

Estudio los convertidores DC-DC y LED de potencia empleados en la transmisión de datos

Study the DC-DC and LED power converters used in data transmission

NAVARRETE-VALADES, Omar†, JUAREZ-BALDERAS, Mario* y VAZQUEZ, Gerardo

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato; Carretera Irapuato - Silao km 12.5, Irapuato, Guanajuato

ID 1^{er} Autor: Omar, Navarrete-Valades

ID 1^{er} Coautor: Mario, Juarez-Balderas / ORC ID: 0000-0002-5756-5403, Researcher ID Thomson: S-8744-2018, CVU CONACYT ID: 99207

ID 2^{do} Coautor: Gerardo, Vazquez

Recibido 23 de Junio, 2018; Aceptado 12 de Agosto, 2018

Resumen

La transferencia de información mediante luz, mejor conocida como LI-FI, surge como una propuesta reciente en cuanto a comunicación inalámbrica ya que este tipo de comunicación se puede integrar a las lámparas LED existentes, además, presenta ventajas de generar poca interferencia, se puede emplear para comunicación entre vehículos automotores y comunicaciones privadas, de seguridad, entre otras. Si bien la principal desventaja de implementar este tipo de comunicaciones vía luminosa, es la eficiencia del sistema y la rapidez para transmitir la información. Un sistema para transmitir información vía luz se compone de tres elementos principales: 1) LED de potencia, 2) el Convertidor de dc-dc que alimenta al LED y 3) Un circuito que entregue la información a transmitir. En este trabajo se analizarán la velocidad del LED y la velocidad del convertidor cd-cd, esto con el fin de establecer el límite de la banda a transmitir o el límite de modulación empleada. En una primera parte se analizará la velocidad de LED, para continuar con el convertidor de dc-dc y establecer la velocidad de este, ya que este convertidor es el encargado de variar la potencia para transmitir la información y de su dinámica depende la evidencia y la velocidad del sistema (Kamalkali-2016).

Lifi, Led, Convertidor Reductor, Comunicación via luz

Abstract

The transfer of information through light, better known as LI-FI, emerges as a recent proposal in terms of wireless communication since this type of communication can be integrated into existing LED lamps, besides, it has advantages of generating little interference, it could be used for communication between automotive vehicles and private communications, security, among others (Dong-2016). Although the main disadvantage of implementing this type of communications via light, is the efficiency of the system and the speed to transmit the information. A system for transmitting information via light is composed of three main elements: 1) power LED, 2) the dc-dc converter that feeds the LED and 3) a circuit that delivers the information to be transmitted. In this work the speed of the LED and the speed of the cd-cd converter will be analyzed, this in order to establish the limit of the band to be transmitted or the modulation limit used. In a first part the speed of LED will be analyzed, to continue with the dc-dc converter and to establish the speed of this, since this converter is in charge of varying the power to transmit the information and its dynamics depends on the evidence and the speed of the system.

Lifi, Led, Buck converter, Communication via light

Citación: NAVARRETE-VALADES, Omar, JUAREZ-BALDERAS, Mario y VAZQUEZ, Gerardo. Estudio los convertidores DC-DC y LED de potencia empleados en la transmisión de datos. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2018, 2-7: 22-27

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mario.juarez@itesi.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Principalmente la comunicación inalámbrica es llevada a cabo utilizando lo que es llamado espectro de radiofrecuencia; donde todo tipo de servicios y dispositivos logran comunicarse de manera efectiva; sin embargo una nueva alternativa ha surgido, con la idea de utilizar un rango de frecuencias del espectro electromagnético diferente al de radiofrecuencia; esto mediante el uso del espectro electromagnético de la luz visible.

Aquí es donde nace la comunicación mediante luz visible, por sus siglas en inglés (VLC) o también llamado LIFI (Light fidelity), ha surgido como un método alternativo que brinda ventajas tales como seguridad (no hay interferencias, como sucede con el espectro de radiofrecuencia), puede proveer gran velocidad de transmisión de datos (alrededor de 500Mbits/s), puede aprovecharse como iluminación de interiores.

