

# Electrónica para el control de la red de difracción de un monocromador mediante una interfaz programada en lenguaje G

Marcos Guerra Medina, Fernando Rivera-López

Departamento de Física Fundamental y Experimental, Electrónica y Sistemas.

Universidad de La Laguna. E-3820, San Cristóbal de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España

adrianga@telefonica.net – frivera@ull.es

## Resumen

En el siguiente trabajo se presenta, desde el punto de vista electrónico y computacional, el diseño, construcción y calibración de un monocromador de alta resolución para el análisis de señales ópticas en la región visible del espectro electromagnético. El monocromador tiene como elemento central una red de difracción con blaze en 500 nm que es movida por la acción un motor paso a paso. El primer paso de este proyecto, que es el que aquí se trata con detalle, consiste en diseñar toda la electrónica capaz de gobernar de forma adecuada el motor. Esta electrónica de gobierno y potencia ha sido programada y simulada mediante lenguaje ensamblador e implementada, junto con la de conversión de señal analógica a señal digital, para su posterior análisis. La interfaz de comunicación usuario-monocromador ha sido programada en G y permite la captura de datos digitales en ficheros txt.

## 1. Introducción

Los monocromadores son instrumentos ópticos capaces de aislar señales ópticas a determinadas longitudes de onda, proporcionando de esta manera radiaciones monocromáticas. El prototipo diseñado (ver figura 1) tiene como

elemento principal una red de difracción que opera en la región visible del espectro electromagnético. Esta red de difracción ha de ser gobernada mediante un motor que necesita una electrónica adecuada de control. A su vez esta electrónica requiere de un protocolo de comunicación que sirve de interfaz entre

el ordenador (centro de operaciones del usuario) y la electrónica. En el siguiente trabajo se dará una exposición de los microcontroladores seleccionados para el gobierno de la red de difracción, así como la digitalización de la señal analógica y la electrónica de adquisición final de los datos. Se tratará también la implementación de todos los elementos en la placa de circuito impresa. Por último se abordará el software de control elaborado, el cual no sólo controla todo el dispositivo, sino que además sirve para la optimización del sistema y el archivo de los datos en ficheros.

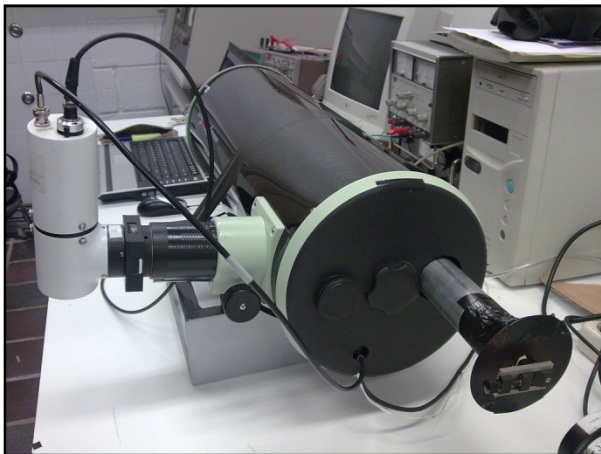


Figura 1. Monocromador diseñado.

## 2. Esquema experimental

En la figura 2 puede verse representado el esquema general de funcionamiento y empleo del monocromador que se diseñó. En dicha figura se tiene un ejemplo típico de laboratorio, en el que una muestra es excitada mediante un láser. Tras esta excitación, la muestra emitirá luz en forma de señal óptica, la cual se recoge por el monocromador para posteriormente ir seleccionando sus distintas componentes por la red de difracción situada en su interior.

Esta selección se hace gracias a la acción de un motor paso a paso solidario

con dicha red. El detector acoplado al monocromador se encargará de transformar la señal óptica emitida por la muestra en señal eléctrica, la cual es digitalizada por un conversor analógico – digital. Finalmente dicha señal es llevada a un ordenador para procesar la información mediante un programa diseñado a medida, programa que a su vez sirve para mover el motor paso a paso encargado de producir las rotaciones de la red de difracción.

