

# Metodología de diseño de LNA de banda ancha robustos frente a variaciones de proceso

Antonio D. Martínez Pérez<sup>1</sup>, Francisco Aznar<sup>2</sup>, Diego F. Paredes-Páliz<sup>1</sup>,  
Pedro A. Martínez Martínez<sup>1</sup>, Santiago Celma<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Diseño Electrónico (GDE)  
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)  
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.  
Tel. +34-976762707, e-mail: [adimar@unizar.es](mailto:adimar@unizar.es)  
<sup>2</sup> Centro Universitario de la Defensa, Zaragoza

## Resumen

Los amplificadores de bajo ruido requieren cumplir unas especificaciones de diseño muy estrictas. Esto hace delicado y tedioso su diseño, especialmente si se desea garantizar su robustez al sufrir las variaciones de proceso. Para solventarlo, este trabajo presenta una metodología de optimización.

## Introducción

La necesidad de sistemas de comunicaciones cada vez más capaces de alcanzar grandes tasas de transmisión de información, lleva a unas especificaciones más estrictas que deben cumplirse en un gran rango de escenarios. Un caso claro de ello es el campo de los amplificadores de bajo ruido (LNA), que debido a suponer la primera etapa de un receptor tiene una larga lista de especificaciones críticas [1].

La integración monolítica de un receptor implica una miniaturización imposible de obtener con elementos discretos. Ello resulta de gran interés para trabajar en RF y obtener sistemas más compactos y con mejores prestaciones. A cambio, la integración de circuitos implica algunos retos. Un importante desafío es la variabilidad que pueden sufrir algunos de los elementos si no se opta por soluciones muy costosas. En este trabajo nos hemos centrado en tener en cuenta esas posibles variaciones a la hora de optimizar la operación de un LNA.

## Metodología de Diseño

El LNA seleccionado (Fig. 1) es una etapa puerta común que emplea un realce de transconductancia ( $g_m$ ) mediante una etapa fuente común para minimizar el efecto del ruido [2]. La operación depende sensiblemente del equilibrio entre ambas etapas, de modo que para su optimización resulta vital observar los efectos de ambas simultáneamente.

A tal efecto, las especificaciones deseadas son mostradas como isolíneas que enmarcan la ventana de diseño sobre un mapa de contorno. Los ejes de la gráfica serán dos variables con una fuerte dependencia con sendas partes del circuito: las anchuras de los transistores  $M_1$  y  $M_2$  ( $W_1$  y  $W_2$ ) para el LNA propuesto. Por su parte, el resto de variables controlables por el diseñador ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_B$ ,  $V_{B1}$  y  $V_{B2}$ ) componen el escenario, el cual influye sobre la posición y forma de las isolíneas (y por tanto la ventana de diseño) de acuerdo a las expresiones teóricas del mismo [3]. La Fig. 2 muestra el resultado del escenario final con la ventana de diseño en verde. En [4] puede encontrarse la metodología descrita en mayor detalle.

## Análisis de Corners

Durante el proceso de fabricación de circuitos integrados, los componentes son susceptibles de sufrir fuertes variaciones en sus características. Esto es caracterizado mediante los *corners* ss y ff [1], que modelan desviaciones extremas y opuestas de valores típicos (tt).

Esto tiene un fuerte impacto en la ventana de diseño, al punto que al evaluar el diseño optimizado para tt en los otros corners, la ventana de diseño cambia totalmente o directamente desaparece. La Fig. 3 muestra la ventana de diseño al evaluar en ss (área roja) y el solapamiento con la ventana en tt (área verde); en el caso de ff, ni siquiera existe ventana válida.

Aunque la mayoría de variables de diseño se corresponden con dimensiones físicas de los componentes y, por tanto, no son modificables una vez fabricados, existen dos tensiones de polarización que pueden ser externamente controladas. De ambas, se observa por simulación que el ajuste fino de  $V_{B1}$  permite en gran medida compensar el efecto de las variaciones de proceso. Gracias a esto, una cuidadosa

elección de los valores del escenario permite que las ventanas de diseño de ss, tt y ff puedan “alinearse” calibrando mediante  $V_{B1}$ . En consecuencia, puede escogerse unos  $W_1$  y  $W_2$  tales que el LNA cumpla las especificaciones dentro de todo el rango evaluado. La Fig. 4 muestra la ventana obtenida para las especificaciones deseadas.

