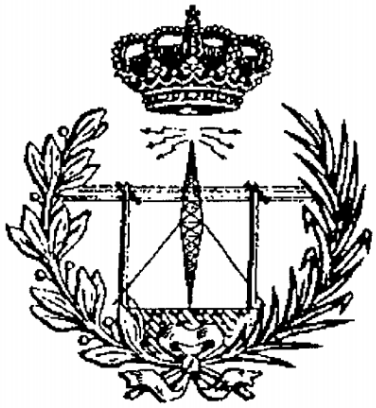
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE

TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

Adaptador VLC para móvil.

Presidente: Secretario: Vocal:

Tutores: Autor:

NOTA:

TITULACIÓN: Telemática

TUTOR/ES: José Alberto Rabadán Borges

María Ferragut Fiol

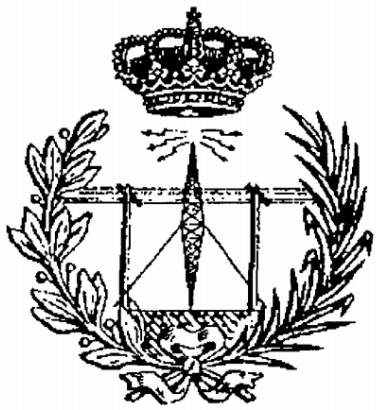
AUTOR: Javier Frutos Ferrera

FECHA: Mayo 2014

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE

TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

Adaptador VLC para móvil.

TITULACIÓN: Telemática

TUTOR/ES: José Alberto Rabadán Borges

María Ferragut Fiol

AUTOR: Javier Frutos Ferrera

FECHA: Mayo 2014

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a mis tutores José Alberto Rabadán Borges y María Ferragut Fiol por su apoyo, dedicación y paciencia a lo largo de este proyecto.

A mi familia por el apoyo y cariño prestado durante estos años tanto en los buenos como en los malos momentos.

Al Departamento de Hardware del IDETIC por su amabilidad y colaboración durante el tiempo que estuve con ellos, y en especial a Oliver Tacoronte por su ayuda en esos instantes en los que lo daba por perdido.

A José Maestre por su colaboración tanto en esos momentos de fatigas en el laboratorio como en las alegrías de cada resultado.

A mi novia Lua, por su paciencia y compresión durante todos estos años de mi vida, tanto personal como estudiantil.

Y por último a todos mis amigos que han compartido tanto mis buenos momentos como los malos a lo largo de toda mi carrera.

A la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, por facilitarme los medios y materiales necesarios para la elaboración de éste proyecto.

Glosario

AAC	Advanced Audio Coding
AM	Amplitude modulation
ANSI	American National Standards Institute
API	Application Programming Interface
ASK	Amplitude-shift keying
A/D	Analog/Digital
BSD	Berkeley Software Distribution
CCP	Capture-Compare-PWM
CDMA	Code División Múltiple Access
CPU	Central Processing Unit
DBC	Directive Beam Configuration
DRM	Digital rights management
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only
EVDO	Evolution-Data Optimized o Evolution-Data Only
FPS	First Person Shooter
GPS	Global Positioning System
HSP	Higher Sound Performance
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICD	In circuit debbuger
ICSP	In circuit serial programmer
ID	Identification number

IDE	Integrated development environment
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IR	Infrared
IrDA	Infrared Data Association
JVM	Java Virtual Machine
LAN	Local area network
LED	Light emitting diode
LIFI	Light Fidelity
MIPS	Million instructions per second
MMS	Multimedia messaging system
MTP	Media Transfer Protocol
NDK	Native Development Kit
NFC	Near field communication
OHA	Open Handset Alliance
OPENGL	Open Graphics Library
OS	Operative system
OTI	Organización de Telecomunicaciones Iberoamericanas
PAN	Personal Area Network
PC	Personal computer
PDA	Personal digital assistant
PIC	Peripheral Interface Controller
PTP	Picture Transfer Protocol
RAM	Random Access Memory
RC	Resistor and capacitor
RF	Radio frequency
RGB	Red, green, blue
SD	Secure Digital
SDK	Software development kit
SGL	Scalable Graphics Library
SIE	Serial interface engine
SMS	Short Message Service

SSL	Secure Sockets Layer
S/N	Signal to noise ratio
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
UHF	Ultra High Frequency
URL	Uniform resource locator
USB	Universal Serial Bus
VHF	Very High Frequency
VLC	Visible light communication
VPN	Virtual Private Network
WIFI	Wireless Fidelity
WDT	Watchdog timer
WLAN	Wireless local area network
WLED	White LED
WVGA	Wide Video Graphics Array
XML	eXtensible Markup Language
YAFFS	Yet Another Flash File System

Índice Temático

AGRADECIMIENTOS ..... **I**

GLOSARIO ..... **III**

Índice Temático ..... **VII**

Índice de Tablas ..... **XIII**

Índice de Figuras ..... **XV**

Capítulo 1. Introducción **1**

1.1. Objetivos del proyecto 4

1.2. Organización de la memoria 5

Capítulo 2. Tecnologías de comunicación y vlc **7**

2.1. Comunicaciones ópticas no guiadas **8**

2.2. Tipos de redes ópticas no guiadas **10**

2.2.1. Enlaces punto a punto 10

2.2.2. Enlaces difusos 11

2.2.3. Enlaces quasidifusos 12

2.3. Tecnología óptica no guiada 13

2.3.1. Infrarrojos 13

2.4. Vlc 15

2.4.1. LiFi 17

2.4.2. Rendimiento 18

2.4.3. Ventajas del VLC 19

2.4.4. Ventajas de VLC Frente a la Radiocomunicación 20

2.4.5. Ventajas de VLC Frente a las Comunicaciones Infrarrojas (IR) 20

Capítulo 3. Android 25

3.1. Sistema operativo Android 26

3.1.1. Las versiones de Android y niveles de API 27

3.2. Arquitectura 37

3.2.1. Núcleo 37

3.2.2. Librerías 37

3.2.3. Entorno de ejecución 39

3.2.4. Framework de aplicaciones 40

3.2.5. Dalvik VM 42

3.3. Diferencias con una máquina virtual java normal 42

3.4. Software de programación 43

3.4.1. Instalación 43

3.4.2. Funcionamiento 44

Capítulo 4. PIC 18F4550 47

4.1. Serie 18F 48

4.2. Caracteristicas del picdem fs usb board 18F4550 49

4.2.1. Puertos I/O 51

4.2.2. Módulo CCP(Capture/Compare/PWM) 51

4.2.3. Configuración del módulo CCP 52

4.2.4. Modo captura 52

4.2.5. Modo comparador 53

4.2.6. Modo PWM 53

4.3. Software de programación 53

4.3.1. CCS 53

4.3.1.1. Interfaz gráfica 55

4.3.2. MPLAB 58

Capítulo 5. Diseño e implementación del sistema transmisor 63

5.1 Sistema de modulación 64

5.1.1. Modulación AM 64

5.1.1.1. Modulador 65

5.1.2. Modulación ASK 67

5.2. Creación del tono 68

5.3. Creación de la trama 73

5.4. Dropbox 77

Capítulo 6. Diseño e implementación del receptor 81

6.1 Demodulador AM 82

6.2. Fotoreceptor 83

6.3. Rectificador de onda completa 84

6.4. PIC 87

Capítulo 7. Conclusiones 91

Bibliografía 95

Pliego de Condiciones 99

P.C.1 Elementos Hardware 99

P.C.2 Elementos Software 100

Presupuesto 101

P.1. Introducción 101

P.2 Costes de Recursos Humanos 102

P.3. Coste de Recursos Hardware 104

P.4. Costes De Recursos Software 106

P.5. Coste de material fungible 107

P.6. Visado del COIT 108

Anexo 111

Índice de Tablas

Tabla P1. Coeficiente de corrección 103

Tabla P.2. Costes asociados a los Recursos Humanos 104

Tabla P.3. Costes asociados a los Recursos Hardware 105

Tabla P.4. Costes asociados a los Recursos Software 106

Tabla P.5. Costes asociados a material fungible 107

Tabla P.6. Costes total del proyecto 108

Índice de Figuras

Figura 1.1. Esquema del sistema completo 4

Figura 2.1. Ejemplo de un enlace óptico no guiado punto a punto 11

Figura 2.2. Ejemplo de un enlace óptico no guiado difuso 12

Figura 2.3. Ejemplo de un enlace óptico no guiado quasidifuso 13

Figura 2.4. Ejemplo de un emisor de infrarrojos 14

Figura 3.1. Vista principal 45

Figura 4.1. Demoboard 49

Figura 4.2 Cabecera 55

Figura 4.3. Lateral 56

Figura 4.4. Cuerpo principal 57

Figura 4.5. Cabecera 2 58

Figura 4.6. Cuadro de diálogo 58

Figura 4.7. Menú 1 59

Figura 4.8. MPLAB 59

Figura 4.9. Menú 2 60

Figura 4.10. Menú 3 60

Figura 5.1. Diagrama sistema transmisor 64

Figura 5.2. Señal moduladora 65

Figura 5.3. Señal portadora 66

Figura 5.4. Señal modulada 66

Figura 5.5. Modulación ASK 67

Figura 5.6. Menú principal 68

Figura 5.7. Menú secundario 69

Figura 5.8. Diagrama de flujo del transmisor 71

Figura 5.9. Trama 73

Figura 5.10. Señal de salida del smartphone 74

Figura 5.11. Señal de salida ensanchada 75

Figura 5.12. Transmisor 76

Figura 5.13. Menú principal..... 77

Figura 5.14. Menú secundario de Dropbox..... 78

Figura 5.15. Página de descarga de código 79

Figura 6.1. Receptor 82

Figura 6.2. Detector de envolvente..... 83

Figura 6.3. Rectificado de señal..... 85

Figura 6.4. Señal recibida..... 86

Figura 6.5. Señal ensanchada 86

Figura 6.6. Señal final 87

Figura 6.7. Diagrama de flujo del receptor..... 88

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

Actualmente vivimos en un mundo en el cual la tecnología nos rodea en cada paso que damos, en nuestra casa, lugar de trabajo, supermercados, hasta incluso en los parques podemos ver dicha tecnología. Cada día existen más y más aparatos electrónicos con multitud de funciones que nos acompañan en nuestro día a día, facilitándonos nuestras tareas cotidianas.

Poco a poco se ha ido viendo una evolución tecnológica que el usuario medio ha aceptado con gran regocijo. Lentamente han ido apareciendo en el mercado diversos aparatos electrónicos con increíbles posibilidades, sin ir más lejos, hoy por hoy al comprar una televisión ya no se limitan a tener una imagen nítida, poseen distintos puertos para lectura de discos duros, conexión de ordenadores, reproductores y grabadores integrados, e incluso internet. Todo ello no es más que la integración de diversas tecnologías existentes en un único dispositivo, un ejemplo claro de todo esto es ni más ni menos que los smartphones o teléfonos inteligentes. En los últimos años se han desarrollado de tal manera que es posible desde hacer una llamada normal o video llamada, hasta pagar con ellos mediante el NFC (Near field communication).

Este proyecto se centrará en una de las tecnologías que últimamente se están desarrollando a gran velocidad como es el caso de las comunicaciones ópticas, concretamente en la tecnología llamada VLC, la cual se basa en la transmisión de información a ciertas frecuencias dentro del espectro visible.

Es una tecnología nos ofrece muchísimas ventajas frente a otras formas de transmisión, la más importante de ellas es sin duda la seguridad a la hora de transmitir los datos, ya que, al contrario que otros medios de transmisión, en los que con un sencillo software se vuelve posible interceptar la señal, en este caso es imprescindible la sustitución del receptor, volviéndose, por tanto, necesario la utilización de material específico y acceso al receptor.

Otra de las ventajas es la utilización de un medio que no está saturado, como pasa con el espectro radioeléctrico, permitiendo, además, su utilización en lugares donde por motivos de seguridad o de otra índole no es posible el uso de tecnologías que usen sistemas de radiofrecuencia.

El bajo coste de implementación de dicha tecnología es un plus a su favor, ya que podemos valernos de múltiples objetos que hay en nuestra vida cotidiana para la transmisión. Farolas, móviles, oficinas, garajes, hogares, etc. todos los lugares en los que trabajamos, vivimos y nos desplazamos encontramos dispositivos que podemos utilizar para crear un sistema de transmisión por luz visible.

A lo largo de este proyecto se implementará un sistema completo, tanto el transmisor como el receptor, de tal manera que un dispositivo móvil pueda interactuar con el receptor y así facilitar tareas cotidianas tales como la apertura de puertas sin necesidad de utilizar una llave física, únicamente con nuestro smartphones posible abrir las puertas de una casa mediante un sencillo aparato conectado al móvil a través del sistema de auriculares (gadget).

Otra de las características de este proyecto es la posibilidad de tener la información necesaria para interactuar con el receptor o en su defecto poder descargarla desde internet. La aplicación dará la opción de o bien descargar la información o de insertarla directamente para su posterior utilización.

Para su realización se usará un Smartphone con sistema operativo Android, al cual se le añadirá un LED conectado al sistema de audio mediante un conector minijack, logrando con ello una transmisión a una velocidad que no sería posible mediante el uso del LED de la cámara que incorporan estos teléfonos, pero si es factible con el sistema de audio. A continuación, se recogerá la información enviada y se validará.

Para desarrollar este proyecto lo dividiremos en los siguientes pasos:

1º El primer paso para la creación de este sistema, será la generación de un tono de 10Khz logrando así la transmisión de la información a una velocidad de 1kbps.

2º Una vez generado la señal a transmitir se introducirá en el circuito transmisor óptico para luego proceder a su posterior tratamiento para la recepción, obteniendo así una señal cuadrada, la cual se amplificará y podrá ser procesada por el microprocesador.

3º Para la recepción de la señal se utilizará el microprocesador PIC 18F4550, el cual se encargará de recogerla, comprobar su validez y enviar la señal de código correcto o erróneo para así proceder a efectuar la acción para la cual fue instalado, apertura de puerta, envío de datos, transmisiones bancarias, etc.

4º En este momento se creará una nueva forma de transmitir la información a través de un archivo que será accesible desde Dropbox. Para ello se creará un botón específico desde el cual se podrá insertar una URL y acceder a ella para descargar el archivo.

Un esquema del funcionamiento del dispositivo completo se puede ver en la figura 1.1, en los próximos capítulos se realizará una explicación más detallada sobre cada uno de los sistemas.

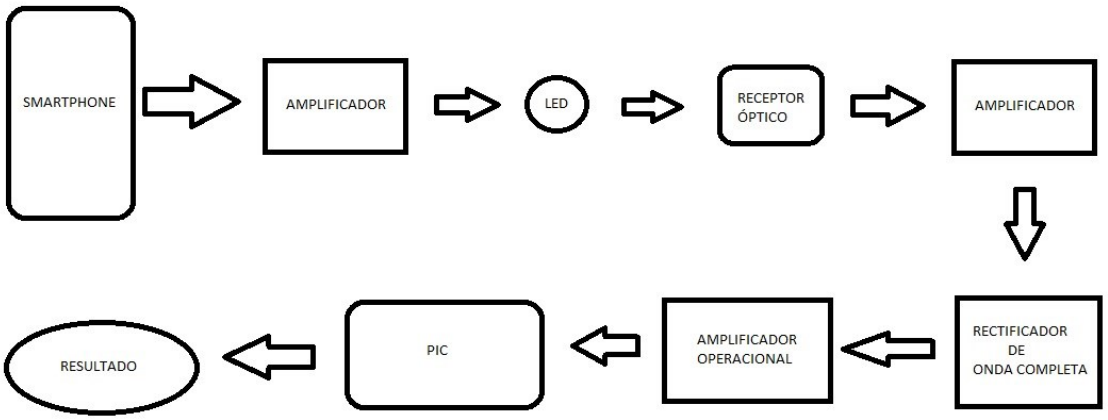


Figura 1.1 –Esquema del sistema completo.

En los siguientes puntos de este capítulo se especificarán los objetivos a alcanzar a lo largo de este PFC, así como una explicación de la estructura de la memoria.

1.1Objetivos del proyecto

El objetivo del proyecto es crear una aplicación móvil desde la cual podamos transmitir información a través de un LED. En la aplicación se podrá elegir entre:

- Introducir la cadena a enviar
- Descargar desde Dropbox la cadena a enviar
- Transmitir la cadena

El receptor se encargará de recibir y descifrar la información enviada para luego usarla de la manera para la que sea programada, ya sea abrir una cerradura, como poner en marcha un dispositivo… En la recepción se utilizará un PIC 18F4550, que se programará para que sea capaz de recibir la información transmitida por el emisor.

Para la realización de estos objetivos se ha dividido la tarea de la siguiente manera:

1.- Realizar una aplicación capaz de transmitir la información a una determinada frecuencia y con una determinada forma de onda.

2.- Conseguir la correcta transmisión de las tramas mediante el LED.

3.- Conseguir la correcta recepción de las tramas.

4.- Realizar el módulo de descarga de información del Dropbox.

Para la transmisión no vamos a utilizar ningún estándar de la tecnología, sino que utilizaremos un tipo de trama sencilla creada por nosotros mismos.

1.2 Organización de la memoria

La memoria la organizaremos en los siguientes capítulos:

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCION: en este capítulo explicaremos los objetivos del proyecto, la estructura de la memoria y alguna información sobre la tecnología elegida para el proyecto.

CAPÍTULO 2 – TECNOLOGIAS DE COMUNICACIÓN, VLC: en este apartado se hará un análisis de las tecnologías existentes y de la tecnología a utilizar, el VLC.

CAPÍTULO 3 – ANDROID: aquí se hablará del sistema operativo Android, de sus inicios y de cómo instalar el programa utilizado durante la creación de la aplicación.

CAPÍTULO 4 –PIC 18F4550: en este punto se tratará la información necesaria de la placa para realizar este PFC, así como las características de la misma.

CAPÍTULO 5 –TRANSMISOR: en este capítulo se procederá al estudio y desarrollo del sistema de transmisión, tanto de la forma utilizada para ello como de la trama empleada. También se expondrá la posibilidad de descargar desde Dropbox la información a enviar y su utilización.

CAPÍTULO 6 –RECEPTOR: en este capítulo se hará un estudio del sistema de recepción, tanto de los medios materiales utilizados como la forma de recepción a través de un fotodiodo.

Capítulo 2

TECNOLOGIAS DE COMUNICACIÓN Y VLC

La comunicación es algo intrínseco del ser humano, y ha sido utilizada constantemente de diversas maneras desde el principio de los tiempos. En la actualidad esto se ha desarrollado hasta tal punto que podemos comunicarnos desde un punto a otro del mundo sin mayor esfuerzo que encender un móvil, un ordenador, descolgar un teléfono, etc. Consiguiendo con ello eliminar las barreras de la distancia e incluso los idiomas, realizando así una comunicación directa con cualquier persona en cualquier lugar.

Para lograr lo explicado anteriormente, se usan distintos tipos de tecnologías, donde cabe destacar principalmente la radiofrecuencia y la comunicación óptica, en el caso de este proyecto se hablará concretamente de la comunicación óptica no guiada.

La radiofrecuencia (RF) es una de las más utilizadas actualmente debido a sus múltiples ventajas, como son su largo alcance, necesitan mucho menos espacio para la transmisión en comparación con sistemas guiados…

Consiste, en el uso el espectro electromagnético situado en la banda de frecuencias que va desde los 3 KHz hasta los 300 GHz.

Está presente en multitud de sistemas y posee muchas ventajas, aunque también tiene sus desventajas importantes, tales como, su baja seguridad, por lo que hay que evaluar la situación antes de usar este tipo de tecnología.

2.1 COMUNICACIONES OPTICAS NO GUIADAS

Los antecedentes de las comunicaciones ópticas se remontan muy atrás en la historia. Aunque parece una idea nueva e innovadora, se usaban ya desde la antigua Grecia. Éstos empleaban está tecnología para comunicarse durante las batallas por medio de señales producidas por los reflejos de la luz del sol en sus escudos.

En el año 1880 Alexander Graham Bell creo el primer modelo de la óptica de espacio libre. El dispositivo se llamó "Fotófono", y permitía la transmisión de sonido a través del aire libre a lo largo de un haz de luz en una distancia de unos 180 metros.

Ya en la década de los años 60, con la invención y construcción del láser se retomó la idea de utilizar la luz para las comunicaciones. Por ese entonces, se empezó a estudiar sobre modulación y detección óptica. Los primeros experimentos de transmisión pusieron de manifiesto diversos obstáculos para la comunicación, como son la escasa fiabilidad debida a precipitaciones, contaminación o turbulencias atmosféricas.

Debido a estos inconvenientes emergió el empleo de fibras de vidrio como medio para la transmisión (fibra óptica) ofreciendo una mejora en cuanto a la facilidad de manejo, flexibilidad, peso y coste. Esto dio lugar a un nuevo soporte de comunicaciones fiables y de gran tasa de velocidad de transmisión, por lo que se convirtió en una alternativa a los cables de cobre. Estás fibras de vidrio permitían guiar la luz mediante múltiples reflexiones internas de los rayos luminosos en el núcleo del cable, sin embargo al principio se presentaban elevadas atenuaciones producidas por impurezas originadas en el proceso de fabricación.

En la actualidad la instalación de una red de fibra óptica presenta un costo mucho más elevado frente a otras técnicas de transmisión. Es por ello, que surge una alternativa para las comunicaciones ópticas como es la transmisión óptica en el espacio libre o no guiada.

El desarrollo y la demanda que han sufrido los sistemas de transmisión no guiados, es decir, sin la necesidad de utilización de cableado, ha influido enormemente en la intención de los usuarios de redes de telecomunicación de disfrutarlas y utilizarlas de un modo más flexible, cómodo y eficiente. Aunque en principio se consideró como mejor opción las transmisiones de radio, poseedoras de amplias zonas de cobertura, los posteriores problemas de asignación de frecuencias y su gran dependencia a la disponibilidad del espectro radioeléctrico provocaron el desarrollo de sistemas de comunicación ópticos dado que no se encuentran sujetos a ningún tipo de normativa de regulación en ese sentido.

Por todo ello los sistemas ópticos no guiados son cada vez más recurridos para transmisiones en distancias medias por su bajo coste, alta confidencialidad y buen comportamiento frente a interferencias inducidas por equipos externos, consiguiendo entonces el empleo de un espectro anteriormente no utilizado y más amplio. Aun así, estos sistemas presentan algunas desventajas con respecto a los antes mencionados, como por ejemplo su debilidad frente a fuentes de ruido y posibles interferencias provocadas por emisores luminosos próximos.

Por otro lado, las bandas emisoras de radio en células adyacentes deben ser distintas, lo que no ocurre con sistemas ópticos no guiados, que incluso proporcionan gran seguridad dada la imposibilidad de sus ondas de transmisión de atravesar cualquier barrera física colindante. Además, los dispositivos ópticos emisores y receptores gozan de un más bajo coste que los elementos homólogos para sistemas de radiofrecuencia.

2.2 Tipos de redes ópticas no guiadas

Los primeros sistemas de comunicación óptica no guiada se centraron en mecanismos medianamente simples como mandos a distancia o en tecnologías potencialmente perjudiciales para el ser humano tales que sistemas de fibra con ciertos emisores láser cuyo uso podía provocar importantes daños, especialmente para los ojos.

Podría clasificarse a las redes ópticas no guiadas en tres grandes grupos según se trate de aquéllas que utilicen enlaces punto a punto, difuso o quasidifusos.

2.2.1 Enlaces punto a punto

Los sistemas por visión directa (*Figura 2.1*), también denominados enlaces DBC o Directive Beam Configuration, pueden proporcionar velocidades de transmisión bastante elevadas propiciadas entre otros motivos por la carencia de reflexiones en sus comunicaciones, lo que a su vez evita la presencia de fenómenos de multipropagación; además, constituyen una buena alternativa a sistemas de radioenlace por su poco coste y gran ancho de banda. Sin embargo, y como mayor inconveniente, presentan una gran necesidad de alineación.

Entre sus aplicaciones se encuentran la interconexión de redes para el acceso a edificios, la transmisión de datos en espacio libre o la interconexión de dispositivos o estaciones de trabajo de posiciones fijas.

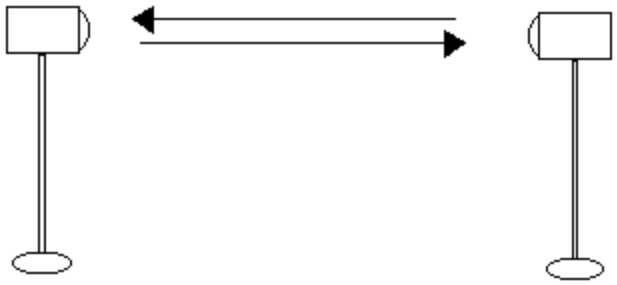


Figura 2.1. **Ejemplo de un enlace óptico no guiado punto a punto**

2.2.2 Enlaces difusos

Una de las diferencias más pronunciadas que caracterizan a este tipo de sistemas (*Figura 2.2*) con respecto a los destinados a ejecutar enlaces punto a punto radica en la disminución de su velocidad de transmisión. Sin embargo, contrarrestando esta circunstancia, consiguen mayor flexibilidad y dinamismo en las comunicaciones ya que no requieren la alineación del emisor y el receptor.

Por ejemplo, para asegurar algo de movilidad en los equipos de redes WLAN es necesario que los sistemas trabajen en difusión, es decir, con diagramas de transmisión y campos de visión de gran amplitud, por lo que las señales de datos transmitidas por dichos equipos aprovechan las reflexiones sobre las paredes y otros obstáculos presentes en vez de basarse en la componente de visión en línea directa. De todas formas, y aunque no exista la necesidad de reapuntar los equipos, consumen bastante potencia y generan una nueva fuente de ruido, las reflexiones de la señal sobre el emisor.

Las primeras redes de área local descritas que emplearon enlaces ópticos por difusión total datan del año 1979, dándose a conocer por F. R. Gfeller en un artículo que detalla su funcionamiento básico: los emisores ópticos transmitían señales luminosas en infinidad de direcciones para que los receptores pudieran captarlas en el mismo instante, de manera análoga a una red con topología en bus. No obstante, estos

sistemas presentaban inconvenientes como el ya citado alto consumo de potencia y complicaciones en los diseños.

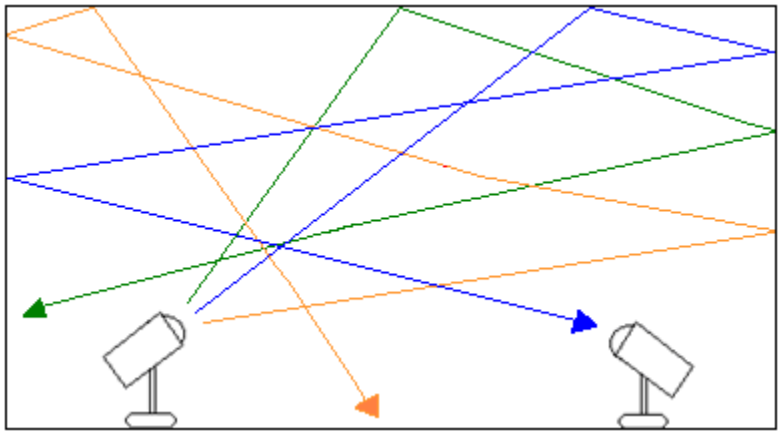


Figura2.2. **Ejemplo de un enlace óptico no guiado difuso**

2.2.3 Enlaces quasidifusos

Se consideran un término medio entre los dos sistemas anteriores, ya que emplean un enlace de alta directividad (aunque unidireccional) para la conexión emisor-superficie reflectora y otro en difusión para la unión superficie reflectora-receptor (*Figura 2.3*). Por ello, los niveles de potencia óptica necesarios son menores a los de los enlaces difusos y disminuye el efecto causado por las sucesivas reflexiones sobre la señal.

Entre estos enlaces puede distinguirse asimismo los que utilizan un reflector activo, en los que un repetidor o *satélite* regenera y reenvía la señal, y los que hacen uso de uno pasivo, más empleados y que se limitan a reflejar la señal sin precisar ninguna clase de mantenimiento. [1]

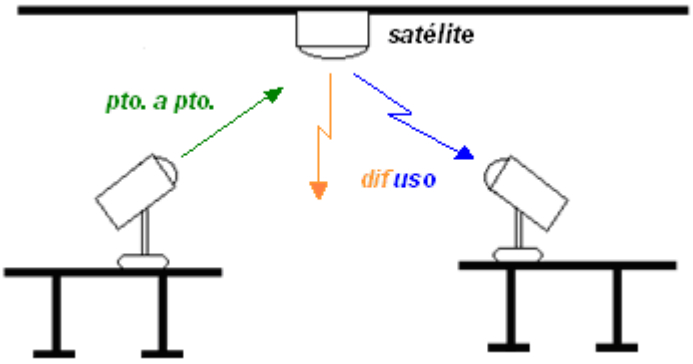


Figura2.3. **Ejemplo de un enlace óptico no guiado quasidifuso**

2.3 TECNOLOGÍA OPTICA NO GUIADA

Como ya se mencionó en los apartados anteriores la tecnología de comunicación óptica no guiada consiste en que la señal de datos se transmite a través de un canal de comunicación sin la necesidad de utilización de cableado.

A continuación se mencionarán diferentes tipos de tecnologías existentes en el mercado actual para finalizar con la tecnología en la que se ha desarrollado este PFC.

