



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO

ESPE – LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TESIS DE GRADO

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE
LUMINARIAS INTELIGENTES DEL VEHÍCULO
PARA DIRECCIONAR EN CURVAS**

REALIZADO POR:

**CELIN PADILLA PADILLA
WILSON MOLINA BEJARANO**

LATACUNGA – ECUADOR

2006

CERTIFICACIÓN

Certificamos que la presente Tesis de Grado fue desarrollado en su totalidad por los señores: CELIN PADILLA PADILLA Y WILSON MOLINA BEJARANO bajo nuestra dirección.

ING. AUGUSTO BOURGEAT
DIRECTOR DE TESIS

ING. GERMÁN ERAZO
CO-DIRECTOR DE TESIS

Agradecimiento

- A dios:** Por brindarme su bendición y protección en todos mis años de estudio y además por el constante viaje que realicé desde mi hogar en Riobamba hasta la ESPE en Latacunga sin haber sufrido algún tipo de accidente.
- A mis padres:** Jaime Padilla y Maria del Carmen Padilla, por haberme brindado su confianza y apoyo moral, espiritual y económico para hoy poder terminar mi carrera universitaria .
- A mi hermano:** Mauricio Iván quien me ha brindado toda su confianza y apoyo incondicional.
- A mis tíos:** Ing. Wilfrido Padilla, Tlg. Rodrigo Padilla, Tlg. Mario Padilla, Sr. Gustavo Padilla, por ayudarme de una u otra manera con sus conocimientos, consejos, experiencias profesionales entre otros, que fueron de mucha importancia en mis estudios y culminación de este trabajo.
- A mis familiares:* *Quienes me brindaron todo su apoyo para seguir adelante en mi profesión.*
- A mis profesores:** Ing. Germán Erazo, Ing. Augusto Bourgeat, y todos los profesores quienes han compartido todos sus conocimientos, experiencias que han contribuido para mi formación profesional.
- A los señores:** Wilson Molina por aceptar el reto de ser ingenieros desde el colegio, agradezco su confianza y ojalá nuestra amistad y compañerismo nunca se termine, y al Ing. Juan Taipe por colaborar en este trabajo.

Celin Padilla Padilla

Dedicatoria

E sta tesis esta dedicada a mis queridos padres: Jaime Alberto Padilla y Maria del Carmen Padilla, ya que me brindaron toda su confianza e hicieron grandes sacrificios para poder continuar mis estudios universitarios, espero no haberles defraudado y cumplido con todas sus expectativas.

¡ Los quiero mucho !

Celin Padilla Padilla

Agradecimiento

Al culminar con una de mis grandes aspiraciones agradezco infinitamente a DIOS por mantenerme vivo sin quitarme las esperanzas de cumplir todos mis sueños y guiarme por el camino del bien.

Agradezco especialmente a mis padres Roberto Molina y Maria Bejarano por ser el pilar fundamental de mi vida, ya que con mucho esfuerzo y dedicación se han sacrificado arduamente por darme todo lo que este a su alcance; por su apoyo incondicional, por su paciencia, por su confianza y por todo su amor depositado en mi.

A mis hermanas Martha, Mayra y Carito que han sido mi fuente de confianza y apoyo .

A los señores: Tlg. Rodrigo Padilla, Ing. Juan Taipe, Ing. Germán Erazo, Ing. Augusto Bourgeat, Tlg. Mario Padilla, Ing. Fausto Acuña, Ing. Wilfrido Padilla por la colaboración técnica brindada.

A Celin Padilla que es como un hermano para mí, por haber aceptado el reto de realizar este trabajo conmigo, has sido un buen amigo.

A todos mis amigas y amigos que se han preocupado de mi y han estado pendientes de todos mis proyectos.

A todos mis familiares y conocidos, que han estado en todo momento apoyándome, alimentando mi predisposición para seguir adelante.

A todas mis fuentes de inspiración que han alegrado mi vida.

¡ Gracias a todos!

Wilson Hernán Molina Bejarano

Dedicatoria

C

on mucho amor y eterna gratitud dedico este trabajo
a mi familia

Roberto

Maria Norma

Diana Carolina

Martha Virginia

Mayra Alejandra

¡ Les amo mucho !

Wilson Hernán Molina Bejarano

ÍNDICE	PÁG.
Introducción	X
I. CIRCUITO DE ALUMBRADO	
1.1 Introducción	1
1.2 Fonometría y unidades de medida	1
1.3 Magnitudes	3
1.4 Faros	3
1.5 Alumbrado de haz asimétrico	7
1.6 Lámpara de halógeno	7
1.7 Lámpara de descarga de gas o luz xenón	12
1.7.1 Precauciones	13
1.8 Regulación de faros	14
II. ELEMENTOS Y COMPONENTES ELECTRÓNICOS	
2.1 Microcontroladores	17
2.1.1 Introducción	17
2.1.2 Controlador y microcontrolador.	17
2.1.3 Diferencia entre microprocesador y microcontrolador.	19
2.2 Aplicaciones de los microcontroladores.	20
2.3 El mercado de los microcontroladores.	21
2.4 Selección de un microcontrolador.	22
2.5 Recursos comunes a todos los microcontroladores.	25
2.6 Arquitectura básica	26
2.6.1 El procesador o UCP	27
2.6.2 Memoria	28
2.6.3 Puertas de entrada y salida	31
2.6.4 Reloj principal	32
2.7 Recursos especiales	32

2.7.1	Temporizadores o "Timers"	33
2.7.2	Perro guardián o "Watchdog"	33
2.7.3	Protección ante fallo de alimentación o "Brownout"	34
2.7.4	Estado de reposo ó de bajo consumo	34
2.7.5	Conversor A/D (CAD)	34
2.7.6	Conversor D/A (CDA)	35
2.7.7	Comparador analógico	35
2.7.8	Modulador de anchura de impulsos o PWM	35
2.7.9	Puertos de E/S digitales	35
2.7.10	Puertos de comunicación	36
2.8	Herramientas para el desarrollo de aplicaciones.	37
2.8.1	Desarrollo del software.	37
2.9	Aplicación de los microcontroladores en el automóvil.	38
2.10	Selección del microcontrolador para la aplicación	40
2.10.1	Costos	40
2.10.2	Aplicación.	40
2.10.3	Selección del PIC 16F877A	42
2.10.3.1	Características	42
2.10.3.2	Dispositivos periféricos	44
2.10.3.3	Organización de la memoria	49
2.10.3.4	Organización de la Memoria de datos	50
2.10.4	Selección del PIC 16F84A	50
2.10.4.1	Características	51
2.10.4.2	Dispositivos periféricos	53
2.10.4.3	Organización de la memoria	55
2.10.4.4	Organización de la Memoria de datos	57
2.11	Max 232	58
2.12	Motor de pasos	59
2.12.1	Principio de funcionamiento	59
2.12.2	Secuencias para manejar motores paso a paso bipolares	63
2.12.3	Secuencias para manejar motores paso a paso unipolares	63

2.12.4	Secuencia normal.	63
2.12.5	Secuencia del tipo wave drive	64
2.12.6	Secuencia del tipo medio paso	65
2.12.7	Referencia importante:	66
2.12.8	Aislando el cable(s) común que va a la fuente de alimentación	67
2.12.9	Identificación de cables de las bobinas (A, B, C y D)	67
2.12.10	Identificando los cables en Motores P-P Bipolares	68
2.13	Sensor de posicionamiento de los neumáticos	69
2.13.1	Sensor óptico de barrera	70
2.14	Sensor de velocidad del vehículo	71
2.14.1	Tipos.	71
2.14.2	Ubicación:	72
2.14.3	Función:	72
2.15	Sensor de intensidad lumínica	72
2.16	Sensor de direccionamiento de los neumáticos	74

III. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE LUCES AUTO DIRECCIONABLES

3.1	Planteamiento del problema	75
3.2	Objetivo general del proyecto	76
3.3	Objetivos específicos del proyecto	76
3.4	Metas del proyecto.	76
3.5	Características del sistema de luces auto direccionables	77
3.6	Diseño del sistema de luminarias inteligentes	77
3.7	Diseño mecánico	78
3.7.1	Selección del motor paso a paso	79
3.7.2	Diseño del mecanismo del faro	81
3.7.3	Diseño de la cremallera	83
3.7.4	Generación del giro del faro para curvas	86
3.7.5	Generación del giro del faro para línea recta	86

3.8	Diseño electrónico	87
3.8.1	Parámetros y señales considerados para la construcción del sistema de activación y control del motor paso a paso	87
3.8.2	Señal de la velocidad del vehículo	87
3.8.3	Señal de posición de los neumáticos	89
3.8.4	Señal de dirección de los neumáticos	90
3.8.5	Señal de luz	91
3.8.6	Señales y su procesamiento	92
3.8.7	Generación del cambio automático de luces	96
3.8.8	Señales de salida (Etapa de potencia)	97
3.8.9	Control de un motor de pasos desde un circuito digital	99
3.8.10	Circuitos del transistor	101
3.8.11	Configuración del transistor como emisor común	101
3.8.12	Polarización del transistor	102
3.9	Selección de elementos eléctricos y electrónicos	105
3.9.1	Regulación de voltaje	105
3.9.2	Selección de protección del circuito	106
3.10	Diseño del diagrama electrónico	106
3.11	Codificación de elementos	107
3.12	Análisis de factibilidad económica	110

IV. CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS, FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

4.1	Montaje y acoplamiento eléctrico - electrónico	113
4.2	Pruebas en un protoboard	113
4.3	Construcción del circuito impreso	114
4.4	Instalación del sistema de luces inteligentes	116
4.5	Montaje y acoplamiento mecánico	118
4.6	Procedimientos de operación del sistema	112
4.7	Características del sistema	123

4.8 Período de limpieza y mantenimiento	123
4.9 Precauciones y norma de seguridad	124
CONCLUSIONES	125
RECOMENDACIONES	126
BIBLIOGRAFÍA	127
ANEXOS	128
ANEXOS "A"	2/30
ANEXOS "B"	3/30
ANEXOS "C"	4/30
ANEXOS "D"	6/30
ANEXOS "E"	29/30

INTRODUCCIÓN

La tendencia de la industria automovilística por querer hacer cada día automóviles más seguros y modernos, ha impulsado la necesidad de utilizar dispositivos electrónicos en la mayoría de sus sistemas.

El sistema de luces es el más importante en cuanto a seguridad en la conducción nocturna, por esta razón se ha visto la necesidad de aplicar la electrónica para hacer este sistema más eficiente en cuanto a visibilidad.

La realización de este proyecto es muy importante ya que el estudio de este tema logrará crear una cultura de investigación dentro del área electrónica aplicada en el automóvil para futuros proyectos, además nos especializamos en estos temas y obtenemos experiencia que a futuro pondremos en práctica en nuestro desarrollo profesional en la reparación, construcción, adaptación, implementación y optimización de los diferentes sistemas del vehículo.

Este trabajo de investigación está dividido en cuatro capítulos:

En el Capítulo I se describe los parámetros principales y fundamentales del funcionamiento del sistema de luminarias del vehículo que serán considerados para el diseño.

En el Capítulo II se analiza las características, ventajas operacionales y las aplicaciones de los microcontroladores y de los motores de pasos, así como el funcionamiento de los diferentes sensores que se utilizará.

En el Capítulo III se describe el diseño mecánico y electrónico del sistema de luces autodireccionables.

En el Capítulo IV se describen las operaciones de montaje mecánico y electrónico, instalación, pruebas de funcionamiento y procedimiento de operación del sistema de luces autodireccionables.

Por último se presentan nuestras conclusiones y recomendaciones, que serán útiles para todos aquellos estudiantes y profesionales que requieran este trabajo como fuente de consulta.

I. CIRCUITO DE ALUMBRADO

1.9 Introducción

“Para que un vehículo pueda circular de noche sin peligro, es necesario iluminar el camino por el que transita, y para que los demás usuarios de la vía pública puedan ver por detrás a este vehículo.

Las normas estipulan que debe haber un alumbrado de:

- a) *Carrera o larga distancia*, capaces de alumbrar hasta una longitud de 100m por delante del vehículo y con una intensidad máxima total de 225.000 candelas.
- b) *Cruce*, iluminan una zona de 40m por delante del vehículo, sin deslumbrar a los conductores que circulen en sentido contrario.
- c) *Ordinario*, formada por dos luces blancas o amarillas en la parte delantera y otras dos rojas en la trasera, visibles de noche a una distancia mínima de 300m.
- d) *Placa posterior de matrícula*, que debe permitir leer la inscripción desde una distancia de 20m en tiempo claro.

1.10 Fonometría y unidades de medida

Para conseguir la iluminación del espacio necesario por delante del vehículo, es preciso transformar la energía eléctrica en luminosa, lo que se consigue mediante el empleo de lámparas de incandescencia.

La composición de estas lámparas (figura 1.1) están formadas por un filamento generalmente de tungsteno, que al ser recorrido por la corriente se calienta hasta una temperatura de unos 2600 °C, figura 1.2, poniéndose incandescente e irradiando energía luminosa y calorífica.

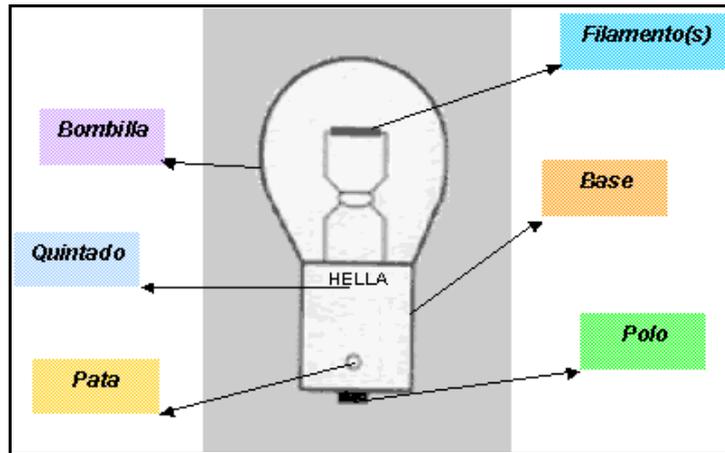


Figura 1.1 Partes de una lámpara

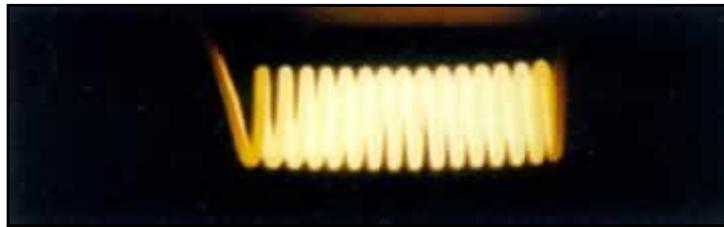


Figura 1.2 Lámpara incandescente

El filamento está colocado dentro de la bombilla o ampolla, en la que se ha hecho el vacío y relleno el espacio con algún gas inerte, generalmente argón, pues en contacto con el aire, la elevada temperatura que adquiere el filamento produciría la combustión del oxígeno y el filamento se quemaría.

De los extremos del filamento, uno se une a la base, que es el que soporta la bombilla, y el otro a la parte inferior de la base.

La base es un cilindro de latón que se rellena por el interior con vidrio prensado, el cual soporta el filamento por sus extremos. En el exterior lleva una pata o tetón que se utiliza para la sujeción de la lámpara.

Los rayos luminosos emitidos por una lámpara, no se reparten uniformemente en todas las direcciones. La distribución del flujo luminoso depende de la forma de la bombilla y de su montaje. Este flujo es la cantidad de luz irradiada en todas las direcciones por una fuente luminosa.

1.11 **Magnitudes**

- a. **Lumen (lm)**, es el flujo luminoso radiado a través de un corte de 1m^2 de área realizado en una esfera opaca.
- b. **Candela (cd)**, es la unidad de intensidad luminosa, siendo dicha intensidad una emisión de luz en una dirección dada.
- c. **Lux (lx)**, es la unidad de medida del alumbrado o iluminación, producido por un flujo luminoso de un lumen cayendo perpendicularmente y de manera uniforme sobre una superficie de un metro cuadrado.

- d. **Luminancia**, de una fuente luminosa es el cociente de su intensidad en candelas por su superficie en metros cuadrados su unidad es el Nit. $1\text{Nit} = 1\text{cd}/\text{m}^2$.
- e. **Rendimiento luminoso**, se da en lúmenes por vatio (lm/W). En las lámparas actuales, el rendimiento oscila entre 9 y 20 lm/W , lo que corresponde a un consumo de 0,5 a 0,75 W por candela.”¹

1.12 Faros

Están formados por una parábola o reflector, figura 1.3, que se sierra por un cristal tallado en prismas o por un lente. En el reflector se sujeta la lámpara, de manera que la posición del filamento en la parábola sea la más conveniente.

¹ Alonso J. M., Técnicas del Automóvil – Equipo Eléctrico, Editorial Paraninfo, Edi. 1996, Pag 337 - 338

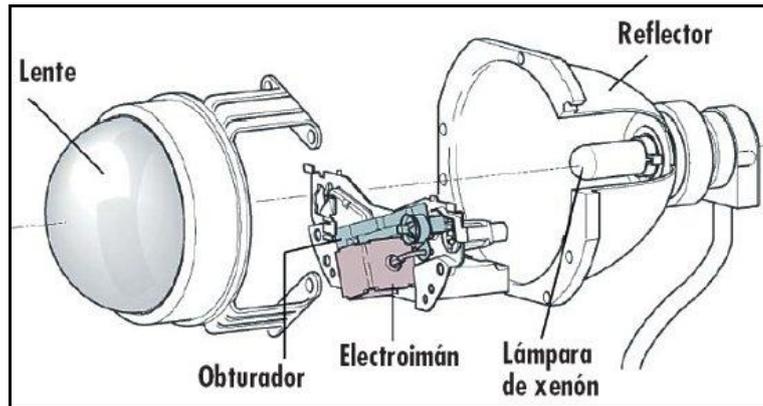


Figura 1.3 Partes de un faro

De esta forma los rayos de luz son reflejados por el reflector, cuya capa interna va recubierta por una fina capa de cromo, consiguiéndose una mayor intensidad luminosa.

Los faros llevan dos tareas opuestas: De una parte es necesaria una luz portante para realizar una conducción segura, con una cierta difusión cerca del vehículo, a fin de obtener una buena iluminación que permita ver bien el pavimento y la cuneta. De otra parte, como esta luz deslumbrará inevitablemente a los conductores de los vehículos que circulan en sentido opuesto, hace falta otra luz más baja o de cruce, que sin deslumbrar, permita una iluminación suficiente para mantener una velocidad razonable con la suficiente seguridad.

El alumbrado intenso se consigue situando la lámpara en el interior de la parábola, de manera que su filamento coincida con el foco geométrico de la misma. Así los rayos de luz que despide el filamento son devueltos por el reflector, de manera que en conjunto forman un haz de luz paralelo, figura 1.4.

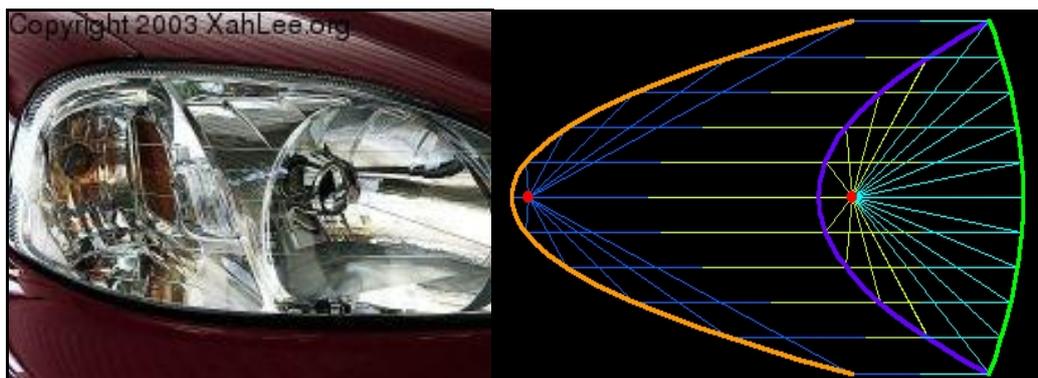


Figura 1.4 Disposición del haz de luz en el faro

Si el filamento se coloca detrás del foco geométrico de la parábola, el haz de luz sale divergente (figura 1.5), y si se coloca delante convergente (figura 1.6).

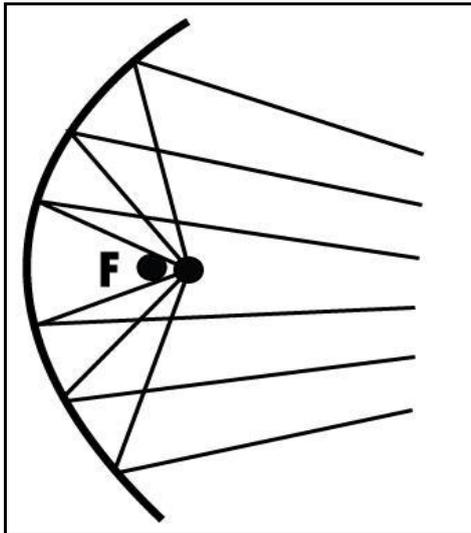


Fig. 1.5 Haz de luz divergente

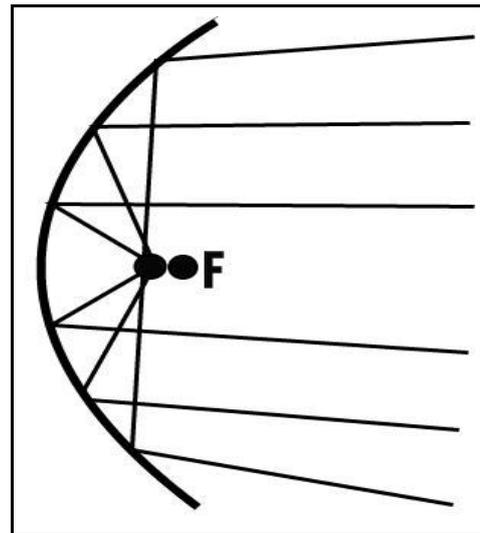


Fig. 1.6 Haz de luz convergente

El foco geométrico de una parábola es por definición, el único punto para el que los rayos reflejados son paralelos. Para el alumbrado de carretera se obtiene por consiguiente, una intensidad luminosa considerable por un haz de rayos paralelos de gran alcance. Pero es preciso obrar de tal manera, que el haz se extienda en una banda repartiéndose sobre toda la anchura de la carretera y, que incida en el suelo desde unos metros por delante del vehículo hasta la mayor longitud posible.

Para lograr este efecto, el cristal del deflector suele ir tallado formando prismas rectangulares, de tal forma que se consiga una desviación hacia abajo del haz luminoso Figura 1.7.

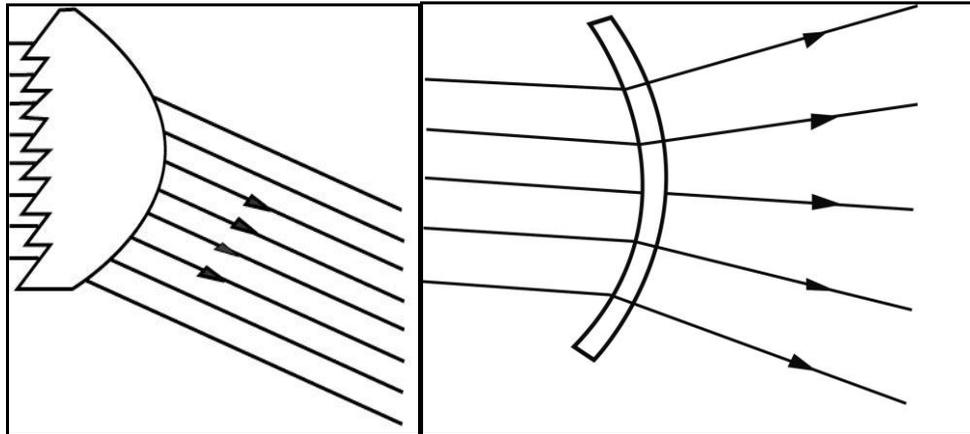


Figura 1.7 Desviación del haz de luz en el faro

Aunque con esta disposición del filamento se consigue una buena iluminación, es indudable que deslumbrará a los conductores de los vehículos que circulan en sentido opuesto. Para evitarlo se dispone el alumbrado de cruce, que se obtiene colocando un segundo filamento por delante del foco geométrico de la parábola, figura 1.8, con lo que salen convergentes los rayos de luz, incidiendo en el suelo a una menor distancia evitándose el deslumbramiento.

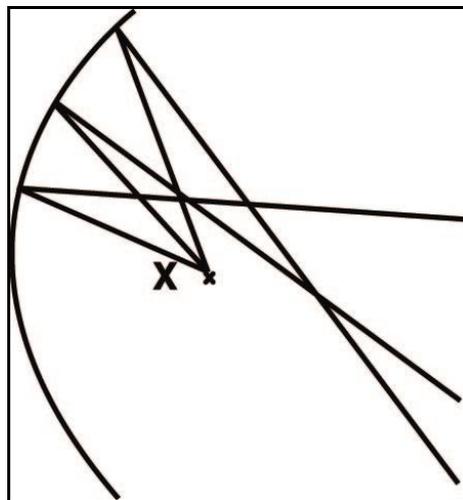


Figura 1.8 Alumbramiento de cruce

1.13 Alumbrado de haz asimétrico

Cuando se produce el cambio de luces de carretera a luz de cruce, existe una disminución de la zona visible de la carretera, que impide distinguir con claridad los objetos situados en ella según el sentido de la marcha.

Para paliar en parte este inconveniente, iluminando con mayor intensidad el borde derecho de la calzada, se emplea actualmente el sistema de alumbrado de haz asimétrico, que tiene la particularidad de alumbrar a un nivel más alto a la derecha de la carretera que a la izquierda. Este efecto se consigue dando una pequeña inclinación a la pantalla situada por debajo del filamento de cruce, de tal forma que el corte del haz de luz se levante en un ángulo de 15° sobre la horizontal a partir del centro y hacia la derecha. Figura 1.9.



Figura 1.8 Alumbrado de haz asimétrico

1.14 Lámpara de halógeno

“La intensidad luminosa que proporciona una lámpara de incandescencia, depende de la temperatura que alcanza su filamento; cuanto más elevada sea, mayor intensidad luminosa se obtiene.

Pero el aumento de energía que experimenta los átomos de tungsteno que forma el filamento, como consecuencia de la elevación de temperatura se produce la emisión electrónica siendo empujados los electrones fuera de sus órbitas.

Como consecuencia de esta emisión electrónica, las partículas metálicas del filamento son lanzadas en todas las direcciones, yendo a chocar contra las paredes de la ampolla, lo que determina un ennegrecimiento de la misma, que con el tiempo se vuelve más opaca dificultando la emisión del flujo luminoso. Simultáneamente va disminuyendo la sección del filamento, que se debilita de forma paulatina al mismo tiempo que aumenta la densidad de corriente, lo que supone un acortamiento de la vida de la lámpara.

Para paliar estos inconvenientes, se rellena el interior de la ampolla con algún gas inerte (argón o criptón), cuya misión es la de retardar el efecto de vaporización del filamento, con lo que se consigue aumentar la vida de las lámparas.”²

“La estructura de una lámpara halógena es extremadamente sencilla, Figura 1.9 pues consta prácticamente de los mismos elementos que las incandescentes comunes. Sus diferentes partes se pueden resumir en: (A) un tubo de cristal de cuarzo, relleno con gas halógeno; (B) el filamento de tungsteno, con su correspondiente soporte y (C) las conexiones exteriores. Estas lámparas se pueden encontrar con diferentes formas, tamaños, versiones y potencia en vatios.

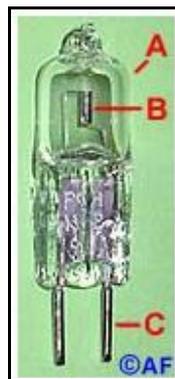


Figura 1.9 Estructura de una lámpara halógena

En las lámparas de halógeno se conserva el filamento de tungsteno o wolframio, mientras que el interior de la ampolla se sustituye el argón con algún gas halógeno generalmente yodo, sometido ahora a mayor presión.

Ciclo halógeno, filamento de tungsteno apagado (A), filamento encendido (B), debido a las altas temperaturas alcanzadas en el filamento, el tungsteno se vaporiza (C), al igual que ocurre con el yodo, que se difunde en el interior de la ampolla. Puesto el yodo en contacto con el tungsteno que sale del filamento, lo retiene combinándose con él, formando yoduro de tungsteno e impidiendo que el metal se deposite en el cristal. El yoduro de tungsteno (D),

² Alonso J. M., Técnicas del Automóvil – Equipo Eléctrico, Editorial Paraninfo, Edi. 1996, Pag 342 - 343

al entrar en contacto con el filamento a muy alta temperatura, se descompone a su vez en tungsteno (que se deposita sobre el filamento, regenerándolo) y en yodo, libre para iniciar un nuevo ciclo de regeneración.

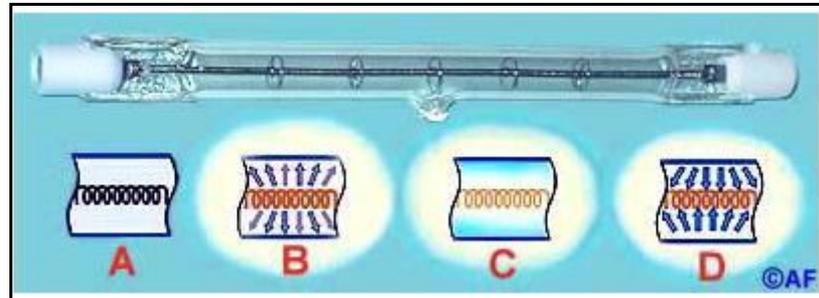


Figura 1.10 Ciclo halógeno

Debido al aumento de temperatura de funcionamiento en esta lámpara, se hace necesario sustituir el cristal de la ampolla por cuarzo. Por otra parte, con potencias reducidas, como las empleadas en las lámparas del automóvil, para obtener una temperatura conveniente en la ampolla es necesario que el volumen de ésta sea muy pequeño, con lo que la lámpara de halógeno resulta sensiblemente menor que la convencional y, consiguientemente más robusta.

Este tipo de lámpara presenta la ventaja que la potencia luminosa es muy superior a la de una lámpara convencional, con un pequeño aumento del consumo de corriente. La ausencia casi total de ennegrecimiento de la ampolla, hace que su potencia luminosa sea sensiblemente igual durante toda la vida.”³

En la figura 1.11, puede verse la constitución de una lámpara de halógeno de doble filamento para carretera y cruce, donde se aprecia la disposición en línea de ellos. El extremo de la lámpara está recubierto con pintura negra especial, con el que se obtiene la característica de corte necesario, y tiene influencia directa sobre la distribución de la temperatura en el interior de la ampolla durante el ciclo de halógeno.

³ <http://www.asifunciona.com>

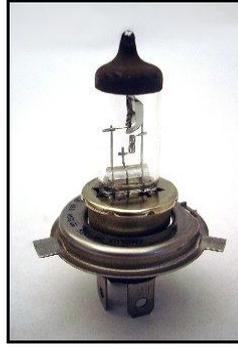


Figura 1.11 Lámpara de halógeno de doble filamento

Atendiendo a la forma de la ampolla, número de filamentos y posicionamiento de los mismos, existen cuatro clases de lámparas halógenas.



Figura 1.12 Lámpara de halógeno de un filamento

- a) **Lámparas H-1**, cuyo único filamento está situado longitudinalmente y separado de la base de apoyo. Se utiliza fundamentalmente en faros de largo alcance y antiniebla. Figura 1.12.
- b) **Lámpara H-2**, similar a la anterior pero de menor longitud, es empleada básicamente en faros auxiliares. Las bases de conexión de estas dos lámparas son diferentes entre sí.
- c) **Lámpara H-3**, cuyo único filamento está situado transversalmente. Se utiliza principalmente en faros auxiliares antiniebla y largo alcance.
- d) **Lámpara H-4**, que es la más comúnmente utilizada. Sus dos filamentos van situados en línea como se vió en la figura 1.11

El empleo de la lámpara halógena en lugar de la convencional representa un fuerte aumento de la energía luminosa. Para la luz de carretera, 1200lm en lugar de los 700lm de la lámpara convencional, y en luz de cruce 750lm frente a 450lm.

En la figura 1.13 puede verse que los faros halógenos dan una mayor profundidad de visión en la luz de carretera, mientras que en la de cruce, aunque en la distancia iluminada es la misma, la luz es mucho más intensa y el haz luminoso más ancho.

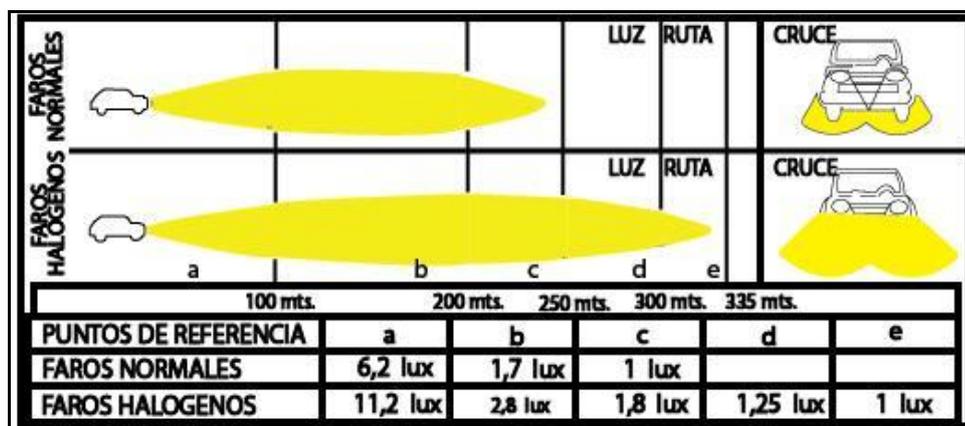


Figura 1.13 Alcance de luz de los faros halógenos

1.15 Lámpara de descarga de gas o luz xenón

“Los faros de xenón son componentes presentes en gran parte de los vehículos que actualmente circulan por nuestras carreteras. Se trata de un sistema de iluminación con alto rendimiento luminoso que aumenta la seguridad activa durante la conducción al incrementar el tiempo de reacción ante un peligro, que se advierte con mayor antelación respecto a los sistemas convencionales.

