

INSTRUMENTO PARA LA MEDIDA DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO MEDIANTE UN ANEMÓMETRO DE ROTACIÓN Y UN CONTADOR DIGITAL UNIVERSAL

S. RODRÍGUEZ, A. AYALA, B.R. MENDOZA, O. GONZÁLEZ Y F. DELGADO
Dpto. de Física Fundamental y Exp., Electrónica y Sistemas. Universidad de La Laguna. España.

En este trabajo se presenta una experiencia hardware de laboratorio orientada a alumnos de la titulación de Ingeniero en Electrónica. Esta experiencia consiste en diseñar e implementar un instrumento digital para medir la velocidad del viento. La realización le proporciona al alumno una mejor comprensión del principio básico de funcionamiento de los aparatos específicamente diseñados para determinar los parámetros temporales de señales mediante el uso de “Contadores Digitales Universales”.

1. Introducción

El interés pedagógico de la experiencia práctica de laboratorio que se propone, diseñar e implementar la electrónica de un instrumento para medir la velocidad del viento mediante la utilización de un anemómetro de rotación y un contador digital universal, le proporcionará al alumno una mejor comprensión del principio básico de funcionamiento de los instrumentos específicamente diseñados para determinar los parámetros temporales de señales mediante la utilización de “Contadores Digitales Universales” [1,2]. La experiencia está diseñada para alumnos de la titulación de Ingeniero en Electrónica que cursan la materia Instrumentación Electrónica, concretamente, la asignatura de Instrumentación y Equipos Electrónicos I. Sin embargo, simplificando su diseño, esta misma experiencia se puede plantear en asignaturas de otras titulaciones que no requieran un conocimiento con tal profundidad. Por ejemplo, implementar un frecuencímetro basado en el esquema general de un contador digital universal. En este caso, el alumno deberá realizar el montaje de manera guiada por el profesor y responder a una serie de cuestiones que le ayude a comprender el funcionamiento de este tipo de aparatos.

Los instrumentos que realizan la medida de frecuencia y período, y otros parámetros relacionados con ellos, reciben la denominación de “Contadores Digitales Universales” y constituyen un grupo de aparatos que, además de la frecuencia, suelen realizar otro tipo de mediciones tales como período, relación de frecuencias entre dos señales, tiempo transcurrido entre dos acontecimientos, e incluso el número de impulsos producidos en un determinado intervalo de tiempo.

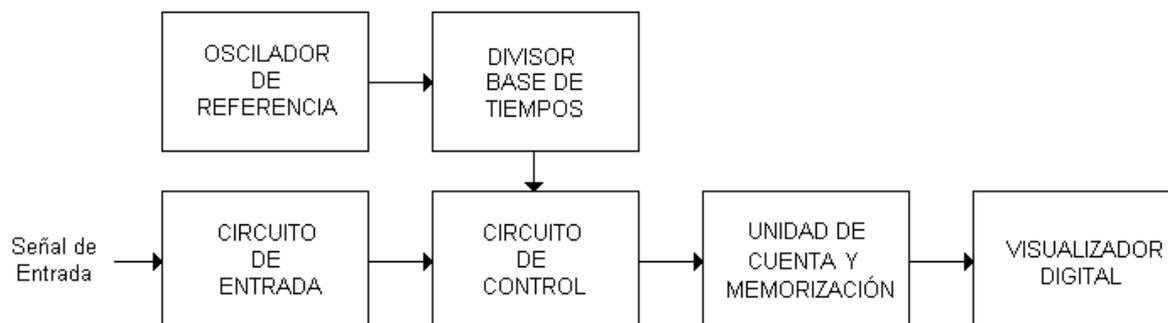


Figura 1. Diagrama de bloques de un “Contador Digital Universal”.

En la Fig. 1 se muestra el diagrama general de un contador digital universal. El reloj u oscilador de referencia de la base de tiempos suele ser un oscilador a cristal de cuarzo muy preciso. La base de

tiempos es un conjunto de divisores de frecuencia que permiten fijar la referencia más adecuada a la señal bajo medida.

