

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA MEDIR TEMPERATURA Y VOLTAJE EN CELDAS SOLARES

Development of a data acquisition system to measure temperature and voltage in solar cells

E Custodio-García ✉, J Campos-Álvarez, PJ Sebastian, E Andrés-Zárate,
LI Acosta-Pérez, CG Treviño-Palacios

(ECG, EAZ, LAP) Laboratorio Óptica. División Académica de Ciencias Básicas.
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Carr. Cunduacán –Jalpa, Km. 1.5., Tabasco 86680, México,
E-mail: ecustodio@dcu.ujat.mx.

(JCA, PJS) Centro de Investigación en Energía UNAM, México.

(CTP) Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, México.

Nota recibida: 21 de Junio de 2003

Nota aceptada: 13 de diciembre de 2004

RESUMEN. Un sistema de adquisición de datos (SAD) de voltaje y temperatura fue desarrollado. Entre sus componentes más importantes, el SAD incluye un convertidor analógico digital ADC0831, un multiplexor 14067, seis sensores LM335 y dos amplificadores operacionales LM324. El sistema se controla mediante una PC con un programa en Pascal. La adquisición de los datos se efectúa a través del puerto paralelo de la computadora. El sistema permite realizar caracterizaciones eléctricas en celdas solares y medir temperatura.

Palabras claves: celda solar, temperatura, automatización.

ABSTRACT. A voltage and temperature data acquisition system (DAQ) was developed. The DAQ is based on an ADC0831 analogic-digital converter, a 14067 multiplexer, two LM324 operational amplifiers and six LM335 sensors. The system is controlled by a PC with a Pascal language program. The data input is by means of the parallel port of a PC. The system may determine the electrical characteristics of solar cells, as well as to measure the temperature.

Keywords: solar cell, temperature, automatization.

INTRODUCCIÓN

Durante la última década, el avance de la tecnología ha propiciado la aparición de nuevos sistemas de medición. Los beneficios proporcionados por los sistemas de adquisición de datos (SAD) en un experimento son la obtención de datos precisos y fiables, y el ahorro de tiempo que se traduce en un ahorro de dinero (Calixto M, Ortega J, Campos J, Sebastián PJ, 1999. Memoria de la XXIII Semana Nacional de Energía Solar, 389-393). En un experimen-

to el control de los parámetros, como la corriente, la temperatura y voltaje, conllevan al éxito o fracaso del mismo, es aquí donde el uso del SAD como nueva herramienta de trabajo da lugar a mejoras en la calidad del producto de investigación.

Los costos del SAD son muy elevados en el mercado nacional (Avilés F, Campos J, Gómez-Daza O. Nair PK, 2001. Memorias de la XXV Semana Nacional, 269-272). Para los investigadores es común que parte del finan-

ciamiento obtenido para desarrollar algún proyecto sea destinado para adquirir este tipo de equipos. En un proyecto de muestreo sistemático (monitoreo) ambiental llega a representar hasta un 20 % del gasto total. De esta manera el objetivo principal de este trabajo es desarrollar un SAD de voltaje (V_{cc}) y temperatura para brindar la oportunidad a muchos investigadores de reinvertir en otras necesidades de investigación o formación de estudiantes. El SAD presenta un error de 0.78 por cada 100° C. La ventaja del SAD construido es que representa un ahorro del 80 % comparado con un SAD comercial con las mismas funciones, ya que su costo de construcción es de \$ 800 pesos (Anónimo 2004. www.agelectronica.com). En cambio, la desventaja que presenta comparado con los comerciales, es que carece de memoria propia de almacenamiento de datos y por lo tanto está limitado a desarrollar experimentos a solamente 4 m de la PC (Anónimo 2004. www.leybol.com).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los circuitos integrados (CI) utilizados en la fabricación del SAD se adquieren fácilmente en el mercado nacional. Las características, de los CI más importantes que se utilizan en el diseño de este SAD se describen:

