

1. INTRODUCCIÓN

La temperatura es uno de los principales componentes del ambiente bioclimático que influye en la producción agropecuaria (da Silva y Morales, 1999)

En el estudio de ciclos circadianos de temperatura timpánica, Hahn et al. (1990) emplearon pequeños datalogger alimentados por baterías para mediciones en animales a campo.

Cornish y Green (1980) resaltaron la importancia de fabricar pequeños pluviómetros económicos con memoria cuando se requieren muchas mediciones en distintos puntos de observación.

Se plantea como objetivo la elaboración de un sistema de adquisición de temperatura que sea pequeño, preciso y de bajo costo.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Esta aplicación usa un circuito de carga capacitivo para convertir resistencia en tiempo que puede ser fácilmente medido usando un microcontrolador (Figura 1), de esta forma no es necesario incorporar un conversor analógico digital, necesario para medir directamente resistencia.

tiempo en ejecutar cada instrucción (1 μs). Esto genera un valor de calibración por software que es usado para eliminar la mayoría los errores del circuito, incluso inexactitudes en el condensador, cambios en el umbral de voltaje de entrada y efectos de la temperatura sobre otros componentes del circuito.

Luego C₃ se descarga a través del pin B3 configurado ahora por el programa como salida en estado lógico bajo (GND).

Por último el voltaje de referencia se aplica a la resistencia a ser medida RM (termistor) a través del pin B2, configurado como salida en estado lógico alto (+ 5v) . El tiempo para superar el umbral es entonces medido y comparado al valor de la calibración para estimar la resistencia real según la siguiente expresión (Cox 1997):

$$RM = \frac{TM}{TC} \times RC$$

donde:

- RM - resistencia a medir
- RC - resistencia conocida
- TM - tiempo que tarda C₃ en cargarse a través de RM
- TC - tiempo que tarda C₃ en cargarse a través de RC

El listado de materiales necesarios se detalla en la tabla 1.

Tabla 1 - Lista de Componentes

ID	Descripción
R1	Resistencia 1 Kohm
R2	Resistencia 56 ohm
R3	Resistencia 2,2 Kohm
R4	Resistencia 10 Kohm
RC	Resistencia 22,1 Kohm 1% tolerancia
RM	Termistor 25 Kohm a 25 °C
RD	Resistencia 220 ohm
C1 y C2	Capacitor 18 pF
C3	Capacitor 1 μF 50V
S1	DIP Swich
OSC	Oscilador XT de 4 MHz
LED	Led Verde 5 mm
PIC16F84	Microcontrolador PIC 16F84
24C65	Memoria EEPROM serial 64 Kbytes
DB9	Ficha RS232 DB9 hembra

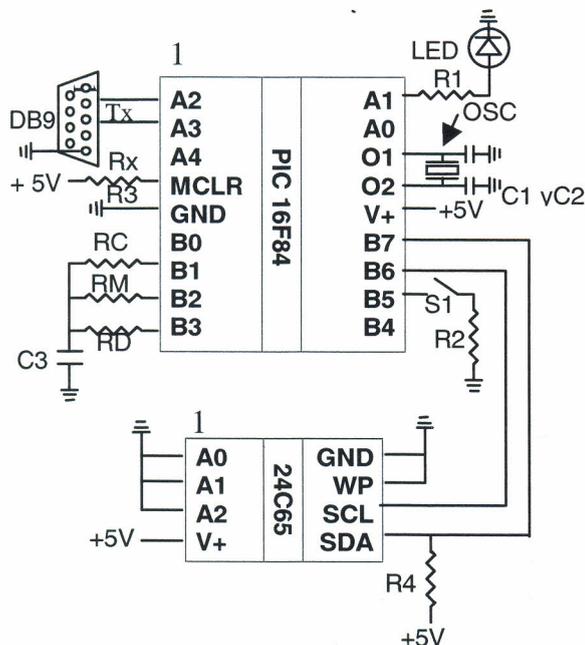


Figura 1 - Sistema de adquisición de datos de temperatura

Primero, un voltaje de referencia (normalmente + 5V) se aplica a una resistencia de calibración (RC) a través del pin B1, configurado como salida en estado lógico alto. El condensador C₃ es cargado hasta que supera el umbral de entrada del chip, sobre el pin B3, configurado como entrada.

El software del microcontrolador dispone de un contador para totalizar el número de ciclos que tarda en superarse dicho umbral. Esta medida proporciona una idea suficientemente exacta del tiempo, al asumir constante el

Los valores de RC y C₃ son seleccionados en base al número de bits de resolución requeridos.

La relación entre RC y el mayor valor de resistencia a ser medido debería estar entre 0,3 – 0,5; si consideramos del rango de estudio de 0 a 50°C y conociendo que los termistores poseen un coeficiente negativo con respecto a la temperatura (aumentan su resistencia a medida que disminuye la temperatura), el mayor valor de resistencia a medir por el termistor (a 0 °C) sería alrededor de 70 Kohm, motivo por el cual se seleccionó una RC de 22,1 Kohm.

