

# 82

diseño Y  
construcción  
DE UN  
sistema ELECTRÓNICO  
DE VOTACIÓN PARA EL  
senado Académico DE LA  
universidad DE  
PUERTO RICO  
EN Bayamón

ISMAEL SÁNCHEZ RÍOS & JOSÉ RAMÓN VEGA

## RESUMEN

---

**EN ESTE ARTÍCULO OFRECEMOS una explicación básica del funcionamiento del sistema electrónico de votación para el senado académico de la Universidad de Puerto Rico en Bayamón. Explicamos cómo se debe utilizar el sistema y la información generada por cada módulo de votación.**

**Palabras claves:** tecnología, módulos, sistema de votación

Milenio, Vol. 8/9, 2004-2005

ISSN 1532-8562

---

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Para desarrollar este proyecto se requiere un sistema electrónico que permita que un grupo de senadores pueda emitir sus votos de forma mecanizada. Mediante el sistema diseñado se deberá identificar de donde procede cada voto sin revelar quien lo emite. Se deberá contar cada voto y presentar el resultado de la votación de forma gráfica y numérica. Un teclado sencillo permitirá la entrada del voto. Un despliegue simple presentará información de orientación y resultados al votante. Una computadora supervisará y controlará la operación del sistema por medio de un programa y una interfase que utilice el puerto paralelo de una computadora personal.

### **SOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

Consideramos dos soluciones. La primera fue usar un microcontrolador, despliegue LCD y teclado. Fabricamos un prototipo de módulo de votación y encontramos que con la tecnología que teníamos disponible en el laboratorio no era viable implementar esta solución. Concluimos que era más práctico construir un sistema menos sofisticado usando codificadores, decodificadores, teclado y despliegue sencillo.<sup>1</sup> En este artículo presentaremos y discutiremos el diseño sencillo que construimos e instalamos en la sala del Senado Académico.

### **EXPLICACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA**

Para llevar a cabo la comunicación entre los diferentes módulos de vota-

ción y la computadora personal utilizamos el codificador HT640 y el decodificador HT648. Estos llevan a cabo el proceso de conversión de información de serie a paralelo y de paralelo a serie de forma automática y confiable. El codificador HT640 solamente requiere la activación de la señal TE (transmisión activada) para comenzar a transmitir la información. El codificador transmite dos bloques de información básicos. Estos son la información de 8 bits (dígitos binarios) que queremos transmitir y la dirección (10bits) del decodificador que recibirá la información. Estos bloques de información son convertidos del formato paralelo a la serie y transmitidos una vez que se active la señal TE.

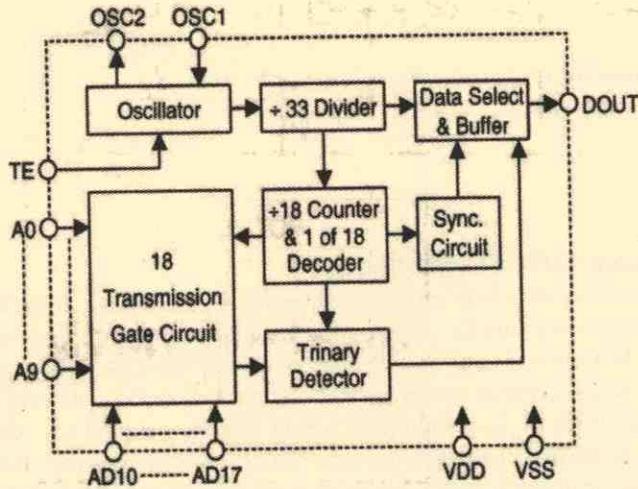


Figura #1 Diagrama en bloque del HT640

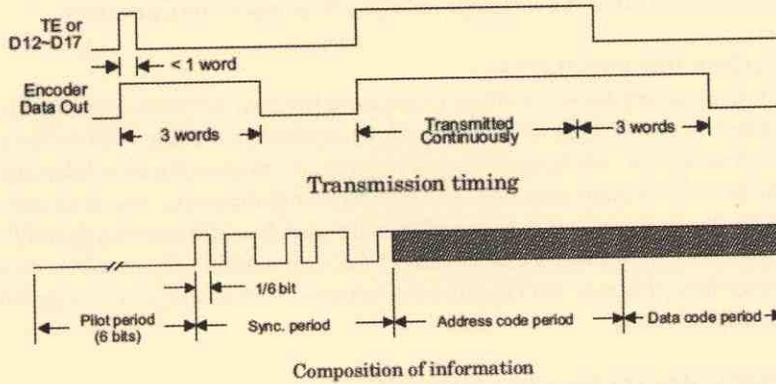


Figura #2 Representación de la información a ser transmitida

El decodificador HT648 cuya dirección coincide con la enviada por el codificador reconvierte la información recibida al formato digital en paralelo e indica que la información recibida es válida activando a la señal VT (transmisión válida).

