

1. Introducción:

Para la creación de nuestro proyecto pensamos en que lo debíamos de hacer era algo que empleara los máximos conceptos aprendidos en estos dos años. Al ver los proyectos de nuestros compañeros de cursos anteriores y ver en qué se basaban decidimos crear nuestro propio robot. Nos interesamos en este mundo y tras ver las distintas modalidades de concurso nos decantamos por un robot capaz de realizar la prueba del rastreador y velocista, y además, que fuera capaz de salir del laberinto. Como estos tipos de robots se dirigen de forma autónoma gracias a unos sensores, estudiamos dichos sensores y la forma de utilizarlos. Estos sensores entregan valores de tipo analógico en el caso del GP2d12 y de tipo digital en el caso del CNY-70 (con la utilización de un 40106 para la modulación), así que tuvimos que aprender cómo hacer que al microcontrolador le llegue una señal digital para que pueda trabajar con ella y esto se consigue utilizando el conversor analógico/digital del micro. Para el control del robot nos decidimos por el PIC16F876 en formato DIP de 28 patillas por su mayor número de entradas/salidas y capacidad de almacenaje de datos respecto al PIC16F84, con el que ya habíamos trabajado. A la hora de diseñar la placa base quisimos desarrollar una que permitiera utilizar todas las posibilidades del micro pero que además estuviera orientada al uso de motores, sensores, LCD, con programador propio, canal de transmisión al ordenador por puerto serie, etc. para evitar hacer otras placas de ampliación a parte. La idea al hacer el diseño de la placa fue de hacerla lo más completa posible pero prescindiendo de aquello que se pudiera evitar, así la placa lleva incorporado un programador para poder cargar y leer los datos del micro a través del puerto serie del ordenador, este programador está basado en el modelo TE20 pero prescindiendo del programador de EEPROM, y de los PIC de 18 y 8 patillas. La incorporación de este programador hace que la escritura/lectura del PIC sea de extrema comodidad, ya que no se precisa de un programador a parte, ni hace falta sacar el micro de su zócalo, simplemente cambiar la posición de unos jumpers.

A medida que íbamos avanzando el proyecto hemos ido aprendiendo el uso de sensores, motores y más acerca de la programación en lenguaje ensamblador, además de repasar los conceptos anteriormente aprendidos acerca de condensadores, resistencias, transistores, diodos, etc.

2. Base Teórica:

En esta parte comentaremos los procesos necesarios y las medidas para el montaje y construcción del robot RED BULL paso a paso.

2.1 Construcción de la estructura:

Para la construcción de la estructura pensamos en un diseño que fuese práctico, ya que para la prueba del laberinto hay que tener cuidado con las dimensiones y con la disposición de las ruedas. Además hay que pensar en un diseño que permita al robot seguir andando aunque se haya chocado. Esto se consigue a la perfección con nuestra estructura, que se basa en tres arcos sin ninguna esquina. Además de un diseño funcional pensamos en hacer algo original, de hecho, después de pensar en las formas redondeadas de la estructura pensamos que debería tener forma de gota de agua. La razón de elegir esta forma es que no existe ninguna forma más aerodinámica que la que adopta una gota de agua en caída libre. Nuestro robot ni tiene ni busca una velocidad sorprendente pero siempre es bonito basarse en la ciencia para hacer las cosas.

Una vez pensada la forma y las dimensiones sólo queda plasmarlo en papel. Con la simple ayuda de un compás, una escuadra y un cartabón realizamos el diseño. Una vez hecho esto, pasamos nuestro diseño al Gerber para la posterior ejecución en la CNC. El archivo creado en Gerber lo pasamos al programa RoutePro que es el encargado realizar el fresado del PVC, material que elegimos por su precio, resistencia, flexibilidad y facilidad de trabajo.

Una vez realizadas las planchas donde se montará el micro robot pasamos a la fijación de los servomotores y la batería. Posteriormente pasamos a la colocación de los sensores CNY70 y la colocación de la protoboard (que será sustituida por la placa base final).

