



DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA TECNOLÓGICA CON FINES DIDÁCTICOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

Autores:

**Castillo Fernández, Juan José
Niño Rodríguez, Adriana Margarita**

UNEFA

Dirección: Carretera vieja Maracay-Mariara, frente a la Base Aérea “Mariscal Sucre”.
Maracay, Estado Aragua.

Fax: 0243-5546421

Teléfonos: 0243-5546954 / 5542722

Página Web: www.unefa.edu.ve

Desarrollo de una Plataforma Tecnológica con fines didácticos para la enseñanza de la Instrumentación Virtual

Autores:

Adriana Margarita Niño Rodríguez.
Juan José Castillo Fernández.

Institución: UNEFA Núcleo Maracay

Dirección: Carretera Tapa Tapa-Mariara, frente a la Base Aérea Mariscal Sucre.
Urbanización Boca de Río.

Teléfono: (0243) 5546421

Correo Electrónico: <http://www.unefa.edu.ve/>

E-mail: disune@unefa.edu.ve

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad exponer el desarrollo de los elementos que integran la plataforma tecnológica de Instrumentación Virtual, cuyo propósito es servir como herramienta técnica durante el proceso educativo en laboratorios de ingeniería electrónica y afines además de constituir un aporte a la UNEFA para iniciar líneas de investigación y futuros proyectos relacionados con este tema. La misma integra elementos de hardware, software y algunas aplicaciones que con ellos se pueden realizar. El hardware constituye el sistema por medio del cual se pueden adquirir variables del exterior, está formado por una tarjeta de interfaz que permite orientar a los usuarios en la conexión de dispositivos de diferentes tecnologías (SPI, I²C, 1Wire[®]) y señales de 0-5V o 4-20mA a un Sistema de Desarrollo para Microcontroladores “iBOARD” suministrado por la empresa Roso Electric Supply C.A., que incluye el PIC16F876. El software constituye una interfaz gráfica de usuario desarrollada bajo Delphi 5.0 y que permite la visualización y medición de hasta ocho variables, con capacidad de graficación y almacenamiento de datos. Las experiencias didácticas constituyen cuatro ejemplos prácticos que permiten al usuario iniciarse en la manipulación y conocimiento del sistema utilizando además para ello el manual de usuario del mismo.

Palabras clave: Instrumento virtual, iBOARD, interfaz gráfica de usuario, Delphi, experiencias didácticas.

Introducción

La instrumentación electrónica surgió por la necesidad que tenía el hombre de medir magnitudes a fin de conocer alguna cualidad de estas. Su evolución se inició a partir de los trabajos que sientan las bases de la electricidad y el magnetismo hasta llegar a los equipos que se conocen en la actualidad. Los mismos están constituidos por la circuitería electrónica incluida por los fabricantes, lo cual hace imposible utilizarlos para otras funciones más que las que fueron diseñados. La adquisición de estos equipos, en general, resultaba muy costosa para las empresas ya que no proporcionaban la flexibilidad que muchos sistemas necesitan debido a que era imposible ajustarlos a las diversas necesidades de los mismos. En función a esto, nace el concepto de Instrumentación Virtual, introducido por la National Instruments, en un principio con la intención de aplicarlo a las industrias, pero se ha extendido a otras áreas, como las ciencias naturales y la educación. En este sentido, se planteaba la utilización de las bondades del computador personal para integrar elementos de hardware y software que permitieran simular las funciones de un instrumento tradicional, y que a su vez se pudiera adaptar a las necesidades requeridas por el usuario. Este concepto, actualmente se está utilizando para la enseñanza en los laboratorios de ingeniería. En Venezuela específicamente, se sabe que diversas universidades como la Simón Bolívar, la Universidad de los Andes, la Universidad del Táchira, y la Universidad Central de Venezuela, entre otras ya cuentan con laboratorios y experiencias en la aplicación de este concepto. La Universidad Experimental de la Fuerza Armada Nacional (UNEFA) aún no se ha integrado a este grupo ya que sólo cuenta con instrumentos tradicionales en sus laboratorios, y la demanda de estudiantes que se ha ido integrando paulatinamente a esta institución, aunado al hecho de que los equipos con los que cuenta están en su mayoría obsoletos o defectuosos generan la necesidad de utilizar herramientas orientadas a la Instrumentación Virtual para la enseñanza de laboratorios de ingeniería electrónica y afines. Por ello se planteó el desarrollo de una plataforma tecnológica para la Instrumentación Virtual, lo cual constituye un aporte para la universidad, para contar con una herramienta

