

EVALUACIÓN DEL USO DE LABORATORIOS REMOTOS EN EL APRENDIZAJE DE MICROCONTROLADORES

J.M. GIL-GARCÍA, J. QUESADA, J.A. SAINZ, L.A. AGUADO, A.M. ALEDO, J. SANCHEZ
Departamento de Electrónica Y Telecomunicaciones. Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz. Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea. España.

jm.gil-garcia@ehu.es, jeronimo.quesada@ehu.es, ja.sainz@ehu.es, luis.aguado@ehu.es,
angel.aledo@ehu.es, j.sanchez@ehu.es

En este trabajo se pretende mostrar el diseño de un laboratorio remoto (no presencial, pero haciendo uso de hardware real instalado en el laboratorio del centro) para el aprendizaje de microcontroladores así como los resultados obtenidos en su utilización en los dos últimos años por parte de los alumnos de último curso de la titulación de Ingeniería en Electrónica Industrial. También se expondrán algunas de las dificultades encontradas en el uso de estos sistemas remotos.

Palabras clave: Laboratorios remotos, microcontroladores.

1. Introducción

Con el advenimiento del Espacio Europeo de Educación Superior y los cambios metodológicos que éste pretende introducir, se precisa la habilitación de nuevos espacios para que el alumno pueda poner en práctica los conocimientos adquiridos ya que éstos pueden gozar de mayor libertad a la hora de distribuir su tiempo. La organización tradicional de los horarios de prácticas es poco flexible para dar acomodo a estas nuevas necesidades. Los horarios de atención presencial a los estudiantes, apertura de los centros, así como los periodos normales de cierre en festivos y vacaciones impiden que los alumnos, con horarios en su aprendizaje mucho menos reglados, puedan completar su formación cuando a ellos mejor les pueda convenir. Sin embargo estos problemas se pueden superar si se consiguiera tener los laboratorios abiertos las 24 horas del día, los siete días de la semana.

Actualmente hay dos tipos de opciones para poder implementar este tipo de laboratorios en lo referente al aprendizaje de microcontroladores y las tecnologías asociadas a ellos: los laboratorios virtuales y los laboratorios remotos.

Los primeros presentan un modelo de una placa de desarrollo a través de una página web desde la que se puede enviar el firmware necesario para evaluar el producto. Así mismo, en la página se dispone de una representación de los elementos con que está equipada la placa como pulsadores, displays, etc. con lo que se puede evaluar la idoneidad de la plataforma para la aplicación que se desea desarrollar. Intel, Freescale y Luminary, entre otros, disponen de laboratorios virtuales de alguno de sus productos en forma de libre acceso desde un navegador web. Sin embargo, en un laboratorio remoto se pretende tener un contacto más directo con el hardware, que se encuentra generalmente instalado en un laboratorio. Se trata de ver (u oír) mediante el uso de una cámara o un micrófono lo que realmente hace el microcontrolador cuando se le carga el firmware desde un emplazamiento remoto, generalmente, la vivienda del alumno.

En el presente trabajo se explicarán las características del laboratorio remoto desarrollado, el grado de uso y la utilidad del mismo señalada por los alumnos, así como las dificultades que esta herramienta les supone para completar su formación.

2. Laboratorio remoto basado en microcontrolador

Las prácticas de la asignatura Ampliación de Sistemas Digitales se basan en una sencilla placa o entrenador que los alumnos, para trabajar otro tipo de competencias transversales como la interpretación de esquemas, el montaje de prototipos y soldadura, deben montar y demostrar que funciona. También deben realizar los cables de programación y de comunicación serie con el PC. Adicionalmente los alumnos disponen de diecinueve prácticas básicas que pueden ser realizadas en su domicilio sólo con este entrenador. Tanto para el caso en que se emplee el laboratorio remoto como en las prácticas presenciales, a esta placa se le conecta la maqueta cuyo funcionamiento se quiere programar como puede ser un LCD, un driver de LEDs, un motor paso a paso, etc.

