

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE INFORMACIÓN POR MEDIO DE LA TECNOLOGÍA DE CÓDIGO DE BARRAS

T E S I S

Para obtener el Título de

INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

P r e s e n t a:

Leonardo Fabio Garay Medina

DIRECTOR DE TESIS: Ing. José Salvador Zamora Alarcón



México, D.F. Noviembre 2007

El cuerpo del hombre es el arco, Dios el arquero y el alma es la flecha

A Dios por darme el don de la vida.

A la persona con más ingenio que he conocido
y que sin buscarlo me condujo hacia el camino de la ingeniería. . . .
lo logramos papá.

A mi madre por brindarme todo su apoyo
y amor incondicional en cada momento de mi vida.

A mi hermana, la Dra. Garay
gracias por toda tu paciencia y cariño.

A mi entrañable amigo Rodrigo
por su desinteresada ayuda en la realización del presente trabajo
y por enseñarme el valor de la amistad.

Al ingeniero Salvador Zamora por su tiempo y esfuerzo.

Al maestro Salvá por las facilidades otorgadas
en el manejo de la tarjeta FACIL_11C.

y a todas aquellas personas que de uno u otro modo
tuvieron participación en esta tesis.

ÍNDICE

Introducción I

Antecedentes II

Fundamentación del proyecto IV

Capítulo 1 Introducción a los sistemas de identificación automática 1

1.1 Sistemas de identificación automática 3

Capítulo 2 Definición de conceptos 13

2.1 ¿Qué es un código de barras? 15

2.2 Simbología 16

2.2.1 Configuración de las simbologías 16

2.2.2 Tipos de simbología 17

2.2.3 Simbologías unidimensionales 18

UPC 18

EAN 19

Código 39 19

Código 128 20

Código 2 de 5 o entrelazado 2 de 5 21

Codabar 21

2.2.3.1 Codificación de libros y revistas 22

Codificación de libros 22
Codificación de revistas 22
2.2.4 Simbologías bidimensionales 23
PDF417 23
Maxicode 23
Matriz de Datos 24
Código Azteca 24
2.3 Características de los códigos de barras 25
2.3.1 Ventajas 25
2.3.2 Desventajas 26
2.3.3 Aplicaciones 27
2.4 Estructura del código de barras 29

Capítulo 3 Lectura e impresión de los códigos de barras 33
3.1 Luz 36
3.2 Espectro electromagnético 37
3.3 Sistemas de lectura 38
3.4 Dispositivos de lectura: diferencias y características 40
3.5 Tipos de lectores 42
3.6 Impresión de códigos de barras 44
3.6.1 Colores en los códigos de barras 48
3.7 Interfases 51

Capítulo 4 Manejo de información 53
4.1 Transmisión en serie y paralelo 55

4.2 Memorias 56
4.3 Microprocesadores 58
4.4 Microcontroladores 60
4.5 El MC68HC11 62
4.5.1 Acumuladores 63
4.5.2 Registro índice 64
4.5.3 Banderas 64
4.5.4 Registro de apuntador de pila 66
4.5.5 Capturadores de entrada 67
4.5.6 Interrupciones 70
4.5.6.1 Interrupción en tiempo real 71
4.5.7 Memoria EEPROM 73
4.5.7.1 Programación de la memoria EEPROM 75
4.5.7.1.1 Borrado total de la memoria EEPROM 76
4.5.7.1.2 Borrado de fila de la memoria EEPROM 76
4.5.7.1.3 Borrado de un byte de la memoria EEPROM 76
4.6 Opciones de salida 77

Capítulo 5 Diseño, desarrollo e implementación del proyecto 79
5.1 Desarrollo del proyecto 81
5.2 Sensor óptico 81
5.2.1 Caracterización del sensor óptico 86
5.3 Código de barras 95
5.4 Seguidor de voltaje 97

5.5 Filtro paso altas 99
5.6 Circuito Schmitt trigger 106
5.7 Tarjeta de desarrollo 116
5.7.1 Modos de operación 116
5.7.2 Memoria 118
5.8 Programación de la tarjeta de desarrollo 119
5.8.1 Limpiado de memoria 122
5.8.2 Definición de valores 123
5.8.3 Captura y diferencia de flancos 123
5.8.4 Copia de diferencia de flancos 124
5.8.5 Encontrar los tres números mayores 124
5.8.6 Asociación de los tres números mayores con elementos anchos 124
5.8.7 Tomar acción sobre la credencial 124
5.8.8 Rutina de interrupción en tiempo real 126

Conclusiones 127

Apéndice A Diagramas electrónicos 130
Apéndice B Especificaciones del código 39 136
Apéndice C Especificaciones del sensor óptico OTBC-0482-10 140
Apéndice D Programa del microcontrolador 144

Bibliografía 151

INTRODUCCIÓN

Existen diversas alternativas para el reconocimiento, captura y procesamiento automático de información, algunas de estas opciones son los dispositivos de radiofrecuencia, las tarjetas de banda magnética, los sistemas de códigos de barras y la identificación por medio de huellas digitales. Todas las opciones de identificación automática tienen la finalidad de manipular los datos de forma segura, con la mayor rapidez posible y con la menor pérdida de información. Estos sistemas de codificación cuentan con la característica principal de asignar de manera única cada referencia, por lo cual jamás existirán dos códigos iguales.

Actualmente, el código de barras es una de las tecnologías de identificación automática de información con más éxito a nivel mundial, pues permite identificar productos y servicios mediante un código numérico o alfanumérico.

Los códigos numéricos y alfanuméricos son representados por un símbolo rectangular, dicho símbolo es formado por un conjunto de barras y espacios que permiten la lectura automática de información en fracción de segundos.

Esta tecnología se encuentra presente en la vida cotidiana ya que la encontramos en productos de supermercado, medicamentos, libros, credenciales, etc. Los constantes avances y desarrollos tecnológicos han ocasionado un gran éxito en el uso de este tipo de sistema de identificación en casi todo el mundo desde hace aproximadamente 30 años.

El código de barras surge de la necesidad de las actividades industriales y comerciales que manipulan diversos productos a gran escala y velocidad, pues agilizan el control de mercancías e inventarios con un margen de error casi nulo. En la industria, el código de barras contiene la clave del país de origen del producto, la clave de la empresa que lo fabrica así como la clave del producto.

El presente trabajo está compuesto por cinco capítulos y cuatro apéndices. En el primer capítulo se encuentran explicadas brevemente las características, ventajas e inconvenientes de las variadas alternativas existentes de sistemas de identificación automática. De esta forma, el lector tendrá una idea de lo que cada uno de estos sistemas ofrecen, así como sus características.

En el segundo capítulo se encuentran explicados los términos básicos, así como la estructura de cualquier código de barras. Esto con la finalidad de dar las bases necesarias para comprender esta opción digital de identificación y posteriormente, hacer más sencilla la comprensión de los subsecuentes capítulos.

El proceso de lectura de los códigos de barras es abordado en el tercer capítulo. Desde elegir la fuente luminiscente, la elección de los materiales para la etiqueta hasta la llegada de la información a la computadora, paso a paso es explicada cada una de las alternativas existentes para lograr una lectura exitosa del código a leer.

La manipulación de la información es el tema central del cuarto capítulo, los registros y características del microcontrolador MC68HC11F1 empleados en el proyecto a realizar son explicados en este penúltimo capítulo, de esta forma, todas las ideas y conceptos necesarios para desarrollar el prototipo del sistema de identificación automática son conocidos por el lector.

En el quinto y último capítulo se expone paso a paso la forma en que se diseñó, desarrolló e implementó el presente proyecto. Se explica y justifica el uso de cada componente empleado para adecuar la señal obtenida por la lectura del código de barras antes de llegar al microcontrolador MC68HC11F1. También se muestra el manejo de la señal recibida por el microcontrolador mediante su programa con extensión ASM.

Al término de los cinco capítulos se encuentran las conclusiones, mismas que abarcan los alcances del proyecto, presentan un panorama general de la investigación y deja abiertos nuevos temas para futuras investigaciones.

El apéndice A muestra el diagrama general de todo el sistema.

En el apéndice B se detallan a fondo las especificaciones del código de barras empleado en el proyecto.

El tercer apéndice contiene las hojas de especificaciones del sensor óptico empleado en el proyecto.

El último apéndice contiene el código fuente para el microcontrolador MC68HC11F1.

El final de la tesis presenta las fuentes bibliográficas así como las páginas web consultadas para la realización de esta tesis.

ANTECEDENTES

Norman Woodland y Bernard Silver patentaron el primer sistema de código de barras en 1949, se trataba de un "blanco" (código ojo de toro) hecho mediante una serie de círculos concéntricos (véase figura 1). Una banda transportaba los

productos a ser leídos por un fotodetector. En los años subsecuentes el código de barras no tuvo gran éxito debido a su alto costo en equipo de impresión y de lectura.[1]

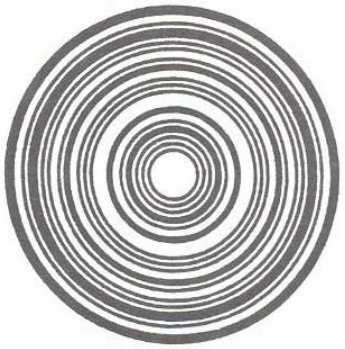


Figura 1. Código de barras ojo de toro.

Para finales de los sesenta y principios de los setenta aparecieron las primeras aplicaciones industriales, pero sólo para manejo de información. La empresa norteamericana Rust-Oleum fue la primera en interactuar un lector de códigos con una computadora. El programa ejecutaba funciones de mantenimiento de inventarios e impresión de reportes de embarque.[2]

En el año de 1973 se publicaron las primeras normas y estándares bajo la denominación de Código Universal de Producto (sus siglas en inglés son UPC) en los Estados Unidos. El sistema suponía la creación de un banco de números en el que se registraba el número asignado a cada fabricante. Después el fabricante daba el número del producto, el cual sería ubicado en la segunda mitad del código, detrás del número del fabricante.[3]

Europa no se queda atrás y se hace presente con su propia versión del UPC: el Número de Artículo Europeo (cuyas siglas en inglés son EAN) en 1976.

En los años anteriores a 1974, los códigos de barras sólo codificaban números y algunos carácteres especiales. Es en este año cuando el Dr. David C. crea el primer código alfanumérico: el código 39.

En la década de los setenta es el momento en el cual se incrementa el uso del código de barras, pues los costos de microprocesadores y equipo de impresión se volvieron más económicos y por tanto más accesibles a las grandes compañías que desarrollaron sus propios arreglos de barras y espacios para uso interno en

[1] http://arraquis.dif.um.es/~rafa/codigo_barras_historia.htm
[2] *Ídem*.
[3] http://rt000z51.eresmas.net/documentos/codigobarra.html

cada empresa. Estos códigos no tenían ningún estándar en común, por lo cual fueron poco a poco desechados.[4]

Durante los años ochenta surgen códigos como el PostNet (usado por el Servicio Postal de los Estados Unidos), el código 128, el código 49 y el intercalado 2 de 5 entre otros.

Los adelantos tecnológicos hacen posible la aparición del primer código bidimensional en 1990, el código PDF417 o Archivo de Datos Portable, en el idioma inglés se le conoce como Portable Data Format. A lo largo de esta década nacen más códigos bidimensionales, su innovación es el almacenamiento de grandes cantidades de información. Códigos como el UPC y EAN sólo codifican 12 y 13 dígitos respectivamente, mientras que cualquier código bidimensional, como el PDF417, puede codificar más de 1000 carácteres.[5]

Actualmente, a nivel mundial se sabe de la existencia de aproximadamente 225 códigos de barras, sin embargo, sólo algunos de estos códigos son normalmente usados en actividades de tipo industrial, comercial y gubernamental entre otras.

FUNDAMENTACION DEL PROYECTO

Cuando se desea limitar el acceso a ciertos lugares es necesario establecer un sistema de control de acceso. Creando una base de datos del personal que tiene acceso a ciertas áreas, un lector de código de barras puede verificar inmediatamente si la persona tiene o no acceso a cierta área.

El presente trabajo se enfoca en implementar un sistema de control de accesos que utiliza la tecnología de captura de información automática por medio de código de barras. El código de barras se encontrará impreso en las credenciales que únicamente poseerá el personal que tenga acceso a algún área restringida y se podrá denegar la entrada a cualquier persona ajena a dicha área.

Un lector de código de barras emitirá un rayo de luz a través de la simbología del código, una vez extraída la información del código de barras esta podrá ser almacenada, comparada o borrada de una base de datos. Dicha base de datos tendrá registrada a las personas que tendrán acceso a la zona restringida. Toda esta información estará almacenada en la memoria del microcontrolador MC68HC11F1 de la marca Motorola. El cual, con el adecuado algoritmo de

[4] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.13.
[5] *Ibíd*, p.14.

procesamiento, proporcionará las señales necesarias para permitir o denegar el acceso con la credencial leída.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA

OBJETIVO DEL CAPÍTULO

- **Familiarizar al lector en el mundo de los sistemas de identificación automática, asimismo presentarle de forma breve los variados métodos de identificación automática más importantes y de mayor operación a nivel mundial.**

Las computadoras son máquinas capaces de manipular a gran velocidad la información que se les suministre, realizan operaciones lógicas y proporcionan los resultados requeridos. Estos cerebros electrónicos se han convertido en parte fundamental de la sociedad, incluso, cada día es mayor el número de usuarios que hacen uso de estas máquinas.

Los recursos con que cuentan las computadoras son aprovechados en actividades de control, planeación, producción, análisis y demás actividades de tipo gubernamental, industrial y particular.

Los sistemas de identificación automática no quedan exentos de la presencia de una computadora, pues dichos sistemas además de contar con un elemento codificador de información y un elemento lector, requieren de una computadora que valide la información ingresada y la maneje lo más rápido posible para obtener una respuesta, reconociendo así productos de supermercado, libros, tarjetas de crédito, documentos gubernamentales, personas, etc.

Los equipos de identificación automática varían según la aplicación que se le de al sistema, lo cual da origen a distintos métodos de reconocimiento de información tanto para objetos como para personas. El objetivo de este tipo de sistemas automáticos es la exacta identificación de personas y objetos en el menor tiempo posible y sin posibilidad de equivocación en la captura de información por parte del sistema.

1.1 Sistemas de identificación automática

Los equipos de identificación automática varían según la aplicación que se le de al sistema (reconocimiento de personas u objetos). Las siguientes, son algunas de las opciones de identificación automática de información con mayor éxito a nivel mundial:

- Banda magnética. Al reverso de ciertas tarjetas como las de crédito, de identificación, de pago y control de servicios múltiples (autopistas, luz, transportes, etc.),[6] se encuentra una franja de color negro o café que se extiende a lo largo de la tarjeta, dicha franja recibe el nombre de banda magnética. El material utilizado para elaborar esta banda es de características magnéticas, es un material similar a los usados para cintas de audio y video, pero segmentada y unida a un sustrato.

[6] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, p.19.

Para codificar o magnetizar cualquier banda se necesita de una buena coercitividad, que no es otra cosa que una fuerza electromagnética cuya unidad de medición es el oersted.

En algunas instalaciones industriales el ambiente se encuentra sometido a la acción de un campo magnético capaz de borrar o dañar las credenciales de banda magnética. La presencia de estos campos originó la creación de dos tipos de bandas, las de baja coercitividad (300 oersted) y las de alta coercitividad (3600 a 6000 oersteds).[7] Véase figura 2.

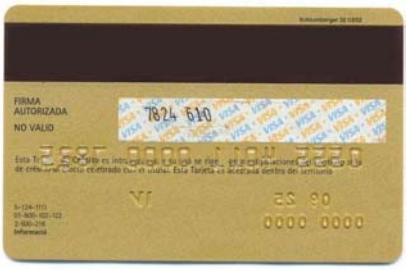


Figura 2. Tarjeta bancaria con banda magnética.

La codificación en las bandas magnéticas puede ser hecha en 3 localidades llamadas pistas (tracks) contenidas en la banda. Dependiendo del tipo de codificación a emplear, existen tres clases de formatos:

a) Formato de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (en inglés International Air Transport Association). Permite codificar 79 caracteres alfanuméricos, espacios y caracteres especiales.

b) Formato de la Asociación de Banqueros Americanos (en inglés American Bar Association). En este formato es posible codificar caracteres numéricos y caracteres especiales.

c) Formato de Tercer Norma Económica (en inglés son Transaction Tracking System). Al igual que el formato anterior, éste solamente utiliza caracteres numéricos y especiales.[8]

- Reconocimiento de caracteres. Para cualquier sistema de reconocimiento de caracteres, es de suma importancia que el usuario comprenda, que en su forma, estructura y relieve, cualquier carácter guarda ahí su propia información, dependiendo de estas tres propiedades serán leídos mecánica o magnéticamente según sea el caso.[9] Regularmente, los caracteres son numéricos (lo que permite al ser humano leer la información de manera natural), aunque también es posible encontrar caracteres alfabéticos.

[7] http://www.idenpla.com/ip/tecnologias_banda.htm
[8] *Ídem*.
[9] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, p.20.

Existen dos formas para reconocer caracteres:

a) Reconocimiento óptico. Esta técnica es llamada OCR (en inglés Optical Character Recognition) y emplea dos tipos de fuente o letra, el OCR-A y el OCR-B. Los sistemas de este tipo utilizan impresiones de alta calidad para obtener caracteres nítidos y perfectamente definidos. La figura 3 muestra los caracteres de tipo OCR.

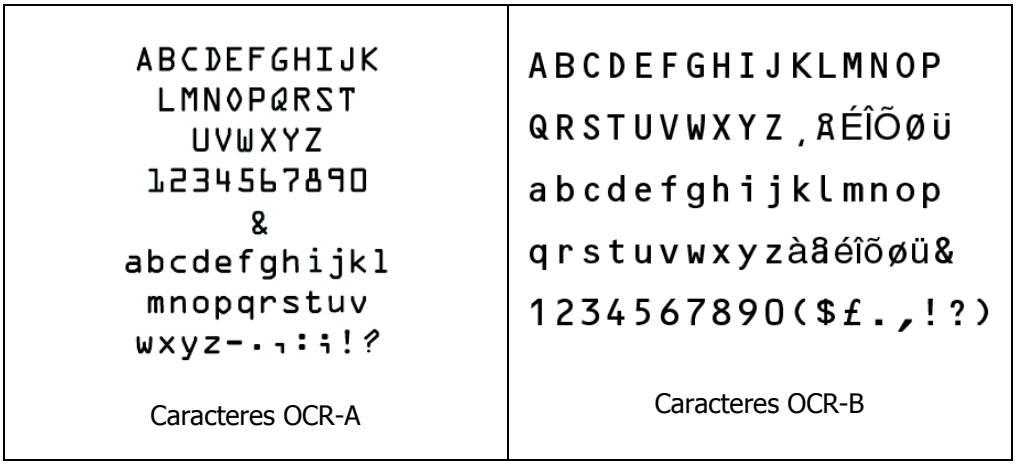


Figura 3. Caracteres OCR.

El sistema OCR reconoce y procesa todos aquellos caracteres (numéricos y alfabéticos) legibles, compara los patrones leídos con los que se encuentran dentro de la memoria de la computadora. Los rasgos de los patrones a comparar son las curvas, detalles de líneas y los bordes que definen a cada carácter; de ahí la importancia de utilizar equipo de impresión de la más alta calidad posible.[10]

En los ochenta se abandonó el empleo de esta tecnología por las siguientes razones:

1. Era necesaria una gran habilidad en el usuario para conseguir una lectura exitosa.

2. La falta de lectores automáticos omnidireccionales.

3. En comparación con los sistemas de código de barras, los sistemas OCR poseían una mayor taza de error.

b) Reconocimiento por tinta magnética. El reconocimiento de caracteres por tinta magnética (en inglés Magnetic Ink Character Recognition) es una tecnología muy popular en el mundo de las finanzas, pues es

[10] http://www.ent.ohiou.edu/~amable/autoid/tecnologia.html

posible leer los caracteres aun cuando se encuentren cubiertos por sellos, firmas, manchas o similares.[11]

Al igual que el OCR, las impresiones con tinta magnética requieren de un excelente equipo de impresión para dar origen a los caracteres que se encuentran en cualquier cheque bancario.

La tinta magnética se utiliza en los códigos CMC7 y en el E13B. En el primero de ellos cada dígito es formado por 7 pequeñas líneas verticales y espacios que conforman un sistema binario (véase figura 4); de tal forma que es posible visualizar números del 0 al 9 y algunos símbolos que permiten al sistema lector identificar el nombre del banco, sucursal, número de cuenta, etc.[12]

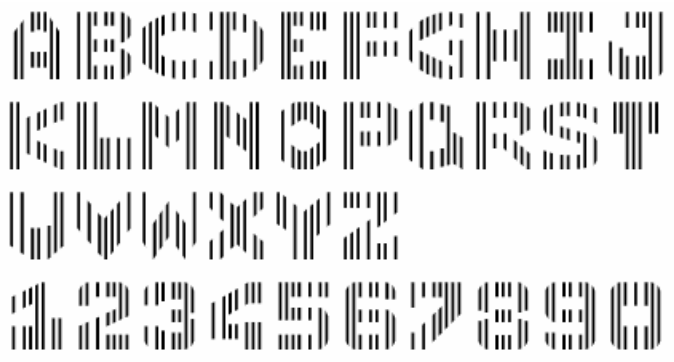


Figura 4. Código CMC7.

El código E13B (véase figura 5) es empleado en la industria bancaria de Estados Unidos.[13] Es posible encontrar en este código números y símbolos que arrojarán a la computadora información similar a la decodificada en los cheques de Europa y algunos países latinoamericanos. El lector magnético hará contacto con los caracteres a examinar y leerá líneas de 33 milésimas de centímetro.



Figura 5. Código E13B.

- Sistemas biométricos. Las técnicas de identificación biométrica comprenden el reconocimiento del iris, la reflexión retinal, la geometría de la mano, la forma de la cara, reconocimiento de voz, la termografía facial y la técnica

[11] *Ídem*.
[12] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, p.20.
[13] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.5.

más conocida que es el reconocimiento por huellas dactilares.[14] Cualquiera de estas técnicas utiliza la información de alguna característica morfológica y la guarda en la memoria de una computadora después de haber digitalizado la información. Gracias a que la morfología de cada ser humano es diferente, es posible obtener un medio de identificación único para cada persona.

Las seis técnicas biométricas más empleadas son las siguientes:

a) Reflexión o barrido de la retina. Es una tecnología en la cual la retina es expuesta a una luz de baja intensidad; un fototransistor recibe la luz reflejada por la retina y la hace llegar a un dispositivo que digitalizará la información, para posteriormente ser procesada por un ordenador que comparará la información ingresada con los datos almacenados en su memoria, de esta forma, la computadora validará la identidad de la persona.[15]

b) Reconocimiento o barrido del iris. Por medio de una cámara digital es posible fotografiar el iris de una persona, los datos obtenidos a partir de esta imagen son manipulados por una computadora que cotejará las referencias del iris con la información residente en su memoria, de esta forma es posible saber si la persona es en realidad quien dice ser, así como sus datos personales.[16]

c) Geometría de la mano. Este es un sistema biométrico por demás interesante, se trata de elaborar desde una perspectiva tridimensional las características físicas de la mano, es decir, su forma y tamaño. Algunas ocasiones no se maneja de manera tridimensional y se analizan únicamente las líneas de la palma de la mano.[17] Véase figura 6.



Figura 6. La digitalización de las particularidades de la mano es un ejemplo de sistema biométrico.

[14] http://www.ent.ohiou.edu/~amable/autoid/tecnologia.html
[15] http://www.idenpla.com/ip/tecnologias_elementos.htm
[16] *Ídem.*
[17] *Ídem.*

d) Reconocimiento facial. Las computadoras actuales, gracias a cámaras de video o fotográficas, son capaces de distinguir formas e imágenes, de este modo, al introducir en la computadora la imagen digitalizada de un rostro humano es posible tomar un patrón de puntos que permitan obtener los rasgos característicos de dicho rostro para poder cotejar diversos patrones faciales almacenados en la base de datos hasta encontrar o no el rostro indicado.[18]

e) Reconocimiento por huellas digitales. No cabe duda que la identificación por medio de las marcas dactilares es el sistema biométrico más usado en el mundo. En sus orígenes, este sistema era exclusivo de la milicia, pero con los avances científicos y tecnológicos esta exclusividad ha menguado hasta encontrar aplicaciones en la vida civil, como ejemplo se encuentran algunas cédulas, licencias de manejo, credenciales de identificación, etc. Cada huella dactilar contiene una serie de líneas, las cuales pueden llegar a unirse entre sí o bifurcarse. Es en estos puntos en donde se tiene una característica y posición única de las huellas digitales de cada ser humano. Véase figura 7.



Figura 7. Lector de huella digital.

f) Reconocimiento de voz. Algunos softwares hacen posible el uso de voz humana o sintetizada para recibir instrucciones sin el uso del teclado (véase figura 8). Sistemas como este se vuelven muy prácticos en casos en que las manos se encuentren ocupadas en otro tipo de actividad manual. La computadora deberá estar lista para distinguir el inicio y el fin de una palabra, así como la correcta interpretación de ésta.

[18] http://www.idenpla.com/ip/tecnologias_elementos.htm

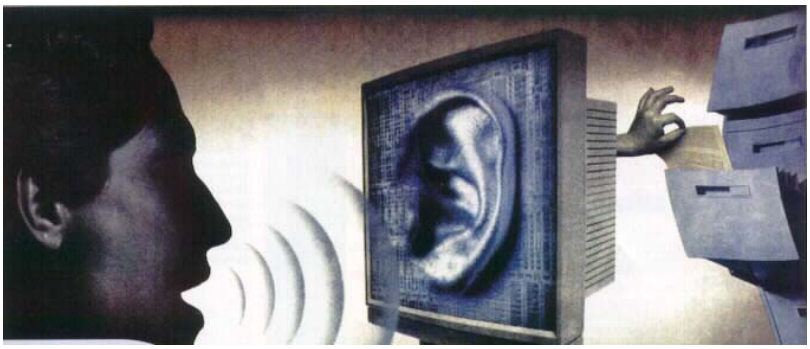


Figura 8. El reconocimiento de voz es una muestra del avance en sistemas de identificación automática.

