

EMULADOR PARA CORTE DE PAPEL CON SISTEMA LASER

INTEGRANTES:

DANIEL FERNANDO CASTAÑEDA JÁCOME

HECTOR ENRIQUE RAYO LUNA

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA BOGOTÁ

FACULTAD DE INGENIERIA

TECNOLOGIA EN ELECTRÓNICA

BOGOTÁ D.C.

2007

EMULADOR PARA CORTE DE PAPEL CON SISTEMA LASER

INTEGRANTES:

DANIEL FERNANDO CASTAÑEDA JÁCOME

HECTOR ENRIQUE RAYO LUNA

ASESOR DE PROYECTO

INGENIERO GIOVANNY SANCHEZ

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA BOGOTÁ

FACULTAD DE INGENIERIA

TECNOLOGIA EN ELECTRÓNICA

BOGOTÁ D.C.

2007

Nota de aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Firma del asesor metodológico

Bogotá (/ /)

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	6
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO	7
1.5.1 ALCANCES	7
1.5.2 LIMITACIONES	8
2. MARCO DE REFERENCIA	9
2.1 MARCO CONCEPTUAL	9
2.1.1 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL	9
2.1.2 SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO Y CERRADO	9

	Pag
2.1.3 CONTROL DE PROCESOS DISCRETOS	13
2.1.4 TRANSFORMADA Z	15
2.2 MARCO TEÓRICO	15
2.2.1 TEORIA SOBRE EL CONTROL	15
2.2.2 ELEMENTOS DE CONTROL	16
2.2.3 EL MICROCONTROLADOR	17
2.2.4 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	19
2.2.5 TIPOS DE SENSORES	21
2.2.6 ACTUADORES ELECTRICOS O MOTORES	23
2.2.7 LASER	29
2.2.8 MECANISMOS	37
3 LINEA DE INVESTIGACIÓN	45
4 DESARROLLO DEL PROYECTO	46
4.1 DISEÑO ESTRUCTURAL	47
4.2 DISEÑO MODULO DE CORTE	49
4.3 PANEL DE CONTROL	50
4.4 FUNCIONAMIENTO	51
4.5 PROCESO ELECTRÓNICO	54
5. CONCLUSIONES	61
6. RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFIA	64

- Información PIC 16F877A.
- Información TIP 112.
- Información 74C922.
- Planos mecánicos del emulador.
- Código del programa.
- Manual de operación.

TABLA DE FIGURAS

FIGURA	Pag.
Nº 1 MOTOR BIPOLAR	26
Nº 2 MOTOR UNIPOLAR	26
Nº 3 DIAGRAMA ELECTRÓNICO MOTOR PASO A PASO	27
Nº 4 FUNCIONAMIENTO MOTOR PASO A PASO BIPOLAR	28
Nº 5 FUNCIONAMIENTO MOTOR PASO A PASO UNIPOLAR	29
Nº 6 MENU PRINCIPAL	52
Nº 7 ELECCIÓN CUADRADO	52
Nº 8 ELECCIÓN RECTÁNGULO	52
Nº 9 ELECCIÓN TRIÁNGULO	52
Nº 10 LAZO DE CONTROL	54
Nº 11 DIAGRAMA ELECTRÓNICO	56
Nº 12 DIAGRAMA DE FLUJO PRINCIPAL	57
Nº 13 DIAGRAMA DE FLUJO CUADRADO	58
Nº 14 DIAGRAMA DE FLUJO RECTÁNGULO	59
Nº 15 DIAGRAMA DE FLUJO TRIÁNGULO	60

TABLA DE IMÁGENES

IMAGEN	Pag.
Nº 1 ESTATOR DE CUATRO BOBINAS	25
Nº 2 MOTOR PASO A PASO	25
Nº 3 PERFIL MÁQUINA	48
Nº 4 COMPARATIVA FRONTAL	48
Nº 5 COMPARATIVA LATERAL	49
Nº 6 MODULO DE CORTE	49
Nº 7 PANEL DE CONTROL	50

TABLA DE TABLAS

TABLA	Pag.
N° 1 DISTRIBUCIÓN GAMAS PIC	18
N°2 APLICACIONES LÁSER CO2	36

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a Dios por ser el ente inspirador y generador de esta idea que hoy se hace tangible, a nuestras familias por su apoyo incondicional durante nuestro paso por la universidad a ellos les dedicamos este logro.

Con especial afecto agradecemos a los docentes que compartieron su conocimiento con nosotros para hacer mayor el nuestro, en donde es necesario resaltar la labor de Néstor Penagos quien nos brindo un apoyo constante durante nuestro paso por la tecnología y el desarrollo de este proyecto.

No podemos dejar sin nombrar a Ferney que nos brindo gran ayuda para la construcción de la parte mecánica.

Reconocemos el apoyo de todas las personas que de una u otra manera se involucraron con este proyecto, queremos agradecer de una manera un tanto intangible, pero no menos significativa.

INTRODUCCIÓN

En las artes gráficas los sistemas de corte y perforado, son actividades que aún se ejecutan manualmente, por lo que es importante integrar nuevas tecnologías para realizar estas labores, ya que en este sector las artes gráficas se centran todos los esfuerzos y se da mayor importancia a los procesos de impresión, campo en el cual se ha enfocado la mayoría de las investigaciones y diseño de maquinaria para la industria gráfica.

Sin embargo, hay compañías internacionales que se dedican exclusivamente al desarrollo de sistemas de corte como: Polar Möhr, Perfecta, Schneider, Wohlenberg, Guaraní. Estas compañías desarrollan guillotinas que funcionan a partir de una cuchilla metálica que es controlada por un impulso mecánico que cae sobre el material que se va a cortar, por la fuerza que genera el sistema y el paso del filo a través del papel en el que realiza el corte.

No obstante, los sistemas de corte convencionales, han ido desarrollando estrategias que permiten optimizar estas tareas, Implementado sistemas electromecánicos, neumáticos, hidráulicos o electrónicos; buscando hacer más agradable, fácil y limpio el proceso de corte para mejorar la calidad del producto que entrega la máquina. En este sentido, el lograr el desarrollo de un sistema que permita identificar el funcionamiento de corte es un aporte significativo para esta Industria.

1. ANTECEDENTES

A partir de la revolución industrial se han construido un sin número de máquinas que permiten la masificación de la producción. Entre los primeros sistemas que se elaboraron se encuentran los modelos de corte.

Esto se debe, al reconocimiento en la práctica de la importancia de este proceso para la mayoría de las empresas dedicadas a las manufacturas, de allí se comenzaron a desarrollar artefactos tecnológicos que aún conservan su nombre y hoy por hoy son empresas como: Polar Mohr, Schneider, Wohlenberg, Perfecta y Guaraní.

La primera guillotina de papel que ofrecía eficiencia fue desarrollada en 1876 por la Compañía Perfecta, esta máquina realizaba el corte de pequeños volúmenes de papel, que se desplazaban a través de un tren de rodillos que enfrentaban el papel con una cuchilla encargada de cortarlo. El principio del funcionamiento de esta guillotina se mantuvo hasta que después de la segunda guerra mundial en Alemania Occidental. Rudolft Mohr en 1947 desarrolló para la compañía Polar A. Mohr un sistema de corte en el que al contrario del que se estaba manejando, mantenía quieto el papel con lo que se garantizaba que el corte de la materia prima sería por un mismo punto y el volumen de trabajo con este sistema sería mucho mayor.

En 1948 en Alemania Oriental se trabajaba con el sistema denominado como el sistema de Perfecta Compañía que optó por acoplar un motor a la máquina que había desarrollado Polar A.

En 1949 Polar A. desarrolló la primera guillotina con embrague electromagnético. Con este avance de los sistemas motrices a las guillotinas entraron en 1950 las compañías Wohlenberg y Schneider en Alemania Oriental diseñando máquinas electromecánicas. La expansión de estas nuevas compañías en toda Alemania y por consiguiente en Europa, llegó a incursionar también en el mercado Estadounidense y Asiático.

Polar A. continuó con el desarrollo de máquinas de corte convirtiéndose en la compañía pionera en nuevas tecnologías para las guillotinas.

En 1952 construyó la primera guillotina con mando parcialmente electrónico (palpador luminoso), posteriormente en 1954 implemento sistemas de indicación óptica de los mecanismos de medida y de corte. En 1956 se implementó el sistema Eltromat¹ por parte de las principales empresas productoras de guillotinas siendo pionera Polar, que para el año siguiente contó con elevadores fijos.

En la tarea de optimización en los procesos de corte se destaca la aplicación de sistemas hidráulicos y neumáticos en los años de 1963 y 1965 respectivamente. En 1972 se registra la creación de la primera máquina que cuenta con limitación electrónica para el recorrido de la escuadra; corriendo el año de 1977, se uso un ordenador para la operación de la máquina y desde esta fecha los avances de las diferentes compañías se han dedicado a desarrollar este sistema de ordenador, con el que se regula la presión del pisón, el desplazamiento de la escuadra, el embrague, la fuerza y repetición del corte que realiza la cuchilla.

El sistema más innovador, es el que ha propuesto Heidelberg, conocida empresa por la construcción de prensas de gran calidad. El sistema de corte que propone

¹ Eltromat: sistema de mando electromagnético, sistema implementado en las guillotinas Polar. DRUPA 1956.

esta empresa es una estación de corte en donde a través de un módulo ubicado sobre la mesa en donde descansa el papel, se desplaza un rayo láser de baja potencia, realizando el corte del material en cualquier sentido, esto se debe a que un computador establece las coordenadas de posicionamiento, desplazamiento y corte que debe realizar el láser.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo de los sistemas de corte en la industria de las artes graficas ha tenido un avance lento, ya que siempre se ha centrado en mejoras de estos dispositivos se ha limitado a optimizar las cuchillas que son las que se involucran con el material que esta en proceso, la vanguardia de estos sistemas ha planteado el corte del papel con sistemas láser que reemplazan las desgastadas cuchillas. Estas maquinas que funcionan con un láser como sistema de corte son de costos muy elevados debido a los sistemas de control que usan para garantizar la máxima calidad en el producto que entregan ya que estas cizallas se diseñan para grandes industrias que por su envergadura deben garantizar excelente calidad en su producto final.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Como diseñar una herramienta que aporte al desarrollo tecnológico para el corte de papel de diferentes medidas, hasta llegar a un área de corte máximo de 22 x 18cm. utilizando un dispositivo láser, visto desde un emulador?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La tecnificación de los sistemas de corte, cobra importancia si se entiende que es el quinto paso en el proceso de impresión. Teniendo claro que un error en este momento implicaría la repetición total del trabajo, causando pérdida de material, tiempo e insatisfacción al cliente.

Por lo anterior, implementar nuevas tecnologías especializadas en el importante proceso de corte permitirán una significativa evolución dentro de la industria gráfica, generando un sin número de beneficios y ganancias de tiempo, calidad, costos y lo más importante la satisfacción del cliente ya que los problemas que se pueden presentar en el proceso de corte anteriores y posteriores, a la impresión serán mínimos.

Para contextualizar el diseño, funcionamiento, fundamentos teóricos que se consideran para desarrollar mejorar y optimizar los sistemas de corte, que hacen parte de la industria de las artes gráficas en este documento se hace referencia a la evolución que han tenido los sistemas diseñados específicamente para el corte de papel y cartón por parte de las compañías de mayor envergadura en esta área, como son: Perfecta, Polar, Wohlenberg, Shneider y la propuesta que hace la compañía Heidelberg acerca de sistemas de corte.

Para el desarrollo teórico de un sistema de esta envergadura se cuenta con los fundamentos de control, electrónica, mecánica y el principio de aplicación y funcionamiento de un dispositivo láser.

Lo anterior, se realiza con el fin de fundamentar la propuesta en la que se pone en consideración un sistema de corte de papel y cartón con la aplicación de un sistema láser analizado desde un emulador. Este diseño puede ser eficiente ya que puede garantizar un producto final libre de las fibras que desprende el papel en el corte convencional.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una herramienta que aporte al desarrollo tecnológico para el corte de papel de diferentes medidas, hasta llegar a un área de corte máximo de 22 x 18 cm. utilizando un dispositivo láser, visto desde un emulador.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un sistema electrónico que permita el manejo sencillo y mecanizado, que muestre el funcionamiento a escala de una cortadora de papel láser.
- Diseñar un módulo que realice las siluetas de: un cuadrado, rectángulo y triángulo-rectángulo aplicando control discreto a un sistema de lazo abierto, que permita la realización de muchos de los trabajos, que se realizan en las PYMES de la industria gráfica.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

1.5.1 ALCANCES

Al finalizar el proyecto se busca un dispositivo que dibuja las siluetas del cuadrado, rectángulo y triángulo-rectángulo de manera no simultánea, las dimensiones de trabajo del sistema serán: cuadrado de lados máximo 18cm y mínimo 1cm, el rectángulo y el triángulo-rectángulo pueden tener dimensiones máximas de 22cm de altura por 18cm de base y tamaños mínimos de 1cm en cada uno de los lados de estas figuras.

El emulador funcionara por medio de un teclado matricial que permita al usuario una interacción sencilla con la maquina ya que a través de este se genera, el ingreso de la silueta deseada, las dimensiones de dicha figura; la corrección de los datos que se le ingresan a la máquina y la visualización de estos en una pantalla LCD de 16 x 2 todo esto a través de menús que guiaran el funcionamiento durante el de trabajo de la máquina.

El dispositivo contará con un sistema de control de lazo abierto. Finales de carrera controlaran, excesos muy significativos en el desplazamiento de los motores.

Por el diseño del programa y el funcionamiento de los motores paso a paso, en conjunto con el acople mecánico, se garantizara que el sistema va a avanzar la distancia que el usuario ingrese, esto porque el sistema que permitirá el avance

del carro será construido con engranes dentados que trabajaran en relación uno a uno.

1.5.2 LIMITACIONES

El sistema no permitirá la realización de figuras curvas ni que excedan el tamaño de 18 x 22cm. Los trazos diagonales que realiza son exclusivamente correspondientes a la hipotenusa de un triángulo- rectángulo, y estas son hechas de manera escalonada. Esto en consecuencia de la estructura mecánica sobre la cual esta construido el emulador, diseño que se implementa con el aval de los docentes.

Para que los motores generen un torque mayor serán configurados en ola², por este motivo el sistema no podrá trabajar con su velocidad máxima que es de 2ms (tiempo de energizado por bobina). Esto en razón a la inestabilidad generada por el aumento del flujo magnético que hay dentro del motor.

El dispositivo que se diseñó no puede realizar las siluetas de manera no secuencial automáticamente esto debido a que se aplico control discreto para el sistema porque se omitió la construcción de figuras compuestas.

Este aparato no puede realizar el dibujo en cualquier parte de la hoja, porque se estableció una posición de origen para el inicio de cada nueva figura.

² Configuración utilizada en los motores paso a paso para conseguir un mayor torque ya que de esta forma se mantienen energizadas dos bobinas durante un paso, con esto se consigue el aumento del flujo magnético y por ende la fuerza inducida al rotor.

2. MARCO DE REFERENCIAL

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

Un sistema puede ser una estación de generación de energía completa o quizá sólo un motor eléctrico. No importa qué tan complejo sea el conjunto de componentes y sus interacciones dentro del sistema, el aspecto importante en un sistema es la relación entre las entradas y las salidas.

2.1.2 SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO Y CERRADO

Los sistemas de control pueden ser operados también como sistemas de lazo abierto, estos son sencillos y de bajo costo, pero son inexactos puesto que no hay corrección de errores, se puede decir que su modo de funcionamiento es manual.

Un sistema de control lazo cerrado es aquél en el que la salida del sistema se controla para tener un valor específico o cambiarlo, según lo determina la entrada al sistema. Estos son un poco más complejos costosos pero más confiables con una gran capacidad de descompostura debidas a la gran cantidad de componentes, se puede decir que funcionan de manera automática³.

³ Ibídem., pág. 2.

ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA EN LAZO ABIERTO

1. **Elemento de control:** Este elemento determina qué acción se va a realizar a partir de la señal que entra al sistema.
2. **Elemento de corrección:** Este elemento responde a la entrada que viene del elemento de control, inicia la acción para producir el cambio en la variable controlada al valor requerido.
3. **Proceso:** El proceso o planta, es el sistema en el que se va a controlar la variable.

ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA EN LAZO CERRADO

1. **Elemento de comparación:** Este elemento compara el valor requerido o de referencia de la variable por controlar con el valor medido de lo que se obtiene a la salida, y produce una señal de error la cual indica la diferencia del valor obtenido a la salida y el valor requerido
$$\text{Señal de error} = \text{señal del valor de referencia} - \text{señal del valor medido}$$
2. **Elemento de control:** Este elemento decide qué acción tomar cuando se recibe una señal de error. A menudo se utiliza el término controlador para un elemento que incorpora el elemento de control y la unidad de corrección.
3. **Elemento de corrección o actuador:** Este elemento se utiliza para producir un cambio en el proceso al eliminar el error.
4. **Elemento de proceso:** El proceso, o planta, es el sistema donde se va a controlar la variable.

5. **Elemento de medición.** Este elemento produce una señal relacionada con la condición variable controlada, y proporciona la señal de realimentación al elemento de comparación para determinar si hay o no error.

Una característica necesaria de un sistema de control en lazo cerrado es el lazo de realimentación. Este es el medio a través del cual una señal relacionada con la variable real obtenida se realimenta para compararse con la señal de referencia. Se dice que tiene realimentación negativa cuando la señal realimentada se sustrae del valor de referencia, esto es:

Señal de error = valor de referencia – señal de realimentación.

La realimentación negativa es necesaria para que logre el control. La realimentación positiva se presenta cuando la señal de realimentada se adiciona al valor de referencia, esto es:

Señal de error = Valor de referencia + señal de realimentación.

La implementación de este tipo de alternativas da paso a lo que hoy en día se conoce como la automatización, reconocida como un sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas, controlando la secuencia de las operaciones sin intervención humana.

El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semi-independiente del control humano.

En comunicaciones, aviación y astronáutica, dispositivos como los equipos automáticos de conmutación telefónica, los pilotos automáticos y los sistemas automatizados de guía y control se utilizan para efectuar diversas tareas con más rapidez y precisión de lo que podría hacerlo un ser humano.

La fabricación automatizada surgió de la íntima relación entre fuerzas económicas e innovaciones técnicas como la división del trabajo, la transferencia de energía, la mecanización de las fábricas, el desarrollo de las máquinas de transferencia y sistemas de retroalimentación que es un elemento esencial para todos los mecanismos de control automático, como principio que permite al diseñador dotar a una máquina de capacidad de auto corrección.

La mecanización fue la siguiente etapa necesaria para la evolución hacia la automatización. La simplificación del trabajo permitida por la división del trabajo también permitió el diseño y construcción de máquinas que reproducían los movimientos del trabajador.

A medida que evolucionó la tecnología de transferencia de energía, estas máquinas especializadas se motorizaron, aumentando así su eficacia productiva. El desarrollo de la tecnología energética también dio lugar al surgimiento del sistema industrial de producción, ya que todos los trabajadores y máquinas debían estar situados junto a la fuente de energía.

La máquina de transferencia es un dispositivo utilizado para mover la pieza que se está trabajando desde una máquina herramienta especializada hasta otra, colocándola de forma adecuada para la siguiente operación de maquinado. Los robots industriales, diseñados en un principio para realizar tareas sencillas en entornos peligrosos para los trabajadores, son hoy extremadamente hábiles y se

utilizan para trasladar, manipular y situar piezas ligeras y pesadas, realizando así todas las funciones de una máquina de transferencia. En realidad, se trata de varias máquinas separadas que están integradas en lo que a simple vista podría considerarse una sola.

La automatización así como la mayoría de los avances tecnológicos ha causado algunos inconvenientes en este caso desde el punto de vista laboral como reducción de personal en las empresas, las cuales siempre buscan la minimización de costos y buena productividad creando desempleo pero a su vez obliga a que las personas que trabajaban en dichas compañías se capaciten más y así poder afrontar estos cambios que día tras día avanza con pasos agigantados.

2.1.3 CONTROL DE PROCESOS DISCRETOS

Un proceso discreto involucra distintas operaciones, cada una de las cuales tienen una condición definida para iniciarse. El control es, entonces, una secuencia de operaciones. Así se podría ejercer el control de modo que inicie la operación 1 y la operación 2 no pueda iniciar hasta que se complete la operación 1, la operación 3 no puede iniciar hasta que se complete la operación 2, etcétera. Esta secuencia está manejada por eventos. De forma alternativa se pueden tener operaciones en secuencia en tiempos preestablecidos, por ejemplo la operación 2 inicia 30 segundos después de la operación 1; esta secuencia está manejada por tiempo.

Con el control de procesos discretos, las operaciones se realizan en secuencia de acuerdo con un programa establecido. Una sola operación podría ser un proceso de control en lazo cerrado o uno en lazo abierto controlado por tiempo con operaciones en una secuencia determinada por condiciones, quizá iniciar cuando

la operación 1 se haya completado o cuando hayan ocurrido los eventos 1 y 2 o en algún otro orden preestablecido de tiempos.

ALGUNAS CLASES DE PROCESOS SECUENCIALES

1. Listas de instrucciones: Una lista de instrucciones establece con palabras la secuencia de acciones que llevan a cabo para cada paso la secuencia requerida. Por ejemplo:

La salida A se presenta cuando ocurra la entrada 1 han transcurrido 100seg.

La salida B se presenta cuando ocurre la entrada 2 y han transcurrido 10seg.

La salida C se presenta cuando ocurre la entrada 3 y han transcurrido 10seg.

2. Diagramas de tiempos del proceso: Un diagrama de tiempos del proceso es una gráfica que describe cada una de las operaciones de la secuencia como funciones del tiempo.
3. Diagramas de escalera: Estos muestran cada paso en el proceso como el escalón de una escalera. Un diagrama de escalera es como un circuito eléctrico; los lados verticales de la escalera están conectados a la alimentación de voltaje y los escalones son circuitos con interruptores como entradas y dispositivos que se encienden o apagan por la acción de los interruptores en un escalón como salidas.
4. Diagramas de flujo: Un diagrama de flujo usa bloques para representar cada paso y líneas para mostrar la trayectoria de un paso a otro.

5. Diagramas de funciones secuenciales: Para representar cada paso, estos diagramas usan bloques unidos con líneas que indican las transiciones de un paso a otro⁴.

2.1.4 LA TRANSFORMADA Z

Las computadoras digitales tienen entradas y salidas de señales que no son funciones del tiempo continuo sino una secuencia de pulsos. Una forma práctica de considerar estas señales es como señales continuas del tiempo que se han muestreado a intervalos regulares; las muestras, entonces, constituyen una secuencia en tiempo discreto. En efecto, esto podría ser como se han producido. La transformada z, una manera de determinar el comportamiento de sistemas sujetos a entradas de señales en tiempo discreto.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 TEORÍA SOBRE CONTROL

Desde la concepción de control automático definido como: “la fabricación de un producto a través de varias etapas con el uso libre de maquinaria para ahorrar trabajo manual y esfuerzo mental”⁵ el control clásico se desarrolla partiendo de tres instrumentos básicos, que son: el transmisor, el controlador y un elemento final de control, estos relacionados a través del lazo de retroalimentación⁶.

