

Maqueta de la **Pista de bolera**

Descripción de la maqueta y
especificaciones de funcionamiento

(Versión 1.1 – 5 de marzo de 2017)

Índice

Introducción	3
Descripción general	4
Especificaciones operativas.....	5
Descripción de los sensores y actuadores	7
Motores	7
Sensores ópticos.....	8
Sensores mecánicos (microinterruptores)	8
Descripción de las zonas	9
Monedero: descripción física.....	¡Error! Marcador no definido.
Monedero: detección de monedas	¡Error! Marcador no definido.
Tarjetero: descripción física.....	¡Error! Marcador no definido.
Tarjetero: descripción de funcionamiento.....	¡Error! Marcador no definido.
Atracción	¡Error! Marcador no definido.
Conexión entre el microprocesador y la maqueta	¡Error! Marcador no definido.
Problemas conocidos y posibles soluciones	14
Iluminación ambiental.....	14
Rebotes sobre en los sensores	14
Velocidad variable en el lector de tarjetas	¡Error! Marcador no definido.
Recomendaciones sobre el desarrollo	15
Sobre el tarjetero	¡Error! Marcador no definido.
Sobre el monedero.....	¡Error! Marcador no definido.
Sobre la atracción.....	¡Error! Marcador no definido.
Roturas en el equipo.....	15
Fechas límite y método evaluación	15
Apéndice I.....	16
Descripción del circuito de los sensores ópticos	16
Descripción del circuito de control de los motores.....	17

Historial de versiones

Versión	Fecha	Autor	Comentarios
1.0	05/06/2015	Yago Torroja y Javier Rama	Versión inicial
1.1	05/04/2017	Yago Torroja	Pequeñas modificaciones

Introducción

La División de Ingeniería Electrónica ha desarrollado una maqueta que simula el sistema que controla una pista de bolera. La maqueta está basada en el sistema de construcción FisherTechnik al que se le han incorporado sensores y actuadores junto con unas tarjetas electrónicas que adaptan las señales para que puedan ser usadas en un entorno digital.

La maqueta consta de varios elementos (un lanzador de bolas, los bolos *sensorizados*, un sistema de retorno de bolas y un marcador de puntuación) que deberán ser controlados de manera que el sistema funcione correctamente, respondiendo a lo descrito en el apartado sobre Especificaciones Operativas.

El objetivo del presente documento es describir el sistema con el suficiente grado de detalle para que los alumnos sean capaces de controlarlo desde un sistema microprocesador de bajo coste (típicamente un microcontrolador de 8 bits), empleando para ello las placas que están disponibles en el laboratorio.

La idea de este modelo es que pueda ser utilizado como plataforma de aprendizaje de sistemas de control, estando inicialmente orientado hacia la experimentación con **sistemas microprocesadores**. La maqueta ha sido diseñada teniendo en mente un modo específico de operación (que se detalla más adelante), lo que no quiere decir que quienes la utilicen no encuentren una forma mejor de hacer funcionar el sistema. Si se encuentran soluciones mejores a las que aquí se plantean (más bonitas, más sencillas, más rápidas...), no se deberá dudar en aplicarlas. Asimismo, cualquier sugerencia que permita mejorar tanto la maqueta de la atracción de feria como este documento, será bienvenida.

Muy importante: Para evitar daños en el equipo o en las personas, leed con detalle las recomendaciones sobre su manejo en este documento.

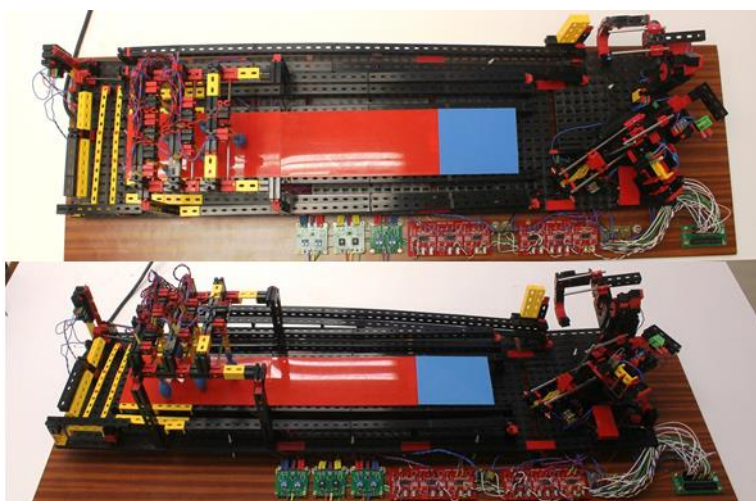


Figura 1: Vista general de la maqueta de la pista de bolera.

Descripción general

La maqueta de pista de bolera dispone de varias zonas diferenciadas:

- **Sistema lanzador:** formado por un engranaje que hace girar el sistema sobre el eje vertical, dos motores que tensan una goma elástica y la liberan (para disparar una bola) y una luz.
- **Elevador de carga:** que permite colocar las bolas en el sistema lanzador desde una zona de espera.
- **Pulsador de disparo:** que hace que el sistema lanzador libere la bola.
- **Bolos:** 6 bolos colgados, cada uno con un sensor óptico que detecta si se produce el impacto.
- **Elevador de retorno:** que eleva las bolas hacia una rampa, con el fin de que vuelvan a la zona del sistema lanzador.
- **Marcador:** que muestra la puntuación obtenida durante el juego.

La maqueta dispone de todos los sensores y actuadores necesarios para conseguir el correcto funcionamiento del sistema. Éste se compone en total de los siguientes elementos:

- Cinco **motores** de corriente continua (M1 a M5).
- Seis **sensores ópticos** (SO1 a SO6).
- Seis sensores de tipo **microinterruptor** mecánico (SW1 a SW6).
- Una **luz** (L1).
- Dos **displays** de 7 segmentos controlados con ocho señales (Da a Dg y DS)

