

Transmisor Digital de Humedad Relativa
Dr Víctor Escartín Fernández, Msc Dilaila Criado Cruz
Centro de Investigaciones en Microelectrónica
Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría
Código Postal 10800, Apartado Postal 8016, Habana 8
Victor.escartin@cime.cujae.edu.cu

Resumen.

En este trabajo se presentan los distintos criterios empleados en el diseño de un transmisor digital realizado con un microcontrolador, que recibe la señal modulada en frecuencia de un sensor capacitivo de HR y este entrega una salida serie codificada. La señal de salida del transmisor puede ser enviada a distancias relativamente alejadas del mismo, utiliza una salida serie RS485, permitiendo un alcance de 1.2 Km sin emplear repetidores. El sensor empleado fue el SMTHS10 de la SMARTEC, aunque también puede trabajar con el sensor que fabrica la Philips.

Introducción.

La vida humana está estrechamente ligada con parámetros ambientales como la temperatura y la humedad entre otros muchos aspectos. La sensibilidad térmica en las personas está relacionada con la humedad relativa (HR), por lo que es necesaria su estimación para lograr mayor eficiencia y bienestar en fábricas, laboratorios, hospitales, hoteles, teatros, etc. Es conocido además que la humedad es un factor que aumenta la corrosión de los metales, altera los materiales de construcción e influye en otros aspectos de la vida, de ahí la importancia de medirla y controlarla. Existen distintos equipos comerciales para la medición de este parámetro, fabricados con diferentes tecnologías y materiales. Por otro lado tanto en la industria como en los equipos electrónicos domésticos hay una creciente demanda de sensores que sean capaces de comunicarse con microprocesadores de bajo costo, los cuales no tienen incluido un convertidor análogo digital. Las únicas señales analógicas para tales procesadores son señales moduladas en ancho de pulso y en frecuencia.

En este trabajo se presentan los criterios empleados en el diseño de un transmisor digital que recibe la señal modulada en frecuencia [1] de un sensor capacitivo de HR y entrega una salida serie codificada. La señal de salida del transmisor puede ser enviada a distancias relativamente alejadas del mismo. El sensor empleado fue el SMTHS10 de la SMARTEC, aunque también puede trabajar con el sensor que fabrica la Philips.

Principio de funcionamiento.

El circuito básico del medidor es un oscilador que genera una señal cuyo periodo es proporcional a la HR y cuyo circuito se muestra en la figura 1.

Las ecuaciones que permiten calcular el periodo de la oscilación en función de los parámetros del circuito según se especifican en el manual del fabricante [2] son:

$$tH = Ct(Ra + Rb) \ln \left[3 - \exp \left(\frac{-tph}{Ct(Rb + r_{ON})} \right) \right] + tphl$$

$$tL = Ct(Ra + r_{ON}) \ln \left[3 - \exp \left(\frac{-tphl}{Ct(Rb + Ra)} \right) \right] + tphl$$

donde:

r_{ON} es la resistencia equivalente del transistor de *discharge*, $tphl$ y tph son los tiempos de propagación de la señal a través del circuito para cuando la salida cambia de un nivel de voltaje bajo a uno alto y viceversa y Ct es la capacidad total conectada a los terminales 6 y 2, resultando $Ct = Cs + Cp$, siendo Cp la capacidad parásita asociada a los terminales antes mencionados y Cs la capacidad del sensor de HR.

Si definimos al período de la oscilación como t_s , podemos plantear que: $t_s = tH + tL$ y para los valores reportados por el fabricante en el referido manual y garantizando que $Ra = Rb = R > r_{ON}$, tenemos que:

$$t_s = 2.08 \cdot R \cdot Ct + tp \quad (1)$$

donde $tp = tphl + tph$

Si consideramos que la respuesta del sensor es lineal podemos plantear que:

$$Cs = Cso + mHR \quad (2)$$

Para el caso del sensor de referencia y según los datos del fabricante, $C_{so} = 216 \text{ pF}$ y $m = 0.4 \text{ pF} / \% \text{ HR}$. Si se sustituye (2) en (1) se puede despejar una expresión para la HR:

$$HR = a(ts - t_o) \quad (3)$$

donde:

$$a = \frac{1}{(2.08mR)} \text{ y } t_o = t_p + 2.08R(C_{so} + C_p)$$

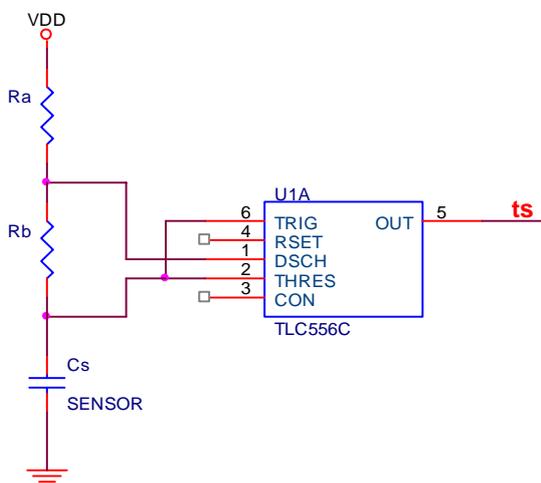


Figura 1. Circuito oscilador.