2.3.1 Infrarrojos

El nombre de infrarrojo significa por debajo del rojo pues su comienzo se encuentra adyacente al color rojo del espectro visible .La radiación infrarroja es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible, tiene menor frecuencia que la luz visible y su rango de longitudes de onda van desde unos 0,7 hasta los 100 micrómetros. Dicha radiación es emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor que 0 Kelvin, es decir, −273,15 grados Celsius.

Los infrarrojos se pueden separar en 3 categorías según su longitud de onda:

- Infrarrojo cercano (0,78-1,1 µm)
- Infrarrojo medio (1,1-15 µm)
- Infrarrojo lejano (15-100 µm)

Los sistemas infrarrojos poseen varias ventajas:

- ❖ Al utilizar luz, los sistemas de comunicaciones Infrarrojos cuentan con un canal cuyo potencial de ancho de banda es muy grande y no están regulados.
- ❖ Los sistemas infrarrojos de comunicaciones son inmunes a interferencias y ruido de tipo radioeléctrico.
- ❖ El confinamiento de las señales infrarrojas hace difícil que escuchas clandestinos las puedan captar.

Figura 2.4. Ejemplo de un emisor de infrarrojos

Aunque también tienen algunas desventajas como son:

- Los rayos infrarrojos sufren de degradaciones causadas por el ruido infrarrojo existente en ambientes exteriores e interiores, proveniente principalmente del sol y de fuentes de luz fluorescente e incandescente.
- El ruido infrarrojo, junto con las pérdidas de propagación limita el alcance de los sistemas infrarrojos, debido a que la relación señal a ruido (S/N) en el receptor disminuye a medida que nos alejamos del transmisor, o a medida que aumentamos el ángulo de visión en el detector.

Evidentemente la relación S/N se puede mejorar si aumentamos la potencia óptica captada por el detector, y si reducimos el nivel de ruido en este.

Los sistemas infrarrojos se pueden clasificar de acuerdo a 2 criterios:

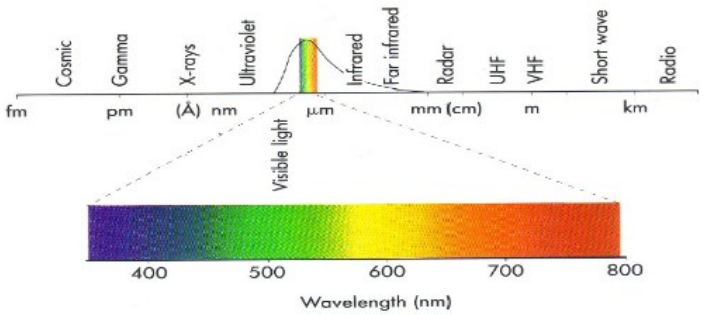
- Al grado de direccionalidad del transmisor y del receptor:
  - *Enlaces dirigidos:* emplean transmisores y receptores altamente direccionales, los cuales deben apuntar hacia un área común para establecer el enlace.
  - *Enlaces no dirigidos:* se emplean transmisores y receptores de gran ángulo, disminuyendo así la necesidad de tal apuntamiento.
- Existencia o no de una línea de vista entre el transmisor y el receptor:
  - *Enlaces de línea de vista:* la luz emitida por el transmisor llega directamente al receptor.
  - *Enlaces sin línea de vista:* la luz que sale del transmisor llega al receptor generalmente después de haberse reflejado difusamente en una o varias superficies. [2]

2.4 VLC

Las VLC son una modalidad de las comunicaciones ópticas que lleva investigándose más de 100 años y que se basa en transmitir datos a frecuencias de entre 400 y 800 THz es decir, en el espectro visible.

La idea inicial es simple a la par que potente, se trata de lograr transmitir información con elementos de iluminación , por ejemplo bombillas o los faros de los vehículos, al mismo tiempo que se da luz a una sala y todo ello sin necesitar complejas infraestructuras o dispositivos. Únicamente se necesita un modulador en la parte transmisora que apagará y encenderá el foco de luz muy rápidamente, creando así los ceros y unos binarios, y un fotodiodo en la parte de recepción que recogerá los cambios de luz y los pasará otra vez al dominio eléctrico.

La transmisión por luz visible o más conocida como VLC, es un medio de comunicación de información usando la luz visible entre los 375 y los 780 nm.



El objetivo es hacer conmutar un diodo LED entre encendido y apagado de acuerdo al contenido de lo que se quiera transmitir y enviar una señal (texto, imagen, sonido, vídeo) que un terminal de recepción, por ejemplo un teléfono móvil, podrá descifrar mediante un programa informático.

La comunicación por luz visible es una posible solución para algunos de los problemas que existen actualmente como la escasez del espectro radioeléctrico, las interferencias electromagnéticas, la privacidad o la seguridad. Esta tecnología no precisa de dispositivos especiales para transmitir la información, sino que se pueden utilizar cualquier tipo de dispositivo ya existente que en la actualidad se utilizan para otro fin. Esto no quiere decir que deje de cumplir la función para la que fue creada sino que además tendrá una nueva utilidad.

En los últimos años se está extendiendo la utilización de los LEDs blancos en todos los aparatos, como son: las televisiones, ordenadores, teléfonos móviles... Y se estudia el empleo de este nuevo dispositivo semiconductor no solo para la iluminación sino también para la comunicación.

Los LEDs blancos poseen un menor tamaño, un menor consumo de potencia, mayor vida, una muy alta velocidad de respuesta y excelente visibilidad. Estos dispositivos poseen un mayor alcance en la iluminación interior y son adecuados para el Sistema de Comunicación de luz visible. Esto es debido a que la conmutación o cambio de la señal luminosa, se produce a velocidades ultrarrápidas, mucho más allá de lo que el ojo humano es capaz de detectar.

Estos LEDs están basados en un LED azul cubierto de fósforo amarillo que al encenderse genera una luz blanca. Estos WLED (White LED) tienen un ancho de banda limitado (sobre los 3MHz), y su velocidad de transmisión usando dicho ancho de banda no es muy elevada. Para mejorar la velocidad se han probado con filtros azules que no dejan pasar la componente del fósforo, la cual es la componente más lenta, dejando pasar únicamente la componente más rápida, de esta manera se podría elevar la velocidad hasta los 40 Mbps.

Por otra parte, también se comercializan otros tipos de LED, conocidos como RGBs (rojo, verde y azul), están compuestos por tres LEDs separados que, cuando están encendidos, al mismo tiempo, emiten una luz que se percibe como blanco. Estos nuevos LED no generan ningún retraso en la transmisión, ya que no disponen de ninguna cubierta de fósforo, por lo que las tasas de datos en RGBs pueden llegar hasta 100MB/seg.

Por otro lado, al igual que se emplean filtros en los WLED para mejorar las prestaciones y alcanzar mayores velocidades, también se aplica esta misma técnica en los RGBs. Esta tecnología está tan desarrollada que existen varios tipos de estándares pero no se usará ninguno para la realización de este proyecto. Un ejemplo de este tipo de tecnología seria el LiFi. [3][4]

2.4.1 LiFi

La tecnología LIFI transmite datos mediante pulsos ultra-rápidos de luz que son recibidos por un router óptico. Se considera una tecnología que podría ser una alternativa a la WiFi. Bajo este acrónimo se conoce al sistema Light Fidelity, una alternativa que podría imponerse a medio o largo plazo en el sector de las telecomunicaciones. Investigadores de varias universidades en Reino Unido han utilizado bombillas micro LED para transmitir datos a 3,5 Gbit/s a través de cada uno de los colores primarios: rojo, verde y azul. Las bombillas LED permiten que los haces de luz se puedan transmitir en paralelo. Cada uno transporta un flujo de datos

independiente de forma que es posible producir millones de cambios por segundo en la intensidad de la luz.

Esta tecnología tiene varias ventajas:

- Es imperceptible al ojo humano.
- Se podría adatar a cualquier fuente luminosa como una lámpara o una farola.
- No tiene consecuencias sobre la salud.
- Es energéticamente más eficiente que la WIFI.
- Es hasta 10 veces más económico que la WIFI.
- Es más segura en cuestiones de privacidad.

Pero también tiene sus desventajas:

- De momento es una tecnología experimental.
- Las señales lumínicas no son capaces de traspasar paredes, no pueden ser captadas más allá de un espacio, esto obliga a que tanto el emisor como el receptor compartan el espacio.
- Los objetos que se interponen en el camino de la luz interrumpen la conexión.

Los últimos experimentos con este tipo de tecnología son muy prometedores, se han llegado a transmitir a velocidades de 10 Gbps.

2.4.2 Rendimiento:

El rendimiento de los sistemas ópticos se encuentra limitado por la de velocidad de los LEDs, las pérdidas del canal, la dispersión por multitrayecto, el ruido introducido por la luz natural , las interferencias inducidas por la luz artificial…. La existencia de multitrayectos entre el transmisor y el receptor asegura algo de resistencia a las zonas de sombra, sin embargo, también causa una dispersión temporal.

Las principales limitaciones son el ruido y la interferencia producida por la luz ambiente, ésta se divide en dos clases diferentes:

- *La luz natural:* Es aquella que es proporcionada por el sol o la luna de forma natural.
- *La luz artificial (incandescente y fluorescente):* Se refiere a la luz que los seres humanos generan de forma artificial para iluminar las calles por la noche o una vivienda.

La luz visible producida por cualquiera de estas dos fuentes ópticas puede afectar al receptor. La otra limitación surge de las variaciones rápidas de la potencia óptica producida por fuentes de luz artificiales las cuales causan interferencias, que se añaden a la señal transmitida.

El flujo luminoso producido por la luz artificial no es constante en el tiempo, mostrando rápidas y grandes variaciones. Al contrario que la luz natural, la artificial no sólo genera ruido, sino que también produce interferencias de banda estrecha debido a las variaciones temporales en la potencia óptica afectando al detector. Esta interferencia provoca disminuciones de potencia en el rendimiento del sistema de transmisión, que, con frecuencia, son muy grandes, impidiendo su funcionamiento.

Los efectos de la luz ambiente, tanto natural como artificial, pueden ser combatidos usando filtros ópticos, además de filtros eléctricos paso-alto que reducen las penalizaciones inducidas por las interferencias provocadas por la luz artificial, debido a que el espectro de potencia de éstas está concentrado a bajas frecuencias. [5][6]

2.4.3 Ventajas del VLC:

Usando la luz visible para la transmisión de datos, se solucionan muchos problemas relacionados con las comunicaciones por radio e infrarrojos. Tales como las interferencias electromagnéticas, la privacidad, la seguridad o las restricciones legales

en su libre uso. Los datos pueden ser transmitidos mediante luz visible incluso habiendo una alta iluminación en la casa o en la oficina, puesto que los haces de luz llegan a todas partes, dando lugar a que los sistemas de transmisión de datos inalámbricos pueden ser fácilmente establecidos a través de dispositivos de comunicación por luz visible.

Algunas de estas ventajas que proporciona VLC frente a otro tipo de medios de transmisión son las que veremos a continuación.

2.4.4 Ventajas de VLC Frente a la Radiocomunicación

Las radiocomunicaciones son utilizadas en los teléfonos móviles, antenas de radio, redes LAN inalámbricas, etc. Sin embargo, se sigue con la polémica de si las ondas electromagnéticas pueden causar daños en los humanos, por ello, las Leyes de Radiofrecuencia restringen el libre uso de las radiocomunicaciones.

Las comunicaciones por luz visible no requieren de ninguna licencia para poder transmitir ya que no emiten ninguna señal radioeléctrica y poseen mayor privacidad y seguridad que sistemas como la WiFi (puesto que la señal queda confinada entre las paredes de la habitación en la que se encuentre). Cabe destacar que la luz visible no sufre o genera interferencias con las ondas electromagnéticas.

2.4.5 Ventajas de VLC Frente a las Comunicaciones Infrarrojas (IR)

Las comunicaciones por infrarrojos poseen un ancho de banda de unos rangos muy inferiores a los del VLC, el ejemplo más representativo de IR es IrDA, que es utilizada en PCs y móviles para la transmisión de datos. Su principal problema es que son dañinas para el ojo humano, ya que una exposición prolongada a una emisión de

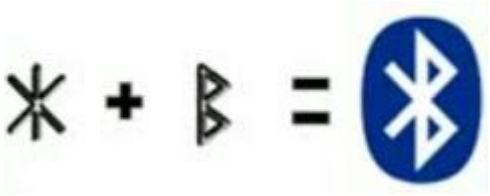
alta densidad de energía, puede producir una lesión de las células de la recepción de la luz y su transformación en impulsos nerviosos.

Por otra parte, las comunicaciones por luz visible permiten aumentar la potencia a varias decenas de watios e incrementar el alcance sin provocar daño alguno en los ojos, lo que es imposible con el infrarrojo. Por último, destacar que las comunicaciones por luz visible son capaces de transmitir información con una alta tasa de transferencia.

En este proyecto se realizará un uso de esta tecnología mediante un smartphone, los teléfonos móviles actuales poseen diversas opciones para la transmisión de información mediante el uso de redes PAN o LAN, tales como Wifi y Bluetooth que se describirán a continuación.

Bluetooth

Esta tecnología se corresponde con el estándar 802.15 del IEEE. El Bluetooth es un tipo de tecnología de comunicación entre dispositivos de corto alcance que fue desarrollada por L.M. Ericsson en 1994 cuando investigando una forma barata de comunicación inalámbrica entre sus accesorios y el móvil. Después del éxito de las investigaciones, en 1998 grandes empresas como Sony, Nokia…. realizaron un consorcio para profundizar en el estudio de esta comunicación.



En 1998, cuando el Bluetooth vio la luz, muchos pensaban que era la competencia de Wifi. Pero la verdad es que el Bluetooth tiene unos objetivos bien definidos, como son:

- establecer conexiones con poco gasto de energía
- establecer conexiones por lo general de poca duración
- otorgar seguridad mediante los cifrados de datos que utiliza

Las principales ventajas son que admite tanto la transmisión de datos como de voz y su bajo coste de producción. Las desventajas que presenta es su corto alcance, que está entre los 10 y 15 metros, y el número máximos de dispositivos conectados simultáneamente que es limitado.

Utiliza ondas de radio a una frecuencia entorno a los 2.4 GHz. y a diferencia del infrarrojo, el Bluetooth no necesita una línea de visión directa entre los dos puntos. Por motivos de seguridad cuenta con mecanismos de encriptación de 64 bits y mecanismos de autentificación para el control de la conexión y evitar que dispositivos externos a la comunicación puedan acceder a los datos o modificar dichos datos. [8]

WIFI

Esta tecnología se corresponde con el estándar 802.11 del IEEE. La WiFi surge en 1999 con el objetivo de establecer una norma para la comunicación inalámbrica, la cual está constituida por un conjunto de estándares basado en las especificaciones IEEE 802.11x para construir una red Ethernet inalámbrica tanto para redes locales inalámbricas como para el acceso a Internet.

Los estándares más utilizados actualmente son: el 802.11a, 802.11b y el 802.11g siendo éste último la evolución del 802.11b, ya que utiliza la misma banda de frecuencias pero a una velocidad más elevada. Las principales ventajas que presenta la tecnología WiFi son:

- **Bajo coste en infraestructuras.**
- **Gran comodidad y movilidad para acceder a una red.**

Aunque también tiene unas desventajas como son:

- **Una cobertura máxima entorno a los 100 metros.**
- **Problemas de seguridad.**
- **Gran número de interferencias en la señal, disminuyendo su calidad, fiabilidad y alcance.**

Por otro lado, en este PFC se utilizará lo que se denomina tecnología óptica no guiada, que como veremos posteriormente, es muy utilizada en la sociedad actual. Concretamente en este proyecto se utilizará un sistema no guiado que transmite la información mediante la luz, VLC, debido, principalmente, a que permite un mayor nivel de seguridad, puesto que el transmisor tiene que establecer una conexión directa con el receptor, logrando con ello una mayor robustez ya que no es posible interceptar la señal con un simple software, al contrario que los sistemas Wifi de radiofrecuencia. Evitando, además, la utilización de un sistema que se encuentra actualmente saturado y limitado, tal y como puede ser la radiofrecuencia, por otro lado, el uso de la luz visible no sólo permite la transmisión en un sistema amplio, sino que es posible utilizarlo en lugares donde es impensable el uso de otros sistemas por las interferencias que puedan generar, como por ejemplo en aviones y hospitales.

A pesar de ello se ha optado por VLC por las consideraciones anteriormente descritas a lo largo de este capítulo. [7]

Capítulo 3

ANDROID

Los sistemas operativos móviles son aquellos que, como su propio nombre indica, controlan un dispositivo móvil. Éstos pueden controlar desde un pc hasta una pda(personal digital assistant) y por supuesto, los smartphones y otros dispositivos que vemos en nuestro día a día. En la actualidad existen distintos tipos de sistemas operativos para dispositivos móviles, entre los que destacan IOS, Windows Phone y Blackberry OS. También existen otros sistemas operativos no tan conocidos pero que están teniendo gran presencia en el panorama actual como son Firefox OS y el nuevo Tizen OS que está comercializando Samsung en sus nuevos smartphones.

Algunos sistemas operativos como son IOS son privados y requieren de pagos para poder probar aplicaciones que se desarrollen bajo su sistema. Este es uno de los motivos principales por lo que se ha optado por Android para el desarrollo de la aplicación ya que se pueden hacer múltiples tests sin tener que pagar para ello. Otro de los motivos es que Android está en uno de cada cuatro smartphones en la actualidad, es un sistema de código abierto, es decir, cualquier desarrollador puede crear y desarrollar aplicaciones en cualquier lenguaje de programación, compilarlas a código nativo y ejecutarlas, aunque este proceso de desarrollo no está soportado oficialmente por Google.

3.1 SISTEMA OPERATIVO ANDROID

En julio de 2005, Google adquirió Android Inc., una pequeña empresa fundada en 2003 que se dedicaba a la creación de software para teléfonos móviles. El equipo desarrolló una plataforma para dispositivos móviles basada en el kernel de Linux que fue promocionado a fabricantes de dispositivos y operadores con la promesa de proveer un sistema flexible y actualizable.

En 2007, Google solicitó diversas patentes en el área de la telefonía móvil, y fue en ese mismo año cuando la Open Handset Alliance, un consorcio que en un principio comenzó con 38 miembros entre los que se encuentran Google, Intel, Nvidia, Qualcomm… que se estrenó con el fin de desarrollar estándares abiertos para dispositivos móviles. Junto con la formación de la Open Handset Alliance (OHA) estrenó su primer producto, Android, una plataforma para dispositivos móviles construida sobre la versión 2.6 del kernel de Linux.

El primer teléfono disponible en el mercado con este sistema operativo fue el HTC Dream (G1 de T-Mobile). Google liberó lo que sería la primera versión comercial para ser implementada en dispositivos móviles que se etiquetaría como Android 1.0 liberada el 23 de septiembre de 2008, siendo este móvil el resultado conjunto de T-Mobile, HTC y Google. A partir del 21 de octubre de 2008, Google liberó el código de la plataforma Android, que está disponible como código abierto, gracias a lo cual, cualquier desarrollador puede añadir extensiones, nuevas aplicaciones o reemplazar las existentes en el dispositivo móvil. Casi un año después, en 2009 se lanzó la siguiente versión de la plataforma Android, la versión 1.1.

A principios de 2010 Google ha colaborado con HTC para lanzar su producto estrella en dispositivos Android, el Nexus One. A esto siguió en 2010 el Samsung Nexus S y en 2011 el Galaxy Nexus, siguiendo así los siguientes años cambiando de colaborador. En la actualidad existen más de 400.000 aplicaciones para Android y se estima que unos 550.000 teléfonos móviles se activan diariamente.

Existen muchos sistemas operativos para teléfonos móviles como son el Firefox OS, IOS, Tizen…. pero en este proyecto nos hemos decidido por Android porque es un sistema operativo gratuito y de código abierto donde se pueden desarrollar cualquier aplicación (con los conocimientos necesarios) y probarla en nuestro smartphone sin un coste adicional como ocurre con otros sistemas operativos como por ejemplo IOS.

3.1.1 LAS VERSIONES DE ANDROID Y NIVELES DE API

Las plataformas de Android se identifican de tres maneras: versión, nivel de API y nombre comercial. El nivel de API corresponde a números enteros comenzando desde 1. Para los nombres comerciales se han elegido postres en orden alfabético Cupcake (v1.5), Donut (v1.6), Éclair (v2.0), Froyo (v2.2), Gingerbread (v2.3), etc. Las dos primeras versiones, que correspondían a las letras A y B, no recibieron nombre.

Android 1.0 Nivel de API 1 (septiembre 2008)

Primera versión de Android. Nunca se utilizó comercialmente, por lo que no tiene mucho sentido desarrollar para esta plataforma.

Android 1.1 Nivel de API 2 (febrero 2009)

No se añadieron apenas funcionalidades simplemente se fijaron algunos errores de la versión anterior. Es la opción a escoger si queremos desarrollar una aplicación compatible con todos los dispositivos Android. No obstante apenas existen usuarios con esta versión.

Cupcake

Android 1.5 Nivel de API 3 (abril 2009)

Es la primera versión con algún usuario (aunque apenas la usa un 0,1% en la actualidad). Como novedades, se incorpora la posibilidad de teclado en pantalla con predicción de texto, los terminales ya no tienen que tener un teclado físico, así como la capacidad de grabación avanzada de audio y vídeo. También aparecen los "widgets" de escritorio y "live folders". Incorpora soporte para bluetooth estéreo, por lo que permite conectarse automáticamente a auriculares bluetooth. Las transiciones entre ventanas se realizan mediante animaciones.

Donut

Android 1.6 Nivel de API 4 (septiembre 2009)

Permite capacidades de búsqueda avanzada en todo el dispositivo, además se incorpora "gestures" y "multi-touch". Posibilita la síntesis de texto a voz. También se facilita que una aplicación pueda trabajar con diferentes densidades de pantalla, así como soporte para resolución de pantallas WVGA. Aparece un nuevo atributo XML, "onClick", que puede especificarse en una vista. "Play Store" antes conocido como "Android Market" se mejora permitiendo una búsqueda más sencilla de aplicaciones. Soporte para CDMA/EVDO, 802.1x y VPNs. Mejoras en la aplicación de la cámara.

Éclair

Android 2.0 Nivel de API 5 (octubre 2009)

Esta versión de API apenas cuenta con usuarios, dado que la mayoría de fabricantes pasaron directamente de la versión 1.6 a la 2.1. Como novedades cabría destacar que incorpora un API para manejar el bluetooth 2.1. Nueva funcionalidad que permite sincronizar adaptadores para conectarlo a cualquier dispositivo. Ofrece un servicio centralizado de manejo de cuentas. Mejora la gestión de contactos y ofrece más ajustes en la cámara. Se ha optimizado la velocidad de hardware. Se aumenta el número de tamaños de ventana y resoluciones soportadas. Nueva interfaz del navegador y soporte para HTML5. Mejoras en el calendario y soporte para Microsoft Exchange. La clase "MotionEventahora" soporta eventos en pantallas multi-táctil.

Android 2.1 Nivel de API 7 (enero 2010)

Se considera una actualización menor, por lo que le siguieron llamando Éclair. Destacamos el reconocimiento de voz que permite introducir un campo de texto dictando sin necesidad de utilizar el teclado. También permite desarrollar fondos de pantalla animados. Se puede obtener información sobre la señal de la red actual que posea el dispositivo. En el paquete "WebKit" se incluyen nuevos métodos para manipular bases de datos almacenadas en Web. También se permite obtener permisos de localización, y modificarlos en "WebView". Se incorporan mecanismos para administrar la configuración de la caché de aplicaciones, almacenamiento web, y modificar la resolución de la pantalla. También se puede manejar vídeo, historial de navegación, vistas personalizadas…

Froyo

Android 2.2 Nivel de API 8 (mayo 2010)

Como característica más destacada se puede indicar la mejora de velocidad de ejecución de las aplicaciones (ejecución del código de la CPU de 2 a 5 veces más rápido que en la versión 2.1). Esto se consigue con la introducción de un nuevo compilador JIT de la máquina Dalvik.

Se añaden varias mejoras relacionadas con el navegador Web, como el soporte de Adobe Flash 10.1 y la incorporación del motor Javascript V8 utilizado en "Chrome" o la incorporación del campo de “subir fichero” en un formulario.

El desarrollo de aplicaciones permite las siguientes novedades: se puede preguntar al usuario si desea instalar una aplicación en un medio de almacenamiento externo (como una tarjeta SD), como alternativa a la instalación en la memoria interna del dispositivo. Las aplicaciones se actualizan de forma automática cuando aparece una nueva versión. Proporciona un servicio para la copia de seguridad de datos que se puede realizar desde la propia aplicación para garantizar al usuario el mantenimiento de sus datos. Por último, se facilita que las aplicaciones interaccionen con el reconocimiento de voz y que terceras partes proporcionen nuevos motores de reconocimiento.

Se mejora la conectividad: ahora podemos utilizar nuestro teléfono para dar acceso a Internet a otros dispositivos, tanto por USB como por WiFi. También se añade el soporte a Wi-Fi IEEE 802.11n y notificaciones "push".

Se añaden varias mejoras en diferentes componentes: En el API gráfica OpenGL se pasa a soportar la versión 2.0. También se puede realizar fotos o vídeos en cualquier orientación (incluso vertical) y configurar otros ajustes de la cámara. Para finalizar, permite definir modos de interfaz de usuario (“automóvil” y “noche”) para que las aplicaciones se configuren según el modo seleccionado por el usuario.

Gingerbread

Android 2.3 Nivel de API 9 (diciembre 2010)

Incorpora un nuevo interfaz de usuario con un diseño actualizado. Dentro de las mejoras de la interfaz de usuario destacamos la mejora de la funcionalidad de “cortar, copiar y pegar” y un teclado en pantalla con capacidad "mult-itáctil".

Se incluye soporte nativo para varias cámaras, pensado en la segunda cámara usada en videoconferencia. La incorporación de esta segunda cámara ha propiciado la inclusión de reconocimiento facial para identificar el usuario del terminal.

La máquina virtual de Dalvik para Android introduce un nuevo recolector de basura que minimiza las pausas de la aplicación, ayudando a garantizar una mejor animación y el aumento de la capacidad de respuesta en juegos y aplicaciones similares. Se trata de corregir así una de las lacras de este sistema operativo móvil, que en versiones previas no ha sido capaz de cerrar bien las aplicaciones en desuso. Se dispone de mayor apoyo para el desarrollo de código nativo (NDK).También se mejora la gestión de energía y control de aplicaciones. Y se cambia el sistema de ficheros, que pasa de YAFFS a ext4.

Entre otras novedades destacamos en soporte nativo para telefonía sobre Internet VoIP/SIP. El soporte para reproducción de vídeo WebM/VP8 y codificación de audio AAC. El soporte para la tecnología NFC. Las facilidades en el audio, gráficos y entradas para los desarrolladores de juegos. El soporte nativo para más sensores (como giroscopios y barómetros). Un gestor de descargas para las descargas largas.

Honeycomb

Android 3.0 Nivel de API 11 (febrero 2011)

Para mejorar la experiencia de Android en las nuevas tabletas se lanza la versión 3.0 optimizada para dispositivos con pantallas grandes. La nueva interfaz de usuario ha sido completamente rediseñada con paradigmas nuevos para la interacción, navegación y personalización, pero a pesar de la nueva interfaz gráfica optimizada para tabletas, Android 3.0 es compatible con las aplicaciones creadas para versiones anteriores. La nueva interfaz se pone a disposición de todas las aplicaciones, incluso las construidas para versiones anteriores de la plataforma.

Las principales novedades de este SDK son:

- Escritorio 3D con widgets rediseñados, nuevos componentes y vistas, notificaciones mejoradas, arrastrar y soltar, nuevo cortar y pegar, barra de acciones para que las aplicaciones dispongan de un menú contextual siempre presente y otras características para aprovechar las pantallas más grandes.
- Se mejora la reproducción de animaciones 2D/3D gracias al renderizador OpenGL acelerado por hardware. El nuevo motor de gráficos Rederscript saca un gran rendimiento de los gráficos en Android e incorpora su propia API.
- Soporta procesadores multi-núcleo. La máquina virtual Dalvik ha sido optimizada para permitir multi-procesado, lo que permite una ejecución más rápida de las aplicaciones, incluso aquellas que son de hilo único.
- Se incorporan varias mejoras multimedia, como listas de reproducción M3U a través de "HTTP Live Sreaming", soporte a la protección de derechos musicales (DRM) y soporte para la

transferencia de archivos multimedia a través de USB con los protocolos MTP y PTP.

- Se añaden nuevas alternativas de conectividad, como las nuevas APIS de Bluetooth A2DP y HSP con "streaming de audio". También, se permite conectar teclados completos por USB o Bluetooth.
- El uso de los dispositivos en un entorno empresarial es mejorado como por ejemplo las nuevas políticas administrativas con encriptación del almacenamiento, caducidad de contraseña y mejoras para administrar los dispositivos de empresa de forma eficaz.

Android 3.1 Nivel de API 12 (mayo 2011)

Se permite manejar dispositivos conectados por USB (tanto host como dispositivo). Protocolo de transferencia de fotos y vídeo (PTP/MTP) y de tiempo real (RTP).

Android 3.2 Nivel de API 13 (julio 2011)

Optimizaciones para distintos tipos de tableta. Zoom compatible para aplicaciones de tamaño fijo. Sincronización multimedia desde SD.

