



JORNADAS DE JÓVENES INVESTIGADORES DE LA A.U.G.M.

“CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA LA INTEGRACIÓN REGIONAL”

Universidad: Universidad Nacional de La Plata
Facultad/Instituto/Centro,etc: CeTAD (Centro de Técnicas Analógico-Digitales)
Departamento Cátedra:
Curso de Posgrado (si fuera necesario)
Dirección: Facultad de Ingeniería, Depto. de Electrotecnia, Calle 48 y 116, La Plata (1900),
Pcia. de Bs. As., Argentina.
Teléfono: +54 221 4227628 Fax: +54 221 4250804 E-mail: bicho@ing.unlp.edu.ar
Autor: José Luis Ceballos
Título: Filtro Pasabajos OTA-C con alta linealidad - Resultados
Núcleo Disciplinario o Comité Académico
Otros miembros del grupo (si fuera necesario):
Palabra Clave: Circuitos Integrados Analógicos (Español) (Portugués)



FILTRO PASABAJOS OTA-C CON ALTA LINEALIDAD - RESULTADOS

JOSÉ LUIS CEBALLOS

Resumen: En este artículo se trata el desarrollo *full custom* de un filtro pasabajos OTA-C (Transconductor-Capacitor) con alta linealidad y especialmente dedicado a la gama de frecuencias de audio (0~20kHz). El diseño se basa en el uso de nuevos OTAs con alto rango de entrada lineal [1]. Presenta un área de aproximadamente 1mm^2 y un consumo estático de potencia en el orden de 1mW . Técnicas cuidadosas de *LAYOUT* analógico han sido empleadas en la concepción del núcleo del circuito como así también en los PADS de entrada/salida. El prototipo ha sido desarrollado en una tecnología analógica de 2 polisilicios y 2 metales, con $2.4\mu\text{m}$ de dimensión mínima de transistor. Resultados experimentales son presentados.

I-INTRODUCCIÓN

LA obtención de un filtro con alta linealidad es muchas veces un tema importante en la síntesis de sistemas analógicos de audio. El presente trabajo pone de manifiesto un diseño *full custom* sencillo y modular, que a su vez sirve para corroborar ideas anteriores, como ser la del diseño de un nuevo amplificador de transconductancia (OTA - Operational Transconductance Amplifier) con alta relación de linealidad-potencia [1]. La cantidad de transistores de dimensiones no mínimas integrados excede la centena, mientras que la capacidad total puesta en juego está en el orden de los 100pF , lo que es aproximadamente la mitad del área del núcleo del CHIP.

Este paper está organizado como sigue: en la Sección II se da un planteo inicial al problema, en la Sección III se presentan las consideraciones de síntesis del circuito correspondiente, mientras que en la Sección IV se muestran mediciones obtenidas de los prototipos, para finalizar en la Sección V, donde se dan las conclusiones del presente trabajo.

II-PLANTEO DEL PROBLEMA

El circuito continuo del cual se parte es presentado en la Fig. 1. La cascada de 2 integradores con pérdidas conlleva a un sistema de orden 2 con 40dB de atenuación/década. Si ambas etapas son

iguales, el diseño integrado se modulariza, es decir, se simplifica considerablemente. Para el desarrollo se parte de un filtro continuo RC, realizando su equivalente en forma continua OTA-C, donde las resistencias serán sintetizadas por medio de OTAs realimentados y la constante de tiempo total estará dada por el valor de dicha resistencia y el valor de un capacitor de integración. Es de notar que constantes de tiempo altas, equivalentes a frecuencias de corte bajas, necesitan grandes valores RC, de donde, a fin de minimizar área en el microcircuito, se hace necesario el uso de transconductores especialmente diseñados a tal fin. Como límite integrable de capacidad se usa comúnmente un valor que oscila entre 50pF y 100pF . En la Fig. 2 se presenta el esquemático simplificado del circuito.

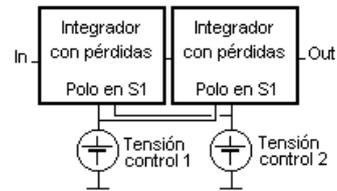


Figura 1: Esquema simplificado del filtro continuo.

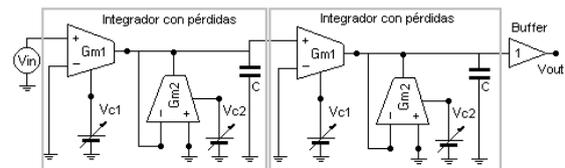


Figura 2: Esquemático simplificado del circuito. Cascada de 2 integradores con pérdidas.