⁴ Ingeniería de control, W. Bolton, segunda edición, 1998.

⁵ Diccionario de ingles Oxford.

⁶ Control de procesos industriales. Antonio Creus Solé. Editorial, Marcombo Boixareu Editores, 1988.

De esta forma, el transmisor es el elemento que envía la variable de proceso en forma de señal neumática o electrónica hacia el receptor o controlador, el cual compara el valor recibido de la variable con el valor deseado y de esta comparación calcula un valor de corrección que es transmitido al elemento final de control, el cual actúa sobre el proceso modificando el valor del fluido de control, que cambia a su vez el valor de la variable medida.⁷ Con la vigilancia que se realiza del proceso se garantiza que el sistema entregue un producto que esté dentro de los parámetros establecidos por el operario de la máquina, con lo que se garantiza la calidad, productividad, presentación de los productos y demás características evaluadas en los diferentes procesos de producción.

Para llevar a cabo un proceso de control es necesario la definición de la variable que va a ser sometida a estudio, dicha variable, puede ser: temperatura, presión, flujo, nivel, calor, radiación, luminosidad, intensidad, distancia, caudal, peso, densidad, volumen, altura, voltaje, corriente, impedancia, reactancia, inductancia, capacitancia, conductancia, frecuencia, velocidad, aceleración, fricción, potencia, fuerza y demás magnitudes, dimensiones, movimientos susceptibles a ser medidos y /o calculados.

Por todo esto, un sistema de control debe realizar movimientos coherentes a la variación en el tiempo de los grados de libertad, esto teniendo en cuenta las propiedades cinemáticas y dinámicas con las que el sistema es clasificado como: cinemático o dinámico, pero si esto se enfrenta con la variación de los parámetros del artefacto con respecto a la posición se habla de “control adaptativo”.

⁷ *Ibidem.*, pág. 2.

2.2.2 ELEMENTOS DE CONTROL

En el proceso de control se hace uso de elementos, que se encargan del manejo y procesamiento de la información que requiere la maquina para realizar el proceso, dichos dispositivos pueden ser electrónicos, neumáticos, hidráulicos o mecánicos. Esto se hace para que el artefacto brinde una mayor fidelidad del proceso que esta realizando y darle mas independencia a la maquina durante su funcionamiento, con lo que se logra un mejor desarrollo del proceso.

Entre los dispositivos electrónicos que se usan para este fin se encuentran: los microcontroladores, microprocesadores, PLC, PLD, PAL, GAL, FPGA, CPLD.

2.2.3 EL MICROCONTROLADOR

Un microcontrolador es, un circuito integrado que esta construido por varios bloques internos que al comunicarse con circuitos periféricos, permite realizar un sin numero de operaciones almacenadas en un programa interno⁸. El cual cuenta con instrucciones de funcionamiento que pueden hacer que la operación dependa de datos externos que son ingresados al microcontrolador para realizar una función específica,

Un microcontrolador a diferencia de un microprocesador, esta totalmente encapsulado con todo lo que necesita para su funcionamiento y solo permite visualizar los pines, desde los cuales se puede sacar y /o ingresar información al microprocesador.

⁸ Revista Saber Electrónica Microprocesadores y microcontroladores.

Entre los Fabricantes de microcontroladores se destacan: Microchip, Texas Instrument, National Semí-conductors, Intel, Phillips, Zilog, Motorola, entre otros. Entre cada fabricante se guardan diferencia de operación, programación, tamaño, manejo de periféricos, comportamiento en el ambiente. Los fabricantes dependiendo de la envergadura que tenga el microcontrolador los clasifican por escalas o gamas. La diferencia que más sobresale entre dichas gamas es la del tamaño del juego de instrucciones que entiende el dispositivo.

De esta manera en los microcontroladores de microchip encontramos tres gamas que difieren en:

- Numero de líneas de entrada y salida.
- Capacidad de memoria.
- Operaciones (Instrucciones matemáticas).
- Tamaño.

Juego de instrucciones en las gamas de PIC.

GAMA	Cantidad de instrucciones	Serie
Gama baja	33	12
Gama media	35	16
Gama alta	64	18

TABLA 1 Distribución gamas PIC

Los microcontroladores están conquistando el mundo. Están presentes en nuestro trabajo, en nuestra casa y en nuestra vida, en general. Se pueden encontrar

controlando el funcionamiento de los ratones y teclados de los computadores, en los teléfonos, televisores juguetes, horno microondas, frigoríficos, impresoras, módems, el sistema de arranque de un automóvil y otras aplicaciones como instrumentación electrónica, control de sistemas en una nave espacial. Una aplicación típica podría emplear varios microcontroladores para controlar pequeñas partes del sistema. Estos pequeños controladores podrían comunicarse entre ellos y con un procesador central, probablemente más potente, para compartir la información y coordinar sus acciones, como, de hecho, ocurre ya habitualmente en cualquier PC.

2.2.4 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Para el control de máquinas es necesario que el diseñador, el tecnólogo establezcan comunicación, para que el primero pueda establecer la tarea y la forma de funcionamiento de la máquina. Para esto existen varios sistemas de comunicación que se conocen como “lenguaje para programación de máquina”.

En cuanto a los lenguajes para la programación de máquinas existen dos tipos, que son: programación gestual o directa (on – line) y programación textual (Off - line).

En la programación gestual y el operador enseña a la máquina su forma de funcionamiento, si esto se hace mediante dispositivos de cómo teclados, joystick, entre otros se considera como programación mediante un dispositivo de enseñanza,⁹ pero cuando se hace mediante un modelo en donde se realizan los

⁹ Curso de robótica, Ángulo J. M., Editorial Paraninfo.

movimientos que debe memorizar el artefacto la programación es de aprendizaje directo. La programación gestual ofrece la posibilidad que el usuario pueda modificar el modo de operación del artefacto con solo habituarse al dispositivo de enseñanza, pero tienen el problema que requieren de la máquina para el diseño del programa, no cuentan con adaptabilidad al entorno en tiempo real, y no son manejables en situaciones de emergencia.

Por otra parte, la programación textual consiste en el empleo de un conjunto de instrucciones en el que el diseñador define el modo y la operación de la máquina. Dentro de este tipo de codificación se diferencian dos estilos de programación textual que son: explícita y especificativa.

La programación explícita consta de un programa en cual el programador debe establecer la forma en que opera la máquina incluyendo el comportamiento de está en caso de una eventualidad, para este tipo de programación se distinguen dos niveles que son: nivel de movimiento y nivel estructurado. En el primero hay dos grupos que son: el articular, se establecen los movimientos que relaciona este nombre. El otro es de movimientos estructurados comprende los movimientos cartesianos que se establecen a partir de coordenadas.¹⁰ El segundo nivel de la programación textual explícita es movimiento estructurado, en el que se establece una relación directa entre el objeto y el modo de funcionamiento de la máquina.

La otra línea desde la que se desarrolla la programación textual es la especificativa, en donde el usuario describe las especificaciones de los productos mediante un modelo que realiza de estos y la forma en que deben ser tratados.

¹⁰ *Ibidem.*, pág. 4.

2.2.5 TIPOS DE SENSORES

DETECTORES DE PROXIMIDAD

Por lo general se trata de sensores con respuesta todo o nada, con cierta histéresis en la distancia de detección, con salida de interruptor estático (transistor, tiristor, triac). Algunos pueden dar una salida analógica proporcional a la distancia.

INDUCTIVOS

Sirven para detectar la proximidad de piezas metálicas en un rango desde 1 mm a 30 mm, con resolución del orden de la décima de milímetro, desde el punto de vista mecánico las formas de este tipo de sensor están normalizadas.

Formas constructivas detectores de proximidad

Desde el punto de vista funcional están constituidos por un circuito oscilador L-C con alta frecuencia de resonancia. La bobina está constituida sobre un núcleo de ferrita "pot.-Core" de forma que el flujo se cierra en la parte frontal. La presencia de metal dentro de la zona sensible altera la reluctancia del circuito magnético, atenúa el circuito oscilante y hace variar la amplitud de oscilación. La detección de dicha amplitud permite obtener una señal todo-nada.

Bloques funcionales y núcleo Pot-Core

El campo de aplicación más importante de este tipo de detectores es como final de carrera con ventajas sobre los electromagnéticos como la ausencia de contacto, la robustez mecánica, la resistencia a ambientes agresivos y su bajo costo.

CAPACITIVOS

El principio de funcionamiento, y las características constructivas son muy similares a las descritas para los inductivos, la diferencia radica en que en este caso el elemento sensible es el condensador del circuito oscilador, formado por dos aros metálicos concéntricos situados en la cara sensible, y cuyo dieléctrico es el material de la zona sensible.

Este tipo de sensores permite detectar materiales metálicos o no, pero su sensibilidad se ve muy afectada por el tipo de material y grado de humedad ambiental del cuerpo a detectar. Las aplicaciones típicas son en la detección de materiales no metálicos como vidrio, cerámica, plástico, madera, agua, aceite, cartón, papel, etc.

Entre algunos de los sensores se conocen los siguientes.

Ópticos, detectores de proximidad, ultrasónicos, transductores de temperatura, termostatos interruptores, termo resistencias, pirómetros de radiación, termostato, termopares termistores pirómetros de radiación sensores de posición termo resistencias Pt100 termo resistencias PTC, NTC posición potenciómetro angular encoders sensores láser.

2.2.6 ACTUADORES ELÉCTRICOS O MOTORES

Son el grupo de aparatos que se utilizan para convertir la energía mecánica en eléctrica, o a la inversa, con medios electromagnéticos. A una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica se le denomina generador, alternador o dinamo, y a una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica se le denomina motor.

MOTORES DC

Son motores que cuando la corriente pasa a través de la armadura de se genera un par de fuerzas debido a la acción del campo magnético, y la armadura gira. La función del conmutador y la de las conexiones de las bobinas del campo de los motores es exactamente la misma que en los generadores. La revolución de la armadura induce un voltaje en las bobinas de ésta. Este voltaje es opuesto al voltaje exterior que se aplica a la armadura, y de ahí que se conozca como voltaje inducido o fuerza contraelectromotriz. Cuando el motor gira más rápido, el voltaje inducido aumenta hasta que es casi igual al aplicado. La corriente entonces es pequeña, y la velocidad del motor permanecerá constante siempre que el motor no esté bajo carga y tenga que realizar otro trabajo mecánico que no sea el requerido para mover la armadura. Bajo carga, la armadura gira más lentamente, reduciendo el voltaje inducido y permitiendo que fluya una corriente mayor en la armadura.

Debido a que la velocidad de rotación controla el flujo de la corriente en la armadura, deben usarse aparatos especiales para arrancar los motores de corriente continua. Cuando la armadura está parada, ésta no tiene realmente resistencia, y si se aplica el voltaje de funcionamiento normal, se producirá una gran corriente, que podría dañar el conmutador y las bobinas de la armadura. El medio normal de prevenir estos daños es el uso de una resistencia de encendido

conectada en serie a la armadura, para disminuir la corriente antes de que el motor consiga desarrollar el voltaje inducido adecuado. Cuando el motor acelera, la resistencia se reduce gradualmente, tanto de forma manual como automática.

La velocidad a la que funciona un motor depende de la intensidad del campo magnético que actúa sobre la armadura, así como de la corriente de ésta. Cuanto más fuerte es el campo, más bajo es el grado de rotación necesario para generar un voltaje inducido lo bastante grande como para contrarrestar el voltaje aplicado. Razón por la cual, la velocidad de los motores de corriente continua puede controlarse mediante la variación de la corriente del campo.

MOTOR PASO A PASO

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos.

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8. Este tipo de motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o totalmente libres si una o más de sus bobinas está energizada, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Básicamente estos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras ubicadas en su estator.

Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente (ver imagen 1). Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deber ser externamente manejada por un controlador. Existen dos tipos de motores paso a paso de imán permanente:

Imagen del rotor



IMAGEN 1: Estator de cuatro bobinas

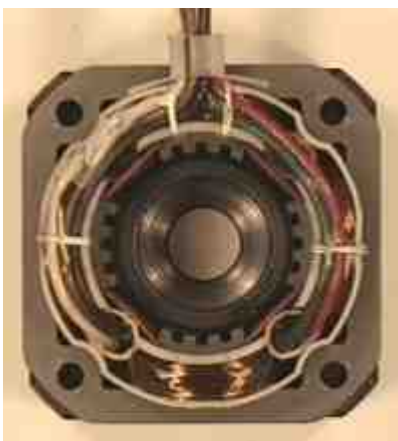


IMAGEN 2: Motor paso a paso

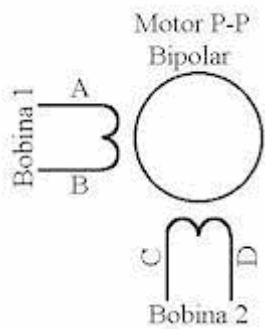


Figura 1

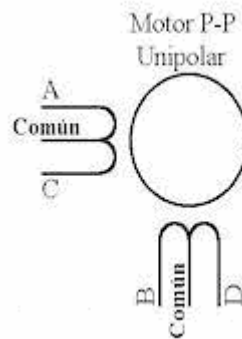


Figura 2

Bipolar: Estos tiene generalmente cuatro cables de salida (figura 1). Necesitan ciertos trucos para ser controlados, debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento. En LA figura 3 se puede apreciar un ejemplo de control de estos motores mediante el uso de un puente en H (H-Bridge). Como se observa, será necesario un H-Bridge por cada bobina del motor, es decir que para controlar un motor Paso a Paso de 4 cables (dos bobinas), necesitaremos usar dos H-Bridges. El circuito de la figura 3 es a modo ilustrativo y no corresponde con exactitud a un H-Bridge. En general es recomendable el uso de H-Bridge integrados como son los casos del L293 (ver figura 3 bis).

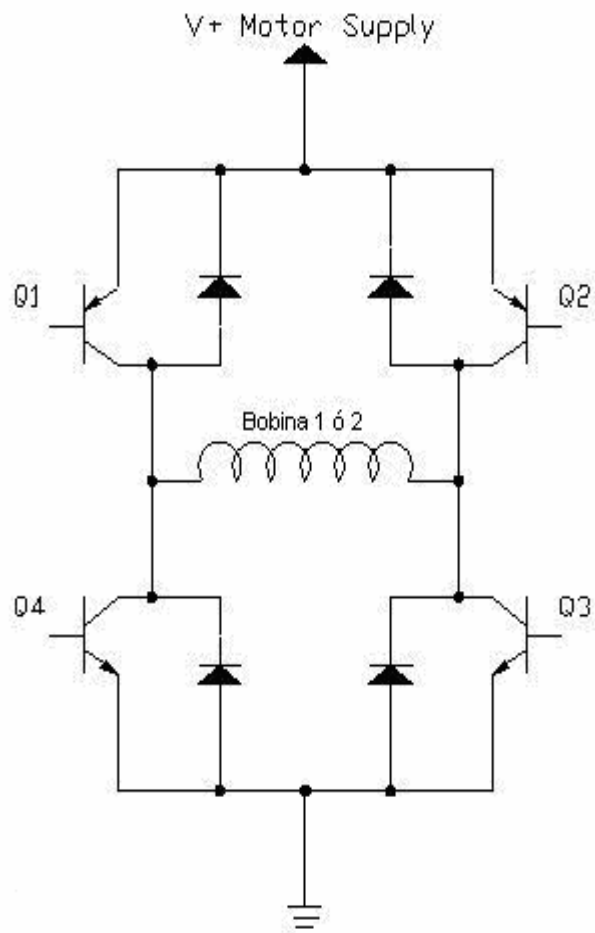


FIGURA 3: Diagrama eléctrico motor PaP.

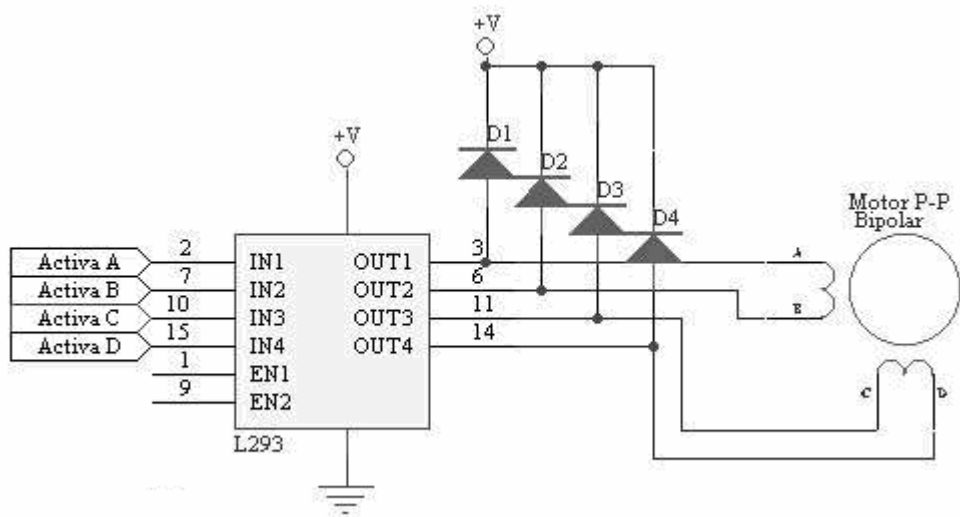


FIGURA 4: Funcionamiento motor P a P Bipolar

Unipolar: Estos motores suelen tener 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexionado interno (ver figura 2). Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar. En la figura 4 podemos apreciar un ejemplo de conexionado para controlar un motor paso a paso unipolar mediante el uso de un ULN2803, el cual es una array de 8 transistores tipo Darlington capaces de manejar cargas de hasta 500mA. Las entradas de activación (Activa A, B , C y D) pueden ser directamente activadas por un microcontrolador.

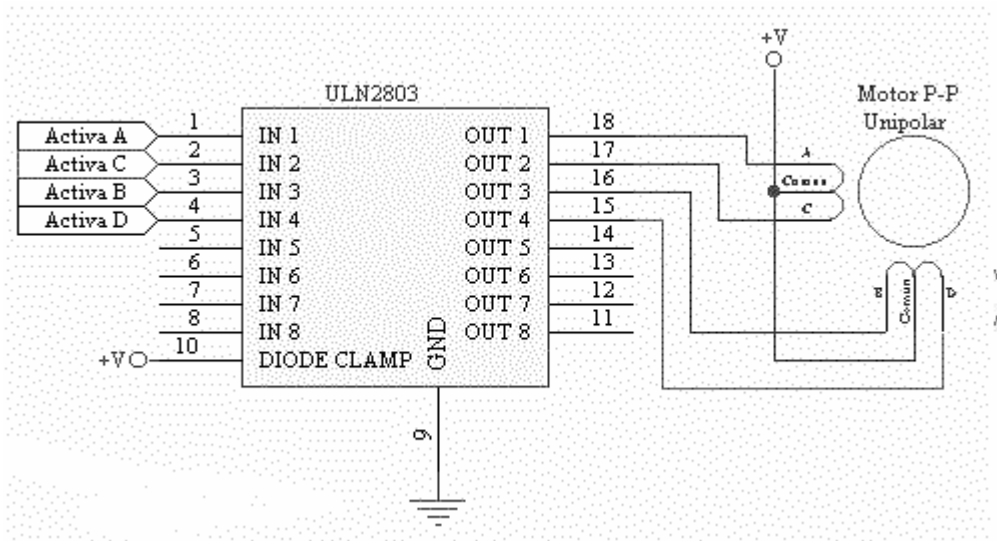


FIGURA 5: Funcionamiento motor unipolar

2.2.7 LÁSER

El láser¹¹ es un elemento que funciona a partir de la radiación estimulada de energía eléctrica, sobre partículas que se encuentran excitadas, en átomos que están en este estado el electrón que esta en el último nivel de energía al recibir la emisión que se le a suministrado es desplazado por los nuevos que llegan con la radiación dejándolo en libertad y por estar cargado emite una radiación que dependiendo del elemento del que se desprende y el tipo de radiación que se aplica sobre el fotón el rayo podrá ser aplicado a un fin específico.

De un rayo láser se identifican dos colores, de los que se deduce la potencia y el alcance que tiene el rayo. Una radiación roja indica un bajo nivel de energía pero este has logra cubrir largas distancias, caso contrario ocurre con la luz violeta que maneja gran nivel de energía pero la distancia que alcanza el rayo es poca.

¹¹ LÁSER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. (Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación).

El sistema láser es una de las áreas de las modernas tecnologías que a la cual se han enfocado un sin número de estudios. Con esto se ha logrado desarrollar gran cantidad de aplicaciones de este elemento. Entre algunas áreas en las que el láser se ha aplicado mostrando gran cantidad de beneficios están: medicina quirúrgica, telemetría, domótica, robótica, Industria militar, cinematografía, holografía, mecánica y diversas industrias manufactureras.

FUNCIONAMIENTO DEL LÁSER

Para explicar cómo el láser tiene un campo muy variado de operación se necesitan entender los principios físicos básicos con los que opera un máser óptico, como son: estados meta estables, fluorescencia, resonancia, emisión estimulada, coherencia, interferómetros, espejos dieléctricos, inversión de población.

El Láser se concibe como una fuente de luz, pero la luz que genera este dispositivo cuenta con la propiedad de ser una luz coherente, lo que marca la diferencia con la luz convencional. Esta propiedad abre la puerta a muchas de las aplicaciones en las que este elemento se ve aplicado.

La coherencia dentro de la física se define como, “conjunto de vibraciones que presentan una diferencia de fase constante”. La luz que emite el láser cumple esta propiedad porque, los átomos que constituyen el medio activo se encuentran excitados, y cuando reciben el estímulo (bombeo) eléctrico, de la radiación emitida por otro dispositivo igual, entre otros; por la luz hay liberación de

partículas¹², las cuales dentro del tubo láser rebotan miles de veces, en los extremos de tubo se ubican dos espejos por medio de quienes se define la longitud de la onda emitida por el elemento, por esto para cuando dichas partículas liberadas llegan al orificio de salida tienen una frecuencia constante y por esto el haz de luz que se emite es coherente.

El funcionamiento del láser propiamente dicho consiste en la amplificación de la señal de bombeo, que genera una inversión de población en el medio activo, que conlleva a que dentro del tubo láser se presente la emisión estimulada de fotones que al ser amortiguados por el principio de absorción van a mantener un movimiento que cuando es liberada del dispositivo va a producir la luz del rayo, pero para causar mayor movimiento de partículas dentro del sistema y garantizar que no vayan a llegar a sus límites físicos y puedan interrumpir la amplificación, los extremos del tubo se dotan con dos espejos con los que también se establece la longitud de onda.