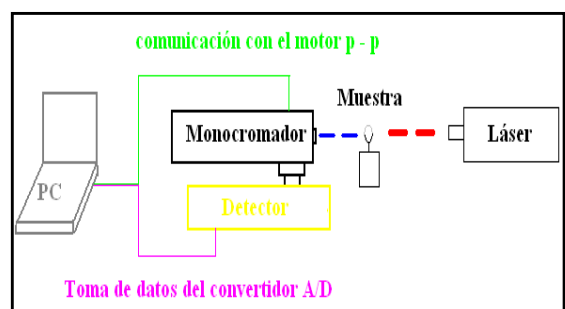


Figura 2. Esquema de laboratorio.

## 3. Motor paso a paso

Los motores paso a paso (P-P) pueden verse como motores eléctricos sin sistema de conmutación. Típicamente, todas las bobinas del motor están en el estator y el rotor es, o un imán permanente o, en el caso de motores de reluctancia variables, un bloque de algún material magnéticamente blando. Toda la conmutación debe ser manejada externamente por el controlador del motor y, habitualmente, los motores y controladores están diseñados para que el motor pueda ser mantenido en una posición o rotar en uno u otro sentido. La mayoría de estos motores pueden ser manejados a frecuencias de audio permitiendo un giro rápido y, con un controlador apropiado, pueden ser arrancados y parados en posiciones controladas.

Los motores P-P son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores es el hecho de poder mover un paso por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8° (e incluso hasta de 0.72°), es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso (1.8°), para completar un giro completo de 360°.

Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición, o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas están alimentadas, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y, por el contrario, quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

El motor elegido para este proyecto ha sido reciclado de una antigua disquetera, el mismo es de imán permanente (el rotor), de 0,9 grados por paso (400 pasos por vuelta) y una tensión nominal de 12 voltios. Cabe destacar que la programación se hizo en modo micro Step consiguiendo cuatriplicar la resolución del motor quedando, por tanto, confinado en 0,225 grados por paso.

#### 4. Etapas de desarrollo del proyecto

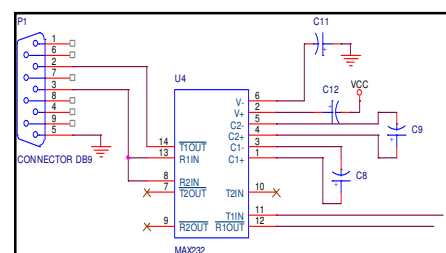
Se decidió dividir el proyecto en cuatro áreas. Una correspondiente a la parte electrónica del sistema, otra sería la parte mecánica, otra la parte de programación y por último la calibración. Cabe mencionar que, para el adecuado diseño, se necesitó adquirir un conocimiento previo sobre monocromadores, lenguaje de programación en G y ensamblador.

Aquí se abordarán las partes electrónicas y de programación, cuyos puntos más destacados se comentan a continuación:

- La adquisición de los datos procedentes del fotomultiplicador.
- La conversión de señal analógica a digital.
- Control de los microcontroladores y del motor paso a paso que gobernará la red de difracción del monocromador mediante el PC.
- La electrónica de potencia para el movimiento del motor.
- El sistema electrónico de adecuación de los niveles de tensión propios del puerto RS232 y el de los microcontroladores.
- Los protocolos de comunicación RS232 para la conexión del Pc con el monocromador, sus técnicas de lectura, escritura y transmisión para optimizar los tiempos de adquisición de datos y aumentar la resolución.
- Diseño y construcción de la placa de circuito impreso.
- Pruebas y ajustes para comprobar el correcto movimiento del motor.

#### 5. Circuitos implementados

En la figura 3 se puede apreciar el circuito correspondiente a la adecuación de los niveles de tensión provenientes del puerto RS232 y de alimentación de los microcontroladores.





