

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA MEDICIÓN Y TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UN SISTEMA MONOFÁSICO BIFILAR

Dávila Alex

alex_davila88@hotmail.com

Chico Patricio

pchico@mailfie.epn.edu.ec

Escuela Politécnica Nacional

Quito - Ecuador

1. ABSTRACT

The project covers the design and construction of a measuring device (slave) and a master device.

The slave device, connected to a single-phase two-wire system, measures active and apparent energy, voltage, frequency and temperature. It logs *energy / time* pairs, which are used to generate information about active and apparent energy demand. The slave is able to establish a short wireless link with the master in order to perform reading and setting tasks. The master device, connected to a PC serial port, allows the slave to be commanded by remote. A Windows PC application is the user interface.

2. RESUMEN

Se abordan el diseño y la construcción de un dispositivo medidor (esclavo) y un dispositivo maestro.

El dispositivo esclavo conectado a un sistema monofásico bifilar mide las siguientes variables: energía activa y aparente, voltaje, frecuencia, temperatura. Registra periódicamente pares ordenados energía – tiempo, los cuales sirven para generar información sobre la demanda de energía activa y aparente. El esclavo es capaz de establecer comunicación inalámbrica bidireccional de corto alcance con el maestro, para lectura de variables y/o configuración del dispositivo esclavo. El hardware de medición de energía está implementado sobre la base del chip

ADE7753 de Analog Devices. Para la comunicación inalámbrica se utiliza un transceptor de radio frecuencia AT-XTR-903-433MHz de ABACOM Technologies. El procesamiento está a cargo de un microcontrolador PIC16F877A.

El dispositivo maestro conectado al puerto serial de un PC permite comandar remotamente al esclavo. Se implementa una aplicación para PC, para que el usuario pueda efectuar acciones de lectura y/o configuración remota sobre el esclavo. La aplicación permite la visualización y almacenamiento de datos.

3. OBJETIVO

Diseñar y construir un prototipo para medición y transmisión inalámbrica del consumo de energía eléctrica de un sistema monofásico bifilar.

4. DESCRIPCIÓN

4.1. ALCANCE DEL PROYECTO

Se plantea el diseño y la construcción de un prototipo para medición y transmisión inalámbrica del consumo de energía eléctrica de un sistema monofásico bifilar.

El proyecto abarca la construcción de un dispositivo esclavo remoto (medidor) que se conecta en el sitio donde se requieren medir los parámetros (energía activa y demanda).

Asimismo se aborda la construcción de un dispositivo maestro, el cual solicita la información al esclavo y mediante una aplicación para PC permite visualizar y almacenar los datos.

La comunicación entre maestro y esclavo se realiza mediante un enlace de radiofrecuencia de corto alcance.

4.2. REQUERIMIENTOS DEL DISPOSITIVO ESCLAVO

El dispositivo esclavo remoto realiza tareas de medición, registro y transmisión inalámbrica de datos. Realiza medición y registro de energía eléctrica activa de un sistema monofásico bifilar. Debe procesar comandos enviados (inalámbicamente) por el maestro. Los comandos del maestro pueden ser de lectura (por ejemplo lectura de energía) o de configuración (por ejemplo encerrar el contador de energía).

4.2.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

El dispositivo esclavo debe estar conectado a un sistema monofásico bifilar. Se plantean las siguientes condiciones nominales para el medidor:

- Voltaje (Fase-neutro): 120 V;
- Frecuencia de línea: 60 Hz;
- Clase ANSI C12.16: 20 (corriente máxima 20 A) [2];

Especificaciones de la comunicación inalámbrica de radio frecuencia (RF):

- Frecuencia: 433 MHz [1];
- Potencia emitida por el módulo de RF: 10 mW [1].

4.2.2. MEDICIÓN

El objetivo principal del medidor (esclavo) es realizar medición de energía activa, sin embargo, dada la amplia funcionalidad del chip ADE7753, se plantea además la realización de mediciones de: energía aparente, voltaje de red, frecuencia de red, temperatura.

4.2.3. REGISTRO

A fin de generar información de la demanda, el medidor debe registrar pares ordenados energía – tiempo. La medición

de energía se realiza mediante el ADE7753. Para el conteo del tiempo se plantea la utilización de un reloj de tiempo real (RTC).

