



Universidad de Sonora

División de Ciencias Exactas y Naturales
Departamento de Investigación en Física

Ingeniería en Tecnología Electrónica

Tesis

“Automatización del Sistema de Pintado en Carros Pintarrayas”

Dirigida Por:
Dr. Alejandro García Juárez

Asesor:
Dra. Alicia Vera Marquina

Presentada Por:

Alumno:

Robles Tarazón Sergio Antonio

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Contenido

Agradecimientos	1
INTRODUCCIÓN	2
Objetivo general	5
CAPÍTULO 1	6
CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES NECESARIOS PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN.	6
1.1 Sensores ópticos	6
1.2 Sensores opto acopladores	7
1.3 Contador de década y binario 74LS90N	8
1.4 Decodificador BCD de 7 segmentos.	10
1.5 PIC 16F819	13
1.6 Compuerta inversora (NOT).	14
1.7 Regulador de voltaje 7805.	15
1.8 Transistor MOSFET IRFZ44N.	16
1.9 Software Micro Ladder.	17
1.10 Electroválvula	19
CAPÍTULO 2	20
ANTECEDENTES DEL SISTEMA DE PINTADO.	20
CAPÍTULO 3	22
DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN.....	22
3.1 Etapas del sistema de automatización	23
3.2 Diseño del circuito del sensor opto acoplador.	24
3.3 Diseño y simulación del contador	26
3.4 Diseño del codificador con pic16F819	27
CAPÍTULO 4	33
DISEÑO FÍSICO	33
4.1 Diseño de sensor en PCB	33
4.2 Diseño del contador digital	37
4.3 Diseño del codificador con Pic16F819	39
CAPÍTULO 5	41
RESULTADOS.....	41
CAPÍTULO 6	47
CONCLUSIÓN DEL PROYECTO	47
Bibliografía	48

Agradecimientos

Quiero agradecer especialmente a la Universidad de Sonora, así como a mis maestros y coordinación de Ingeniería en Tecnología Electrónica por brindarme las herramientas y conocimientos esenciales, los cuales me hicieron capaz de realizar este trabajo.

A mi familia, por apoyarme en todo momento y darme la oportunidad de realizarme profesionalmente en la Universidad de Sonora.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el transportarse de un lugar a otro es una prioridad para el ser humano, y para realizarlo, este se ha visto en la necesidad de inventar medios de transporte para cubrir tal requerimiento. Desde la utilización de animales, la elaboración de carruajes jalados por caballos, hasta la invención del automóvil. [1].

El automóvil, así como el autobús, son los medios de transporte más utilizados hoy en día en todo el mundo, ya que en las grandes ciudades es necesario trasladarse de un lugar a otro con rapidez y eficiencia, siendo estas dos de las principales cualidades que hacen a estos medios de transporte ser tan importantes en nuestra vida cotidiana. [1].

Al ser esto una necesidad básica para el ser humano y con el incremento de los medios de transporte, las ciudades requieren de la implementación de señales viales o de tránsito, que contribuyan a prevenir accidentes.

Las señales de tránsito o de tráfico, son signos utilizados en las calles o carreteras, que nos brindan información necesaria a los ciudadanos que transitan en ellas, específicamente a los peatones y a los conductores de vehículos. Las principales indicaciones se pueden observar de la siguiente manera:

- Señales y orden de los agentes de circulación.

- Semáforos.

- Marcas viales.

Hoy en día la tecnología ha ayudado a mejorar notablemente en las ciudades el control vehicular y peatonal, desde el uso de señalamientos luminosos, utilizando tecnología led; hasta el control inteligente de semáforos [2]. Es por esto y más que la tecnología es una herramienta básica en nuestra vida diaria y hay que aprovecharla.

Las marcas que se encuentran sobre el pavimento, son mejor conocidas como marcas viales, estas tienen como objetivo el advertir, guiar y regular la circulación de los usuarios que transitan a través de estas vías. Las marcas viales podemos observarlas de diferentes formas y colores, algunas pueden ser marcas longitudinales, normalmente de color blanco o amarillo, marcas transversales o señales horizontales [3].

La marca amarilla o blanca longitudinal continua que se encuentra sobre el pavimento, significa que ningún vehículo debe de atravesarla ni circular sobre ella, esta se utiliza en las calles que son de doble sentido y que al momento de transitar por esa sección de la calle o carretera, es muy peligroso que un vehículo quiera rebasar otro vehículo. [2].

Las marcas longitudinales continuas adosadas a discontinuas, se emplean en calles o carreteras en las que los vehículos de un solo carril pueden rebasar y situarse de nuevo en su lugar, siendo los vehículos que transitan por el lado de las marcas longitudinales discontinuas, los que solo pueden cambiar de carril ya que son estos los que corren menor riesgo de ocasionar un accidente durante esta sección de carretera o calle [3].

Para el pintado de estas marcas viales se utilizan equipos, pequeños del tamaño de una motocicleta, así como también equipos que tienen que ser ubicados sobre un automóvil que pueda soportar la carga de una tonelada o más; estos equipos trabajan con un operador, el cual es el encargado del manejo de los interruptores, tanto para el comienzo de pintado como para el corte del mismo.

El carro pintarrayas es todo un sistema, el cual está formado principalmente por el automóvil, uno o varios depósitos de pintura, uno o varios compresores de aire, un sistema de manómetros para la protección de la presión, válvulas de seguridad, un sistema de pistolas de pintura y de microesfera de vidrio, una guía para el conductor, entre otros elementos.

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo describir el proyecto experimental que realicé durante la estancia de mis prácticas profesionales en una empresa de Señalamiento vial. El cual consiste en la automatización del sistema de pintado de las marcas viales, mismo que es utilizado en un carro pintarrayas. El proyecto nació de la necesidad de un proceso de pintado más exacto, fiable y rápido.

Con los conocimientos obtenidos durante mi carrera, me di a la tarea de investigar y desarrollar un sistema electrónico que pudiera realizar la actividad del pintado de las marcas viales automáticamente. Este sistema se divide en 3 etapas. La primera etapa, consiste de un sistema que recibe información del exterior a través de un sensor opto acoplador, el cual funciona utilizando un diodo infrarrojo y un foto transistor excitado mediante la luz infrarroja, permitiendo que una corriente circule por el colector y un voltaje se genere entre las terminales colector y emisor del foto transistor. La segunda etapa está formada por un sistema electrónico basado en un pic 16F819, el cual es un pic que soporta un gran rango de temperatura entre -40°C y 125°C , esto ayuda a que el pic funcione en ambientes extremos, además de contar con un oscilador interno de 8MHz y una memoria de 256 bytes. El pic recibe la señal de voltaje del sensor optoacoplador en y modifica a la señal analógica en 3 distintas señales digitales. En esta misma etapa se elige solamente una señal utilizando un selector. La señal seleccionada es enviada a la última etapa del sistema propuesto, la cual consiste en una etapa de potencia, que utiliza un Mosfet IRFZ44N y un relevador, que permiten activar un interruptor electro neumático.

El trabajo reportado en esta tesis está compuesto por 5 capítulos, una sección de referencias bibliográficas y un apéndice.

En el capítulo uno, se describen las características de todos los componentes y el software que se utilizó para realizar cada circuito o etapa del sistema, así como su uso en distintas aplicaciones relacionadas con la electrónica. Podremos observar posteriormente su función.

En el capítulo 2 se explicará profundamente qué funcionamiento realiza cada etapa y circuito del sistema, así como su diseño en software en el caso del pic y la simulación de los circuitos.

En el capítulo 3 se describirá el diseño de cada etapa, así como también del diseño de los circuitos impresos, su fabricación y funcionamiento.

En el capítulo 4 se muestran los diseños físicamente terminados y se describirá el método de fabricación.

En el capítulo 5 se exponen los resultados obtenidos al momento de la implementación del sistema, así como los problemas presentados y cómo fueron resueltos.

Las fuentes bibliográficas fueron obtenidas mediante la base de datos de la Universidad de Sonora, así como de libros digitales.

Objetivo general:

Diseñar un sistema automatizado para el pintado de marcas viales en carreteras y calles, que sea fiable y pueda ser añadido al sistema existente de un carro pintarrayas.

Objetivo del Específico.

-Investigar, diseñar y desarrollar un sistema electrónico que automatice el sistema de pintado en un carro pintarrayas.

-Fabricar el sistema.

-Eliminar la necesidad de un operador en el sistema de pintado.

-Disminuir el tiempo necesario para pintar las distancias requeridas.

-Obtener un pintado sobre el pavimento de una forma más exacta y sin la necesidad de un operador. Esto permitirá que los errores frecuentes por cansancio o descuido humano se eliminen por completo

CAPÍTULO 1

CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES NECESARIOS PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN.

En este capítulo se describe el funcionamiento y las características de diferentes componentes que están relacionados con el sistema, como por ejemplo: Sensores ópticos, componentes digitales tales como compuertas lógicas, pic16f819 y componentes de potencia; las cuales se integran a las tres etapas en las que se divide el sistema.

1.1 Sensores ópticos.

Hoy en día los sensores ópticos son muy utilizados en el desarrollo de sistemas electrónicos, tanto en la industria como en el hogar. Los sensores ópticos se basan principalmente en el aprovechamiento de las ondas visibles. Esta interacción entre la luz y la materia, ayuda a determinar las propiedades de estos sensores [4].

Un diagrama de un sensor óptico se muestra a continuación.



Fig. 1 Diagrama, sensor óptico.

En este diagrama se puede observar las partes que conforman principalmente a un sistema de un sensor óptico, el cual se divide normalmente en cinco etapas.

- La fuente de luz, representada frecuentemente por un LED o Laser, puede tener varias longitudes de onda del espectro visible o infrarrojo
- El sistema óptico que por lo general son lentes ópticas, se utilizan para filtrar, aumentar o modificar las ondas emitidas por la fuente de luz.
- La muestra es la parte de la materia que interactúa con la luz, esta puede bloquear o modificar estas ondas, mismas que son enviadas a otro sistema óptico que reajusta la información obtenida a través de las ondas captadas mediante este sistema.
- El sistema de detección o receptor, es el elemento que recibe la información final de las ondas, este interpreta la señal y envía la información a la salida del circuito o

componente, para ser recibida por otro sistema y actuar. Frecuentemente se utiliza un fotodetector.

Los sensores ópticos son muy utilizados para determinar propiedades tanto físicas como químicas, ya que se pueden observar algunas ventajas, una de estas es el bajo costo. Además los sensores ópticos representan un método no destructivo que puede ser posible controlarlo a distancia, mediante algún sistema de acceso remoto.

1.2 Sensores opto acopladores.

Los sensores opto acopladores, son dispositivos que se conforman a partir de un diodo LED y un fototransistor, de manera que al emitir luz el diodo LED, este ilumina al fototransistor y dependiendo del tipo de fototransistor, este generará una fotocorriente a la salida..

La fotocorriente que se genera a la salida del opto acoplador es proporcional a la potencia luminosa del diodo LED. EL opto acoplador o acoplador óptico como el ilustrado en la figura 2, es un dispositivo que ofrece a los diseñadores electrónicos la libertad de diseñar distintos circuitos y sistemas. Existen varios tipos de opto acopladores, todos estos tienen una fuente de luz infrarroja emitida por un LED; sin embargo, el detector puede variar, ya que puede ser un fotodiodo, foto transistor, rectificador controlado de silicio foto activo (LASCR), [5].

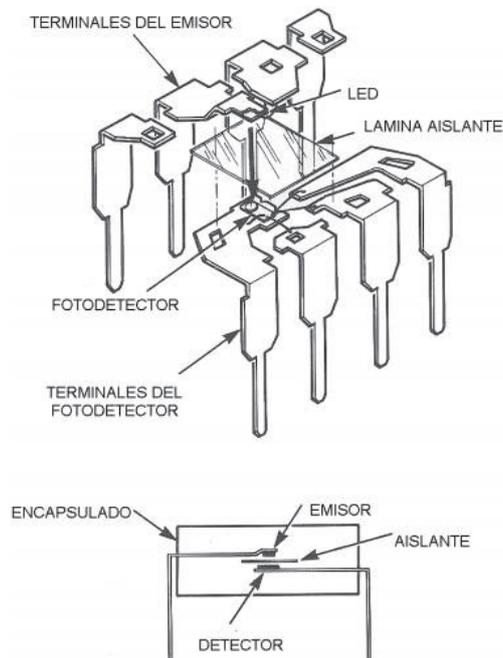


Fig. 2 Estructura de un opto acoplador encapsulado [5].

Al encontrarse encapsulados el emisor y el detector óptico, la relación óptica siempre está establecida, es por esto que no es necesario el conocimiento de óptica para el usuario, y la naturaleza del mismo será únicamente electrónica.

El Arseniuro de Galio (GaAs) y Arseniuro de Galio con Aluminio (GaAlAs) son los materiales más comúnmente utilizados en la fabricación de LEDS en los opto acopladores, ya que las longitudes de onda más comunes son de 660, 850 y 940 nanómetros. Y la longitud de onda más apropiada para los detectores de silicio es de 850nm, como se puede observar en la figura 3 [6].

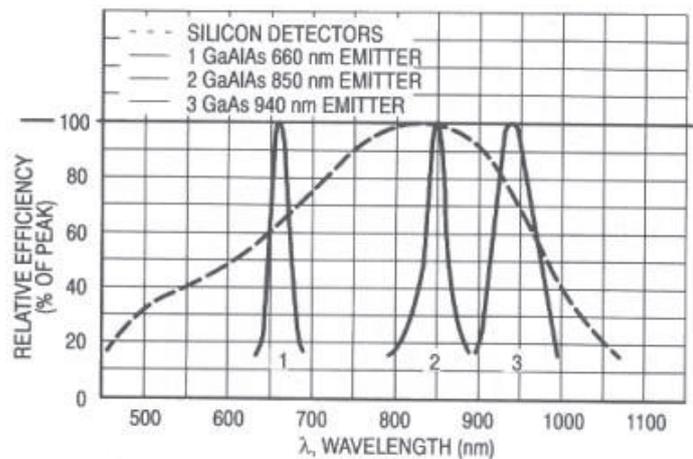


Fig. 3 Eficiencia relativa del emisor contra la longitud de onda [5].

Existen diferentes tipos de opto acopladores, estos pueden ser de tipo DIP, en donde la diferencia es el tipo de detector. La eficiencia de los opto acopladores define la cantidad de corriente proporcionada en la salida. Un parámetro importante en los opto acopladores, con el fin de evitar errores en los sistemas es el aislamiento, este debe de ser de 7500 Volts.

