

EQUIPO DIDÁCTICO PARA EL CONTROL DE MOTORES DC, BRUSHLESS Y PASO-PASO

Departamento de Electrónica¹. Universidad de Alcalá. Campus Universitario s/n. 28871.
Alcalá de Henares (MADRID). Tel. 34 1 8854810, Fax: 34 1 8854899-04.
E-mail: mazo@depeca.alcala.es

RESUMEN.-En este trabajo se describe un equipo didáctico de control de motores desarrollado en el Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá. Este proyecto (bautizado como Proyecto DEDALO)² ha sido posible gracias al contrato de colaboración con la empresa Serie Electronique (París). En él se ha desarrollado un completo equipo electrónico para el estudio y experimentación de control de motores paso-paso, de corriente continua (DC) de media y baja potencia, y sin escobillas (brushless). El empleo de un ordenador personal como interfase con el usuario (para control y configuración del equipo) confiere una gran facilidad de uso y versatilidad al mismo.

1.- INTRODUCCIÓN

El empleo de actuadores mecánicos basados en motores eléctricos constituye una de las alternativas más frecuentes en aplicaciones industriales y de consumo. Esta creciente necesidad hace que cada vez sean más los fabricantes de circuitos integrados que incluyen en sus catálogos dispositivos de potencia inteligentes, que incorporan la etapa de potencia y la de excitación previa para el control de las mismas. Por otra parte, el grado de exigencia en el control (lazo abierto o cerrado, en posición o velocidad, etc.) está fuertemente ligado a cada aplicación específica.

Inevitablemente, todos los centros de enseñanza de materias relacionadas con estas temáticas han incluido desde siempre en sus planes de estudio el tratamiento de los métodos y dispositivos para el control y excitación de motores, tanto desde un punto de vista teórico como práctico. El equipo didáctico que aquí se describe pretende facilitar esta tarea docente, presentando en un mismo entorno la posibilidad de ensayar con diversos tipos de motores y, dentro de cada uno de ellos, con diferentes métodos de control y/o excitación.

El equipo se compone de cinco módulos hardware (tarjetas): una para cada tipo de motores (cuatro en total) y otra que se encarga del control y excitación de las anteriores, de la adquisición de datos y de la interfase con el PC. Se ha desarrollado también un software altamente didáctico y de fácil manejo que permite desde un PC y bajo un entorno Windows realizar funciones tales como: seleccionar el tipo de motor con el que se desean realizar ensayos, configurar los diferentes modos de control, generar consignas, representar en pantalla diagramas de bloques, las características fundamentales y las señales de mayor interés dentro de cada uno de circuitos utilizados en los distintos modos de control, etc.

¹ Este proyecto ha sido desarrollado por un grupo de profesores, dirigidos por M. Mazo, formado por: J. Urcña, F. J. Rodríguez, J.J. García, J. L. Lázaro, E. Santiso, F. Espinosa, R. García, P. Revenga, J. García, R. Mateos, E. Bueno.

² Desarrollo de Equipos Didácticos de Asistencia en Laboratorio.

2.- ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El sistema desarrollado responde al diagrama de bloques general mostrado en la Figura 1. En ella se puede observar que existen cinco tarjetas: una de interfase, adquisición y control (tarjeta principal), y otras cuatro para excitación de cada uno de los tipos de motores contemplados,

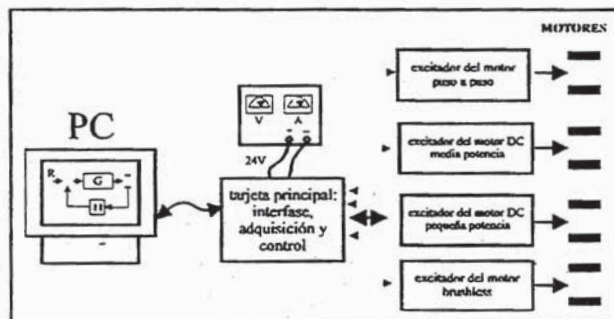


Figura 1.- Diagrama de bloques general del entrenador.

Una característica común a todas las tarjetas, con el fin de facilitar el aprendizaje, es la incorporación de numerosos puntos de test. De esta manera se permite visualizar en un osciloscopio las magnitudes más importantes que aparecen en los puntos más significativos de los circuitos que forman el sistema de control. Algunas de estas señales se pueden visualizar también en la pantalla del ordenador.

Las funciones asignadas a cada una de estas tarjetas se describen a continuación.

2.1.- Tarjeta principal: interfase, adquisición y control.

La tarjeta de control constituye el núcleo central del equipo, encargada de configurar, controlar y supervisar el comportamiento del sistema, de acuerdo con la elección realizada desde el PC. Más detalladamente sus funciones son:

- Recibir del PC, vía puerto paralelo, los comandos de configuración y control referentes al tipo de motor seleccionado por el usuario.
- Enviar al PC información sobre el estado del equipo y la presencia de cualquier anomalía.
- Enviar al PC las muestras, adquiridas en tiempo real, de varias señales procedentes de la tarjeta excitadora en uso. El programa que se ejecuta en el PC se encargará, posteriormente, de presentarlos adecuadamente.
- Generar, a partir de una única fuente de 24 V, las diferentes tensiones de alimentación necesarias para las tarjetas excitadoras de motores.
- Generar las consignas de control manual, por medio de un encoder óptico.
- Proporcionar a cada una de las tarjetas de excitación de motores, las señales que precisan para funcionar adecuadamente: señales de modo de funcionamiento, señal de actuación y, según el tipo de tarjeta, señal de consigna (control en lazo abierto), fases, reloj (paso a paso), etc.

En la Figura 2 se muestra un diagrama de bloques funcional de esta tarjeta y en la Figura 3 el aspecto final de la misma.

