

Mejora de la linealidad de un VCSEL mediante técnicas de predistorsión para aplicaciones de radio sobre fibra

G. Royo, S. Andrés, C. Sánchez-Azqueta, C. Aldea, S. Celma

Departamento Ingeniería Electrónica y Comunicaciones UNIZAR.
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.
Tel. +34-976762707, e-mail: royo@unizar.es

Resumen

En este trabajo se presenta el modelado de un láser emisor de superficie de cavidad vertical (VCSEL) para el diseño de un láser driver programable en ganancia y con una elevada linealidad para su uso en un sistema de antenas distribuidas (DAS). Todo ello con una arquitectura que utiliza la transmisión de datos de frecuencia intermedia sobre fibra (IFoF) con tecnología CMOS nanométrica.

Introducción

La demanda de datos inalámbricos ha crecido de forma exponencial en los últimos años, impulsada fundamentalmente por la proliferación de dispositivos wireless y por la necesidad creciente de transmisión de contenidos multimedia. El nuevo paradigma de internet de las cosas (IoT) está añadiendo aún más demanda a esta situación [1]. Como consecuencia de ello, el espectro de radio frecuencia se está saturando. La convergencia de las comunicaciones inalámbricas y los sistemas de fibra óptica puede convertirse en una técnica prometedora para proveer servicios de acceso inalámbrico de gran ancho de banda (BW) en un mundo donde se requiere conectividad en cualquier momento y lugar.

Es por ello que el interés en los sistemas de antenas distribuidas (DAS) alimentados por fibra multimodo (MMF) ha crecido en los últimos años, especialmente para aplicaciones de interior de corto alcance. En estos sistemas, existe un buen compromiso entre la capacidad de datos, la accesibilidad y el coste general de instalación y mantenimiento. La operación del sistema consiste en distribuir la señal a través de MMF desde una estación base (BS) a varias unidades de antena remota (RAU) (ver figura 1) que proporcionan una interfaz óptica-inalámbrica.

Arquitectura

Los sistemas basados en transmisión de frecuencia intermedia sobre fibra (IFoF) presentan ventajas sobre los basados en transmisión de la señal de RF

sobre fibra (RFoF) y los de banda base (BBoF) ya que no requieren la implementación de módems, como sí ocurre en la BBoF, la señal tiene el mismo formato que la señal RF generada en la BS, simplificándose la complejidad en el diseño de la RAU y disminuyendo el consumo y el coste [2]. Por otra parte, como la señal óptica está modulada a una frecuencia mucho más baja, en el rango de los 100 MHz, se puede emplear transmisión por fibra multimodo (MMF), se minimiza el efecto de la dispersión cromática en la fibra y se relajan los requerimientos de los dispositivos fotónicos empleados en la conversión O/E para el enlace descendente y E/O para el enlace ascendente, ya que los dispositivos y circuitos optoelectrónicos caen dentro de la compatibilidad CMOS, alcanzando sensibilidades mayores que transfiriendo la portadora directamente sobre fibra (RFoF) [3]. La arquitectura para el uplink (Fig. 1) con transmisión de frecuencia intermedia sobre fibra (IFoF) consiste en: un amplificador de bajo ruido (LNA) que amplifica la señal de RF recibida por la antena; un mezclador de frecuencia para llevar a cabo la conversión descendente de frecuencia desde RF al IF elegido; un láser driver (LD) y un láser emisor de superficie de cavidad vertical (VCSEL).

Caracterización del VCSEL

Para poder realizar el diseño de un láser driver optimizado para un VCSEL es necesario abordar una caracterización experimental y posterior modelado del dispositivo óptico. El VCSEL empleado ha sido el OLD2304-M1-FRE de OPTOCOM y la caracterización se ha llevado a cabo mediante una SMU Agilent 2602A, un osciloscopio Kesight MSOV334A y medidor potencia óptica Thorlabs PM200 (Fig. 2). El proceso de medida se automatizó mediante *Python*. La curva medida de emisión y la desviación respecto al comportamiento lineal se muestra en la Fig 3. Caracterizando esta curva se puede corregir las no linealidades mediante técnicas de pre-distorsión en el LD, cuya topología se muestra en la Fig. 4. Por último, se ha medido la

respuesta frecuencial teniendo en cuenta los posibles efectos parásitos para extraer un modelo de pequeña señal como filtro pasivo, también mostrado en la Fig. 4. Los parámetros empleados son: $C_2 = 20\text{pF}$, $R_1 = 100\ \Omega$, $R_2 = 50\ \Omega$, $C_1 = 10\ \text{pF}$, $L_1 = 2\ \text{nH}$ y su función de transferencia: <<buf! Es difícil saber si es correcto, qué variables son las de entrada y salida? No se muestran tampoco ne la figura>>

$$H(s) = \frac{s}{s^2 \left(\frac{C_1 C_2 R_1}{L_1} - C_2 R_1 \right) + s \left(1 + \frac{R_1}{R_2} - \frac{C_1}{L_1} \left(1 - \frac{R_1}{R_2} \right) - \frac{C_2}{L_1} \right) + \frac{1}{R_2 L_1}}$$

