



CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



SISTEMA DE COMUNICACIÓN BIDIRECCIONAL UTILIZANDO LUZ VISIBLE

Lucas I. Cukla

Alumno de Proyecto y Diseño Electrónico, Facultad de Ingeniería
lucascukla1994@gmail.com

José N. Koziuk

Alumno de Proyecto y Diseño Electrónico, Facultad de Ingeniería
jnkoziuk@gmail.com

Ricardo A. Korpys

Profesor de Proyecto y Diseño Electrónico, Facultad de Ingeniería
korpys@fio.unam.edu.ar

Resumen. *En la primera sección, se da una breve contextualización y estado del arte de la iluminación en la actualidad y de la implementación de la tecnología LED en la misma. Además, se justifica el uso de la comunicación por luz visible. En la sección siguiente se aborda la problemática fundamental, que consiste en la transmisión de información a través de luz. Se propone y explica un método para solventar esto, partiendo de la bibliografía consultada. Luego, se muestran los resultados experimentales obtenidos a partir de lo planteado en la sección anterior. Finalmente, se analiza uno de los métodos de sincronismo propuestos por la bibliografía. Se concluye que el sistema propuesto es viable para comunicación a distancias del orden de los centímetros.*

Palabras clave: LED. Comunicación por luz visible.

1. INTRODUCCIÓN

La iluminación de estado sólido a través de dispositivos LED ha cambiado el paradigma de la iluminación tradicional. En la actualidad, las lámparas incandescentes y

fluorescentes están siendo rápidamente reemplazadas por lámparas con tecnología LED. Esto se debe a las considerables ventajas que esta tecnología presenta frente a las técnicas de iluminación clásicas. Entre ellas, se destaca la alta eficiencia energética, la cual ronda los 113 lumens/watt y se estima que llegará a los 200 lumens/watt para el 2020, mientras que las lámparas convencionales incandescentes y fluorescentes tienen una eficiencia de 15 y 60 lumens/watt respectivamente. De forma similar, su vida útil ronda entre 25.000 y 50.000 horas, mientras que, en las lámparas fluorescentes, este parámetro ronda las 10.000 horas. Además, las lámparas LED presentan baja generación de calor incluso al funcionar durante largos periodos de tiempo, y carecen de compuestos dañinos para el medio ambiente, y es por cuestiones como esta por las que se espera que cerca del 75% de toda la iluminación utilizada a nivel mundial sea de tipo LED para el año 2030, según lo expuesto por el departamento de energía de los Estados Unidos en [1].

Además de las citadas anteriormente, los LED presentan una propiedad que resulta de sumo interés para nuestro estudio: la

intensidad de luz puede variarse de forma considerablemente rápida. Esta funcionalidad ha abierto la puerta a un nuevo tipo de tecnología de comunicación, que presenta altas tasas de transferencia de datos: la comunicación por luz visible (VLC).

La porción del espectro actualmente utilizada en las comunicaciones, denominado espectro de radiofrecuencias (*RF*) es cada día más utilizado. Esto representa un problema a largo plazo para las comunicaciones, debido a que la capacidad del mismo para transportar información es limitada.

El autor Pathak explica en su artículo del año 2015 [2] como la comunicación por luz visible viene a proponer una solución a este inconveniente, mediante el uso de una porción del espectro que actualmente se encuentre en desuso: El espectro visible, con varios terahertz de ancho de banda disponible.

A continuación, se presentan los avances de proyecto de fin de carrera de ingeniería electrónica, en el cual se propone un sistema de comunicación por luz visible, de topología simple y de bajo costo. En estos se incluyen el marco teórico de este tipo de comunicación, los ensayos de laboratorio realizados para comprender esta temática, y sus correspondientes resultados y conclusiones.

2. METODOLOGÍA

2.1 Comunicación por luz visible

A partir de lo desarrollado por Giustiniano y Tippenhauer en [3], se procedió a reproducir su metodología y aplicarla para familiarizar el fenómeno físico de interés. Este consiste en el uso de un diodo emisor de luz (LED) como emisor, y receptor, para formar un canal de comunicación bidireccional, y permitir la transmisión de datos entre los dispositivos de uso cotidiano usando dicho medio. Un esquema de esto se muestra en la Figura 1.