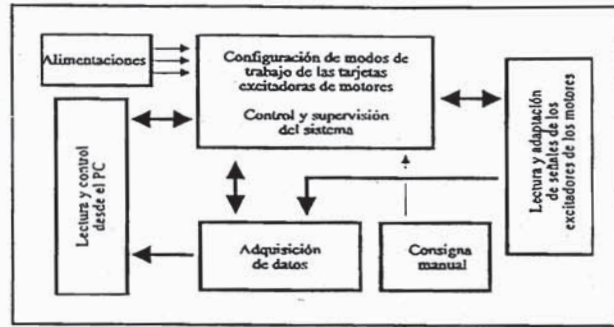


Figura 2.- Diagrama de bloques de la tarjeta principal.

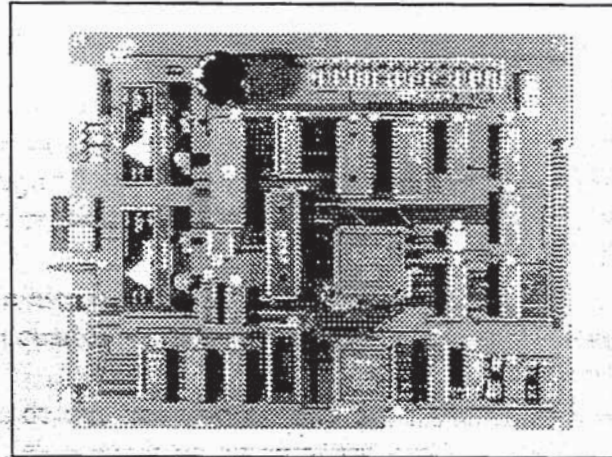


Figura 3.- Aspecto de la tarjeta principal.

La tarjeta incluye un microcontrolador, dos circuitos integrados específicos para control de motores, dos FPGA's [1] que contienen toda la lógica necesaria para la adquisición de datos y la configuración del sistema y la circuitería precisa para convertir los códigos digitales en señales aptas para actuar sobre la tarjeta de interfase conectada.

La tarjeta de control del sistema DEDALO intercambia, bidireccionalmente, datos y comandos con el PC usando el puerto paralelo. Esta vía garantiza una gran velocidad de intercambio de información y además permite usar algunas líneas suplementarias para el control del enlace de datos.

El intercambio de datos se realiza por tramas de hasta 256 bytes de longitud máxima, con comprobación final de chequeo de trama. Se utilizan además tres líneas de control de transferencia unidireccionales: dos de PC a tarjeta de control y una en sentido contrario; la información se transmite byte a byte, hasta completar cada trama, siguiendo un protocolo adecuado en las líneas de control. La transferencia es asíncrona, estando la velocidad de transferencia limitada por el procesador más lento entre ambos (de forma similar a lo establecido en el interfaz IEEE488); esta característica hace que la comunicación siempre se establezca a la velocidad más alta posible, independientemente del PC o del microcontrolador utilizado.

La tarjeta permite la elección del modo de control, del circuito encargado del mismo, del tipo de señal de actuación y del origen de la consigna.

Se puede seleccionar un control en lazo cerrado o lazo abierto.

1) **Control en lazo abierto:** En este modo las consignas son generadas por un potenciómetro digital ubicado en la tarjeta o mediante consignas enviadas desde el PC. En este caso no

es necesaria ninguna actuación adicional por parte de esta tarjeta.

2) **Control en lazo cerrado:** La consigna en este tipo de control procederá del PC. En este caso se puede elegir entre tres alternativas diferentes:

a) *Mediante el controlador LM628* [2]: Es un controlador fabricado por la firma National Semiconductor, que opera en 32 bits, aunque la señal de actuación final es un código de 8 o 12 bits. El algoritmo de control digital es el de un PID que responde a la expresión:

$$u(n) = K_p * e(n) + K_i \sum_{N=0} e(n) + K_d [e(n') - e(n'-1)]$$

donde n es la muestra actual, tomada a intervalos de $2048/f_{\text{clock}}$ y n' es la muestra para el cálculo del término derivativo del PID.

Los parámetros del control digital que pueden modificarse son las constantes del PID y el intervalo de muestreo para el término derivativo, programable desde $2048/f_{\text{clock}}$ hasta $256 * 2048/f_{\text{clock}}$. Se pueden realizar controles de posición o velocidad, con consignas que cubren un rango desde C0000000 a 3FFFFFFF.

b) *Mediante el controlador HCTL1100* [3]: Este controlador, fabricado por HP, opera con menor resolución interna que el LM628, pero ofrece más alternativas a la hora de realizar el control de diferentes tipos de motores. La señal de actuación puede obtenerse como un código digital y al mismo tiempo como una señal PWM con módulo y signo. Además permite generar las fases, a partir de un encoder, para motores brushless y paso a paso. Puede realizar control de velocidad y posición mediante un algoritmo con tres parámetros ajustables, denominados A, B y K en la expresión que sigue.

$$D(z) = \frac{K \left(z - \frac{A}{256} \right)}{4 \left(z + \frac{B}{256} \right)}$$

Ofrece, además, la posibilidad de modificar el período de muestreo. Las consignas se codifican en 8, 16 ó 24 bits, dependiendo del tipo de control que se esté realizando.

c) *Mediante algoritmos de control ejecutados por el microcontrolador.* Para añadir más flexibilidad al sistema, es posible realizar los algoritmos de control sin recurrir a ningún circuito de propósito específico: es el propio microcontrolador el encargado de ejecutarlos.

Uno de ellos, es el de control en micropaso para motores paso-paso. En este caso el microcontrolador se encarga de generar tanto las referencias de tensión como las señales de fase. Los códigos que genera subdividen cada paso completo en 10 posiciones intermedias o micro-pasos. Para obtener una separación más o menos uniforme entre micro-pasos, las corrientes por los devanados, I_A e I_B , han de seguir las secuencias:

$$I_A = \sin\left(\frac{90n}{s}\right) \quad I_B = \cos\left(\frac{90n}{s}\right)$$

siendo "s" el número total de micro-pasos (10 en este caso), y "n" el micro-paso

actual ($1 \leq n \leq 10$).

