

Sistema de transmisión de datos por red eléctrica mediante módulo KQ330 para aplicaciones domóticas

Barrera, E.; Hernández Pérez, R.

Información del Artículo	Resumen
Recibido: 02-feb-2025 Aceptado: 28-jun-2025	Este trabajo se centra en el diseño de un sistema de comunicaciones para aplicaciones domóticas basado en el módulo KQ330. Este es un módulo de comunicaciones PLC (Power Line Carrier) diseñado para comunicar dispositivos usando la línea eléctrica sin necesidad de componentes adicionales. El sistema de transmisión de datos consiste en módulos KQ330 conectados a microcontroladores que generan los datos a transmitir. El sistema se presenta como una base domótica con sensores y actuadores que puedan generar el monitoreo y control de dispositivos domóticos usando como medio de transmisión de datos la instalación eléctrica de un edificio.
Palabras clave: Power Line Carrier Communications, Domótica, Microcontrolador, Comunicaciones PLC	

1. Introducción

Cuando se habla sistemas de transmisión de datos en redes domóticas, generalmente se piensa en sistemas basados en comunicaciones inalámbricas como Bluetooth o WiFi o en sistemas que utilizan un cable exclusivo para la comunicación; pocas veces se recuerda que los edificios disponen de un cableado que provee de energía eléctrica y que puede ser utilizada también para transmisión de datos.

La comunicación por Power Line Carrier (PLC) es una forma de comunicación específica de los sistemas de energía. Se refiere a la tecnología que utiliza las líneas eléctricas existentes para transmitir señal digital analógica a través de un portador a altas velocidades [1].

El principio de PLC consiste en la superposición de una señal de alta frecuencia (de 1,6 a 30 MHz) con bajos niveles de energía sobre la señal de la red eléctrica de 60 Hz, esta segunda señal se puede recibir y decodificar por cualquier receptor conectado en la misma red eléctrica [2].

La ventaja más importante de esta técnica es que no requiere instalación de un cableado exclusivo y con esto disminuye el costo de instalación [3]. Las aplicaciones más comunes para comunicaciones PLC son en el área de casas inteligentes e industria inteligente [4].

Por otro lado, los dispositivos domóticos que se conectan a una red WiFi pueden llegar a saturar el canal de transmisión inalámbrico. Este canal puede ser también interferido por una serie de elementos transmiten en la banda de 2.4 Ghz como teléfonos inalámbricos y dispositivos bluetooth, generando bajas velocidades en la transmisión y recepción de datos que, si bien esto no afecta al desempeño de los dispositivos domóticos, si puede afectar a dispositivos de video, audio y datos que requieren de altas velocidades de transmisión.

Bajo esta perspectiva, la conexión de dispositivos inteligentes domóticos mediante la red eléctrica utilizando comunicaciones PLC presenta una excelente opción para el desarrollo de plataformas para la domótica e Internet de las Cosas (IoT).

2. Metodología

La estructura del trabajo consiste en dos microcontroladores que estarán intercambiando información usando como medio de comunicación la red eléctrica, el objetivo es el monitoreo de temperatura y control de velocidad de un motor de corriente directa. La información de la temperatura se visualiza mediante un display de cristal líquido (LCD) en un extremo y el uso de un sensor de temperatura en el otro extremo; la velocidad del motor se controlará mediante un potenciómetro conectado en un extremo y un motor de CD en el otro extremo. Los microcontroladores estarán conectados a los módulos KQ330 y estos a su vez llevarán a cabo la transmisión y recepción de datos a través de la red eléctrica (Figura 1).