La luz se genera por medio de un arco voltaico de hasta 30 KV, entre dos electrodos tungsteno situados en una cámara de vidrio, cargada con gas xenón y sales de metales halogenizados, figura 1.14

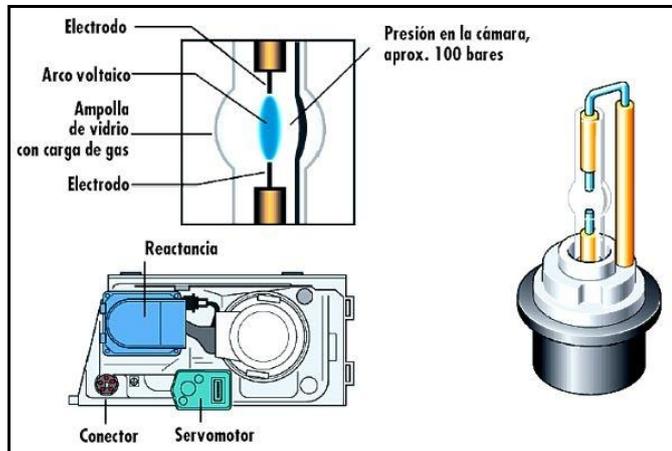


Figura. 1.14 Generación de luz en una lámpara de gas o luz xenón

El arco es generado por una reactancia o reacción que produce una corriente alterna de 400 Hz. En el interior de la lámpara se alcanza una temperatura de aproximadamente 700 °C. Una vez efectuado el encendido, se hace funcionar la lámpara de descarga de gas aproximadamente durante 3 segundos, con una corriente de mayor intensidad. El objetivo es que la lámpara alcance su claridad máxima tras un retardo mínimo de 0,3 segundos.

En virtud de la composición química del gas, en la ampolla o bulbo de la lámpara se genera una luz con un elevado porcentaje de luz verde y azul. Esa es la característica de identificación exterior de la técnica de luminiscencia por descarga de gas.”⁴

Las ventajas de esta nueva generación de faros, en comparación con la tecnología de las lámparas convencionales, son:

- Rendimiento luminoso hasta tres veces superior, con la misma absorción de corriente. Para generar el doble de intensidad luminosa que una lámpara convencional de 55 W, se utiliza una descarga de gas de sólo 35 W. De esta manera se reduce el consumo aproximadamente en un 25%.

⁴ <http://www.automotriz.net/tecnica/tindexx.html>

- La vida útil es de unas 2.500 horas. Cinco veces más que una lámpara halógena.
- Mediante una configuración especial del reflector, visera y lente se consigue un alcance superior y una zona de dispersión más ancha en la zona de proximidad. De esta forma se ilumina mejor el borde de la calzada, lo cual reduce la fatiga visual del conductor. Figura 1.15



Figura 1.15 Alcance del haz de luz de una lámpara de gas o luz xenón

1.15.1 Precauciones

- Debido a que la lámpara de descarga de gas recibe tensiones eléctricas de hasta 30 KV, es imprescindible extremar las medidas de seguridad. El faro con cámara de descarga de gas y el bloque de encendido tienen rótulos de aviso a este respecto.
- Debido a la alta potencia luminosa de este tipo de lámparas, se debe evitar la observación directa y frontal del faro.
- Desconectar el borne negativo de la batería antes de proceder al desmontaje o instalación.
- Si el faro de xenón está encendido, no tocar la instalación, la bombilla o el enchufe sin protegerse las manos con guantes.
- Si el faro de xenón está encendido, no tocar la instalación, la bombilla o el enchufe sin protegerse las manos con guantes.
- No realizar tareas de mantenimiento en el faro de xenón con las manos húmedas.

- Para encender el faro de xenón, la lámpara debe estar instalada en su alojamiento (nunca encender el faro con la lámpara de xenón fuera de éste).
- Asegurarse de instalar la lámpara de forma adecuada, si se instala de forma incorrecta, pueden producirse fugas de alta tensión que deteriorarían la lámpara y el enchufe.

1.16 Regulación de faros

El haz de luz proporcionado por los faros debe estar debidamente enfocado, para conseguir que el alumbrado de carretera tenga un alcance y una dirección normal y que el cruce no deslumbre, mientras tenga un alcance máximo. Para llegar a este resultado, es indispensable proceder a la regulación de faros, lo cual se realiza con máquinas apropiadas (regloscopios) o por un procedimiento sencillo, que consiste en situar el vehículo frente a una pared, contra la que se proyecta el haz de luz.

El orden de operaciones a seguir en este último caso es el siguiente:

- a) Situar al vehículo con los faros muy próximos a la pared y marcar en ésta sendas cruces que correspondan a la altura y distancia de los centros de ambos faros, tal como se muestra en la figura 1.16 uniéndolas posteriormente por medio de una línea horizontal. Los neumáticos deben estar inflados a la presión correcta y el vehículo descargado.

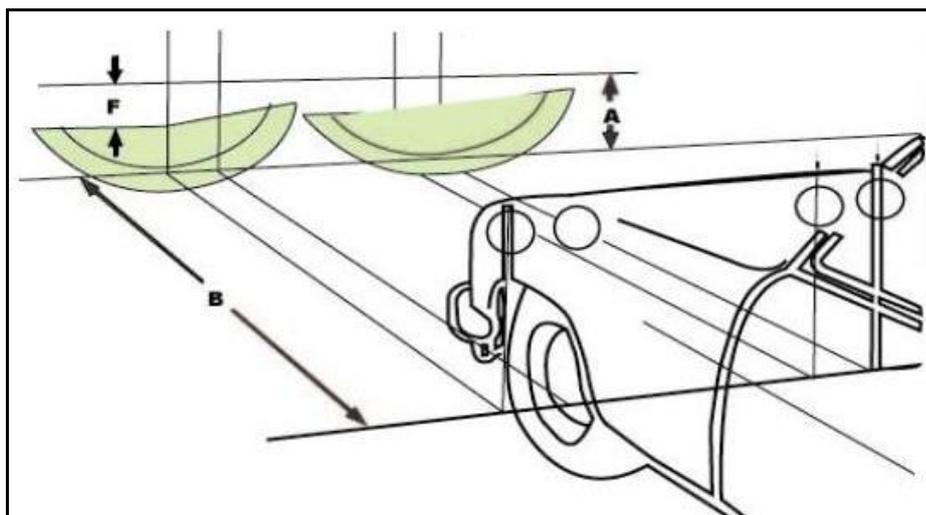


Figura. 1.16 Regulación de altura y distancia de centros de faros

- b) Retirar el vehículo de la pared hasta una distancia B de 5m, asegurándose al hacerlo que la orientación de las ruedas sea la correspondiente a la marcha en línea recta.
- c) Situar el corrector de altura de faros en la posición correspondiente a vacío o el mando interior en el mínimo.
- d) Encender la luz de cruce y actuar sobre los tornillos de reglaje hasta conseguir que el haz de cada uno de los faros, quede 5cm por debajo de la línea horizontal trazada anteriormente F y bien centrado sobre la cruz. Durante la operación se observará si el ángulo formado en el haz asimétrico en el centro de la cruz es el adecuado (15°).
- e) Encender la luz de carretera y comprobar que el haz de cada faro incida sobre la cruz trazada al efecto, el haz debe quedar 2 centímetros por encima de los correspondientes al alumbrado intensivo normal.

La regulación de los faros puede lograrse también con la ayuda de un regloscopio como el representado en la figura 1.17 cuya óptica se sitúa frente al faro que se va a reglar, a la distancia aproximada de 30cm. El haz de luz incide en una pantalla situada en el fondo del regloscopio, sobre la que están marcadas las líneas convenientes para determinar si el reglaje es el correcto. En estos regloscopios se dispone además un fotómetro, en cuya escala puede determinarse si la intensidad luminosa del faro que se está comprobando es correcta, o por el contrario, si el reflector ha perdido brillo y no refleja suficientemente la luz.

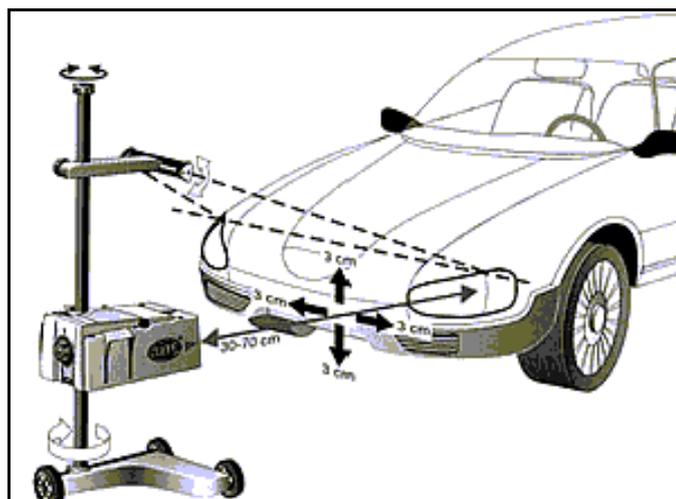


Figura. 1.17 Regulación de faros utilizando regloscopio

También se debe tomar en cuenta el área de trabajo que debe ser nivelada, es indispensable e importante para un correcto ajuste de faros del automóvil. Figura 1.18.

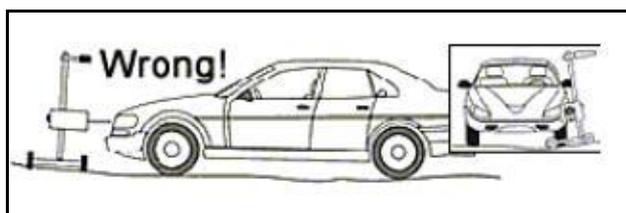


Figura 1.18 Nivelación incorrecta del piso para alinear faros

II. ELEMENTOS Y COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador. Es empleado para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y por ser de un tamaño reducido se lo puede incorporar en el propio dispositivo al que gobierna.

Introducción

“Los microcontroladores están conquistando el mundo. Se encuentran presentes en nuestro trabajo, en nuestra casa y en nuestra vida, en general. Controlan el funcionamiento de los ratones y teclados de los computadores, teléfonos, hornos microondas y televisores de nuestro hogar. Pero la invasión acaba de comenzar y el nacimiento del siglo XXI será testigo de la conquista masiva de estos diminutos computadores, que gobernarán la mayor parte de los aparatos que fabricaremos y usaremos los humanos.”⁵

Controlador y microcontrolador.

El controlador es un dispositivo que se emplea para el gobierno de uno o varios procesos. Por ejemplo, el controlador que regula el funcionamiento de un horno dispone de un sensor que mide constantemente su temperatura interna y, cuando traspasa los límites prefijados, genera las señales adecuadas que accionan los efectores que intentan llevar el valor de la temperatura dentro del rango estipulado.

Aunque el concepto de controlador ha permanecido invariable a través del tiempo, su implementación física ha variado frecuentemente. Hace tres décadas, los controladores se construían exclusivamente con

⁵ <http://www.monografias.com/trabajos12/microco/microco.html>

componentes de lógica discreta, posteriormente se emplearon los microprocesadores, que se rodeaban con chips de memoria y E/S sobre una tarjeta de circuito impreso. En la actualidad, todos los elementos del controlador se han podido incluir en un chip, el cual recibe el nombre de microcontrolador. Realmente consiste en un sencillo pero completo computador, de un circuito integrado.

Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador.

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para Contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital / analógico, etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.
- Los productos que para su regulación incorporan un microcontrolador disponen de las siguientes ventajas:
- Aumento de prestaciones: un mayor control sobre un determinado elemento representa una mejora considerable en el mismo.
- Aumento de la fiabilidad: al reemplazar el microcontrolador por un elevado número de elementos disminuye el riesgo de averías y se precisan menos ajustes.
- Reducción del tamaño en el producto acabado: La integración del microcontrolador en un chip disminuye el volumen, la mano de obra y los stocks.

- Mayor flexibilidad: las características de control están programadas por lo que su modificación sólo necesita cambios en el programa de instrucciones.
- El microcontrolador es en definitiva un circuito integrado que incluye todos los componentes de un computador. Debido a su reducido tamaño es posible montar el controlador en el propio dispositivo al que gobierna. En este caso el controlador recibe el nombre de controlador empotrado (embedded controller).

Diferencia entre microprocesador y microcontrolador.

El microprocesador es un circuito integrado que contiene la Unidad Central de Proceso (UCP), también llamada procesador, de un computador. La UCP está formada por la Unidad de Control, que interpreta las instrucciones, y el Camino de Datos, que las ejecuta.

Las patitas de un microprocesador sacan al exterior las líneas de sus buses de direcciones, datos y control, para permitir conectarle con la Memoria y los Módulos de E/S y configurar un computador implementado por varios circuitos integrados. Se dice que un microprocesador es un sistema abierto porque su configuración es variable de acuerdo con la aplicación a la que se destine. (Figura 2.1.)

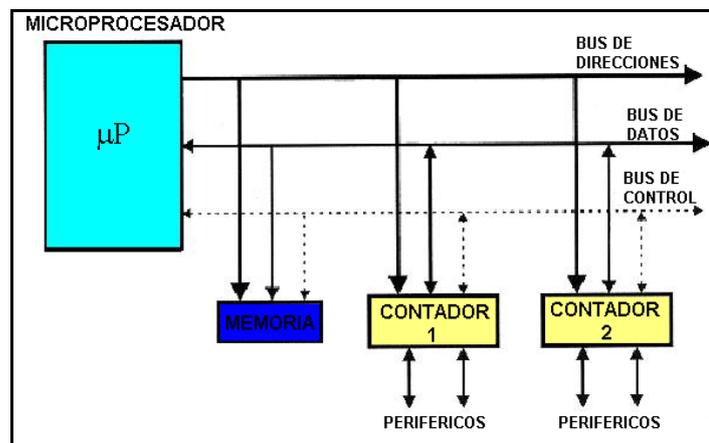


Figura 2.1. Estructura de un sistema abierto basado en un microprocesador.

La disponibilidad de los buses en el exterior permite que se configure a la medida de la aplicación.

Si sólo se dispusiese de un modelo de microcontrolador, éste debería tener muy potenciados todos sus recursos para poderse adaptar a las exigencias de las diferentes aplicaciones. Esta potenciación supondría en muchos casos un despilfarro. En la práctica cada fabricante de microcontroladores oferta un elevado número de modelos diferentes, desde los más sencillos hasta los más poderosos. Es posible seleccionar la capacidad de las memorias, el número de líneas de E/S, la cantidad y potencia de los elementos auxiliares, la velocidad de funcionamiento, etc. Por todo ello, un aspecto muy destacado del diseño es la selección del microcontrolador a utilizar.

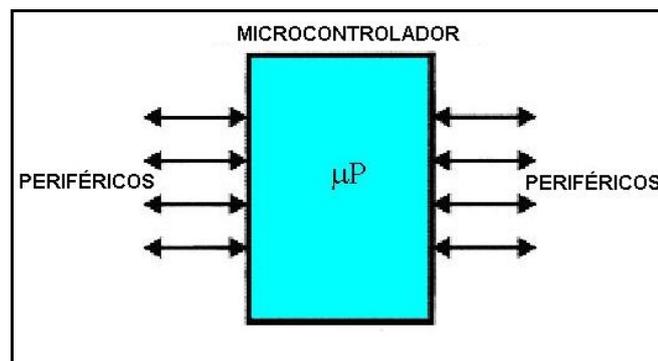


Figura 2.2 El microcontrolador es un sistema cerrado.

Todas las partes del computador están contenidas en su interior y sólo salen al exterior las líneas que gobiernan los periféricos.

Aplicaciones de los microcontroladores.

Cada vez existen más productos que incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sustancialmente sus prestaciones, reducir su tamaño y coste, mejorar su fiabilidad y disminuir el consumo.

Algunos fabricantes de microcontroladores superan el millón de unidades de un modelo determinado producidas en una semana. Este dato puede dar una idea de la masiva utilización de estos componentes.

Los microcontroladores están siendo empleados en multitud de sistemas presentes en nuestra vida diaria, como: juguetes, horno microondas, frigoríficos, televisores, computadoras, impresoras, módems, el sistema de arranque de nuestro coche, etc. Y otras aplicaciones con las que seguramente no estaremos tan familiarizados como instrumentación electrónica, control de sistemas en una nave espacial, etc. 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.

El mercado de los microcontroladores.

Aunque en el mercado de la microinformática la mayor atención la acaparan los desarrollos de los microprocesadores, lo cierto es que se venden cientos de microcontroladores por cada uno de aquellos.

Existe una gran diversidad de microcontroladores. Quizá la clasificación más importante sea entre microcontroladores de 4, 8, 16 ó 32 bits. Aunque las prestaciones de los microcontroladores de 16 y 32 bits son superiores a los de 4 y 8 bits, la realidad es que los microcontroladores de 8 bits dominan el mercado y los de 4 bits se resisten a desaparecer. La razón de esta tendencia es que los microcontroladores de 4 y 8 bits son apropiados para la gran mayoría de las aplicaciones, lo que hace absurdo emplear micros más potentes y consecuentemente más caros. Uno de los sectores que más tira del mercado del microcontrolador es el mercado automovilístico. De hecho, algunas de las familias de microcontroladores actuales se desarrollaron pensando en este sector, siendo modificadas posteriormente para adaptarse a sistemas más

genéricos. El mercado del automóvil es además uno de los más exigentes: los componentes electrónicos deben operar bajo condiciones extremas de vibraciones, choques, ruido, etc. y seguir siendo fiables. El fallo de cualquier componente en un automóvil puede ser el origen de un accidente.

En cuanto a las técnicas de fabricación, cabe decir que prácticamente la totalidad de los microcontroladores actuales se fabrican con tecnología CMOS 4 (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Esta tecnología supera a las técnicas anteriores por su bajo consumo y alta inmunidad al ruido.

La distribución de las ventas según su aplicación es la siguiente:

- Una tercera parte se destina a las aplicaciones relacionadas con los computadores y sus periféricos.
- La cuarta parte se utiliza en las aplicaciones de consumo (electrodomésticos, juegos, TV, vídeo, etc.)
- El 16% de las ventas mundiales se destinó al área de las comunicaciones.
- Otro 16% fue empleado en aplicaciones industriales.
- El resto de los microcontroladores vendidos en el mundo, aproximadamente un 10% fueron adquiridos por las industrias de automoción.
- También los modernos microcontroladores de 32 bits van afianzando sus posiciones en el mercado, siendo las áreas de más interés el procesamiento de imágenes, las comunicaciones, las aplicaciones militares, los procesos industriales y el control de los dispositivos de almacenamiento masivo de datos.

Selección de un microcontrolador.

A la hora de escoger el microcontrolador a emplear en un diseño concreto hay que tener en cuenta multitud de factores, como la documentación y herramientas de desarrollo disponibles y su precio, la cantidad de fabricantes

que lo producen y por supuesto las características del microcontrolador (tipo de memoria de programa, número de temporizadores, interrupciones, etc.):

Costos.-

Como es lógico, los fabricantes de microcontroladores compiten duramente para vender sus productos. Y no les va demasiado mal ya que sin hacer demasiado ruido venden 10 veces más microcontroladores que microprocesadores.

Aplicación.-

Antes de seleccionar un microcontrolador es imprescindible analizar los requisitos de la aplicación:

- **Procesamiento de datos:** puede ser necesario que el microcontrolador realice cálculos críticos en un tiempo limitado. En ese caso debemos asegurarnos de seleccionar un dispositivo suficientemente rápido para ello. Por otro lado, habrá que tener en cuenta la precisión de los datos a manejar: si no es suficiente con un microcontrolador de 8 bits, puede ser necesario acudir a microcontroladores de 16 ó 32 bits, o incluso a hardware de coma flotante. Una alternativa más barata y quizá suficiente es usar librerías para manejar los datos de alta precisión.
- **Entrada Salida:** para determinar las necesidades de Entrada/Salida del sistema es conveniente dibujar un diagrama de bloques del mismo, de tal forma que sea sencillo identificar la cantidad y tipo de señales a controlar. Una vez realizado este análisis puede ser necesario añadir periféricos hardware externos o cambiar a otro microcontrolador más adecuado a ese sistema.

- Consumo: algunos productos que incorporan microcontroladores están alimentados con baterías y su funcionamiento puede ser tan vital como activar una alarma antirrobo. Lo más conveniente en un caso como éste puede ser que el microcontrolador esté en estado de bajo consumo pero que despierte ante la activación de una señal (una interrupción) y ejecute el programa adecuado para procesarla.
- Memoria: para detectar las necesidades de memoria de nuestra aplicación debemos separarla en memoria volátil (RAM), memoria no volátil (ROM, EPROM, etc.) y memoria no volátil modificable (EEPROM). Este último tipo de memoria puede ser útil para incluir información específica de la aplicación como un número de serie o parámetros de calibración.

El tipo de memoria a emplear vendrá determinado por el volumen de ventas previsto del producto: de menor a mayor volumen será conveniente emplear EPROM, OTP y ROM. En cuanto a la cantidad de memoria necesaria puede ser imprescindible realizar una versión preliminar, aunque sea en pseudo-código, de la aplicación y a partir de ella hacer una estimación de cuánta memoria volátil y no volátil es necesaria y si es conveniente disponer de memoria no volátil modificable.

- Ancho de palabra: el criterio de diseño debe ser seleccionar el microcontrolador de menor ancho de palabra que satisfaga los requerimientos de la aplicación. Usar un microcontrolador de 4 bits supondrá una reducción en los costes importante, mientras que uno de 8 bits puede ser el más adecuado si el ancho de los datos es de un byte. Los microcontroladores de 16 y 32 bits, debido a su elevado coste, deben reservarse para aplicaciones que requieran sus altas prestaciones (Entrada/Salida potente o espacio de direccionamiento muy elevado).

- Diseño de la placa: la selección de un microcontrolador concreto condicionará el diseño de la placa de circuitos. Debe tenerse en cuenta que quizá usar un microcontrolador barato encarezca el resto de componentes del diseño.

Los microcontroladores más populares se encuentran, sin duda, entre las mejores elecciones:

- 8048 (Intel). Es el padre de los microcontroladores actuales, el primero de todos. Su precio, disponibilidad y herramientas de desarrollo hacen que todavía sea muy popular.
- 8051 (Intel y otros). Es sin duda el microcontrolador más popular. Fácil de programar, pero potente. Está bien documentado y posee cientos de variantes e incontables herramientas de desarrollo.
- 80186, 80188 y 80386 EX (Intel). Versiones en microcontrolador de los populares microprocesadores 8086 y 8088. Su principal ventaja es que permiten aprovechar las herramientas de desarrollo para PC.
- 68HC11 (Motorola y Toshiba). Es un microcontrolador de 8 bits potente y popular con gran cantidad de variantes.
- 683xx (Motorola). Surgido a partir de la popular familia 68k, a la que se incorporan algunos periféricos. Son microcontroladores de altísimas prestaciones.
- PIC (MicroChip). Familia de microcontroladores que gana popularidad día a día. Fueron los primeros microcontroladores RISC.

Es preciso resaltar en este punto que existen innumerables familias de microcontroladores, cada una de las cuales posee un gran número de variantes.

Recursos comunes a todos los microcontroladores.

Al estar todos los microcontroladores integrados en un chip, su estructura fundamental y sus características básicas son muy parecidas. Todos deben disponer de los bloques esenciales Procesador, memoria de datos y de instrucciones, líneas de E/S, oscilador de reloj y módulos controladores de periféricos. Sin embargo, cada fabricante intenta enfatizar los recursos más idóneos para las aplicaciones a las que se destinan preferentemente.

Arquitectura básica

Todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de Von Neumann, en el momento presente se impone la arquitectura Harvard. La arquitectura de Von Neumann se caracteriza por disponer de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control).

La arquitectura Harvard dispone de dos memorias independientes una, que contiene sólo instrucciones y otra, sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias. Figura 2.3.



Figura 2.3. La arquitectura Harvard.

Los microcontroladores PIC responden a la arquitectura Harvard.

El procesador o UCP

Es el elemento más importante del microcontrolador y determina sus principales características, tanto a nivel hardware como software.

Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código OP de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución de la operación que implica la instrucción, así como la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado.

Existen tres orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores actuales.

CISC: Un gran número de procesadores usados en los microcontroladores están basados en la filosofía CISC (Computadores de Juego de Instrucciones Complejo). Disponen de más de 80 instrucciones máquina en su repertorio, algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes, requiriendo muchos ciclos para su ejecución.

Una ventaja de los procesadores CISC es que ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros.

RISC: Tanto la industria de los computadores comerciales como la de los microcontroladores están decantándose hacia la filosofía RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido). En estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido y las instrucciones son simples y, generalmente, se ejecutan en un ciclo.

La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador.

SISC: En los microcontroladores destinados a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es "específico", o sea, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista. Esta filosofía se ha bautizado con el nombre de SISC (Computadores de Juego de Instrucciones Específico).

Memoria

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las variables y los datos.

Hay dos peculiaridades que diferencian a los microcontroladores de los computadores personales:

No existen sistemas de almacenamiento masivo como disco duro o disquetes.

Como el microcontrolador sólo se destina a una tarea en la memoria ROM, sólo hay que almacenar un único programa de trabajo.

La RAM en estos dispositivos es de poca capacidad pues sólo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa. Por otra parte, como sólo existe un programa activo, no se requiere guardar una copia del mismo en la RAM pues se ejecuta directamente desde la ROM.

Los usuarios de computadores personales están habituados a manejar Megabytes de memoria, pero, los diseñadores con microcontroladores trabajan con capacidades de ROM comprendidas entre 512 bytes y 8 k bytes y de RAM comprendidas entre 20 y 512 bytes.

Según el tipo de memoria ROM que dispongan los microcontroladores, la aplicación y utilización de los mismos es diferente. Se describen las cinco versiones de memoria no volátil que se pueden encontrar en los microcontroladores del mercado.

a) *ROM con máscara*

Es una memoria no volátil de sólo lectura cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip. El elevado coste del diseño de la máscara sólo hace aconsejable el empleo de los microcontroladores con éste tipo de memoria cuando se precisan cantidades superiores a varios miles de unidades.

b) *OTP*

El microcontrolador contiene una memoria no volátil de sólo lectura "programable una sola vez" por el usuario. OTP (One Time Programmable). Es el usuario quien puede escribir el programa en el chip mediante un sencillo grabador controlado por un programa desde un PC.

La versión OTP es recomendable cuando es muy corto el ciclo de diseño del producto, o bien, en la construcción de prototipos y series muy pequeñas.

Tanto en este tipo de memoria como en la EPROM, se suele usar la encriptación mediante fusibles para proteger el código contenido.

c) EPROM

Los microcontroladores que disponen de memoria EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) pueden borrarse y grabarse muchas veces. La grabación se realiza, como en el caso de los OTP, con un grabador gobernado desde un PC. Si, posteriormente, se desea borrar el contenido, disponen de una ventana de cristal en su superficie por la que se somete a la EPROM a rayos ultravioleta durante varios minutos. Las cápsulas son de material cerámico y son más caras que los microcontroladores con memoria OTP que están hechos con material plástico.

d) EEPROM

Se trata de memorias de sólo lectura, programables y borrables eléctricamente EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory). Tanto la programación como el borrado, se realizan eléctricamente desde el propio grabador y bajo el control programado de un PC. Es muy cómoda y rápida la operación de grabado y la de borrado. No disponen de ventana de cristal en la superficie.

Los microcontroladores dotados de memoria EEPROM una vez instalados en el circuito, pueden grabarse y borrarse cuantas veces se quiera sin ser retirados de dicho circuito. Para ello se usan "grabadores en circuito" que confieren una gran flexibilidad y rapidez a la hora de realizar modificaciones en el programa de trabajo.

El número de veces que puede grabarse y borrarse una memoria EEPROM es finito, por lo que no es recomendable una reprogramación continua. Son muy idóneos para la enseñanza y la Ingeniería de diseño.

Se va extendiendo en los fabricantes la tendencia de incluir una pequeña zona de memoria EEPROM en los circuitos programables para guardar y modificar cómodamente una serie de parámetros que adecuan el dispositivo a las condiciones del entorno.

Este tipo de memoria es relativamente lenta.

e) **FLASH**

Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar. Funciona como una ROM y una RAM pero consume menos y es más pequeña.

A diferencia de la ROM, la memoria FLASH es programable en el circuito. Es más rápida y de mayor densidad que la EEPROM.

La alternativa FLASH está recomendada frente a la EEPROM cuando se precisa gran cantidad de memoria de programa no volátil. Es más veloz y tolera más ciclos de escritura/borrado.

Las memorias EEPROM y FLASH son muy útiles al permitir que los microcontroladores que las incorporan puedan ser reprogramados "en circuito", es decir, sin tener que sacar el circuito integrado de la tarjeta. Así, un dispositivo con este tipo de memoria incorporado al control del motor de un automóvil permite que pueda modificarse el programa durante la rutina de mantenimiento periódico, compensando los desgastes y otros factores tales como la compresión, la instalación de nuevas piezas, etc. La reprogramación del microcontrolador puede convertirse en una labor rutinaria dentro de la puesta a punto.

Puertas de entrada y salida

La principal utilidad de las patitas que posee la cápsula que contiene un microcontrolador es soportar las líneas de E/S que comunican al computador interno con los periféricos exteriores.

Según los controladores de periféricos que posea cada modelo de microcontrolador, las líneas de E/S se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control.

Reloj principal

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema.

Generalmente, el circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo. Dichos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos o bien un resonador cerámico o una red R-C.

Aumentar la frecuencia de reloj supone disminuir el tiempo en que se ejecutan las instrucciones pero lleva aparejado un incremento del consumo de energía.

Recursos especiales

Cada fabricante oferta numerosas versiones de una arquitectura básica de microcontrolador. En algunas amplía las capacidades de las memorias, en otras incorpora nuevos recursos, en otras reduce las prestaciones al mínimo para aplicaciones muy simples, etc. La labor del diseñador es encontrar el modelo mínimo que satisfaga todos los requerimientos de su aplicación. De esta forma, minimizará el coste, el hardware y el software.

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- Temporizadores o "Timers".
- Perro guardián o "Watchdog".
- Protección ante fallo de alimentación o "Brownout".
- Estado de reposo o de bajo consumo.
 - Conversor A/D.
 - Conversor D/A.
 - Comparador analógico.
 - Modulador de anchura de impulsos o PWM.
 - Puertas de E/S digitales.
 - Puertas de comunicación.

Temporizadores o "Timers"

Se emplean para controlar periodos de tiempo (temporizadores) y para llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior (contadores).

Para la medida de tiempos se carga un registro con el valor adecuado y a continuación dicho valor se va incrementando o decrementando al ritmo de los impulsos de reloj o algún múltiplo hasta que se desborde y llegue a 0, momento en el que se produce un aviso.

Cuando se desean contar acontecimientos que se materializan por cambios de nivel o flancos en alguna de las patitas del microcontrolador, el mencionado registro se va incrementando o decrementando al ritmo de dichos impulsos.

Perro guardián o "Watchdog"

Cuando el computador personal se bloquea por un fallo del software u otra causa, se pulsa el botón del reset reiniciando el sistema. Pero un microcontrolador funciona sin el control de un supervisor y de forma continuada las 24 horas del día. El Perro guardián consiste en un temporizador que, cuando se desborda y pasa por 0, provoca un reset automáticamente en el sistema.

Se debe diseñar el programa de trabajo que controla la tarea de forma que refresque o inicialice al Perro guardián antes de que provoque el reset. Si falla el programa o se bloquea, no se refrescará al Perro guardián y, al completar su temporización, "ladrará y ladrará" hasta provocar el reset.

Protección ante fallo de alimentación o "Brownout"

Se trata de un circuito que resetea al microcontrolador cuando el voltaje de alimentación (VDD) es inferior a un voltaje mínimo ("brownout"). Mientras el voltaje de alimentación sea inferior al de brownout el dispositivo se mantiene reseteado, comenzando a funcionar normalmente cuando sobrepasa dicho valor.

Estado de reposo ó de bajo consumo

Son abundantes las situaciones reales de trabajo en que el microcontrolador debe esperar, sin hacer nada, a que se produzca algún acontecimiento externo que le ponga de nuevo en funcionamiento. Para ahorrar energía, (factor clave en los aparatos portátiles), los microcontroladores disponen de una instrucción especial (SLEEP en los PIC), que les pasa al estado de reposo o de bajo consumo, en el cual los requerimientos de potencia son mínimos. En dicho estado se detiene el reloj principal y se "congelan" sus circuitos asociados, quedando sumido en un profundo "sueño" el microcontrolador. Al activarse una interrupción

ocasionada por el acontecimiento esperado, el microcontrolador se despierta y reanuda su trabajo.

Conversor A/D (CAD)

Los microcontroladores que incorporan un Conversor A/D (Analógico/Digital) pueden procesar señales analógicas, tan abundantes en las aplicaciones. Suelen disponer de un multiplexor que permite aplicar a la entrada del CAD diversas señales analógicas desde las patitas del circuito integrado.

Conversor D/A (CDA)

Transforma los datos digitales obtenidos del procesamiento del computador en su correspondiente señal analógica que saca al exterior por una de las patitas de la cápsula. Existen muchos efectores que trabajan con señales analógicas.

Comparador analógico

Algunos modelos de microcontroladores disponen internamente de un Amplificador Operacional que actúa como comparador entre una señal fija de referencia y otra variable que se aplica por una de las patitas de la cápsula. La salida del comparador proporciona un nivel lógico 1 ó 0 según una señal sea mayor o menor que la otra.

También hay modelos de microcontroladores con un módulo de tensión de referencia que proporciona diversas tensiones de referencia que se pueden aplicar en los comparadores.

Modulador de anchura de impulsos o PWM

Son circuitos que proporcionan en su salida impulsos de anchura variable, que se ofrecen al exterior a través de las patitas del encapsulado.

Puertos de E/S digitales

Todos los microcontroladores destinan algunas de sus patitas a soportar líneas de E/S digitales. Por lo general, estas líneas se agrupan de ocho en ocho formando Puertos.

Las líneas digitales de los Puertos pueden configurarse como Entrada o como Salida cargando un 1 ó un 0 en el bit correspondiente de un registro destinado a su configuración.