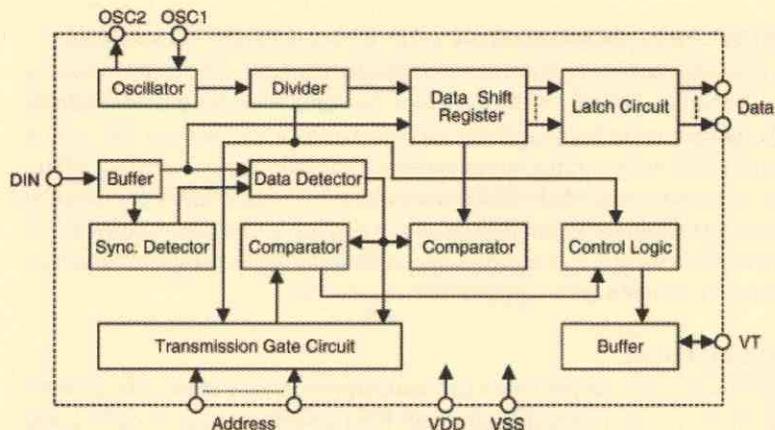


Figura #3 Diagrama en bloque del HT648

La frecuencia de un oscilador interno determina la rapidez de la transferencia de la información. Esta frecuencia se ajusta variando el valor de una resistencia externa conectada entre los puntos osc1 y osc2. El fabricante provee una gráfica que relaciona el valor de la frecuencia de oscilación, del oscilador con el valor de la resistencia externa y el valor de la fuente de voltaje que alimenta al circuito integrado.

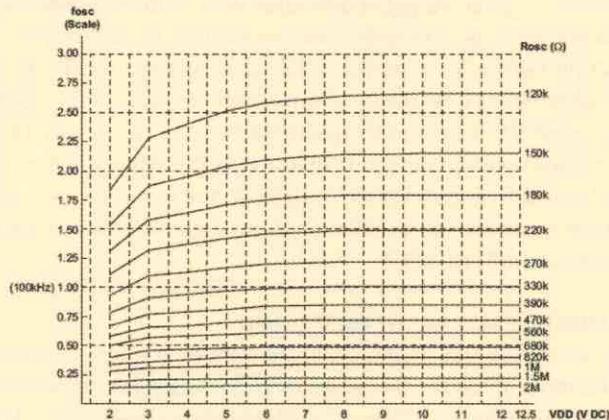


Figura # 4 Gráfica usada para calcular el valor de la resistencia externa que determina la frecuencia del oscilador interno

Una ventaja de convertir de formato paralelo a formato serie es que podemos utilizar transmisores y receptores de radiofrecuencia para construir sistemas inalámbricos, posibilidad que también experimentamos con resultados positivos.

### **LOS MÓDULOS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE INFORMACIÓN.**

Los módulos de transmisión y recepción utilizan un codificador HT640 y un decodificador HT648. Los llamaremos módulos remotos y módulo local. Cuando hablamos de lugar remoto nos referimos a un módulo que está a cierta distancia de la computadora personal (módulo de votación), al módulo que está siendo controlado directamente por la computadora personal, lo llamaremos módulo local (módulo donde se reciben los votos). La diferencia entre el módulo local y el remoto es que el módulo local incluye la interfase con el puerto paralelo de la computadora personal.

#### **EL MÓDULO LOCAL <sup>2</sup>**

El módulo local es controlado utilizando una interfase conectada al puerto paralelo de la computadora personal. Esta interfase controla a la señal TE, además de proveer la dirección y la información que ha de ser transmitida al módulo remoto. Además, coteja a la señal VT para saber si se ha recibido alguna información desde algún módulo remoto.