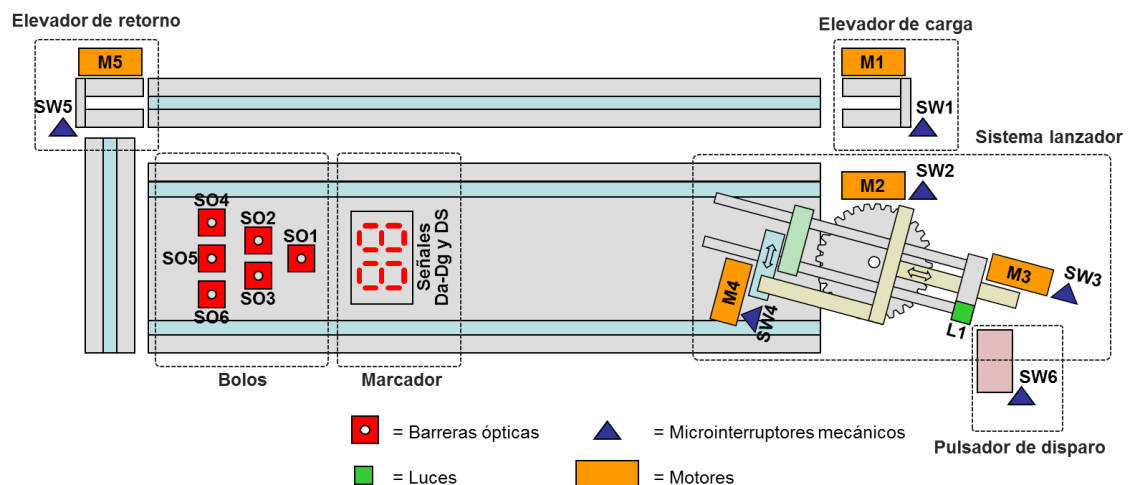


Figura 2: Vista general en planta de la maqueta con las zonas diferenciadas.

Especificaciones operativas

En líneas generales, el sistema debe funcionar como sigue:

- Al comenzar el funcionamiento el **elevador de carga** debe estar en su posición alta y el **elevador de retorno** en su posición baja, donde permanecerán la mayor parte del tiempo. El **marcador** debe mostrar una puntuación de 0.
 - El juego consistirá en lanzar tantas bolas como sea posible en 30 segundos contra los bolos, sumando cada bolo derribado un punto al marcador.
 - Todos los motores tienen finales de carrera para detectar si se ha llegado a alguno de los extremos de su recorrido. El motor M2, adicionalmente, detecta una posición a medio camino.
-
1. El sistema lanzador deberá girar sobre su eje hacia la derecha, hasta su tope. Antes de hacer este giro se debe comprobar que el elevador de carga está en su posición alta, ya que de lo contrario las dos partes podrían colisionar.
 2. El elevador de carga bajará, y por efecto del peso de las bolas, una de ellas quedará cargada en el elevador. Para que esto suceda correctamente en la rampa debe haber siempre como mínimo 4 bolas.
 3. El elevador de carga subirá, dejando cargada la bola sobre el lanzador.
 4. El sistema lanzador girará sobre su eje hacia la izquierda, y deberá estar moviéndose repetidamente entre su límite izquierdo y un límite colocado a mitad de su recorrido.
 5. Simultáneamente a los pasos 1, 2 y 3, el vástago (que avanza longitudinalmente por el sistema lanzador) deberá llevarse a su posición delantera. Se debe comprobar antes que la retención (controlada con el motor M4) se encuentra liberada, o de lo contrario podría ocurrir una colisión.
 6. Cuando el vástago llegue a su parte delantera la retención deberá moverse para enganchar la parte móvil del sistema lanzador.
 7. Después el vástago se llevará hasta su posición trasera, tensando las gomas elásticas del sistema.
 8. Cuando se den las condiciones descritas en 4 y 7, el sistema estará moviéndose repetidamente de un lado a otro, y la bola se encontrará en la parte trasera del sistema lanzador, preparada para ser disparada. Entonces se encenderá la luz L1.
 9. Si mientras la luz L1 está encendida, se acciona el pulsador de disparo, el motor que controla el giro del sistema de lanzamiento (M2) deberá

- detenerse al instante (usando el frenado dinámico), la luz L1 se apagará y la retención deberá ser liberada, lanzándose así la bola.
10. El control de la maqueta deberá detectar cuántos bolos son impactados por la bola. Esto se puede hacer comprobando las señales de los sensores ópticos SO1 a SO6.
 11. Tras esto, el número de bolos derribados hará que se incremente el contador de puntuación en los dispalys de 7 segmentos.
 12. Finalmente la bola que fue lanzada será devuelta con el elevador de retorno. Antes de encender el elevador se esperará un tiempo para asegurar que la bola ha llegado a dicho elevador.
 13. Al acabarse los 30 segundos el juego permitirá un último lanzamiento. Esto se indicará haciendo parpadear la luz L1 (0,1s encendido, 0,1s apagado) cuando la bola esté preparada para ser lanzada, en vez de dejarla encendida fija, como se explica en 8.
 14. Una vez efectuado el último disparo el sistema de lanzamiento quedará detenido, aunque la última bola lanzada también tendrá que retornar como el resto. La puntuación en el marcador parpadeará (0,9s encendida, 0,1s apagada).
 15. Si en este estado se acciona el pulsador de disparo se deberá comenzar un nuevo juego desde el principio, reseteando la puntuación y haciendo cualquier operación adicional que fuese necesaria para empezar el nuevo juego como al inicio.
- Además, el sistema debe evitar que los usuarios de la maqueta o el sistema sean dañados por un **mal funcionamiento**.

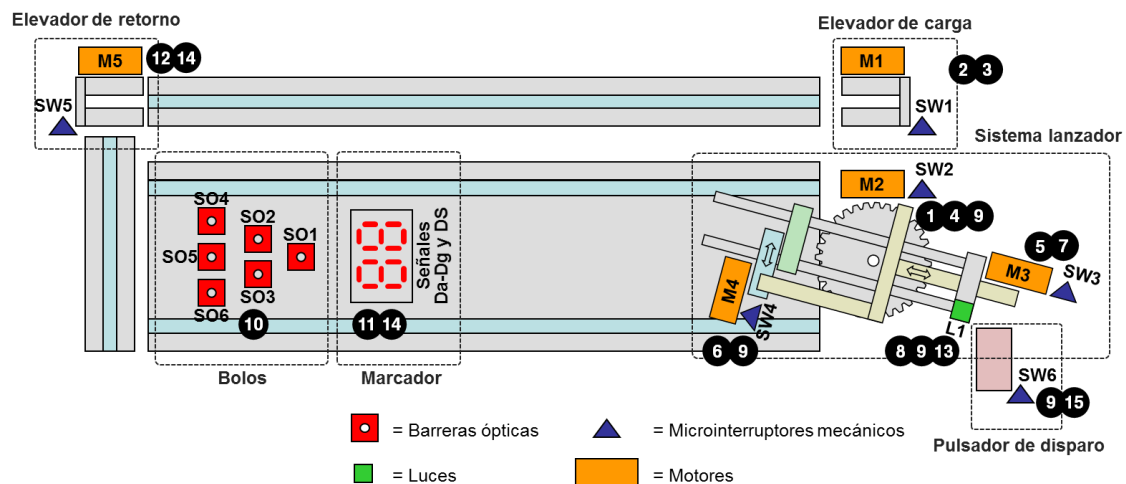


Figura 3: Vista general de la maqueta con sus especificaciones operativas.