El sistema está concebido para ser alimentado por la energía de la red. Debido a que puede presentarse una condición eventual de falla del suministro, el valor del contador de energía debe ser guardado en una memoria no volátil.

El sistema debe garantizar la integridad de los datos (contador de energía), aunque se presenten condiciones de falla.

La memoria no volátil también debe guardar las constantes de calibración del ADE7753.

4.2.4. TRANSMISIÓN

El esclavo debe ser capaz de transmitir información (inalámbicamente) de las variables medidas, hacia el maestro y previa solicitud (comando) de éste último. El esclavo debe ser capaz de transmitir la siguiente información: energía activa, energía aparente, voltaje de red, frecuencia de red, voltaje de batería del RTC, temperatura, pares energía – tiempo, fecha/hora (lectura al RTC), fecha/hora de última falla (ausencia) de voltaje de red.

4.2.5. PROCESAMIENTO DE COMANDOS

El esclavo debe procesar comandos (órdenes) enviados (inalámbicamente) por el maestro. Las órdenes pueden ser de lectura y de configuración.

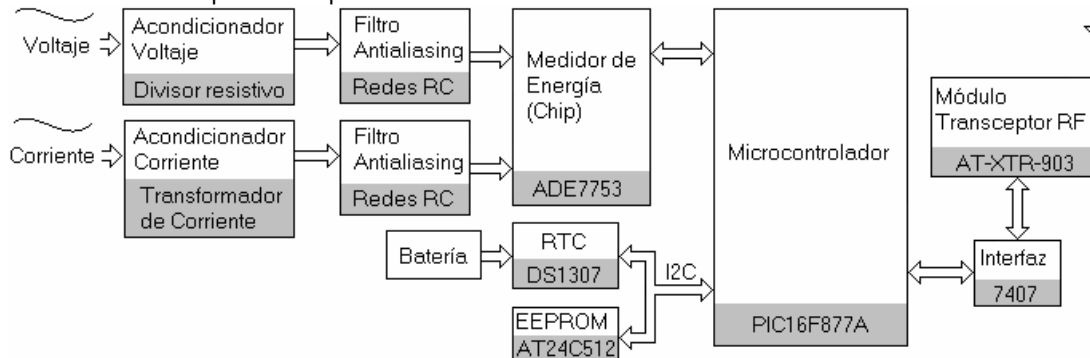
Las órdenes de lectura indican una petición de transmisión de las variables medidas. Se plantea que el esclavo reconozca y ejecute órdenes de lectura de las siguientes variables: energía activa, energía aparente, voltaje de red, frecuencia de red, voltaje de batería del RTC, temperatura, pares energía – tiempo, fecha/hora (lectura al RTC), fecha/hora de última falla (ausencia) de voltaje de red.

Las órdenes de configuración determinan el funcionamiento del esclavo. Se plantea que el esclavo reconozca y ejecute las siguientes órdenes de configuración: encerrar contador de energía, igualar el RTC, modificar período de actualización del contador de energía y modificar período de registro de pares energía – tiempo.

4.3. REQUERIMIENTOS DEL MAESTRO

El dispositivo maestro envía (inalámbricamente) comandos al esclavo. Los comandos pueden ser de lectura o de configuración.

El maestro se comunica con un PC, en el cual reside una aplicación que sirve como



interfaz gráfica para que el usuario pueda ejecutar acciones sobre el esclavo, como por ejemplo leer variables o configurar remotamente al esclavo.

4.4. ARQUITECTURA DEL MEDIDOR (ESCLAVO)

Figura 1: Arquitectura del Esclavo

A fin de cumplir los requerimientos del esclavo, se propone la estructura que se muestra en la Figura 1, con los siguientes componentes principales: Acondicionadores, Filtros antialiasing, Chip Medidor de Energía, Reloj de Tiempo Real (RTC), Memoria no volátil (EEPROM), Microcontrolador, Módulo Transceptor de radio frecuencia (RF) e Interfaz (del Módulo Transceptor).

