

Monitoreo de Temperatura Inalámbrico de Bajo Costo Utilizando Radio-Transmisor Comercial

Estrella Vargas Gustavo Adolfo(gaev_722@hotmail.com)¹, Sánchez Zaldaña José Plácido¹, Hernández Castellanos Roberto², Ramos Arreguín Juan Manuel (jsistdig@yahoo.com.mx)¹.

¹Universidad Tecnológica de San Juan del Río

²Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Querétaro

Resumen

Este proyecto consiste monitorear la temperatura en calentadores solares para agua, que se encuentran en el área de pruebas de energías alternativas dentro del centro de investigación CICATA, Querétaro, con el objetivo de conocer el desempeño del calentador a lo largo del día y contar con una base de datos confiable. Para hacer esto, es necesario establecer un protocolo de comunicación para el envío de datos a la computadora, utilizando transmisores comerciales conocidos como walkie-talkies. La adquisición de datos es utilizando el protocolo RS232. Se utiliza un microcontrolador para la adquisición y envío de la información, y otro microcontrolador para la recepción y envío a una computadora donde se almacenarán los datos.

Palabras clave: Comunicación inalámbrica, Walkie-talkie, energías alternativas, monitoreo de temperatura.

1. Introducción

El centro de investigación CICATA Querétaro cuenta con diversas áreas de investigación, dentro de estas, se encuentra el área de energías alternativas de la cual se encuentra a cargo el Dr. Roberto Hernández Castellanos. En esta área de investigación se desarrollan diversos proyectos relacionados con la energía solar como lo son las estufas solares, calentadores de agua, celdas de combustible de hidrogeno y fotoceldas, cuya finalidad es evitar el uso de lo que son los combustibles fósiles y preservar el medio ambiente.

La problemática a resolver es el monitoreo remoto de los sistemas calentadores de agua, pues se requiere monitorear la temperatura del calentador conforme va transcurriendo el día, teniendo de esta forma un registro de temperaturas del calentador desde que sale el sol hasta que se oculta, para verificar la eficiencia

del sistema. Dicha tarea es realizada de forma manual tomando lecturas cada 15 minutos por una persona durante el transcurso del día, por lo que estas mediciones son poco eficientes e inadecuadas, pues no se lleva un registro en tiempo real de dichas mediciones al no haber un seguimiento de las mismas. Igualmente, afectan los errores de medición de tipo humano, debido a que las lecturas son tomadas por medio de termómetros que pueden ser ineficientes si se requiere de una mayor precisión en las mediciones especialmente cuando la medición es realizada por lectura visual del instrumento.

Para resolver esta problemática, se plantea el desarrollo de un sistema de comunicación inalámbrica, donde los datos correspondientes a la temperatura del calentador solar, llegan a la computadora personal vía puerto serial de la PC, teniendo así un sistema de monitoreo automatizado que puede funcionar las 24 horas, y que toma datos con más precisión en la lectura y en la frecuencia de muestreo. Esta solución proporciona un registro exacto y adecuado del monitoreo de la temperatura, con la medición de las siguientes variables: temperatura dentro del tanque de almacenamiento, temperatura del calentador y la temperatura del medio ambiente. Este sistema evita la imprecisión al adquirir los datos de manera manual utilizando termómetros de mercurio. Debido a que el área de pruebas está en el exterior del edificio, utilizar un medio alámbrico para el envío de datos, es ineficiente pues la longitud del cableado debe ser de aproximadamente 100 metros. Ante este problema, la mejor solución es utilizar un medio inalámbrico, que en esta primera etapa se prueba con un par de radio transmisores comerciales de bajo costo (walkie-talkie), que tienen un alcance de 3 km. De distancia de alcance. En la etapa del transmisor, la adquisición de datos es realizada por un microcontrolador PIC16F873A, el cual, a través de una etapa de acondicionamiento de señal y modulación en frecuencia, envía los datos a la entrada de micrófono del radio. En la etapa de recepción de datos, la salida de audio del radio pasa

por una etapa de acondicionamiento y decodificación de señal, llegando a un microcontrolador PIC16F873 que se emplea para enviar la información a la computadora. Es importante señalar que el protocolo de comunicación es RS232[5] en todo el sistema, y posteriormente se dará una explicación del funcionamiento. Un aspecto importante de este trabajo, es que este tipo de radio-transmisores no son utilizados para el envío de datos, y este trabajo propone que para cierto tipo de aplicaciones es viable utilizar estos equipos económicos y de gran alcance. Para almacenar la información en la computadora, se realiza un programa en Visual Basic, utilizando una interfaz para usuario amigable.