Descripción de los sensores y actuadores

Motores

Nombrados con la letra M seguida de un número (ej. M1), todos los motores son de corriente continua, alimentados a 9V. Disponen de tres señales de control que permiten controlar la dirección de giro (DI), la habilitación del motor (EN) y el frenado dinámico (BK). Estas señales son activas a nivel alto, y en caso de no se desee utilizar alguna de ellas, es posible mantenerlas a sus niveles inactivos mediante interruptores. La siguiente tabla resume la funcionalidad de estas señales:

Señal	Descripción	si '1'	si '0'
EN	Habilitación	Motor ON	Motor OFF
DI	Dirección de giro	Giro derecha	Giro izquierda
BK	Frenado dinámico	Activado	Desactivado

Para reducir el número de señales a controlar, se utilizarán sólo las señales de dirección (DI), y habilitación (EN), mientras que la de frenado dinámico (BK) sólo se utilizará en el motor M2.

Por seguridad, los motores disponen de un LED indicativo de sobrecorriente. En funcionamiento normal, dicho LED debería estar apagado, pudiéndose encender de forma momentánea en los arranques (o en las paradas si se utilizara frenado dinámico). Aunque los circuitos controladores de los motores están protegidos contra sobrecorriente, se recomienda verificar el estado de estos LED para asegurarse de que se está operando correctamente.

Nota: En el Apéndice I se puede encontrar el esquema y una breve explicación de los circuitos de control utilizados para los motores, así como de los sensores ópticos.



Figura 4: Detalle de los LEDs de sobrecorriente y los interruptores.

Sensores ópticos

Nombrados con las letras SO seguidas de un número (ej. SO3), todos los sensores ópticos son de tipo *barrera*, es decir, detectan si un objeto corta el haz de luz infrarroja. Los sensores devuelven un nivel lógico '0' cuando el haz no está interrumpido, y un '1' cuando algún objeto interrumpe el haz. Estos sensores disponen de un LED que permite comprobar su estado.

Los circuitos de los sensores ópticos están diseñados de forma que la luz ambiente interfiera lo menos posible, pero algunas condiciones de iluminación podrían producir lecturas erróneas (ver Problemas detectados y posibles soluciones al final del documento).

Nota: En el Apéndice I se puede encontrar el esquema y una breve explicación de los circuitos diseñados para los sensores ópticos.

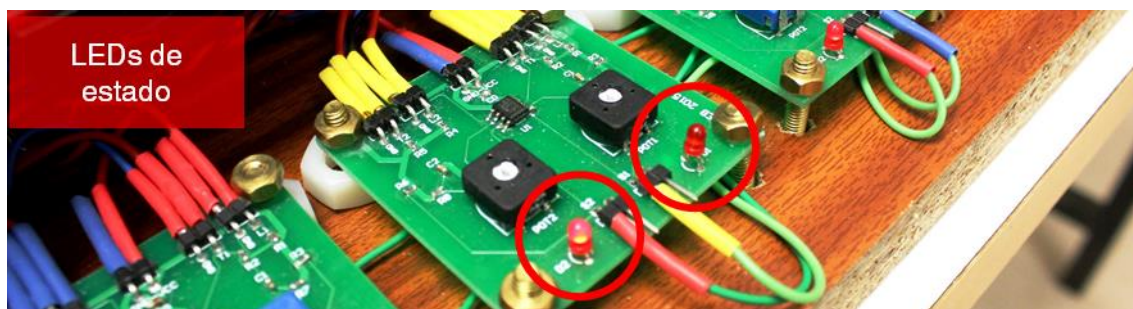


Figura 5: Detalle de los LEDs de estado y sensores de barrera.

Sensores mecánicos (microinterruptores)

Nombrados con las letras SW seguidas de un número (ej. SW1), todos los sensores mecánicos están pensados para que sean activos a nivel bajo, de forma que devuelven un '0' lógico cuando se produce un evento (final de carrera, pulsador) y un '1' lógico en caso contrario. La circuitería de los microinterruptores no incluye ningún mecanismo para evitar rebotes, por lo que es posible que en algunos casos se produzcan lecturas erróneas (ver Problemas detectados y posibles soluciones al final del documento).

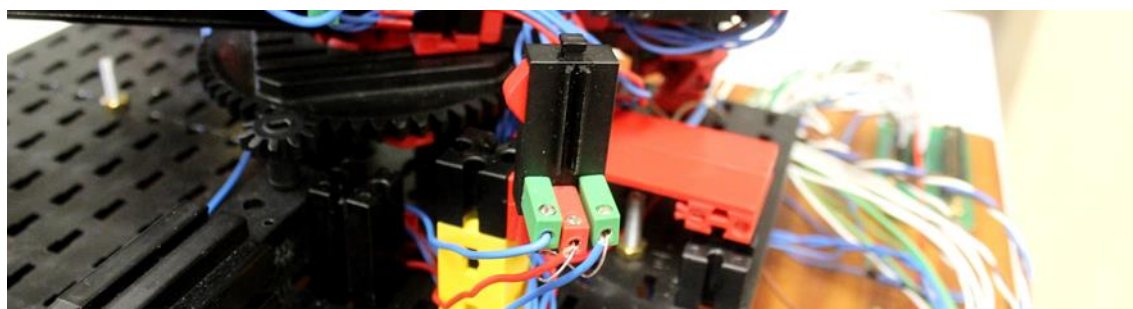


Figura 6: Detalle de un microinterruptor.

Descripción de las zonas

A continuación se detallan los elementos que componen cada zona de la maqueta y la funcionalidad que se espera de ellos.

Sistema lanzador

Está formado por los motores M2 a M4, los microinterruptores SW2 a SW4, y el led L1.

Motor M2: Este motor hace girar sobre el eje vertical todo el sistema. Además de la señales EN (enable) y DI (direction), tiene la señal BK (brake) que permite el frenado instantáneo del motor.

