

SISTEMA PARA CARACTERIZACIÓN DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Michel Grudzien, Alfredo Arnaud

Universidad Católica del Uruguay, Departamento de Ingeniería Eléctrica

contacto: aarnaud@ucu.edu.uy

RESUMEN

Este trabajo presenta el desarrollo de un sistema a medida, para caracterización de circuitos integrados. El mismo se basa en un módulo microprocesador + memoria, con diversos periféricos analógicos que incluyen: fuentes de voltaje fijas y variables en el tiempo, algunas de estas fuentes son capaces de medir la corriente entregada entre 1nA y 10mA, fuentes de corriente (algunas con capacidad de medir la tensión en sus bornes); amplificadores programables, y conversores AD de uso general.

1. INTRODUCCIÓN

Para la caracterización de semiconductores y circuitos integrados a baja frecuencia, una herramienta fundamental de laboratorio son los módulos capaces de fijar o medir tensiones y corrientes en forma precisa. Un caso particular son nodos capaces de fijar tensiones o corrientes, a la vez que se miden según el caso la corriente entregada o tensión en el nodo. Estos dispositivos se conocen como Source Measure Unites (SMU). Son instrumentos complejos, y en general de costo muy elevado. Entre otros son fabricantes de instrumentos para caracterización de semiconductores: Keithley (www.keithley.com), Yokogawa (www.yokogawa.com/tm), Agilent (www.agilent.com). Desde el punto de vista de instrumentación, una dificultad de los SMUs es la precisión debido a no-idealidades de los cables coaxiales que salen del instrumento.

Este trabajo muestra la implementación de un dispositivo flexible, full-custom, que incorpora diversas funcionalidades para caracterización de circuitos integrados de voltajes bajos y medios, y baja potencia. Los motivos para un desarrollo a medida son los siguientes:

Flexibilidad: Al realizar medidas de sistemas en un chip, siempre interesa programar estímulos diferentes, adquirir datos disparando por eventos particulares, etc. Dentro del área de interés de nuestro grupo de trabajo, están los dispositivos médicos implantables, donde es deseable simular estímulos biológicos, la interfaz con un microcontrolador, ambos dependientes de la salida del dispositivo bajo prueba, etc. Todas estas funcionalidades no son siempre accesibles con instrumentos de

laboratorio estándar, independientemente de su calidad o precisión.

Costo: El precio de un analizador de parámetros semiconductores puede ser decenas de miles de dólares. Sin embargo se puede construir un equipo que mida en forma correcta por algunos cientos. Por supuesto se sacrificará en precisión, calibración del instrumento, y la capacidad de medir de manera confiable en forma remota (a través de cables coaxiales).

La herramienta que se describe en este trabajo apunta sin embargo a trabajar con el circuito integrado bajo prueba, sobre la misma placa del sistema de medida. Junto con especificaciones de precisión más relajadas, por encima de 1nA en corriente, y 1mV en tensión, se puede diseñar y construir un instrumento para caracterización y test de circuitos integrados, de bajo costo y alta flexibilidad para programar estímulos y medidas. Este trabajo describe el hardware del equipo. El mismo está formado por un módulo de microprocesador y memoria tipo RCM3600 (www.zworld.com) que controla diversos conversores AD, DA, y otros dispositivos analógicos. El sistema se compone de los siguientes elementos:

- 8 Fuentes de voltaje programables entre 0 y 12 V_{DC}.
- 2 Fuentes de voltaje variables en el tiempo, de forma de onda arbitraria, entre 0 y 12 Volts de amplitud.
- 4 Fuentes de voltaje entre 0 y 12 V_{DC} capaces a su vez medir la corriente que consume la carga, en un rango de 1nA a 10mA.
- 4 Fuentes de corriente continua en un rango entre 1nA y 10mA.
- 4 Fuentes de corriente continua en un rango entre 1nA y 10mA, capaces de medir el voltaje en bornes de la carga.
- 4 Entradas para la medición de voltajes entre 0 y 12 V_{DC}, incluyendo 2 amplificadores de instrumentación de ganancia programable.

2. DESCRIPCIÓN DE HARDWARE.

El sistema se basa en un microcontrolador tipo Rabbit3000, montado en un core tipo RCM3600 que incluye memoria, varios puertos seriales y digitales paralelo, RTC. Al mismo se conectan varios conversores AD, DA, y líneas digitales de control. Debido a la cantidad de periféricos, es necesario multiplexar las líneas digitales. Se utilizó el puerto A del RCM3600 de 8 bits como bus paralelo de comunicaciones,

multiplexado mediante latches 74HCT373. En total se necesitan 13 latches de 8 bits. Las señales latch enable (LE) de c/u son a su vez decodificadas mediante un multiplexor MAX306, con resistencia pull down de salida.

2.1 Conversores AD y DA utilizados

En forma general para fijar/medir tensiones, se utilizaron conversores AD tipo MAX1229, y MAX 5591 (www.maxim-ic.com). Ambos son de 12 bits, 8 salidas, y se comandan desde el microcontrolador por una interface SPI. A su vez para fijar los voltajes variables en el tiempo, se utilizó un convertor DAC7545 (www.ti.com), también de 12 bits, pero paralelo para aumentar la velocidad de transferencia de datos.