2.2 Diseño y Construcción de la placa base:

El primer paso es hacer el esquema teórico con todos los componentes que vayamos a utilizar con el programa Orcad. El objetivo es realizar una placa base universal, en la que se puedan utilizar todos los puertos del micro (aunque no los vayamos a usar).

2.2.1 Programador PIC16F876 por puerto serie:

La placa tiene integrado un programador para poder programar el PIC sin necesidad de sacarlo del zócalo y sin ningún circuito auxiliar externo.

Componentes utilizados:

- Resistencias:
- 2x10K Ω
- 1K Ω
- 100 Ω
- 1K5 Ω
- Condensadores:
- 2x27uF
- 22uF
- 100uF
- Diodos:
- 4x1N4148
- Zener 5V1 y 8V2
- Transistores:
- 2xBC545

- Conector serie DB9 macho
- Cristal de cuarzo de 4MHz.
- Micro switch.

La programación del PIC se realiza por RB6 y RB7 por una sincronización de datos y flancos de reloj. El PIC, como las memorias, tiene una patilla que predispone el dispositivo para leer o para escribir. Si la patilla 1 (MCLR) está a un potencial comprendido

Proyecto “Red Bull” – Emilio G. Gamero y Guillermo S. del Burgo (2002)

Descargado de: masquebits.es
emimad@yahoo.es

entre 13 y 14 voltios, el PIC está preparado para ser programado con los datos provenientes del ordenador. Si esta patilla está a un potencial inferior a 6V, el dispositivo está preparado para ser leído. Los datos a leer o escribir se introducen / obtienen a través de la patilla 28 (RB7) del PIC y la patilla 27 (RB6) se utiliza como reloj.

Un PIC se lee / escribe accediendo a las diferentes posiciones de memoria por la misma patilla por la que se obtienen / ingresan los datos (RB7). La señal primero elige la posición de memoria a ser leída / escrita, y después de que esa posición esté accesible se escriben / leen los datos. El clock que se coloca en RB6 sirve para indicar en qué momento se debe transferir la información. Los datos pueden estar en RB7 todo el tiempo que se desee ya que no serán leídos ni escritos hasta que se produzca un cambio de estado (de nivel alto a bajo) en RB6.

Dentro del comando existe una primera sección de 6 bits que indican la posición de memoria a ser leída / escrita y después la línea de datos permanece en estado de alta impedancia por un intervalo de tiempo que depende de la operación (durante ese tiempo el clock está apagado). Por último ingresan / se leen los datos.

Las conexiones de fuente y las señales deben ser aplicadas según una secuencia predeterminada que debe respetarse invariablemente.

1. El primer paso es colocar el PIC en el zócalo del programador con señales y fuentes a potencial de masa.
2. Subir la tensión de fuente VDD a un potencial de $5V \pm 0.2V$ por la pata 22 (VDD).
3. Subir la tensión de fuente VPP a un potencial de $13V \pm 0.3V$ por la pata 1 (MCLR negado).
4. Esperar en esas condiciones un tiempo superior a 1 ms.
5. Posicionar el primer dato en la pata 28 (RB7) con un potencial alto (mayor a 4V) o bajo (menor a 1V).
6. Cuando la pata 27 (RB6) pase a un estado bajo, inferior a 1V, el dato se carga en el PIC.
7. Continuar cargando los datos con el mismo criterio a un ritmo tal que esté presente por lo menos durante 100 ns.
8. Cuando todos los datos fueron cargados se debe esperar 1 segundo.

Proyecto “Red Bull” – Emilio G. Gamero y Guillermo S. del Burgo (2002)