Sensor SW2: Devuelve un '0' si se llega a alguno de los finales de carrera que tiene en los extremos de su recorrido. Adicionalmente devuelve un '0' en un punto intermedio de su trayectoria.

Motor M3: Este motor desplaza longitudinalmente el vástago del sistema. Combinado con la acción de motor M4 se puede mover un carrito móvil que empuja la bola por efecto de unas gomas elásticas.

Sensor SW3: Devuelve un '0' si se llega a alguno de los finales de carrera que tiene en los extremos de su recorrido.

Motor M4: Este motor hace que se desplace una retención, y permite que un carrito móvil esté enganchado o liberado.

Sensor SW4: Devuelve un '0' si se llega a alguno de los finales de carrera que tiene en los extremos de su recorrido.

Led L1: Se encenderá cuando el sistema esté preparado para ser disparado. Cuando llegué el último lanzamiento se mantendrá parpadeando según se indica en las especificaciones operativas. El resto del tiempo estará apagado.

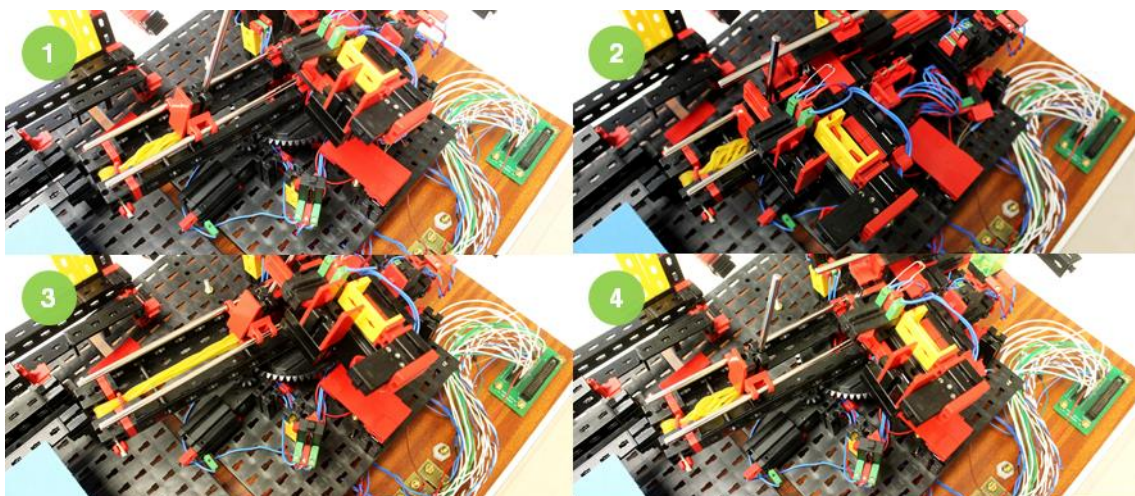


Figura 7: Sistema lanzador. En reposo, enganchado, tensado y liberado.

Elevadores de carga y de retorno, y pulsador de disparo

El elevador de carga está formado por el motor M1 y el sensor SW1; el elevador de retorno por el motor M5 y el sensor SW5; y el pulsador de disparo por el sensor SW6.

Motor M1: Este motor deberá hacer que el elevador de carga permanezca de manera habitual en su posición superior, ya que así servirá de tope mecánico a las bolas que esperan a ser cargadas, y además permitirá el correcto movimiento del sistema lanzador. En su posición inferior el elevador cogerá una bola, mientras deja retenido el sistema lanzador, y al subir de nuevo la bola quedará descargada sobre dicho sistema. Es importante observar esto para evitar colisiones.

Sensor SW1: Devuelve un '0' si se llega a alguno de los finales de carrera que tiene en los extremos de su recorrido.

Motor M5: Este motor deberá situar de manera habitual al elevador de retorno en su posición inferior. Al pasar un tiempo determinando después del lanzamiento de la bola deberá activarse, elevando la bola hasta su parte superior, y después deberá retornar a su posición de reposo inicial.

SW5: Devuelve un '0' si se llega a alguno de los finales de carrera que tiene en los extremos de su recorrido.

SW6: Devuelve un '0' al ser pulsado. Cuando se active deberá procederse según se indica en las especificaciones operativas.

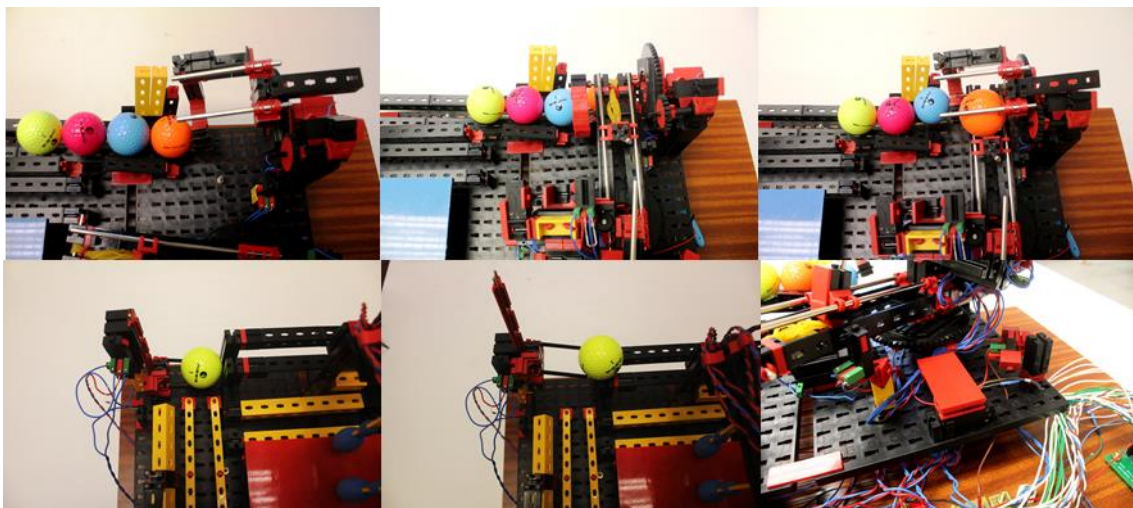


Figura 8: Elevador de carga, elevador de retorno y pulsador de disparo.

Bolos y marcador

Los bolos están formados por los sensores ópticos SO1 a SO6; y el marcador por las señales Da a Dg y la señal DS.