#### **EL MÓDULO REMOTO <sup>3</sup>**

El módulo remoto monitorea el alambre por el que viaja la información y cuando recibe alguna información con su dirección, convierte la información de serie a paralelo y activa a la señal VT. Esta misma señal es utilizada para activar a la señal TE del codificador del módulo remoto de forma tal que la información que este tenga sea transmitida al módulo local. En resumen, la computadora local activa a TE en el módulo local por un tiempo dado, el módulo remoto recibe la información enviada por el módulo local y activa a su señal VT. La señal VT activa entonces a la entrada TE del codificador del módulo remoto el cual transmite su información al módulo local. El módulo local activa su señal VT, indicando que recibió información. Tenemos entonces que cada vez que se transmita a un módulo remoto este debería responder con información.

#### **DOS ALAMBRES PARA LA INFORMACIÓN <sup>4</sup>**

Usando dos alambres podemos transmitir y recibir simultáneamente pues la información hacia y desde los módulos viaja por alambres distintos. De esta forma activamos el TE en el módulo local y cotejamos el VT en dicho módulo para esperar la llegada de la información que envíe el módulo remoto. Hasta que VT no se active no volvemos a activar el TE, así el sistema no

se sale de sincronismo. En el sistema de votación diseñado utilizamos cuatro alambres en total. Estos son: voltaje, tierra, transmisión y recepción (VCC, GND, TX y RX). Al enviar información debemos esperar un tiempo razonable por la respuesta del módulo remoto y si no se activa el VT del módulo local entonces existe algún problema. Una solución es retransmitir varias veces y si el módulo no contesta entonces debemos reportar esta situación como un problema en dicho módulo y proseguir interrogando a otros módulos. Al activarse la señal VT del módulo local podemos estar seguros de que la información que enviamos llegó a su destino y que la información enviada por el módulo remoto es válida.

#### **ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL QUE TRANSPORTA LA INFORMACIÓN**

La información enviada por los módulos locales y remotos debe viajar unas distancias considerables. Es por esta razón que la señal de información enviada por el codificador es convertida de una amplitud de 5 voltios pico a una amplitud de 12 voltios pico. De este modo compensamos por la atenuación en amplitud que sufre la señal durante su viaje por el alambre que la transporta. Para acondicionar la señal a transmitir utilizamos una combinación de amplificación de voltaje y de corriente. Para no tener una cantidad de resistencia en paralelo que disminuya con cada módulo añadido, solamente se ponen resistencias de carga en el módulo local.

Cuando el módulo local transmite, tiene una cantidad considerable de módulos remotos conectados a este, por lo cual cada uno representa una carga, y si cada entrada de cada módulo tuviese una resistencia de carga la resistencia vista por el codificador del módulo local sería demasiado pequeña. Cuando un módulo remoto transmite tiene como carga a todos los demás módulos remotos y al módulo local. Esto causaría la misma disminución en la resistencia de carga vista por el módulo que está transmitiendo como en el caso anterior. Cuando un módulo local o remoto recibe la señal de 12 voltios pico y la convierte en una de 5 voltios pico para que sea compatible con la fuente de voltaje del circuito integrado decodificador. El módulo está diseñado para que al cambiar su fuente de voltaje la señal que llegue al circuito decodificador tenga el voltaje apropiado. Es importante que el nivel del voltaje aplicado a la entrada DIN del decodificador sea compatible con la fuente de voltaje usada. Esto evita un funcionamiento errático del decodificador. Una ventaja de utilizar transistores para convertir el nivel del pulso que llega al decodificador de una amplitud de 12 voltios a una de 5 voltios es que la forma cuadrada de la señal es regenerada y podemos cubrir mayor distancia ya que el circuito receptor es mucho más sensitivo.

#### **EL AMPLIFICADOR DEL CIRCUITO DECODIFICADOR**

Antes de que la señal a ser decodificada llegue al decodificador HT648

ésta pasa por dos transistores que la convierten a los niveles digitales apropiados. Es importante observar que a la señal recibida se le demanda muy poca corriente, gracias al freno que representan dichos transistores, lo cual ayuda a disminuir la demanda de corriente de cada circuito receptor tanto en el módulo local como en los módulos remotos.

