

TARJETA DE CONTROL DE MOTOR PASO A PASO PARA PRACTICAS DE PLD

José Ignacio Artigas, Alfredo Sanz y Luis Angel Barragán.
Dpto. Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Universidad de Zaragoza.
María de Luna 3, 50015 Zaragoza.
Tlfno. 976761948. fax 976762111, email jiartigas@posta.unizar.es.

RESUMEN

En este trabajo se presenta una tarjeta de bajo coste (menos de 5.000 ptas. con todos los componentes incluidos) que contiene un motor paso a paso, una PLD muy utilizada en la industria, la PAL 22V10, y varios pulsadores e interruptores, además de un sensor hall que detecta la posición del motor. Dicha tarjeta se ha utilizado con éxito en prácticas de electrónica digital donde el alumno puede ensayar distintas estrategias de control del motor, utilizando contadores, máquinas de estado, comparadores, etc. programados sobre la PAL. Se describirá la tarjeta así como algunas de las posibles prácticas propuestas a los alumnos, para ilustrar la versatilidad de un montaje tan sencillo y barato como este.

1. INTRODUCCIÓN

Para la realización de prácticas de PLDs, es interesante disponer de equipos que permitan el trabajo sobre circuitos de cierta complejidad, que sean atractivos para el alumno, y que se puedan realizar en el poco tiempo disponible. El control de motores paso a paso mediante PLDs simples [1], como las PAL, es una aplicación que reúne las condiciones enumeradas arriba. La utilización de motores paso a paso requiere de unos anclajes mecánicos que hacen inviable su montaje sobre entrenadores de prácticas convencionales. Se hace necesario disponer de una tarjeta que incluya al menos el motor y permita la visualización de su movimiento.

En este trabajo se presenta una tarjeta de bajo coste (menos de 5.000 ptas. con todos los componentes incluidos) que contiene un motor paso a paso y la circuitería básica para su control. Para su utilización, sólo es necesario suministrar una alimentación externa (+5V y opcionalmente +12V) y una señal de reloj.

A continuación se describe la tarjeta así como algunas de las posibles prácticas propuestas a los alumnos, para ilustrar la versatilidad de un montaje tan sencillo y barato como este.

2. DESCRIPCION DE LA TARJETA

Vamos a utilizar el motor paso a paso en modo unipolar, con el circuito de excitación de la Fig. 1. Del motor salen 6 cables de colores. Los dos rojos se conectan a la tensión de alimentación, y los otros cuatro corresponden a los cuatro devanados del motor. El giro del motor se consigue saturando los transistores en la secuencia indicada en la Tabla 1. En cada paso, el motor se mueve 7.5°. Cuando se llega al paso 4, se repite la secuencia desde el 1. El sentido de giro se invierte si recorremos la tabla de abajo a arriba.

Paso	T1	T2	T3	T4
1	1	0	1	0
2	1	0	0	1
3	0	1	0	1
4	0	1	1	0
1	1	0	1	0

Tabla 1. Secuencia de funcionamiento.

La tarjeta de circuito impreso tiene montado el motor paso a paso junto con los transistores de excitación de los devanados. En vez de usar transistores discretos, se ha utilizado el ULN2003, un CI que posee 7 transistores Darlington con diodos de protección en los colectores. Se utilizan 4 salidas de la PAL para manejar los transistores.

Para ampliar las posibilidades de control, se ha colocado un imán en el disco del eje del motor, y se ha montado un pequeño circuito con un sensor hall que detecta cuando se acerca el imán (Fig. 2). El sensor hall utilizado (UGN3020) tiene salida en colector abierto. Colocando una resistencia a 5V conseguimos que su salida sea 5V cuando no detecta campo magnético, y

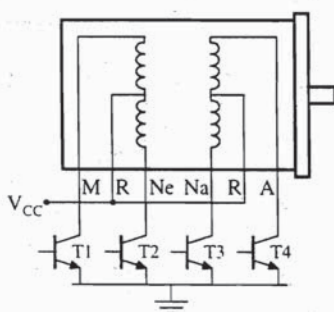


Fig. 1. Conexión del motor.



Fig. 2. Sensor de posición.

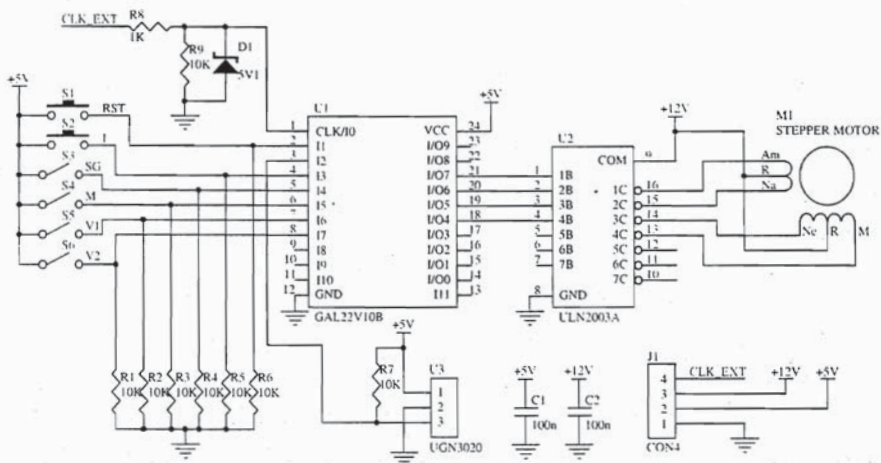


Fig. 3: Esquema de la tarjeta de control del motor.

