

DISEÑO DE UN FILTRO PASABAJOS OTA-C CON ALTA LINEALIDAD

JOSÉ LUIS CEBALLOS, ANTONIO ADRIAN QUIJANO (DIRECTOR)

bicho@ing.unlp.edu.ar

CeTAD (Centro de Técnicas Analógico Digitales),
UNLP (Universidad Nacional de La Plata), Calle 48 y 116,
Facultad de Ingeniería, Departamento de Electrotecnia,
La Plata (1900), Bs. As., Argentina

Tel: +54 221 4227628

Fax: +54 221 4250804

Abstract: This paper presents the full custom design of an OTA-C filter, with high linearity, specially dedicated to audio frequencies (≈ 20 kHz). The circuit is based on the use of new OTAs [1], it presents an approximated area of 1mm^2 and an static power compsumption of 1 mW. Careful analog techniques were employed in the development of the core and the I/O Pads. The prototype is now under fabrication in an N-Well 2-P 2-M $2.4\mu\text{m}$ analog technology.

DISEÑO DE UN FILTRO PASABAJOS OTA-C CON ALTA LINEALIDAD

JOSÉ LUIS CEBALLOS, ANTONIO ADRIAN QUIJANO (DIRECTOR)

Resumen: En este artículo se trata el desarrollo "full custom" de un Filtro OTA-C (Transconductor-Capacitor) con alta linealidad y especialmente dedicado a la gama de frecuencias de audio ($\approx 20\text{kHz}$). El diseño se basa en el uso de nuevos OTAs, con alto rango de entrada lineal. Presenta un área de aproximadamente 1 mm^2 y un consumo estático aproximado de 1 mW . Técnicas cuidadosas de *LAYOUT* analógico han sido empleadas en el diseño, como así también han sido diseñados los PADs de entrada-salida. El circuito ha sido desarrollado en tecnología MIETEC de $2.4\mu\text{m}$, y actualmente está en fabricación.

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 que a su vez sirve para corroborar ideas anteriores, como ser la del diseño de un amplificador de transconductancia (OTA - Operational Transconductance Amplifier) con alta relación de linealidad-potencia [1]. La cantidad de transistores de dimensiones no mínimas realizados excede la centena, mientras que la capacidad total puesta en juego está en el orden de los 100 pF (aproximadamente la mitad del área del núcleo del CHIP).

El trabajo está organizado como sigue: en la Sección II se da un planteo inicial al problema, en la Sección III se

presentan las consideraciones del circuito junto al *LAYOUT* correspondiente, mientras que en la Sección IV se muestran simulaciones *SPICE*, para finalizar en la Sección V, donde se dan las conclusiones del presente trabajo.

II-PLANTEO DEL PROBLEMA

El circuito del cual se parte es presentado en la Fig. 1. La cascada de 2 integradores con pérdidas lleva a un sistema de orden 2. Si ambas etapas son iguales, el diseño integrado se modulariza, es decir, se simplifica considerablemente.

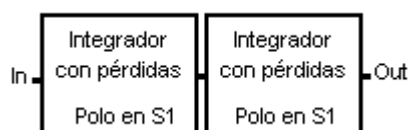


Figura 1: Esquema simplificado del filtro.

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 de aproximadamente 50pF .

En la Fig. 2 se presenta el esquemático simplificado del circuito.