Generalmente, una señal que transmite información en forma temporal o por medio de variables temporales, no es directamente aplicable al circuito de control y unidad de cuenta, memorización y visualización. Es necesario un procesamiento de la señal y de ello se encarga el circuito de entrada, cuya función principal es convertir la señal de entrada (cualquiera que sea su forma) en una señal cuadrada capaz de ser aceptada por la unidad de cuenta. La unidad de cuenta y memorización consta de dos partes: un contador BCD, en general síncrono, con un número de décadas adecuado a la capacidad de medida del instrumento, y un registro temporal, al cual se transfiere el contenido del contador en el instante adecuado para que se visualice la medida.

La experiencia de laboratorio que se presenta básicamente consiste en determinar el número de ciclos de la señal proporcionada por el anemómetro durante un tiempo fijo t . En definitiva, se trata de que el contador cuente los ciclos de dicha señal durante un tiempo establecido mediante la base de tiempos. Este principio de funcionamiento coincide con el de aquellos instrumentos diseñados para la medida de frecuencia basados en la utilización de un contador digital universal.

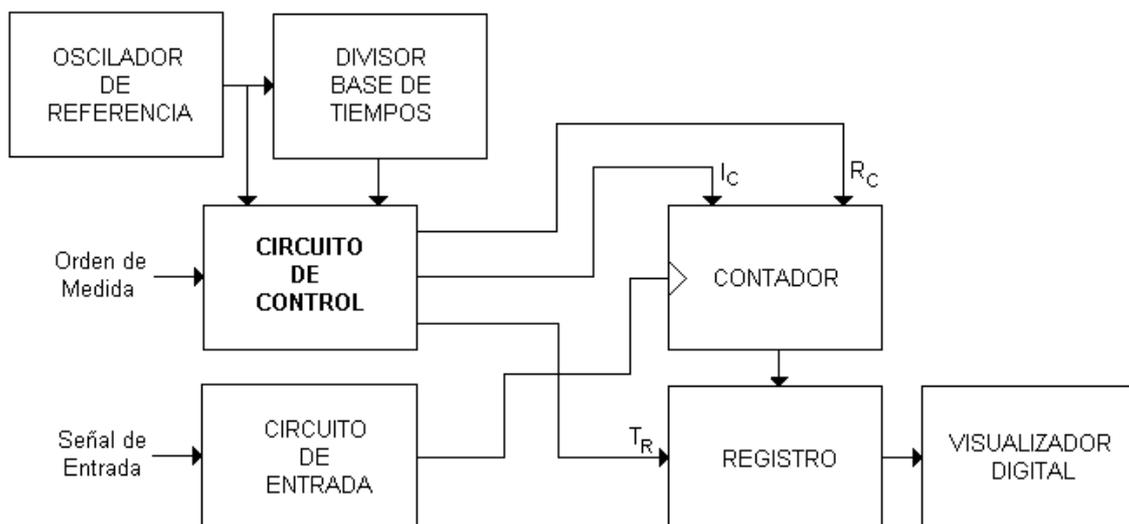


Figura 2. Diagrama de bloques de un frecuencímetro digital.

Básicamente, medir una frecuencia es compararla con otra que se toma como referencia. La comparación se realiza contando el número de impulsos de la señal de entrada durante un intervalo de tiempo perfectamente determinado la base de tiempos. En la Fig. 2 se representa el diagrama de bloques de un frecuencímetro digital.