2. Desarrollo del sistema

El desarrollo del sistema se llevó a cabo de acuerdo a la figura 1. La fuente de la información es obtenida por un microcontrolador PIC16F873, que se encarga de digitalizar la información proporcionada por el sensor de temperatura LM35. Una vez digitalizada la información del sensor, el dato digital es enviado a la etapa de transmisión utilizando el protocolo de comunicación RS232 asíncrona, que es estándar y permite la comunicación con una computadora personal de una manera sencilla. La etapa de transmisión acondiciona la información y la transmite a la etapa de recepción. En la etapa de recepción, la información recibida es amplificada antes de pasar a un demodulador para recuperar el valor original que fue transmitido, entregando pulsos cuadrados para que puedan ser interpretados por otro microcontrolador PIC 16F873, quien se encarga de enviar la información a una computadora personal.

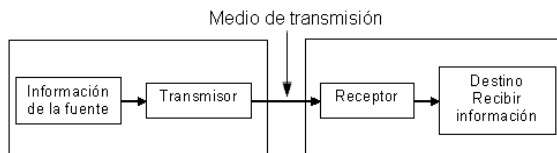


Fig. 1. Diagrama a bloques del sistema de comunicación.

Debido a las características de un walkie talkie comercial, la velocidad de transmisión es de 100 baudios, lo que es suficiente para esta una aplicación de monitoreo de temperatura. En seguida, se habla un poco más a detalle de las etapas de transmisión y de recepción.

2.1 Etapa de transmisión

En esta etapa se modula la señal digital para poder ser transmitida, debido a que el sistema digital

produce un marco de 1's y 0's, los que deben ser modulados para que el sistema receptor los identifique perfectamente. La figura 2 ilustra un diagrama a bloques del sistema de transmisión.

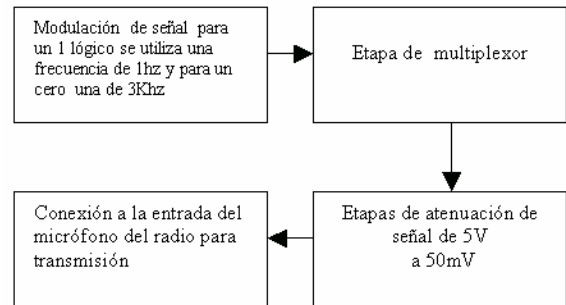


Fig. 2. Diagrama a bloques del sistema de transmisión

Dentro de la etapa de transmisión, como primera parte se tiene la modulación de la señal a transmitir[3][4], por lo que se utilizan dos frecuencias distintas, una frecuencia de 1Khz para transmitir un '1' lógico y 3Khz cuando se transmite un '0' lógico. La frecuencia a transmitir depende del valor de la señal que esté siendo enviada por el microcontrolador de manera serial, utilizando el protocolo RS232. Las dos frecuencias son generadas utilizando el dispositivo LM555, como se muestra en la figura 3. Para el calculo de las frecuencias [2] se emplea la ecuación (1).

$$f = \frac{1}{0.693C_1(R_1 + 2R_2)} \quad (1)$$

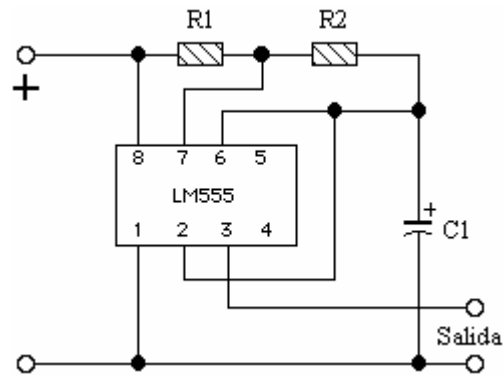


Fig. 3. Diagrama de conexión del circuito LM555.

Es importante atenuar la amplitud de la señal a enviar al radio-transmisor, debe ser menor o igual a 50 mV, pues la señal es insertada en la entrada de micrófono, y una amplitud de 5V, que es como lo envía el microcontrolador, puede dañar la entrada. La figura 4 ilustra la etapa de atenuación de señal.

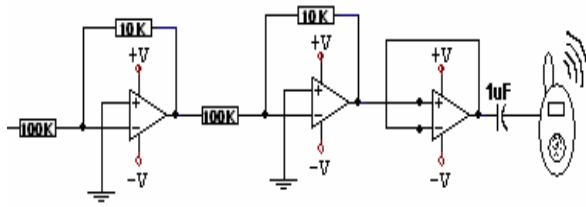


Fig. 4. Etapa de atenuación.