Se utiliza el chip ADE7753 de Analog Devices para determinar la energía eléctrica a partir de muestras de voltaje y corriente previamente acondicionadas y filtradas, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante [4]. El ADE7753 dispone de una interfaz serial SPI, la cual se utiliza para leer valores medidos por el chip (por ejemplo registros de energía activa, voltaje, corriente) y para escribir en registros de configuración y calibración. El ADE7753 tiene incorporado un monitor de voltaje de red, el cual en caso de falla envía un aviso (mediante el pin SAG) al microcontrolador, para que éste gestione el almacenamiento del valor del contador de energía en la memoria no volátil (EEPROM AT24C512). Se utiliza el hardware de comunicación síncrona del microcontrolador PIC16F877A para manejar la interfaz SPI del ADE7753.

La utilidad principal del ADE7753, en este proyecto, es la medición de energía activa, sin embargo se aprovecha su amplia funcionalidad y se mide también energía aparente, voltaje RMS, frecuencia y temperatura.

La alimentación de todo el circuito se toma de la red a la cual se conecta el medidor (esclavo). En caso de falla del suministro (aviso del ADE7753), se preserva el valor del contador de energía (que normalmente se lleva en RAM del microcontrolador) en la EEPROM. Cuando retorna la energía de la red, el contador de energía inicia con el valor previamente guardado en la EEPROM.

En la EEPROM también se guardan las constantes de calibración digital del ADE7753.

El esclavo registra pares ordenados energía – tiempo, los cuales sirven para generar información de la demanda. Estos datos se guardan en la EEPROM AT24C512 (64 k x 8). Para llevar la cuenta del tiempo se utiliza el reloj de tiempo real DS1307, el cual tiene registros de segundos, minutos, horas, día, fecha, mes, año. La EEPROM y el RTC disponen de una interfaz I2C, que se utiliza para realizar la comunicación con el microcontrolador. El

registro de pares energía – tiempo se realiza a intervalos programables (remotamente desde el maestro). El registro de pares está gobernado por el microcontrolador, el cual lee la energía desde el medidor (ADE7753) y el tiempo desde el reloj (DS1307) y guarda el par energía – tiempo en la memoria (AT24C512).

El reloj lleva la cuenta del tiempo en registros de RAM, por lo cual requiere estar energizado permanentemente. En condiciones normales, la energía se obtiene de la red. En caso de falla del suministro, la energía se toma de la batería conectada al reloj (Ver Figura 1).

Para realizar la comunicación inalámbrica, se utiliza el módulo transceptor (transmisor - receptor) AT-XTR-903 a 433 MHz de ABACOM. Este módulo [1] dispone de un

microprocesador que crea una interfaz transparente RS-232. Para manejar la interfaz del transceptor se utiliza el hardware (UART) de comunicación serial asíncrona del microcontrolador PIC16F877A. No se pueden conectar directamente las líneas del transceptor con las del microcontrolador, debido a que su alimentación es de 3 V y 5 V, respectivamente. Se implementa una interfaz basada en el buffer no inversor 7407, que permite acoplar las señales del transceptor y del microcontrolador. El AT-XTR-903 puede alcanzar un rango de hasta 200 m [1], que es la máxima distancia que debería existir entre el esclavo y el maestro para que exista comunicación.

4.5. ARQUITECTURA DEL MAESTRO

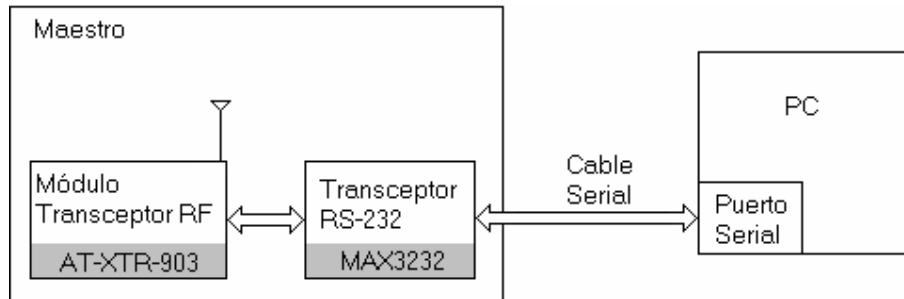


Figura 2: Arquitectura del maestro

El maestro está construido a partir de dos componentes principales: Módulo Transceptor de RF y Transceptor RS-232, como se muestra en la Figura 2.

El maestro se conecta al puerto serial de un PC, mediante un cable serial.

El Módulo Transceptor de RF es el AT-XTR-903 (igual al del esclavo).