1.3 Contador de década y binario 74LS90N

El circuito Integrado 74LS90 es un contador simple que puede contar de 0 a 9 cíclicamente de modo natural. Este contador cuenta con una entrada de pulsos y la salida recibe 4 –bits de números binarios, a través de 4 pines, QA, QB, QC y QD. La salida binaria es reseteada en 0000 al décimo pulso y comienza a contar nuevamente desde 0.

Para crear un circuito contador el cual pueda contar más de 10 pulsos, se puede crear la conexión de 2 o más 74LS90 (3). Si dos 74LS90 son conectados de forma que la entrada

de uno se convierte en la salida del otro, el segundo 74LS90 recibirá un pulso cada vez que el contador se regrese a cero; es decir, cada vez que el primer contador llegue al décimo pulso. Así este sistema puede contar de 0 a 99. [7].

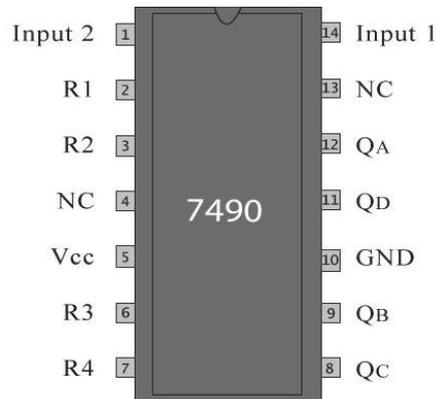


Fig.4 CI 74ls90

La descripción de los pines y su función se puede observar en la tabla 1.1

No. De Pin	Función	Nombre
1	Entrada de reloj 2	Input 2
2	Reset 1	R1
3	Reset 2	R2
4	No conectar	NC
5	Fuente de Voltaje 5V	VCC
6	Reset 3	R3
7	Reset 4	R4
8	Salida 3, bit 2 BCD	QC
9	Salida 2, bit 1 BDC	QB
10	Tierra, 0V	Ground
11	Salida 4, bit 3 BDC	QD
12	Salida 1, bit 0 BDC	QA
13	No conectar	NC
14	Entrada de reloj 1	Input 1

Pines y funciones del 7490 (Tabla 1.1).

Conectando QA con la entrada 1 el 74LS90 puede ser usado como un contador BCD mientras que con la conexión QD con la entrada input 2, este puede ser usado como un contador bi-quinario. El Bi-quinario es un sistema para el almacenamiento de dígitos decimales en 4 bits de números binarios. El sistema bi-quinario es un sistema de numeración utilizado en ábacos y en algunos de los primeros ordenadores, como el Colossus. El término bi-quinario se refiere a que el código tiene una parte de dos estados (bi) y otra de cinco estados (quin).

1.4 Decodificador BCD de 7 segmentos.

El circuito integrado 74LS47, es un circuito decodificador de bajo consumo de energía, este se encuentra formado por compuertas nand y una entrada buffer, compuertas AND, OR y NOT ; todos estos integrados en un circuito encapsulado. Las compuertas lógicas y sus conexiones internas son un sistema predefinido por el diseñador para que su función operacional se acople perfectamente con el visualizador de 7 segmentos [7,8]. A continuación se muestra el diagrama lógico del 75LS47 y la tabla de verdad.

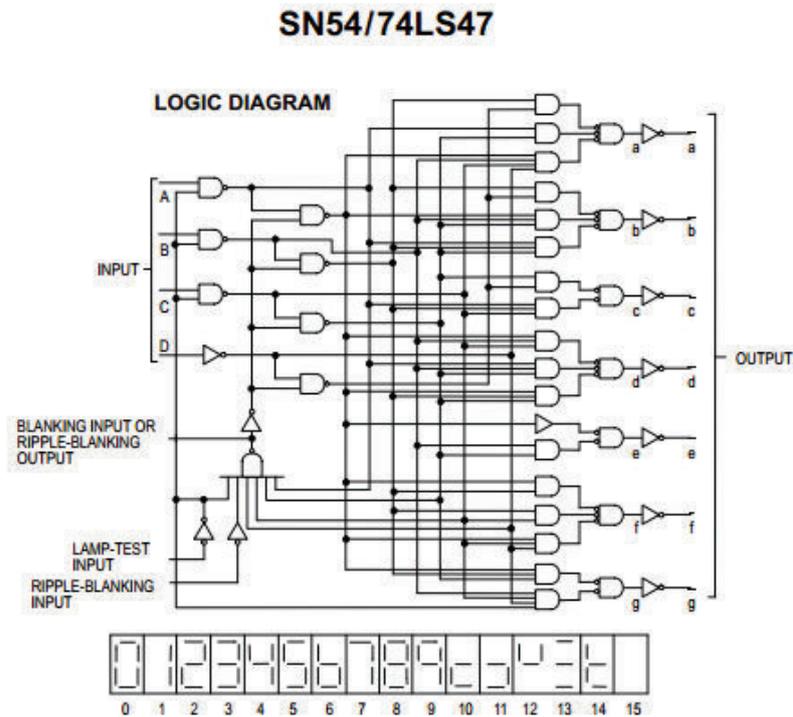


Fig. 5 Diagrama lógico del 74LS47 [9].

ENTRADA DEL DECODIFICADOR				SALIDAS DEL DECODIFICADOR						
D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0

Fig. 6 Tabla de verdad CI 74LS47

Un decodificador BCD es un circuito combinacional, el cual cambia una palabra a un código de entrada en otra palabra código distinto. El circuito BCD a 7 segmentos tiene una entrada código BDC de 4 bits, mismo que es traducido a un código de 7 bits, el cual es requerido por un visualizador de 7 segmentos. El elemento alfanumérico que se conecta a las 7 salidas del decodificador, se encuentra también diseñado para trabajar con estados lógicos, es un dispositivo elaborado con un arreglo de LEDES, de tal manera que muestre los números decimales desde cero hasta el nueve, dependiendo del dato recibido desde el decodificador. Este elemento es conocido como el visualizador, display o dispositivo alfanumérico de 7 segmentos [10,7].

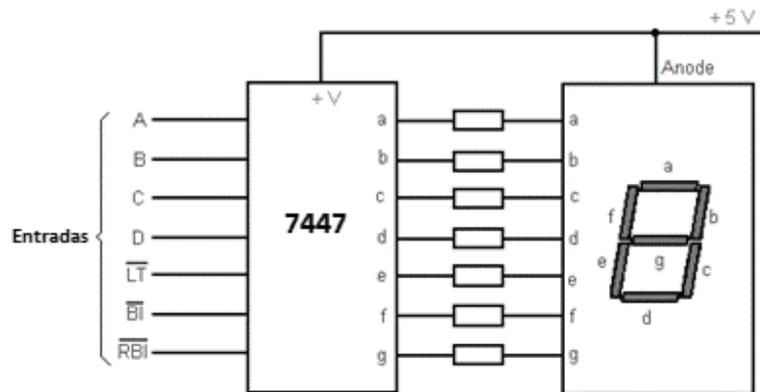


Fig. 7 CI 74LS47 y visualizador 7 segmentos.

El visualizador de 7 segmentos puede ser encontrado como ánodo o como cátodo común, en el circuito integrado del visualizador de 7 segmentos de ánodo común, la terminal mostrada como común será conectada a la fuente de voltaje de 5V y los pines correspondientes a cada segmento serán conectados a la salida de un decodificador que presente una salida activa en baja. Mientras que en un visualizador de 7 segmentos con cátodo común será inverso; esto significa que la terminal que es marcada como común será conectada a tierra, y los pines de cada segmento se conectarán a la salida del decodificador en donde la salida de cada pin será activa en alta o sea en 1 lógico o igual a 5V. [8].

Los circuitos integrados más comúnmente utilizados para estos propósitos son el 74LS46 y el CI 74LS47, estos decodificadores de BCD a 7 segmentos aceptan datos en BCD de 4 bits y brindan 7 segmentos de salida decodificadas activadas en baja, por lo que el colector es activado en alto. Su capacidad de disipación de salida es de aproximadamente 40mA.

1.5 PIC 16F819

Este micro controlador pic cuenta con una memoria tipo flash, es fácil de programar; ya que tiene solamente 35 instrucciones por palabra, cuenta con ejecución de instrucciones de 200 nanosegundos, es un micro controlador de 8 bits CMOS Flash, con una potente arquitectura de Microchip PIC®. Este microcontrolador tiene 18 pines, una memoria RAM de 256 bytes y el rango de temperatura en el que se encuentra estable va de los -40°F a los 125°F. Además es compatible con distintos pics como el PIC16C7x, el PIC16C62xA, el PIC16C5X y el PIC12CXXX. Acepta 3 modos de cristales LP,XT, HS. El Osciladores LP (Low power) para frecuencias entre 32 y 200Khz, el oscilador XT para frecuencias no mayores a 4Mz y el Oscilador HS para frecuencias entre 4 y 20Mz. [11]. El pic16F819 posee un oscilador interno de 8 MHZ, 256 bytes de memoria de datos es una memoria EEPROM, cuenta con un comparador, PWM, un puerto serie síncrono que puede configurarse como 3-wire y cuenta con 5 canales de 10 bits convertidor analógico-digital. Esto lo hace ideal para aplicaciones analógicas, en aplicaciones industriales y aplicaciones de alto consumo de energía.

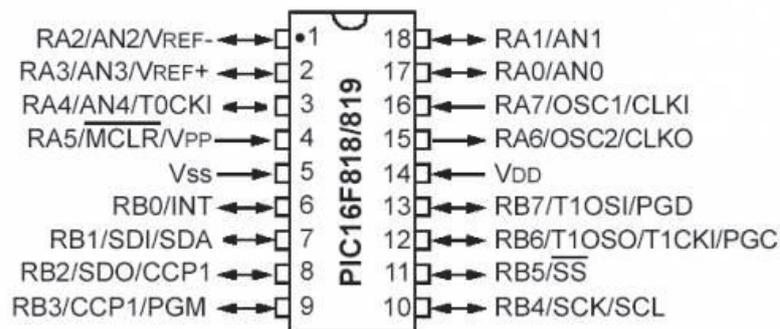


Fig. 8 Diagrama de los PIN del encapsulado PIC16F818/819 [11].

1.6 Compuerta inversora (NOT).

Una compuerta lógica es un circuito integrado que nos permite obtener resultados que dependen de valores de señales que sean ingresadas al circuito. Estas compuertas lógicas se comunican entre sí, utilizando el sistema Binario. Este solamente consta de dos indicadores, 0 lógico que es igual a 0Volts y 1 lógico que es igual a 5 Volts.

La compuerta NOT también llamada compuerta inversora, funciona invirtiendo el valor recibido; es decir, que si esta recibe 5 volts en la entrada, o sea un bit en estado alto o un 1, la salida de esta será 0 volts o un bit en estado bajo. Este también tiene la utilidad de ajustar niveles, pero tomando en cuenta que invierte la señal [8].

La tabla de verdad de una compuerta NOT es la siguiente:

A	X
0	1
1	0

Funcionamiento lógico compuerta NOT (Tabla 1.2).

El símbolo de una compuerta NOT es el siguiente:

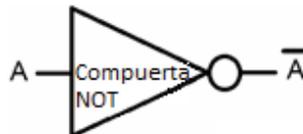


Fig.9 Símbolo NOT.

EL diagrama de los PIN en un encapsulado de una compuerta NOT (74LS04) es el siguiente:

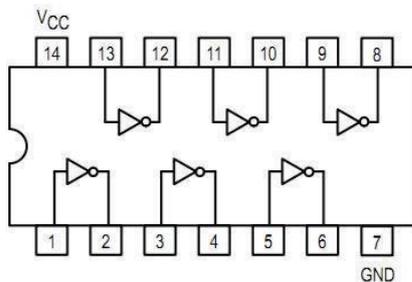


Fig.10 Encapsulado compuerta NOT.

1.7 Regulador de voltaje 7805.

Los reguladores 78XX y 79XX son circuitos integrados que se utilizan para regular voltajes, estos reguladores pueden variar dependiendo de nuestras necesidades; estos pueden ser variables, fijos, de tensión positiva o negativa, etc.

Regularmente para el diseño de sistemas con PICs, el más utilizado es el 7805, el cual es un regulador de voltaje de 5 volts a 1A, el voltaje es el justo que necesita un pic y la corriente es más de la necesaria. El funcionamiento correcto de un PIC no solo se deberá a la buena programación realizada al momento que diseñamos el sistema, sino también depende de una alimentación constante y bien regulada para el momento de ejecutarlo. El 7805 es un regulador de voltaje lineal que con un disipador apropiado puede llegar a proporcionar más de 1A. Estos reguladores también cuentan con una protección por sobrecarga térmica y contra cortocircuitos [12].

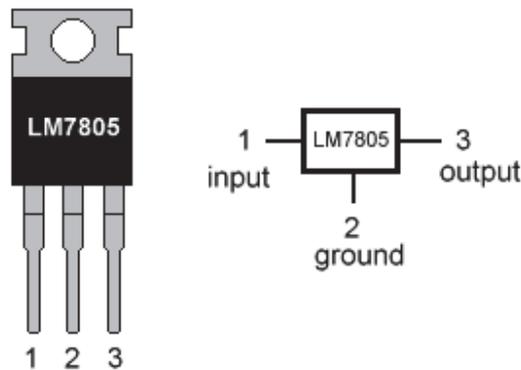


Fig.11 Encapsulado y pines del CI LM7805.

Para diseños que no excedan los 100mA de consumo, existen otros tipos de reguladores de menos consumo y más pequeños como por ejemplo el LM78L05. Los tipos de encapsulados más comúnmente utilizados para estos reguladores son: SO-5, SOT-89 y TO-92.

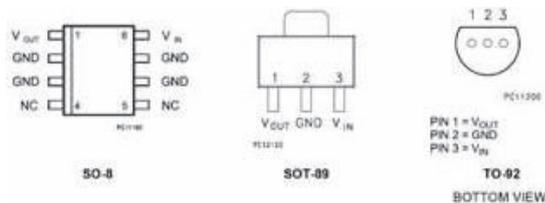


Fig.12 Distintos tipos de encapsulado.

