

Seguimiento y Control de Consumo Eléctrico para Artefactos del Hogar

Mg. Ing. Gastón Peretti, Ing. Emanuel Bernardi, Leonardo Depetris, Hugo Pipino, Mayco Cervetto
Grupo de Investigación y Desarrollo Electrónico - Departamento de Ingeniería Electrónica
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco
San Francisco, Córdoba, Argentina
gastonperetti@gmail.com, bernardiemanuel@gmail.com, leodepetris@gmail.com, hugopipino@gmail.com,
maycocervetto@gmail.com

Resumen —

El aporte de este proyecto está centrado en la conformación de un sistema no sólo basado en el control, sino que considera también poner a disposición del usuario información relevante sobre consumo de energía en un marco temporal, individualizado hacia cada punto de la red, para estudiar las estrategias de control a implementar en aplicaciones que tengan como metas hacer más eficiente la utilización de la energía en los entornos residenciales.

El trabajo que se expone forma parte de un proyecto final de Ingeniería Electrónica y consiste en el desarrollo de una red de nodos sensores y actuadores configurables que permitan implementar funciones de control y supervisión de consumo energético de artefactos y dispositivos hogareños. Adicionalmente, para brindar el acceso a la información y a la configuración de los nodos, se realiza una aplicación Android, ya que smartphones y tablets son elementos comunes en el ámbito doméstico. Finalizado el desarrollo del sistema y efectuadas las mediciones podríamos concluir que la red de nodos cumple en principio con los objetivos propuestos en cuanto al alcance de la red y exactitud de los valores medidos y se pretende como paso posterior a futuro reducir el tamaño del prototipo realizado.

Palabras clave: *energía eléctrica, medición, control on-off, Bluetooth, aplicación Android.*

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la utilización de la energía eléctrica resulta primordial para lograr realizar gran parte de nuestras actividades; no olvidemos que gracias a la misma tenemos una mejor calidad de vida. Con tan solo oprimir botones obtenemos luz, calor, frío, imágenes y sonidos. Su buena utilización es indispensable y difícilmente nos detenemos a pensar acerca de su importancia y de los beneficios al utilizarla eficientemente.

El ahorro de energía eléctrica es un elemento fundamental para el aprovechamiento de los recursos energéticos; ahorrar equivale a disminuir el consumo de combustibles en la

generación de electricidad evitando también la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera [1].

Se analizó el consumo energético y las posibilidades de una utilización energéticamente eficiente de cada uno de los electrodomésticos en el hogar [2].

- La heladera podría ser el electrodoméstico mayormente utilizado en el hogar debido a la gran cantidad de horas de funcionamiento. Las dimensiones y prestaciones de cada una, determinan el nivel de consumo de energía.
- Los equipos acondicionadores de aire son una porción muy influyente del consumo total de energía, es por ello que debe optimizarse su instalación como así también el tiempo de funcionamiento.
- El lavarropas es el tercer electrodoméstico de mayor consumo energético. Gran parte del porcentaje de energía que se consume, se destina al calentamiento del agua. Por lo tanto, es conveniente que se recurra a programas de temperatura baja.
- Los electrodomésticos que generan calor, como por ejemplo la plancha o el secador de cabello, consumen una cantidad importante de energía (potencias más altas), aunque su utilización es reducida.
- Hornos y cocinas a gas son preferibles a los eléctricos, ya que permiten ahorrar más energía. Por otro lado, la utilización de microondas en lugar del horno eléctrico convencional, resulta en un ahorro de aproximadamente 70% de energía, además de ahorrar tiempo.
- Televisores, equipos de audio e informática (computación y accesorios), conforman una porción importante, están presentes en cada hogar y si bien la potencia consumida es baja, su uso es muy frecuente y prolongado.
- La iluminación es un factor esencial en las necesidades de toda vivienda, e involucra aproximadamente una tercera parte del consumo de electricidad en los hogares. Es por ello que debe aprovecharse al máximo la luz natural.