Así mismo, se logran solucionar problemáticas relacionados con la actual saturación del espectro de radiofrecuencia y las comunicaciones mediante ondas de radio o infrarrojo.

La comunicación mediante luz visible, utiliza iluminación, que es modulada mediante su intensidad, para transmitir información. Para esta aplicación uno de los mejores candidatos son los LED de potencia, debido a su bajo costo, rapidez, larga vida, gran flujo luminoso a la salida, son seguros para el cuerpo humano, su intensidad puede ser modulada rápidamente (en el orden de los MHz), y son muy adaptables.

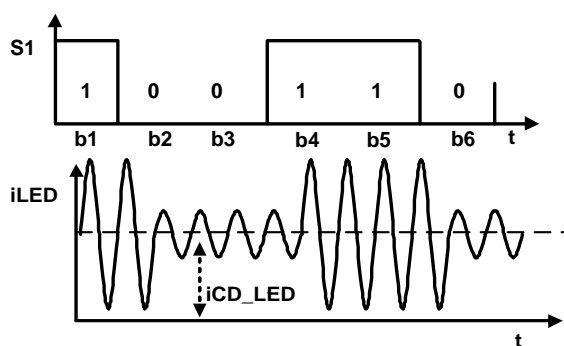


Figura 1 Arreglos de LED de alto flujo (hacer de nuevo el trabajo)

Sin embargo el manejo apropiado de esta clase de LED requiere de un controlador (convertidor dc-dc) en orden de reproducir las formas adecuadas de onda de acuerdo a la intensidad requerida, lo cual demanda componentes de alta frecuencia (alrededor de los MHz).

Muchos de los controladores propuestos o creados para esta clase de aplicaciones, utilizan amplificadores de radio frecuencia (RF), los cuales quizá cumplen con las características de velocidad necesarias, y tienen la ventaja de ser lineales, sin embargo carecen de eficiencia.

Por lo tanto aquí radica la importancia del análisis, diseño e investigación de nuevos métodos, con el objetivo de lograr aumentar la eficiencia en esta clase de controladores, y así obtener mejores resultados en la aplicación de comunicación mediante luz visible.

Una forma de lograr un aumento de eficiencia, es mediante el uso de convertidores DC-DC aplicados a amplificadores de radiofrecuencias, o por si solos, con la finalidad de aumentar el rendimiento del sistema aprovechando la eficiente conversión de energía eléctrica.

Existe una gran variedad de topologías de convertidores DC-DC, sin embargo el convertidor reductor destaca en esta aplicación debido a la linealidad que mantiene entre el control del convertidor y el voltaje de salida en modo de conducción continua.

De igual manera cabe considerar que los elementos utilizados en este tipo de aplicación deben ser capaces de trabajar a la misma velocidad y por lo tanto a las mismas frecuencias, ya que de no ser así, existiría el impedimento de lograr transmitir información de manera apropiada.

Para llevar a cabo el análisis de los convertidores CD-CD y de los demás componentes que intervienen en esta aplicación, se realizó la búsqueda y clasificación de información relacionado al tema y de acuerdo a ello se determinó el tipo de fuente de luz o carga del convertidor.

Siendo así el LED de potencia; una vez determinado este elemento se prosiguió a la adquisición de dos LEDs comerciales de este tipo siendo así los modelos CXA1507 y CXA1304 de la marca CREE (cree-2016), ambos LED con flujo luminoso semejante ya que ambos deben iluminar un área equivalente y transmitir datos, los datos de ambos LED muestra en la Tabla 1 y en la Figura 1.