Un punto a tener en cuenta para establecer la aplicación de máser óptico es la longitud de onda, porque esta establece la potencia y distancia que puede alcanzar el haz luminoso. Dependiendo del medio activo el haz puede cambiar de color entre los que más se resaltan el rojo y la violeta¹³, esto depende de la cantidad de radiación que transporte el rayo, y responde a la siguiente relación: Luz violeta: bastante nivel de radiación, es visible en distancias cortas, Luz roja nivel de radiación bajo, es visible a distancias largas.

El manejo y control de la radiación, frecuencia y la distancia del láser se relacionan en las siguientes formulas.

¹² Principio de inversión de población.

¹³ El haz luminoso puede tener otros colores como el verde o el azul, estos visos igual que el rojo y el violeta dependen de la cantidad de radiación y longitud máxima pero estos no son muy comunes.

- Frecuencia de la luz violeta.

$$\nu_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot \frac{\text{m}}{\text{seg}}}{0.4 \cdot 10^{-6} \cdot \text{m}} = 7.5 \cdot 10^{14} \cdot \frac{1}{\text{seg}}$$

- Frecuencia de la luz roja.

$$\nu_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot \frac{\text{m}}{\text{seg}}}{0.7 \cdot 10^{-6} \cdot \text{m}} = 4.3 \cdot 10^{14} \cdot \frac{1}{\text{seg}}$$

- Diferencia entre la frecuencia de la luz violeta y la luz roja.

$$\Delta\nu = \nu_1 - \nu_2 = 7.5 \cdot 10^{14} - 4.3 \cdot 10^{14} = 3.2 \cdot 10^{14} \cdot \frac{1}{\text{seg}}$$

- Carga de energía de un fotón violeta.

$$E_1 = h \cdot \nu_1 = (6.626 \cdot 10^{-34} \cdot \text{J} \cdot \text{seg}) \cdot \left(7.5 \cdot 10^{14} \cdot \frac{1}{\text{seg}} \right)$$

$$E_1 = 5 \cdot 10^{-19} \cdot \text{Julios}$$

- Carga de energía de un fotón roja.

$$E_2 = h \cdot \nu_2 = (6.626 \cdot 10^{-34} \cdot \text{J} \cdot \text{seg}) \cdot \left(4.3 \cdot 10^{14} \cdot \frac{1}{\text{seg}}\right)$$

$$E_2 = 2.85 \cdot 10^{-19} \cdot \text{Julios}$$

- La diferencia entre energía que hay entre los dos tipos de luz es de **$2.15 \cdot 10^{-19}$ [J]**.

TIPOS DE LÁSER

Los láser se pueden clasificar según: el medio activo, rango espectral de la longitud del rayo, forma de excitación del medio activo, características de la radiación emitida en el haz luminoso, el número de niveles de energía que participan en el elemento.

LÁSER GASEOSO

Dentro de las diferentes industrias los láser que usan como medio activo algún gas son los más comunes esto por la facilidad de manipularlos para ampliar su gama de trabajo.

En esto, es de notar que los láser de tipo gaseoso están, o se diseñan según las características del trabajo que van a tener, partiendo de esto se tiene en cuenta distintas variables que aportan al mejor desempeño del dispositivo.

Por lo anterior encontramos, que si el láser va a trabajar a potencias superiores a los 50 W de manera continua es conveniente que este cuente con un sistema de renovación continua del gas que necesita para su medio activo. Lo que lleva a la

definición de la dirección de flujo que va a tener el medio activo, la cual puede ser longitudinal (se sigue la dirección del eje óptico y el recorrido en el interior del resonador), transversal (el gas se renueva con mayor rapidez porque esta a poca distancia de la zona de excitación). Es de tener en cuenta la velocidad a la que circula el gas dentro del sistema y desde este punto de vista encontramos los instrumentos, de flujo lento y rápido, Los primeros vienen sellados y no hay renovación del gas, tienen una vida útil limitada; de los de flujo rápido que de los que se encuentran sistemas que vienen sellados a diferencia de los anteriores estos reciclan el gas para disminuir el consumo de éste.

LÁSER DE CO²

El láser de CO² gas carbónico es muy común en la industria esto se debe básicamente a la gran gama de potencias entre las que puede oscilar que van desde unos pocos Watts hasta 10kW que y su alto rendimiento energético que puede superar hasta en un 20% la energía de bombeo¹⁴.

Este láser funciona básicamente con bombeo de energía que excita directamente moléculas de N², esto se debe a que la sección eficaz del nitrógeno es mayor que la del CO², esto recae sobre el de gas carbónico. Esto se debe a que la molécula de CO² esta en los niveles rotacional – vibracionales en los estados energéticos de este tipo de láser¹⁵. Con este modo de operación la molécula de CO² alcanza su nivel superior, con esto se consigue la transmisión de un fotón siguiendo dos caminos distintos acelerando los procesos de emisión y absorción.

¹⁴ Aplicaciones industriales del láser, L Bachs, J. Cuesta, N. Carles, Marcombo Boixareu Editores, 1988.

¹⁵ *Ibidem.*, pág. 20

CORTE CON LÁSER

“La técnica de corte mediante láser, la extracción del material se realiza por vaporización del mismo a lo largo de toda la zona de corte. El calor necesario para conseguir esta evaporización viene proporcionado por un sistema constituido por la fuente del haz láser y la boquilla, que incorpora la óptica de focalización y permite flujo del gas de aporte, acoplado todo ello a un conjunto mecánico que permita el movimiento relativo entre el haz y la pieza a cortar”¹⁶.

Los diversos desarrollos de los sistemas de corte a base de un láser deben contar con una densidad de corte alrededor de 10^8 W/cm² y el ángulo de incidencia del lente, la potencia del láser y la velocidad de proceso, depende del grosor y tipo de material que se va a cortar.

Entre los beneficios del corte con láser son: que no hay contacto con el material, mayor rapidez en el proceso, menos costos a futuro y mayor versatilidad.

Esto se explica detalladamente en siguiente tabla.

Aplicaciones del láser de CO₂ en materiales no metálicos¹⁷

¹⁶ Tomado textual, Idibem 20.

¹⁷ Ibídem., pág. 20. (Capítulo, Aplicaciones industriales del láser, página 106).

Material	Espesor (mm)	Potencia Láser (W)	Velocidad de corte (m/min)	Gas de aporte
Madera blanda	25.4	2000	2.0	
Madera dura	25.4	2000	1.1	Nitrógeno
Tablero	5.0 a 25.4	500 a 2000	0.5 a 1.1	Aire
Papel		500	1080.0	Nitrógeno
Cartón	0.1 a 12.5	400 a 500	2.5 a 90.0	
Fieltro	6.3	1000	40.0	
Tela de algodón	15.0	500	2.0	
Piel	1.6 a 3.0	200 a 500	3.1 a 18.0	Aire
Goma natural	1.2	500	6.0	
Goma sintética	3.2	500	6.0	
Goma lamin.	25.4	2000	0.75	
Cuarzo	2.0	500	1.2	

TABLA 2 Aplicaciones láser CO₂.

2.2.8 MECANISMOS

Una máquina está constituida por elementos que se encargan de la transmisión de fuerza, potencia y movimiento, esto con el fin de realizar la función específica para la que ha sido diseñada. El funcionamiento de un artefacto puede ser manual o automático, para esto se usan un sin número de partes que pueden ser simples como una polea o una palanca¹⁸.

Dentro de estos mecanismos se encuentran los sistemas de transmisión que se encargan de propagar movimientos de giro entre árboles alejados. Estos formados por un árbol motor (conductor), un árbol resistente (conducido) y otros elementos intermedios, que dependen del mecanismo particular. Una manivela o un motor conforman el par motor necesario para provocar la rotación del árbol motor. De esta forma las diferentes piezas del mecanismo transmiten este movimiento al árbol resistente, solidario a los elementos que realizan el trabajo útil. Este mecanismo se diseña para que las velocidades de giro y los momentos de torsión implicados sean los deseados, de acuerdo con una relación de transmisión determinada.

Dependiendo de los requerimientos en cuanto a capacidad de carga, velocidades y fuerzas necesarias para la transformación del movimiento se requiere también de elementos motrices los cuales, pueden ser motores eléctricos actuadores neumáticos e hidráulicos.

¹⁸ **Mecanismo:** un mecanismo se conoce conjunto de las partes de una máquina en su posición adecuada. Biblioteca de Consulta Encarta 2005.

RELACIÓN TRANSMISIÓN

En un sistema de transmisión de movimiento, se define la relación de transmisión del mecanismo como el cociente de las velocidades de giro de los árboles. Esto se relaciona de la siguiente manera: relación de transmisión es igual a la velocidad de giro del árbol resistente sobre la velocidad de giro del árbol motor.

Esta magnitud, por definición, no tiene dimensiones. Cuando la relación de transmisión es mayor que un, el árbol resistente gira más rápidamente que el motor, y se dice que el sistema es multiplicador. El momento de torsión, sin embargo, es menor. Cuando pasa lo contrario, el sistema se llama reductor. Además de determinar las velocidades de giro, la relación de transmisión permite aumentar el momento resistente para una potencia determinada del árbol motor.¹⁹ En el diseño de un mecanismo, se ajustan las formas y medidas de los diferentes componentes para garantizar la relación de transmisión deseada.

La transmisión de fuerza y movimiento ya antes mencionadas se pueden realizar mediante un sistema de contacto directo y realizarse con ruedas de fricción o discos puestos en contacto por sus superficies las cuales al estar ajustadas a gran presión entre las ruedas conductora y conducida, pero tiene la desventaja que originan pérdida de potencia por patinaje y desgaste agotando la vida útil de las mismas lo que hizo necesario el desarrollo de un sistema más eficiente llamado engranajes de tal forma que con la agrupación de varias ruedas se forma un solo conjunto de elementos obteniendo mayor aprovechamiento del recurso y de las características técnicas cumpliendo así con algunas de las expectativas de las empresas que es la disminución de costos

Las ruedas dentadas son cuerpos generalmente cilíndricos o cónicos que transmiten la rotación de sus ejes por medio de dientes tallados en sus superficies

¹⁹ Ibídem., pág. 10.

de contacto, el cual se realiza mediante sus superficies periféricas cuando los ejes son paralelos o por la superficie periférica de una con la superficie frontal de la otra, cuando los ejes son perpendiculares, o por conos de fricción.

Entre las partes constitutivas de las ruedas dentadas encontramos las siguientes:

- Corona o Llanta: es la parte circular del engranaje sobre la que se tallan los dientes.
- Cubo o Manzana: es la parte donde se aloja el eje.
- Brazos: son los elementos radiales que unen el cubo con la corona. En algunos casos es un disco llamado tabique.
-

ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN

ENGRANAJES

Existen diferentes tipos de engranajes dependiendo de la función o aplicación que va a cumplir un artefacto específico, estos son diseñados y acoplados para brindar total confianza contando con una amplia cantidad de atributos para ponerlos a prueba con su funcionamiento. Los engranajes son Ruedas o cilindros dentados empleados para transmitir un movimiento giratorio o alternativo desde una parte de una máquina a otra. Un conjunto de dos o más engranajes que transmite el movimiento de un eje a otro se denomina tren de engranajes. Se pueden utilizar para cambiar la velocidad y la dirección o el sentido de rotación, o la intensidad y el momento de la fuerza. Los engranajes se utilizan sobre todo para transmitir movimiento giratorio, pero usando engranajes apropiados y piezas dentadas planas pueden transformar un movimiento alternativo en giratorio y viceversa.

RUEDAS DENTADAS DE DIENTES RECTOS

Dentro del funcionamiento de un dispositivo se encuentran diferentes tipos de ruedas que son unos de los más utilizados utilizadas para transmisiones de movimiento rotativo entre ejes paralelos. Son los indicados para mecanismos de r.p.m, medias y bajas, para aplicar en r.p.m. mayores no es el indicado puesto que producen ruido y como ventaja transmiten altas potencias.²⁰

Los engranajes rectos se utilizan para transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes paralelos. En un engranaje sencillo, el eje impulsado gira en sentido opuesto al eje impulsor. Si se desea que ambos ejes giren en el mismo sentido se introduce una rueda dentada denominada 'rueda loca' entre el engranaje impulsor o motor y el impulsado. La rueda loca gira en sentido opuesto al eje impulsor, por lo que mueve al engranaje impulsado en el mismo sentido que éste. En cualquier sistema de engranajes, la velocidad del eje impulsado depende del número de dientes de cada engranaje.

Un engranaje con 10 dientes movido por un engranaje con 20 dientes girará dos veces más rápido que el engranaje impulsor, mientras que un engranaje de 20 dientes impulsado por uno de 10 se moverá la mitad de rápido. Empleando un tren de varios engranajes puede variarse la relación de velocidades dentro de unos límites muy amplios.²¹

²⁰ Elementos de maquinas, Metalmecánica, Montaje de ruedas dentadas, Centro de publicaciones SENA

²¹ idibem.10

RUEDAS DENTADAS CILÍNDRICAS DE DIENTES HELICOIDALES

También existe otro tipo de engranajes los cuales difieren un poco y no son paralelos al eje de la rueda dentada como los citados anteriormente pues, ya que están dispuestos en forma inclinada con relación a su eje de rotación. Estos engranajes son apropiados para altas máquinas que trabajan a altas velocidades y además son más silenciosas que las ruedas de dentado recto porque los dientes engranan formando un ángulo agudo, en lugar de 90° . Los ejes de los engranajes helicoidales pueden ser paralelos o cruzarse formando cualquier ángulo de tal forma que ofrece una alta funcionalidad por las diferentes formas que puede ser acoplado.

Los engranajes helicoidales sencillos tienen la desventaja de producir una fuerza que tiende a mover las ruedas dentadas a lo largo de sus ejes. Esta fuerza puede evitarse empleando engranajes helicoidales dobles, o bi - helicoidales, con dientes en forma de V compuestos de medio diente helicoidal dextrógiro y medio diente helicoidal levógiro.

ENGRANAJES DE CORONA SIN FIN

Los engranajes de sin fin tienen una amplia aceptación para mecanismos de transmisión industriales por muchas ventajas como:

- Capacidad portadora de carga, disposición y compactibilidad.
- Las transmisiones de engranajes sin fin trabajan libres de vibraciones y producen una velocidad constante de salida
- Las numerosas y variables disposiciones de montaje con estos engranajes permiten una gran facilidad para el diseño que de otra manera difícil de obtener.

Solamente se puede transmitir teniendo, como conductor el tornillo, factor que favorece para que el sistema obre como freno y la carga no se regrese, su mayor aplicación esta en los reductores de velocidad que se encuentran en los transportadores industriales.

Otro tipo de los dispositivos mecánicos que se pueden encontrar haciendo parte de una máquina y que contribuye a la reducción de esfuerzos que está clasificada entre las máquinas simples pero que no ofrece ninguna ganancia mecánica excepto si se hace una configuración especial llamada polipasto son las poleas o también conocidas como roldanas.

La polea está formada por dos ruedas simples acanaladas, de manera que se pueden conectar mediante una cinta o correa tensa. El dispositivo permite transmitir el movimiento entre árboles alejados, de manera poco ruidosa. La correa, sin embargo, sufre un desgaste importante con el uso y puede llegar a romperse. Se debe que tensar bien, mediante un carril o un rodillo tensor, para evitar deslizamientos y variaciones de la relación de transmisión. No es un mecanismo que se use demasiado cuando se trata de transmitir potencias elevadas. Las máquinas de coser suelen usar poleas. Cada rueda acanalada se caracteriza por su diámetro (hay que considerar la anchura del canal). La relación de transmisión en este elemento se calcula de la siguiente manera: relación de transmisión igual a diámetro de la rueda conductora sobre el diámetro de la rueda conducida.

Son dispositivos mecánicos de tracción o elevación, formado por una rueda (también denominada roldana) montada en un eje, con una cuerda que rodea la circunferencia de la rueda. Tanto la polea como la rueda y el eje pueden considerarse máquinas simples que constituyen casos especiales de la palanca.

POLEA FIJA

El tipo de polea encontrado más habitualmente por ser un dispositivo sencillo y fácil de implementar es la polea simple la cual se encuentra fija a la viga, no proporciona ninguna ventaja mecánica, pues la carga es igual al peso del objeto es decir, ninguna ganancia en la transmisión de la fuerza: sólo cambia la dirección o el sentido de la fuerza aplicada a través de la cuerda.

POLEA MÓVIL O POLIPASTO

En este caso la polea está unida al objeto y no a la viga en la cuál es posible obtener una ventaja o ganancia mecánica, que matemáticamente se define como el cociente entre la fuerza de salida (carga) y la fuerza de entrada (esfuerzo). En el caso ideal la ganancia mecánica es igual al número de segmentos de cuerda que sostienen la carga que se quiere mover, excluido el segmento sobre el que se aplica la fuerza de entrada. El rozamiento reduce la ganancia mecánica real, y suele limitar a cuatro el número total de poleas.

Entre los elementos que complementan el funcionamiento de los anteriormente mencionados y que contribuyen a la transmisión de movimiento rotativo de una rueda o polea a otra se denominan correas, las cuales se encuentran de diferentes materiales como cuero, nylon, asbesto, e hilos tejidos muy resistentes como el cáñamo y tienen un gran campo de aplicación

TRAPEZOIDES

Sirven para lugares de poco espacio y tienen una alta relación de transmisión que caracterizan las transmisiones de baja potencia, se aplica en los

electrodomésticos, sus propiedades permiten frecuentes inversiones de giro, poleas de diámetros reducidos y eliminar los tensores.

DE VARIADOR

Tienen la ventaja resistencia ala reacción inchante de los aceites, resistencia al calor, estabilidad de desarrollo son fabricadas en caucho y poliuretano, eslabonadas, de poliuretano entre otras se pueden encontrar en los encoder de las maquinas industriales las deben tener un ajuste muy exacto para que los pulsos siempre sean igual de anchos.

3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del proyecto se realizó la investigación en el campo del control porque el fin de este trabajo fue la construcción del emulador de un método de corte de papel con sistema láser, por eso, el adentrarse en los procesos de control.

Después del estudio de los sistemas de control se encontró que aplicar control discreto a un proceso de lazo abierto era la mejor alternativa para la ejecución del proyecto pues las variables y el diseño planteado así lo permitían pues el objetivo general de esta investigación era diseñar una herramienta que aportara al desarrollo tecnológico de los sistemas de corte de papel con láser analizado desde un emulador.

En concordancia con esto la integración a la sub.-línea de la Facultad “instrumentación y control de procesos” es inevitable ya que para la construcción de este emulador es necesaria la implementación de elementos que generen movimientos como una máquina de corte avanzado. En conjunto con dispositivos que de una u otra manera evalúen el proceso que se ejecuta.

Este proyecto se articula con el proceso investigativo de la universidad desde la línea institucional “tecnologías actuales y sociedad” porque esta propuesta permite la generación de tecnologías de vanguardia para las PYMES vinculadas a las artes gráficas inicialmente en Colombia.

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

La propuesta de desarrollar un sistema que emule el corte de papel que implemente un sistema láser es dar un paso significativo para la construcción a nivel nacional de estas cizallas que son el último avance tecnológico para este importante proceso. La construcción de este emulador tiene las siguientes limitaciones.

- ✓ El sistema emulará el corte de una hoja de 18 x 22cm.
- ✓ El tiempo de respuesta y la precisión de la emulación dependerá del acople del sistema mecánico y el trabajo de motores paso a paso.
- ✓ El sistema realizará los movimientos en los ejes X y Y.
- ✓ Se va a implementar una estructura mecánica simple, apoyada en sistemas ya existentes porque el diseño mecánico está fuera de la competencia de un electrónico.
- ✓ La emulación será visualizada por medio de un diodo de luz de chorro para ser analizada de manera didáctica.
- ✓ Las órdenes de funcionamiento serán introducidas por medio de un teclado matricial y con visualización en una lcd.

Pese a estas limitaciones la emulación de esta herramienta constituye un aporte de gran importancia para la industrialización nacional de este tipo de máquinas elaboradas con láser.

La industria de las artes gráficas en Colombia al nivel de las pequeñas y medianas empresas muestra un notable atraso tecnológico, debido a los elevados costos de las nuevas máquinas.

Por esta razón el diseño de una maquina que emule las funciones de corte y a partir de un láser, es mostrar el umbral para la optimización de estos procesos a partir de tecnologías que ofrecen un costo más al alcance de las PIMES involucradas con esta industria.

4.1 DISEÑO ESTRUCTURAL

El esquema que se propone cuenta con las medidas ergonómicas necesarias para que quien la manipule se pueda desplazar con tranquilidad logrando una operación eficiente sin que corra riesgos su integridad física.

El diseño esta planteado para una maquina que haga un tamaño de corte máximo 18 X 22cm. Tamaño que dentro de las industrias gráficas es comercial y permite la visualización del proceso para entender los alcances que puede tener esta maquina dentro de estas manufacturas.

La estructura que se desarrollo es una estructura compacta donde se conjuga la parte de operación con el panel de control y alimentación. Con una envergadura comparable a la de una impresora HP 650, como se observa en las imágenes comparativas 4 y 5.

DIMENSIONES

- 57cm. De largo.
- 30cm. De ancho.
- 12cm de alto

La mesa con estas dimensiones permite el trabajo con papel de tamaño máximo de 17cm x 21cm .