Por lo explicado, resulta útil poder evaluar el consumo diario de los artefactos conectados, brindando comodidad a la hora

de encender o apagar dispositivos, según sea necesario, colaborando con un menor consumo energético total, dado que al contar con un control remoto (aplicación Android), se pretende eliminar el efecto de posponer tareas relacionadas al control de consumo de energía por parte del usuario y por otro lado, asegurar el correcto funcionamiento del artefacto, por ejemplo, una heladera mal ubicada podría consumir más energía eléctrica de lo expresado en su chapa de especificaciones. También se debe aclarar que este proyecto no involucra por el momento algoritmos automáticos que permitan reducir el consumo de energía en el hogar, pero podrían incorporarse en un proyecto posterior.

II. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Un punto central en el desarrollo del prototipo residió en la elección de los sensores necesarios para determinar las magnitudes que definen el consumo de la carga. Las variables que se pretendió medir fueron: corriente, tensión y factor de potencia; de modo que luego de investigar diferentes alternativas se optó por el uso del circuito integrado MCP39F501 [3], capaz de medir las magnitudes mencionadas (además de medir frecuencia y calcular potencias activa, reactiva y aparente). Teniendo en cuenta las necesidades del prototipo se decidió utilizar un microcontrolador PIC 18F25K22 [4] debido a su disponibilidad, contando con la ventaja de poseer doble comunicación serie, necesaria para comunicarse con el módulo sensor y con el módulo de transmisión inalámbrica, además de cierta cantidad de puertos necesarios para la activación y desactivación de la carga y posibles futuras mejoras. Otra elección imprescindible radica en que comunicación se debería utilizar [5]. Luego de una evaluación conjunta de alcance, costos y versatilidad en la utilización del sistema se optó por el Módulo Bluetooth RN-41 [6]. El diagrama en bloques de conexionado del circuito es como el ilustrado en la Fig. 1.

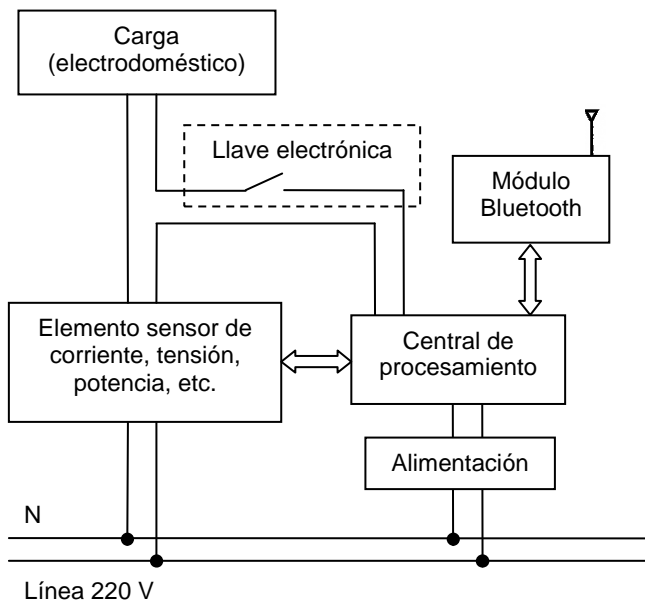


Fig. 1. Diagrama en bloques.

En cuanto al programa realizado, como se detalla en la Fig. 2, consistió en un bucle de espera de una orden dada por el puerto serie, más específicamente una señal Bluetooth proveniente de un smartphone o tablet. Al recibirse la señal se evalúa si corresponde a una orden de medición, en la que el microcontrolador debe enviar una secuencia numérica hacia el sensor para que este responda con los datos de medición, que serán enviados por Bluetooth; o bien, una orden de encender o apagar la carga mediante un relé, al finalizar se realiza una nueva medición, para confirmar la acción.