Puertos de comunicación

Con objeto de dotar al microcontrolador de la posibilidad de comunicarse con otros dispositivos externos, otros buses de microprocesadores, buses de sistemas, buses de redes y poder adaptarlos con otros elementos bajo otras normas y protocolos. Algunos modelos disponen de recursos que permiten directamente esta tarea, entre los que destacan:

UART, adaptador de comunicación serie asíncrona.

USART, adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona

Puerta paralela esclava para poder conectarse con los buses de otros microprocesadores.

USB (Universal Serial Bus), que es un moderno bus serie para los PC.

Bus I²C, que es un interfaz serie de dos hilos desarrollado por Philips.

CAN (Controller Area Network), para permitir la adaptación con redes de conexión multiplexado desarrollado conjuntamente por Bosch e Intel para el cableado de dispositivos en automóviles. En EE.UU. se usa el J1850.

Herramientas para el desarrollo de aplicaciones.

Uno de los factores que más importancia tiene a la hora de seleccionar un microcontrolador entre todos los demás es el soporte tanto software como hardware de que dispone. Un buen conjunto de herramientas de desarrollo puede ser decisivo en la elección, ya que pueden suponer una ayuda inestimable en el desarrollo del proyecto.

Las principales herramientas de ayuda al desarrollo de sistemas basados en microcontroladores son:

Desarrollo del software.

Ensamblador. La programación en lenguaje ensamblador puede resultar un tanto ardua para el principiante, pero permite desarrollar programas muy eficientes, ya que otorga al programador el dominio absoluto del sistema. Los fabricantes suelen proporcionar el programa ensamblador de forma gratuita y en cualquier caso siempre se puede encontrar una versión gratuita para los microcontroladores más populares.

Compilador. La programación en un lenguaje de alto nivel (como el C ó el Basic) permite disminuir el tiempo de desarrollo de un producto. No

obstante, si no se programa con cuidado, el código resultante puede ser mucho más ineficiente que el programado en ensamblador. Las versiones más potentes suelen ser muy caras, aunque para los microcontroladores más populares pueden encontrarse versiones demo limitadas e incluso compiladores gratuitos.

Depuración: debido a que los microcontroladores van a controlar dispositivos físicos, los desarrolladores necesitan herramientas que les permitan comprobar el buen funcionamiento del microcontrolador cuando es conectado al resto de circuitos.

Simulador. Son capaces de ejecutar en un PC programas realizados para el microcontrolador. Los simuladores permiten tener un control absoluto sobre la ejecución de un programa, siendo ideales para la depuración de los mismos. Su gran inconveniente es que es difícil simular la entrada y salida de datos del microcontrolador. Tampoco cuentan con los posibles ruidos en las entradas, pero, al menos, permiten el paso físico de la implementación de un modo más seguro y menos costoso, puesto que ahorraremos en grabaciones de chips para la prueba in-situ.

Placas de evaluación. Se trata de pequeños sistemas con un microcontrolador ya montado y que suelen conectarse a un PC desde el que se cargan los programas que se ejecutan en el microcontrolador. Las placas suelen incluir visualizadores LCD, teclados, LEDs, fácil acceso a los pines de E/S, etc. El sistema operativo de la placa recibe el nombre de programa monitor. El programa monitor de algunas placas de evaluación, aparte de permitir cargar programas y datos en la memoria del microcontrolador, puede permitir en cualquier momento realizar ejecución paso a paso, monitorizar el estado del microcontrolador o modificar los valores almacenados los registros o en la memoria.

Emuladores en circuito. Se trata de un instrumento que se coloca entre el PC anfitrión y el zócalo de la tarjeta de circuito impreso donde se alojará el microcontrolador definitivo. El programa es ejecutado desde el PC, pero para la tarjeta de aplicación es como si lo hiciese el mismo microcontrolador que luego irá en el zócalo. Presenta en pantalla toda la información tal y como luego sucederá cuando se coloque la cápsula.

Aplicación de los microcontroladores en el automóvil.

“Los componentes electrónicos deben operar bajo condiciones extremas de vibraciones, choques, ruido, etc. y seguir siendo fiables en todos los campos pero en los automóviles son los más exigentes. El fallo de cualquier componente electrónico en un automóvil puede ser el origen de un accidente.

Un dispositivo con este tipo de memoria incorporado al control del motor de un automóvil permite que pueda modificarse el programa durante la rutina de mantenimiento periódico, compensando los desgastes y otros factores tales como la compresión, la instalación de nuevas piezas, etc. La reprogramación del microcontrolador puede convertirse en una labor rutinaria dentro de la puesta a punto.

Aproximadamente un 10% son adquiridos por las industrias de automoción para ser usados en la instalación de inyección electrónica de gasolina, frenos ABS, control de crucero, alarmas, equipos de audio y video, comunicación satelital (GPS), suspensión activa, control de faros, tableros digitales, entre otros.”⁶

⁶ <http://www.el-mundo.es/aplicacionmotor.html>

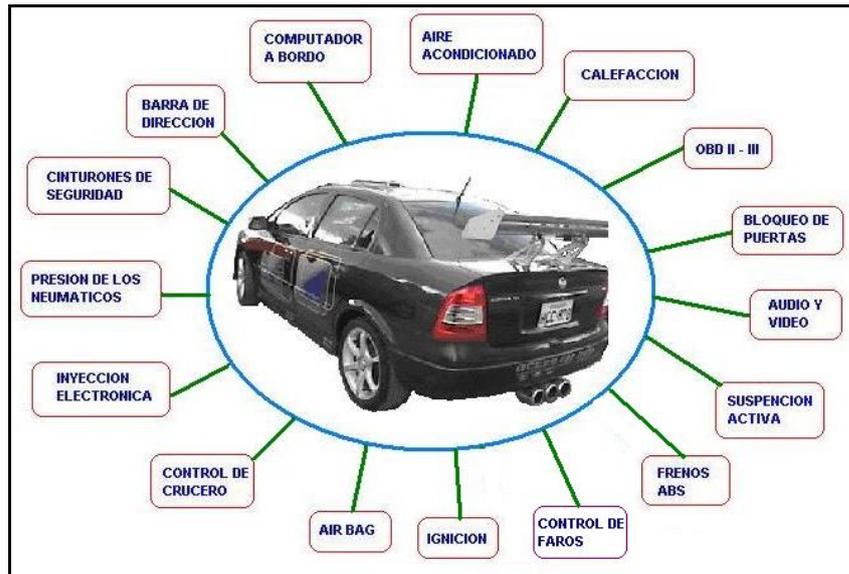


Figura 2.4 Aplicaciones de microcontroladores en el automóvil

Selección del microcontrolador para la aplicación

En cada aplicación son sus características específicas las que determinan el más conveniente.

En los PIC debemos tomar en cuenta las siguientes características:

- Sencillez de manejo
- Buena información
- Precio
- Buen promedio de parámetros: consumo, tamaño, alimentación, código compacto, etc.
- Herramientas de desarrollo fáciles y baratas
- Diseño rápido
- Disponibilidad inmediata
- Compatibilidad del software en todos los modelos de la misma gama

Costos

Estos microcontroladores tienen que ser accesibles y de fácil adquisición en el mercado nacional para nuestro caso el 16F877A tiene un costo de 10 dólares y el 16F84A tiene un costo de 8 dólares. Se reduce el costo al disponer de las herramientas de apoyo con que se va a contar como son:

- Emuladores
- Ensambladores
- Compiladores

Aplicación.

Antes de seleccionar un microcontrolador es imprescindible analizar los requisitos de la aplicación para un perfecto desarrollo del proyecto:

- **Procesamiento de datos:** no se desarrollaran cálculos críticos en la aplicación. Por lo que es suficiente con un microcontrolador de 8 bits.
- **Entrada Salida:** para determinar las necesidades de Entrada/Salida del sistema es conveniente dibujar un diagrama de bloques del mismo, de tal forma que sea sencillo identificar la cantidad y tipo de señales a controlar. Para nuestro caso usaremos seis patitas para señales de entrada más la de inicio y reset, y cuatro en el caso del primer PIC; en el segundo PIC usaremos siete patitas para señales de entrada y cinco patitas para señales de salida.
- **Consumo:** el consumo es bajo ya que se usara regulador de tensión de 12v para la aplicación y no influirá ni tendrá funcionamiento permanente en el vehículo sino solo cuando este en la tarea de entrenamiento.
- **Memoria:** para detectar las necesidades de memoria de la aplicación debemos separarla en memoria volátil (RAM), memoria

no volátil (ROM, EPROM, etc.) y memoria no volátil modificable (EEPROM). Este último tipo de memoria puede ser útil para incluir información específica de la aplicación como un número de serie o parámetros de calibración. En cuanto a la cantidad de memoria necesaria puede ser imprescindible realizar una versión preliminar, aunque sea en pseudo-código, de la aplicación y a partir de ella hacer una estimación de cuánta memoria volátil y no volátil es necesaria y si es conveniente disponer de memoria no volátil modificable.

- **Ancho de palabra:** el criterio de diseño debe ser seleccionar el microcontrolador de menor ancho de palabra que satisfaga los requerimientos de la aplicación. Usar un microcontrolador de 4 bits supondrá una reducción en los costes importante, mientras que uno de 8 bits puede ser el más adecuado si el ancho de los datos es de un byte.
- **Diseño de la placa:** la selección de un microcontrolador concreto condicionará el diseño de la placa de circuitos. Debe tenerse en cuenta que quizá usar un microcontrolador barato encarezca el resto de componentes del diseño.

Selección del PIC 16F877A

Vistos los criterios de selección del microcontrolador se procedió a seleccionar el PIC 16F877A, pertenece a la familia de la gama media. Tiene 40 patitas, La razón exclusiva de su interés se debe al tipo de memoria de programa que posee. En el caso del PIC 16F877A se trata de una memoria de código tipo FLASH de hasta 8K palabras de 14 bits, así como el número de entradas y salidas disponibles para la aplicación además de sus puertas TRIGGER SCHMITT.

La memoria EEPROM y la FLASH son eléctricamente grabables y borrables, lo que permite escribir y borrar el programa bajo prueba,

manteniendo el microcontrolador en el mismo zócalo y usando el mismo dispositivo para borrar y grabar. Esta característica se supone una gran ventaja con la mayoría de microcontroladores, que tiene como memoria de programa rescribible una tipo EPROM, se graba eléctricamente pero para borrarlas hay que someterlas durante cierto tiempo a rayos ultravioletas, lo que implica sacar del zócalo al circuito integrado y colocarlo en un borrador EPROM.

Características

- Voltaje de alimentación: 5 V CC.
- CPU RISC
- Circuito Integrado de 40 pines.
- Pines de configurables como Entrada o Salida:
 - 16F870/3/6 = 22 pines
 - 16F874/7 = 33 pines
- Frecuencia operación máxima: 20 Mhz.
- Memoria Flash:
 - 16F870/3/4 = 4 Kbytes
 - 16F876/7 = 8 Kbytes
- Memoria de Datos:
 - 16F870/3/4 = 192 Bytes
 - 16F876/7 = 368 Bytes
- Memoria de Datos EEPROM:
 - 16F870/3/4 = 128 Bytes
 - 16F876/7 = 256 Bytes
- 2 Temporizadores internos de 8 bits.
- 1 Temporizador interno de 16 bits.
- Módulos CCP (Captura, Comparación y PWM):
 - 16F870 = 1 módulo

16F873/4/6/7 = 2 módulos

- 1 Módulo de comunicaciones USART.

- Conversores Analógico-Digital:

16F870/3/6 = 5 canales

16F874/7 = 8 canales

- Interrupciones:

16F870/3/6 = 13

16F874/7 = 14

Para que un microcontrolador funcione es necesario grabarle un programa en su interior. Este programa será leído y ejecutado línea a línea por la CPU. Para que la CPU funcione, debe contar con un generador de impulsos de reloj externo que sincroniza el funcionamiento de todo el sistema.

Como origen de la señal de reloj externa utilizamos un cristal. El microcontrolador ejecuta cada instrucción (1 ciclo de programa) a $\frac{1}{4}$ de la velocidad del cristal utilizado. En general, un ciclo de programa corresponde a una línea de código ensamblador..

Por ejemplo, si utilizamos un cristal de 4 Mhz., el microcontrolador estará ejecutando el código a una velocidad de 1 Mhz. Es decir que, ejecutará 1.000.000 de líneas de código del programa por segundo. Por lo tanto, cada línea de código se ejecutará en 1 microsegundo (1/1.000.000 Seg.).

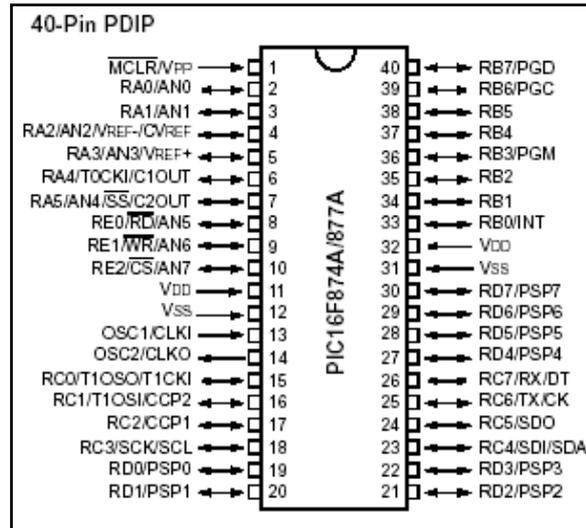


Figura 2.5. Disposición de pines del 16F877A

Dispositivos periféricos

- Timer0: Temporizador-contador de 8 bits con preescaler de 8 bits
- Timer1: Temporizador-contador de 16 bits con preescaler que puede incrementarse en modo sleep de forma externa por un cristal/clock.
- Timer2: Temporizador-contador de 8 bits con preescaler y postescaler.
- Dos módulos de Captura, Comparación, PWM (Modulación de Anchura de Impulsos).
- Conversor A/D de 10 bits.
- Puerto Serie Síncrono Master (MSSP) con SPI e I²C (Master/Slave).
- USART/SCI (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) con 9 bit.

El PIC 16F877 tienen 40 patillas, lo que permite disponer de hasta 33 líneas de E/S. En su arquitectura además incorporan:

- Varios Timer.
- USART.
- Bus 12C

En la tabla II.1 se muestra las características comparativas más relevantes de esta familia de microcontroladores:

Tabla II.1. Comparación de entre los PIC de la Familia 16F87X

Key Features	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz			
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)			
Flash Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Analog Comparators	2	2	2	2
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

La siguiente figura corresponde a los diagramas de bloque por el número de pines.

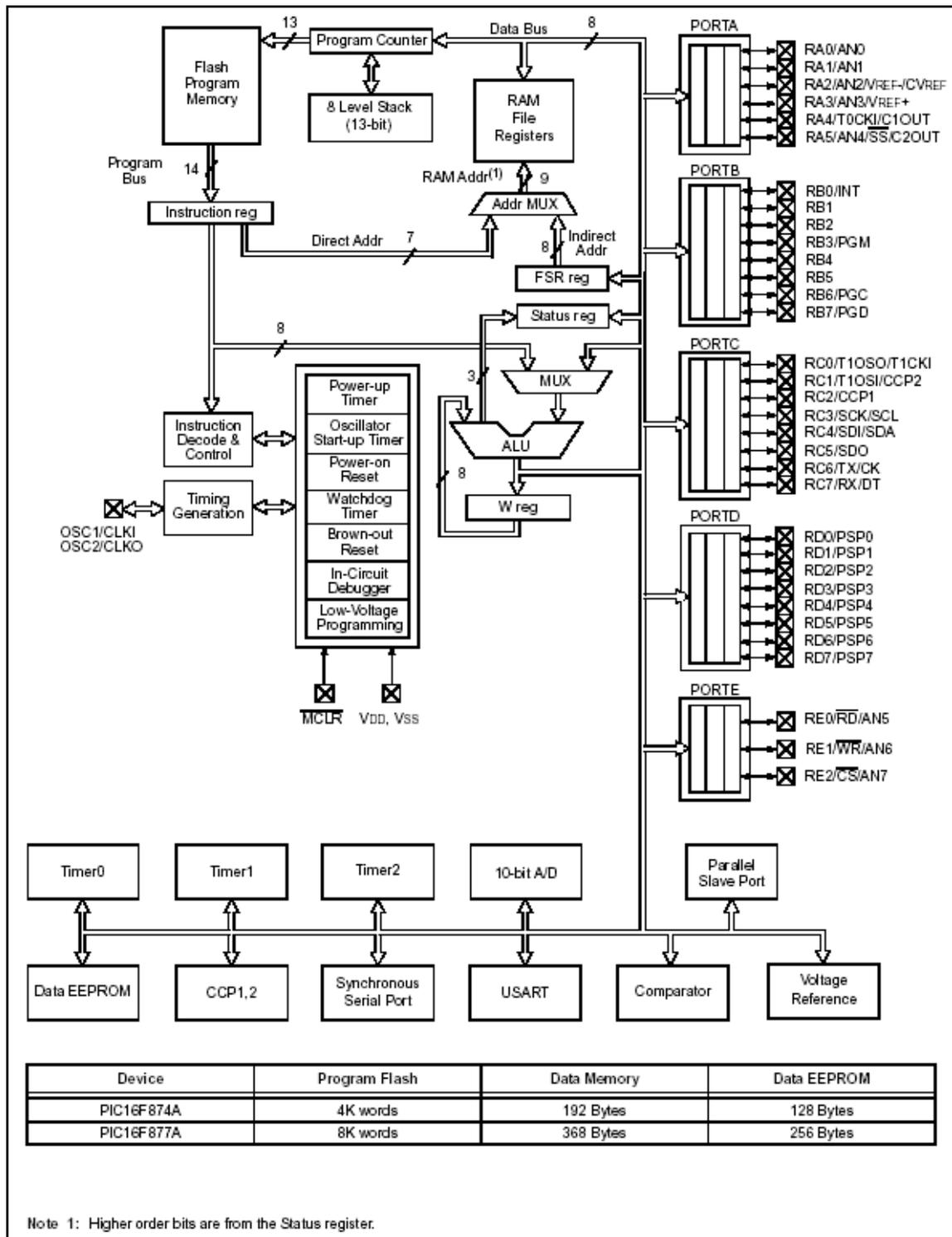


Figura 2.6. Diagrama de Bloques del PIC16F874 y 16F877

Tabla II.2. Descripción de los pines de salida del PIC 16F877A

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

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT RB1 RB2 RB3/PGM RB3 PGM RB4 RB5 RB6/PGC RB6 PGC RB7/PGD RB7 PGD	33 34 35 36 37 38 39 40	36 37 38 39 41 42 43 44	8 9 10 11 14 15 16 17	9 10 11 12 14 15 16 17	I/O I I/O I/O I/O I/O I/O I I/O I/O	TTL/ST ⁽¹⁾ TTL TTL TTL TTL/ST ⁽²⁾ TTL/ST ⁽²⁾	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. Digital I/O. Digital I/O. Digital I/O. Low-voltage ICSP programming enable pin. Digital I/O. Digital I/O. Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock. Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.
<p>Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input</p> <p>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.</p>							

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 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	17	19	36	36	I/O I/O	ST	Digital I/O. Capture1 input, Compare1 output, PWM1 output.
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.

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.
Vss	12, 31	13, 34	6, 29	6, 30, 31	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	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.							

Organización de la memoria

Hay tres bloques de memoria en cada uno de estos PICmicro MCUs. La Memoria de Programa y la Memoria de Datos que tienen los buses separados para poder permitir el acceso simultáneo a estos dos bloques. El tercer bloque que la Memoria de datos EEPROM.

Los dispositivos de PIC16F877/876 tienen 8K x 14 posiciones de memoria de programa tipo FLASH. El vector de Reset está en la posición de memoria 0000h y el vector de interrupción está en la posición de memoria 0004h.

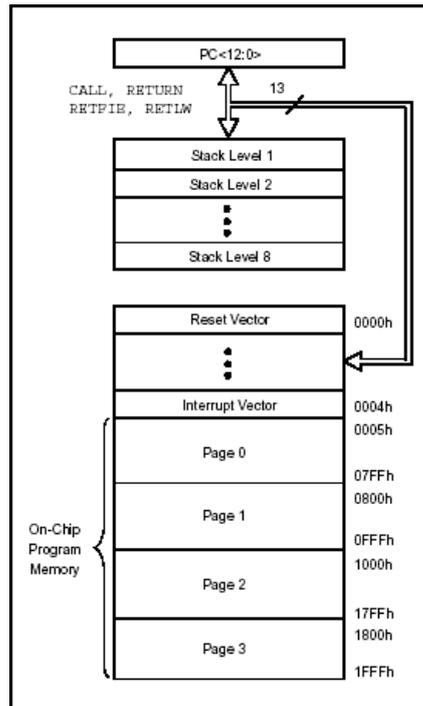


Figura 2.7. Mapa de Memoria y STACK del PIC16F877/878
Organización de la Memoria de datos

La memoria de los datos se divide en los múltiples bancos que contiene los Registros del Propósito Generales y Los Registros de la Funciones especiales Los bits RP1 (STATUS <6> y RP0 (el ESTADO <5> seleccionan cada uno de estos bancos, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla II. 3. Selección de los bancos de memoria RAM con RP0 y RP1

RP1:RP0	Bank
00	0
01	1
10	2
11	3

En cada banco hay 7Fh posiciones de memoria (128 bytes). Las posiciones más bajas están reservadas para los registros de funciones especiales. Por encima de los registros de funciones especiales se encuentran los registros de propósito general, que se utilizan como posiciones de memoria RAM estática. Todos están estructurados en bancos. Algunos registros de funciones especiales están reflejados en varios bancos para reducir el código y tener un acceso más rápido.

Selección del PIC 16F84A

Vistos los criterios de selección del microcontrolador se procedió a seleccionar el PIC 16F84A, pertenece a la familia de la gama media. Este circuito integrado tiene 18 patitas, La razón exclusiva por la que se escoge este PIC es por su disponibilidad inmediata, por su bajo costo en el mercado y sencillez en el manejo.

Características

“Sus principales características:

- Versiones para bajo consumo (16LF84A), de 4 MHz (PIC16F84A-04) y 20 MHz (PIC16F84A-20). Un ciclo máquina del PIC son 4 ciclos de reloj, por lo cual si tenemos un PIC con

un cristal de 4 MHz, se ejecutarán 1 millón de instrucciones por segundo.

- Memoria de programa Flash de 1 K x 14 bits.
- Memoria RAM dividida en 2 áreas: 22 registros de propósito específico (SFR) y 68 de propósito general (GPR) como memoria de datos.
- 15 registros de funciones especiales.
- Memoria de datos RAM de 68 bytes (68 registros de propósito general).
- Memoria de datos EEPROM de 64 bytes.
- Pila con 8 niveles de profundidad.
- ALU de 8 bits y registro de trabajo W del que normalmente recibe un operando que puede ser cualquier registro, memoria, puerto de Entrada/Salida o el propio código de instrucción.
- 4 tipos de interrupciones:
 - 1) A través del pin RB0/INT.
 - 2) Desbordamiento del temporizador TMR0.
 - 3) Interrupción por cambio de estado de los pines 4:7 del Puerto B.
 - 4) Completada la escritura de la memoria EEPROM.
- 13 pines de E/S con control individual de dirección.
- PortA de 5 bits <RA0:RA4>.
- PortB de 8 bits <RB0:RB7>.
- Contador/Temporizador TMR0 de 8 bits con divisor programable.
- Power-on Reset (POR).
- Power-up Timer (PWRT).
- Oscillator Start-up Timer (OST).
- Watchdog Timer (WDT).
- Modo de bajo consumo SLEEP.
- Puede operar bajo 4 modos diferentes de oscilador.

- Temperatura ambiente máxima para funcionamiento de -55°C to +125°C.
- Tensión máxima de VDD respecto a VSS de 2V a 6V.
- Máxima corriente de salida a VSS 150 mA.
- Máxima corriente de salida de VDD 100 mA.
- Máxima corriente del puerto "A" como fuente, 50 mA.
- Máxima corriente del puerto "A" como sumidero, 80 mA.
- Máxima corriente del puerto "B" como fuente, 100 mA.
- Máxima corriente del puerto "B" como sumidero, 150 mA.
- Rango de alimentación:
 - 1) De 4 a 5,5 v en configuración de oscilador XT, RC y LP.
 - 2) de 4,5 a 5.5 v en configuración de oscilador HS.
- Consumo típico:
 - 1) De 1,8 a 4.5 mA en configuración de oscilador RC y XT (FOSC = 4 MHz, VDD = 5,5V).
 - 2) De 3 a 10 mA en configuración de oscilador RC y XT durante la programación de la FLASH (FOSC = 4MHz, VDD = 5,5V).⁷

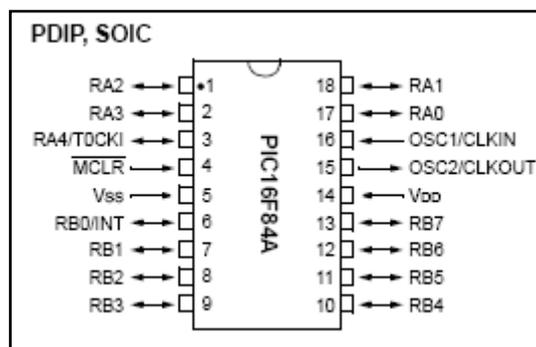


Figura 2.8. Disposición de pines del 16F84A

Dispositivos periféricos

⁷ <http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic16f84.htm>

Las altas prestaciones de los microcontroladores PIC derivan de las características de su arquitectura. Están basados en una arquitectura tipo Harvard que posee buses y espacios de memoria por separado para el programa y los datos, lo que hace que sean más rápidos que los microcontroladores basados en la arquitectura tradicional de Von Neuman.

Otra característica es su juego de instrucciones reducido (35 instrucciones) RISC, donde la mayoría se ejecutan en un solo ciclo de reloj excepto las instrucciones de salto que necesitan dos.

Posee una ALU (Unidad Aritmético Lógica) de 8 bits capaz de realizar operaciones de desplazamientos, lógicas, sumas y restas. Posee un Registro de Trabajo (W) no direccionable que usa en operaciones con la ALU.

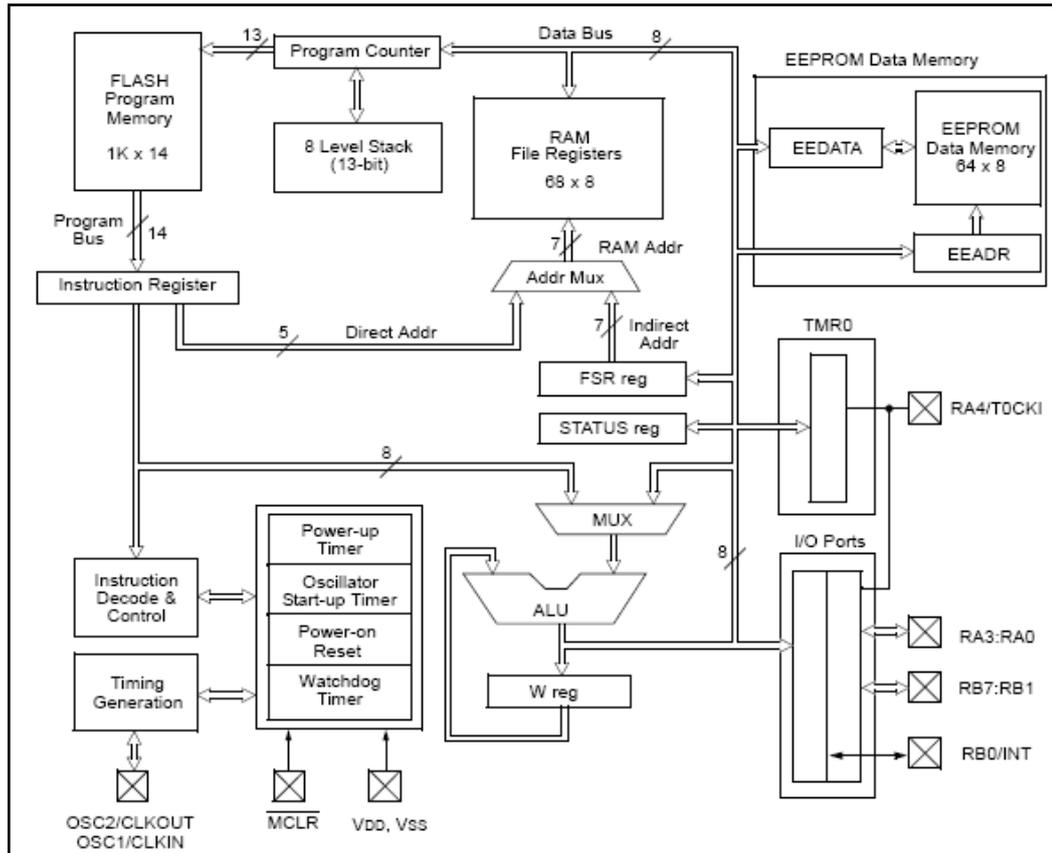


Figura 2.9. Diagrama de Bloques del PIC16F84A

Dependiendo de la instrucción ejecutada, la ALU puede afectar a los bits de Acarreo, Acarreo Digital (DC) y Cero (Z) del Registro de Estado (STATUS).

La pila es de 8 niveles. No existe ninguna bandera que indique que esté llena, por lo que será el programador el que deberá controlar que no se produzca su desbordamiento.

Este microcontrolador posee características especiales para reducir componentes externos con lo que se reducen los costos y se disminuyen los consumos. Posee 4 diferentes modos de oscilador, desde el simple circuito oscilador RC con lo que se disminuyen los costos hasta la utilización de un oscilador a cristal.

En el modo SLEEP el consumo se reduce significativamente y puede 'despertarse' al microcontrolador utilizando tanto interrupciones internas como externas y señal de reset. Además posee la función Watchdog Timer (Perro Guardian) que protege al micro de 'cuelgues' debido a fallos software que produzcan bucles infinitos.

Tabla II.4. Descripción de los pines de salida del PIC 16F84A

Pin Name	PDIP No.	SOIC No.	SSOP No.	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	16	16	18	I	ST/CMOS ⁽³⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	15	15	19	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR	4	4	4	I/P	ST	Master Clear (Reset) input/programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
RA0 RA1 RA2 RA3 RA4/T0CKI	17 18 1 2 3	17 18 1 2 3	19 20 1 2 3	I/O I/O I/O I/O I/O	TTL TTL TTL TTL ST	PORTA is a bi-directional I/O port. Can also be selected to be the clock input to the TMR0 timer/counter. Output is open drain type.
RB0/INT RB1 RB2 RB3 RB4 RB5 RB6 RB7	6 7 8 9 10 11 12 13	6 7 8 9 10 11 12 13	7 8 9 10 11 12 13 14	I/O I/O I/O I/O I/O I/O I/O	TTL/ST ⁽¹⁾ TTL TTL TTL TTL TTL/ST ⁽²⁾ TTL/ST ⁽²⁾	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. RB0/INT can also be selected as an external interrupt pin. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin. Serial programming clock. Interrupt-on-change pin. Serial programming data.
V _{ss}	5	5	5,6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
V _{DD}	14	14	15,16	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. Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode. Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.						

Organización de la memoria

La memoria de programa está organizada con palabras de 14 bits con un total de 1 K, del tipo Flash, que durante el funcionamiento es de solo lectura. Sólo se ejecutará el código contenido en esta memoria, pudiendo almacenar en ella una cantidad limitada de datos como parte de la instrucción RETLW. En una sola palabra se agrupa el código de la instrucción y el operando o su dirección.

La memoria del programa comienza en la posición 0000h y termina en la posición 03FFh. Esto es 1Kbyte, es decir, 1024 bytes (2^{10}).

En la figura 2.7. también se muestra el PC (Contador de Programa o Program Counter). Que apunta a la dirección de memoria de la instrucción en curso y permite que el programa avance cuando se incrementa.

También se muestra la pila o stack, de 8 niveles (Nivel Pila 1 a Nivel Pila 8). Se utiliza cuando ejecutamos un subproceso o subrutina, es decir, un conjunto de instrucciones que hemos aislado de las demás para simplificar.

El vector de reset se encuentra en la posición 0000h y el de interrupción en la 0004h.

Debido a que el PIC16F84A tiene un contador de programa de 13 bit puede direccionar un espacio de memoria de 8K x 14, sin embargo sólo el primer 1K x 14 (0000h-03FFh) está implementado físicamente.

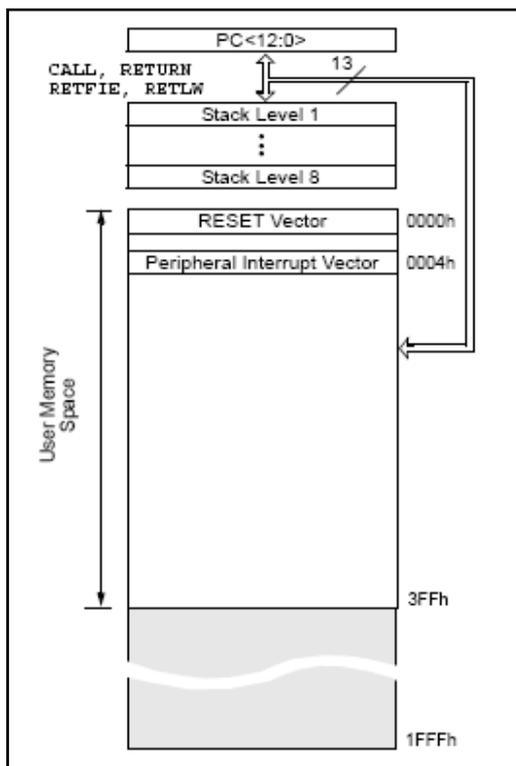


Figura 2.10. Mapa de Memoria y STACK del PIC16F84A

Organización de la Memoria de datos

“Tiene dos zonas diferentes:

1. **RAM estática ó SRAM:** donde residen los Registros Específicos (SFR) con 24 posiciones de tamaño byte, aunque dos de ellas no

son operativas y los Registros de Propósito General (GPR) con 68 posiciones. La RAM del PIC16F84A se halla dividida en dos bancos (banco 0 y banco 1) de 128 bytes cada uno (7Fh).