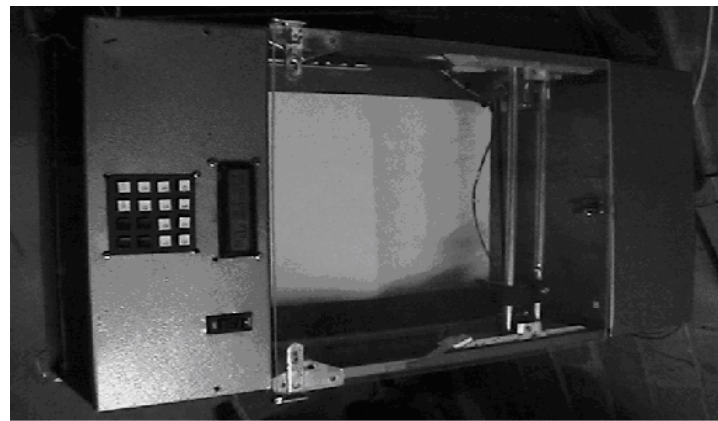
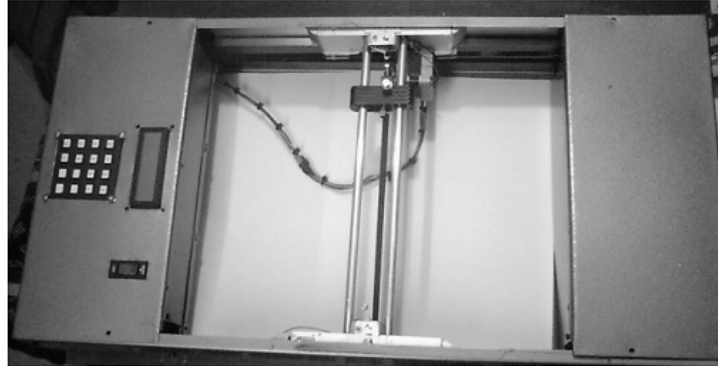


IMAGEN 3: Perfil Máquina



IMAGEN 4: Comparativa frontal

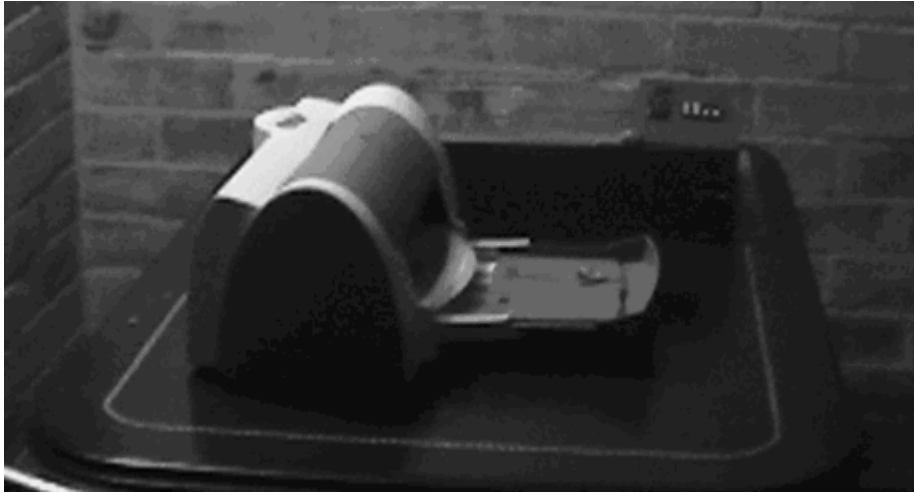


IMAGEN 5: Comparativa lateral

4.2 DISEÑO DEL MODULO DE CORTE

El láser se desplaza dentro de un carro que es a su vez soportado por un par de rieles ubicados dentro de los laterales de la estructura, y este es movido por un juego de poleas al motor (Y), mientras que el láser se mueve por medio del motor (X). Imagen 4.

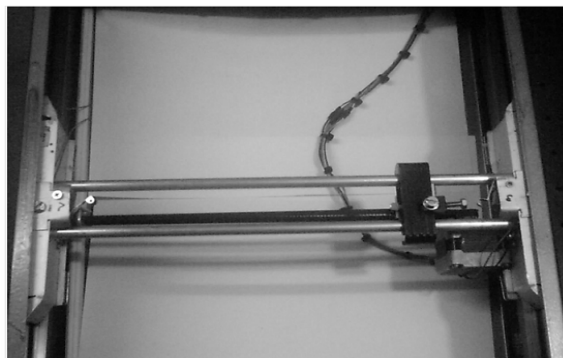


IMAGEN 6: Modulo de Corte

DIMENSIONES

- 15cm. Altura
- 40cm. Largo
- 17cm. Altura de los soportes del modulo.

4.3 PANEL DE CONTROL

En el modulo de mando se encuentran la LCD para la visualización del estado de la máquina y teclado para el control de operación.

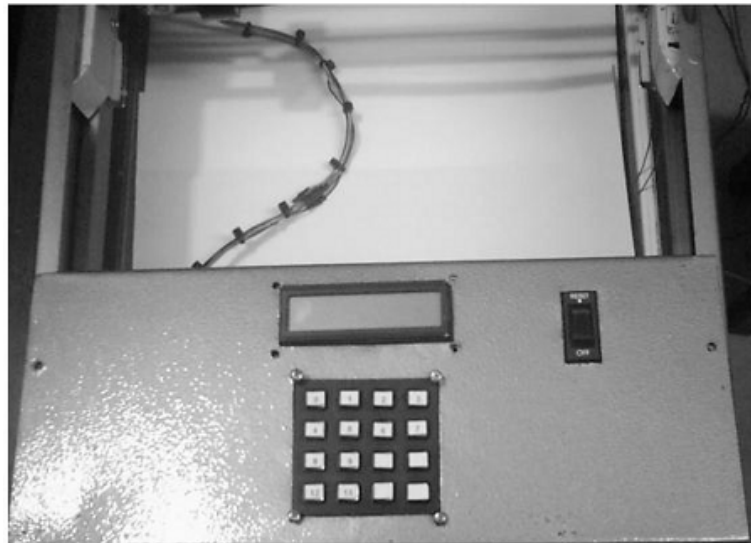


IMAGEN 7: Panel de Control

4.4 FUNCIONAMIENTO

El principio de funcionamiento de la máquina es similar al de las actuales guillotinas. Pues consta de un elemento que emula la acción de corte que es accionado por un estímulo electromecánico que actúa sobre el material que es sometido a proceso.

Partiendo de dicho funcionamiento, se propone el reemplazo de la convencional cuchilla por un láser, que incide sobre el papel.

SISTEMA DE CONTROL

La lógica de control fue implementada a través de un programa desarrollado en MPLAB en lenguaje C, con ayuda del compilador PICC. La lógica de control consiste en leer las entradas de teclado, presentadas en una pantalla de cristal líquido, validar su valor convertir el dato leído, que es una medida en cm. a los pasos que deben moverse los motores y enviar la secuencia lógica para que los motores hagan el desplazamiento adelante o atrás según se necesite.

Al encender la maquina se despliega un menú de selección, de la figura que se desee cortar.

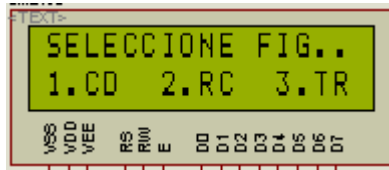


FIGURA 6: Menú principal



FIGURA 7: Elección 1 Cuadrado

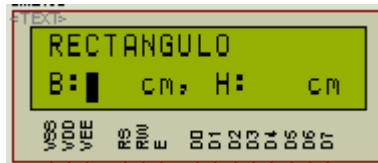


FIGURA 8: Elección 2 Rectángulo



FIGURA 9: Elección 3 Triangulo

Después de haber realizado la elección los motores se ubicaran en una posición inicial, por medio de teclado se digitan las dimensiones en centímetros de la figura

Nota: para cualquiera de las figuras menores de 10cm de longitud se debe ingresar el número deseado anteponiendo el número cero ejemplo 06 = 6cm y

medidas mayores de 9cm se ingresaran los datos habitualmente y se da la aceptación o la cancelación a estos por medio de las teclas OK o esc respectivamente.

Si el resultado es de aceptación de los datos digitados, el programa tomara estos centímetros y los convertirá en pasos que son cargados a los motores para moverse para que cumplan con las dimensiones requeridas y entrara en un loop de envío de secuencia de datos para el movimiento de los motores para controlar el numero de pasos sugirió poner un encoder para cada motor pero se requiere de una buena precisión y acorde a la cantidad de pasos de los motores para esto se hizo algunas cotizaciones pero su valor comercial oscila entre los 400 y 800 mil pesos, costos que no se justificarían para un emulador y además para se esto se implemento motores paso a paso que garantizan con ayuda del programa y un mantenimiento preventivo del sistema de engranaje un buen desempeño del sistema.

Finalmente el emulador cuenta con cuatro finales de carrera de seguridad y en caso que el modulo de corte se salga de los limites establecidos o se obture alguno de éstos, el emulador suspenderá la actividad devolviéndose a la posición inicial.

DIAGRAMA DE BLOQUES SISTEMA DE CONTROL:

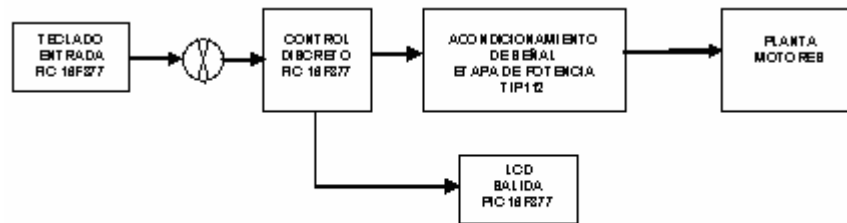


FIGURA 10: Lazo de Control

4.5 PROCESO ELECTRÓNICO

La metodología implementada durante el proyecto para la parte electrónica consistió en la elección del elemento de control que iba a tener la maquina. Elemento que tenia que ser de bajo costo, que permitiera el funcionamiento independiente de ordenadores y ofreciera fiabilidad y estabilidad del emulador.

Por estas condiciones se opto por el uso de microcontroladores, donde se obtuvo que la mejor alternativa era la del PIC 16F877A pues son microcontroladores que brindan estabilidad, cantidad suficiente de puertos para entrada y salida, junto con gran versatilidad en la programación. Con respecto a su homologado de Motorola el 68HC908GP32, que es mucho mas robusto en el manejo de puertos e interferencias externas.

Teniendo claro esto se opto por el uso del integrado 74C922 que permite la conversión a BCD de los pulsos que puede generar un teclado matricial esto con

el fin de: ahorrar líneas en el puerto que quedan disponibles para posteriores mejoras que se realicen al emulador, y el ahorro de líneas en el programa pues ya no es necesario el uso de la librería que se implementa para el uso del teclado matricial con esto se logra que el programa sea mas estable y se reduce en gran cantidad la posibilidad de errores que se puedan generar por esta causa.

Posterior a esto se continuó con la implementación de la pantalla LCD que permitiera la visualización del estado y los datos ingresados a la máquina.

Con estas condiciones claras se empezó la construcción del programa para permitir el manejo del sistema que también debe controlar: dos motores paso a paso que se encargarían del movimiento en los ejes X y Y, los finales de carrera que detienen el proceso en caso de ser activados esto con el fin de evaluar que la maquina se perdiera.

Ya posterior a esto era necesario el diseño de una etapa de potencia para los motores paso a paso que requería un buen flujo de corriente para así generar el troqué necesario para mover la estructura mecánica que ya estaba diseñada.

Las conexiones electrónicas son las que corresponden a las respectivas polarizaciones del microcontrolador, LCD, teclado matricial, y transistores en corte y saturación, estas consultadas bibliografías que se citan en este documento.

DIAGRAMA ELECTRÓNICO.

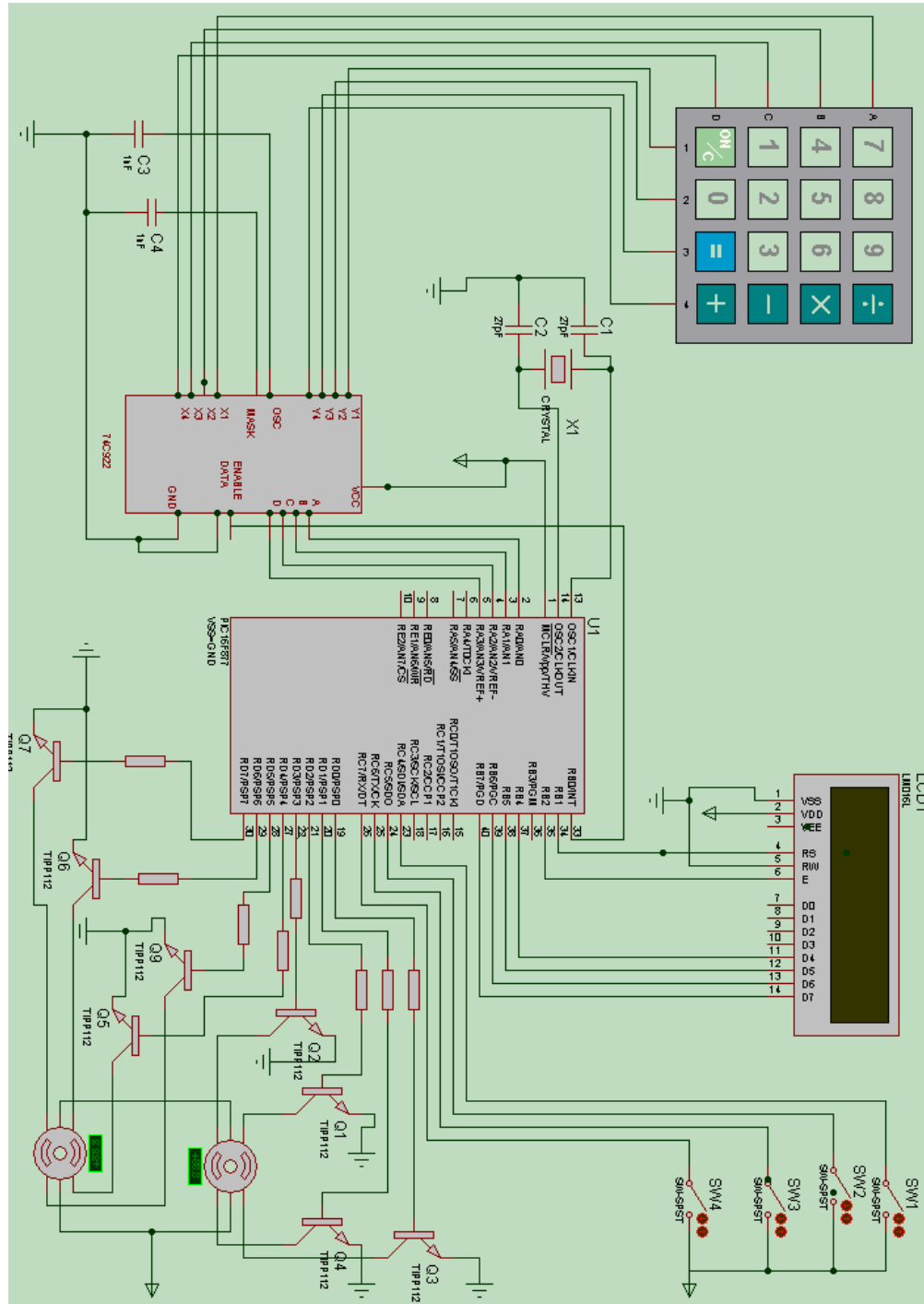
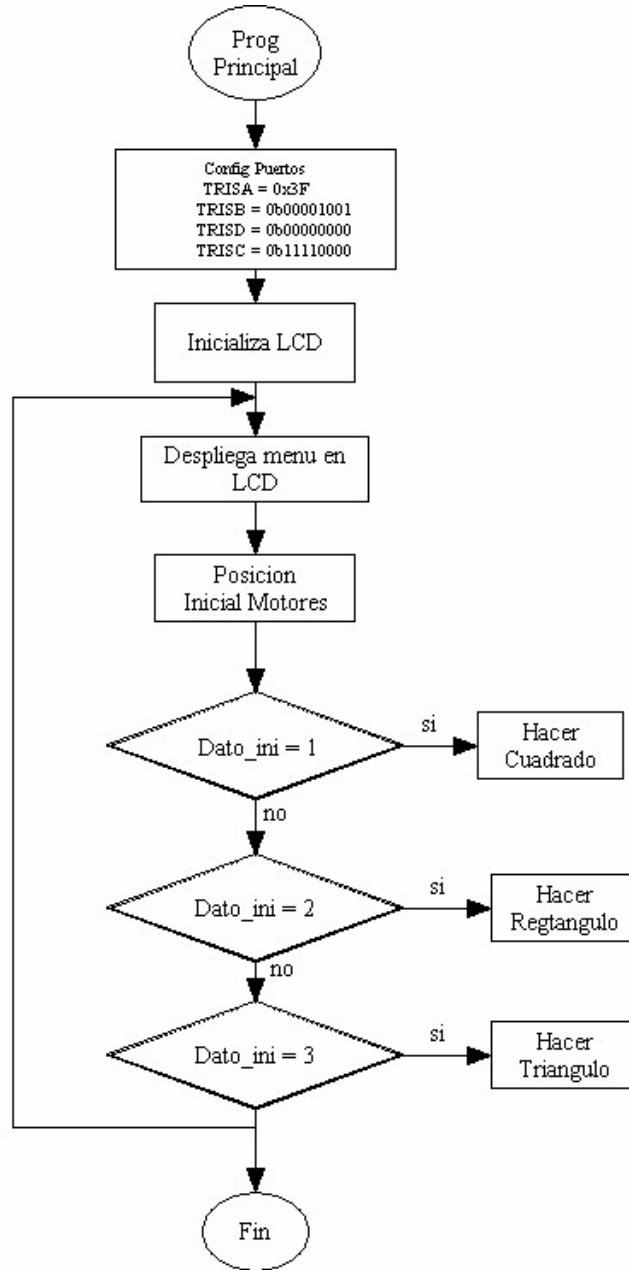
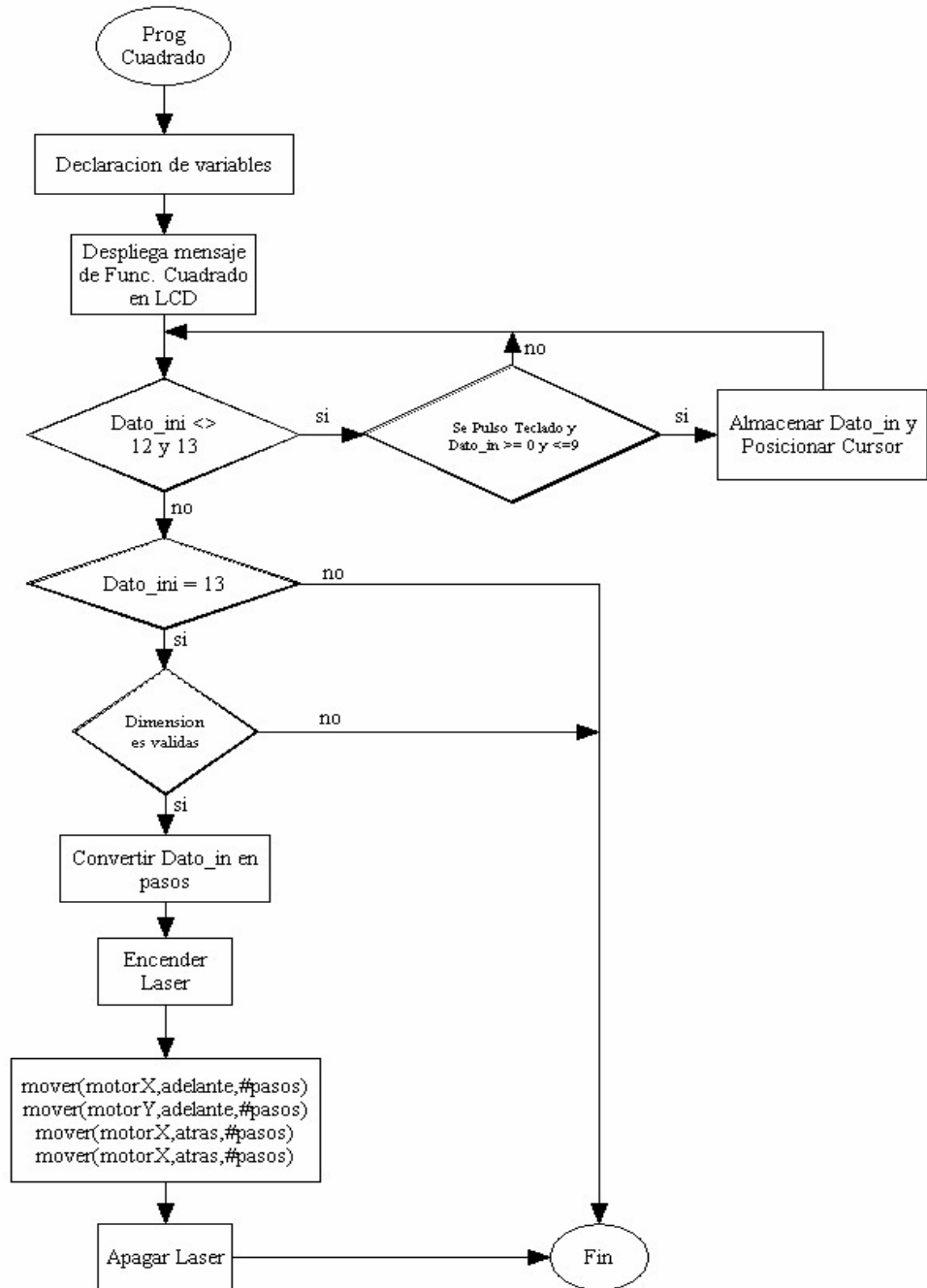