Elegido el controlador, pueden seleccionarse diferentes señales de actuación, dependiendo de la tarjeta de excitación de motores conectada.

Las señales de actuación disponibles son: tensión analógica (unipolar o bipolar), PWM más señal de signo y PWM sin señal de signo (ciclo de trabajo al 50% motor parado, mayor para un sentido de giro y menor para el otro sentido).

La generación de estas señales se realiza de la siguiente manera:

a) *Actuación mediante señal analógica*: se convierte el código digital proporcionado por cualquiera de los tres controladores, mediante un conversor D/A en configuración bipolar.

b) *Actuación mediante señal PWM sin señal de signo*: convirtiendo el código digital proporcionado por cualquiera de los tres controladores, mediante un contador y un comparador.

c) *Actuación mediante señal PWM más signo*: directamente desde la salida proporcionada por el controlador HCTL1100.

El bloque de "adquisición de datos" es el encargado de transmitir al PC, a través del puerto paralelo, las muestras de señales relativas tanto al control de motores (consigna, señal aplicada, etc), como al estado y evolución de los mismos (velocidad, posición, consumo, errores).

En lo referente a las señales relativas al control, proporciona el valor de la velocidad (o posición) deseada, así como el valor de la tensión o ciclo de trabajo, según sea el caso, de la señal de actuación.

Con respecto al estado real del motor conectado, se adquiere su velocidad (o posición) y en el caso de tratarse de un motor brushless, se muestrea además la corriente que circula por los devanados. Si se trata de motores paso a paso, se suministran las fases de activación.

2.2.- Tarjeta de excitación de motores DC de media potencia

En la Figura 4 se presenta el diagrama de bloques de esta tarjeta y en la Figura 5 el aspecto real de la misma.

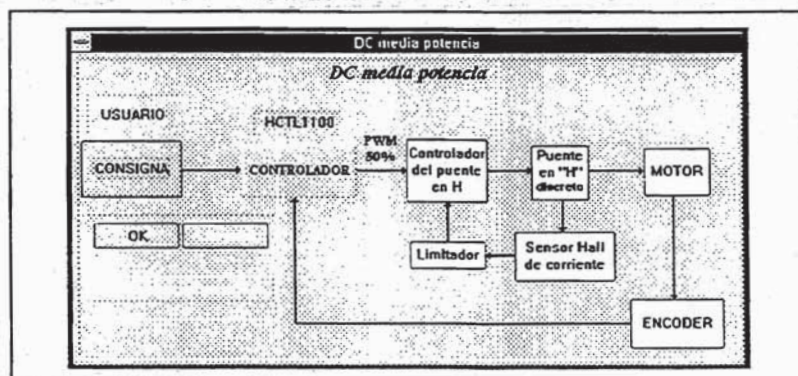


Figura 4.- Diagrama de bloques de la tarjeta de excitación de motores DC de media potencia.

Este módulo permite realizar el control de motores de corriente continua (DC) de 24V y hasta 50A. El circuito excitador está constituido por un puente en H formado por cuatro transistores MOS canal n que permite realizar un control en los cuatro cuadrantes, utilizando, además, una única fuente de alimentación [4][5]. El control del puente se realiza por medio de una señal PWM proveniente de los reguladores de la tarjeta principal.

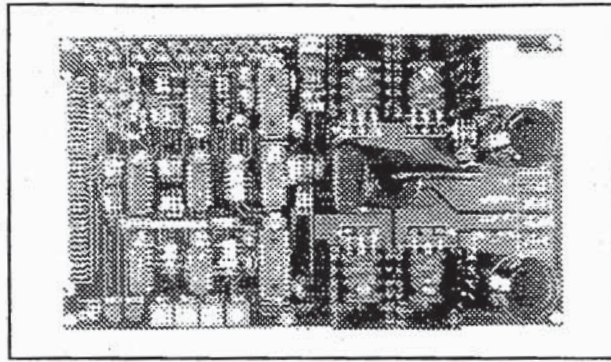


Figura 5.- Aspecto de la tarjeta de excitación de motores DC de media potencia.

La estrategia de conmutación del puente en H es del tipo bipolar, esto es, los transistores del puente en H son llevados a conducción por pares cruzados de acuerdo con la señal PWM. De esta forma cuando el ciclo de trabajo de la señal PWM sea del 50% el motor estará parado. El giro en uno u otro sentido se consigue haciendo que el ciclo de trabajo sea superior o inferior al 50%.

Como características más destacables de este módulo se pueden citar:

- Control del motor en los cuatro cuadrantes con una única fuente de alimentación y transistores MOS de canal n.
- Alimentación del puente después de que han sido establecidas las señales de control.
- Excitación de los transistores MOS a partir de circuitos integrados específicos, que evitan la conducción simultánea de dos transistores del mismo lado del puente.
- Empleo de señales de excitación de frecuencias no audibles.
- Protección contra caídas de alimentación y fallos de algún transistor del puente.
- Monitorización de la corriente por el motor mediante un sensor de corriente por efecto Hall.
- Protección contra sobrecorrientes. Además, la corriente por el motor se puede ajustar manualmente al valor deseado. Si momentáneamente se detecta una sobrecorriente el puente se bloquea y si cesa la sobrecorriente se recupera el funcionamiento normal del motor. Sólo si persiste la situación anormal durante un tiempo preestablecido, la tarjeta principal bloquea el funcionamiento del circuito. Mediante un indicador LED se puede observar la aparición de estas situaciones de fallo.
- Posibilidad de establecer un control en posición o en velocidad del motor, según se elija en la placa principal, a través de una realimentación proveniente de encoders instalados en el eje del motor.

2.3.- Tarjeta de excitación de motores DC de pequeña potencia

Mediante esta tarjeta (Figuras 6 y 7) se pueden realizar ensayos con motores DC de 24V y hasta 2A, aprovechando las consignas enviadas desde la tarjeta principal.