1.8 Transistor MOSFET IRFZ44N

El MOSFET IRFZ44N es un transistor fabricado con tecnología MOS-FET(Metal-Oxide-Semiconductor-Field Effect Transistor) es un transistor de alta potencia que cuenta con características que lo destacan entre otros, estas características lo hacen ideal para aplicaciones de conmutación y para la modulación por ancho de pulso.

International Rectifier es el fabricante de este componente, este utiliza avanzadas técnicas de procesamiento para lograr muy baja resistencia por área de silicio. Gracias a esto combinado con una alta velocidad de conmutación y un diseño sólido, ofrece al diseñador una excelente eficiencia y un dispositivo fiable para su uso en un gran número de aplicaciones. La baja conductividad térmica, así como la resistencia y el bajo costo de su encapsulado (TO-22⁷) ayudan en su gran aceptación en toda la industria [13, 14].

El transistor MOSFET IRFZ44N consta de tres pines, estos son: el Drenador, el Surtidor y la Puerta o Compuerta.

Las principales características del IRFZ44N son:

- Voltaje Drenador Surtidor(V_{DDSD}) de 55V.
- Corriente de Drenador (I_D) de 49A.
- Resistencia Estática de Drenador Surtidor de .032Ω
- Potencia Total de Disipación (PD) de 94W.

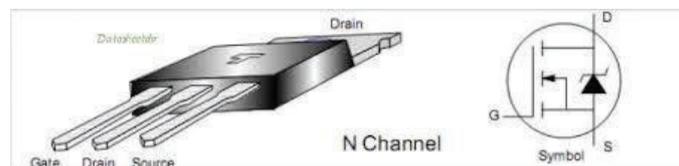


Fig.13 Diagrama del MOSFET IRFZ44N

1.9 Software Micro Ladder.

Microladder es un software desarrollado para recrear un entorno dirigido a aplicaciones de control, utilizando un microcontrolador programado con un firmware basado en el lenguaje de programación Ladder o comúnmente llamado en español, lenguaje de escalera [15].

Microladder sube a un nivel por encima de los sistemas tradicionales de programación de microcontroladores, ya que:

- El editor incorporado, forma un entorno gráfico basado en ladder, ofrece una edición sencilla, potente, rápida e intuitiva.
- La traducción se realiza directamente a código máquina, sin lenguajes intermedios, de esta manera ofrece rapidez.
- Desaparece el concepto de software grabador, Microladder incorpora en su firmware un sistema por el cual la grabación se realiza desde el mismo, sin la necesidad de otro software.
- Además de ofrecer la capacidad de monitorización en tiempo real del programa y del estado de las entradas y salidas que controla el mismo, por lo que la depuración se puede realizar desde la misma aplicación.

Los PLCs algunas veces son programados en lenguaje de escalera. Esto es porque los PLC remplazaron en muchos sistemas los originales sistemas con relevadores; sin embargo, 40 años después aún seguimos utilizándolos. Un PLC como un microprocesador utiliza una lista de instrucciones en secuencia. La lógica de escalera funciona de manera que se escribe el programa utilizando esquemas de contactos y bobinas como un relevador y de esta manera es posible simularlo.

Actualmente se ha ido mejorando el lenguaje, ya que ahora es posible incorporar timers y contadores que trabajen en conjunto para realizar una operación, utilizando los relevadores del PLC.

Este concepto de lógica fue adquirido y modificado para trabajar en el software Microladder, de esta manera es posible trabajar en el software de manera similar como si trabajáramos con un PLC.

El firmware programado por Microladder puede contener:

Entradas y salidas digitales, timers, counters (contadores), entradas analógicas, salidas analógicas (PWM), integrar instrucciones variables y aritméticas, fácil comunicación con el PC, LCD u otro dispositivo, utilizando un comunicador serial.

A continuación se muestra una imagen del Programa LD micro.

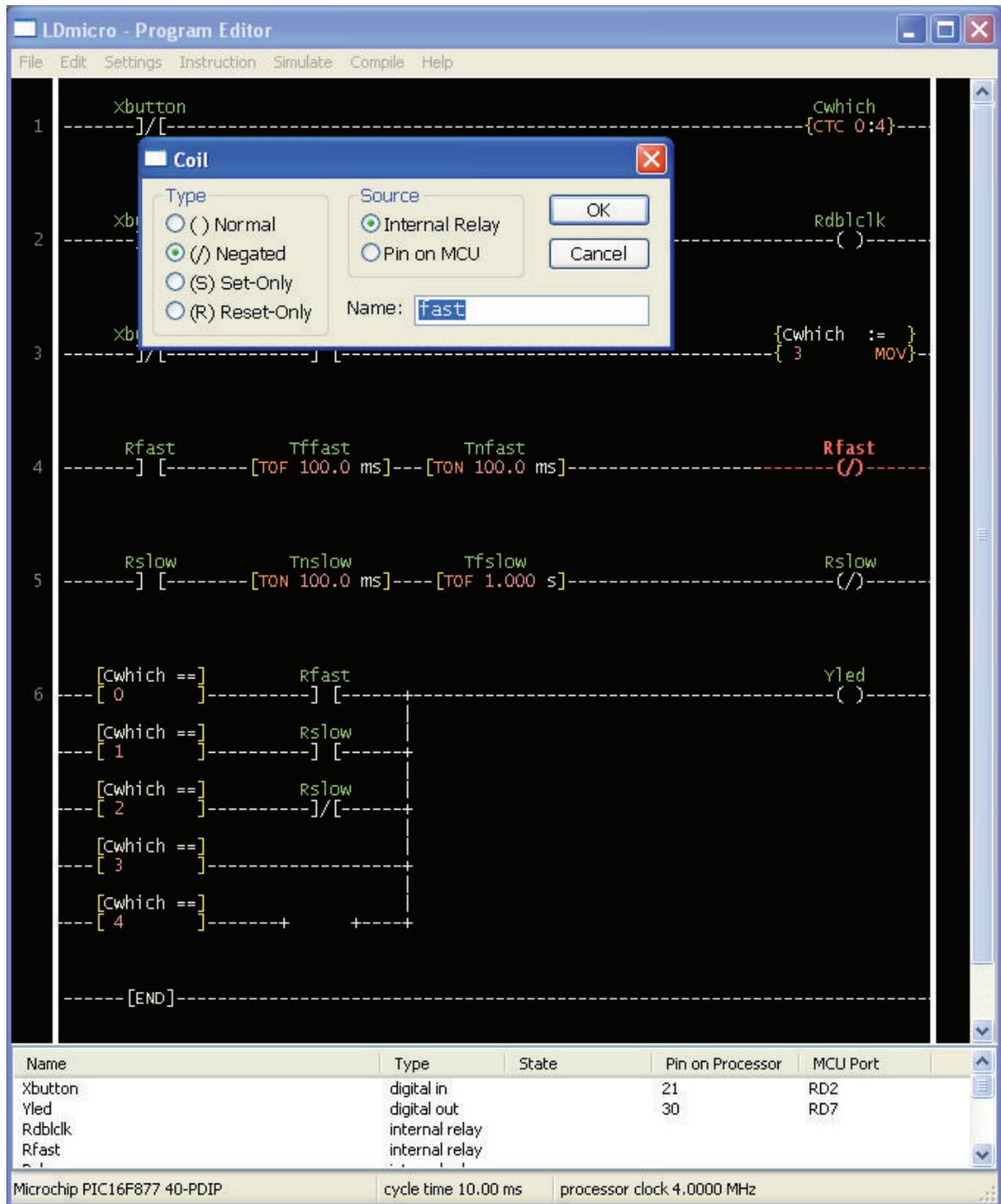


Fig. 15 Imagen de software Ldmicro [18].

Los contactos utilizados pueden ser internos o utilizarlos como salidas, así como las bobinas, existe una gran variedad de opciones y de formas de herramientas que podemos utilizar para programar.

1.10 Electroválvula

Una electroválvula es una válvula electromecánica, que sirve para controlar el flujo de aire o agua que atraviesan un conducto como puede ser una tubería. Esta válvula es controlada mediante una corriente eléctrica que energiza una bobina solenoide, el cual genera un campo magnético que atrae el núcleo móvil y al finalizar el efecto del campo magnético, el núcleo vuelve a su posición normal, en la mayoría de los casos por efecto de un resorte. De esta forma es posible abrir o cerrar la válvula, controlando de esta forma el fluido que circula en la tubería. [16]. La electroválvula está formada por 2 partes principales, estas son: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte la energía eléctrica en energía mecánica para actuar en la válvula.

En mi proyecto esta válvula es utilizada para abrir y cerrar el paso del aire que hace que se activen y desactiven las pistolas de pintura y microesfera.



Fig. 14 Electroválvula

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES DEL SISTEMA DE PINTADO.

El pintado de las carreteras en México tiene muchos años. El sistema que existe actualmente no ha tenido mejoras significativas. Es simplemente un sistema viejo y rutinario que fue aprendido y copiado de pintarrayas de E.U.

El sistema de un carro pintarrayas consiste en uno o más contenedores de pintura, los cuales son llenados con aire comprimido para aumentar la presión dentro de ellos; ya que es necesario que al pintar, la presión con la que salga la pintura de la pistola sea bastante, pues es necesaria una gran cantidad de pintura y exactitud en el margen de pintado.

Normalmente todos los sistemas de carro pintarrayas cuentan con 4 interruptores neumáticos, los cuales son manejados por un operador, de estos 4 interruptores, 2 activan las pistolas de pintura y 2 las pistolas de micro esfera. La micro esfera es vidrio molido que se agrega al mismo tipo de la pintura para que esta brille al reflejar la luz.



Fig.16 Pistola de pintura para pintarraya.

En la figura 16 se muestra el tipo de pistola para pintar que es utilizada en un carro pintarraya para realizar las marcas viales. Es necesario desarmarlas y realizarles una limpieza general periódicamente.

Pocos carros pintarrayas en México cuentan con un sistema mecánico para automatizar el pintado. Este sistema es 100% mecánico y consiste en una rueda modificada. La cual cuenta con un tipo caracol que es recorrido por una válvula neumática con rodillo, mismo que se acciona al terminar de recorrer el caracol. Este caracol es fabricado en el eje del rin de la llanta, teniendo la medida exacta para accionarse durante 5m cada 10 m de distancia. Es un sistema antiguo que hoy en día es poco utilizado, ya que al ser mecánico, las piezas suelen desgastarse o ensuciarse, causando que el sistema falle.

A continuación se muestra una fotografía de un carro pintarraya para calles y carreteras.



Fig.17 Carro pintarrayas

Los carros pintarrayas normalmente tienen dos depósitos de pintura y un depósito de micro esfera. Utilizan una base con una rueda pequeña la cual ayuda en el soporte de las pistolas de pintura, permitiendo que la distancia entre la pistola y la carretera siempre sea la misma. De esta manera se evita que el ancho de la raya de pintura cambie. El objetivo de este trabajo es eliminar el trabajo del operador del sistema, el cual lo podemos observar en la parte trasera sobre la pintarraya.

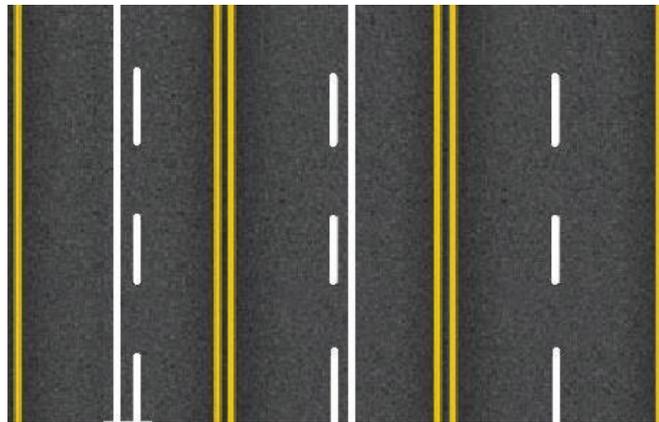


Fig.18 Esquema de pintado de carreteras

El objetivo de la pintarraya es el de pintar las marcas viales en carreteras y calles, como muestra la figura anterior. Donde la separación de las líneas discontinuas dependerá si es calle, carretera o un acotamiento.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN.

En este capítulo se describen detalladamente el diseño y desarrollo del sistema de automatización, se podrá observar cómo fue diseñada cada etapa del sistema. Se describirán además el proceso y la investigación llevada a cabo para cada dispositivo, así como las simulaciones necesarias antes de llevar a cabo el sistema al diseño del circuito impreso y diseño final.

Diagrama del Sistema de automatización.

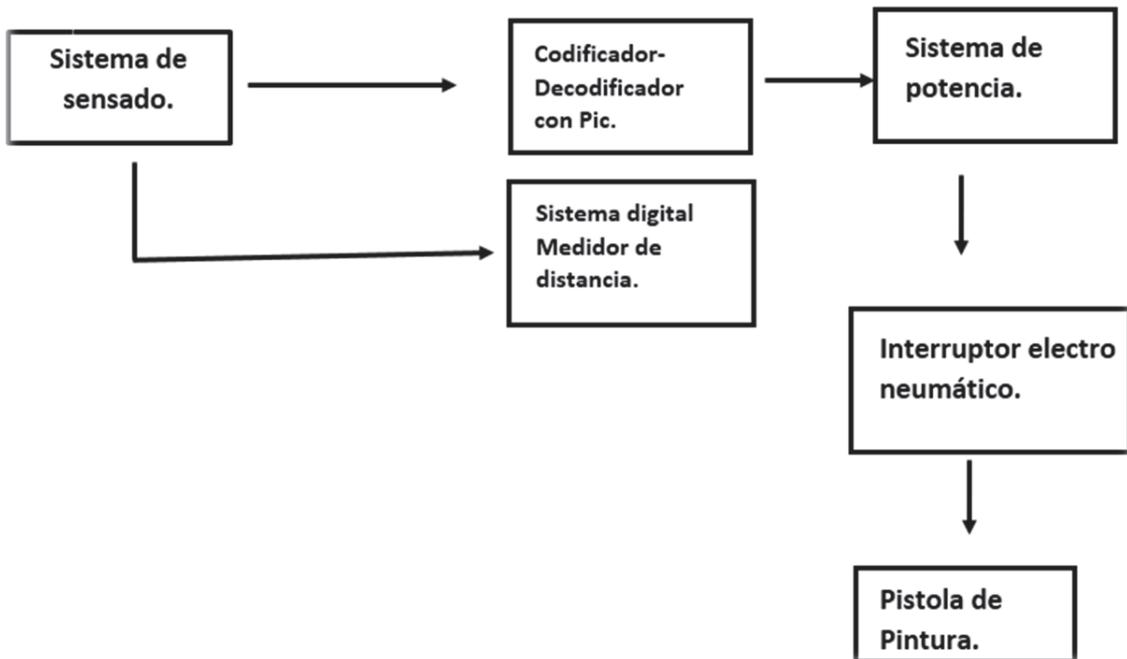


Fig. 19 Esquema del sistema de automatización.