Las tramas seriales del AT-XTR-903 se representan con lógica de 3 V (voltajes de 0 V y 3V). Las tramas del puerto serial del PC se representan con lógica de + 12 V y – 12 V. Para acoplar las señales del AT-XTR-903 y del PC se intercala el transceptor RS-

232 MAX3232 de MAXIM, que sirve para convertir los niveles de voltaje.

En el PC reside una aplicación que maneja al maestro (a través del puerto serial) para establecer comunicación inalámbrica con el esclavo. La aplicación permite visualizar y almacenar datos (por ejemplo lectura del contador de energía en kWh) enviados por el esclavo. Mediante la aplicación, también se pueden enviar comandos de configuración (por ejemplo encerrar el contador de energía) al esclavo.

4.6. APLICACIÓN PARA PC

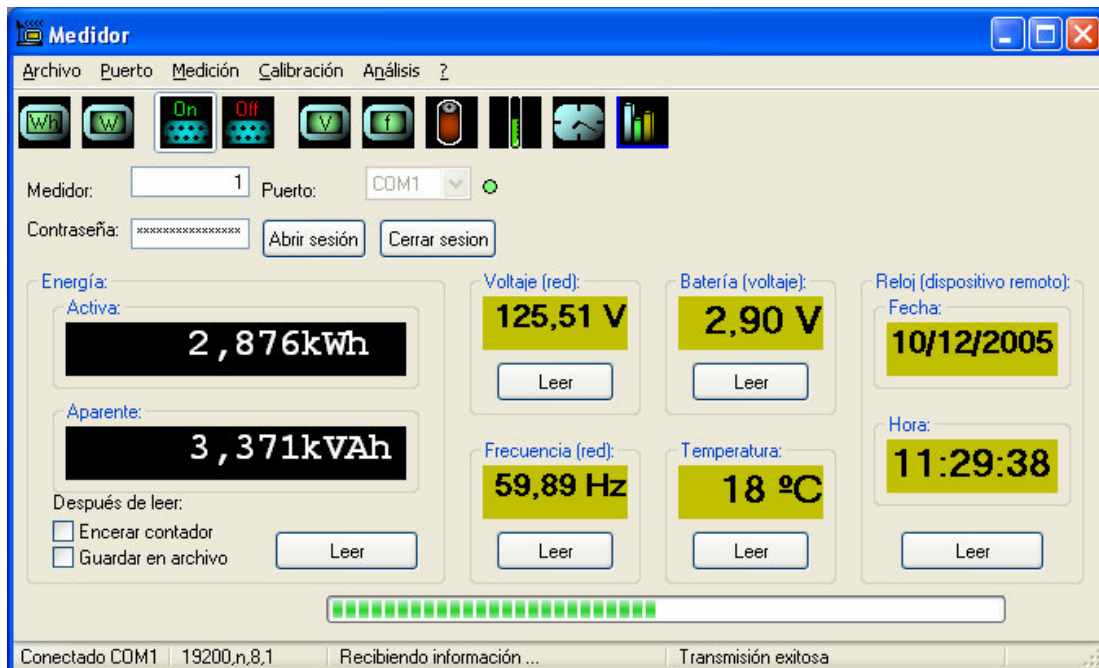


Figura 3: Aplicación Medidor

El dispositivo maestro se conecta al PC a través del puerto serial. El software del maestro está constituido por una aplicación que reside en el PC y a través del puerto serial maneja la circuitería del maestro para establecer comunicación con el esclavo.

La aplicación despliega los datos enviados por el esclavo, en un formato legible para el usuario. Los datos de consumo de energía y demanda son susceptibles de guardar en archivos si el usuario así lo decide.

Asimismo, la aplicación guía al usuario a través del proceso de calibración del dispositivo remoto.

La aplicación puede solicitar (inalámbicamente) datos al esclavo y desplegar la siguiente información:

- Energía activa [kWh];
- Energía aparente [KVAh];
- Voltaje RMS de la red [V];
- Frecuencia de la red [Hz];
- Voltaje de la batería de respaldo del RTC [V]
- Fecha/hora del dispositivo remoto (Año, mes, fecha, horas, minutos, segundos);

- Fecha/ hora de última falla (ausencia) de voltaje de red (Año, mes, fecha, horas, minutos);
- Temperatura [° C];
- Constantes de calibración;
- Pares energía – tiempo;
- Gráficos de demanda (potencia activa y aparente en función del tiempo), generados a partir de los pares energía – tiempo.

