



POLITÉCNICA



**UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID
E.T.S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACION**

ACTA DE EXAMEN

Asignatura: PROYECTO FIN DE CARRERA

TÍTULO DEL PROYECTO: DISEÑO DE REFERENCIAS BASADAS EN UNIONES SEMICONDUCTORAS (BAND-GAP) DE ALTAS PRESTACIONES

APellidos y nombre: FERNÁNDEZ ROBAYNA, MIGUEL ÁNGEL	CALIFICACIÓN <i>Matrícula de Honor 10 p.</i>
--	---

Tutor: D. JOSÉ IGNACIO IZPURA TORRES

Madrid, a *17 de JUNIO de 2010*

EL VOCAL PRIMERO

EL PRESIDENTE

EL VOCAL SECRETARIO

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Presidente: D. JOSÉ IGNACIO IZPURA TORRES

Vocal: D. FERNANDO GONZÁLEZ SANZ

Secretario: D. JAVIER FERREIROS LÓPEZ

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN**



PROYECTO FIN DE CARRERA

**DISEÑO DE REFERENCIAS BASADAS EN
UNIONES SEMICONDUCTORAS (BAND-GAP) DE
ALTAS PRESTACIONES**

MIGUEL ÁNGEL FERNÁNDEZ ROBAYNA

2010

PROYECTO FIN DE CARRERA

TÍTULO: DISEÑO DE REFERENCIAS BASADAS EN UNIONES SEMICONDUCTORAS (BAND-GAP) DE ALTAS PRESTACIONES

ALUMNO: D. MIGUEL ÁNGEL FERNÁNDEZ ROBAYNA

TUTOR: D. JOSÉ IGNACIO IZPURA TORRES

DPTO: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

MIEMBROS DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

PRESIDENTE: D. JOSÉ IGNACIO IZPURA TORRES.

VOCAL: D. FERNANDO GONZÁLEZ SANZ

SECRETARIO: D. JAVIER FERREIROS LÓPEZ

SUPLENTE: D. RUBÉN SAN SEGUNDO HERNÁNDEZ

FECHA DE LECTURA: 17 de JUNIO de 2010

CALIFICACIÓN: Mención de Honor, 10p.

RESUMEN

Los circuitos integrados modernos realizados con tecnología CMOS submicrónica son dispositivos muy complejos en los que es muy frecuente encontrar una sección analógica de adaptación de la señal y otra sección digital de procesamiento de datos.

Estos dispositivos son fabricados en grandes volúmenes a precios muy reducidos de modo que el tiempo dedicado a la comprobación de su buen funcionamiento (*“test”*) tiene que ser muy breve. Técnicas como la calibración individual o la selección de dispositivos fuera de rango (*“screening”*) quedan por tanto descartadas, adoptándose estrategias de auto calibración o auto compensación de las secciones analógicas críticas.

En mayor o menor medida, la calidad y fiabilidad del diseño analógico recae en la existencia de una referencia estable frente a variaciones de proceso, tensión y temperatura, así como tolerante a imperfecciones debidas a los errores estadísticos del proceso de fabricación.

En este proyecto abordaremos el diseño de una referencia de tensión estable frente a variaciones de tensión, proceso y temperatura, en la que se garantizará el margen de trabajo o tolerancia sin necesidad de ningún tipo de ajuste o calibración.

PALABRAS CLAVE

Referencia de tensión, *“Band-Gap”*, tecnología CMOS 90nm, análisis paramétrico, modelado de dispositivos.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN**



PROYECTO FIN DE CARRERA

**DISEÑO DE REFERENCIAS BASADAS EN
UNIONES SEMICONDUCTORAS (BAND-GAP) DE
ALTAS PRESTACIONES**

MIGUEL ÁNGEL FERNÁNDEZ ROBAYNA

2010

ÍNDICE GENERAL

0.	CAPÍTULO 0. INTRODUCCIÓN.	11
1.	CAPITULO 1 DESCRIPCION DEL SISTEMA	13
1.0	Introducción	14
1.1	Principio de funcionamiento, análisis teórico	16
1.2	Descripción de la tecnología. Los elementos constructivos	20
1.2.1	Transistores MOSFET	21
1.2.2	Transistores bipolares verticales PNP	28
1.2.3	Resistencias	28
1.2.4	Condensadores	31
2.	CAPITULO 2. DISEÑO DEL SISTEMA	32
2.0	Introducción	34
2.1	Diseño del circuito generador de la tensión de referencia basado en las propiedades de las uniones semiconductoras (Band-Gap)	35
2.1.1	Estudio de soluciones	35
2.1.2	Análisis de mejoras. Estudio de la dependencia de proceso de la tensión base-emisor de los transistores pnp.	75
2.2	Diseño del circuito de auto arranque	82
2.2.1	Selección programable de ajuste de la tensión de referencia	89
2.2.2	Decodificador	90
2.2.3	Cambiadores de nivel	92
2.2.4	Interruptores de selección	92
2.2.5	Rechazo al ruido de alimentación (PSRR)	93
2.2.6	Verificación del conexionado	102
2.2.7	Comprobación general de prestaciones frente a variaciones de proceso, temperatura y tensión de alimentación	105
2.3	Diseño del circuito de generación de las corrientes de referencia	109
2.3.1	Descripción del problema	109
2.3.2	Estudio de soluciones	110
2.3.3	Fase de diseño. Análisis de restricciones y puntos de polarización	117
2.3.4	Análisis y obtención de la solución mediante el uso de análisis paramétricos cruzados	126
2.3.5	Dimensionado de las cargas activas M6, M7 y del transistor de salida de corriente M8.	131
2.3.6	Análisis de estabilidad del bucle del circuito completo	138
2.3.7	Salida de corriente en configuración cascodo	142
2.3.8	Circuito de polarización del Op-Amp. Estudio de soluciones	145
2.3.9	Polarización de los cascodos de la salida	157
2.3.10	Comprobación general del circuito generador de corrientes	159
2.4	Análisis final	165
2.4.1	Estudio de precisión de la tensión y las corrientes de referencia	166

2.4.2	Estudio de los tiempos de arranque y parada	1
2.4.3	Consumo de los circuitos	1
2.4.4	Comprobación de las especificaciones	1
3.	CAPÍTULO 3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SISTEMA.	1
3.0	Descripción general	1
3.1	Descripción técnica	1
3.2	Características técnicas	1
4.	CAPÍTULO 4. RESULTADOS OBTENIDOS Y CONCLUSIONES.	1
5.	BIBLIOGRAFÍA	1
6.	PLANOS	1
	Plano 1: Esquema completo del bloque de Band-Gap	1
	Plano 2: Esquema completo del bloque generador de corrientes de referencia	1
	Plano 3: Esquema de bloques completo y conexionado del sistema	1
7.	PLIEGO DE CONDICIONES	1
8.	PRESUPUESTO	1
8.0	Coste de ejecución material.	1
8.0.1	Salarios	1
8.0.2	Coste de los equipos	1
8.0.3	Coste de materiales	1
8.0.4	Coste de ejecución material	1
8.1	Gastos generales.	1
8.2	Beneficio industrial.	1
8.3	Presupuesto total.	1