 3480;  
 L CS; B 140 3840 430 4240 ;  
 L CM; B 480 440 240 3460 ;  
 L CM; B 100 360 530 3420 ;  
 L CM; B 60 320 610 3400 ;  
 L CM; B 80 280 680 3380 ;  
 L CM; B 60 240 750 3360 ;  
 L CM; B 140 200 850 3340 ;  
 L CM; B 480 440 3840 3460 ;  
 L CM; B 100 360 3550 3420 ;  
 L CM; B 80 320 3460 3400 ;  
 L CM; B 80 280 3380 3380 ;  
 L CM; B 60 240 3310 3360 ;  
 L CM; B 1020 200 2770 3340 ;  
 L CD; B 140 1120 2290 2920 ;  
 L CS; B 3320 140 2160 3710 ;  
 L CS; B 140 2380 3750 4970 ;  
 L CW; B 240 1580 380 2850 ;  
 L CW; B 340 2620 430 4950 ;  
 L CW; B 340 2620 3750 4950 ;  
 L CW; B 2980 240 2090 3760 ;  
 L CW; B 1880 1880 2040 5260 ;  
 L CW; B 660 1620 590 1070 ;  
 L CW; B 280 1700 1060 1110 ;  
 L CW; B 340 1580 1370 1050 ;  
 L CS; B 140 120 1350 460 ;

## PADOUT

L CS; B 120 140 400 490 ;  
L CD; B 140 120 3650 600 ;  
L CD; B 120 140 3020 1250 ;  
L CD; B 120 140 2100 2070 ;  
L CD; B 120 140 3660 2070 ;  
L CM; B 140 80 2250 1740 ;  
DF;  
C 37;  
E

## PADPOW

DS 38 5 1;  
9 padpow;  
L CM; B 2000 2400 1000 1200 ;  
L CW; B 1880 1880 1000 1400 ;  
DF;  
C 38;  
E

## TRAGAT

DS 39 5 1 ;  
 9 tragat ;  
 L CM; B 1440 160 720 240 ;  
 L CM; B 1440 160 720 2760 ;  
 C 2 T 160 200 ;  
 L CD; B 140 190 190 255 ;  
 L CM; B 300 160 190 400 ;  
 L CD; B 260 270 390 485 ;  
 L CD; B 180 570 170 635 ;  
 L CP; B 60 170 390 395 ;  
 L CP; B 240 60 300 510 ;  
 L CP; B 170 80 365 40 ;  
 L CP; B 150 230 375 195 ;  
 C 1 T 300 600 ;  
 C 1 T 300 800 ;  
 L CD; B 140 300 330 770 ;  
 L CM; B 140 340 330 730 ;  
 L CP; B 60 480 210 780 ;  
 L CP; B 160 550 1320 275 ;  
 C 1 T 1290 440 ;  
 L CM; B 160 140 1320 470 ;  
 L CP; B 160 550 840 275 ;  
 L CM; B 160 220 840 510 ;  
 C 1 T 810 440 ;  
 L CD; B 660 640 930 920 ;  
 C 1 T 640 660 ;  
 C 1 T 780 660 ;  
 C 1 T 920 660 ;  
 C 1 T 1060 660 ;  
 L CM; B 620 140 850 690 ;  
 L CD; B 80 540 560 970 ;  
 L CP; B 700 60 810 810 ;  
 C 1 T 740 900 ;  
 L CM; B 80 340 580 930 ;  
 C 1 T 860 900 ;  
 C 1 T 980 900 ;  
 L CP; B 60 240 1130 960 ;  
 L CP; B 920 60 640 1050 ;  
 L CM; B 620 140 1010 930 ;  
 C 1 T 660 1140 ;  
 C 1 T 780 1140 ;  
 C 1 T 920 1140 ;  
 C 1 T 1060 1140 ;  
 L CM; B 620 100 850 1150 ;  
 L CM; B 540 40 890 1220 ;  
 L CP; B 100 360 230 1260 ;  
 L CP; B 920 160 800 1360 ;  
 L CM; B 180 220 410 1390 ;  
 C 1 T 400 1320 ;  
 L CM; B 200 60 400 1530 ;  
 C 1 T 340 1540 ;  
 L CP; B 160 160 360 2920 ;  
 C 2 T 160 2600 ;  
 L CS; B 140 1320 190 2140 ;  
 L CM; B 260 160 170 2600 ;  
 L CP; B 140 190 370 2745 ;  
 L CP; B 60 150 330 2575 ;  
 L CP; B 140 60 290 2470 ;  
 L CS; B 200 490 360 2365 ;  
 C 1 T 340 2320 ;  
 C 1 T 340 2180 ;  
 C 1 T 340 2040 ;  
 L CM; B 140 420 370 2210 ;  
 L CS; B 300 640 410 1800 ;  
 L CM; B 100 80 490 2040 ;  
 L CP; B 180 60 370 1950 ;  
 C 1 T 280 1800 ;  
 L CP; B 60 200 430 1820 ;  
 L CP; B 180 60 370 1690 ;  
 L CM; B 240 80 420 1600 ;  
 L CP; B 60 520 250 2180 ;  
 L CP; B 60 280 250 1580 ;  
 L CM; B 80 360 500 1820 ;  
 C 1 T 160 1800 ;  
 L CM; B 340 140 210 1830 ;  
 L CM; B 80 620 80 2210 ;  
 L CP; B 160 550 1320 2725 ;  
 L CP; B 160 550 840 2725 ;  
 L CS; B 800 200 960 2300 ;  
 L CM; B 160 200 840 2500 ;  
 C 1 T 810 2500 ;  
 L CM; B 160 140 1320 2530 ;  
 C 1 T 1280 2500 ;  
 L CP; B 300 60 650 2290 ;  
 C 1 T 860 2300 ;  
 C 1 T 1060 2300 ;  
 L CM; B 540 140 890 2330 ;  
 L CP; B 60 80 770 2220 ;  
 L CS; B 720 720 1000 1840 ;  
 L CM; B 80 380 360 1090 ;  
 L CP; B 460 60 1030 2210 ;  
 L CP; B 60 180 1230 2090 ;  
 C 1 T 1080 2060 ;  
 C 1 T 940 2060 ;  
 C 1 T 820 2060 ;  
 L CM; B 540 140 1050 2090 ;  
 L CP; B 540 60 990 1970 ;  
 L CP; B 60 180 750 1850 ;  
 C 1 T 860 1820 ;  
 C 1 T 1000 1820 ;  
 C 1 T 1140 1820 ;  
 L CM; B 550 140 975 1850 ;  
 L CP; B 540 60 990 1730 ;  
 C 1 T 820 1580 ;  
 C 1 T 940 1580 ;  
 C 1 T 1080 1580 ;  
 L CM; B 540 140 1050 1610 ;  
 L CP; B 60 260 1230 1570 ;  
 L CM; B 80 1020 660 1750 ;  
 L CM; B 80 1920 1360 1500 ;  
 L CD; B 140 120 190 2740 ;  
 L CS; B 140 120 190 220 ;  
 L CW; B 1440 1000 720 500 ;  
 L CW; B 910 320 895 1160 ;  
 DF ;  
 C 39 ;  
 E

