



# JIDeTEV

Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico  
Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción



JIDeTEV – Año 2022 – ISSN 2591-4219

## Sistema de Control Inalámbrico de Luminarias mediante Radiofrecuencia

Sabrina D. Pryszczuk <sup>a \*</sup>, Damián A. Frank <sup>b</sup>, Gerardo M. Iurinic <sup>c</sup>, Ricardo A. Korpys <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>b</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>c</sup> GIDE, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>d</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: [sabrinadaianap@gmail.com](mailto:sabrinadaianap@gmail.com), [frankdamian3095@gmail.com](mailto:frankdamian3095@gmail.com), [gerardo\\_m\\_iurinic@hotmail.com](mailto:gerardo_m_iurinic@hotmail.com),  
[korpys@fio.unam.edu.ar](mailto:korpys@fio.unam.edu.ar)

---

### Resumen

Este proyecto se realiza dentro del marco de la asignatura “Proyecto y Diseño Electrónico” de la carrera de Ingeniería Electrónica. El mismo surge de la problemática existente en locales de grandes dimensiones al instalar un número importante de luminarias. Para accionar las mismas se requiere una gran cantidad de cable de cobre para suministrar la tensión de alimentación desde un interruptor hasta la lámpara en cuestión. La solución planteada consiste en poder accionar las luminarias de manera inalámbrica, y así reducir dicha cantidad de cables. Esta solución se basa específicamente en utilizar radiofrecuencia como medio de comunicación entre un tablero principal y las luminarias, para ello se emplean los módulos CC1101 con modulación 2FSK a una frecuencia de 868 MHz.

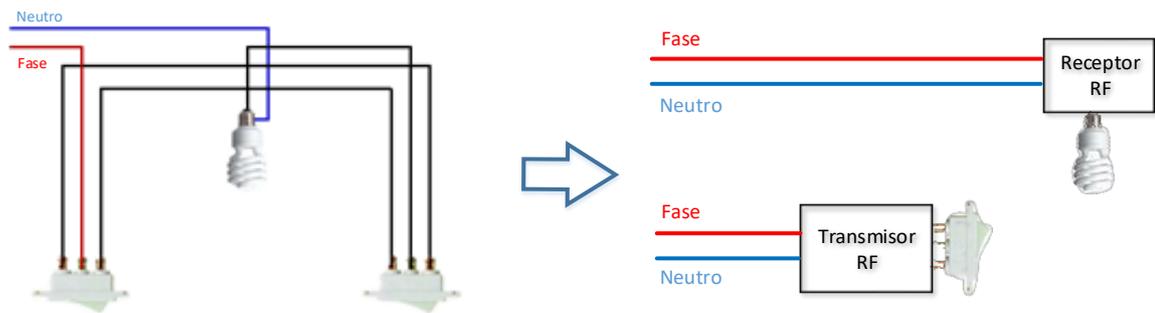
**Palabras Clave** – radiofrecuencia, luminarias, comunicación inalámbrica

### 1 Introducción

Este proyecto se realiza dentro del marco de la asignatura “Proyecto y Diseño Electrónico” de la carrera de Ingeniería Electrónica. El mismo surge al considerar la situación de locales de gran superficie y altura, que poseen iluminación mediante lámparas en su interior. Con el fin de mantener un buen nivel de iluminación distribuida, se requiere una cantidad considerable de luminarias, las cuales se energizan mediante corriente alterna de 220 V y 50 Hz. Para el accionamiento de estas luminarias, son necesarios varios metros de cables de cobre denominados “hilos de lámpara” que se encargan de suministrar la tensión de alimentación desde el interruptor hasta la lámpara, lo cual implica un alto costo económico. A su vez, si se requiere reemplazar alguno de estos conductores o si se desea añadir luminarias a la instalación, se deben realizar primeramente perforaciones en las paredes del local, lo que lo vuelve un proceso bastante complejo.

Para estas problemáticas, se plantea como solución eliminar los denominados “hilos de lámpara” realizando el accionamiento de las luminarias de manera inalámbrica, en este caso específicamente a través de radiofrecuencia (RF).

En la Figura 1, se puede observar la diferencia en la cantidad de conductores utilizados en el sistema cableado que se suele utilizar (a) y el sistema propuesto como solución (b).