técnica enfocada en este concepto. La misma consistió en la integración de elementos de hardware para la adquisición de datos, software para la visualización de las variables en un entorno gráfico en la pantalla del computador y las aplicaciones que con estos elementos se pueden realizar orientadas al área de la electrónica.

Fundamentos teóricos

Se denomina instrumento tradicional al dispositivo formado por una combinación de elementos electrónicos, tales como válvulas termoiónicas, transistores o circuitos integrados, entre otros muchos, y que, combinados adecuadamente, permiten la realización de funciones diversas, como la medición de parámetros físicos, generación de señales de distintas frecuencias, detección de estas mismas señales y, en fin, todas aquellas funciones susceptibles de ser procesadas mediante señales eléctricas.

En general, los seres humanos están acostumbrados a trabajar con instrumentos independientes de forma de cajas negras que se utilizan para realizar determinadas medidas. Estos instrumentos pueden llegar a ser demasiado rígidos a la hora de configurar nuevas metodologías para poder desarrollar alternativas de medida. De hecho, los instrumentos modernos generalmente ya están pensados para ser integrados en sistemas de instrumentación, que combinan potencia de cálculo y la flexibilidad de operación de los ordenadores, el software y los instrumentos programables especializados.

Por lo tanto, un instrumento puede tomar diversas formas, desde la forma más simple, constituida por un módulo tradicional, hasta un sistema complejo, basado en ordenador, que se compone de diferentes elementos de hardware y software, construido para una aplicación determinada.

Un **instrumento virtual** es un módulo de software que intenta simular cada uno de los aspectos funcionales del instrumento real basándose en todos los dispositivos físicos que pueden ser accesibles para el ordenador. Cuando se ejecuta un programa que representa un instrumento virtual, el usuario ve en la pantalla el panel que correspondería al instrumento físico y que permite su visualización y control.

La instrumentación virtual es un concepto introducido por la compañía National Instruments. En el año de 1983, Truchard y Kodosky, de National Instruments, decidieron enfrentar el problema de crear un software que permitiera utilizar la computadora personal como un instrumento para realizar mediciones.

Tres años fueron necesarios para crear la primera versión del software que permitió, de una manera gráfica y sencilla, diseñar un instrumento en la PC. A este software le dieron el nombre de *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*, más comúnmente conocido por las siglas LabVIEW.

A partir del concepto de instrumento virtual, se define la instrumentación, análisis y

control de señales físicas con un computador personal por medio de instrumentos virtuales.

A diferencia de un instrumento convencional, un instrumento virtual es altamente flexible y puede ser diseñado por el usuario de acuerdo con sus necesidades y sus funciones, las cuales pueden ser cambiadas a voluntad modificando el programa. Estas características de los instrumentos virtuales los convierten en una herramienta didáctica muy importante para aplicarse en el aprendizaje de los estudiantes de las ciencias naturales y de ingeniería. En la Tabla 1 se muestra una comparación entre los instrumentos tradicionales y los virtuales.