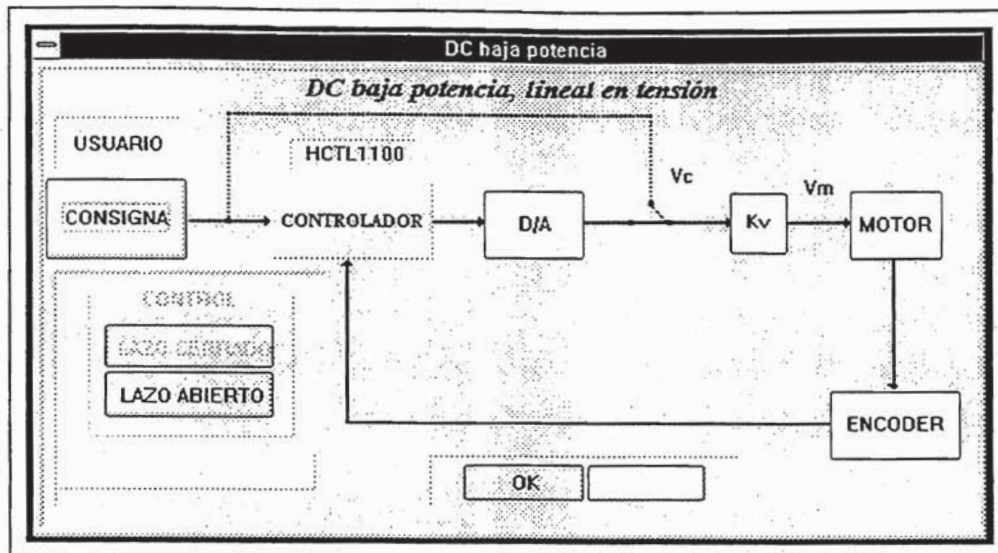


Figura 6.-Diagrama de bloques de la tarjeta de excitación de motores DC de pequeña potencia.

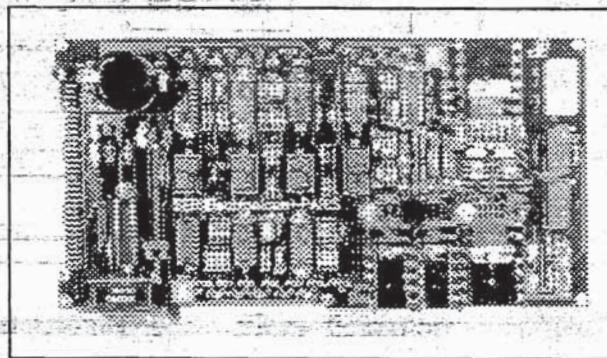


Figura 7.- Aspecto de la tarjeta de excitación de motores DC de pequeña potencia.

Se han implementado tres módulos diferentes de excitación o control de motores:

- Control lineal en corriente o tensión. Se realiza mediante dos amplificadores operacionales de potencia, configurados en modo de puente lineal de tal forma que se pueda realizar un control en los cuatro cuadrantes con una única fuente de alimentación (alimentación de los AAOO unipolar).
- Servocontrol en corriente. Llevado a cabo mediante el circuito integrado L292 [6] que incluye el puente de excitación del motor, así como la etapa de realimentación de corriente previa. También incorpora un convertor tensión-PWM interno, puesto que la señal de control es analógica bipolar (positiva para un sentido de giro y negativa para el otro).
- Control mediante puente de transistores MOSFET de canal N con diversos modos de excitación, a saber:
 - PWM para excitación bipolar del puente. Si el ciclo de trabajo es del 50% el motor está parado, si es inferior al 50% gira en un sentido y si es superior en el contrario.
 - PWM para excitación unipolar del puente más una señal de SIGNO que indica el sentido de giro del motor.

- Excitación con una señal analógica unipolar (se convierte en el mismo circuito a PWM para excitar el puente) más la señal de SIGNO que indicará el sentido de giro.

Todos estos modos de excitación se han implementado en base a dos únicos circuitos integrados.

Independientemente del modo de funcionamiento que se desee utilizar, la tarjeta permite de manera genérica:

- Autoconfigurarse para cada modo de operación, de acuerdo con las señales enviadas al efecto desde la tarjeta principal.
- Emplear las señales de consigna recibidas desde la tarjeta principal, lo que permite, en cualquier caso, un control en posición o velocidad del motor.
- También se puede utilizar un potenciómetro ubicado sobre la misma placa para generar la consigna de excitación (con lo que se pueden realizar pruebas sin necesidad de disponer de la placa principal). En este caso, obviamente, sólo se puede realizar un control en lazo abierto.
- Se ha previsto, así mismo, un conector adicional de forma que se pueda utilizar la tarjeta junto con otro "hardware" específico de usuario, siempre que se respeten los niveles y exigencias de las señales involucradas, según dos posibilidades:
 - Aprovechar las salidas de los reguladores de la placa principal como entrada de excitadores del motor diseñados o montados por el usuario.
 - Usar las señales de consigna (sin pasar por los reguladores de la placa principal) como excitación de un regulador propio del usuario. La salida de este regulador puede llevarse a cualquiera de los excitadores existentes en la tarjeta.

2.4.- Tarjeta de excitación de motores paso-paso

La tarjeta excitadora desarrollada (Figuras 8 y 9) permite controlar motores paso a paso bipolares con dos devanados. Su función básica consiste en transformar las señales procedentes de la tarjeta principal en señales con potencia suficiente para excitar al motor.