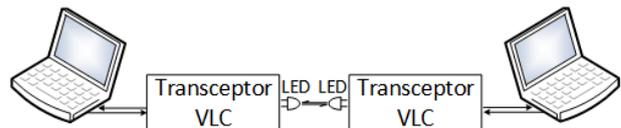


Figura 1: Esquema de comunicación VLC

El LED polarizado en inversa posee en modelo equivalente como el mostrado en la Figura 2, que tiene una corriente de fuga (I_{ph}) debido a que no es un dispositivo ideal, y una capacitancia parásita. Dicha corriente a su vez es directamente proporcional a la luz incidente sobre la unión semiconductor, siempre que esta sea de longitud de onda próxima a la emitida por el dispositivo. Esta corriente, afecta directamente la velocidad con la que se descarga la capacidad intrínseca del LED, lo cual se traduce en un valor de tensión en el capacitor al final del ciclo de descarga relativamente bajo para la presencia de luz, y un valor de tensión relativamente alto para la ausencia de la misma, según se puede apreciar en la Figura 5.

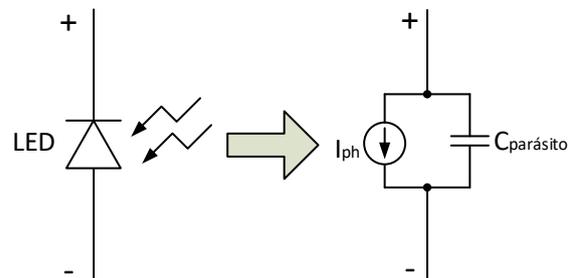


Figura 2: Modelo del LED polarizado en inversa

2.2 Implementación

Con este fenómeno en claro, y definiendo arbitrariamente al estado lógico alto (1) como la presencia de luz, y al estado lógico bajo (0) como la ausencia de la misma, se procedió a replicar los resultados obtenidos por los autores en [3] y [4]. En primer lugar, se proyectó un circuito experimental, cuyos componentes fundamentales son un microcontrolador (μC) de la familia AVR de Atmel en una placa Arduino Nano y un LED de encapsulado transparente de 5 mm y color rojo.



Figura 3: Prototipo

Finalmente se escribió un programa que aproveche los fenómenos descritos para poder detectar la presencia o ausencia de luz.

Dicho programa, en forma simplificada, maneja el flujo de información. Polariza en forma directa el LED para la transmisión, y en forma inversa y alta impedancia (*Hi Z*) para la recepción.

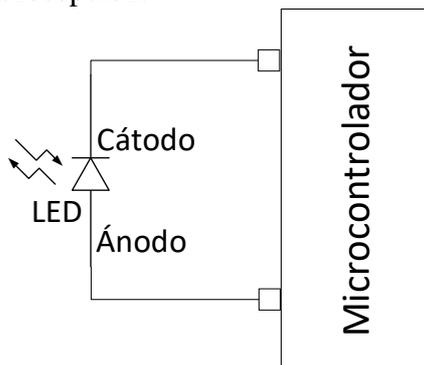


Figura 4: Esquema simplificado del circuito implementado

En la Tabla 1 se puede ver los estados digitales aplicados al LED a través del microcontrolador para realizar la comunicación.

Tabla 1: Estados lógicos digitales aplicados al LED

Ánodo	Cátodo
1	0
0	1
0	Hi Z

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación del circuito de la Figura 2 se realizó en dos placas de prueba

similares a las que se muestran en la Figura 3. Para el ensayo, una de ellas funciona como emisora y la otra como receptora.

Los resultados más importantes obtenidos con un osciloscopio se pueden observar en la Fig 4. Se puede apreciar la variación de la pendiente de descarga de la capacitancia intrínseca del LED, producto de la presencia o la falta de luz incidente sobre el mismo. Es evidente que el estado de carga final de esta capacitancia se ve afectado por la luz. Además, la sensibilidad de esta respuesta varía considerablemente con la distancia.

Para una distancia de 1 cm, la descarga es mucho más pronunciada y la tensión final es significativamente menor que en el caso de una distancia de 8 cm. Sin embargo, en ambos casos hay una diferencia apreciable entre los estados alto y bajo, y es posible detectarla.

4. MÉTODO DE SINCRONISMO PROPUESTO

Para llevar a cabo el sincronismo entre dos o más estaciones se transmite un patrón inactivo, que es el que se muestra en la Figura 6.