Tabla 1

Comparación de un Instrumento Tradicional con uno Virtual

Instrumento Tradicional	Instrumento Virtual
- Definido por el proveedor.	- Definido por el usuario.
- Posee una función específica, lo que conduce a tener una baja capacidad de interacción.	- Sistemas orientados a la aplicación, con capacidad de interactuar con redes, periféricos y otras aplicaciones.
- Se basa en el hardware.	- Se basa en el software.
- El costo de adquisición es alto.	- Bajo costo. Reprogramable.
- Tecnología base estable (ciclo de vida: 5 a 10 años).	- Tecnología base en constante desarrollo (ciclo de vida: 1 o 2 años).
- Costo de desarrollo y mantenimiento elevados.	- El uso de software minimiza los costos de desarrollo y mantenimiento.

Fuente: Calderón, J., (1998). Instrumentación Virtual. Universidad de los Andes.

Elementos de un Instrumento Virtual:

- Software: Es la clave del instrumento virtual, ya que éste es el que sustituye al instrumento tradicional. El software juega un rol vital en el desarrollo de sistemas de adquisición de datos y control, además de dirigir la interacción de las especificaciones de hardware.

El software se elige de acuerdo a las necesidades y preferencias del usuario. Muchos factores afectan la elección del software incluyendo aplicaciones, requerimientos, el hardware del computador, sistema operativo y el hardware de instrumentación.

El software que el usuario escoge debe ser versátil, para adaptarse a diversas arquitecturas de computadores, a diversos instrumentos y dispositivos de adquisición de datos. El usuario debe escoger el software de acuerdo a ciertas características, tales como:

una arquitectura abierta, desarrollo de actividades en diferentes plataformas, etc.

- Tarjetas de interfaz con el computador personal: Los componentes con los cuales se hace la interfaz con el computador pueden ser de dos tipos: tarjetas insertadas dentro del computador e instrumentos con puertos de comunicación operando independientemente.

a) Tarjetas de inserción: Las tarjetas de inserción (en inglés "plug in") están incrustadas dentro de las ranuras de expansión del computador personal y son diseñadas para una determinada arquitectura de éste. Estas tarjetas se diseñan con un determinado "software" para el computador personal.

b) Instrumentos Autónomos: Los instrumentos de medición con puertos de comunicación están conectados al computador personal por medio de un canal de comunicación normalizado y son independientes de la arquitectura del computador. Por ejemplo los

PC pueden tener puertos de comunicación serial RS-232, y con este puerto de comunicación podría comunicarse con un dispositivo que también tuviese un puerto serial RS-232. Para los dispositivos autónomos (en inglés “stand alone”) no se ofrece un software particular, ya que sólo es necesario conocer el protocolo de comunicación normalizado.

Resultados obtenidos

Se construyó un Sistema de Adquisición de Datos con el fin de medir las diferentes variables que se encuentran en el mundo real, el cual constó de una Tarjeta de Interfaz que posee ciertos componentes que permiten pasar los valores del mundo exterior y a un Sistema de Desarrollo llamado “iBOARD” proporcionado por la empresa Roso Electric Supply, el cual posee un microcontrolador PIC16F876 encargado de procesar los datos recibidos por el exterior y transmitirlos, mediante un formato creado por los autores del trabajo, al computador personal, donde se elaboró una Interfaz Gráfica de Usuario llamada “IboardView”, el cual simula hasta 6 instrumentos tradicionales, como un display analógico, un display 7 segmentos, un medidor angular, un medidor lineal, un termómetro y un medidor de nivel donde se pueden personalizar cambiando ciertas propiedades de acuerdo a la aplicación, de esta manera recibe el dato con el formato creado desde el sistema de desarrollo, lo procesa para así obtener el valor deseado y lo muestra en su respectivo instrumento. El programa desarrollado tiene capacidad de medir hasta 8 variables, colocando 8

instrumentos, que se pueden personalizar de acuerdo a la aplicación y también capacidad de graficar las variables que se tenga al igual que realizar un registro histórico. Se puede personalizar el proyecto colocando diferentes etiquetas, guardarlo, abrir un proyecto existente. Se puede abrir un manual de ayuda para guiar al usuario en la utilización de esta Interfaz Gráfica.