Los sistemas biométricos son una buena opción de identificación automática, pero el gran inconveniente en la tecnología basada en morfología humana es el cambio que puede sufrir el usuario por enfermedades que afecten su voz (gripe, faringitis, bronquitis, etc.) o por los distintos acentos existentes en la pronunciación de palabras de una zona geográfica a otra (el español ibérico suena distinto al español argentino), de igual modo las enfermedades dermatológicas y de tipo oftálmicas pueden influir en los sistemas de identificación por barrido de iris, retina y reconocimiento facial. La geometría de las manos se ve afectada por la pérdida de algún dedo o los cambios en las líneas de las palmas y distancia entre dedos ocasionadas por la edad. Las huellas digitales pueden cambiar si el usuario sufre alguna cortadura o quemadura en esta parte del cuerpo. Todas las situaciones anteriores deberán ser factores básicos a considerar si se desea adquirir un sistema biométrico de identificación.

- Tarjetas inteligentes. Físicamente, cualquier tarjeta inteligente es similar a las tarjetas de crédito; un chip[19] contiene una memoria no volátil[20], un controlador y un mecanismo de seguridad. Cabe mencionar que no todas las tarjetas plásticas que poseen un chip integrado son inteligentes, puesto que el chip no hace a una tarjeta inteligente, lo que le da a la tarjeta el apelativo de inteligente es el microprocesador, por eso, algunas tarjetas son de memoria y otras son inteligentes.

  Las tarjetas con circuito integrado de memoria (chip sin microprocesador) tienen una cantidad de dinero predeterminada en la memoria, al hacer uso de este dinero el chip no puede ser recargado y por

[19] Un chip es una pieza de silicio fusionada con varios cientos de miles de componentes en áreas de tan solo unos cuantos centímetros. SERWAY, RAYMOND A.; *Física*, p.1318.

[20] "Memoria no volátil. Una unidad de memoria no volátil, como un núcleo magnético o discos magnéticos, retiene su información almacenada después de la remoción de la potencia.": MANO, M. MORRIS, *Diseño digital*, p.300.

ende la tarjeta es desechada, tal es el caso de algunas tarjetas empleadas en teléfonos públicos. [21]

Las tarjetas con circuito integrado con microprocesador (tarjeta inteligente) tiene diversas aplicaciones, los llamados monederos electrónicos o tarjetas prepagadas es uno de tantos servicios que estas tarjetas pueden proporcionar (en comparación con las tarjetas de memoria, estas tarjetas con microprocesador tienen la opción de recargar dinero cuando el crédito se agote), otra aplicación se da cuando el chip puede ser conectado a una antena que se encuentra en el borde de la tarjeta, la antena se encuentra dentro del plástico de la tarjeta, de esta forma el chip es leído a distancia y no será necesario introducir la tarjeta en un equipo especial para leer y/o grabar información. Véase figura 9.

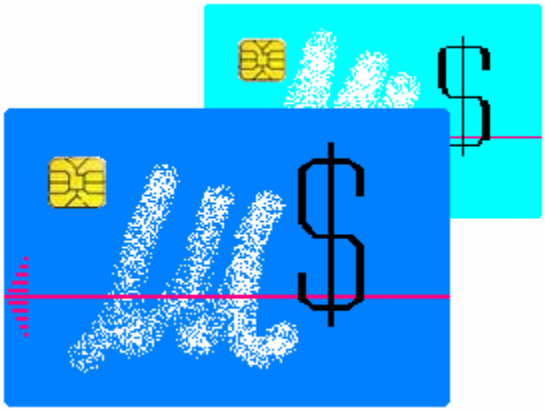


Figura 9. Tarjetas con chip.

La incursión de las tarjetas inteligentes en el mundo financiero ha provocado el desplazamiento de las tarjetas con banda magnética, pues los chips con microprocesador tienen las siguientes ventajas sobre las actuales tarjetas de crédito:

a) Las características de los chips hacen que éstos puedan guardar 80 veces más información que las bandas magnéticas.

b) Los chips tienen una mayor duración y resistencia que cualquier banda magnética.

c) En una sola tarjeta se pueden tener, además de transacciones financieras, diversas actividades como: pago de autopistas, de teléfono, de luz, etc.

[21] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.8.

d) Las tarjetas inteligentes permiten actualizar los datos de la tarjeta en cada transacción, con esto no será necesario cambiar de tarjeta para poner al día los datos de cada tarjeta habiente. [22]

- Identificación por radiofrecuencia. Los sistemas de radiofrecuencia (en inglés RF) emplean señales de radio transmitidas desde una fuente hasta un receptor que, gracias a un sistema de transmisión, responde por medio de otra señal de radio con algún tipo de información que se encuentre contenida en el dispositivo con el cual se esté trabajando. Véase figura 10.

  Los sistemas de RF trabajan con dos rangos específicos de frecuencia: muy baja frecuencia (por debajo de los 300[KHz]) o de muy alta frecuencia (superior a 200[MHz]).



Figura 10. Los actuales llaveros de vehículos automotores son transmisores de radio frecuencia.

  Existen sistemas muy sencillos de radiofrecuencia en controles remotos para equipos de televisión, video, sonido y algunos juguetes, en estas aplicaciones caseras de RF es posible encontrar modelos iguales de controles que activarán los mismos modelos de televisores, juguetes, etc. Al aplicar tecnología de RF en sistemas de seguridad para vehículos, cerraduras electrónicas, puertas de entrada a cocheras; la información transmitida tiene una mayor codificación para evitar alguna réplica o adulteración por parte de personas extrañas que nada tengan que ver con dichos bienes. [23]

- Identificación por medio de códigos de barras. Los sistemas de este tipo constan de etiquetas que contienen información dentro de una serie de barras y espacios, que al ser leídos por un lector óptico para código de barras y decodificados por medio de una computadora, harán posible el acceso a la información contenida en la etiqueta. Véase figura 11.

  Para finalizar esta sección, es de suma importancia mencionar, que este sistema de identificación automática es el tema central de la presente

[22] http://www.idenpla.com/ip/tecnologias_tarjetas.htm
[23] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.7.

tesis, por lo cual, se abundará más a detalle sobre esta tecnología en los siguientes capítulos.



Figura 11. Código de barras.

CAPÍTULO 2

DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

OBJETIVO DEL CAPíTULO

- **Dar a conocer al lector cada una de las partes que en conjunto conforman cualquier código de barras y sus aplicaciones, así como las ventajas y desventajas de los mismos.**

La evolución humana va de la mano con la evolución tecnológica, a pesar de ello, el ser humano se muestra escéptico a lo que no puede percibir mediante sus 5 sentidos naturales. A principios de la década de los setenta era imposible prever que una serie de espacios en blanco y barras negras pudieran almacenar la cantidad de información que actualmente contienen. El observar detalladamente un código de barras no nos lleva a comprender su contenido, el hombre no puede por sí solo interpretar el significado del conjunto de barras y espacios. Generalmente se desconoce la utilidad de esta tecnología aunque sea muy común encontrarla en credenciales, libros, medicamentos, productos alimenticios, etc.; por ello, al hablar de código de barras es conveniente conocer de lo que trata esta opción de identificación automática, de sus beneficios y por tanto de sus diferentes presentaciones, pues nadie puede hablar de lo que desconoce.

2.1 ¿Qué es un código de barras?

Un código de barras convencional es una representación digital binaria en una serie de líneas y espacios paralelos de anchos variables; codifican en unos y ceros el valor de un dígito o de una letra, de tal forma que la computadora pueda ver, reconocer y entender mediante un sistema óptico el lenguaje para dar entrada a un dato, reduciendo el margen de error.[24] Con este patrón de barras y espacios se codifica de manera única cada referencia, de tal forma que nunca existirán dos códigos iguales en todo el mundo, así como no existen dos huellas digitales iguales.[25]

El código de barras es una herramienta que facilita la manipulación de datos entrantes a cualquier base de datos. Su lectura, por medio de lectores ópticos, es muy rápida y con un margen de error casi inexistente. A diferencia de un capturista que en promedio comete un error por cada 300 caracteres tecleados, la posibilidad de lectura errónea en un código de barras es de una en un trillón.

Existen lectores ópticos de diferentes formas y tamaños. Los hay portátiles, en forma de lápiz, de ranura o de pistola láser, estos últimos pueden realizar más de 30 rastreos por segundo. Cabe mencionar que no toda la información contenida en un código de barras es representada por los patrones de barras y espacios; esto será expuesto en la sección 2.2.4 del presente capítulo.

[24] http://www.digitalcode.com/c%C3%B3digo.htm
[25] http://atenea.udistrital.edu.co/egresados/dquinter/definicion.html

2.2 Simbología

La simbología es la representación física de cualquier código de barras, es la forma en que se codifica la información en las barras y espacios del código;[26] en otras palabras, la simbología es el término empleado para describir un tipo particular de reglas aplicadas a un determinado código de barras.[27] La simbología permite que la computadora comprenda la información entrante y saber si se trata de un código válido o no.

En el mundo existen muchos idiomas, de igual modo, al hablar de código de barras hacemos referencia a diversas simbologías. A primera vista todos los códigos de barras parecieran iguales, sin embargo, tienen sus diferencias. Existen alrededor de 225 códigos de barras diferentes en todo el mundo.[28] Sin embargo, el código 39, codabar, UPC, EAN y el intercalado 2 de 5 son las simbologías más empleadas en la actualidad. Cada simbología fue creada para ser empleada con un fin específico, de ahí que haya diferencias entre ellas.

2.2.1 Configuración de las simbologías

El diseño de las simbologías de los códigos de barras son el resultado de las necesidades de la industria de la salud, almacenes, bibliotecas, etc. Con estos códigos se tiene un eficaz control y manejo del material a utilizar por cada industria.

Las simbologías se pueden clasificar en dos grupos:

- Lineales o unidimensionales. Estas simbologías emplean un arreglo lineal intercalando barras y espacios.[29] Inicialmente permitían mensajes cortos y regularmente se usaban en productos, en la actualidad, el alcance que tienen las simbologías lineales es sorprendente.

- De dos dimensiones o bidimensionales. Son empleados en seguros médicos y en documentos que requieren mensajes grandes (de hasta 2,725 dígitos)

[26] http://www.geocities.com/SoHo/Cafe/8909/barcode.html
[27] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.15.
[28] http://www.geocities.com/SoHo/Cafe/8909/barcode.html
[29] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.16.

como un expediente clínico completo o recibos de pago.[30] Dentro de esta clasificación existen códigos de matriz, los cuales están integrados por módulos de forma cuadrada, hexagonal o circular.

2.2.2 Tipos de simbología

Las simbologías lineales de códigos de barras se dividen en dos grupos que explico a continuación:

- Simbologías de tipo discreto. Para cualquier código discreto, cada carácter puede ser codificado en forma independiente del siguiente o anterior carácter, esto debido a que existen los denominados vacíos de intercaracteres, que son espacios en blanco cuya función es separar un carácter de otro. Además, cualquier representación binaria perteneciente a alguna de las simbologías de tipo discreto inician y finalizan con una barra.[31] Véase figura 12.

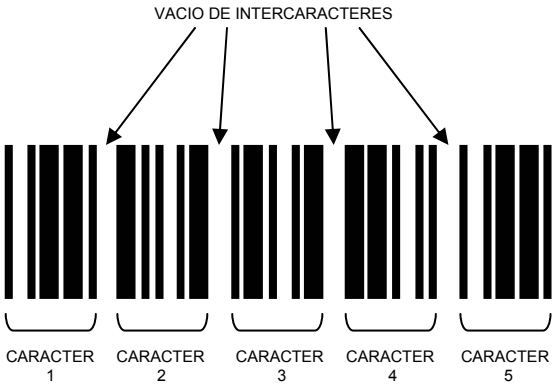


Figura 12. Simbología de tipo discreto.

- Simbologías de tipo continuo. A diferencia del tipo discreto, las simbologías continuas no presentan vacíos de intercaracteres. El inicio de cada carácter es marcado por una barra y el término del mismo es indicado por un espacio, es decir, el final de un carácter es el inicio del siguiente.[32] Véase figura 13.

[30] http://www.ciberhabitat.gob.mx/comercio/cbarras/cb02.htm
[31] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.21.
[32] *Ibíd*., p.22.

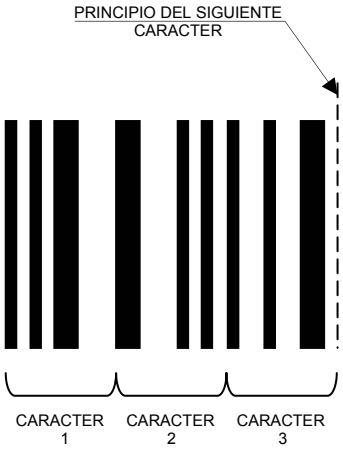


Figura 13. Simbología de tipo continuo.

2.2.3 Simbologías unidimensionales

UPC

UPC es la simbología con la que estamos más familiarizados, ya que aparece en prácticamente todos los productos de venta al menudeo.

El estándar UPC es un código de 12 dígitos (sólo se pueden codificar números en UPC). El primer dígito es llamado número del sistema, los dígitos del segundo al sexto representan el número del fabricante. Esta clave de 5 dígitos es única para cada fabricante, y la asigna un organismo rector que administra la numeración (Consejo de Uniformación de Códigos) para evitar duplicidades. Los caracteres del séptimo al onceavo son un código que el fabricante asigna a cada uno de sus productos, denominado número del producto. El doceavo carácter es el dígito de verificación, dicho número es el resultado de un algoritmo que involucra a los 11 números previos.[33] Véase figura 14.



Figura 14. Código UPC.

[33] http://www.udec.cl/~ssantand/verdadero.doc

EAN

Esta es la versión europea del código UPC. El EAN codifica 13 dígitos, uno más que el UPC. Al combinarse este dígito extra con uno o dos dígitos del código, dan como resultado un número que indicará el país de origen de la mercancía. Cada carácter numérico es simbolizado por dos espacios, es decir, cuatro elementos conforman un carácter; es obvio que el ancho y ubicación de cada elemento dentro del carácter lo diferencia de cualquier otro.[34] Véase figura 15.



Figura 15. Código EAN.

Código 39

Este fue el primer código para uso alfanumérico y cuenta con 44 caracteres. Se desarrolló en 1974 porque el Departamento de Defensa, la Administración de Servicios y la industria automotriz de los Estados Unidos[35] necesitaban codificar el alfabeto así como números en un código de barras. Véase figura 16.

El código 39 (también llamado código 3 de 9) toma su nombre de su estructura, son 3 elementos anchos y 6 angostos haciendo un total de 9 elementos; estos 9 elementos constan de 4 espacios y 5 barras.[36] Además, en este tipo de simbología se utilizan dos anchos diferentes para las barras y espacios.

Este código permite la codificación de caracteres numéricos, letras mayúsculas y algunos símbolos como -, ., *, $, /, +, % y "espacio"; también es posible encontrar vacíos de intercaracteres entre uno y otro carácter. Es un estándar no utilizado para la industria alimenticia, se utiliza para identificar inventarios y para propósitos de seguimiento en las industrias.[37]

[34] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, p.43.
[35] *Ibíd*., p.85.
[36] *Ídem*., p.85.
[37] http://www.udec.cl/~ssantand/verdadero.doc

El inicio y final de esta simbología es por medio de un asterisco (*), en otras palabras, el carácter de asterisco guiará al lector óptico desde el inicio hasta el final del código.[38]



Figura 16. Código 39.

Código 128

Éste es uno de los códigos de barras más nuevos y con más futuro en la identificación automática. Recibe este nombre debido a que es un código que permite la reproducción de los 128 caracteres ASCII.[39] Véase figura 17.

Este código de barras se utiliza cuando es necesaria una mayor selección de caracteres que no puede proporcionar el código 39. Cuando el tamaño de la etiqueta es importante, el código 128 es una buena alternativa porque es muy compacto, dando como resultado una simbología densa. Esta simbología se usa a menudo en la industria de envíos donde el tamaño de la etiqueta es un factor a considerar.[40]

El código 128 utiliza 4 diferentes grosores para las barras y espacios, además tiene una densidad muy alta, ocupando en promedio sólo el 60% del espacio requerido para codificar información similar en código 39.

El método que utiliza el código 128 para codificar tantos caracteres y mantener su alta densidad es el uso de tres juegos de caracteres, conocidos como columnas A, B y C. La columna A representa todos los caracteres alfanuméricos estándares en mayúscula, caracteres de control y caracteres especiales. La columna B además de representar los caracteres de la columna A incluye todas las letras minúsculas y caracteres especiales. Por último, la columna C se compone de 100 dígitos: desde el 00 al 99 y caracteres especiales.[41]

[38] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.28.
[39] http://www.dgcode.com/info1.htm#top
[40] http://www.codigodebarras.com/simbologias.htm
[41] http://www.dgcode.com/info1.htm#top



Figura 17. Código 128.

Código 2 de 5 o entrelazado 2 de 5

En sus inicios (1968) este código fue llamado 2 de 5 y en 1972 se le designó como entrelazado 2 de 5. Véase figura 18.

Esta simbología tiene utilidad en la industria para almacenamiento y distribución, pues ayuda a identificar productos y contenedores.[42] Es un código exclusivamente numérico que utiliza dos grosores de barras, y como su nombre lo indica, se basa en la técnica de intercalar pares de caracteres. El primer carácter se representa con las 5 primeras barras del código, de las cuales 2 deben ser anchas; el segundo carácter se representa con los 5 espacios dejados por las 5 barras del primer carácter.[43] Esto hace al entrelazado 2 de 5 (I 2/5) un código muy denso, aunque siempre debe haber una cantidad par de dígitos.



Figura 18. Código entrelazado 2 de 5.

Codabar

La simbología unidimensional codabar aparece en los setenta, encontrando su mayor aplicación en los bancos de sangre, donde un medio de identificación y verificación automática son indispensables;[44] actualmente se le puede encontrar en librerías.

Codabar consta de 16 caracteres, del número 0 al 9 y la codificación de $, :, /, ., + y -. Utiliza las letras a, b, c y d para indicar el inicio y fin del código.[45] Véase figura 19.

[42] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, p.86.
[43] http://www.dgcode.com/info1.htm#top
[44] http://www.udec.cl/~ssantand/verdadero.doc
[45] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.34.

Esta simbología es ligeramente más larga que el entrelazado 2 de 5.



Figura 19. Codificación de a$12345b en código codabar.

2.2.3.1 Codificación de libros y revistas

Codificación de libros

El sistema de numeración de libros de norma internacional ISBN (en inglés International Standard Book Number) es el encargado de la numeración de los libros publicados en todo el mundo.

El código EAN es utilizado para codificar los números ISBN. Esto es posible gracias a un acuerdo en el que EAN otorga al ISBN los números 978 y 979 para identificar a nivel mundial todos los libros publicados.

El código ISBN se encuentra formado por 3 dígitos (otorgados por EAN), 9 dígitos del número ISBN del libro y un carácter de verificación.[46]

Codificación de revistas

El sistema de numeración seriada de norma internacional ISSN (en inglés International Standard Serial Number) es la institución responsable, gracias a un acuerdo con EAN, de asignar la numeración correspondiente a revistas y publicaciones seriadas en todo el mundo, para ello, EAN asignó el número 977 a las numeraciones ISSN.

Son 13 los dígitos que conforman al código ISSN, 3 dígitos asignados por EAN, 7 dígitos del número ISSN de la publicación, 2 dígitos extra y un carácter verificador.[47]

[46] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, p.65.

2.2.4 Simbologías bidimensionales

PDF417

El código PDF417 es un código de alta capacidad y puede almacenar hasta 2000 caracteres. Es utilizado en aplicaciones como logística, transportación, venta al por menor, sector salud, gobierno, identificación y manufactura.[48] Véase figura 20.

Cada carácter emplea 4 barras y 4 espacios distribuidos en una longitud de 17 módulos. Existen 929 caracteres agrupados en 3 diferentes juegos de caracteres llamados grupos.

La simbología bidimensional PDF417 se forma tomando una línea que utiliza un juego específico de 3 caracteres y las dos líneas colindantes se encontrarán construidas por otro juego de caracteres. El número de líneas, así como su longitud pueden ser variables para poder ajustar este código al tamaño de cualquier etiqueta.[49]

Este archivo de datos portable fue diseñado para ser leído por lectores que cuenten con tecnología de tipo láser y CCD.



Figura 20. Código PDF417.

Maxicode

En sus inicios, este código fue llamado densecode y fue desarrollado con módulos hexagonales negros, blancos o grises. Actualmente, maxicode es una simbología de alta densidad que contiene módulos blancos y oscuros de forma hexagonal; puede utilizar los 128 caracteres ASCII.[50] En el centro de este código es posible apreciar una serie de círculos concéntricos que forman un ojo de toro. Para leer la información del maxicode es necesario contar con un lector del tipo CCD. Véase figura 21.

---

[47] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, p.65.
[48] http://www.barware.com.mx/web-page/codigos.htm
[49] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.53.
[50] *Ibíd*., p.60.

Esta simbología es utilizada en procesamientos que requieren de gran velocidad.[51]

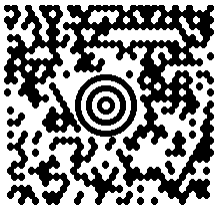


Figura 21. Código maxicode.

Matriz de Datos

Es una simbología bidimensional formada por módulos cuadrados blancos y oscuros. Alrededor del código se encuentran 2 líneas blancas y 2 líneas oscuras que delimitan al código. Esta simbología es leída por lectores CCD.[52]

El código de matriz de datos contiene información de tipo binaria y en código ASCII. Cuenta con una capacidad alfanumérica de hasta 2,334 caracteres y encuentra aplicación en la identificación y control de partes.[53] Véase figura 22.



Figura 22. Código de matriz de datos.

Código Azteca

Desarrollado por Andy Longacre en 1995, el código azteca al igual que la matriz de datos, se encuentra formado por módulos blancos y oscuros de forma cuadrada, en el centro del código se encuentra un módulo oscuro que sirve de referencia para una serie de módulos cuadrados blancos y oscuros concéntricos.[54]

[51] http://www.aimglobal.org/aimstore/matrixsymbologies.htm#Dot%20Code%20A
[52] *Ídem*.
[53] http://www.barware.com.mx/web-page/codigos.htm
[54] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.65.

El código azteca es leído por lectores CCD y encuentra su aplicación a nivel industrial.[55] Véase figura 23.



Figura 23. Código azteca.

2.3 Características de los códigos de barras

Existe la idea de que el código de barras sólo sirve para identificar productos de supermercado, esta creencia es totalmente equivocada, ya que esta tecnología también se aplica por igual en: productos farmacéuticos, calzado, facturas, electrodomésticos, envases y discos, así como en un sinnúmero de servicios.

Como fue mencionado con anterioridad, existen diversas simbologías de códigos de barras, cada una fue creada para una aplicación específica. A continuación serán mencionadas ventajas, desventajas y aplicaciones de las simbologías existentes de códigos de barras.

2.3.1 Ventajas

Algunas ventajas que presenta el código de barras sobre otras tecnologías de recolección de datos son:

- Mayor precisión en la información leída: la información contenida en el código de barras es leída por un lector óptico que la transmite inmediatamente a una computadora, en consecuencia, las probabilidades de error son casi nulas.

- Errores mínimos: al no ser introducida la información de la simbología a la computadora por el teclado, hasta cierto punto los errores humanos son descartados, no obstante, los errores pueden presentarse en la lectura del

[55] http://www.aimglobal.org/aimstore/matrixsymbologies.htm#Dot%20Code%20A

código si éste no cuenta con una buena impresión o si el código de barras y el lector se encuentran muy separados, aunque este tipo de errores son sumamente escasos.

- Mejor control de entradas y salidas: si la mercancía de un almacén es debidamente etiquetada con el código correspondiente, es posible rastrear los arribos y salidas de mercancía, así como algunos datos particulares de cada paquete.

- Rapidez en la captura de datos: es más práctico introducir información a través de esta opción de tecnología de barras y espacios. Los lectores ópticos transmiten en cuestión de segundos la información extraída del código e introducen la misma información a la computadora, de otra manera mediante el teclado toma más tiempo y si no se hace con el cuidado necesario aparecen errores humanos.

- Mayor productividad de los empleados: en un supermercado, el ahorro de tiempo que genera pasar un producto por el lector de código de barras, ocasiona que el tiempo de atención al cliente sea mínimo, causando satisfacción en éste.

- Rastreo preciso de actividades: no solamente en bodegas es necesario rastrear embarques, también en empresas donde el personal tiene horas de entrada estipuladas es importante saber si el empleado llegó a tiempo, su hora de salida y en consecuencia el tiempo que el trabajador laboró.

- El equipo de lectura de códigos de barras es flexible y fácil de conectar e instalar. El uso de esta tecnología de identificación es muy sencillo, de esta forma cualquier empleado que se encuentre encargado de alguna terminal o computadora pueda usarlo sin ninguna dificultad.

2.3.2 Desventajas

Las desventajas que presenta cualquier código de barras son las siguientes:

- Errores de lectura: algunos tipos de lectores ópticos necesitan de práctica para ser utilizados, este es el caso de los lectores de tipo lápiz, pues dependiendo del ángulo de inclinación que se le de al lector sobre el código existirán variaciones en la lectura de las barras y espacios o simplemente no se podrá realizar la lectura del código. También es importante conocer las características de cada lector para evitar problemas de lectura, como por

ejemplo, la distancia mínima y máxima que debe existir entre el lector y el código de barras.

- Mala impresión de etiquetas: los sistemas ópticos utilizados para lecturas de códigos de barras no podrán realizar su función si la impresión del código es de mala calidad: borrosa, barras y espacios sin una buena delimitación entre ellos, mala elección de los colores que conforman el código (véase capítulo 3), etc. Además es necesario que la superficie en la cual se imprima el código no sea en su totalidad reflejante, ya que las barras oscuras no podrán absorber la luz necesaria para que el sistema de lectura pueda diferenciar entre barras oscuras y espacios claros.

2.3.3 Aplicaciones

Es un hecho que el código de barras puede abarcar cualquier actividad en la industria, comercio, instituciones educativas, instituciones médicas, instituciones gubernamentales, etc.