Ice Cream Sandwich

Android 4.0 Nivel de API 14 (octubre 2011)

La característica más importante es que se unifican las dos versiones anteriores (2.x para teléfonos y 3.x para tabletas) en una sola compatible con cualquier tipo de dispositivo. Entre las características más interesantes se destacan:

- Se introduce un nuevo interfaz de usuario totalmente renovado. Por ejmplo, se reemplazan los botones físicos por botones en pantalla (como ocurria en las versiones 3.x).
- Nuevo API de reconocedor facial, permite entre otras muchas aplicaciones desbloquear el teléfono a su propietario. También se mejora en el reconocimiento de voz.

- Aparece un nuevo gestor de tráfico de datos por Internet, donde se puede consultar el consumo de forma gráfica y donde se puede definir los límites a ese consumo para evitar cargos inesperados con la operadora.
- Incorpora herramientas para la edición de imágenes en tiempo real, con herramientas para distorsionar, manipular e interactuar con la imagen al momento de ser capturada.
- Se mejora el API para comunicaciones por NFC y la integración con redes sociales.

Android 4.0.3 Nivel de API 15 (diciembre 2011)

Se introducen ligeras mejoras en algunas APIs incluyendo el de redes sociales, calendario, revisor ortográfico, texto a voz y bases de datos entre otros. En marzo de 2012 aparece la actualización 4.0.4.

Jelly Bean

Android 4.1 Nivel de API 16 (julio 2012)

En esta versión se hace hincapié la fluidez del interfaz de usuario. Con este propósito se incorporan varias técnicas, como: sincronismo vertical, triple búfer y aumentar la velocidad del procesador al tocar la pantalla.

Se mejoran las notificaciones con un sistema de información expandible personalizada. Los Widgets de escritorio pueden ajustar su tamaño y hacerse sitio de forma automática al situarlos en el escritorio. El dictado por voz puede realizarse sin conexión a Internet (de momento en inglés).

Se introducen varias mejoras en Google Search y un nuevo soporte para usuarios internacionales: como texto bidireccional y teclados instalables. Para mejorar la seguridad las aplicaciones son cifradas. También se permite actualizaciones parciales de aplicaciones.

Android 4.2 Nivel de API 17 (noviembre 2012)

Entre las novedades más importantes a destacar:

- Se pueden crear varias cuentas de usuario en el mismo dispositivo. Aunque, esta característica solo está disponible en tabletas, donde cada cuenta tendrá sus propias aplicaciones y configuración.
- Los Widgets de escritorio pueden aparecer en la pantalla de bloqueo.
- Se incorpora un nuevo teclado predictivo deslizante, posibilidad de conectar dispositivo y TVHD mediante WiFi.
- Nueva aplicación de cámara que incorpora la funcionalidad "Photo Sphere" para hacer fotos panorámicas (en 360º).

Android 4.3 Nivel de API 18 (julio 2013)

Se introducen algunas mejoras de seguridad y rendimiento, soporte para otros 5 idiomas, mejora de la gestión de derechos digitales, Open GL ES 3.0 lo que permite mejora de gráficos de los juegos… En octubre de 2013 aparece la actualización 4.3.1.

Kit kat

Android 4.4 Nivel de API 19 (octubre 2013)

Esta nueva versión de Android está diseñada para funcionar todavía más rápido y suave en una gama más amplia de dispositivos. Han optimizado Android 4.4 para que funcione perfectamente en dispositivos con 512 MB de RAM, lo que viene a ser actualmente la gama de entrada.

Agiliza todos sus componentes principales para reducir el consumo de la memoria e introduce nuevas APIs y Herramientas que ayudan a los desarrolladores a crear aplicaciones que apenas gasten batería y memoria RAM.

En diciembre de 2013 aparecen 2 actualizaciones la 4.4.1 y la 4.4.2 que mejoran la seguridad y corrigen errores de la versión.

3.2 ARQUITECTURA

3.2.1 NUCLEO

El núcleo del sistema operativo Android está basado en el kernel de Linux versión 2.6, similar al que puede incluir cualquier distribución de Linux, como por ejemplo Ubuntu o Debian, solo que adaptado a las características del hardware en el que se ejecutará Android, es decir, para dispositivos móviles.

El núcleo actúa como una capa de abstracción entre el hardware y el resto de capas de la arquitectura. El desarrollador no accede directamente a esta capa, sino que debe utilizar las librerías disponibles en capas superiores. Para cada elemento de hardware del teléfono existe un controlador dentro del kernel que permite utilizarlo desde el software.

El kernel también se encarga de gestionar los diferentes recursos del teléfono (energía, memoria, etc.) y del sistema operativo en sí como procesos, elementos de comunicación, etc.

3.2.2 LIBRERIAS

La siguiente capa que se sitúa justo sobre el kernel la componen las bibliotecas nativas de Android, también llamadas librerías. Están escritas en C o C++ y compiladas para la arquitectura hardware específica del teléfono. Normalmente están hechas por

el fabricante, quien se encarga de instalarlas en el dispositivo antes de ponerlo a la venta. El objetivo de las librerías es proporcionar funcionalidad a las aplicaciones para tareas que se repiten con frecuencia, evitando tener que codificarlas cada vez y garantizando que se llevan a cabo de la forma más eficiente.

Entre las librerías que nos podemos encontrar están:

- *Gestor de superficies (Surface Manager):* se encarga de componer las imágenes que se muestran en la pantalla a partir de capas gráficas 2D y 3D. Cada vez que la aplicación pretende dibujar algo en la pantalla, la biblioteca no lo hace directamente sobre ella. En vez de eso, realiza los cambios en imágenes (mapas de bits) que almacena en memoria y que después combina para formar la imagen final que se envía a pantalla. Esto permite realizar con facilidad diversos efectos: superposición de elementos, transparencias, transiciones, animaciones, etc.
- *SGL (Scalable Graphics Library):* se encarga de representar elementos en dos dimensiones. Es el motor gráfico 2D de Android.
- *OpenGL | ES (OpenGL for Embedded Systems):* motor gráfico 3D basado en las APIs (Application Program Interface) de OpenGL ES 1.0, 1.1 (desde la versión 1.6 de Android) y 2.0 (desde la versión 2.2 de Android). Utiliza aceleración hardware (si el teléfono la proporciona) o un motor software altamente optimizado (o eso dice Google) cuando no la hay.
- *Bibliotecas multimedia:* basadas en OpenCORE, permiten visualizar, reproducir e incluso grabar numerosos formatos de imagen, vídeo y audio como JPG, GIF, PNG, MPEG4, AVC (H.264), MP3, AAC o AMR.
- *WebKit:* motor web utilizado por el navegador (tanto como aplicación independiente como embebido en otras aplicaciones).
- *SSL (Secure Sockets Layer):* proporciona seguridad al acceder a Internet por medio de criptografía.
- *FreeType:* permite mostrar fuentes tipográficas, tanto basadas en mapas de bits como vectoriales.
- *SQLite:* motor de bases de datos relacionales, disponible para todas las aplicaciones.

- *Biblioteca C de sistema (libc):* está basada en la implementación de Berkeley Software Distribution (BSD), pero optimizada para sistemas Linux embebidos. Proporciona funcionalidad básica para la ejecución de las aplicaciones.

3.2.3 ENTORNO DE EJECUCION

El entorno de ejecución de Android no se considera una capa en sí mismo, dado que también está formado por librerías. Aquí encontramos las librerías con las funcionalidades habituales de Java así como otras específicas de Android.

El componente principal del entorno de ejecución de Android es la máquina virtual Dalvik, componente que ejecuta todas y cada una de las aplicaciones no nativas de Android. Las aplicaciones se codifican en Java y son compiladas en un formato específico para que esta máquina virtual las ejecute. Las aplicaciones se compilan una única vez y de esta forma están listas para distribuirse con total garantía de que podrán ejecutarse en cualquier dispositivo Android que disponga de la versión mínima del sistema operativo que requiera la aplicación.

Dalvik es una variación de la máquina virtual de Java, y ésta no es compatible con el bytecode Java (instrucciones ejecutables independientes de la arquitectura hardware) que ejecutan las máquinas virtuales Java normales. Java se usa únicamente como lenguaje de programación, y los ejecutables que se generan con el SDK de Android tienen la extensión .dex que es específico para Dalvik, y por ello no podemos correr aplicaciones Java en Android ni vivecersa.

Las aplicaciones Android se ejecutan cada una en su propia instancia de la máquina virtual Dalvik, evitando así interferencias entre ellas, y tienen acceso a todas las bibliotecas mencionadas antes y, a través de ellas, al hardware y al resto de recursos gestionados por el kernel.

3.2.4 FRAMEWORK DE APLICACIONES

Esta capa está formada por todas las clases y servicios que utilizan las aplicaciones para realizar sus funciones. La mayoría de los componentes de esta capa son librerías Java que acceden a los recursos de las capas anteriores a través de la máquina virtual Dalvik. Dentro de este framework o marco de aplicaciones nos encontramos con:

- *Administrador de actividades (Activity Manager).* Se encarga de administrar la pila de actividades de nuestra aplicación así como su ciclo de vida.
- *Administrador de ventanas (Windows Manager).* Se encarga de organizar lo que se mostrará en pantalla. Básicamente crea superficies en la pantalla que posteriormente pasarán a ser ocupadas por las actividades.
- *Proveedor de contenidos (Content Provider).* Se encarga de encapsular un conjunto de datos que va a ser compartido entre aplicaciones creando una capa de abstracción que hace accesible dichos datos sin perder el control sobre cómo se accede a la información. Además, esta librería os permite crear también nuestros propios proveedores para permitir que otras aplicaciones accedan a información que gestiona la nuestra.
- *Vistas (Views).* En Android, las vistas son los elementos que nos ayudarán a construir las interfaces de usuario: botones, cuadros de texto, y hasta elementos más avanzados como un navegador web o un visor de Google Maps.
- *Administrador de notificaciones (Notification Manager).* Engloba los servicios para notificar al usuario cuando algo requiera su atención mostrando alertas en la barra de estado. A su vez, permite también jugar con sonidos, activar la vibración o utilizar LEDs del teléfono.

- *Administrador de paquetes (Package Manager).* Esta biblioteca permite obtener información sobre los paquetes instalados en el dispositivo Android, además de gestionar la instalación de nuevos paquetes. Con paquete nos referimos a la forma en que se distribuyen las aplicaciones Android, estos contienen el archivo con extensión .apk, que a su vez incluyen los archivos .dex con todos los recursos y archivos adicionales que necesite la aplicación, para facilitar su descarga e instalación.
- *Administrador de telefonía (Telephony Manager).* Proporciona acceso a la pila hardware de telefonía del dispositivo, si la tiene. Con esta librería podremos realizar llamadas o enviar y recibir SMS/MMS, aunque no permite reemplazar o eliminar la actividad que se muestra cuando una llamara está en curso.
- *Administrador de recursos (Resource Manager).* Con esta librería podremos gestionar todos los elementos que forman parte de la aplicación y que están fuera del código, es decir, cadenas de texto traducidas a diferentes idiomas, imágenes, sonidos o layouts.
- *Administrador de ubicaciones (Location Manager).* Permite determinar la posición geográfica del dispositivo Android mediante GPS o redes disponibles y trabajar con mapas.
- *Administrador de sensores (Sensor Manager).* Nos permite manipular los elementos de hardware del teléfono como el acelerómetro, giroscopio, sensor de luminosidad, sensor de campo magnético, brújula, sensor de presión, sensor de proximidad, sensor de temperatura, etc.
- *Cámara.* Con esta librería podemos hacer uso de la(s) cámara(s) del dispositivo para tomar fotografías o grabar vídeo.
- *Multimedia.* Permiten reproducir y visualizar audio, vídeo e imágenes en el dispositivo.

3.2.5 DALVIK VM

Dalvik es la máquina virtual que utiliza la plataforma para dispositivos móviles Android. Dalvik ha sido diseñada por Dan Bornstein con contribuciones de otros ingenieros de Google. En ella podemos encontrar una gran diferencia con respecto a la máquina virtual Java (JVM), ya que la máquina virtual de Google no está basada en una pila.

Dalvik VM es un intérprete que sólo ejecuta los archivos ejecutables en formato .dex (Dalvik Executable). Este formato está optimizado para el almacenamiento eficiente de la memoria, lo cual consigue delegando en el kernel la gestión de hilos (multithreading), de memoria y de procesos.

La herramienta “dx” incluida en el SDK de Android permite transformar las clases compiladas (.class) por un compilador de lenguaje Java en formato .dex. La Dalvik VM también ha sido optimizada para correr múltiples instancias con muy baja huella.

3.3 DIFERENCIAS CON UNA MÁQUINA VIRTUAL JAVA NORMAL

La máquina virtual de Dalvik toma los archivos generados por las clases Java y los combina en uno o más archivos ejecutables Dalvik (.dex), de los cuales a su vez son comprimidos en un solo fichero .apk (Android Package) en el dispositivo. De esta forma, reutiliza la información duplicada por múltiples archivos .class, reduciendo así la necesidad de espacio (sin comprimir) a la mitad de lo que ocuparía un archivo .jar.

Google ha mejorado la recolección de basura en la máquina virtual de Dalvik, pero ha preferido omitir just-in-time (JIT), en esta versión por lo menos. La empresa justifica esta elección diciendo que muchas de las bibliotecas centrales de Android, incluyendo las bibliotecas de gráficos, están implementadas en C y C++. Del mismo

modo, Android proporciona una biblioteca de C optimizada para acceder a la base de datos SQLite, pero esta biblioteca está encapsulada en un nivel superior del API de Java. Dado que la mayoría del código del núcleo se encuentra en C y C++, Google argumentó que el impacto de la compilación JIT no sería significativo.

Por último, la máquina virtual de Dalvik utiliza un tipo diferente de montaje para la generación del código, en el que se utilizan los registros como las unidades primarias de almacenamiento de datos en lugar de la pila. Hay que señalar que el código ejecutable final de Android, como resultado de la máquina virtual de Dalvik, no se basa en el bytecode de Java, sino que se basa en los archivos .dex. Esto significa que no se puede ejecutar directamente el Bytecode de Java, sino que hay que comenzar con los archivos .class de Java y luego convertirlos en archivos .dex. [9]

3.4 SOFTWARE DE PROGRAMACION

El software utilizado para el desarrollo del proyecto es el entorno de desarrollo integrado Eclipse.

3.4.1 INSTALACION

Para la instalación del software sólo se precisa de ir a la página web http://developer.android.com/sdk/index.html y darle al botón de "*Download the SDK ADT Bundle for Windows*". Se nos abrirá una página con los términos y condiciones de la descarga. Hacemos click en la casilla de "*hemos leído y estamos de acuerdo con los términos*", y elegimos el tipo de procesador de nuestro ordenador (a elegir entre 32 y 64 bits). Le damos al botón de descarga y comenzará la descarga del programa. Una vez finalizada la descarga descomprimimos el archivo .rar en un lugar a nuestra

elección, y abrimos la carpeta. Una vez dentro deberemos ir a la carpeta “Eclipse” y allí encontraremos el archivo de la aplicación.[10]

3.4.2 FUNCIONAMIENTO

Es un entorno de desarrollo integrado de código abierto multiplataforma para desarrollar lo que el proyecto llama "Aplicaciones de Cliente Enriquecido", opuesto a las aplicaciones "Cliente-liviano" basadas en navegadores. Esta plataforma, típicamente ha sido usada para desarrollar entornos de desarrollo integrados (IDE), como el Java Development Toolkit (JDT) y el compilador (ECJ) que se entrega como parte de Eclipse (y que son usados también para desarrollar el propio Eclipse). Por otro lado, Eclipse es también una comunidad de usuarios, extendiendo constantemente las áreas de aplicación cubiertas como por ejemplo Eclipse Modeling Project.

Eclipse comenzó como un proyecto de IBM Canadá. Fue desarrollado por OTI como reemplazo de VisualAge también desarrollado por OTI. En noviembre del 2001, se formó un consorcio para el desarrollo futuro de Eclipse como código abierto. En 2003, fue creada la fundación independiente de IBM.

El entorno de trabajo de Eclipse consiste de varios paneles conocidos como "vistas", como la vista del Navegador en la parte superior izquierda. Una colección de paneles se denomina una "perspectiva". La perspectiva por defecto es la Perspectiva de Recursos, que es un conjunto básico y genérico de vistas para proyectos de gestión y para la visualización y edición de archivos en un proyecto.

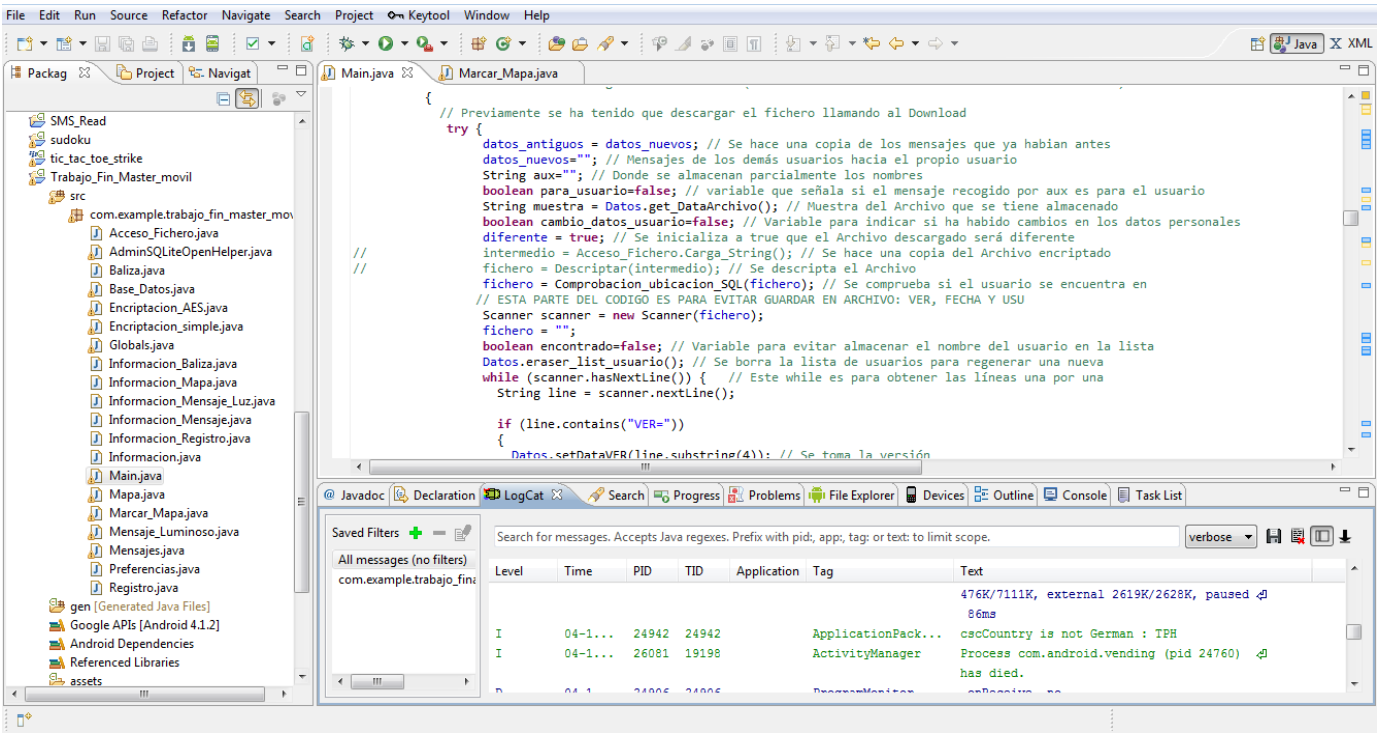


Figura 3.1 - Vista principal

La "Vista del navegador" le permite crear, seleccionar y eliminar proyectos. El panel hacia la derecha del Navegador es la "área del editor". Según el tipo de documento seleccionado en el navegador, aquí se abre la ventana adecuada del editor. Si Eclipse no tiene un editor adecuado registrado para un tipo determinado de documentos.

La "Vista esquemática", que se encuentra debajo del Navegador, presenta un esquema del documento en el editor. La naturaleza precisa de este esquema depende del editor y el tipo de documento; para un archivo fuente Java, el esquema muestra cualquier clase declarada, atributos y métodos.

La "Vista de tareas" recopila información sobre el proyecto en el que está trabajando. Puede ser información generada por Eclipse, como errores de compilación o pueden ser tareas que agrega de forma manual.

La mayoría de las demás funciones del entorno de trabajo, como el menú o la barra de tareas, deberían ser similares a las de las aplicaciones familiares. Una función conveniente es la barra de herramientas de atajos a diferentes perspectivas que aparece en el lado izquierdo de la pantalla; varían de forma dinámica según el contexto y la historia.

Capítulo 4

PIC 18F4550

Los microcontroladores son circuitos integrados programables que contienen todos los elementos necesarios para desarrollar y controlar una determinada tarea. La cantidad de componentes que se integran en ellos depende del diseño de los fabricantes, sin embargo, los elementos básicos suelen ser: microprocesador, memoria RAM, memoria de programa, convertidor A/D (analógico-digital), oscilador, puerto de comunicación, etc. Esto le brinda una gran versatilidad a este tipo de dispositivos y hoy en día su utilización se ha incrementado exponencialmente.

Cuando se desea trabajar en sistemas basados en microcontroladores es necesario realizar algunas consideraciones como la cantidad de entradas/salidas que son necesarias para la operación, si se requiere convertidor A/D, si realizará algunas operaciones distintas de encender o apagar un relé, etc. Una vez que se han respondido a algunas preguntas básicas, se elige el microcontrolador adecuado para la tarea. Las ventajas que ofrecen son:

- Existen gran variedad de familias
- Poseen herramientas de desarrollo comunes
- Gran cantidad de unidades funcionales embebidas
- Amplio soporte

- Precios bastantes asequibles

4.1 SERIE 18F

Dentro de la gran gama que se puede encontrar en el mercado en este proyecto nos centraremos en los PIC, que poseen diferentes series, en este PFC se optó por trabajar con la serie 18F4550.

A finales del siglo XX Microchip era el líder de los microcontroladores de 8 bits, el PIC16F84 fue una revolución en el campo de los microcontroladores y la familia PIC16F87X dio poder a los sistemas embebidos. Pero conforme pasaron los años empezó a nacer una necesidad de mercado más allá de lo que podían suplir los modelos ya mencionados, y fue entonces cuando la compañía respondió con los PIC18. Esta familia fue la continuación de la revolución iniciada con el PIC16F84, la cual puede suplir necesidades tales como conectividad USB, Ethernet y GSM entre otros.

Dentro de los PIC16 encontrábamos un set de 35 instrucciones, la cual se amplió a 74 instrucciones en los PIC18. En los periféricos se introdujeron 5 Timers, 2 UARTS, 2 SPI y 2 I2C. La memoria EEPROM tiene una capacidad de 1024 bytes y la memoria de programa puede almacenar tanto datos como instrucciones.

La arquitectura se diseñó pensando en programar los dispositivos en lenguaje de alto nivel como el lenguaje C, y por esa razón Microchip diseñó el compilador C18 el cual se caracteriza por ser un compilador ANSI C.

Los modelos actuales de esta familia se pueden clasificar en tres categorías:

- *PIC18FXXXX:* Tienen un voltaje de alimentación comprendido entre 2 y 5.5V con un rendimiento de 10 MIPS, un juego de 77 instrucciones máquina, la mayoría con una longitud de 16 bits, y diseñados para programarse en el lenguaje C.
- *PIC18XXJXX:* Tienen una tensión de alimentación comprendida entre 2 y 3.6V. Existen 14 modelos entre los que destaca el PIC87J10 con 64 K

palabras de 16 bits de memoria de programa FLASH, y el PIC18F96J60 con conectividad Ethernet.

- *PIC18FXXKXX:* El voltaje de alimentación está entre 1.8 y 3.6V y disponen de memoria EEPROM.

4.2 CARACTERISTICAS DEL PICDEM FS USB BOARD 18F4550

En este proyecto se utilizará el PIC18F4550, específicamente la *PICDEM FS USB BOARD*. Esta placa tiene el siguiente esquema:

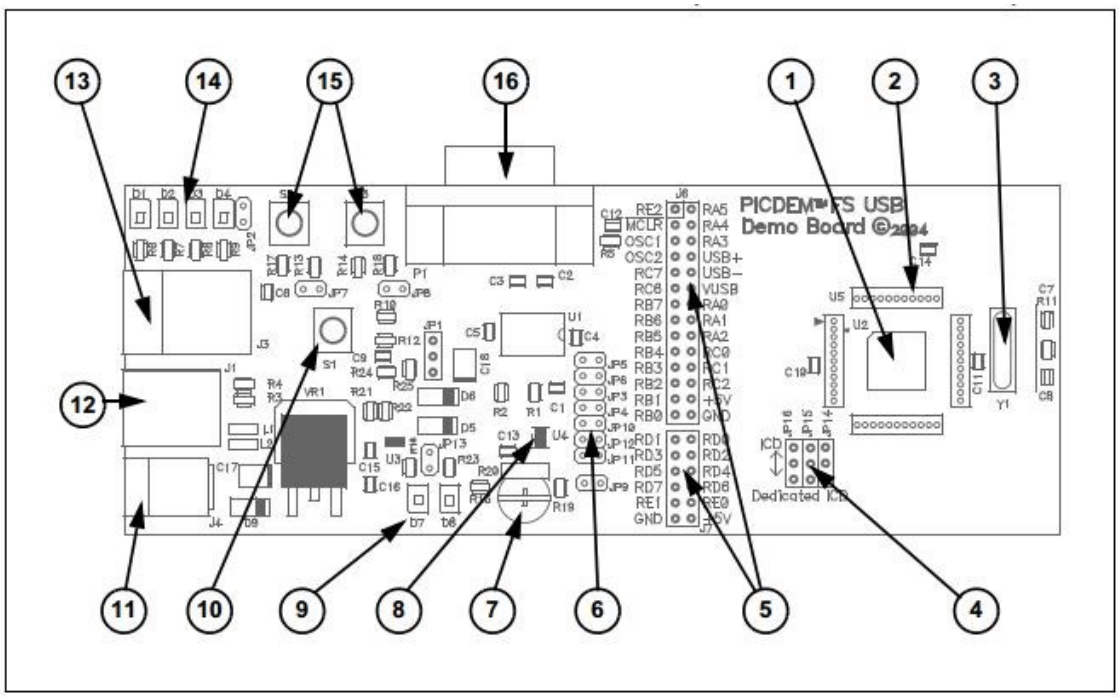


Figura 4.1 – Demoboard

1.-*Micro controlador:* es la pieza más importante de la placa, proporciona todas las funciones del USB en un solo chip.

2.-*ICE Interface Riser:* el micro controlador está conectado a la placa mediante 44 pines formado por 4 grupos de 11 pines distribuidos en torno al chip.

3.-*Oscilador:* la placa utiliza un oscilador de cristal de 20 MHz como servicio primario de reloj. El micro controlador utiliza este oscilador para generar las

señales de reloj necesarias tanto para la SIE(serial interface engine) como para el núcleo del procesador.

4.-*ICD Configuration Jumpers:* estos 3 *Jumpers* permiten al usuario elegir entre los puertos ICSP (in circuit serial programmer) y ICD(in circuit debbuger).

5.- *Expansion and PICtail Headers:* estos *pads* permiten al usuario el acceso directo a las señales de los puertos del micro controlador.

6.-*Configuración de los Jumpers:* permiten al usuario modificar la configuración del hardware de la placa para satisfacer sus necesidades.

7.-*Potenciómetro:* simula una entrada analógica para el controlador.

8.-*Sensor de temperatura:* es un sensor digital de temperatura que mide continuamente la temperatura ambiente de la placa.

9.-*LED de encendido:* este LED indica que la placa está encendida y cómo está funcionando. El LED D7 encendido indica que la placa está conectada mediante el BUS, el LED D8 encendido indica que la placa está conectada a una fuente de externa.

10.-*Botón de RESET:* presionando este botón se realiza un reseteo del dispositivo a nivel de hardware.

11.-*Conector de energía:* la placa puede ser conectada mediante una fuente externa o a través del cable USB.

12.-*Conector USB:* es un conector USB estándar que controla la comunicación de la placa a través del puerto USB.

13.-*ICD Connector:* el conector estándar RJ11 proporciona una interfaz usada por Microchip para el desarrollo y la programación del microchip mediante el programador MPLAB ICD.

14.-*Status LED Bank:* estos 4 LEDs son usados para propósito general, se pueden usar para indicar diferentes estados de funcionamiento de la placa.

15.-*Botones definidos por el usuario:* estos 2 botones proporcionan entradas digitales de control simuladas. Presionando cualquier botón causa que en el puerto se lea un ‘0’.

16.-*Puerto RS232:* el conector estándar proporciona una conexión serie con la placa.

En este proyecto se utilizará sólo algunos módulos de los presentes, como son el puerto RC1, utilizado por la interrupción CCP (módulo de comparación) y los LEDs para los estados de la placa.

4.2.1 PUERTOS I/O

Dependiendo del tipo de dispositivo y sus características existen 5 puertos disponibles. Algunos pines de los puertos de entrada/salida están multiplexados de manera que tengan una función alternativa al de las características del dispositivo. Normalmente cuando un periférico está conectado mediante un puerto a través de uno de estos pines, este pin no se utiliza como un pin de entrada/salida de propósito general.

Cada puerto tienes 3 registros para su funcionamiento. Estos registros son:

- Registro TRIS (registro de dirección de datos).
- Registro PORT (lee los niveles en los pines del dispositivo).
- Registro LAT (latch de salida).

El registro LAT es normalmente utilizado para operaciones de lectura/escritura sobre el valor que haya en los pines de entrada/salida.