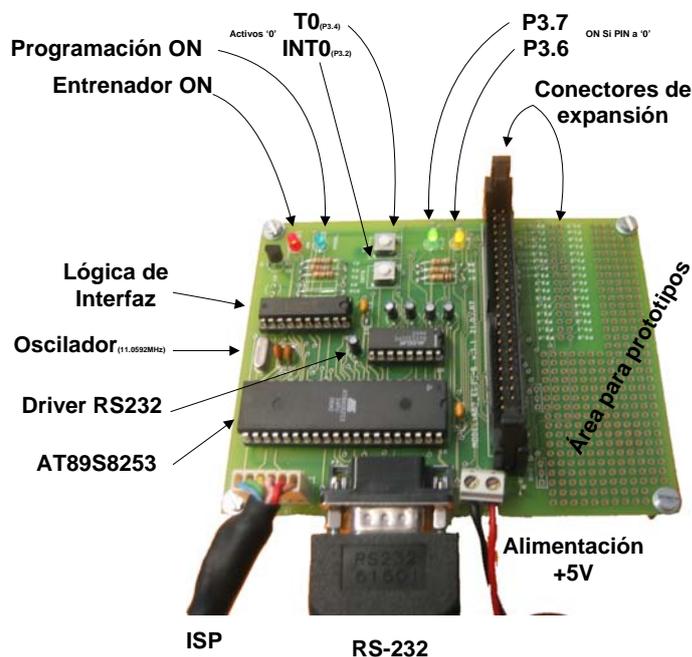


Figura 1. Placa de prácticas para microcontroladores

2.1. Hardware

El sistema se basa en una sencilla placa, que es la evolución de otra ya presentada [2], en la que se conecta a través de un conector de cable plano el periférico objeto de estudio. Además tiene una zona para poder montar un pequeño prototipo y un conector adicional en el que están accesibles las señales de los puertos del microcontrolador. Éste es un AT89s8253 de la familia del 8052 que además tiene un puerto SPI, una memoria EEPROM de 2KB, 12KB de memoria FLASH, watchdog, doble registro DPTR y RESET interno. Además, durante la programación ISP, tiene la posibilidad de activar un funcionamiento del core de tal forma que ejecute una instrucción cada seis ciclos de reloj en vez de los doce tradicionales.

Para su montaje los estudiantes cuentan con la documentación que contiene, entre otros, el esquemático, plano de situación de componentes, etc. La mayor dificultad que entraña la placa para el alumnado es la realización de los cables y suele ser, la mayoría de las veces, el origen del malfuncionamiento inicial de la misma.

Por otro lado, también se ha diseñado un conjunto de maquetas con las que se pueden experimentar los conceptos fundamentales de la programación de sistemas empujados. Algunas de esas maquetas necesitan de la intervención directa de alguien que las accione por lo que no son apropiadas para el uso del laboratorio remoto. Entre ellas se encuentran la matriz de teclas, el selector de monedas o el detector de billetes. Sin embargo también se han construido una serie de maquetas en la que es posible con ayuda de una cámara y/o un micrófono conocer desde una ubicación remota el funcionamiento correcto de un programa. Entre estas maquetas se encuentran el motor paso a paso, el convertidor analógico digital, el LCD alfanumérico, el driver de LEDs, control y acceso de un reloj de tiempo real con alarma, etc. En la Figura 2 se encuentran algunas de las maquetas de prácticas disponibles y que se pueden conectar al entrenador.