Algunas aplicaciones para esta tecnología de identificación automática son:

- Recepción de materiales: al recibir cualquier producto no hay un paquete de tamaño uniforme o formato de etiquetado. En la zona de descarga se dejan todos los artículos. El registro de entrada de productos es un procedimiento importante en toda compañía. La tecnología de código de barras facilita conocer el nombre del proveedor, descripción del producto, nombre del producto, número de parte, fecha de ingreso, etc.

- Control de inventarios: en cualquier inventario se desea establecer un registro de todos y cada uno de los productos de que dispone la empresa. Manualmente es un proceso largo y laborioso llevar un inventario. Si cada artículo posee la misma simbología asociada a cada producto, es posible, por medio de un lector óptico portátil contar con un inventario físico en tiempo real disponible a las necesidades de los encargados o gerentes.[56]

- Punto de venta: los sistemas de punto de venta registran todas las transacciones realizadas en un comercio, utilizan una computadora con un cajón adicional de dinero. La codificación de barras en sistemas de punto de venta optimizará la dinámica de cualquier almacén, haciendo más eficiente la atención al cliente.[57]

[56] http://www.udec.cl/~ssantand/verdadero.doc
[57] *Ídem*.

- Compañías de aviación: las compañías de aviación usan código de barras para dar seguimiento a partes de repuesto, herramientas, equipo de prueba y contenedores de equipaje.

  El código de barras puede evitar ciertas actividades terroristas: cuando el pasajero se documenta, recibe un pase de abordar con su código de barras. Cada pieza del equipaje documentada es etiquetada con un código de barras que indica el destino y proporciona una liga con el pasajero. Conforme el equipaje se va cargando al avión, con un lector óptico se crea una lista de todo el equipaje y el pasajero asociado. Cuando los pasajeros abordan el avión sus pases de abordar son leídos por el lector para crear otro archivo de datos. La computadora compara los archivos de datos de pasajeros y equipaje, asegurándose de que no hay equipaje abordo que no esté asociado a un pasajero sentado. Si se determina que alguien documentó una maleta y el pasajero no se encuentra abordo, es posible retirar dicha maleta antes del vuelo.[58]

- Bibliotecas: el servicio de bibliotecas es prestar libros a quienes los solicitan y los solicitantes están de acuerdo en regresar los libros dentro de un período de tiempo predeterminado. Para llevar un buen control, cada libro consta de un código de barras, el cual, al ser leído y unido a la base de datos, proporciona el nombre de la editorial, el nombre del autor y otros datos de catálogo, así como los datos de la persona que tiene a préstamo ese libro.[59]

- Bancos de sangre: el empleo de código de barras en bancos de sangre asegura que las unidades de sangre no excedan las fechas de caducidad, por consiguiente se reduce drásticamente el peligro de administrar sangre, facilitando el almacenamiento de la misma y se evitan errores de transfusión.

- Alta seguridad: cuando se desea limitar el acceso a ciertos lugares es necesario establecer un sistema de control de acceso. Creando una base de datos del personal que tiene acceso a ciertas áreas, un lector de código de barras puede verificar inmediatamente si la persona tiene o no acceso a cierta área.[60]

- Relojes de entrada y salida: a cada empleado de un negocio se le proporciona una tarjeta codificada. El empleado pasa su tarjeta por el lector óptico al inicio y término de su jornada de trabajo. Esto permite un

[58] http://www.udec.cl/~ssantand/verdadero.doc
[59] *Ídem*.
[60] http://www.barware.com.mx/webpage/aplicaciones.htm#afijo

seguimiento automático de la nómina, elimina las hojas de tiempo y los relojes marcadores.[61]

- Credencialización: el que empleados, estudiantes y usuarios de servicios posean una credencial con su fotografía, huella digital, firma, así como código de barras; les permite tener acceso a un edificio, estacionamiento, uso de servicios, etc.

2.4 Estructura del código de barras

Existen dos tipos de estructuras para códigos de barras:

- Simple: se conforma únicamente por elementos anchos.
- Compleja: son estructuras de código donde los elementos pueden tener grosores o anchos distintos.[62]

Los códigos de barras son de tecnología digital, por tanto, una barra de color negro puede simbolizar un 1 lógico y una de color blanco correspondería a un 0 lógico o viceversa. Es conveniente tomar en cuenta el grosor de las barras y espacios, así como el número en que aparecen en el código, esto último varía dependiendo de la simbología empleada.

A continuación se realizará el análisis de la estructura general de un código de barras lineal, sin embargo, estos conceptos pueden ser aplicados a códigos bidimensionales.[63]

[61] http://www.udec.cl/~ssantand/verdadero.doc
[62] http://www.codigodebarras.com/tecnoresumen.htm
[63] *Ídem*.

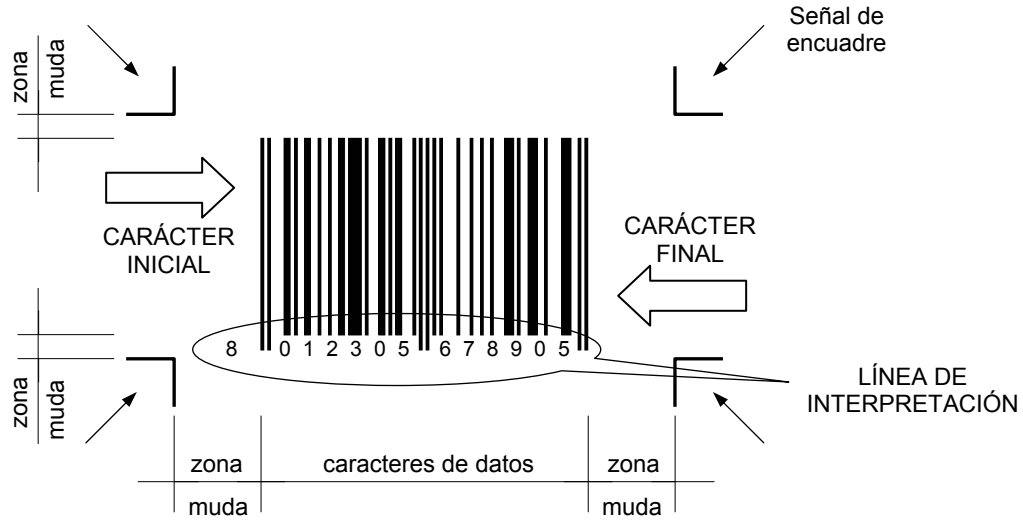


Figura 24. Estructura del código de barras.

- Barra: es una línea más larga que ancha, generalmente de color negro u oscuro, gracias a esto, es capaz de absorber la luz emitida por el lector óptico. El ancho de la barra dependerá del código que se utilice.[64]

- Espacio: al igual que la barra, un espacio es una línea más larga que ancha cuyo grosor depende del código a utilizar. Es de color blanco o muy claro, de este modo podrá reflejar la luz del dispositivo óptico de lectura.[65]

- Carácter inicial y final: indica al lector óptico el comienzo y terminación del código. Se trata de barras que representan un símbolo, una letra o número, esto depende del tipo de simbología. Véase figura 24.

- Línea de interpretación: son los símbolos codificados en el código de barras que se encuentran impresos al pie de éste de forma legible al ser humano.

  Es posible imprimir el primer y/o último carácter de la línea de interpretación en la primera y/o última zona muda lateral. Los caracteres de esta línea son del tipo OCR.[66] Véase figura 24.

- Caracteres de datos: es la zona que contiene los números, letras o símbolos del código. Véase figura 24.

- Dígito de verificación: es una referencia que puede ser incluida en el código, su valor es calculado por un algoritmo que emplea los caracteres restantes del mismo código. Su función es validar los datos del código, evitar adulteraciones y detectar errores durante la lectura.

[64] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, p.32.
[65] *Ibíd.*, p.34.
[66] http://www.codigodebarras.com/tecnoresumen.htm

- Señales de encuadre: son marcas o puntos que limitan externamente a un código de barras. Forman un rectángulo dentro del cual sólo pueden imprimirse elementos del código.[67] Véase figura 24.

- Relación dimensional: es la relación entre el ancho (*AE*) y la altura (*HE*) del código, medida entre las señales de encuadre. La relación es la siguiente:

$$\text{Relación dimensional} = \frac{HE}{AE}$$

- Separadores: son barras y espacios dentro del código de barras que ayudan al lector óptico a diferenciar zonas internas de la simbología.[68]

- Zonas mudas o zonas quietas: se llama así a las zonas o márgenes libres de barras que rodean al código. Estas zonas se encuentran a la izquierda del carácter inicial y a la derecha del carácter final[69] y en la parte superior e inferior de toda la impresión. Generalmente mide 10 módulos como mínimo según el código de barras. Véase figura 24.

- Módulo o dimensión X: es la unidad de menor ancho, es la barra o espacio más angosto que define la densidad del código y es la dimensión X o nominal de un código.[70] Todos los elementos (incluidas las zonas mudas) son múltiplos del módulo. Véase figura 25.

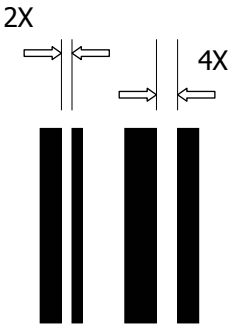


Figura 25. Módulo o dimensión X.

- Densidad: es la relación entre la cantidad de caracteres codificados y la longitud que ocupan una vez impresos. La densidad se expresa de cuatro formas: caracteres/cm, caracteres/pulgada, módulos/cm o X/inch.

  La densidad se clasifica en tres categorías, según el ancho de su módulo:

[67] http://www.codigodebarras.com/tecnoresumen.htm
[68] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, p.38.
[69] http://www.codigodebarras.com/tecnoresumen.htm
[70] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*,, p.37.

Alta densidad: módulo menor que 0.254[mm]

Media densidad: módulo entre 0.254 y 0.508[mm]

Baja densidad: módulo mayor que 0.508[mm]

- Huecos: son manchas en las barras. Generalmente del color de los espacios o fondo del código. Este defecto de impresión se debe a la falta de tinta o baja densidad de la misma.[71]

- Factor de magnificación (*fm*): si se adopta como tamaño normal las dimensiones de un símbolo y su factor de magnificación es uno (*fm* = 1), será posible aumentar el tamaño de éste al doble o disminuirlo 0.8 veces. Véase figura 26.

  Para los códigos como EAN y UPC no se debe exceder de *fm* = 0.8 como mínimo y *fm* = 2 como máximo, ya que al reducir el código su tolerancia de impresión disminuye un 66%.[72]

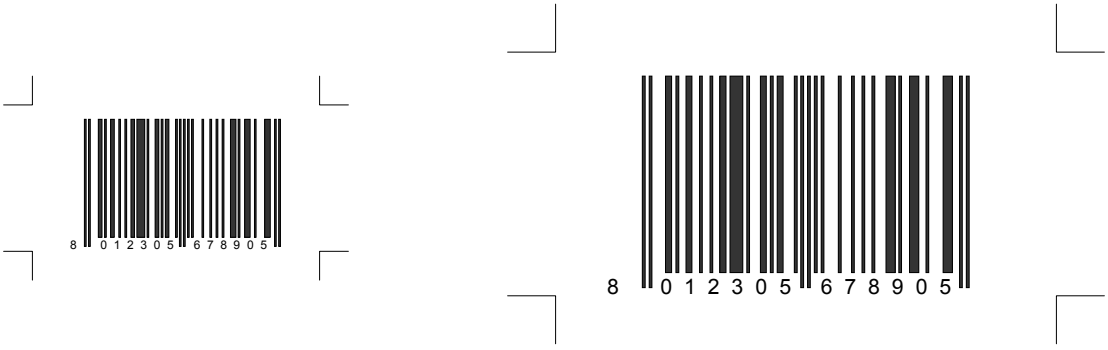


Figura 26. Factor de magnificación.

[71] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, p.35.
[72] *Ibíd*., p.35.

CAPÍTULO 3

LECTURA E IMPRESIÓN DE LOS CÓDIGOS DE BARRAS

OBJETIVOS DEL CAPÍTULO

- **Mostrar al lector los actuales dispositivos de lectura para códigos de barras.**
- **Resaltar la importancia de contar con impresiones de la más alta calidad posible dentro de cualquier etiqueta destinada al uso de la tecnología de código de barras.**

Leer un código de barras no es nada sencillo mientras no se cuente con el equipo necesario. Si este fuera el caso, el ser humano podría leer sin dificultad la línea de interpretación, lo cual haría inútil la existencia de los códigos de barras y los datos codificados por medio de barras y espacios serían manipulados manualmente, haciendo ineficaz esta herramienta de identificación automática.

Los lectores ópticos tienen la finalidad de captar la información contenida en la simbología del código, un haz de luz roja o infrarroja es emitido por el lector a través de toda la simbología. La luz es absorbida por las barras oscuras y reflejadas por los espacios en blanco. Un dispositivo del lector (transductor) toma la luz reflejada y la convierte en una señal eléctrica, acto seguido, el decodificador envía a una computadora la información después de transformar la señal eléctrica en un patrón de unos y ceros. De esta forma, la computadora recibe la información como si ésta hubiese sido ingresada mediante un tecleado.

Se tiene una lectura correcta cuando la luz del lector óptico comienza la lectura en la zona muda y después sigue con el carácter de inicio y continúa por las demás barras hasta terminar en la zona muda que se encuentra precedida del carácter final. Es importante tomar en cuenta que la etiqueta que contenga la simbología del código de barras no debe presentar tachaduras, enmendaduras ni dobleces; esto con la finalidad de tener lecturas apropiadas. En la figura 27 se muestran 3 ejemplos de lectura de un código de barras.



LECTURA CORRECTA



LECTURA CORRECTA



LECTURA INCORRECTA

Figura 27. Lectura de código de barras

Las lecturas incorrectas pueden presentarse cuando el haz de luz del lector no recorre todas las barras desde el carácter inicial hasta el carácter final. En ocasiones puede suscitarse que el código se encuentre girado y el rayo de luz no se extienda por toda la simbología, ocasionando una lectura incorrecta. Una solución para este último caso es darle al código la altura necesaria que permita la lectura correcta de toda la simbología.

La impresión del código de barras es un factor a considerar para una lectura exitosa de la información, si la impresión no es nítida, el lector óptico no podrá distinguir correctamente donde inicia o termina un espacio en blanco o una barra negra. Esto ocasionará que el código del producto no pueda ser leído o que los datos entrantes sean erróneos.

3.1 Luz

La luz ilumina los objetos y los hace perceptibles al sentido de la vista. Los seres humanos, así como la mayoría de las plantas y animales, estamos acostumbrados a la luz visible proveniente del sol y de distintos cuerpos celestes.



Figura 28. El rayo, manifestación de luz.

En el año de 1704, Isaac Newton estableció la teoría corpuscular de la luz, en la cual la luz es considerada como una corriente de millones de pequeñas

partículas cargadas de energía lumínica emitidas por una fuente luminosa que estimulan el sentido de la vista al entrar al ojo.[73]

En 1801 Thomas Young hace la primera demostración concreta de la naturaleza ondulatoria de la luz, estableció que, en condiciones adecuadas los rayos luminosos interfieren entre sí. Posteriormente Heinrich Hertz fue capaz de producir y detectar ondas electromagnéticas y con esto sostuvo la teoría de que la luz es una forma de onda electromagnética de alta frecuencia. Además, con ayuda de otros investigadores demostraron que estas ondas presentan las propiedades de refracción, reflexión y todas las demás características de las ondas.[74]

Gracias a todas estas teorías es posible asentar que cualquier tipo de luz se propaga como una onda de forma sinusoidal con una frecuencia (f) y longitud de onda (λ) inversamente proporcional una de la otra.

Los sistemas ópticos encargados de leer códigos de barras trabajan en rangos específicos de longitudes de onda, ya que a estas frecuencias se presentan la absorción y reflexión óptimas de la luz en los colores destinados a conformar cualquier código de barras.[75]

3.2 Espectro electromagnético

Los distintos tipos de ondas electromagnéticas poseen un amplio intervalo de frecuencias y longitudes de onda que en algunos casos dificultan establecer una clara división entre algunas de ellas.

El espectro electromagnético muestra el nombre de la radiación electromagnética, su frecuencia y longitud de onda correspondiente, así como el traslape entre ondas adyacentes.

Los sistemas ópticos encargados de leer códigos de barras no emplean cualquier tipo de luz visible o invisible al ojo humano. Para elegir adecuadamente la longitud de onda a utilizar, se toma en cuenta el tipo de impresión, substrato y el uso al que será sometido el código. Con estas consideraciones es posible determinar qué partes del espectro electromagnético son las adecuadas para emplear en los lectores ópticos de código de barras; con base en lo anterior se tienen tres tipos de luz a utilizar:

[73] SERWAY, RAYMOND A.; *Física*, p.1025.
[74] *Ibíd*., p.1026.
[75] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, p.186.

- Luz roja: tiene una λ=633[nm], forma parte de la luz visible y es la longitud de onda con más aplicaciones en lectores para uso comercial. Los sistemas ópticos que emiten este tipo de luz son de fuente gaseosa (HeNe).

- Luz intermedia: posee una λ=750[nm], es relativamente imperceptible al ojo humano (parte de su espectro cae en la longitud de onda infrarroja) y dificulta la lectura de los colores verde y azul. Por sus características, los lectores que emitan el espectro intermedio podrán emplear diodos láser como fuente luminosa.

- Luz infrarroja: por su λ=930[nm] se encuentran fuera del rango de la luz visible. Los lectores de códigos de barras que emiten rayos infrarrojos pueden leer etiquetas que contengan tintas con alto contenido de carbón y que no estén impresas en papel térmico.[76]

3.3 Sistemas de lectura

Un lector de código de barras es un sistema que extrae por medio del reflejo de la luz rechazada por el código la información albergada en las barras y espacios de éste, posteriormente la información es convertida al sistema binario que es fácilmente comprendido por una computadora que cuente con el software adecuado.

El siguiente diagrama de bloques muestra de manera general la estructura de los sistemas de lectura para códigos de barras:

[76] *Ídem*.

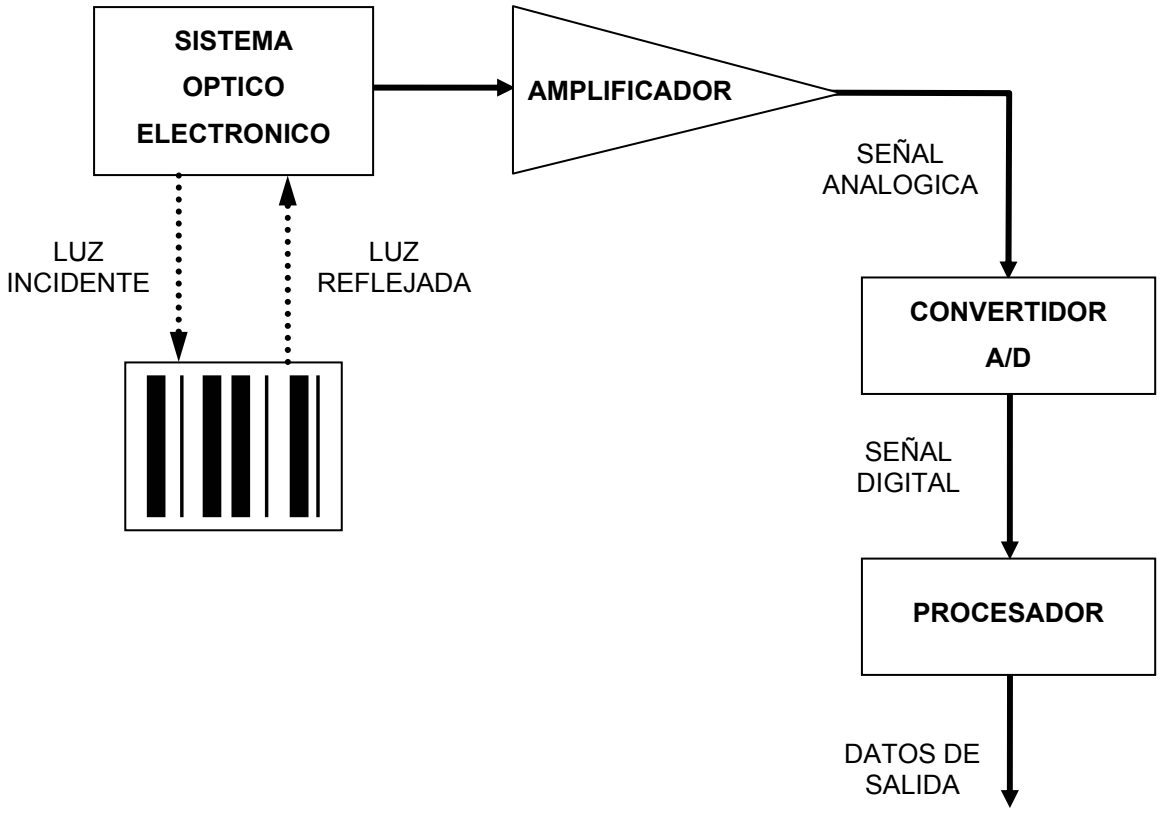


Figura 29. Esquema típico de un sistema lector de código de barras.

El sistema óptico electrónico incluye la fuente luminosa y un fotodetector que emite a su salida una señal analógica que es copia fiel del código de barras que se desea leer. Véase figura 30.

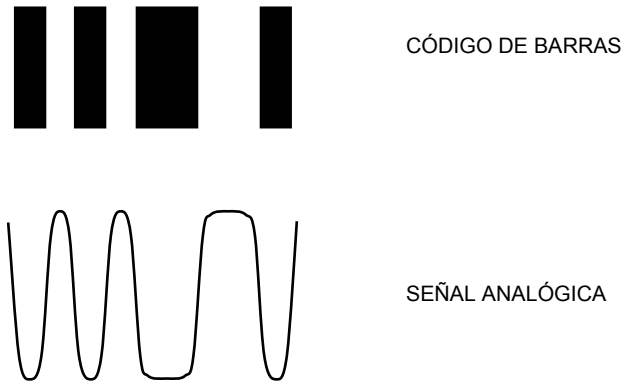


Figura 30. Señal analógica procedente del sistema óptico electrónico.

La siguiente etapa del sistema lector es la de amplificación, esta etapa tiene la tarea de aumentar el voltaje de la señal de salida proveniente del sistema óptico electrónico, una vez hecho esto, el convertidor analógico/digital (A/D) manipula el

voltaje analógico para transformarlo en una señal puramente digital, por tal motivo el conversor A/D también es conocido como digitalizador.[77] Véase figura 31.

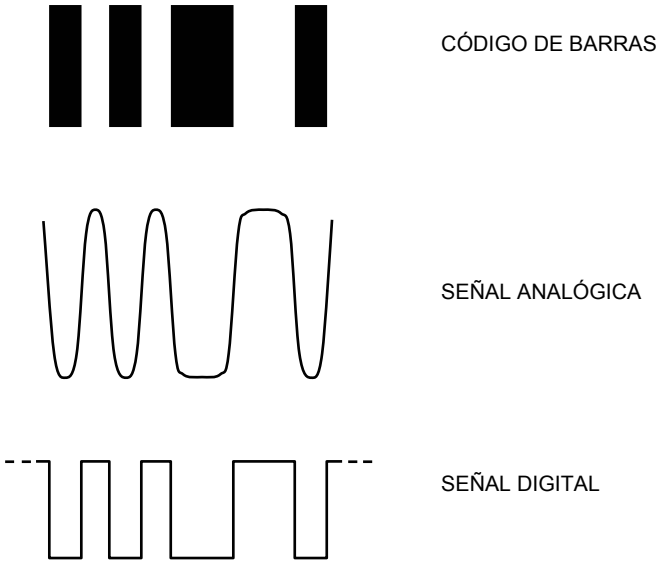


Figura 31. Señal digital proveniente del conversor A/D.

El bloque final del sistema lector recibe una señal digital ya adecuada para el procesador que debe contener un algoritmo diseñado específicamente para manejar la señal arrojada por el convertidor A/D.

3.4 Dispositivos de lectura: diferencias y características

Existen tres clasificaciones para los lectores ópticos de códigos de barras:

- Entrada de datos por teclado: este tipo de lectores son conectados a una computadora y transmiten la información al mismo tiempo que esta es leída del código.[78]

- Lectores portátiles o sistemas intermitentes: son lectores operados con baterías. La recolección de datos es por medio de uno o varios equipos portátiles que almacenan la información en su memoria; posteriormente, el lector es conectado a una terminal de la computadora central para extraer la información que se encuentra almacenada en el sistema intermitente.

[77] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.109.
[78] http://www.codigodebarras.com/tipos%20de%20lectores.htm

Estos sistemas tienen poca memoria, por lo cual es limitado el número de datos que pueden almacenar.[79]

- Lectores de radiofrecuencia o sistemas interactivos: al igual que los sistemas intermitentes, los lectores de radiofrecuencia almacenan información en memoria, sin embargo, la información es transmitida en tiempo real a una computadora mediante señales de radiofrecuencia. El empleo de tiempo real permite que la computadora administre los datos y se cuente de manera instantánea con la información necesaria para la toma de decisiones.[80]

Los lectores ópticos mencionados en el primer inciso presentan la desventaja de estar conectados a una computadora. Si en una bodega es necesario realizar un inventario del material o equipo con que se cuenta, tomará tiempo y será muy incómodo trasladar todo lo que será inventariado hasta el lugar en que se encuentra la computadora. Por tal motivo, en situaciones como ésta el uso de terminales portátiles es una excelente opción.

Entre los sistemas intermitentes y los sistemas interactivos existen notables diferencias, por ejemplo, en los lectores ópticos interactivos se cuenta con las siguientes ventajas:

- Verificación inmediata de datos: conforme el usuario introduce datos, la computadora puede verificar su validez y dar al usuario respuestas variables dependiendo de su validez.

- Verificación sofisticada de datos: un sistema de radiofrecuencia revisa más variables cuando realiza la verificación de datos, a diferencia de un sistema intermitente que solamente puede comparar un número de parte contra los últimos números de parte que fueron enviados al equipo portátil. Un sistema interactivo puede verificar un número de parte contra el inventario completo en cualquier momento.[81]

Es importante destacar que los dos puntos antes mencionados, reducen el número de errores que se podrían generar manualmente.