4.2.2 MÓDULO CCP(CAPTURE/COMPARE/PWM)

El PIC 18F4550 tiene dos módulos CCP, cada módulo contiene un registro de 16 bits que puede operar como un capturador, como un comparador o como un PWM (pulse-width modulation). El módulo CCP1 funciona como un CCP mejorado, con un modo capturador y comparador estándar y un modo PWM mejorado. En este proyecto se ha decidido utilizar el módulo CCP2 para el desarrollo del mismo ya que no se utiliza ninguno de los Timers que sí son necesarios para el CCP1.

4.2.3 CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO CCP

Cada módulo está asociado a un registro de control y a un registro de datos. El registro de datos está a su vez, comprendido por dos registros de 8 bits, ambos registros son de lectura y escritura.

El módulo CCP utiliza los Timers 1,2 o 3 dependiendo del modo seleccionado. Los Timers 1 y 3 se utilizan en los módulos de captura y comparación, mientras que el Timer 2 sólo se utiliza en el modo PWM.

4.2.4 MODO CAPTURA

El modo captura tiene varios modos de funcionamiento dependiendo de cómo se configure. Los distintos modos son:

- Cada flanco de bajada
- Cada flanco de subida
- Cada cuarto flanco de subida
- Cada dieciseisavo flanco de subida

El modo captura funciona de manera que, dependiendo de la configuración, cuando encuentra un flanco de subida saltará a la interrupción y almacenará en memoria el valor. Para nuestro proyecto lo que almacenará será el valor de tiempo en una variable para poder medir el ancho del pulso. Una vez que encuentra el siguiente flanco el valor nuevo sobrescribirá el valor antiguo, y así sucesivamente hasta almacenar la o las tramas transmitidas.

4.2.5 MODO COMPARADOR

En este modo el registro de 16 bits está constantemente comparando los valores con los del Timer1 o el Timer3. Cuando un evento ocurre el pin del CCP puede estar en 4 estados:

- Nivel alto
- Nivel bajo
- Flanco de subida o de bajada
- Sin cambios

Las acciones de este modo se definen por el valor del modo seleccionado dentro del comparador. Al mismo tiempo el bit del Flag está activado.

4.2.6 MODO PWM

En el modo modulación por ancho de pulso (PWM), el pin del CCP produce una salida de 10 bits de resolución. Desde el CCP2 es multiplexado con los datos del puerto B o C, el bit TRIS (tres estados) debe ser limpiado para hacer que el pin del CCP2 se comporte como una salida. [11][12]

4.3 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

4.3.1 CCS

Si se quiere realizar la programación de los microcontroladores PIC en un lenguaje como el C, es preciso utilizar un compilador apropiado. Dicho compilador nos genera ficheros en formato Intel-hexadedimal, que es el necesario para programar (utilizando un programador de PIC) un microcontrolador.

El compilador que vamos a utilizar es el PCW de la casa CCS Inc., que a su vez lo integraremos en un entorno de desarrollo integrado (IDE) que nos va a permitir desarrollo todas y cada una de las fases que se compone un proyecto, desde la edición hasta la compilación pasando por la depuración de errores. La última fase, a excepción de la depuración y retoques hardware finales, será programar el PIC.

Dentro del programa utilizaremos distintos comandos para la programación del PIC. Cabe destacar dentro de este proyecto los siguientes:

- *FUSES:* esta directiva define qué fusibles deben activarse en el dispositivo cuando se programe. Este comando no afecta a la compilación; sin embargo, esta información se pone en el archivo de salida.
- *INT:* estas directivas especifican que la función que le sigue es una función de interrupción. Las funciones de interrupción no pueden tener ningún parámetro. Como es natural, no todas los comandos pueden usarse con todos los dispositivos.
- *USE DELAY:* esta directiva indica al compilador la frecuencia del procesador, en ciclos por segundo, a la vez que habilita el uso de las funciones DELAY_MS() y DELAY_US(). Opcionalmente podemos usar la función restart_WDT() para que el compilador reinicie el WDT durante el retardo.
- *INCLUDE:* esta directiva hace que el compilador incluya en el fichero fuente el texto que contiene el archivo especificado en <Nombre_Fichero>. Si el nombre del fichero se incluye entre los símbolos '< >' el compilador busca el fichero en el directorio INCLUDE. Si se pone entre comillas dobles " " el compilador busca primero en el directorio actual o directorio de trabajo y si no lo encuentra, entonces lo busca en los directorios INCLUDE del compilador.
- *DEFINE:* se utiliza simplemente para reemplazar el IDentificador (ID) con el nombre puesto a continuación.[13]

4.3.1.1 INTERFAZ GRÁFICA

La interfaz gráfica consta de varias partes, cada una de las partes utilizadas para la realización de este proyecto se explicarán a continuación:

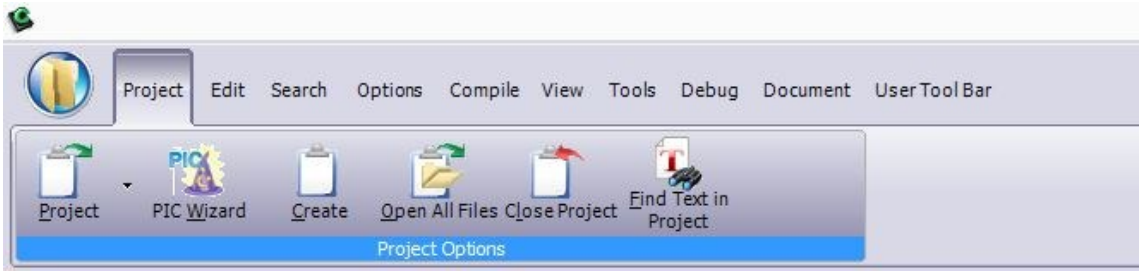
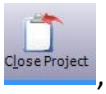


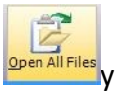
Figura 4.2 - Cabecera

En esta parte de la interfaz se muestra las distintas maneras de poder crear un proyecto nuevo (manualmente

o utilizando un asistente

), la posibilidad de abrir un proyecto ya creado

, cerrar el proyecto que está actualmente abierto 

, abrir todos los archivos de una carpeta 

y buscar una o varias palabras dentro del proyecto

.

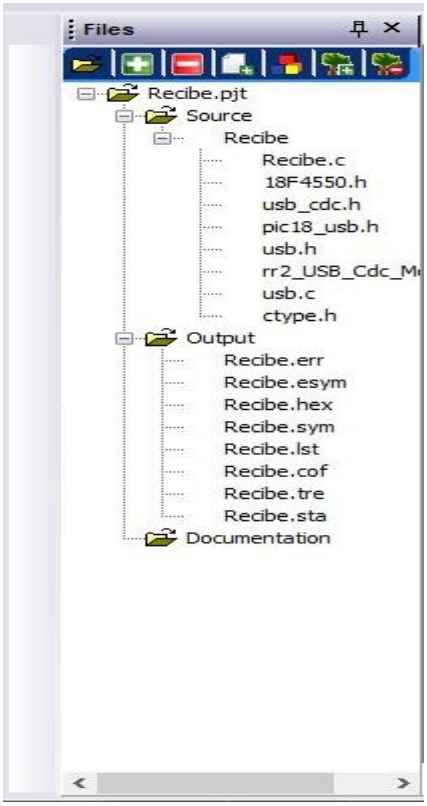


Figura 4.3 - Lateral

En la Figura 4.2 se puede encontrar los archivos que tenemos en el ordenador. Desde aquí podemos navegar por las distintas carpetas hasta llegar al archivo que buscamos. También tiene varias opciones en la parte de arriba como la de crear un archivo , crear una carpeta , borrar una carpeta , abrir una carpeta específica , expandir el árbol de las carpetas con los ficheros incluidos en ella , contraer el árbol , compilar un archivo y por último, desanclar el panel de su sitio .

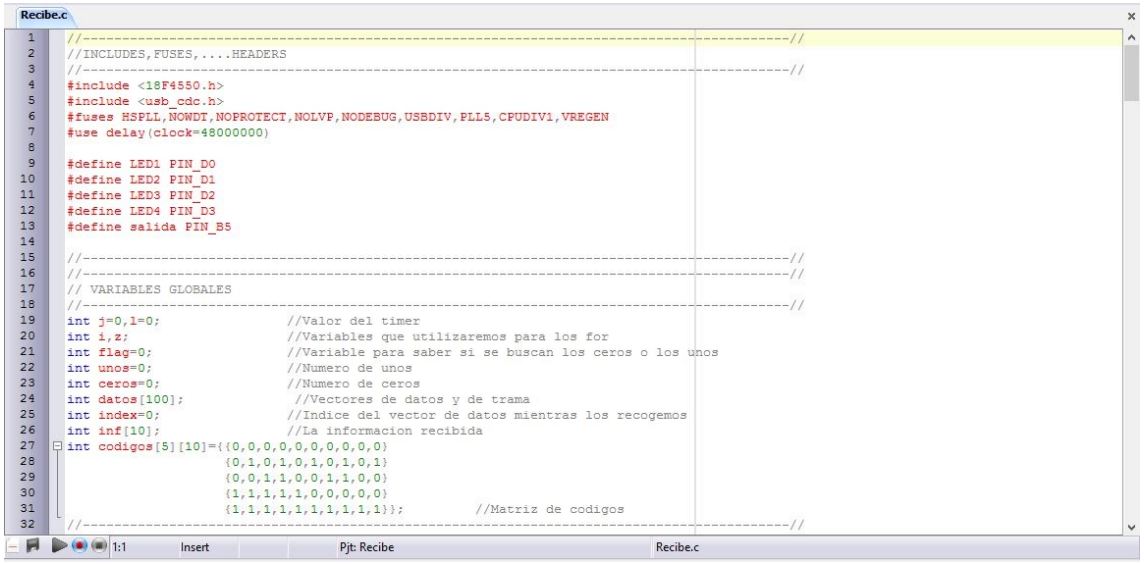


Figura 4.4 - Cuerpo principal

Ésta es la parte principal de nuestro programa, donde escribiremos el código que una vez compilado lo volcaremos en el PIC.

En la parte superior se encuentran las pestañas que tenemos abiertas actualmente, desde aquí se puede cerrar la pestaña que tenemos abierta apretando en la ‘x’ de la derecha.

En la parte inferior izquierda nos encontramos con un pequeño panel en el que se puede guardar el código actual. Los demás botones del panel no se usarán puesto que no serán útiles para nuestro proyecto ya que se encargan de ejecutar el código y pararlo, y guardar el marco (cosa que nosotros no utilizamos al tener que volcar el código en el PIC).

Una vez que hemos terminado de escribir el código lo que debemos hacer es dirigirnos a la pestaña de “compile” para poder compilar el código.

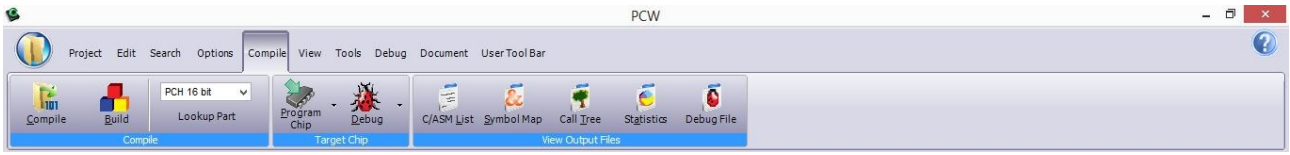


Figura 4.5 - Cabecera 2

Tal y como se muestra en la Figura 4.4, sólo tenemos que darle a "Build"

para que nos compile el código. Una vez terminado de compilar nos mostrará en la parte inferior un recuadro con el informe de errores y de warnings que hemos tenido en el código.

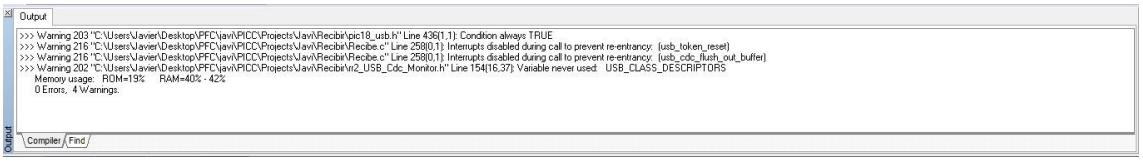


Figura 4.6 - Cuadro de diálogo

Después de este paso sólo nos faltaría volcar la información, que está dentro del archivo que se ha creado en la compilación, en el PIC.

4.3.2 MPLAB

MPLAB es un entorno de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés) creado por Microchip Technology para dar soporte a la realización de proyectos basados en microcontroladores PIC. Incluye varios módulos que permiten llevar a cabo las distintas etapas de un proyecto: Edición, Ensamblaje, Simulación y Programación.

Los pasos necesarios para trabajar con el entorno de MPLAB IDE son:

- *SELECCIONAR EL DISPOSITIVO:* en nuestro caso será el PIC18F4550,para ello iremos al menú de Configure>Select Device

Figura 4.7 - Menú 1

Una vez le demos nos aparecerá una ventana como la siguiente:

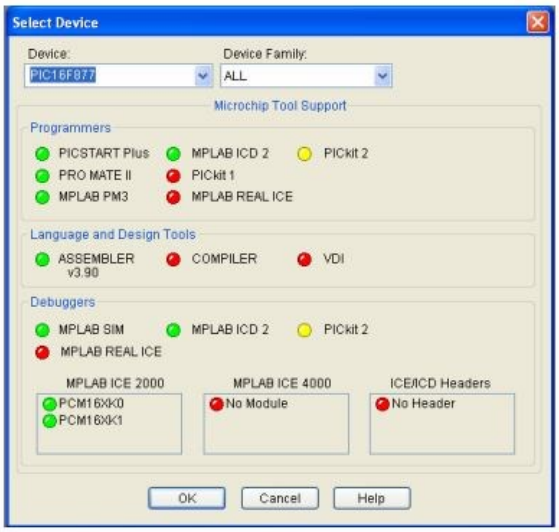


Figura 4.8 – MPLAB

Las opciones en color verde son las que soporta y han sido probados con antelación. En esta pantalla elegiremos nuestro dispositivo y le daremos a “ok”.

- *SELECCIONAR EL PROGRAMADOR:* en este paso iremos al menú Programmer>Select Programmer>MPLAB ICD 3

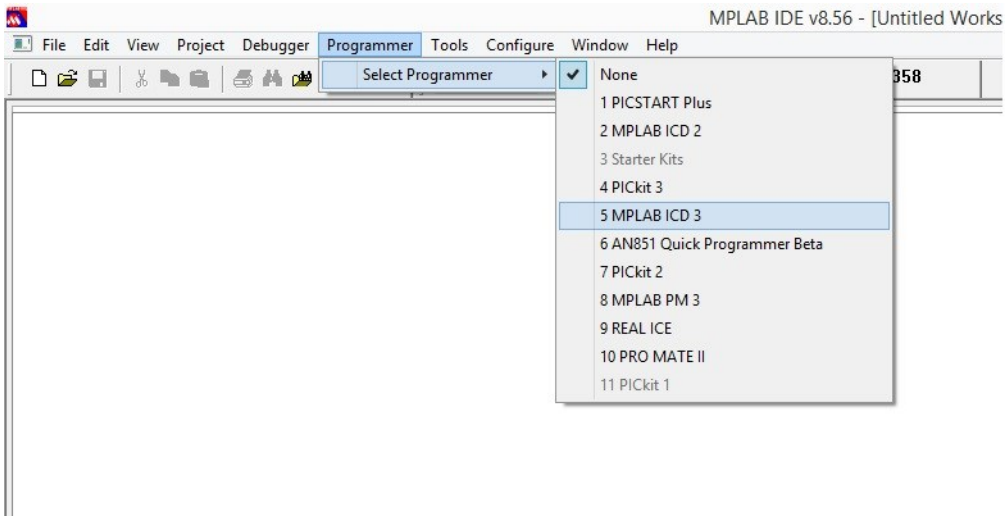


Figura 4.9 - Menú 2

- *VOLCAR LA INFORMACIÓN EN EL PIC:* para este último paso vamos al menú File>Import y elegimos el archivo que creamos en el CCS para la programación del PIC.

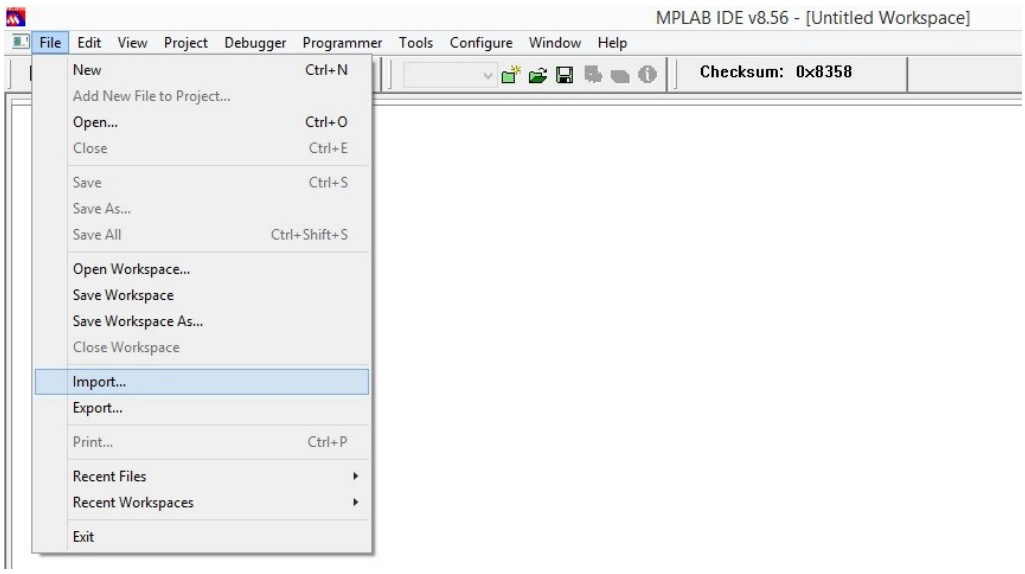


Figura 4.10 - Menú 3

Una vez elegido el archivo tenemos que darle a programar que está en la parte superior derecha . En este menú solo elegiremos el primero de los botones puesto que los demás no los utilizaremos en este proyecto. [14]

Capítulo 5

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA TRANSMISOR

El trabajo de este proyecto consiste en crear un sistema de transmisión mediante VLC y de recepción a través de un PIC18F4550 que recogerá la información desde el fotoreceptor hasta dicho PIC.

En este capítulo se expondrá el sistema transmisor, así como los módulos empleados para la realización del mismo. En primer lugar se hará una introducción al sistema de modulación empleado para transmitir la información, seguidamente se hablará del método usado para la realización del tono mediante el cual se transmitirá la información. Después se expondrá la forma de la trama que se utilizará para la mandar la información, y ya en último lugar se explicará la transmisión a través del Dropbox.

El sistema transmisor consta de los siguientes módulos:

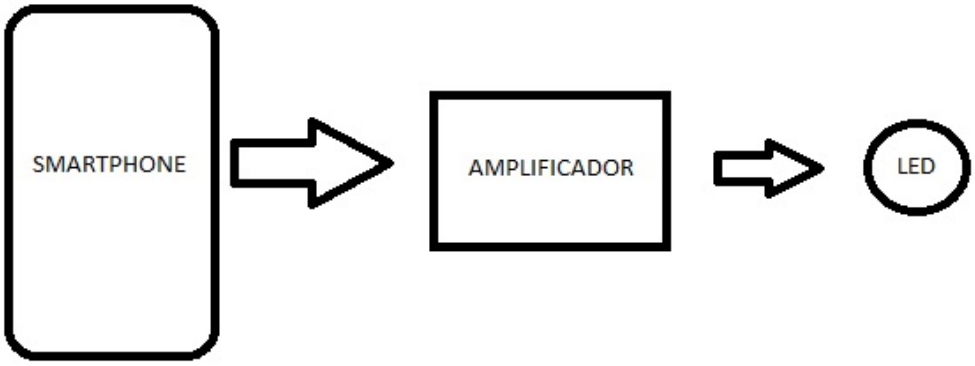


Figura 5.1 - Diagrama sistema transmisor

El primer módulo es el smartphone que se va a utilizar durante el PFC, el cual está conectado a un amplificador, el cual se explicará más adelante con detenimiento, y por último se encuentra el LED encargado de transmitir la información.

5.1 SISTEMA DE MODULACIÓN

5.1.1 MODULACIÓN AM

La modulación se define como el proceso de transformar información de su forma original a una forma más adecuada para la transmisión, así pues la demodulación sería el proceso inverso. En nuestro caso la portadora eléctrica modula la señal luminosa dando como resultado una sucesión de pulsos de luz.

5.1.1.1 MODULADOR

La modulación en amplitud (AM) es el proceso de cambiar la amplitud de una portadora de frecuencia relativamente alta de acuerdo con la amplitud de la señal moduladora (información).

Las frecuencias que son lo suficientemente altas para radiarse de manera eficiente por una antena y propagase por el espacio libre se llaman comúnmente radiofrecuencias o simplemente RF. Con la modulación de amplitud, la información se manda sobre la portadora en la forma de cambios de amplitud.

La modulación de amplitud es una forma de modulación relativamente barata y de baja calidad que se utiliza en la radiodifusión de señales de audio y vídeo. La banda de radiodifusión comercial AM abarca desde 535 a 1605 kHz. La radiodifusión comercial de televisión se divide en tres bandas (dos de VHF y una de UHF).

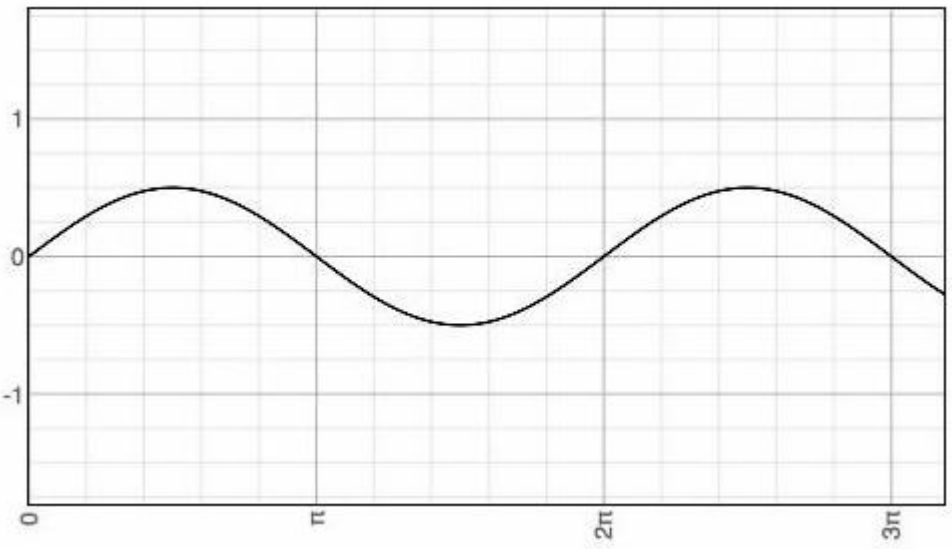


Figura 5.2 - Señal moduladora

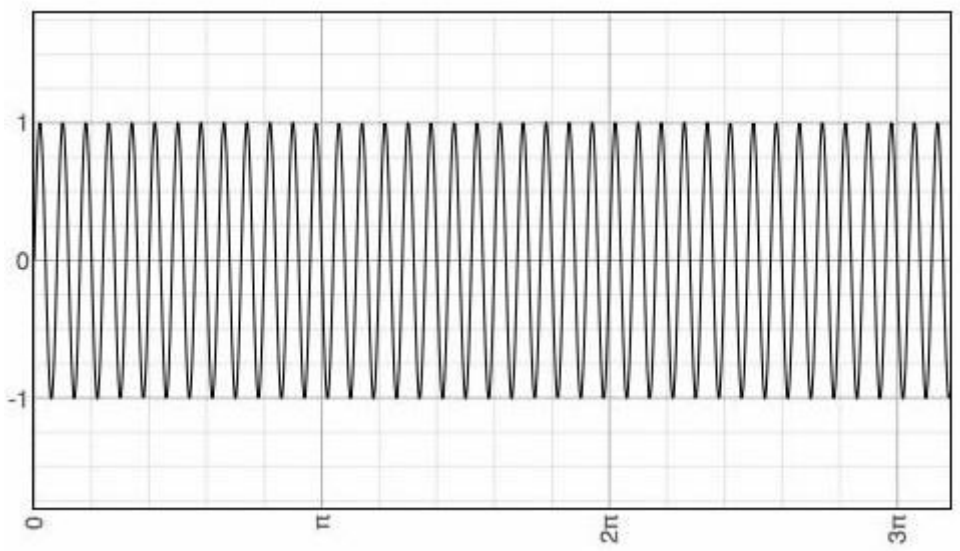


Figura 5.3 - Señal portadora

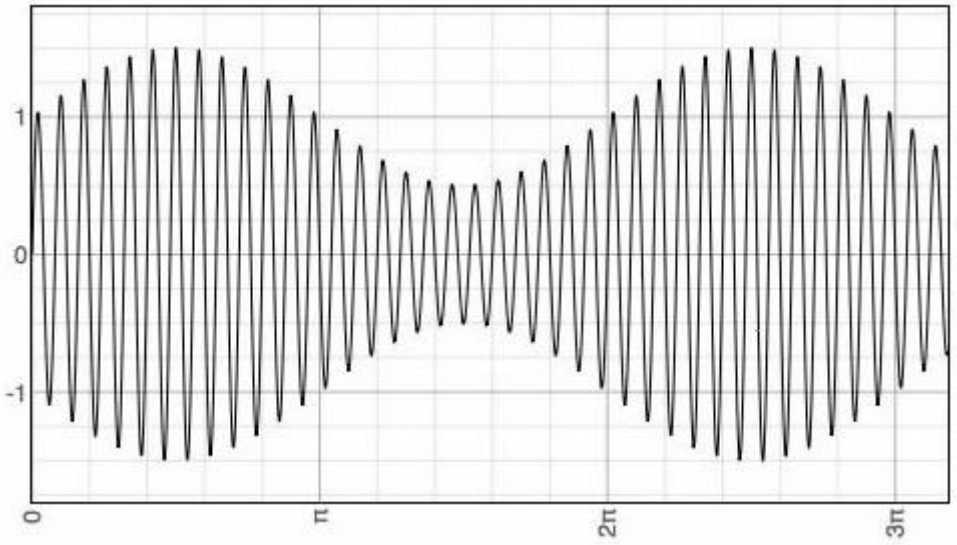


Figura 5.4 - Señal modulada

Éste sería aproximadamente el sistema usado durante la transmisión de la información, debido a que en estas figuras solo se muestra el sistema de modulación, no se muestra en ningún momento la trama que se transmite. [15]

5.1.2 MODULACIÓN ASK

La modulación por desplazamiento de amplitud, en inglés Amplitude-shift keying (ASK), es una forma de modulación en la cual se representan los datos digitales como variaciones de amplitud de la onda portadora en función de los datos a enviar.

Los dos valores binarios se representan con dos amplitudes diferentes y es usual que una de las dos amplitudes sea cero, es decir, uno de los dígitos binarios se representa mediante la presencia de la portadora a amplitud constante, y el otro se representa mediante la ausencia de la señal portadora.

La técnica ASK también es usada comúnmente para transmitir datos digitales sobre la fibra óptica. Para los transmisores LED, el valor binario 1 es representado por un pulso corto de luz y el valor binario 0 por la ausencia de luz. Este nivel bajo representa el valor 0, mientras una onda luminosa de amplitud más alta representa el valor binario 1.

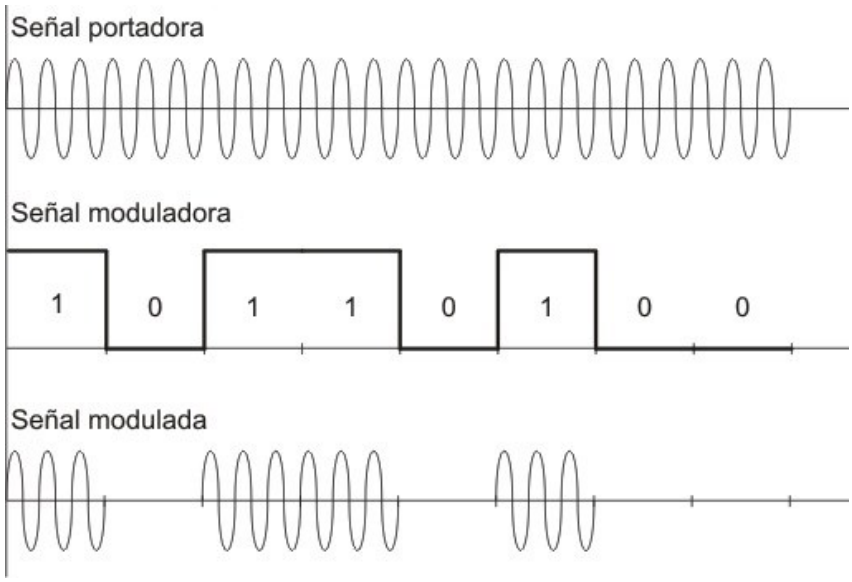


Figura 5.5 - Modulación ASK

Esta modulación es la empleada en el sistema transmisor para mandar la información deseada. Una vez se ha modulado la señal se envía mediante VLC hasta el receptor. [16]

5.2 CREACIÓN DEL TONO

Se genera un tono debido a que para el PFC se utiliza el sistema de audio del smartphone para generar la señal a transmitir. Para generar del tono se ha utilizado un algoritmo en java de manera que se ha creado un archivo de audio, para después reproducirlo. Para crear dicho tono lo primero que se hace es desde el menú de la aplicación, presionar en el botón de "*Crear archivo*".