2. *EEPROM*: de 64 bytes donde, opcionalmente, se pueden almacenar datos que no se pierden al desconectar la alimentación.”⁸

MAX 232

“En el mercado hay muchos circuitos que permiten la conversión entre niveles TTL y niveles RS232. Entre ellos destaca el transceptor MAX 232 (figura 2.11.)

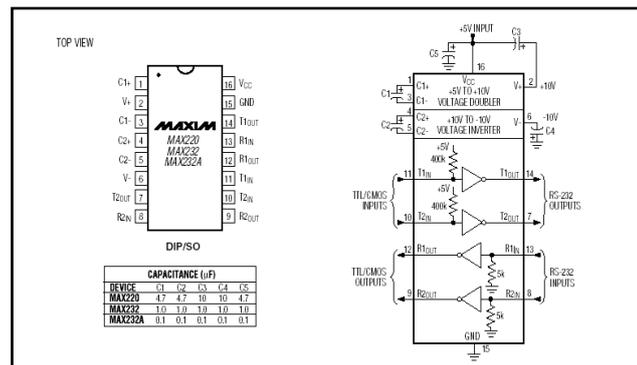


Figura 2.11. Conexión típica del MAX 232

El MAX 232 convierte los niveles RS232 (cerca de +12 y – 12 V) a voltajes TTL (0 a +5 V) y viceversa, figura 2.12, sin requerir nada más que una fuente de +5 V. El chip contiene dos drives TTL → RS232 y dos RS232 → TTL. Necesita cuatro condensadores externos de unos pocos microfaradios para generar el voltaje RS232 internamente tal como se muestra en la figura 2.11.”⁹

⁸ http://picmania.garcia-cuervo.com/recursos/Tutorial_PIC_16F84.pdf

⁹ Microcontrolador PIC16F84, Enrique Palacios, RA-MA Editorial, Edi. 2004, Pag. 526, 527

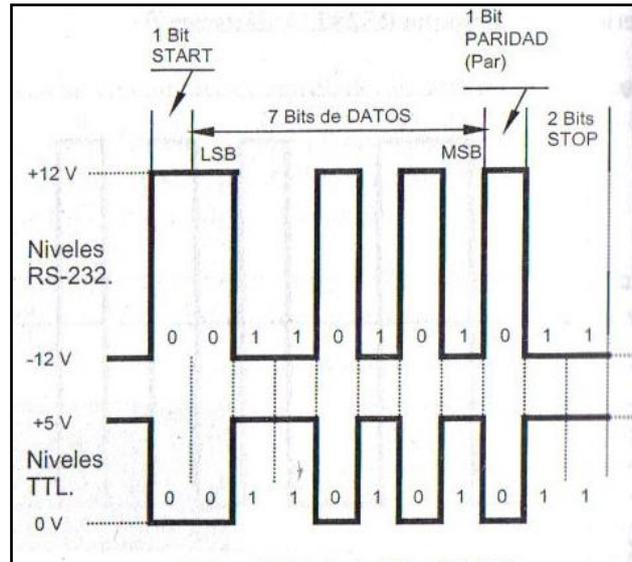


Figura 2.12. Conversión de nivel RS – 232 a TTL

Motor de pasos



Figura 2.13 Motor de pasos

“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° , es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso (1.8°), para completar un giro completo de 360° .

Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien 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.”¹⁰

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 bobinadas en su estator.

Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deber ser externamente manejada por un controlador.

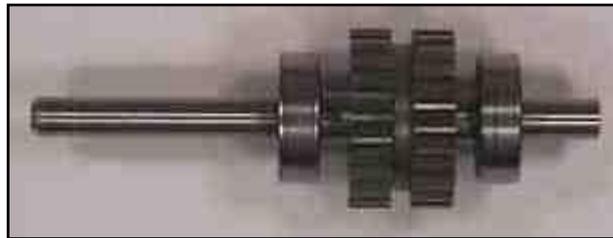


Figura 2.14 Rotor

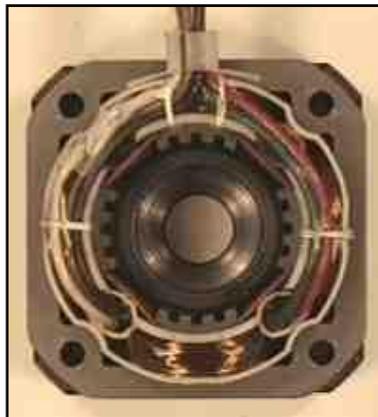


Figura 2.15 Estator de 4 bobinas

Existen dos tipos de motores paso a paso de imán permanente:

¹⁰ <http://www.todorobot.com.ar/productos/motores/motores.htm>

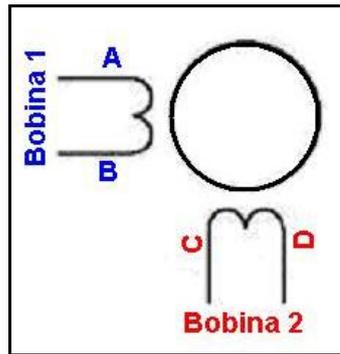


Figura 2.16. Motor bipolar

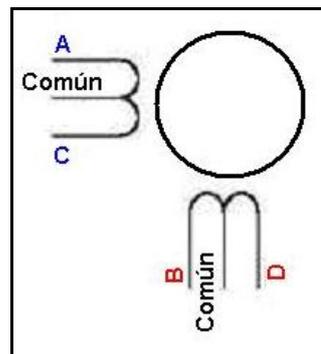


Figura 2.17. Motor unipolar

Bipolar.-

Estos tiene generalmente cuatro cables de salida (figura 2.16). Necesitan ciertos ajustes 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 figura 2.18 podemos apreciar un ejemplo de control de estos motores mediante el uso de un puente en H (H-Bridge). Como se aprecia, 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 iguales al de la figura 2.17. El circuito de la figura 2.18 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 (figura 2.19).

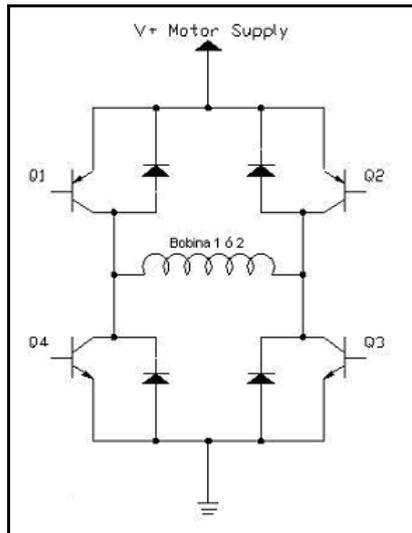


Figura 2.18 Control del motor p-p bipolar

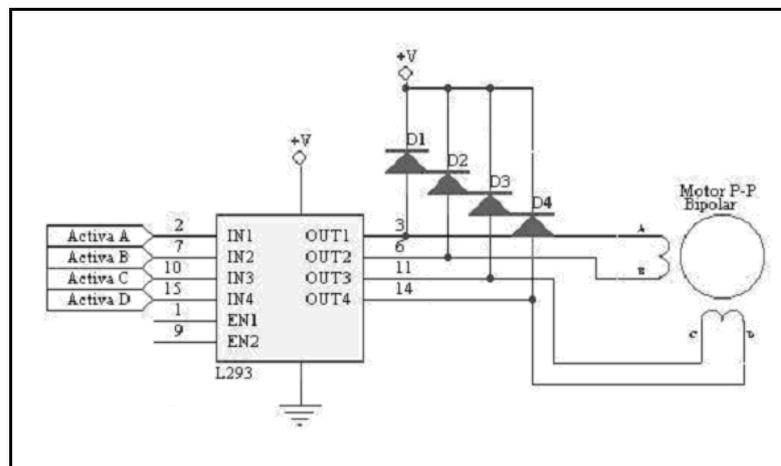


Figura 2.19 Control del motor p-p bipolar con Control del motor paso a paso bipolar con H-Bridge integrados

Unipolar.-

Estos motores suelen tener 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexión interna (ver figura 2.17). Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar. En la figura 2.19 podemos apreciar un ejemplo de conexión 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.

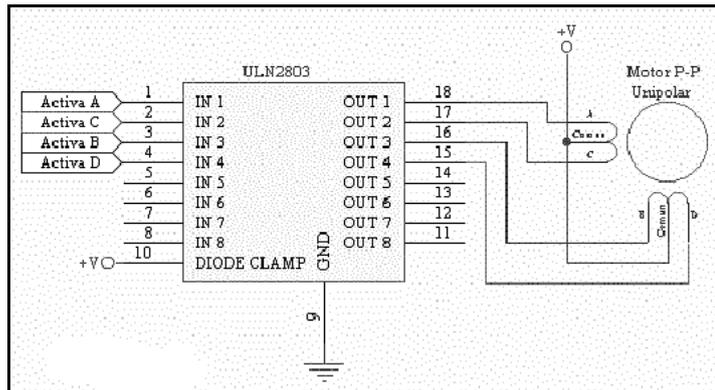


Figura 2.20 Control de un motor paso a paso unipolar

Secuencias para manejar motores paso a paso bipolares

Estos motores necesitan la inversión de la corriente que circula en sus bobinas en una secuencia determinada. Cada inversión de la polaridad provoca el movimiento del eje en un paso, cuyo sentido de giro está determinado por la secuencia seguida.

Tabla II.4. Secuencia necesaria para controlar motores paso a paso del tipo Bipolares

PASO	TERMINALES			
	A	B	C	D
1	+V	-V	+V	-V
2	+V	-V	-V	+V
3	-V	+V	-V	+V
4	-V	+V	+V	-V

Secuencias para manejar motores paso a paso unipolares

Existen tres secuencias posibles para este tipo de motores, las cuales se detallan a continuación. Todas las secuencias comienzan nuevamente por el paso 1 una vez alcanzado el paso final (4 u 8). Para revertir el sentido de giro, simplemente se deben ejecutar las secuencias en modo inverso.

Secuencia normal.

Esta es la secuencia más usada y la que generalmente recomienda el fabricante. Con esta secuencia el motor avanza un paso por vez y debido a que siempre hay al menos dos bobinas activadas, se obtiene un alto torque de paso y de retención.

Tabla II.5. Secuencia normal del funcionamiento de un motor P-P

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	ON	OFF	OFF	
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	OFF	OFF	ON	ON	
4	ON	OFF	OFF	ON	

Secuencia del tipo wave drive

En esta secuencia se activa solo una bobina a la vez. En algunos motores esto brinda un funcionamiento más suave. La contrapartida es que al estar solo una bobina activada, el torque de paso y de retención es menor.

Tabla II.6. Secuencia del tipo wave drive del funcionamiento de un motor P-P

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	

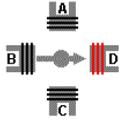
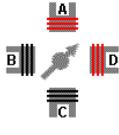
2	OFF	ON	OFF	OFF	
3	OFF	OFF	ON	OFF	
4	OFF	OFF	OFF	ON	

Secuencia del tipo medio paso

En esta secuencia se activan las bobinas de tal forma de brindar un movimiento igual a la mitad del paso real. Para ello se activan primero 2 bobinas y luego solo 1 y así sucesivamente. Como vemos en la tabla la secuencia completa consta de 8 movimientos en lugar de 4.

Tabla II.7. Secuencia del tipo medio paso del funcionamiento de un motor P-P

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	ON	ON	OFF	OFF	
3	OFF	ON	OFF	OFF	
4	OFF	ON	ON	OFF	
5	OFF	OFF	ON	OFF	
6	OFF	OFF	ON	ON	

7	OFF	OFF	OFF	ON	
8	ON	OFF	OFF	ON	

Debido a que los motores paso a paso son dispositivos mecánicos y como tal deben vencer ciertas inercias, el tiempo de duración y la frecuencia de los pulsos aplicados es un punto muy importante a tener en cuenta. En tal sentido el motor debe alcanzar el paso antes que la próxima secuencia de pulsos comience. Si la frecuencia de pulsos es muy elevada, el motor puede reaccionar en alguna de las siguientes formas:

- Puede que no realice ningún movimiento en absoluto.
- Puede comenzar a vibrar pero sin llegar a girar.
- Puede girar erráticamente.
- Puede llegar a girar en sentido opuesto.

Para obtener un arranque suave y preciso, es recomendable comenzar con una frecuencia de pulso baja y gradualmente ir aumentándola hasta la velocidad deseada sin superar la máxima tolerada. El giro en reversa debería también ser realizado previamente bajando la velocidad de giro y luego cambiar el sentido de rotación.

Referencia importante:

Cuando se trabaja con motores P-P usados o bien nuevos, pero de los cuales no tenemos hojas de datos. Es posible averiguar la distribución de los cables a los bobinados y el cable común en un motor de paso unipolar de 5 o 6 cables siguiendo las instrucciones que se detallan a continuación:

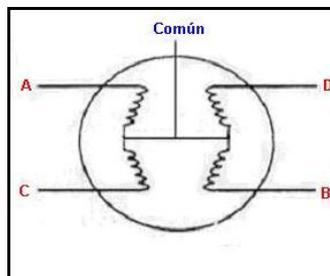


Figura 2.21 Motor P-P con 5 cables de salida

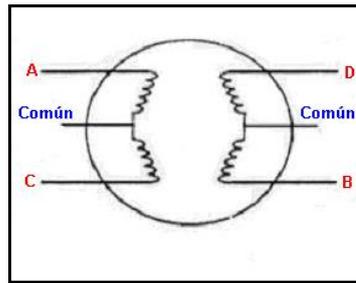


Figura 2.22 Motor P-P con 6 cables de salida

Aislando el cable(s) común que va a la fuente de alimentación

En las figuras 2.21 y 2.22, en el caso de motores con 6 cables, estos poseen dos cables comunes, pero generalmente poseen el mismo color, por lo que lo mejor es unirlos antes de comenzar las pruebas.

Usando un tester para chequear la resistencia entre pares de cables, el cable común será el único que tenga la mitad del valor de la resistencia entre ella y el resto de los cables.

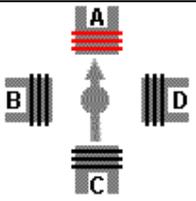
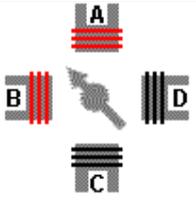
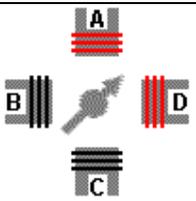
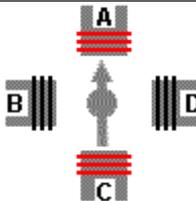
Esto es debido a que el cable común tiene una bobina entre ella y cualquier otro cable, mientras que cada uno de los otros cables tienen dos bobinas entre ellos. De ahí la mitad de la resistencia medida en el cable común.

Identificación de cables de las bobinas (A, B, C y D)

Aplicar un voltaje al cable común (generalmente 12 voltios, pero puede ser más o menos) y manteniendo uno de los otros cables a masa (GND) mientras vamos poniendo a masa cada uno de los demás cables de forma alternada y observando los resultados.

El proceso se puede apreciar en el siguiente cuadro:

Tabla II.9. Identificación de los cables de las bobinas (A, B, C y D)

<p>Seleccionar un cable y conectarlo a masa. Ese será llamado cable A.</p>	
<p>Manteniendo el cable A conectado a masa, probar cuál de los tres cables restantes provoca un paso en sentido antihorario al ser conectado también a masa. Ese será el cable B.</p>	
<p>Manteniendo el cable A conectado a masa, probar cuál de los dos cables restantes provoca un paso en sentido horario al ser conectado a masa. Ese será el cable D.</p>	
<p>El último cable debería ser el cable C. Para comprobarlo, basta con conectarlo a masa, lo que no debería generar movimiento alguno debido a que es la bobina opuesta a la A.</p>	

Nota: La nomenclatura de los cables (A, B, C, D) es totalmente arbitraria.

Identificando los cables en Motores P-P Bipolares

Para el caso de motores paso a paso bipolares (generalmente de 4 cables de salida), la identificación es más sencilla. Simplemente tomando un tester en modo ohmetro (para medir resistencias), podemos hallar los pares de cables que corresponden a cada bobina, debido a que entre ellos deberá haber continuidad (en realidad una resistencia muy baja). Luego solo deberemos averiguar la polaridad de la misma, la cual se obtiene fácilmente probando. Es decir, si conectado de una manera no funciona, simplemente damos vuelta los cables de una de las bobinas y entonces ya debería funcionar correctamente. Si el sentido de giro es inverso a lo esperado, simplemente se deben invertir las conexiones de ambas bobinas y el H-Bridge.

Para recordar

- Un motor de paso con 5 cables es casi seguro de 4 fases y unipolar.

- Un motor de paso con 6 cables también puede ser de 4 fases y unipolar, pero con 2 cables comunes para alimentación. pueden ser del mismo color.
- Un motor de pasos con solo 4 cables es comúnmente bipolar.

Sensor de posicionamiento de los neumáticos

El sensor que se utiliza para controlar las diferentes posiciones del neumático es mediante tres sensores ópticos de barrera que formando un solo conjunto serán ubicados en la columna de la dirección. Figura 2.23.

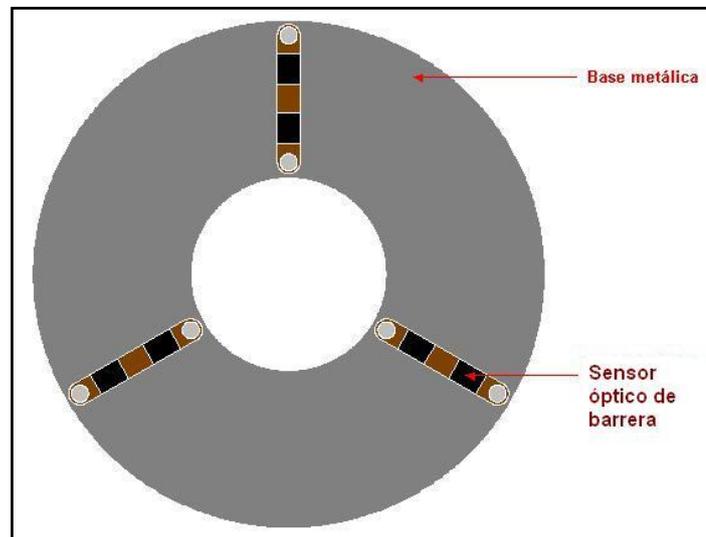


Figura 2.23. Sensor de posicionamiento de los neumáticos

Cada sensor óptico de barrera están ubicados en una base metálica dispuestos a 120° entre sí, sensando tres posiciones, enviando señales de voltaje de 0 V ó 5 V desde cada sensor óptico de barrera a los diferentes pines del PIC.

Sensor óptico de barrera

“Existen muchas aplicaciones en las que la información debe ser transmitida entre dos circuitos eléctricamente aislados uno de otro. Este aislamiento puede

ser conseguido mediante relés, transformadores de aislamiento y receptores de línea.

Existe, no obstante, otro dispositivo que puede ser utilizado de manera igualmente efectiva para resolver estos problemas. Este dispositivo es el sensor óptico de barrera. Su empleo es muy importante en aplicaciones en las que el aislamiento de ruido y de alta tensión y el tamaño son características determinantes.

Un sensor óptico de barrera es un dispositivo que contiene una fuente de luz y un detector fotosensible separados una cierta distancia y sin contacto eléctrico entre ellos.

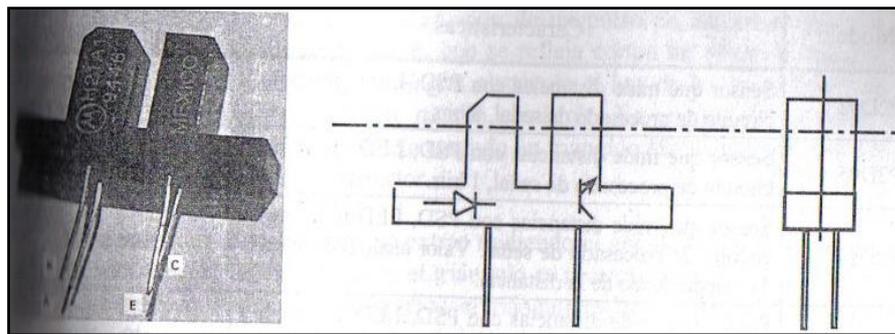


Figura 2.24 Sensor óptico de barrera

Estos sensores tienen como emisor un diodo de infrarrojo y como receptor un fototransistor. En este caso el emisor y el receptor están enfrentados a una distancia de 3 mm. Y entre ellos existen un espacio para que un objeto pueda introducirse y romper la barrera infrarroja.”¹¹

Sensor de velocidad del vehículo

El sensor de velocidad del vehículo **VSS** (**V**ehicle **S**peed **S**ensor) es un captador magnético, se encuentra montado en el transeje.

¹¹ <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/opto2.htm>

El **VSS** proporciona una señal de corriente alterna a la ECU la cuál es interpretada como velocidad del vehículo. Este sensor es un generador de imán permanente montado en el transeje. Al aumentar la velocidad del vehículo la frecuencia y el voltaje aumentan, entonces la ECU convierte ese voltaje en Km/h, el cual usa para sus cálculos. Los Km/h pueden leerse con el monitor OTC.

El VSS se encarga de informarle a la ECU de la velocidad del vehículo para controlar el velocímetro y el odómetro, el acople del embrague convertidor de torsión (TCC) transmisiones automáticas, en algunos se utiliza como señal de referencia de velocidad para el control de cruceo y controlar el motoventilador de dos velocidades del radiador.

Tiene en su interior un imán giratorio que genera una onda senoidal de corriente alterna directamente proporcional a la velocidad del vehículo. Por cada vuelta del eje genera 8 ciclos, su resistencia debe ser de *190 a 240 Ohmios*.

Con un voltímetro de corriente alterna se comprueba el voltaje de salida estando desconectado y poniendo a girar una de las ruedas motrices a unas 40 millas por hora. El voltaje deberá ser 3.2 voltios.

Tipos.

- Puede ser del tipo generador de imán permanente. Genera electricidad de bajo voltaje. (Parecido a la bobina captadora del distribuidor del sistema de encendido).
- Del tipo óptico. Tiene un diodo emisor de luz y un foto transmisor.

Ubicación:

- En la transmisión, cable del velocímetro o atrás del tablero de instrumentos.

- La señal puede ser una onda o del tipo alterna o del tipo digital.

Función:

Los voltajes que proporciona este sensor la computadora los interpreta para:

- La velocidad de la marcha mínima.
- El embargue del convertidor de torsión.
- Información para que marque la velocidad, el tablero eléctrico digital.
- Para la función del sistema de control de la velocidad de crucero (cruise control).

Sensor de intensidad lumínica

“Es una fotoresistencia cuya resistencia disminuye sensiblemente al ser expuesto a la luz mientras que cuando permanece en la oscuridad total presenta una resistencia muy elevada. También recibe el nombre de resistencia dependiente de la luz (LDR).

Es un dispositivo fotodetector que modifica su resistencia eléctrica al ser expuesto a la energía luminosa. Así, por ejemplo, cuando el nivel de iluminación es de 1.000 lux, la resistencia puede ser de 130 ohmios, pero cuando el nivel de iluminación disminuye hasta 50 lux, su resistencia puede ser de 2,4 kilo ohmios.

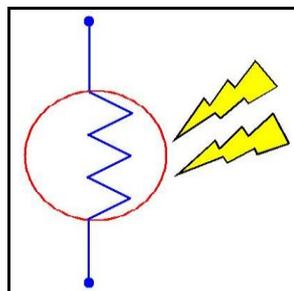


Figura 2.25 Símbolo de la fotoresistencia o LDR

Están compuestos, generalmente, por una base de sulfuro de cadmio debidamente encapsulado y con una cubierta de resina transparente y aislante, de tal forma que cuando los fotones inciden sobre la superficie de dicho material, imprimen a los electrones suficiente energía como para elevar su conductividad.

Esto hace que el LDR no se pueda utilizar en muchas aplicaciones, especialmente aquellas que necesitan de mucha exactitud en cuanto a tiempo para cambiar de estado (oscuridad a iluminación o iluminación a oscuridad) y a exactitud de los valores de la fotoresistencia al estar en los mismos estados anteriores. Su tiempo de respuesta típico es de aproximadamente 0.1 segundos.

Pero hay muchas aplicaciones en las que una fotoresistencia es muy útil. En casos en que la exactitud de los cambios no es importante como en los circuitos:

- Luz nocturna de encendido automático, que utiliza una fotoresistencia para activar una o más luces al llegar la noche.
- Relé controlado por luz, donde el estado de iluminación de la fotoresistencia, activa o desactiva un Relay (relé), que puede tener un gran número de aplicaciones



Figura 2.26 Fotoresistencia o LDR

El LDR o fotoresistencia es un elemento muy útil para aplicaciones en circuitos donde se necesita detectar la ausencia de luz de día.”¹²

Sensor de direccionamiento de los neumáticos.

¹² Biblioteca de Consulta Microsoft Encarta 2005.

Es un interruptor mecánico que está ubicado en la barra de dirección, está formado por dos contactos de bronce; de manera que cada vez que se topan estos contactos envían una señal al microcontrolador

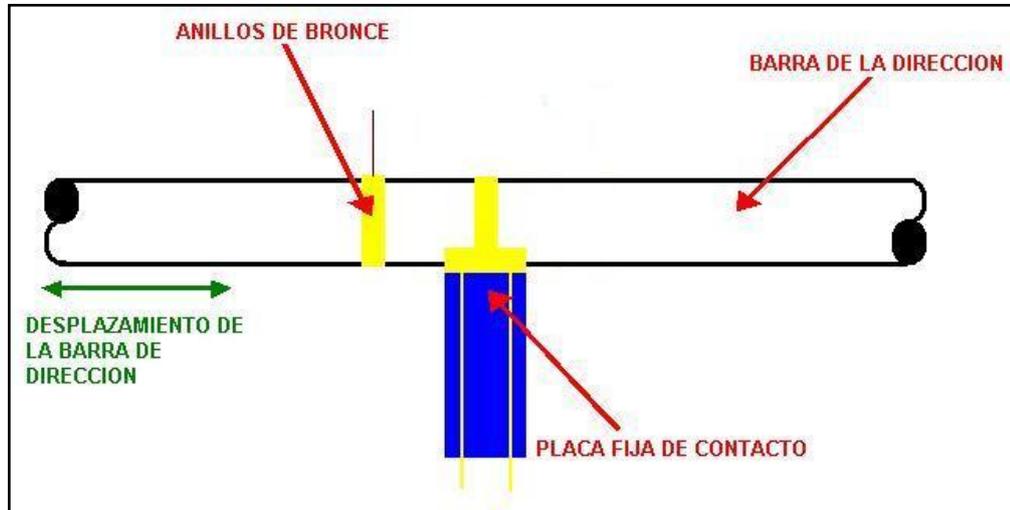


Figura 2.27. Emisión de señal del sensor de
direccionamiento de neumáticos

III. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE LUCES AUTO DIRECCIONABLES

3.13 Planteamiento del problema

Más del 40% de los accidentes de automóvil con resultados fatales ocurren en la noche, a pesar del hecho de que haya un 80% menos de tráfico en las carreteras que durante el día. Estudios científicos han demostrado que la percepción visual, de la cual recibimos el 90% de la información relevante del tráfico, se reduce hasta el 4% cuando hay malas condiciones de visibilidad en la oscuridad.

Con estos antecedentes hemos considerado desarrollar un proyecto para que la conducción nocturna y en malas condiciones climatológicas sea más fácil y sobre todo más segura. Los faros que se mueven con el coche aportan una mayor seguridad en la conducción nocturna y una mejor capacidad de reacción en condiciones malas de visibilidad.

El desarrollo de este proyecto es importante ya que el tema logrará que como futuros ingenieros tener una cultura de investigación, reparación, construcción, adaptación y optimización en las áreas de electrónica aplicadas en el automóvil, obteniendo una alta experiencia que luego pondremos en práctica en nuestro desarrollo profesional.

Se genera información bibliográfica, que provendrá del diseño e instalación de circuitos eléctricos y electrónicos, diagramas de funcionamiento, operación y comprobación de los subsistemas del vehículo al que se le adaptará este nuevo sistema de luces como son: el de control electrónico, control mecánico y cambio automático de luces para que la facultad disponga de un sistema de luces sofisticado que sirva para la capacitación y entrenamiento de los futuros ingenieros y profesionales interesados en esta área.

3.14 Objetivo general del proyecto

“Diseñar e instalar un sistema de luminarias inteligentes para direccionar de acuerdo a la trayectoria y velocidad del vehículo para mejorar la seguridad del vehículo”.

3.15 **Objetivos específicos del proyecto**

- Diseñar y construir un sistema de auto direccionamiento de luces inteligentes en un vehículo tanto para curvas, línea recta y cambio automático de luces.
- Seleccionar los elementos eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos para la aplicación.
- Esquematisar los planos y diagramas de funcionamiento para la instalación del presente proyecto.
- Diagnosticar en forma técnica el estado de los elementos del sistema de alumbrado en un vehículo de manera real con los problemas que se presenten en la práctica.
- Obtener parámetros de operación y funcionamiento del sistema de luminarias inteligentes del vehículo.

3.16 **Metas del proyecto.**

- Mejorar la visibilidad del sistema de alumbrado nocturno en un 80 % más que un sistema convencional.
- Difundir la aplicación de este sistema en concesionarios, talleres automotrices y almacenes de accesorios eléctricos.
- Instalar un sistema de luces inteligentes en un automóvil *KIA SPECTRA*.
- Realizar un documento que permita tecnificar las labores de diseño e implementación del sistema de alumbrado para mejorar la conducción nocturna.

3.17 **Características del sistema de luces auto direccionables**

Se trata de un sistema dinámico de iluminación, capaces de mover los faros de acuerdo al radio de giro del volante, todo lo necesario para ver en curvas y recodos. De esta forma las curvas se iluminan hasta un 80% mejor. Esto no sólo contribuye a mejorar la seguridad y el

control del coche, también ofrece una conducción más dinámica y garantiza seguridad y confort adicionales.

Con este sistema de luminarias, cuando el vehículo se encuentra en línea recta, las luces se centralizan en un solo punto a medida que va aumentando la velocidad, mejorando con esto la conducción y evitando el deslumbramiento a los demás vehículos.

También este sistema de luminarias cuenta con un cambio automático de luces es decir de altas a bajas y viceversa, mejorando nuestra visibilidad en condiciones difíciles (neblina) y de igual manera cuando existen automóviles en sentido contrario.

3.18 **Diseño del sistema de luminarias inteligentes**

Para la implementación de este sistema se utiliza cuatro sensores que son: *sensor de posición de los neumáticos*, al mismo que envía señal de acuerdo al grado de giro de la dirección; *sensor de direccionamiento de los neumáticos*, este da la señal de giro, es decir si el vehículo va a la derecha o a la izquierda; el *sensor de velocidad* que indica la rapidez con que esta circulando el vehículo; él *sensor de luminosidad* que detecta la intensidad luminosa de automóviles en sentido contrario.

Estas señales son procesadas por los microcontroladores en la etapa de control, para luego actuar en la etapa de potencia activando o desactivando los actuadores.

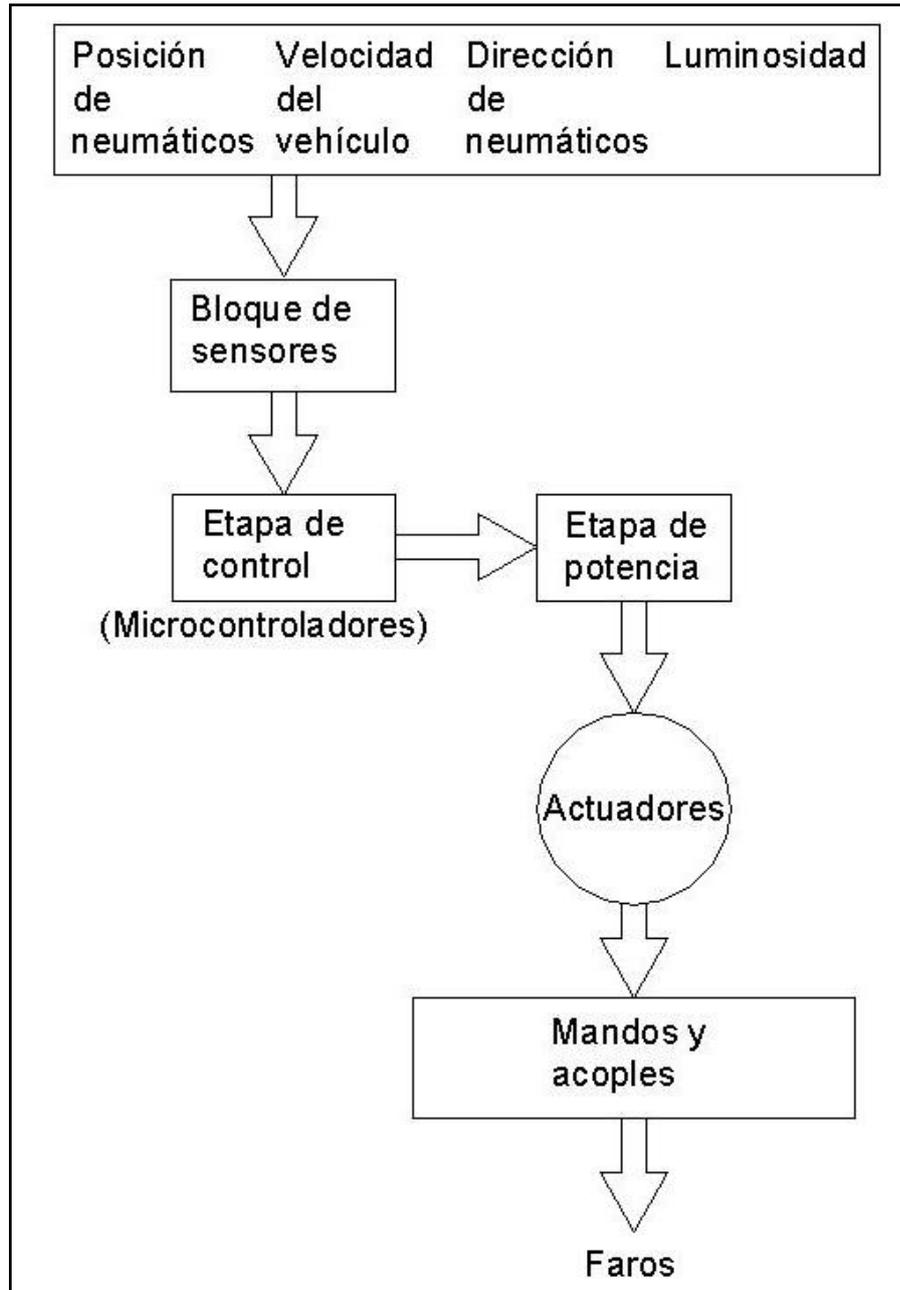


Figura 3.1. Diagrama de bloques del sistema de luminarias inteligentes

3.19 Diseño mecánico

Se requiere diseñar un mecanismo que permita girar el reflector del faro con la ayuda de un motor de pasos, el reflector girará cuatro posiciones distribuidas de la siguiente manera: tres posiciones cuando el vehículo se encuentre moviéndose en una curva y una posición del reflector cuando el vehículo se encuentre en línea recta.

