

# LABORATORIO REMOTO DE MICRO-CONTROLADORES

Miguel A. Revuelta<sup>1</sup>, Julio C. Doumecq<sup>2</sup>, Sergio Luvoni<sup>3</sup>

(1) *Laboratorio de Mediciones, Facultad de Ingeniería, Univ. Nacional de Mar del Plata - [mrevuelta@fi.mdp.edu.ar](mailto:mrevuelta@fi.mdp.edu.ar)*

(2) *Laboratorio de Bioingeniería, Facultad de Ingeniería, Univ. Nacional de Mar del Plata - [jdoumecq@fi.mdp.edu.ar](mailto:jdoumecq@fi.mdp.edu.ar)*

(3) *Laboratorio de Alta Frecuencia, Facultad de Ingeniería, Univ. Nacional de Mar del Plata - [sluvoni@fi.mdp.edu.ar](mailto:sluvoni@fi.mdp.edu.ar)*

## Resumen

Se describe un Proyecto de Investigación patrocinado por la Secretaria de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación, como parte del ‘Proyecto Promei’ (Proyecto de Mejoramiento de la Enseñanza en Ingeniería). El mismo se denomina: “Laboratorio Digital Virtual, una aplicación a la práctica remota sobre una herramienta de desarrollo para micro-controladores”. El laboratorio virtual propone un nuevo paradigma para llevar a cabo las actividades de laboratorio, en particular las que corresponden a la enseñanza y evaluación de tópicos de micro-controladores mediante kits de desarrollo, redes de datos, instrumentos de medición, etc. Con este propósito se seleccionaron las

herramientas necesarias para montar un servidor web, por medio del cual se accede a una PC que soporta el software y el hardware necesario para implementar programas y ejecutarlos en tiempo real sobre un microcontrolador, sin usar simulación, permitiendo un completo manejo remoto de la plataforma de experimentación.

**Palabras claves:** micro-controlador, laboratorio, digital, virtual, remoto, web.

## 1 Introducción

Los docentes involucrados en este trabajo se desempeñan en asignaturas del Departamento de Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la UMNDP. Habitualmente, en las asignaturas “Sistemas Digitales” y “Diseño Digital con Microcontroladores” (optativa), los alumnos

desarrollan proyectos y efectúan prácticas sobre micro-controladores (en lo sucesivo los referiremos como MCU's).

El material involucrado en las prácticas de las mencionadas asignaturas cumple con la premisa de tener un bajo costo de implementación, pero el hardware de desarrollo es básico y requiere de la intervención manual, por lo que no es apto para el control remoto. El MCU utilizado es el 68HC908-JK1/JK3 de la compañía Freescale, un desprendimiento - spin-off - de la empresa Motorola producido en diciembre de 2004. La herramienta de desarrollo la suministra la empresa P&E Microcomputer Systems, Inc., quien provee un software de aplicación integral para estos MCU, denominado WinIDE (Windows Integrated Development Environment), el cual se puede obtener de forma gratuita en su sitio web [www.pemicro.com](http://www.pemicro.com).

Podemos dividir el desarrollo de este trabajo en dos partes:

1) Mantener la decisión de seleccionar la familia de micro-controladores y la herramienta de desarrollo mencionadas precedentemente.

A partir de esto, implementar una plataforma experimental de hardware que facilite el acceso remoto, es decir que sea totalmente comandada por software.

El programa de control, instalado en una PC, permite evitar el requerimiento habitual de apagar y encender una fuente de alimentación o accionar manualmente una llave selectora, para elegir entre el modo *programación* o el modo *ejecución de programa*.

2) Desarrollar un servidor web basado en software libre, que permita el acceso remoto vía Internet a la plataforma de hardware desarrollada en la parte 1) y así permitirle al usuario remoto autorizado programar un microcontrolador y verificar el funcionamiento del software empotrado.

Además es necesario obtener el retorno visual del entorno práctico, a efectos de verificar la consecución de los objetivos previstos en la

programación, es decir: manejo de indicadores luminosos, presentación en display, accionamientos de relés, etc.