## Conclusiones

Este trabajo mejora y completa la metodología propuesta por los autores anteriormente [4], la cuál no consideraba el efecto de la variabilidad del escenario sobre la ventana de diseño. Esto se traduce en unas condiciones más restrictivas y una ventana más pequeña que, no obstante, logra una enorme mejora en casos válidos de acuerdo con las simulaciones (del 60 % al 82 %) [1].

El coste de estas grandes mejoras viene de la necesidad de un calibrado específico para cada muestra. Como solución a este inconveniente, los autores están abordando actualmente la implementación de un sistema automático para generar las tensiones de polarización necesarias.

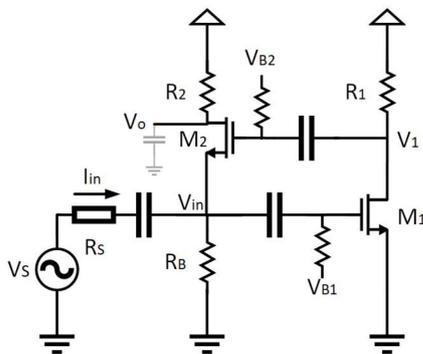


Fig. 1. Topología del LNA empleado

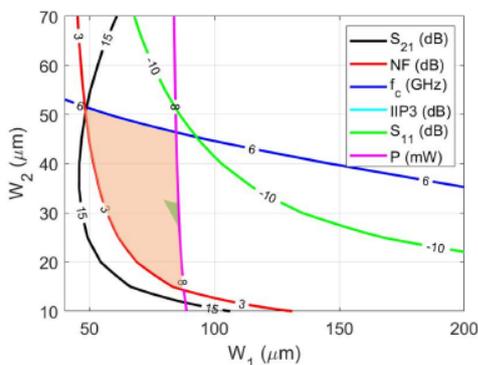


Fig. 3. Ventana de diseño original en corner ff.

## Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por MINECO-FEDER (TEC2017-85867-R) y el contrato predoctoral PIF DGA de Antonio D. Martínez

## REFERENCIAS

- [1]. MARTINEZ-PEREZ, A. D., AZNAR, F., ROYO, G., MARTINEZ-MARTINEZ, P. A. and CELMA, S., Robust Design Methodology for RF LNA including Corner Analysis. *17th International Conference on SMACD*, 2021
- [2]. BELMAS F., HAMEAU, F. and FOURNIER J. M. A Low Power Inductorless LNA with Double Gm Enhancement in 130 nm CMOS, *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 47, 5, 1094-1103, 2012.
- [3]. MARTINEZ-PEREZ, A. D., MARTINEZ-MARTINEZ, P. A., ROYO, G., AZNAR, F., and CELMA, S., A Strategy to Achieve Competitive Performance in Basic RF LNAs. *12th Latin America Symposium on Circuits and Systems (LASCAS)*, 2021
- [4]. MARTINEZ-PEREZ, A. D., GIMENO, C., FLANDRE, D., AZNAR, F., ROYO, G., SANCHEZ-AZQUETA, C. Methodology for Performance Optimization in Noise- and Distortion-Cancelling LNA. *16th International Conference on SMACD*, 2019

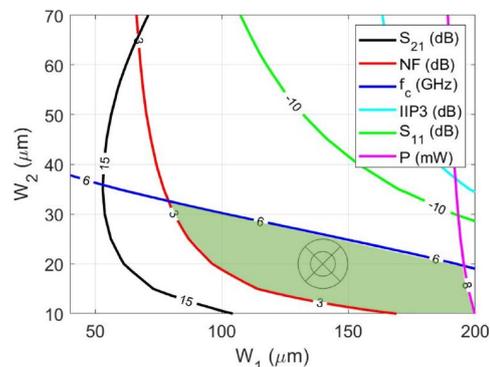


Fig. 2. Ventana de diseño original (sin evaluar Corners).

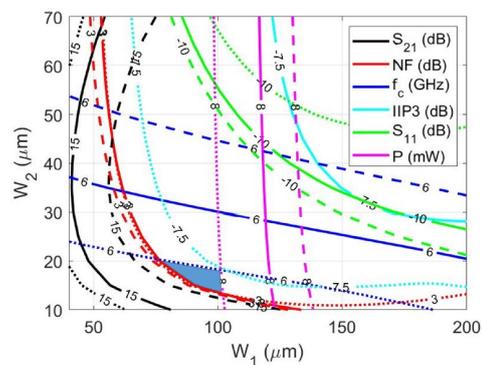


Fig. 4. Ventana de diseño optimizada para todos los Corners.