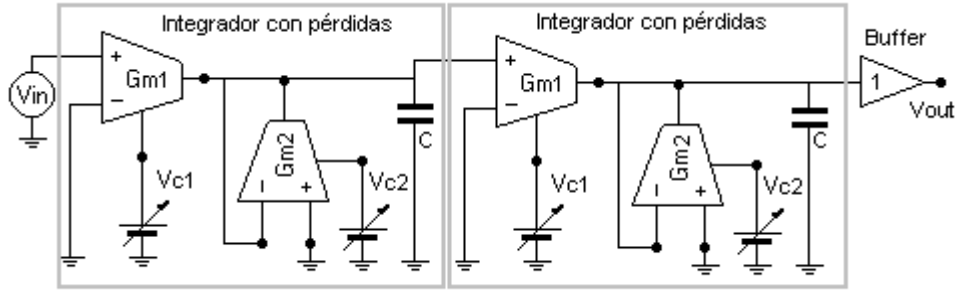


Figura 2: Esquemático simplificado del circuito

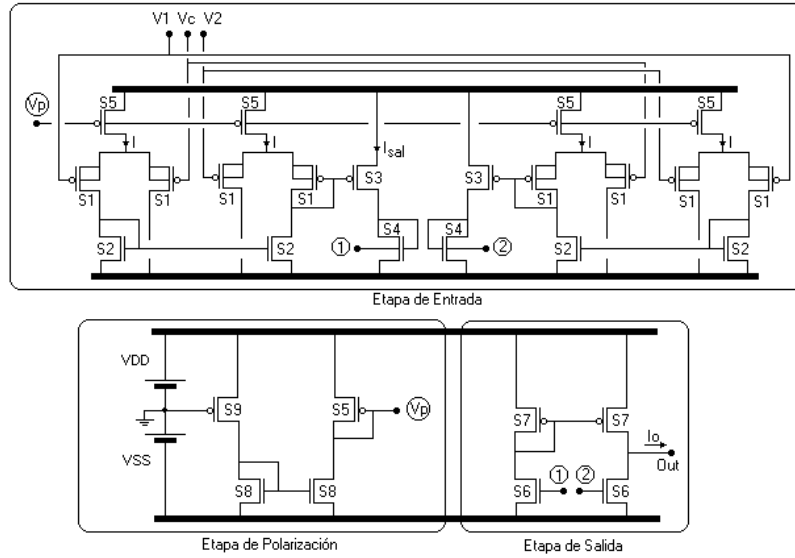


Figura 3: Esquemático del Amplificador de Transconductancia

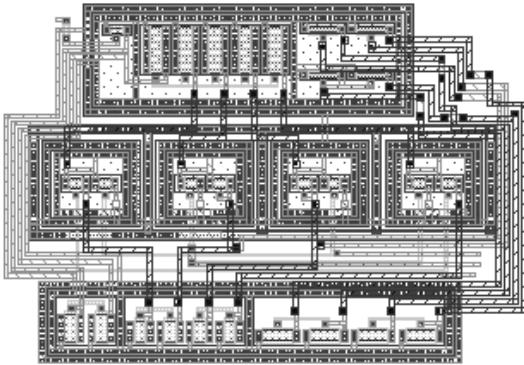


Figura 4: LAYOUT del Amplificador de Transconductancia con alto rango de entrada lineal.

III-CIRCUITO Y LAYOUT

Como se observa en la Fig. 2, existen por cada celda 2 transconductores, controlados por tensiones diferentes. Esto es con el fin de tener, por una parte control parcial de ganancia o de frecuencia de corte; y por otra, poder sintonizar el filtro considerando las grandes dispersiones comunes a diseños que no se ba-

san en apareamientos de componentes, como es el caso.

Las tensiones de control dependen del tipo de transconductor utilizado; en este diseño [1] 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 $6.125\mu S$ ($V_c=0$). La Fig. 3 muestra el esquemático del OTA, cuyo funcionamiento se rige por:

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

En la Fig. 4 se observa el LAYOUT del OTA, mientras que en la Fig. 5 se presenta el correspondiente al circuito total. Obsérvese que el LAYOUT puede ser dividido en 2 mitades simétricas, donde cada una de las mismas es un integrador con pérdidas. Las capacidades usadas son de aproximadamente $47 pF$, realizadas con los 2 polisilicios disponibles en esta tecnología analógica.