La unidad de control es la encargada de generar las señales de puesta a cero (R_C), inhibición (I_C) del contador y el impulso de carga o transferencia al registro (T_R). En la Fig. 3 se muestra el diagrama de secuencia de las señales citadas. En general, su generación se puede realizar de manera periódica o cada vez que se da una orden de medida. La señal de inhibición permanece en un determinado nivel (uno lógico en la Fig. 3) un cierto intervalo de tiempo fijo t , comúnmente denominado tiempo de puerta, durante el cual el contador contabiliza los impulsos procedentes del circuito de entrada. Transcurrido dicho intervalo de tiempo, el contenido del contador es igual al número de ciclos de la señal de entrada. Por ejemplo, si dicho número es 32300 y el tiempo de puerta es de un segundo, la frecuencia será 32,3 KHz. Si el intervalo de tiempo es de 0.1 segundos y el contenido del contador es el mismo, la frecuencia sería 323 KHz. Transcurrido el tiempo t , la unidad de control deberá transferir

el contenido del contador al registro para realizar su visualización y seguidamente poner a cero el contador para iniciar un nuevo proceso de cuenta.

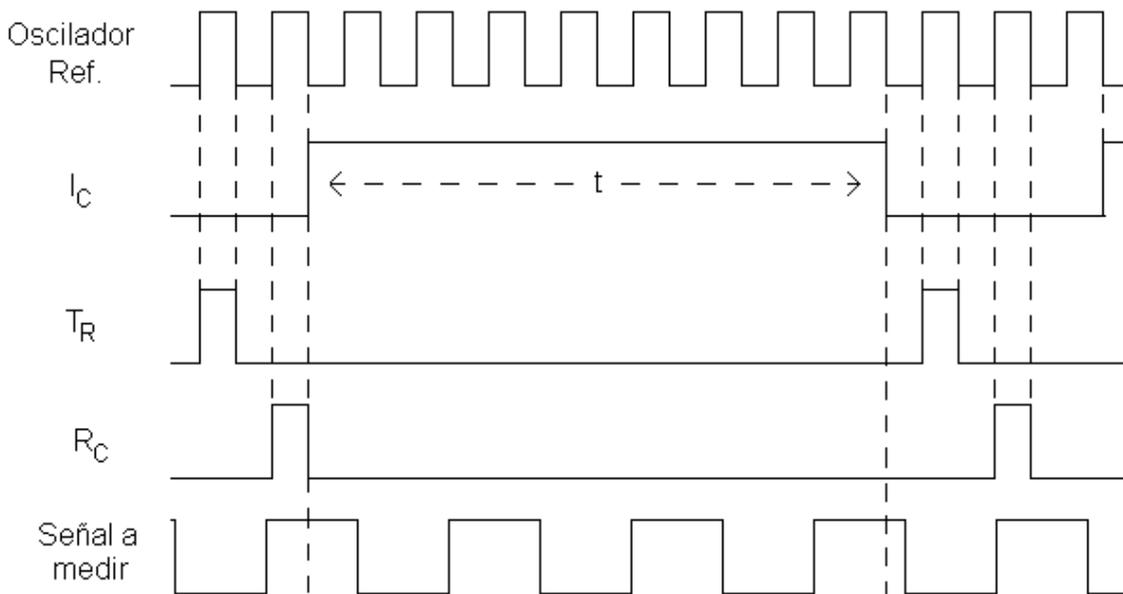


Figura 3. Diagrama de secuencia de las señales de la Fig. 2.

2. Descripción de la experiencia de laboratorio

En la Fig. 4 se muestra el diagrama general de bloques del sistema diseñado para medir la velocidad del viento. En él se pueden distinguir los siguientes elementos: el sensor o anemómetro de rotación, la base de tiempos, el circuito de control y la unidad de cuenta, registro y visualización. Como se puede observar, se trata del esquema correspondiente a un frecuencímetro digital, donde el contador realiza la cuenta de los ciclos de la señal proporcionada por el anemómetro durante un tiempo establecido por la base de tiempos.