Figura 5.6 - Menú principal

Una vez en el menú de crear archivo se puede insertar el código manualmente mediante el panel numérico. También se podría descargar el archivo desde Dropbox y reproducirlo ya que, en el sistema del Dropbox la generación del tono se haría de manera idéntica.

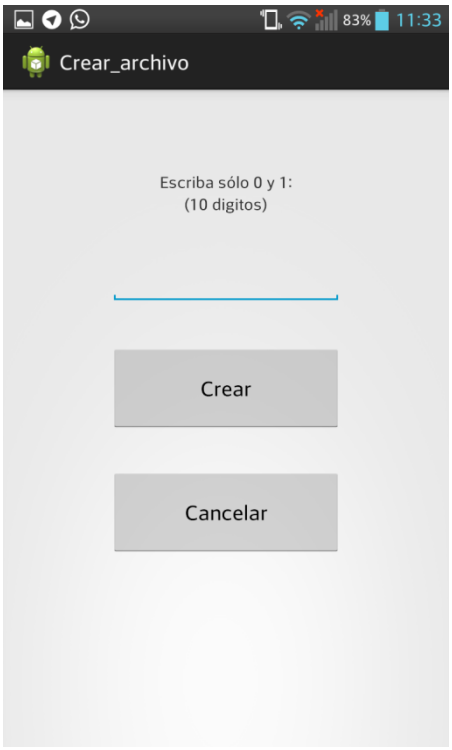


Figura 5.7 - Menú secundario

Una vez introducido el código a enviar, se procederá a crear la cadena presionando en el botón correspondiente. Esta acción nos llevará de nuevo al menú principal donde se podrá enviar el código anteriormente insertado o volver a crear otro distinto. Para transmitir la información se presionará el botón de "*Reproducir archivo guardado*". Una vez se quiere transmitir el archivo, se genera el tono que se reproducirá a través del altavoz o del minijack (en el caso de este PFC se utilizará el minijack con el Led correspondiente).

Dicho tono se crea a través un vector que se ha rellenado mediante números enteros con el fin de que a la salida tenga el mayor voltaje posible, para ello se subirá el volumen del smartphone hasta su máximo. Para la transmisión se ha usado un tono senoide de 10khz que será la señal portadora.

A continuación se describe el funcionamiento del transmisor a través de un diagrama de flujo.

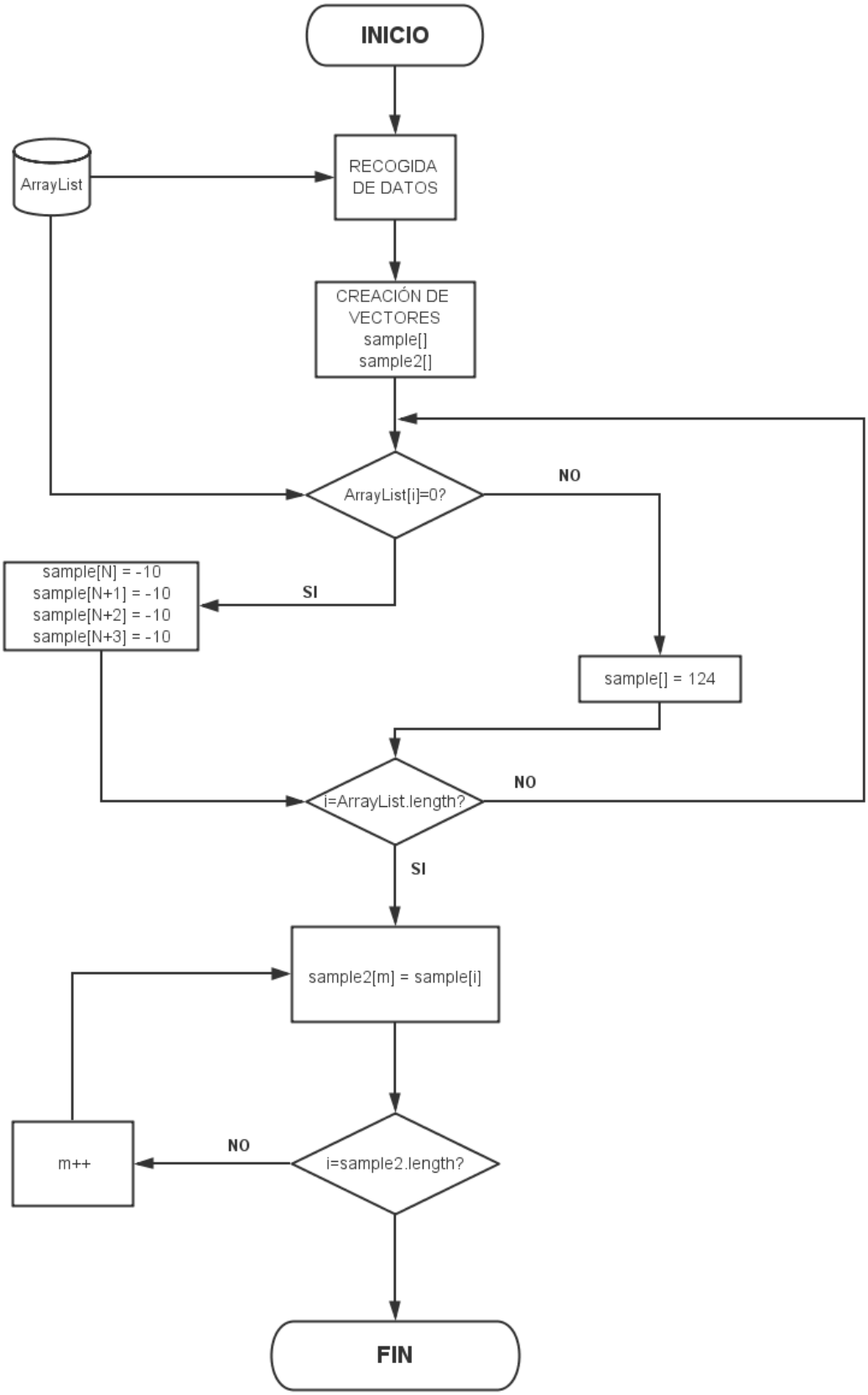


Figura 5.8 - Diagrama de flujo del transmisor

En el anterior diagrama se puede ver como se genera el tono para la transmisión de la información. En él se observa que el primer paso para la realización del tono es la recepción de un ArrayList que es creado cuando el usuario introduce el código, o cuando se descarga el archivo del Dropbox y se carga.

Después se generan dos vectores que serán los utilizados para la creación del tono y para la transmisión de la trama. Seguidamente se recorre el ArrayList para su procesamiento, a continuación se mirar si los datos que posee el ArrayList son"0" o "1". Si el dato es un cero se rellena en el vector utilizado para el tono (simple[]) 40 posiciones del vector con el valor 124. Tras diversos estudios empíricos, se llegó a la conclusión de que para tener el mayor voltaje posible a la salida, los valores que deberían tener el vector eran 124 para un tono de "0" y los valores -10 y 10 para generar el del "1". Estos valores son los que hacen posible generar la señal de portadora eléctrica de 10 khz. Si el dato que se está comparando es un "1", los valores con los que se rellenará el vector serán 10 y -10 alternando de 2 muestras en 2 muestras (siempre 2 muestras de cada, es decir, 10, 10, -10, -10…), ya que nuestra señal es de tipo senoide.

Una vez se han generado los valores en los vectores, se mira si es el último valor del ArrayList. En el caso de que no sea el último valor, se volvería a recoger otro dato para su posterior procesamiento, en caso contrario, lo siguiente que se hace es copiar varias veces el vector del tono en el segundo vector creado anteriormente. Las copias se separan mediante 5 ceros (que se generan igual que si fuera un dato, es decir, añadiendo 124 al vector) para que el receptor sea capaz de determinar dónde empieza y termina cada trama. Este vector es mucho más grande que el primero, pues nos ayuda a enviar la información no sólo una vez, sino varias veces seguidas para dar tiempo al receptor a recoger los datos sin perder información.

Todos los smartphones poseen un filtro paso alto a la salida del auricular para eliminar la continua y así asegurar una buena recepción del sonido, así pues el vector final que se genera poseerá una capacidad extra de 16 muestras para evitar el efecto de este filtrado.

Después de transmitir el tono creado, se puede cambiar la información a transmitir en el menú principal, o volver a enviar la misma información tantas veces como se requiera.

Para la reproducción del tono se realizaron diversas pruebas con diferentes funciones para encontrar el método óptimo. Se hicieron pruebas mediante hilos, procesos en Android y por último se realizó mediante un AsynTask. El resultado de las pruebas de los 3 métodos concluyó que el AsynTask era el método más óptimo.

5.3 CREACIÓN DE LA TRAMA

La trama utilizada durante este PFC es la siguiente:

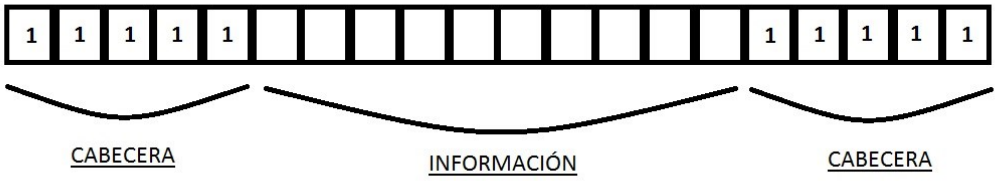


Figura 5.9 - Trama

En la Figura 5.5 se puede ver como existen unas cabeceras al principio y al final de la trama para la sincronización de la misma. Estas cabeceras y su utilidad se discutirán en el tema del receptor, dentro de la parte de información se insertará la información deseada a enviar.

Se han generado ciertas normas para la correcta transmisión y recepción de la información. Dichas normas se describen a continuación:

1. **Dentro de la información no puede haber más de 4 *unos* seguidos, esto se debe a que nuestras cabeceras se conforman de 5 unos seguidos. Cuando en el transmisor detecta 4 unos seguidos, inserta 1 cero adicional que será retirado en el receptor a la hora de recoger la información.**
2. **Si una trama no contiene los bits necesarios para rellenar el campo de información de la trama, este se rellenará con ceros hasta su tamaño final.**
3. **Una vez terminada la transmisión de cada trama existe un tiempo de 5 milisegundos para poder diferenciar cada una de ellas a la hora de recoger la información en el receptor.**

Una vez que se transmite la información la señal a la salida del smartphone es la siguiente:

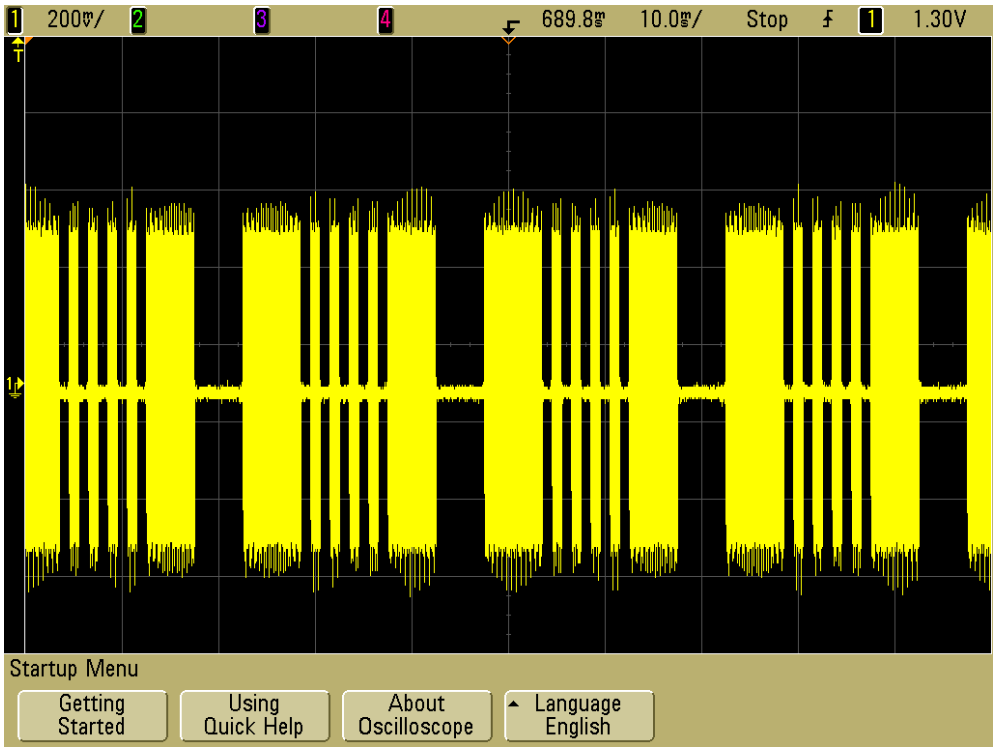


Figura 5.10 - Señal de salida del smartphone

En la imagen anterior también se puede observar el tiempo que se tarda en transmitir una trama, el cual es 20 milisegundos. Este tiempo corresponde a la transmisión de la información (10 bits, a razón de 1 milisegundo por bit, 10 milisegundos) y a la transmisión de las cabeceras de sincronización (10 bits de cabecera, 5 de principio y 5 de final, a razón de 1 milisegundo por bit, 10 milisegundos).

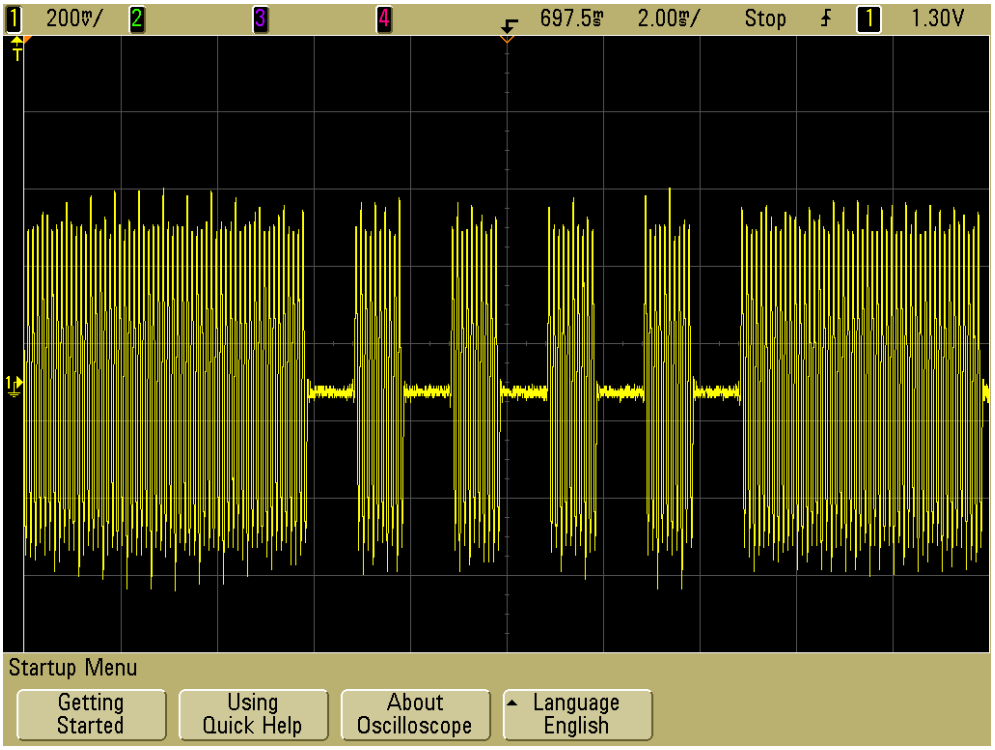


Figura 5.11 - Señal de salida ensanchada

Como se puede ver en la Figura 5.7 la transmisión de la información se realiza con una señal sinusoidal en la que va codificada la información que deseamos transmitir. En la figura se puede diferenciar claramente el inicio y el final de la trama enviada.

Esta señal es la que se transmite a través del diodo LED que conmuta entre encendido y apagado a una velocidad tan grande que no es perceptible ni por el ojo humano ni por dispositivos de grabación no especializados. Aquí entra en juego la seguridad de este sistema, ya que cualquier persona que no sólo no estuviera presente en la misma habitación que el transmisor sino que además, no tenga el material necesario, enfoque en el ángulo correcto y la distancia apropiada no sería capaz de poder interceptar la transmisión.

Esta señal al ser de un voltaje insuficientemente grande para que el receptor recoja la información, pasa a través de un amplificador logrando con ello llegar al voltaje requerido por el receptor. Para entender mejor el funcionamiento del sistema, a continuación se muestra un esquema del sistema:

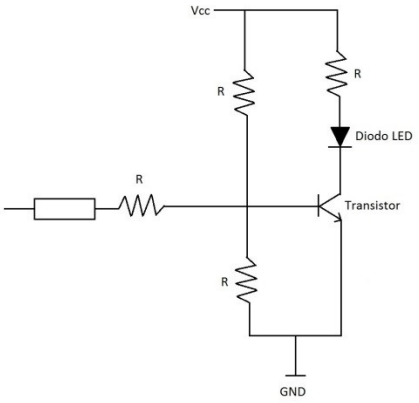


Figura 5.12 – Transmisor

Este sistema es el que hace posible la amplificación de la señal para que el receptor sea capaz de detectarla. Como se puede ver en la imagen anterior existe un potenciómetro en la base que es capaz de regular la intensidad de la luminosidad del LED, para ello la resistencia del colector es la encargada de limitar la corriente del LED mientras que las de la base se encargan de polarizar el circuito añadiendo una señal continua para que puedan transmitirse la señales negativas de la portadora eléctrica.

5.4 DROPBOX

Para la transmisión de la información mediante la toma de datos del Dropbox se hace de la siguiente manera. Lo primero que se requiere es ir al menú de Dropbox en la ventana principal.

Figura 5.13 - Menú principal

Seguidamente aparecerá un nuevo menú en el que se podrá insertar una URL para poder descargar un fichero. En nuestro caso se tratará de un archivo tipo .txt, que contendrá el código que vamos a transmitir.

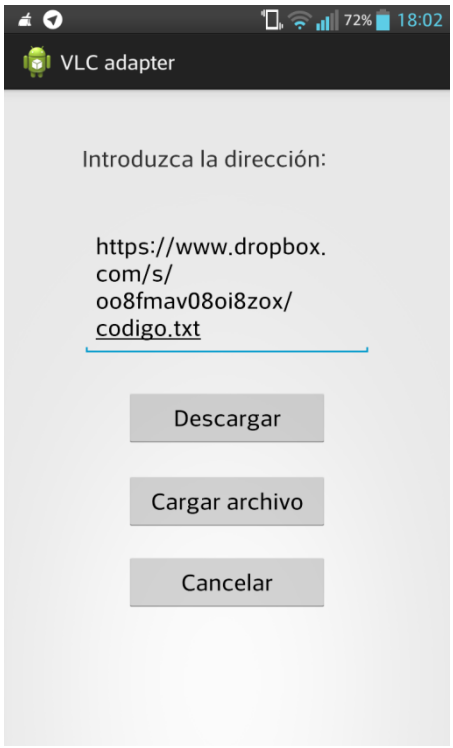


Figura 5.14 - Menú secundario de Dropbox

Como se puede ver en la Figura 5.11, en el programa se ha insertado una URL predefinida para poder descargar un archivo ya creado, y para dar un ejemplo del tipo de URL utilizado en este punto. Seguidamente se presiona el botón de "*Descargar*" y nos dirigirá a la página seleccionada (con el explorador que queramos, nos dejará elegir con cual) para poder descargar el archivo.

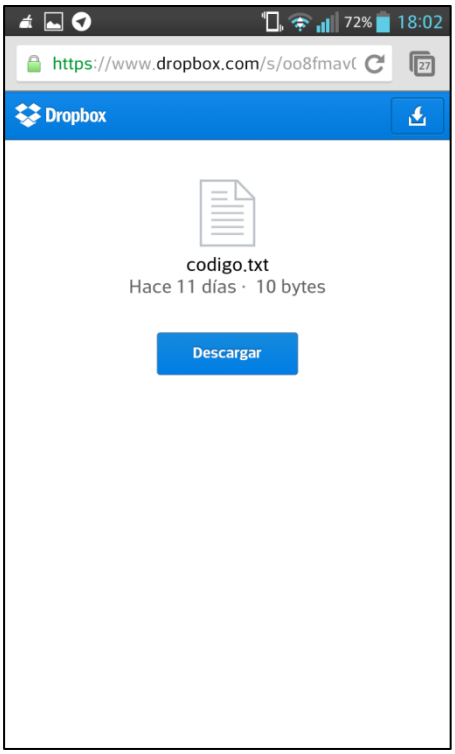


Figura 5.15 - Página de descarga de código

Una vez en esta página, se deberá presionar el botón de "*Descargar*" y empezará la descarga del archivo. Seguidamente se vuelve al menú anterior con el botón de atrás del smartphone, y se presiona "*Cargar archivo*". Esta acción lo que hará será leer el archivo descargado (normalmente en /Download) y lo pasará a la función de crear tono, que se encargará de manipular la información para su posterior transmisión. Una vez se ha cargado el archivo, volverá al menú principal para su posterior transmisión. Únicamente hay que presionar en "*Reproducir archivo guardado*" para enviar la información.

Capítulo 6

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA RECEPTOR

El receptor se compone de varios módulos todos necesarios para la recepción de la información. El primer módulo es el fotoreceptor y el amplificador, son los primeros elementos dentro del receptor. El siguiente es el convertidor de onda completa, el cual se encarga de rectificar la señal. Seguidamente tenemos el filtro RC, el cual se encarga de eliminar las caídas de tensión creando un pulso lo más ideal posible. El penúltimo módulo es el amplificador operacional, el cual se encarga de amplificar la señal hasta los 5 voltios, los cuales son necesarios para el correcto funcionamiento del PIC. Ya por último se encuentra el PIC en cuestión, el cual se encarga de recibir los pulsos y decodificar la información.

Antes de hablar de los módulos se hará una breve introducción al demodulador AM y se mostrará un dibujo esquemático de los módulos del receptor.

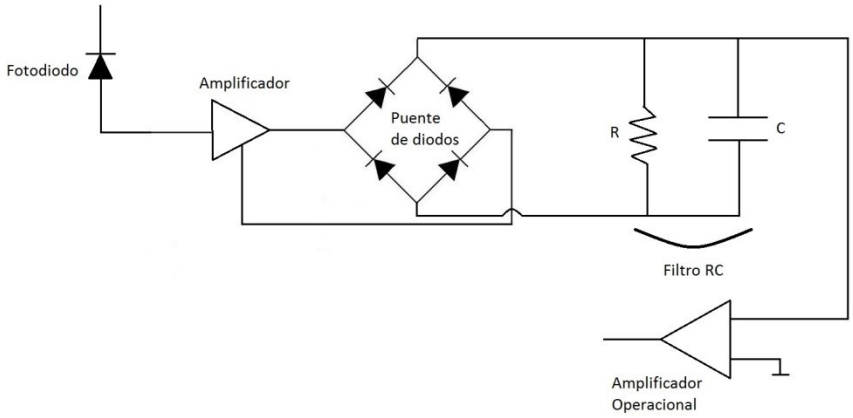


Figura 6.1 – Receptor

6.1 DEMODULADOR AM.

La demodulación o detección es el proceso de recuperar la información transportada por la señal modulada. Un receptor AM convencional simplemente convierte la onda de amplitud modulada nuevamente en la fuente original de información, es decir, la demodula.

Un detector de envolvente es un circuito eléctrico que tiene como entrada una señal de alta frecuencia, y como salida la envolvente de la señal de entrada. El condensador almacena carga cuando la señal de entrada crece, y se descarga muy lentamente a través del resistor cuando ésta decrece. En nuestro caso no se utiliza este sistema para la demodulación, pues nosotros tendremos una sucesión de pulsos en los que está impresa la información y no es necesario este tipo de demodulación. En nuestro PFC se emplea un rectificador de onda completa para poder utilizar toda la energía de la señal que luego pasa por un filtro RC para eliminar las frecuencias altas y obtener así la señal de datos. [15]

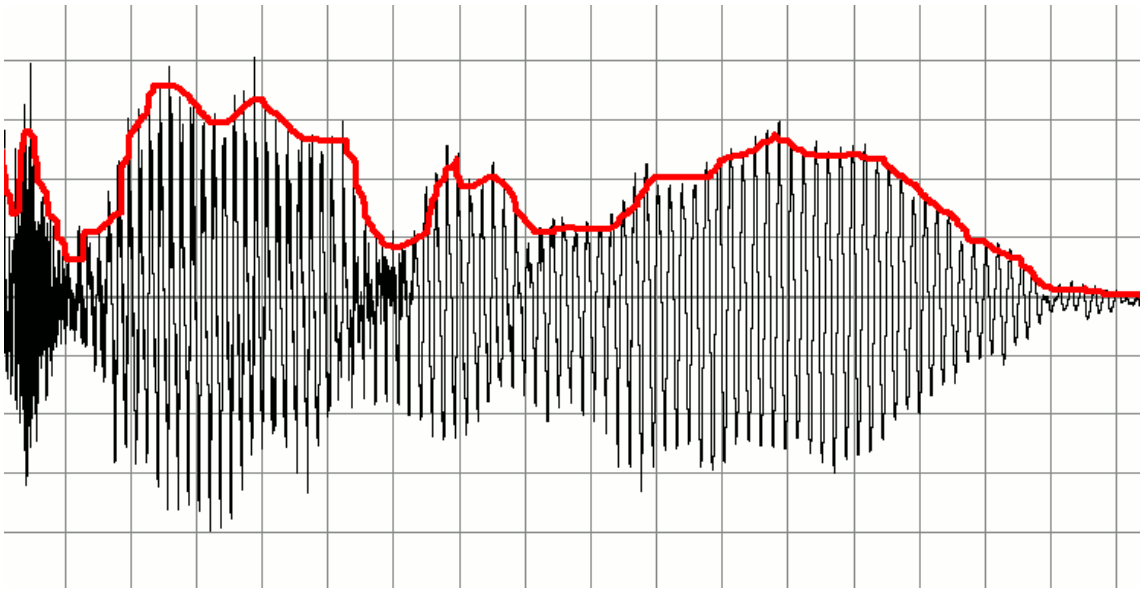


Figura 6.2 - Detector de envolvente

6.2 FOTORECEPTOR

La función principal de un fotoreceptor, dentro de un sistema de comunicación óptica, es la de transformar la energía radiante de la señal óptica proveniente del emisor de luz en energía eléctrica, para que pueda ser recuperada la señal de información. Los fotoreceptores usados durante la realización de este PFC son los detectores de fotones de los cuales se hablará a continuación. Los fotones son absorbidos por el semiconductor causando una excitación de electrones dentro del material, con lo cual es observada una señal eléctrica de salida, dicho en otras palabras, este tipo de fotoreceptores convierten fotones en electrones. Los fotoreceptores de este tipo son los que se usan dentro de los sistemas de comunicación óptica y se basan en el fenómeno físico llamado efecto fotoeléctrico. Si el electrón generado es emitido fuera del material el dispositivo es llamado fotoemisivo o basado en el efecto fotoeléctrico externo. Si no existe la emisión pero en su lugar un electrón hueco está disponible para permitir la circulación de corriente en

un circuito externo entonces el dispositivo está basado en el efecto fotoeléctrico interno. Los requisitos requeridos por el fotoreceptor son:

- alta sensibilidad, o sea máxima capacidad de absorber la radiación incidente
- elevada velocidad de respuesta para poder detectar correctamente impulsos luminosos muy estrechos
- dimensiones reducidas, bajo coste, fiabilidad.

El fotoreceptor utilizado durante la realización del PFC es el S1227 (ver anexo 1). Después del fotoreceptor existe un amplificador Hamamatsu C9052 (ver anexo 1) que se encarga de amplificar la señal hasta un nivel de señal manejable por el rectificador de onda completa. [17]

6.3 RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA

Es un circuito electrónico usado en la conversión de corriente alterna en corriente continua. Es conocido además como circuito o puente de Graetz, en referencia a su creador, el físico alemán Leo Graetz.

Consiste en cuatro diodos comunes de uso general, que convierten una señal con partes positivas y negativas en una señal únicamente positiva. Un simple diodo permitiría quedarse con la parte positiva, pero el puente permite aprovechar también la parte negativa.

Un rectificador de onda completa convierte la totalidad de la forma de onda de entrada en una polaridad constante (positiva o negativa) en la salida, mediante la inversión de las porciones (semiciclos) negativas (o positivas) de la forma de onda de entrada. Las porciones positivas (o negativas) se combinan con las inversas de las negativas (positivas) para producir una forma de onda parcialmente positiva (negativa).