- Puente rectificador de voltaje. Convierte el voltaje de corriente alterna (V_{ca}) a voltaje de corriente directa (V_{cd}).
- Regulador de voltaje MC 7805. Este componente es un regulador de voltaje de corriente continua (V_{cc}) regular $5 V_{cc}$ con una tolerancia de 4 % (Anónimo 2000. Ficha técnica del MC7805, Fairchild Semiconductor TM).
- Amplificador de voltaje LM 339. Es un amplificador operacional y permite amplificar voltajes de corriente continua V_{cc} (Anónimo 2000. Ficha técnica del LM339, Fairchild Semiconductor TM).
- Sensores de temperatura LM 335. Es un sensor de temperatura que produce un voltaje de salida proporcional a la temperatura a la que está expuesto, mide la temperatura absoluta (°K) y proporciona un voltaje de salida de +10 mV / K, el LM 335 mide temperaturas que van de - 40 °C a +100 °C, con un margen de error de 1 °C a los +100 °C (Anónimo 1999. Ficha técnica del LM335, National Semiconductor).
- ADC 0831. Este circuito recibe señales analógicas y las convierte en señales digitales, se utiliza para aplicaciones estándares de 0 a $5 V_{cc}$, y opera con $5 V_{cc}$, para este sistema se trabaja con un voltaje de referencia de $1 V_{cc}$ (Anónimo 2000. Ficha técnica del ADC0831, Burr-Brown[®]).
- Multiplexor MC 14067. Este circuito integrado, tiene la función de seleccionar uno de 16 canales de medición, accedendo un solo canal a la vez, esto quiere decir que

en su voltaje de salida muestra el valor a la entrada de cada canal (Anónimo 2000. Ficha técnica del MC14067, Fairchild Semiconductor TM).

- Puerto Paralelo. El puerto paralelo dispone de tres registros a través de los cuales se intercambian tanto los datos de información como los datos de control, el registro de datos y el registro de control pueden ser usados bidireccionalmente. Físicamente el puerto paralelo está colocado en cualquier PC y se identifica con un conector hembra de 25 pin DB25.

Diseño del circuito electrónico del SAD

En el diseño de este SAD se detallan cada uno de los elementos que lo conforman y la manera en que están interconectados, alimentados por una fuente de voltaje de $5 V_{cc}$. El diagrama del circuito se presenta en la Figura 1.

Diseño del circuito para medir la temperatura.

Para medir la temperatura se utilizó el CI LM335. El SAD que aquí se presenta está diseñado para seis sensores. Los sensores se calibraron en una cámara en la que controló la temperatura como referencia (Pérez C, Molina J, Cuevas S, Campos J 2001. Memorias de la XXV Semana Nacional de Energía Solar. San Luis Potosí, 545-547). La cavidad de esta cámara estuvo aislada del medio externo y su temperatura interna puede variar en un intervalo de -15 °C a 120 °C. Los sensores son introducidos en la cavidad de la cámara y se programa para que ajuste su temperatura interna a la temperatura que se quiera tener, se espera unos segundos para que la temperatura interna de la cavidad llegue a la que se programó y ésta se muestra en una pantalla que tiene la cámara. Cuando esto sucede se emite un sonido de alarma que indica que la temperatura programada ya ha sido alcanzada. La ventaja de este método de calibración es que la temperatura alcanzada en el interior de la cámara se mantiene constante hasta que se reprograma mediante el mismo procedimiento hasta realizar ocho mediciones (Calixto-Rodríguez M, Ortega CJ, Campos AJ, Sánchez JA 2002. Memorias de la XXVI Semana Nacional de Energía Solar. Chetumal Q. Roo, 373-377). La señal emitida por los LM335 al estar expuestos al cambio de temperatura de la cámara, fue medida utilizando un programa escrito en Pascal. Este programa da un número de cuenta relacionado con la señal de voltaje del sensor y la temperatura de la cámara.

Diseño del circuito para medir el voltaje de la celda fotovoltaica. Para medir la variación del voltaje de la celda solar en función de su temperatura de trabajo, la celda solar se encerró en una caja para evitar que recibiera luz y esta a su vez provocara que la celda solar generara alguna señal de ruido debido a un voltaje variable causado por la luz incidente en la celda solar (Ortega CJ, Calixto-Rodríguez M, Campos J, Sánchez JA 2002. Memorias de

la XXVI Semana Nacional de Energía Solar. Chetumal Q. Roo. 312-316), por lo tanto, debido a que la celda solar no recibió luz en el interior de la caja, se desarrolló una fuente de corriente directa para alimentar la celda solar. La celda genera un voltaje debido a la corriente suministrada, para esta fuente, se utilizó un transistor de silicio LM339 de unión NPN. El voltaje generado por la celda es amplificado por un MC324 y enviado al ADC0831.