La capacidad de C₃ queda definida por (Cox, 1997):

$$C = \frac{-T}{RM_{max} \times \ln\left(1 - \frac{V_t}{VR}\right)}$$

¹ Climatología Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias, U.N.C. cc 509 – Ciudad Universitaria, 5000 Córdoba, Argentina. gugovan@agro.uncor.edu

donde:

- C - capacidad
- T - máximo tiempo a medir (seg)
- Rmax - máxima resistencia a medir (70000 ohm)
- Vt - umbral de voltaje (+3V aprox.)
- VR - voltaje de referencia (+5v)

El tiempo a su vez es calculado como:

$$T = rb \times \frac{1}{focs} \times 4 \frac{\text{ciclos}}{\text{instrucción}} \times 6 \frac{\text{instrucciones}}{\text{cuenta}}$$

siendo:

- rb - resolución de bits (16384 – 14 bit)
- fosc - frecuencia del oscilador (4 Mhz)

Con estos datos tenemos un tiempo máximo de 98304 μseg, siendo C = 1,5 pF

El valor real de C debería ser menor que el calculado para asegurarse que el microcontrolador no sobreexcede durante la medición, por lo que utilizamos para el proyecto 1 pF.

Los contadores de la resistencia conocida y de la resistencia a medir son almacenados en la memoria EEPROM cada cinco minutos (se modifica por software), pudiendo grabar hasta 500 mediciones

Una vez colectados los datos se procede a descargar a una PC a 9600 baudios, con 8 bit de datos sin paridad y 1 bit de parada. La transmisión se activa accionando el switch (S1).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la calibración del sensor de temperatura se utilizó un “baño María” con un termostato y un agitador, y un termómetro de mercurio con escala graduada hasta décimos de grado.

La calibración se inició a 3,2 °C colocando agua y hielo picado en el interior del baño María, registrándose la temperatura y la lectura del microcontrolador cada cinco minutos, la temperatura su fue elevando lentamente mediante el termostato, lo que permitió llegar hasta una temperatura de 42,7 °C Los datos obtenidos se ajustaron a la ecuación de Steinhart – Hart (Cox, 1997), a la que se agregó un término más (a) para poder trabajar con la relación entre cuentas en lugar de valores de resistencia:

$$T(C) = a + \frac{1}{b + c \times \ln\left(\frac{TC}{TM}\right) + d \times \ln\left(\frac{TC}{TM}\right)^3}$$

donde:

- T(C) - temperatura (°C)

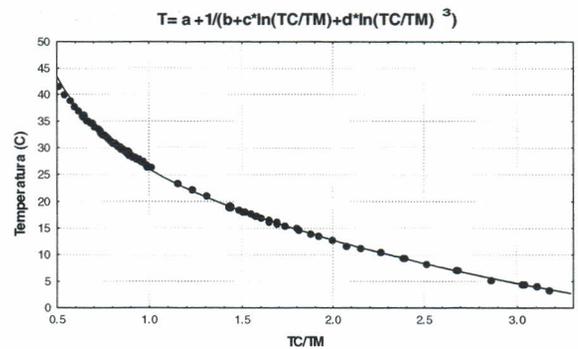


Figura 3 - Regresión entre TC/TM y la temperatura observada

a, b, c y d = coeficientes de regresión, cuyos valores son: -82,737695; 0,00919794; 0,00169972; 0,00028453 respectivamente.

La figura 3 muestra el gráfico de la regresión obtenida con un coeficiente de correlación de 0,9999.

4. CONCLUSIÓN

Es factible la realización de un sistema de registro de la temperatura pequeño, de bajo costo y con alto grado de precisión en la adquisición de datos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- da Silva, K.O., MORAES, S.O. Desenvolvimento de um sistema automatizado de baixo custo para aquisição automática de dados de umidade e temperatura do ar, em ambientes de desenvolvimento animal e vegetal. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOLOGIA II REUNIÃO LATINO –AMERICANA DE AGROMETEOLOGIA, Florianópolis S.C., 1999, **Anais...**, Santa Catarina Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ U.F.S.C. p.p. 919 - 925
- Baker C. Thermistors in single supply temperature sensing circuits. **Application Note 685**. Microchip Technology Inc. p. 10 1997. (<http://www.microchip.com/Download/Appnote/category/analog/ADC/00685b.pdf>)
- Cox D. Implementing ohmmeter/temperature sensor. **Application Note 512**. Microchip Technology Inc. p. 6 1997. (<http://www.microchip.com/Download/appnote/category/16c5x/00512.zip>)
- Cornish K.A., Green, G.C. An economical recording tipping-bucket rain gauge. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.26, p.247-253, 1982
- Hahn G.L., Eigenberg, R.A., et al. Measuring physiological responses of animals to environmental stressors using a microcomputer-based portable datalogger. **J. Anim. Sci.**, Illinois, U.S.A, v.68, p. 2658-2665, 1990.