	CXA1507 (b)	CXA1304 (a)
Corriente máxima	375mA	1A
Potencia máxima	14.8w	10.9w
Valores típicos en CD	35v@200mA	9v@400mA
Iluminación de salida	1300 lm	1000 lm

Tabla 1 Características de los arreglos de LED CXA1507 (b) y CXA1304(a)

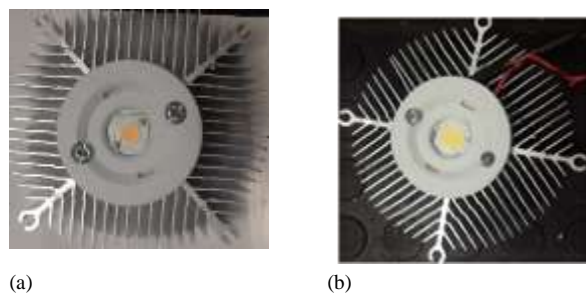


Figura 1 Arreglos de LED de alto flujo luminoso; (a) CXA1304 (b) CXA1507

Para determinar la rapidez de LED de potencia es necesario obtener un modelo, dicho modelo debe incluir las características dinámicas del LED. Los modelos basados en extracción de parámetros (de representación) pueden predecir la estabilidad de la lámpara LED. En una LED lo que gobierna su rapidez es el flujo interno de electrones a través de su capas P-N y la relación de esta en la emisión de fotones. Este proceso es complejo en su análisis, para obtener la información de la rapidez de LED, se procede a obtenerla de manera experimental aplicando una identificación de sistema del tipo “black box”. Para obtener el tiempo de respuesta del LED, se emplea una señal de prueba del tipo escalón (Ogata-2016), este escalón de potencia “perturba” al LED de una corriente inicial a una corriente final, y determinar el tiempo de respuesta.

Como se aprecia en la Figura 4 las evoluciones de corriente y de voltaje después del escalón unitario, pueden proporcionar las características eléctricas y dinámicas de la lámpara

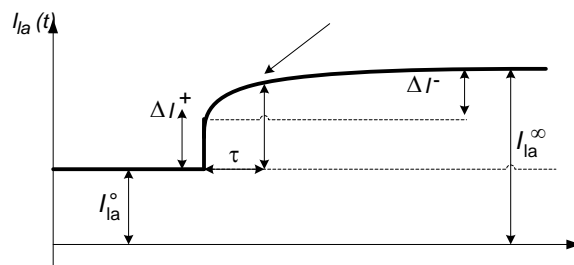


Figura 4 Corriente en la lámpara durante la prueba a escalón

El polo de la lámpara está determinado por 63.2 % del valor final del sistema, esta consideración se basa en el hecho de que este punto, es el valor final más rápido al que puede llegar un sistema de primer orden.

$$\tau = t(i_{lamp}^{\tau}) = t(63.2\% \Delta I^{\infty}) \quad (1)$$

En conclusión, la prueba del impulso entrega varia información del sistema. Esta información resulta importante al momento de escoger las características estáticas y dinámicas de la lámpara.

Para llevar este escalón de potencia se lleva a cabo con el circuito de cambio de carga de la Figura 3, donde R1 y R2 se calculan para obtener un 50% de la potencia, cuando se cortocircuita R1, únicamente queda R2 el cual está calculado para obtener 100% de la potencia en el LED. Las características de este interruptor es que debe ser rápido y evitar los rebotes de los interruptores convencionales, para lo cual se emplean un interruptor electrónico como el mostrado en la Figura 3.

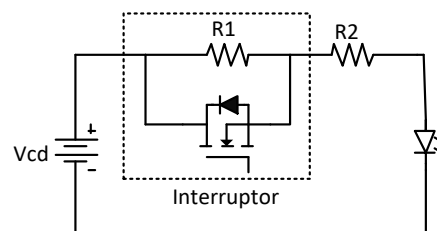


Figura 3 Circuito de cambio de carga

Resultados de las pruebas de escalón en los LED

La prueba de escalón en ambos LEDs se muestra en la Figura 4a, el cual se puede observar la corriente inicial 150mA (50% de la potencia) y 340mA (100% de la potencia)