3.1 Etapas del sistema de automatización:

Etapa 1

La primera etapa se encuentra formada por un circuito integrado que utiliza dos sensores optoacopladores, los cuales se deben encontrar situados con un soporte a un lado de la rueda de 1m de diámetro. Esta rueda debe de contar con una arista alrededor de la rueda o un disco con una ranura, la cual servirá para que el optoacoplador genere un pulso cada vez que la rueda dé un giro completo, este pulso es enviado al contador y al pic.

Etapa 2

Esta etapa consiste de dos circuitos:

El primer circuito sirve para visualizarla distancia recorrida por la rueda durante el proceso de pintado; este le muestra al operador la distancia exacta que se ha recorrido la pintarraya. Sirve para calcular la distancia estimada de las marcas viales pintadas. Uno de los sensores de la etapa 1 envía un pulso al contador para que este avance 1 cada vez que la rueda gira una vuelta completa. La distancia que se puede medir va desde 1m hasta 9999m. Con un botón de reinicializar.

El segundo circuito está formado por un pic16f819, una compuerta NOT y un interruptor selector.

El pic16F819 es utilizado para cambiar el tren de pulsos formado por el sensor de la rueda a 3 configuraciones distintas. La cual se muestra en la figura 22.

Etapa 3

Es la etapa de potencia, la cual envía la señal eléctrica a los actuadores que encenderán y apagarán las pistolas al momento que el circuito se lo indique. Esta etapa está formada por un Mosfet IRFZ44N, un relevador y un interruptor o válvula electro neumática.

3.2 Diseño del circuito del sensor opto acoplador.

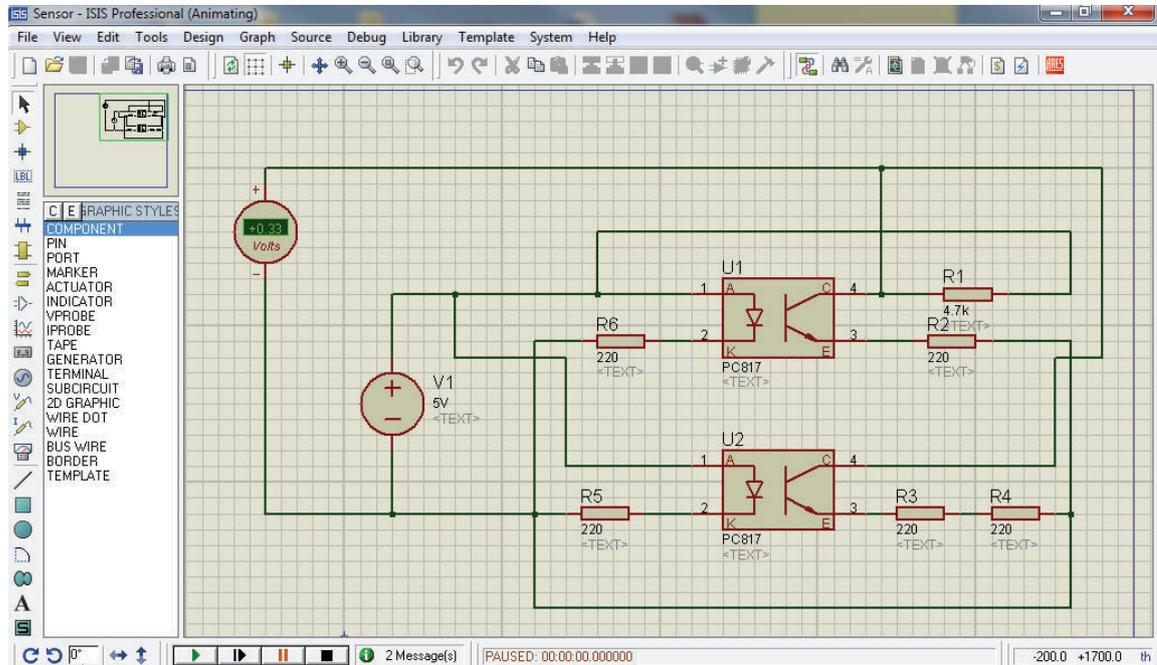


Fig.20 Diagrama del sensor optoacoplador simulado en proteus.

El diseño anterior es un sistema conformado por dos optoacopladores, los cuales trabajan utilizando una fuente de voltaje de 5 volts y algunas resistencias de 220 Ohms y una de 4.7kOhms. El sistema está configurado de manera que donde se encuentra el voltmetro, el pin 4 del optoacoplador se active con 0V cada vez que el sensor deja de ser interrumpido y la luz del led infrarrojo es recibida por el receptor (transistor).

El diseño del sistema del sensor opto acoplador se llevó a cabo en el software proteus. Las resistencias colocadas en los emisores led infrarrojo, cumplen con la finalidad de evitar que este reciba mayor tension de la necesaria y pueda dañarse .

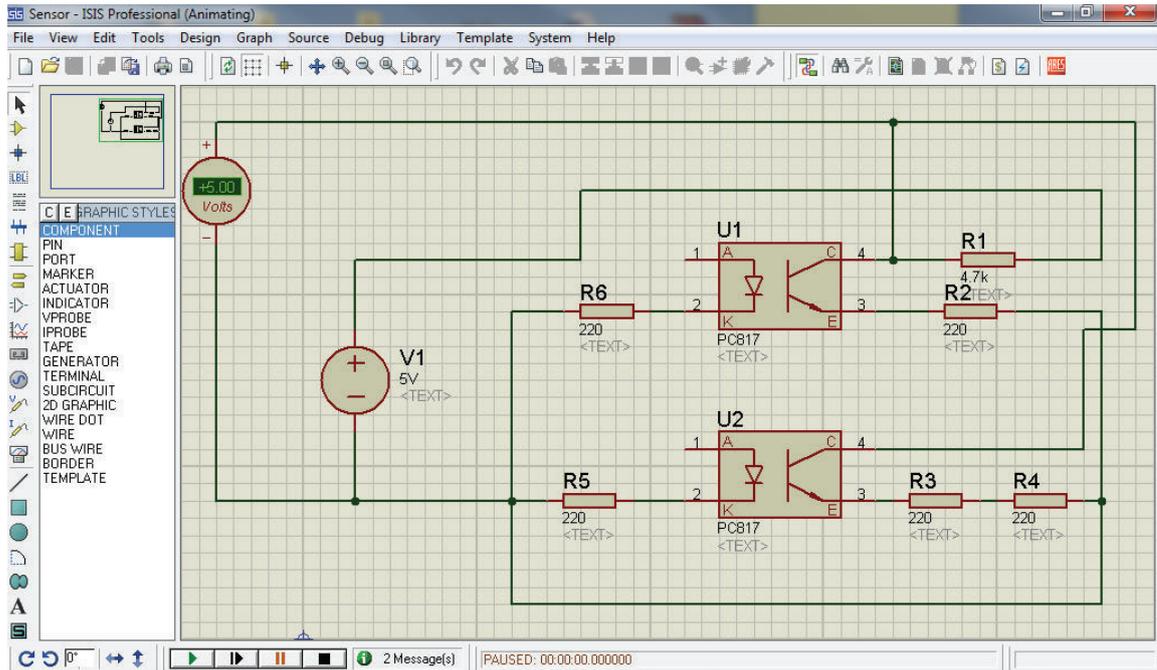


Fig. 21 Diagrama del sensor optoacoplador simulado en proteus.

En esta imagen se puede observar, que el led infrarrojo se encuentra desconectado y así simulamos que el led infrarrojo ha sido interrumpido. Podemos ver que el voltímetro ahora marca un estado en alto, ya que el voltímetro está mostrando 5 volts.

El sensor trabajará en una rueda de 1 metro de perímetro que tendrá añadida una arista o pequeña solera alrededor, esta contará con una abertura, en la cual, al pasar el sensor, enviaré un pulso en bajo a la etapa del codificador pic y otro al contador de distancia.

3.3 Diseño y simulación del contador

El circuito contador digital, se desarrolló con el fin de mostrar al operador la distancia recorrida durante el pintado de las marcas viales. Este utiliza el sensor opto acoplador como un generador de pulsos, en donde cada pulso en bajo representa un metro de distancia. Se utilizó para simular el software de proteus; ya que es una interfaz que permite simular de una manera más gráfica y mucho más clara.

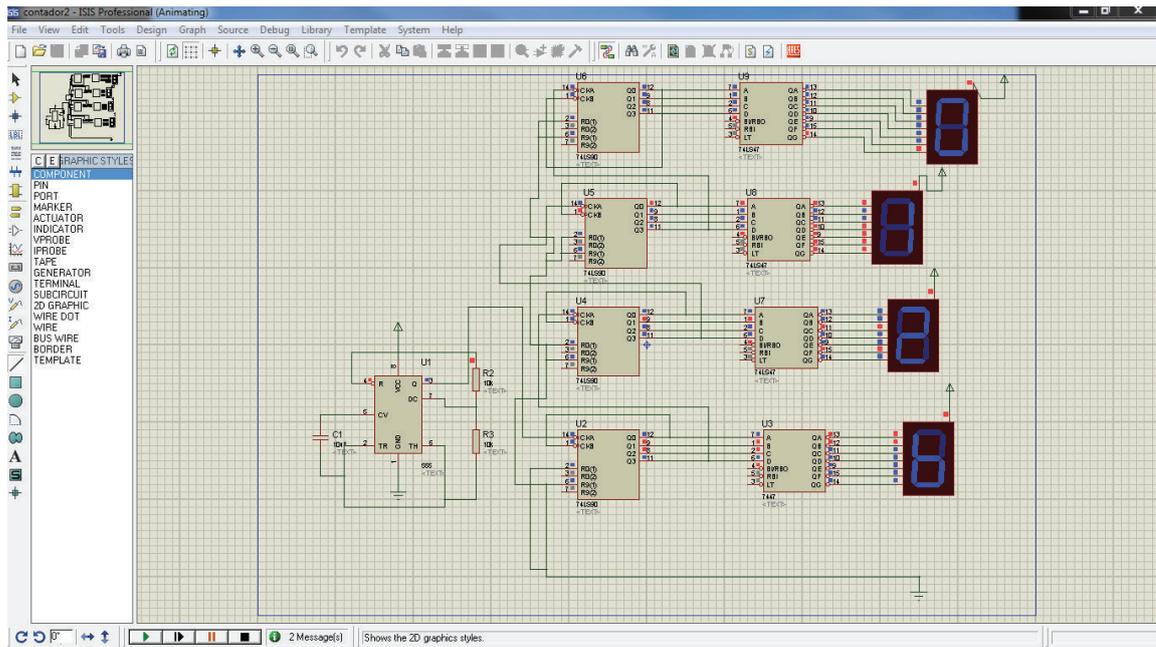


Fig. 22 Diagrama contador, simulado en proteus.

De igual manera que los sensores optoacopladores generan los pulsos para el pic y el contador aquí el pulso que se generaría por los sensores optoacopladores cada vez que la rueda de un giro completo es simulado por el circuito 555 en donde cada pulso generado viene siendo un metro de distancia; ya que se utilizan 4 visualizadores el contador es capaz de mostrar una distancia de hasta 9999m. El circuito contador también cuenta con un botón de reinicialización, con el fin de darle facilidad al usuario de regresar a 0 el marcador, cuando este lo requiera.

3.4 Diseño del codificador con pic16F819

Este codificador tiene la función de generar tres pulsos con distintos periodos, con el fin de activar y desactivar el actuador que realizara el trabajo durante el periodo de pintado de las marcas.

Para generar el firmware del pic16F819 se utilizó el software LDmicro, el cual tiene una interfaz amigable con el usuario además de ser un software libre. Este programa no utiliza ningún lenguaje que normalmente se utiliza para la programación de los pics; el lenguaje utilizado por este software es el que se utiliza en la programación de PLC, (lenguaje de escalera).

El sistema de pintado en las carreteras tiene tres distintas opciones, de las cuales el operador se encarga de realizarlas. Las marcas viales pueden variar de longitud y de separación. Una opción es el de pintado de marcas discontinuas de 5m de longitud con una separación entre ellas de 10m, una segunda opción es el pintado de marcas discontinuas de 4m con una distancia entre ellas de 8m, y la tercera opción es el pintado de marcas viales de 2m con separación de 2m. Del procesamiento y conversión de esta información se encarga el microcontrolador PIC.

A continuación se muestra una figura de la entrada y salida deseada del microcontrolador:

Funciones del Pic 16F819

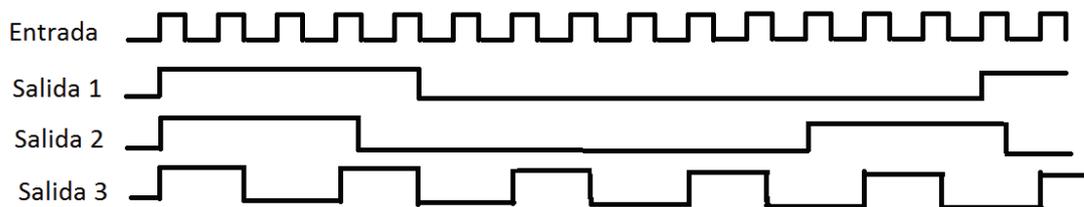


Fig. 23 Imagen de Función deseada en Pic.

La programación en el software para poder obtener el firmware deseado se muestra a continuación.



Fig.24 Diagrama de programación en LDmicro

Los contactos de entrada en el Pic se encuentran representados por Xnew0, Xnew1 y Xnew2, estos se encuentran seguidos de contadores ascendentes que realizan el trabajo de activar las salidas al momento de contar el número de pulsos necesarios para ser activados. Ypistola1, Ypistola2 y Ypistola3 representan las salidas del pic, estas activarán la siguiente etapa, la llamada etapa de potencia la cual se encargará de activar y desactivar las pistolas. Un interruptor selector, el cual dirigirá el pulso de entrada y el pulso de salida.