Sensores SO1 a SO6: Sirven para detectar si un bolo ha sido impactado. Normalmente el haz de estos sensores ópticos estará cortado y devolverán un '1'. Al chocar la bola contra un bolo hará que se desplace y por tanto el haz de luz infrarroja se transmitirá, devolviendo un '0'.

Señales Da, Db, Dc, Dd, De, Df y Dg: Controlan cada uno de los segmentos de los displays, según se indica en la figura. Un '0' en cada una de estas señales provoca que se encienda el led correspondiente.

Señal DS: Actúa como selector. Ya que se controla con una sola señal cada una de las entradas a ambos displays, se deberá procederá a la selección de que display está activo en cada momento. Un '0' en esta señal activa un display y un '1' activa el otro. Una posibilidad sería ir haciendo alternar esta señal entre los dos valores a una frecuencia lo suficientemente alta, controlando en cada momento que se emita el valor correcto en cada display.

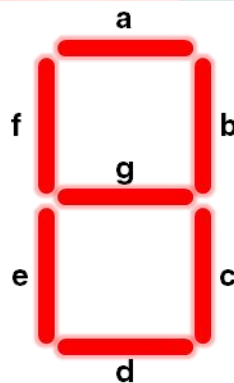
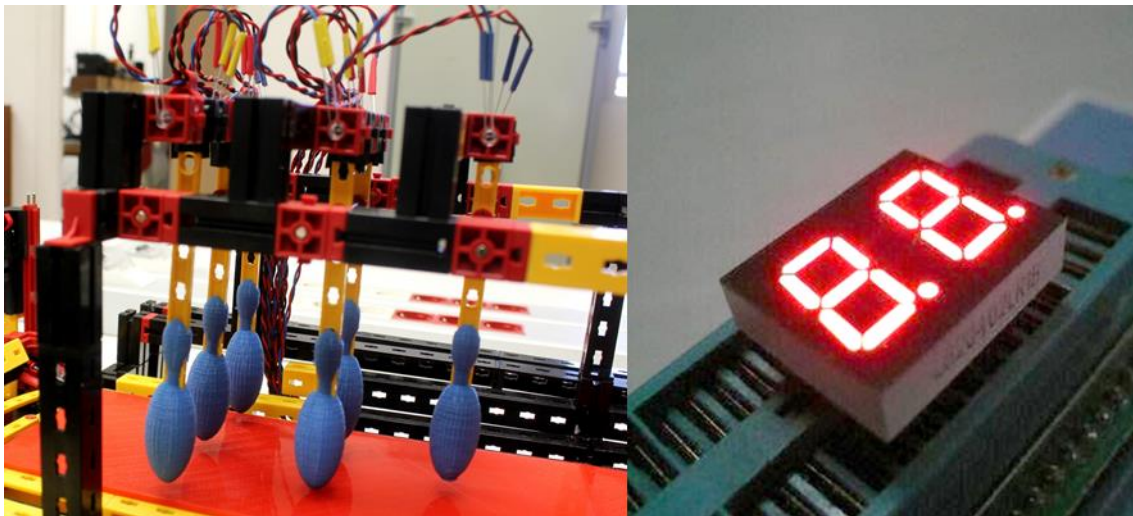
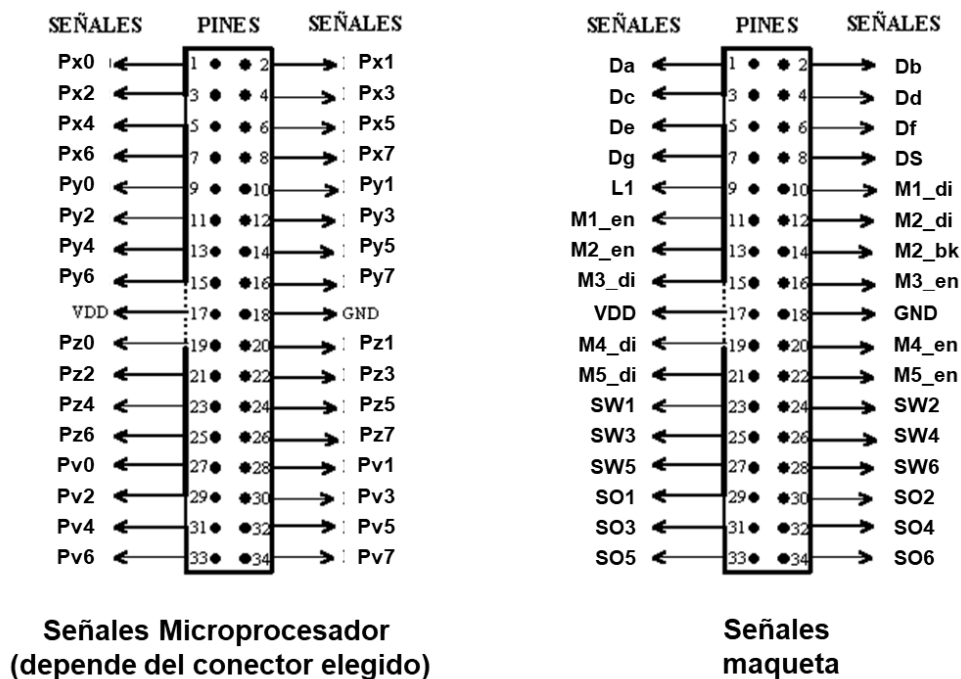


Figura 9: Bolos, displays y señales que controlan cada led.

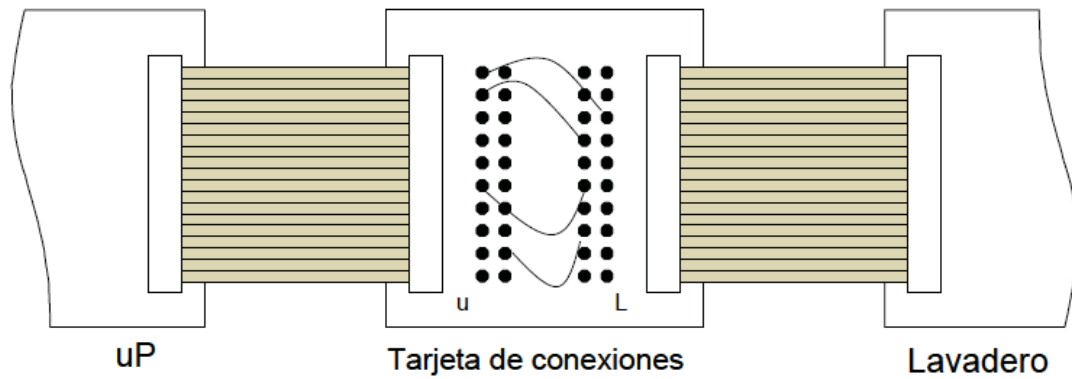
Conexión entre el microprocesador y la maqueta

Todas las entradas/salidas están dispuestas en la parte inferior de las tarjetas de control de los motores y de los sensores. En general, cada señal, tanto si debe controlar un motor, como si es una señal proveniente de un sensor, está disponible en un conector de dos patillas, de los cuales el inferior (el más cercano al usuario), es tierra, y el superior es la señal a tratar. Éstas han sido cableadas a **un único conector de 34 pines** que es la vía de entrada y salida de señales de la maqueta. En esta figura se indica cada señal.