Figura 6.3 - Rectificado de señal

El puente rectificador utilizado durante la realización de este PFC es el DF06M (ver anexo 1). Después del rectificador de onda completa existe un filtro RC que se encarga de eliminar las caídas de tensión. Se usa este sistema porque al transmitir mediante una sucesión de pulsos de luz que genera una señal senoide, se utiliza el rectificador de onda completa para la utilización total de la energía de la señal y para transformarla en una sucesión de pulsos donde se puede determinar perfectamente los “1”s y los “0”s. [18]

Una vez rectificada la señal y habiéndola convertido, pasa a través de un amplificador operacionalTL081 (ver anexo 1) el cual elevará el voltaje hasta los 5 voltios necesarios para que el PIC pueda procesar la información. A continuación se expondrán las distintas fases por las que pasa la señal desde el fotoreceptor hasta la entrada al PIC:

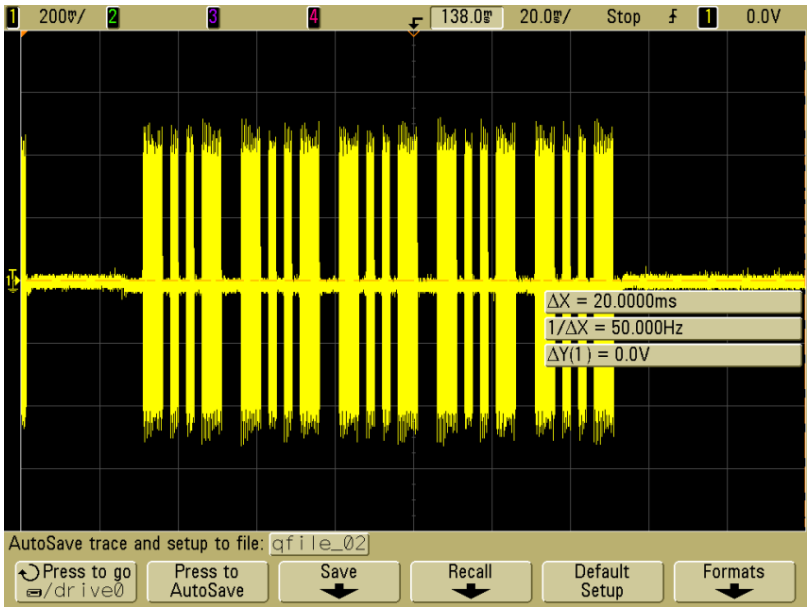


Figura 6.4 - Señal recibida

En la Figura 6.4 se puede ver la señal a la salida del fotoreceptor, es decir, después de que el fotoreceptor reciba la señal luminosa y la convierta en eléctrica. Si se amplía la señal en el osciloscopio, se puede ver la señal portadora:

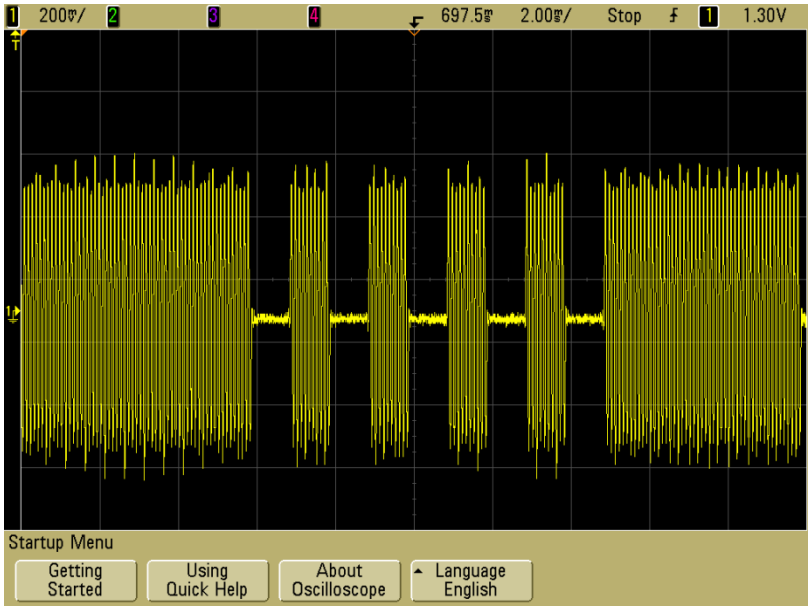


Figura 6.5 – Señal ensanchada

Luego pasa por el rectificador de onda completa, que se encarga de pasar la parte negativa de la señal a la positiva. Seguidamente pasa por el filtro RC y ésta a su vez pasa por un amplificador operacional que la deja con el voltaje necesario para el funcionamiento del PIC. La señal a la entrada del microcontrolador es la siguiente:

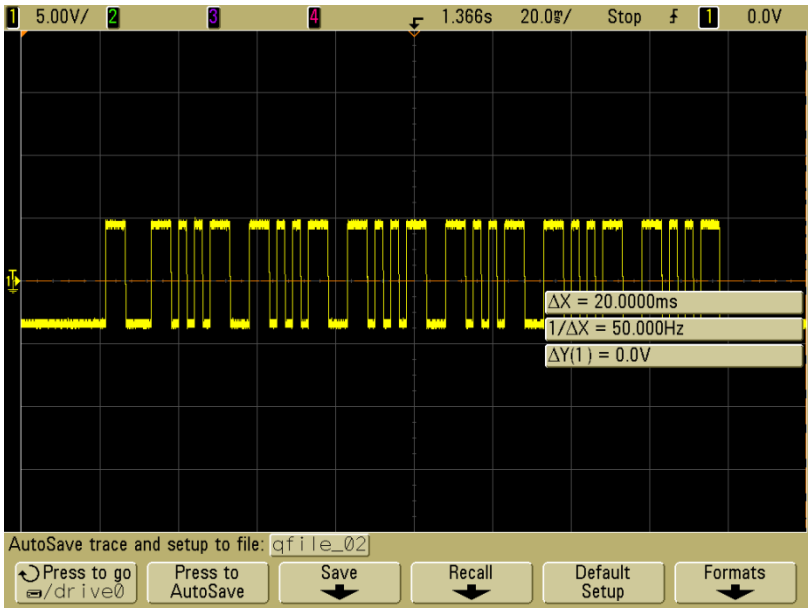


Figura 6.6 – Señal final

6.4 PIC

La función del PIC en este punto del proyecto es la de recibir la información y procesarla para su posterior utilización. Para la explicación de su función se apoyará en el siguiente diagrama de flujo:

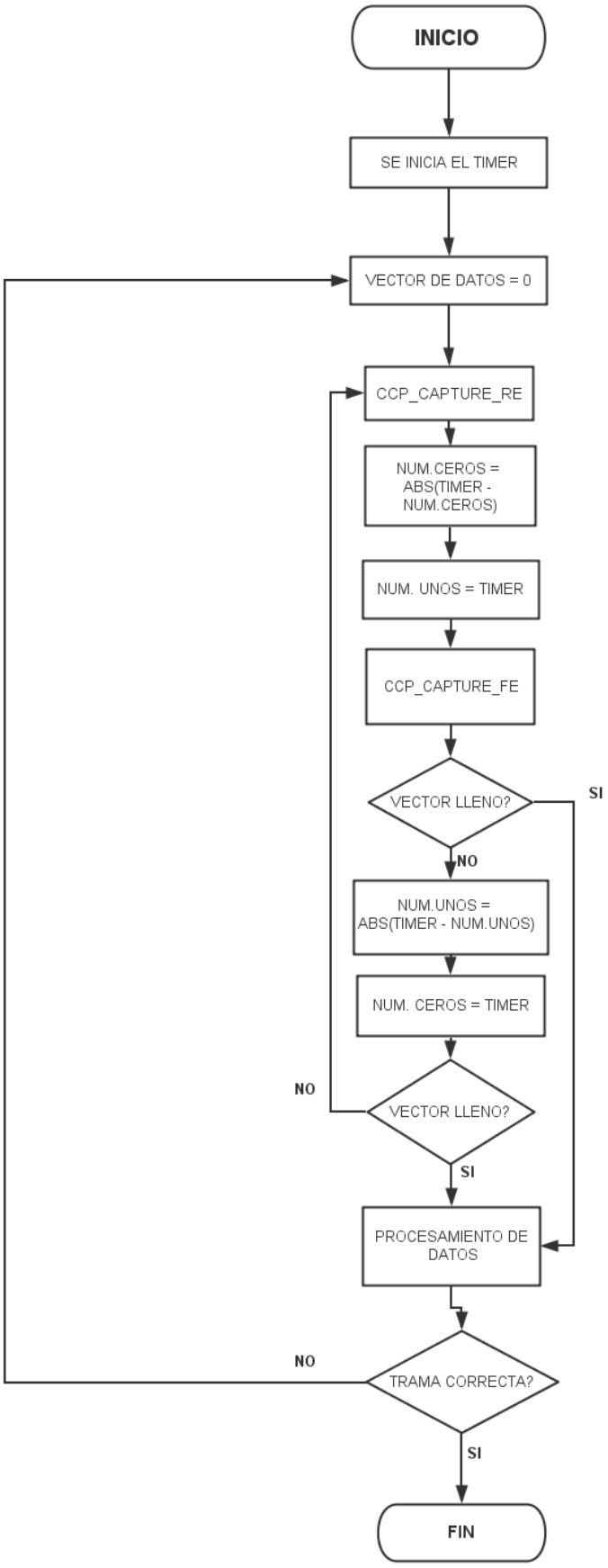


Figura 6.7 - Diagrama de flujo del receptor

La primera tarea del microcontrolador es la de recibir la señal a través de uno de sus puertos. La señal se procesa de manera que una vez se pone en funcionamiento el PIC se inicia un *timer* que se mantendrá en funcionamiento a partir de ese mismo momento. Este *timer* se utilizará para saber el ancho del pulso de la señal recibida.

Una vez iniciado el *timer,* se inicializa un vector de datos (lo usaremos de búffer para almacenar los datos) o se vacía según en qué punto esté del proceso. En nuestro caso lo hemos creado de 100 posiciones para que fuera lo suficientemente grande para albergar más de una trama, debido a que si el PIC no recibe el inicio de la trama daría un error a l mostrar la información. Después, mediante el módulo CCP del microcontrolador se busca un flanco de subida (para ello la función utilizada es CCP_CAPTURE_RE).

Cuando recibe el primer flanco de subida, se actualiza el valor de “Num. Ceros” que es la encargada de contar los ceros seguidos que se han recibido. Si la variable es “0” puede significar 2 cosas, que sea la primera vez que se entra en el algoritmo y que por ello aún no está inicializada la variable, o que el valor del *timer* en el momento de recoger los datos ha sido “0”.Se utiliza el valor absoluto porque en el programa el *timer* va desde “0” a “99” y se reinicia y esta situación puede dar valores negativos. Dependiendo del valor que tenga la variable podemos suponer que ha habido un error si es superior a 10 puesto que es el valor máximo de ceros que habrán seguidos. En todo caso el microcontrolador lo que hace es dar el valor del *timer* a la variable “Num. Unos” que se encarga de contar los “1”s. Seguidamente se cambia la función del CCP para que busque esta vez el flanco de bajada (CCP_CAPTURE_FE).

Una vez se ha cambiado el valor del CCP se mira si el vector de datos está lleno, para saber si ha recibido ya la información y se puede procesar. Si el vector no está lleno seguirá buscando los flancos para llenar el búffer. Si no está lleno lo que se busca es el siguiente flanco (en nuestro caso el de bajada). El proceso para el flanco de bajada es similar al de subida, exceptuando las variables que se modifican. Si el valor de “Num. Unos” es “0” se da el mismo caso que antes, excepto que no podría ser el primer flanco ya que el primero que se busca es el de subida. Seguidamente el valor de

la variable “Num. Ceros” se actualiza al valor del *timer* y se cambia la búsqueda de flanco.

Cuando se ha llenado el vector de datos (búffer), la siguiente acción que realiza el microcontrolador es la procesar esa información recogida en dicho vector. Como vimos en el capítulo del transmisor, la trama consta de una cabera y un final de cabecera que está compuesta por cinco “1”, necesarios para poder determinar el principio y el fin de la trama. Una vez se inicia el procesado, lo que hace el PIC es buscar ese inicio de trama. Para ello busca esos cinco “1” seguidos, los cuales no pueden aparecer en otro punto de la trama ya que, como vimos en el transmisor, si ocurriera esto, el trasmisor insertaría un “0” adicional.

Seguidamente, una vez se ha encontrado el principio de la trama, se van almacenando los siguientes valores (que son la verdadera información enviada) para poder determinar su uso. Si encuentra cuatro “1” seguidos, el receptor sabe que el siguiente bit que se encontrará no es parte de la información y lo desechará. Una vez recogidos los 10 bits de la información de la trama, se procede a detectar si después de la información está el final de la trama. Si los siguientes 5 bits no son “1”, se vacía el vector con la información y se sigue buscando la trama entre los siguientes valores del vector.

Después de determinar la información de la trama, se compara con una matriz de códigos para saber si el código recibido es válido o no. Dependiendo del código recibido, se encenderá un Led de la placa en la cual está el PIC. El Led se encenderá durante 5 segundos y luego se apagará. Existen 5 códigos posibles o autorizados, cada uno de ellos distinto al anterior.

Una vez realizado la comprobación y encendido los Leds, o no dependiendo de si el código estaba autorizado, el sistema vacía todos los elementos utilizados para su posterior reutilización.

Capítulo 7

CONCLUSIONES

En este capítulo se comentan las conclusiones obtenidas tras la realización de este proyecto final de carrera explicado a lo largo de todo este documento.

En este proyecto se ha implementado un sistema completo, tanto el transmisor como el receptor, que permite mediante el uso de un dispositivo móvil la transmisión de información a un aparato receptor a través de la incorporación de la tecnología VLC, de tal manera que permita facilitar tareas cotidianas de la vida moderna, únicamente con el smartphones y un sencillo aparato conectado al él a través del sistema de auriculares.

El uso de la tecnología VLC ofrece muchísimas ventajas frente a otras formas de transmisión, la más importante de ellas es la seguridad a la hora de transmitir los datos, ya que, al contrario que otros medios de transmisión, en los que con un sencillo software se vuelve posible interceptar la señal, en este caso es imprescindible la sustitución del receptor, volviéndose, por tanto, necesario la utilización de material específico y acceso al receptor.

Por otro lado, en plena era de la información, cabe destacar que este sistema no sólo permite al usuario introducir unos datos y enviarlos, sino que además se introdujo la posibilidad de conectarse mediante Internet y descargarse un código

concreto, dando así la opción de o bien descargar la información o de insertarla directamente para su posterior utilización.

Para que esto fuera posible se implementó una interfaz sencilla y fácil de entender para cualquier usuario. A la hora de realizar ésta interfaz, se procedió a estudiar el sistema operativo en el cual era más propicio su implementación, llegando a la conclusión, como se explica en capítulos anteriores, de la utilización del sistema Android puesto que ocupa el 80% del mercado de Europa, siendo con ello el sistema móvil más usado.

Una vez seleccionada la plataforma de trabajo, se estudió la posibilidad de utilizar el flash de la cámara de fotos integrada en los móviles para transmitir la información mediante VLC. Estos estudios mostraron que debido a las limitaciones del software que presentan los dispositivos móviles, no era posible la utilización del flash por lo cual se le añadió un LED conectado al sistema de audio mediante un conector minijack, logrando con ello una transmisión a una velocidad que no sería posible mediante el uso del LED de la cámara que incorporan estos teléfonos, pero si a través del sistema de audio. El esquema utilizado para la creación de este sistema de transmisión es el que se muestra en la siguiente figura.

A la hora de programar la aplicación móvil, se procedió a implementar una interfaz sencilla y fácil de entender para cualquier usuario. Con sólo 3 botones de acciones y uno de salida permite2 formas de enviar la información, la primera es a través del Dropbox, en donde se realiza una descarga del archivo y a continuación se procede a realizar una lectura y generación de un tono con la información contenida en dicho archivo, y la segunda es insertando la información mediante un teclado numérico. En ambas formas de transmisión se genera un tono de audio con una frecuencia de 10 khz con la información a enviar, tal y como se especifica a lo largo de este PFC.

Para la recepción de la información se procedió a realizar la implementación de un sistema receptor mediante el uso de diferentes módulos, el primero consistente en un fotoreceptor y un amplificador. El siguiente módulo consta de un convertidor de onda completa, el cual se encarga de rectificar la señal. Seguidamente tenemos el filtro

RC, el cual elimina las altas frecuencias dejando solo la señal moduladora correspondiente a los datos transmitidos. El penúltimo módulo es el amplificador operacional, el cual se encarga de amplificar la señal hasta los 5 voltios, los cuales son necesarios para el correcto funcionamiento del PIC. Ya por último se encuentra el PIC en cuestión, el cual se encarga de recibir los pulsos y decodificar la información. Un esquema de este sistema es el que se muestra en la siguiente figura

Una vez la señal de información pasa por todo el sistema receptor y llega hasta el microprocesador, éste se encarga de su procesamiento así como de la extracción de los datos y su validación, tal y como se explica anteriormente.

Por último, se realizaron las diferentes pruebas para la comprobación del correcto funcionamiento del sistema completo, logrando con ello la transmisión y recepción de la información mediante el uso de un Smartphone. Concluyendo de este modo que el proyecto final de carrera “Adaptador VLC para móvil” ha alcanzado su fin logrando cumplir los objetivos inicialmente establecidos.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Carlos Fernández Calero. Proyecto fin de carrera: “Enlace óptico no guiado para redes domóticas basadas en el estándar EIB”.ULPGC. Abril 2006

[2] Tecnología-Mecatronicos

http://jhalva.blogspot.com.es/2011/10/comunicacion-infrarroja.html

Última visita: Mayo 2014

[3] Comunicaciones por luz visible: Cuando los bits nos lleguen de las bombillas

http://www.xatakahome.com/la-red-local/comunicaciones-por-luz-visible-cuando-los-bits-nos-lleguen-de-las-bombillas

Última visita: Mayo 2014

[4] Visible Light Wireless Communication System

http://electronicsbus.com/visible-light-communication-system/

Última visita: Mayo 2014

[5] LiFi, la alternativa al WiFi, pulveriza récord de velocidad: 10 Gbit/s

http://es.gizmodo.com/lifi-la-alternativa-al-wifi-pulveriza-record-de-veloc-1453963390

Última visita: Mayo 2014

[6] Identificación Y Análisis De La Tecnología VLC/Li-Fi Desde La Perspectiva De Su Ciberseguridad-Ciberprivacidad

http://www.conectronica.com/Seguridad/%E2%80%9CIdentificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-la-tecnolog%C3%ADa-VLC/Li-Fi-desde-la-perspectiva-de-su-ciberseguridad-ciberprivacidad%E2%80%9D.html

Última visita: Mayo 2014

[7] WIFI. La comunicación inalámbrica

http://www.aulaclic.es/articulos/wifi.html

Última visita: Mayo 2014

[8] La historia del nacimiento de Bluetooth

http://www.wayerless.com/2011/09/la-historia-del-nacimiento-de-bluetooth/

Última visita: Mayo 2014

[9] Jesús Tomás Gironés. “EL GRAN LIBRO DE ANDROID”. Editorial: MARCOMBO, S.A. Edición: 3edición. Fecha edición: 29-01-2013 ISBN: 9788426719768

[10] Get the Android SDK

http://developer.android.com/sdk/index.html

Última visita: Mayo 2014

[11] Tema 3: Microcontroladores PIC 18F4550. Universidad Politécnica de Valencia.

http://www.uv.mx/personal/jemedina/files/2010/07/Manual-del-Taller-Introduccion-al-Microcontrolador-PIC18F4550.pdf

Última visita: Mayo 2014

[12] Página de Microchip Technology Inc

http://www.microchip.com/

Última visita: Mayo 2014

[13] Manual de usuario del compilador PCW DE CCS. Autor: Andrés Cánovas López.

http://www.cursos.ucv.cl/eie48700/referencias/CCS_C_Manual.pdf

Última visita: Mayo 2014

[14] Introducción al uso del MPLAB v 8.00.

centros.edu.xunta.es/iesperdouro/files/MPLAB-V8.00.pdf

Última visita: Mayo 2014

[15] Modulación Analógica. Autor: Luca Martino

http://www.tsc.uc3m.es/~luca/Presentation1.pdf

Última visita: Mayo 2014

[16] Modulador de Ask

http://transmisor-fm-am.tripod.com/id7.html

Última visita: Mayo 2014

[17] Fotorreceptores

http://es.scribd.com/doc/77781821/Fotorreceptores

Última visita: Mayo 2014

[18] Rectificador de onda completa

http://www.slideshare.net/OthonielHernandezOvando/26-rectificador-de-onda-completa

Última visita: Mayo 2014

PLIEGO DE CONDICIONES

Para llevar a cabo este Proyecto Fin de Carrera ha sido necesario disponer de diversos elementos, tanto hardware como software, en cada una de las etapas y a lo largo de todo el desarrollo del proyecto. En el presente Pliego de Condiciones se detallan los requisitos software y hardware necesarios para la realización de este PFC. Si se desean conocer más detalles sobre las características de los diversos elementos empleados durante la realización del proyecto consultar el anexo.

P.C.1 Elementos Hardware

A continuación, se detallan todos los elementos hardware, tanto herramientas como materiales, que han sido utilizados y sus características específicas. Cada uno de los elementos usados en este PFC tiene sus hojas de características en el anexo.

En cuanto a los recursos hardware para la realización del PFC, tanto para la programación del sistema así como de los elementos han sido los siguientes:

- Un ordenador Lenovo Z500 con un procesador Intel® Core i7-3612QM Quad Core de 2.10 GHz, 8 gigas de memoria RAM DDR3 y un disco duro de 1 TB (Terabyte). Este ordenador se ha utilizado para la programación de los elementos y la redacción de la memoria.

- Smartphone LG Optimus G con Pantalla de 4.7 pulgadas, con tecnología True HD IPS+, con una resolución de 1280×768 píxeles. Android 4.1.2 Jelly Bean con la personalización LG Optimus UI 3.0. Procesador Qualcomm Snapdragon S4 Pro, 2GB de RAM. 32GB de memoria interna y una cámara trasera de 13 megapíxeles y una frontal de 1,3 megapíxeles.
- PICDEM FS USB DEMOSTRATION BOARD. Este aparato contiene un microcontrolador PIC 18F4550 utilizado para la recepción y procesamiento de la señal recibida.

P.C.2 Elementos Software

Los elementos software que se han utilizado para el desarrollo de este PFC, son los indicados a continuación:

- Windows 8.1. Sistema operativo del PC en el que se redacta el PFC y en el que se procede a la programación.
- ADT BUNDLE(Android Developer Tools). versión de Eclipse que incluye el plugin de desarrollo conocido como Android Development Toolkit. Con él se programó en java la aplicación de nuestro sistema.
- CCS. software que te permite la programación de microcontroladores PIC en lenguaje C. Con él se programó el PIC 18F4550 del que ya se ha hablado en anteriores capítulos.
- MPLAB. es un editor IDE gratuito que permite seleccionar los distintos microcontroladores soportados, además de permitir la grabación de estos circuitos integrados directamente al programador. Este software se empleó para la programación del microcontrolador.

PRESUPUESTO

P.1. Introducción

El presupuesto realizado para el presente Proyecto Fin de Carrera está basado en el documento "Baremos de Honorarios Orientativos para Trabajos Profesionales" publicado por el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (COIT) y la Asociación Española de Ingenieros de Telecomunicación (AEIT).

Los costes asociados al desarrollo del presente Proyecto Fin de Carrera se desglosan en los siguientes conceptos:

- Recursos humanos
- Recursos hardware
- Recursos software
- Material fungible
- Otros gastos

Una vez analizados individualmente cada uno de estos conceptos, se procederá a aplicar los impuestos vigentes y a la obtención del coste total de la realización del presente Proyecto Fin de Carrera.

P.2.Coste de Recursos Humanos

El coste de recursos humanos está relacionado con el tiempo empleado por el personal necesario para el desarrollo del presente PFC. En este sentido, se ha estimado el empleo de un Ingeniero Junior durante 10 meses. Este tiempo comprende las etapas de formación, desarrollo y elaboración de la documentación. Según los baremos de honorarios orientativos facilitados por el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación (COITT), el coste del trabajo en función del tiempo empleado viene dado por la siguiente ecuación.

$$H = C \times 75 \times Hn + C \times 95 \times He \ (€)$$

dónde:

- **H** son los honorarios.
- **C** es el coeficiente de corrección en función del número de horas trabajadas.
- **Hn** es el número de horas normales trabajadas (dentro de la jornada laboral).
- **He** es el número de horas especiales trabajadas.

La carga laboral del Ingeniero ha sido de 8 horas diarias a razón de 20 días mensuales durante 9 meses, por lo tanto el número total de horas normales trabajadas asciende a:

$$Hn = 8 \times 20 \times 10 = 1.600 \text{ horas.}$$

El número de horas especiales asciende a 0, dado que no se realizaron trabajos fuera de horario laboral:

$$He = 0 \text{ horas.}$$

El valor de este coeficiente de corrección se extrae de una tabla especificada por el COIT y que se presenta en la Tabla P.1:

Horas	Factor de corrección
Hasta 36	**1**
Exceso de 36 hasta 72	**0,9**
Exceso de 72 hasta 108	**0,8**
Exceso de 108 hasta 144	**0,7**
Exceso de 144 hasta 180	**0,65**
Exceso de 180 hasta 360	**0,6**
Exceso de 360 hasta 510	**0,55**
Exceso de 510 hasta 720	**0,5**
Exceso de 720 hasta 1.080	**0,45**
Exceso de 1.080	**0,4**

Tabla P.1: Coeficiente de corrección

Dado que exceden de 1.080 horas de trabajo, es necesario aplicar un coeficiente corrector de 0,4 sobre el número de horas trabajadas, de acuerdo con los datos expuestos en los baremos propuestos por el COIT. Así pues, el coste total de los honorarios asciende a:

$$H = C \times 75 \times Hn + C \times 95 \times He = 0{,}4 \times 75 \times 1600 + 0{,}4 \times 95 \times 0 = 48.000{,}00\ (€)$$

Por otro lado, debido a las exigencias hardware y software de la realización del presente Proyecto Fin de Carrera, se ha considerado que no es necesario un técnico de mantenimiento, ya que al tratarse de un solo equipo, el mantenimiento del mismo así

como de la red y del software utilizado puede ser realizado por el Ingeniero Junior. En la Tabla P.2 se recogen todos los costes asociados a los recursos humanos.

Concepto	Tiempo empleado	Coste mensual	Importe
Ingeniero Junior	**10 meses**	**12.000,00 €**	**120.000,00 €**
Coste corregido por superar las 1.080 horas			**48.000,00 €**
Coste total			**48.000,00 €**

Tabla P.2: Coste asociado a los recursos humanos

En definitiva, el coste de recursos humanos asciende a un total de cuarenta y ocho mil euros con cero céntimos de euro (48.000,00 €).

P.3.Coste de Recursos Hardware

En él se incluyen toda instrumentación necesaria para la realización de medidas y demás. El coste de amortización se estipula en dos años. En la Tabla P-3 se recogen los costes asociados a los recursos hardware.

Concepto	Coste total	Coste amortización proyecto
Ordenador portátil	**700,00 €**	**291,66 €**
Smartphone	**239 €**	**99,58 €**
Impresora	**100,00 €**	**41,66 €**
Cables de Alimentación	**4,50 €**	**1,87 €**
Fuentes de alimentación PROMAX (2)	**1720 €**	**716,66 €**
Osciloscopio	**4.900 €**	**2041,66 €**
Sondas de instrumentación (2)	**255 €**	**106,25 €**
PICDEM FS demonstration board	**43,77 €**	**36,48 €**
Programador MPLAB	**186 €**	**77,5 €**
Coste Total 3413,32 €		

Tabla P-3. Costes asociados a los recursos hardware

El coste total de los recursos hardware asciende a la cantidad de tres mil cuatrocientos trece euros, con treinta y dos céntimos (3413,32 €).

P.4.Costes De Recursos Software

El coste de recursos software se obtiene a partir del valor de las licencias y el mantenimiento de cada uno de los programas utilizados. Se considerará que el coste de amortización es de tres años. En la Tabla P-4 se recogen los costes asociados a los recursos software.

Concepto	Coste total	Coste amortización proyecto
Microsoft Office Profesional Plus 2010	**129,00 €**	**35,84 €**
Windows 8	**119,99 €**	**33,33 €**
MPLAB	**0 €**	**0€**
ADT Bundle	**0 €**	**0 €**
Coste Total 69,17 €		

Tabla P-4. Costes asociados a los recursos software

El coste total de los recursos software asciende a la cantidad de sesenta y nueve euros y diecisiete céntimos (69,17 €).

P.5.Coste de material fungible

A los gastos calculados en los apartados anteriores hay que unirles el coste asociado al material fungible y otros gastos generales. Estos se recogen en la tabla P-5:

Concepto	Cantidad Coste unitario	Importe
Paquete de papel DIN-A4 80gr/m2	5,00 €	10,00 €
Cartuchos de tinta de impresora	25,00 €	100,00 €
Encuadernación x3	35,00 €	105,00 €
DVD x3	0,80 €	2,4 €
Transistor C547C	0,1 €	0,04 €
Resistencias (6)	0,18 €	0,08 €
Hamamatsu C9052-01	49,99 €	20,83 €
Puente de diodos DF06M	0,77 €	0,32 €
Diodo LED Rojo	0,15 €	0,06 €
Fotodiodo	12 €	5 €
Amplificador Operacional TL081	0,33 €	0,14 €
Coste total 243,87 €		

Tabla P-5. Costes asociados al material fungible

El coste total atribuido a otros gastos del Proyecto Fin de Carrera asciende a un total de doscientos cuarenta y tres euros con ochenta y siete céntimos (243,87 €).

P.6.Coste Total del Proyecto Fin de Carrera

El cálculo del presupuesto de este PFC se realiza a partir de los costes hallados en los apartados anteriores, incluyendo el beneficio industrial y los impuestos pertinentes. En la Tabla P-6 se recogen estas partidas:

Concepto	Coste total
Recursos Humanos	**48.000,00 €**
Recursos Hardware	**3413,32 €**
Recursos Software	**69,17 €**
Material fungible	**243,87 €**
Total antes de impuestos	**51.726,36 €**
IGIC (7%)	**3.620,85 €**
Total	**55.347,21 €**

Tabla P-6: Coste total del proyecto

D. Javier Frutos Ferrera declara que el presupuesto del proyecto “Adaptador VLC para móvil” asciende a un total de cincuenta y cinco mil tres cientos cuarenta y siete euros con veintiún céntimos (55.347,21 €).