De esta manera el pulso del sensor puede ser dirigido a la entrada Xnew0 y solamente a esta y al mismo tiempo seleccionar para que la salida Ypistola1 se dirija al MOSFET IRFZ441 para activarlo o desactivarlo, Al cambiar al selector a la posición 2 la entrada del pulso se dirigirá a la entrada Xnew1 y solamente a esta, y ahora la salida Ypistola2 se dirigirá al MOSFET IRFZ44N de esta manera ahora quien activará y desactivará la pistola será una señal distinta, al seleccionar la posición 3 del selector el pulso de entrada ahora se dirigirá a la entrada Xnew2 y la salida será Ypistola3. De esta manera la entrada:

Pulso de sensor--→ Xnew0 --→ Ypistola1--→5m de pintura con 10m de distancia.

Pulso de sensor--→ Xnew1 --→ Ypistola2--→4m de pintura con 8m de distancia.

Pulso de sensor--→ Xnew2 --→ Ypistola1--→2m pintura con 2m de distancia.

Una vez el programa terminado se compila y queda listo el archivo .HEX para programarse en el pic16F819. Antes de programarlo se llevó a cabo una simulación del circuito utilizando el software de proteus 7.9.

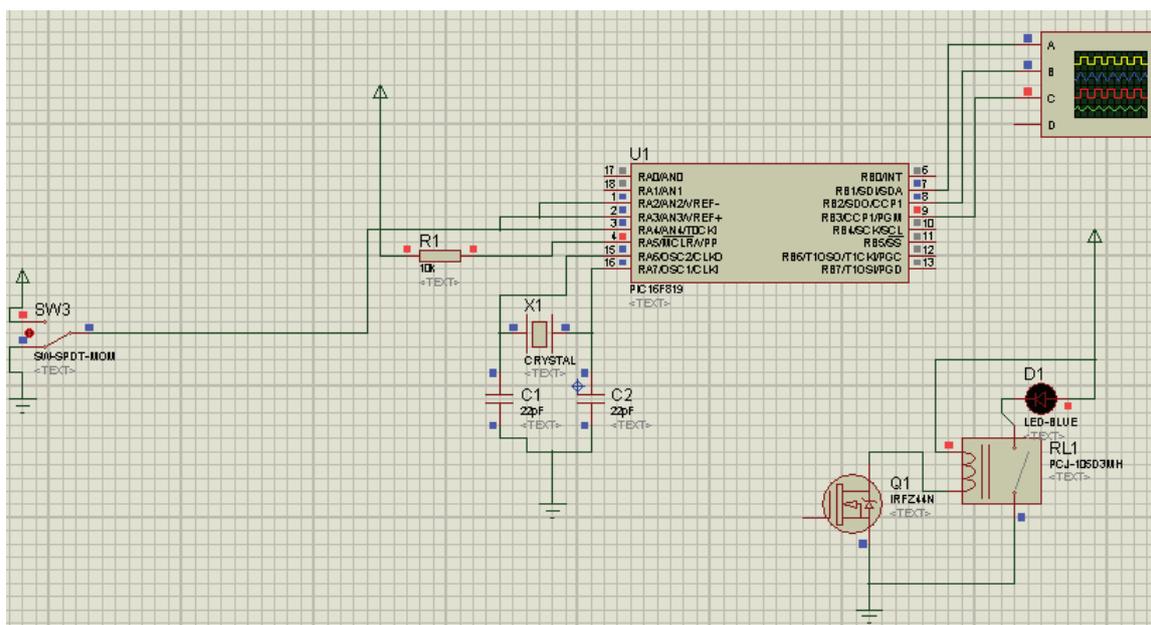


Fig. 25 Simulación del Pic16F819

Con el fin de observar el comportamiento de las tres salidas y ver la conversión de las señales, las tres entradas principales fueron conectadas al interruptor que generaría los pulsos y las tres salidas del pic se conectaron a un simulador osciloscopio en el programa proteus para poder comparar las señales.

A continuación se muestra la imagen del osciloscopio.

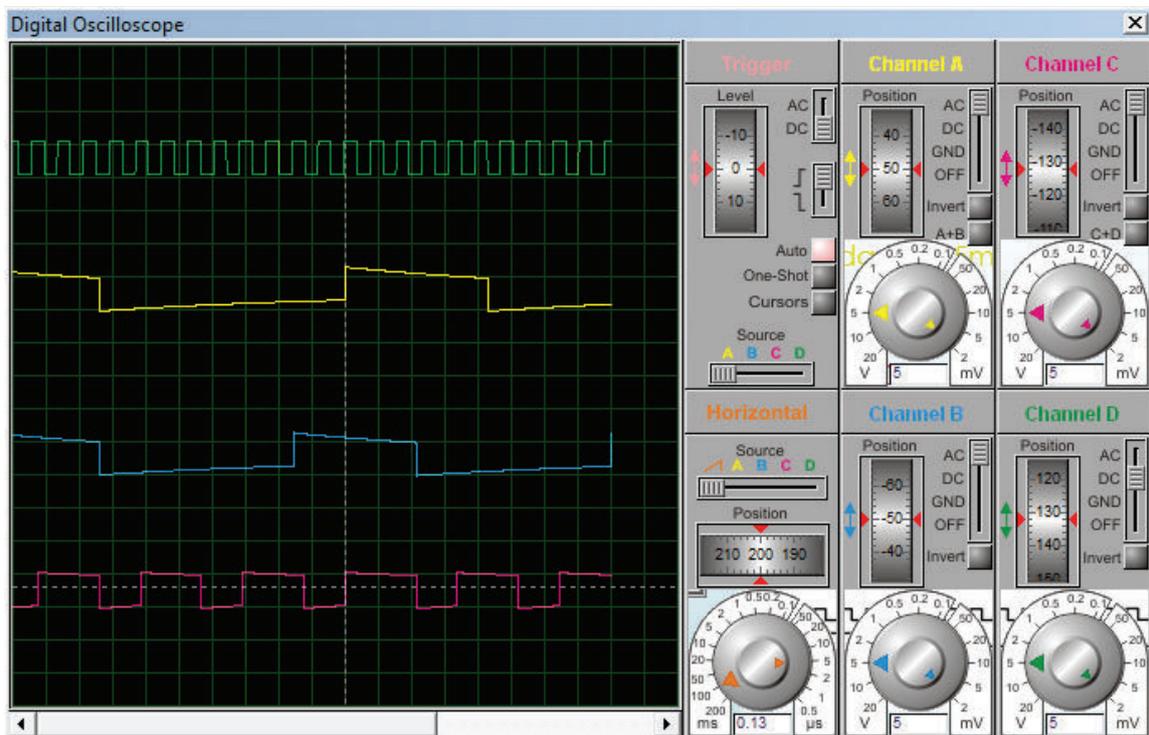
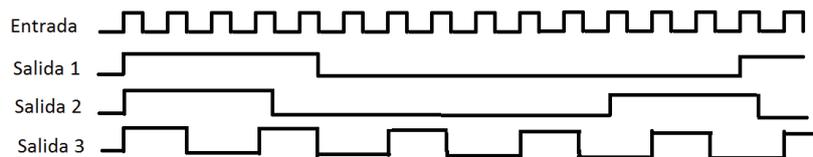


Fig. 26 Señales de Salida del Pic16F819

Funciones del Pic 16F819



Aquí se puede corroborar que las señales se encuentran bien sincronizadas y funcionando correctamente, comparándolas con las señales que anteriormente se habían dibujado como base del resultado que queríamos obtener. Donde la señal de color verde es la señal de entrada y representan los pulsos del sensor optoacoplador, la señal de color rosa representa la salida 3 y es la que será dirigida al actuador para realizar un pintado de 2m con 2m de separación, la señal de color azul es la señal que representa la salida 2 y esta será dirigida al actuador para un pintado de 4m con separación entre ellas de 8m y la de color amarillo es la señal que representa la salida 1 y esta será dirigida al actuador cuando se quiera realizar un pintado de 5m con separación entre las líneas de 10m.

A continuación se muestran imágenes del circuito simulando, el encendido y apagado de las pistolas, utilizando como indicador un Led.

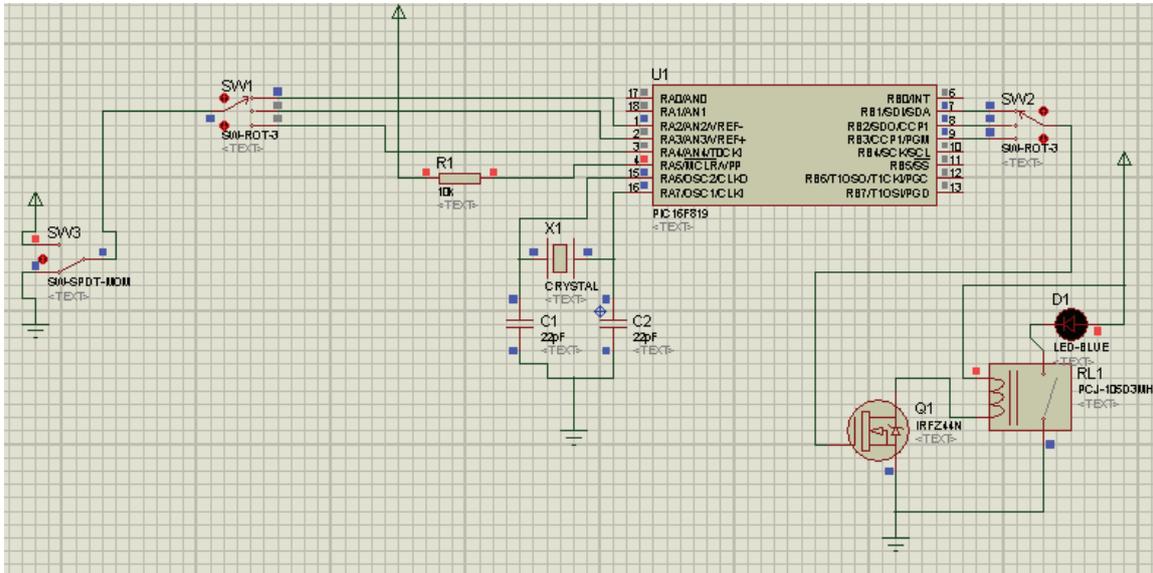


Fig. 27 Simulación Pic16F819

En esta imagen el SW3 simboliza al sensor optoacoplador que genera los pulsos de entrada, así como en la figura 22 se utiliza un 555 para simularlo. El SW1 y SW2 representan al selector que re direcciona las señales de entrada y de salida para que el pic realice el trabajo de la modificación de las señales y esta sea dirigida al MOSFET IRFZ41 que activará el relevador para cerrar el circuito y activar el interruptor electro neumático.

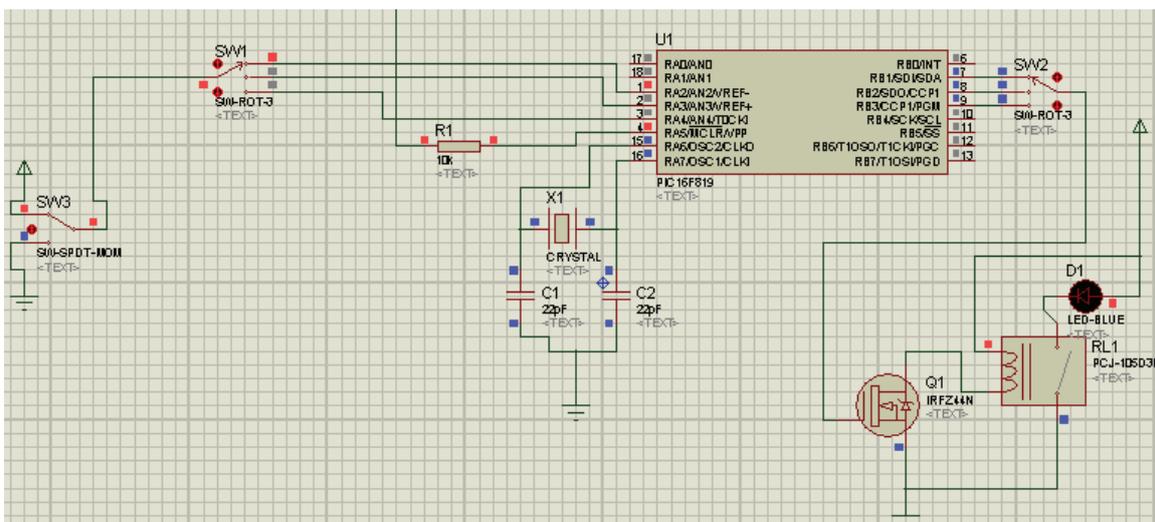


Fig. 28 Simulación Pic16F819

Cuando SW3 cambia de posición, este envía el pulso a uno de los tres pines de entrada (pin 1, pin2 o pin3) según esté colocado el selector y activará o desactivará al contar el número determinado de pulsos la salida. En la entrada del pin 1 se activará al décimo pulso y se desactivará al quinto pulso, como se explica en el diseño del codificador con el pic 16F819, cada pulso representa 1 metro de distancia. Ahora, si el selector es dirigido al pin 2 este se activará al octavo pulso y estará activado hasta contar 4 pulsos más.

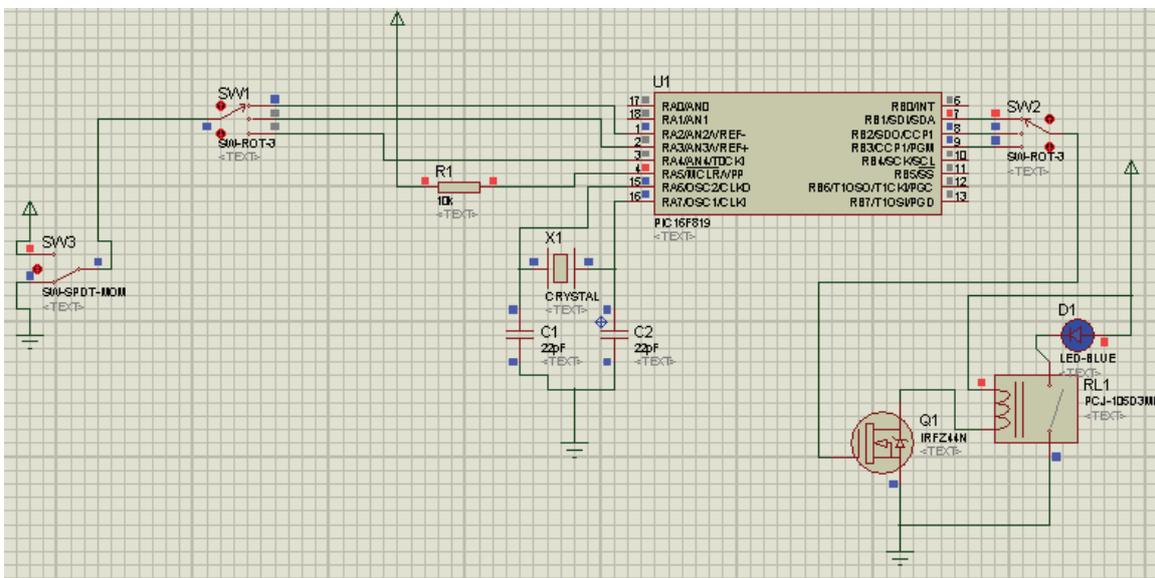


Fig. 29 Simulación Pic16F819

En esta imagen se puede observar que el led D1 cambió de color negro a color azul, el led ahora se encuentra activado, el pin 1 recibió los 10 pulsos de entrada para activar la salida y así permanecerá hasta que cuente 5 pulsos más de esta manera el led representa el activado de la pistola de pintura a través del encendido del interruptor electro neumático.