Por su parte el microprocesador puede ser usado con **2 conectores distintos**, detallados en su hoja de datos. Cada uno permite usar unas determinadas características, como PWM, interrupciones PCINT, interrupciones INT, etc. Se deberá escoger cuál es el conector que se desea usar atendiendo a estas características. En cualquier caso la entrada y salida del microprocesador se realiza por un **conector de 34 pines**.



Finalmente para conectar los pines que se deseen del microprocesador con los de la maqueta, cada grupo dispone de una placa de interconexión. Consiste en dos conectores de 34 pines que serán conectados uno a la maqueta y otro al microprocesador. En el centro de la placa se encuentran dos filas de pines que están conectados a sus respectivos conectores. Usando cables se podrán interconectar los pines deseados de la maqueta con los del microprocesador.



Importante: No debe olvidarse la conexión de la señal de tierra (GND) entre la maqueta y el microprocesador, ya que de lo contrario podría haber problemas en la interpretación de los valores lógicos por falta de una referencia común. Sin embargo, y a no ser que se especifique lo contrario, no debe conectarse la señal VDD.

Nota de uso: Puesto que el cambio de las tarjetas de conexión se va a realizar de forma muy habitual, os pedimos que realicéis este cambio con el mayor cuidado posible, para así evitar deterioros y funcionamientos incorrectos.

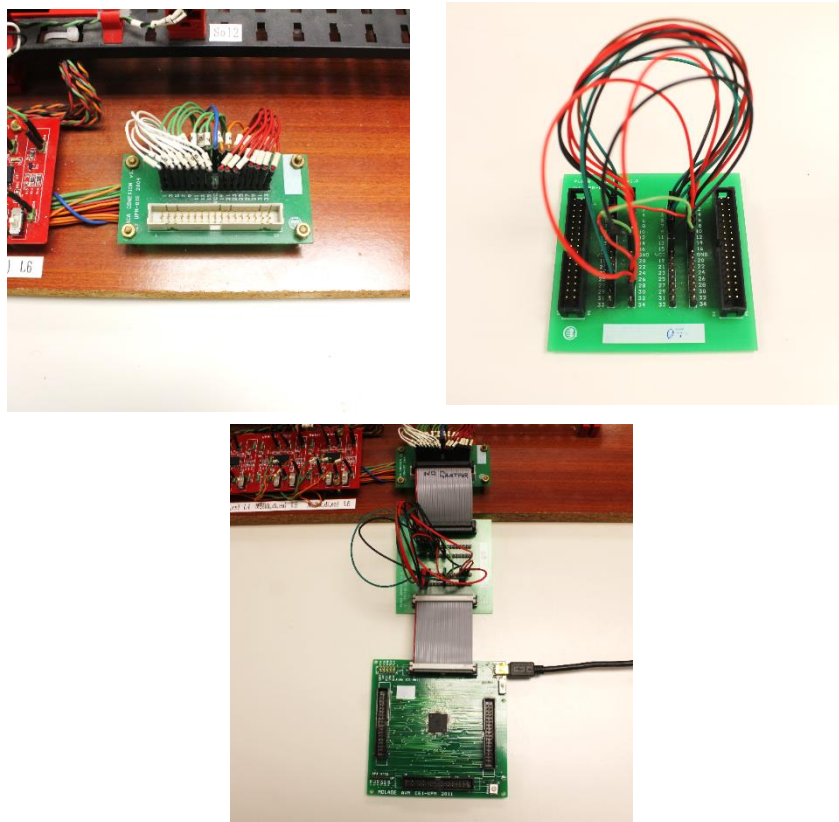


Figura 13: Conector de la maqueta, placa de interconexión y conjunto con un microprocesador.

Problemas conocidos y posibles soluciones

Iluminación ambiental

Aunque el circuito de los sensores ópticos ha sido diseñado para minimizar el efecto de la iluminación ambiental, puede ocurrir que, especialmente cuando la luz solar es intensa, se produzcan lecturas erróneas de los sensores. En general esta condición no es visible en los LEDs de los sensores ópticos, ya que lo que suele ocurrir es que se producen pequeñas activaciones espurias no visibles por el ojo, pero si detectables por el microprocesador. Se recomienda mantener un nivel de iluminación no muy alto para evitar estos problemas, bajando si es las persianas cuando se trabaje con intensa luz solar. No se han detectado problemas debido a la iluminación con fluorescentes del laboratorio

Rebotes sobre en los sensores

Tanto los sensores ópticos como los mecánicos, producen transiciones no limpias al cambiar de estado (ver figura inferior). Estas transiciones no limpias, conocidas como rebotes, pueden hacer que se interprete incorrectamente una señal, creyendo que se han producido varios cambios cuando en realidad sólo se ha dado uno. Esta situación es especialmente notable en los sensores de tipo mecánico.

La duración de los rebotes es muy variable (depende de su origen físico), pero suele oscilar en torno a los 10-50 ms.

En algunos casos, estos rebotes no influyen en el comportamiento del sistema, pero en otros, especialmente si se hace conteo, pueden dar al traste con el algoritmo de control. Para eliminar los rebotes, aparte de soluciones hardware, puede plantearse una solución basada en un doble muestreo de la señal. La idea (ver figura) consiste en que, en cuanto se detecta un cambio, se espera un tiempo suficiente para que la señal se estabilice, y se vuelve a muestrear la señal, siendo esta última lectura la que se considera como válida.