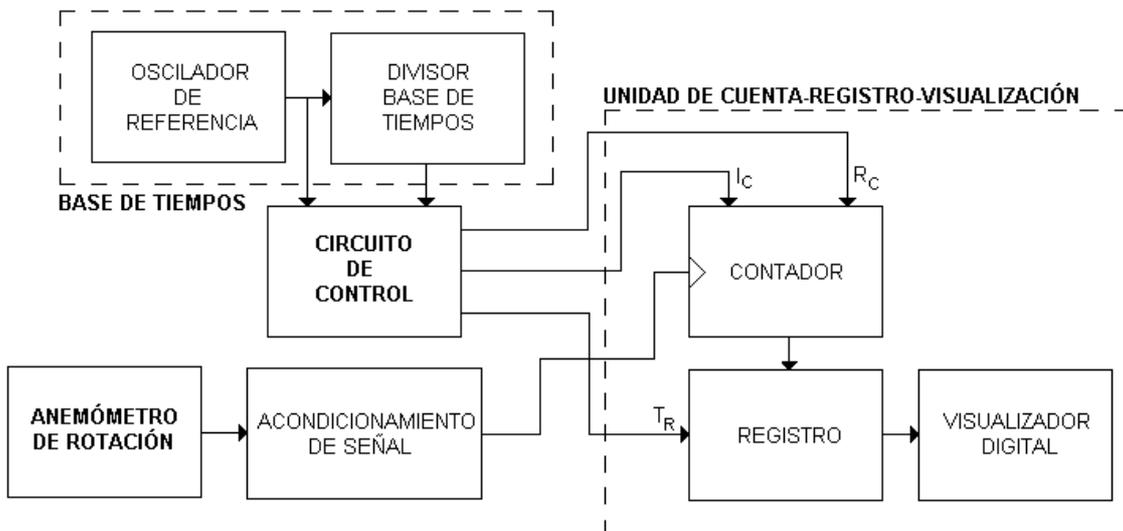


Figura 4. Diagrama general de bloques del sistema de medida.

2.1. Anemómetro de rotación

El anemómetro de rotación, que también deberá diseñar el alumno, está formado por varias cazoletas o hélices unidas a un disco cuyo giro es proporcional a la velocidad del viento (Fig. 5). El disco alterna tres zonas blancas y tres negras, uniformemente distribuidas sobre su superficie. A escasa distancia del mismo, un optoacoplador diferenciará dichas zonas produciendo tres pulsos eléctricos o ciclos por cada vuelta o giro del disco. La Ec. 1 muestra, para un disco de radio r , la relación que existe entre la velocidad del viento, expresada en Km/h, y su frecuencia de giro (f_{giro}).

$$v(Km/h) = W r = 2 \pi r \frac{36}{10} f_{giro} \quad (1)$$

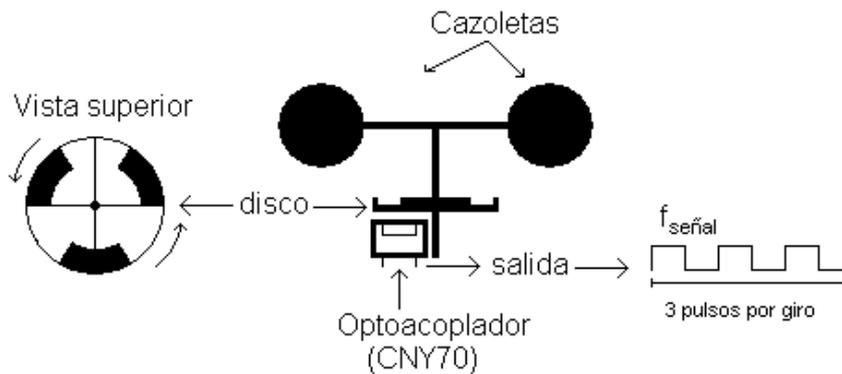


Figura 5. Esquema funcional del anemómetro de rotación

Teniendo en cuenta que la frecuencia de la señal producida por el anemómetro, $f_{señal}$, es tres veces más rápida que la frecuencia de giro del disco, la velocidad del viento se puede expresar en función de la frecuencia de la señal generada por el sensor como:

$$v(Km/h) = \frac{2 \pi r}{3} \frac{36}{10} f_{señal} \quad (2)$$

2.2. Sistema de medida

Como se indicó con anterioridad, para determinar la velocidad del viento basta con determinar $f_{señal}$. La frecuencia de la señal se puede medir haciendo uso de un contador digital universal configurado de manera que actúe como un frecuencímetro digital (Fig. 2). Es decir, si con un contador de impulsos se cuenta el número N de ciclos de la señal proporcionada por el anemómetro durante un tiempo de puerta t , la frecuencia de la señal se podrá expresar como:

$$f_{señal} = \frac{N}{t} \quad (3)$$

Sustituyendo en la Ec. 2 la expresión obtenida para $f_{señal}$, la velocidad del viento en función del número de ciclos se puede expresar como:

$$v(Km/h) = \frac{2 \pi r}{3} \frac{36}{10} \frac{N}{t} \quad (4)$$

Si se elige un tiempo de puerta de 6.02 segundos y el radio del disco es 8 cm, el valor N resultante del proceso de cuenta proporcionará la velocidad del viento con una resolución de 0.1 Km/h (Ec. 5).

$$v(Km/h) = \frac{2\pi \cdot 0.08 \cdot 36}{3 \cdot 10} \frac{N}{6.02} \cong \frac{N}{10} \quad (5)$$

En la Fig. 6 se muestra la realización práctica de los bloques del sistema de medida [3], y en la Fig. 7 el diagrama de secuencia de las señales implicadas en el sistema. Como se puede observar, para la implementación se ha optado por utilizar circuitos integrados de bajo coste que comúnmente se pueden encontrar en un laboratorio de electrónica básica. Al igual que en el diagrama de bloques que caracteriza un frecuencímetro digital, en el medidor se pueden diferenciar los siguientes elementos: el anemómetro con su acondicionador de señal, la base de tiempos y las unidades de cuenta, registro y visualización.

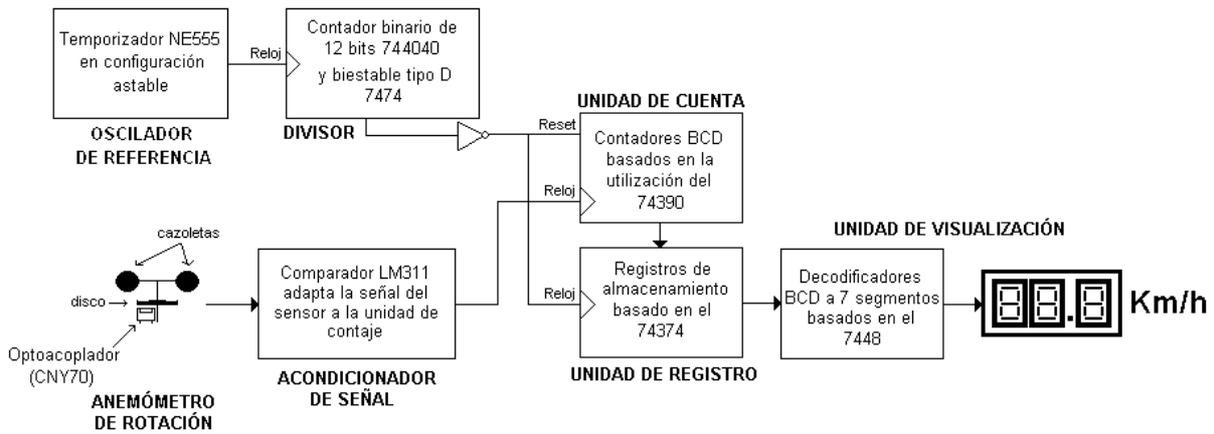


Figura 6. Implementación práctica del sistema de medida.

En lo que se refiere al anemómetro de rotación, como la salida del optoacoplador no alcanza los niveles de voltaje compatibles con la familia lógica de los circuitos integrados utilizados para implementar la unidad de cuenta, fue necesario introducir un circuito acondicionador de señal. Dicho circuito se ha implementado por medio del circuito integrado LM311, que compara el voltaje de salida del optoacoplador con un nivel de referencia de 3V y produce una señal cuadrada con niveles de voltaje de 0 y 5V.