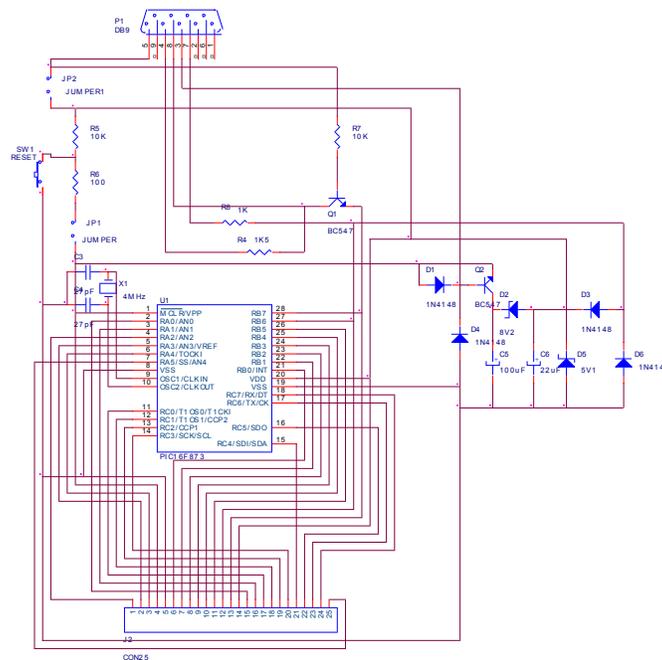
Descargado de: masquebits.es
emimad@yahoo.es

9. Desconectar la fuente de 13V.
10. Desconectar la fuente de 5V.
11. Retirar el micro grabado.

Por encima de todo debe respetarse el criterio de no sacar el PIC de su zócalo con las fuentes conectadas porque podría desprogramarse e incluso dañarse definitivamente. También es muy importante respetar la tensiones de fuente y no demorar la llegada de datos, después de conectar VPP porque podrían cargarse datos falsos por interferencias electromagnéticas.

De todo lo anterior puede deducirse que la entrada RB6 es utilizada como clock y la RB7 es utilizada como entrada de datos en una clásica operación de transferencia de datos serie.

Existe un tiempo entre el momento en que MCLR NEGADO sale de la condición de reset hasta que aparece el primer dato o el primer pulso de reloj. También hay un tiempo mínimo para la permanencia de un dato en la entrada (la representación usada para un dato significa que el mismo puede ser alto o bajo dependiendo del bit que se esté grabando). Lo que no hay es un tiempo máximo pero evidentemente cuanto mayor sea este tiempo, más lenta será la carga del programa. El tiempo más adecuado depende de factores tales como el largo del cable utilizado para conectar el programador al PC. Si el cable es largo los pulsos tienden a deformarse y atenuarse, sobre todo cuando son de corta duración (100ns equivalen a una frecuencia de 10MHz).



2.2.2 Circuito de control de motores por medio de un integrado L293B:

La placa incluye un L293B para el control de los motores. Las salidas RB4 y RB6 van a ser las encargadas de controlar el giro de cada uno de los motores mediante un trigger smith se invierte la señal a cada una de las entradas de control de motor del L293B (IN1 y IN4 negadas y IN2 y IN3 sin negar) y las salidas RC1 y RC2 son las encargadas de la habilitación de cada cada motor que corresponden a las entradas EN1 y EN2 del integrado L293B. En la pagina 7 del ANEXO 2 se adjunta un dibujo explicativo de cómo hemos realizado el esquema del L293B con las salidas del PIC y en la pagina 5 el circuito de protección de motores.

2.2.3 Circuito de conexión al LCD:

La placa incluye la posibilidad de conectar un LCD controlado por el PIC, se conectan desde el PIC las salidas RB0 a RB6 a las entradas de datos al LCD, la habilitación en RA2 a nivel alto, la lectura-escritura del LCD a RA1, el reseteo del LCD a RA0 y la patilla de iluminación está conectada a un circuito con un potenciómetro regulable de 10K conectada a masa y a Vcc. Se adjunta el funcionamiento del LCD en el diskette.

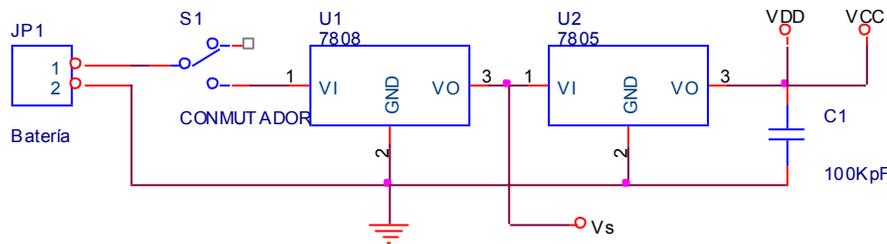
2.2.4 Circuito de alimentación:

Proyecto “Red Bull” – Emilio G. Gamero y Guillermo S. del Burgo (2002)

Descargado de: masquebits.es

emimad@yahoo.es

Para la alimentación del circuito utilizamos una batería de 12 Voltios y 700mA/hora. Los integrados se alimentan a 5 Voltios por lo que utilizamos un regulador 7805 con un disipador adecuado ya que la intensidad que va a circular por él va a ser elevada. Para aumentar la velocidad de los motores, en lugar de alimentarlos a 5 Voltios utilizaremos un regulador 7808 con su correspondiente disipador para su alimentación a 8 Voltios que irá situado eléctricamente antes del 7805. Con un conmutador colocado al positivo de la batería controlaremos el encendido/apagado del robot.



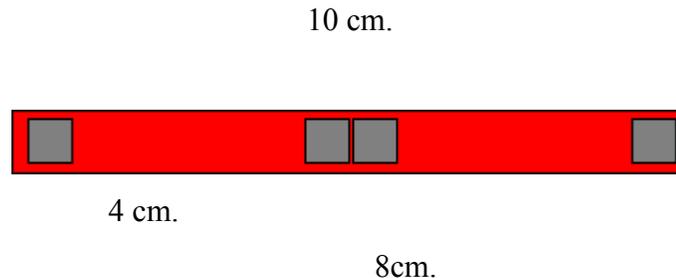
2.2.5 Conexión de los sensores rastreadores CNY-70:

Los sensores CNY-70 van conectados mediante molex de 4 a la placa base, pin1 es masa, pin2 es el transistor y la salida al PIC, pin3 es el diodo y el pin4 es la tensión de 5V. Para la utilización de estos sensores hemos tomado de las características técnicas a temperatura ambiente de la corriente directa del emisor (diodo) y la corriente de colector-emisor a la tensión de 5V del receptor. Por ello teniendo en cuenta el circuito de explicación b de la página 4 del ANEXO5 realizamos el diseño. Los sensores CNY-70 consisten en un emisor (diodo) y un receptor (transistor), cuando la luz que emite el diodo se refleja en el color blanco y lo recibe el transistor, este se satura, en cambio cuando el haz

Proyecto “Red Bull” – Emilio G. Gamero y Guillermo S. del Burgo (2002)

Descargado de: masquebits.es
emimad@yahoo.es

de luz llega al color negro no se refleja y el transistor está en corte. La resistencia RD la calculamos: $RD = 5V / 0,025A = 200\Omega$, teniendo en cuenta el calculo hemos puesto el mas cercano que es 220Ω y $RT = 5V / 0,1mA = 50K$, teniendo en cuenta el calculo hemos utilizado la resistencia de $47K$. La tension de salida variará según esté el transistor saturado o no. Cuando el sensor esté encima del color blanco (color en el que se refleja bien la luz) la tension de salida será prácticamente 5v, en cambio si el sensor está encima del color negro (color en el que no se refleja la luz). La tensión de salida entra en un trigger smith, por ello el sensor en color blanco la salida general va a ser 0V y en negro será 5V. Las salidas de estos sensores van dirigidos a las entradas RB3, RB2, RB1 y RB0. Las características técnicas del trigger smith 40106 están en el ANEXO 6.



2.2.6 Conexión de los sensores de distancia GP2d12

Los sensores GP2d12 van conectados a molex de 3pines, van conectados de la siguiente manera, pin1 es Vcc, pin2 es la salida analogica del sensor y la entrada al PIC. Las entradas que utilizamos del PIC son AN0 (el sensor dirigido a la pared de la izquierda), este sensor está a 12cm del suelo y AN2 (el sensor dirigido a la pared frontal), este sensor está a 15cm del suelo. Por ello la señal no se interferirá entre los sensores. Teniendo en cuenta las consideraciones prácticas de las características técnicas de estos sensores los hemos montado en el robot. El funcionamiento del sensor es el siguiente: emite un haz infrarrojo, se refleja en la pared y finalmente llega al receptor, la salida del sensor cambia en forma analogica. Por ello el PIC realiza una conversión A/D y podemos hacer las pruebas. Las primeras comprobaciones de estos sensores fueron realizar la tabla digital de los valores que resultaban a unas medidas en centímetros determinados. Realizamos la prueba de centímetro en centímetro desde 10cm hasta 20cm y después se amplió de 10cm