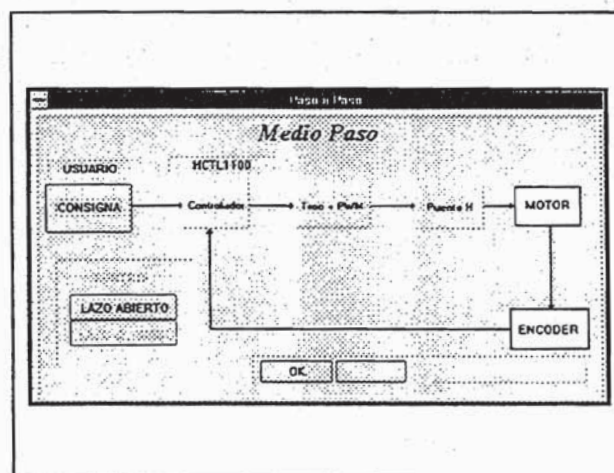


Figura 8.- Diagrama de bloques de la tarjeta de excitación de motores paso-paso

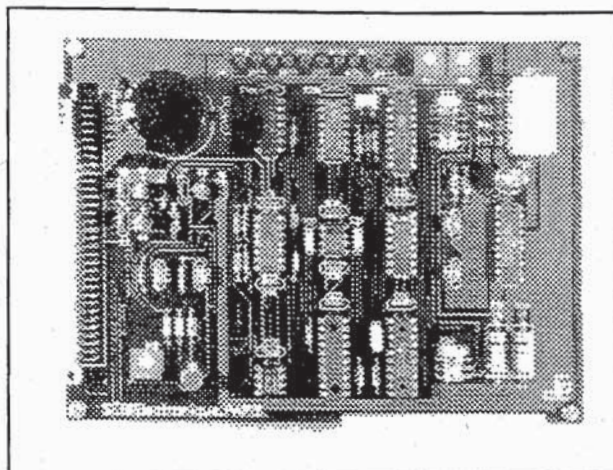


Figura 9.- Aspecto de la tarjeta de excitación de motores paso-paso.

Su arquitectura está basada en dos subsistemas [7][8]:

a) Troceado (chopper) de señales de fase (A, B, C y D), lo que permite regular la corriente por los devanados del motor. La comparación entre las tensiones proporcionales a la corriente por los devanados y una tensión de referencia (dos en el caso de micropaso) fijada por el usuario hace que se habilite el troceado de fases al ritmo impuesto por un oscilador (también ajustable por el usuario).

b) Dos puentes en H, uno para cada devanado, incorporados en el mismo circuito integrado junto a los diodos de libre circulación.

Los modos de funcionamiento admitidos son los propios de un motor paso a paso bipolar:

- Paso completo con dos devanados excitados.
- Paso completo con un devanado excitado.
- Medio paso.
- Micropaso.

La ejecución de los tres primeros modos se puede llevar a cabo mediante dos técnicas diferentes:

a) Recibiendo del microcontrolador de la tarjeta principal tres señales: reloj, sentido de giro y modo de trabajo. A partir de ahí un circuito trasladador se encarga de generar convenientemente las fases A, B, C y D. En la Figura 9 se muestra el diagrama de bloques del motor trabajando en modo paso completo y en base al sistema trasladador que incorpora el CI L297.

b) Recibiendo de la tarjeta principal directamente las señales de fase (A, B, C y D). Señales que, a su vez, pueden generarse en el microcontrolador 80C51 o en el controlador HCTL1100 (para lo cual ha de recibir las señales provenientes del encoder del motor) según elija el usuario.

El interés del modo micropaso radica en la posibilidad de conseguir que la transición del motor entre dos posiciones consecutivas sea más gradual, además de poderse acceder a posiciones intermedias que no podrían conseguirse con los otros modos (paso completo o medio paso). Aunque, en principio, se ha fijado en diez las divisiones de un paso completo, podría reprogramarse el microcontrolador de la tarjeta principal para cualquier otra configuración de micropaso.

De las diferentes soluciones existentes para hacer trabajar al motor en modo micropaso se ha incorporado aquella que varía mediante aproximación senoidal las tensiones de referencia del sistema de troceado de fases. En este caso se necesitan dos tensiones, independientes y

desfasadas 90° , que la tarjeta principal envía codificadas en 6 bits. El tratamiento electrónico posterior se lleva a cabo en esta tarjeta excitadora.

La tarjeta incorpora también un diodo LED que, apagado, indica si el motor trabaja con normalidad, en caso contrario permanece encendido o intermitente (si conduce sólo uno de los devanados).

2.5. Tarjeta de excitación de motores sin escobillas (brushless)

El módulo de excitación de motores brushless [9][10] permite realizar las dos alternativas básicas de control: por tensión (con consigna analógica o PWM) o por corriente. En la Figura 10 se muestra el diagrama de bloques correspondiente al control por corriente y en la Figura 11 la realización práctica de esta tarjeta.

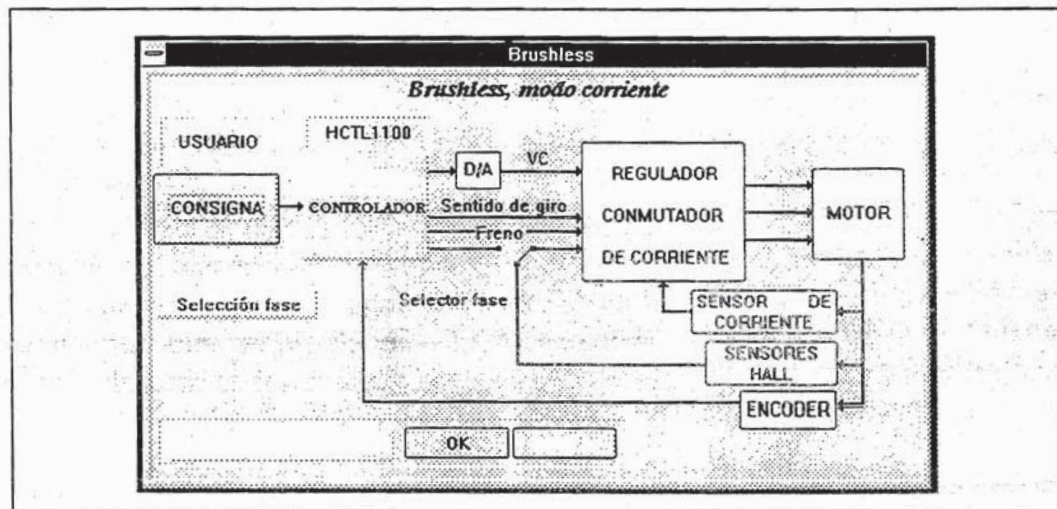


Figura 10.-Diagrama de bloques del control por corriente de motores brushless.