Desarrollo del software de control del SAD. El software de control de los dispositivos electrónicos está en lenguaje Pascal. Este programa es ejecutado en una computadora 386 con una velocidad de 40 MHz, y se utiliza para controlar el SAD, permite visualizar en el monitor de la PC el cambio del gradiente de la temperatura y el voltaje de la celda solar con tres dígitos después del punto decimal, simultáneamente el programa controla el tiempo de medición. Los datos obtenidos son guardados en el disco duro de la PC, esto permite recuperarlos para después ser analizados.

Este programa se carga en el editor del lenguaje pulsando las teclas <Alt> + <F9> cuando el programa está funcionando y el SAD esta encendido. Los valores registrados por cada sensor y los valores de los voltajes de la

celda solar son enviados a la PC por el puerto paralelo para ser almacenados en la memoria de la computadora (Custodio GE, Campos A, Sebastián PJ, de la O LH, Zárte EA 2003. Memorias de la Semana de divulgación y video científico de la UJAT. 402-407).

Comprobación de la variación del voltaje en una celda solar en función de la temperatura usando el SAD.

La hipótesis planteada fue que cuando la celda solar aumenta su temperatura de trabajo, su tensión en circuito abierto (V_{ca}) disminuye (Custodio GE, Campos A, Sebastián PJ, de la O LH, Zárte EA 2003. Memorias de la Semana de divulgación y video científico de la UJAT. 402-407; Stefan C, Krauter W 2004. Solar energy materials and solar cell 82: 131-137). En este experimento, el SAD se empleó en la medición del voltaje en circuito abierto (V_{ca}) de la celda solar y su temperatura de trabajo. La celda solar utilizada tuvo las siguientes características: 400 mA en corto circuito y 3 V a circuito abierto a una radiación solar de 1000 W/m². El experimento consistió en colocar la celda solar en el interior de una caja térmicamente aislada. Esta caja puede variar su temperatura interna con una resistencia conectada a un potenciómetro y colocando dos sensores de tempera-

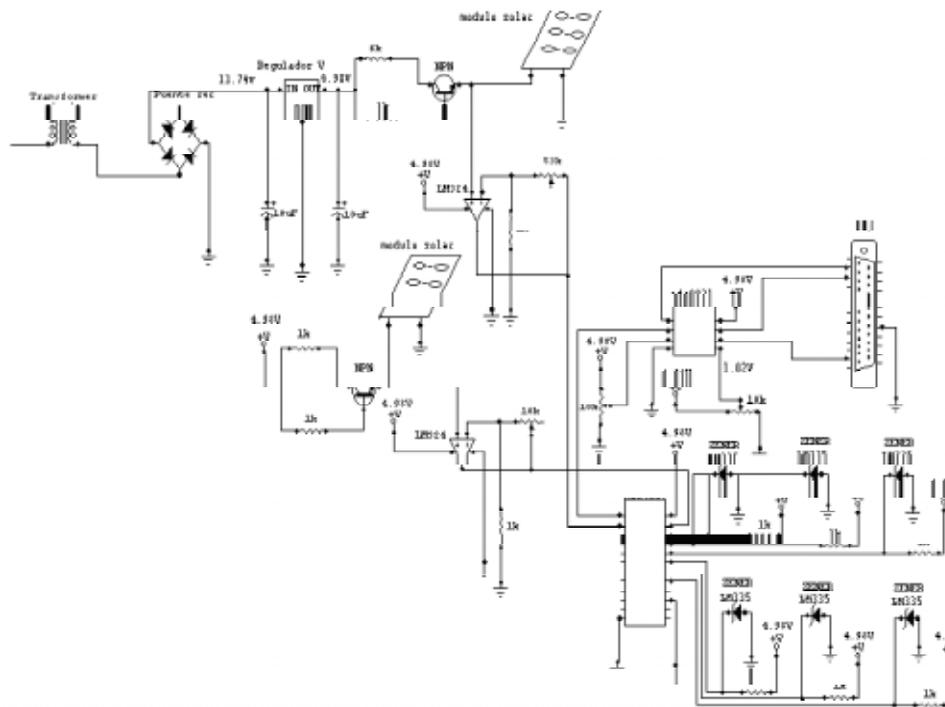


Figura 1. Circuito del sistema de adquisición de datos (SAD)
Figure 1. Circuit of data acquisition system.