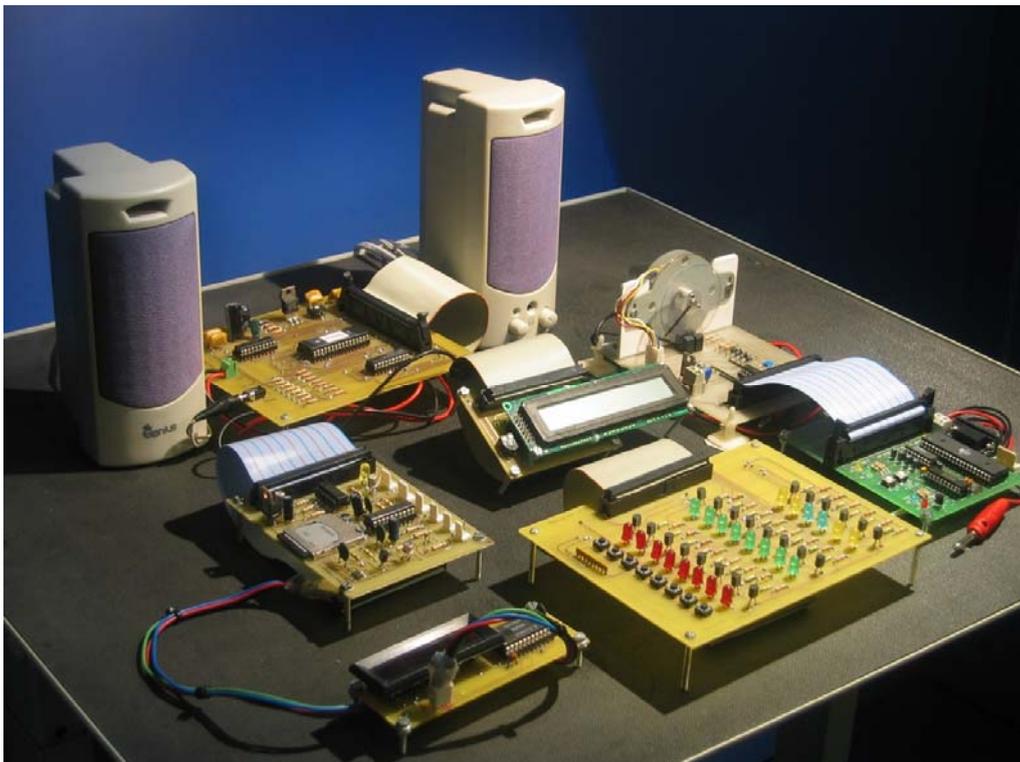


Figura 2. Algunas de las maquetas disponibles

2.2. Software

Para poder usar la placa hacen falta varios programas, unos de propósito general y otros creados explícitamente para este proyecto. Todos ellos deben ejecutarse bajo Windows y todos tienen compatibilidad con Vista.

- Programa Servidor: Es el software que se ejecuta en el PC al que está conectada la placa. Se encarga de recibir el firmware desde los clientes y programarlo en el microcontrolador conectado al puerto paralelo del PC (se está desarrollando una versión con conexión USB para lo mismo). Además creará y mantendrá un canal serie con aquel cliente remoto que esté conectado en esos momentos prolongando el tráfico de datos serie local a través de la red. Así mismo, enviará a los clientes la configuración de la cámara que está conectada en esos momentos con ayuda de la cual se puede visualizar el resultado del firmware sobre el periférico objeto de estudio. Arbitra el tiempo de conexión entre diversos clientes y les informa de si

pueden o no enviar un firmware y el tiempo que queda para que el entrenador quede libre de nuevo. Puede programar de forma autónoma un microcontrolador sin necesidad de que haya un cliente que le envíe el firmware. Por último guarda un registro del grado de utilización del servidor en cuanto a clientes conectados y programación de la flash del microcontrolador.

- Programa Cliente: El programa cliente es el encargado de buscar al servidor para después poder enviarle el firmware desarrollado. Descarga automáticamente una página WEB que el alumno puede consultar con la configuración e instrucciones necesarias para poder realizar la práctica. Así mismo mantiene un canal serie, a través de la conexión de red, de tal forma que sea posible enviar y recibir datos desde y hacia el entrenador remoto.
- Cliente VPN: Para poder hacer “accesibles” los ordenadores de la Universidad del País Vasco desde fuera de su red, es necesario conectarse a través de un cliente VPN. En este caso es el cliente AnyConnect de Cisco. Los servicios informáticos de la Universidad dan soporte a esta aplicación.
- uVision: Como IDE se emplea la versión de evaluación de la casa Keil uVision.