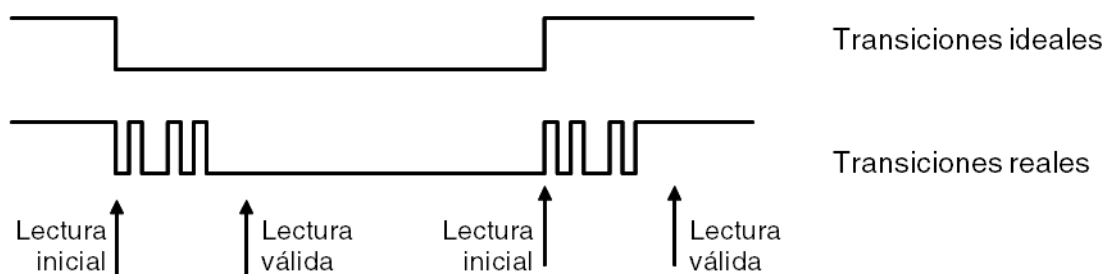


Figura 11: Eliminación de rebotes por doble muestreo de una señal.

Recomendaciones sobre el desarrollo

Es recomendable realizar el sistema por fases, e ir comprobando los diferentes elementos poco a poco, especialmente cuando se empiece a trabajar con interrupciones.

Puesto que los elementos del sistema son relativamente independientes, pueden desarrollarse más o menos autónoma, para después proceder a su integración. En cualquier caso, es necesario coordinarse adecuadamente y establecer unos interfaces claros entre los diferentes elementos.

Roturas en el equipo

La maqueta de la pista de bolera va a ser utilizada por un elevado número de personas. Es posible que, como consecuencia del uso, algún sistema falle o se deteriore. Cualquier problema de funcionamiento debe ser reportado lo antes posible al personal del laboratorio, para así poder subsanarlo cuanto antes y evitar demoras en la realización de los trabajos.

Nota de uso: Puesto que sólo hay una maqueta, os pedimos que seáis especialmente cuidadosos con el equipo, y que reviséis bien las conexiones antes de poner en marcha el sistema.

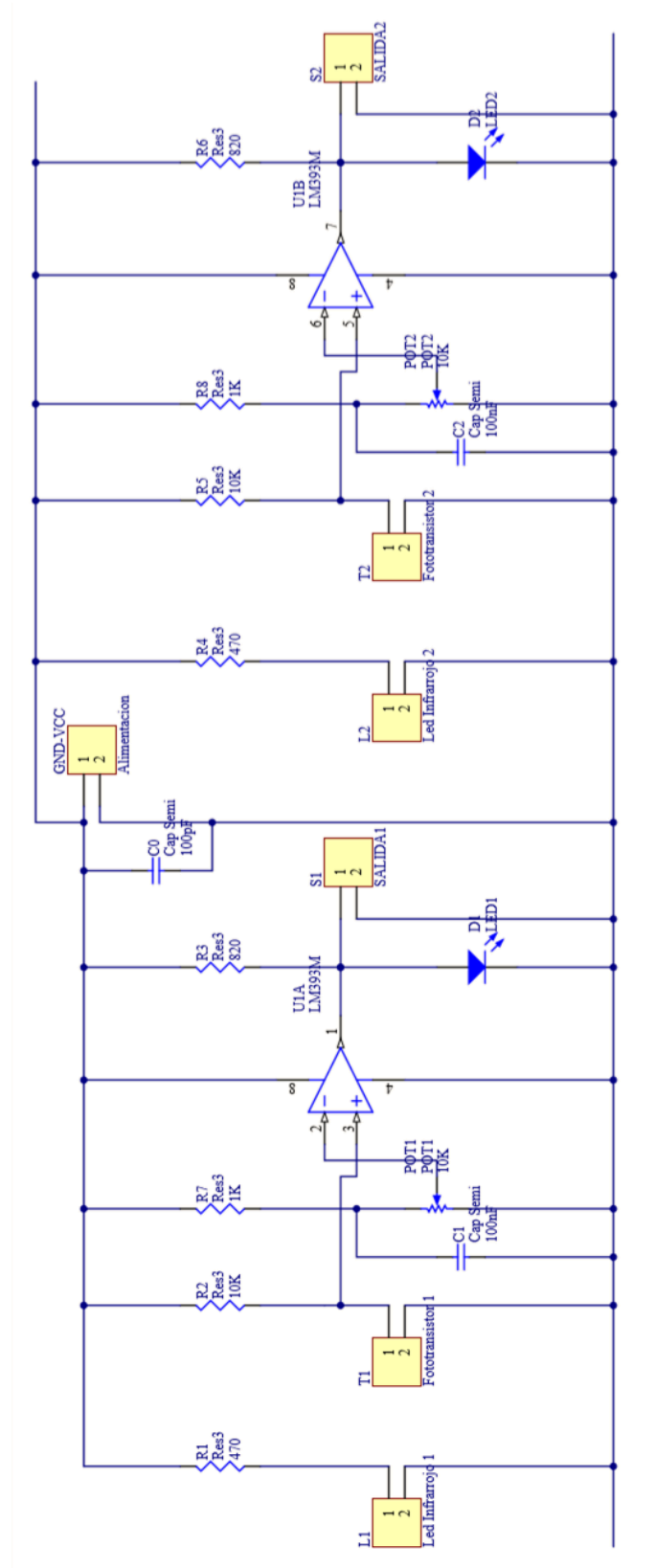
Fechas límite y método evaluación

Las fechas límite para la entrega de los trabajos, así como el método de evaluación, serán publicadas en documento aparte.