Los sistemas intermitentes también tienen ventajas:

- Bajo costo: el equipo interactivo tiene aplicaciones en tiempo real, esto implica el uso de tecnología de sistemas de radiofrecuencia, que es costoso. Los precios para un sistema intermitente son mucho menores que cualquier interactivo.

[79] http://www.codigodebarras.com/tipos%20de%20lectores.htm
[80] http://www.udec.cl/~ssantand/verdadero.doc
[81] *Ídem*.

- Confiabilidad: Los sistemas intermitentes envían su información a una sola terminal o unidad estacionaria sin depender de la computadora central. Si alguna unidad estacionaria falla, se remplaza con otra; si falla la computadora central se puede continuar con el proceso de recolección de datos.[82]

3.5 Tipos de lectores

El funcionamiento de cualquier lector de esta clase de tecnología de identificación por medio de barras y espacios, se realiza mediante un rayo de luz en movimiento que atraviesa al código de un extremo a otro; sin embargo, las características físicas de cada lector óptico son diferentes. La elección del tipo de lector dependerá del uso que se le de al código de barras y al ambiente de trabajo (bajo techo o intemperie).

Muchas son las opciones disponibles para la elección de dispositivos para la lectura de códigos de barras, a continuación se mencionarán algunas de estas opciones:

- Lector óptico tipo lápiz o también llamado lector tipo pluma: consta de una fuente luminosa (un diodo emisor de luz, sus siglas en inglés son LED) y un fotodiodo colocados uno cerca del otro en uno de los extremos del lápiz (véase figura 32). Se debe deslizar el lector a lo ancho de la simbología para obtener la lectura del código. El fotodiodo mide la intensidad de la luz reflejada por los espacios en blanco, provocando que éste genere un voltaje que será una copia fiel de las barras y espacios de la simbología.



Figura 32. Lector óptico tipo lápiz.

- Dispositivo lector portable de acoplamiento de carga: su nombre proviene de sus siglas en inglés CCD (Charge Coupled Device) y es un lector cuya cabeza mide de 5 a 10 centímetros. Gracias a un arreglo de fotodiodos es posible leer el código de barras, paso siguiente, la información se transforma a una señal eléctrica similar a la de un lápiz óptico. Es un

[82] http://www.udec.cl/~ssantand/verdadero.doc

dispositivo ligero y pequeño que puede incluir un decodificador y un indicador de lectura visual y/o auditivo. Se activa por medio de un interruptor o al detectar un código de barras.[83] La superficie a leer puede ser ligeramente curva y el lector puede encontrarse a no más de 2.5 centímetros de ella; esto no es posible en un lector tipo lápiz, para ese caso la superficie será plana en su totalidad y el lector prácticamente debe hacer contacto con la simbología.

- Lectores láser de radiofrecuencia: es el mejor dispositivo para lecturas de códigos de barras. Como su nombre lo indica, este tipo de lector óptico usa un rayo láser como fuente de luz, asimismo, emplea un juego de espejos o un prisma que ayuda a concentrar el rayo. Las superficies curvas e irregulares pueden ser leídas sin ningún problema por lectores de este tipo. Una gran ventaja de los lectores láser es que la distancia entre el lector y el código puede ser entre 12 y 68 centímetros. Los lectores láser pueden tener su fuente luminosa a través de un LED láser que emite este tipo de radiaciones o por medio de un tuvo transductor del tipo helio-neón (HeNe) que irradia luz roja visible.[84]

- Lectores fijos: estos sistemas se encuentran fijos en un lugar y es necesario llevar hacia ellos el código de barras para ser leído en forma manual o automática. Existen 6 presentaciones distintas en lectores de tipo fijo:

    1. Lector manual fijo de haz simple lineal: la luz emitida por la fuente luminosa del lector es un haz de color rojo (λ=633[nm]) que recorre en línea recta toda la simbología a una distancia máxima de 1 metro.[85]

    2. Lector manual fijo multi-axial: a diferencia del lector anterior, los lectores de luz multi-axial radian de 3 a 4 líneas rectas simultáneamente sobre el código a leer. Es muy común encontrar este tipo de lectores en supermercados, pues al radiar más de una línea no es necesario, generalmente, una orientación especial del código de barras.[86]

    3. Lector fijo manual de ranura: los lectores comúnmente usados para control de accesos, control de tiempo y sistemas de seguridad son los lectores de ranura. Se encuentran acompañados de una terminal de procesamiento de datos, de este modo, es posible saber de forma inmediata si el usuario, después de deslizar su tarjeta con código de

[83] ERDEI, GUILLERMO E., Código de Barras: Diseño, impresión y control de calidad, p.190.
[84] *Ibíd*., p.190.
[85] *Ibíd*., p.191.
[86] *Ídem*.

barras a través de una ranura, tiene acceso a un área restringida u otro tipo de servicio.

4. Lector automático fijo omnidireccional: en fábricas y en algunas compañías de paquetería son muy usadas las bandas transportadoras para mover los productos que se manipulan, muchas veces los productos son colocados sobre la banda en cualquier posición. Esto ocasiona que los lectores a utilizar en empresas como éstas sean de tipo omnidireccional. El que un lector óptico sea omnidireccional significa que la fuente luminosa emitirá más de 8 líneas en distintas direcciones que detectarán la simbología del código dando inicio a la lectura del mismo.

5. Lector automático fijo unidireccional: al igual que el lector fijo omnidireccional, este lector óptico se implementa en bandas transportadoras de alta velocidad, la diferencia entre ambos dispositivos de lectura radica en que en el lector unidireccional sí importa la posición de la etiqueta con el código de barras.[87]

6. Lector automático fijo lineal. Es un lector empleado en bandas transportadoras de velocidad media. Extiende un solo haz de luz sobre el código y leerá la información siempre y cuando la posición de la simbología sea la adecuada.[88]

3.6 Impresión de códigos de barras

El código de barras es una tecnología óptica en la cual cada símbolo dentro del código posee ciertas propiedades visuales, por ello, es imprescindible que cada impresión que se haga de cualquier código de barras se encuentre hecha con la mayor calidad posible.

Cualquier tipo de impresora puede imprimir un código de barras, a simple vista la simbología puede parecer perfecta al ojo humano (aunque se encuentre colmada por errores de impresión). Para verificar la verdadera calidad de una etiqueta de código de barras es necesario pasar sobre ella la luz de un lector óptico, dependiendo de la respuesta del sistema de lectura será posible afirmar si el código impreso cuenta con una calidad aceptable.

[87] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras: Diseño, impresión y control de calidad*, p.192.
[88] *Ídem*.

Las etiquetas de códigos de barras pueden ser de dos tipos: preimpresas o impresas sobre demanda.[89]

- Etiquetas preimpresas o pregrabadas: este tipo de etiquetas proporcionan simbologías de muy alta calidad. Los códigos de barras impresos en este tipo de etiquetas son empleados en lugares en los cuales se requiere de una alta duración y de impresiones que puedan resistir el medio ambiente.

- Etiquetas sobre demanda: los códigos de barras impresos sobre demanda son empleados cuando estos deben contener información que sólo se encuentra disponible al momento de hacerlos.[90]

La forma de crear cualquier etiqueta es utilizando el método fotográfico de película maestra; se diseña un original de la simbología a emplear y se imprime esta película de código de barras con un equipo de fotocomposición computarizada.

La película maestra cuenta con la información que compone al código: espacios, barras, línea de interpretación, zonas mudas, densidad, factor de magnificación y tipo de simbología. También se pueden incluir la fecha de elaboración, así como los nombres y números del cliente y producto.[91] El sistema de impresión para códigos de barras dependerá del material en el que será contenida la etiqueta, pues el plástico, papel y metales como el aluminio son algunas opciones de substratos a emplear.

Por la necesidad de recodificar etiquetas con código de barras erróneo o la codificación de distintas formas de presentación de un mismo producto, así como codificar peso y precio de productos de supermercado al momento (carnes, embutidos, frutas, etc.), entre otras causas, ocasionaron el surgimiento de varios sistemas impresores de etiquetas.[92] Los sistemas para imprimir códigos de barras son siete:

- Sistemas de impresión por impacto: este sistema se encuentra basado en el funcionamiento de las máquinas de escribir mecánicas que emplean un tambor giratorio, pero a diferencia del tambor de la máquina de escribir, el tambor con que cuenta este sistema de impresión posee los caracteres y elementos del código a utilizar. Los caracteres serán impactados en una cinta entintada (hecha en base de poliéster) por un mecanismo de martillo que será controlado por una computadora. Para cambiar el tipo de

[89] http://www.udec.cl/~ssantand/verdadero.doc
[90] *Ídem*.
[91] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, p.90.
[92] *Ibíd*., p.175.

simbología se deberá sustituir el tambor actual por otro que contenga los caracteres del código deseado.[93]

- Sistemas de impresión térmica: es un método que proporciona una gran calidad de impresión. Cuando se eligen algunas partes del papel para ser calentadas o enfriadas, éstas comienzan a cambiar de color formando la imagen que se desea obtener. La impresora térmica convierte los pulsos eléctricos que recibe en energía calorífica y la transmite a una cabeza que contiene de 7 a 12 elementos que se mueven por toda la superficie del substrato.[94]

  El papel térmico inorgánico es un material de gran durabilidad que, gracias a que posee ciertos compuestos en su superficie puede tener una vida promedio de aproximadamente 6 semanas a la intemperie y de 5 a 10 años bajo techo. Este estimado de vida útil lo hace un excelente candidato para usarse en etiquetas de impresión térmica.

- Sistemas de impresión de transferencia térmica: su funcionamiento es similar a las impresoras térmicas y cuenta también con la misma cabeza impresora, pero utiliza una cinta especial que libera la pigmentación al substrato como consecuencia de la acción de la temperatura; el resultado es una imagen de muy buena calidad. La única desventaja que presentan las impresoras de este tipo en comparación con las térmicas es que se debe cambiar la cinta, pues solo se utiliza una vez.[95]

- Sistemas de impresión por impacto de matriz de puntos: la finalidad de estas impresoras es plasmar la simbología de cualquier código de barras mediante una serie de agujas o diminutos martillos sobre el substrato. La computadora envía la información de la imagen a la impresora, ésta dará movimiento a las agujas que impactarán una cinta entintada contra la etiqueta; la unión de todos los puntos originará cada una de las barras y caracteres necesarios para formar el código de barras.[96]

  La resolución en la impresión dependerá del tinte de la cinta, de igual forma es necesario que cada pequeño martillo conserve la misma distancia que cualquiera de sus vecinos, de otro modo la lectura de la etiqueta será difícil o errónea, puesto que la separación entre puntos dentro del código será irregular.

[93] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, p.177.
[94] *Ibíd*., p.176.
[95] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.172.
[96] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, p.178.

- Sistemas de impresión por inyección de tinta: la información proporcionada por la computadora a la impresora ocasiona que ésta suelte, de manera controlada, diminutas gotas de tinta en la etiqueta, originando la impresión de un código de barras. Al no entrar en contacto directo la impresora y el substrato, es posible manejar diversos materiales que son inaceptables en impresoras de impacto o térmicas, tales como: cartón corrugado, plásticos y metales entre otros.[97]

  Las impresiones de calidad en estos equipos se encuentran sujetas a la resolución que tenga cada impresora y a la existencia de suficiente tinta para la impresión.

- Sistemas de impresión láser: las impresoras láser emplean una superficie semiconductora fotosensible para recibir una imagen óptica producida por un haz de luz láser, la forma de la imagen definirá el área de la superficie semiconductora que será expuesta a descargas eléctricas; todo esto con el fin de crear una imagen electrostática que atraerá partículas negras electrostáticamente opuestas (toner). Finalmente, la imagen resultante de todo este proceso será transferida a un papel o etiqueta por medio de presión y/o calor.[98]

  Los sistemas de impresión láser proporcionan etiquetas de muy buena resolución, además las impresiones de etiquetas se desarrollan a altas velocidades.

- Sistemas de impresión electrostáticas: este sistema de impresión es muy parecido al de impresión láser, la imagen se genera por transferencia de cargas electrostáticas procedentes de un generador de iones hacia zonas seleccionadas en el substrato dieléctrico (papel especial); paso siguiente, las partes ionizadas del substrato atraen partículas de toner para que por temperatura y/o presión se fusionen con el papel.[99]

  La calidad del código de barras se encuentra sujeta a la buena o mala transferencia de las cargas electrostáticas.

[97] ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, p.178.
[98] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.174.
[99] *Ídem*., p.176

3.6.1 Colores en los códigos de barras

Algunos lectores de códigos de barras emiten luz roja para leer la simbología del código. Se utiliza luz roja porque dentro de la luz visible es la onda que sufre menos desviaciones, su longitud de onda abarca aproximadamente desde los 633 hasta los 750 nanómetros.[100]

Es muy usual encontrar etiquetas de códigos de barras con barras negras y espacios en blanco en productos de venta al menudeo, como por ejemplo en los artículos que venden los grandes almacenes y centros comerciales, no obstante es posible encontrar etiquetas de código de barras que no contengan estos colores.

Como se vio en el apartado 3.5 de este capítulo, existe más de un tipo de lector óptico para leer códigos de barras, de igual modo, cada técnica de lectura trabaja con distinta longitud de onda, lo cual hace posible encontrar en algunas etiquetas de código de barras colores diferentes al blanco y al negro.

Los lectores que trabajan en un rango de longitud de onda de 630 a 680 nanómetros, deberán leer etiquetas que contengan barras de color negro, azul oscuro, verde oscuro, marrón oscuro y los espacios en color blanco, rojo, naranja y amarillo (véanse las figuras 33 y 34). Es muy importante que lectores con longitudes de onda iguales o superiores a 900 nanómetros lean etiquetas impresas con tinta que contenga carbón para realizar una adecuada lectura.[101]

[100] SERWAY, RAYMOND A.; *Física*, p.998.
[101] http://www.aimglobal.org/technologies/barcode/bcfaqs.asp#Are%20there%20different%20bar%20codes

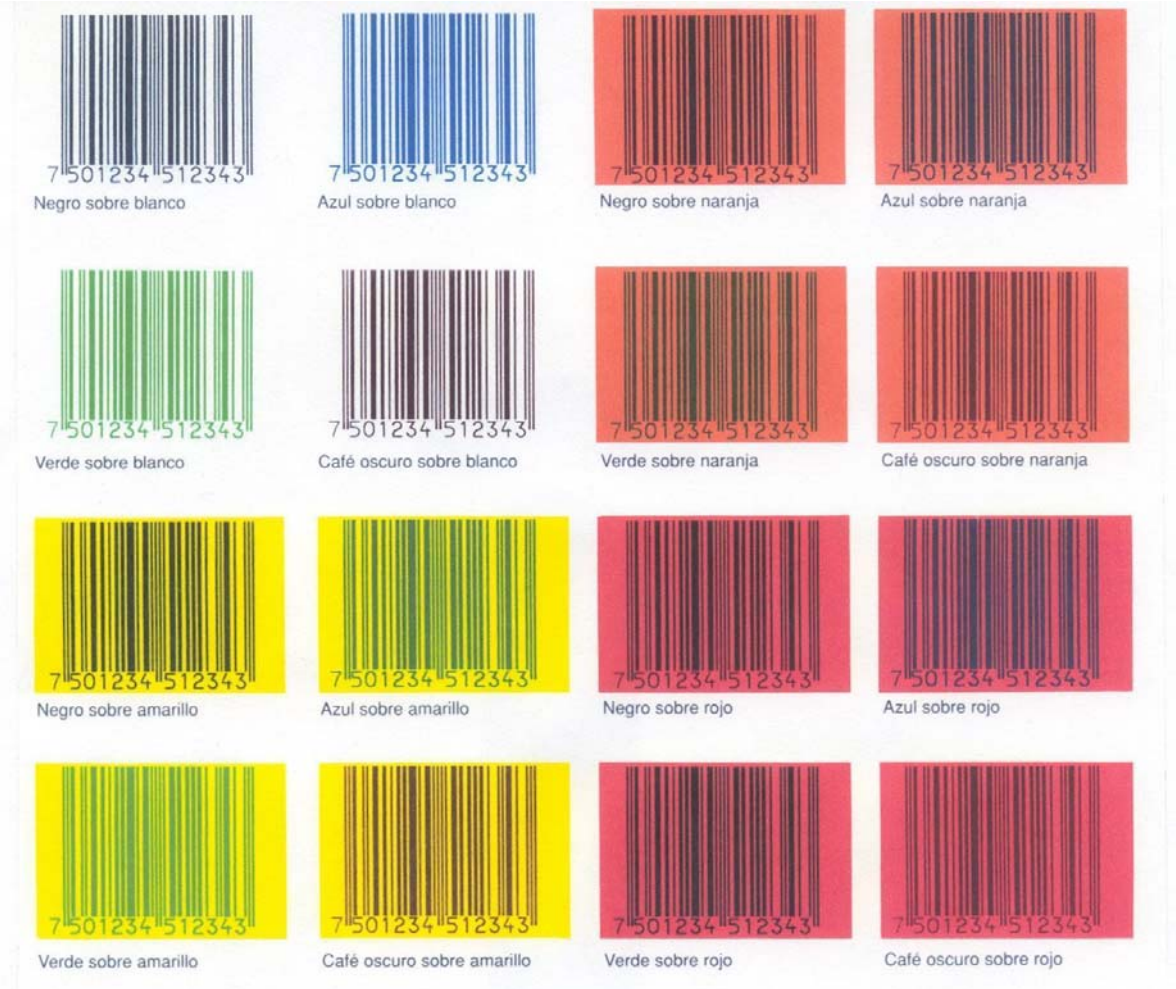


Figura 33. Algunas combinaciones de colores permitidos.

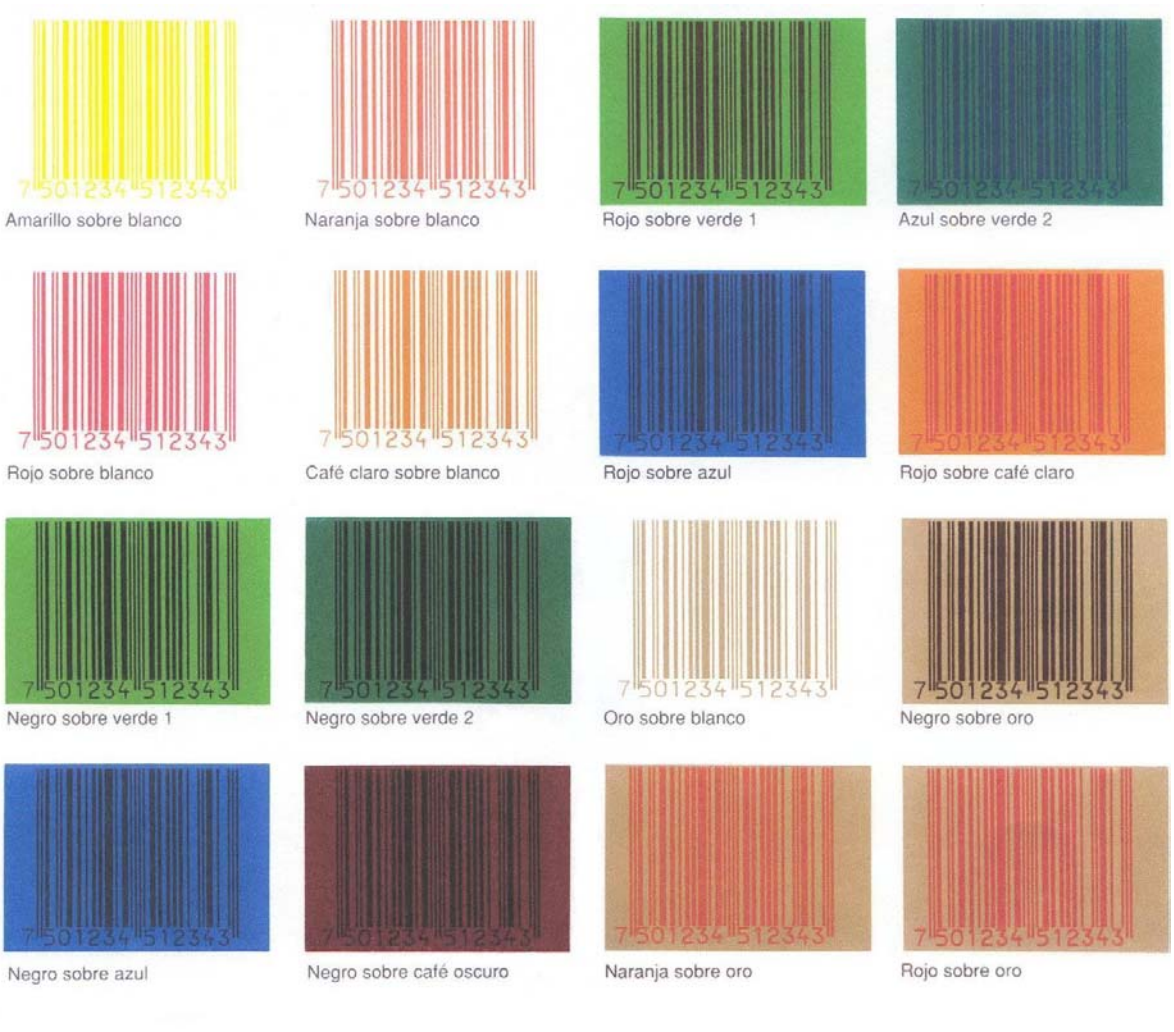


Figura 34. Algunas combinaciones de colores no permitidos.

El material en el que se imprimirá la etiqueta con el código de barras es un factor importante en la elección de los colores que se utilizarán, si la impresión se realiza en un material como el aluminio, una buena elección en los colores de los espacios y zonas mudas serán el blanco, rojo, naranja o amarillo claro. Las barras no serán impresas, pues al tratarse de un material reflectante como lo es el aluminio, lo mejor es dejar que éste tome el papel de las barras en la simbología del código.[102]

[102] http://www.aimglobal.org/technologies/barcode/bcfaqs.asp#Are%20there%20different%20bar%20codes

3.7 Interfases

La señal resultante de la lectura de cualquier código de barras por medio de los distintos dispositivos ópticos de lectura es enviada a un transductor que la convertirá en una señal digital, dicha señal llega a una computadora por medio de una interfase.

Una vez que se haya elegido el lector a usar, se debe seleccionar un decodificador y un tipo de interfase en la computadora.[103]

Al escoger la interfase, se debe considerar lo siguiente:

- Equipo existente: antes de conseguir la interfase para la computadora o terminal, es conveniente saber si la interfase y el equipo con que se cuenta son compatibles entre sí.

- Ubicación de los lectores: la ubicación de los lectores es un factor a considerar cuando se desea una interfase entre el lector óptico y el equipo. Las bodegas y las áreas de compra de algunas tiendas departamentales suelen ser zonas congestionadas o inadecuadas para el equipo de cómputo, esto ocasionará que no cualquier tipo de interfase pueda instalarse.

Los anteriores son dos puntos a considerar para la elección de la interfase que más convenga adquirir para el fin deseado. A continuación se describen las diversas interfases existentes para la entrada de datos por teclado, sistemas intermitentes y sistemas interactivos.

- Decodificador de teclado: el lector óptico de código de barras se conecta entre el teclado y la computadora, simulando que la información extraída de la simbología es introducida a la computadora por medio del teclado. Como la computadora no reconoce si la información es ingresada por medio del teclado o por el lector óptico, esto permite al usuario teclear información cuando el código sea ilegible.

- RS-232: en este caso, los lectores tienen integrado un decodificador que envía la información en forma serial a la computadora.[104] La información de la simbología será transmitida a la computadora en código ASCII, aparentando que la información fue tecleada.

[103] http://www.udec.cl/~ssantand/verdadero.doc
[104] http://www.geocities.com/SoHo/Cafe/8909/barcode.html

- Lectores portátiles intermitentes: el usuario recolecta los datos, después el lector es conectado a la computadora a través del puerto serie de ésta para descargar la información leída de los códigos.

- Lectores de radiofrecuencia: cuando la información a recolectar se encuentra lejos de la computadora, este tipo de lectores son muy prácticos. Los lectores de radiofrecuencia se encuentran en comunicación con la computadora por medio de un módem inalámbrico, haciendo posible el acceso en tiempo real a la base de datos contenida en la computadora.

CAPÍTULO 4

MANEJO DE INFORMACIÓN

OBJETIVO DEL CAPÍTULO

- **Exponer al lector las características de las herramientas empleadas para manipular la información extraída del código de barras y presentar las alternativas de salida óptica, mecánica y eléctrica.**

4.1 Transmisión en serie y paralelo

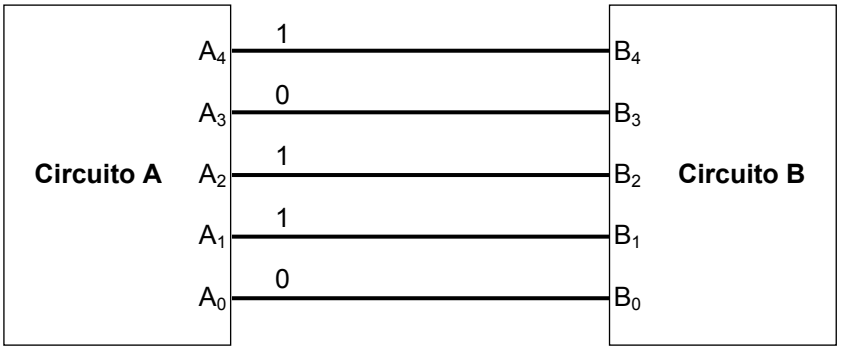
La transmisión de datos es una acción habitual entre sistemas digitales. La información que se transmite puede enviarse a lugares muy lejanos (estaciones de trabajo situadas en ciudades distantes), también cabe la posibilidad de establecer comunicación a distancias mínimas, por ejemplo entre componentes de una misma tarjeta de circuito.