0V cuando el imán pasa junto al sensor. Esta salida se usa directamente como entrada para la PAL. Además existen varios pulsadores e interruptores, conectados directamente a entradas de la PAL, para controlar el motor de varias formas. Su uso se describe en las prácticas propuestas.

La tarjeta dispone de un conector (J1) para las alimentaciones (+5V para la lógica y +12V para el motor) y para la señal de reloj. Utilizando un generador de laboratorio como reloj, es posible variar su frecuencia para adecuar la velocidad de giro del motor a las necesidades de cada apartado de la práctica.

Las Fig. 3 y Fig. 4 muestran el esquema eléctrico y una fotografía de la tarjeta montada. Su mecanizado resulta muy simple, puesto que el motor está anclado con dos tornillos

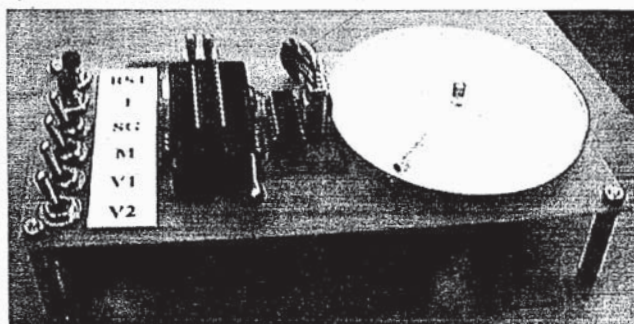


Fig. 4. Tarjeta de control del motor.

directamente a la tarjeta. El disco de metacrilato solidario al eje permite visualizar el giro y además tiene un taladro en la periferia para introducir el imán cilíndrico.

3. PRACTICAS PROPUESTAS

Como ejemplo de la versatilidad de esta tarjeta, se indican algunas posibles prácticas a desarrollar por los alumnos:

3.1 Realización del secuenciador básico.

Diseñar un circuito secuencial síncrono sobre la PAL 22V10 que permita generar la secuencia de control necesaria para hacer girar el motor en ambos sentidos. Además del reloj y el reset, las entradas del circuito son dos: SG (sentido de giro) y M (mantenimiento). Si M=1, el motor no gira. Si M=0 el motor gira en un sentido cuando SG=1, y en sentido contrario cuando SG=0. Las salidas corresponden a los cuatro transistores a controlar: T1, T2, T3 y T4. El listado de la Fig. 5 es una posible codificación, utilizando la sintaxis de máquinas de estados de lenguaje ABEL, del diseño propuesto.

```

module step1
title 'Control de motor paso a paso..P1'
step1 device 'p22v10';
C, X = .C., .X.;

*Entradas
CLK, RST      pin 1, 2;
SG            pin 5;
M            pin 6;

*Salidas
T1, T3       pin 18, 20 istype 'com';
T2, T4       pin 19, 21 istype 'reg';

*Definiciones
ESTADO_MOT = [T2, T4];
PASO1 = [0, 0]; PASO2 = [0, 1];
PASO3 = [1, 1]; PASO4 = [1, 0];

state_diagram ESTADO_MOT
state PASO1: if M then PASO1 else
            if SG then PASO2 else PASO4;
state PASO2: if M then PASO2 else
            if SG then PASO3 else PASO1;

state PASO3: if M then PASO3 else
            if SG then PASO4 else PASO2;
state PASO4: if M then PASO4 else
            if SG then PASO1 else PASO3;

equations
T2.clk = CLK; T4.clk = CLK;
T2.re = RST; T4.re = RST;
T1 = !T2; T3 = !T4;

test_vectors
((CLK, RST, M, SG) -> [T1, T2, T3, T4])
[C, 1, X, X] -> [1, 0, 1, 0]; "Reset->PASO1
[C, 0, 1, 1] -> [1, 0, 1, 0]; "Mantiene
[C, 0, 0, 1] -> [1, 0, 0, 1]; "Gira a dchas
[C, 0, 0, 1] -> [0, 1, 0, 1];
[C, 0, 0, 1] -> [0, 1, 1, 0];
[C, 0, 1, 1] -> [0, 1, 1, 0]; "Mantiene
[C, 0, 0, 0] -> [0, 1, 0, 1]; "Gira a izdas
" Añadir más vectores de test
end;

```

Fig. 5: Listado ABEL del secuenciador básico.