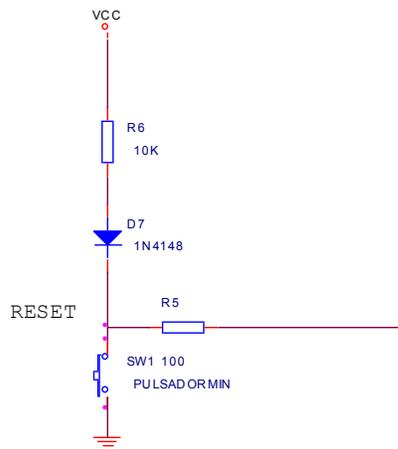
en 10cm hasta 80cm.

En la programación controlamos solo la conversión a digital. En el ANEXO 7 se incluyen las características técnicas del sensor GP2d12.

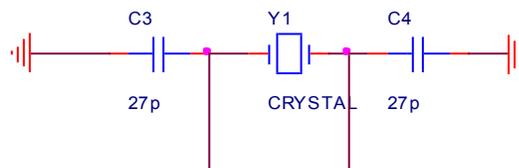
2.2.7 Circuito de reset y oscilador 4 Mhz

El reseteo del PIC se realiza a nivel bajo utilizando una resistencia de 10K y un diodo 1N4148 para que no exista cortocircuito y además el manual del PIC contempla que el diodo y la resistencia de 100Ω sirven para que no existan picos de tensión en la programación. La entrada de reset en el PIC es la patilla MCLR.

Bibliografía: Manual del PIC16F87X, “Microchip”: www.microchip.com



El oscilador del PIC es el que mete los flancos de reloj por las patillas OSC1 y OSC2, y se utilizan los condensadores a masa para estabilizar la frecuencia de estabilización.



Un 40106 es un Trigger Smith para la adaptación de la señal de los sensores con el objeto de que el PIC pueda interpretar la señal correctamente. Utilizamos unos diodos

Proyecto “Red Bull” – Emilio G. Gamero y Guillermo S. del Burgo (2002)

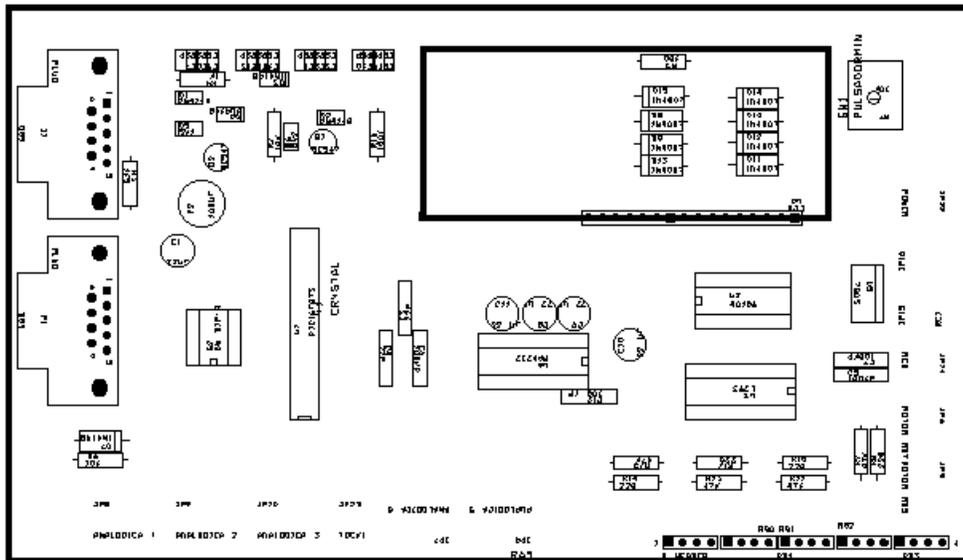
Descargado de: masquebits.es

emimad@yahoo.es

1N4001 para evitar las corrientes contra electromotriz producidas por los motores. El potencial entregado por la batería de 12Voltios es regulado a 5Voltios por medio de un 7805 para la alimentación de todo el circuito y con un 7808 para la alimentación de los motores.