#### EL AMPLIFICADOR DEL CIRCUITO CODIFICADOR

El circuito codificador tiene un amplificador que consta de dos transistores, que cambian el voltaje pico de la señal de 5 voltios pico a 12 voltios pico, y de otros dos transistores, que aumentan la capacidad de corriente de la señal codificada a ser transmitida, lo cual ayuda a que la señal viaje distancias mayores.

#### ¿CUANTOS MÓDULOS REMOTOS SE PUEDEN AÑADIR AL SISTEMA?

En teoría se podrían añadir 1024 módulos diferentes. En la práctica cada módulo añadido representa demanda de corriente adicional lo cual tiende a distorsionar a la señal que viaja por el alambre. En el sistema de votación del Senado Académico conectamos alrededor de 32 módulos y todos los módulos operaron satisfactoriamente.

#### LA INTERFASE CON EL PUERTO PARALELO

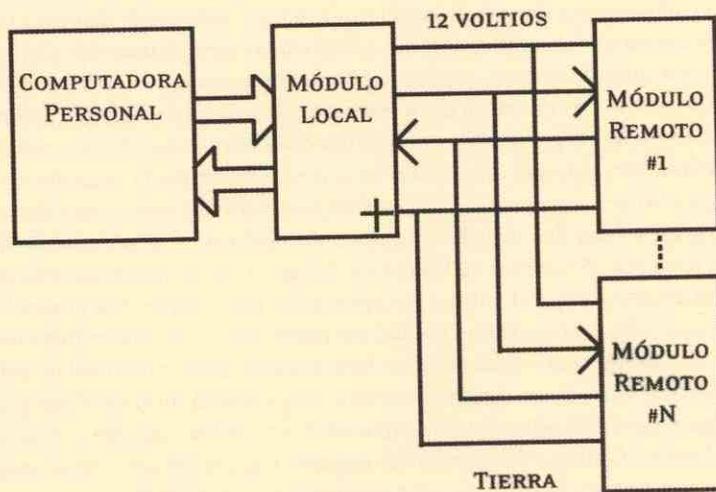


Figura # 5 Diagrama en bloque del Sistema de Votación

El sistema de votación utiliza el puerto paralelo de la computadora personal como punto de interfase con la misma. El circuito tiene la capacidad de trabajar con el modo EPP (puerto paralelo mejorado). El modo EPP tiene la ventaja de que la programación es más sencilla, además de que realiza una transferencia de información mucho más rápida. El puerto paralelo en el modo EPP, por si solo, tiene la capacidad de enviar 8 bits a un dispositivo exterior, por ejemplo a una máquina de imprimir, y también puede leer 8 bits de un dispositivo externo. La interfase utilizada en el módulo local usa el puerto EPP. La Figura #5 presenta un diagrama en bloque del sistema implementado en el Senado Académico.

En la tarjeta de interfase con el puerto paralelo añadimos un circuito codificador de forma tal que la información en paralelo producida por la computadora sea convertida a información en serie. De esta forma el módulo local puede enviar información a los módulos remotos. Para recibir la información enviada por los módulos remotos un decodificador recibe la información en serie y la convierte a información en paralelo.

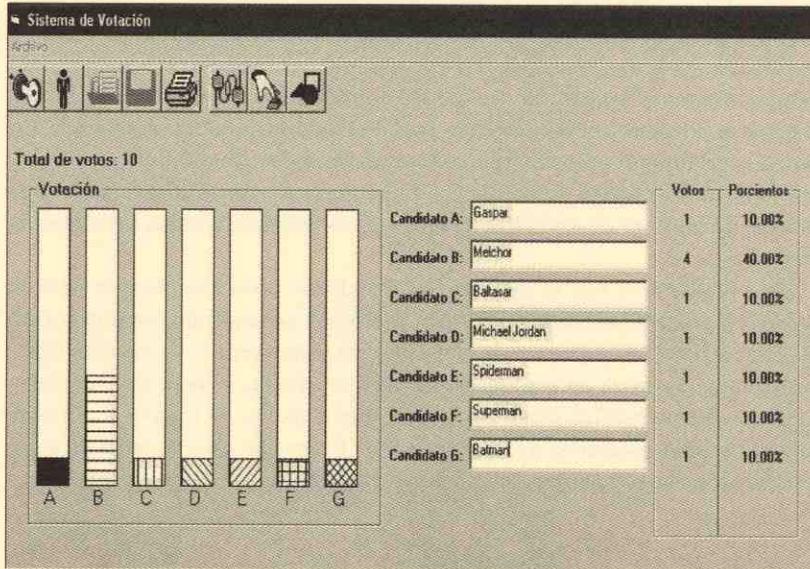


Figura #6 La pantalla presentada por la computadora una vez realizada una votación