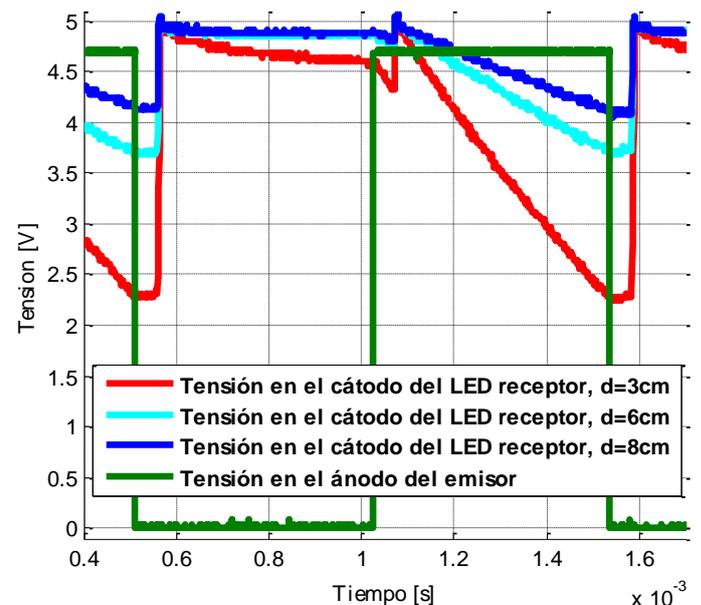


Figura 5: Resultados experimentales

Mientras no se transmiten mensajes se emite este patrón de tal forma que las

estaciones estén sincronizadas, el método en que se lleva a cabo el sincronismo se describe a continuación.

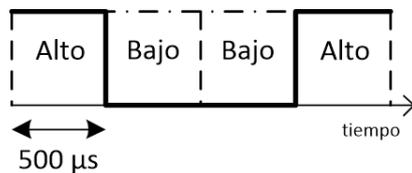


Figura 6: Patrón inactivo.

Mientras las estaciones no estén sincronizadas no se envía ni recibe información, pues pueden solaparse los altos y bajos del patrón inactivo de las diferentes estaciones, como se ve en la Figura 7. Sin embargo, la capa física sigue realizando el sensado del canal, cuyas mediciones son procesadas de la siguiente forma: si la primera muestra m_n es mayor a la segunda m_{n+1} , la ventana de muestreo se debe correr a la izquierda, en cambio si $m_n < m_{n+1}$, la ventana de muestreo debe correrse a la derecha. El corrimiento debe ser proporcional al valor absoluto de la diferencia entre muestras, de esta forma, repitiendo el proceso de corrimiento de la ventana sucesivas veces se llega al sincronismo.

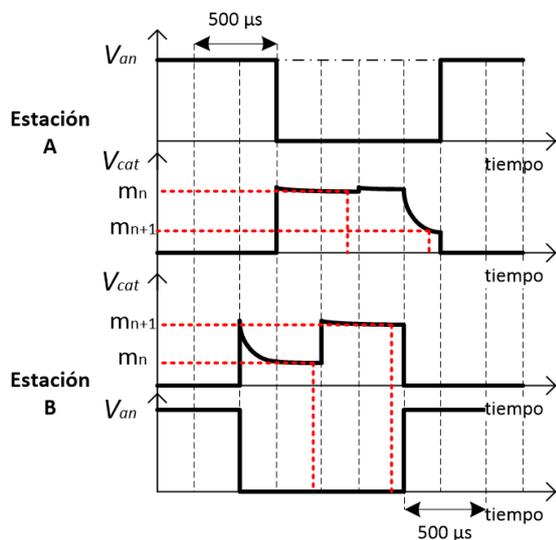


Figura 7: Esquema de proceso de sincronización de dos estaciones.

5. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se pudo verificar lo visto en la literatura. Se puede afirmar que es factible realizar una

comunicación por luz visible utilizando dispositivos LED convencionales y microcontroladores, permitiendo así la obtención de circuitos sencillos y de bajo costo, tanto para la emisión como para la recepción de información.

Esta tecnología se puede utilizar para la comunicación inalámbrica e interacción de dispositivos de uso cotidiano, tales como electrodomésticos o juguetes [3]. Además, ofrece aislación galvánica debido a la naturaleza óptica de la misma, la cual es una característica muy útil en sistemas de electrónica de potencia.

En cuanto a los tiempos de respuesta y las distancias ensayadas, se puede concluir que hasta una distancia de 8 cm es posible detectar la información binaria, permitiendo así definir los rangos de distancia apropiados para realizar la comunicación.

6. REFERENCIAS

- [1] United States Department of Energy. "Energy Savings Forecast of Solid-State Lighting in General Illumination Applications". [Online]. Available: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/energysavingsforecast14.pdf>
- [2] Pathak, P. H.; Feng, X.; Hu, P. & Mohapatra, P. (2015). "Visible Light Communication, Networking and Sensing: A Survey, Potential and Challenges". *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. (Vol 17, Issue:4, Fourthquarter 2015, páginas 2047 – 2077)
- [3] Giustiniano D., Tippenhauer N. O. & Mangold S. (2012). "Low-complexity Visible Light Networking with LED-to-LED communication". *IFIP Wireless Days*
- [4] Schmid S., Corbellini G., Mangold S. & Gross T. (2012). "An LED-to-LED Visible Light Communication System with Software-Based Synchronization". *2012 IEEE Globecom Workshops, Anaheim, CA, 2012, pp. 1264-1268*.