Fdo.: Javier Frutos Ferrera

Las Palmas de Gran Canaria, Mayo de 2014

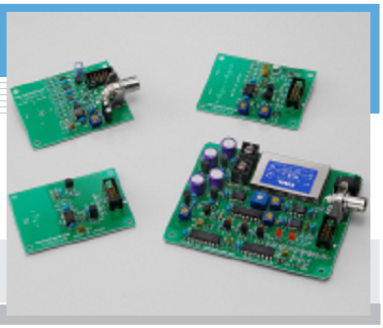
ANEXO

Anexo (Hojas de características de los elementos hardware)

Amplificador

NEW

MODULE



Si photodiode evaluation circuit
C9052 series

Easy-to-use circuit for Si photodiode operation

Features

- Allows easy evaluation of standard Si photodiodes
- On-board circuit examples for typical applications of Si photodiodes
- Multiple circuits assembled on one board
- Support board (C9052-04 with dedicated cable A9053) for processing output signals from head board (C9052-01/-02/-03 with dedicated cable A9053-01)

Applications

- Testing and evaluation of standard Si photodiodes
- Simple optical power meters

■ Absolute maximum rating

Parameter	Symbol	C9052-01	C9052-02	C9052-03	C9052-04	Unit
Maximum supply voltage	Vcc Max.	±15		+15	+12	V
Operating temperature	Topr	+10 to +40				°C
Storage temperature	Tstg	0 to +50				°C

C9052-01

Low noise AC amplifier circuit, photocurrent-to-voltage conversion circuit and wide band amplifier circuit on one board

Circuit configuration	Features
Low noise AC amplifier circuit	Low noise AC amplifier circuit using FET, bandwidth 160 to 1 MHz, trans-impedance 15 kV/A
Photocurrent-to-voltage conversion circuit	Current-to-voltage conversion circuit with bandwidth of DC to 100 kHz and feedback resistance of 100 kΩ
Wide band amplifier circuit	Amplifier circuit with bandwidth of DC to 1 MHz and trans-impedance of 30 kV/A

<Usable photodiodes>
Standard Si PIN photodiodes with metal package (TO-18, TO-5, TO-8): S5821 series, etc.

C9052-02

Light balance detection circuit, light-to-logarithmic voltage conversion circuit and light integration circuit on one board

Circuit configuration	Features
Light balance detection circuit	Detects output balance between two photodiodes when light enters them and outputs the light level difference as a voltage.
Light-to-logarithmic voltage conversion circuit	Outputs a voltage in proportion to logarithmic change in detected light level
Light integration circuit	Converts input pulsed light of constant cycle into DC signal. Controlled by external integration reset pulses.

<Usable photodiodes>
Standard Si photodiodes with metal package (TO-18, TO-5, TO-8): S2386 series, etc.
Standard Si photodiodes with ceramic package (except -16BQ/-16BK/-16BR types): S1337-1010BR, S1227-1010BR, etc.

C9052-03

Two types of light-to-frequency conversion circuits assembled on one board

Circuit configuration	Features
High illuminance type	Interface circuit that outputs pulses at frequency proportional to input light from 100 to 10,000 *lx*.
Low illuminance type	Interface circuit that outputs pulses at frequency proportional to input light from 1 to 200 *lx*.

<Usable photodiodes>
S1087 (high illuminance type), S2386-5K (low illuminance type)

PRELIMINARY DATA
Aug. 2002

SOLID STATE DIVISION

HAMAMATSU

1

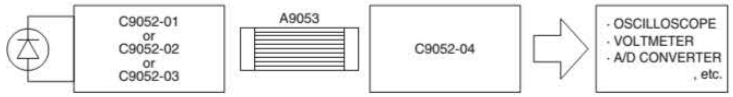
C9052-04

Power supply circuit for driving C9052-01/-02/-03 and output processing circuit assembled together.

Circuit configuration	Feature	Connectable product
Power supply circuit	Supplies constant voltage to each head board. C9052-01/-02: ±12 V, C9052-03: +12 V	C9052-01/-02/-03
Sample-and-hold circuit *	Samples and holds the output signal of head board in synchronization with input light.	C9052-01/-02
Peak hold circuit *	Holds peak values of head board output signal.	C9052-01/-02
Integration reset circuit	Reset pulse generator circuit for integration circuit output. Operates in synchronization with input light and sample-and-hold circuit.	C9052-02
Imbalance indication circuit	Monitor circuit for light balance detection circuit. Indicator LED lights up when difference between two photodiodes exceeds a specified level.	C9052-02
Frequency counter circuit	Counts the number of output pulses from a frequency conversion circuit and turns on the indicator LED in a lighting cycle according to light level.	C9052-03

* The sample-and-hold circuit and peak hold circuit can be selected to replace the jumpsocket.

■ Circuit connection

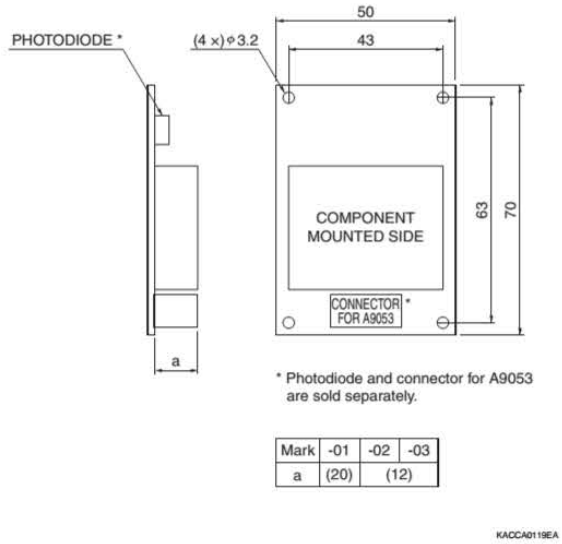


NOTE) Photodiode is sold separately.

KACCC0183EA

■ Dimensional outlines (unit: mm)

C9052-01/-02/-03

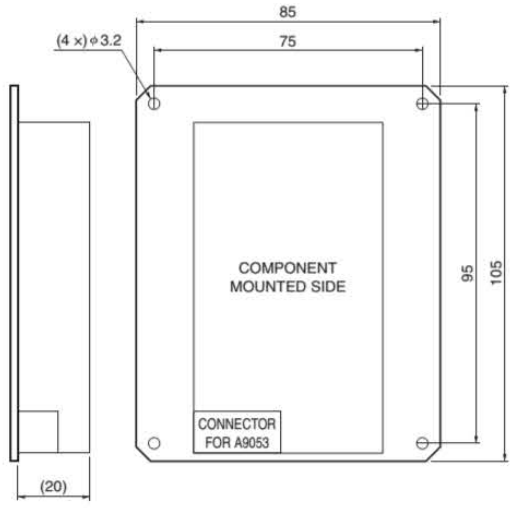


* Photodiode and connector for A9053 are sold separately.

Mark	-01	-02	-03
a	(20)	(12)	

KACCA0119EA

C9052-04



KACCA0120EA

■ Accessory

Dedicated AC adapter (C9052-04 only)

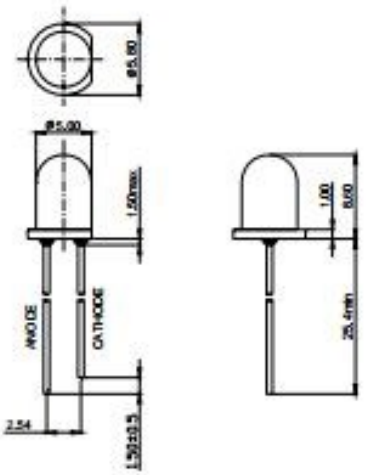
HAMAMATSU
Information furnished by HAMAMATSU is believed to be reliable. However, no responsibility is assumed for possible inaccuracies or omissions.
Specifications are subject to change without notice. No patent rights are granted to any of the circuits described herein. ©2002 Hamamatsu Photonics K.K.

HAMAMATSU PHOTONICS K.K., Solid State Division
1126-1 Ichino-cho, Hamamatsu City, 435-8558 Japan, Telephone: (81) 053-434-3311, Fax: (81) 053-434-5184, http://www.hamamatsu.com
U.S.A.: Hamamatsu Corporation: 360 Foothill Road, P.O.Box 6910, Bridgewater, N.J. 08807-0910, U.S.A., Telephone: (1) 908-231-0960, Fax: (1) 908-231-1218
Germany: Hamamatsu Photonics Deutschland GmbH: Arzbergerstr. 10, D-82211 Herrsching am Ammersee, Germany, Telephone: (49) 08152-3750, Fax: (49) 08152-2658
France: Hamamatsu Photonics France S.A.R.L.: 8, Rue du Saule Trapu, Parc du Moulin de Massy, 91882 Massy Cedex, France, Telephone: 33-(1) 69 53 71 00, Fax: 33-(1) 69 53 71 10
United Kingdom: Hamamatsu Photonics UK Limited: 2 Howard Court, 10 Tewin Road, Welwyn Garden City, Hertfordshire AL7 1BW, United Kingdom, Telephone: (44) 1707-294888, Fax: (44) 1707-325777
North Europe: Hamamatsu Photonics Norden AB: Smidesvägen 12, SE-171 41 Solna, Sweden, Telephone: (46) 8-509-031-00, Fax: (46) 8-509-031-01
Italy: Hamamatsu Photonics Italia S.R.L.: Strada della Moia, 1/E, 20020 Arese, (Milano), Italy, Telephone: (39) 02-935-81-733, Fax: (39) 02-935-81-741

Cat. No. KACC1083E03
Nov. 2002 DN

LED

■ Dimension Drawing



Note:
1.All dimensions in mm tolerance is ±0.2mm unless otherwise noted.
2.An epoxy meniscus may extend about 1.5mm down the leads.
3.Burr around bottom of epoxy may be 0.5mm max.

■ Applications:

- Toys
- Lighting
- Traffic light
- Automotive
- Commercial Outdoor Advertising
- Front Panel Indicator

■ Absolute Maximum Ratings(Ta = 25℃)

Items	Symbol	Absolute maximum Rating	Unit
Forward Current(DC)	I_F	50	mA
Peak Forward Current*	I_{FP}	100	mA
Reverse Voltage	V_R	5	V
Power Dissipation	P_D	150	mW
Operation Temperature	T_{opr}	-20 ~ +95	℃
Storage Temperature	T_{stg}	-40 ~ +100	℃
Lead Soldering Temperature	T_{sol}	Max.260℃ for 5 sec Max. (3mm from the base of the epoxy bulb)	

*pulse width ≦0.1msec duty ≦1/10

■ Typical Electrical & Optical Characteristics (Ta = 25℃)

Items	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward Voltage	V_F	I_F = 20mA	1.8	---	2.4	V
Reverse Current	I_R	V_R = 5V	---	---	10	μA
Dominant Wavelength	λ_D	I_F = 20mA	618	---	630	nm
Luminous Intensity	I_V	I_F = 20mA	1700	---	3500	mcd
50% Power Angle	$2\theta_{1/2}$	I_F = 20mA	---	30	---	deg

■ Ranks Combination (IF = 20mA)

Rank	0D	0E	0F	0G	---
Dominant Wavelength (nm)	618-621	621-624	624-627	627-630	---
Rank	0Q	1R	2R	0S	---
Luminous Intensity (mcd)	1700-2000	2000-2500	2500-3000	3000-3500	---

Rank	0G	0H	0J	0K	0L	0M
Forward Voltage(V)	1.8-1.9	1.9-2.0	2.0-2.1	2.1-2.2	2.2-2.3	2.3-2.4

Important Notes:

1) All ranks will be included per delivery.
2) Tolerance of measurement of luminous intensity is ±15%.
3) Tolerance of measurement of dominant wavelength is ±1nm.
4) Tolerance of measurement of forward voltage is ±0.05 V.
5) Pb content < 1000PPM.

■ Typical Electrical/ Optical Characteristics Curves

(Ta=25°C Unless Otherwise Noted)

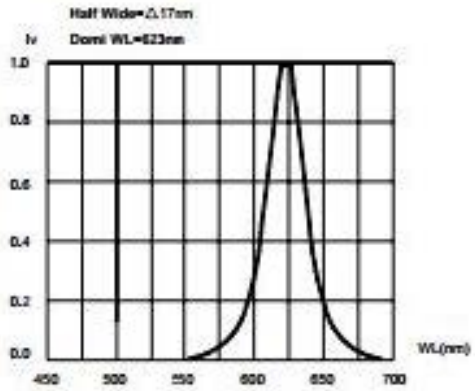


Fig.1 Relative Luminous Intensity vs. Wavelength

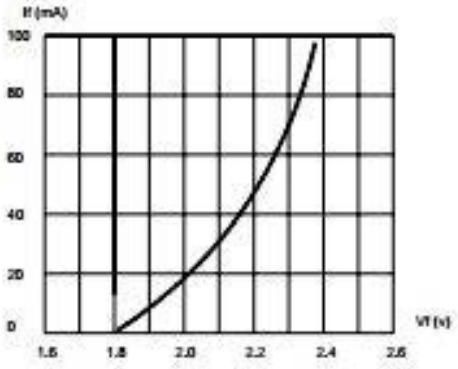


Fig.2 Forward Current vs. Forward Voltage

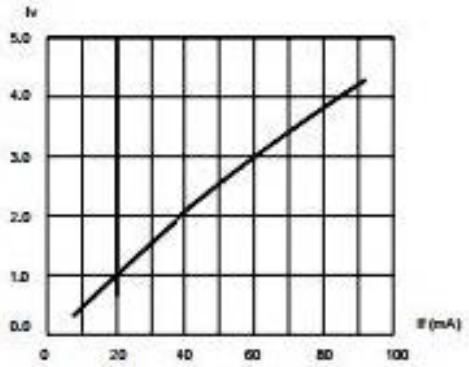


Fig.3 Relative Lumirous Intensity vs. Forward Current

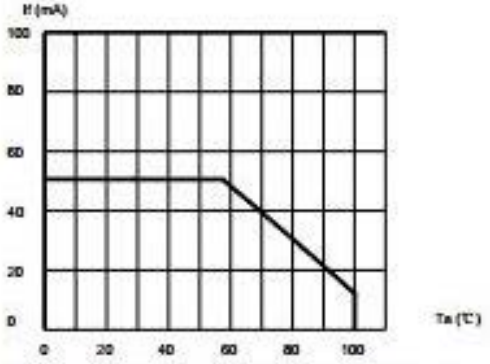


Fig.4 Maximum Forward Current vs.Ambient Temperature

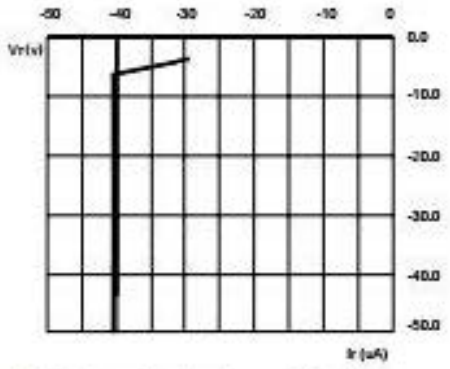


Fig.5 Reverse Current vs.Reverse Voltage

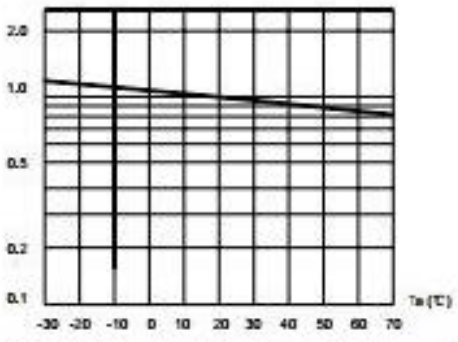


Fig.6 Relative Luminous Intensity vs.Ambient Temperature

Puente rectificador

Bulletin U2788 rev. G 04/03

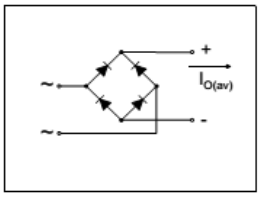
International
IOR Rectifier

DF SERIES

1A Single Phase D.I.L. Rectifier Bridge

Features

- Glass passivated chips
- Leads on standard 0.1" grid
- Suitable for automatic insertion
- High surge current capability
- Fully characterised data
- Wide temperature range
- Surface mount option
- Lead free terminals solderable as per MIL-STD-750 Method 2026
- High temperature soldering guaranteed 260°C/8-10 secs
- Polarity symbols marked on the case
- UL E160375 approved



$I_{O(av)}$ = 1.0 A
V_{RRM} range
50 to 1000V

Description

The DF Series of Single Phase Rectifier Bridges consists of four silicon junctions encapsulated in a 4 pin D.I.L. package. These devices are intended for general use in industrial and consumer equipment.

Electrical Specification

		DF...	Units	Conditions	
I_O	Maximum DC output current	1.0	A	T_{amb} = 40ºC, Resistive or inductive load	
		0.8	A	T_{amb} = 40ºC, Capacitive load	
I_{FSM}	Maximum peak one cycle, non-repetitive surge current	30	A	t = 10ms, 20ms	Following any rated load condition and with rated V_{RRM} reapplied
		31	A	t = 8.3ms, 16.7ms	
I^2t	Maximum I^2t capability for fusing	4.5	A^2s	t = 10ms	Initial $T_J = T_J$ max 100% V_{RRM} reapplied
		4.1	A^2s	t = 8.3ms	
		6.4	A^2s	t = 10ms	Initial $T_J = T_J$ max no voltage reapplied
		5.8	A^2s	t = 8.3ms	
$I^2\sqrt{t}$	Maximum $I^2\sqrt{t}$ capability for fusing	64	$A^2\sqrt{s}$	t = 0.1 to 10ms, no voltage reapplied	
V_{FM}	Maximum peak forward voltage per diode	1.0	V	I_{FM} = 1.0A, T_J = 25ºC	
I_{RM}	Typical peak reverse leakage per diode	5	µA	T_J = 25ºC, 100% V_{RRM}	
		100	µA	T_J = 150ºC, 100% V_{RRM}	
f	Operating frequency range	50 to 1000	Hz		
V_{RRM}	Maximum repetitive peak reverse voltage range	50 to 1000	V		

Thermal and Mechanical Specifications

		DF...	Units	Conditions
T_J T_{stg}	Operating and storage temperature range	- 55 to 150	ºC	
R_{thJA}	Thermal resistance, junctions to ambient	60	K/W	
W	Approximate weight	0.6 (0.02)	g (oz)	

Voltage Specifications

Part Number	V_{RRM}. Maximum repetitive peak reverse voltage V	V_{RSM}. Maximum non-repetitive peak reverse voltage V
DF005M/DF005S	50	80
DF01M/DF01S	100	150
DF02M/DF02S	200	300
DF04M/DF04S	400	500
DF06M/DF06S	600	700
DF08M/DF08S	800	900
DF10M/DF10S	1000	1100

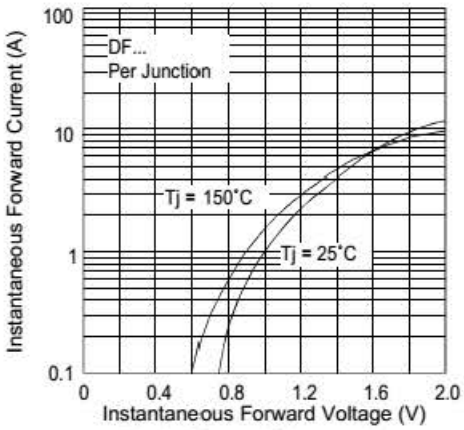


Fig. 1 - Forward Characteristics

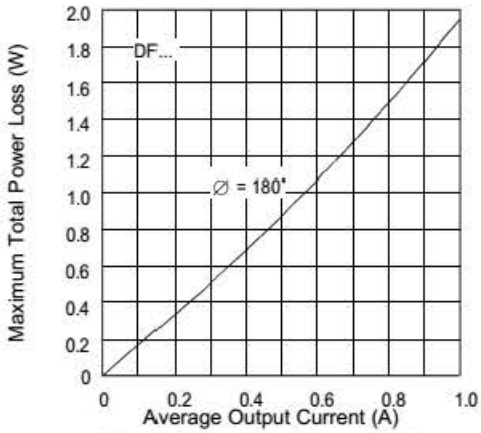


Fig. 2 - Power Loss Characteristics

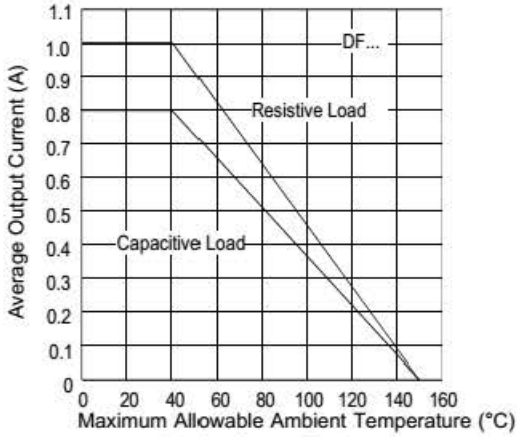


Fig. 3 - Current Ratings

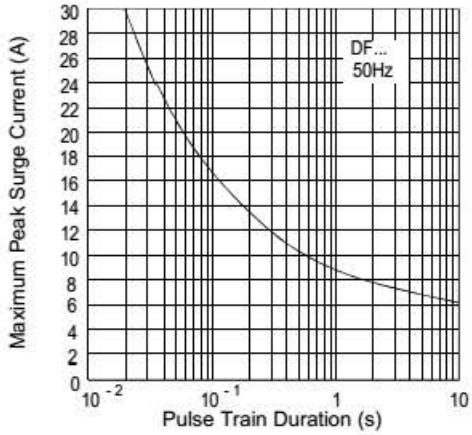
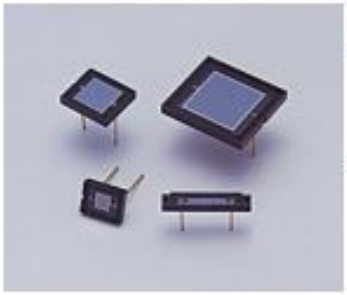


Fig. 4 - Non-Repetititive Surge Ratings

Fotodiodo

HAMAMATSU
PHOTON IS OUR BUSINESS



Si photodiodes

S1227 series

For UV to visible, precision photometry; suppressed IR sensitivity

Features

- High UV sensitivity (quartz window type): QE 75 % (λ=200 nm)
- Suppressed IR sensitivity
- Low dark current

Applications

- Analytical equipment
- Optical measurement equipment, etc.

Structure / Absolute maximum ratings

Type No.	Window material	Package (mm)	Photosensitive area size (mm)	Effective photosensitive area (mm²)	Absolute maximum ratings: Reverse voltage VR max (V)	Operating temperature Topr (°C)	Storage temperature Tstg (°C)
S1227-16BQ	Quartz	2.7 × 15	1.1 × 5.9	5.9	5	-20 to +60	-20 to +80
S1227-16BR	Resin potting						
S1227-33BQ	Quartz	6 × 7.6	2.4 × 2.4	5.7			
S1227-33BR	Resin potting						
S1227-66BQ	Quartz	8.9 × 10.1	5.8 × 5.8	33			
S1227-66BR	Resin potting						
S1227-1010BQ	Quartz	15 × 16.5	10 × 10	100			
S1227-1010BR	Resin potting						

Note: Exceeding the absolute maximum ratings even momentarily may cause a drop in product quality. Always be sure to use the product within the absolute maximum ratings.

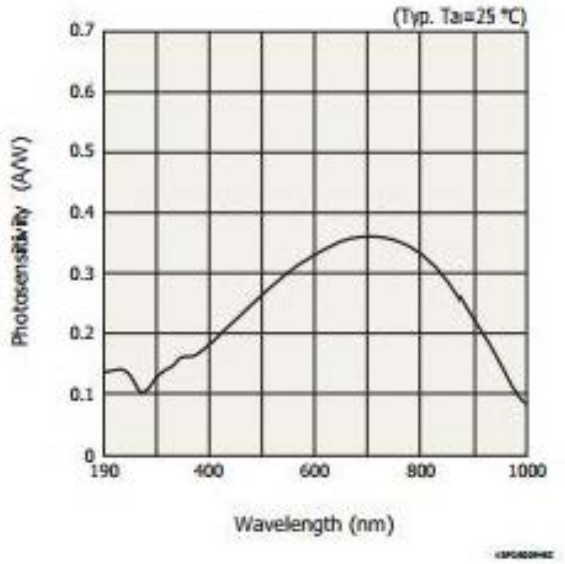
Electrical and optical characteristics (Typ. Ta=25 °C, unless otherwise noted)

Type No.	Spectral response range λ (nm)	Peak sensitivity wavelength λp (nm)	Photosensitivity S (A/W) λp	200 nm Min.	200 nm Typ.	He-Ne Laser 633 nm	Short circuit current Isc 100 lx Min. (μA)	Short circuit current Isc 100 lx Typ. (μA)	Dark current ID VR=10 mV Max. (pA)	Temp. coefficient TCID (times/°C)	Rise time tr VR=0 V RL=1 kΩ (μs)	Terminal capacitance Ct VR=0 V f=10 kHz (pF)	Shunt resistance Rsh VR=10 mV (GΩ) Min.	Shunt resistance Rsh VR=10 mV (GΩ) Typ.	Noise equivalent power NEP (W/Hz^1/2)
S1227-16BQ	190 to 1000	720	0.36	0.10	0.12	0.34	2.0	3.2	5	1.12	0.5	170	2	20	2.5 × 10⁻¹⁵
S1227-16BR	340 to 1000		0.43	-	-	0.39	2.2	3.7							2.1 × 10⁻¹⁵
S1227-33BQ	190 to 1000		0.36	0.10	0.12	0.34	2.0	3.0	5		0.5	160	2	20	2.5 × 10⁻¹⁵
S1227-33BR	340 to 1000		0.43	-	-	0.39	2.2	3.7							2.1 × 10⁻¹⁵
S1227-66BQ	190 to 1000		0.36	0.10	0.12	0.34	11	16	20		2	950	0.5	5	5.0 × 10⁻¹⁵
S1227-66BR	340 to 1000		0.43	-	-	0.39	13	19							4.2 × 10⁻¹⁵
S1227-1010BQ	190 to 1000		0.36	0.10	0.12	0.34	32	44	50		7	3000	0.2	2	8.0 × 10⁻¹⁵
S1227-1010BR	340 to 1000		0.43	-	-	0.39	36	53							6.7 × 10⁻¹⁵

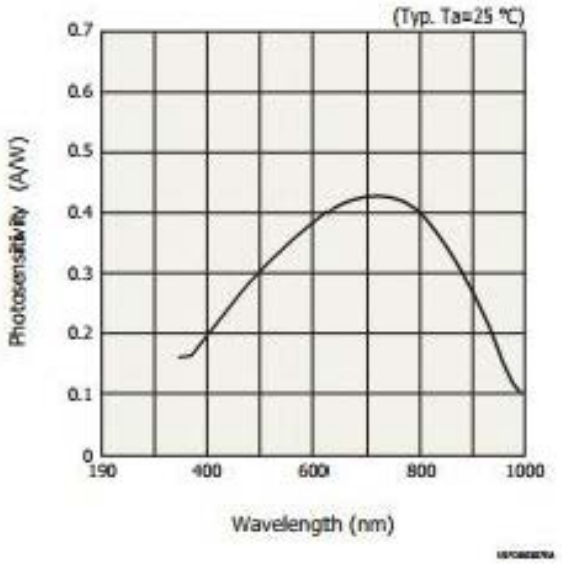
Si photodiodes | S1227 series

Spectral response

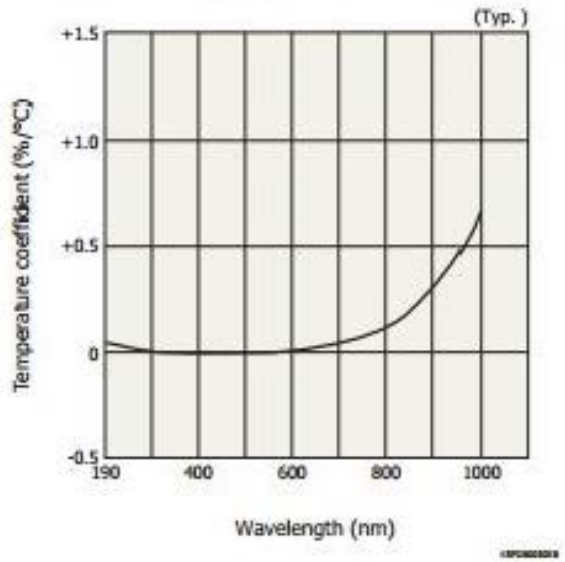
S1227-BQ series



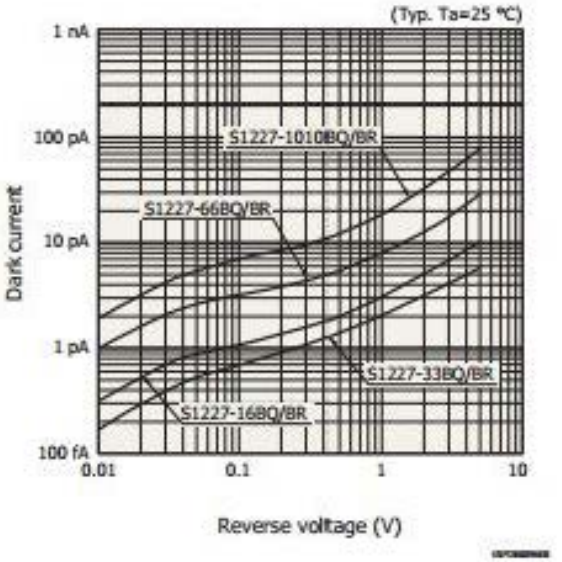
S1227-BR series



Photosensitivity temperature characteristics



Dark current vs. reverse voltage



Amplificador operacional

TL08xx JFET-Input Operational Amplifiers

Check for Samples: TL081, TL081A, TL081B, TL082, TL082A, TL082B, TL084, TL084A, TL084B

FEATURES

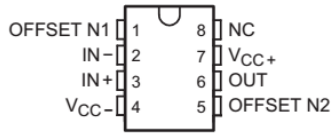
- **Low Power Consumption: 1.4 mA/ch Typ**
- **Wide Common-Mode and Differential Voltage Ranges**
- **Low Input Bias Current: 30 pA Typ**
- **Low Input Offset Current: 5 pA Typ**
- **Output Short-Circuit Protection**
- **Low Total Harmonic Distortion: 0.003% Typ**
- **High Input Impedance: JFET Input Stage**
- **Latch-Up-Free Operation**
- **High Slew Rate: 13 V/μs Typ**
- **Common-Mode Input Voltage Range Includes V_{CC+}**

DESCRIPTION

The TL08xx JFET-input operational amplifier family is designed to offer a wider selection than any previously developed operational amplifier family. Each of these JFET-input operational amplifiers incorporates well-matched, high-voltage JFET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit. The devices feature high slew rates, low input bias and offset currents, and low offset-voltage temperature coefficient. Offset adjustment and external compensation options are available within the TL08x family.