2.2 Etapa de recepción

En esta etapa se recupera la información que es enviada de manera serial por el transmisor, de acuerdo al diagrama a bloques de la figura 5.

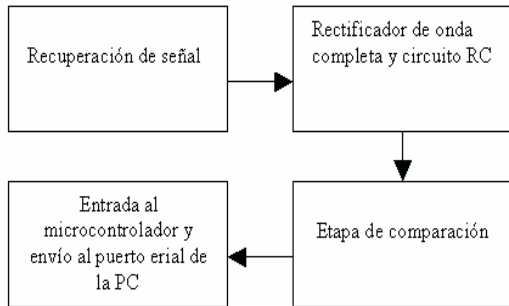


Fig. 5. Etapa de recepción.

Como primera fase en la etapa de recepción se tiene la recuperación de la señal transmitida. Debido a que la señal que se toma de la salida de audífonos es muy pequeña, se requiere una etapa de amplificación, mostrada en la figura 6.

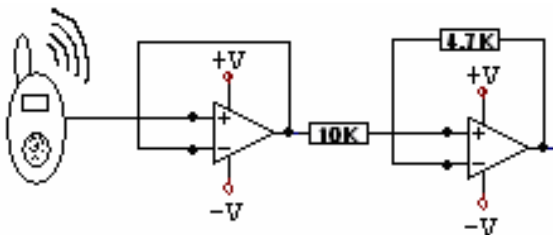


Fig. 6. Etapa de amplificación para el receptor.

Esta señal amplificada es utilizada para polarizar un diodo rectificador y de esta forma eliminar las componentes de tensión negativa. No se utiliza un puente rectificador completo debido a que la caída de tensión sería de 1.2 V, y eso no conviene al diseño. En seguida, es enviada la señal a un arreglo RC, como se muestra en la figura 7, para detectar los cambios de amplitud de la señal y de esta manera determinar si se estaba enviando un 1 ó un 0 lógico.

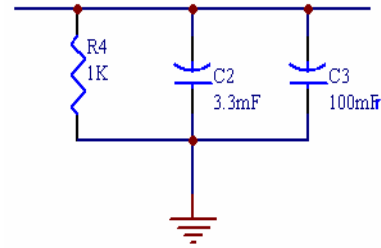


Fig. 7. Arreglo RC para detectar los cambios de amplitud.

En seguida, la señal es llevada a un comparador de tensión, donde se establece el nivel a partir del que se considera un 1 ó un 0 lógico. La figura 8 muestra la etapa de comparador de señal.

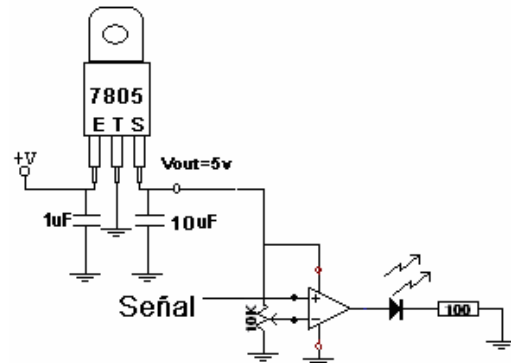


Fig. 8. Etapa de comparación de señal.

De la etapa de comparación de señal, se obtiene una señal cuadrada de niveles de tensión 0V y 5V. la señal cuadrada es llevada a un microcontrolador PIC16F873A [6], donde se recupera el dato de 8 bits enviado originalmente, pasando de esta forma a ser enviado vía serial a la computadora, utilizando el protocolo RS232 a una velocidad de 9600 baudios, donde la computadora se encarga de procesar, almacenar y graficar dicha información.

3. Pruebas y resultados

Para la programación del microcontrolador se utiliza el programa PIC-Basic. Se utiliza una interfaz en Visual Basic para probar el funcionamiento del envío de datos, que se muestra en la figura 9.

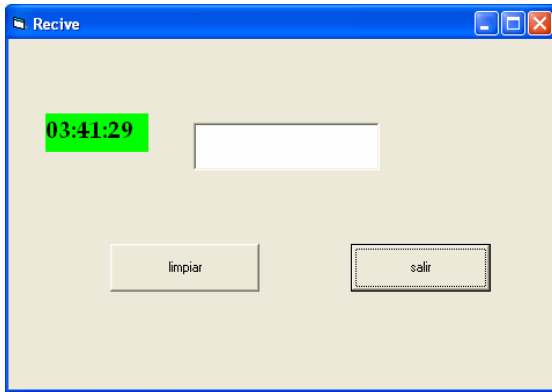


Fig. 9. Ventana en Visual Basic para pruebas con el receptor.