Para realizar las pruebas con el sistema desarrollado se utilizaron las entradas analógicas y digitales del sistema de desarrollo iBOARD. Para las entradas analógicas se tomaron señales provenientes de circuitos electrónicos (como voltaje y corriente). Para realizar las pruebas utilizando las entradas digitales se tomaron señales provenientes de sensores con las tecnologías SPI, I²C y 1Wire, para medir variables como presión, humedad, y temperatura; los dispositivos utilizados fueron: el DSHS01K, el DS1620, DS2438 y MPXA4115A. Estas pruebas se realizaron con el objetivo de determinar cuanto es el tiempo promedio de actualización de las variables en cada caso. La técnica utilizada para realizar las pruebas fue la del muestreo aleatorio, para lo cual se tomaron 3000 valores en cada prueba.

Se utilizaron tres parámetros estadísticos para analizar las características de las muestras tomadas, los cuales fueron: la media muestral, el error estándar y el coeficiente de variación.

Los resultados experimentales obtenidos al utilizar las entradas analógicas del iBOARD se pueden observar en las tablas 2 hasta la 9, y los resultados obtenidos al utilizar las entradas digitales de la iBOARD se pueden observar en las tablas 10 hasta la 17.

Tabla 2

Resultados obtenidos al medir una sola variable (entradas analógicas)

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	70	0,23	0,69

Tabla 3

Resultados obtenidos al medir dos variables (entradas analógicas)

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	120	0,79	0,66
2	116	0,61	0,53

Tabla 4**Resultados obtenidos al medir tres variables (entradas analógicas)**

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	150	0,71	0,47
2	175	1,13	0,64
3	175	1,13	0,64

Tabla 5**Resultados obtenidos al medir cuatro variables (entradas analógicas)**

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	217	6,85	3,15
2	210	6,57	3,13
3	210	6,57	3,13
4	211	6,58	3,11

Tabla 6**Resultados obtenidos al medir cinco variables (entradas analógicas)**

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	275	1,75	0,63
2	260	1,14	0,44
3	260	1,12	0,43
4	260	1,14	0,44
5	260	1,14	0,44

Tabla 7**Resultados obtenidos al medir seis variables (entradas analógicas)**

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	272	1,23	0,45
2	260	1,022	0,39
3	271	1,18	0,43
4	349	2,06	0,49
5	349	1,99	0,57
6	350	2,2	0,62

Tabla 8**Resultados obtenidos al medir siete variables (entradas analógicas)**

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	427	3,17	0,74
2	349	1,28	0,36
3	349	1,21	0,35
4	350	1,31	0,37
5	350	1,20	0,34
6	350	1,30	0,37
7	350	1,22	0,35

Tabla 9**Resultados obtenidos al medir ocho variables (entradas analógicas)**

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	399	2,07	0,52
2	347	0,55	0,15
3	347	0,72	0,20
4	347	0,56	0,16
5	347	0,73	0,21
6	416	2,24	0,50
7	520	2,66	0,51
8	520	2,67	0,51

Tabla 10**Resultados obtenidos al medir una sola variable (entradas digitales)**

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	265	2,08	0,78

Tabla 11**Resultados obtenidos al medir dos variables (entradas digitales)**

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	265	1,34	0,51
2	351	2,93	0,83

Tabla 12**Resultados obtenidos al medir tres variables (entradas digitales)**

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	365	2,15	0,59
2	350	1,56	0,44
3	351	1,62	0,46

Tabla 13**Resultados obtenidos al medir cuatro variables (entradas digitales)**

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	520	1,14	0,22
2	518	0,91	0,18
3	519	0,99	0,19
4	521	1,17	0,23

Tabla 14**Resultados obtenidos al medir cinco variables (entradas digitales)**

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	609	3,55	0,58
2	521	0,77	0,14
3	522	0,79	0,15
4	522	0,79	0,15
5	522	0,79	0,15