El sistema a desarrollar se presenta en forma esquemática en la Figura 1:

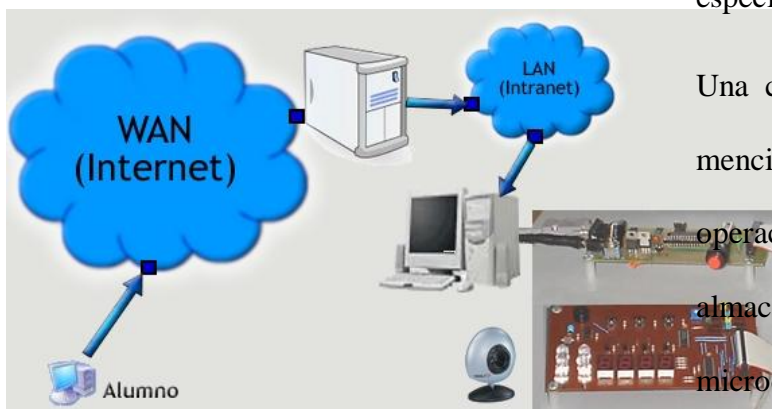


Figura 1

## 2 Entorno de Aplicación

Como se ve en la Figura 1, se parte de una PC donde se encuentra instalado el software WinIDE, que se vincula mediante su puerto serie RS232, a una placa de desarrollo que contiene el MCU. Esta última a su vez se conecta a una placa experimental mediante un cable plano que lleva alimentación y extiende los puertos de Entrada/Salida (E/S) del MCU hasta la misma.

En la placa experimental se dispone de diodos leds, displays 7 segmentos, sensor de temperatura (NTC), sensor de luz (LDR), buzzer y otros dispositivos que permiten desarrollar proyectos de aplicación específicos.

Una cámara web enfocada hacia las placas mencionadas permite al alumno visualizar la operación del programa que ha desarrollado y almacenado en la memoria flash del microcontrolador.

## 3 Placa de Desarrollo

En la Placa de Desarrollo, además del MCU bajo estudio, se encuentra el circuito necesario para interactuar con la PC y permitirle a ésta el acceso al MCU, programarlo y pasarlo al modo ejecución de programa, todo bajo los comandos del WinIDE. Las placas de desarrollo están categorizadas en un menú de selección de dicho software.

La placa tomada como punto de partida para este trabajo era una implementación

clasificada como Clase 3, de bajo costo y operación manual. Esta placa fue armada siguiendo las directivas al efecto, que están incluidas en el capítulo ROM MONITOR del manual de especificaciones técnicas de todos los MCU de la familia 68HC908.

Cuando se pretende utilizar el WinIDE para programar la memoria flash o depurar un programa sobre el MCU con una placa Clase 3, el software le va comunicando al usuario directivas tales como: “quite la alimentación a la placa del MCU y repóngala después que la misma alcance 0,1 volts” o “efectúe un reset de MCU”, etc.

Todas estas directivas son de fácil cumplimiento porque el usuario está frente a la placa de desarrollo, sin embargo son un fuerte impedimento al pretender trabajar en forma remota.

Es por ello que resulta necesario instalar el WinIDE como software residente en un servidor web, con el objetivo de permitir la realización a distancia de las prácticas de laboratorio.

Para poder desarrollar el laboratorio remoto, tal como lo planteamos, es necesario trabajar con una placa de desarrollo de una Clase tal que pueda ser totalmente comandada por acciones sobre el teclado de una PC.

Investigando las opciones que tiene el menú de clasificación de placas del WinIDE, encontramos las que cumplirían con lo requerido, varias de las cuales pertenecen a empresas que desarrollan estas aplicaciones. En particular, la denominada Clase 1 permite lograr que las acciones sobre la placa, tales como quitar alimentación y reponerla luego de un determinado tiempo, puedan comandarse con la señal DTR del puerto de comunicación serie de la PC.

Con la ayuda de notas de aplicación específicas de Freescale, el HELP del WinIDE y mediciones sobre el puerto COM de la PC, se desarrolló e implementó una placa Clase 1.

Para cumplir con los requerimientos de temporización del MCU a controlar y además conferirle a la placa la capacidad de ejecutar

el software empotrado cuando no está en modo monitor, se requirió de una lógica de control avanzada que incluye un microcontrolador con software desarrollado al efecto y que pasa a formar parte permanente del circuito de esta placa Clase 1.

En esta placa, el MCU bajo prueba se encuentra siempre en uno de dos modos:

*Modo Usuario*, donde el MCU está ejecutando el programa previamente almacenado en su memoria flash y desarrolla acciones sobre la placa experimental.