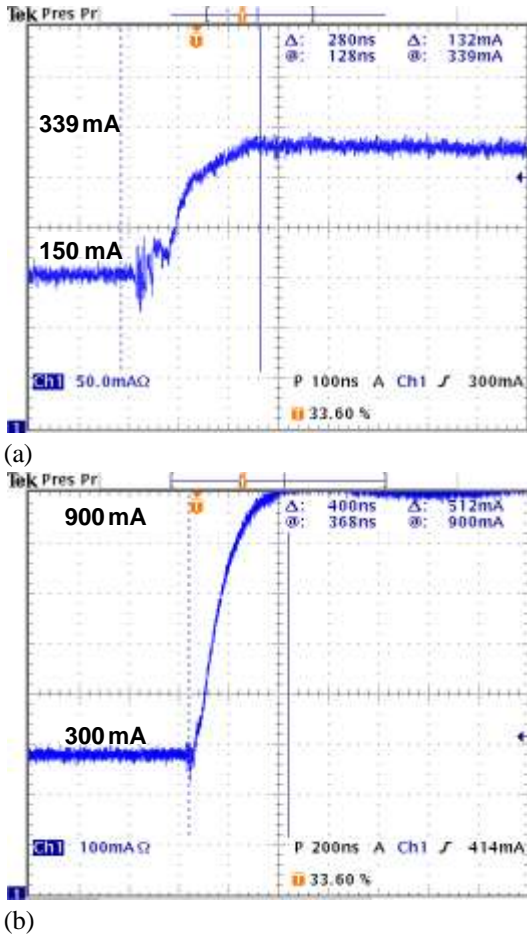


Figura 4 Cambio de corriente de LED (a) CX1507 (b) CX1304

En la Figura 4b se observan el cambio de potencia en LED, cabe mencionar que los LED tiene diferentes voltajes y corrientes, sin embargo ambos producen aproximadamente la misma cantidad de lúmenes. Como se puede observar en la Tabla 1 el primero corresponde a 36V@200mA y el otro a 10V@1Amp, estos LED tiene distintas configuraciones serie-paralelo de LED's de manera interna, dicha configuración no se proporciona por el fabricante. Sin embargo observando las pruebas realizadas, se estableció que el LED de 36V@200mA es el más apto para la aplicación debido a su tiempo de establecimiento es más rápido (280ns); lo cual lo hace apto para la transmisión de datos.

Resultados	CX1507	CX1304
Corriente Inicial	150 mA	300 mA
Corriente Final	339 mA	900 mA
ΔPotencia	36% a 82%	24% a 74%
Tiempo de subida	280ns	400ns

Tabla 2 Resultados de la prueba de cambio de carga.

Análisis del convertidor cd-cd-

Una vez conociendo está información, se prosiguió al diseño del convertidor dc-cd tipo reductor (Figura 5) con los parámetros de diseño mostrados en la Tabla 3. Los cuales van de acuerdo a las necesidades del LED a controlar.

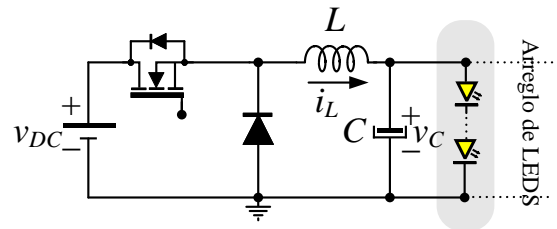


Figura 5 Convertidor reductor

Las características de diseño se dicho convertir reductor son Ventrada 48V y Vsalida 38V, frecuencia de conmutación de 50 kHz y una corriente de salida de 270mA, las ecuaciones de diseño son las siguientes:

$$D = \frac{V_{salida}}{V_{entrada}} = 0.792 \tag{2}$$

El 20% de la corriente máxima es:

$$IL = (0.2) * (I_{omax}) = 0.054 \tag{3}$$

El 1% del voltaje de salida

$$V = (0.01) * (V_{salida}) = 0.38 \tag{4}$$

El cálculo del inductor es:

$$L = \frac{V_{salida} * (V_{entrada} - V_{salida})}{\Delta IL * Fs * V_{entrada}} = 2.9320 \times 10^{-3} \tag{5}$$

El cálculo del capacitor es:

$$C = \frac{(V_{entrada} - V_{salida}) * D}{8 * \Delta V * L * Fs^2} = 0.3553 \times 10^{-6} \tag{6}$$

Los datos del diseño se muestran en la siguiente Tabla 3.