Para establecer la frecuencia de muestreo, esta debe cumplir con el teorema de Nyquist, es decir que la frecuencia de muestreo debe ser mayor o igual que dos veces la frecuencia de la señal analógica. Por lo tanto se debe utilizar una frecuencia de muestreo superior a 200 Hz, es decir tomar una muestra cada 5 ms como mínimo.

A la hora de programar el microcontrolador, se optó por hacerlo en lenguaje ensamblador, utilizando el compilador Mpasmwin, el cual es una herramienta de Mplab versión 7.21 usado para la simulación del código.

Uno de los motivos que llevaron a esto fue lo complejo de los algoritmos de comunicación con el microcontrolador.

Se utilizó sólo el 15% de la memoria ROM y el 10% de la RAM del microcontrolador.

Por otra parte se utilizó el PIC 16f84A para la secuencia cíclica del motor paso a paso. Se optó por este microcontrolador por su simplicidad y precio económico. Sus características principales son: hasta 68 bytes de memoria de datos (RAM), hasta 64 bytes de memoria de datos (EEPROM), 14 Bits para el bus de instrucciones, hasta 4 fuentes de interrupción, 13 I/O pines con control de dirección y 25 mA de alimentación máxima por pin.

## **7. Interfaz de usuario**

Se realizó una interfaz gráfica con programación en G usando para ello el software Labview 8.6 el cual sirvió como puente de comunicación entre el ordenador y el monocromador. Ésta interfaz se compone de dos pantallas, es sencilla, bastante intuitiva y por tanto fácil de manejar.

La primera pantalla, que se corresponde a la ventana izquierda de la figura 8, tiene como finalidad la toma de datos procedentes del monocromador para una longitud de onda determinada. Esta pantalla permite dar órdenes a la red de difracción para que se sitúe en una posición determinada y poder ver cuál es la intensidad de la señal óptica proporcionada por la red de difracción. Como puede verse, en el eje de ordenadas se tiene la amplitud de dicha señal óptica en milivoltios (previamente digitalizada por el conversor analógico – digital) y en el eje de abscisas el tiempo transcurrido. La función GO TO es la orden de mando para situar a la red en la posición deseada (y por tanto mover el motor paso a paso) y la orden DATOS sirve para la adquisición.

Esta ventana tiene, por tanto, la misión de poder situar la red de difracción en una posición determinada a fin de optimizar el experimento que se esté llevando a cabo mediante la optimización al máximo de la señal.

La segunda pantalla, que se corresponde a la ventana de la izquierda de la figura 8, tiene como finalidad la toma de datos del experimento que se desee realizar. Como puede verse, en el eje de ordenadas se tiene la amplitud de dicha señal óptica en milivoltios (previamente digitalizada por el conversor analógico – digital) y en el eje de abscisas la longitud de onda en la que se esté tomando la medida. La función Start sitúa la red de difracción en la posición de inicio del experimento, la función End le indica en que longitud de onda debe culminar, la función incremento da información de la resolución a la que se desea realizar las diferentes tomas de medida y por último, el tiempo de integración se refiere al tiempo que permaneceremos en cada longitud de onda tomando datos para luego promediarlos y mostrarlos en la pantalla 2.

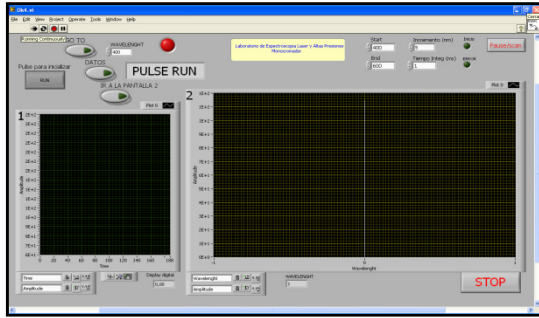


Figura 8. Panel de control programada en G mediante Labview.