La aplicación permite ejecutar las siguientes acciones de configuración remota sobre el esclavo:

- Igualar la fecha/hora (escritura al RTC);
- Encerar contador de energía;
- Configurar período de acumulación (Período de actualización del medidor);
- Configurar período de registro (Período de grabación de pares energía - tiempo).

4.7. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN

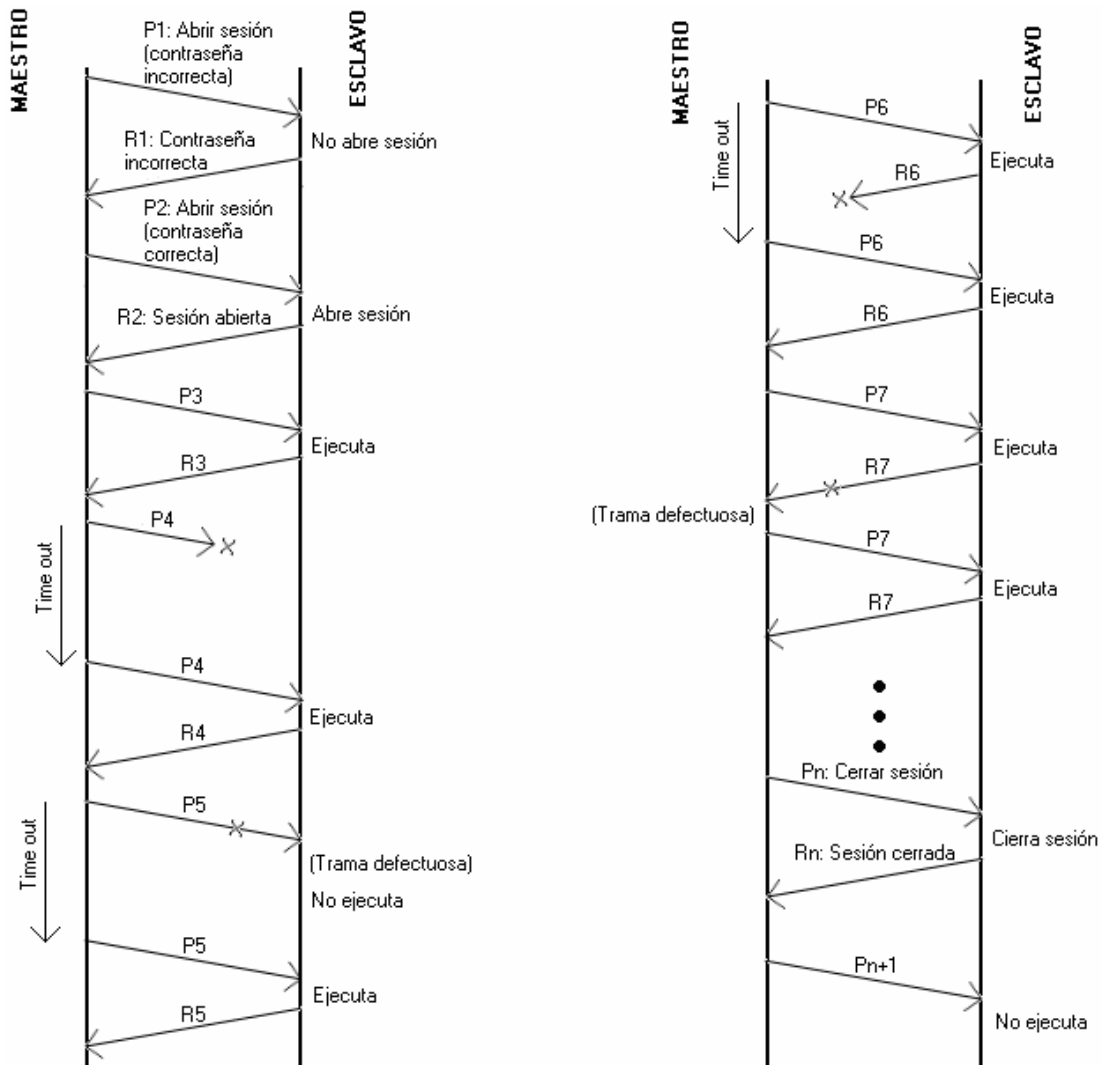


Figura 4: Diagrama de protocolo

La comunicación entre el maestro y el esclavo se implementa mediante un ciclo pregunta – respuesta. El maestro es el único que puede iniciar la comunicación, mediante el envío de una pregunta. El esclavo posiblemente puede ejecutar una acción (solicitada en la pregunta) y emitir una respuesta.