Inductor	2.93mH
Capacitor	0.33uF
Ciclo de Trabajo	79%
ΔI	20%
Δv	10%

Tabla 3 Parámetros de diseño de convertidor reductor

Se muestra a continuación el diagrama de convertidor reductor en modo voltaje, este convertidor puede generar los cambios de iluminación de dos maneras: 1) por cambio en su ciclo de trabajo (Figura 6) o cambiando la carga (Figura 7).

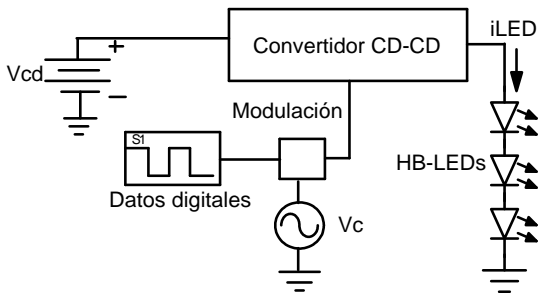


Figura 6 Convertidor reductor por cambio de ciclo de trabajo

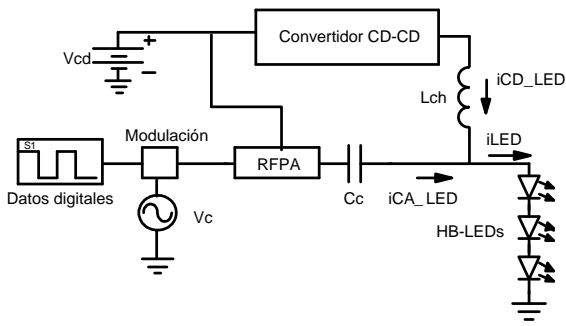


Figura 7 Convertidor reductor por cambio de carga

Simulación por cambio de ciclo de trabajo

Es importante para la transmisión de datos la velocidad del convertidor, por lo tanto, tomando en cuenta los valores obtenidos del convertidor reductor se procede a realizar un análisis paramétrico y observar cual configuración de las dos citadas es la más rápida, los elementos que generan un retardo son el inductor y el capacitor, debido a que estos almacenan energía.

En el primer caso de estudio se muestra una transmisión de datos a una baja velocidad de 4kHz, y se varía el capacitor de salida. La máxima velocidad en este modo fue de 5kHz, y se puede aumentar eliminando o reduciendo a su mínima expresión el capacitor de salida.

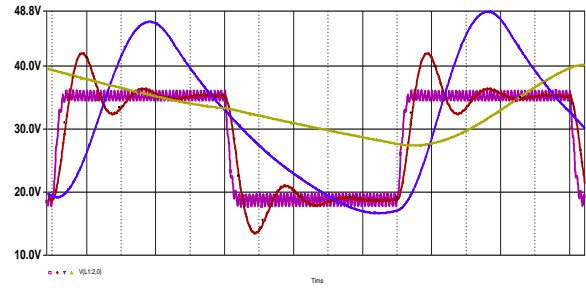


Figura 8 Datos en función de ciclo de trabajo variando el capacitor Co, a 100nF, 1uF, 10uF y 50uF (voltaje)

De la corriente

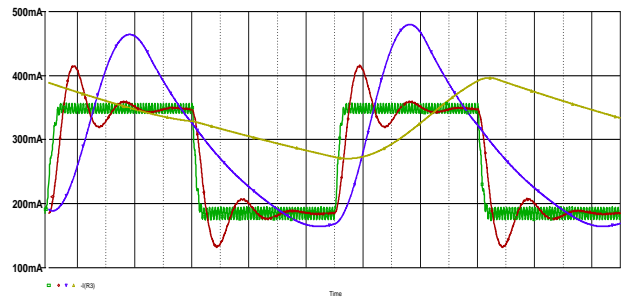


Figura 9 Datos en función de ciclo de trabajo variando el capacitor Co, a 100nF, 1uF, 10uF y 50uF (Corriente)

El cambio por este modo de conmutación se concluye que lo más conveniente es emplear al convertidor reductor como una fuente de corriente

Simulación de la configuración por cambio de carga

Se realizó una simulación paramétrica del convertidor reductor variando el capacitor e inductor; así mismo se sometió a un cambio de carga la salida, para observar el efecto de ambos parámetros en cuanto a la rapidez del sistema; los resultados se muestran en la Figura 10.