CAPÍTULO 4

DISEÑO FÍSICO

En este capítulo se describe paso a paso el proceso que se siguió para el desarrollo de los circuitos impresos, con el fin obtener el diseño de las placas para construir los circuitos electrónicos que conformarían el sistema de pintura.

Para obtener un buen diseño de un circuito, se utilizó un software especial para diseño de PCB. El software Eagle es un programa creado por CadSoft Computer es fácil de usar y contiene muchas aplicaciones que lo hacen ser uno de los mejores en el diseño gráfico de PCB.

4.1 Diseño de sensor en PCB

El diseño del sensor que utiliza dos opto acopladores no fue un diseño difícil, ya que cuenta con pocos componentes; sin embargo, se trabajó para obtener un diseño específico con los componentes localizados de manera estratégica; ya que era necesario que los dos opto acopladores estuvieran lo más cerca posible uno del otro. Además que al ser un sensor este debía de ser lo más compacto posible, ya que estaría localizado en la rueda de medición. Para el diseño del PCB [17] en este software es necesario diseñar primeramente el esquema de los componentes y unirlos, así el programa hace una compilación de las uniones de los componentes y ayuda al usuario en el diseño de las vías en el circuito.

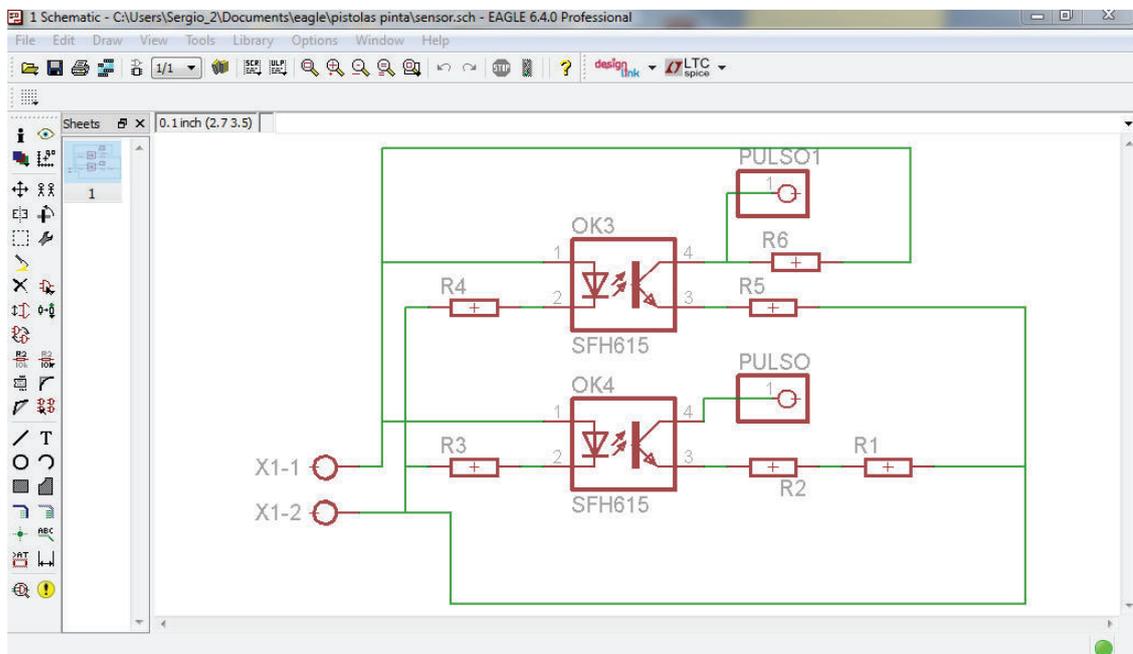


Fig.30 Esquema sensor opto acoplador en Eagle.

Al contar con el esquema del circuito, ahora el programa puede generar una ventana nueva, en la cual se crea el diseño del pcb; donde se ensamblan los componentes y se crea el layout, los componentes tienen que ser acomodados por el diseñador y el programa da la opción de generarte el diseño de las pistas o crearlas manualmente.

A continuación presento el PCB del sensor opto acoplador.

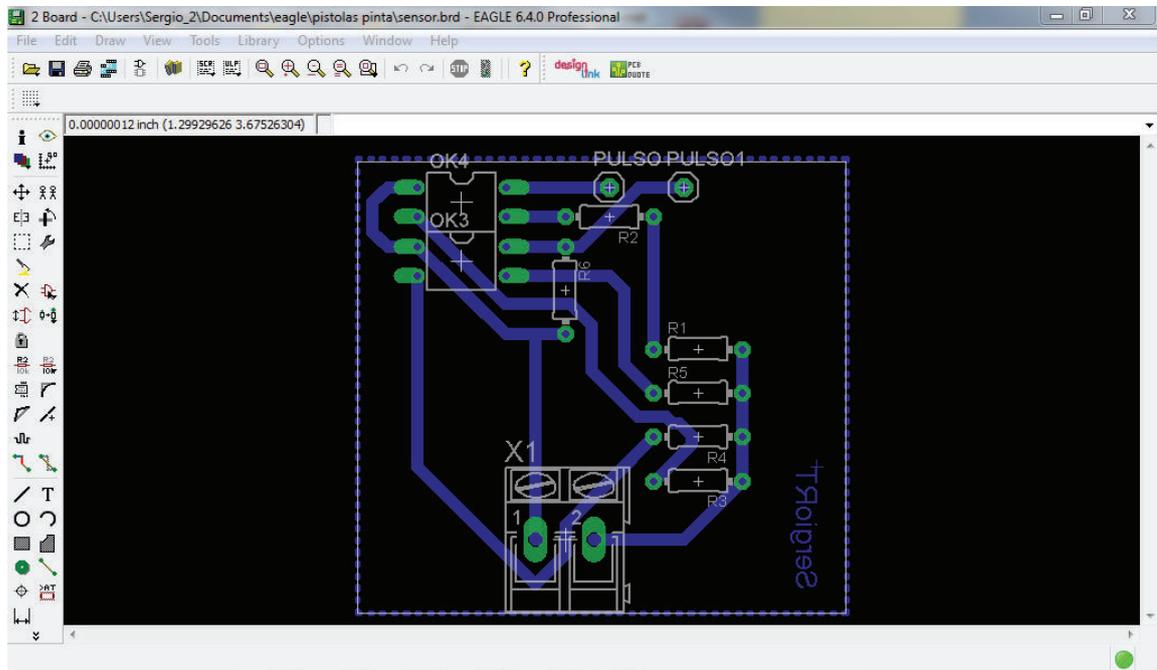


Fig. 31 Diseño PCB en Eagle 6.4

El diseño del pcb lo podemos observar en la figura anterior, listo para ser impreso y crear el circuito. Al diseño se le agregó un componente para colocar los cables de voltaje, son los pin 1 y 2 del dispositivo X1. El ancho de las pistas de cobre se calculó utilizando un programa llamado micro ensamblé, el cual nos dio como resultado que las vías deberían de ser de aproximadamente 0.6 mm de ancho, ya que en realidad los circuitos no consumen mucha corriente; sin embargo las vías tienen un ancho de 1 mm para evitar sobrecalentamiento.

A continuación se muestra el software utilizado para el cálculo del ancho de las vías.

MICROENSAMBLE
FABRICACIÓN Y ENSAMBLE DE CIRCUITOS IMPRESOS

Inicio Nosotros Productos Capacidades Tutoriales Descargas Preguntas Contacto

Calculadora de ancho de pista vs. corriente
Calculadora de vias
Calculadora de distancia entre pistas/pads

Datos de entrada

Datos necesarios:

Corriente (0 - 35 A): A (Amperios)

Espesor del cobre (.5 - 3 Oz):

Datos opcionales:

Aumento de temperatura (10-100°C): °C

Temperatura ambiente: °C

Longitud de pista:

Representación gráfica de una pista en un PCB:

Sección = $E \times A$

Circuito Impreso

Pista

Espesor

Ancho

Longitud

Glosario:

Longitud de pista: Largo de la pista en milímetros (mm) o milésimas de pulgada (mils) sobre la cual va a circular la corriente programada.

Capas externas: Usualmente TOP para circuitos de 1 capa, y TOP / BOTTOM para circuitos de 2 más capas.

Capas internas: Capas intermedias en circuitos multicapa.

Resultado para capas externas

Ancho de pista:

Resistencia eléctrica: 0.06458 Ω (Ohmios)

Caída de tensión: 0.1292 V (Voltios)

Potencia disipada: 0.2583 W (Wattios)

! IMPORTANTE: La anterior información parte de la veracidad de las siguientes gráficas correspondientes a la norma internacional IPC -2221 difundida ampliamente en internet y es suministrada como "información pública con propósitos educativos solamente." Microensamble no da garantía alguna ni se hace responsable de posibles daños ocasionados por su inexactitud y/o inconsistencias. Úsela bajo su propia responsabilidad.

Fig. 32 Microensamble, para el cálculo de ancho de pistas.

4.2 Diseño del contador digital

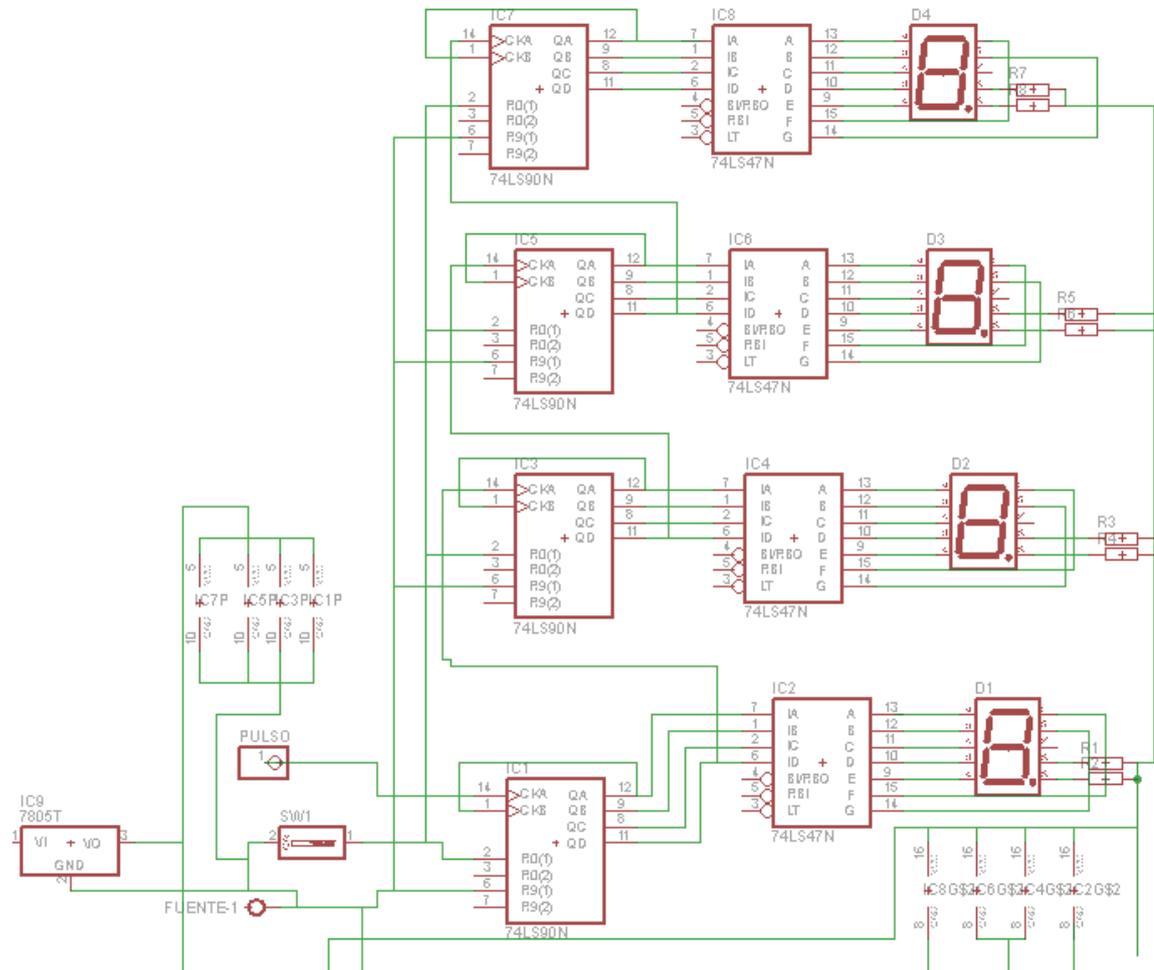


Fig.33 Esquema de contador de 0 a 9999.

La figura 33 es el esquema del circuito contador que será utilizado para medir la distancia. Se utilizaron 4 Circuitos integrados 74LS90N (contador decimal) y 4 circuitos integrados 74LS47 (decodificador de 7 segmentos) y una entrada o enchufe para colocarle el cable que vendrá del sensor optoacoplador. Los visualizadores de 7 segmentos que se utilizaron son de cátodo común; ya que los pulsos generados por el 74LS47 son pulsos en alto (positivos), las resistencias son de 220 Ohms para limitar la corriente necesaria al visualizador.