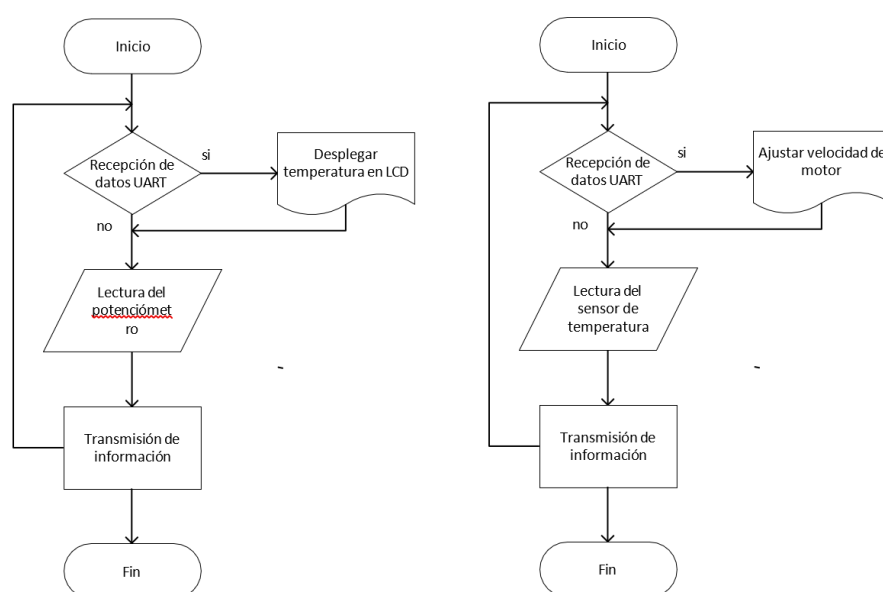


Figura 1: Esquema del sistema

El módulo KQ330

El módulo KQ330 es capaz de transmitir y recibir datos a través de la red eléctrica. El módulo consiste en una placa de 9 pines (Figura 2) que contiene un modulador/demodulador, así como los elementos necesarios para realizar esta tarea y una interfaz serial asíncrona a nivel TTL para comunicación de datos digitales.

La siguiente tabla indica la conexión de los pines del módulo KQ330:

Para transmitir datos por el módulo, la interfaz serial debe recibir los datos que se desean transmitir por el pin RX, estos datos se modulan en la portadora, siendo la portadora una señal senoidal de rango de voltaje 110/220 VCA a frecuencia 50~60 hz, La señal resultante se envía por los pines AC mediante una conexión a través de la red eléctrica y esta señal estará disponible para cualquier receptor que se encuentre conectado en la red.

En la recepción se toma la señal de la red eléctrica y se demodula, es decir, se separa la señal que viene montada en la senoidal de 110/220 VAC a 50~60 hz, esa señal separada se envía a través del pin TX hacia el controlador para procesar la información.



Figura 2: Módulo KQ330 (Fuente: Datasheet del fabricante, <https://uamper.com/products/datasheet/KQ330.pdf>)

Tabla 1: Conexiones del módulo KQ330

PIN	Información del PIN	Conexión
1	110/220 VCA	110 VCA de la red eléctrica (fase o neutral)
2	110/220 VCA	110 VCA de la red eléctrica (fase o neutral)
3	+5V Energía de transmisión (260 mA)	+5 VCD del circuito o fuente externa
4	GND Tierra del circuito	Tierra del circuito
5	+5V Energía de trabajo (11mA)	+5 VCD del circuito o fuente externa
6	RX nivel TTL de recepción de datos	TX del controlador
7	TX nivel TTL de transmisión de datos	RX del controlador
8	MODE Selección del modo de transmisión	Tierra
9	NC/RST Pin de reseteo	Sin conexión

Existen dos modos de transmisión/recepción de acuerdo con el valor del pin MODE del módulo:

Modo Carga Útil Fija (pin Mode = 0/GND)

En este modo, cuando el controlador está en reposo, no se genera ningún envío de información hacia los módulos conectados en la red eléctrica. La transmisión de información debe ser de un número definido de bytes, el primer byte transmitido indica el número de bytes que le seguirán hasta máximo 250 bytes, la figura muestra un ejemplo de este modo de transmisión.

No. de byte	1	2	3	4	5
Valor:	4	72	111	108	97

En el ejemplo se observa que el primer byte tiene el número 4 como valor, esto indica a los receptores que la carga útil abarca del byte 2 al 5, siendo en total 4 bytes de información útil recibida. En este ejemplo, la carga útil corresponde de acuerdo con el código ASCII a la palabra “Hola”.

En este modo se pueden presentar dos errores. El primer caso es cuando la carga útil transmitida sea menor a la indicada por el primer byte. En este caso, el receptor toma datos basura generados por el ruido presente en el medio para completar los bytes faltantes.

El segundo caso es cuando la carga útil transmitida es mayor al número indicado por el primer byte. En este caso, los bytes extras se ignoran por el receptor y se pierden.