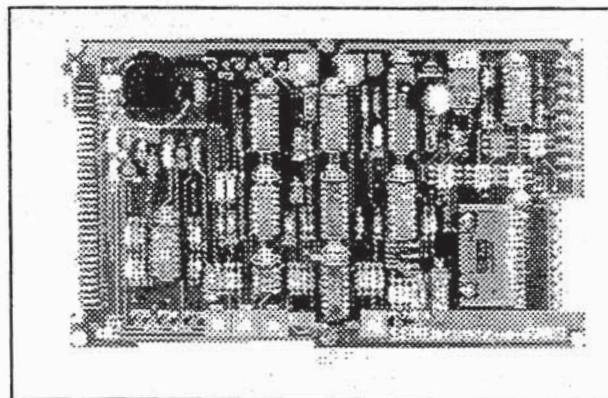


Figura 11.- Aspecto de la tarjeta de excitación de motores brushless.

Obsérvese que en todos los casos las señales que indican la posición del rotor respecto a las bobinas del estátor se pueden obtener a partir de los sensores Hall o del regulador. En este último caso, es el propio regulador el que monitoriza las entradas de los encoders y a partir de ellas genera las secuencias apropiadas.

Se han incluido, así mismo, potenciómetros de ajuste que permiten: fijar la máxima corriente por el motor (que puede llegar a ser de hasta 5 amperios), seleccionar la amplitud de las

señales de consigna y generar la señal de consigna para un control en lazo abierto. El sistema incluye también, entre sus características, limitadores de corriente, protección contra sobretensiones y caídas de tensión, detector e indicador de fallo y entradas de habilitación, freno y selección de sentido de giro.

3.- PROGRAMA DE INTERFASE

El sistema de control de motores descrito anteriormente está acompañado de una interfase software de usuario que permitirá tener un conocimiento exhaustivo del equipo, ofreciendo además una idea general de funcionamiento y posibilidades de trabajo. Mediante esta interfase se pueden configurar las etapas excitadoras de los motores, generar consignas, visualizar señales de test, etc.

El programa ha sido realizado en lenguaje C++, para entorno WINDOWS (versión 3.1 o posterior) [11][12] con lo cual se ofrece un producto atractivo, cómodo de manejar (incluyendo la posibilidad de seleccionar versiones en tres idiomas: español, inglés y francés) y completamente adaptado a las nuevas tendencias (véase Figura 12 donde se detalla el menú principal de presentación).

El modo de trabajo ha sido pensado para que, desde el primer momento, el usuario se vea obligado a crear una "sesión de trabajo". Cada "sesión de trabajo" aglutina un grupo de ficheros, los cuales almacenan la siguiente información: consignas generadas, respuestas obtenidas de los motores, medidas de error, configuraciones de las diferentes tarjetas, etc. Cada vez que se active una "sesión de trabajo", el usuario podrá operar con los datos mencionados anteriormente.

Algunos de los ficheros que forman parte de la "sesión de trabajo", que se suelen manejar a menudo, tal como los de configuración de motores, pueden ser importados entre sesiones, evitando así que deban ser nuevamente generados.

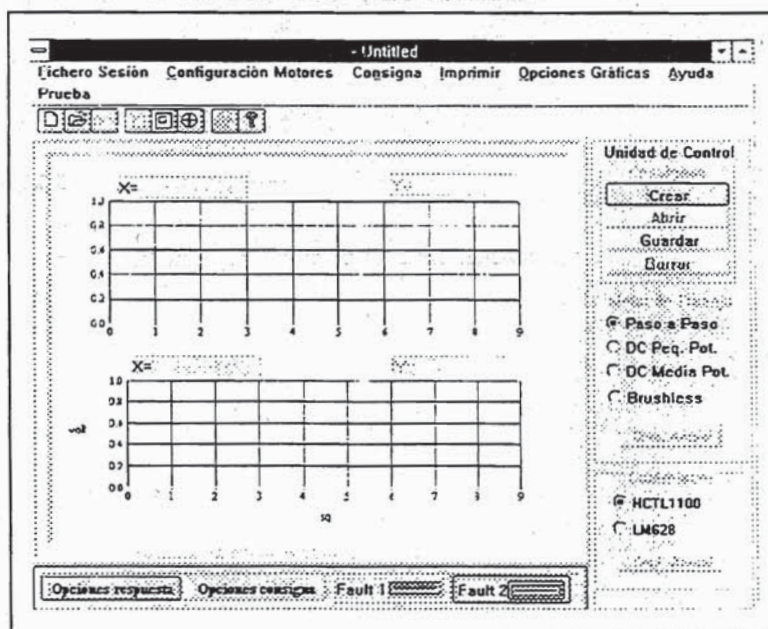


Figura 12.- Pantalla principal del programa de interfase.

3.1.- Configuración de los modos de funcionamiento

Cuando se comienza a trabajar con el programa, es necesario configurar el sistema para

trabajar con el tipo de control deseado. En cualquier momento se puede reconfigurar el sistema, aunque sólo puede trabajar con el motor que esté conectado en ese momento a la tarjeta de excitación y que el sistema detecta automáticamente.

Según el motor elegido se ofrecen diferentes modos de funcionamiento. Para cada modo en la pantalla de configuración aparece un diagrama de bloques con los elementos configurables. Con este diagrama de bloques se persiguen dos objetivos: primero, que el usuario tenga una visión global de cómo es el control seleccionado y, segundo, que se pueda configurar el propio lazo de control, de una manera cómoda y precisa.

