Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación

Proyecto Fin de Carrera

Diseño de un Amplificador de Bajo Ruido para un Receptor GPS

Tutor : D. Francisco Javier del Pino Suárez
Autor : D. Juan Rafael Barrios Bermúdez

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
- Diseño de un LNA
- Diseño Seleccionado y Análisis
- Presupuesto
- Conclusiones y Trabajos Futuros

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
- Diseño de un LNA
- Diseño Seleccionado y Análisis
- Presupuesto
- Conclusiones y Trabajos Futuros

ÍNDICE

- **Introducción**
  - Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
  - Receptor GPS
  - Amplificador de Bajo Ruido (LNA)
  - Tecnologías de Fabricación de Circuitos Integrados

ÍNDICE

- Introducción
  - Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
  - Receptor GPS
  - Amplificador de Bajo Ruido (LNA)
  - Tecnologías de Fabricación de Circuitos Integrados

Sistema de Pocicionamiento Global (GPS)

- **Función del GPS**
  - Información al usuario del receptor:
    - Latitud
    - Longitud
    - Altura
    - Velocidad
- **Constelación GPS**
    - 24 satélites
    - Cobertura continua

Sistema de Pocicionamiento Global (GPS)

Señal de GPS

- Señal GPS
  - Señal L1
    - Código de Adquisición (Uso Civil)
    - Código de Precisión (Uso Militar)
  - Señal L2
    - Código de Precisión (Uso Militar)

ÍNDICE

- Introducción
  - Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
  - Receptor GPS
  - Amplificador de Bajo Ruido (LNA)
  - Tecnologías de Fabricación de Circuitos Integrados

Receptor GPS

- **Esquema General de Bloques**

Receptor GPS

Arquitecturas Típicas

- Receptor Heterodino
  - Ventajas
    - Muy selectivo
    - Rechazo frecuencia imagen
  - Desventajas
    - Gran número de componentes

- Receptor Homodino
  - Ventajas
    - Pocos componentes
  - Desventajas
    - Poco selectivo

ÍNDICE

- Introducción
  - Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
  - Receptor GPS
  - Amplificador de Bajo Ruido (LNA)
  - Tecnologías de Fabricación de Circuitos Integrados

Amplificador de Bajo Ruido

Características

- Función principal
  - Amplificar la señal de entrada del receptor
- Condiciones
  - Introducir el menor ruido posible
  - Proporcionar la suficiente linealidad

ÍNDICE

- Introducción
  - Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
  - Receptor GPS
  - Amplificador de Bajo Ruido (LNA)
- Tecnologías de Fabricación de Circuitos Integrados

Tecnologías de fabricación de C.I

Bipolar

- Frecuencia elevadas
- Atractiva para RF
- Alto consumo
- Bajo integración

CMOS

- Baja ganancia
- Bajo consumo
- Alto nivel de integración
- Baja calidad de elementos pasivos
- Aplicación digital

BICMOS

- Ventajas bipolar y CMOS
- Aplicaciones a altas frecuencias
- Sustrato de alta resitividad
- Elevado coste de fabricación

GaAs

- Muy rápido con consumos moderados
- Aplicaciones a muy altas frecuencias
- Proceso de fabricación caro

SiGe

- Alta ganancia en corriente
- Bajo ruido
- Frecuencia de corte elevada

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
- Diseño de un LNA
- Diseño Seleccionado y Análisis
- Presupuesto
- Conclusiones y Trabajos Futuros

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
  - Creación
    - Estudio
- Diseño de un LNA
- Diseño Seleccionado y Análisis
- Presupuesto
- Conclusiones y Trabajos Futuros

Objetivos

Creación

- Amplificador de Bajo Ruido para Receptor GPS
- Especificaciones de diseño

Frecuencia de Trabajo	1.575 GHz
Ganancia	15 dB
Figura de Ruido	2.5 dB
Producto de Intermodulación de 3º Orden (IP3)	-20 dBm
Impedancia de Entrada y Salida	50Ω

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
  - Creación
  - Estudio
- Diseño de un LNA
- Diseño Seleccionado y Análisis
- Presupuesto
- Conclusiones y Trabajos Futuros

Objetivos

Estudio

- Diseño analógico en RF
- Herramientas de simulación analógica
  - Spectre de CADENCE
- Herramientas de diseño
  - Virtuoso de CADENCE
- Técnicas de diseño
  - Simetría
  - Trazado de pistas