FIGURA 11: Diagrama electrónico

**FIGURA 12: DIAGRAMA DE FLUJO
PROGRAMA PRINCIPAL**



**FIGURA 13: DIAGRAMA DE FLUJO
PROGRAMA CUADRADO**



**FIGURA 14: DIAGRAMA DE FLUJO
PROGRAMA RECTÁNGULO**

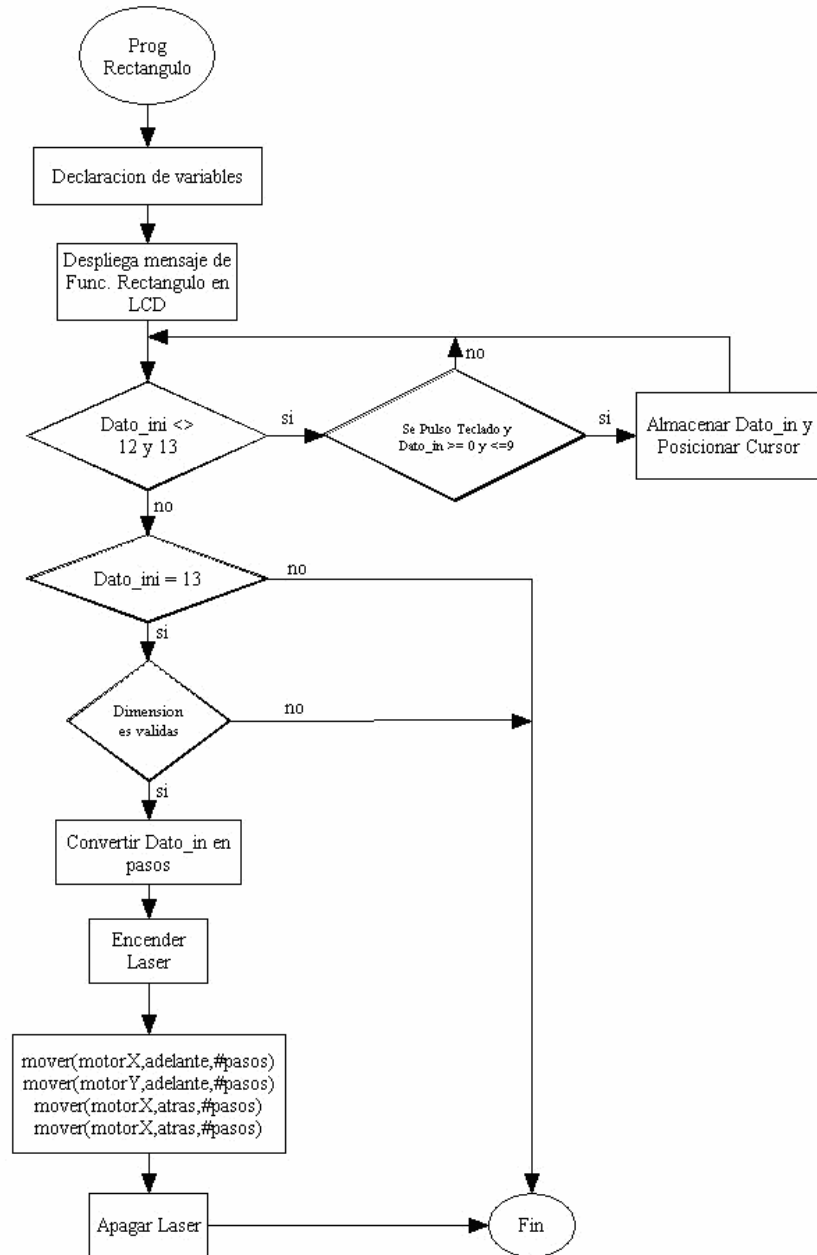
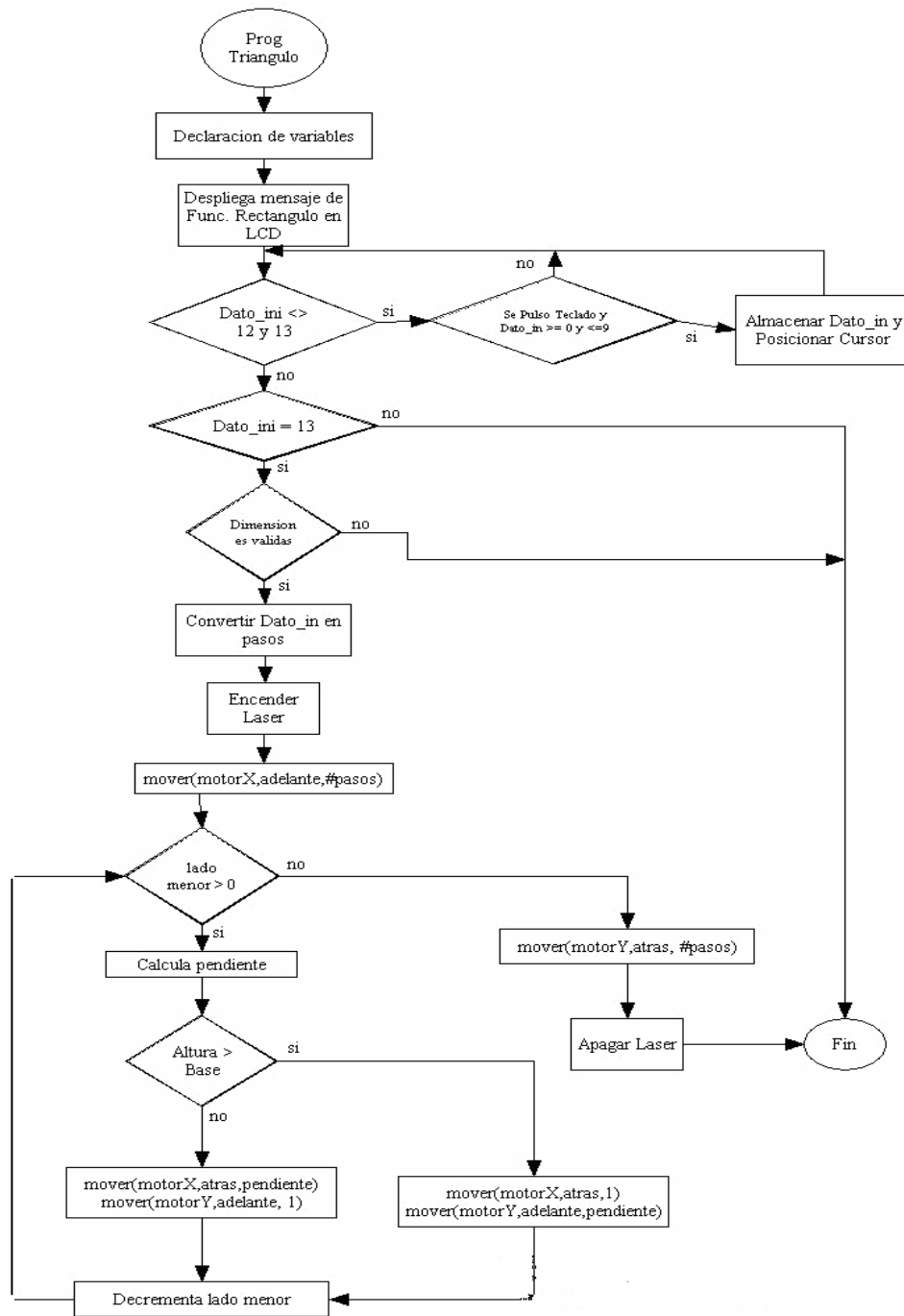


FIGURA 15: DIAGRAMA DE FLUJO

PROGRAMA TRIÁNGULO-RECTÁNGULO



5. CONCLUSIONES

- Se logró la construcción de un emulador que permite el análisis de una cortadora de papel con sistema láser convirtiéndose de esta manera en un aporte tecnológico para la industria de las artes gráficas, puesto que este elemento cuenta con un tamaño operativo de 18 x 22cm.
- El diseño de este emulador, constituye un aporte tecnológico a las pequeñas y medianas industrias de las artes gráficas, ya que este mecanismo para emular el corte de papel, es una alternativa de bajo costo, totalmente dependiente de un microcontrolador que se puede utilizar en las pequeñas empresas dedicadas a las artes gráficas ofreciendo un buen rendimiento y calidad para la presentación final de los trabajos.
- La maquina que se obtuvo con el desarrollo de este proyecto es controlada de manera electrónica, teniendo como base un microcontrolador, que en conjunto con un teclado matricial y una pantalla LCD permite al usuario una interacción sencilla con el aparato, que se encarga de realizar un proceso mecánico de manera eficiente como lo haría una guillotina con láser de corte.
- El dispositivo que permite la construcción de las siluetas de: cuadrados, rectángulos y triángulos-rectángulos, esto mediante control discreto que obedece a un sistema de lazo abierto porque se emplean motores paso a paso que ofrecen fiabilidad sin la necesaria realimentación requerida por

los motores convencionales para conseguir la garantía de calidad requerida por las PYMES dedicadas a las artes gráficas.

- Esta propuesta enfocada al control e instrumentación de procesos, explica el diseño, elaboración y funcionamiento del dispositivo, porque esta se basa en un sistema de control de lazo abierto debido a que se requería de un proceso automático de bajo costo, que permitiera el reconocimiento del funcionamiento de una guillotina para papel con sistema láser.
- El sistema que se implemento es un sistema que para la actualidad de las PYMES vinculadas a las artes gráficas en Colombia es un sistema de vanguardia que permitirá un gran avance de estas industrias pues los sistemas de corte siendo tan indispensables no han estado cercanos de las ultimas tecnologías por el elevado costo de estas.
- El diseño de maquinas de este tipo que no dependan de un ordenador reduce costos y tiene respuesta efectiva del sistema. Pero se convierte en un limitante en cuanto a la variedad de formas que puede trabajar el sistema manteniendo la autonomía y estructura del dispositivo.

6. RECOMENDACIONES

- El tamaño y el área de corte con el que trabaja el dispositivo es dependiente de la estructura física, por lo tanto si fuera necesaria una máquina que realice cortes de mayor tamaño es indispensable diseñar un banco de trabajo de mayor envergadura, con los ajustes mecánicos necesarios, pero la base electrónica se mantendría.
- En una estructura más grande, la implementación de encoders se hace indispensable porque hay mayor posibilidad de error por causas mecánicas.
- Para realizar mejoras a este programa, se sugiere hacerlo por medio de nuevas librerías que son llamadas en el programa principal, no se recomiendan cambios directos sobre el programa principal.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ ENRÍQUEZ HARPER, G. El ABC de la Instrumentación en el Control de procesos Industriales, Limusa Noriega Editores, Balderas 95, México D.F., 2004.
- ✓ PALACIOS, Enrique y otros, Microcontrolador PIC16f84. Desarrollo de proyectos, Grupo Editor Alfaomega, Primera edicion, México, Agosto 2004.
- ✓ TERRY, Godfrey. Lenguaje ensamblador para microcomputadoras IBM, México, PerticeHall, 1991.
- ✓ USCATEGUI, José María, Microcontroladores Pic, Diseño Práctico de Aplicaciones, 2da edicion, México, 2003.
- ✓ C: Manual de referencia segunda edición, Ebert Shildt, España.
- ✓ ECG.
- ✓ Revista. Artes Graficas, Vol. 38, Edición 1. Enero 2004.
- ✓ Revista. Artes Graficas, Vol. 38, Edición 3. Marzo 2004.
- ✓ Revista, Saber Electrónica, Año 14, N° 2. Enero 2003.

- ✓ Revista. Artes Graficas, Vol. 37 Edición 8, agosto 2003.
- ✓ Revista. Artes Graficas, Vol. 37 Edición 10, octubre 2003.
- ✓ Revista, Saber Electrónica, Microprocesadores y Microcontroladores, Vol. 16, Editorial Televisa Internacional, 2002.
- ✓ GONZÁLEZ, Felipe y HERNÁNDEZ, Jorge, Curso Práctico de electrónica Digital y circuitos integrados, Cekit, Vol. 3, fascículo 25, Colombia 1998.
- ✓ _____, Curso Práctico de electrónica Digital y circuitos integrados, Cekit, Vol. 3, fascículo 26, Colombia 1998.
- ✓ www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf 15 de noviembre 2006.
- ✓ www.lexicool.com/dlink.asp 10 de noviembre 2006.
- ✓ www.foroselectronica.com 20 de marzo 2006
- ✓ www.todopic.ar 15 de julio de 2005
- ✓ www.xrobotics.com 30 de mayo de 2005.
- ✓ www.drupa.com 7 agosto de 2005.
- ✓ www.artesgraficas.com 20 febrero 2005

ANEXOS

INFORMACIÓN PIC 16F877A



PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F876A
- PIC16F874A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory, Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM), Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during Sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/RSIC) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

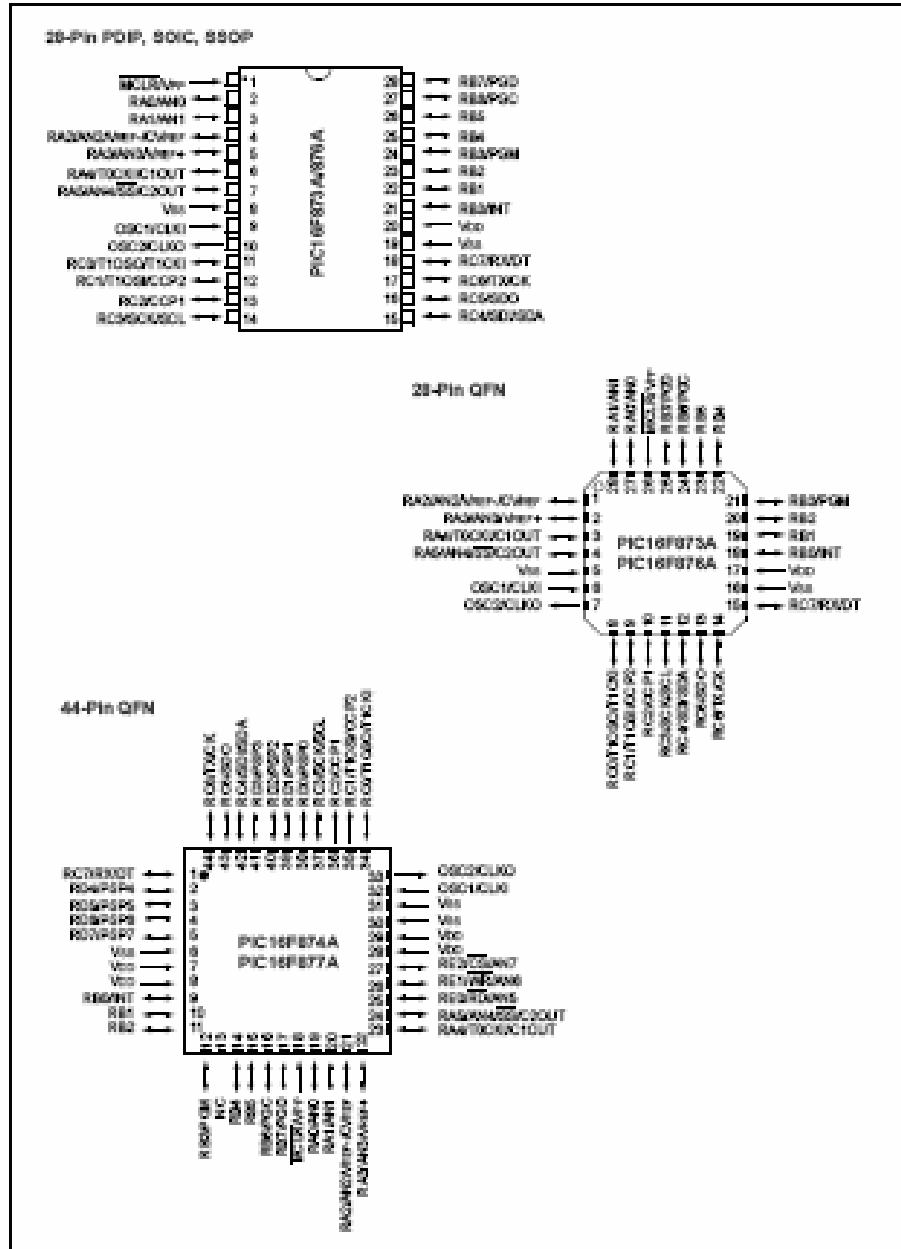
CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I ² C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.2K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.2K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

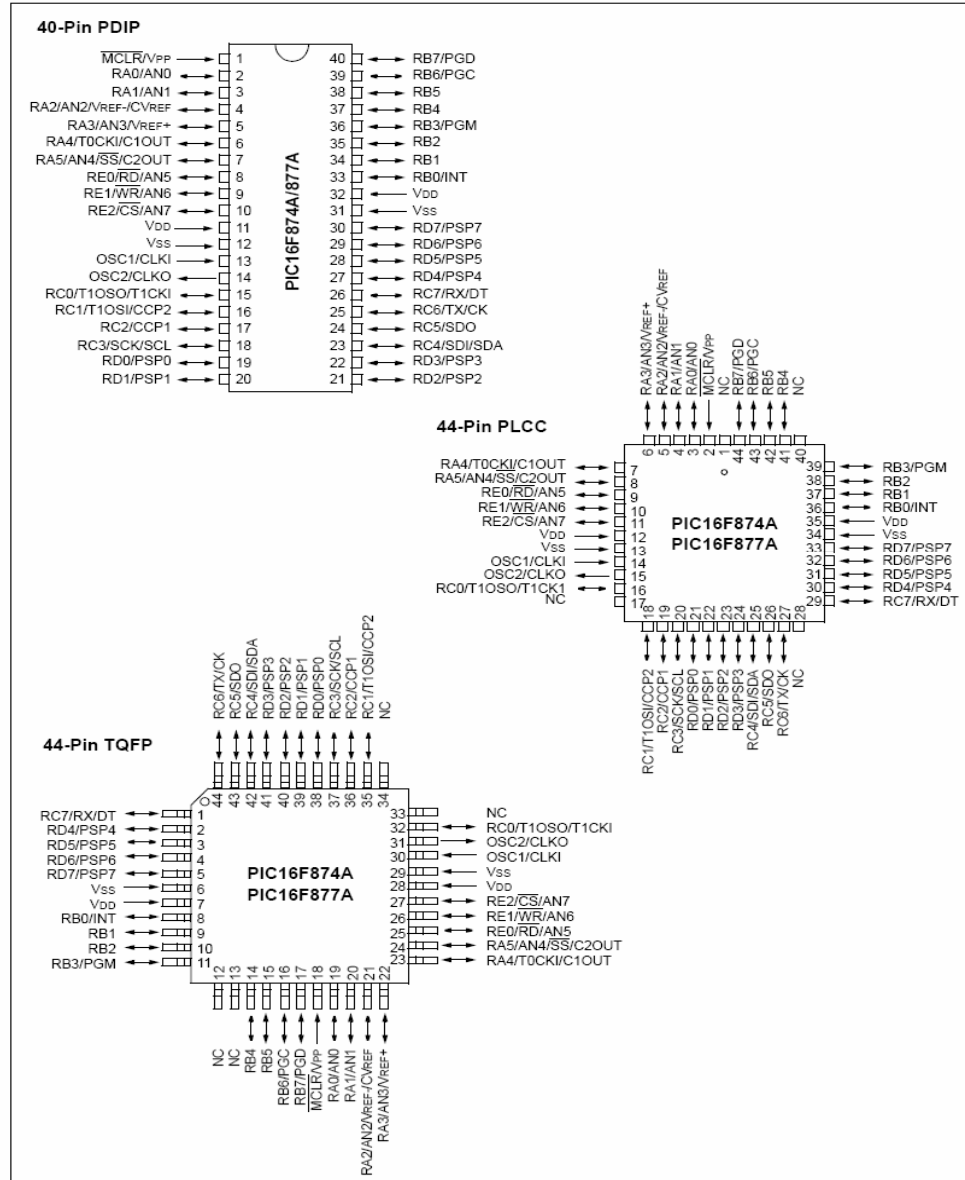
PIC16F87XA

Pin Diagrams



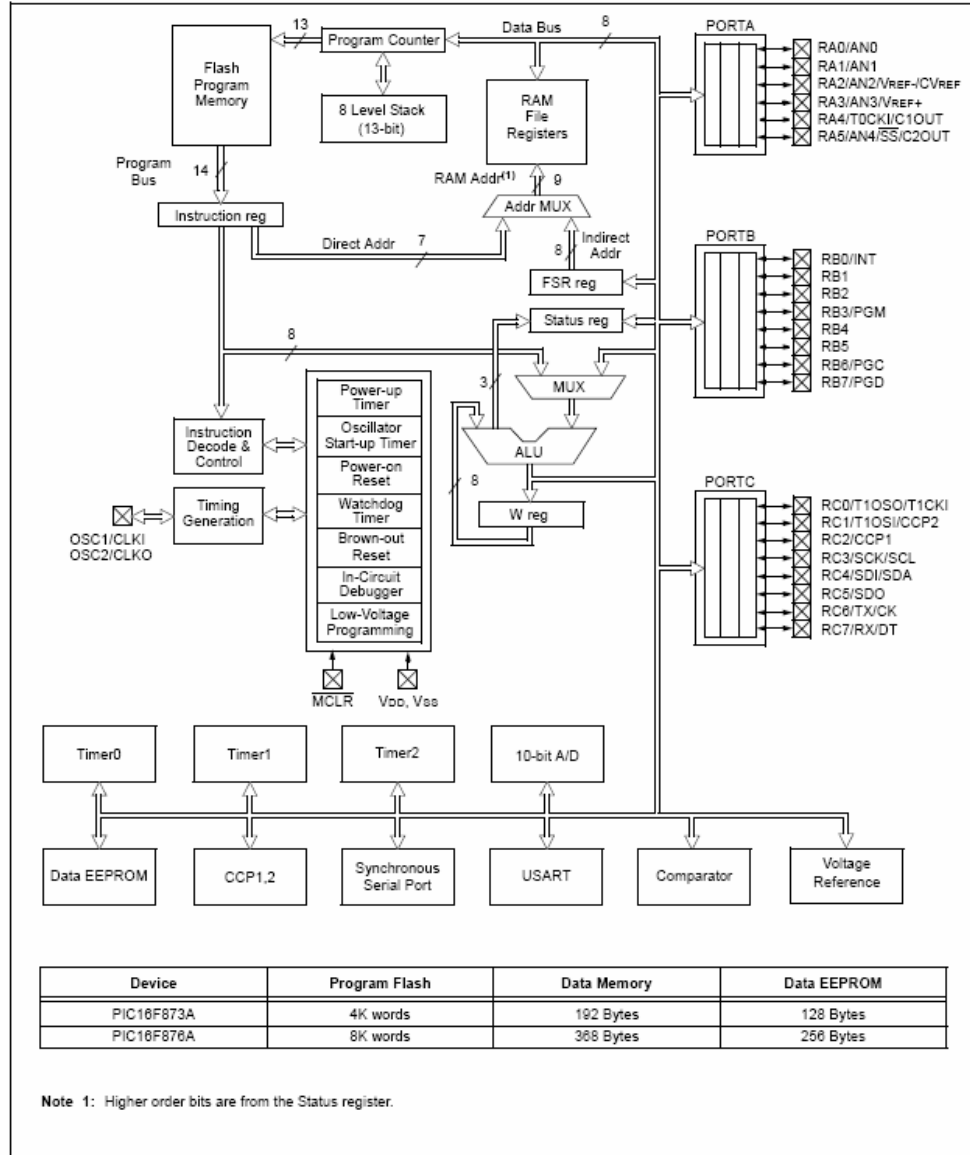
PIC16F87XA

Pin Diagrams (Continued)



PIC16F87XA

FIGURE 1-1: PIC16F873A/876A BLOCK DIAGRAM



PIC16F87XA

TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP, SOIC, SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI OSC1 CLKI	9	6	I I	ST/CMOS ⁽³⁾	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO OSC2 CLKO	10	7	O O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/Vpp MCLR Vpp	1	26	I P	ST	Master Clear (input) or programming voltage (output). Master Clear (Reset) input. This pin is an active low Reset to the device. Programming voltage input.
RA0/AN0 RA0 AN0	2	27	I/O I	TTL	PORTA is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Analog input 0.
RA1/AN1 RA1 AN1	3	28	I/O I	TTL	
RA2/AN2/VREF- CVREF RA2 AN2 VREF- CVREF	4	1	I/O I I O	TTL	
RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+	5	2	I/O I I	TTL	
RA4/T0CKI/C1OUT RA4 T0CKI C1OUT	6	3	I/O I O	ST	
RA5/AN4/SS/C2OUT RA5 AN4 SS C2OUT	7	4	I/O I I O	TTL	