En la Figura 13 se puede observar una de estas pantallas. Mediante la configuración se puede, siempre que el modo de trabajo lo permita:

- Elegir el tipo de consigna.
- Seleccionar el regulador o controlador.
- Optar entre control en lazo cerrado o en lazo abierto.

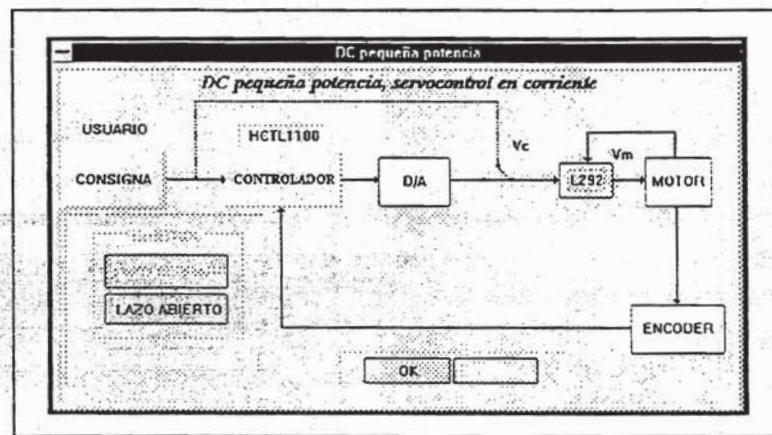


Figura 13.- Ejemplo de pantalla de configuración del programa de interfase.

En la ventana que aparece durante la configuración de los diferentes modos, se muestran también aquellos bloques que no son configurables. No obstante, si se intenta acceder a ellos presenta un diagrama más detallado de la estructura de dicho bloque, proporcionando así al usuario un mayor conocimiento del control y de los principales circuitos integrados que interviene en el mismo, tal como se muestra en la Figura 14.

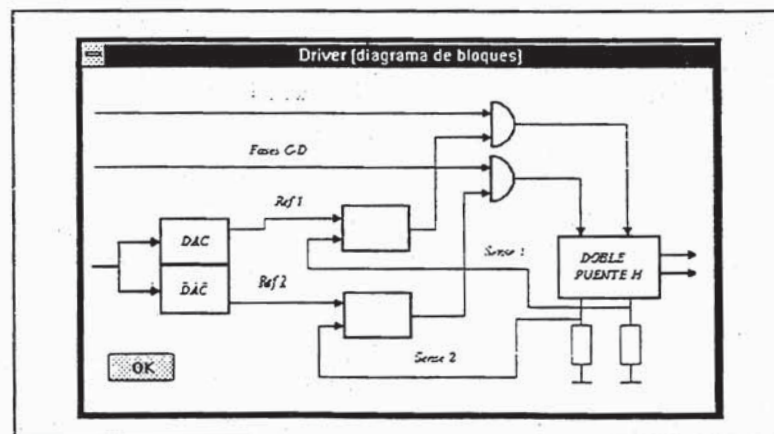


Figura 14.- Ejemplo de pantalla de configuración. Estructura más detallada de un bloque.

3.2.- Generador de consignas

Con este sistema se puede crear una consigna (de posición o de velocidad) y ver la respuesta del sistema ante la misma.

Para las consignas de velocidad, el entorno incorpora un editor gráfico, tal como se muestra en la Figura 15. El funcionamiento del mismo es similar al de un generador de funciones. Se puede trabajar con señales predefinidas (triangulares, cuadradas, senoidales), o bien con señales definidas por el usuario (trapezoidales).

Tras realizar un ensayo con la consigna definida por el usuario, una vez finalizada la adquisición de datos, se representa la respuesta del sistema de control en la pantalla del PC.

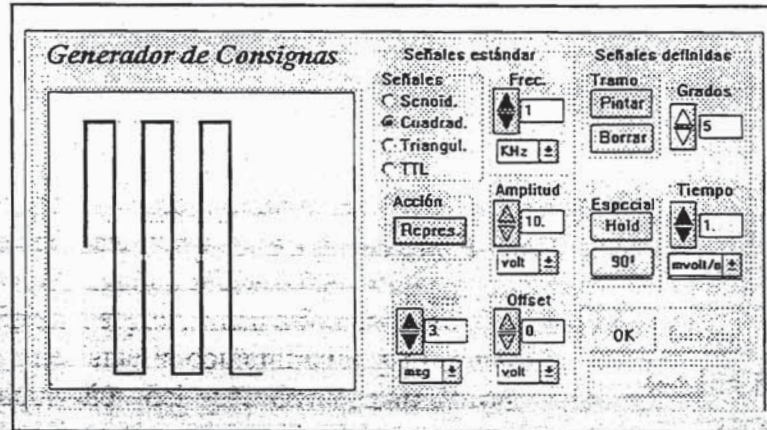


Figura 15.- Pantalla del generador de consignas del programa de interfase.

3.3.- Visualización de señales

Como ya se ha mencionado en la descripción de las tarjetas, existen numerosos puntos de test. Sobre un diagrama de bloques aparecen todos los puntos de test, destacándose los que son directamente visualizables sobre la pantalla del PC. Con sólo seleccionar alguno de ellos, en la siguiente adquisición, se visualizarán en pantalla estas señales, sin necesidad de hacer uso del osciloscopio. En la Figura 16 se muestra un ejemplo de pantalla de puntos de test.