Una pregunta contiene: la dirección del esclavo, la función (que debe ejecutar el esclavo), los datos (si se requieren para ejecutar la función) y un campo para verificación de error (CRC). Una respuesta contiene la dirección del esclavo, la función (ejecutada por el esclavo), los datos

solicitados (si se solicitan) y un campo para verificación de error (CRC)

La mayor parte de las funciones implementadas son de lectura (por ejemplo leer registros del ADE7753 para medir variables) y de configuración (por ejemplo escribir en registros del RTC para igualar fecha/hora). Existe una función especial, que se denomina abrir sesión, cuyo campo de datos contiene 16 bytes de una contraseña de seguridad. Si el esclavo valida la contraseña de seguridad, entonces abre la sesión y permite la ejecución de funciones solicitadas en posteriores preguntas (ver P2 y R2 en la

Figura 4). Si la contraseña no es válida, el esclavo responde con un mensaje (trama de respuesta) indicando que no se puede abrir la sesión (ver P1 y R1 en la Figura 4). Cuando la sesión está cerrada, el esclavo no ejecuta la función solicitada en alguna pregunta (excepto abrir sesión si la contraseña es correcta), como se ilustra en la Figura 4 (pregunta Pn+1). Asimismo, existe la función cerrar sesión (permite al maestro cerrar la sesión). La sesión puede ser cerrada mediante el envío de la pregunta con la función cerrar sesión (ver Pn y Rn en la Figura 4). La sesión también se cierra automáticamente (por el esclavo, sin intervención del maestro) cinco minutos después del procesamiento de la última pregunta.

Una vez abierta la sesión, el esclavo puede ejecutar las funciones solicitadas (ver P3 y R3 en la Figura 4). Después de la ejecución de la función, el esclavo envía una respuesta al maestro indicándole que se ejecutó la función y retornándole datos solicitados (si se solicitan) en la función.

Cada vez que el maestro envía una pregunta, espera un tiempo para recibir una respuesta, si después de este tiempo, no se recibe la trama de respuesta, entonces el maestro envía nuevamente la pregunta. El tiempo de espera puede expirar sin que se reciba una respuesta debido a las siguientes causas:

- La trama de pregunta se pierde (ver P4 en la Figura 4);
- La trama de pregunta llega defectuosa (ver P5 en la Figura 4);
- La trama de respuesta se pierde (ver R6 en la Figura 4);

Puede darse el caso que la trama de respuesta llegue defectuosa al maestro (ver R7 en la Figura 4), en cuyo caso la pregunta se envía nuevamente.

4.7.1. PREGUNTA

Dirección MSB	Dirección LSB	Función	Ndatos	Datos	Datos	CRC MSB	CRC LSB
------------------	------------------	---------	--------	-------	-------	------------	------------

Figura 5: Trama de pregunta

La trama de la pregunta contiene los siguientes campos:

- Dirección del esclavo (2 bytes) con el que se desea establecer comunicación;
- Código de función (1 byte) que indica la acción solicitada;
- Número de datos (1 byte) que contiene información sobre la longitud de la trama;
- Datos (0 a 64 bytes) necesarios para ejecutar la función solicitada;

- Chequeo de errores mediante CRC (2 bytes).

En la Figura 5 se observa la forma general de una trama de pregunta. En la trama de esta Figura se muestran 2 bytes de datos, sin embargo, como se mencionó anteriormente, la trama puede contener desde 0 hasta 64 bytes de datos.

4.7.2. RESPUESTA

Dirección MSB	Dirección LSB	Función	Ndatos	Datos	Datos	CRC MSB	CRC LSB
------------------	------------------	---------	--------	-------	-------	------------	------------

Figura 6: Trama de respuesta

Cuando el esclavo recibe una trama completa (longitud especificada en el campo número de datos Ndatos), el programa verifica si la trama llegó sin

errores, mediante el CRC. Si la trama llegó defectuosa (ver P5 en la Figura 6) el esclavo no responde ni ejecuta ninguna acción porque se considera la posibilidad

de la presencia de otro esclavo cercano. Si los dos esclavos responden al mismo tiempo se produciría una colisión, debido a que se utiliza el mismo canal (la misma frecuencia del transceptor).