3.19.1 Selección del motor paso a paso

Para utilizar el motor correcto es necesario conocer el torque que se requiere para mover el reflector del faro, para lo cual disponemos de los siguientes datos:

WF \Rightarrow Peso del reflector = 1.5 lb.

AB \Rightarrow Longitud entre ejes del reflector = 16cm ; Figura 3.2.

FC \Rightarrow Fuerza para mover el reflector

T \Rightarrow Torque del motor de pasos

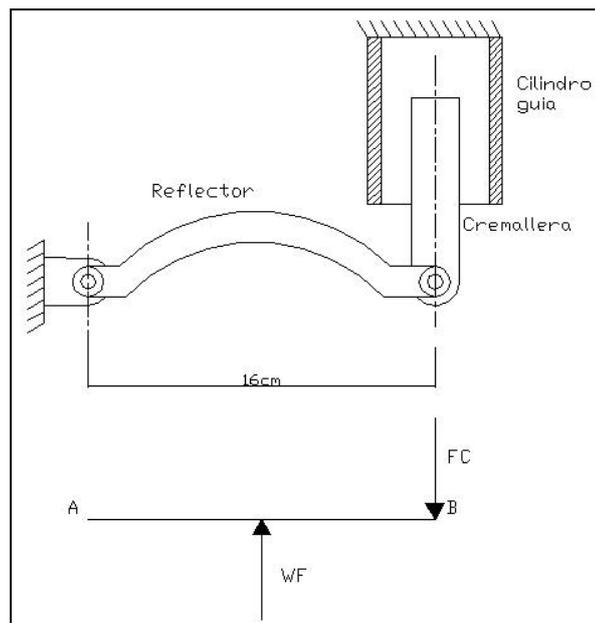


Figura 3.2. Diagrama de fuerzas

DATOS:

AB = 16cm

WF = 1.5 lbf

FC = ?

T = ?

DESARROLLO

$$\sum_{MA} = 0$$

$$\boxed{\frac{AB}{2} \times WF - AB \times FC = 0} \quad \text{Ec.1.}$$

$$\frac{AB}{2} \times WF = AB \times FC$$

$$\boxed{\frac{WF}{2} = FC} \quad \text{Ec.2.}$$

$$0.75\text{ lbf} = FC$$

$$\boxed{T = F \times d} \quad \text{Ec.3.}$$

$$T = FC \times AB$$

$$T = 0.75 \times 16 = 12\text{ lbf} \times \text{cm}$$

$$T = 12\text{ lbf} \times \text{cm} \times \frac{1\text{ m}}{100\text{ cm}} \times \frac{4.448\text{ N}}{1\text{ lbf}}$$

$$T = 0.53\text{ Nm}$$

Necesitamos un motor con un torque de 0.53 Nm.

Por la disponibilidad en el mercado y por el torque requerido seleccionamos un motor unipolar con las siguientes características:

Tabla V.1. Principales características del motor de pasos seleccionado

Dimension "A" Max	Model #	Amps/Phase	Torque oz-in	Torque N-m	Resistance Ohm/Phase	Inductance mH/Phase	Inertia oz-in ²	Weight Lbs.
1.55" 39.4 mm	5618X-09	0.5	40.0	0.28	20.0	20.8	0.30	0.75
2.02" 51.3 mm	5618S-01	1.0	60.0	0.42	4.7	4.7	0.60	1.12
	5618S-42	3.8	60.0	0.42	0.4	0.4	0.60	1.12
	5618S-54	0.5	60.0	0.42	21.5	28.4	0.60	1.12
2.14" 54.4 mm	5618M-06	1.2	84.0	0.59	4.7	7.1	0.74	1.20
	5618M-08	2.2	84.0	0.59	1.4	2.4	0.74	1.20
3.02" 76.7 mm	5618L-52	3.1	125.0	0.88	1.2	1.2	1.20	1.90
	5618L-54	1.6	125.0	0.88	2.6	5.2	1.20	1.90

Motor unipolar con las siguientes características:

- Modelo 5618M-06
- Voltaje 12V
- Torque 0.59 Nm
- Resistencia / bobina 4.7Ω

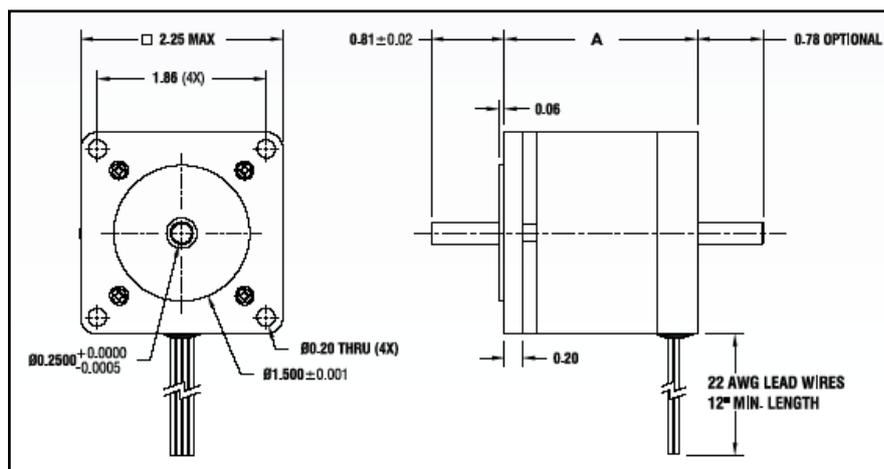


Figura 5.1. Cotas del motor de pasos

3.19.2 Diseño del mecanismo del faro

Es un dispositivo plano, que requiere de dos movimientos de entrada para que el mecanismo funcione.

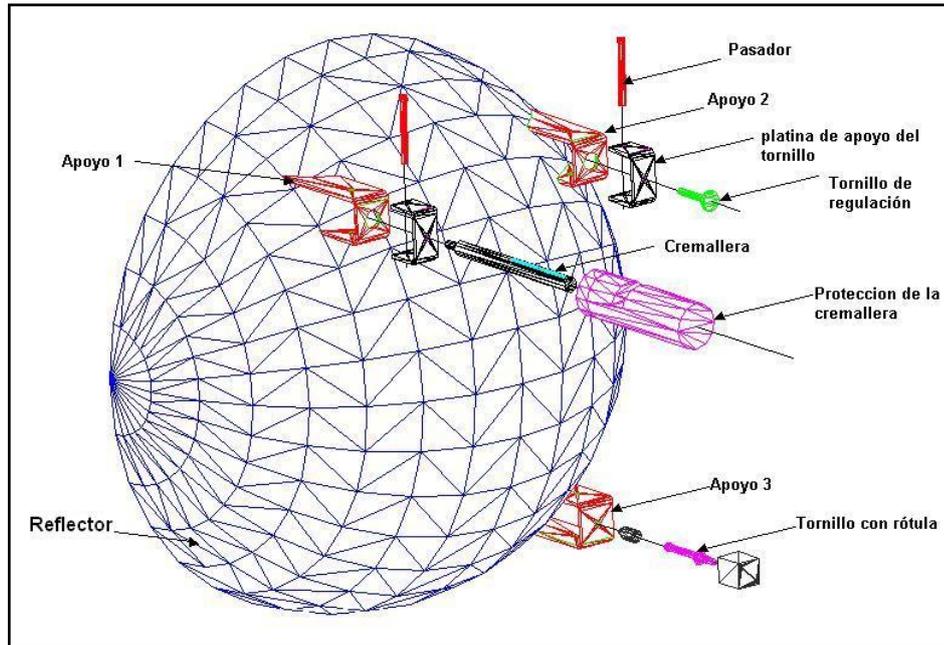


Figura 3.3 Esquema mecánico del sistema de luces auto direccionable

Este mecanismo consta de los siguientes elementos (figura 3.3):

- *Cilindro guía*: está construido de nylon, sirve de guía a la cremallera ya que facilita el deslizamiento.
- *Engranaje del motor de pasos*: da movimiento a la cremallera.
- *Cremallera*: construida de acero inoxidable, resistente a la corrosión, desgaste y facilita el deslizamiento, transforma el movimiento circular del engranaje del motor en movimiento lineal.
- *Apoyos*: son rótulas pequeñas que sirven de base y movimiento del reflector.
- *Tornillo de regulación*: sirve de base y regulación del reflector.

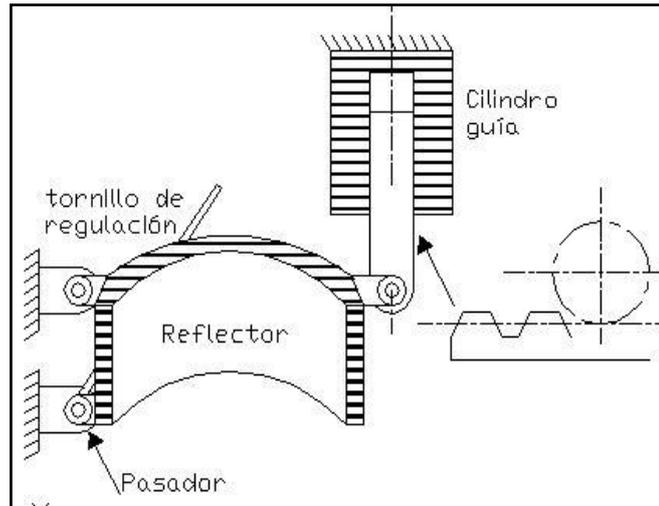


Figura 3.4. Mecanismo del faro.

Movilidad .- Es el número de movimientos de entrada para que todos sus eslabones se muevan.

$$m = 3(n - 1) - 2j_1 - j_2 \quad \text{Ec.4.}$$

m : movilidad

n : número de eslabones

j_1 : número de pares de un grado de libertad

j_2 : número de pares de dos grados de libertad

Para nuestro mecanismo (figura 3.4.):

n = base + cremallera + reflector + rueda dentada del motor +
tornillo de regulación

n = 5

j_1 = tres pasadores + corredera + rueda dentada

$$j_1 = 5$$

$$j_2 = 0$$

$$m = 3(5 - 1) - 2 \times 5 - 0$$

$$m = 12 - 10$$

$$m = 2$$

$m = 0$: imposible movimiento

$m = 1$: mecanismo requiere de un movimiento de entrada

$m = 2$: mecanismo requiere de 2 movimientos de entrada

$m < 0$: eslabones redundantes, mecanismo estáticamente indeterminado.

Los movimientos de entrada dan la rueda dentada del motor de pasos y la cremallera

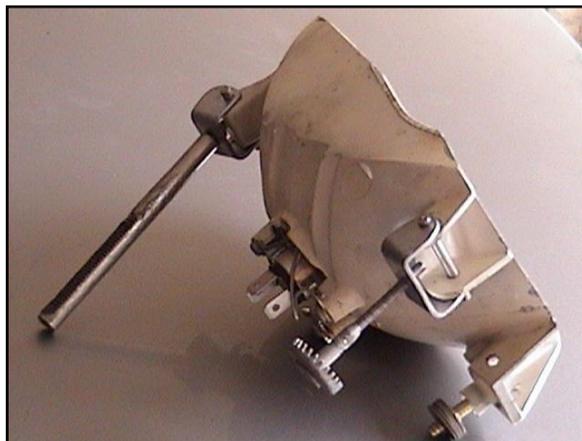


Figura 3.5. Mecanismo interno del faro.

3.19.3 Diseño de la cremallera

Para la construcción del diseño el diente, se parte tomando los datos de la rueda dentada del motor de pasos, figura 3.6.

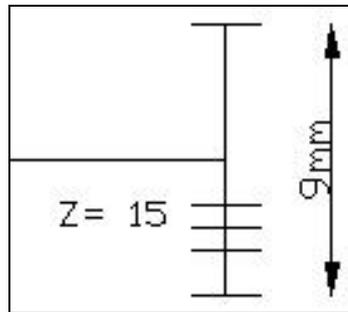


Figura 3.6. Dimensiones del engranaje del motor de pasos.

m : módulo

d_e : diámetro exterior

z : número de dientes

e : espesor del diente

p : paso circular

h : altura del diente

a : addendum

b : dedendum

α : ángulo de presión

p_t : paso base

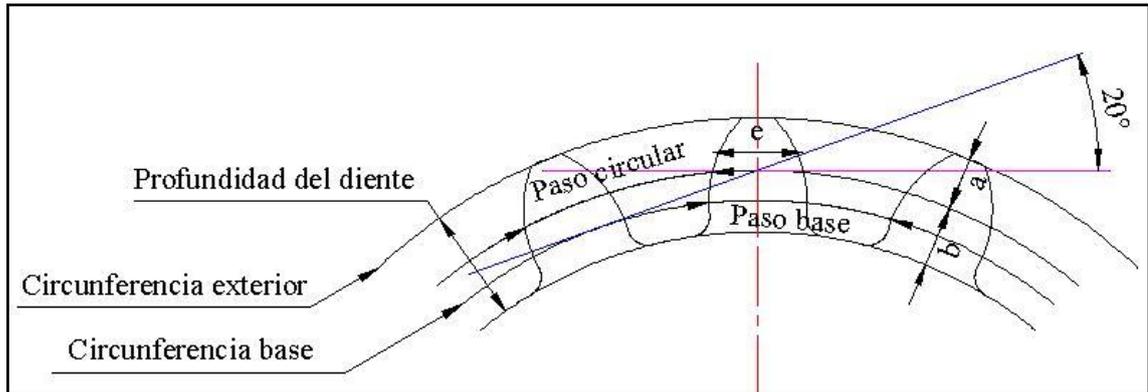


Figura 3.7. Principales medidas de un engranaje.

$$de = m(z + 2) \quad \text{Ec.5.}$$

$$m = \frac{de}{z + 2} \quad \text{Ec.6.}$$

$$m = \frac{9}{15 + 2} = 0.5294$$

módulo estandarizado = 0.5 mm

$$p = \pi m \quad \text{Ec.7.}$$

$$p = 3.1416 \cdot 0.5 = 1.57 \text{ mm}$$

Paso que permite la fresa = 1.6 mm

La cremallera se talla de acero inoxidable y con los datos de la tabla III.1.

Tabla III.1 Detalle del diente de la cremallera.

módulo	Dimensiones en milímetros						z
	a	b	P	H	e	p _t	
0.5	0.3	0.37	1.6	1.12	0.785	1.47	33

Avance de la cremallera = $\boxed{pxz = 1.6 \times 33}$ Ec.8.

Avance de la cremallera = 5.28 cm

Angulo de giro del reflector:

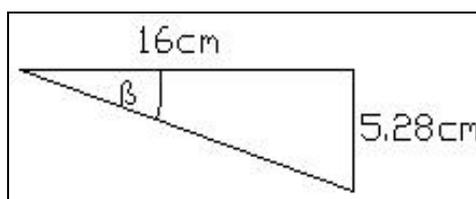


Figura 3.8. Angulo de movimiento total del reflector.

$$\beta = \text{tg}^{-1} \frac{5.28}{16} = 18.24^\circ$$

El reflector gira un total de 18.24° con 360 pasos del motor

En cada posición el motor da 96 pasos = 4.86°

3.19.4 Generación del giro del faro para curvas

Para la generación de giro de este faro se ha procedido a realizar un eje que atraviesa los soportes de la parábola del faro, al extremo opuesto se ha montado una cremallera el cual esta en contacto con el engranaje del motor de pasos produciendo así el giro del faro, teniendo en cuenta las señales que es enviada al micro controlador por el sensor de velocidad del vehículo, la posición del volante de la dirección y el sentido de direccionamiento de la barra de la dirección.



Figura 3.9. Generación del giro del faro en curva.

3.19.5 Generación del giro del faro para línea recta

Para la generación de giro en línea recta el microcontrolador recibe las señales del sensor de la velocidad del vehículo. Esta señal hace que se neutralice la generación de giro del faro en curva y que el motor de pasos regrese a su posición de centrado y a continuación generando el giro del faro en línea recta, girando cada faro aproximadamente 8° hacia el centro.



Figura 3.10. Generación del giro de los faros en recta

3.20 Diseño electrónico

Posee dos partes fundamentales como son:

- Etapa de control: en esta se maneja bajas corrientes y es la que recibe y procesa todas las señales de los sensores las mismas que pueden ser analógicas o digitales.
- Etapa de potencia: permite manejar altas corrientes mediante las señales que son enviadas desde la etapa de control.

3.20.1 Parámetros y señales considerados para la construcción del sistema de activación y control del motor paso a paso

Para la aplicación se ha considerado parámetros muy importantes como son: el posicionamiento de los neumático respecto a la carretera, la dirección del movimiento del volante, la velocidad del vehículo y el deslumbramiento de otro vehículo en sentido contrario.

3.20.2 Señal de la velocidad del vehículo

Para la señal de velocidad se toma información de la computadora del vehículo, Figura 3.11. la misma que sale a dos cables: rojo(+) y blanco(-).

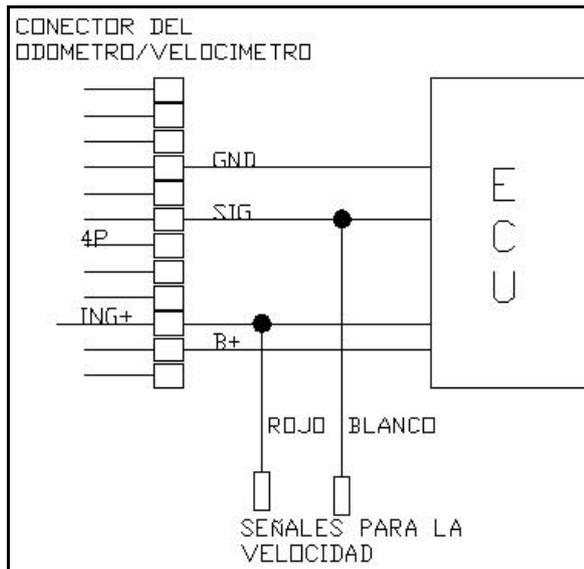


Figura 3.11. Conexión de la señal del velocímetro

Con la ayuda de un osciloscopio se mide la señal, dando como resultado una onda de corriente alterna con un voltaje pico-pico de 12 voltios; utilizando el MAX232 se obtiene una onda cuadrada con un voltaje pico de 5 voltios. Figura 3.12.

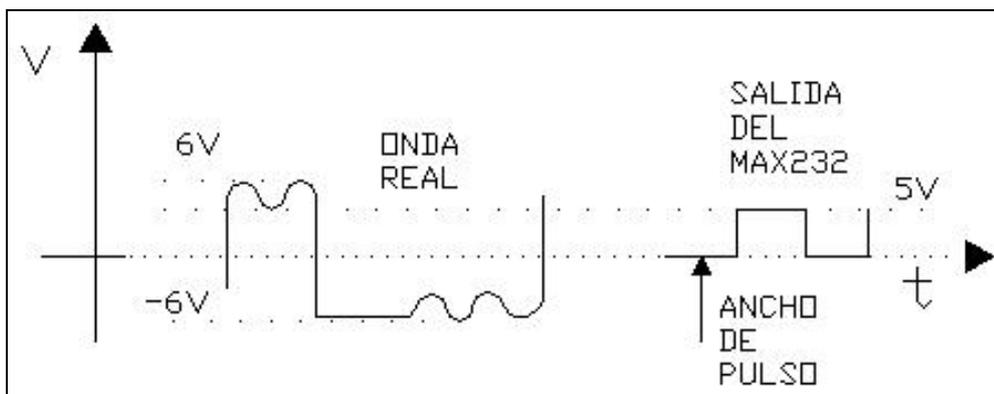


Figura 3.12. Forma de onda de la señal de velocidad

A medida que varía la velocidad del vehículo también varia la frecuencia de la onda cuadrada, obtuvimos las siguientes medidas tomadas a la salida del MAX232 :

$$20\text{Km /h } F = 7 \times 10\text{ms} = 70\text{ms}$$

$$40\text{Km /h } F = 7 \times 5\text{ms} = 35\text{ms}$$

$$80\text{Km /h } F = 3.6 \times 5\text{ms} = 18\text{ms}$$

$$100\text{Km /h } F = 2.7 \times 5\text{ms} = 13.5\text{ms}$$

Con la señal de velocidad colocada a una entrada Trigger Schmitt del PIC 16F877A se mide la anchura de pulso, Figura 3.12, es decir el tiempo que tarda en bajo o en alto la onda cuadrada, luego de procesar esta señal se obtiene dos valores:

Velocidad entre (30 y 80)Km/h = “1”

Velocidad entre (81 y 140)Km/h = “1”

3.20.3 Señal de posición de los neumáticos

La envía el sensor de posición de los neumáticos, cada sensor óptico de barrera Figura 3.13, envía una señal dependiendo la posición que se encuentren los neumáticos.

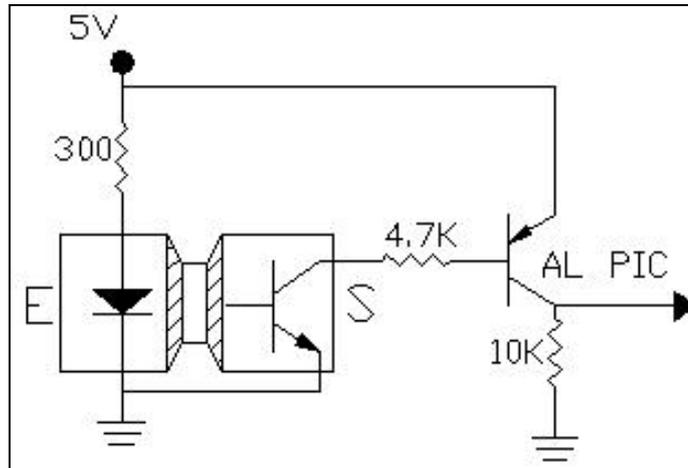
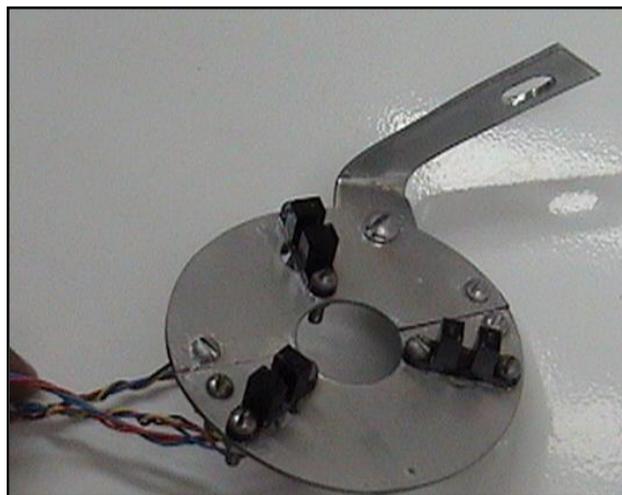


Figura 3.13. Emisión de señal del optoacoplador ranurado

Sensor óptico obturado = "0"

Sensor óptico libre = "1"



**Figura 3.14. Sensor de posicionamiento
de los neumáticos**

3.20.4 Señal de dirección de los neumáticos

El sensor de dirección de los neumáticos envía una señal dependiendo la posición de la barra de la dirección respecto a la placa fija de contacto. Cuando la posición de los neumáticos estén en posición centro estará en contacto el anillo de bronce de la barra de dirección con la placa fija de contacto enviando al PIC 16F84A un “1”; y cuando los neumáticos no se encuentren en esta posición, se enviará un “0” al PIC al pin RB0.

El programa que se ejecuta en el PIC 16F84A hace que en el pin RB1 enviando al PIC 16F877A la siguiente información:

Dirección orientada del centro hacia la derecha = “1”

Dirección orientada del centro hacia la izquierda = “0”

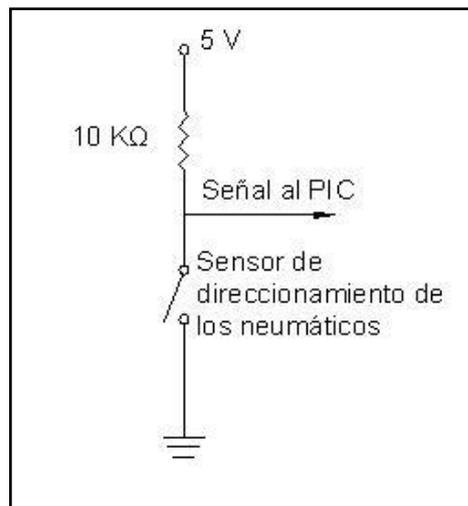


Figura 3.15. Emisión de señal del sensor de direccionamiento del neumático

3.20.5 Señal de luz

Se obtiene del sensor de luz, realizando un divisor de tensión con la LDR y un potenciómetro, Figura 3.16.

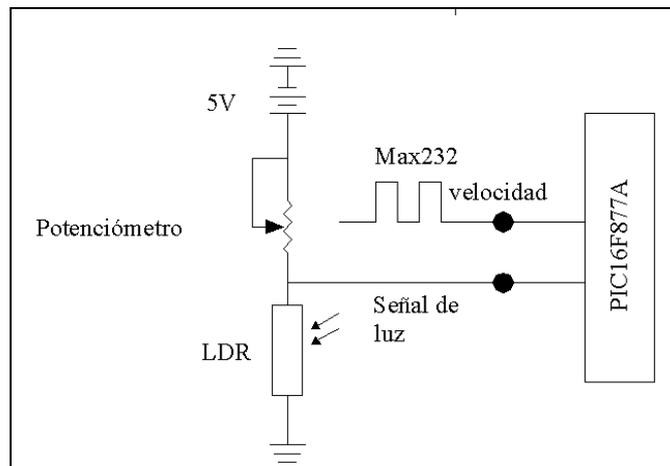


Figura 3.16. Emisión de señal desde la LDR

El potenciómetro permite ajustar el nivel de luz a detectar, la salida de señal de luz se coloca a una entrada Trigger Schmitt del PIC 16F877A.

LDR iluminada → Entrada PIC = "0"

LDR en oscuridad → Entrada PIC = "1"

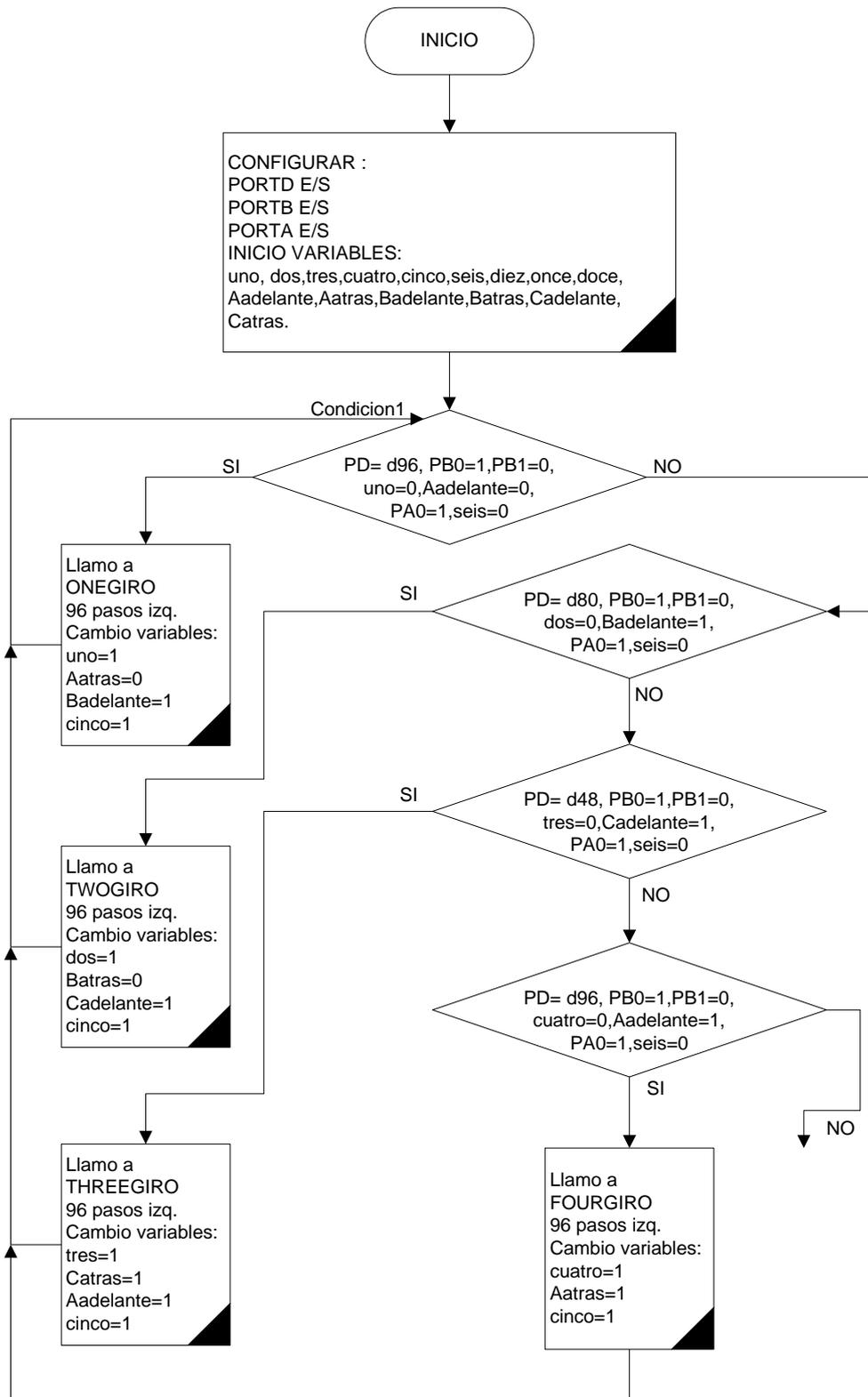
3.20.6 Señales y su procesamiento

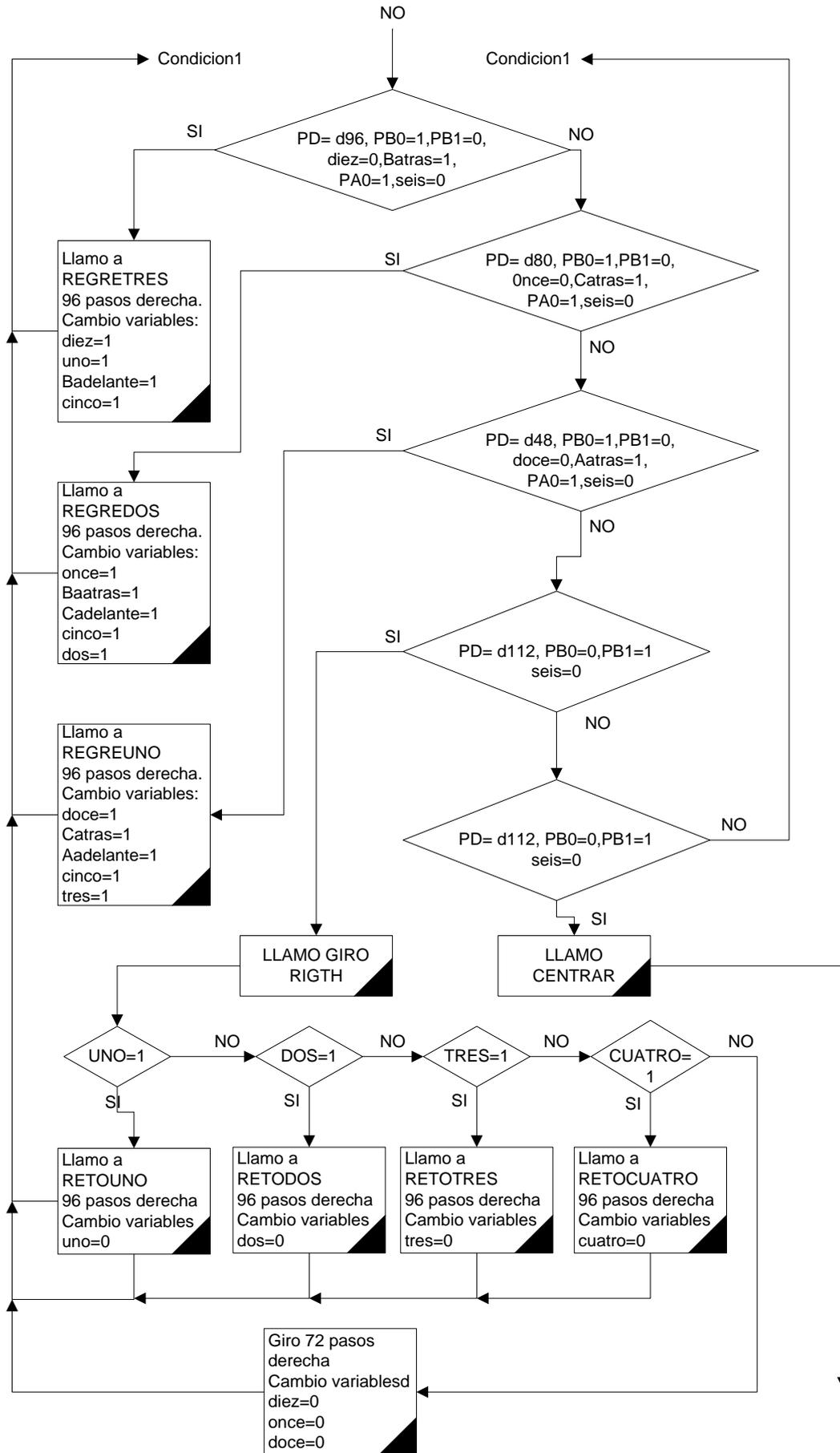
Antes de comenzar con el diseño del programa debemos tener muy claro cual es el diagrama de flujo que debemos seguir y las condiciones que se necesita.