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
- Diseño de un LNA
  - Conceptos Básicos
  - Arquitecturas Típicas

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
- Diseño de un LNA
  - Conceptos Básicos
  - Arquitecturas Típicas

Conceptos Básicos

Ruido en Circuitos Integrados

– Interferencia aleatoria no relacionada con la señal de interés

Conceptos Básicos

Ruido en circuitos integrados

– **Tipos de Ruido**

- Ruido Térmico → $\eta = 4 \cdot K \cdot T \cdot \Delta f$
- Ruido Flicker → $S_{i(t)} = K_1 \cdot \frac{I^a}{f^b}$
- Rido Shot

– **Fuentes de Ruido**

- Ruido Térmico en Resistencias Integradas → $\eta = 4 \cdot K \cdot T \cdot R \cdot \Delta f$
- Ruido Térmico en transistores MOS → $\eta = 4 \cdot K \cdot T \cdot \gamma \cdot g_{d0}$
- Elementos reactivos: Condensadores, Bobinas

Conceptos Básicos

Ruido en circuitos integrados

- Factor de ruido

$$F = \frac{P_{no}}{P_{ni} \cdot G} = \frac{P_{no}}{P_{ni} \cdot G} \cdot \frac{P_{si}}{P_{si}} = \frac{\left(s/n\right)_{salida}}{\left(s/n\right)_{entrada}}$$

- Figura de Ruido

$$NF = 20 \cdot \log(F)$$

- Figura de ruido en etapas en cascada
  - Ecuación de FRISS

$$NF_{total} = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \frac{NF_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \ldots + \frac{NF_n + 1}{G_1 \cdot \ldots \cdot G_{n-1}}$$

Conceptos Básicos

- **Producto de Intermodulación de 3º Orden (IP3)**
  - Parámetro de medida de la linealidad del circuito

Conceptos Básicos

- **Adaptación de impedancias en circuitos integrados**
  - ¿Por qué es necesario?
    - Máxima transferencia de potencia a la carga

    - Por convenio adaptación de impedancias a 50Ω

Conceptos Básicos

Parámetros S

– ¿Para qué se utiliza?

- Medida de los distintos parámetros de un circuito

S_{21} → Ganancia de potencia en directa

S_{12} → Ganancia de potencia en inversa (nivel de aislamiento)

S_{11} → Impedancia de entrada

S_{22} → Impedancia de salida

} VSWR

$$|\Gamma_L| = \left|\frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}\right| = \left|\frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}\right|$$

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
- Diseño de un LNA
  - Conceptos Básicos
  - Arquitecturas Típicas

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
- Diseño de un LNA
  - Conceptos Básicos
  - Arquitecturas Típicas
    - Amplificador Sintonizado y Amplificador de Banda Ancha
    - Arquitectura simple y Arquitectura Diferencial
    - Etapa Cascodo
    - Redes de Adaptación de Impedancias

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
- Diseño de un LNA
  - Conceptos Básicos
  - Arquitecturas Típicas
    - Amplificador Sintonizado y Amplificador de Banda Ancha
    - Arquitectura simple y Arquitectura Diferencial
    - Etapa Cascodo
    - Redes de Adaptación de Impedancias

Arquitecturas Típicas

Amplificador de Banda Ancha y Amplificador sintonizado

- Características
  - Amplificador Banda Ancha
    - Similar Amplificador Operacional
    - Amplificación señales de distinta frecuencia
  - Amplificador Sintonizado
    - Amplificación señal de determinada frecuencia
    - Bajo Consumo de potencia

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
- Diseño de un LNA
  - Conceptos Básicos
  - Arquitecturas Típicas
    - Amplificador Sintonizado y Amplificador de Banda Ancha
    - Arquitectura simple y Arquitectura Diferencial
    - Etapa Cascodo
    - Redes de Adaptación de Impedancias

Arquitecturas Tìpicas

Arquitectura Simple y Arquitectura Diferencial

- Esquemático

Etapa Simple

Etapa Diferencial

Arquitecturas Tìpicas

Arquitectura Simple y Arquitectura Diferencial

- Características

Etapa Simple

Ruido Térmico

$$V_n^2 out = 4 \cdot K \cdot T \cdot \gamma \cdot g_m \cdot \Delta f \cdot R^2_L$$