**Figura 1: a) Sistema cableado utilizando un interruptor de dos puntos. b) Diagrama del sistema propuesto como solución.**

## 2 Proyecto

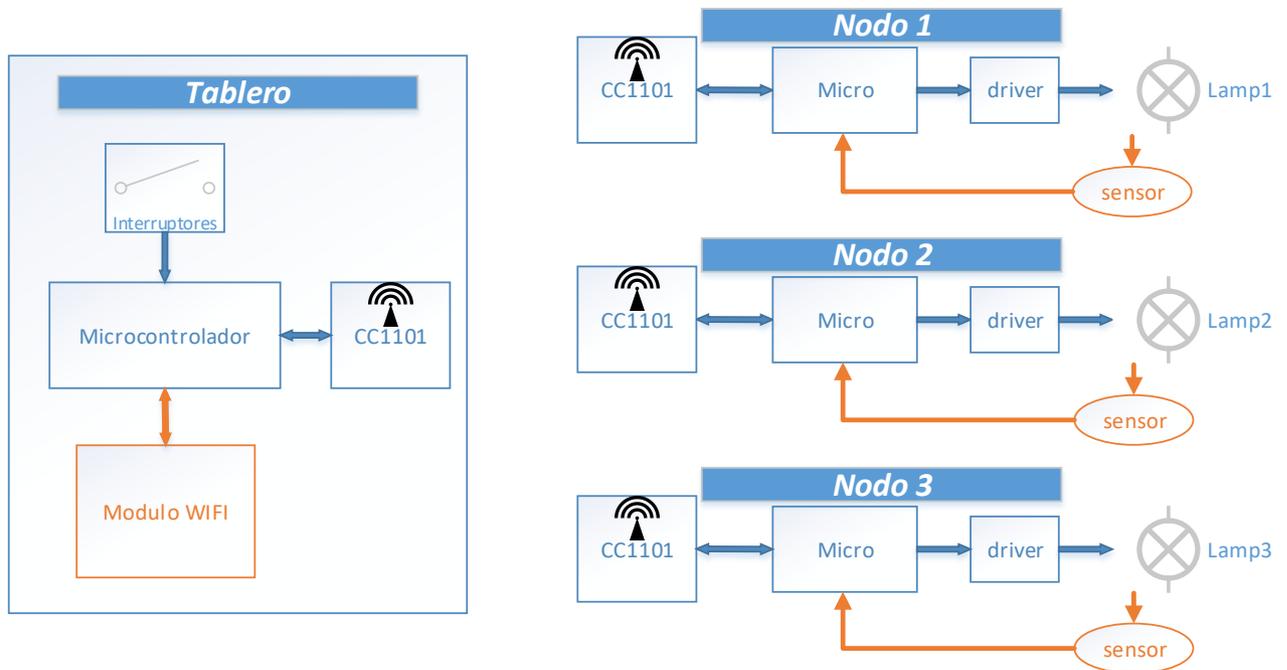
### 2.1 Objetivos

El objetivo general del proyecto consiste en el diseño e implementación de un sistema de comunicación por radiofrecuencia, entre un tablero y varios nodos para el accionamiento de luminarias. Para así eliminar la conexión por cables de cobre entre interruptor y lámpara, obteniendo así un enlace más económico.

Además, el tablero principal tendrá acceso a la red WIFI, para permitir que los usuarios realicen el accionamiento de las luminarias a distancia a través de una aplicación en un dispositivo móvil.

Como objetivo secundario se pretende añadir a los nodos un método de detección de fallas en las luminarias que notifique las mismas al tablero principal.

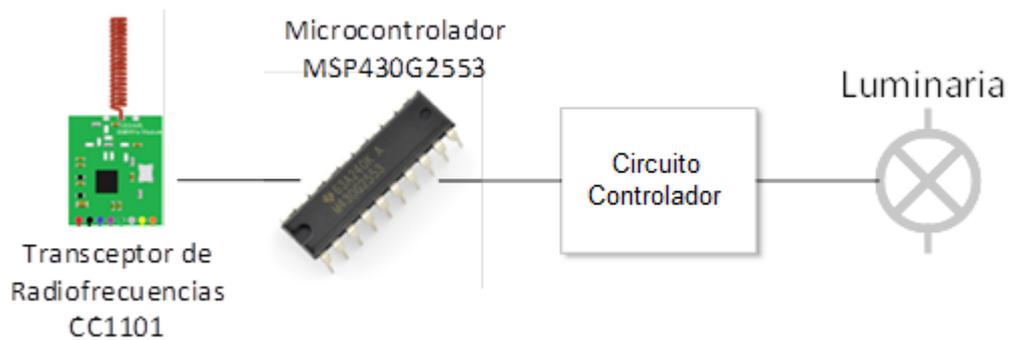
A continuación, se presenta el diagrama básico del proyecto (Figura 2), con el cual se pretende demostrar el funcionamiento del sistema.