La figura 10 muestra el circuito transmisor implementado en circuito impreso, y la figura 11 muestra la etapa de receptor, donde un led es utilizado para visualizar cuando ha llegado un valor lógico '1'.

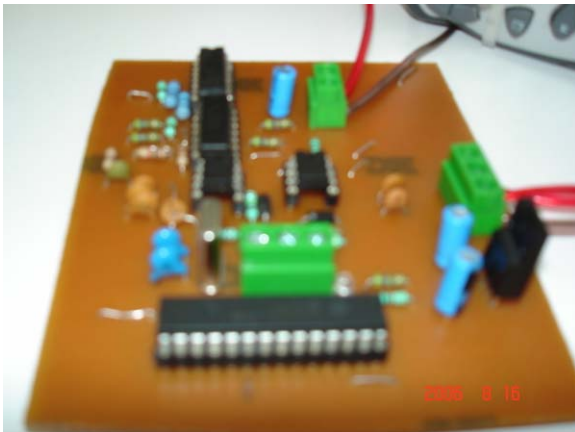


Fig. 10. Circuito emisor elaborado en circuito impreso.

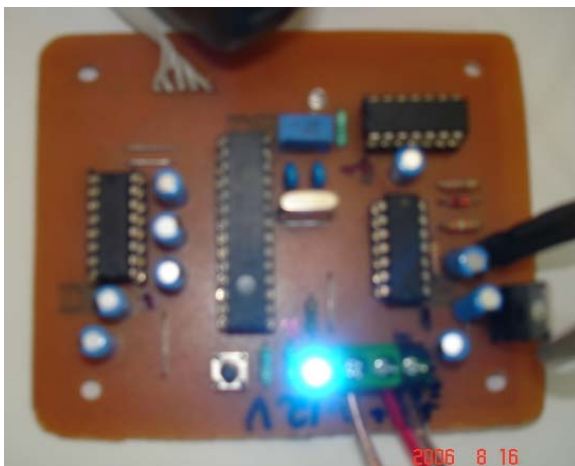


Fig. 11. Circuito receptor elaborado en circuito impreso.

Se realizaron diversas pruebas al circuito, las cuales se muestran a continuación.

La figura 12 muestra la señal de 1KHz generada para el envío de un '1' lógico, y la figura 13 muestra la señal de 3 KHz para modular un '0' lógico.

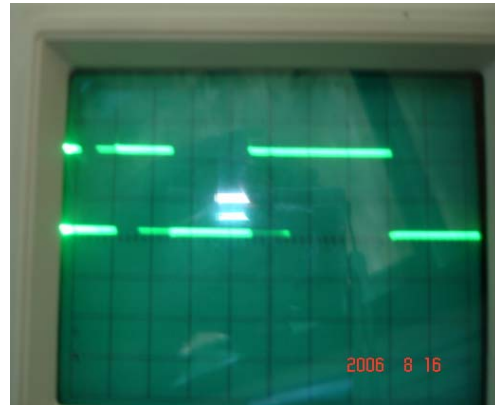


Fig. 12. Señal de 1 KHz para modular el '1' lógico.



Fig. 13. Señal de 3 KHz para modular el '0' lógico.

A continuación se prueba la etapa de atenuación, y en la figura 14 se muestra el resultado.



Fig. 13. Señal atenuada.

En la etapa de recepción, se remodula las señales transmitidas, obteniendo los resultados mostrados en las figuras 14 y 15.



Fig. 14. Señal de 1 KHz demodulada y amplificada.

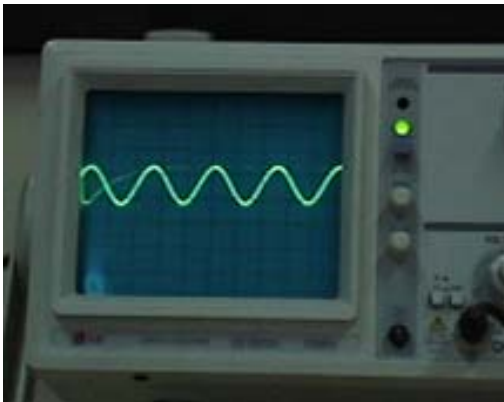


Fig. 15. Señal de 3 KHz demodulada y amplificada.

En las figuras 14 y 15 se puede apreciar un cambio de amplitudes, que es en lo que se basa el sistema para hacer la recuperación del dato digital transmitido.