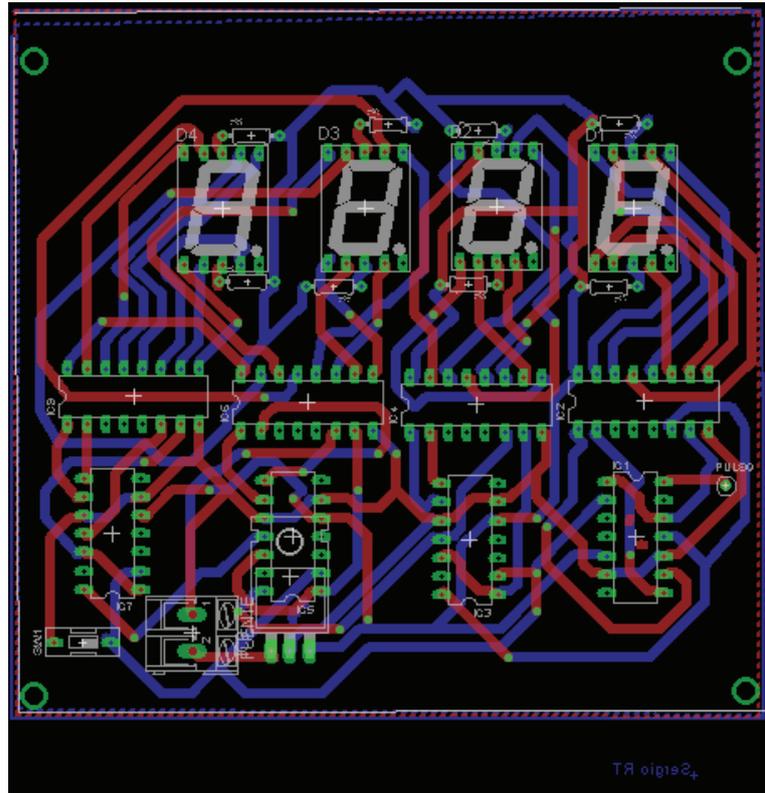


Fig. 34 Diagrama del contador en PCB

Para el diseño del contador fue necesario utilizar una placa de doble cara; ya que el acomodo de los visualizadores requería que algunas líneas se cruzaran. Si no se utilizara este tipo de placa, el diseño físico del contador sería imposible fabricar. La fabricación de este tipo de placas es un poco más compleja; debido a que es necesario sobre ponerlas exactamente, para que conecten cada pin y punto de unión por cada lado de la placa.

4.3 Diseño del codificador con Pic16F819

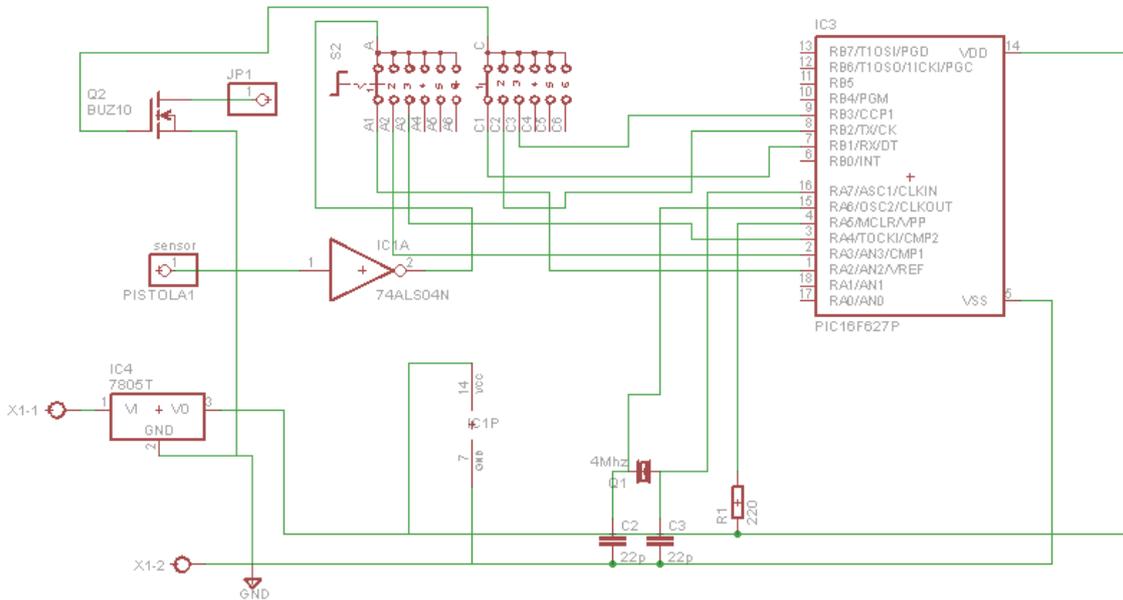


Fig.35 Esquemático de controlador Pic 16F819 para PCB

El diseño esquemático se basó en el diagrama diseñado en proteus, se utilizó un selector rotativo con 6 posiciones y se optó por colocar el Mosfet IRFZ44N en la misma placa. Las conexiones realizadas no son muchas, por lo que no fue un diseño complejo, aunque fue necesario realizarlo manualmente, puesto que el software tenía una limitante que evitaban el diseño automático. El Pic que se usó para el diseño del esquema es el Pic16F627, el cual es casi idéntico, ya que tiene las mismas conexiones y pin que el 16F819.

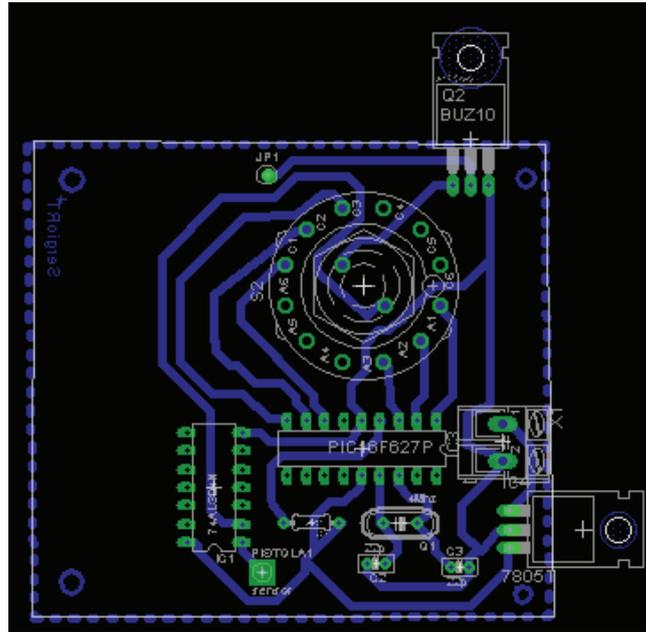


Fig. 36 Diseño de PCB en Eagle 6.4

La figura 36 muestra el diseño de la placa del circuito para el codificador de las señales, al igual que en las otras placas, las pistas de cobre de este circuito fueron diseñadas con 1 mm de ancho. Además se le añadió el circuito 7805 (regulador de voltaje) para evitar que se aplique un voltaje más alto que el necesario y dañar el pic y causar errores graves al circuito.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados finales, que fueron obtenidos a partir de la investigación y desarrollo de experimentos tanto simulados como experimentales. Además de los dispositivos fabricados y funcionando.

Al obtener el diseño de los circuitos impresos, estos se imprimieron en papel transfer y con ayuda de cloruro férrico se obtuvieron los circuitos impresos en tablas fenólicas sin perforar.

A continuación se muestran los circuitos finalmente fabricados.

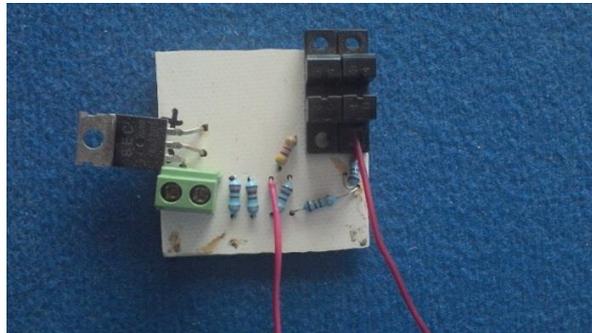


Fig. 37 Sensor optoacoplador

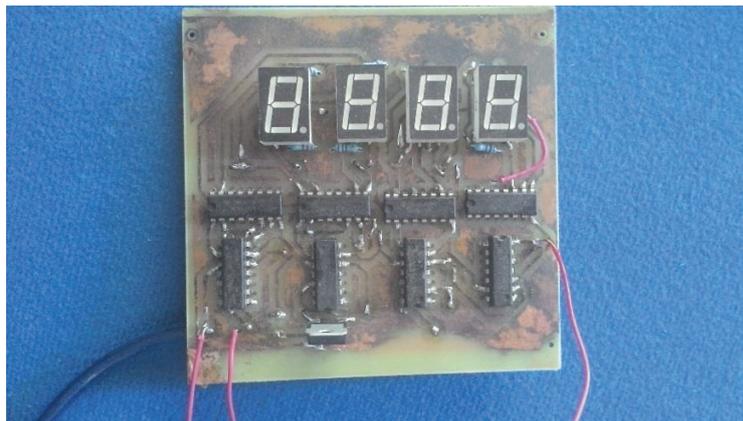


Fig. 38 Circuito contador de distancia, parte delantera.



Fig. 39 Circuito contador de distancia, parte trasera.

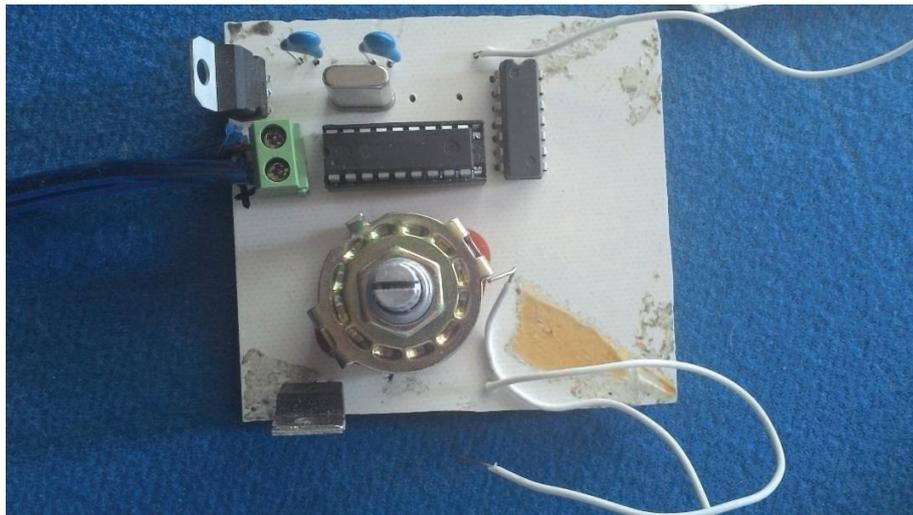


Fig. 40 Circuito codificador con Pic16F819 y selector.

El diseño de los circuitos impresos llevó su tiempo; pues se necesitaron realizar correcciones de última hora, la configuración de algunas piezas no eran los componentes exactos que se utilizaron para el diseño del circuito en Eagle PCB; sin embargo, el éxito obtenido al probar los circuitos impresos fue satisfactorio.

A continuación se muestran imágenes del sistema funcionando físicamente.

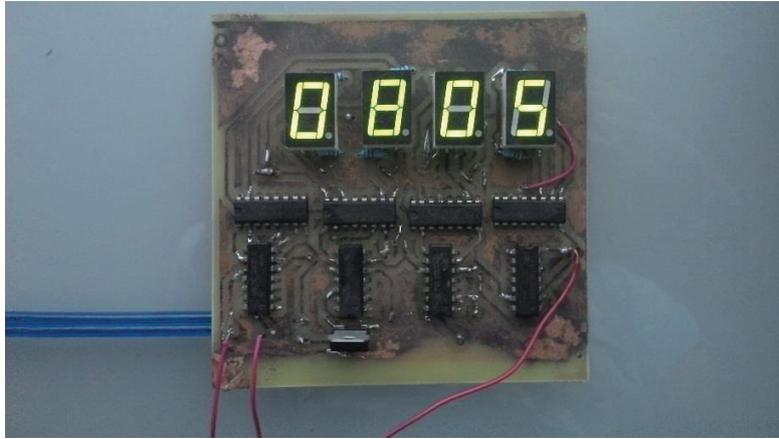


Fig. 41 Contador de distancia encendido.

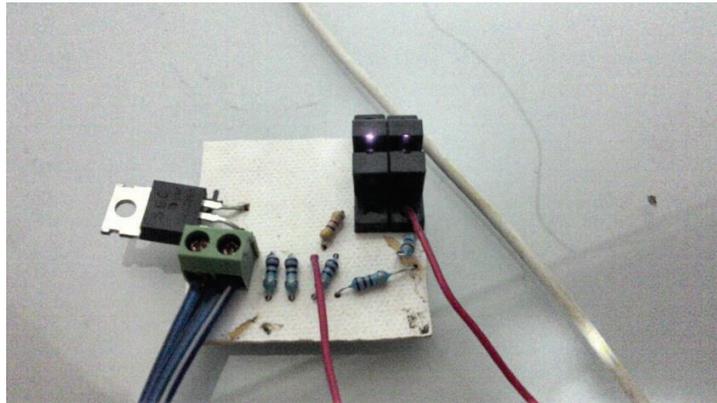


Fig. 42 Sensor opto acoplador encendido.

Se probó el funcionamiento correcto de todo el sistema; se realizaron las conexiones. Como no fue posible obtener la electroválvula que sería controlada por las señales del pic. Se utilizó una luz de 12 volts para indicar el encendido y apagado de la pistola de pintura.