**Figura 2: Diagrama del proyecto**

## 2.2 Esquema del proyecto

A continuación, en la Figura 3 y en la Figura 4, se presentan los esquemas y componentes específicos de los nodos y del tablero, respectivamente.



**Figura 3: Esquema de conexión Nodo.**



**Figura 4: Esquema de conexión Tablero.**

Como se puede observar, para la comunicación inalámbrica entre el tablero y los nodos se utiliza el módulo transceptor de radiofrecuencias “CC1101” de Texas Instruments. Este módulo es de bajo costo y está diseñado para aplicaciones de muy bajo consumo energético.

A su vez, en cada nodo se utiliza un microcontrolador “MSP430G2553”, también de Texas Instruments, igualmente diseñado para muy bajo consumo. Este microcontrolador controla el módulo de RF y comanda a un circuito *driver* o controlador que permite la alimentación de las lámparas. Se optó por este microcontrolador debido a que está desarrollado por el mismo fabricante del módulo CC1101 y dicho fabricante brinda herramientas de software para poder configurar y realizar la conexión de ambos componentes.

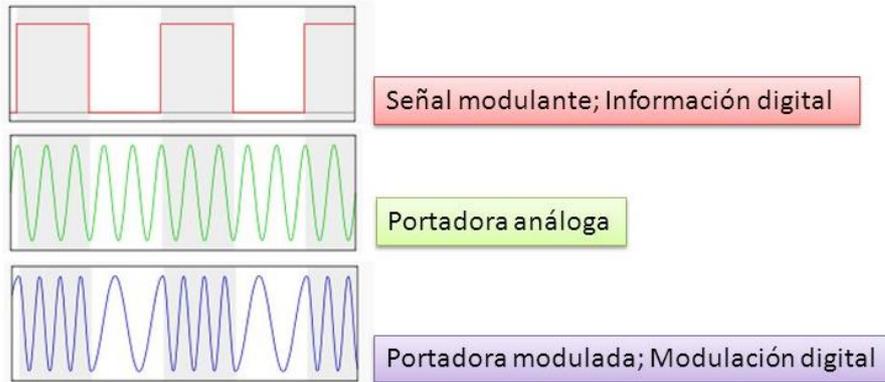
Por otro lado, en el tablero principal se utiliza un módulo “NodeMCU-32s” el cual posee un microcontrolador “ESP-32s” e integra módulos de WiFi y Bluetooth. A este microcontrolador se conectan los interruptores destinados al accionamiento de las luminarias y, además, algunos indicadores LEDs que sirven para corroborar el estado de la conexión WiFi, la conexión con el transceptor, y si se envía la señal a la luminaria correcta.

## 2.3 Comunicaciones

### 2.3.1 Comunicación por radiofrecuencia entre módulos

La comunicación entre los módulos CC1101 se realiza a través de 2FSK (modulación por desplazamiento de frecuencia) a una frecuencia de 868 MHz, la cual es una banda libre en Argentina.

FSK es una modulación de frecuencia donde la señal moduladora varía su frecuencia de acuerdo con las entradas digitales de banda base (0 y 1). Los valores de frecuencia que toma son próximos a la frecuencia de la señal portadora, mientras que la amplitud permanece constante (Figura 5).

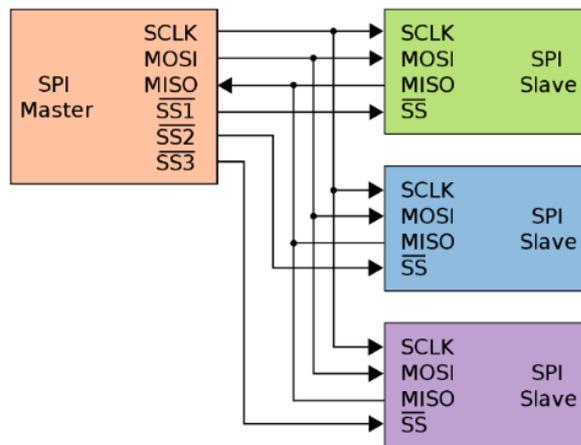


**Figura 5: Diagrama señales FSK.**

Esta modulación es muy utilizada debido a su inmunidad al ruido, ya que es una técnica de modulación digital en la que diferentes frecuencias representan diferentes datos binarios digitales.