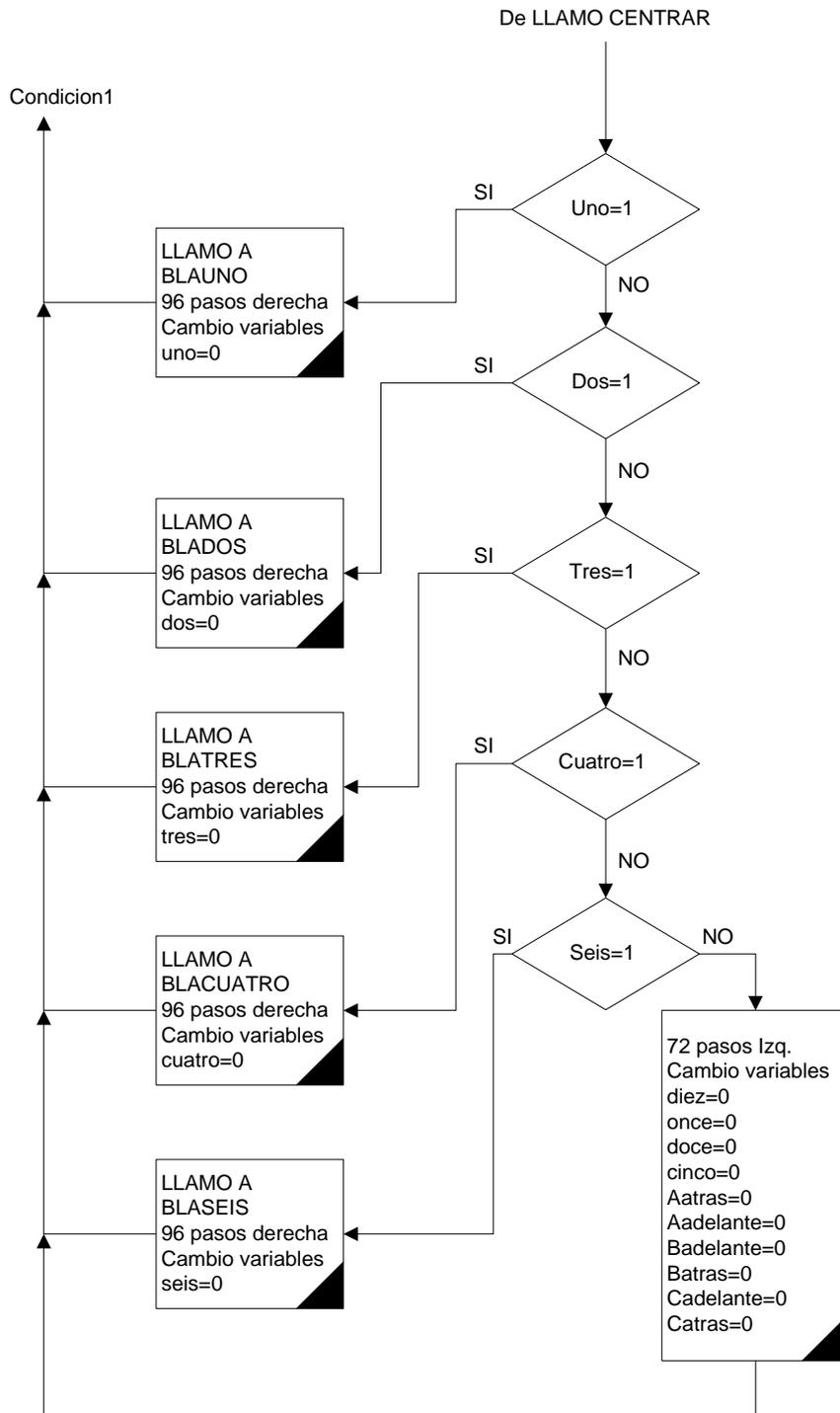
El diagrama de flujo que se pone a continuación se describe el proceso para un motor, mientras que para el otro motor es el mismo diagrama pero varía la señal de entrada por la puerta A del PIC 16F877A:

$PA_0 = "1"$ funciona el motor derecho

$PA_0 = "0"$ funciona el motor izquierdo.







El primer programa que es procesado es la señal que recibe desde el sensor de velocidad del vehículo, el cual entra al MAX 232 filtrando la señal, haciendo

una señal TTL de 5V que es enviada al PIC 16F84A al pin RA4, realizando el siguiente programa. Ver Anexo Cd (Mediciónvelocidad.asm)

El programa en sí, que realiza el movimiento de los faros tanto como a 30 – 80 Km/h o a más de 80 Km/h dependiendo de la señal que recibe desde el PIC 16F84A de los pines RA2 (30 – 80 Km/h) y RA3 (más de 80 Km/h) además de la señal que recibe del sensor de direccionamiento del neumático (Derecha o Izquierda) y del sensor de posicionamiento de la dirección a través de los sensores ópticos de barrera, las mismas que ingresan a las puertas TRIGGER SCHMITT en el PIC 16F877A procesa el siguiente programa para poder girar el faro. Ver Anexo “D”

3.20.7 Generación del cambio automático de luces

Para el cambio automático de luces, el microcontrolador envía una señal a un transistor el cual permite controlar al bobinado de un relé de cambio de luces haciendo que la luz en los faros cambie tanto a bajas como a altas según la señal que envié la fotoresistencia (LRD).

La señal de luz enviada desde el sensor de luminosidad ingresa al PIC 16F877A que controla al motor de pasos derecho al pin RA4 que es una entrada TRIGGER SCHMITT, una vez procesada la información, la salida es por el pin RB2. Anexo “E”

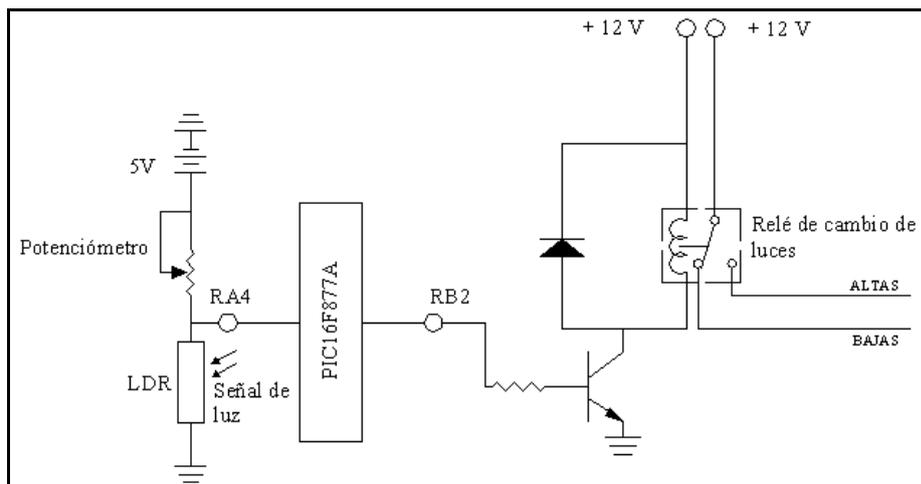


Figura 3.17. Diagrama eléctrico del cambio automático de luces

El potenciómetro permite ajustar el nivel de luz a detectar, la salida de señal de luz se coloca a una entrada Trigger Schmitt del PIC 16F877A.

LDR iluminada → Entrada PIC = "0"

LDR en oscuridad → Entrada PIC = "1"

3.20.8 Señales de salida (Etapa de potencia)

Un motor nunca se puede conectar directamente a un microcontrolador. Un motor absorbe mucha corriente (normalmente, los usados en robots, impresoras, suelen consumir unos 400mA, 500mA, 1A, etc; depende mucho del tamaño y del torque del motor). Una patilla de un PIC puede dar en torno a los 25mA: mucho menos que lo que pide un motor. Así que, el uC se quema.

Para poder gobernar motores con un PIC, debemos crear una etapa intermedia, entre la electrónica de control, y los motores. A esta etapa se la llama "etapa de potencia".

En el mercado existen varios controladores para motor de pasos, por medio de estos se realiza la etapa de potencia; de no encontrar el controlador adecuado se puede realizar la etapa de potencia por medio de transistores.

Características de controladores existentes en el mercado:

El ULN2003, circuito comercial con 7 transistores Darlington con entradas compatibles con TTL, cada uno protegido con 2 diodos, corriente máxima 500mA. Figura 3.18.

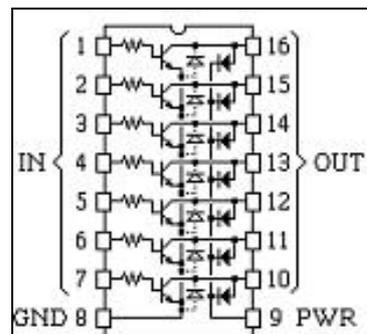


Figura 3.18. Composición interna del circuito integrado ULN 2003.

El **L293** contiene 2 puentes H (**puente H dual**), la versión **L293D** es igual pero incluye los diodos de protección.

Permiten manejar motores de pasos bipolares de hasta 1 A por bobina y 36 V.

Figura 3.19.

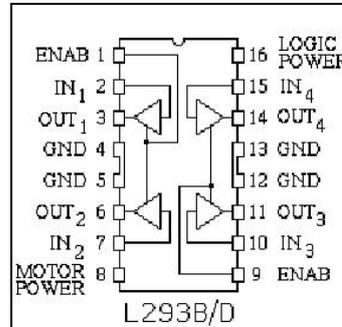


Figura 3.19. Composición interna del circuito integrado L293.

Para cargas mayores (hasta 2 A) puede usarse el **L298**, también puente H dual.

Figura 3.20. y 3.21.

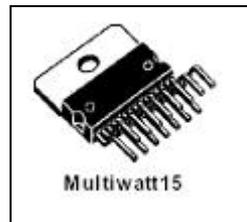


Figura 3.20. Circuito integrado L298.

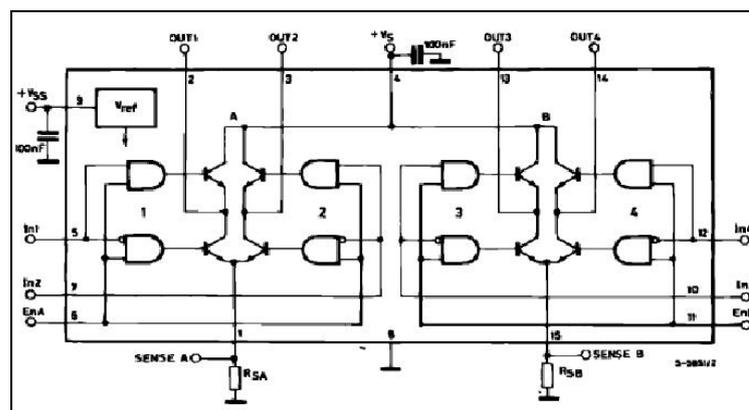


Figura 3.21. Composición interna del circuito integrado L298.

Como nuestro motor consume 2.5 A no se puede utilizar estos controladores.

Características de nuestro motor:

Motor unipolar

$$I = \frac{V}{R}$$

Ec.9.

Modelo 5618M-06

Voltaje 12V

$$I = \frac{12}{4.7}$$

Torque 0.59 Nm

Resistencia / bobina 4.7Ω

Corriente por bobina = 2.5 A

3.20.9 Control de un motor de pasos desde un circuito digital

Cuando se quiere controlar *desde un circuito digital* un dispositivo electromecánico (ya sea un motor, un relevador, un alambre muscular o un stepper), nunca se conecta directamente a la salida digital del circuito. Por dos razones que mencionaremos a continuación:

- A. Un circuito digital tradicional generalmente no tiene la capacidad de corriente necesaria para hacer que un motor eléctrico de vueltas. Si se conecta directamente un motorcito, un foco incandescente o algún otro elemento que consuma mucha corriente, lo más probable es que el circuito se sobrecaliente y se queme en unos segundos. La manera más sencilla de manejar un elemento electromecánico pequeño con un circuito digital es utilizando un *TRANSISTOR DE POTENCIA* como interruptor. Así el circuito digital solo prende y apaga el transistor y el transistor es el que activa o desactiva las bobinas del motor.

B. Casi todos los dispositivos electromecánicos (aunque sean pequeños) son muy inductivos, no permiten ser apagados de golpe. Es decir, cuando se desconecta un motor eléctrico que está funcionando, el motor (debido a que es un dispositivo inductivo) trata todavía de mantener por una fracción de segundo la corriente circulando a través de él. Y durante este pequeñísimo tiempo puede generarse una chispa en la parte del circuito que realizó la desconexión. Esta chispa puede muy fácilmente dañar circuitos electrónicos.

Según el tamaño del motor y según la corriente que esté utilizando, esta chispa puede o no ser visible, pero siempre existe a menos que se coloque en paralelo con el motor un diodo de protección. Este diodo tiene como finalidad servir de "desahogo" para esta corriente residual que aparece después de que se apaga el motor. Figura 3.22.

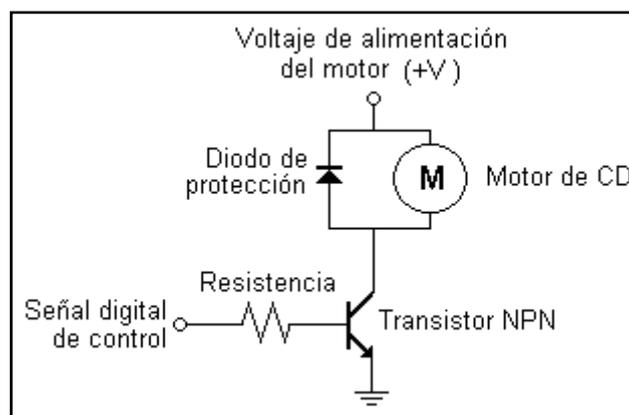


Figura 3.22. Conexión del diodo con el motor de pasos.

3.20.10 Circuitos del transistor

El transistor es un dispositivo semiconductor de tres capas, compuesto ya sea por la unión de dos capas de material tipo n y una de tipo p o dos capas de material tipo p y una de tipo n . En el primero de los casos, se habla de un transistor nnp , en tanto que el segundo recibe el nombre de transistor $pnnp$. La abreviatura BJT (Bipolar Junction Transistor = transistor de unión bipolar) se aplica a menudo a este dispositivo de tres terminales. El término bipolar refleja el hecho de que los electrones y los huecos participan en el proceso de inyección en el material polarizado opuestamente. Figura 3.23.

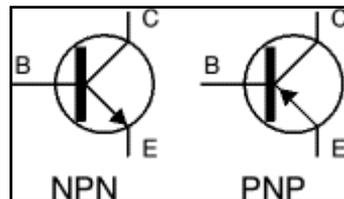


Figura 3.23. Tipo de transistores; (B) base, (C) colector, (E) emisor.

3.20.11 Configuración del transistor como emisor común

El transistor configurado como emisor común, Figura 3.24. se comporta como un interruptor, la corriente baja pequeña I_B (corriente de base) controla la corriente grande I_C (corriente del colector).

Cuando la magnitud de la corriente de base es la necesaria para que el transistor conduzca, el interruptor se cierra (1 lógico del PIC) y la bobina se activa; si la corriente de base no es la necesaria, el interruptor pasa cerrado (0 lógico del PIC) y la bobina no se activa.

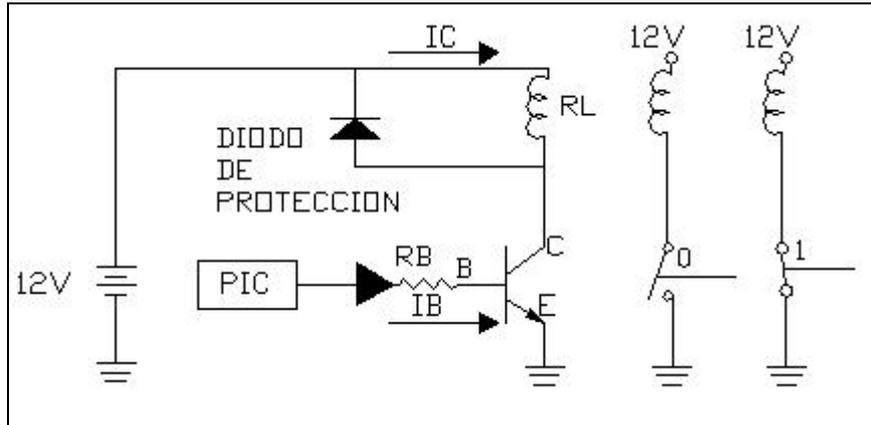


Figura 3.24. Configuración del transistor como emisor común.

3.20.12 Polarización del transistor

Polarizar un dispositivo cualquiera significa fijar las tensiones e intensidades de gran señal en sus terminales de modo que el dispositivo opere en un punto de trabajo (punto de operación) concreto. Proceso de polarización de un transistor configurado como emisor común. Figura 3.25.

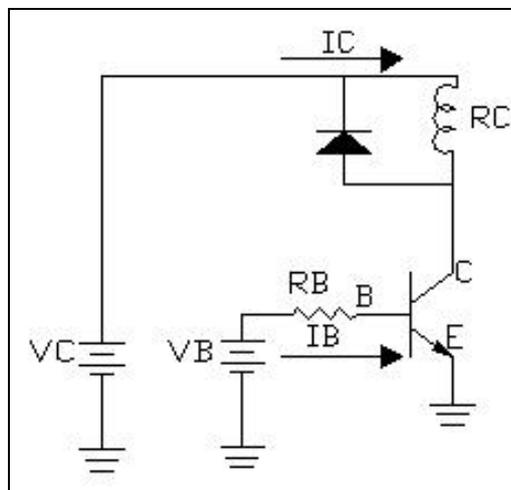


Figura 3.25. polarización de un transistor.

$$I_B = \frac{V_B - 0.7V}{R_B}$$

Ec.10.

$$I_C = \frac{V_C}{R_C}$$

Ec.11.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

Ec.12.

$$\boxed{V_{CE} = VC - IC \times RC} \quad \text{Ec.13.}$$

VB : voltaje fuente B (señal de salida del PIC, 2.5-4 V)

VC : voltaje fuente C

RB : Resistencia de la base

RC : Resistencia del colector

IB: corriente que circula por la base

IC: corriente que circula por el colector

β : Factor de amplificación

V_{CE} : voltaje colector emisor

Polarización del transistor para el motor de pasos:

DATOS:

$RC = 4.7\Omega$ (bobina del motor)

$VC = 12V$

$VB = 3.8V$

$RB = ?$

TRANSISTOR D1092 ($IC = 4A$, $\beta = 500$)

Corriente de salida del PIC (19-23 mA)

DESARROLLO:

$$IC = \frac{12}{4.7} = 2.5A$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2.5}{500} = 5mA$$

$$R_B = \frac{V_B - 0.7V}{I_B} = \frac{3.8 - 0.7}{0.005} = 620\Omega$$

La corriente de salida del microcontrolador es suficiente para polarizar a este transistor, $(19-23mA) > 5mA$.

Polarización del transistor para el relé del cambio automático de luces

DATOS:

$R_C = 63.7\Omega$ (bobina del relé)

$V_C = 12V$

$V_B = 3.8V$

$R_B = ?$

TRANSISTOR D1092 ($I_C = 4A$, $\beta = 500$)

Corriente de salida del PIC (19-23 mA)

DESARROLLO:

$$I_C = \frac{12}{63.7} = 0.1883A$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{0.1883}{500} = 3.76 * 10^{-4} \text{ A}$$

$$R_B = \frac{V_B - 0.7V}{I_B} = \frac{3.8 - 0.7}{3.76 * 10^{-4}} = 8224 \Omega \Rightarrow 8K\Omega$$

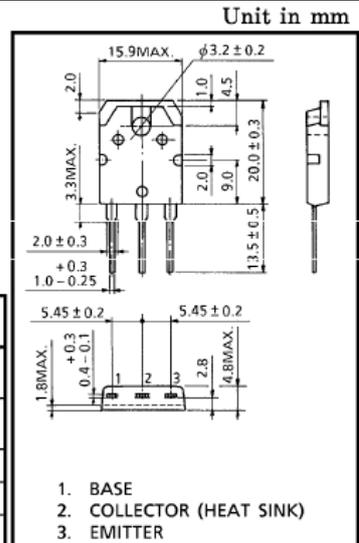
Tabla III.2 Propiedades del transistor D1092.

CHARACTERISTIC				SYMBOL	RATING	UNIT
Collector-Base Voltage				V _{CBO}	55 ⁺¹⁵ ₋₁₀	V
Collector-Emitter Voltage				V _{CEO}	55 ⁺¹⁵ ₋₁₀	V
Emitter-Base Voltage				V _{EBO}	5	V
Collector Current	DC	I _C	4	A		
	Pulse	I _{CP}	20	A		
Collector Power Dissipation (T _c =25°C)				P _C	80	W
Junction Temperature				T _j	150	°C
Storage Temperature Range				T _{stg}	-55~150	°C

JEDEC		—
EIAJ		—
TOSHIBA		2-16B1A

- Excellent Wide Safe Operating Area. (80W·s at T_c=25°C)
- Included Avalanche Diode : V_Z=55^{+15V}_{-10V}
- High DC Current Gain : h_{FE}=500 (Min.) (T_c=25°C)
- High Collector Power Dissipation Capability : 80W at 25°C Case Temperature

MAXIMUM RATINGS (T_a = 25°C)



3.21 Selección de elementos eléctricos y electrónicos

Para la selección de los elementos eléctricos y electrónicos se procede a determinar los parámetros principales que deben cumplir dentro del circuito más las consideraciones de diseño electrónico.

3.21.1 Regulación de voltaje

Se requiere un voltaje regulado de 5V para la parte de alimentación del sistema de control, tomada de la fuente principal de 12V.

Tabla III.3 Características eléctricas del C.I. L7805C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7805C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to 125 °C, $V_i = 10V$, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μF , $C_o = 0.1$ μF unless otherwise specified)						
Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	4.8	5	5.2	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 7$ to 20 V	4.75	5	5.25	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 7$ to 25 V $T_j = 25$ °C $V_i = 8$ to 12 V $T_j = 25$ °C		3 1	100 50	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			100 50	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 7$ to 25 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		-1.1		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz $T_j = 25$ °C		40		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 8$ to 18 V $f = 120$ Hz	62			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		17		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		750		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C		2.2		A

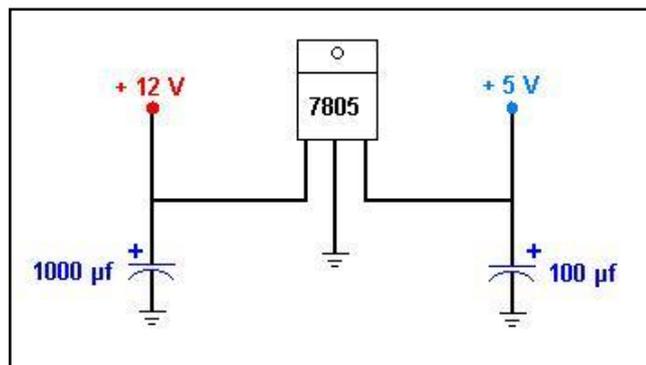


Figura 3.26. Diagrama del regulador de voltaje a 5V.

3.21.2 Selección de protección del circuito

Para el diseño de las protecciones se procede a estimar el consumo de corriente, tanto del circuito de control, como de potencia y se los protege

independientemente con fusibles en serie de corriente con un factor de protección al 90% de la estimada en el consumidor.

$$\text{Corriente de fusible} = \frac{\text{Corriente de consumo}}{0.9}$$

Ec.14.

De acuerdo al resultado obtenido se busca en el mercado los tipos existentes y se selecciona; así para la aplicación se tiene:

Consumo de corriente de la etapa de control: $I_c = 2.75 \text{ A}$

Fusible a escoger: $F1 = 3 \text{ A}$

Consumo de corriente etapa de potencia: $I_T = \frac{(2.5 * 4) + 0.1883}{0.9} = 11.32 \text{ A}$

Fusible a escoger: $F2 = 15 \text{ A}$

3.22 **Diseño del diagrama electrónico**

Con las consideraciones registradas, de diseño y la aplicación a desarrollar se diagrama el circuito general que será el que se utilice para ser montado previamente en proto para las pruebas respectivas y luego para la instalación definitiva en el vehículo *KIA SPECTRA*

Diagrama en formato A3 (Anexo "A")

3.23 Codificación de elementos

Para un mejor manejo en cuanto al cambio de algún elemento quemado o defectuoso, se ha procedido a codificar cada elemento de la placa electrónica.

Diagrama en formato A3 (Anexo “B”)

Tabla III.4 Codificación de elementos

Código	Elemento	Valor
C 1	Condensador	22 pf
C 2	Condensador	22 pf
C 3	Condensador	22 pf
C 4	Condensador	22 pf
C 5	Condensador	22 pf
C 6	Condensador	22 pf
C 7	Condensador	1 μ f
C 8	Condensador	1 μ f
C 9	Condensador	1 μ f
C 10	Condensador	1 μ f

C 11	Condensador	100 μ f
C 12	Condensador	1000 μ f
Ct 1	Conector de 2 patas	
Ct 2	Conector de 2 patas	
Ct 3	Conector de 2 patas	
Ct 4	Conector de 4 patas	
Ct 5	Conector de 4 patas	
Ct 6	Conector de 4 patas	
Ct 7	Conector de 2 patas	
Ct 8	Conector de 2 patas	
Ct 9	Conector de 2 patas	
Ct 10	Conector de 2 patas	
Ct 11	Conector de 2 patas	
Ct 12	Conector de 2 patas	
Ct 13	Conector de 2 patas	
Ct 14	Conector de 2 patas	
Ct 15	Conector de 2 patas	
Ct 16	Conector de 2 patas	
Ct 17	Conector de 2 patas	
Ct 18	Conector de 3 patas	

Ct 19	Conector de 2 patas	
Ct 20	Conector de 2 patas	
Ct 21	Conector de 2 patas	
Ct 22	Conector de 2 patas	
Ct 23	Conector de 2 patas	
Ct 24	Conector de 2 patas	
Ct 25	Conector de 2 patas	
Ct 26	Conector de 2 patas	
Ct 27	Conector de 2 patas	
Ct 28	Conector de 2 patas	
Ct 29	Conector de 2 patas	
Ct 30	Conector de 2 patas	
Ct 31	Conector de 2 patas	
Ct 32	Conector de 2 patas	
Ct 33	Conector de 5 patas	
Ct 34	Conector de 5 patas	
D 1	Diodo	IN 4148
D 2	Diodo	IN 4148
D 3	Diodo	IN 4148
D 4	Diodo	IN 5399

D 5	Diodo	IN 5399
D 6	Diodo	IN 5399
D 7	Diodo	IN 5399
D 8	Diodo	IN 5399
D 9	Diodo	IN 5399
D 10	Diodo	IN 5399
D 11	Diodo	IN 5399
D 12	Diodo	IN 5399
F 1	Porta Fusible y Fusible	
F2	Porta Fusible y Fusible	
LED 1	Led	
LED 2	Led	
M1	Circuito integrado	MAX 232
P 1	Pulsador	
P 2	Pulsador	
P 3	Pulsador	
Pic 1	Pic	16F877A
Pic 2	Pic	16F877A
Pic 3	Pic	16F84A
Po 1	Potenci6metro	5 K Ω

Q 1	Oscilador de cristal	4 MHz
Q 2	Oscilador de cristal	4 MHz
Q 3	Oscilador de cristal	20 MHz
R 1	Resistencia	10 K Ω
R 2	Resistencia	300 Ω
R 3	Resistencia	4.7 Ω
R 4	Resistencia	10 K Ω
R 5	Resistencia	300 Ω
R 6	Resistencia	4.7 Ω
R 7	Resistencia	10 K Ω
R 8	Resistencia	300 Ω
R 9	Resistencia	4.7 Ω
R 10	Resistencia	10 K Ω
R 11	Resistencia	10 K Ω
R 12	Resistencia	100 Ω
R 13	Resistencia	10 K Ω
R 14	Resistencia	100 Ω
R 15	Resistencia	10 K Ω
R 16	Resistencia	100 Ω
R 17	Resistencia	7.5 K Ω

R 18	Resistencia	680 Ω
R 19	Resistencia	680 Ω
R 20	Resistencia	680 Ω
R 21	Resistencia	680 Ω
R 22	Resistencia	680 Ω
R 23	Resistencia	680 Ω
R 24	Resistencia	680 Ω
R 25	Resistencia	680 Ω
R 26	Resistencia	330 Ω
R 27	Resistencia	330 Ω
Rg 1	Regulador de voltaje	7805
T 1	Transistor	2N 3906
T 2	Transistor	2N 3906
T 3	Transistor	2N 3906
T 4	Transistor	D 1092
T 5	Transistor	D 1092
T 6	Transistor	D 1092
T 7	Transistor	D 1092
T 8	Transistor	D 1092
T 9	Transistor	D 1092

T 10	Transistor	D 1092
T 11	Transistor	D 1092
T 12	Transistor	D 1092

3.24 Análisis de factibilidad económica

Concluido la selección de elementos y componentes mecánicos eléctricos y electrónicos se presenta una tabla de costos.

Tabla III.5 Componentes y costos.

Cant.	Componente	Valor	Costo U	Costo Total
2	Bases para los motores de pasos		4.00	8.00
50 m.	Cable pariado flexible		0.15	7.50
6	Condensadores	22 pf	0.07	0.42
4	Condensadores	1 µf	0.05	0.20
1	Condensadores	1000µf	0.20	0.20
1	Condensadores	100µf	0.15	0.15
28	Conectores de 2 entradas		0.40	11.20
1	Conectores de 3 entradas		0.50	0.50
3	Conectores de 4 entradas		0.70	2.10
2	Conectores de 5 entradas		1.00	2.00
2	Conectores grande de 5 entradas		0.60	1.20
2	Cremalleras		12.00	24.00
9	Diodos	IN 5399	0.15	1.35
3	Diodos	IN 4148	0.10	0.30
1	Fotorresistencia		0.30	0.30
1	Fusible y porta fusible	3 A	2.25	2.25
1	Fusible y porta fusible	15 A	2.25	2.25
1	Grabado y revelado de placa		20.00	20.00

1	Interruptor de servicio	1		1.50	1.50
1	Interruptor de servicios	2		3.50	3.50
2	Leds			0.10	0.20
1	Max		232	3.15	3.15
3	Micropulsadores			0.15	0.45
2	Motores de pasos			8.50	17.00
1	Oscilador		20 MHz	1.50	1.50
2	Osciladores		4 MHz	0.90	1.80
2	PIC		16F877A	10.00	20.00
1	PIC		16F84A	8.00	8.00
1	Placa de cobre			3.80	3.80
1	Regulador de voltaje		7805	0.45	0.45
1	Relé			3.50	3.50
7	Resistencias		10 K Ω	0.15	1.05
3	Resistencias		100 Ω	0.15	0.45
3	Resistencias		4.7 Ω	0.15	0.45
3	Resistencias		300 Ω	0.15	0.45
8	Resistencias		680 Ω	0.15	1.20
1	Resistencias		7.5 K Ω	0.15	0.15
2	Resistencias		330 Ω	0.15	0.30
1	Rollo de estaño			1.00	1.00
1	Sensor de posicionamiento de los neumáticos			25.00	25.00
1	Sensor de dirección de los neumáticos			15.00	15.00
3	Transistores		2N 3906	0.10	0.30
9	Transistores		D1092	1.80	16.20
1	Varios			50.00	50.00
				Total estimado	\$ 260.32
				dólares	

Sin considerar mano de obra el circuito tiene un costo de 260.32 dólares en cuanto a componentes y materiales, que es un valor muy bajo en relación a las ventajas que brinda este proyecto.

IV. CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS, FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

3.25 Montaje y acoplamiento eléctrico - electrónico

Todos los elementos requeridos para el funcionamiento del circuito procedemos a montar en un protoboard según el diagrama eléctrico presentado anteriormente teniendo en cuenta cada conexión, pines de los circuitos integrados, valores de las resistencias entre otros, verificar que estén correctamente conectados y así no sufrir algún daño en lo posterior.

3.26 Pruebas en un protoboard

Una vez concluida la programación del PIC 16F877A se realiza las primeras pruebas en un protoboard conectando de acuerdo al esquema electrónico.

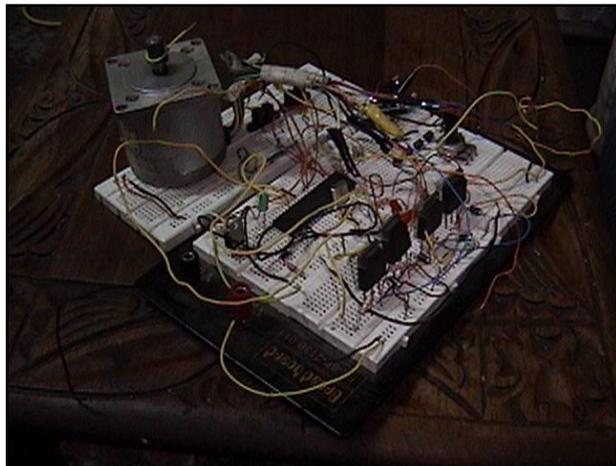
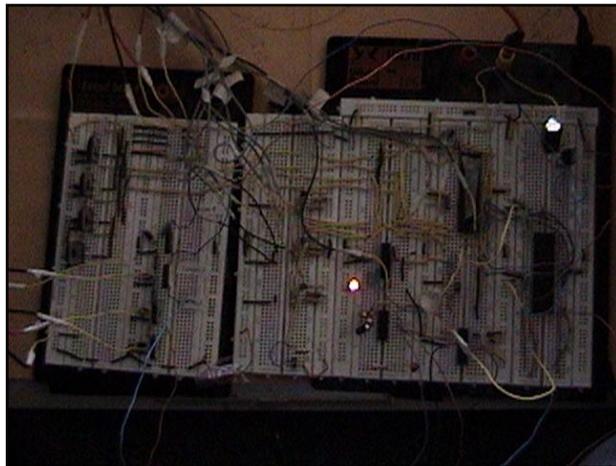


Figura 4.1. Prueba de un motor en el protoboard

Verificando que la programación este correcta, procedemos a grabar el segundo PIC 16F877A teniendo en cuenta el cambio de variables para cambiar el sentido de giro



**Figura 4.2. Prueba de todo el sistema
en el protoboard**

Una vez comprobado el giro de los faros tanto a la velocidad de 30 a 80 Km/h como a más de 80 Km/h procedemos a montar el protoboard el circuito de cambio automático de luces, con la LDR y un potenciómetro que hace actuar a un relé que este servirá para realizar el cambio de altas a bajas o viceversa en los faros.