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP, SOIC, SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	21	18	I/O I	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-ups on all inputs. Digital I/O. External interrupt.
RB1	22	19	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	23	20	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	24	21	I/O I	TTL	Digital I/O. Low-voltage (single-supply) ICSP programming enable pin.
RB4	25	22	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	26	23	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	27	24	I/O I	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	28	25	I/O I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	11	8	I/O O I	ST	PORTC is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	12	9	I/O I I/O	ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	13	10	I/O I/O	ST	Digital I/O. Capture1 input, Compare1 output, PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	14	11	I/O I/O I/O	ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I ² C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	15	12	I/O I I/O	ST	Digital I/O. SPI data in. I ² C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	16	13	I/O O	ST	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	17	14	I/O O I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART1 synchronous clock.
RC7/RX/DT RC7 RX DT	18	15	I/O I I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data.
V _{SS}	8, 19	5, 6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
V _{DD}	20	17	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI OSC1 CLKI	13	14	30	32	I I	ST/CMOS ⁽⁴⁾	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO OSC2 CLKO	14	15	31	33	O O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/Vpp MCLR Vpp	1	2	18	18	I P	ST	Master Clear (input) or programming voltage (output). Master Clear (Reset) input. This pin is an active low Reset to the device. Programming voltage input.
RA0/AN0 RA0 AN0 RA1/AN1 RA1 AN1 RA2/AN2/VREF-/CVREF RA2 AN2 VREF- CVREF RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+ RA4/T0CKI/C1OUT RA4 T0CKI C1OUT RA5/AN4/SS/C2OUT RA5 AN4 SS C2OUT	2 3 4 5 6 7	3 4 5 6 7 8	19 20 21 22 23 24	19 20 21 22 23 24	I/O I I/O I I/O I I O I/O I I O I/O I I O	TTL TTL TTL TTL ST TTL	PORTA is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Analog input 0. Digital I/O. Analog input 1. Digital I/O. Analog input 2. A/D reference voltage (Low) input. Comparator VREF output. Digital I/O. Analog input 3. A/D reference voltage (High) input. Digital I/O – Open-drain when configured as output. Timer0 external clock input. Comparator 1 output. Digital I/O. Analog input 4. SPI slave select input. Comparator 2 output.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	33	36	8	9	I/O I	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. Digital I/O. External interrupt.
RB1	34	37	9	10	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	35	38	10	11	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	36	39	11	12	I/O I	TTL	Digital I/O. Low-voltage ICSP programming enable pin.
RB4	37	41	14	14	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	38	42	15	15	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	39	43	16	16	I/O I	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	40	44	17	17	I/O I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	15	16	32	34	I/O O I	ST	PORTC is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	16	18	35	35	I/O I I/O	ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 out
RC2/CCP1 RC2 CCP1	17	19	36	36	I/O I/O	ST	Digital I/O. Capture1 input, Compare1 output, PWM1 out
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	18	20	37	37	I/O I/O I/O	ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I ² C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	23	25	42	42	I/O I I/O	ST	Digital I/O. SPI data in. I ² C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	24	26	43	43	I/O O	ST	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	25	27	44	44	I/O O I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART1 synchronous clock.
RC7/RX/DT RC7 RX DT	26	29	1	1	I/O I I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RD0/PSP0 RD0 PSP0	19	21	38	38	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTD is a bidirectional I/O port or Parallel Slave Port when interfacing to a microprocessor bus. Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD1/PSP1 RD1 PSP1	20	22	39	39	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD2/PSP2 RD2 PSP2	21	23	40	40	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD3/PSP3 RD3 PSP3	22	24	41	41	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD4/PSP4 RD4 PSP4	27	30	2	2	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD5/PSP5 RD5 PSP5	28	31	3	3	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD6/PSP6 RD6 PSP6	29	32	4	4	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD7/PSP7 RD7 PSP7	30	33	5	5	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RE0/RD/AN5 RE0 RD AN5	8	9	25	25	I/O I I	ST/TTL ⁽³⁾	PORTE is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Read control for Parallel Slave Port. Analog input 5.
RE1/WR/AN6 RE1 WR AN6	9	10	26	26	I/O I I	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Write control for Parallel Slave Port. Analog input 6.
RE2/CS/AN7 RE2 CS AN7	10	11	27	27	I/O I I	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Chip select control for Parallel Slave Port. Analog input 7.
V _{SS}	12, 31	13, 34	6, 29	6, 30, 31	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
V _{DD}	11, 32	12, 35	7, 28	7, 8, 28, 29	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1, 17, 28, 40	12, 13, 33, 34	13	—	—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

FIGURE 2-3: PIC16F876A/877A REGISTER FILE MAP

File Address	File Address	File Address	File Address
Indirect addr. ^(*) 00h	Indirect addr. ^(*) 80h	Indirect addr. ^(*) 100h	Indirect addr. ^(*) 180h
TMR0 01h	OPTION_REG 81h	TMR0 101h	OPTION_REG 181h
PCL 02h	PCL 82h	PCL 102h	PCL 182h
STATUS 03h	STATUS 83h	STATUS 103h	STATUS 183h
FSR 04h	FSR 84h	FSR 104h	FSR 184h
PORTA 05h	TRISA 85h		
PORTB 06h	TRISB 86h	PORTB 106h	TRISB 186h
PORTC 07h	TRISC 87h		
PORTD ⁽¹⁾ 08h	TRISD ⁽¹⁾ 88h		
PORTE ⁽¹⁾ 09h	TRISE ⁽¹⁾ 89h		
PCLATH 0Ah	PCLATH 8Ah	PCLATH 10Ah	PCLATH 18Ah
INTCON 0Bh	INTCON 8Bh	INTCON 10Bh	INTCON 18Bh
PIR1 0Ch	PIE1 8Ch	EEDATA 10Ch	EECON1 18Ch
PIR2 0Dh	PIE2 8Dh	EEADR 10Dh	EECON2 18Dh
TMR1L 0Eh	PCON 8Eh	EEDATH 10Eh	Reserved ⁽²⁾ 18Eh
TMR1H 0Fh		EEADRH 10Fh	Reserved ⁽²⁾ 18Fh
T1CON 10h			
TMR2 11h	SSPCON2 91h		
T2CON 12h	PR2 92h		
SSPBUF 13h	SSPAD 93h		
SSPCON 14h	SSPSTAT 94h		
CCPR1L 15h			
CCPR1H 16h			
CCP1CON 17h			
RCSTA 18h	TXSTA 98h	General Purpose Register 16 Bytes 117h-119h	General Purpose Register 16 Bytes 197h-199h
TXREG 19h	SPBRG 99h		
RCREG 1Ah			
CCPR2L 1Bh			
CCPR2H 1Ch	CMCON 9Ch		
CCP2CON 1Dh	CVRCON 9Dh		
ADRESH 1Eh	ADRESL 9Eh		
ADCON0 1Fh	ADCON1 9Fh		
General Purpose Register 96 Bytes 20h-7Fh	General Purpose Register 80 Bytes A0h-EFh	General Purpose Register 80 Bytes 120h-16Fh	General Purpose Register 80 Bytes 1A0h-1EFh
	accesses 70h-7Fh F0h-FFh	accesses 70h-7Fh 170h-17Fh	accesses 70h-7Fh 1F0h-1FFh
Bank 0	Bank 1	Bank 2	Bank 3

Unimplemented data memory locations, read as '0'.
 * Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F876A.
Note 2: These registers are reserved; maintain these registers clear.

PIC16F87XA

FIGURE 2-4: PIC16F873A/874A REGISTER FILE MAP

File Address		File Address		File Address		File Address	
Indirect addr. ^(*)	00h	Indirect addr. ^(*)	80h	Indirect addr. ^(*)	100h	Indirect addr. ^(*)	180h
TMR0	01h	OPTION_REG	81h	TMR0	101h	OPTION_REG	181h
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h
PORTC	07h	TRISC	87h		107h		187h
PORTD ⁽¹⁾	08h	TRISD ⁽¹⁾	88h		108h		188h
PORTE ⁽¹⁾	09h	TRISE ⁽¹⁾	89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved ⁽²⁾	18Eh
TMR1H	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved ⁽²⁾	18Fh
T1CON	10h		90h		110h		190h
TMR2	11h	SSPCON2	91h				
T2CON	12h	PR2	92h				
SSPBUF	13h	SSPADD	93h				
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h				
CCPR1L	15h		95h				
CCPR1H	16h		96h				
CCP1CON	17h		97h				
RCSTA	18h	TXSTA	98h				
TXREG	19h	SPBRG	99h				
RCREG	1Ah		9Ah				
CCPR2L	1Bh		9Bh				
CCPR2H	1Ch	CMCON	9Ch				
CCP2CON	1Dh	CVRCON	9Dh				
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh				
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh				
	20h		A0h		120h		1A0h
General Purpose Register 96 Bytes		General Purpose Register 96 Bytes		accesses 20h-7Fh		accesses A0h - FFh	
	7Fh		FFh		16Fh 170h 17Fh		1EFh 1F0h 1FFh
Bank 0		Bank 1		Bank 2		Bank 3	

Unimplemented data memory locations, read as '0'.
^{*} Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F873A.
Note 2: These registers are reserved; maintain these registers clear.

INFORMACIÓN

TIP112

TIP110, TIP111, TIP112 (NPN); TIP115, TIP116, TIP117 (PNP)

TIP111, TIP112, TIP116, and TIP117 are Preferred Devices

Plastic Medium-Power Complementary Silicon Transistors

Designed for general-purpose amplifier and low-speed switching applications.

Features

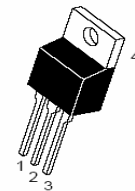
- High DC Current Gain –
 $h_{FE} = 2500$ (Typ) @ I_C
= 1.0 Adc
- Collector–Emitter Sustaining Voltage – @ 30 mA dc
 $V_{CE(sus)} = 60$ Vdc (Min) – TIP110, TIP115
= 80 Vdc (Min) – TIP111, TIP116
= 100 Vdc (Min) – TIP112, TIP117
- Low Collector–Emitter Saturation Voltage –
 $V_{CE(sat)} = 2.5$ Vdc (Max) @ I_C
= 2.0 Adc
- Monolithic Construction with Built-in Base–Emitter Shunt Resistors
- Pb–Free Packages are Available*



ON Semiconductor®

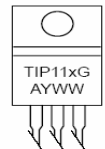
<http://onsemi.com>

**DARLINGTON
2 AMPERE
COMPLEMENTARY SILICON
POWER TRANSISTORS
60–80–100 VOLTS, 50 WATTS**



TO-220AB
CASE 221A
STYLE 1

MARKING
DIAGRAM



TIP11x = Device Code
x = 0, 1, 2, 5, 6, or 7
A = Assembly Location
Y = Year
WW = Work Week
G = Pb–Free Package

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 2 of this data sheet.

Preferred devices are recommended choices for future use and best overall value.

*For additional information on our Pb–Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

TIP110, TIP111, TIP112 (NPN); TIP115, TIP116, TIP117 (PNP)

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	TIP110, TIP115	TIP111, TIP116	TIP112, TIP117	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	60	80	100	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CB}	60	80	100	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB}	5.0			Vdc
Collector Current - Continuous - Peak	I_C	2.0 4.0			Adc
Base Current	I_B	50			mAdc
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	50 0.4			W W/ $^\circ\text{C}$
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	2.0 0.016			W W/ $^\circ\text{C}$
Unclamped Inductive Load Energy - Figure 13	E	25			mJ
Operating and Storage Junction	T_J, T_{stg}	-65 to +150			$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristics	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	2.5	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	62.5	$^\circ\text{C/W}$

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
TIP110	TO-220	50 Units / Rail
TIP110G	TO-220 (Pb-Free)	50 Units / Rail
TIP111	TO-220	50 Units / Rail
TIP111G	TO-220 (Pb-Free)	50 Units / Rail
TIP112	TO-220	50 Units / Rail
TIP112G	TO-220 (Pb-Free)	50 Units / Rail
TIP115	TO-220	50 Units / Rail
TIP115G	TO-220 (Pb-Free)	50 Units / Rail
TIP116	TO-220	50 Units / Rail
TIP116G	TO-220 (Pb-Free)	50 Units / Rail
TIP117	TO-220	50 Units / Rail
TIP117G	TO-220 (Pb-Free)	50 Units / Rail

TIP110, TIP111, TIP112 (NPN); TIP115, TIP116, TIP117 (PNP)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit	
OFF CHARACTERISTICS					
Collector-Emitter Sustaining Voltage (Note 1) ($I_C = 30\text{ mAdc}$, $I_B = 0$)	TIP110, TIP115 TIP111, TIP116 TIP112, TIP117	$V_{CE0(sus)}$	60 80 100	- - -	Vdc
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 30\text{ Vdc}$, $I_B = 0$) ($V_{CE} = 40\text{ Vdc}$, $I_B = 0$) ($V_{CE} = 50\text{ Vdc}$, $I_B = 0$)	TIP110, TIP115 TIP111, TIP116 TIP112, TIP117	I_{CEO}	- - -	2.0 2.0 2.0	mAdc
Collector Cutoff Current ($V_{CB} = 60\text{ Vdc}$, $I_E = 0$) ($V_{CB} = 80\text{ Vdc}$, $I_E = 0$) ($V_{CB} = 100\text{ Vdc}$, $I_E = 0$)	TIP110, TIP115 TIP111, TIP116 TIP112, TIP117	I_{CBO}	- - -	1.0 1.0 1.0	mAdc
Emitter Cutoff Current ($V_{BE} = 5.0\text{ Vdc}$, $I_C = 0$)		I_{EBO}	-	2.0	mAdc
ON CHARACTERISTICS (Note 1)					
DC Current Gain ($I_C = 1.0\text{ Adc}$, $V_{CE} = 4.0\text{ Vdc}$) ($I_C = 2.0\text{ Adc}$, $V_{CE} = 4.0\text{ Vdc}$)		h_{FE}	1000 500	- -	-
Collector-Emitter Saturation Voltage ($I_C = 2.0\text{ Adc}$, $I_B = 8.0\text{ mAdc}$)		$V_{CE(sat)}$	-	2.5	Vdc
Base-Emitter On Voltage ($I_C = 2.0\text{ Adc}$, $V_{CE} = 4.0\text{ Vdc}$)		$V_{BE(on)}$	-	2.8	Vdc
DYNAMIC CHARACTERISTICS					
Small-Signal Current Gain ($I_C = 0.75\text{ Adc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$, $f = 1.0\text{ MHz}$)		h_{fe}	25	-	-
Output Capacitance ($V_{CB} = 10\text{ Vdc}$, $I_E = 0$, $f = 0.1\text{ MHz}$)	TIP115, TIP116, TIP117 TIP110, TIP111, TIP112	C_{ob}	- -	200 100	pF

1. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\ \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2\%$.

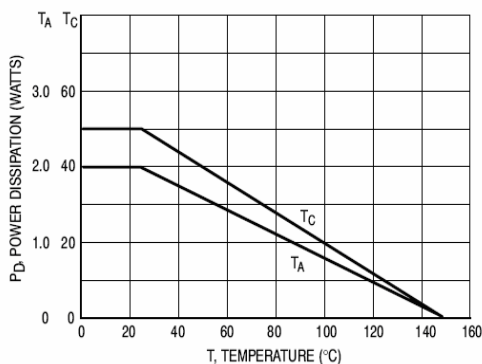


Figure 1. Power Derating

TIP110, TIP111, TIP112 (NPN); TIP115, TIP116, TIP117 (PNP)

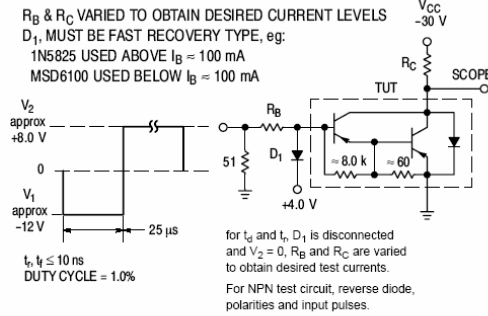


Figure 2. Switching Times Test Circuit

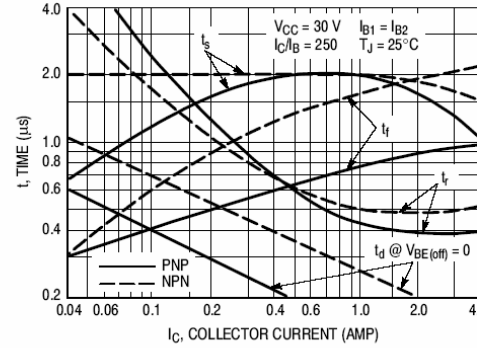


Figure 3. Switching Times

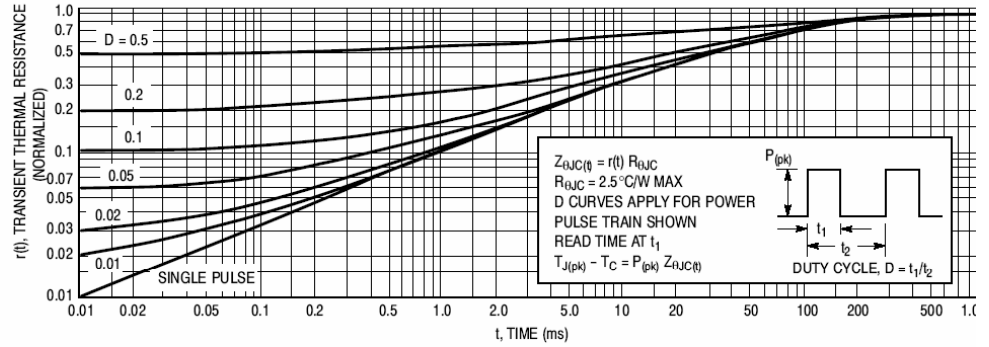


Figure 4. Thermal Response

TIP110, TIP111, TIP112 (NPN); TIP115, TIP116, TIP117 (PNP)

ACTIVE-REGION SAFE-OPERATING AREA

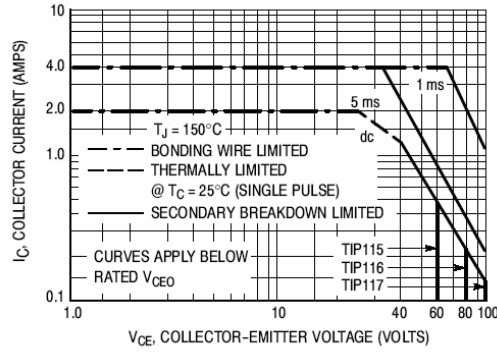


Figure 5. TIP115, 116, 117

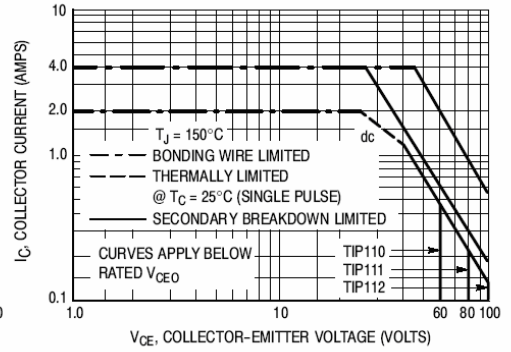


Figure 6. TIP110, 111, 112

There are two limitations on the power handling ability of a transistor: average junction temperature and second breakdown. Safe operating area curves indicate $I_C - V_{CE}$ limits of the transistor that must be observed for reliable operation; i.e., the transistor must not be subjected to greater dissipation than the curves indicate.

The data of Figures 5 and 6 is based on $T_{J(pk)} = 150^\circ\text{C}$; T_C is variable depending on conditions. Second breakdown pulse limits are valid for duty cycles to 10% provided $T_{J(pk)} < 150^\circ\text{C}$. $T_{J(pk)}$ may be calculated from the data in Figure 4. At high case temperatures, thermal limitations will reduce the power that can be handled to values less than the limitations imposed by second breakdown.