### 2.3.2 Comunicación entre microcontroladores y transceptor RF

La comunicación entre los microcontroladores y los transceptores de RF se realiza a través del protocolo SPI. El bus de interfaz de periféricos serie o bus SPI (del inglés “*Serial Peripheral Interface*”), cuyo diagrama se muestra en la Figura 6, es un estándar de comunicaciones, usado para la transferencia de información. Es un tipo de comunicación síncrona porque requiere sincronización con una señal de reloj y permite el flujo de bits serie.



**Figura 6: Bus SPI.**

Se utiliza una arquitectura “*master – slave*” (maestro – esclavo), donde solo un maestro permite la comunicación con varios esclavos. Esta comunicación es *full dúplex*, ya que permite la transferencia de datos en ambos sentidos al mismo tiempo.

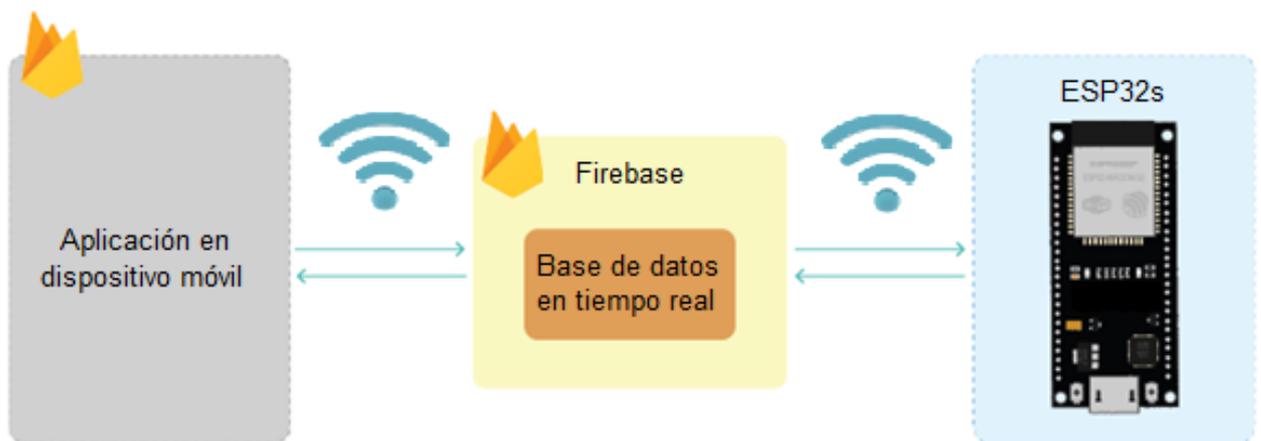
### 2.3.3 Comunicación entre el tablero principal y la aplicación para dispositivos móviles

Para que los usuarios puedan accionar las luminarias a distancia a través de una aplicación en un dispositivo móvil, el tablero principal a través del módulo NodeMCU-32s se conecta a la red WiFi del local. Una vez establecida la conexión WiFi, el microcontrolador se conecta con una base de datos en tiempo real. Ésta posee almacenados los estados actuales (encendido o apagado) de cada luminaria.

La aplicación para dispositivos móviles también está conectada con la misma base de datos. Por lo tanto, al presionar los interruptores del tablero principal o al accionar las lámparas desde la aplicación, se cambia el estado almacenado en la base de datos. Según dicho estado, a través del módulo transceptor RF, el microcontrolador del tablero envía la señal correspondiente a los nodos.

En este caso, se optó por utilizar la base de datos en tiempo real que ofrece la plataforma *Firebase* dentro de sus productos para el desarrollo de aplicaciones. Ésta presenta las ventajas de enviar datos actualizados en cuestión de segundos a los dispositivos conectados, además de que cuenta con normas de seguridad con las que se puede especificar quiénes tendrán permitido el acceso a dichos datos.

En la Figura 7 se presenta el diagrama de comunicación entre los elementos mencionados.



**Figura 7: Diagrama de comunicación entre el microcontrolador del tablero principal y la aplicación para dispositivos móviles**

#### *2.4 Alimentación de los módulos*

Para la alimentación del tablero se pretende emplear un conversor de 220 V AC a 5 V DC, y así obtener la alimentación requerida para el módulo RF y el microcontrolador.