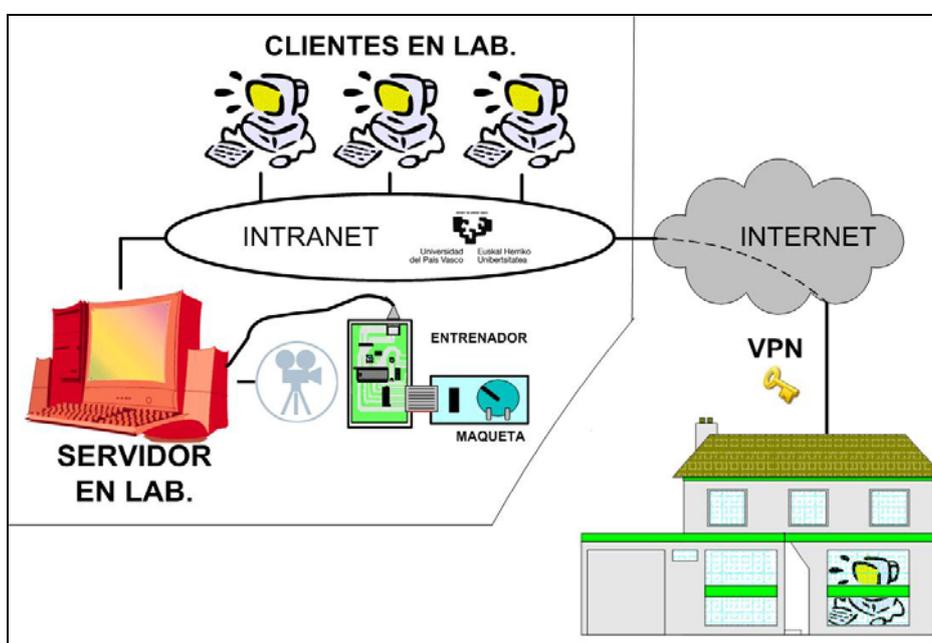


Figura 3. Disposición de todos los elementos del sistema

En la Figura 3 se encuentra detallada la forma en que se disponen los diferentes elementos que forman parte del sistema de prácticas remoto. Los alumnos pueden, a su vez, colaborar entre ellos cuando se encuentran en sus domicilios, con ayuda de los medios de interacción habituales de Internet, ya que la cámara permite que varias personas observen a la vez lo que está ocurriendo en el laboratorio.

2.3. Documentación

Los alumnos disponen para cada práctica de unos cuadernillos en formato PDF en los que se explica:

- Lo que se pretende conseguir en la práctica
- El funcionamiento del periférico objeto de la práctica.
- La organización de los datos y de las funciones necesarias para crear el programa.
- Bibliografía.

Esta documentación está presente tanto en el ftp del departamento como en el espacio Moodle de la asignatura. A través de Moodle, y del cliente de programación se envía a los alumnos un resumen de lo que deben hacer, con los enlaces a la documentación necesaria así como la configuración que deben introducir a dichos clientes (IPs, puertos, claves) para poder llevar a cabo la práctica.

Así mismo se les facilita un archivo Intel HEX que pueden usar para comprobar el correcto funcionamiento de la maqueta antes de ponerse a trabajar y, a la vez, saber qué es lo que pueden esperar ver u oír para poder dar por correcta su resolución del problema. No se les hace entrega del código fuente correspondiente a ese ejecutable.