2.2.8. Realización de la placa electrónica:

A la hora de realizar la placa buscamos un diseño que fuera lo más compacto posible y al mismo tiempo con el menor número de pistas y vías posible, además buscábamos que fuera lo más práctica posible (con los conectores en una situación accesible, fácil de conectar, el nombre en cada conector...). el tamaño era un factor importante ya que las dimensiones del robot y la posición de las ruedas nos impedían hacer una placa base con una dimensiones mayores a 18.5 x 11 cm. Tras muchas modificaciones, cambios de posición de los componentes, recolocación de algunas pistas, etc. conseguimos que las medidas finales de la placa fueran 17 x 10 cm. Todo el proceso de diseño fue realizado con el Orcad Layout versión 9.0.



Una vez realizado el diseño definitivo pasamos a la realización de la placa de circuito impreso. El primer paso es crear el fichero de taladrado para hacer los agujeros de los componentes y las vías con la CNC.

Haremos los taladros que requieran mayor diámetro antes de metalizar los agujeros. Una vez taladrada la placa de cobre se pasa a su limpieza para quitar la suciedad, polvo, grasa, etc. para eso utilizamos un estropajo con agua y jabón. Cuando la superficie está perfectamente limpia, pasamos a preparar la placa para el metalizado de los agujeros:

1. Sumergir la placa en el líquido acondicionador durante 4 minutos a una temperatura de 20°C.
2. Sumergir la placa en el líquido catalizador durante 4 minutos a una temperatura de

Proyecto “Red Bull” – Emilio G. Gamero y Guillermo S. del Burgo (2002)

Descargado de: masquebits.es
emimad@yahoo.es

45°C.

3. Sumergir la placa en el líquido eliminador de sales durante 4 minutos a una temperatura de 35°C.

Entre cada paso limpiamos la placa con agua a presión y después procuramos que no quede agua en los agujeros. La placa estará oscilando continuamente en las cubetas. Repetimos estos tres pasos y después pasamos al metalizado de los agujeros.

4. Para metalizar los agujeros calculamos los dm^2 de la placa y realizamos la siguiente operación: $\text{dm}^2 \times 2 \text{ caras} \times 2.5 \text{ Amperios}$. introducimos los datos en la máquina y la temporizamos a 36 minutos.
5. Sacar la placa de la cubeta de metalizado al concluir los 36 minutos, lavar para quitar el ácido sulfúrico y frotar con un estropajo o lija para quitar el granulado con el que sale la placa. Después comprobamos si realmente está metalizada la placa.

Una vez que la placa ya está metalizada pasamos a prepararla para atacar el cobre que no pertenece a las pistas. Para la realización de esta placa utilizamos el procedimiento del film seco:

1. Imprimimos en papel de poliéster la cara superior de pistas sin hacer el mirror y teniendo cuidado de cambiar el color azul de las pistas a negro para que la impresión sea perfecta..
2. Repetimos el paso anterior con la cara inferior pero haciendo el mirror.
3. Cuando ya tenemos el papel poliéster con la impresión de las dos caras pasamos a hacer el fotolito con papel naranja. Para ello cogemos un trozo de papel naranja que sea un poco más grande que el poliéster y situamos la parte brillante en contacto con el lado de la tinta. Lo ponemos en la insoladora durante 20 segundos. Una vez insolado el papel naranja, procedemos a separar las dos láminas de las que está compuesto con cuidado de que no salga ninguna arruga. Hasta este punto hay que tener mucha precaución de que al papel naranja no le dé la luz, ya que es fotosensible y quedaría inutilizado. Ya tenemos hecho el fotolito que nos servirá para marcar las pistas en la placa de cobre.
4. El siguiente paso es cubrir la placa con film seco, para esto utilizamos la laminadora. Antes de introducir la placa para laminarla ésta debe estar caliente para que el film se agarre al cobre. Durante este proceso tendremos cuidado de evitar los ultravioletas ya que el film seco también es fotosensible.
5. Una vez que la placa ya está cubierta con film seco, procedemos a colocar los fotolitos sobre la placa con cuidado de que quede en su posición correcta, coincidiendo todos los agujeros con los pads y que las caras queden en su correcta posición. Fijamos los fotolitos e introducimos el conjunto en la insoladora durante 20 segundos.
6. Esperamos 10 minutos aproximadamente después de insolar fuera de la insoladora, pero