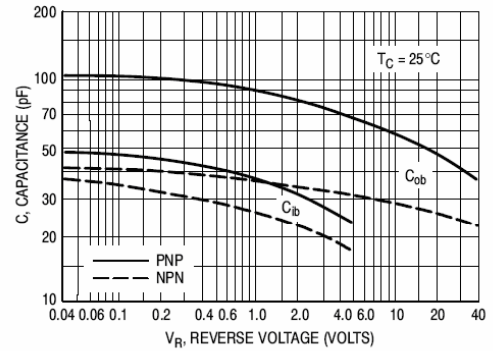


Figure 7. Capacitance

TIP110, TIP111, TIP112 (NPN); TIP115, TIP116, TIP117 (PNP)

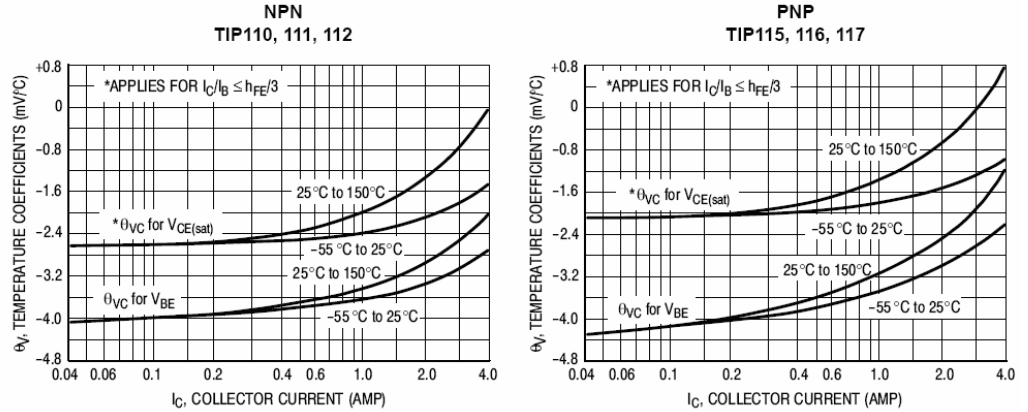


Figure 11. Temperature Coefficients

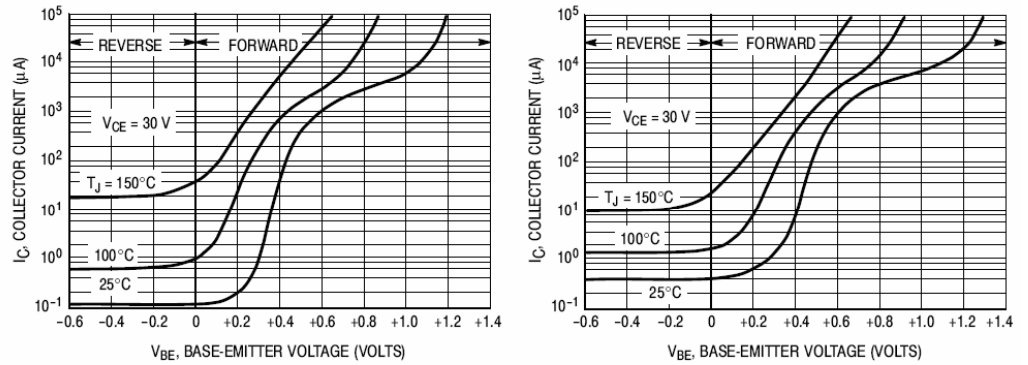


Figure 12. Collector Cut-Off Region

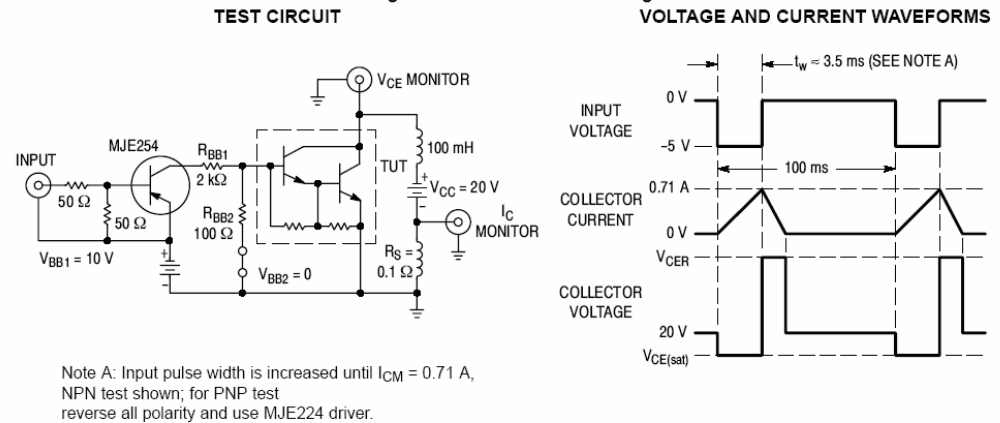
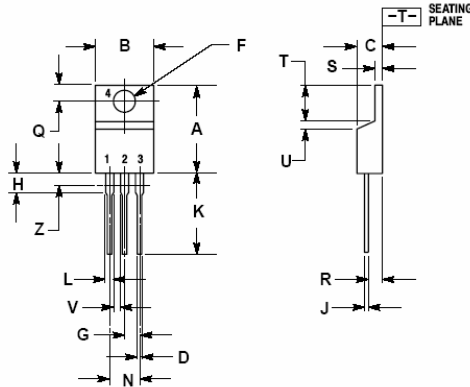


Figure 13. Inductive Load Switching

TIP110, TIP111, TIP112 (NPN); TIP115, TIP116, TIP117 (PNP)

PACKAGE DIMENSIONS

TO-220
CASE 221A-09
ISSUE AA



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION Z DEFINES A ZONE WHERE ALL BODY AND LEAD IRREGULARITIES ARE ALLOWED.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.570	0.620	14.48	15.75
B	0.380	0.405	9.66	10.28
C	0.160	0.190	4.07	4.82
D	0.025	0.035	0.64	0.88
F	0.142	0.147	3.61	3.73
G	0.095	0.105	2.42	2.66
H	0.110	0.155	2.80	3.93
J	0.018	0.025	0.46	0.64
K	0.500	0.562	12.70	14.27
L	0.045	0.060	1.15	1.52
N	0.190	0.210	4.83	5.33
Q	0.100	0.120	2.54	3.04
R	0.080	0.110	2.04	2.79
S	0.045	0.055	1.15	1.39
T	0.235	0.255	5.97	6.47
U	0.000	0.050	0.00	1.27
V	0.045	---	1.15	---
Z	---	0.080	---	2.04

- STYLE 1:
PIN 1: BASE
2: COLLECTOR
3: EMITTER
4: COLLECTOR

ON Semiconductor and are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:
Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 61312, Phoenix, Arizona 85062-1312 USA
Phone: 480-829-7710 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 480-829-7709 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada

Japan: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center
2-9-1 Kamimeguro, Meguro-ku, Tokyo, Japan 153-0051
Phone: 81-3-5773-3850

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

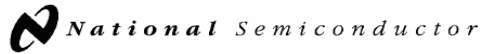
Order Literature: <http://www.onsemi.com/litorder>

For additional information, please contact your local Sales Representative.

TIP110/D

INFORMACIÓN

74C922



July 1993

MM54C922/MM74C922 16-Key Encoder MM54C923/MM74C923 20-Key Encoder

General Description

These CMOS key encoders provide all the necessary logic to fully encode an array of SPST switches. The keyboard scan can be implemented by either an external clock or external capacitor. These encoders also have on-chip pull-up devices which permit switches with up to 50 k Ω on resistance to be used. No diodes in the switch array are needed to eliminate ghost switches. The internal debounce circuit needs only a single external capacitor and can be defeated by omitting the capacitor. A Data Available output goes to a high level when a valid keyboard entry has been made. The Data Available output returns to a low level when the entered key is released, even if another key is depressed. The Data Available will return high to indicate acceptance of the new key after a normal debounce period; this two-key rollover is provided between any two switches.

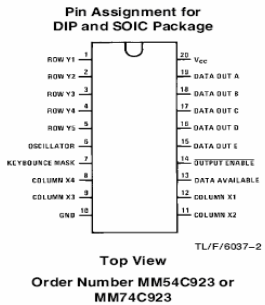
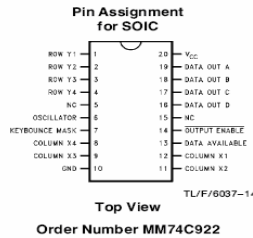
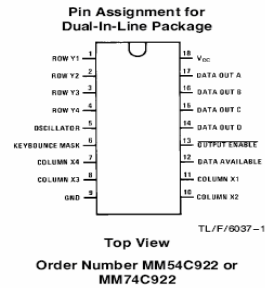
An internal register remembers the last key pressed even after the key is released. The TRI-STATE® outputs provide for easy expansion and bus operation and are LPTTL compatible.

Features

- 50 k Ω maximum switch on resistance
- On or off chip clock
- On-chip row pull-up devices
- 2 key roll-over
- Keybounce elimination with single capacitor
- Last key register at outputs
- TRI-STATE output LPTTL compatible
- Wide supply range
- Low power consumption

3V to 15V

Connection Diagrams



TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

©1993 National Semiconductor Corporation TL/F/6037

FRD-B30M105/Printed in U. S. A.

MM54C922/MM74C922 16-Key Encoder, MM54C923/MM74C923 20-Key Encoder

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Voltage at Any Pin	$V_{CC} - 0.3V$ to $V_{CC} + 0.3V$
Operating Temperature Range	
MM54C922, MM54C923	-55°C to +125°C
MM74C922, MM74C923	-40°C to +85°C

Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Power Dissipation (P_D)	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
Operating V_{CC} Range	3V to 15V
V_{CC}	18V
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	260°C

DC Electrical Characteristics Min/Max limits apply across temperature range unless otherwise specified

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
CMOS TO CMOS						
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage at Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V, I_{IN} \geq 0.7 mA$ $V_{CC} = 10V, I_{IN} \geq 1.4 mA$ $V_{CC} = 15V, I_{IN} \geq 2.1 mA$	3.0 6.0 9.0	3.6 6.8 10	4.3 8.6 12.9	V
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage at Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V, I_{IN} \geq 0.7 mA$ $V_{CC} = 10V, I_{IN} \geq 1.4 mA$ $V_{CC} = 15V, I_{IN} \geq 2.1 mA$	0.7 1.4 2.1	1.4 3.2 5	2.0 4.0 6.0	V
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V$ $V_{CC} = 10V$ $V_{CC} = 15V$	3.5 8.0 12.5	4.5 9 13.5		V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V$ $V_{CC} = 10V$ $V_{CC} = 15V$		0.5 1 1.5	1.5 2 2.5	V
I_{p}	Row Pull-Up Current at Y1, Y2, Y3, Y4 and Y5 Inputs	$V_{CC} = 5V, V_{IN} = 0.1 V_{CC}$ $V_{CC} = 10V$ $V_{CC} = 15V$		-2 -10 -22	-5 -20 -45	μA
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$V_{CC} = 5V, I_O = -10 \mu A$ $V_{CC} = 10V, I_O = -10 \mu A$ $V_{CC} = 15V, I_O = -10 \mu A$	4.5 9 13.5			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$V_{CC} = 5V, I_O = 10 \mu A$ $V_{CC} = 10V, I_O = 10 \mu A$ $V_{CC} = 15V, I_O = 10 \mu A$			0.5 1 1.5	V
R_{on}	Column "ON" Resistance at X1, X2, X3 and X4 Outputs	$V_{CC} = 5V, V_O = 0.5V$ $V_{CC} = 10V, V_O = 1V$ $V_{CC} = 15V, V_O = 1.5V$		500 300 200	1400 700 500	Ω
I_{CC}	Supply Current Osc at 0V, (one Y low)	$V_{CC} = 5V$ $V_{CC} = 10V$ $V_{CC} = 15V$		0.55 1.1 1.7	1.1 1.9 2.6	mA
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current at Output Enable	$V_{CC} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.005	1.0	μA
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current at Output Enable	$V_{CC} = 15V, V_{IN} = 0V$	-1.0	-0.005		μA
CMOS/LPTTL INTERFACE						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	54C, $V_{CC} = 4.5V$ 74C, $V_{CC} = 4.75V$	$V_{CC} - 1.5$ $V_{CC} - 1.5$			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	54C, $V_{CC} = 4.5V$ 74C, $V_{CC} = 4.75V$			0.8 0.8	V
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	54C, $V_{CC} = 4.5V$ $I_O = -360 \mu A$ 74C, $V_{CC} = 4.75V$ $I_O = -360 \mu A$	2.4 2.4			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	54C, $V_{CC} = 4.5V$ $I_O = -360 \mu A$ 74C, $V_{CC} = 4.75V$ $I_O = -360 \mu A$			0.4 0.4	V

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. Except for "Operating Temperature Range" they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

DC Electrical Characteristics

Min/Max limits apply across temperature range unless otherwise specified (Continued)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
OUTPUT DRIVE (See 54C/74C Family Characteristics Data Sheet) (Short Circuit Current)						
I_{SOURCE}	Output Source Current (P-Channel)	$V_{CC} = 5V, V_{OUT} = 0V,$ $T_A = 25^\circ C$	-1.75	-3.3		mA
I_{SOURCE}	Output Source Current (P-Channel)	$V_{CC} = 10V, V_{OUT} = 0V,$ $T_A = 25^\circ C$	-8	-15		mA
I_{SINK}	Output Sink Current (N-Channel)	$V_{CC} = 5V, V_{OUT} = V_{CC},$ $T_A = 25^\circ C$	1.75	3.6		mA
I_{SINK}	Output Sink Current (N-Channel)	$V_{CC} = 10V, V_{OUT} = V_{CC},$ $T_A = 25^\circ C$	8	16		mA

AC Electrical Characteristics* $T_A = 25^\circ C, C_L = 50$ pF, unless otherwise noted

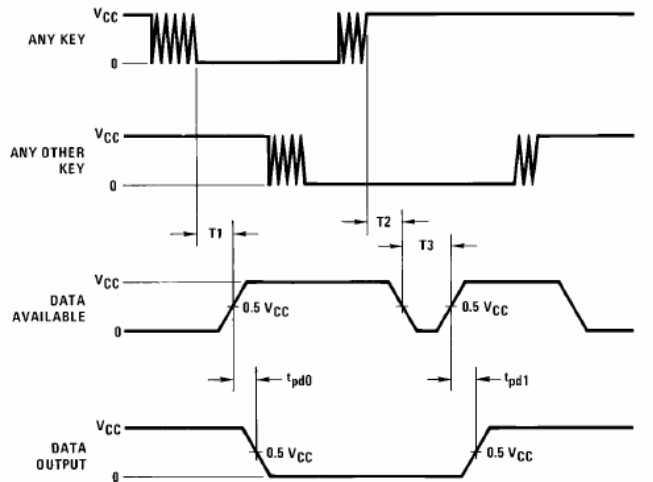
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{pd0}, t_{pd1}	Propagation Delay Time to Logical "0" or Logical "1" from D.A.	$C_L = 50$ pF (Figure 1) $V_{CC} = 5V$ $V_{CC} = 10V$ $V_{CC} = 15V$		60 35 25	150 80 60	ns ns ns
t_{OH}, t_{IH}	Propagation Delay Time from Logical "0" or Logical "1" into High Impedance State	$R_L = 10k, C_L = 10$ pF (Figure 2) $V_{CC} = 5V, R_L = 10k$ $V_{CC} = 10V, C_L = 10$ pF $V_{CC} = 15V$		80 65 50	200 150 110	ns ns ns
t_{HO}, t_{HI}	Propagation Delay Time from High Impedance State to a Logical "0" or Logical "1"	$R_L = 10k, C_L = 50$ pF (Figure 2) $V_{CC} = 5V, R_L = 10k$ $V_{CC} = 10V, C_L = 50$ pF $V_{CC} = 15V$		100 55 40	250 125 90	ns ns ns
C_{IN}	Input Capacitance	Any Input (Note 2)		5	7.5	pF
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance	Any Output (Note 2)		10		pF

*AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. Except for "Operating Temperature Range" they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

Note 2: Capacitance is guaranteed by periodic testing.

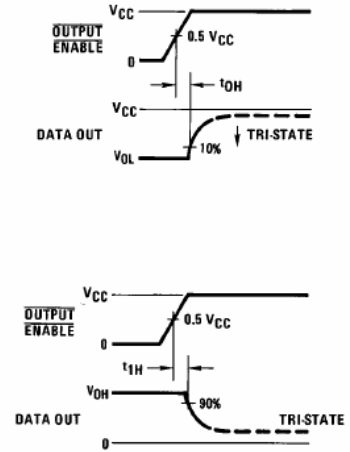
Switching Time Waveforms



TL/F/6037-3

$T1 \approx T2 \approx RC, T3 \approx 0.7 RC$, where $R \approx 10k$ and C is external capacitor at KBM input.

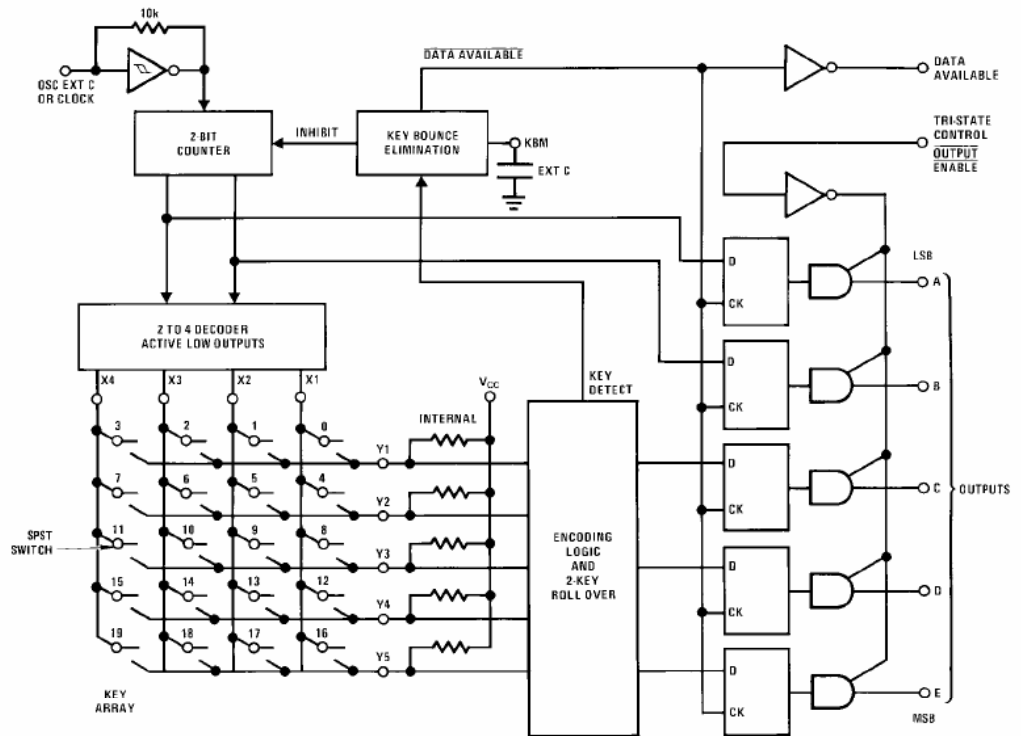
FIGURE 1



TL/F/6037-4

FIGURE 2

Block Diagram



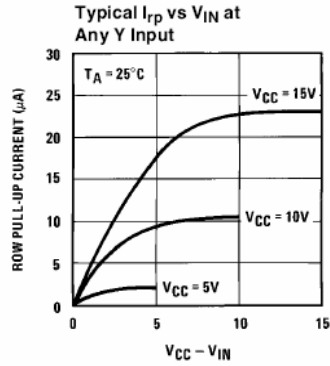
TL/F/6037-5

Truth Table

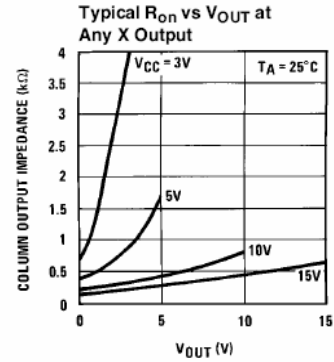
Switch Position	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Y1,X1	Y1,X2	Y1,X3	Y1,X4	Y2,X1	Y2,X2	Y2,X3	Y2,X4	Y3,X1	Y3,X2	Y3,X3	Y3,X4	Y4,X1	Y4,X2	Y4,X3	Y4,X4	Y5*,X1	Y5*,X2	Y5*,X3	Y5*,X4
D																				
A	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
T	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
A	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
T																				

*Omit for MM54C922/MM74C922

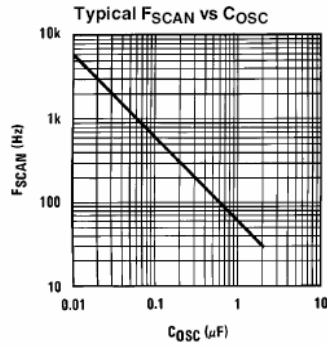
Typical Performance Characteristics



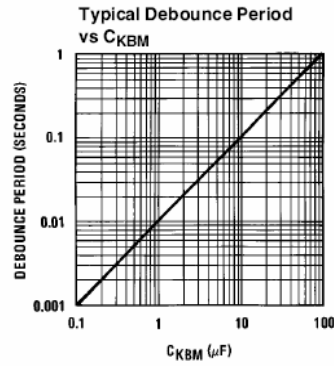
TL/F/6037-6



TL/F/6037-7



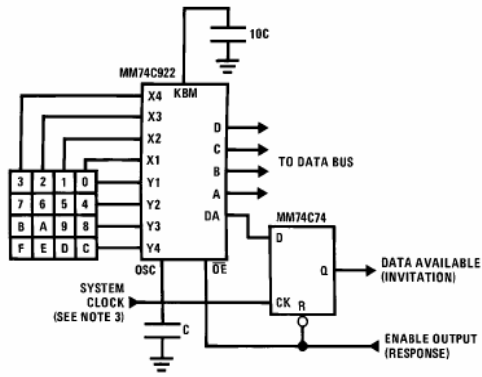
TL/F/6037-8



TL/F/6037-9

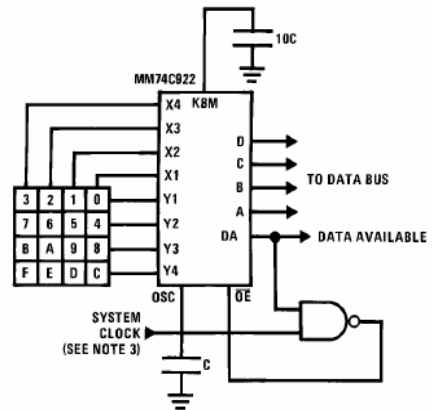
Typical Applications

Synchronous Handshake (MM74C922)



TL/F/6037-10

Synchronous Data Entry Onto Bus (MM74C922)



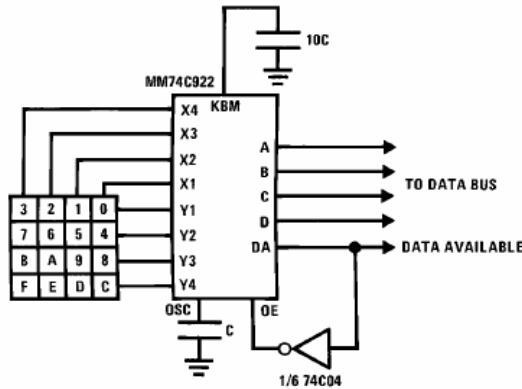
TL/F/6037-11

Outputs are enabled when valid entry is made and go into TRI-STATE when key is released.

Note 3: The keyboard may be synchronously scanned by omitting the capacitor at osc, and driving osc, directly if the system clock rate is lower than 10 kHz.

Typical Applications (Continued)

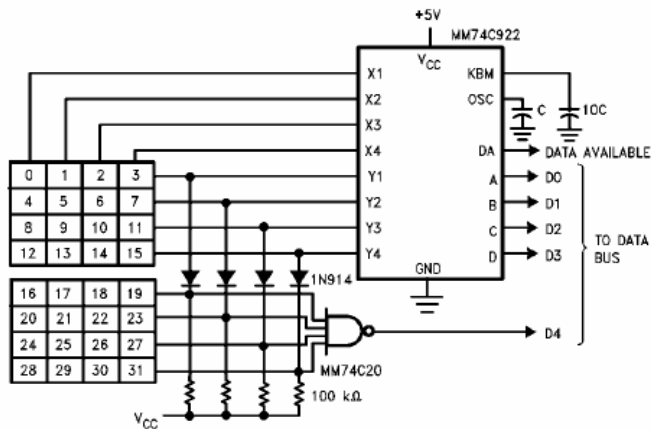
Asynchronous Data Entry Onto Bus (MM74C922)



Outputs are in TRI-STATE until key is pressed, then data is placed on bus. When key is released, outputs return to TRI-STATE.

TL/F/6037-12

Expansion to 32 Key Encoder (MM74C922)



TL/F/6037-13

Theory of Operation

The MM74C922/MM74C923 Keyboard Encoders implement all the logic necessary to interface a 16 or 20 SPST key switch matrix to a digital system. The encoder will convert a key switch closer to a 4 (MM74C922) or 5 (MM74C923) bit nibble. The designer can control both the keyboard scan rate and the key debounce period by altering the oscillator capacitor, C_{OSC} , and the key bounce mask capacitor, C_{MSK} . Thus, the MM74C922/MM74C923's performance can be optimized for many keyboards.

The keyboard encoders connect to a switch matrix that is 4 rows by 4 columns (MM74C922) or 5 rows by 4 columns (MM74C923). When no keys are depressed, the row inputs are pulled high by internal pull-ups and the column outputs sequentially output a logic "0". These outputs are open drain and are therefore low for 25% of the time and otherwise off. The column scan rate is controlled by the oscillator input, which consists of a Schmitt trigger oscillator, a 2-bit counter, and a 2-4-bit decoder.