3. Valoración de los alumnos

Para poder usar el sistema es necesario que los alumnos tengan, o adquirieran en su caso, una serie de conocimientos técnicos y una serie de recursos materiales sin los cuales no es posible realizar las prácticas. Por un lado, y para poder usar la placa de prácticas que han montado en el domicilio deben tener un ordenador dotado de puerto paralelo y una fuente de +5V, que puede ser un puerto USB. Para poder usar el sistema remoto, deben además tener conexión a Internet. En cuanto a los conocimientos, es conveniente entender qué es una IP, un puerto o un firewall. Al comienzo de curso se hace una encuesta a los alumnos y en general éstos no tienen ningún problema con los materiales a utilizar pues disponen de ellos, pero sí con los conceptos necesarios para poder manejarse con cierta soltura con el laboratorio, sobre todo en lo referido a la VPN. De hecho la mayoría de los alumnos reconocían que usaban Internet para chatear con sus amigos, pero sólo un alumno admitía haber hecho alguna página WEB y otro conocía qué era una IP, un puerto o configurar un cliente de FTP. Todos ellos disponían de Internet al que acceden con una velocidad, en la mayoría de los casos, de 1MB.

Sin embargo la evaluación de la puesta en marcha desde sus casas de todo el software necesario para poder funcionar resultó bastante positiva. Ocho de los doce alumnos que intentaron realizar la primera práctica desde casa consiguieron hacer funcionar todo el sistema. Tres de ellos se atascaron en la VPN y uno más no consiguió conectarse con el programa servidor.

En el curso 2008-2009 sólo se pudieron ofrecer a los alumnos el laboratorio remoto durante tres semanas tras su puesta en marcha y sin que hubiera sido evaluado totalmente. Durante el curso 2009-2010 se han realizado un total de cinco prácticas remotas que han sido ofertadas a un total de quince alumnos. Fueron las siguientes:

- Motor paso a paso: Accionar un motor paso a paso para que gire con un determinado ritmo.
- Convertidor digital analógico: Reproducir un conjunto de muestras de audio almacenadas en una memoria externa con una frecuencia determinada.
- Puerto serie: Enviar una cadena por el puerto serie y devolver cada carácter ASCII recibido incrementado en una unidad. Ésta la podían realizar de forma local con su propio entrenador.
- LCD alfanumérico 16x2: Inicializar y escribir una cadena de caracteres en un LCD.
- Driver de LEDs I2C. Representar cuatro dígitos en unos displays siete segmentos comandados desde un driver de LEDs con interfaz I2C.

Los alumnos han dispuesto de una media de seis días para realizar la práctica desde sus domicilios antes de acudir al laboratorio en el que ya cuentan con la ayuda directa del profesor. La práctica del puerto serie la podían realizar de forma local en su casa con los entrenadores que ya habían montado.

Para conocer el grado de uso y satisfacción del alumnado de las prácticas remotas, tras la finalización de la sesión presencial en el laboratorio se ha pedido que rellenen el siguiente cuestionario de evaluación.

Pregunta	Posible respuesta
1 ¿Has realizado la práctica propuesta desde casa?	Sí No
2 ¿Cuanto tiempo has dedicado a hacer la práctica? (en minutos)	Libre
3 Puntúa del 1 al 10 la claridad de las explicaciones que ha enviado el profesor con respecto a cómo realizar la práctica (0 si no has leído lo que envió)	Libre
4 ¿Probaste el fichero de ejemplo?	Sí No
5 ¿Crees que es útil tener un fichero de prueba antes de empezar a hacer la práctica?	Sí No
6 ¿Mandaste tu propio firmware?	Sí No
7 ¿Funcionó?	Sí No
8 Si no lo has intentado, explica por qué	Libre
9 Evalúa del 1 al 10 la manejabilidad del sistema (0 si no lo has intentado)	Libre
10 Evalúa del 1 al 10 la utilidad o idoneidad de la práctica (0 si no lo has intentado)	Libre
11 Evalúa del 1 al 10 tu esfuerzo para hacer la práctica	Libre
12 Evalúa del 1 al 10 el grado de satisfacción que te ha producido dedicarle un tiempo a realizar la práctica. (0 si no lo has intentado, 10 si has terminado muy contento o 1 si después de terminar no sabes para qué te han mandado hacer esto)	Libre
13 Hoy has realizado la práctica presencialmente. ¿Cuánto cambia de hacerlo en casa a en el laboratorio?	No tiene nada que ver Poco, pero mejor en casa Poco, pero mejor en el laboratorio En el fondo, no cambia nada