Tabla 15

Resultados obtenidos al medir seis variables (entradas digitales)

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	521	1,87	0,35
2	521	1,82	0,34
3	522	1,93	0,37
4	1024	9,67	0,94
5	1024	2,23	0,21
6	1024	2,24	0,22

Tabla 16

Resultados obtenidos al medir siete variables (entradas digitales)

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	1028	1,56	0,15
2	1028	1,56	0,15
3	1030	1,58	0,153
4	1030	1,57	0,152
5	1030	1,62	0,16
6	1032	1,72	0,17
7	1036	2,20	0,213

Tabla 17

Resultados obtenidos al medir ocho variables (entradas digitales)

Variable	Tiempo promedio de actualización (ms)	Error Experimental (ms)	Coefficiente de variación (%)
1	1036	2,20	0,213
2	1036	2,20	0,213
3	1036	2,20	0,23
4	1109	2,58	0,15
5	1049	1,54	0,15
6	1049	1,56	0,15
7	1049	1,56	0,15
8	1052	1,90	0,18

Análisis de resultados

El tiempo promedio de actualización para variables tomadas utilizando las entradas analógicas del sistema de desarrollo iBOARD fue menor con respecto al tomado utilizando las entradas digitales de dicho sistema de desarrollo, lo cual es lógico debido a que en las entradas analógicas se utiliza el convertidor analógico/digital del PIC16F876 del sistema iBOARD, el cual demora aproximadamente 19,2 μ s en realizar la conversión, a diferencia de lo que se presenta en las entradas digitales, en las cuales se utilizaron dispositivos que tardaban aproximadamente 10ms en enviar los datos en formato digital al microcontrolador, siendo este tiempo igual para todos los sensores utilizados en la realización de las pruebas (SPI, I²C y 1Wire[®] nombrados

anteriormente). Otro factor que influía era el valor tomado por el sensor, notando que mientras mayor era el número en flotante, se hacía mayor el tiempo de actualización de la variable. Es importante tomar en cuenta también que tanto las líneas de programación introducidas en el BasicATOM para programar el PIC16F876 como las utilizadas en la interfaz gráfica de usuario intervienen en las diferencias observadas en estos valores; a parte de otros factores aleatorios en el funcionamiento del computador sobre los cuales es imposible tener un control. Se observó que en ambas pruebas (entradas analógicas y digitales) se tuvo un error estándar de la media (promedio del tiempo de actualización) pequeño con sus pocas excepciones, lo cual representa el rango entre el cual puede ubicarse este valor cuando se

utiliza una cierta cantidad de variables, haciendo confiable el sistema ya que la pérdida de valores medidos es mínima salvo en ciertos casos en los cuales se pudieron haber perdido valores durante la transmisión de datos por el puerto serial. Igualmente, se confirmó esto al calcular el coeficiente de variación, el cual expresaba en porcentaje el error estándar con respecto al valor promedio, notando la dispersión existente entre los valores con este parámetro.

Las pruebas realizadas con el sistema se hicieron a la velocidad de transmisión de 9600bps utilizando el puerto serial, debido a que se encontraba una limitación técnica por

parte del PIC16F876ATOM utilizado e incluido dentro del sistema iBOARD en cuanto a la comunicación a mayores velocidades. En este sentido, se introducen errores de precisión cuando se trabaja a velocidades superiores a 9600bps, estipulado por el fabricante en las hojas de especificaciones técnicas del microcontrolador anteriormente señalado; los cuales se muestran en la Tabla 18, aunados al error de 5% sobre la velocidad de transmisión introducido por el resonador incluido en la iBOARD conectado entre los pines OSC1/CLKIN y OSC2/CLK2 del microcontrolador, el cual establece una frecuencia de oscilación de 20MHz.