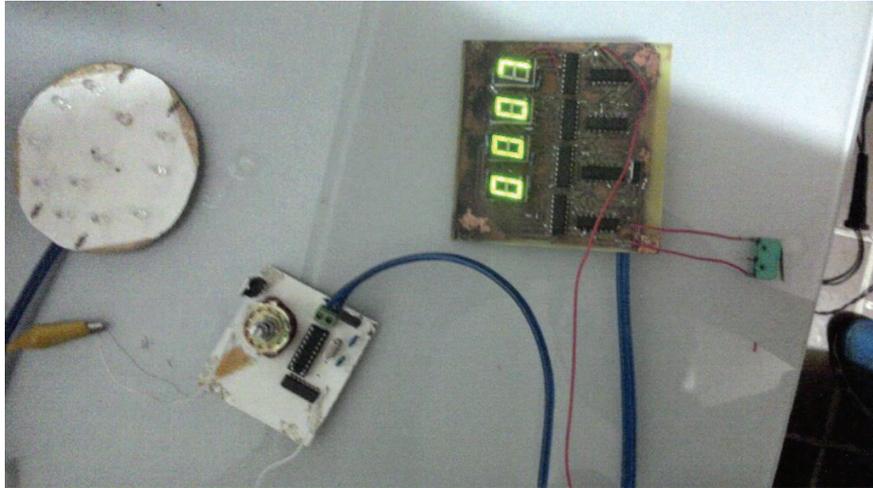


Fig. 43 Imagen sistema pintarraya

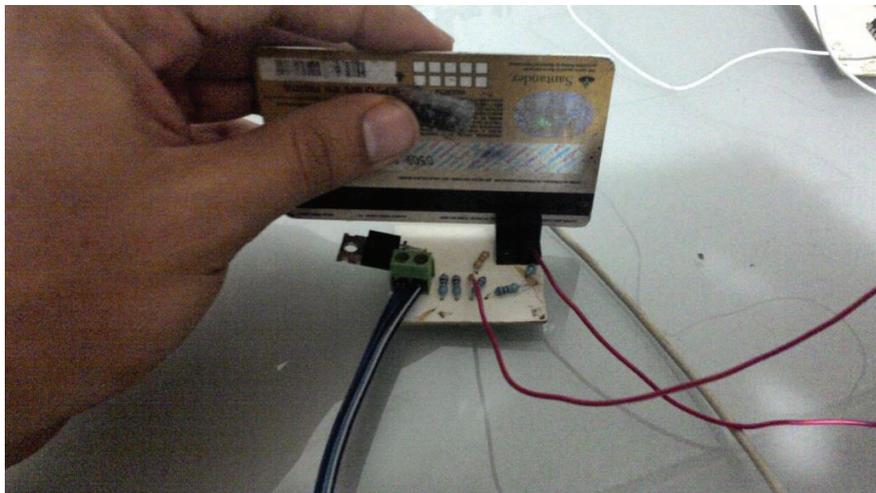


Fig. 44 Imagen del sensor funcionando en el sistema.

La imagen 41 y 42 muestran a sistema funcionando y contando los pulsos. Para simular la rueda con la arista perforada, se utiliza una tarjeta que simula cada metro recorrido, para generar los pulsos necesarios.

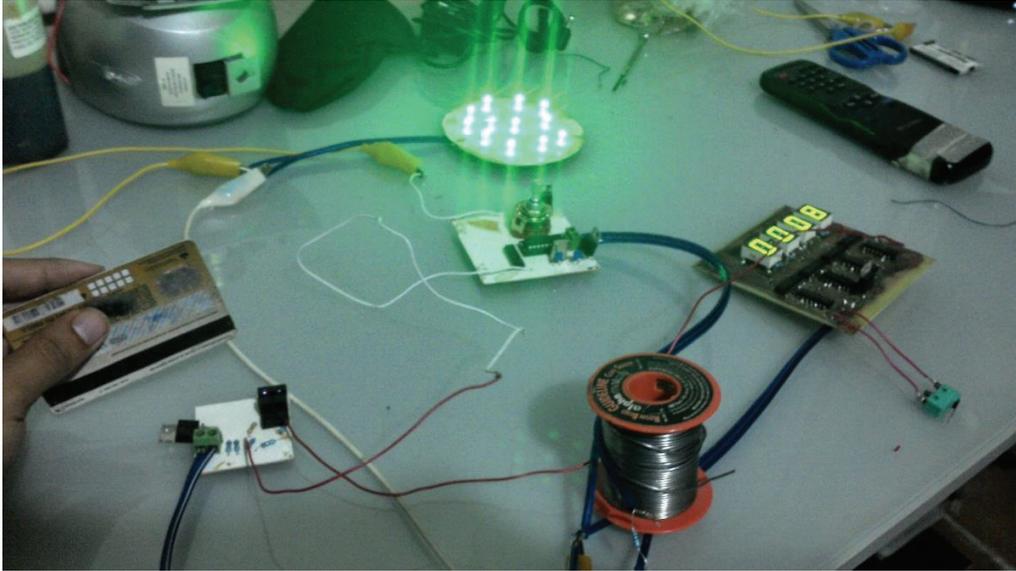


Fig. 45 Sistema funcionando

En la imagen 45 se puede observar el funcionamiento correcto del sistema. El selector se encuentra posicionado para funcionar en el pintado de marcas de 4m con distancia de 8m entre ellas; para evitar problemas, el sistema comienza con el sistema apagado y al recorrer la distancia requerida, se enciende pinta la línea de 4m en este caso.

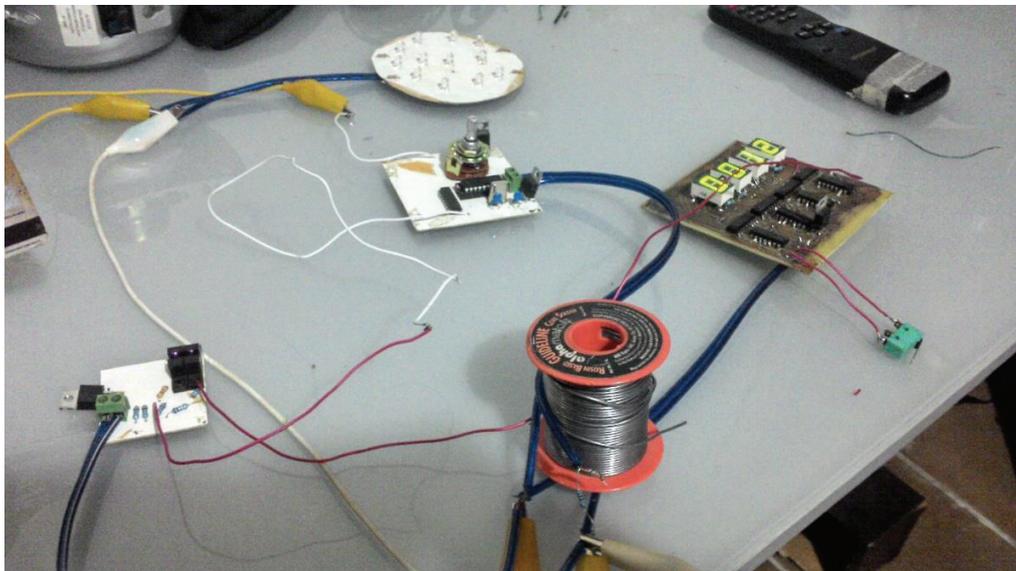


Fig. 46 sistema funcionando

Las imágenes 43, 44, 45 y 46 representan una secuencia de imágenes en donde se muestra el funcionamiento completo del sistema durante el pintado de marcas viales de 4m.

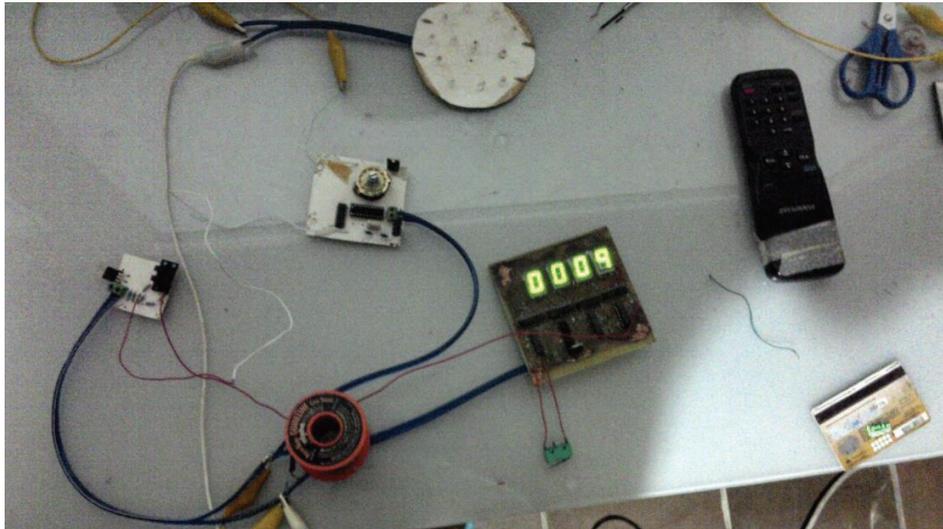


Fig. 47 Sistema funcionando

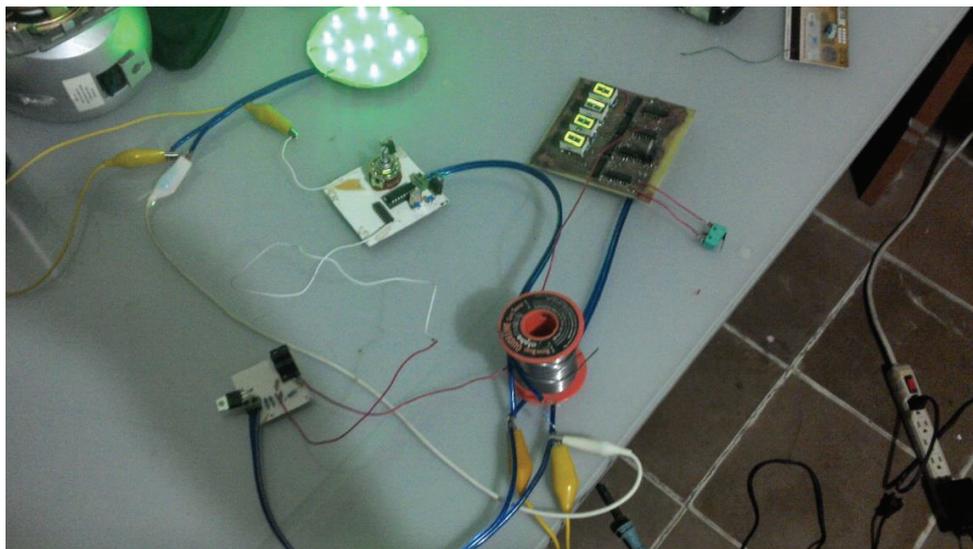


Fig. 48 Sistema funcionando

El sistema tuvo resultados satisfactorios y funcionó como se había esperado. El sistema completo funciona con 5 volts; sin embargo como la batería del automóvil proporciona 12 volts, fue necesario construir un regulador de voltaje 7805.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIÓN DEL PROYECTO.

El diseño del sistema, pudo comprobarse que trabajaría exitosamente, de esta manera se eliminan los errores humanos y además se obtiene una eficiencia de trabajo mucho mayor, además de ser un sistema económico el beneficio obtenido es bastante, ya que se elimina el costo del operador, y el costo por falta de exactitud en el pintado. Se mostró que el diseño tanto simulado como el real funcionan correctamente. Es posible en un futuro agregar más sistemas electrónicos, tanto para la seguridad del equipo de la pintarraya como para mejorar el sistema de automatización.

Además de mejorar el diseño físico, con equipo especializado en la fabricación de placas de circuitos impresos.

Se pudo cumplir con los objetivos propuestos con éxito, gracias a la investigación se pudo desarrollar el sistema, se fabricó y funcionó correctamente.

Se está buscando una empresa en la cual se pueda implementar el sistema de automatización y de ésta manera probar que efectivamente cumplirá con los objetivos de disminuir los costos en la operación del sistema.

La realización de este proyecto permitió adquirir conocimientos técnicos, además del desarrollo profesional en una empresa. Con perseverancia y dedicación es posible obtener grandes frutos en la vida, profesional y humanamente. Las herramientas y conocimientos que brinda la Universidad de Sonora son suficientes para solucionar los problemas que podamos encontrar a diario durante la vida laboral.

Bibliografía

- [1].-*Apuntes de Ingeniería de Transito*, **Ing. Sergio Navarro Hudiel**, 2010.
- [2].-*Educación Vial-Normas de Tránsito* disponible Julio 2014 de:
<http://tigre.galeon.com/textos/datoutil/eduvial.htm>
- [3].- *Marcas viales*, disponible Junio 2014 de:
<http://www.totana.com/educacion-vial/se%F1ales/Marcas%20viales.htm>
- [4].-*Sensores ópticos*. **Concepción Pérez Conde**, Universidad de Valencia, 1996.
- [5]. -*Tipos de optoacopladores* disponible Junio 2014 de:
http://www.itlalaguna.edu.mx/Academico/Carreras/electronica/opteca/OPTOPDF3_archivos/UNIDAD3TEMA1.PDF
- [6].- Tesis Doctoral, **Renata A. Nicolau**, *Efecto de los Láseres de Arseniuro de Galio-Aluminio (655 y 830 nm) a Baja Potencia sobre la Neurotransmisión en la Unión Neuromuscular*, Marzo 2005.
- [7].-*Introducción al Diseño Lógico Circuito Digitales*. **Shiva sajan G.** México. 1ª ed. TRILLAS1998.
- [8].-*Electrónica digital lógica digital integrada*, **Santiago Acha Alegre**, 2da Ed., 2010.
- [9]. - *Data sheet 74Ls47.BCD TO 7-SEGMENT DECODER/DRIVER* disponible Julio2014 de:
<http://www.8008chron.com/sn74ls47.pdf>
- [10].-*Fundamentos de electrónica digital*, **Floyd, Thomas L.** Pearson Ed. 9.
- [11].-*Data sheet, microchip Pic 16f819* disponible Julio 2014 de:
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39598e.pdf>
- [12].-*Principios de electrónica*, **MCGRAW-HILL, Albert Paul Malvino**, interamericana de España, 7ma Ed., 2007.
- [13]. -*Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*, **Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky**, 6 Ed. 1997.
- [14]. -*Introducción al análisis de circuitos*, **Boylestad, Robert L.**, Pearson Educación, Mexico, 10 Ed ,2004.
- [15]. - *Instrumentación y comunicaciones Industriales* disponible Junio 2014 de:
<http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Diagrama%20Escalera.pdf>

[16].-*Mecanismos y operación de las Electroválvulas*, **Carlos Canto**, disponible Julio 2014 de:
http://www.galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/30_VALVULAS.PDF

[17]. -*Técnicas de diseño, desarrollo y montaje de circuitos impresos*, **Robert Salas, José Fernando, Jimer Ramírez**. Universidad de los Andes, 2007.

[18].-*Ladder Logic for PIC and AVR* disponible Julio2014 de:
<http://cq.cx/ladder.pl>