A partir de la curva de emisión se ha realizado una simulación introduciendo predistorsión mediante un sencillo amplificador no lineal que genera una función exponencial. Aplicando esta señal a la entrada del LD la corriente de modulación del láser es no lineal, de forma opuesta a la curva de emisión, de manera que se las no linealidades de la predistorsión compensan las de la curva de emisión. En la Fig. 5 se muestran resultados de simulación preliminares, donde se puede ver una clara mejora en la linealidad de la potencia de salida del láser frente a la señal de entrada del LD.

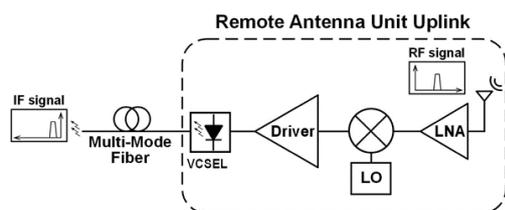


Fig. 1. Diagrama de bloques del uplink de la RAU.



Fig. 2. Fotografía del montaje experimental

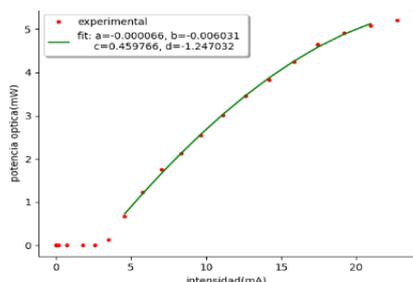


Fig. 3. Curva de emisión del VCSEL.

Conclusiones

Se ha llevado a cabo la caracterización experimental y modelado de un VCSEL para el diseño optimizado de un láser driver para obtener mejores resultados de linealidad, aplicando técnicas de predistorsión para corregir las no linealidades del VCSEL y aumentar así el rango dinámico para conseguir mayores amplitudes de modulación. Los resultados preliminares muestran una clara mejora en el comportamiento, consiguiendo una curva de emisión mucho más lineal, permitiendo mayores amplitudes de modulación que se traducen en una mayor capacidad del sistema de comunicación para alcanzar mayores distancias. Resultados de linealidad frente a variaciones de proceso-voltage-temperatura PVT serán presentados en la Jornada.

Referencias

- [1]. [http://www.cisco.com/c/m/es_es/internet-of-everything-ioe/index.html].
- [2]. GOMES, N. J. et al. Radio-over-MMF techniques—part I: RF to microwave frequency systems. *J. Lightwave Technol.* 2008, 26(15), 2388–2395.
- [3]. ROYO, G., et al. A highly linear low-noise transimpedance amplifier for indoor fiber-wireless remote antenna units, *MDPI Electronics*, 2019, 8(4).

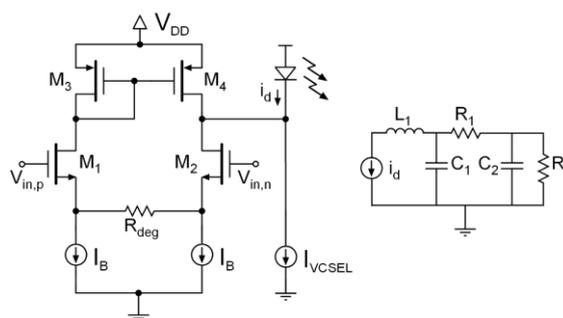


Fig. 4. Topología del LD y modelo en pequeña señal del VCSEL.

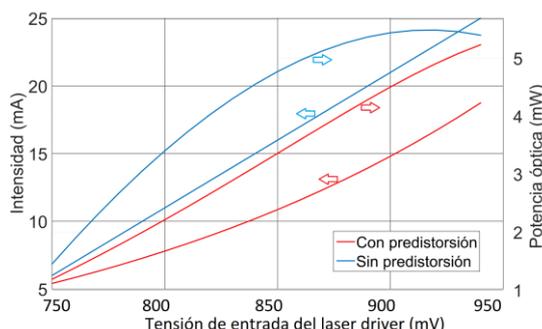


Fig. 5. Corriente que fluye por el VCSEL y potencia de emisión frente a la señal a la entrada del LD.