3.2 Añadir una entrada de inicialización al secuenciador básico.

Modificar el diseño anterior para añadir una entrada de inicialización de posición (I), que cuando sea 1 lleve al motor a la posición en que el imán está enfrenteado al sensor hall. Cuando I=0 el motor se comporta como en el apartado anterior. Cuando I=1, el motor debe girar en el sentido indicado por SG hasta la posición en que P=0. En cualquier caso, si M=1 el motor debe mantener su posición.

Este apartado ilustra la necesidad de los biestables RS para detectar pulsos de entrada de muy poca duración, como los procedentes del sensor hall (P). La duración del pulso P=0 que se genera cuando el imán pasa frente al sensor es muy pequeña, probablemente menor que el

ciclo de reloj, debido a que el imán presenta una superficie muy pequeña enfrentada al sensor. El listado de la Fig. 6 muestra una posible realización de este diseño.

```

module step1
title Control de motor paso a paso. P2'
step_device 'p22v10';
C, X = !C., !X.;
*Entradas
CLK, RST      pin 1, 2;
I7            pin 5;
X             pin 6;
P, I         pin 3, 4;
*Salidas para el motor
T1, T3       pin 18, 20  istype 'com';
T2, T4       pin 19, 21  istype 'reg';
*Salidas para el latch RS
LH, LHN      pin 22, 23  istype 'com';
*Definiciones
ESTADO_MOT = [T2, T4];
PASO1 = [0, 0]; PASO2 = [0, 1];
PASO3 = [1, 1]; PASO4 = [1, 0];

state_diagram ESTADO_MOT
state PASO1: if (M = !I & LH) then PASO1;
             else if (SG) then PASO2;
             else PASO4;
state PASO2: if (M = !I & LH) then PASO2;
             else if (SG) then PASO3;
             else PASO1;
state PASO3: if (M = !I & LH) then PASO3;
             else if (SG) then PASO4;
             else PASO2;
state PASO4: if (M = !I & LH) then PASO4;
             else if (SG) then PASO1;
             else PASO3;

equations
T2.clk = CLK;   T4.clk = CLK;
T2.re = RST;   T4.re = RST;
T1 = !T2;     T3 = !T4;
LH = !(I # LHN);
LHN = !(I # LH);
end;

```

Fig. 6: Listado ABEL del secuenciador básico con inicialización de posición.

3.3 Añadir un contador para dividir la velocidad de giro.

Se puede añadir un contador programable de 3 bits para dividir la frecuencia del reloj y así disminuir la velocidad de giro del motor. Con dos entradas adicionales (V1 y V2) se programan cuatro velocidades de giro: Nominal (00), dividida por 2 (01), dividida por 4 (10) y dividida por 8 (11).

3.4 Añadir un programador de vueltas.

El motor debe dar un número de vueltas predefinido a partir de la posición inicial marcada por el sensor hall. Con dos entradas (V1 y V2) fijamos cuantas vueltas queremos que dé el motor.

4. RESULTADOS

La tarjeta se ha utilizado con éxito en prácticas de electrónica digital, en las titulaciones de Ingeniería Industrial e Ingeniería Informática, donde el alumno puede ensayar distintas estrategias de control del motor, utilizando contadores, máquinas de estado, comparadores, etc. programados sobre la PAL.

Se han realizado varias prácticas, tanto en lenguaje ABEL [2], como en VHDL con el entorno WARP2 [3]. En las primeras prácticas se proporciona el archivo de diseño con el esqueleto del código a generar. Contiene la definición de entradas y salidas y los vectores de test para la simulación. Estos vectores de test se pasan al programador de PLD, de forma que nos aseguramos de que la PAL programada funcionará correctamente cuando se coloque en la placa del motor.

Cada grupo, formado por dos alumnos, dispone de un ordenador PC durante toda la práctica. Ahí, el proceso de diseño consiste en editar el archivo para completar el código, compilar el

diseño, simular para comprobar el funcionamiento y generar el archivo de fusibles JEDEC para el programador de PLD. Con ese archivo se graba la PAL mediante un programador de PLD conectado a un ordenador dedicado. Todos los ordenadores están conectados en red, con la facilidad que ello supone para la transferencia de archivos. Con la PAL ya grabada se verifica el funcionamiento en alguno de los puestos disponibles con tarjeta de motor.

Las prácticas se han realizado en un laboratorio de PCs, donde se añadieron 4 puestos adicionales con placa de control de motor, fuente de alimentación, generador de señales para el reloj y osciloscopio.

En la práctica, para turnos de 20 grupos de prácticas, ha sido más que suficiente con disponer de 4 tarjetas de motor, puesto que la mayoría del tiempo se dedica en editar y depurar los diseños en los ordenadores. De esta forma, con una inversión muy reducida se pueden realizar unas prácticas de PLD muy interesantes y vistosas para el alumno.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Advanced Micro Devices (AMD). "PAL® Device Handbook". Applications Section, Stepper Motor Controllers, pp. 2-550 a 2-557. 1988.
- [2] Floyd, T.L., "Fundamentos de Sistemas Digitales"; Prentice-Hall, 1.997.
- [3] Cypress Semiconductor, "WARP2. VHDL Compiler for PLD's and CPLD's", USA, 1.995.