Los dos métodos básicos para la transmisión de información digital son en paralelo y en forma serial.[105] El primero de ellos es la forma más rápida para la transferencia de datos, el emisor y el receptor son conectados entre sí por medio de *n* circuitos idénticos, dichos circuitos transmiten de forma simultánea el patrón de unos y ceros a enviar. El segundo método de transmisión, el serial, consta de una línea para enviar la señal digital del emisor hacia el receptor. Para este tipo de comunicación, la salida del emisor cambiará en intervalos regulares, de acuerdo a la información que se transmita de un punto a otro. Algunos sistemas de transmisión en serie constan de dos líneas y no de una como antes se mencionó, se utiliza una línea para la transmisión de información y el receptor indica por la otra línea al emisor si ha recibido el primer dato para que éste último envíe el siguiente dato.

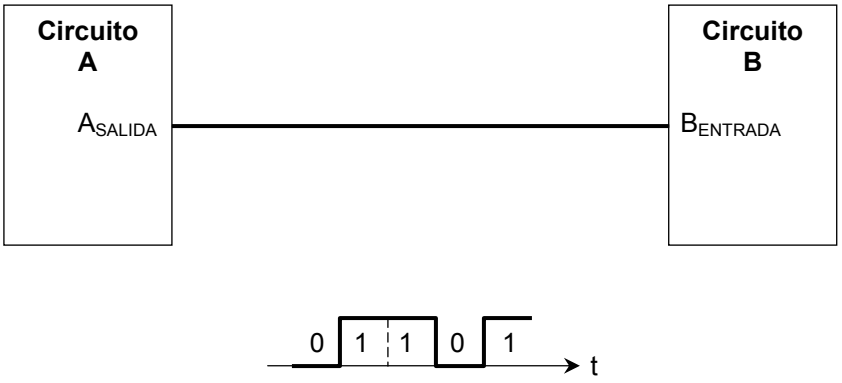
El beneficio de la comunicación en paralelo es la rapidez con que se transmite la información, pues todos los niveles de voltaje se transmiten de manera simultánea, a diferencia de la comunicación en serie que sólo requiere de una línea de comunicación en la cual se transmiten uno a uno los datos y esto la hace más lenta que la comunicación en paralelo.

En la figura 35 (a) y 35 (b) se muestran las formas en que se transmite un número binario (10110) en forma paralela y serial.

[105] TOCCI, RONALD J.; WIDMER, NEAL S., *Sistemas digitales principios y aplicaciones*, p.13.



Transmisión paralela (a)



Transmisión serial (b)

Figura 35. Transmisión paralela y serial.

4.2 Memorias

Al hablar de circuitos digitales es posible distinguir dos tipos de circuitos: con memoria y sin memoria. Al aplicar una señal de entrada a un dispositivo o circuito digital, su salida cambia en respuesta a la entrada, cuando se retira la señal de excitación, la salida puede regresar a su estado original (circuito sin memoria) o puede mantener el nuevo estado aún después de retirada la excitación (circuito con memoria).[106]

[106] TOCCI, RONALD J.; WIDMER, NEAL S., *Sistemas digitales principios y aplicaciones*, p.15.

Los registros de una computadora digital pueden clasificarse ya sea de tipo operacional o de almacenamiento. Un registro operacional puede almacenar información binaria y tiene compuertas combinacionales capaces de realizar tareas de procesamiento de datos. Un registro de almacenamiento se utiliza con el fin de guardar temporalmente información binaria, dicha información no puede alterarse cuando es transferida dentro y fuera del registro. De lo anterior es posible definir el concepto de unidad de memoria, la cual se encuentra formada por un conjunto de unidades de almacenamiento y circuitos asociados para transferir la información dentro y fuera de los registros.[107] El elemento más básico de almacenamiento es la celda binaria. La celda binaria es un elemento que es capaz de almacenar un bit, por tanto, este elemento de almacenamiento binario sólo puede presentar dos estados (1 ó 0). Ahora bien, al agrupar varias celdas binarias se contará con un registro, este registro podrá almacenar un bit por cada celda binaria que posea, es decir, el conjunto de 8 celdas binarias darán origen a un registro de 8 bits también llamado byte.

Cada memoria es diferente en cuanto a operación interna se refiere, no obstante todo sistema de memoria tiene operaciones básicas similares:

- Seleccionar la dirección de memoria a la cual se desee accesar para una operación de lectura o escritura.
- Seleccionar ya sea una operación de lectura o de escritura para ser ejecutada.
- Proporcionar los datos de entrada a ser almacenados en la memoria mientras se realice la operación de escritura.
- Retener los datos de salida provenientes de la memoria mientras se ejecuta la operación de lectura.
- Deshabilitar o habilitar la memoria a manera de obtener o no una respuesta a las entradas de dirección y a la instrucción de lectura/escritura.[108]

Los circuitos sin memoria se encuentran asociados a chips tipo RAM (Random Access Memory, en español memoria de acceso aleatorio). Estas memorias son manipuladas libremente por el usuario para operaciones de lectura y escritura, pero por tratarse de un circuito sin memoria, la información contenida en la RAM se pierde al momento de cortar el suministro de energía eléctrica.

Los circuitos con memoria presentan chips tipo ROM (Read-Only Memory, en español memoria de sólo lectura). En su mayoría, las memorias ROM se programan una sola vez (esta operación se lleva a cabo en la fábrica) y de ahí en

[107] MANO, M. MORRIS, *Diseño digital*, pp.294-295.
[108] TOCCI, RONALD J.; WIDMER, NEAL S., *Sistemas digitales principios y aplicaciones*, p.627.

adelante no es común que su contenido sea alterado. Las memorias de solo lectura son no volátiles y por ello no pierden su información en ausencia de energía; ésta característica de la memoria ROM ocasionó el desarrollo de otras memorias no volátiles como la EPROM y la EEPROM.

Las memorias EPROM son memorias ROM borrables y programables por el usuario (Erasable Programmable Read-Only Memory, en español memoria de sólo lectura borrable y programable). El proceso de programación para este tipo de memorias se realiza por medio de un circuito especial de programación que es independiente a la EPROM. Si se desea borrar la información contenida en la memoria, es necesario exponer el chip a la luz ultravioleta que entrará por una pequeña ventana de la parte superior del chip. Los procesos de borrado y escritura de memorias tipo EPROM pueden ser incómodos por necesitar dispositivos externos para realizar los procesos ya mencionados, por ello se desarrolló una memoria cuyos procesos de borrado y escritura no dependieran de elementos externos.

La EEPROM, también llamada E^2PROM (Electrically Erasable Read-Only Memory, en español memoria de sólo lectura borrable y programable eléctricamente) puede ser programada o borrada eléctricamente desde el chip, lo cual facilita la tarea del programador, pues en el algoritmo que se desarrolle se deben incluir las instrucciones necesarias para borrado y escritura de la EEPROM.

4.3 Microprocesadores

En la actualidad el ser humano cuenta con una herramienta que se ha vuelto, en algunos casos, indispensable en su vida: la computadora. Las computadoras pueden almacenar sin ninguna dificultad grandes cantidades de información digital por períodos cortos o largos. Al igual que el ser humano, las computadoras pueden realizar operaciones de cálculo, pero con la gran diferencia de que una computadora efectúa paso a paso sus operaciones aritméticas. La ventaja de estas herramientas digitales es que todas las operaciones de cálculo las ejecuta con mucha mayor velocidad y exactitud que cualquier persona.

Las computadoras son sistemas de hardware que realizan operaciones aritméticas, las cuales manipulan información y toman las decisiones que su programación indique en cuestión de microsegundos.[109]

Dentro de los diferentes tipos de computadoras, se les puede separar por su tamaño físico, velocidad de operación, capacidad de memoria y de procesamiento;

[109] TOCCI, RONALD J.; WIDMER, NEAL S., *Sistemas digitales principios y aplicaciones*, p.15.

entre muchas otras características. El parámetro que marca la clasificación de las computadoras es su tamaño físico, por lo cual se tienen microcomputadoras, minicomputadoras y los grandes sistemas de cómputo.

Las microcomputadoras son resultado del avance tecnológico en cuanto a circuitos integrados se refiere, pues éstas tienen encapsulados muchos circuitos en un espacio reducido. Entre los circuitos integrados se encuentra el microprocesador (MPU, sus siglas en inglés), al cual se le ha llegado a nombrar como el corazón de cualquier microcomputadora.

Las minicomputadoras son de mayor tamaño que las microcomputadoras, además de ser más veloces, por tal motivo encuentran aplicaciones de tipo industrial y científicas (en escuelas y laboratorios).

Por último, en bancos, grandes corporaciones, universidades y laboratorios científicos es posible encontrar los grandes sistemas de cómputo.[110]

Es importante saber que las microcomputadoras y los microprocesadores son totalmente distintos. Una microcomputadora contiene un MPU. El MPU es un circuito integrado que contiene toda la circuitería de la unidad de control, de la unidad aritmética lógica (sus siglas en inglés, ALU) y algunos registros de transferencia, en otras palabras, el MPU contiene la unidad central de procesamiento (CPU, sus siglas en inglés) de la microcomputadora.

El MPU realiza seis funciones básicas:

- Proporcionar las señales de control y sincronía para todos los elementos de la computadora.
- Buscar y extraer las instrucciones y datos de la memoria.
- Transferir los datos a y desde la memoria.
- Posee instrucciones para decodificar.
- Ejecutar las operaciones aritméticas y lógicas llamadas por las instrucciones.
- Responder a las señales de control generadas por operaciones de entrada/salida (E/S) tales como REINICIO e INTERRUPCIÓN.[111]

La lógica interna de los microprocesadores es demasiado compleja, por tal motivo, se ha dividido al MPU en tres secciones básicas: la sección de control y tiempo, la unidad lógica aritmética y la sección de registros.[112]

[110] TOCCI, RONALD J.; WIDMER, NEAL S., *Sistemas digitales principios y aplicaciones*, p.17.
[111] TOCCI, RONALD J.; AMBROSIO, FRANK J.; LASKOWSKI LESTER P., *Microprocessors and Microcomputers Hardware and Software*, p.210.

La unidad de control y tiempo es la encargada de generar y transmitir las señales que regirán y darán sincronía al MPU, para ejecutar los códigos de instrucciones previamente decodificados.

La ALU es la encargada de realizar las operaciones lógicas y aritméticas. Dichas operaciones pueden ser adición y sustracción, AND, OR, EXOR, desplazamientos, incrementos y decrementos. Esta sección del MPU depende directamente de la unidad de control que determina la operación que realizará la ALU.

En los sistemas digitales se requiere guardar temporalmente la información binaria, la tarea de los registros es almacenar temporalmente los datos binarios en la CPU.

Algunos registros contienen uno de los operandos que intervienen en la operación efectuada por la ALU, así como el resultado de la misma, dichos registros son llamados acumuladores[113] y serán tratados a detalle en el apartado 4.5.1.

Como ya se mencionó, el MPU es un circuito integrado que contiene a la unidad de control y a la ALU, en otras palabras, el MPU es un dispositivo de integración a gran escala que realiza una función lógica con más de 100 compuertas y que lleva en su interior a la CPU. La CPU es la combinación de las funciones de la unidad de control con las funciones de la ALU.

4.4 Microcontroladores

Existen diversos dispositivos capaces de manejar uno o más procesos, a estos dispositivos se les conoce como controladores.[114] Un ejemplo de aplicación que pueden tener los controladores se encuentra presente en el proceso de regulación de la temperatura del motor de un vehículo automotriz, el controlador que regula el proceso de enfriado dispone de un sensor que constantemente verifica la temperatura interna del motor, cuando el calor excede los límites prefijados, el controlador genera las señales necesarias para activar el sistema de enfriamiento que hará descender la temperatura dentro de un rango determinado.

---

[112] TOCCI, RONALD J.; AMBROSIO, FRANK J.; LASKOWSKI LESTER P., *Microprocessors and Microcomputers Hardware and Software*, p.211.
[113] KHAMBATA, A. J., *Microprocesadores/Microcomputadores: arquitectura, software y sistemas*, p.25.
[114] CUENCA, MARTIN E., ANGULO, JOSÉ MA., ANGULO MARTINEZ, I., *Microcontroladores PIC: la solución en un chip*, p.5.

En la década de los sesenta los únicos elementos empleados en la construcción de los controladores eran los componentes de lógica discreta. Actualmente y gracias al avance de la tecnología, es posible incorporar todos los elementos que conforman a un controlador dentro de un pequeño chip de alta escala de integración, a este tipo de circuito integrado se le denomina microcontrolador (sus siglas en ingles son MCU).

La configuración básica de cualquier MCU consta de los siguientes seis componentes:

- Memoria RAM.
- Memoria de tipo ROM.
- Líneas de E/S.
- Módulos para control de periféricos.
- Generador de impulsos de reloj.
- Procesador o CPU.[115]

Una parte de la memoria del MCU es no volátil (ROM) y será la encargada de contener el programa de instrucciones. La otra parte de la memoria es volátil (RAM) y tendrá la tarea de contener las variables y los datos.[116]

Las líneas de E/S tienen la función de comunicar a todo el sistema con los dispositivos periféricos exteriores, para esta labor, el MCU está dividido en módulos que comprenderán controladores específicos para cada periférico y de este modo las líneas de E/S proporcionarán las señales de entrada, señales de salida y de control.[117]

Dentro del chip del MCU se encuentra incorporado un circuito oscilador capaz de generar una señal de onda cuadrada de alta frecuencia que configura los impulsos de un circuito de reloj (también incorporado al MCU) usados en la sincronización de todas y cada una de las operaciones del sistema. Es posible aumentar la frecuencia del reloj para disminuir el tiempo de ejecución de cada instrucción, sin embargo, un aumento en la frecuencia de la señal de reloj conlleva a un aumento en el consumo de energía.[118]

---

[115] CUENCA, MARTIN E., ANGULO, JOSÉ MA., ANGULO MARTINEZ, I., *Microcontroladores PIC: la solución en un chip*, p.6.
[116] *Ibíd*., p.16.
[117] *Ibíd*., p.19.
[118] *Ídem*., p.19.

En la actualidad es posible hallar una gran diversidad de modelos en cuanto a MCU se refiere, el tamaño y tipo de memoria pueden diferir de un diseño a otro, así como el número de líneas de E/S y los módulos de control de periféricos. Todo lo anterior ocasiona que la arquitectura de estos circuitos integrados a gran escala varíe para poder ofrecer una amplia gama de opciones que permita seleccionar el más adecuado según la aplicación de la cual se trate.

Existe un elemento de suma importancia dentro del MCU y que siempre se encuentra presente dentro de él: el MPU. Su función es la de actuar como el CPU del MCU y como tal tiene la capacidad de determinar la máxima velocidad de funcionamiento y de almacenamiento de información del MCU.[119]

En la sección anterior se hizo referencia al MPU como el corazón de cualquier microcomputadora y en el párrafo anterior se hace mención de que dentro del MCU él es quien actúa como su CPU. Es totalmente erróneo pensar que al hacer referencia a una microcomputadora se esté hablando de un MCU, pues son dos conceptos distintos y esto queda muy claro en los siguientes tres puntos:

- El MCU solamente almacena un único programa de trabajo en su memoria ROM.

- En las microcomputadoras existen sistemas de almacenamiento masivo de información como lo son los discos duros y las unidades de discos flexibles o disquets.[120]

- En comparación con las microcomputadoras los MCU cuentan con poca capacidad de memoria, por ejemplo, el 68HC11 de Motorola puede tener entre 20 bytes y 1Kb de memoria RAM y de 512 bytes a 20Kb en memoria tipo ROM.

4.5 El MC68HC11

El MC68HC11 de la marca Motorola es un MCU que básicamente se encuentra formado por un MPU, dispositivos de memoria y consta de todos los circuitos necesarios para el funcionamiento de las líneas de E/S.

Los elementos de la estructura interna del MPU 68HC11 que son empleados para el desarrollo práctico de esta tesis son mencionados a continuación:

[119] TOCCI, RONALD J.; AMBROSIO, FRANK J.; LASKOWSKI LESTER P., *Microprocessors and Microcomputers Hardware and Software*, p.209.
[120] CUENCA, MARTIN E., ANGULO, JOSÉ MA., ANGULO MARTINEZ, I., *Microcontroladores PIC: la solución en un chip*, p.16.

- Tres registros de 16 bits cada uno: registro índice X, registro índice Y y el registro de apuntador de pila.

- Dos registros de 1 byte cada uno: el acumulador A y el acumulador B. La combinación de ambos acumuladores dan origen a un acumulador de 16 bits llamado acumulador D o doble acumulador D, en donde el acumulador A es la parte alta (bits más significativos) y el acumulador B es la parte baja (bits menos significativos).

- Un registro de código de condición conformado por 8 bits que reflejan el estado del CPU.

- Tres registros de tiempo relacionados con el contador libre de 16 bits.

4.5.1 Acumuladores

El principal registro de trabajo en el MCU es el acumulador, pues normalmente contiene el operando utilizado en una operación lógica o aritmética y es también el registro que guarda el resultado de dicha operación.

Cualquier acumulador puede funcionar como un registro de destino o como registro fuente. Puede ocurrir que alguna instrucción del programa llame al contenido de cierta localidad de memoria para ser sumada o comparada con el actual contenido del acumulador y almacenar el resultado de la operación en dicha localidad de memoria; en este tipo de situaciones, el acumulador actuará como registro fuente. Cuando el acumulador trabaja como registro de destino, el programa llama al contenido de una localidad de memoria para sumarlo o compararlo al contenido actual del acumulador y guardar el resultado dentro del acumulador.

Es conveniente que los acumuladores se inicialicen con el valor de cero al principio de cada programa, con la finalidad de que el contenido actual del acumulador no interfiera con futuras operaciones que serán efectuadas por el programa.

Los acumuladores únicamente guardan datos, aunque pueden guardar el contenido de una localidad de memoria si el programa lo pide. La forma en que el dato contenido en la memoria es transferido al acumulador dependerá de las instrucciones empleadas en el programa y del registro índice. Si bien este registro participa en el direccionamiento de la memoria y puede modificar alguna dirección no es íntegramente un registro de almacenamiento como lo es el acumulador.

4.5.2 Registro índice

El 68HC11 cuenta con dos registros índice, el registro índice X y el registro índice Y. Estos registros son de 16 bits cada uno y su tarea es guardar una dirección determinada de la memoria del MCU e incluso es posible que estos registros puedan almacenar el contenido de alguna localidad de memoria.

Una aplicación especial de los registros índice es el direccionamiento indexado, que ocurre cuando se combina alguno de estos registros de 2 bytes con cualquier acumulador de 8 bits e incluso con el doble acumulador D. El direccionamiento indexado es una herramienta muy efectiva cuando es utilizada en programas que requieran acceder a tablas o cadenas de datos dentro de la memoria; la forma en que se busca el dato deseado es tomando la dirección del registro índice, se le suma un desplazamiento (offset en inglés) de hasta 8 bits y el resultado de dicha suma es la dirección en que se encuentra el dato buscado.

4.5.3 Banderas

Las operaciones lógicas o aritméticas realizadas por la ALU pueden dar un resultado distinto o igual a cero, generar o no un acarreo, desencadenar un sobreflujo u otro tipo de estado resultante de las operaciones de la ALU.

Toda la información sobre el estado de la CPU es contenida en un registro de código de condición (CCR, sus siglas en inglés) después de ejecutarse una instrucción. El CCR está compuesto por una serie de bits (de estados y de control) que reflejan la situación de ciertos dispositivos lógicos de la CPU.

En un MCU como el 68HC11 el CCR cuenta con 8 bits denominados banderas, cada bandera indica una función única y específica sobre el estado de la CPU. En la figura 36 se muestra la distribución de cada una de las banderas del CCR.

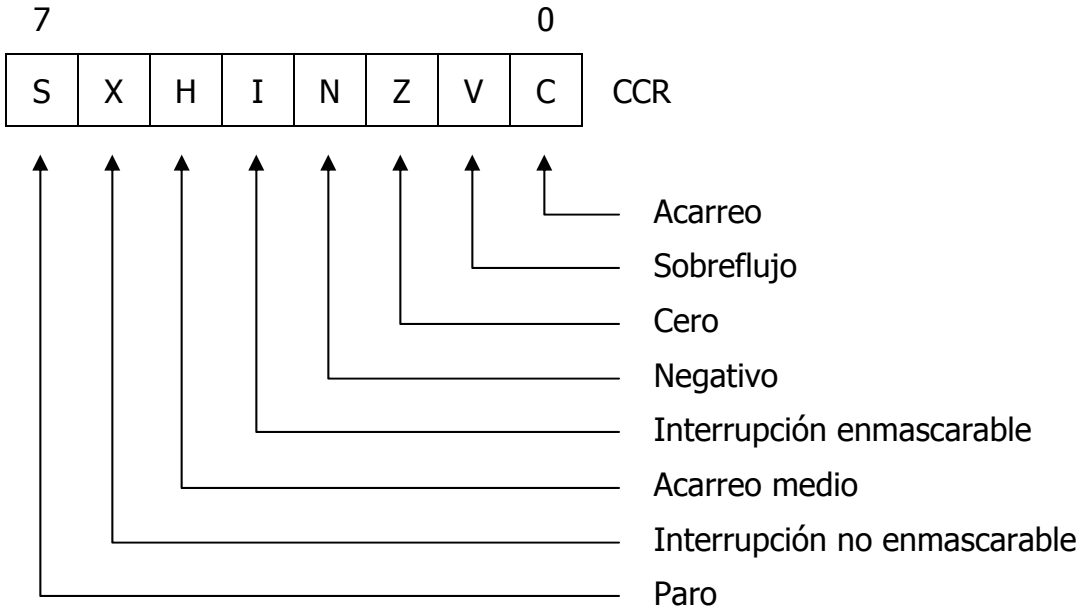


Figura 36. Registro de código de condición

El CCR contiene 5 indicadores de estado, 2 bits para interrupciones (X e I) y un bit para la instrucción de STOP.

Las banderas que reflejan el resultado de las operaciones aritméticas en la CPU por el uso de ciertas instrucciones, son las banderas C, V, Z, N y H.

- Bandera S: La bandera de paro permite habilitar o deshabilitar la instrucción STOP. Si S=0 se habilitará la instrucción de STOP, deteniendo el oscilador del MCU.

- Bandera X: Esta bandera se ocupa de indicar la existencia de interrupciones no enmascarables con un valor lógico alto.

- Bandera H: El bit de acarreo medio es empleado en aritmética con números en BCD. La bandera H es 1 cuando en una suma se produce un acarreo del tercero al cuarto bit.

- Bandera I: Al ocurrir una interrupción enmascarable se activará esta bandera (I=1).

- Bandera N: El bit N normalmente esta en 0, pero será 1 siempre y cuando el bit más significativo del resultado de una operación sea negativo. Un 1 representa un número negativo y un 0 un número positivo.

- Bandera Z: Esta bandera es 1 cuando la operación efectuada dio resultado nulo o cero, cualquier otro resultado ocasionará un estado bajo en la bandera.

- Bandera V: Es la única bandera de sobreflujo o sobrecapacidad. El bit V se pone en uno usando aritmética de complemento a 2, en la que al sumar dos números el resultado produce un número más grande que la capacidad de almacenamiento del registro.

- Bandera C: esta bandera tiene un estado alto en los siguientes casos:

    1. Al realizar una suma y el resultado produce un acarreo de salida.

    2. En instrucciones de sustracción o comparación si el valor absoluto del sustraendo es mayor que el valor absoluto del minuendo.

    3. Por la instrucción SEC.

Existe un caso especial en que la bandera C puede llegar o no a un valor de estado alto. El aplicar las instrucciones de corrimiento y rotación no aseguran un acarreo, esto dependerá de la existencia de un 1 lógico en el bit más significativo del acumulador o localidad de memoria al cual se le realizará un corrimiento o rotación a la izquierda, si el corrimiento o rotación es hacia la derecha es necesario contar con un valor alto en el bit menos significativo en la memoria o acumulador

4.5.4 Registro de apuntador de pila

El concepto de apuntador de pila no puede ser comprendido en su totalidad si antes no se puntualiza a detalle lo que es la pila dentro de la memoria. La pila es una porción de la memoria tipo RAM cuyo objetivo es el de almacenar temporalmente información que se cambia frecuentemente dependiendo del contenido generado por las instrucciones del programa en algunos registros internos del MPU.

La fracción de memoria reservada para la pila tiene un funcionamiento que opera de una forma muy especial. Supóngase que se cuenta con cuatro datos, el A, B, C y D; estos datos se almacenan uno por uno en la pila iniciando con el dato A y finalizando el almacenamiento con el dato D. Una vez guardado el primer dato, el siguiente dato a depositar en la pila será almacenado en la dirección próxima inferior que se encuentre disponible y así sucesivamente con los datos subsecuentes. La recuperación de los datos resguardados en la pila se realiza en orden opuesto al cual fueron almacenados, en otras palabras, el primer dato en

ser recuperado será el D y el último en abandonar la pila es el dato A. Esta singular manera de actuar de la pila es conocida como primero en entrar, último en salir.

Una de las funciones que ofrecen cualquiera de los dos registros índice es almacenar una u otra dirección de memoria del MPU, dentro de la pila, la tarea de almacenar la dirección del dato a guardar o recuperar es realizada por el registro de apuntador de pila o SP (en inglés Stack Pointer). Este registro de pila decrementa su valor cada vez que se introduzcan datos en la pila e incrementa su valor siempre y cuando se extraigan los datos que se encuentran dentro de esta porción de la memoria RAM. Véase figura 37.