Tabla 18

Velocidad de transmisión soportada por el PIC16F876 a una frecuencia de oscilación de 20MHz

Rata de Baudios (K)	KBaudios	Error (%)
0,3	-	-
1,2	1,221	1,75
2,4	2,404	0,17
9,6	9,766	1,73
19,2	19,531	1,72
28,8	31,250	8,51
33,6	34,722	3,34
57,6	62,500	8,51

Fuente: Microchip Technology Inc., (1999), Especificaciones técnicas del PIC16F87X.

Se nota que a velocidades menores de 9600bps, no tiene sentido trabajar porque la visualización de las variables se actualizaría a un tiempo mayor, es decir, que el proceso de comunicación se tornaría más lento.

Lo expuesto anteriormente, es un factor a tomar en cuenta en los posibles errores presentados durante la visualización de las variables en la interfaz gráfica de usuario, que de manera aleatoria puede afectar el correcto funcionamiento del sistema.

Conclusiones

- Se logró la construcción de una tarjeta de interfaz para sensores fácil de utilizar, la cual funciona correctamente con todos los elementos que integran la plataforma de instrumentación virtual desarrollada. Por la sencillez de su diseño cumple con el fin para el cual fue elaborada, como lo es orientar al usuario en la conexión de dispositivos de diversas tecnologías con el sistema iBOARD de la empresa ROSO Electric Supply C.A.

- El uso del sistema de desarrollo iBOARD fue una pieza clave para el desarrollo de la herramienta, ya que gracias al microcontrolador PIC16F876 fue posible la adquisición de datos provenientes de dispositivos de diferentes tecnologías al programarlo con instrucciones de alto nivel utilizando el software BasicATOM incluido con el iBOARD.
- Se logró diseñar una interfaz gráfica de usuario amigable y fácil de utilizar por cualquier usuario como conocimientos básicos en el área de electrónica, al proporcionar una cantidad de funciones comunes en muchos programas comerciales y que facilitan la manipulación de los elementos con los que cuenta, que en este caso son diferentes instrumentos virtuales en donde se puede realizar la medición y visualización de hasta ocho variables, con capacidad de graficación y almacenamiento en un documento de Microsoft Excel.
- En función de las pruebas realizadas se puede decir que los tiempos de actualización de las variables dentro de la interfaz gráfica de

usuario son mayores cuando se utilizan las entradas digitales del sistema iBOARD con respecto a los obtenidos cuando se utilizan las entradas analógicas del mismo; lo cual es atribuido a los tiempos de retardo observados durante las conversiones analógica/digital en cada entrada, además de la longitud del valor en flotante medido y otros factores relacionados con la tecnología serial utilizada para la transmisión de datos entre los elementos.

- Las pruebas realizadas con los tiempos de actualización arrojaron resultados satisfactorios en cuanto a la confiabilidad del sistema, teniendo en el mejor de los casos un tiempo promedio de actualización de 70ms.
- Se logró elaborar un manual sencillo y fácil de utilizar que contiene todas las características tanto de la tarjeta de interfaz para sensores como del software desarrollado, explicando a detalle el funcionamiento de cada una de las opciones que se presentan y como puede el usuario utilizarlas.
- Se lograron elaborar cuatro propuestas de experiencias didácticas para utilizar con el sistema, las cuales se enfocaron hacia estudiantes de cualquier nivel de instrucción dentro del área de electrónica, con la finalidad de que cualquier usuario pueda iniciarse con estos ejemplos e ir avanzando una vez que obtenga más conocimiento del área y del sistema. Las mismas fueron probadas previamente comprobando su correcto funcionamiento con el sistema.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todas aquellas personas que de alguna u otra forma contribuyeron en el desarrollo de este proyecto brindando tanto apoyo moral como técnico. Familiares, amigos y profesores.