## 8. Placas de desarrollo

Para la programación de los PICs se utilizó el programador TE20SE (figura 9). Este programador fue adquirido en una tienda específica de electrónica procediéndose únicamente a su montaje y soldadura.

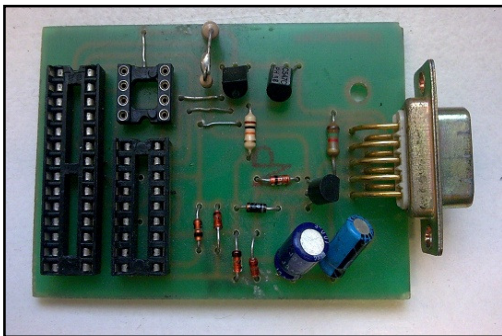


Figura 9. Programador TE20SE.

## 9. Estructura interna de la tarjeta

En la figura 10 se puede observar la estructura interna de la placa principal. De izquierda a derecha distinguimos el Max 232, el Pic 16f876, el PIC 16f84A y por último el L293B. Junto con el conector serie RS232 se dispuso la entrada de alimentación de 12V con el filtro y el regulador LM7805, en el extremo opuesto puede verse la salida ya amplificada en potencia para el motor paso a paso.

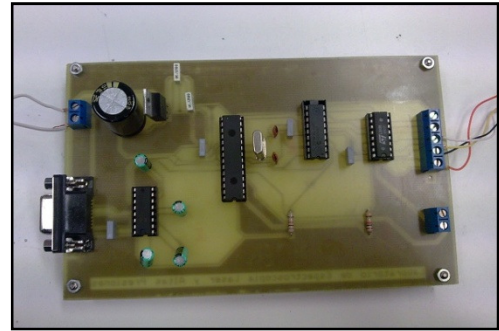


Figura 10. Estructura interna de la placa principal.

En la figura 11. Se puede apreciar todo el conjunto de la placa y motor acoplados, así como la red de difracción.

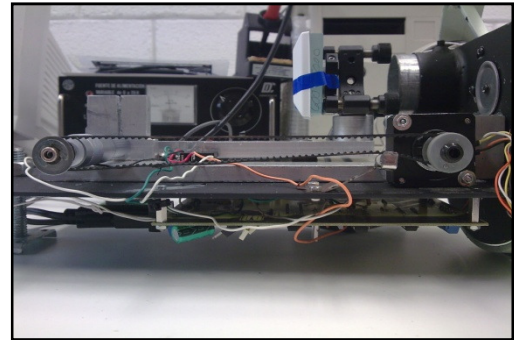


Figura 11. Conjunto de la placa y motor acoplados, así como la red de difracción.

## 10. Conclusiones

En este trabajo se ha expuesto, desde el punto de vista electrónico, como se ha gobernado la red de difracción de un monocromador de diseño propio.

Se utilizó como circuito de comunicación entre el portátil y el monocromador un cable USB a RS232 con el USB 232 incorporado.

Para compatibilizar los niveles de voltaje del puerto serie con los de los microcontroladores se utilizó el Max 232.

Como convertidor analógico - digital se empleó el PIC 16f876 el cual incorpora dicho conversor con una resolución del CAD de 10 bits hasta 8 canales.

Se implementó el protocolo de comunicación RS232 en el propio PIC 16f876.

Para controlar el motor se utilizo el PIC 16f84A.

Como etapa final de potencia del motor se utilizó el L293B y por último para regular la fuente de alimentación se optó por el regulador 7805.

La programación se hizo en lenguaje ensamblador para los PICs con ayuda de Mplab V7.21 La programación de la interfaz de comunicaciones fue hecha en lenguaje G con ayuda del Labview 8.6

La repetitividad total del sistema en su conjunto quedó por debajo de 0.5 nm.

## **Referencias**

[1] PIC16F84A Data Sheet, Microchip Technology Inc.

[2] PIC16F87X Data Sheet, Microchip Technology Inc.