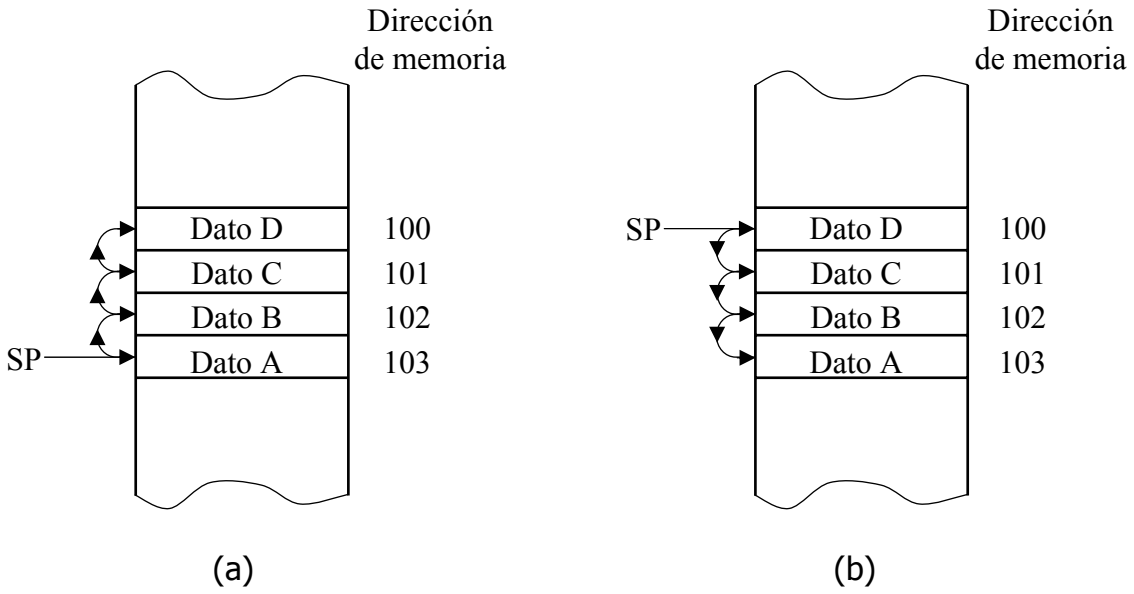


Figura 37. Al ingresan valores en la pila, el valor del apuntador de pila se decrementa (a) y al recuperar los valores ingresados el apuntador de pila incrementa su valor (b).

4.5.5 Capturadores de entrada

El MCU 68HC11 posee un contador libre o temporizador principal de 16 bits, que desde el valor de cero se incrementa hasta llegar al valor hexadecimal FFFF y al incrementar este valor la cuenta se reinicia desde cero y continúa nuevamente incrementándose sin que el usuario tenga control alguno sobre este contador libre, no obstante, es posible conocer el valor de esta cuenta de ciclo sin fin por medio de algunos registros del MCU relacionados con el temporizador principal.

Los párrafos subsecuentes del presente apartado están dedicados a describir el funcionamiento de los registros relacionados con el contador libre que se emplean en esta tesis.

El MC68HC11 de Motorola cuenta con tres capturadores independientes, cada uno de ellos es de 16 bits (8 bits para la parte alta y los restantes 8 bits son para la parte baja).[121]

La siguiente tabla muestra el nombre de los registros de cada uno de los capturadores, así como su dirección en memoria:

No. de capturador	Registro	Parte alta	Parte baja
1	TIC1	$1010	$1011
2	TIC2	$1012	$1013
3	TIC3	$1014	$1015

Figura 38. Localidades de memoria de los tres capturadores de entrada.

La finalidad de los capturadores de entrada es detectar el instante exacto en que se ha presentado un flanco de la señal. Cada vez que por la entrada del capturador se detecta un flanco, se almacena en alguno de los tres capturadores que el programador haya seleccionado previo al suceso, el valor del contador libre y se produce una interrupción.

El primer registro de banderas de tiempo el TFLG1 (en inglés Timer FLaG register 1) contiene las banderas de cada capturador. Los bits que se activan cuando se produce alguna interrupción proveniente de los capturadores deberán ser borrados antes de terminar la rutina de interrupción. La forma de borrar los bits activados en el TFLG1 es poniendo a 1 el bit que corresponda al capturador con que se esté trabajando.[122] La distribución de los pines del TFLG1 se muestran en la figura 39:

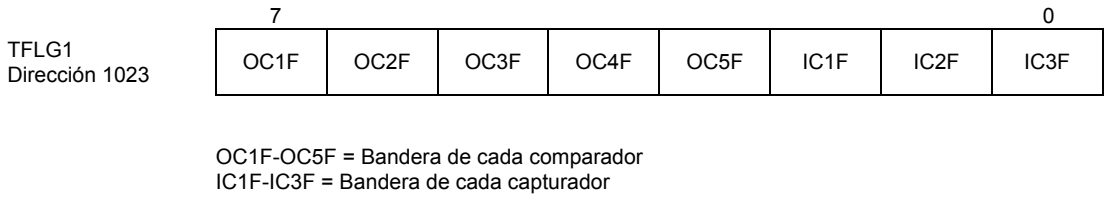


Figura 39. Primer registro de banderas del temporizador. Al escribir valores lógicos altos se limpiarán las banderas correspondientes

[121] TOCCI, RONALD J.; AMBROSIO, FRANK J.; LASKOWSKI LESTER P., *Microprocessors and Microcomputers Hardware and Software*, p.390.
[122] *Ibíd*., p.392.

La captura de cualquier flanco se programa mediante la combinación de 2 bits que afectan con cuatro posibles acciones a los registros de captura. El registro que contiene a los 2 bits antes mencionados es el TCTL2 o segundo registro de control de tiempo (en inglés Timer ConTroL register 2).[123] Los arreglos y efectos de cada bit del TCTL2 que afectan a los capturadores son:

TCTL2
Dirección 1021

7							0
0	0	EDG1B	EDG1A	EDG2B	EDG2A	EDG3B	EDG3A

EDGXB	EDGXA	Estado del capturador
0	0	Capturador deshabilitado.
0	1	Captura de flancos de subida.
1	0	Captura de flancos de bajada.
1	1	Captura de flancos de subida y bajada.

Figura 40. Distribución de pines del TCTL2 y tabla de acción a realizar dependiendo del capturador activado.

El funcionamiento de los capturadores de entrada se encuentra, por un lado, estrechamente ligado al valor del contador libre y por otro, a la configuración que tenga el puerto A. Los bits del puerto A no son exclusivos de los capturadores, existen otros recursos del 68HC11 que comparten a este puerto de 8 bits. Los primeros 3 pines de este puerto (PA0, PA2 y PA2) son pines de entrada, del pin PA3 a PA6 son las salidas del puerto y finalmente el pin PA7 es de tipo bidireccional (puede actuar como entrada o salida).[124] Sin embargo, esta configuración de pines puede ser modificada por el usuario mediante el algoritmo indicado.

Todas las funciones asignadas al puerto A se muestran en la figura 41:

[123] TOCCI, RONALD J.; AMBROSIO, FRANK J.; LASKOWSKI LESTER P., *Microprocessors and Microcomputers Hardware and Software*, p.391.
[124] *Ibíd*., p.367.

	7							0
PUERTO A Dirección 1000	PA7 PAI OC1	PA6 OC2 OC1	PA5 OC3 OC1	PA4 OC4 OC1	PA3 OC5 OC1	PA2 IC1	PA1 IC2	PAO IC3

PA0-PA2	Bits de entrada.
PA3-PA6	Bits de salida.
PA7	Bidireccional.
OCX	Salidas de comparadores.
ICX	Capturadotes de entrada.
PAI	Acumulador de pulsos.

Figura 41. Distribuciones de pines en el puerto A y funciones asociadas a ellos.

4.5.6 Interrupciones

Las interrupciones son eventos generados de forma interna o externa al MCU. Al presentarse una interrupción, el MCU abandona el programa que se esté ejecutando para realizar una rutina de servicio en atención a la interrupción. La dirección de inicio de la rutina de servicio se encuentra especificada en una parte de la memoria denominada tabla de vectores de interrupción.

Existen tres tipos de interrupciones:

- Interrupción enmascarable: son interrupciones que pueden inhibirse al manipularse el contenido del bit I del registro CCR. El comando que permite habilitar interrupciones es el CLI (pone a cero el valor del bit I), con la instrucción SEI se inhiben las interrupciones pues el valor del bit I será de uno.

- Interrupción no enmascarable: como su nombre lo indica, son interrupciones que no pueden inhibirse. Son las interrupciones generadas, ya sea por un fallo en el MCU, alguna instrucción ilegal, por RESET o por la interrupción externa XIRQ.

- Interrupciones por software: estas interrupciones son de tipo no enmascarables y son las producidas por la instrucción SWI. Son interrupciones que ocurren en instantes totalmente conocidos, pues el programador es quien incluye la instrucción SWI dentro del programa.

4.5.6.1 Interrupción en tiempo real

La interrupción en tiempo real es una interrupción de tipo enmascarable, se produce en ciertos períodos fijos de tiempo que son programados por medio del registro de control de acumulador de pulsos llamado PACTL (en inglés Pulse Accumulator ConTroL register) que se encuentra asociado al temporizador principal de 16 bits.

Los registros asociados a una interrupción en tiempo real son, como ya se dijo, el registro de control de acumulador de pulsos el PACTL, que es el registro que dependiendo de los valores de sus bits RTR1 Y RTR0 se establecerá el período de tiempo en que se producirá la interrupción en tiempo real. El contenido del segundo registro de máscara de interrupción del temporizador, llamado TMSK2 (en inglés Timer interrrupt MaSK2 register) permitirá activar o desactivar éste tipo de interrupciones. El bit 6 del segundo registro de banderas del temporizador, el TFLG2 (en inglés Timer interrupt FLaG2 register) es el que indica a la CPU que hay una interrupción en tiempo real pendiente, por lo cual, al ocurrir la interrupción se debe poner en estado bajo al sexto bit del registro TFLG2.

Para un cristal de 8[MHz] los intervalos de tiempo para una interrupción de tiempo real así como la distribución de bits de los registros que permiten la habilitación de éste tipo de interrupción es la siguiente:

PACTL
Dirección 1026

7							0
DDRA7	PAEN	PAMOD	PEDGE	0	0	RTR1	RTR0

DDRA7: dirección de datos del pin 7 del puerto A.
0 = entrada.
1 = salida.
PAEN: habilitación del contador de pulsos.
0 = activado.
1 = desactivado.
PAMOD: modo de funcionamiento del acumulador de pulsos.
0 = modo cuenta de pulsos.
1 = modo duración.
PEDGE: flanco de control del acumulador de pulsos.
0 = flanco de bajada.
1 = flanco de subida.
RTR1–RTR0: bits para el período de la interrupción en tiempo real.

RTR1	RTR0	Intervalo de tiempo
0	0	4.096[ms]
0	1	8.912[ms]
1	0	16.384[ms]
1	1	32.768[ms]

TMSK2
Dirección 1024

7							0
TOI	RTII	PAOVI	PAII	0	0	PR1	PR0

TOI: activación de la interrupción de sobreflujo en el temporizador.
0 = interrupción inhibida.
1 = interrupción permitida.
RTII: activación de la interrupción en tiempo real.
0 = interrupción inhibida.
1 = interrupción permitida.
PAOVI: permiso de interrupción de sobreflujo en el acumulador de pulsos.
0 = modo cuenta de pulsos.
1 = modo duración.
PAII: permiso de interrupción por evento en el acumulador de pulsos.
0 = interrupción inhibida.
1 = interrupción permitida.
PR1–PR0: selección del factor de división de la señal de reloj del temporizador.

PR1	PR0	Dividir E entre
0	0	1
0	1	4
1	0	8
1	1	16

TFLG2
Dirección 1025

7							0
TOF	RTIF	PAOVF	PAIF	0	0	0	0

TOF: bandera de interrupción de sobreflujo del temporizador.
RTIF: bandera de interrupción de tiempo real.
PAOVI: permiso de interrupción de sobreflujo en el acumulador de pulsos.
PAIF: bandera de interrupción de flanco detectado en el acumulador de pulsos.

Figura 42. Distribución de bits de los registros PACTL, TMSK2 y TFLG2.

La forma de actuar de una interrupción en tiempo real es la siguiente: se puede estar ejecutando el programa principal o alguna subrutina mientras la programación de interrupción en tiempo real se encuentra en espera de la finalización del tiempo fijado en el registro PACTL. Al término del intervalo de tiempo programado en el registro PACTL, se interrumpe la ejecución del programa en curso y se atiende a una rutina de interrupción, una vez terminada la rutina, el MCU continúa la ejecución del programa en la instrucción en que éste fue detenido por la interrupción en tiempo real.

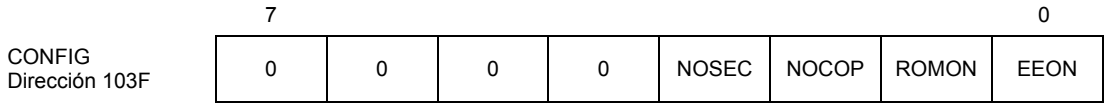
4.5.7 Memoria EEPROM

Dentro de la familia del MCU 68HC11, se encuentra presente una memoria interna tipo EEPROM. Este recurso es sumamente útil si se desea contar con un sistema autónomo barato y sencillo, pues no sería necesario emplear algún dispositivo externo de memoria. El único inconveniente que presenta el empleo de dicha memoria es su limitada capacidad de almacenamiento pues ésta oscila entre los 512 bytes y los 2048 bytes dependiendo del modelo de 68HC11 que se utilice, aun con esa limitada capacidad, la memoria EEPROM proporciona espacio suficiente para un gran número de aplicaciones sin presentar problema alguno.

En el desarrollo del presente proyecto de tesis se empleó el 68HC11F1 cuya capacidad de memoria tipo EEPROM es de 512 bytes. Las localidades de memoria en las cuales se encuentra ubicada la EEPROM abarcan desde la localidad FE00 hasta la localidad FFFF.

Los registros encargados de la habilitación, borrado y programación de la EEPROM son el CONFIG (en inglés system CONFIGuration register), el PPROG (toma su nombre de EEPROM PROGramming register) y el registro BPROT (su nombre en inglés Block PROTect register).

El registro CONFIG permite activar o desactivar a la EEPROM dentro del mapa de memoria, la su estructura de éste registro se muestra a continuación:



NOSEC: bit de activación del modo de seguridad.
0 = Activa seguridad.
1 = Desactiva seguridad.
NOCOP: deshabilitación del sistema COP.
0 = Activa protección del WatchDog.
1 = Desactiva protección del WatchDog.
ROMON: activación de la memoria ROM interna.
0 = ROM desactivada del mapa de memoria.
1 = ROM activada del mapa de memoria.
EEON: activación de la memoria EEPROM interna.
0 = EEPROM desactivada del mapa de memoria.
1 = EEPROM activada del mapa de memoria.

Figura 43. Distribución de bits del registro CONFIG.

Este registro tiene la particularidad de estar implementado con el mismo tipo de células de memoria que la EEPROM, por ello, para una acción de escritura en él hay que realizar el mismo procedimiento de programación que se efectuaría en la EEPROM.

El registro PPROG es el responsable de las operaciones de programación efectuadas sobre la memoria EEPROM. Mediante la acción de un reset, éste registro se pone a cero y la EEPROM queda configurada para la opción de lectura. La distribución de bits para éste registro es la siguiente:

PPROG
Dirección 103B

7							0
ODD	EVEN	0	BYTE	ROW	ERASE	EELAT	EEPGM

ODD: programa líneas impares (sólo usado en modo TEST).
EVEN: programa líneas pares (sólo usado en modo TEST).
BYTE: selección de borrado de un byte (éste bit tiene prioridad sobre el bit ROW).
0 = se ha seleccionado modo de borrado de una fila (ROW) o total (BULK).
1 = se ha seleccionado modo de borrado de un byte.
ROW: selección de borrado de de fila (ROW).
0 = selección de borrado total (BULK ERASE).
1 = selección de borrado de una fila (ROW ERASE).
ERASE: selección de la opción de borrado.
0 = accesos a la EEPROM para lecturas de programación.
1 = accesos a la EEPROM para borrado.
EELAT: control sobre el latch de la EEPROM.
0 = la dirección de la EEPROM configurada para modo lectura.
1 = la dirección de la EEPROM configurada para modo programación / borrado.
EEPGM: activación o desactivación del voltaje de programación de la EEPROM.
0 = voltaje de programación apagado.
1 = voltaje de programación encendido.

Figura 44. Distribución de bits del registro PPROG.

El registro de protección BPROT se encarga de prevenir errores accidentales de escritura en la memoria EEPROM y en el registro CONFIG. La manipulación de bits para el registro BPROT tiene la peculiaridad de que únicamente se pueden poner a cero durante los primeros 64 ciclos de reloj después de un reset. La siguiente es la distribución de bits y la tabla de protección de bloques de memoria del registro BPROT:

BPROT
Dirección 1035

7							0
0	0	0	PTCON	BPRT3	BPRT2	BPRT1	BPRT0

PTCON: bit de protección del registro CONFIG.
0 = el registro CONFIG puede ser borrado o grabado.
1 = el registro CONFIG no puede ser borrado ni grabado.
BPRT3 a BPRT0: bits del bloque de protección para la EEPROM.
0 = protección deshabilitada para el bloque asociado.
1 = protección habilitada para el bloque asociado.

Nombre del bit	Bloque protegido	Tamaño del bloque
BPRT0	$XE00-$XE1F	32 bytes
BPRT1	$XE20-$XE5F	64 bytes
BPRT2	$XE60-$XEDF	128 bytes
BPRT3	$XEE0-$XFFF	288 bytes

Figura 45. Distribución de bits del registro BPROT.

4.5.7.1 Programación de la memoria EEPROM

La programación de la EEPROM depende de los valores del registro PPROG. La memoria EEPROM permite pasar a nivel bajo los bits que se encuentran en nivel alto, pero no es permitido pasar directamente de un estado alto a uno bajo. Cuando se requiera pasar un bit a nivel alto (estando previamente a cero), primero se tiene que borrar todo el byte.

Las memorias EEPROM tienen la característica de que la velocidad de programación es más lenta que la velocidad de lectura, esto ocasiona que cada vez que se realice una programación se deben agregar retardos para que la programación de la memoria sea satisfactoria. Los retardos no siempre son fijos y dependen de la velocidad (frecuencia) del reloj E. Si la frecuencia del reloj E es de 1[MHz] o menor, el bit CEL del registro OPTION debe estar a nivel alto, esto con la finalidad de activar un pequeño oscilador interno que puede generar los retardos de programación necesarios de forma independiente al reloj E. La siguiente tabla muestra los tiempos de retardo dependiendo de la frecuencia del reloj E.

Frecuencia del reloj E	Tiempo de retardo
E = 2[MHz]	Escritura / borrado de 10[ms]
1[MHz] < E < 2[MHz]	Escritura / borrado de 10[ms] a 20[ms]
E < 1[MHz]	Activar oscilador interno y mantenerlo en 20[ms]

Figura 46. Tabla de retardos de tiempo asociados a la frecuencia del reloj E.

El MC68HC11F1 empleado en esta tesis tiene una frecuencia de reloj E de 2[MHz], por ello no es necesario usar el oscilado interno para generar tiempos de retardo.

Para la operación de lectura de la EEPROM, el bit EELAT del registro PPROG debe estar a cero y con esto la EEPROM puede ser leída como si se tratara de una memoria ROM. Cada vez que se efectúa un reset, el estado del bit EELAT es bajo, por lo cual la EEPROM queda configurada exclusivamente para la operación de lectura. Cabe mencionar que los bits ROW y ERASE del registro PPROG solamente tienen intervención en el proceso de borrado, por lo cual, no tienen participación durante la programación de la EEPROM.

El borrado de la memoria EEPROM puede realizarse mediante tres diferentes modos: borrado completo (en inglés bulk erase), borrado de fila (en inglés significa row erase) y borrado de un byte (en inglés byte erase).

4.5.7.1.1 Borrado total de la memoria EEPROM

Aunque ya se mencionó, cabe recordar que los bits del registro BPROT deberán estar a cero para efectuar el borrado de la EEPROM, una vez realizado lo anterior, será posible borrar en un solo intento los 512 bytes que conforman a la memoria EEPROM si se emplea la siguiente rutina:

```
BULKE   LDAB   #$06      ERASE=1, EELAT=1, EEPGM=0
        STAB   $103B     activar modo de borrado total
        STAB   $FE00     almacenar cualquier dato en la dirección de la EEPROM
        LDAB   #$07      EELAT=1, EEPGM=1
        STAB   $103B     encendido de voltaje de programación
        JSR    DLY10     llamado a subrutina de retardo de 10[ms]
        CLR    $103B     pasar al modo de lectura
```

El ejemplo anterior de borrado total no afecta al registro CONFIG que se encuentra implementado con celdas EEPROM.

4.5.7.1.2 Borrado de fila de la memoria EEPROM

Este método permite borrar rápidamente secciones de 16 bytes de la EEPROM sin realizar el borrado total de la memoria. En el siguiente ejemplo se asume que el registro índice X contiene la dirección de la memoria del primer byte de la fila a borrar.

```
ROWE    LDAB   #$0E      ROW=1, ERASE=1, EELAT=1, EEPGM=0
        STAB   $103B     activar modo de borrado de fila
        STAB   $00,X     almacenar cualquier dato en la dirección de la fila
        LDAB   #$0F      ROW=1, ERASE=1, EELAT=1, EEPGM=1
        STAB   $103B     encendido de voltaje de programación
        JSR    DLY10     llamado a subrutina de retardo de 10[ms]
        CLR    $103B     pasar al modo de lectura
```

4.5.7.1.3 Borrado de un byte de la memoria EEPROM

Al borrar un solo byte de la memoria EEPROM no se afecta a ningún otro byte. Así como en el ejemplo anterior, la siguiente rutina también asume que el

registro índice X contiene la dirección de la memoria del byte que será borrado de la EEPROM.

```
BYTEE   LDAB   #$16      BYTE=1, ROW=0, ERASE=1, EELAT=1, EEPGM=0
        STAB   $103B     activar modo de borrado de byte
        STAB   $00,X     almacenar cualquier dato en la dirección a ser borrada
        LDAB   #$17      BYTE=1, ROW=0, ERASE=1, EELAT=1, EEPGM=1
        STAB   $103B     encendido de voltaje de programación
        JSR    DLY10     llamado a subrutina de retardo de 10[ms]
        CLR    $103B     pasar al modo de lectura
```

4.6 Opciones de salida

Como ya he mencionado, la información contenida en cualquier código de barras, encuentra diversas aplicaciones en el área industrial, debido a lo fácil que es emplear esta tecnología. Cuando la información almacenada en la simbología del código llega como señal digital a la terminal o computadora central, ésta buscará en su memoria si los datos de entrada son correctos para dar paso a la opción de salida requerida dependiendo de la aplicación que se le dé al sistema.

Los resultados de emplear sistemas que cuenten con la tecnología de identificación automática con código de barras, permiten una gran diversidad de respuestas o mejor dicho, permite diversas opciones de salida.

Son tres las opciones de salida que se pueden esperar al emplear código de barras:

- Salida óptica: esta opción de salida es muy común en supermercados. Después de que la luz del lector recorre la simbología de la etiqueta del producto, se puede visualizar en una pantalla o en una serie de displays algunos datos del producto (precio y nombre del producto).

- Salida eléctrica: algunas empresas optimizan el tiempo que trabajan sus empleados con ayuda de los avances tecnológicos. El trabajador llega a la empresa y después de que su credencial con código de barras es leída por el sistema óptico, automáticamente, en cuestión de segundos se enciende su terminal de trabajo, con esto, el encargado sabe que el trabajador ingresó al edificio, además la computadora del trabajador se encontrará lista para la jornada laboral cuando este llegue a su lugar.

- Salida mecánica: una de las aplicaciones del código de barras es su uso para restringir la entrada de algunas personas a ciertas áreas. Después de que el usuario es identificado por el sistema, es posible abrir una puerta

(para acceder a una oficina) o levantarse una pluma (para ingresar a un estacionamiento).

Las opciones de salida antes mencionadas pueden presentarse aisladas, es decir, existen sistemas que solamente cuentan con algún tipo de opción de salida, sin embargo, dependiendo de la aplicación que se requiera, será posible encontrar más de una opción de salida disponible.

Retomando el ejemplo del supermercado (citado en la opción de salida óptica), el cliente requiere de un comprobante de compra para cualquier reclamación o cambio de mercancía en mal estado. Para este caso la computadora tendrá dos salidas, una salida óptica en la pantalla o display y otra salida de tipo mecánica por medio de una impresora que proporcionará el comprobante de compra.

CAPÍTULO 5

DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

OBJETIVO DEL CAPÍTULO

- **Exponer la información detallada del diseño, desarrollo e implementación del proyecto.**
- **Explicar los componentes utilizados y su interconexión con el software con que se cuenta para el desarrollo de este proyecto.**

5.1 Desarrollo del proyecto

En la realización y planeación de ésta tesis y conforme se avanzaba en la implementación de la misma, se tuvieron que emplear diferentes circuitos que ayudaran al ajuste de la señal de salida del sensor óptico para ser manipulada sin ningún problema por el microcontrolador 68HC11. Para explicar de manera coherente la forma en que se desarrolló el proyecto, a continuación se muestra el esquema general del mismo y en base en él se ira explicando la manera en que se conformó la parte práctica de ésta tesis.

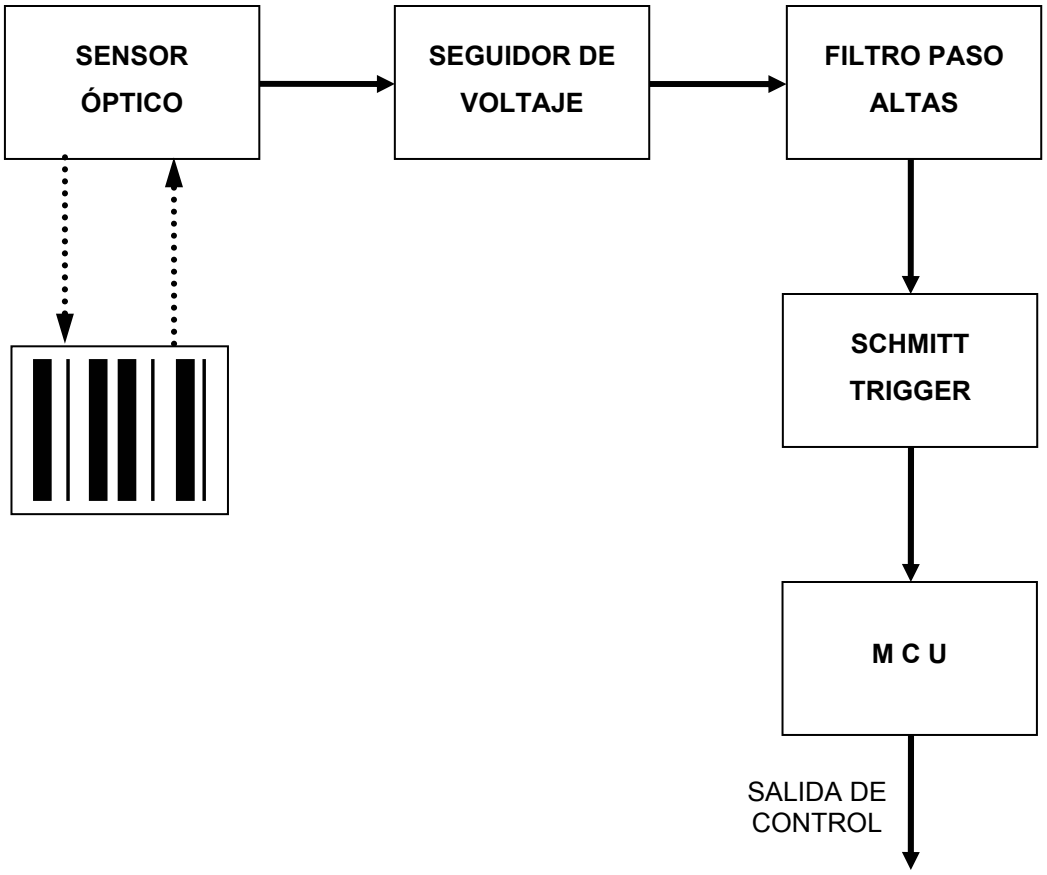


Figura 47. Diagrama por bloques del proyecto.