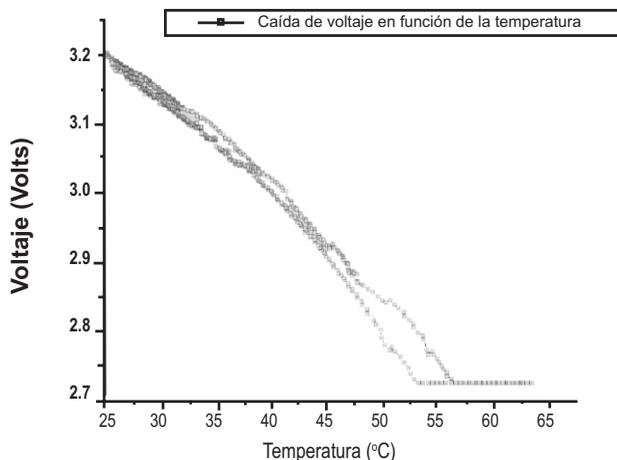


Figura 2. Respuesta corregida del voltaje en la celda solar en función de la temperatura.

Figure 2. Solar cell voltage dependence on the temperature.

tura LM335 del SAD pegados a la celda solar (Calixto-Rodríguez M, Ortega CJ, Campos AJ, Sánchez JA 2002. Memorias de la XXVI Semana Nacional de Energía Solar. Chetumal Q. Roo, 373-377). Las terminales de la celda se conectaron a la fuente de corriente del SAD. El SAD alimentó con una corriente de 400 mA a la celda solar y se generó una diferencia de potencial. Para incrementar la temperatura en el interior de la caja se aumentó el voltaje en las resistencias, se midió hasta alcanzar una temperatura constante, y se aumentó el voltaje en 10 volts cuando nuevamente fue alcanzada una temperatura constante. La operación se repitió, hasta alcanzar la temperatura de 60 °C, los datos del voltaje y la temperatura de la celda son almacenados en la PC por el programa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño completo del circuito del SAD se compone de tres secciones, cada una con funciones diferentes: la

primera sección se encarga del censado de temperatura, la segunda del censado de voltaje y la tercera es la interfase con la computadora (Figura 1).

El voltaje corregido disminuyó linealmente con la temperatura (Figura 2). Este resultado fue observado por otros autores (Custodio E., Acosta L., Sebastian P. J. and Campos J 2001, *Solar Energy Materials and Solar Cell* 70: 395-399; Stefan C, Krauter W 2004, *Solar Energy Materials and Solar Cell* 82: 119-130).

Las variaciones se corrigieron usando una regresión lineal para cada sensor que fue almacenada en la memoria de la PC por el programa de adquisición de datos. Con esta calibración se puede realizar la medición de temperatura mediante un sensor de temperatura económico.

La temperatura en las celdas fotovoltaicas es determinante para conocer su factor de comportamiento potencia contra la temperatura en función de las propiedades intrínsecas del material con que fue construida la celda (Fernández G P., Mathew X., Enríquez J P., Morales B E., Lira MM., Toledo JA., Juárez AS., Campos J 2004. *Journal of Materials Science Letters*. 1515-1518.). En estas condiciones es cuando se necesita caracterizar cada uno de los paneles del arreglo fotovoltaico y además contar con un sistema automatizado, lo cual se obtiene mediante el SAD. El único requisito es conocer de manera previa el comportamiento de cada sensor y almacenarlo en una tabla para corrección de los datos finalmente medidos.

El SAD descrito es económico y los componentes del sistema se adquieren en el mercado con un costo aproximado de \$ 800 pesos. Este mismo sistema se puede utilizar de manera eficiente en el monitoreo de la temperatura ambiental, y temperaturas de gases confinados para establecer la presión en función de la temperatura.

AGRADECIMIENTOS

Uno de los autores (ECG), agradece a Felipe Avilés y José Ortega por el apoyo brindado en el desarrollo del SAD, así como también al Dr. Jorge Abdo Francis, Gerald W. Herrera, Jesús Manuel Marín Domínguez y al CCYTET por el financiamiento de este proyecto.