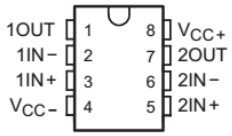
The C-suffix devices are characterized for operation from 0°C to 70°C. The I-suffix devices are characterized for operation from −40°C to 85°C. The Q-suffix devices are characterized for operation from −40°C to 125°C. The M-suffix devices are characterized for operation over the full military temperature range of −55°C to 125°C.

TL081, TL081A, TL081B
D, P, OR PS PACKAGE
(TOP VIEW)

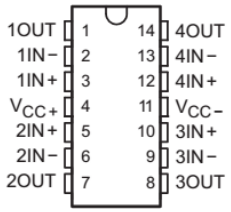


NC – No internal connection

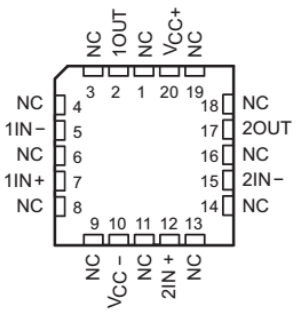
TL082, TL082A, TL082B
D, JG, P, PS, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



TL084, TL084A, TL084B
D, J, N, NS, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)

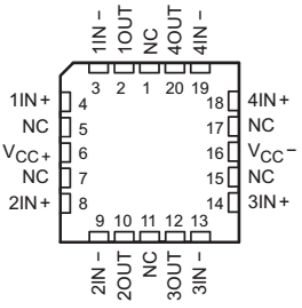


TL082M . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC – No internal connection

TL084M . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC – No internal connection

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

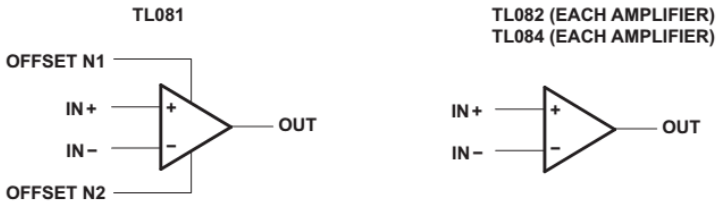
PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1977–2014, Texas Instruments Incorporated

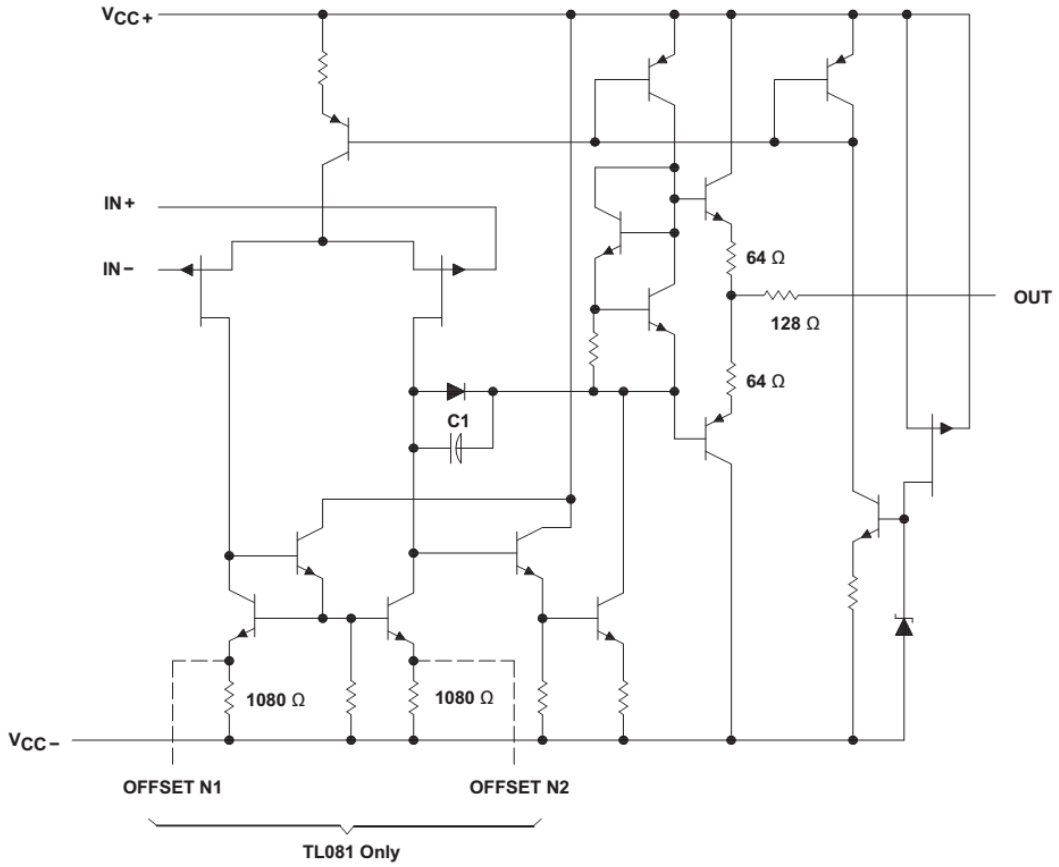
This integrated circuit can be damaged by ESD. Texas Instruments recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

Symbols



Schematic (Each Amplifier)



Component values shown are nominal.

Copyright © 1977–2014, Texas Instruments Incorporated

Electrical Characteristics

$V_{CC\pm}$ = ±15 V (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	T_A (1)	TL081C TL082C TL084C			TL081AC TL082AC TL084AC			TL081BC TL082BC TL084BC			TL081I TL082I TL084I			UNIT
				MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_{IO}	Input offset voltage	V_O = 0, R_S = 50 Ω	25°C		3	15		3	6		2	3		3	6	mV
			Full range			20			7.5			5			9	
α_{VIO}	Temperature coefficient of input offset voltage	V_O = 0, R_S = 50 Ω	Full range		18			18			18			18		µV/°C
I_{IO}	Input offset current (2)	V_O = 0	25°C		5	200		5	100		5	100		5	100	pA
			Full range			2			2			2			10	nA
I_{IB}	Input bias current (2)	V_O = 0	25°C		30	400		30	200		30	200		30	200	pA
			Full range			10			7			7			20	nA
V_{ICR}	Common-mode input voltage range		25°C	±11	–12 to 15		±11	–12 to 15		±11	–12 to 15		±11	–12 to 15		V
V_{OM}	Maximum peak output voltage swing	R_L = 10 kΩ	25°C	±12	±13.5		±12	±13.5		±12	±13.5		±12	±13.5		V
		R_L ≥ 10 kΩ	Full range	±12			±12			±12			±12			
		R_L ≥ 2 kΩ		±10	±12		±10	±12		±10	±12		±10	±12		
A_{VD}	Large-signal differential voltage amplification	V_O = ±10 V, R_L ≥ 2 kΩ	25°C	25	200		50	200		50	200		50	200		V/mV
			Full range	15			15			25			25			
B_1	Unity-gain bandwidth		25°C		3			3			3			3		MHz
r_i	Input resistance		25°C		10^{12}			10^{12}			10^{12}			10^{12}		Ω
CMRR	Common-mode rejection ratio	V_{IC} = V_{ICR}min, V_O = 0, R_S = 50 Ω	25°C	70	86		75	86		75	86		75	86		dB
k_{SVR}	Supply-voltage rejection ratio ($\Delta V_{CC\pm}/\Delta V_{IO}$)	V_{CC} = ±15 V to ±9 V, V_O = 0, R_S = 50 Ω	25°C	70	86		80	86		80	86		80	86		dB
I_{CC}	Supply current (each amplifier)	V_O = 0, No load	25°C		1.4	2.8		1.4	2.8		1.4	2.8		1.4	2.8	mA
V_{O1}/V_{O2}	Crosstalk attenuation	A_{VD} = 100	25°C		120			120			120			120		dB

(1) All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode voltage, unless otherwise specified. Full range for TA is 0°C to 70°C for TL08_C, TL08_AC, TL08_BC and −40°C to 85°C for TL08_I.

(2) Input bias currents of an FET-input operational amplifier are normal junction reverse currents, which are temperature sensitive, as shown in Figure 17. Pulse techniques must be used that maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible.

Copyright © 1977–2014, Texas Instruments Incorporated

Transistor

Micro Commercial Components
Micro Commercial Components
20736 Marilla Street Chatsworth
CA 91311
Phone: (818) 701-4933
Fax: (818) 701-4939

BC546B
BC547A/B/C
BC548A/B/C

NPN Silicon

Amplifier Transistor

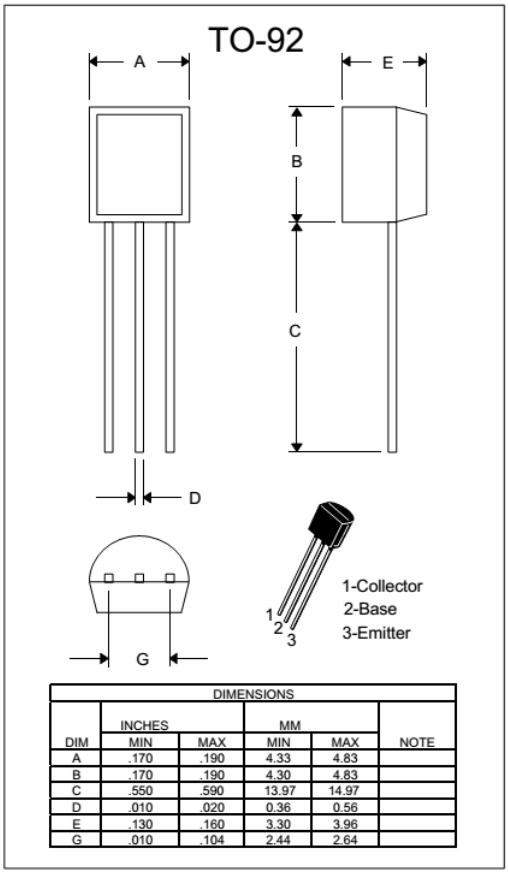
625mW

Features

- Through Hole Package
- 150°C Junction Temperature
- Case Material: Molded Plastic. UL Flammability Classification Rating 94V-0 and MSL rating 1
- Marking:Type Number
- Lead Free Finish/Rohs Compliant) ("P"Suffix designates Compliant. See ordering information)

Mechanical Data

- Case: TO-92, Molded Plastic
- Polarity: indicated as below.



DIMENSIONS					
	INCHES		MM		
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX	NOTE
A	.170	.190	4.33	4.83	
B	.170	.190	4.30	4.83	
C	.550	.590	13.97	14.97	
D	.010	.020	0.36	0.56	
E	.130	.160	3.30	3.96	
G	.010	.104	2.44	2.64	

Maximum Ratings @ 25°C Unless Otherwise Specified

Charateristic		Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	BC546	V_{CEO}	65	V
	BC547		45	
	BC548		30	
Collector-Base Voltage	BC546	V_{CBO}	80	V
	BC547		50	
	BC548		30	
Emitter-Base Voltage		V_{EBO}	6.0	V
Collector Current(DC)		I_C	100	mA
Power Dissipation@T_A=25°C		P_d	625 5.0	mW mW/°C
Power Dissipation@T_C=25°C		P_d	1.5 12	W mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Ambient Air		$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case		$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W
Operating & Storage Temperature		T_j, T_{STG}	-55~150	°C

BC546 thru BC548C

Micro Commercial Components

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS						
Collector–Emitter Breakdown Voltage (I_C = 1.0 mA, I_B = 0)	BC546	$V_{(BR)CEO}$	65	—	—	V
	BC547		45	—	—	
	BC548		30	—	—	
Collector–Base Breakdown Voltage (I_C = 100 μAdc)	BC546	$V_{(BR)CBO}$	80	—	—	V
	BC547		50	—	—	
	BC548		30	—	—	
Emitter–Base Breakdown Voltage (I_E = 10 μA, I_C = 0)	BC546	$V_{(BR)EBO}$	6.0	—	—	V
	BC547		6.0	—	—	
	BC548		6.0	—	—	
ON CHARACTERISTICS						
DC Current Gain		h_{FE}				—
(I_C = 10 μA, V_{CE} = 5.0 V)	BC547A/548A		—	90	—	
	BC546B/547B/548B		—	150	—	
	BC548C		—	270	—	
(I_C = 2.0 mA, V_{CE} = 5.0 V)	BC547A/548A		110	180	220	
	BC546B/547B/548B		200	290	450	
	BC547C/BC548C		420	520	800	
(I_C = 100 mA, V_{CE} = 5.0 V)	BC547A/548A		—	120	—	
	BC546B/547B/548B		—	180	—	
	BC548C		—	300	—	
Collector–Emitter Saturation Voltage (I_C = 100 mA, I_B = 5.0 mA)		$V_{CE(sat)}$	—	---	0.3	V
Base–Emitter Saturation Voltage (I_C = 100 mA, I_B = 5.0 mA)		$V_{BE(sat)}$	—	—	1.0	V
Base–Emitter On Voltage		$V_{BE(on)}$				V
(I_C = 2.0 mA, V_{CE} = 5.0 V)			0.55	—	0.7	
(I_C = 10 mA, V_{CE} = 5.0 V)			—	—	0.77	
SMALL–SIGNAL CHARACTERISTICS						
Current–Gain — Bandwidth Product		f_T				MHz
(I_C = 10 mA, V_{CE} = 5.0 V, f = 100 MHz)	BC546		150	300	—	
	BC547		150	300	—	
	BC548		150	300	—	
Output Capacitance (V_{CB} = 10 V, I_C = 0, f = 1.0 MHz)		C_{obo}	—	1.7	4.5	pF
Input Capacitance (V_{EB} = 0.5 V, I_C = 0, f = 1.0 MHz)		C_{ibo}	—	10	—	pF
Small–Signal Current Gain		h_{fe}				—
(I_C = 2.0 mA, V_{CE} = 5.0 V, f = 1.0 kHz)						
	BC547A/548A		125	220	260	
	BC546B/547B/548B		240	330	500	
	BC547C/548C		450	600	900	
Noise Figure		NF				dB
(I_C = 0.2 mA, V_{CE} = 5.0 V, R_S = 2 kΩ,	BC546		—	2.0	10	
f = 1.0 kHz, Δf = 200 Hz)	BC547		—	2.0	10	
	BC548		—	2.0	10	

BC546 thru BC548C

Micro Commercial Components

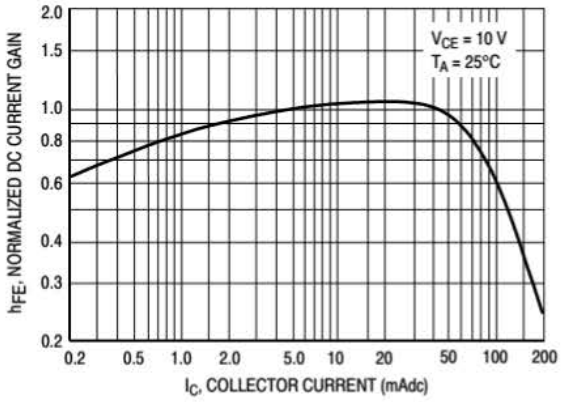


Figure 1. Normalized DC Current Gain

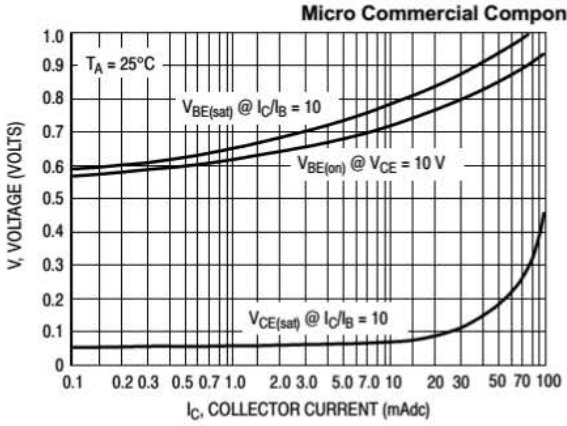


Figure 2. "Saturation" and "On" Voltages

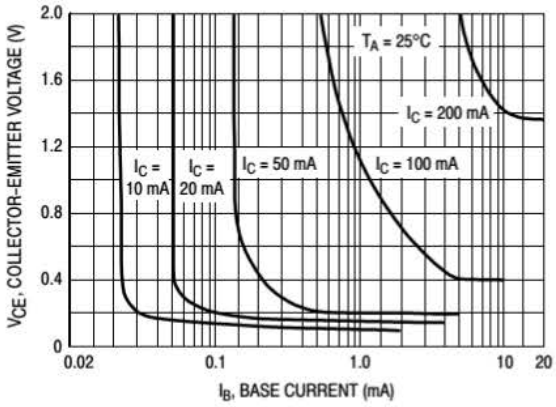


Figure 3. Collector Saturation Region

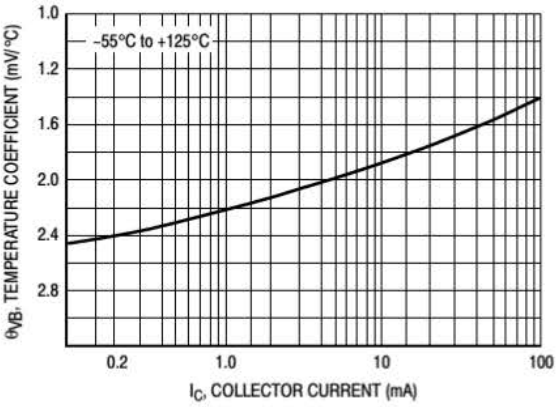


Figure 4. Base–Emitter Temperature Coefficient

BC547/BC548

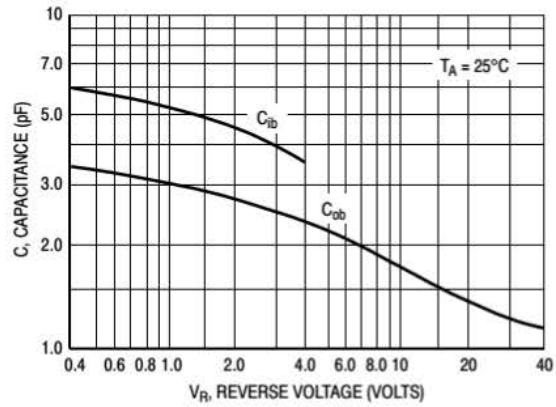


Figure 5. Capacitances

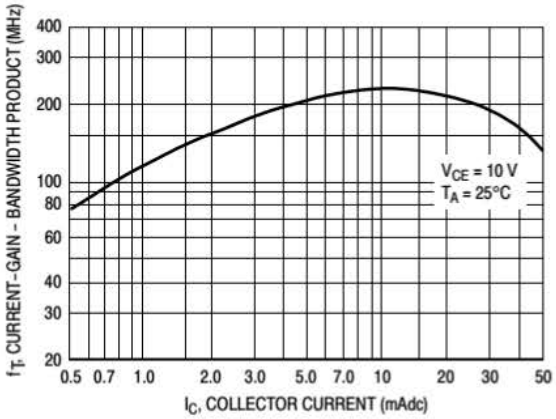


Figure 6. Current–Gain – Bandwidth Product

PIC demoboard

MICROCHIP

PICDEM™ FS USB USER'S GUIDE

Chapter 1. Introduction to the PICDEM™ FS USB Board

1.1 INTRODUCTION

The PICDEM FS USB Demonstration Kit is designed as an easy-to-use evaluation platform for Microchip's Full Speed USB solution. The devices in Microchip's new family of full-speed USB microcontrollers fully support USB 2.0 and serial communications of up to 12 Mbit/s.The Demonstration Kit provides all of the hardware and software needed to demonstrate and develop a complete USB communication solution. Items discussed in this chapter include:

- PICDEM FS USB Demonstration Kit Contents
- Overview of the PICDEM FS USB Board
- PICDEM FS USB Board Features
- Demonstration Tool Software

1.2 PICDEM FS USB DEMONSTRATION KIT CONTENTS

The Demonstration Kit contains the following items:

1. The PICDEM FS USB demonstration board , pre-programmed with USB bootloader and demonstration firmware.
2. A standard USB cable for use in communicating with the board.
3. The PICDEM FS USB Starter Kit CD-ROM, containing the USB driver, Demo Tool application and development tools.

1.3 OVERVIEW OF THE PICDEM FS USB DEMONSTRATION BOARD

The microcontroller for the PICDEM FS USB board is the PIC18F4550, the principal device of the PIC18F2455/2550/4455/4550 family. All of these devices implement power-saving nanoWatt Technology, enhanced Flash program memory and feature USB modules with the following:

- USB 2.0 compliance
- Full-speed (12Mbit/s) and low-speed (1.5Mbit/s) operation
- Support of control, interrupt, bulk and isochronous transfers
- Support of up to 32 endpoints
- 1 Kbyte of dual-access RAM for USB
- On-chip features for a true single-chip USB implementation, including
  - USB transceiver
  - USB voltage regulator
  - USB pull-up resistors
- Interface for off-chip USB transceiver

The included reference designs and examples use the Microchip USB Firmware Framework. This provides the services for handling lower-level USB protocol management, control transfer, USB interrupt handling, hardware register control and management. Reference designs included with the demonstration kit cover Human Interface Devices (HID), the Communication Device Class (CDC) and the Microchip General Purpose USB device class.

© 2004 Microchip Technology Inc.

The software consists of the Microchip General Purpose USB Windows driver, `mchpusb.sys`, which allows a PC application to communicate directly to the device's endpoints. A set of user-friendly programming interfaces, the MPUSBAPI Library, is also provided to allow easy application development.

The board comes pre-programmed with a default demo application and is ready for evaluation right out of the box. New programs can be downloaded to the PIC18F4550 microcontroller using a pre-programmed bootloader via the USB interface. A PC-based application, the PICDEM FS USB Demo Tool, facilitates the bootloading process and serves as the host application in the default demonstration.

1.3.1 Benefits of Using the PICDEM FS USB Board

The PICDEM FS USB demonstration board provides two simple advantages:

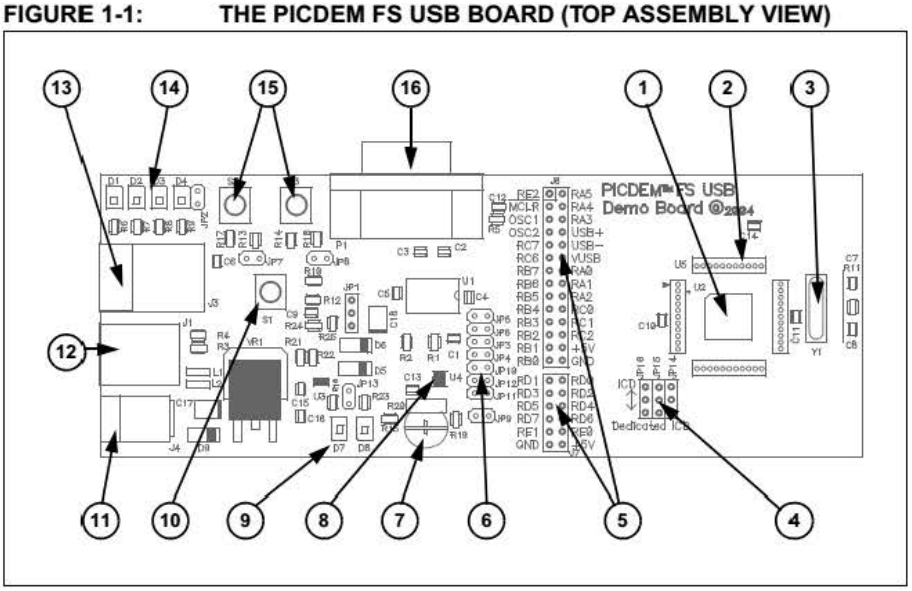
A READY-TO-USE DEMONSTRATION: As delivered, the board is ready for full-speed USB operation; all that is required is the proper driver (included) and the Demo Tool application. Users can also re-program the board with different applications, included on the Starter Kit CD, to evaluate other USB solutions that can be tailored to their needs.

AN EXPANDABLE PLATFORM: Users can also expand the hardware capabilities of the board through its expansion headers, and even interface it with available PICtail™ demonstration and evaluation daughter boards.

1.4 PICDEM FS USB BOARD HARDWARE FEATURES

The overall layout of the board is shown in Figure 1-1, with a list of the main features following. The more complex features are discussed in detail later in this section.

FIGURE 1-1: THE PICDEM FS USB BOARD (TOP ASSEMBLY VIEW)



1. **Microcontroller:** The 44-pin, TQFP PIC18F4550 microcontroller (U2) is the heart of the demonstration board, and provides all USB functionality on one chip. Refer to the device data sheet (DS39632) for a complete discussion of the microcontroller and its feature set.
2. **ICE Interface Riser:** The microcontroller is surrounded by a 44-pin pad (U5), arranged as four groups of 11 on each side. These locations can be used to mount a riser for interfacing with Microchip's MPLAB ICE 2000/4000 emulator system.

© 2004 Microchip Technology Inc.

3. **Oscillator:** The demonstration board uses a 20 MHz crystal oscillator (Y1) as the primary clock service. The PIC18F4550 uses this oscillator to generate the necessary clock signals for both the USB serial interface engine (SIE) and the core processor.
4. **ICD Configuration Jumpers:** These three unpopulated jumper positions allow the user to choose either legacy or dedicated ICSP™ and ICD ports for the controller. By default, the board is hard-configured for the legacy port. The configuration and use of these jumpers is detailed in **Section 5.2.4 "Adding In-Circuit Emulation Capability"**.
5. **Expansion and PICtail Headers:** The pads at J6 and J7 are provided for users to install header and directly access the microcontroller's I/O port signals. In addition, the 14 even-numbered pins of J6 (those on the right side as viewed from the top) serve as the interface for Microchip's PICtail daughter boards. This allows the PICDEM FS USB board to be used as a test platform and USB communications interface for the PICtail boards.
6. **Configuration Jumpers:** A total of 13 unpopulated jumper positions are provided across the board; these allow users to modify the board by configuring its hardware to suit their needs. By default, all jumpers are bridged and all features are enabled. The configuration and use of these jumpers is detailed in **Section 5.2 "Configuring the Demonstration Board Options"**.
7. **Potentiometer:** The potentiometer (R20) simulates an analog input for the controller. Its real-time value can also displayed by the Demo Tool host software.
8. **Temperature Sensor:** A Microchip TC77 digital temperature sensor (U4) continuously monitors the board's ambient temperature. Data is transmitted to the controller via a 3-wire SPI interface, and is displayed in real time by the Demo Tool software.
9. **Power LEDs (Green):** These light to show that power is being supplied to the board, and to indicate how the board is being powered. LED D7 indicates that the board is being powered from the bus, while D8 indicates the board is being powered from a separate power supply.
10. **Reset Push Button:** This switch (S1) is tied to the $\overline{\text{MCLR}}$ pin of the PIC18F4550 controller; pressing it causes a hard device reset.
11. **Power Connector:** Power (9 VDC) can be supplied to the board from an external power adapter through a mini barrel jack. Using an external supply is optional, as all examples provided with the demonstration board can use power from the USB cable.
12. **USB Connector:** This is a standard USB series "B" receptacle. The USB port is the primary channel for controlling and communicating with the demonstration board.
13. **ICD Connector:** This 6-wire RJ11 connector provides the standard interface used by Microchip development and demonstration boards for programming and debugging applications, using MPLAB ICD 2 and other development tools.
14. **Status LED Bank:** A bank of four green LEDs is used to show the operational status of the board. Two LEDs (D1 and D2) are used by the application firmware to indicate the status of the USB connection. The other LEDs (D3 and D4) can be defined by the user; they are directly controllable through the Demo Tool software.
15. **User-defined Push Buttons:** These two switches (S2 and S3) are provided to simulate digital control inputs. Pressing either button causes its port to read as '0'.
16. **RS-232 (DB9F) Port:** A standard D-shell connector, along with a standard level shifter (U1), provides an RS-232 serial connection to the demonstration board.

© 2004 Microchip Technology Inc.