5.2 Sensor óptico

Como ya se ha mencionado, el código de barras es un sistema de identificación automática de información cuya finalidad es el reconocimiento de objetos y/o personas. Para la construcción de este tipo de sistemas es necesario

contar con los elementos mencionados en el apartado 3.3 del tercer capítulo. En dicho apartado se describe por medio de bloques la estructura típica de un sistema lector de código de barras, en el cual es posible apreciar que el sistema óptico electrónico extrae la información de la etiqueta que contiene el código de barras haciendo incidir en ésta un haz de luz.

La primer prueba realizada para seleccionar al sensor óptico fue hecha con el sensor reflectivo HOA1404 de la marca Honeywell. Dicho sensor emite radiación infrarroja por medio de un fotodiodo. Cuando un objeto se encuentra a una distancia de no más de 5.08[mm], la luz reflejada por el objeto activará un fototransistor y con ello se estará dando aviso de que un objeto se encuentra dentro del rango de acción del sensor óptico.

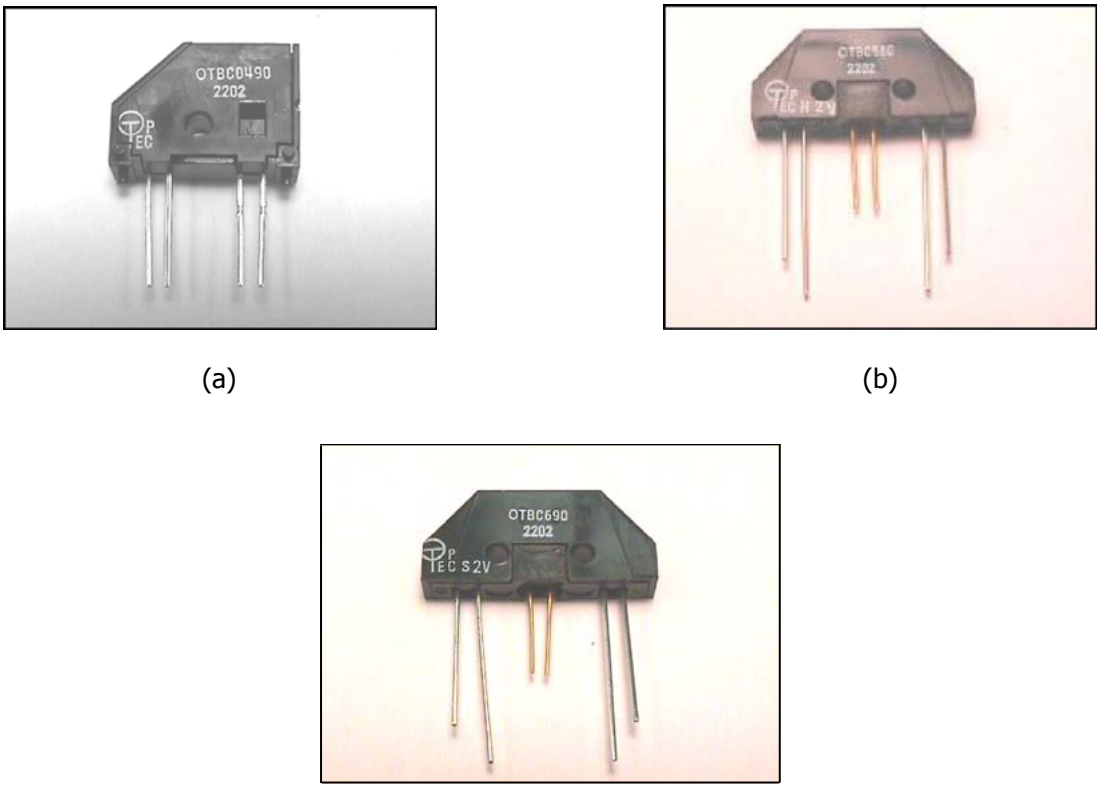
Este primer intento de selección no tuvo éxito, es cierto que el sensor de la marca Honeywell utilizado en esta prueba demostró ser capaz de revelar la presencia de cualquier objeto dentro del rango de acción descrito por el fabricante, sin embargo, la sensibilidad de éste dispositivo no es suficiente para leer un código de barras, pues solo avisa que hay algo frente a él sin distinguir los pequeños cambios de luz reflejada por el código.

La tarea de encontrar un sensor óptico con la capacidad para detectar las barras y espacios de cualquier tipo de simbología unidimensional no fue nada sencilla. En México, hasta el año 2006, no existe ninguna empresa dedicada a la distribución de sensores ópticos para códigos de barras. Después de muchas llamadas telefónicas a diversas compañías dedicadas a la venta de sistemas lectores de código de barras, puedo aseverar que lo que las empresas en México hacen es realizar pedidos de equipos completos para la lectura de código de barras a su proveedor. Dichos equipos contienen los aditamentos necesarios para conectar el lector (tipo pluma, CCD, etc.) a la computadora y un manual para el uso apropiado del software y hardware correspondientes, asimismo, si el cliente requiere la reparación de algún producto y el técnico de la empresa distribuidora se percata de que el problema es ocasionado por una falla dentro del sensor óptico, la empresa distribuidora realizará el cambio de todo el sistema óptico electrónico pidiendo las refacciones necesarias a su proveedor que se encuentra en el extranjero. Por lo anterior, mi búsqueda del sensor óptico finalizó en Illinois, Estados Unidos.

La empresa Opto Technology (OptoTech) vende tres series de sensores ópticos: la OTBC-04XX, la OTBC-05XX y la OTBC-06XX (véase figura 48). Las dos últimas series son muy parecidas, pues ambas cuentan con lo siguiente:

- Combinación de dos emisores, una lente y fotodetector alojados dentro de un pequeño empaque de plástico.

- Una abertura rectangular dentro del empaque para ofrecer alta resolución y buena profundidad de campo.
- Dos posibles presentaciones, una con ambos diodos infrarrojos (940[nm]) y la otra con diodos emisores de luz visible (660[nm]).



(a) (b)

(c)

Figura 48. Sensores ópticos de las series 04XX (a), 05XX (b) y de la serie 06XX (c).

La diferencia entre las series 05XX y la 06XX es que la primera consta de una lente plástica, mientras que la segunda serie tiene su lente hecha de vidrio, esto provoca que las características de acoplamiento entre ambas series sean:

Parámetro	Símbolo	Min	Tip	Máx	Unidad
Corriente de luz (I_F = 20 mA, V_{CE} = 5V, d = 0.225 in, OTBC-0580-X1X) [1]	$I_{CE(ON)}$	2.0			µA
Corriente oscura (I_F = 0 mA, V_{CE} = 5V, OTBC-0580-X1X) [2]	I_{CE0}			200	nA
Corriente de luz (I_F = 20 mA, V_{CC} = 5V, d = 0.225 in, OTBC-0581-X1X) [1]	$I_{CE(ON)}$	0.02			µA
Corriente oscura (I_F = 0 mA, V_{CC} = 5V, OTBC-0581-X1X) [2]	I_{CE0}			5	nA
Corriente de luz (I_F = 20 mA, V_{CE} = 5V, d = 0.225 in, OTBC-0590-X1X) [1]	$I_{CE(ON)}$	2.0			µA
Corriente oscura (I_F = 0 mA, V_{CE} = 5V, OTBC-0590-X1X) [2]	I_{CE0}			200	nA
Corriente de luz (I_F = 20 mA, V_{CC} = 5V, d = 0.225 in, OTBC-0591-X1X) [1]	$I_{CE(ON)}$	0.02			µA
Corriente oscura (I_F = 0 mA, V_{CC} = 5V, OTBC-0591-X1X) [2]	I_{CE0}			5	nA

[1] Eastman Kodak utilizó como superficie reflejante una tarjeta blanca con 90% de reflectancia difusa.
[2] Sin superficie reflejante.

Figura 49. Tabla de la serie 05XX.

Parámetro	Símbolo	Min	Tip	Máx	Unidad
Corriente de luz (I_F = 20 mA, V_{CE} = 5V, d = 0.225 in, OTBC-0680-X2X) [1]	$I_{CE(ON)}$	5.0			µA
Corriente oscura (I_F = 0 mA, V_{CE} = 5V, OTBC-0680-X2X) [2]	I_{CE0}			40	nA
Corriente de luz (I_F = 20 mA, V_{CC} = 5V, d = 0.225 in, OTBC-0681-X2X) [1]	$I_{CE(ON)}$	0.02			µA
Corriente oscura (I_F = 0 mA, V_{CC} = 5V, OTBC-0681-X2X) [2]	I_{CE0}			5	nA
Corriente de luz (I_F = 20 mA, V_{CE} = 5V, d = 0.225 in, OTBC-0690-X2X) [1]	$I_{CE(ON)}$	5.0			µA
Corriente oscura (I_F = 0 mA, V_{CE} = 5V, OTBC-0690-X2X) [2]	I_{CE0}			40	nA
Corriente de luz (I_F = 20 mA, V_{CC} = 5V, d = 0.225 in, OTBC-0691-X2X) [1]	$I_{CE(ON)}$	0.02			µA
Corriente oscura (I_F = 0 mA, V_{CC} = 5V, OTBC-0691-X2X) [2]	I_{CE0}			5	nA

[1] Eastman Kodak utilizó como superficie reflejante una tarjeta blanca con 90% de reflectancia difusa.
[2] Sin superficie reflejante.

Figura 50. Tabla de la serie 06XX.

La serie 04XX combina un emisor de luz con un fototransistor, ambos se encuentran albergados en un pequeño empaque de plástico que también resguarda una lente y su abertura. Opto Technology cuenta con tres presentaciones para esta serie:

- Emisor de luz roja visible de 660[nm] y fototransistor.
- Emisor de luz infrarroja de 940[nm] y fototransistor.
- Emisor de luz infrarroja de 940[nm] y fototransistor con filtro para luz ambiental.

Finalmente, de estas tres series de sensores el OTBC-04XX fue el seleccionado para ser el sensor óptico del sistema lector de código de barras. Dentro de la serie 04XX se eligió el modelo OTBC-0482-10 por tener integrado un fototransistor con filtro para luz ambiental. En la figura 51 se muestran las tablas de características de los parámetros de la familia 048X.

Parámetro	Símbolo	Min	Tip	Máx	Unidad
Voltaje directo (I_F = 50 mA)	V_F		1.3	1.45	V
Corriente inversa (V_R = 5V)	I_R			100	µA
Máxima longitud de onda (I_F = 20 mA)	λ_P		940		nm
Intensidad de radiación (I_F = 20 mA)	I	1.3	2.5		mW/sr
Ancho de banda Espectral al 50% (I_F = 20 mA)	$\Delta\lambda$		50		nm
Angulo de rayo de intensidad media	θ		10		Grados

(a) características del emisor infrarrojo.

Parámetro	Símbolo	Min	Tip	Máx	Unidad
Corriente de luz (Ee = 0.1 mW/cm^2, V_{CE} = 5V)	$I_{CE(ON)}$	1	2.8		mA
Corriente oscura (Ee = 0, V_{CE} = 10V)	I_{CE0}			100	nA
Voltaje de saturación (I_C = 0.5 mA, Ee = 0.1 mW/cm^2)	$V_{CE(SAT)}$			0.4	V
Tiempo de riso (V_{CC} = 5 V, R_L = 1 kΩ, I_C = 1 mA)	T_r		15		µs
Tiempo de caída (V_{CC} = 5 V, R_L = 1 kΩ, I_C = 1 mA)	T_f		15		µs

(b) características del fototransistor.

Parámetro	Símbolo	Min	Tip	Máx	Unidad
Corriente de luz (Ee = 0.1 mW/cm^2, V_{CE} = 5V)	$I_{CE(ON)}$	5	10		µA
Corriente oscura (Ee = 0, V_{CE} = 10V)	I_{CE0}			200	nA
Ancho de banda de 6dB		3			KHz

(c) características de acoplamiento.

Figura 51. Tablas de la serie 048X.

5.2.1 Caracterización del sensor óptico.

Las primeras pruebas con el nuevo sensor óptico fueron realizadas a "mano limpia", es decir, el sensor fue interconectado en una tarjeta de pruebas protoboard a un osciloscopio digital de la marca Tektronix, con la finalidad de visualizar los cambios de voltaje que presentan las barras y espacios existentes en cualquier código de barras al reflejar la luz infrarroja del sensor. Era muy difícil pasar cualquier objeto que tuviera etiqueta con código de barras sobre el sensor porque debía pasar siempre a la misma distancia y procurar el mismo ángulo de inclinación en todo momento. Antes de continuar con cualquier prueba de lectura de voltaje, fue necesario buscar un empaque o carcaza capaz de albergar y permitir el óptimo funcionamiento del sensor óptico; por tal motivo fue necesario ajustar el empaque de un lector de banda magnética para fungir como la carcaza del sensor óptico. El empaque seleccionado fue el MSR200 y se muestra en la figura 52.



Figura 52. Lector de banda magnética MSR200.

Por tratarse propiamente de un lector de banda magnética, el MSR200 únicamente permite deslizar tarjetas. Con ayuda del paquete Word de Microsoft se crearon e imprimieron dos códigos de barras lineales de diferentes tamaños para pruebas de lectura, como ambos códigos fueron hechos con la finalidad de probar el comportamiento del sensor óptico, ninguno de ellos cumplía con alguna norma o regla de simbología para código de barras.

En las hojas de especificaciones de sensores de la serie 04XX de OptoTech, se propone un circuito de prueba cuya finalidad es la de leer códigos de barras. Gracias a las hojas de especificaciones del fabricante, fue posible apreciar que en la terminal de alimentación del diodo emisor de luz infrarroja (al que se llamará D_S) es necesaria una resistencia (R_S), pues de otro modo al conectar dicho diodo infrarrojo a una alimentación de 5[V] éste resultaría dañado al recibir todo el paso de corriente a través de él. La figura 53 muestra la conexión entre el sensor óptico y la resistencia R_C.

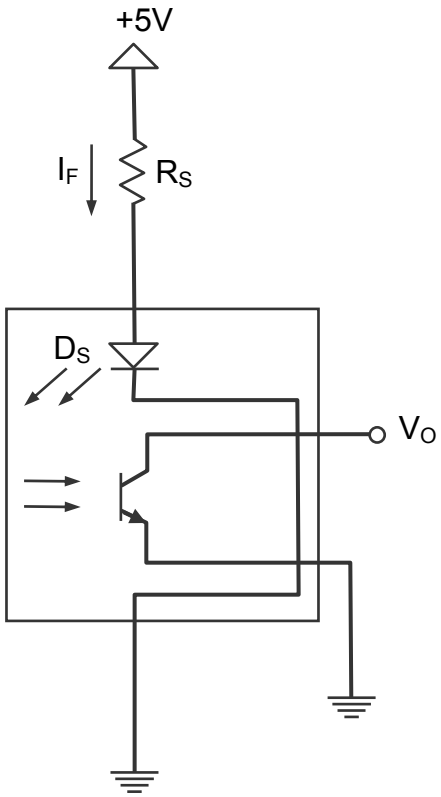


Figura 53. Diagrama del sensor óptico con la resistencia R_S.

Para calcular el valor de R_S fue necesario recurrir a la figura 51 tabla (a). De la tabla se observa que a una corriente I_F = 50[mA] se tiene un voltaje máximo en D_S de 1.45[V]. Aplicando la ley de Kirchhoff a la malla de la figura 53 que cuenta con la resistencia R_S se tiene que:

$$5 - V_{R_S} - V_{D_S} = 0$$
$$5 - V_{R_S} - 1.45 = 0$$
$$3.55 - V_{R_S} = 0$$
$$\therefore V_{R_S} = 3.55[V]$$

Finalmente aplicando la ley de Ohm (V=RI).

$$V_{R_S} = R_S I_F$$
$$3.55 = R_S 50 \times 10^{-3}$$
$$\therefore R_S = 71[\Omega]$$

El valor de 71[Ω] es el valor mínimo que se le puede asignar a R_S.

En base a los valores de la tabla (a) de la figura 51, el cálculo de R_S se realizó con el valor de I_F = 20[mA] y el voltaje típico en D_S de 1.3[V]. Se tomó el valor de 20[mA] para I_F porque bajo esta condición se maneja la máxima longitud de onda para el emisor infrarrojo.

$$5 - V_{R_S} - V_{D_S} = 0$$
$$5 - V_{R_S} - 1.3 = 0$$
$$3.7 - V_{R_S} = 0$$
$$\therefore V_{R_S} = 3.7[V]$$

Nuevamente, aplicando la fórmula V=RI.

$$V_{R_S} = R_S I_F$$
$$3.7 = R_S 20 \times 10^{-3}$$
$$\therefore R_S = 185[\Omega]$$

Se decidió redondear el valor de 185[Ω] al de 220[Ω]. Con éste valor para R_S y un voltaje de 1.3[V] en D_S, el valor de la corriente I_F es el siguiente:

$$V_{R_S} = R_S I_F$$
$$3.7 = 220 I_F$$
$$\therefore I_F = 16.82[mA]$$

El valor de la corriente I_F no sobrepasa ni se aproxima al valor máximo de corriente que es de 50[mA], por lo cual el valor de R_S = 220[Ω] es una muy buena opción para regular el paso de corriente hacia D_S.

A continuación se muestra una tabla comparativa entre los valores teóricos calculados y los valores prácticos medidos en el circuito de la figura 53:

Parámetro	Valor teórico	Valor práctico	Unidad
R_S	220	220	[Ω]
V_{R_S}	3.7	3.8	[V]
V_{D_S}	1.3	1.17	[V]
I_F	16.82	17.27	[mA]

Figura 54. Valores teóricos y prácticos para el sensor óptico con el valor de R_S = 220[Ω].

Los valores de la tabla anterior muestran muy poca diferencia entre los valores teóricos y los prácticos, por lo cual, es posible reiterar que el valor de 220[Ω] para la resistencia R_S es una muy buena elección.

Una vez terminado el análisis de la malla que contiene al fotodiodo en la figura 53, se inició el estudio del fototransistor. Para ello fue necesario hacer referencia a las especificaciones del fabricante de la figura 51 tabla (b).

Gracias a que ya se contaba con la conexión de R_S se eliminó cualquier posibilidad de daño al fotodiodo con el paso de corriente, además como el sensor óptico ya se encontraba montado en la carcaza, fue posible deslizar el código de barras a la misma distancia y procurar el mismo ángulo de inclinación entre el código a leer y el sensor óptico; con todo esto, nuevamente se conectó en el colector del fototransistor el osciloscopio Tektronix para tomar las lecturas de las variaciones de voltaje generadas por el código de barras. Cualquier lectura de voltaje observada en el osciloscopio depende de la velocidad con la cual se deslice el código de barras frente al sensor óptico, por ello, en ocasiones era imposible diferenciar entre una barra delgada o gruesa ya que en la pantalla del osciloscopio se llegaban a visualizar más de tres grosores diferentes de barras, además la señal visualizada no permitía diferenciar a simple vista un estado alto de uno bajo. En la tabla de la figura 55 es posible apreciar que los valores de voltaje en Vo del circuito de la figura 53 eran muy cercanos a los 2[V].

Estado del sensor óptico	V_o [V]
S	1.9
B	1.9
N	1.7

S = Sin código para leer. B = Espacio en blanco del código. N = Barra negra del código.

Figura 55. Valores de voltaje de salida (V_O) de la figura 53.

Por lo anterior fue posible concluir que el sensor óptico empleado no cumplía con las especificaciones del fabricante en cuanto a las características de niveles de voltaje a su salida, por tal motivo fue necesario caracterizar al fototransistor del sensor óptico para que a su salida se tuvieran valores de voltaje TTL (entre cero y 5[V]); por lo cual se empleó un generador de señales para contar con un tren de pulsos cuyos niveles altos simularan las barras del código y los niveles bajos los espacios del mismo.

La alimentación de 5[V] del fotodiodo fue desconectada para ceder su lugar al generador de señales (véase figura 56), de esta forma el fotodiodo transmitiría luz en secuencias de tiempo iguales y los niveles entrantes de voltaje serían prácticamente de 5[V].

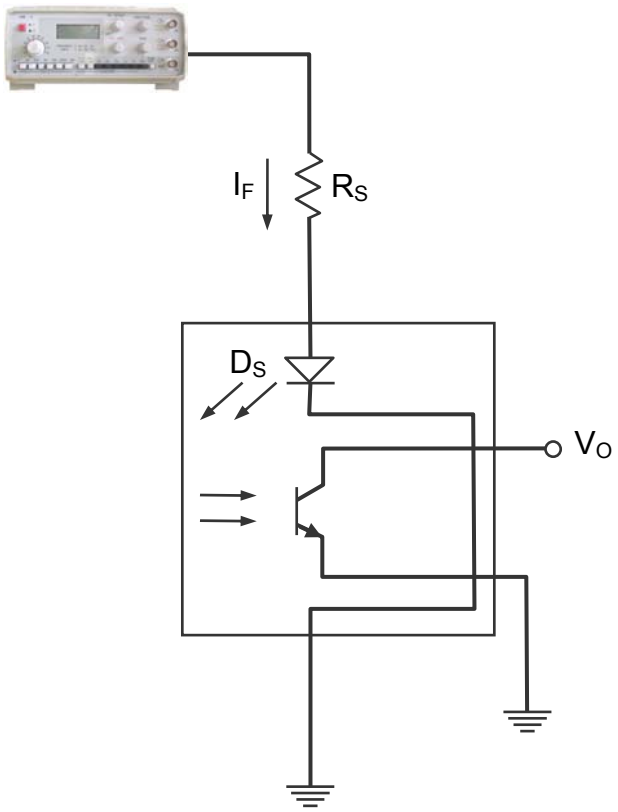


Figura 56. Conexión del generador de señales con el sensor óptico optotech.

La señal proveniente del generador de señales es la siguiente:

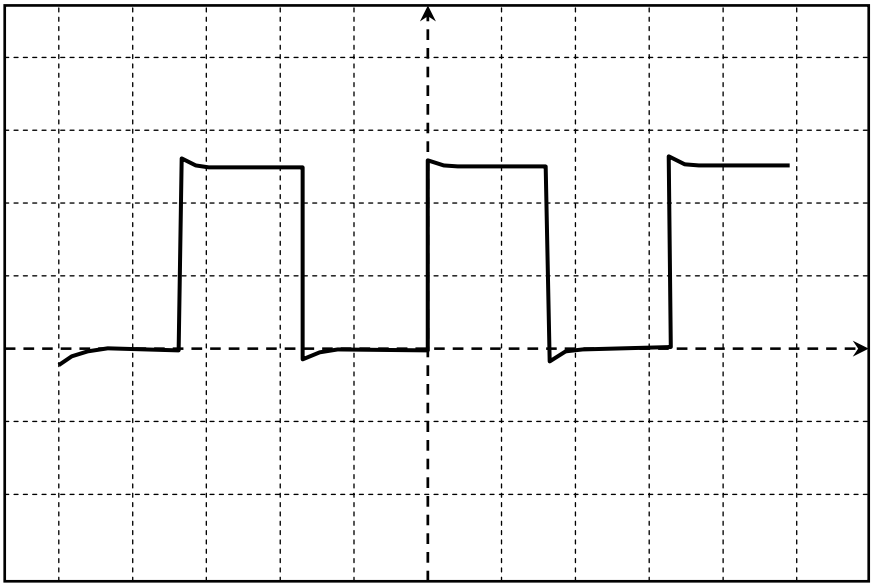


Figura 57. Gráfica de tren de pulsos proveniente del generador de señales a 330[Hz]. Con la escala de 2[V] por división y 1[ms].

La presencia del generador de señales trabajando en el lugar de la fuente de alimentación del fotodiodo no solucionó el problema del poco nivel de voltaje a

la salida del fototransistor, por el contrario, ahora los niveles medidos en la terminal Vo de la figura 53 eran de escasos milivolts que podrían ser considerados como una nula respuesta del sensor óptico al tren de pulsos procedente del generador de señales; por ello fue necesario diseñar un circuito que permitiera manejar niveles TTL y tener una forma de onda en la que fuese posible diferenciar entre barras y espacios del código de barras leído por el sensor óptico. Todo lo anterior es con la finalidad de que el microcontrolador que recibirá la señal proveniente del sensor óptico no tenga ningún problema en detectarla ni en diferenciar cuando se trate de un nivel bajo o alto de voltaje.

En la salida del fototransistor de la figura 53 se conectó una resistencia (R_C) alimentada con 5[V] (véase figura 58) con el propósito de mejorar la respuesta del fototransistor a la excitación ejercida por el tren de pulsos en el fotodiodo.