Del análisis de la expresión (3), se puede plantear que, el parámetro **a** depende del valor de la resistencia el cual es conocido y si su coeficiente de variación con la temperatura es pequeño ($50 \text{ ppm} / ^\circ\text{C}$), **m** es un parámetro que depende del sensor, el fabricante lo especifica con una dispersión del 12 % por lo que para una medición con precisión se requiere de calibrar al sensor para dos valores de HR para la misma temperatura lo cual permite calcular el valor de **a** y el de **t_o**. El parámetro **t_o** depende de **t_p** y **C_p** los cuales están asociados al circuito integrado (CI) del oscilador y los mismos varían de un CI a otro además de que dependen de la temperatura. Una forma de minimizar su efecto es utilizando un CI 556 que tiene dos osciladores y utilizar al segundo con un condensador cuya capacidad sea constante es decir que tenga un coeficiente pequeño de variación con la temperatura y calcular la HR sobre la base de la diferencia de los periodos de las oscilaciones de los dos osciladores.

En este caso la HR se calcula en forma análoga a la expresión (3):

$$HR = a(ts - t_r - t_o) \quad (4)$$

Donde

$$t_r = t_{pr} + 2.08R(C_r + C_{pr})$$

$$t_o = t_p - t_{pr} + 2.08R(C_p + C_{pr}) + 2.08R(C_{so} + C_r)$$

Siendo **t_r**, **t_{pr}** y **C_{pr}**: el periodo, la suma del tiempo de propagación y la capacidad parásita de entrada del oscilador de referencia respectivamente.

En este caso puede apreciarse que **t_o** depende de la diferencia de los parámetros de los dos osciladores dentro del mismo CI, lo que disminuye su dependencia del CI y de la temperatura.

En la Figura 2, se muestra un gráfico en donde se refleja el valor de la HR calculado por la expresión (4) en función del valor de la capacidad **C_s** calculada a partir de suponer un valor de HR.

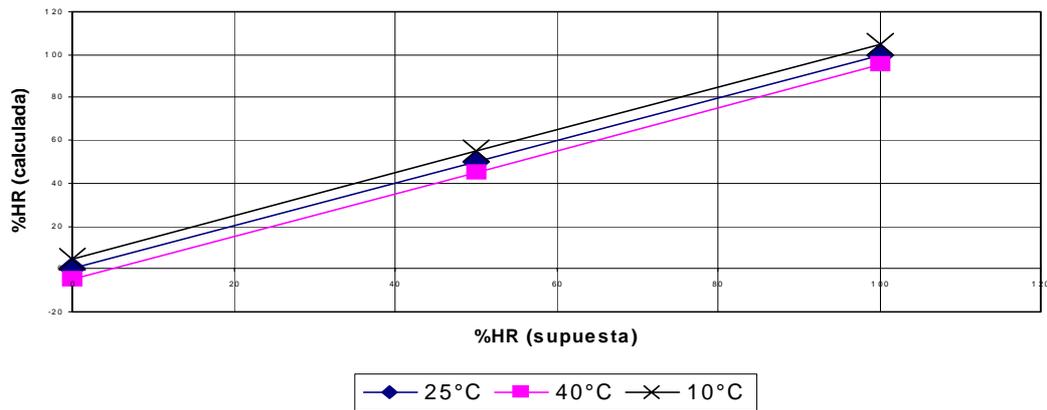


Figura 2. Gráfico del valor de la HR calculado Vs el teórico, para tres valores de temperatura.

Del gráfico anterior se determinó que para la temperatura ambiente de 25 °C el error en todo el rango de HR es menor del 0.1% bajo la suposición de que el sensor tiene una respuesta lineal. El máximo error que se comete en el rango de temperatura analizado es menor del 5% HR. Para disminuir este valor hay que compensar la variación con la temperatura del sensor.

Descripción del transmisor.

En la figura 3, se muestra el diagrama en bloque general del transmisor. El multiplexor permite seleccionar la salida de uno de los dos osciladores, la interfaz convierte de niveles de voltaje TTL a niveles RS 485 y el micro controlador se encarga de controlar todo el circuito, del procesamiento matemático de la medición y de la comunicación. El divisor por N permite aumentar el tiempo del periodo del oscilador y así reducir el error en la medición de tiempo ya que los microcontroladores actuales típicamente permiten una resolución entre 0.1 y 1 us

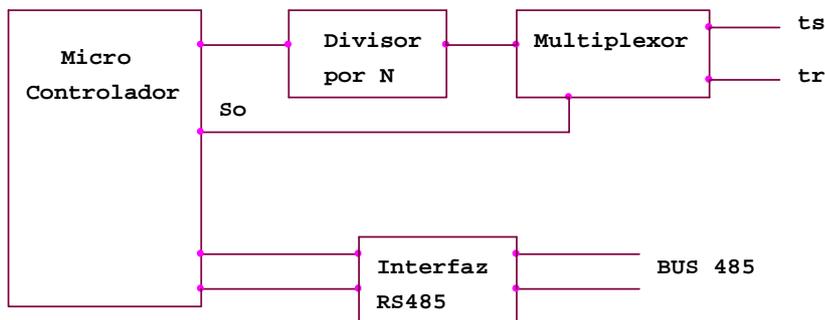


Figura 3. Diagrama en bloque general del transmisor digital de humedad relativa.

Conclusiones.

Se ha realizado el diseño de un transmisor de humedad relativa, basándose en un sensor capacitivo. La medición de la salida de dos osciladores, actuando uno como referencia permite que el error en la medición de la HR a la temperatura ambiente es muy pequeña. Es necesario compensar la dependencia con la temperatura del sensor, para disminuir el error que puede llegar a ser de un 5 % de HR cuando la temperatura ambiente varía 15 °C.

Bibliografía.

[1] - “Concepts and focus point for intelligent sensor systems”, G. Meijer, *Sensors and Actuators*, A, 41-42, 1994 183-191
 [2] – Linear Circuits. Volume 3, Texas Instruments, 1992