*Modo Monitor*, en el cual se pueden efectuar distintas tareas sobre el MCU:

- Programación de su memoria flash de programa;
- Simulación En-Circuito: permite vincular el programa a depurar (bajo el control del PC) con el mundo exterior, en forma física real, pero limitada a niveles lógicos en un puerto I/O, niveles de tensión en un canal A/D, etc.;
- Emulación en Tiempo Real: se ejecuta en tiempo real el programa previamente almacenado en la memoria flash del MCU,

pero bajo el control del PC, que lo puede detener y reiniciar en cualquier momento o en un punto preestablecido (breakpoint).

El prototipo de esta nueva placa se puso a prueba en el dictado de la materia optativa, reemplazando a la placa Clase 3. Esta aplicación real sobre un curso permitió una gradual depuración de fallas, lo que condujo a una versión definitiva que soporta los modos de funcionamiento especificados.

#### **4 Placa Experimental**

Adicionalmente a lo comentado, se implementó en la Placa de Desarrollo Clase 1, un conector extra que permite generar en forma remota las señales necesarias para que un MCU externo de la línea 68HC908 entre en modo Monitor.

Con sólo desinstalar el MCU residente (originalmente el 68HC908JK3), esta placa se transforma en un programador y depurador universal para la serie de MCU's que tienen Modo Monitor. Esto permitió el desarrollo de otra Placa Experimental que contiene un

MCU de prestaciones avanzadas como el 68HC908GP32 y no tiene ninguna circuitería asociada a la conexión con la PC. Por lo tanto se requiere, como ya se mencionó, contar con la placa Clase 1 para poder entrar al Modo Monitor.

Esta nueva placa permitirá desarrollar aplicaciones tales como la visualización en un display tipo LCD alfanumérico y la comunicación RS232 con una PC.

Ambas placas experimentales tienen características que les permiten desarrollar más proyectos de los mencionados, pero que requieren de la presencia del usuario (para accionar un pulsador, ingresar datos por teclado, etc.) por lo que ese uso se restringe a los laboratorios presenciales.

## **5 Escenario para la Práctica Remota**

Se trata de desarrollar un mecanismo remoto para acceder a la herramienta de trabajo WinIDE, que como ya se mencionó anteriormente debe estar instalada en una PC que actúa como servidor web. Esta PC-server

tiene conectado por su puerto serie el hardware necesario, es decir la placa de desarrollo Clase 1 y asociada a ésta la respectiva placa experimental.

El acceso externo requiere de un navegador web para ingresar al sitio de la Facultad de Ingeniería – UNMdP y desde allí ir a la página específica del laboratorio virtual. Para ello el usuario debe registrarse y estar debidamente autorizado el turno de uso para esta herramienta.

Superada esta etapa se tiene acceso al software específico que corre en el server, en una modalidad del tipo escritorio remoto.

Simultáneamente al entorno gráfico del WinIDE, el alumno que accede vía web tiene imagen de la placa experimental gracias a una cámara web que le permite obtener el retorno visual de las acciones que se ejecutan sobre el MCU.

## **6 Propuesta Pedagógica**

Este trabajo surgió como resultado de la formación adquirida durante el cursado, por

parte de los autores (1) y (2), del Magister de Tecnología Informática Aplicada a la Educación que dicta la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata.

Además se llevaron a cabo reuniones con investigadores de otras Universidades que desarrollaron trabajos en temáticas afines y se consultó a especialistas en educación a distancia de la Facultad de Informática – UNLP, Mg. Alejandra Zangara y Dra. Cecilia Sanz entre otros.

En la metodología de enseñanza/aprendizaje implementada con el Laboratorio Remoto, conocida como “Blended Learning”, el alumno interactúa con el entorno vía web y además debe asistir a un número reducido de encuentros presenciales.

El primer encuentro sirve para que el alumno se familiarice con las particularidades del entorno a distancia y conozca las características del hardware y software a utilizar.

## **7 Estrategia para la Instalación y Puesta en Funcionamiento del Servidor Web**

Se analizó el desarrollo de un Servidor Web con tecnologías cliente-servidor, ASP, PHP y JAVA, para lograr que un usuario remoto pueda enviar comandos a la placa y obtener respuestas visuales de la misma.

La premisa de este trabajo es desarrollar esta aplicación sobre software libre, a fin de evitar el costo adicional que representa el pago de la licencia necesaria.