Proyecto “Red Bull” – Emilio G. Gamero y Guillermo S. del Burgo (2002)

Descargado de: masquebits.es
emimad@yahoo.es

sin que lleguen demasiados ultravioletas a la placa. Este espacio de tiempo sirve para que el film que corresponde a las pistas se endurezca. Después metemos la placa en el líquido revelador, quitando previamente el plástico transparente protector. Este líquido estará a unos 35°C y el tiempo que necesitaremos será de unos 10 minutos hasta que el líquido se coma la parte del film que no corresponde a las pistas. En este proceso tendremos especial cuidado de que el líquido no se coma también el film que corresponde a las pistas.

7. Lavamos la placa con mucho cuidado para no despegar el film restante y la placa ya está lista para atacar. El líquido que empleamos es cloruro férrico y estará aproximadamente a 45°C. Para acelerar el proceso moveremos constantemente la placa, con extremo cuidado para evitar salpicaduras ya que este líquido es muy corrosivo y lo que mancha no se puede limpiar. El tiempo empleado en este proceso será de unos 10-15 minutos dependiendo del tamaño de la placa y de las condiciones en que se encuentre el líquido.
8. Lavamos la placa con agua a presión y la introducimos en líquido eliminador de film para quitar el film que queda encima de las pistas. Cuando ya no queda film, lavamos la placa con agua, secamos y procedemos a su estañado si queremos, ya que no es imprescindible. Después de esto, comprobaremos la continuidad de todas las pistas y vías del circuito, reparando si fuera preciso las defectuosas.
9. Cortamos el formato de la placa con la cizaña. La placa está lista para la colocación y soldadura de sus componentes.

2.2.9. Montaje de la placa:

2.2.9.1. El primer paso para el montaje de la placa es conseguir todos los componentes necesarios. Una vez que los tenemos los montamos provisionalmente para comprobar que los footprint coinciden y que el diámetro de los agujeros es mayor que los de las patillas de los componentes. Realizaremos los taladros si corresponde, teniendo en cuenta que perderemos el metalizado de los agujeros.

2.2.9.2. Comenzamos soldando las resistencias, diodos, zócalos... por ser los componentes de menor altura. Así conseguimos que queden rectos y pegados a la placa. Los últimos componentes que soldaremos serán los integrados. Tendremos especial cuidado al soldar diodos, transistores e integrados ya que son sensibles al exceso de calor al aplicarles la punta del soldador para soldar.

Proyecto “Red Bull” – Emilio G. Gamero y Guillermo S. del Burgo (2002)

Descargado de: masquebits.es
emimad@yahoo.es

2.2.9.3. Una vez soldados todos los componentes pasamos a la comprobación de la placa. Sin integrados, comprobamos que llegue alimentación a los lugares correctos y que en cada patilla hay la tensión correcta. Si todos los valores son correctos, estamos preparados para poner a funcionar la placa. Ponemos los integrados y alimentamos la placa. Inmediatamente, con un Polímetro comprobamos todas las tensiones y vemos si son correctas. Si alguna no es correcta quitamos la alimentación y buscamos el posible fallo para no dañar los componentes.

2.2.9.4. Montamos la placa base mediante separadores sobre la estructura, conectamos los sensores a los moles correspondientes y montamos los sensores GP2D12 mediante piezas de Mecano, en un arco sobre la estructura para el sensor que apunta al frente, y en una pequeña estructura situada en la parte delantera del robot el sensor dirigido a la pared de la izquierda. Los sensores CNY70 están colocados en una estructura de PVC en el frontal del robot lo más pegada al suelo posible.