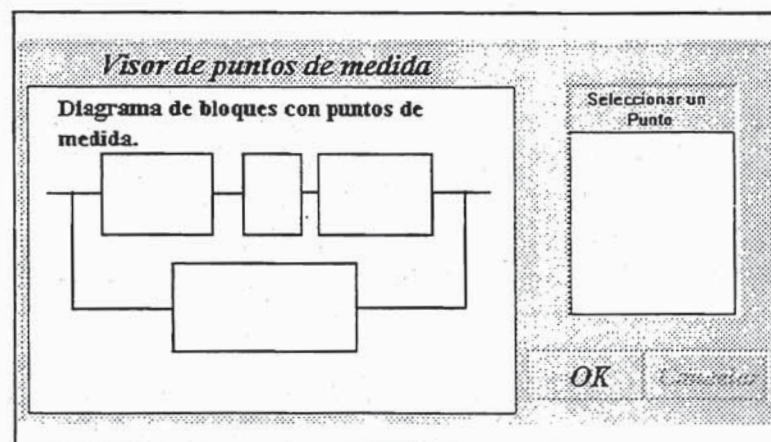


Figura 16.- Ejemplo de pantalla de puntos de test del programa de interfase.

3.4.- Ayuda

Como en cualquier aplicación WINDOWS, se incorpora una opción de ayuda, en la que se incluye una descripción precisa el funcionamiento del sistema, así como los diferentes modos de control soportados por los motores. Además se incluyen aspectos teóricos, que facilitan la interpretación del control que se está realizando.

Se proporciona también un tutorial que permite al usuario introducirse en el manejo del sistema, trabajando exclusivamente con el software sin necesidad de conectar tarjeta alguna al PC. En la Figura 17 se muestra la pantalla de ayuda.

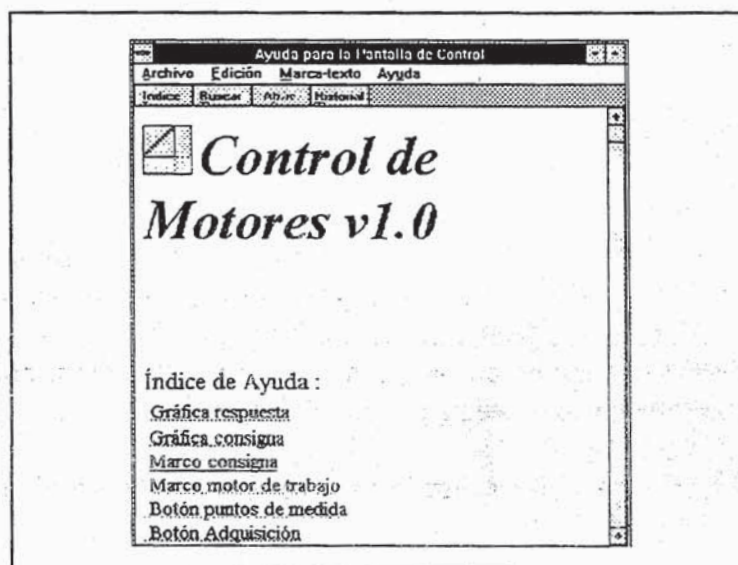


Figura 17.- Pantalla de ayuda del programa de interfase.

3.5.- Otras características relevantes

Además de las prestaciones descritas anteriormente, el sistema posee otras características que aumentan su atractivo:

Analizador de señales. Se pueden analizar todas las señales de una forma sencilla mediante herramientas como zoom y cursores (para realizar medidas absolutas y relativas).

Señales de alarma. Existen señales de detección de fallo que alertan de posibles anomalías en las distintas tarjetas.

Formato de datos compatible con MATLAB/SIMULINK. Se incorpora un formato de salida de datos compatible con estas herramientas de cálculo. Lo que abre una puerta para la realización de trabajos en este entorno.

Impresión de resultados. Todos las señales con las que se trabaja, se pueden registrar en la impresora que esté configurada en WINDOWS.

4.- CONCLUSIONES

El equipo desarrollado dentro del proyecto DEDALO, ha sido concebido para realizar estudios detallados sobre el control de motores paso-paso, DC (pequeña y media potencia)

y sin escobillas (brushless). Con la particularidad de que sobre cada tipo de motor se pueden ensayar diferentes tipos de control. Todo ello dentro de una filosofía de trabajo en la que el usuario puede fácilmente, desde un PC, bajo entorno Windows, seleccionar y configurar los modos de control, así como definir las consignas y visualizar la evolución temporal de las variables más importantes que intervienen en el lazo de control.

En resumen, este equipo electrónico constituye una importante herramienta para la enseñanza del control de motores, en cuyo diseño se han tenido presentes aspectos didácticos, de facilidad de manejo, de variedad de motores y de alternativas de control.

5.- REFERENCIAS

- [1] Xilinx. The Programmable Logic Data Book. 1994.
- [2] National Semiconductor. Special Purpose Linear Devices. 1989.
- [3] Hewlett - Packard. Optoelectronics Designers Catalog. 1993
- [4] Mazo M., Ureña J., Rodríguez F. J., Lázaro J. L., García J. C., Santiso E., Revenga P. Control de motores de CC de media potencia/1. Aplicación al guiado de una unidad móvil. *Revista Española de Electrónica*. Diciembre 1993.
- [5] Mazo M., Rodríguez F. J., Ureña J., Lázaro J. L., García J. C., Santiso E., Revenga P. Control de motores de CC de media potencia. Aplicación al guiado de una unidad móvil/ y 2. *Revista Española de Electrónica*. Enero 1994.
- [6] Harris Semiconductor. Intelligent Power Ics for Commercial, Industrial and Automotive Applications. 1994.
- [7] Sanyo. World's Best Seller Stepping Motor MFD. By SANYO DENKI CO., LTD. 1990.
- [8] SGS-Thomson Microelectronics. Designers Guide to Power Products. Application Manual. 1992.
- [9] Dote Y. And Kinoshita S. Brushless Servomotors Fundamentals and Applications. Oxford Science Publications. 1994. Monographs in Electrical and Electronic Engineering N° 23.
- [10] Miller T.J. E. "Brushless Permanent-magnet and Reluctance Motor Drive". Oxford Science. Publications. 1994. Monographs in Electrical and Electronic Engineering N° 21.
- [11] Microsoft C/C++. Users Manual. 1993
- [12] Kruglinski David J., Progrese con Visual C++. McGraw-Hill. 1993