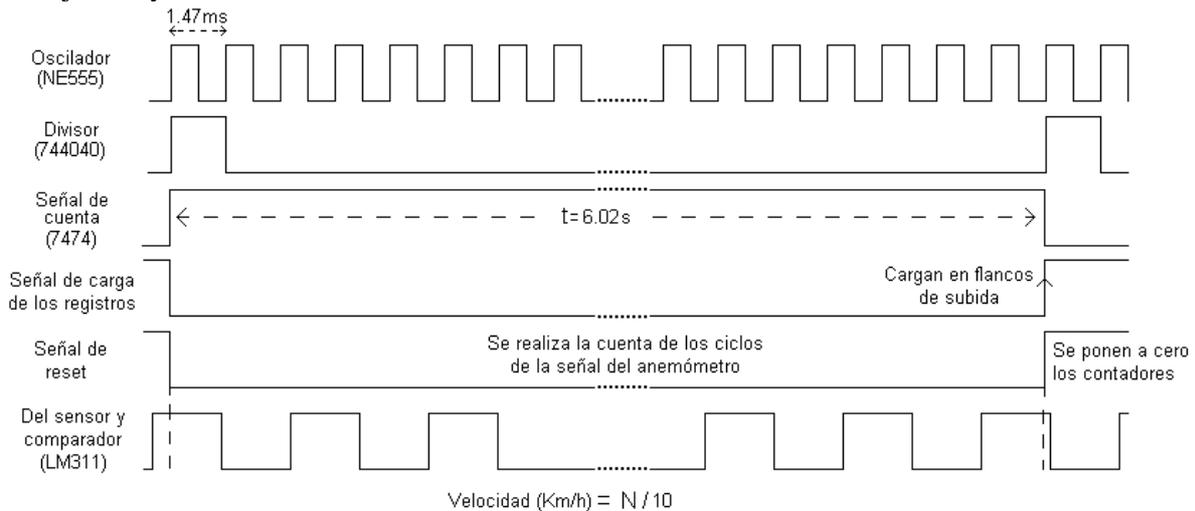


Figura 7. Diagrama de secuencia de las señales de la Fig. 6.