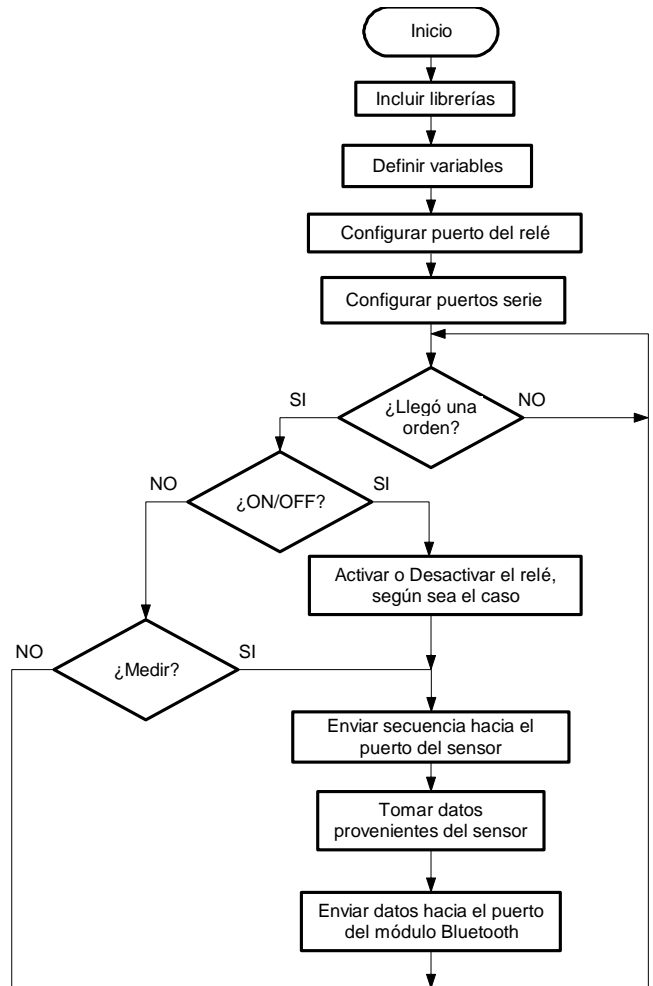


Fig. 2. Diagrama en bloques del software.

Se realizaron diferentes ensayos a fin de conocer el funcionamiento y formato de tramas del sensor, para ello se utilizó el software MCP39F501 Power Monitor Utility, proporcionado por el fabricante (Fig. 3), con comunicación por protocolo serie UART.

Trama de petición de datos:

A5 08 41 00 04 4E 1A 5A

Ejemplo de trama de recepción:

06 1D 6A 00 00 00 98 08 08 00 00 00 B1 00 00 00 C4 00 00 00 39 05 86 C1 3D 01 00 00 6D

Interpretación de la trama

Corriente: 00 00 00 6A → $106 / 1000 = 0,0106$ A

Tensión: 08 98 → $2200 / 10 = 220,0$ V

P. Activa: 00 00 00 08 → $8 / 100 = 0,08$ W

P. Reactiva: 00 00 00 B1 → $177 / 100 = 1,77$ VAR

P. Aparente: 00 00 00 C4 → $196 / 100 = 1,96$ VA

Temperatura del termistor: 05 39 → no relevante

Frecuencia: C1 86 → $49542 / 1000 = 49,542$ Hz

Tensión del termistor: 01 3D → no relevante

Como vemos, se recibe primero el bit menos significativo de cada una de las magnitudes. Nota: 06 1D y al finalizar 6D, indican el inicio, el tamaño y fin de la trama.

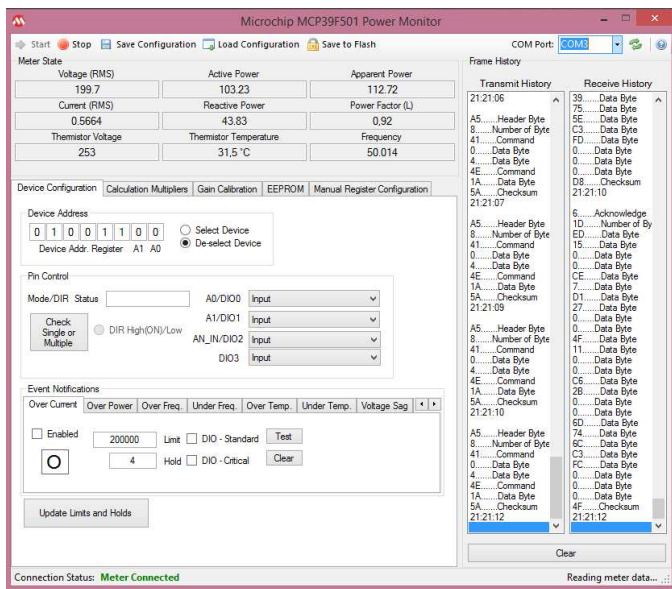


Fig. 3. Software de pruebas.

Dado que las simulaciones realizadas cumplieron con las expectativas de funcionamiento, se procedió a la realización del circuito, el cuál se muestra en la Fig. 4.