Modo Carga Útil Continua (pin Mode = 1/flotado)

Cuando el pin MODE se deja flotado o se conecta a 5V el módulo opera en modo de transmisión continua. En este modo, el receptor lee de manera continua el medio, generando así la recepción de datos basura aun cuando el transmisor se encuentre en reposo. Para la correcta operación en este modo es necesaria la transmisión de un preámbulo para indicar al receptor cuando inicia la transmisión de datos útiles. No existe un esquema o modelo fijo para este preámbulo, lo importante es establecer un protocolo de tal modo que se identifique claramente el inicio y el final de la transmisión de bytes con información. Se muestra un ejemplo de transmisión en este modo.

No. de byte	N/A	N/A	1	2	3	4	5	6	7	8	N/A	N/A
Valor:	254	234	80	80	80	4	72	111	108	97	232	214

En el ejemplo los bytes marcados con N/A son datos basura, los bytes 1 al 8 son datos transmitidos. Estos datos inician con los 3 bytes de preámbulo: 80, 80, 80 y así es como se indica el inicio de transmisión de datos válidos. Enseguida se transmite el número de carga útil, en este ejemplo es de 4. Y finalmente los 4 bytes de información que corresponden, de acuerdo con el código ASCII, a la palabra “Hola”.

En este ejemplo se establecen 3 bytes de preámbulo de valor 80, sin embargo, es importante recordar que puede ser distinto de acuerdo con las necesidades o conveniencia del sistema.

Interfaz UART

La comunicación entre el microcontrolador y el módulo KQ330 se realiza mediante el protocolo UART con la siguiente configuración:

- Tasa de transferencia: 9600 bps
- Tamaño de palabra: 8 bits
- Bits de parada: 1 bit
- Paridad: Sin paridad
- Control de flujo: Sin control

Cabe señalar que el módulo KQ330 está configurado con estos valores y que solamente se debe configurar el microcontrolador con estos parámetros.

Programación

El sistema consiste en un extremo que realiza la función de monitoreo y control, el otro extremo tiene la función de adquirir y actuar. La Figura 3 muestra la forma de operación de los microcontroladores.

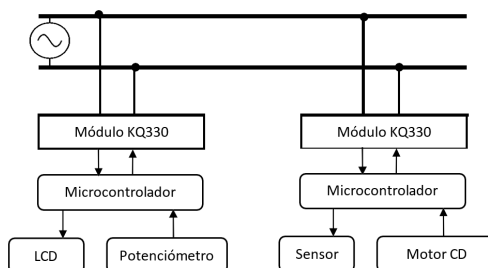


Figura 3: Diagramas de flujo del programa en los microcontroladores

3. Resultados

Se realizó la programación y conexión de los microcontroladores con los dispositivos y el módulo KQ330 como se muestra en la Figura 4.

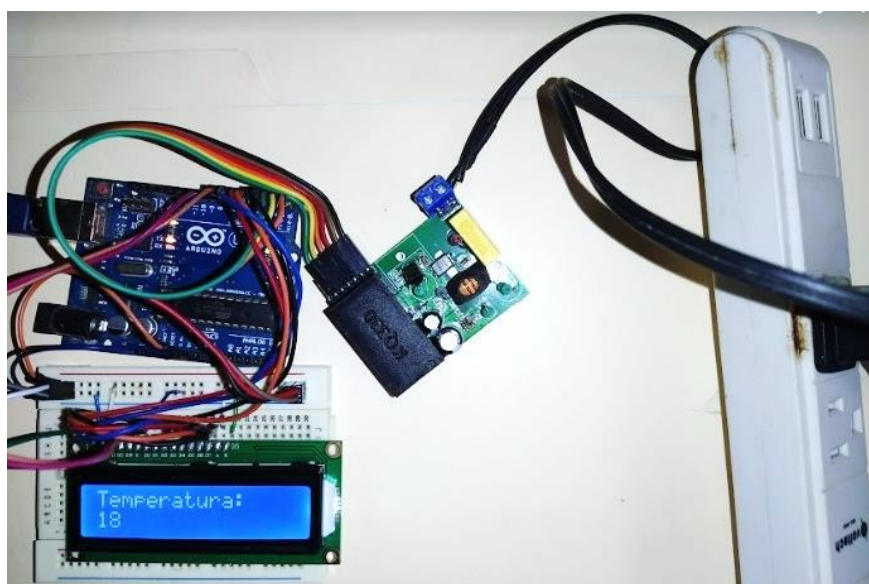


Figura 4: Conexión física del microcontrolador y módulo KQ330

En la figura se observa uno de los extremos del sistema conectado a la red eléctrica con un display marcando la temperatura registrada por el otro extremo del sistema que se encuentra en una conexión distinta de la red eléctrica.