Doce de los quince alumnos han contestado siempre las preguntas de la práctica por lo que se supone que los tres que no contestan no la han realizado. La siguiente tabla resume el grado de uso declarado por los alumnos para cada una de las prácticas remotas encomendadas así como la actividad registrada por el programa servidor.

Tabla 1. Grado de utilización de las prácticas remotas

	Stepper	DAC	Serie	LCD	I2C
Sí han hecho la práctica (de 15)	3	8	8	10	11
Clientes vistos	12	18	5	20	13
Programación de flash	10	11	3	12	8

En los nuevos planes de estudios es necesario que el profesor realice una estimación de la carga horaria que le supone a un alumno llevar a cabo la tarea encomendada. En el caso de las prácticas propuestas, y según estiman los propios alumnos, el tiempo medio dedicado a la misma es de unos 50 minutos, siendo la primera de ellas la que más tiempo les lleva (cerca de 62 minutos de media). Algo que es razonable habida cuenta de que deben instalar y configurar todas las herramientas y programas necesarios.

La pregunta número tres persigue evaluar la inteligibilidad de unas explicaciones que han sido enviadas por escrito y que persiguen guiar al alumno en la mecánica a seguir necesaria para poder tener opción a realizar la práctica. Los alumnos dan una nota bastante uniforme en las cinco prácticas y que es de un promedio de 6,7 sobre 10.

La opinión sobre la conveniencia de tener un firmware de ejemplo es casi unánime y prácticamente todos lo han probado en la maqueta remota. Esta iniciativa partió de una petición expresa de los alumnos del curso 2008-2009. Sin embargo, cuando se trata de realizar el trabajo propio, el porcentaje de alumnos que lo han intentado desciende a un promedio del 34% siendo además muy variable de práctica en práctica. Si además evaluamos la tasa de éxito de ese firmware propio, es decir, si funcionó de forma análoga al ejemplo que se les facilita, el porcentaje asciende al 61% de aquellos que le han dedicado cierto tiempo a trabajar la práctica.

La manejabilidad del sistema y la idoneidad de la tarea asignada merecen una calificación promedio de 6,6 y 6,8 sobre 10 respectivamente, siendo ésta bastante regular a lo largo de las cinco prácticas.

Cuando los alumnos evalúan el esfuerzo y empeño que han puesto para terminar la tarea encomendada, se adjudican una nota media de 6,1 sobre 10. Sin embargo aquí la variabilidad de las autocalificaciones es muy grande. Además se produce un hecho que no deja de ser curioso. Aunque los estudiantes sabían que sus valoraciones no tenían ningún tipo de consecuencia o penalización sobre sus calificaciones y que sus opiniones era anónimas, resulta que sobre un total de 75 posibles prácticas que podían haber realizado a lo largo de las cinco semanas los quince estudiantes matriculados, ha habido un total de 35 ocasiones en que no se han hecho, sin embargo, únicamente se han registrado cuatro valoraciones del esfuerzo empleado por debajo del 5. Es decir, únicamente se auto-suspenderían cuatro alumnos a pesar de que no han realizado la práctica en 35 ocasiones.

Después del tiempo empleado en la práctica, la satisfacción que ésta produce en el alumno es evaluada en un 6,5 sobre 10. En este caso las notas otorgadas están polarizadas entre alrededor del cinco y el notable alto. Hay una tendencia a que aquellos alumnos que han conseguido sacar la práctica correctamente, la evalúen más positivamente.