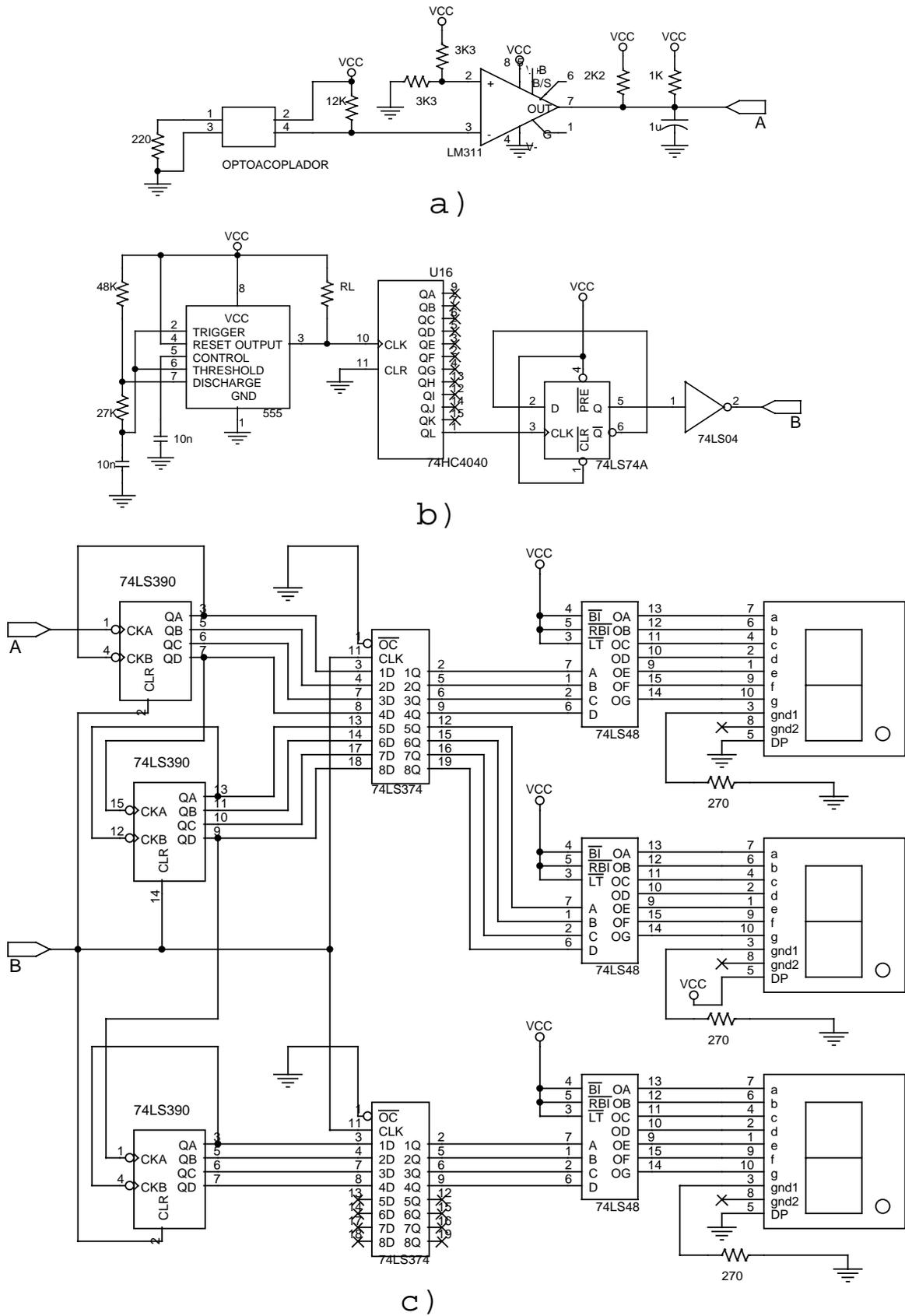


Figura 8. Esquema eléctrico del sistema de medida implementado: a) Circuito acondicionador del anemómetro, b) Base de tiempos y c) Unidades de cuenta, registro y visualización.

Para implementar la base de tiempos, se ha hecho uso del temporizador NE555 configurado en modo estable y un contador de 12 estados, el 74HC4040, cuya función es dividir entre 4096 la frecuencia de la señal, 680.4 Hz procedente del temporizador. Esta nueva señal permitirá establecer el tiempo de medida o de puerta en 6.02 segundos, es decir, el tiempo que utilizará en cada medición el contador para determinar el número de ciclos de la señal suministrada por el anemómetro.

$$t = \frac{2^{12}}{680.4} = \frac{4096}{680.4} \cong 6.02 \text{ segundos} \quad (6)$$

Finalmente, indicar que las unidades de cuenta, registro y visualización se han implementado mediante la utilización de los integrados 74LS390, 74LS374 y 74LS48, así como de tres displays de cátodo común. En la Fig. 8 se muestra el esquema eléctrico del sistema de medida implementado.

4. Conclusiones

La experiencia hardware de laboratorio presentada forma parte del proyecto docente de la asignatura Instrumentación y Equipos Electrónicos I correspondiente a la titulación de Ingeniero en Electrónica, y está programada para que el alumno la ejecute en dos sesiones de tres horas. Su finalidad consiste en dotar al alumno de una mejor comprensión sobre el funcionamiento de los instrumentos de medida basados en la utilización de contadores digitales universales, permitiéndole, en un futuro, abordar cualquier otro diseño basado en el uso de este tipo de aparatos.

Referencias

- [1] E. Mandado, P. Mariño, A. Lago, *Instrumentación Electrónica*, Marcombo, Barcelona, 1995.
- [2] Miguel Ángel Pérez et all. *Instrumentación Electrónica*, Thomson, 2004.
- [3] www.alldatasheet.net