Fig. 4. Circuito implementado (sin MCP39F501).

Una vez implementadas las etapas físicas, se continuó con el desarrollo de la aplicación Android. Para ello se utilizó la herramienta MIT APP INVENTOR [7] que es una plataforma de Google Labs para crear aplicaciones de software para el sistema operativo Android de forma visual, y a partir de un conjunto de herramientas básicas el usuario puede ir enlazando una serie de bloques para crear la aplicación. Las aplicaciones fruto de App Inventor están limitadas por su simplicidad, aunque permiten cubrir un gran número de necesidades básicas en un dispositivo móvil. A continuación se tiene una imagen de la aplicación desarrollada, Fig. 5, la cual permite realizar las funciones ya mencionadas, estando equipada para múltiples nodos ubicados en red.

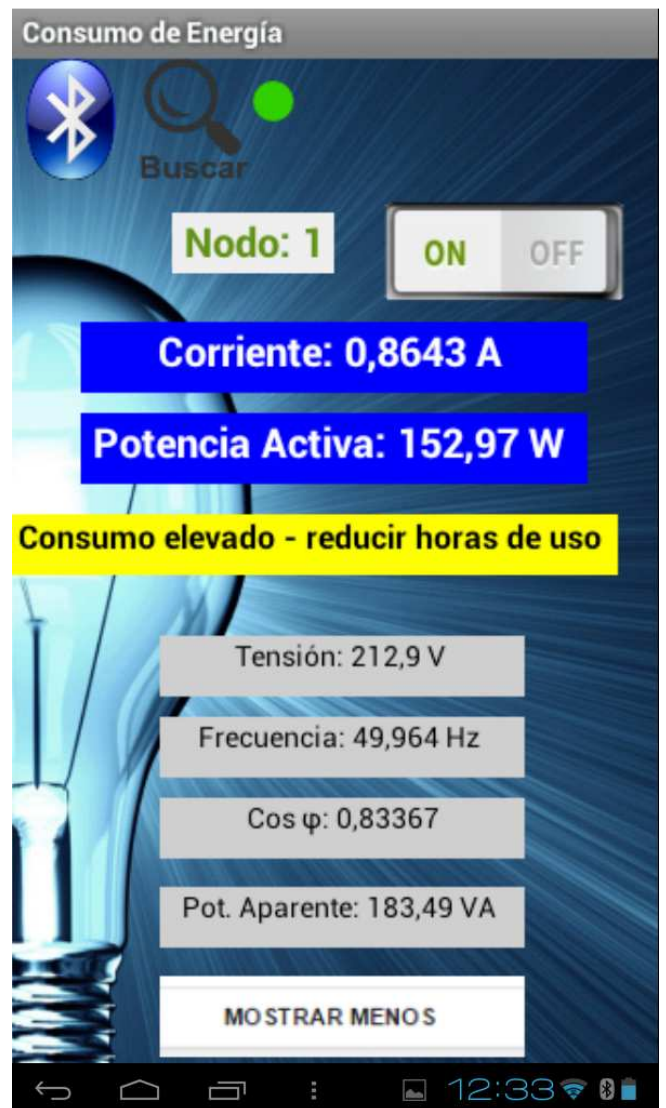


Fig. 5. Vista de la aplicación Android.

Cabe aclarar, en dicha aplicación se utiliza el valor de 100 W como umbral para decidir si se trata de un dispositivo de bajo o elevado consumo, obviamente, puede configurarse con el valor que se considere más conveniente.

III. MEDICIONES Y RESULTADOS

Para poder evaluar el funcionamiento del prototipo son necesarios tres estudios:

1. Consumo propio: teniendo en cuenta que se pretende ahorrar energía eléctrica, un consumo elevado contradice los objetivos. El prototipo presentó un consumo reducido, se analizaron diferentes condiciones: con y sin carga conectada, petición de medición, etc. obteniéndose valores similares en cada una de ellas, aproximadamente de 67,3 mA.

2. Contratación como elemento de medición: para determinar la confianza del instrumento, o sea para asegurar las mediciones. Contratar es comparar un instrumento desconocido con otro conocido y perfectamente calibrado (patrón) para poder conocer los errores del primero, ya que existen ciertos errores sistemáticos como pueden ser alinealidades en la respuesta, y/o errores aleatorios producto de la tolerancia de los componentes empleados para la fabricación [8].