Si la trama está libre de errores, el esclavo verifica si el mensaje es para él, es decir si la dirección que contiene la trama coincide con su dirección.

Si la trama y la dirección son correctas se verifica si la sesión está abierta. Si se cumplen las tres condiciones el esclavo ejecuta la acción solicitada y responde (con una trama de respuesta) al maestro. Si la dirección no es correcta o la sesión no está abierta, el esclavo no responde ni ejecuta ninguna acción.

La Figura 6 muestra la forma general de una trama de respuesta.

Los cuatro primeros bytes son un eco (son iguales) de la pregunta. Los bytes del campo de datos (0 a 64 bytes) contienen información solicitada (si se solicita) por la pregunta. El CRC se calcula y se añade de igual manera que se hace para la pregunta.

La longitud y contenido del campo de datos (0 a 64 bytes) dependen de la información solicitada por la función. Por ejemplo, si la función es de lectura de la EEPROM, el campo de datos contiene los datos que se requieren leer. Si la función es de escritura, el campo de datos es nulo (0 bytes), por que no se requiere devolver ninguna información.

4.7. PRUEBAS Y RESULTADOS

4.7.1. CALIBRACIÓN

El proceso de calibración del medidor (esclavo) se realizó mediante la utilización del asistente de calibración incluida en la aplicación del PC.

La calibración se efectuó en las instalaciones del Laboratorio de Control de Máquinas de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Control de la E.P.N.

Se utilizó un analizador de armónicos marca FLUKE como instrumento de contraste.

La calibración debe realizarse con una fuente de voltaje sinusoidal regulada. Sin embargo, dado que no se dispuso de tal artefacto, se procedió a calibrar el

dispositivo con el voltaje suministrado por la Empresa Eléctrica Quito.

Las variaciones del voltaje de red observadas durante las diferentes etapas de la calibración se mantuvieron por debajo de 0.2Vrms.

4.7.2. MEDICIÓN DE ENERGÍA

Para comprobar la exactitud del medidor se requiere un medidor patrón de energía activa y aparente. El medidor patrón y el construido deben conectarse a una carga, durante el mismo intervalo de tiempo y se deben comparar los valores

Debido a que no se dispuso del equipo adecuado para realizar la prueba mencionada en el párrafo anterior, se recurrió a una prueba aproximada.

Esta prueba consiste en conectar el medidor a una carga resistiva conocida R_p , alimentada por el voltaje de la red, durante un tiempo de prueba T_p . Mientras transcurre el tiempo de prueba se deben realizar mediciones de voltaje a intervalos pequeños de tiempo t_i (con $t_i \ll T_p$). De este modo se pueden obtener valores de potencia P_i (en función del voltaje y la resistencia de carga) que al ser multiplicados por los intervalos pequeños de tiempo t_i , permiten determinar pequeños incrementos de energía ΔE_i . El incremento total de energía ΔE consumida durante el tiempo de prueba, resulta de sumar los incrementos ΔE_i .

El valor obtenido a partir de tales mediciones, se considera como el valor real de incremento de energía ΔE_{real} .

Para obtener el valor medido del incremento de energía ΔE_{medido} , se requiere que el medidor (esclavo) registre valores de energía, al inicio y al final del tiempo de prueba T_p .

Para realizar la prueba se consideraron los siguientes valores:

T_p : 10 minutos;

t_i : 10 segundos;

Durante el transcurso del siguiente período de registro (10 minutos) se midió periódicamente (cada 10 s) el voltaje de la red, con un multímetro.

4.7.2.1 Valor Real

$$\Delta E_{\text{real}} = 119817,81 \text{ W.s}$$

El incremento de energía aparente es igual al incremento de energía activa, debido a que la carga es resistiva.

4.7.2.2 Valor Medido

Para obtener el valor medido (de la energía) se requieren los valores inicial y final de energía. Para saber tales valores, se procedió a recuperar los datos de demanda registrados por el esclavo en el archivo de demanda prueba.dem. Los datos de interés son los dos últimos pares energía – tiempo.