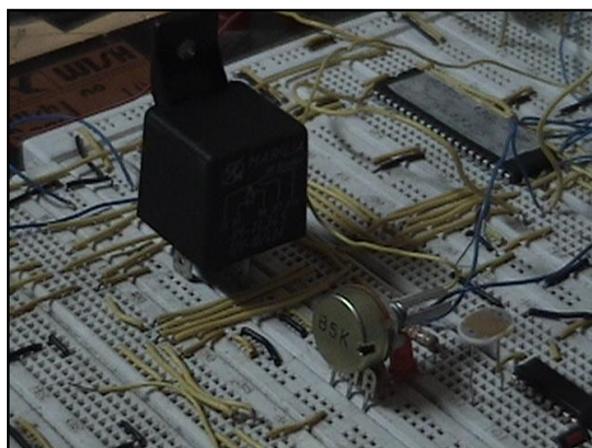


Figura 4.3. Prueba del cambio automático en el protoboard

3.27 Construcción del circuito impreso

Una vez realizado el dibujo del diseño de la placa electrónica (Anexo “C”) procedemos a imprimir en una lámina termo transferible.

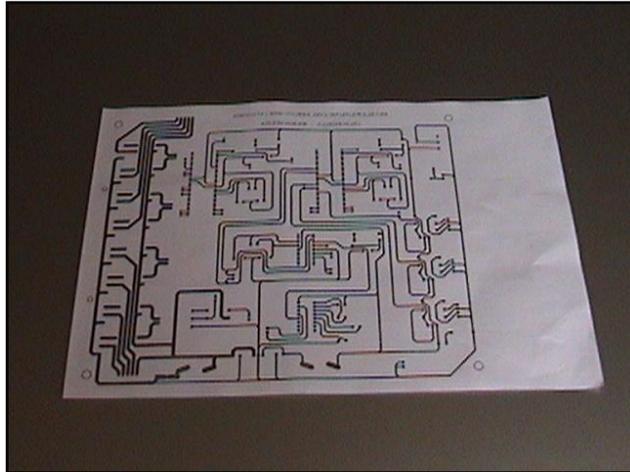


Figura 4.4. Papel termo transferible impreso con el diagrama

Una vez impreso la lámina procedemos a planchar esta en la placa virgen de cobre, después de varios minutos colocamos en un recipiente con agua y retiramos el papel termo transferible y podemos observar que la placa de cobre ha quedado impreso el dibujo del diseño de la placa.

La placa introducimos en un recipiente plástico que contiene el cloruro férrico disuelto en agua tibia, dejamos que se disuelva el cobre que no nos sirve quedando impregnado en la placa el dibujo del circuito. Hacemos los orificios en la placa y queda listo para colocar los componentes electrónicos.

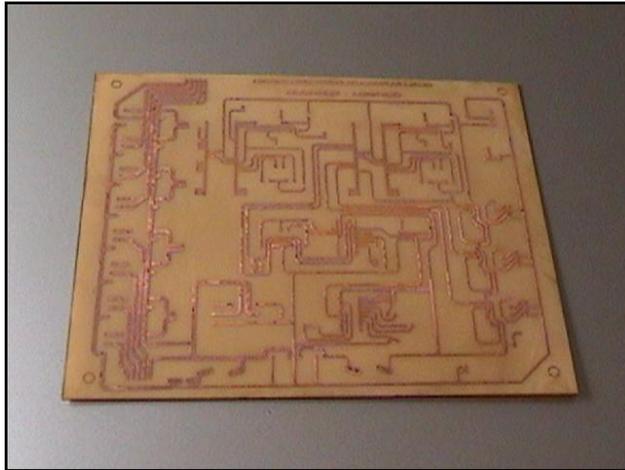


Figura 4.5. Placa electrónica terminada

3.28 Instalación del sistema de luces inteligentes

Procedemos a montar los soportes de ambos motores de pasos, e instalamos estos teniendo en cuenta los cables de salida sea los mismos de la entrada a la placa para que la polarización del motor sea el correcto y funcione dicho motor.

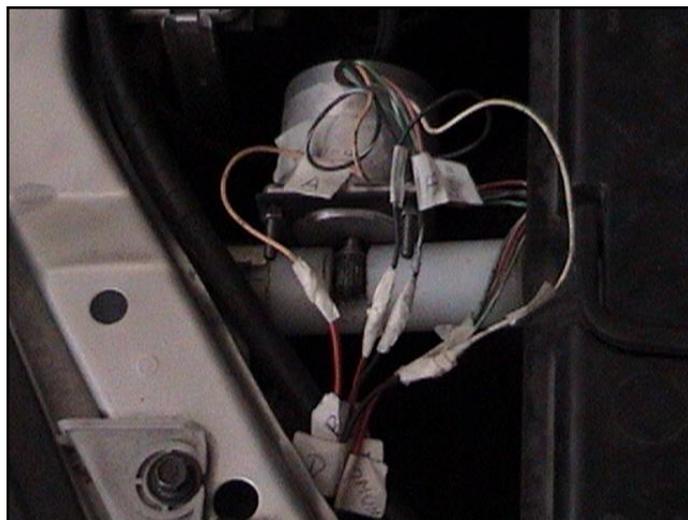


Figura 4.6. Montaje del motor p-p en la cremallera

El sensor de posicionamiento de los neumáticos instalamos en la columna de la dirección, ya que en este espacio es donde enviará perfectamente las señales al PIC 16F877A que moverá a los motores de pasos.

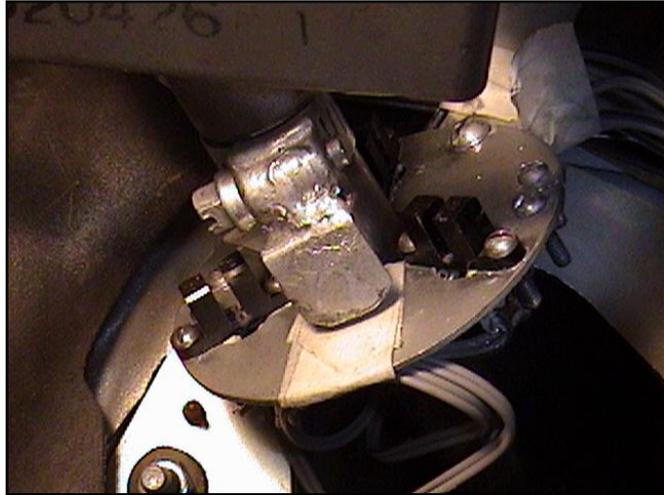


Figura 4.7. Montaje del sensor de posicionamiento de los neumáticos en la columna de la dirección

El sensor de dirección de los neumáticos instalamos en la barra de la dirección ya que tiene un movimiento de longitudinal haciendo que se abra un interruptor.



Figura 4.8. Montaje del sensor de dirección de los neumáticos

La LDR instalamos en un lugar donde incida directamente la luminosidad del automóvil que se encuentre en sentido contrario, en esta ocasión instalamos en la parte posterior del espejo retrovisor central.



Figura 4.9. Montaje de la LDR (Fotoresistencia)

3.29 Montaje y acoplamiento mecánico

Una vez colocados los sensores, la placa electrónica, los motores de pasos y los diferentes conductores procedemos a hacer funcionar todo el sistema.

En primera instancia procedemos a hacer girar los faros cuando el vehículo se encuentra entre 30 Km/h y 80 Km/h. En la figura 4.10. podemos observar cuando el sistema se encuentra en la posición centro, ninguno de los faros ha girado.



Figura 4.10. Posición centrado del faro

En la figura 4.11. se ve claramente que el faro a girado a su máxima posición cuando el volante del vehículo ha pasado por la posición tres del sensor de posicionamiento de los neumáticos para el faro derecho.



Figura 4.11. Posición máxima de 30 a 80 Km/h

Cuando el vehículo pasa la velocidad de los 80 Km/h los faros regresa a su posición centrado y enseguida se direccionan a un punto común en la carretera en la parte frontal de este. Figura 4.12.



Figura 4.12. Posición máxima a más de 80 Km/h

A continuación observamos una comparación del funcionamiento del sistema de luces auto direccionables y cuando el sistema no está en funcionamiento.

Giro a la derecha a una velocidad de 30 Km/h



Figura 4.13. Posición de faros a 30 Km/h sin funcionar el sistema



Figura 4.14. Posición de faros a 30 Km/h funcionando el sistema

Cuando el vehículo está moviéndose a más de 80 Km/h



Figura 4.15. Posición de faros a más de 80 Km/h sin funcionar el sistema



Figura 4.16. Posición de faros a más de 80 Km/h funcionando el sistema

3.30 Procedimientos de operación del sistema

- Accionar el interruptor de encendido del sistema cuando se requiera el funcionamiento .

- Accionar el interruptor de cambio automático de luces permite:
 - a. Posición automático (hacia arriba): esta posición accionará el cambio automático de luces.

- b. Posición manual (hacia abajo): en esta posición accionará el cambio manual de luces.



**Figura 4.17. Interruptor de cambio automático / manual
del cambio de luces**

3.31 Características del sistema

El sistema de luces gira 4.86° por cada vez que el optoacoplador ranurado envíe una señal al PIC 16F877A esto es:

- Al enviar la primera señal de la sensor óptico de barrera 1 el PIC 16F877A procesa y hace que el motor de pasos rote 96 posiciones y que se mantenga en ese estado.
- La siguiente posibilidad del señal que entre al PIC 16F877A es la de regresar a la posición centro o a su vez continuar girando otras 96 posiciones en el motor de pasos.
- Lo máximo que podemos rotar son 360 pasos del motor haciendo que el deflector gire un total de 18.24° .

3.32 **Período de limpieza y mantenimiento**

El periodo de limpieza y mantenimiento que se le dará al sistema será cada 4 meses en lo referente a la placa electrónica para retirar los restos de polvo que se pueden acumular y hacer falsos contactos que provocarían algún error o dañar algún componente electrónico.

En lo referente a la parte mecánica hay que tener en constante revisión de grasa y verificar los elementos extraños que se podrían alojar entre la cremallera y en el engranaje del motor de pasos, provocando un daño en los dientes de ambos componentes.

Verificar el reglaje de las luces actuando en el tornillo de regulación.

En caso de descentramiento del deflector del faro seguir los siguientes pasos para corregir esta falla:

- Con un gato hidráulico elevamos el vehículo.
- Con el sistema de luces inteligentes funcionando, alcanzar la velocidad de más de 80 Km/h.
- Colocar el engranaje respecto a la cremallera en el extremo, tal como se aprecia en la figura 4.18.

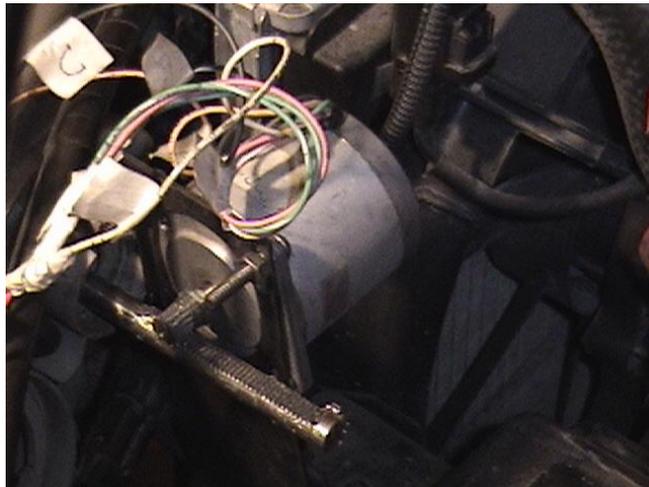


Figura 4.18. Centramiento del reflector

3.33 Precauciones y norma de seguridad

- Tener en cuenta la alimentación y la correcta posición al momento de programar el PIC con el grabador ya que un mal uso se corre el riesgo de quemar este circuito integrado.

- Conectar los cables en los pines indicados al momento de armar el circuito en un protoboard.
- Centrar los motores de pasos antes de quitar la alimentación a todo el circuito en el protoboard.
- En el caso de quemar el fusible, colocar un con el mismo valor del que se encontraba anteriormente.
- No alterar la polaridad de la señal de velocidad ya que puede causar daños en la ECU.
- Si existe descentramiento del reflector respecto al motor de pasos no hacer funcionar al sistema ya que puede causar daños al faro.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Una vez concluido la presente investigación concluimos lo siguiente:

- Se diseñó y construyó un sistema de auto direccionamiento de luces inteligentes en un vehículo tanto para curvas, línea recta y cambio automático de luces.
- Se seleccionó los elementos eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos para la aplicación.
- Realizamos una esquematización de los planos y diagramas de funcionamiento para la instalación del presente proyecto.
- Los microcontroladores seleccionados (PIC 16F877A y PIC 16F84A), permitió controlar con precisión el movimiento de cada uno de los faros, así como el cambio automático de luces.
- Se obtuvo los parámetros de operación del sistema de alumbrado auto direccionable en un vehículo.
- Diagnosticamos en forma técnica el estado de los elementos del sistema de alumbrado en un vehículo de manera real con los problemas que se presentaron en la práctica.
- Se mejoró la visibilidad del sistema de alumbrado nocturno en un 80 % más que un sistema convencional.
- Después de la investigación se instaló un sistema de luces inteligentes en un automóvil *KIA SPECTRA*.
- Se realizó un documento que permita tecnificar las labores de diseño e implementación del sistema de alumbrado para mejorar la conducción nocturna.
- Con la correcta programación de un PIC, se puede automatizar la mayoría de sistemas y accesorios del vehículo.
- El mercado automotriz es uno de los más exigentes; los componentes electrónicos deben ser fiables a pesar de operar en condiciones extremas de vibraciones, choques, ruido, etc.

Recomendaciones

Presentamos las principales recomendaciones que se detallan a continuación:

- Todas las pruebas eléctricas y electrónicas deben ser realizadas previamente en el protoboard, antes de pasar al diseño final de la placa.
- Cuando se trabaja con microcontroladores, se debe hacer una descarga previa de energía estática del cuerpo humano antes de utilizar estos circuitos integrados.
- Para pasar de niveles RS232 a niveles TTL; la señal negativa no conectar a una masa común del circuito, se debe conectar únicamente al pin de masa del MAX232.
- Al momento de poner la placa de cobre en el ácido, agitar la placa y en ácido durante 10 minutos y después dejar que repose hasta que desaparezca el cobre que no utilizamos.
- Nunca toque el cristal de un foco halógeno o xenón ya que las huellas dactilares pueden dejar manchas en el cristal y quemarse.
- Tener en consideración los voltajes de trabajo de los componentes eléctricos en la fase de prueba en protoboard para evitar que estos se quemen.
- Asegúrese de que los elementos mecánicos y electrónicos seleccionados en el diseño previo sean de fácil adquisición en el mercado.
- Difundir la aplicación de este sistema en concesionarios, talleres automotrices y almacenes de accesorios eléctricos.

Bibliografía

- Alonso J. M, Técnicas del automóvil – Equipo Eléctrico, Editorial Paraninfo S.A, España, Ed 1996, # de páginas 462.
- Croase William H, Equipo Eléctrico y Electrónico del Automóvil, Alfaomega grupo editorial S.A, España, Ed 1997, # de páginas 466.
- Larburo Arrizabalaga Nicolás, Maquinas Prontuario, Editorial Paraninfo S.A, España, Ed 1989, # de páginas 530.
- Palacios Enrique, Microcontrolador PIC16F84, RA-MA Editorial, España, Ed. 2004, # de páginas 623.
- Angulo Usategui José M, Microcontroladores PIC, Diseño practico de aplicaciones : PIC 16F84X Parte I, Editora Concepción Fernández Madrid, España, Ed. 2000, # de páginas 357.
- Angulo Usategui José M, Microcontroladores PIC, Diseño practico de aplicaciones : PIC 16F87X Parte II, Editora Concepción Fernández Madrid, España, Ed. 2000, # de páginas 232.
- Biblioteca de Consulta Microsoft Encarta 2006
- <http://www.asifunciona.com>
- <http://www.automotriz.net>
- <http://www.monografias.com>
- <http://picmania.garcia-cuervo.com>
- <http://www.todorobot.com.ar>

ANEXOS

ANEXO "A"

Esquema eléctrico

ANEXO "B"

Diagrama eléctrico codificado

ANEXO "C"

Diagrama eléctrico a considerar en la construcción del sistema de luces auto direccionables

ANEXO "D"

Programa de giro del motor de pasos para el PIC 16F877A

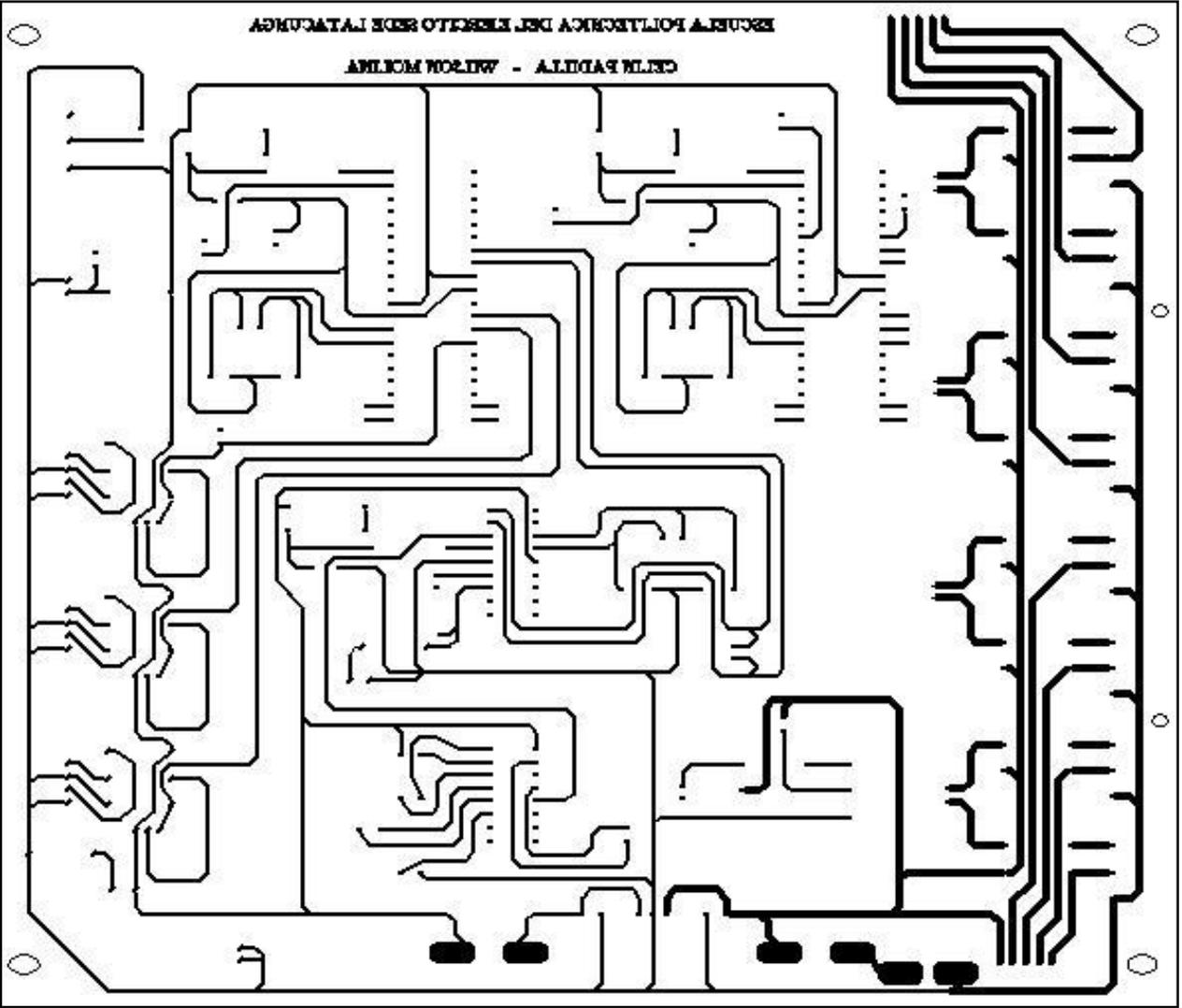
ANEXO "E"

Programa para el cambio automático de luces

ANEXO “A”
ESQUEMA ELECTRICO

**ANEXO “B”
DIAGRÁMA ELECTRICO
CODIFICADO**

**ANEXO “C”
DIAGRAMA ELÉCTRICO A
CONSIDERAR EN LA
CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA
DE LUCES AUTO
DIRECCIONABLES**



ANEXO “D”

PROGRAMA DE GIRO DEL MOTOR DE PASOS PARA EL PIC 16F877A

__CONFIG __CP_OFF & __WDT_OFF & __PWRTE_ON & __XT_OSC ; Configuración para el grabador.

LIST P=16F877A ; Procesador utilizado.

INCLUDE <P16F877A.INC> ; En este fichero se definen las etiquetas del PIC.

GOTO inicio

;subrutina de temporización 5 msegundos*****

; Se han calculado para un sistema microcontrolador con un PIC trabajo con un cristal de cuarzo a 4 MHz.

; Como cada ciclo máquina son 4 ciclos de reloj, resulta que cada ciclo máquina tarda $4 \times 1/4\text{MHz} = 1 \mu\text{s}$.

; En los comentarios, "cm" signcondiciona "ciclos máquina".

pausacincos ; La llamada "call" aporta 2 ciclos máquina.

movlw d'5' ; Aporta 1 ciclo máquina. Este es el valor de "M".

goto Retardos_ms ; Aporta 2 ciclos máquina.

; El próximo bloque "Retardos_ms" tarda:

$1 + M + M + K \times M + (K-1) \times M + M \times 2 + (K-1) \times M \times 2 + (M-1) + 2 + (M-1) \times 2 + 2 =$

$= (2 + 4M + 4KM)$ ciclos máquina. Para $K=249$ y $M=1$ supone 1002 ciclos máquina

; que a 4 MHz son $1002 \mu\text{s} = 1 \text{ms}$.

Retardos_ms

movwf R_ContB ; Aporta 1 ciclo máquina.

R1ms_BucleExterno

movlw d'249' ; Aporta $M \times 1$ ciclos máquina. Este es el valor de "K".

movwf R_ContA ; Aporta $M \times 1$ ciclos máquina.

R1ms_BucleInterno

nop ; Aporta $K \times M \times 1$ ciclos máquina.

decfsz R_ContA,F ; $(K-1) \times M \times 1$ cm (cuyo no salta) + $M \times 2$ cm (al saltar).

goto R1ms_BucleInterno ; Aporta $(K-1) \times M \times 2$ ciclos máquina.

decfsz R_ContB,F ; $(M-1) \times 1$ cm (cuyo no salta) + 2 cm (al saltar).

goto R1ms_BucleExterno ; Aporta $(M-1) \times 2$ ciclos máquina.

return ; El salto del retorno aporta 2 ciclos máquina.

; - Retardo_5ms : $2 + 1 + 2 + (2 + 4M + 4KM) = 5007 \text{cm} = 5 \text{ms}$. ($M=5$ y $K=249$).

;subrutina de comparación*****

comparaigualdad

CLRF 0x21

CLRF 0x23

MOVWF 0x22

MOVLW 0x02

GOTO sigal

sigal MOVWF 0x28

MOVF 0x23 ,W

SUBWF 0x21 ,W

BTFSF STATUS ,Z

GOTO sigal2

MOVF 0x22 ,W

SUBWF 0x20 ,W

sigal2 MOVLW 0x04

BTFSF STATUS ,C

MOVLW 0x01

BTFSF STATUS ,Z

MOVLW 0x02

```

ANDWF 0x28 ,W
BTFS STATUS ,Z
MOVLW 0xFF
GOTO banco
siga3 IORLW 0x00
BTFS STATUS ,Z
MOVLW 0xFF
ANDWF FSR ,W
BTFS STATUS ,Z
MOVLW 0xFF
GOTO banco
banco BCF STATUS ,IRP
BCF STATUS ,RP1
BCF STATUS ,RP0
CLRWDT
RETURN
;Programa principal*****
inicio BSF STATUS ,RP0 ;Direcciono al banco 1
MOVLW 0x06 ;w=b'0000110
MOVWF ADCON1 ;ADCON1=0000110, PORTA A como E/S digital
MOVLW 0x01
MOVWF TRISA ; RA0 como entrada
MOVLW 0x03
MOVWF TRISB ;RBO,RB1 como entradas
MOVLW 0x70 ;w=b'1110000', escritura y lectura en cero
MOVWF EECON1 ;WREN=0 WRERR=0 EEPGD=0 selecciona acceso a flash
BCF STATUS ,RP0 ;direcciono al banco 0
R_ContA EQU 0x7B ;variable para temporización
R_ContB EQU 0x7C ;variable para temporización
CLRF 0x47 ;inicializo primera variable Aatras=0
CLRF 0x48 ;inicializo segunda variable Badelante=0
CLRF 0x4A ;inicializo tercera variable Cadelante=0
CLRF 0x49 ;inicializo cuarto variable Batras=0
CLRF 0x46 ;inicializo quinta variable Aadelante=0
CLRF 0x4B ;inicializo sexta variable Catras=0
CLRF 0x4E ;inicializo septima variable diez=0
CLRF 0x55 ;inicializo octava variable uno=0
CLRF 0x50 ;inicializo novena variable dos=0
CLRF 0x54 ;inicializo decima variable tres=0
CLRF 0x4D ;inicializo onceava variable cuatro=0
CLRF 0x4C ;inicializo doceava variable cinco=0
CLRF 0x53 ;inicializo treceava variable seis=0
CLRF 0x52 ;inicializo catorceava variable once=0
CLRF 0x4F ;inicializo quinceava variable doce=0
condicion1 MOVLW 0x00 ;condicion (portb.0=1) y (portD=96)y (portb.1=0)y (uno=0) y
; (Aadelante=0)
BTFS PORTB.0 ;Y (porta.0=1)Y(seis=0) luego call onegiro ; Si portb.0=1?
MOVLW 0x01 ; no portb.0=1
MOVWF 0x20 ; si portb.0=0

```

```

MOVLW 0x01
CLRF PCLATH ; para que no haya problemas de bancos
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x32
MOVF EEDATA,W
MOVWF 0x20
MOVLW 0x60 ; condición portD=96?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x34
MOVF 0x32 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x34 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x34
MOVWF 0x35
MOVLW 0x00
BTFSK PORTB , 1 ;condición portb.1=0?
MOVLW 0x01 ;no portb.1=1
MOVWF 0x20 ;si portb.1=0
MOVLW 0x00
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x36
MOVF 0x34 , W
IORWF 0x35 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x36 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x36
MOVWF 0x37
MOVF 0x55 , W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x55 a W o W = ;uno
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad ; condición (contenido de dirección 0x55)=0? o uno=0?
MOVWF 0x38
MOVF 0x36 , W
IORWF 0x37 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x38 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x38
MOVWF 0x39
MOVF 0x46 , W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x46 a W o W = ;W=Aadelante

```

```

MOVWF 0x20
MOVLW 0x00
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad ; condición (contenido de dirección 0x46)=0? o Adelante =0
MOVWF 0x3A
MOVF 0x38 , W
IORWF 0x39 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x3A , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3A
MOVWF 0x3B
MOVLW 0x00
BTFSC PORTA , 0 ;condición porta.0=1?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3C
MOVF 0x3A , W
IORWF 0x3B , W
MOVWF FSR
MOVF 0x3C , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3C
MOVWF 0x3D
MOVF 0x53 , W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x53 a W o W=seis=0
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad ;condición (contenido de dirección 0x53)=0? o seis=0?
MOVWF 0x3E
MOVF 0x3C , W
IORWF 0x3D , W
MOVWF FSR
MOVF 0x3E , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3E
MOVWF 0x3F
CLRWDI
MOVF 0x3E , W
IORWF 0x3F , W
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04

```

```

BTFSZ STATUS , Z
GOTO condicion2 ;si no se cumplen todas las condiciones del condición de arriba ir a
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
CALL onegiro ;si se cumplen las condiciones de arriba del condición entra a ;este bucle
condicion2 CLRF EEDATA ;condición (portb.0=1) y(portD=80) y (portb.1=0)y (Badelante=1) y ;(dos=0)
MOVLW 0x00 ; y (porta.0=1)y (seis=0) luego call twogiro
BTFSZ PORTB,0 ; condición portb.0=1?
MOVLW 0x01 ; no portb.0=1
MOVWF 0x20 ; si portb.0=1
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x32
MOVF EEDATA , W
MOVWF 0x20
MOVLW 0x50 ;condición portD=80?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x34
MOVF 0x32 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x34 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x34
MOVWF 0x35
MOVLW 0x00
BTFSZ PORTB , 1 ;condición portb.1=0?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x36
MOVF 0x34 , W
IORWF 0x35 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x36 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x36
MOVWF 0x37
MOVF 0x48 , W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x48 a W o ;W =Badelante
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad ; condición (contenido de dirección 0x48)=1? o Badelante=1?
MOVWF 0x38

```

```

MOVWF 0x36 , W
IORWF 0x37 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x38 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x38
MOVWF 0x39
MOVF 0x50, W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x50 a W o W=dos
MOVWF 0x20
MOVLW 0x0 ; condición (contenido de dirección 0x50)=0? o dos=0?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3A
MOVF 0x38 , W
IORWF 0x39 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x3A , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3A
MOVWF 0x3B
MOVLW 0x00
BTFSF PORTA , 0 ;condición porta.0=1?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3C
MOVF 0x3A , W
IORWF 0x3B , W
MOVWF FSR
MOVF 0x3C , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3C
MOVWF 0x3D
MOVF 0x53 , W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x53 a W o W=seis
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad ;condición (contenido de dirección 0x53)=0? o seis=0?
MOVWF 0x3E
MOVF 0x3C , W
IORWF 0x3D , W
MOVWF FSR
MOVF 0x3E , W
CLRF PCLATH

```

```

CALL siga3
MOVWF 0x3E
MOVWF 0x3F
CLRWDI
MOVF 0x3E , W
IORWF 0x3F , W
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
BTFSZ STATUS , Z
    GOTO condicion3 ;si no se cumplen todas las condiciones del condición de ;arriba ir a
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
    CALL twogiro ;si se cumplen las condiciones de arriba del condición entra a ;este bucle
condicion3 CLRF EEDATA ;condición (portb.0=1) y (portD=48)y (portb.1=0) y ;(Cadelante=1)y (tres=0)
MOVLW 0x0 ;y (porta.0=1) y (seis=0) luego call threegiro
BTFSZ PORTB , 0 ; condición portb.0=1?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x32
MOVF EEDATA , W
MOVWF 0x20
MOVLW 0x30 ;condición portD=48?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x34
MOVF 0x32 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x34 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x34
MOVWF 0x35
MOVLW 0x00
BTFSZ PORTB , 1 ;condición portb.1=0?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x36
MOVF 0x34 , W
IORWF 0x35 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x36 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3

```

```

MOVWF 0x36
MOVWF 0x37
    MOVF 0x4A,W           ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x4A a W o ;W =Cadelante
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
    CALL comparaigualdad ;condición (contenido de dirección 0x4A)=1? o ;Cadelante=1?
MOVWF 0x38
MOVF 0x36 ,W
IORWF 0x37 ,W
MOVWF FSR
MOVF 0x38 ,W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x38
MOVWF 0x39
MOVF 0x54,W           ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x54 a W o W = tres
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00           ; condición (contenido de dirección 0x54)=0? o tres = 0?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3A
MOVF 0x38 ,W
IORWF 0x39 ,W
MOVWF FSR
MOVF 0x3A ,W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3A
MOVWF 0x3B
MOVLW 0x00
BTFSC PORTA ,0       ;condicion porta.0=1?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad

MOVWF 0x3C
MOVF 0x3A ,W
IORWF 0x3B ,W
MOVWF FSR
MOVF 0x3C ,W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3C
MOVWF 0x3D
MOVF 0x53,W           ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x53 a W o W = seis
MOVWF 0x20

```

```

MOVLW 0x00 ;condición (contenido de dirección 0x53)=0? o seis = 0?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3E
MOVF 0x3C , W
IORWF 0x3D , W
MOVWF FSR
MOVF 0x3E , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3E
MOVWF 0x3F
CLRWDT
MOVF 0x3E , W
IORWF 0x3F , W
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
BTFSK STATUS , Z
    GOTO condicion4 ;si no se cumplen todas las condiciones del ;condición de arriba ir a
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
CALL threegiro ;si se cumple las condiciones de arriba del condición ir a este bucle
condicion4 CLRF EEDATA ;condición (portb.0=1) y(portD=96) y (portb.1=0)y ;(Aadelante=1)
MOVLW 0x00 ;y (cuatro=0) y (porta.0=1)y (seis=0) luego call fourgiro
BTFSK PORTB , 0 ; condición portb.0=1?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x32
MOVF EEDATA , W
MOVWF 0x20
MOVLW 0x60 ;condición portD=96?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x34
MOVF 0x32 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x34 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x34
MOVWF 0x35
MOVLW 0x00
BTFSK PORTB , 1 ;condición portb.1=0?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00

```

```

CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x36
MOVF 0x34 ,W
IORWF 0x35 ,W
MOVWF FSR
MOVF 0x36 ,W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x36
MOVWF 0x37
    MOVF 0x46,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x46 a W o ;W = Adelante
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01 ; condición (contenido de dirección 0x46)=1? o Adelante = 1
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x38
MOVF 0x36 ,W
IORWF 0x37 ,W
MOVWF FSR
MOVF 0x38 ,W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x38
MOVWF 0x39
MOVF 0x4D,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x4D a W o W = cuatro
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00 ; condición (contenido de dirección 0x4D)=0? o cuatro = 0
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3A
MOVF 0x38 ,W
IORWF 0x39 ,W
MOVWF FSR
MOVF 0x3A ,W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3A
MOVWF 0x3B
MOVLW 0x00
BTFSC PORTA ,0 ;condición porta.0=1?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3C
MOVF 0x3A ,W
IORWF 0x3B ,W

```

```

MOVWF FSR
MOVF 0x3C , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3C
MOVWF 0x3D
MOVF 0x53,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x53 a W o W = seis
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00 ;condición (contenido de dirección 0x53)=0? o seis = 0?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3E
MOVF 0x3C , W
IORWF 0x3D , W
MOVWF FSR
MOVF 0x3E , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3E
MOVWF 0x3F
CLRWDI
MOVF 0x3E , W
IORWF 0x3F , W
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
BTFS STATUS , Z
GOTO derechagir ;si no se cumplen todas las condiciones del condición de ;arriba ir a
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
CALL fourgiro ;si se cumplen las condiciones de arriba del condición entra ;a este bucle
derechagir CLRF EEDATA ;condición (portb.0=0) y(portD = 112) y (portb.1=1)y (seis = 0)
MOVLW 0x00
BTFS PORTB , 0 ; condición portb.0=0?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x32
MOVF EEDATA , W
MOVWF 0x20
MOVLW 0x70 ;condición portD = 112?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x34
MOVF 0x32 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x34 , W
CLRF PCLATH

```

```

CALL siga3
MOVWF 0x34
MOVWF 0x35
MOVLW 0x00
BTFSK PORTB , 1 ; condición portb.1=1?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x36
MOVF 0x34 , W
IORWF 0x35 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x36 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x36
MOVWF 0x37
MOVF 0x53,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x53 a W o W = seis
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00 ;condición (contenido de dirección 0x53)=0? o seis = 0?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x38
MOVF 0x36 , W
IORWF 0x37 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x38 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x38
MOVWF 0x39
CLRWDI
MOVF 0x38 , W
IORWF 0x39 , W
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
BTFSK STATUS , Z
GOTO centrado ;si no se cumplen todas las condiciones del condición de arriba ir a
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
CALL giroright ;si se cumplen las condiciones de arriba del condición entra a ;este bucle
centrado CLRWF EEDATA ;condición (portb.0=0) y (portb.1=0) y (cinco=1)
MOVLW 0x00
BTFSK PORTB , 0 ;condición portb.0=0?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00

```

```

CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x32
MOVLW 0x00
BTFSK PORTB , 1 ;condición portb.1=0?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x34
MOVF 0x32 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x34 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x34
MOVWF 0x35
MOVF 0x4C,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x4C a W o ;W = cinco = 1
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01 ; condición (contenido de dirección 0x4C)=1? o cinco = 1?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x36
MOVF 0x34 , W
IORWF 0x35 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x36 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x36
MOVWF 0x37
CLRWDI
MOVF 0x36 , W
IORWF 0x37 , W
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
BTFSK STATUS , Z
GOTO regresosgiro ;si no se cumplen todas las condiciones del condición de ;arriba ir a
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
CALL centrar ;si se cumplen las condiciones de arriba del condición entra
regresosgiro CLRF EEDATA ; a este bucle condición (portb.0=1) y(portb.1=0) y
MOVLW 0x00 ; (diez=0) y (portD=96) y (Batras=1)y (porta.0=1)y (seis=0)
BTFSK PORTB , 0 ;condición (portb.0=1)?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH

```

```

CALL comparaigualdad
MOVWF 0x32
MOVLW 0x00
BTFSC PORTB , 1 ; condition (portb.1=0)?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00

CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x34
MOVF 0x32 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x34 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x34
MOVWF 0x35
MOVF 0x4E,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x4E a W o W = diez
MOVWF 0x20 ; condición (contenido de dirección 0x4E)=0? o diez=0?
MOVLW 0x00
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x36
MOVF 0x34 , W
IORWF 0x35 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x36 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x36
MOVWF 0x37
MOVF EEDATA,W
MOVWF 0x20
MOVLW 0x60 ;condición (portD = 96)? 0x60=96 en base 10
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x38
MOVF 0x36 , W
IORWF 0x37 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x38 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x38
MOVWF 0x39
MOVF 0x49,W ;muevo contenido de la dirección de memoria 0x49 a W o W = Batras = 1
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01 ; condición (contenido de dirección 0x49)=1? o Batras = 1?