Consumo

$$A_V = g_m \cdot R_L$$

Arquitecturas Tìpicas

Arquitectura Simple y Arquitectura Diferencial

- Características

Etapa Diferencial

Rechazo al ruido

$$V(t) = V_1 + V_2 \begin{cases} V_1 = \dfrac{V(t)}{2} + n(t) \\ V_2 = \dfrac{-V(t)}{2} + n(t) \end{cases}$$

$$V_{out} = A_v \cdot (V_1 - V_2) = A_v \cdot V(t)$$

Ruido Térmico

$$V_n^2 out = 8 \cdot K \cdot T \cdot \gamma \cdot g_m \cdot \Delta f \cdot R^2$$

Consumo

$$A_V = g_m \cdot R_L$$

Integrabilidad

Acoplamiento directo entre etapas

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
- Diseño de un LNA
  - Conceptos Básicos
  - Arquitecturas Típicas
    - Amplificador Sintonizado y Amplificador de Banda Ancha
    - Arquitectura simple y Arquitectura Diferencial
    - Etapa Cascodo
    - Adaptación de Impedancias

Arquitecturas Típicas

Etapa Cascodo

- **Ventajas**
  - Mejora la respuesta en frecuencia del amplificador (↑ ancho de banda de amplificación)
  - Mejora nivel de aislamiento entre la salida y la entrada del amplificador

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
- Diseño de un LNA
  - Conceptos Básicos
  - Arquitecturas Típicas
    - Amplificador Sintonizado y Amplificador de Banda Ancha
    - Arquitectura simple y Arquitectura Diferencial
    - Etapa Cascodo
    - Adaptación de Impedancias

Arquitecturas Típicas

Adaptación de Impedancias

- Redes de Adaptación de la impedancia de entrada

Adaptación Resistiva

Etapa Puerta-Común

Degeneración Inductiva

Arquitecturas Típicas

Adaptación de Impedancias

- Adaptación de la impedancia de salida

Etapa Seguidor de Fuente

Etapa Fuente-Común

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
- Diseño de un LNA
- Diseño Seleccionado y Análisis
- Presupuesto
- Conclusiones y Trabajos Futuros

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
- Diseño de un LNA
- Diseño Seleccionado y Análisis
  - Diseño con Componentes Ideales
  - Diseño con Componentes Reales
  - Layout

Diseño Seleccionado y Análisis

Diseño con Componentes Ideales

Diseño Seleccionado y Análisis

Simulación con Compomentes Ideales

Ganancia= 24 dB

Figura de Ruido (NF)= 1.9dB

Diseño Seleccionado y Análisis

Simulación con Compomentes Ideales

VSWR1= 1.4

VSWR2= 1.3

IP3= -20.34 dBm

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
- Diseño de un LNA
- Diseño Seleccionado y Análisis
  - Diseño con Componentes Ideales
  - Diseño con Componentes Reales
  - Layout

Diseño Seleccionado y Análisis

Diseño con Componentes Reales

Diseño Seleccionado y Análisis

Simulación con Compomentes Reales

Ganancia= 9.9 dB

Figura de Ruido (NF)= 5.6 dB

Diseño Seleccionado y Análisis

Simulación con Compomentes Reales

VSWR1= 1.4

VSWR2= 1.3

IP3= -16.75 dBm

ÍNDICE

- Introducción
- Objetivos
- Diseño de un LNA
- Diseño Seleccionado y Análisis
  - Diseño con Componentes Ideales
  - Diseño con Componentes Reales
  - Layout
    - Layout
    - Resultados simulación Post-Layout

Diseño Seleccionado y Análisis

Layout Final

Diseño Seleccionado y Análisis

Resultados Simulación Post-layout

Ganancia= 9.7 dB

Figura de Ruido (NF)= 6 dB

Diseño Seleccionado y Análisis

Simulación Post- Layout

VSWR1= 1.4

VSWR2= 1.3

IP3= -16.58 dBm

Presupuesto

Logotipos

cadence Microsoft Windows NT Server

Arquitecturas Típicas

Conclusiones y Trabajos Futuros

- Imposibilidad de alcanzar las especificaciones marcadas
- Mala calidad bobinas utilizadas en el diseño
- Importancia de la calidad de las bobinas en circuitos de RF

- Utilización en el diseño de bobinas de mejor calidad
- Utilización de diferente tecnología de fabricación y arquitectura
- Diseño del resto de componentes del cabezal de RF