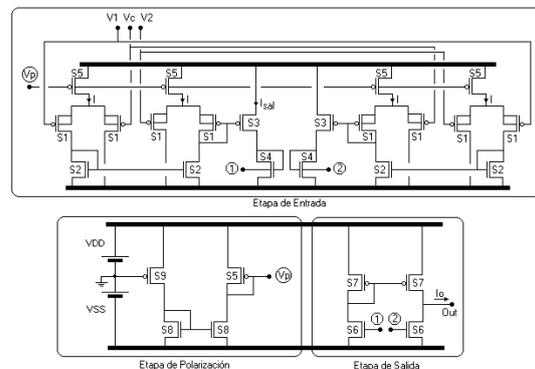


Figura 3: Esquemático del nuevo Amplificador de Transconductancia con alto rango de entrada lineal [1].

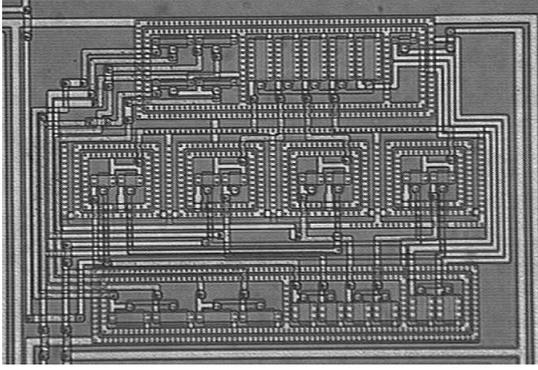


Figura 4: Microfotografía del Amplificador de Transconductancia con alto rango de entrada lineal.

III-CIRCUITO

Como se observa en la Fig. 2, existen por cada celda 2 transconductores, controlados ambos por 2 tensiones diferentes (V_{C1} y V_{C2}). Esto es con el fin de tener un parcial control de ganancia y/o frecuencia de corte, como por otro lado, para poder sintonizar el filtro considerando las grandes dispersiones comunes en diseños que no se basan en apareamientos de componentes, como es el caso. La Fig. 3 muestra el esquemático del OTA, cuyo funcionamiento se rige por,

$$\Delta I = 4K(V_1 - V_2)(V_{SS} - V_T + V_c) \quad (1)$$

Las tensiones de control (V_{Ci}) dependen del tipo de transistor utilizado; en este diseño varían entre $\pm 0.4V$, dando una variación de transconductancia que oscila entre $7.3\mu S$ y $5\mu S$, con valor nominal de $6.125\mu S$ ($V_c=0$).

Es condición necesaria que el ancho de banda de los OTA sea mucho mayor que la frecuencia de corte del filtro. Bajo esas condiciones, la respuesta frecuencial de los integradores con pérdidas estará dada por,

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{g_{m1}}{g_{m2}} \frac{1}{1 + \frac{sC}{g_{m2}}} \quad (2)$$

En la Fig. 4 se observa una microfotografía del OTA, mientras que en la Fig. 5 se presenta la correspondiente al circuito total. Obsérvese que el núcleo puede ser dividido en 2 mitades simétricas, donde cada una de las mismas es un integrador con pérdidas. Las capacidades usadas son de aproximadamente $47pF$, realizadas con los 2 polisilicios disponibles en esta tecnología analógica. Para finalizar con el circuito, el *buffer* de salida es un amplificador no inversor, realizado con 2 PMOS de razones 100/5, y con polarización externa al CI.

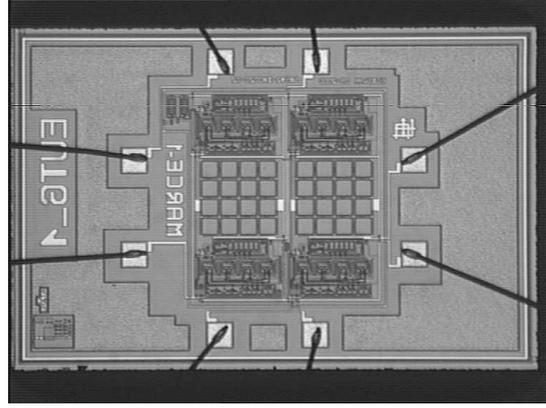


Figura 5: Microfotografía del CI completo.

IV- RESULTADOS EXPERIMENTALES

En esta sección se presentan los resultados medidos del filtro, los que concuerdan muy bien con simulaciones realizadas teniendo en cuenta capacidades parásitas extraídas y los modelos completos de la tecnología.