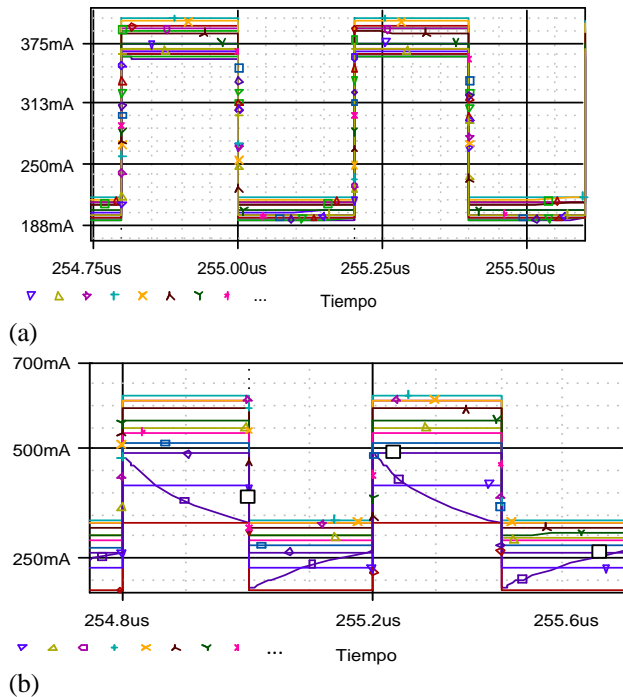


Figura 10 Simulaciones paramétricas de los cambios de carga a diferentes frecuencias

En este estudio se comprobó que el cambio de carga se puede llegar a velocidades de varios gigahertz, lo cual la hace óptima para el tipo de aplicación es la transmisión de datos.

Conclusiones

Mediante la prueba realizada a ambos LED's comerciales se logró escoger al más adecuado, sin embargo es posible utilizar ambos en este tipo de aplicación, debido a que el tiempo de subida medido en ambos casos está en el orden de los nano segundos; esta prueba debe realizarse mediante un interruptor electrónico debido a la velocidad requerida y a los rebotes y ruido no deseados, que son producidos por interruptores mecánicos.

La simulación paramétrica capacitiva e inductiva con variación de corriente a alta velocidad (2.5Mhz) a la salida del convertidor reductor no mostró variaciones importantes, observando así que la velocidad del convertidor es adecuada esto gracias a que la simulación fue realizada con componentes de alta frecuencia, donde el MOSFET fue escogido tomando en cuenta su resistencia de encendido y por lo tanto su rapidez de conmutación y que el capacitor a la salida es pequeño; sin embargo el análisis del convertidor puede ser aún más explorando debido a la gran cantidad de variables involucradas en la transmisión de información.

Referencias

Kamalkali Maity¹ Alka Upadhyay² Satabdi Pramanik³. (2016). VLC and LIFI as Future of Wireless Transmission. Kamalkali Maity¹ Alka Upadhyay² Satabdi Pramanik³, 4, 358-363.

CREE. (2013). CXA1304 LED. JULIO 2018, de CREE Sitio web: <http://www.cree.com/led-components/media/documents/ds-CXA1304.pdf>

CREE. (2012). CXA1507. JULIO 2018, de CREE Sitio web: <http://www.cree.com/led-components/media/documents/ds-CXA1507.pdf>

Ogata, K. (2010). *Ingeniería de Control Moderna 5 ed.* Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.

Hauke, B. (Agosto de 2015). *Texas Instrument*. Obtenido de <http://www.ti.com/lit/an/slva477b/slva477b.pdf>

Dong, C. K. Tse and S. Y. R. Hui, "Basic circuit theoretic considerations of LED driving: Voltage-source versus current-source driving," *2016 IEEE 2nd Annual Southern Power Electronics Conference (SPEC)*, Auckland, 2016, pp. 1-6.