Transmisión de señales

La comunicación entre el microcontrolador y el módulo KQ330 se realiza mediante la interfaz UART. La Figura 5 muestra la captura de un paquete de información del módulo

UART que sale del microcontrolador hacia el módulo KQ330 para ser modulado y enviado por la red eléctrica. La señal se capturó usando un osciloscopio portátil Fluke 125B.

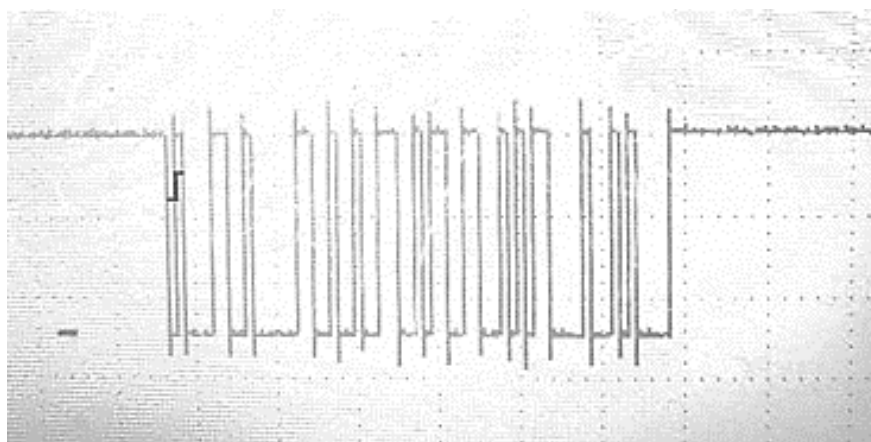


Figura 5: Comunicación entre microcontrolador y módulo KQ330

La señal de salida del módulo KQ330 se muestra en la Figura 6, en apariencia es una señal senoidal normal de 120 VAC y 60 Hz.

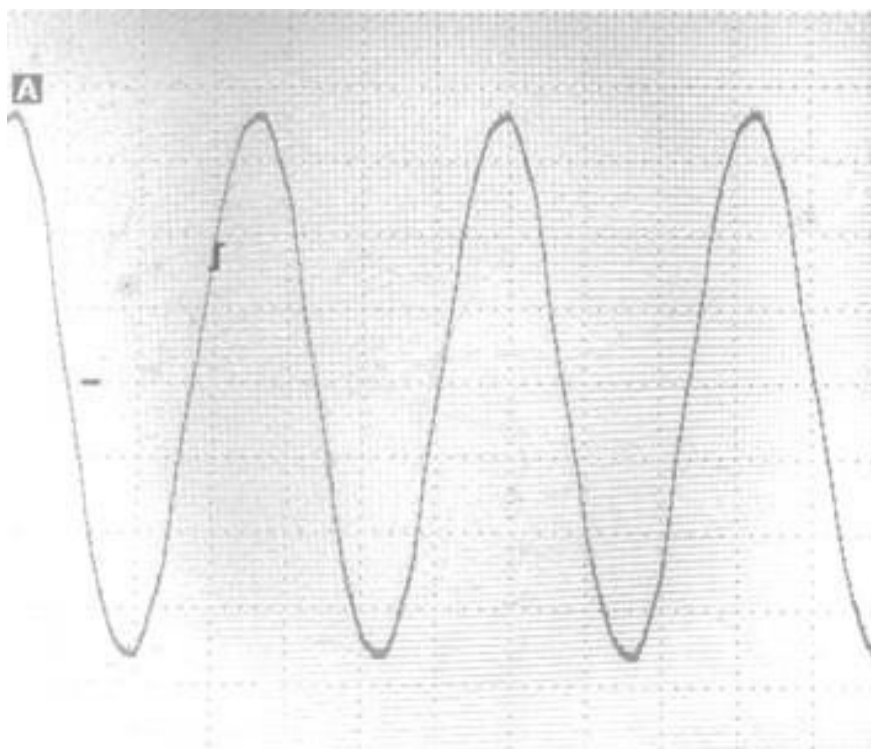


Figura 6: Señal de salida del módulo KQ330

Al realizar un acercamiento en tiempo y amplitud de la señal senoidal (Figura 7), se observa la señal modulada que viaja por la red eléctrica.