En la Fig. 6 se presenta la característica DC del filtro para gran señal, luego de haber ajustado la ganancia y desactivado el valor de tensión continua de la etapa de salida, pudiéndose observar un rango lineal de entrada en el orden de los 2V. La Fig. 7 muestra el espectro de salida para una señal de $(0.3V_{DC} + 0.6V_{PP} @ 10kHz)$, donde es posible ver el bajo contenido armónico de la salida, teniendo el 2º y 3º armónico a más de 40dB por debajo de la fundamental.

Variando la tensión de control V_{C1} se obtienen las curvas de la Fig. 8 (variación de la ganancia), donde se presenta un ajuste aproximado de 8dB. Variando ambas tensiones de control en forma conjunta, la Fig. 9 demuestra el cambio que aparece en la frecuencia de corte, observándose una variación de aproximadamente una octava entre los 10kHz y los 20kHz. En todos los casos, las tensiones de control variaron entre $\pm 0.4V$.

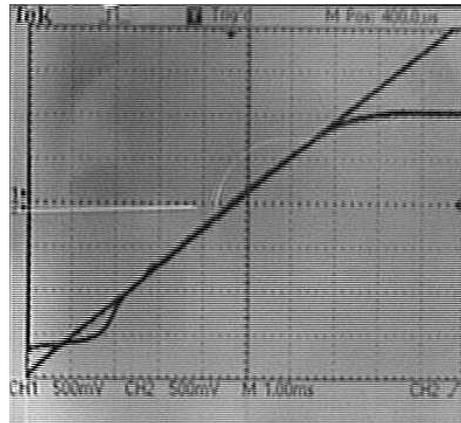


Figura 6: Transferencia DC del filtro (salida desactivada del valor de continua del *buffer*)

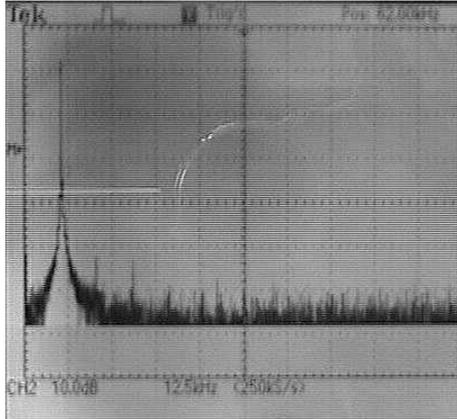


Figura 7: Espectro de salida para una señal de entrada de $0.3V_{DC} + \sin(0.6V_{pp}, 10kHz)$; 2º armónico 45dB debajo de la fundamental, 3º armónico 46dB por debajo.

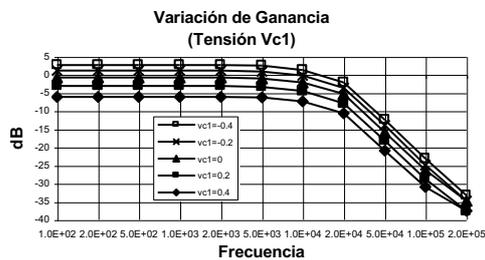


Figura 8: Respuesta AC medida para una señal de frecuencia variable, $-0.3V$ de *offset* y $0.6V_{pp}$ de amplitud, variando la tensión de control 1 (V_{C1}) - Variación de ganancia.

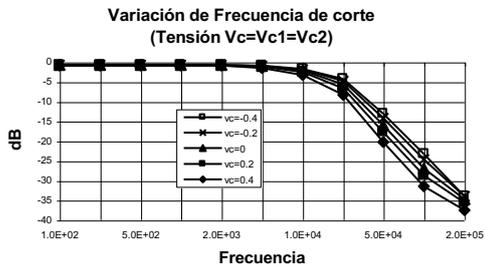


Figura 9: Respuesta AC medida para una señal de frecuencia variable, $-0.3V$ de *offset* y $0.6V_{pp}$ de amplitud, variando ambas tensiones de control - Variación de frecuencia de corte.

V - CONCLUSIONES

Un filtro OTA-C ha sido diseñado. El desarrollo presenta gran linealidad y una estructura modular. El circuito presenta características de control por tensión, ocupa un área de aproximadamente $1mm^2$, y disipa una potencia de $1mW$ con alimentación simétrica de $\pm 2.5V$. Ha sido construido en tecnología analógica MTC20.

REFERENCIAS

[1] J. L. Ceballos et al. "Diseño de Amplificadores de Transconductancia (OTA), con alta linealidad", VI WORKSHOP IBERCHIP, Marzo de 2000, San Pablo - Brasil.