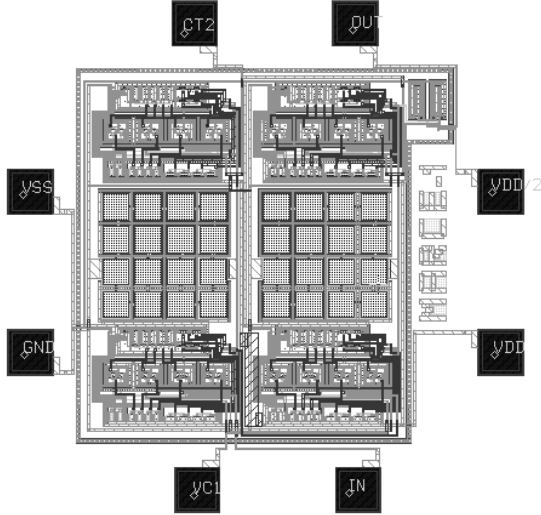


Figura 5: *LAYOUT* completo del CI.

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:

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

Para finalizar con el *LAYOUT*, el "buffer" de salida es un amplificador no inversor, realizado con 2 PMOS de razones 100/5, y con polarización externa al CI.

IV- RESULTADOS DE SIMULACIÓN

En esta sección se presentan los resultados de la simulación *SPICE* del filtro, teniendo en cuenta capacidades parásitas extraídas y los modelos completos de la tecnología.

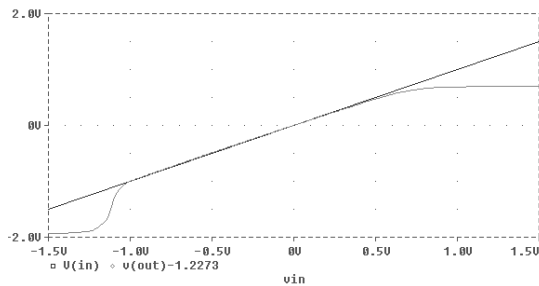


Figura 6: Transferencia DC del filtro (salida desafiada del valor de continua del buffer)

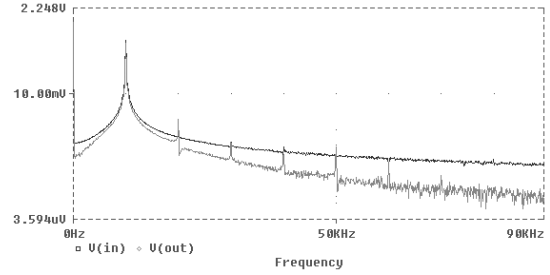


Figura 7: Espectro para una señal de entrada de $(-0.3V_{DC}) + \sin(0.6V_{pp}, 10kHz)$; 2° armónico 43 dB debajo de la fundamental, 3° armónico 56 dB por debajo.

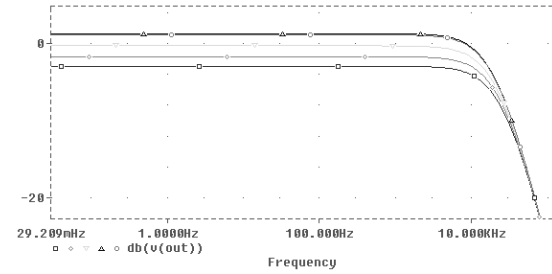


Figura 8: Respuesta AC en pequeña señal, variando la tensión de control 1 (variación de ganancia)

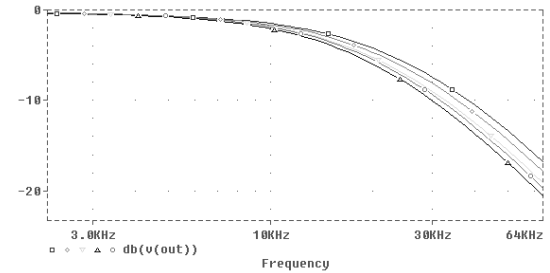


Figura 9: Respuesta AC en pequeña señal, variando ambas tensiones de control a la vez (variación de frecuencia de corte)

V - CONCLUSIONES

Se ha diseñado un filtro OTA-C, cuyo desarrollo presenta gran linealidad y una estructura modular. El circuito presenta características de control, ocupa un área de aproximadamente 1 mm^2 , y disipa una potencia de 1 mW con alimentación simétrica de $\pm 2.5V$. En estos momentos está siendo construido en tecnología 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.