Apéndice I

Descripción del circuito de los sensores ópticos

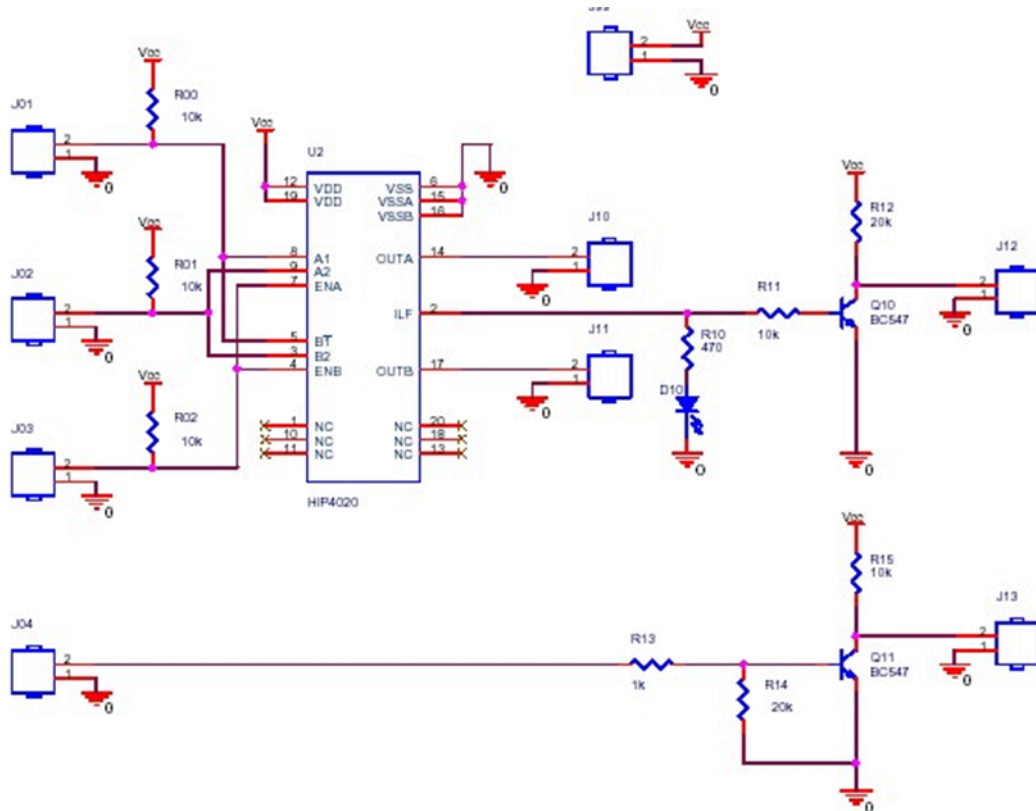
Este esquema muestra el circuito utilizado para las barreras ópticas.



Descripción del circuito de control de los motores

Los motores están controlados mediante unos circuitos estándar (HIP4020, ver hoja de catálogo en la siguiente página). Aunque el circuito tiene diversas configuraciones posibles, el circuito se ha configurado para disponer de señal de habilitación (EN), dirección (DI) y freno (BK). El circuito incluye un detector de sobrecorriente cuya salida (activa a nivel bajo), además de activar un diodo LED, está disponible en la placa (J12 en el esquema). Aunque no está contemplado por el momento, esta señal podría ser utilizada durante el control del sistema.

Junto al circuito de control de cada motor se ha montado un transistor (Q11 en el esquema) para disponer de una señal adicional de potencia (es la que se ha utilizado para activar la luz L1).





HIP4020

Half Amp Full Bridge Power Driver for Small 3V, 5V and 12V DC Motors

June 1997

Features

- Two Independent Controlled Complementary MOS Power Output Half H-Drivers (Full-Bridge) for Nominal 3V to 12V Power Supply Operation
- Split \pm Voltage Power Supply Option for Output Drivers
- Load Switching Capabilities to 0.5A
- Single Supply Range +2.5V to +15V
- Low Standby Current
- CMOS/TTL Compatible Input Logic
- Over-Temperature Shutdown Protection
- Over-Current Limit Protection
- Over-Current Fault Flag Output
- Direction, Braking and PWM Control

Applications

- DC Motor Driver
- Relay and Solenoid Drivers
- Stepper Motor Controller
- Air Core Gauge Instrument Driver
- Speedometer Displays
- Tachometer Displays
- Remote Power Switch
- Battery Operated Switch Circuits
- Logic and Microcontroller Operated Switch

Description

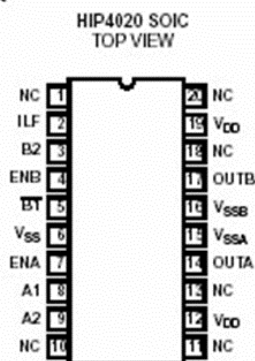
In the Functional Block Diagram of the HIP4020, the four switches and a load are arranged in an H-Configuration so that the drive voltage from terminals OUTA and OUTB can be cross-switched to change the direction of current flow in the load. This is commonly known as 4-quadrant load control. As shown in the Block Diagram, switches Q1 and Q4 are conducting or in an ON state when current flows from V_{DD} through Q1 to the load, and then through Q4 to terminal V_{SSB} ; where load terminal OUTA is at a positive potential with respect to OUTB. Switches Q1 and Q4 are operated synchronously by the control logic. The control logic switches Q3 and Q2 to an open or OFF state when Q1 and Q4 are switched ON. To reverse the current flow in the load, the switch states are reversed where Q1 and Q4 are OFF while Q2 and Q3 are ON. Consequently, current then flows from V_{DD} through Q3, through the load, and through Q2 to terminal V_{SSA} , and load terminal OUTB is then at a positive potential with respect to OUTA.

Terminals ENA and ENB are ENABLE Inputs for the Logic A and B Input Controls. The ILF output is an Over-Current Limit Fault Flag Output and indicates a fault condition for either Output A or B or both. The V_{DD} and V_{SS} are the Power Supply reference terminals for the A and B Control Logic Inputs and ILF Output. While the V_{DD} positive power supply terminal is internally connected to each bridge driver, the V_{SSA} and V_{SSB} Power Supply terminals are separate and independent from V_{SS} and may be more negative than the V_{SS} ground reference terminal. The use of level shifters in the gate drive circuitry to the NMOS (low-side) output stages allows controlled level shifting of the output drive relative to ground.

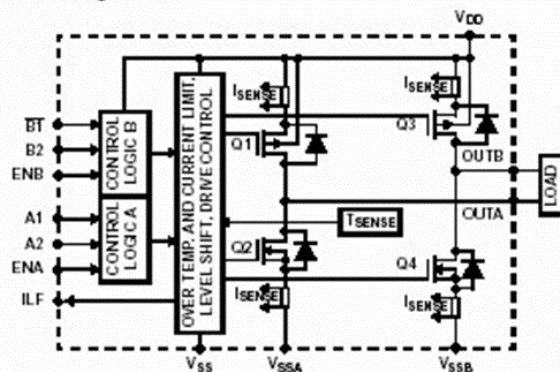
Ordering Information

PART NUMBER	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
HIP4020IB	-40 to 85	20 Ld SOIC	M203

Pinout



Block Diagram



CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge; follow proper IC Handling Procedures.
1-888-INTERSIL or 321-724-7143 | Copyright © Intersil Corporation 1999

File Number 3976.1