```

```

CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3A
MOVF 0x38 ,W
IORWF 0x39 ,W
MOVWF FSR
MOVF 0x3A ,W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3A
MOVWF 0x3B
MOVLW 0x00
BTFSK PORTA , 0 ;condición (porta.0=1) ?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3C
MOVF 0x3A ,W
IORWF 0x3B ,W
MOVWF FSR
MOVF 0x3C ,W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3C
MOVWF 0x3D
MOVF 0x53,W ; nuevo el contenido de la dirección de memoria 0x53 a W o W = seis
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00 ; condición (contenido de dirección 0x53)=0? o seis = 0?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3E
MOVF 0x3C ,W
IORWF 0x3D ,W
MOVWF FSR
MOVF 0x3E ,W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3E
MOVWF 0x3F
CLRWDI
MOVF 0x3E ,W
IORWF 0x3F ,W
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
BTFSK STATUS , Z
GOTO siregredos ;si no se cumplen todas las condiciones del condición de arriba ir a
BCF PCLATH , 03

```

```

BCF PCLATH ,04
CALL regrestes ;si se cumplen las condiciones del condición entra a este bucle
siregredos CLRF EEDATA ;condición (portb.0=1) y(portb.1=0) y (once=0) y (portD=80)y
MOVW 0x00 ;(Catras=1) y (porta.0=1)y (seis=0) luego call regredos
BTFS PORTB , 0 ;condición (portb.0=1)?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x32
MOVLW 0x00
BTFS PORTB , 1 ;condición (portb.1=0)?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x34
MOVF 0x32 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x34 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x34
MOVWF 0x35
MOVF 0x52,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x52 a W o W = once
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00 ;condición (once = 0)?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x36
MOVF 0x34 , W
IORWF 0x35 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x36 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x36
MOVWF 0x37
MOVF EEDATA , W
MOVWF 0x20
MOVLW 0x50 ;condición (portD = 80)?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x38
MOVF 0x36 , W
IORWF 0x37 , W
MOVWF FSR

```

```

MOVWF 0x38 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x38
MOVWF 0x39
MOVF 0x4B,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x4B a W o W = Catras
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01 ;condición (Catras = 1)?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3A
MOVF 0x38 , W
IORWF 0x39 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x3A , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3A
MOVWF 0x3B
MOVLW 0x00
BTFSC PORTA , 0 ;condición (porta.0=1)?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3C
MOVF 0x3A , W
IORWF 0x3B , W
MOVWF FSR
MOVF 0x3C , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3C
MOVWF 0x3D
MOVF 0x53,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x53 a W o W = seis
MOVWF 0x20
MOVLW 0x0 ;condición (seis = 0)?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3E
MOVF 0x3C , W
IORWF 0x3D , W
MOVWF FSR
MOVF 0x3E , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3E
MOVWF 0x3F

```

```

CLRWDI
MOVWF 0x3E ,W
IORWF 0x3F ,W
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFSC STATUS ,Z
    GOTO siregreuno ;si no se cumplen todas las condiciones del condición de ;arriba ir a
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
CALL regresos ;si se cumplen las condiciones del condición entra a este bucle
siregreuno CLRWF EEDATA ;condición (portb.0=1) y(portb.1=0) y (doce=0) y (Atras=1)y
    MOVLW 0x00 ;(portD=48) y porta.0=1)y (seis=0) luego call regreuno
    BTFSC PORTB ,0 ;condición (portb.0=1) ?
    MOVLW 0x01
    MOVWF 0x20
    MOVLW 0x01
    CLRWF PCLATH
    CALL comparaigualdad
    MOVWF 0x32
    MOVLW 0x00
    BTFSC PORTB ,1 ;condición (portb.1=0)?
    MOVLW 0x01
    MOVWF 0x20
    MOVLW 0x00
    CLRWF PCLATH
    CALL comparaigualdad
    MOVWF 0x34
    MOVF 0x32 ,W
    MOVWF FSR
    MOVF 0x34 ,W
    CLRWF PCLATH
    CALL siga3
    MOVWF 0x34
    MOVWF 0x35
    MOVF 0x4F,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x4F a W o W = doce
    MOVWF 0x20
    MOVLW 0x00 ;condición (doce=0)?
    CLRWF PCLATH
    CALL comparaigualdad
    MOVWF 0x36
    MOVF 0x34 ,W
    IORWF 0x35 ,W
    MOVWF FSR
    MOVF 0x36 ,W
    CLRWF PCLATH
    CALL siga3
    MOVWF 0x36
    MOVWF 0x37
    MOVF 0x47,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x47 a W o W = Atras

```

```

MOVWF 0x20
MOVLW 0x01 ;condición (Aatras=1)?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x38
MOVF 0x36 , W
IORWF 0x37 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x38 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x38
MOVWF 0x39
MOVF EEDATA , W
MOVWF 0x20
MOVLW 0x30 ;condición (portD=48)?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3A
MOVF 0x38 , W
IORWF 0x39 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x3A , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3A
MOVWF 0x3B
MOVLW 0x00
BTFSK PORTA , 0 ;condición (porta.0=1)?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3C
MOVF 0x3A , W
IORWF 0x3B , W
MOVWF FSR
MOVF 0x3C , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3C
MOVWF 0x3D
MOVF 0x53,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x53 a W o W = seis
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00 ;condición (seis=0)
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x3E

```

```

MOVWF 0x3C ,W
IORWF 0x3D ,W
MOVWF FSR
MOVF 0x3E ,W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x3E
MOVWF 0x3F
CLRWDI
MOVF 0x3E ,W
IORWF 0x3F ,W
BCF PCLATH ,03

BCF PCLATH ,04
BTFSC STATUS ,Z
GOTO otrocentrado ;si no se cumplen todas las condiciones del
BCF PCLATH ,03 ; condición de arriba ir a
BCF PCLATH ,04
CALL regreuno ;si se cumplen todas las condiciones del condición de arriba ir a
otrocentrado CLRF EEDATA ;condición (porta.0=0) y (portb.0=1) y (portb.1=0) y (cinco=1)
MOVLW 0x00 ;luego call centrar
BTFSC PORTA ,0 ;condición (porta.0=0)?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x32
MOVLW 0x00
BTFSC PORTB ,0 ;condición (portb.0=1)?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x34
MOVF 0x32 ,W
MOVWF FSR
MOVF 0x34 ,W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x34
MOVWF 0x35
MOVLW 0x00
BTFSC PORTB ,1 ;condición (portb.1=0)?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00
CLRF PCLATH

```

```

CALL comparaigualdad
MOVWF 0x36
MOVF 0x34 , W
IORWF 0x35 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x36 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x36
MOVWF 0x37
    MOVF 0x4C,W           ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x4C a W     o W = cinco
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01                ;condición (cinco = 1)?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x38
MOVF 0x36 , W
IORWF 0x37 , W
MOVWF FSR
MOVF 0x38 , W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x38
MOVWF 0x39
CLRWDI
MOVF 0x38 , W
IORWF 0x39 , W
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
BTFSC STATUS , Z
    GOTO otrocentrar     ;si no se cumplen todas las condiciones del condición de ;arriba ir a
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
CALL centrar              ;si se cumplen todas las condiciones del condición de arriba ir a
otrocentrar CLRF EEDATA   ;condición (seis=1) y (portb.0=1) y (portb.1=0) luego call centrar
    MOVF 0x53,W          ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x53 a W     o W = seis
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01                ;condición (seis=1)?
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x32
MOVLW 0x00
BTFSC PORTB , 0          ;condición (portb.0=1)?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x01
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x34

```

```

MOVF 0x32 ,W
MOVWF FSR
MOVF 0x34 ,W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x34
MOVWF 0x35
MOVLW 0x00
BTFSC PORTB , 1 ;condición (portb.1=0)?
MOVLW 0x01
MOVWF 0x20
MOVLW 0x00
CLRF PCLATH
CALL comparaigualdad
MOVWF 0x36
MOVF 0x34 ,W
IORWF 0x35 ,W
MOVWF FSR
MOVF 0x36 ,W
CLRF PCLATH
CALL siga3
MOVWF 0x36
MOVWF 0x37
CLRWDI
MOVF 0x36 ,W
IORWF 0x37 ,W
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
BTFSC STATUS , Z ;si no se cumplen todas las condiciones del condición de ;arriba ir a
GOTO findelascondiciones ;de nuevo a preguntar todos los condicionales de ;arriba
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
CALL centrar ;si se cumplen todas las condiciones del condición de arriba ir a
findelascondiciones CLRF EEDATA
CLRF PCLATH
GOTO condicion1
onegiro MOVLW 0x01 ; w=1
MOVWF 0x51 ;a la dirección 0x51= w = 1
repeticion1a24 CLRWDI
MOVLW 0x019
SUBWF 0x51 ,W ; W = contenido de la dirección 0x51 menos W
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
BTFSC STATUS , C
GOTO Finrepeticion1a24 ;24x4=96 pasos secuencia ABCD secuencia ABCD(bobinas del motor)
MOVLW 0x01 ; gira primer paso 1 decimal
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco ;pausa de 5 milisegundos

```

```

MOVW 0x04 ;gira segundo paso 4 decimal
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco ;pausa de 5 milisegundos
MOVW 0x02 ;gira tercer paso 2 decimal
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco ;pausa de 5 milisegundos
MOVW 0x08 ;gira cuarto paso 8 decimal
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco ;pausa de 5 milisegundos
INCF 0x51,f ;incrementa el contenido de la dirección 0x51
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFS STATUS ,Z
GOTO repeticion1a24
Finrepeticion1a24 MOVW 0x01
MOVWF 0x55 ; uno=1
MOVW 0x01
MOVWF 0x48 ; Adelante=1
MOVW 0x01
MOVWF 0x4C ; cinco=1
CLRF 0x47 ; Atras=0
CLRF 0x4A ; Cadelante=0
CLRF 0x49 ; Batras=0
CLRF 0x46 ; Aadelante=0
CLRF 0x4B ; Catras=0
CLRF 0x4E ; diez=0
CLRF 0x52 ; once=0
CLRF 0x4F ; doce=0
CLRF 0x50 ; dos=0
CLRF 0x54 ; tres=0
CLRF 0x4D ; cuatro=0
RETURN
twogiro MOVW 0x01
MOVWF 0x51
repeticion1a24dos CLRWD
MOVW 0x019
SUBWF 0x51 ,W ;W = contenido de la dirección 0x51 menos W
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFS STATUS ,C
GOTO Finrepeticion1a24dos ;24x4=96 pasos secuencia ABCD
MOVW 0x01
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVW 0x04

```

```

MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x02
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x08
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
INCF 0x51 ,f
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFSS STATUS ,Z
GOTO repeticion1a24dos
Finrepeticion1a24dos MOVLW 0x01
MOVWF 0x50 ;dos=1
MOVLW 0x01
MOVWF 0x49 ; Batras=1
CLRF 0x4E ; diez=0
MOVLW 0x01
MOVWF 0x4A ; Cadelante=1
MOVLW 0x01
MOVWF 0x4C ; cinco=1
CLRF 0x48 ; Badelante=0
CLRF 0x47 ; Aatras=0
CLRF 0x46 ; Aadelante
CLRF 0x4B ; Catras=0
CLRF 0x52 ;once=0
CLRF 0x4F ;docece=0
CLRF 0x54 ;tres=0
CLRF 0x4D ;cuatro=0
RETURN
threegiro MOVLW 0x01
MOVWF 0x51
repeticion1a24tres CLRWDI
MOVLW 0x019
SUBWF 0x51 ,W
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFSS STATUS ,C
GOTO Finrepeticion1a24tres ; 24x4=96 pasos secuencia ABCD
MOVLW 0x01
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x04
MOVWF EEDATA

```

```

CLRf PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x02
MOVWF EEDATA
CLRf PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x08
MOVWF EEDATA
CLRf PCLATH
CALL pausacinco
INCF 0x51 ,f

```

```

BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFS STATUS ,Z
GOTO repeticion1a24tres

```

Finrepeticion1a24tres MOVLW 0x01

```

MOVWF 0x54;tres=1
MOVLW 0x01
MOVWF 0x46 ;Aadelante=1
MOVLW 0x01
MOVWF 0x4B ;Catras=1
CLRf 0x52;once=0
MOVLW 0x01
MOVWF 0x4C ;cinco=1
CLRf 0x48 ;Badelante=0
CLRf 0x47 ;Aatras=0
CLRf 0x4A ;Cadelante=0
CLRf 0x49 ;Batras=0
CLRf 0x4F ;doce=0
CLRf 0x4D ;cuatro=0
CLRf 0x4E ;diez=0
RETURN

```

fourgiro MOVLW 0x01

```
MOVWF 0x51
```

repeticion1a24cuatro CLRWDT

```

MOVLW 0x019
SUBWF 0x51 ,W
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFS STATUS ,C
GOTO Finrepeticion1a24cuatro ;24x4=96 pasos secuencia ABCD
MOVLW 0x01
MOVWF EEDATA
CLRf PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x04
MOVWF EEDATA

```

```

CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x02
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x08
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
INCF 0x51 ,f
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFS STATUS ,Z
GOTO repeticion1a24cuatro
Finrepeticion1a24cuatro MOVLW 0x01
MOVWF 0x4D ;cuatro=1
MOVLW 0x01
MOVWF 0x47 ;Atras=1
MOVLW 0x01
MOVWF 0x4C ;cinco=1
CLRF 0x4F
CLRF 0x4B
CLRF 0x48
CLRF 0x4A
CLRF 0x49
CLRF 0x46
CLRF 0x4B
CLRF 0x4E
CLRF 0x52
RETURN
giroright CLRWDT
MOVF 0x55,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x55 a W o W = uno
SUBLW 0x01 ; condición (contenido de dirección 0x55)=1? o uno=1?
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFS STATUS ,Z
GOTO sidos ; si no se cumple el condición anterior ir a
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
CALL retouno ;si se cumplen ir a return
sidos CLRWDT
MOVF 0x50,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x50 a W o W = dos
SUBLW 0x01 ; condición (contenido de dirección 0x50)=1? o dos = 1?
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFS STATUS ,Z
GOTO sitres ; si no se cumple el condición anterior ir a
BCF PCLATH ,03

```

```

BCF PCLATH ,04
CALL retodos ;si se cumplen que dos = 1 ir a retodos
sitres CLRWDT
MOVWF 0x54,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x54 a W o W = tres
SUBLW 0x01 ; condición (contenido de dirección 0x54)=1? o tres=1?
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFSS STATUS ,Z
GOTO sicuatro ; si no se cumple el condición anterior ir a
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
CALL retotres ;si se cumplen ir a retotres
sicuatro CLRWDT
MOVWF 0x4D,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x4D a W o ;W = cuatro
SUBLW 0x01 ; condición (contenido de dirección 0x4D)=1? o cuatro = 1?
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFSS STATUS ,Z
GOTO giro72paso ; si no se cumple el condición anterior ir a
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
CALL retocuarto ;si se cumplen ir a retocuarto
giro72paso MOVLW 0x01 ; w=1
MOVWF 0x51 ; dirección de memoria 0x51=1
repeticion1a18 CLRWDT
MOVLW 0x013
SUBWF 0x51 ,W
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFSS STATUS ,C
GOTO Finrepeticion1a18 ;18x4=72 pasos secuencia DCBA
MOVLW 0x08
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x02
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x04
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x01
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
INCF 0x51 ,f
BCF PCLATH ,03

```

```

BCF PCLATH ,04
BTFSS STATUS ,Z
GOTO repeticion1a18
Finrepeticion1a18 MOVLW 0x01
MOVWF 0x53;seis=1
MOVLW 0x01
MOVWF 0x4C;cinco=1
CLRF 0x4E
CLRF 0x52
CLRF 0x4F
RETURN
retouno MOVLW 0x01
MOVWF 0x51
regreso96p CLRWDT
MOVLW 0x019
SUBWF 0x51 ,W
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFSC STATUS ,C
GOTO Finregreso96p ;96 pasos secuencia DCBA
MOVLW 0x08
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x02
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x04
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x01
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
INCF 0x51 ,f
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFSS STATUS ,Z
GOTO regreso96p
Finregreso96p CLRF 0x55
RETURN
retodos MOVLW 0x01
MOVWF 0x51
regreso96p2 CLRWDT
MOVLW 0x019
SUBWF 0x51 ,W
BCF PCLATH ,03

```

```

BCF PCLATH ,04
BTFS STATUS ,C
GOTO Finregreso96p2 ;96 pasos secuencia DCBA
MOVLW 0x08
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x02
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x04
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x01
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
INCF 0x51 ,f
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFS STATUS ,Z
GOTO regreso96p2
Finregreso96p2 CLRF 0x50
RETURN
retotres MOVLW 0x01
MOVWF 0x51
regreso96p3 CLRWDI
MOVLW 0x019
SUBWF 0x51 ,W
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFS STATUS ,C
GOTO Finregreso96p3 ;96 pasos secuencia DCBA
MOVLW 0x08
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x02
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x04
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x01
MOVWF EEDATA

```

```

    CLRF PCLATH
    CALL pausacinco
    INCF 0x51 ,f
    BCF PCLATH ,03
    BCF PCLATH ,04
    BTFSS STATUS ,Z
    GOTO regreso96p3
Finregreso96p3 CLRf 0x54
    RETURN
retocuarto MOVLW 0x01
    MOVWF 0x51
regreso96p4 CLRWDT
    MOVLW 0x019
    SUBWF 0x51 ,W
    BCF PCLATH ,03
    BCF PCLATH ,04
    BTFSC STATUS ,C
    GOTO Finregreso96p4 ;96 pasos secuencia DCBA
    MOVLW 0x08
    MOVWF EEDATA
    CLRF PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x02
    MOVWF EEDATA
    CLRF PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x04
    MOVWF EEDATA
    CLRF PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x01
    MOVWF EEDATA
    CLRF PCLATH
    CALL pausacinco
    INCF 0x51 ,f
    BCF PCLATH ,03
    BCF PCLATH ,04
    BTFSS STATUS ,Z
    GOTO regreso96p4
Finregreso96p4 CLRf 0x4D
    RETURN
centrar CLRWDT
    MOVF 0x55,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x55 a W o W = uno
    SUBLW 0x01 ; condición (contenido de dirección 0x55)=1? o uno = 1?
    BCF PCLATH ,03
    BCF PCLATH ,04
    BTFSS STATUS ,Z
    GOTO unoigualcero ; si no se cumple el condición anterior ir a
    BCF PCLATH ,03

```

```

BCF PCLATH ,04
CALL blauno ;si se cumplen ir a blauno
unoigualcero CLRWDT
MOVF 0x50,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x50 a W o W = dos
SUBLW 0x01 ;condición (contenido de dirección 0x50)=1? o dos = 1?
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFSS STATUS ,Z
GOTO dosigualcero ;si no se cumple el condición anterior ir a
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
CALL blados ;si se cumple el condición anterior ir a blados
dosigualcero CLRWDT
MOVF 0x54,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x54 a W o W = tres
SUBLW 0x01 ;condición (contenido de dirección 0x54)=1? o tres = 1?
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFSS STATUS ,Z
GOTO tresigualcer ;si no se cumple el condición anterior ir a
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
CALL blatres ;si se cumplen ir a blatres
tresigualcer CLRWDT
MOVF 0x4D,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x4D a W o ;W = cuatro
SUBLW 0x01 ;condición (contenido de dirección 0x4D)=1? o cuatro = 1?
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFSS STATUS ,Z ;si no se cumple el condición anterior ir a
GOTO cuatroigcero
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
CALL blacuatro ;si se cumplen ir a blacuatro
cuatroigcero CLRWDT
MOVF 0x53,W ;muevo el contenido de la dirección de memoria 0x53 a W o W = seis
SUBLW 0x01 ;condición (contenido de dirección 0x53)=1? o seis = 1?
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
BTFSS STATUS ,Z
GOTO seisigucero ;si no se cumple el condición anterior ir a
BCF PCLATH ,03
BCF PCLATH ,04
CALL blaseis ;si se cumplen ir a blaseis
seisigucero CLRF 0x4C
CLRF 0x47
CLRF 0x48
CLRF 0x4A
CLRF 0x49
CLRF 0x46
CLRF 0x4B

```

```

    CLRf 0x4E
    CLRf 0x52
    CLRf 0x4F
    RETURN
blauo  MOVLW 0x01
    MOVWF 0x51
RepeticonBlauo CLRWDT
    MOVLW 0x019
    SUBWF 0x51 ,W
    BCF PCLATH ,03
    BCF PCLATH ,04
    BTFSC STATUS ,C
    GOTO FinRepeticonBlauo ;96 pasos secuencia DCBA
    MOVLW 0x08
    MOVWF EEDATA
    CLRf PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x02
    MOVWF EEDATA
    CLRf PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x04
    MOVWF EEDATA
    CLRf PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x01
    MOVWF EEDATA
    CLRf PCLATH
    CALL pausacinco
    INCF 0x51 ,f
    BCF PCLATH ,03
    BCF PCLATH ,04
    BTFSS STATUS ,Z
    GOTO RepeticonBlauo
FinRepeticonBlauo CLRf 0x55
    RETURN
blados MOVLW 0x01
    MOVWF 0x51
RepeticonBlados CLRWDT
    MOVLW 0x019
    SUBWF 0x51 ,W
    BCF PCLATH ,03
    BCF PCLATH ,04
    BTFSC STATUS ,C
    GOTO FinRepeticonBlados ;96 pasos secuencia DCBA
    MOVLW 0x08
    MOVWF EEDATA
    CLRf PCLATH
    CALL pausacinco

```

```

    MOVLW 0x02
    MOVWF EEDATA
    CLRF PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x04
    MOVWF EEDATA
    CLRF PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x01
    MOVWF EEDATA
    CLRF PCLATH
    CALL pausacinco
    INCF 0x51 ,f
    BCF PCLATH ,03
    BCF PCLATH ,04
    BTFSS STATUS ,Z
    GOTO RepeticionBlados
FinRepeticionBlados CLRF 0x50
    RETURN
blatres MOVLW 0x01
    MOVWF 0x51
RepeticionBlatres CLRWDI
    MOVLW 0x019
    SUBWF 0x51 ,W
    BCF PCLATH ,03
    BCF PCLATH ,04
    BTFSC STATUS ,C
    GOTO FinRepeticionBlatres ;96 pasos secuencia DCBA
    MOVLW 0x08
    MOVWF EEDATA
    CLRF PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x02
    MOVWF EEDATA
    CLRF PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x04
    MOVWF EEDATA
    CLRF PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x01
    MOVWF EEDATA
    CLRF PCLATH
    CALL pausacinco
    INCF 0x51 ,f
    BCF PCLATH ,03
    BCF PCLATH ,04
    BTFSS STATUS ,Z
    GOTO RepeticionBlatres

```

FinRepeticionBlatres CLRf 0x54

RETURN

blacuatro MOVLW 0x01

MOVWF 0x51

RepeticionBlacuatro CLRWDT

MOVLW 0x019

SUBWF 0x51 ,W

BCF PCLATH ,03

BCF PCLATH ,04

BTFS STATUS ,C

GOTO FinRepeticionBlacuatro ;96 pasos secuencia DCBA

MOVLW 0x08

MOVWF EEDATA

CLRF PCLATH

CALL pausacinco

MOVLW 0x02

MOVWF EEDATA

CLRF PCLATH

CALL pausacinco

MOVLW 0x04

MOVWF EEDATA

CLRF PCLATH

CALL pausacinco

MOVLW 0x01

MOVWF EEDATA

CLRF PCLATH

CALL pausacinco

INCF 0x51 ,f

BCF PCLATH ,03

BCF PCLATH ,04

BTFS STATUS ,Z

GOTO RepeticionBlacuatro

FinRepeticionBlacuatro CLRf 0x4D

RETURN

blaseis MOVLW 0x01

MOVWF 0x51

RepeticionBlaseis CLRWDT

MOVLW 0x013

SUBWF 0x51 ,W

BCF PCLATH ,03

BCF PCLATH ,04

BTFS STATUS ,C

GOTO FinRepeticionBlaseis ;72 pasos secuencia ABCD

MOVLW 0x01

MOVWF EEDATA

CLRF PCLATH

CALL pausacinco

MOVLW 0x04

MOVWF EEDATA

```

    CLR F PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x02
    MOVWF EEDATA
    CLR F PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x08
    MOVWF EEDATA
    CLR F PCLATH
    CALL pausacinco
    INCF 0x51 ,f
    BCF PCLATH ,03
    BCF PCLATH ,04
    BTFSS STATUS ,Z
    GOTO RepeticionBlaseis
FinRepeticionBlaseis CLR F 0x53
    RETURN
regreuno MOVLW 0x01
    MOVWF 0x51
RepeticionRegreuno CLRWDT
    MOVLW 0x019
    SUBWF 0x51 ,W
    BCF PCLATH ,03
    BCF PCLATH ,04
    BTFSC STATUS ,C
    GOTO FinRepeticionRegreuno ;96 pasos secuencia DCBA
    MOVLW 0x08
    MOVWF EEDATA
    CLR F PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x02
    MOVWF EEDATA
    CLR F PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x04
    MOVWF EEDATA
    CLR F PCLATH
    CALL pausacinco
    MOVLW 0x01
    MOVWF EEDATA
    CLR F PCLATH
    CALL pausacinco
    INCF 0x51 ,f
    BCF PCLATH ,03
    BCF PCLATH ,04
    BTFSS STATUS ,Z
    GOTO RepeticionRegreuno
FinRepeticionRegreuno MOVLW 0x01
    MOVWF 0x4F

```

```

MOVLW 0x01
MOVWF 0x4C
CLRF 0x4D
MOVLW 0x01

        MOVWF 0x46
MOVLW 0x01
MOVWF 0x4B
CLRF 0x47
CLRF 0x48
MOVLW 0x01
MOVWF 0x54
CLRF 0x4A
CLRF 0x49
CLRF 0x52
CLRF 0x4E
RETURN
regredos MOVLW 0x01
        MOVWF 0x51
RepeticionRegredos CLRWDT
        MOVLW 0x019
        SUBWF 0x51 , W
        BCF PCLATH , 03
        BCF PCLATH , 04
        BTFSC STATUS , C
        GOTO FinRepeticionRegredos ;96 pasos secuencia DCBA
        MOVLW 0x08
        MOVWF EEDATA
        CLRF PCLATH
        CALL pausacinco
        MOVLW 0x02
        MOVWF EEDATA
        CLRF PCLATH
        CALL pausacinco
        MOVLW 0x04
        MOVWF EEDATA
        CLRF PCLATH
        CALL pausacinco
        MOVLW 0x01
        MOVWF EEDATA
        CLRF PCLATH
        CALL pausacinco
        INCF 0x51 , f
        BCF PCLATH , 03
        BCF PCLATH , 04
        BTFSS STATUS , Z
        GOTO RepeticionRegredos
FinRepeticionRegredos MOVLW 0x01

```

```

MOVWF 0x52
MOVLW 0x01
MOVWF 0x4C
CLRF 0x54
MOVLW 0x01
MOVWF 0x4A
CLRF 0x4F
MOVLW 0x01
MOVWF 0x49
CLRF 0x4E
CLRF 0x48
CLRF 0x47
CLRF 0x46
CLRF 0x4B
MOVLW 0x01
MOVWF 0x50
CLRF 0x4D
RETURN
regretres MOVLW 0x01
MOVWF 0x51
RepeticionRegretres CLRWDT
MOVLW 0x019
SUBWF 0x51 , W
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
BTFS STATUS , C
GOTO FinRepeticionRegretres ;96 pasos secuencia DCBA
MOVLW 0x08
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x02
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco

MOVLW 0x04
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
MOVLW 0x01
MOVWF EEDATA
CLRF PCLATH
CALL pausacinco
INCF 0x51 , f
BCF PCLATH , 03
BCF PCLATH , 04
BTFS STATUS , Z

```

```
GOTO RepeticionRegretres
FinRepeticionRegretres MOVLW 0x01
MOVWF 0x4E
MOVLW 0x01
MOVWF 0x55
CLRF 0x50
MOVLW 0x01
MOVWF 0x48
MOVLW 0x01
MOVWF 0x4C
CLRF 0x47
CLRF 0x4A
CLRF 0x49
CLRF 0x46
CLRF 0x4B
CLRF 0x54
CLRF 0x4D
CLRF 0x52
CLRF 0x4F
RETURN
dormir SLEEP
CLRF PCLATH
GOTO dormir
END
```

ANEXO “E”
**PROGRAMA PARA EL
CAMBIO AUTOMÁTICO DE
LUCES**

; ZONA DE DATOS *****

```
__CONFIG _CP_OFF & _WDT_OFF & _PWRTE_ON & _XT_OSC & _LVP_OFF
LIST P=16F877A
INCLUDE <P16F877A.INC>
CBLOCK 0x0C
```

ENDC

; ZONA DE CÓDIGOS *****

org 0x00

goto INICIO

org 0x05

;PROGRAMA PRINCIPAL*****

```
INICIO bsf STATUS,5
      bcf STATUS,6 ;banco1
      clrf TRISB ;Puerta b salida
      movlw b'00000110'
      movwf ADCON1 ;puerta a entrada/salida digitales
      movlw b'00010000' ;RA4 entrada
      movwf TRISA
      bcf STATUS,5 ;banco 0
principal clrf PORTB
      btfss PORTA,5 ;¿RA4 = 1?, ¿ LDR en oscuridad?
      goto bajas ;No, LDR iluminada por vehiculo en sentido contrario
      btfss PORTA,5 ;¿LDR continua en oscuridad?
      goto principal ;No, retorna a principal
      bsf PORTB,3 ;Si, RB2 = 1 activo luces altas
      goto altas
bajas btfsc PORTA,5 ;¿LDR continua iluminada?
      goto principal ;No, retorna a principal
      bcf PORTB,3 ;Si, RB2 = 0 activo luces bajas
      goto bajas
      END
```

Latacunga

2006

Realizado por:

CELIN PADILLA PADILLA

WILSON MOLINA BEJARANO

ING. JUAN CASTRO C.
DIRECTOR DE CARRERA
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DR. EDUARDO VÁSQUEZ A.
SECRETARIO ACADÉMICO