En este caso se utilizó Linux UBUNTU, entorno gratuito sobre el cual ya teníamos experiencia de trabajos anteriores. Por lo tanto se decidió utilizar un sistema LAMP (Linux-Apache-MySQL-PHP) corriendo sobre Ubuntu.

Sin embargo el software WinIDE, que es gratuito, está preparado para ejecutarse sobre un sistema operativo propietario, – Windows - y no se dispone de ninguna versión apta para distribuciones libres.

Por lo tanto se debió implementar una emulación del sistema operativo Windows® mediante el software aplicativo WINE. En consecuencia fue necesario desarrollar scripts en BASH intercalados en el funcionamiento del WinIDE, para controlar la apertura y la liberación del puerto serie utilizado para acceder a la Placa de Desarrollo.

## 8 Metodología de Uso del Laboratorio Remoto

El sistema provee una interfaz web para los alumnos, cuya página principal y menú de acceso se muestran en la Figura 2:



Figura 2

La página mostrada permite que los alumnos se registren haciendo clic en el acceso “Inscripción” del menú de la izquierda. Allí completan un formulario donde cargan sus datos personales y luego lo envían al Administrador del sistema para que éste les asigne un usuario y contraseña.

Cumplido este paso, el alumno está en condiciones de comenzar a realizar sus prácticas en el Laboratorio Remoto.

En la figura 3 se aprecia la imagen de una sesión típica de trabajo en el Laboratorio Virtual, mostrando en tiempo real la respuesta de la placa a los comandos entregados por el

alumno desde su interfaz web:

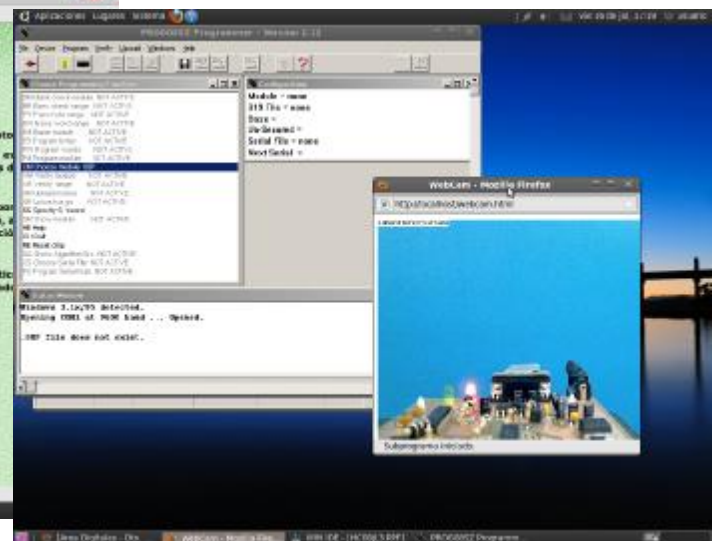


Figura 3



En el fondo se ve la interfaz del entorno de programación WinIDE con una vista superpuesta de la placa de programación, tal cual la ve el alumno, donde se aprecian los indicadores luminosos que se han activado.

## 9 Conclusiones

La maqueta se puso en funcionamiento en forma experimental con un grupo reducido de alumnos que voluntariamente se prestaron para la experiencia.

La práctica resultó altamente motivadora para los alumnos, a raíz de la cual surgieron propuestas por parte de los mismos para la implementación efectiva del Laboratorio Virtual. Sin embargo, durante la actividad se detectaron falencias de índole técnica y administrativa, las cuales nos hallamos abocados a solucionar en una próxima implementación de esta aplicación.

El paso siguiente, una vez estabilizado el hardware y software a emplear, será gestionar ante las autoridades de nuestra Facultad la correspondiente autorización para ofrecer las

prácticas de laboratorio de las asignaturas del Área Digitales en forma remota.

## 10 Referencias

Nota de aplicación AN2317, Freescale Semiconductor, Inc.

Nota de aplicación AN-HK-33, Motorola Semiconductor.

Notas de aplicación del Ing. Daniel Di Lella ([www.electrocomponentes.com.ar](http://www.electrocomponentes.com.ar))

Manual MC68HC908JK1/MC68HC908GP32 ([www.freescale.com](http://www.freescale.com))

P&E Microcomputer Systems Inc.

([www.pemicro.com](http://www.pemicro.com))