Referencias Bibliográficas

1. Álvarez J., Díaz, P., García F., Pavón N., Plaza A., (1999). Manual Avanzado de Delphi 4.
2. Biel, D., Månuel, A., Prat J., Sánchez, F. (2002). Instrumentación Virtual.
3. Bustamante, A., (2002). Curso Delphi. (Publicación en línea). Disponible: <http://www.q3.nu/trucomania/ftesp.html>. (Consulta: 2006, Marzo 21).

4. Calderón, J., (1998). Instrumentación Virtual (Reporte de Postgrado en Automatización e Instrumentación) Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes. Disponible:

<http://www.ing.ula.ve/~jesusc/iv.htm>.

(Consulta: 2006, Marzo 21).

5. Chacón R., (2002). La instrumentación Virtual en la enseñanza de la ingeniería electrónica. Acción Pedagógica (Revista en línea), volumen 11, No. 1, pp. 74-84. Disponible:

http://www.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicasaccionpedagogic/vol11num1/art8_v11n1.pdf. (Consulta: 2006, Marzo 21).

6. Cruzado, I., García, F., Manzanedo M., (1999). Introducción a la programación orientada a objeto. (Página Web). Disponible: http://pisuerga.inf.ubu.es/lsi/Invest/Java/Tuto/I_1.htm. (Consulta: 2006, Marzo 21).

7. Freire, J., (2001). Tutorial de Delphi. (Publicación en línea). Disponible: <http://www.rinconitodelphi.com/tutorial/tutorial.htm>. (Consulta: 2006, Marzo 21).

8. González, M., (2005). El Bus I²C (Artículo en línea). IT&T Argentina S.A., Disponible: http://www.caveo.com.ar/bus_i2c.htm. (Consulta: 2006, Marzo 21).

9. Labám, S. (2006). Suma de Verificación. (Artículo en línea). Wikipedia: La enciclopedia libre. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Checksum>. (Consulta: 2006, Marzo 21).

10. López, E. (2006). Protocolo RS-232. (Artículo en línea). Ingeniería en Microcontroladores <http://www.i-micro.com/pdf/articulos/rs-232.pdf>. (Consulta: 2006, Marzo 21).

11. López, E., (2006). Protocolo SPI (Serial Peripheral Interface). (Artículo en línea). Ingeniería en Microcontroladores Disponible: <http://www.i-micro.com/pdf/articulos/spi.pdf>. (Consulta: 2006, Marzo 21).

12. Moffatt N., (2006), Delphi Basics. (Página Web). Disponible: <http://www.delphibasics.co.uk/index.html>. (Consulta: 2006, Marzo 21).

13. National Instruments Corporation, (2006). Comunicaciones seriales: Conceptos y terminología. (Artículo en línea). Disponible: <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1>. (Consulta: 2006, Marzo 21).

14. Rodríguez, J., (2005), Comunicación serial sincrónica del PIC16F876. (Publicación en línea). Disponible: www.roso-control.com. (Consulta: 2006, Marzo 21).
15. Rodríguez, J., (2005), Protocolo 1 Wire. (Publicación en línea). Disponible: www.roso-control.com. (Consulta: 2006, Marzo 21).
16. Saucedo, S., (2000), Interfaz Periférica Serial (SPI). (Publicación en línea). Disponible: <http://www.prodigyweb.net.mx/saucedo8/cap8.pdf>. (Consulta: 2006, Marzo 21).
17. Autrey, D., (2000). A 1 Wire Humidity Sensor. Dallas Semiconductor. (Documento técnico). Disponible: <http://pdfserv.maximic.com/en/an/humsensor.pdf>.
18. Basic Micro, (2004). Basic Micro Syntax Manual. (Documento técnico). Disponible: <http://www.basicmicro.com/downloads/docs/atom.pdf>. (Consulta: 2006, Marzo 21).
19. Borland Delphi Profesional (1999), Temas de Ayuda: Delphi Help. Versión 5.0. (Documento técnico). Disponible: <http://www.borland.com/>. Disponible: <http://www.iweil.com/devices/sensors/3605.pdf>. (Consulta: 2006, Marzo 21).