Tabla 1: Incrementos de energía medidos

Energía	Inicial [Ws]	Final [Ws]	Variación [Ws]
Activa	10175094	10295133	120039
Aparente	11948016	12068131	120115

4.7.2.3 Error

Sobre la base de los valores medidos y reales, se procede a determinar el error porcentual para mediciones de energía activa y aparente.

Tabla 2: Error de energía activa y aparente

Energía	Medido [Ws]	Real [Ws]	Error %
Activa	120039	119817,81	0,1846
Aparente	120115	119817,81	0,2480

4.7.3. COMUNICACIÓN MAESTRO – ESCLAVO

Para probar la eficacia del protocolo implementado, se procedió a utilizar las funciones de lectura y configuración remota que permite realizar la aplicación del maestro.

4.8. CONCLUSIONES

Este proyecto ha cumplido con su objetivo general, es decir, se ha diseñado y construido un prototipo para medición y transmisión inalámbrica del consumo de energía eléctrica de un sistema monofásico bifilar.

El prototipo implementado funciona de acuerdo a los requerimientos generales planteados en la sección 4.1. Es decir que, el medidor conectado a un sistema monofásico bifilar de 120 V, 60 Hz permite obtener lecturas remotas (inalámbricamente) de energía activa y demanda que pueden ser visualizadas y almacenadas en un PC.

4.9. RECOMENDACIONES

- En el programa del microcontrolador se podrían incluir rutinas de aritmética de punto flotante para realizar compensación externa de la medición de energía reactiva que puede realizar el ADE7753.
- Como una mejora al sistema implementado, se podría considerar la utilización de un MODEM celular como elemento de transmisión directa de los datos desde el medidor hacia una oficina de la empresa eléctrica. Asimismo, se podrían realizar tareas de configuración y/o actualización de software de manera remota;
- La información digital generada presenta facilidades para su transmisión. Por ejemplo, se podría transmitir la información como una señal de alta frecuencia montada sobre las líneas de transmisión.
- El circuito del maestro puede ser utilizado como un dispositivo genérico para comunicación inalámbrica. Por ejemplo, mediante dos dispositivos idénticos al maestro se podría establecer comunicación inalámbrica entre dos PCs, utilizando el programa HyperTerminal.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABACOM Technologies (2004), Multi-channel Micro Embedded Transceiver Module AT-XTR-903, http://www.abacom-tech.com/data_sheets/ATRT100-433user.pdf
- [2] Analog Devices, (2000), AN-559: A Low Cost Watt-Hour energy Meter Based on the ADE7755, http://www.analog.com/UploadedFiles/Application_Notes/80576942AN559.pdf
- [3] Analog Devices, (2001), AN-564: A Power Meter Reference Design Based on the ADE7756, http://www.analog.com/Analog_Root/static/pdf/library/applicationNotes/an564.pdf
- [4] Analog Devices, (2004), Single-Phase Multifunction Metering IC with di/dt Sensor Interface ADE7753, http://www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/62604308076948ADE7753_a.pdf
- [5] MICROCHIP (2000), AN730: CRC Generating and Checking, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00730a.pdf>
- [6] MICROCHIP (2002), AN823: Analog Design in a Digital World Using Mixed Signal Controllers, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00823a.pdf>

6. BIOGRAFÍA:

6.1. ALEX DÁVILA



Nació en Quito en 1982. Bachiller en Ciencias, especialización Físico Matemáticas en el Colegio “Sebastián de Benalcázar” (declarado Segundo Mejor Egresado de la promoción 2000). Ingeniero en Electrónica y Control (declarado Mejor Graduado de las Escuelas de Ingeniería y Ciencias, en la Ceremonia de Investiduras del 28 de Abril de 2006, Escuela Politécnica Nacional). Actualmente, presta servicios profesionales como Ingeniero Desarrollador en AUTOTRACK CÍA. LTDA.

6.2. PATRICIO CHICO HIDALGO

Nació en Riobamba en 1961. Ingeniero en Electrónica y Control en la Escuela Politécnica Nacional en 1987, realizó estudios de postgrado en la University of Texas at Arlington, USA. donde obtuvo el título de Master of Science in Electrical Engineering en 1994. Actualmente es profesor a tiempo completo en la Escuela Politécnica Nacional, en las áreas de Microprocesadores y Control Electrónico de Potencia.