FIGURAS EXTERNAS  
CTO, CTOV, CTOH

DS 1 5 1;  
9 cto ;  
L CC; B 60 60 30 30 ;  
DF;  
C 1;  
E

DS 2 5 1;  
9 ctov ;  
L CC; B 60 160 30 20 ;  
DF;  
C 2;  
E

DS 3 5 1;  
9 ctoh ;  
L CC; B 160 60 80 30 ;  
DF;  
C 3;  
E



## BIBLIOGRAFIA

- . Amar Mukherjee. "Introduction to nMOS and CMOS VLSI Systems Design". Prentice-Hall, 1986.
  
- . Carver Mead and Conway. "Introduction to VLSI System". Addison-Wesley Publishing Company. 1980.
  
- . Dennis V. Heinbuch. "CMOS Cell Library". Addison-Wesley Publishing Company. 1988.
  
- . Lance A. Glaser and Daniel W. Dobberpuhl. "The Design and Analysis of VLSI Circuits". Addison-Wesley Publishing Company. 1985.
  
- . Neil Weste, Kamram Eshraghian. "Principles of CMOS VLSI DESIGN, a System Perspective". Addison-Wesley Publishing Company. 1985.
  
- . Mavor J., Jack M.A. and Denyer P.B. "Introduction to MOS LSI Design". Addison-Wesley Publishing Company. 1983.
  
- . Stanley L. Hurst. "Custom-Specific Integrated Circuits. Design and Fabrication". Marcel Dekker, inc. 1985.
  
- . William N. Carr. Jack P. Mize. "MOS/LSI, Diseño y aplicaciones". Marcombo, 1979.

"MICROELECTRONICA, Teoría y Aplicaciones". Serie: Mundo Electrónico. Marcombo. 1984.

"Le Systeme LUCIE". Informatique et Mathematiques Appliquées de Grenoble. 1980.

LAS PALMAS DE GRAN CANARIA A 30 DE JUNIO DE 1989

TUTOR:

Fdo: JAVIER LÓPEZ CURBELO

ALUMNO:

Fdo: FELIPE SANTANA VEGA

-o o o-