En la figura 16 se muestra una señal obtenida correspondiente a la demodulación de un '1' lógico, donde el nivel de la señal, pese al nivel de rizo, se encuentra por encima de la tensión de referencia, que es la señal continua. Este resultado nos asegura que la salida del comparador es un nivel de 5V, correspondiente a un '1' lógico.

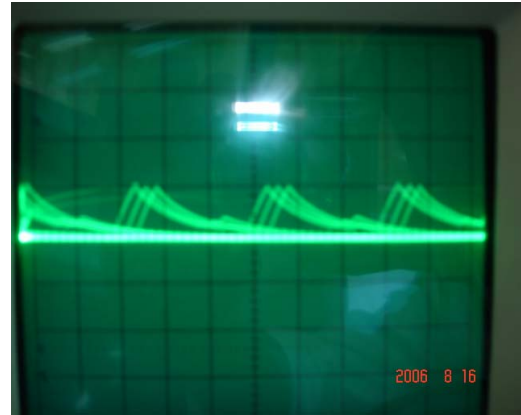


Fig. 16. Demodulación de un '1' lógico.

4. Análisis de resultados

La figura 17 muestra una prueba realizada en una medición de temperatura y envío de datos utilizando el sistema diseñado con ese fin. En la figura, se pueden observar variaciones de temperatura, debido a que el clima no era completamente soleado, sino que en ocasiones estaba nublado y posteriormente las nubes dejaban pasar el sol. Sin embargo, el objetivo principal era probar el sistema, y estos son los resultados obtenidos.

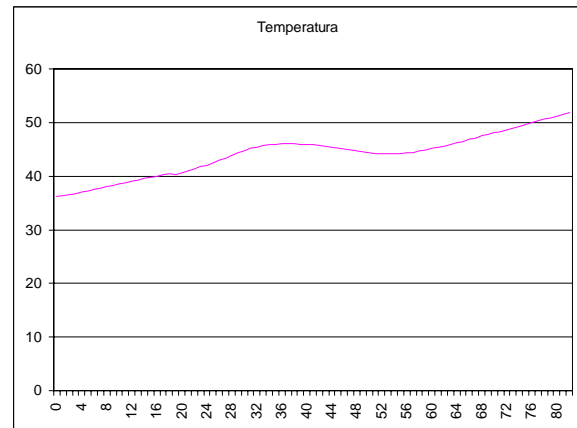


Fig. 17. Gráfica de resultados de monitoreo durante 82 minutos.

La prueba se realizó durante 82 minutos aproximadamente, con un periodo de muestreo de 1 minuto. De acuerdo a los resultados se cumplió con las expectativas creadas en un principio, por lo que podemos decir que el objetivo principal de este proyecto, que es obtener un sistema de comunicación de datos económico y funcional, se cumplió.

5. Conclusiones

Para la realización de este trabajo es necesario resaltar factores importantes que involucran un buen funcionamiento de un sistema de comunicación inalámbrica como lo son las velocidades de transferencia de datos que en este caso son un factor determinante ya que se requiere una velocidad no muy alta por lo que se trabaja a 100 baudios/s [4], además de que se debe tener en cuenta el tiempo de descarga del circuito RC debido a que este influye en la lectura correcta de los datos debido a que se tiene que distinguir un cambio entre un uno y un cero en un lapso corto de tiempo.

No obstante es necesario resaltar que el uso de un sistema empleando radios de un bajo costo es factible en el caso de que la necesidad de comunicación no sea de una gran velocidad, como lo es en este caso. Se da una solución viable para el monitoreo de los sistemas calentadores de agua solares desarrollados en el área de pruebas del área de energías alternativas del centro de investigación CICATA, teniendo así un sistema de monitoreo de datos de temperatura en calentadores solares,

obteniendo así un valor eficaz y preciso de dichos dispositivos, libres de cualquier error humano en la toma de mediciones.

Referencias

- [1] **Soria E., Martín J., Gómez L.** “*Teoría de Circuitos*”. **Mc Graw Hill, España, 1º edición, 2004.**
- [2] **Edminister J., Nahvi M.** “*Circuitos Eléctricos*”. **Mc Graw Hill, España, 3a edición, 1997.**
- [3] **Couch III L.** “*Sistemas de comunicación digitales y analógicos*”. **Prentice Hall, México, 5a edición, 1997.**
- [4] **Herrera E.** “*Tecnologías y redes de transmisión de datos*”. **Limusa, México, 1º edición, 2003.**