**PROGRAMADO PARA CONTROLAR EL SISTEMA DE VOTACIÓN <sup>5</sup>**

El programa que controla el sistema de votación fue diseñado usando la plataforma Microsoft Visual Basic 6.0. El programa divide en varias fases el proceso de votación. Primero coteja la asistencia de los presentes en la sala, proceso que se realiza activando todos los módulos presentes en la misma. En el momento indicado, cada senador apretará cualquier tecla en su módulo y cuando todos los senadores presentes hayan apretado su tecla seleccionada, el programa cotejará todos los módulos uno por uno buscando alguna tecla activa. Entonces almacenará todos los módulos en donde encontró una tecla activada y eliminará aquellos en donde no encontró ninguna tecla activada. Esta operación es para desactivar aquellos módulos en donde no encontró alguna tecla activada, pues así se evitará que alguna persona vote en más de un módulo.

Como segunda fase en el proceso de votación, la persona a cargo del manejo del programa entrará en la computadora los nombres de los candidatos y le asignará una letra (A, B, C, etc...). En la tercera fase la persona encargada dará la orden a los presentes a emitir su voto. En este momento los despliegues de los módulos presentes se encenderán indicando que están listos para recibir un voto. Cuando el senador escoja su alternativa deseada, apretará la letra correspondiente al candidato en su teclado seguido por la tecla de entrada. El programa irá cotejando módulo por módulo en búsqueda del código de la tecla de entrada. Cuando lo encuentre, leerá el voto emitido por el senador e inhabilitará el módulo para evitar una votación adicional. En caso de que algún presente intente votar por más de un candidato, el programa rechazará el voto y se obligará a la persona a votar nuevamente. Este proceso se repetirá hasta haber completado la lectura de todos los módulos presentes.

Mientras mayor sea el número de senadores presentes, mayor será el tiempo en procesar todos los módulos. Medimos 90 segundos en una sesión de prueba, para una votación de alrededor de 30 personas. Como fase final, el programa muestra en la pantalla de la computadora el resultado de la votación en forma gráfica y textual, más tiene la opción de imprimir el resultado para tener evidencia de lo acontecido. En teoría, este sistema de votación tiene la capacidad de manejar hasta un máximo de 255 módulos.

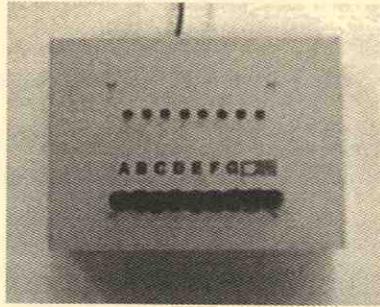


Figura # 7 La caja con bombillas tipo LED y teclas hechas con interruptores, representa lo que llamamos en este artículo un módulo de votación.

## NOTAS

---

- 1 Implementar el proyecto con microcontrolador requiere utilizar tecnología sofisticada.
- 2 Un modulo local es un circuito que consta de un codificador, un decodificador, una interfase con el puerto paralelo de la computadora personal, y otros componentes.
- 3 Un modulo remoto es un circuito electrónico que consta de un codificador, un decodificador, y otros componentes electrónicos.
- 4 En realidad se utilizan cuatro alambres porque aparte de los dos alambres para las señales de transmisión y recepción hace falta el alambre de voltaje de la fuente y el alambre de tierra.
- 5 Véase el libro **Visual Basic**.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- BOYLESTAD ROBERT, NASHESKY LOUIS (2001). **Electronic Devices and Circuits Theory**, (Eighth Edition), New Jersey: Prentice-Hall.
- AXELSON JAN (1999). **Parallel Port Complete**. (Third Edition) Madison, Wisconsin: Lakeview Research.
- DEITEL , H.M., DEITEL P. J. & NIETO, T. R. (1999). **Visual Basic 6: How to program** (First Edition), New Jersey: Prentice-Hall.
- FLOYD, THOMAS L.(2003). **Digital Fundamentals** (Eighth Edition), New Jersey: Prentice-Hall.