Velocidad de transmisión

Es importante señalar que, aunque el microcontrolador y el módulo KQ330 se comunican a velocidad de 9600 bps, la velocidad de transmisión PLC por la red eléctrica marcada

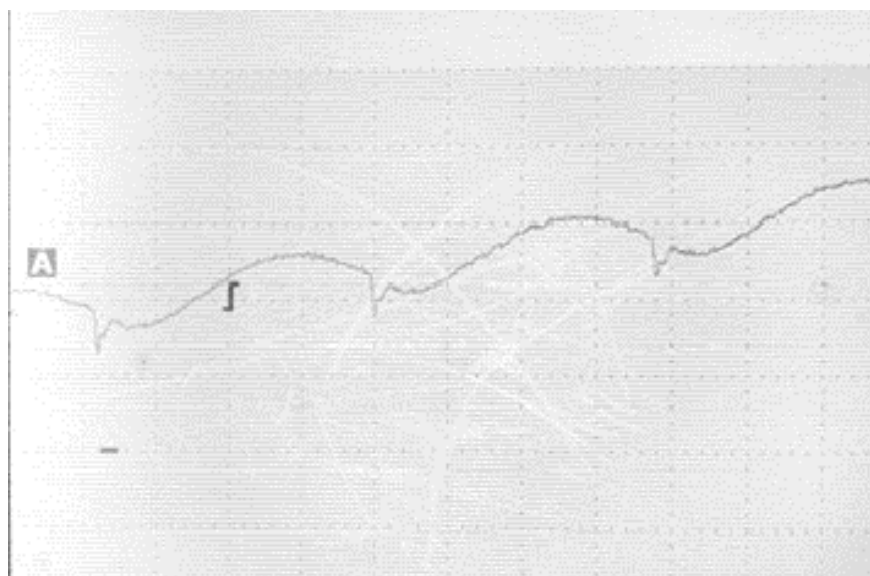


Figura 7: Señal modulada

por el fabricante es de 100 bps.

Para realizar pruebas de velocidad de transmisión, se programó el envío de 250 bytes (buffer de transmisor lleno), la transmisión se realizó sin pausas como si se tratase de una palabra de 250 caracteres; se registraron en el receptor los tiempos de llegada de los bits individuales y de los 250 bytes, obteniendo los siguientes resultados:

- Tasa de transferencia: 96 bits/s
- Latencia en un solo sentido: 387 ms
- Tiempo transcurrido para transmisión de 250 bytes: 21.2 s

4. Conclusiones

Las pruebas se han realizado en transmisión en un solo sentido, el modo de transmisión del módulo KQ330 es Half-Duplex. Los resultados indican que la velocidad de transmisión no es lo suficientemente alta como transmitir audio o video, pero si es suficiente para la transmisión de datos entre los dispositivos domóticos. Existe un lapso entre la transmisión y recepción (latencia) de un poco más de una tercera parte de un segundo (387 ms) que podría ser un problema en aplicaciones industriales, pero para aplicaciones domóticas en donde el tiempo de respuesta de un dispositivo no es crítico, no tiene un impacto importante.

La distancia máxima cubierta durante las pruebas para la transmisión de información sin existir errores es de 20 m. Las cargas inductivas, así como los filtros o reguladores de voltaje afectan la integridad de la señal transmitida en la red eléctrica aumentando o disminuyendo la distancia de transmisión efectiva.

El módulo resulta ser una opción económica para la integración de dispositivos domóticos sin necesidad de una fuerte inversión en un cableado exclusivo para estos dispositivos y sin riesgo de saturar el canal WiFi al utilizar dispositivos inalámbricos.

Direcciones de correo de los autores

BARRERA, E.: barrera.eduardo@gmail.com

HERNÁNDEZ PÉREZ, R.: rhp1217@gmail.com

Referencias

- [1] J. Li, J. Chen y A. Fong, «A New Computer Architecture Supporting Object-Oriented Programming,» *International Review on Computers and Software*, vol. 8, págs. 174-179, 2013.
- [2] V. H. Serna, «Comunicaciones a través de la red eléctrica-PLC,» *Comunicaciones: Maxim FRANCE Smart Grid*, págs. 62-65, 2011.
- [3] S. Y. Wang, J. F. Tian y D. R. Jia, «Research into a Wireless Smart Parking System,» *Chemical Engineering Transactions*, vol. 46, págs. 241-246, 2015.
- [4] Q. U. N. Yin y Z. Jianbo, «Design of Power Line Carrier Communication System based on FSK-KQ330 Module,» *Electrotehnica, Electronica, Automatica*, vol. 62, n.º 3, 2014.