Como Instrumento patrón se utilizó el multímetro Fluke, Modelo 75 Series II Multimeter.

Tabla 1: valores de medición obtenidos con ambos instrumentos.

Medición	Prototipo	Patrón
Tensión	216,9 V	221 V
Frecuencia	50,41 Hz	50,04 Hz
Corriente		
1° C	0,023 A	0 A
2° C	0,100 A	0,085 A
3° C	0,128 A	0,110 A
4° C	0,160 A	0,157 A
5° C	0,265 A	0,247 A
6° C	0,676 A	0,58 A
7° C	0,936 A	0,850 A
8° C	1,182 A	1,084 A
P. Aparente		
1° PA	4,99 VA	0 VA
2° PA	21,69 VA	18,78 VA
3° PA	27,76 VA	24,31 VA
4° PA	34,70 VA	34,69 VA
5° PA	57,24 VA	54,58 VA
6° PA	146,79 VA	128,18 VA
7° PA	202,17 VA	187,85 VA
8° PA	255,31 VA	239,56 VA

Como se aprecia en la tabla o en la curva de contrastación (Fig. 6) los errores fueron de módulo pequeño, el peor caso se da sin carga conectada, no afectando las decisiones del usuario. En cuanto a tensión y frecuencia se muestra una única medición ya que los valores se mantienen prácticamente estables. La potencia (patrón) es calculada por fórmula.

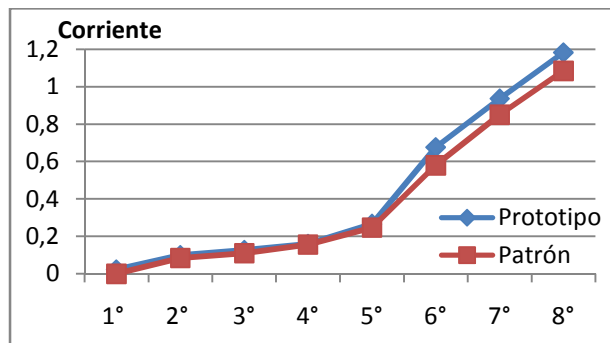


Fig. 6. Curva de contrastación.

3. Medición de alcance de la red: se realiza con el fin de conocer las prestaciones como una red inalámbrica, en el espacio que se encuentra instalado. Luego de sucesivas pruebas se observó un correcto funcionamiento, dado que no se detectaron tramas erróneas, hasta un alcance de 20 metros en el interior del hogar (teniéndose obstáculos, como ser, paredes de por medio) y cerca de 50 metros al aire libre.

IV. CONCLUSIONES

Evaluando los resultados obtenidos, concluimos que han sido favorables, el dispositivo presenta una muy buena exactitud en cada una de las magnitudes y un alcance aceptable, siendo factible su implementación en uso doméstico. Presenta como inconveniente ciertas fallas esporádicas en la transmisión de los datos de medición, se supone que esto es debido al ruido eléctrico presente, por lo que se espera eliminar este defecto mediante un mejor blindaje. Por otro lado, se espera reducir su tamaño físico y optimizar recursos si fuese necesario realizar el prototipo como un producto comercializable.

V. BIBLIOGRAFÍA Y SITIOS WEB

- [1] <http://portalsej.jalisco.gob.mx/ahorro-energia>
- [2] Secretaria de Energía – Presidencia de la Nación
<http://www.energia.gov.ar/>
- [3] Hoja de datos: circuito integrado MCP39F501.
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/20005256A.pdf>
- [4] Hoja de datos: microcontrolador PIC 18F25K22.
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41412F.pdf>
- [5] Sistemas de comunicaciones: ZigBee vs Bluetooth. Depetris - Pipino. UTN Facultad Regional San Francisco, 2014.
- [6] Hoja de datos: Módulo Bluetooth RN-41.
<http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Wireless/Bluetooth/Bluetooth-RN-41-DS.pdf>
- [7] <http://www.appinventor.org/>
- [8] Apunte de cátedra *Medidas Electrónicas I*. Ingeniería Electrónica, UTN Facultad Regional San Francisco, 2012.

Nota: última visita a cada sitio web el día 08/05/2015.