Para el caso de los nodos se tienen dos alternativas:

- La primera consta de instalar un sistema de pilas o baterías para obtener una tensión de 3 V necesaria para alimentar el microcontrolador y el módulo transceptor RF. Esta alternativa es la más rentable económicamente hablando, ya que tanto el módulo como el microcontrolador están diseñados para operar con un ultra bajo consumo de energía, por lo tanto, las baterías tendrían una larga duración. Sin embargo, para poder implementar esta alternativa, el sistema deberá contar con un método de fácil acceso a las baterías para efectuar el reemplazo cuando se requiera.
- La segunda alternativa consta de implementar un conversor al igual que el circuito del tablero. Esto ofrece la ventaja de una alimentación continua, es decir, que no requiere el reemplazo de baterías periódicamente. Sin embargo, económicamente no es lo más rentable, ya que se debe implementar un transformador en cada nodo y éstos suelen tener costos elevados.

#### *2.5 Circuito Controlador*

Para el diseño del circuito controlador, el cual permite accionar las luminarias con su respectiva alimentación de 220 V, se tienen planteadas tres alternativas:

- SSR (relés de estado sólido): Con esta alternativa, se pretende accionar con el microcontrolador un relé de estado sólido que permite entradas de DC y pequeñas corrientes para permitir el paso de corrientes mayores a la salida, además de realizar un aislamiento del circuito de DC del circuito de AC, ya que estos dispositivos conforman un optoacoplador.
- Triac: En este caso, se busca implementar un circuito más sencillo que consta de enviar una señal de disparo desde el microcontrolador a un triac para permitir la alimentación de las lámparas.
- Relés biestables: Con esta opción, al igual que con la opción anterior, se pretende lograr un menor consumo de energía utilizando un relé biestable. Este dispositivo, a diferencia de la versión monoestable, se caracteriza por mantener un estado de excitación (o desexcitación) hasta que se interrumpe por una señal de cambio. Dicha señal de cambio es la que enviaría el microcontrolador del nodo y es una señal de corta duración. De esta forma, se evita que el microcontrolador deba mantener la señal de excitación del relé hasta que el usuario decida apagar la lámpara, lo que consumiría demasiada energía.

## 2.6 Software

El desarrollo del software del microcontrolador del tablero (ESP-32s) se realiza en el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino, debido a que este presenta varias herramientas que simplifican la programación.

La programación de los microcontroladores de los nodos (MSP430G2553) se realiza utilizando el lenguaje C++ y se emplea el entorno de desarrollo CCS (“Code Composer Studio”) de Texas Instruments, este es un entorno de desarrollo para programar microcontroladores de esta empresa, facilitando así varias librerías para la programación.

## 3 Conclusiones

El proyecto todavía no se encuentra concluido ya que la asignatura “Proyecto y Diseño Electrónico” es anual. Todavía resta realizar el armado del prototipo completo y los correspondientes ensayos de hardware y software. Aunque ya se realizaron ensayos de las partes individuales del sistema.

Con lo obtenido hasta el momento, la solución propuesta es rentable económicamente y no muy complicada de implementar. Además, cabe destacar la disponibilidad en el mercado nacional de todos los componentes utilizados.

## 4 Agradecimientos

Agradecemos al Ing. Ricardo A. Korpys quien es el responsable de la asignatura “Proyecto y Diseño Electrónico” y al Ing. Gerardo M. Iurinic quien es el tutor de este proyecto, por contribuir con su tiempo para aportar conocimientos y sugerencias.

## 5 Referencias bibliográficas

- [1] Texas Instruments, “CC1101 Low-power Sub-1 GHz RF Transceiver Datasheet,” Rev. I, 05 de noviembre, 2013. [Online]. Disponible: <http://www.ti.com/product/CC1101>
- [2] Texas Instruments, “MSP430G2x53, MSP430G2x13 Mixed Signal Microcontroller Datasheet”, Rev. J, 16 de mayo, 2013. [Online]. Disponible: <http://www.ti.com/product/MSP430G2553>
- [3] AI-Thinker, “NODEMCU-32s Datasheet”, version V1, 2019. [Online]. Disponible: [http://www.docs.ai-thinker.com/en/esp32/boards/nodemcu\\_32s](http://www.docs.ai-thinker.com/en/esp32/boards/nodemcu_32s)
- [4] Kennedy, G.; Davis, B., “Electronic Communication Systems”, 4th ed., McGraw-Hill International, 1992, p. 509.
- [5] Kalinsky, D.; Kalinsky, R., “Introduction to Serial Peripheral Interface”, in “Embedded Systems Design”, 02 de enero, 2002. [Online]. Disponible: <http://www.embedded.com/showArticle.jhtml?articleID=9900483>