Por último, el 75% de los alumnos opina que hay pocas o ninguna diferencia entre hacer las prácticas en el laboratorio o desde casa. Ninguno cree que es mejor hacerlas en casa y el 25% restante opina que no tiene nada que ver hacerlas desde casa o hacerlas de forma presencial. En este punto coinciden con la opinión de los alumnos matriculados en el año anterior.

En cuanto a la evaluación de las dificultades que encuentran los alumnos a la hora de completar la práctica éstos mencionan las siguientes como principales:

- La falta de tiempo.
- Problemas con las conexiones, VPN, etc.
- No saber exactamente qué hay que hacer.

Por último el sistema completo ha sido evaluado por parte de los alumnos durante la última práctica presencial de la asignatura. Su opinión sobre la utilidad del sistema ha sido unánime y también la recomendación del uso de la misma para otros años. Sin embargo cuando son preguntados sobre qué hubiesen necesitado para usar de forma sistemática la herramienta puesta a su disposición, existen opiniones para todos los gustos, pero básicamente se pueden resumir en dos: por un lado, prefieren que se evalúe y que cuente en la nota final, y por otro lado, que no sea un trabajo que se vaya a realizar después de manera presencial. Esta evaluación final se repitió durante el curso 2008-2009 y las opiniones recogidas este año no difieren de aquellas. Sin embargo existe un problema adicional que tiene que ver con la evaluación de las actividades remotas [3]. Es difícil, si no imposible, garantizar la autoría de los firmwares enviados, ya que no se necesitan más allá de unos segundos para que lleguen a los buzones de correo electrónico de otros compañeros a los que no les costaría nada reenviar los archivos de nuevo.

4. Conclusiones

En principio, el uso de plataformas remotas para el aprendizaje de microcontroladores es tomado por parte del alumnado como algo positivo, útil y recomendable, aunque después su grado de utilización no responde al entusiasmo mostrado.

La falta de tiempo es la principal causa por la que, según dicen, no hacen uso de los medios puestos a su disposición. Sin embargo no hay que olvidar que, de media, han tenido seis días para prepararla y que le han dedicado cincuenta minutos semanales. Quizá también influya el hecho de que no están acostumbrados a realizar un esfuerzo importante para superar una asignatura optativa.

En cualquier caso, admiten que para verse forzados a usar este tipo de herramientas es necesario dotarlas de una evaluación que puede quedar fácilmente en entredicho si no se consigue autenticar la autoría del programa.

Contar previamente a la realización de la práctica con un firmware que demuestre la funcionalidad requerida es un elemento motivador que no se debe olvidar a la hora de diseñar las prácticas para un laboratorio remoto.

El alumnado, como no podía ser de otra manera, es muy condescendiente consigo mismo y, en general, tiende a aprobarse independientemente del esfuerzo que ha realizado. Esto invalida aquellos criterios de evaluación que tienen en cuenta la autoevaluación por parte del alumno en la nota final.

Referencias

- [1] M. Barrón, C. Alonso y I. Oleagordía. *Desarrollo de una herramienta virtual de bajo coste basada en microcontrolador. La educación universitaria en tiempos de cambio* (pp. 269-280). Bilbao. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- [2] J.M.Gil-García, D. Arranz y J.A. Benito. *Sistema de Programación Remota para el Microcontrolador AT89S8252*. Editorial del V Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica, Las Palmas de Gran Canaria (2002).
- [3] J.M.Gil-García, J.A. Sainz, L.A. Aguado, J.Sanchez, A. Aledo, A. Maiz. *Laboratorios de Electrónica Abiertos 24H7D*. Editorial del V Congreso Internacional Docencia Universitaria e Innovación, Lérida (2008)
- [4] L. Gomes, A. Costa. *Remote laboratory support for introductory microprocessor course*. Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Microelectronics System Education. E.E.U.U. (2005)