When a key is depressed, key 0, for example, nothing will happen when the X1 input is off, since Y1 will remain high. When the X1 column is scanned, X1 goes low and Y1 will go low. This disables the counter and keeps X1 low. Y1 going

low also initiates the key bounce circuit timing and locks out the other Y inputs. The key code to be output is a combination of the frozen counter value and the decoded Y inputs. Once the key bounce circuit times out, the data is latched, and the Data Available (DAV) output goes high.

If, during the key closure the switch bounces, Y1 input will go high again, restarting the scan and resetting the key bounce circuitry. The key may bounce several times, but as soon as the switch stays low for a debounce period, the closure is assumed valid and the data is latched.

A key may also bounce when it is released. To ensure that the encoder does not recognize this bounce as another key closure, the debounce circuit must time out before another closure is recognized.

The two-key roll-over feature can be illustrated by assuming a key is depressed, and then a second key is depressed. Since all scanning has stopped, and all other Y inputs are disabled, the second key is not recognized until the first key is lifted and the key bounce circuitry has reset.

The output latches feed TRI-STATE, which is enabled when the Output Enable (OE) input is taken low.

PLANOS MECÁNICOS
CODIGO DE PROGRAMA
CODIGO PROGRAMA PRINCIPAL

```
/*-----PROGRAMA PRINCIPAL DE LA MESA XY-----  
-----*/  
/*-----  
-----*/  
/*--INCLUSION DE LIBRERIAS UTILIZADAS--*/  
#include <htc.h>           //Librería que incluye los registros del PIC16F877A  
#include <delay.h>        //Librería para retardo en Mseg  
#include <string.h>       //Librería para manejo de strings  
#include <MiLCD.h>         //Librería para el manejo del LCD  
#include <MiMotor.h>      //Librería para el manejo de Steeper Motor  
/*--DECLARACION DE VARIABLES GLOBALES--*/  
char Tabla_0[16]; /*={"SELECCIONE FIG.."}, Tabla_1[16]={"1.CD 2.RC 3.TR"};*/  
int dato_in;  
bit flag;  
/*--DECLARACION DE FUNCIONES EN PROGRAMA PRINCIPAL--*/  
void write(void);  
void main_menu(void);  
void Cuad(void);  
void Rect(void);  
void Tria(void);  
void nombres (void);  
/*--PROGRAMA PRINCIPAL--*/  
void main(){  
    int unid,dece,cent;  
  
    ADCON1 = 0b00000110; //Configura el PORTA como digital
```

```

TRISA = 0x3F;
TRISB = 0b00001001;
TRISD = 0b00000000;
TRISC = 0b11110000;
PORTB = 0;
PORTD = 0;
RC1=0;
INTCON = 0b11110000; //Configura Registro de Interrupciones
(RBO,TMR0,TMR1)
OPTION = 0b10111000; //Configura el TMR0
PIE1 = 0b00000001; //Configura interrupción por TMR1
T1CON = 0b00000111; //Configura el TMR1
/* Cuad(); ELIMINAR ESTA INSTRUCCION*/
init_lcd(4); //Función que inicializa el LCD
nombres();

do{
    main_menu(); //Imprime menú en el LCD
    strcpy(Tabla_0, "POSICION X=0 Y=0");//Mensaje de posicionamiento
inicial
    control(0x01,4); //Borra LCD
    control(0x0C,4); //Configura Cursos
    write(); //Escribe dato colocado en Tabla_0
en LCD
    pos_inicial(); //Mueve los motores a posición X=0, Y=0
    switch(dato_in){ //Evalúa dato_in según se escoja función a
graficar
        case 0x01:
            Cuad(); //Ejecuta función Cuadrado

```

```

        break ;
    case 0x02:
        Rect();                //Ejecuta función Rectángulo
        break ;
    case 0x03:
        Tria();                ///Ejecuta función Triangulo
        break ;
}
/* strcpy(Tabla_0, "VALOR DE TMR0");
   control(0x01,4);
   control(0x0C,4);
   write();
   cent=(int)TMR1L/100;
   dece=(int)(TMR1L-(cent*100))/10;
   unid=(int)(TMR1L-(cent*100)-(dece*10));
   Tabla_0[0]=unid+48;
   Tabla_0[1]=dece+48;
   Tabla_0[2]=cent+48;
   Tabla_0[3]='\0';
   control(0xC0,4);
   write();
   DelayMs(500);
   do{

       }while(1);*/
}while(1);
}
/*-----*/
/*--FUNCION DE INTERRUPCION--*/

```

```

static void interrupt
Otra_Ext(void){
    if(INTF==1){
        //Interrupción por cambio en RB0
        dato_in=PORTA&0b00001111; //Lee parte baja de PORTA
        flag=0; //Inhabilita avance de
cursor en LCD
    }
    if(T0IF==1){
        //Interrupción por TMR0
        flag=0;
    }
    if(TMR1IF==1){
        //Interrupción por TMR1
        flag=0;
        PIE1=0b00000001; //Habilita interrupción por TMR1
    }
    INTCON = 0b11110000; //Configura registro de Interrupciones
    return;
}
/*-----*/
/*--FUNCION PARA ESCRIBIR DATOS EN EL LCD--*/
void write(void){
    int cont=0;
    while(Tabla_0[cont]!='\0'){
        //Recorre el array Tabla_0
        datos(Tabla_0[cont],4); //Envia caracter a caracter al LCD
        DelayMs(25); //Retardo de 25 ms
        ++cont; //Incrementa puntero
de array
    }
}
/*-----*/

```



```

/*--FUNCION QUE ESCRIBE EL MENU PRINCIPAL EN AL LCD--*/
void main_menu(void){
    flag=1;
    //Inhabilita movimiento del cursor
    strcpy(Tabla_0, "SELECCIONE FIG."); //Carga array con mensaje a
mostrar
    control(0x01,4);
    control(0x0C,4);
    write();
    strcpy(Tabla_0, "1.CD 2.RC 3.TR");
    control(0xC0,4);
    write();
    do{

        }while((dato_in!=1)&&(dato_in!=2)&&(dato_in!=3)); //Espera hasta que se
pulse 1, 2 o 3
    }
/*-----*/
/*--FUNCION QUE HACE UN CUADRADO--*/
void Cuad(void){
    int cont=0,move_x=0, indx=0, indy=0; //Declaración de variables
    flag=1;
    //Inhabilita movimiento del cursor

    strcpy(Tabla_0, "CUADRADO"); //Carga array con mensaje a
mostrar
    control(0x01,4);
    write();

```

```

        strcpy(Tabla_0, "LADO:  cm");           //Carga array con mensaje a
mostrar
        control(0xC0,4);
        write();
        control(0xC5,4);                       //Posiciona cursos en
linea 2 del LCD
        control(0x0F,4);                       //Activa el cursor
        dato_in=0x0;                           //Inicializa variable que
lee el teclado
        while((dato_in != 12)&&(dato_in != 13)){ //Espera hasta que se
pulse 12 (ESC) o 13 (ENTER)
            if((dato_in>=0) && (dato_in<=9) && (flag==0)){//Valida un dato
pulsado en teclado y que sea >=0 y <=9
                Tabla_0[0]=dato_in+48;
                //Carga array con Numero pulsado y lo convierte a string (+48)
                Tabla_0[1]='\0';
                //Cierra el array para escribir un solo dato en el LCD
                control(0xC5+cont,4);
                //Posiciona cursor en LCD
                write();
                //Escribe Tabla_0 en LCD
                if(cont==0)

                    move_x=dato_in*10;
                //Almacena Decenas para motor x
                else
                    move_x=dato_in+move_x;
                //Almacena Unidades para motor x

```

```

        cont++;
//Incrementa contador
        flag=1;
//Inhabilita movimiento del cursor
        if(cont==2){
            cont=0;
//Inicializa contador
            control(0xC5,4);
//Posiciona cursor en LCD
        }
    }
}

        if(dato_in==13){ //Si se pulsa ENTER
hace el cuadrado
            TMR0=0; //Inicializa
            TMR0
            cont=0;
            cont=validar(move_x,move_x); //Valida si el dato digitado es
valido para graficar
            if(cont==0) //Si dato no
valido sale al menu principal
                return;
            RC1=1;
            dato_in=n_pasos_x(move_x); //Convierte cm. a
pasos que debe mover el motor
            indx = mov_motor(dato_in,1,indx,'x'); //Mueve el motor
(pasos,sentido,indice,motor)
            if((indx!=100)&&(indy!=100))

```

```

                indy = mov_motor(dato_in,1,indy,'y'); //Mueve el motor
(pasos,sentido,indice,motor)
                if((indx!=100)&&(indy!=100))
                indx = mov_motor(dato_in,0,indx,'x'); //Mueve el motor
(pasos,sentido,indice,motor)
                if((indx!=100)&&(indy!=100))
                indy = mov_motor(dato_in,0,indy,'y'); //Mueve el motor
(pasos,sentido,indice,motor)
                RC1=0;
        }
}
/*-----*/
/*--FUNCION QUE HACE UN RECTANGULO--*/
void Rect(void){
        int cont=0,move_x=0,move_y=0, indx=0, indy=0; //Declaración de
variables
        flag=1;
        //Inhabilita movimiento del cursor

        strcpy(Tabla_0, "RECTANGULO"); //Carga
array con mensaje a mostrar
        control(0x01,4);
        write();
        strcpy(Tabla_0, "H:  cm, B:  cm"); //Carga array con
mensaje a mostrar
        control(0xC0,4);
        write();
        control(0xC2,4);
        //Posiciona cursos en linea 2 del LCD

```

```

        control(0x0F,4);                                //Activa el
cursor
        dato_in=0x0;
        //Inicializa variable que lee el teclado
        while((dato_in != 12)&&(dato_in != 13)){        //Espera hasta que se
pulse 12 (ESC) o 13 (ENTER)
            if((dato_in>=0) && (dato_in<=9) && (flag==0)){//Valida un dato
pulsado en teclado y que sea >=0 y <=9
                Tabla_0[0]=dato_in+48;
                //Carga array con Numero pulsado y lo convierte a string (+48)
                Tabla_0[1]='\0';
                //Cierra el array para escribir un solo dato en el LCD
                control(0xC2+cont,4);
                //Posiciona cursor en LCD
                write();
                //Escribe Tabla_0 en LCD
                switch(cont){                            //Switch
de selecció n según posición del cursor en el LCD
                    case 0:
                        move_x=dato_in*10;
                //Almacena Decenas para motor x
                        break;
                    case 1:
                        move_x=dato_in+move_x;
                //Almacena Unidades para motor x
                        cont=8;
                //Carga contador
                        control(0xC2+cont+1,4);
                //Posiciona Cursor

```

```

        break;
    case 9:
        move_y=dato_in*10;
//Almacena Decenas para motor y
        break;
    case 10:
        move_y=dato_in+move_y;
//Almacena Unidades para motor y
        cont=-1;

//Carga contador
        control(0xC2,4);
        break;
    }
    cont++;
//Incrementa contador
    flag=1;
//Inhabilita movimiento del cursor
}
}
if(dato_in==13){ //Si se
pulsa ENTER hace el rectángulo
    cont=0;
    cont=validar(move_x,move_y); //Valida si el
dato digitado es valido para graficar
    if(cont==0)
//Si dato no valido sale al menú principal
        return;
    RC1=1;

```

```

        move_x=n_pasos_x(move_x);
//Convierte cm. a pasos que debe mover el motor x
        move_y=n_pasos_x(move_y);
//Convierte cm. a pasos que debe mover el motor y
        indx = mov_motor(move_x,1,indx,'x');           //Mueve el motor
(pasos,sentido,indice,motor)
        if((indx!=100)&&(indy!=100))
                indy = mov_motor(move_y,1,indy,'y');           //Mueve el
motor (pasos,sentido,indice,motor)
        if((indx!=100)&&(indy!=100))
                indx = mov_motor(move_x,0,indx,'x');           //Mueve el
motor (pasos,sentido,indice,motor)
        if((indx!=100)&&(indy!=100))
                indy = mov_motor(move_y,0,indy,'y');           //Mueve el
motor (pasos,sentido,indice,motor)
        RC1=0;
    }
}
/*-----*/
/*--FUNCION QUE HACE UN TRIANGULO--*/
void Tria(void){
        int move_x=0,move_y=0, indx=0, indy=0, cont=0;           //Declaración de
variables
        int numerador = 0, denominador = 0, pendiente=0, residuo=0;

        flag=1;
//Inhabilita movimiento del cursor

```

```

        strcpy(Tabla_0, "TRIANGULO");           //Carga array con mensaje a
mostrar
        control(0x01,4);
        write();
        strcpy(Tabla_0, "H:  cm, B:  cm");       //Carga array con mensaje a
mostrar
        control(0xC0,4);
        write();
        control(0xC2,4);                       //Posiciona cursos en
línea 2 del LCD
        control(0x0F,4);                       //Activa el cursor
        dato_in=0;                             //Inicializa
variable que lee el teclado
        while((dato_in != 12)&&(dato_in != 13)){ //Espera hasta que se
pulse 12 (ESC) o 13 (ENTER)
            if((dato_in>=0) && (dato_in<=9) && (flag==0)){//Valida un dato
pulsado en teclado y que sea >=0 y <=9
                Tabla_0[0]=dato_in+48;
                //Carga array con Numero pulsado y lo convierte a string (+48)
                Tabla_0[1]='\0';
                //Cierra el array para escribir un solo dato en el LCD
                control(0xC2+cont,4);
                //Posiciona cursor en LCD
                write();
                //Escribe Tabla_0 en LCD
                switch(cont){                  //Switch de seleccion
segun posicion del cursor en el LCD
                    case 0:

```



```

        move_x=dato_in*10;           //Almacena
Decenas para motor x
        break;
    case 1:
        move_x=dato_in+move_x;//Almacena Unidades
para motor x
        cont=8;                       //Carga
contador
        control(0xC2+cont+1,4); //Posiciona cursor
        break;
    case 9:
        move_y=dato_in*10;           //Almacena
Decenas para motor y
        break;
    case 10:
        move_y=dato_in+move_y;//Almacena Unidades
para motor y
        cont=-1;                       //Carga
contador
        control(0xC2,4);           //Posiciona cursor
        break;
    }
    cont++;
//Incrementa contador
    flag=1;
//Inhabilita movimiento del cursor
}
}
TMR1L=0;                             //Inicializa TMR1

```

```

        if(dato_in==13){
            //Si se pulsa ENTER hace el
            triangulo

            cont=0;
            cont=validar(move_x,move_y); //Valida si el dato digitado es valido
            para graficar
            if(cont==0)
                //Si dato no valido se
                sale al menu principal
                return;
            RC1=1;
            move_x= (move_x*12); // convierte cm. a mm para
            motor x
            move_y= (move_y*12); // convierte cm. a mm para
            motor y

            if(move_y > move_x){
                // Valida cual lado es mayor y
                carga numerador y denominador
                numerador = move_y;
                denominador = move_x;
            }
            else{
                numerador = move_x;
                denominador = move_y;
            }

            indx=mov_motor(n_pasos_xT(move_x),1, indx,'x'); //Mueve el
            motor (pasos,sentido,indice,motor) BASE

```

```

        while( denominador>0 ){
//Fórmula para hacer la escalera
            Pendiente = (int) (numerador / denominador); //Calcula
parte entera de la pendiente
            Residuo = (numerador%denominador);
//Calcula en residuo de la división

            if( residuo != 0 )
//Si el valor del residuo diferente 0
                Residuo = (int)(denominador / residuo);
//Residuo igual a denominador sobre residuo

            if( (residuo<2) && (residuo>0) ) //Si el
valor del residuo menor 2 y mayor de 0
                Pendiente++;
//Incrementa el valor de la pendiente

            if( move_y > move_x ){
//Evalúa cual movimiento es mayor
                if((indx!=100)&&(indy!=100))
                    indx = mov_motor( n_pasos_xT(1), 0, 7, 'x');
//Mueve el motor (pasos, sentido, índice, motor)
                if((indx!=100)&&(indy!=100))
                    indy = mov_motor( n_pasos_yT(pendiente), 1, 0,
'y');//Mueve el motor (pasos,sentido,indice,motor)
            }
            else{
                if((indx!=100)&&(indy!=100))

```

```

        indx = mov_motor( n_pasos_xT(pendiente), 0, 7,
'x');//Mueve el motor (pasos,sentido,indice,motor)
        if((indx!=100)&&(indy!=100))
            indy = mov_motor( n_pasos_yT(1), 1, 0, 'y');
//Mueve el motor (pasos, sentido, índice, motor)
    }

        Numerador = numerador - pendiente;
//Calcula el nuevo numerador
        Denominador--;
//Calcula el nuevo denominador
    }
    if((indx!=100)&&(indy!=100))
        indy = mov_motor(n_pasos_yT(move_y),0, indy, 'y'); //Mueve
el motor (pasos,sentido,indice,motor) LODO RECTO
        RC1=0;
    }
}

```

```

void nombres(void){
strcpy(Tabla_0, "*** CORTADORA ***"); //Carga array con mensaje a mostrar
    control(0x01,4);
    control(0x0C,4);
    write();
    strcpy(Tabla_0, "*** LASER ***");
    control(0xC0,4);
    write();
    DelayMs(500);
    DelayMs(500);
}

```

```

    DelayMs(500);
    DelayMs(500);
    DelayMs(500);
    DelayMs(500);

}

```

LIBRERÍA MOTORES

```

*   Funciones Disponibles:
*       pos_inicial() Mueve Motor X y Motor Y a posicion 0,0 y avanza 1 cm
por lado
*       indice=mov_motor(p,k,i,m)      Mueve el Motor p pasos, en el
sentido k (k=0>Der,k=1>Izq),desde el indice i, el motor m y devuelve indice
*       pasos=pasos_x(cm)Recibe Cm y devuelve Numero de Pasos para motor x
*       pasos=pasos_x(cm)Recibe Cm y devuelve Numero de Pasos para motor y
*       pasos=pasos_x(cm)Recibe Cm y devuelve mm para motor x
*       pasos=pasos_x(cm)Recibe Cm y devuelve mm para motor y
*       condi=validar(cm_x,cm_y) Recibe datos a mover en X,Y y valida segun
rango *
*       Para usar MiMotor debe incluir MiMotor.h in su proyecto
*
*/

```

```

extern void pos_inicial(void);
extern int mov_motor(int,int,int,char);
extern int n_pasos_x(int);
extern int n_pasos_y(int);
extern int n_pasos_xT(int);
extern int n_pasos_yT(int);

```

```
extern int validar(int,int);
```

LIBRERIA DE RETARDOS

```
*    Delay functions
*    See delay.h for details
*
*    Make sure this code is compiled with full optimization!!!
*/
```

```
#include    "delay.h"
```

```
void
```

```
DelayMs(unsigned char cnt)
```

```
{
```

```
#if    XTAL_FREQ <= 2MHZ
```

```
    do {
```

```
        DelayUs(996);
```

```
    } while(--cnt);
```

```
#endif
```

```
#if    XTAL_FREQ > 2MHZ
```

```
    unsigned char    i;
```

```
    do {
```

```
        i = 4;
```

```
        do {
```

```
            DelayUs(250);
```

```
        } while(--i);
```

```
    } while(--cnt);
```

```
#endif
```

```
}
```

LIBRERIA LCD

* Funciones Disponibles:

* Control(x,y) Envía datos de control al LCD. X=Dato, Y=Tamaño Bus de Datos (4,8)

* Datos(x,y) Envía caracteres al LCD. X=Caracter, Y=Tamaño Bus de Datos (4,8)

* lcd_busy() Lee la bandera de lectura del LCD

* init_lcd(x) Envía secuencia de pasos para inicializar el LCD. X=Tamaño Bus de Datos (4,8)

*

* Para usar MiLCD debe incluir MiLCD.h in su proyecto

*

*/

```
extern void control(int, int);
```

```
extern void datos(char,int);
```

```
extern void lcd_busy(void);
```

```
extern void init_lcd(int);
```

MANUAL DE OPERACIÓN

El principio de funcionamiento de la máquina es similar al de las actuales guillotinas. Pues consta de un elemento que emula la acción de corte que es accionado por un estímulo electromecánico que actúa sobre el material que es sometido a proceso.

Partiendo de dicho funcionamiento, se propone el reemplazo de la convencional cuchilla por un láser, que incide sobre el papel.

SISTEMA DE CONTROL

La lógica de control fue implementada a través de un programa desarrollado en MPLAB en lenguaje C, con ayuda del compilador PICC. La lógica de control consiste en leer las entradas de teclado, presentadas en una pantalla de cristal líquido, validar su valor convertir el dato leído, que es una medida en cm. a los pasos que deben moverse los motores y enviar la secuencia lógica para que los motores hagan el desplazamiento adelante o atrás según se necesite.

Al encender la maquina se despliega un menú de selección, de la figura que se desee cortar.

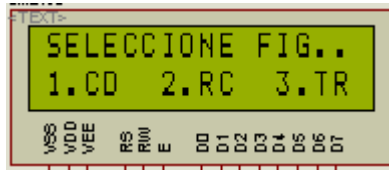


FIGURA 6: Menú principal

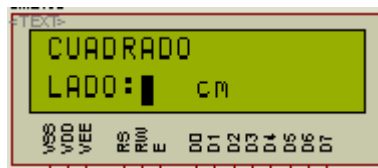


FIGURA 7: Elección 1 Cuadrado



FIGURA 8: Elección 2 Rectángulo



FIGURA 9: Elección 3 Triángulo

Después de haber realizado la elección los motores se ubicaran en una posición inicial, por medio de teclado se digitan las dimensiones en centímetros de la figura

Nota: para cualquiera de las figuras menores de 10cm de longitud se debe ingresar el número deseado anteponiendo el número cero ejemplo 06 = 6cm y

medidas mayores de 9cm se ingresaran los datos habitualmente y se da la aceptación o la cancelación a estos por medio de las teclas OK o esc respectivamente.

Si el resultado es de aceptación de los datos digitados, el programa tomara estos centímetros y los convertirá en pasos que son cargados a los motores para moverse para que cumplan con las dimensiones requeridas y entrara en un loop de envío de secuencia de datos para el movimiento de los motores para controlar el numero de pasos sugirió poner un encoder para cada motor pero se requiere de una buena precisión y acorde a la cantidad de pasos de los motores para esto se hizo algunas cotizaciones pero su valor comercial oscila entre los 400 y 800 mil pesos, costos que no se justificarían para un emulador y además para se esto se implemento motores paso a paso que garantizan con ayuda del programa y un mantenimiento preventivo del sistema de engranaje un buen desempeño del sistema.

Finalmente el emulador cuenta con cuatro finales de carrera de seguridad y en caso que el modulo de corte se salga de los limites establecidos o se obture alguno de éstos, el emulador suspenderá la actividad devolviéndose a la posición inicial.