2.2 Circuito para fijar tensiones.

Se utilizó una configuración no inversora como muestra la Fig.1, la cual amplifica 5 veces el voltaje de referencia de entrada V_{in} , entre 0 y 2.5 Volts proveniente de una salida de un DAC.

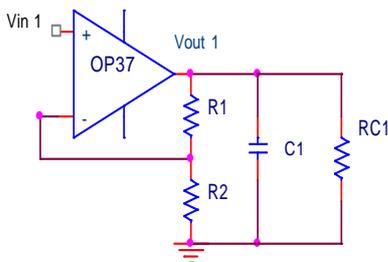


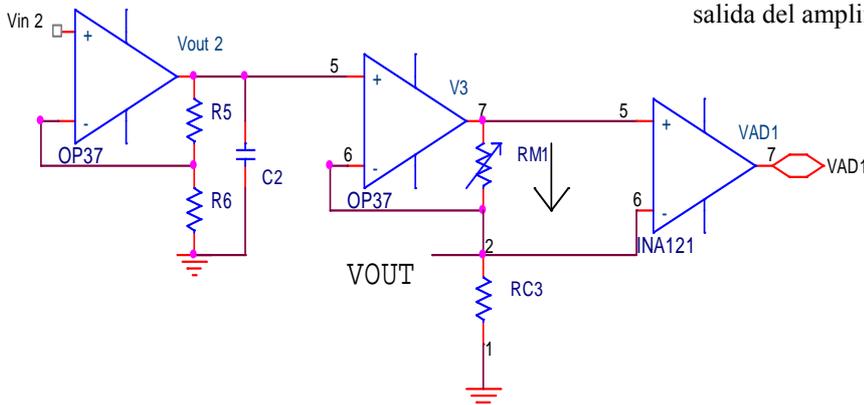
Figura1: Circuito para fijar tensiones. La entrada del operacional es un voltaje fijado por una línea de los conversores DA. El filtro RC a la salida es para disminuir el ruido.

2.3 Circuito para fijar tensiones y medir la corriente

El circuito realizado se muestra en la Fig.2, se compone de una etapa de amplificación de voltaje y una segunda de medición de la corriente que genera la carga conectada a la salida del circuito. La caída en la resistencia de medida se mide a través de un amplificador de instrumentación INA121.

2.4 Circuito para fijar corrientes y medir la tensión

Se muestra en la Fig.3, se trata de un operacional realimentado con la diferencia de potencial en una



resistencia de medida R_M . Si bien no se muestra en la figura, R_M se selecciona mediante multiplexores analógicos, entre 100Ω y $10M\Omega$ para fijar en forma cómoda corrientes de $1nA$ a $10mA$.

2.5 Otras funcionalidades:

Si bien por simplicidad se omite por una descripción detallada, el sistema también incluye: interfaz con el usuario (teclado, display), comunicación con el PC, 2 amplificadores de instrumentación de ganancia programable que van a líneas de convertor AD. Debido al tamaño del circuito, los diferentes circuitos analógico, y digitales, se agruparon en 3 placas a través de un bus con conector tipo ISA para reutilizar un gabinete y conectores de PC.

3 RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

Se demostró la factibilidad de construir instrumentos aptos para caracterizar circuitos integrados, de forma flexible y a bajo costo.

El sistema en general funcionó correctamente. Se caracterizaron todos los circuitos, trabajando correctamente en el rango de 0 a 12V, y corrientes de $10nA$ hasta $10mA$. Para corrientes más bajas se está trabajando en reducir las fugas u otras no-idealidades que impiden alcanzar mayor precisión.

También en la actualidad se está trabajando en el desarrollo del software del instrumento, y un montaje nuevo adaptado a un gabinete definitivo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Fondo Clemente Estable de Uruguay, que financia parte de este trabajo, proyecto FCE10057.

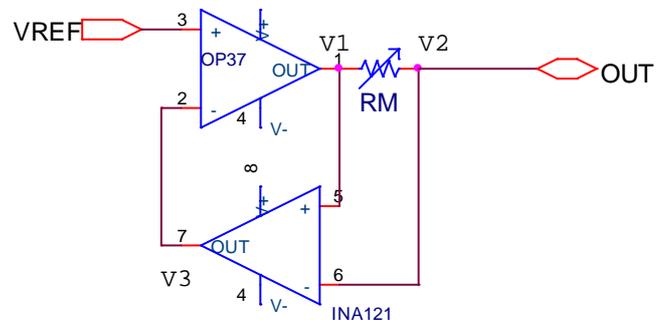


Figura 3: circuito para fijar corrientes. V_{REF} es fijado por una línea del convertor DA. La corriente es tal que la salida del amplificador de instrumentación iguala V_{REF} .

Figura 2: circuito para fijar voltaje y medir la corriente. La resistencia de medida R_{M1} se selecciona (no se muestra en la figura) de un banco con valores de 100Ω a $1M\Omega$. V_{out} es la salida del circuito, R_{C3} es la carga, y la salida del amplificador INA121 va a una línea del convertor AD para medir la corriente con el microprocesador.