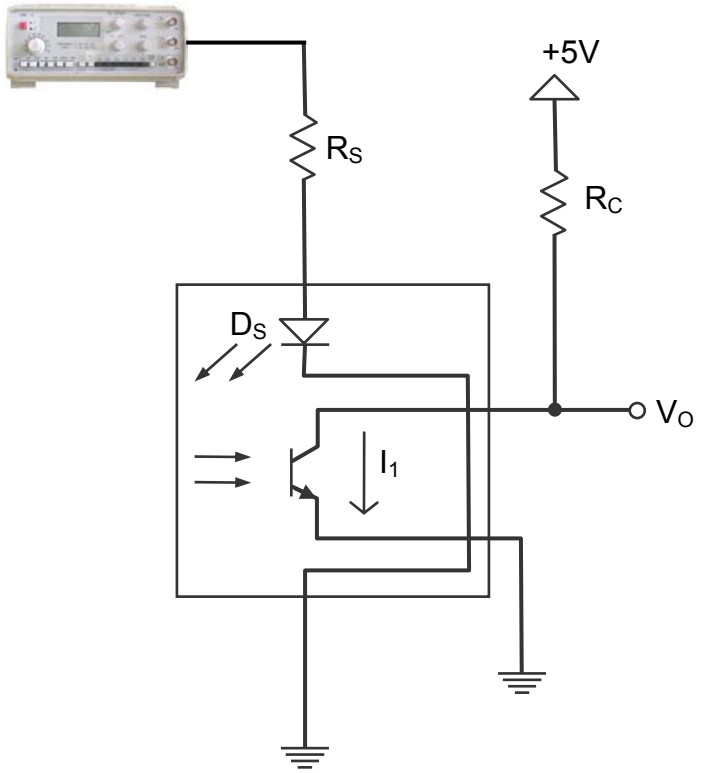


Figura 58. Diagrama del sensor óptico con la resistencia R_C.

Para encontrar el valor de R_C se realizaron algunas pruebas para conocer el comportamiento de los nuevos niveles de voltaje a la salida del sensor óptico al detectar una barra o espacio de cualquier código de barras unidimensional. Los valores de las resistencias para R_C en dichas pruebas fueron valores distintos para tratar de diferenciar entre estados de voltaje altos o bajos. Las resistencias seleccionadas fueron tomadas al azar pues solamente se deseaba conocer el comportamiento del sensor óptico.

La primer prueba se efectuó con una resistencia de 16[KΩ], éste valor de R_C ocasionó que el fototransistor únicamente arrojara niveles altos de TTL (casi 5[V]).

En la segunda prueba se empleó una R_C de 27[KΩ], con éste valor la diferencia entre detectar una barra o espacio era de poco más de 0.5[V].

La siguiente prueba fue realizada con una resistencia de 56[KΩ], en esta ocasión la diferencia de voltaje entre espacios y barras del código se aproximaba a los 2[V]. Con base en las tres pruebas efectuadas, se determinó que existiría una mayor diferencia de voltaje entre los espacios y barras detectados por el sensor óptico al aumentar el valor de R_C, por ello se fue aumentando el valor de R_C hasta encontrar una marcada diferencia entre los niveles de voltaje a la salida del sensor óptico; dicha diferencia se encontró al emplear una resistencia de 180[KΩ] a la salida del fototransistor.

En la tabla siguiente se muestran los resultados de las pruebas realizadas con los distintos valores de resistencias para la R_C de la figura 58.

Estado del sensor óptico	**R_C [KΩ]**	**V_O [V]**	**V_{Rc} [V]**	**I_1 [mA]**
S	16	4.52	0.43	0.029
B		4.42	0.53	0.036
N		4.95	0.0045	0
S	27	4.18	0.76	0.028
B		4.03	0.92	0.034
N		4.94	0.008	0
S	56	3.34	1.58	0.028
B		3.06	1.89	0.034
N		4.92	0.015	0
S	82	2.66	2.26	0.027
B		2.35	2.57	0.031
N		4.90	0.0023	0
S	100	2.12	2.73	0.027
B		1.85	3.10	0.031
N		4.87	0.031	0
S	180	0.40	4.48	0.025
B		0.28	4.65	0.026
N		4.79	0.05	0

S = Sin credencial para leer. B = Espacio en blanco del código. N = Barra negra del código.

Figura 59. Tabla de valores de resistencias para la caracterización del fototransistor.

De la tabla de la figura 59 es posible apreciar que las lecturas de voltaje realizadas con la resistencia de 180[KΩ] son las que presentan mayor distanciamiento entre las lecturas de zonas negras y blancas del código de barras, además de mostrar una clara diferencia entre niveles TTL, por tal motivo se eligió a la resistencia de 180[KΩ] para ser el valor de R_C. La siguiente gráfica muestra la señal de salida del sensor óptico con el valor antes mencionado para R_C.

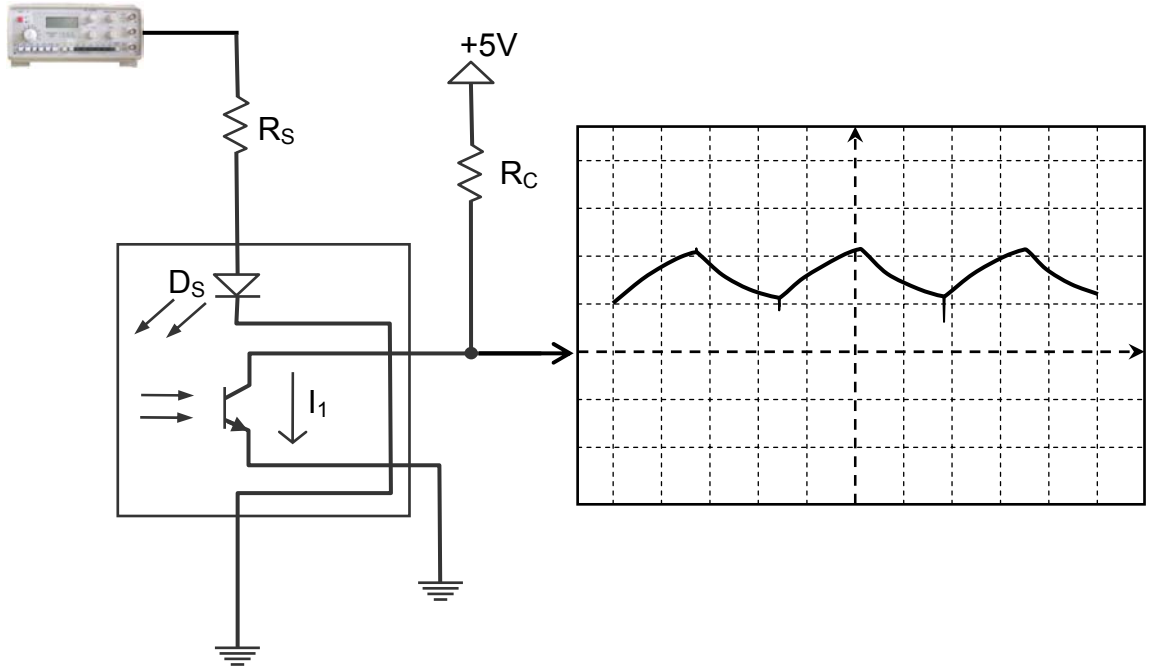


Figura 60. Gráfica de salida del sensor óptico con R_C de 180[KΩ]. Con la escala de 2[V] por división y 1[ms].

5.3 Código de barras

Los valores de las resistencias seleccionadas para el fotodiodo y el fototransistor permiten diferenciar con claridad los niveles de voltaje cuando el sensor óptico detecta un espacio o una barra de los códigos de barras de prueba. Fue necesario contar con un código que cumpliera con las características de alguna simbología ya establecida para continuar con las pruebas de lectura.

La empresa Scan Secretary permite, de su sitio en internet, descargar un software capaz de generar 23 tipos de códigos de barras unidimensionales con las normas ya establecidas para cada simbología. Las simbologías que maneja el software de Scan Secretary se muestran en la figura 61:

Código 2 de 5	Código 93	Código UPC Supp2
Código 2 de 5 matricial	Código 93 extendido	Código UPC Supp5
Código 2 de 5 industrial	Código MSI	Código EAN8
Código 39	Código PostNet	Código EAN13
Código 39 extendido	Código codabar	Código EAN128A
Código 128A	Código UPCE0	Código EAN128B
Código 128B	Código UPCE1	Código EAN128C
Código 128C	Código UPCA	

Figura 61. Tabla de las simbologías que maneja el Barcote Label Generador.

Las principales características del programa son: manejo de distintas tonalidades de colores (diversas gamas de amarillos, verdes, azules, rojos, cafés, grises, etc.) para barras y espacios, el usuario puede pedir al software que agregue o no el dígito de verificación al código, es posible darle alineación derecha, izquierda o centrada a los caracteres de datos, además se puede copiar el código de barras para manipularlo como imagen en cualquier programa de Microsoft Office. La figura 62 muestra la ventana principal del programa Barcode Label Generator versión 1.1.

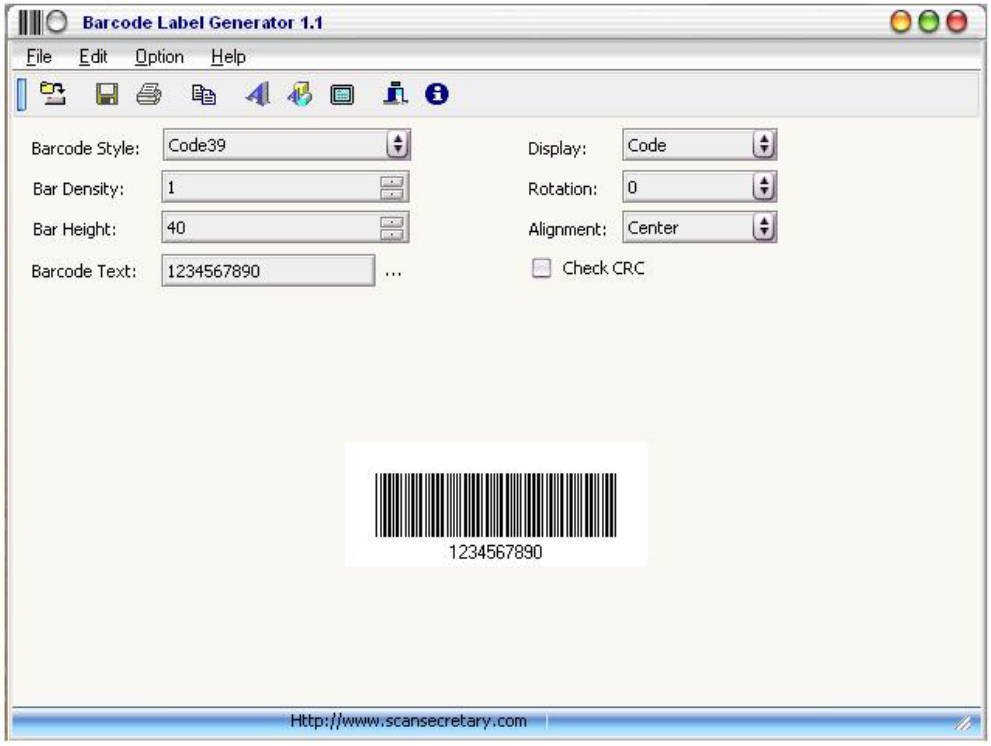


Figura 62. Ventana principal del programa generador de códigos de barras.

De entre todas las posibilidades de códigos de barras a utilizar, se eligió al código 39 para ser empleado en esta tesis ya que al inicio y fin del código siempre se encuentra un carácter de asterisco y con ello es posible determinar el principio y finalización del mismo. El código 39 generado con el programa de Scan Secretary fue impreso en una impresora láser, posteriormente fue enmicado para realizar las siguientes pruebas de lectura con el sensor óptico.

Al llevar a cabo los nuevos ensayos de lectura, se observó que el sensor óptico es un dispositivo muy sensible pues al deslizar la credencial por la carcaza, los niveles de voltaje a la salida del sensor óptico cuando éste detecta la mica son los correspondientes a la lectura de una barra del código; a pesar de ello, el sensor arrojaba los valores esperados de V_O correspondientes a la tabla de la figura 59 para el valor de resistencia de 180[KΩ].

5.4 Seguidor de voltaje

El colector del fototransistor fue tomado como salida del sensor óptico y por tal motivo, es ahí en donde se conectó el osciloscopio para poder observar el comportamiento de la señal que provenía del fototransistor. En la pantalla del

osciloscopio fue posible apreciar una señal de corriente directa (DC) que era demasiado susceptible a cambiar su valor de voltaje; aunque pequeños, en ocasiones los cambios de voltaje no permitían tener un valor fijo de voltaje medio, pues éste variaba en un rango entre los 2.33 y 3.32[V]. Estas variaciones de voltaje son debidas principalmente a la carga que se conecte en el colector del fototransistor del sensor óptico; cualquier elemento que se conecte al colector cambiará la impedancia a la salida de éste, provocando pequeñas variaciones de voltaje. Por lo anterior, fue necesario implementar un circuito seguidor de voltaje para contar con un valor de impedancia alto en el colector del fototransistor, con ello se logró disminuir las variaciones de voltaje ocasionadas por cargas conectadas al colector, además fue posible obtener un valor de voltaje medio más estable. Gracias a éste circuito, el valor de voltaje medio de la señal medida a la salida del sensor óptico mediante el osciloscopio fue de 3.26[V]. La figura 63 muestra la señal originada por el seguidor de voltaje.

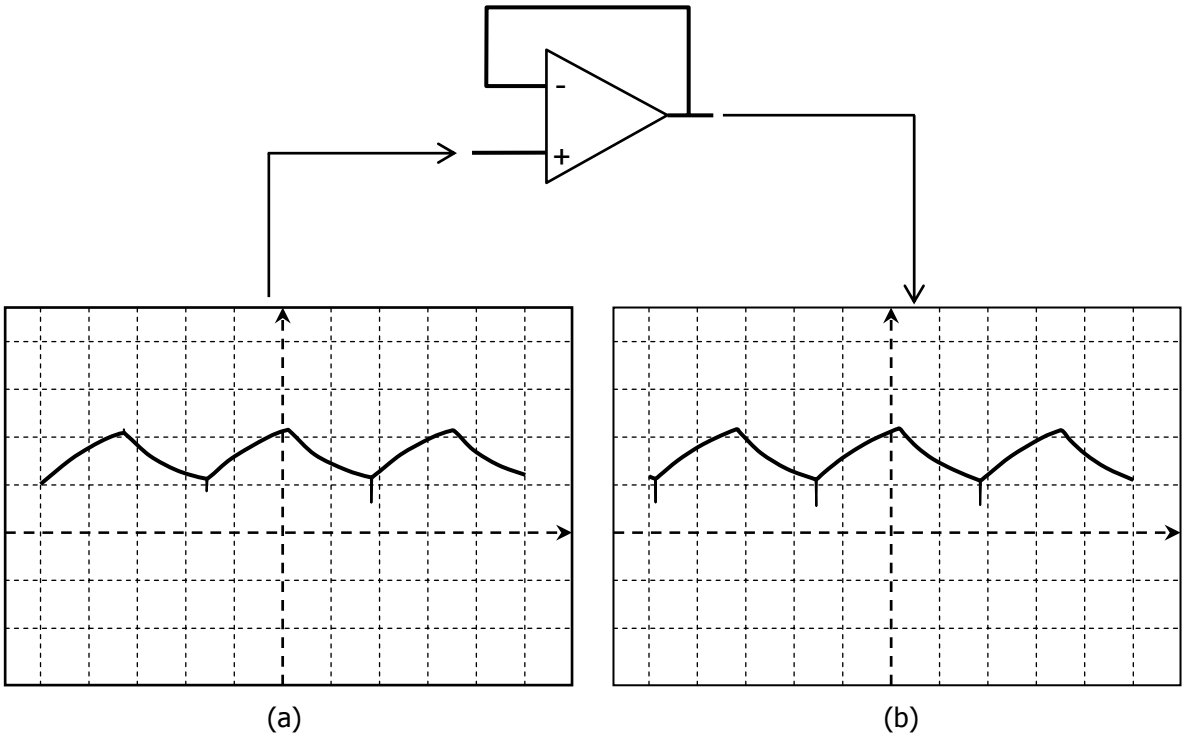


Figura 63. La gráfica (a) es la señal procedente del sensor óptico. La gráfica (b) es la señal proveniente del seguidor de voltaje. Ambas gráficas están a escala de 2[V] por división y 1[ms].

El circuito integrado (CI) empleado para la configuración de seguidor de voltaje es el TL084CN; la elección de éste CI se debe a que presenta una entrada JFET y con ello se cuenta con un alto valor de impedancia a la entrada del mismo. Además éste CI consta de 4 amplificadores operacionales y requiere de una alimentación de voltaje positiva y otra negativa que se encuentren dentro de un rango máximo de voltaje de $\pm 18[V]$ y un mínimo de $\pm 5[V]$, por ello se tomó el valor de $\pm 8[V]$ para energizar al circuito seguidor de voltaje. En la figura 64 se

aprecia la configuración que se le dio al TL084CN para funcionar como seguidor de voltaje.

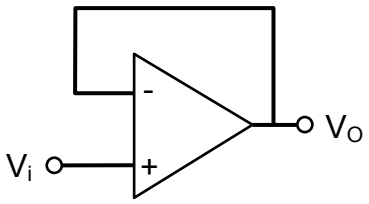


Figura 64. Configuración de circuito seguidor de voltaje.

5.5 Filtro paso altas

A la salida del circuito seguidor de voltaje fue necesario colocar un filtro pasivo paso altas con el propósito de eliminar la señal de DC, permitir el tránsito de señales con frecuencias mayores a los 162[Hz] y eliminar el ruido existente a la salida del seguidor de voltaje; pues dicho ruido se encontraba situado en la zona de cambio entre los niveles altos y bajos de voltaje TTL, causando falsos cambios de estado. La figura 65 muestra el arreglo de circuito RC para el filtro paso altas.

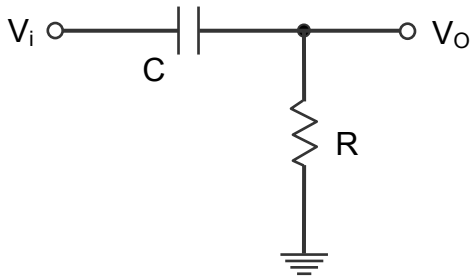


Figura 65. Arreglo de elementos en un filtro pasivo paso altas.

El valor de la frecuencia de corte fue calculado tomando en cuenta que un carácter del código 39 se encuentra formado por 3 elementos anchos y 6 angostos, es decir, un carácter de ésta simbología cuenta con 9 elementos en total. El código impreso en las credenciales se forma con dos caracteres de asterisco (uno al inicio y otro al final de la simbología) y por la combinación de 7 caracteres que darán origen a la referencia única de cada credencial. En total son 9 los caracteres los que integran a cada credencial y por tanto serán 81 elementos los que se encuentran impresos en cualquiera de las credenciales. Los 81 elementos que dan forma al código 39 de cada credencial son visualizados en el osciloscopio como una sucesión de pulsos, esto significa que los 81 elementos son una combinación de estados altos y bajos (barras y espacios del código). También se consideró que el tiempo aproximado para deslizar la simbología de una

credencial frente al sensor óptico es de medio segundo (0.5[s]). Tomando en cuenta lo anterior y haciendo uso de la siguiente fórmula fue posible realizar el cálculo de la frecuencia de corte para el filtro paso altas.

$$f_C = \frac{p}{t}$$

f_C = frecuencia de corte.

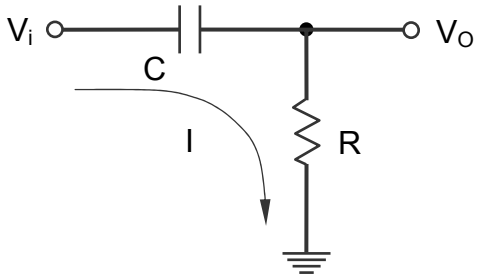
p = número de pulsos.

t = tiempo en deslizar el código.

La unidad básica para trabajar con frecuencias son los Hertz, por tanto, el tiempo t de la fórmula anterior deberá estar en segundos. Al sustituir valores en dicha fórmula se tiene que la frecuencia de corte es:

$$f_C = \frac{81}{0.5} = 162[Hz]$$

Para el cálculo del filtro paso altas de la figura 65, fue necesario realizar el análisis de dicho circuito considerando el paso de una corriente I como se muestra en el siguiente diagrama:



$$V_O = IR \quad (1)$$

$$V_i = IZ \quad (2)$$

En la ecuación (2) aparece una impedancia Z, cuyo valor es expresado por medio de una relación entre una componente resistiva (debida a la resistencia R del filtro) y una componente reactiva (debida al capacitor del filtro); dicha relación se muestra a continuación:

$$Z = R + jX_C \quad (3)$$

La reactancia capacitiva depende del valor de la frecuencia de corte ya que la fórmula para definir a X_C es:

f_C = frecuencia de corte.

C = capacitor del filtro paso altas.

$$X_C = \frac{1}{2\pi f_C C} \quad (4)$$

La frecuencia de corte se define como aquella frecuencia para la cual el valor óhmico de la resistencia coincide con el valor óhmico de la reactancia, es decir, sustituyendo a X_C por R en la ecuación (4) se obtiene la siguiente fórmula:

$$R = \frac{1}{2\pi f_C C}$$

Despejando a C de la expresión anterior:

$$C = \frac{1}{2\pi f_C R} \tag{5}$$

En la ecuación (5) existen dos incógnitas, el valor de la resistencia y el valor del capacitor. El valor de la resistencia se fijó en 47[KΩ], con ello, únicamente quedó la incógnita del valor del capacitor que fue calculado sustituyendo las literales por sus correspondientes valores numéricos.

$$C = \frac{1}{2\pi(162[Hz])(47[\mathrm{k\Omega}])} = 21[nf]$$

El valor del capacitor empleado en el filtro pasivo no fue de 21[nf], pues dicho valor no existe comercialmente, por lo cual el valor de capacitor más cercano al calculado teóricamente es el de 22[nf].

El análisis en frecuencia para un circuito de filtro pasivo paso altas como el de la figura 65 indica que, el valor de la frecuencia de corte se obtiene cuando la amplitud de la señal de entrada cae hasta 70.7% de su valor máximo. Lo anterior se ilustra en la siguiente figura.

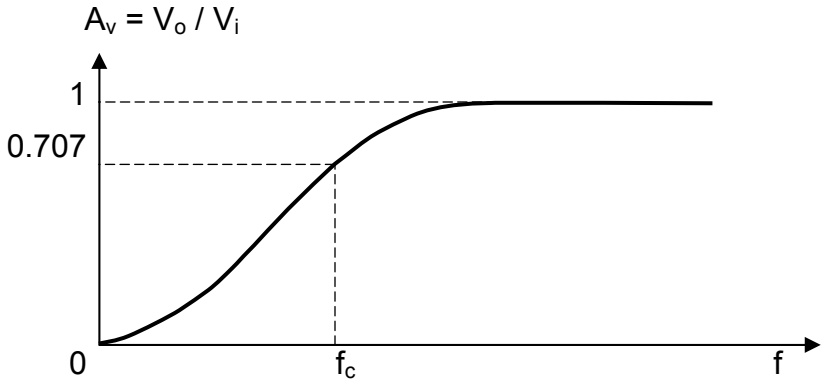


Figura 67. Respuesta en frecuencia para el filtro pasivo paso altas de la figura 65.

En términos logarítmicos se tiene que la ganancia en voltaje esta definida por:

$$G_V = 20\log_{10}\frac{V_O}{V_i}$$

$$G_V = 20\log_{10} A_V \tag{6}$$

De la ecuación anterior es posible decir que $A_V = \frac{V_O}{V_i}$; si se sustituyen las ecuaciones (1) y (2) en la expresión para A_V se tiene que:

$$|A_V| = \left|\frac{IR}{IZ}\right| = \left|\frac{R}{Z}\right|$$

Implicando a la ecuación (3) en la expresión anterior y desarrollando:

$$|A_V| = \left|\frac{R}{R + jX_C}\right| = \left|\frac{1}{1 + j\left(\frac{X_C}{R}\right)}\right| = \frac{1}{\left|1 + j\left(\frac{\frac{1}{2\pi fC}}{R}\right)\right|}$$

$$|A_V| = \frac{1}{\left|1 + j\left(\frac{1}{2\pi fCR}\right)\right|} \tag{7}$$

Despejando f_C de (5):

$$f_C = \frac{1}{2\pi CR}$$

Sustituyendo la expresión anterior en la ecuación (7):

$$|A_V| = \frac{1}{\left|1 + j\left(\frac{f_C}{f}\right)\right|}$$

En su forma de magnitud, la ecuación anterior se expresa de la siguiente manera:

$$|A_V| = \frac{1}{\left|\sqrt{1+\left(\frac{f_C}{f}\right)^2}\right|}$$

La ganancia en decibeles en forma logarítmica queda expresada como:

$$A_{V(dB)} = 20\log_{10}\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f_C}{f}\right)^2}} = -20\log_{10}\left[1+\left(\frac{f_C}{f}\right)^2\right]^{1/2} = \left(\frac{1}{2}\right)(-20)\log_{10}\left[1+\left(\frac{f_C}{f}\right)^2\right]$$

$$A_{V(dB)} = -10\log_{10}\left[1+\left(\frac{f_C}{f}\right)^2\right]$$

En la ecuación anterior se pueden presentar dos casos: $f<<f_C$ ó $(f_C/f)^2>>1$; por lo cual, la ecuación queda de la siguiente forma:

$$A_{V(dB)} = -10\log_{10}\left(\frac{f_C}{f}\right)^2$$

$$A_{V(dB)} = -20\log_{10}\left(\frac{f_C}{f}\right) \qquad (8)$$

La ecuación (8) expresa la ganancia en decibeles en función de la frecuencia de corte, ésta ecuación es necesaria para realizar gráficas de Bode.

En una gráfica de Bode la frecuencia de corte se encuentra en -3dB. Lo anterior puede ser comprobado con ayuda de la gráfica de la figura 67. Si en el siguiente análisis se hace la consideración de que $0.707 = \frac{1}{\sqrt{2}}$; se tiene que:

$$f = f_C \therefore \frac{f_C}{f} = 1 \rightarrow -20\log_{10} 1 = 0dB$$

$$f = \frac{1}{\sqrt{2}} f_C \therefore \frac{f_C}{\frac{1}{\sqrt{2}} f} = \sqrt{2} \rightarrow -20\log_{10}\sqrt{2} = -3dB$$

La gráfica de Bode para el filtro de la figura 65 se muestra a continuación:

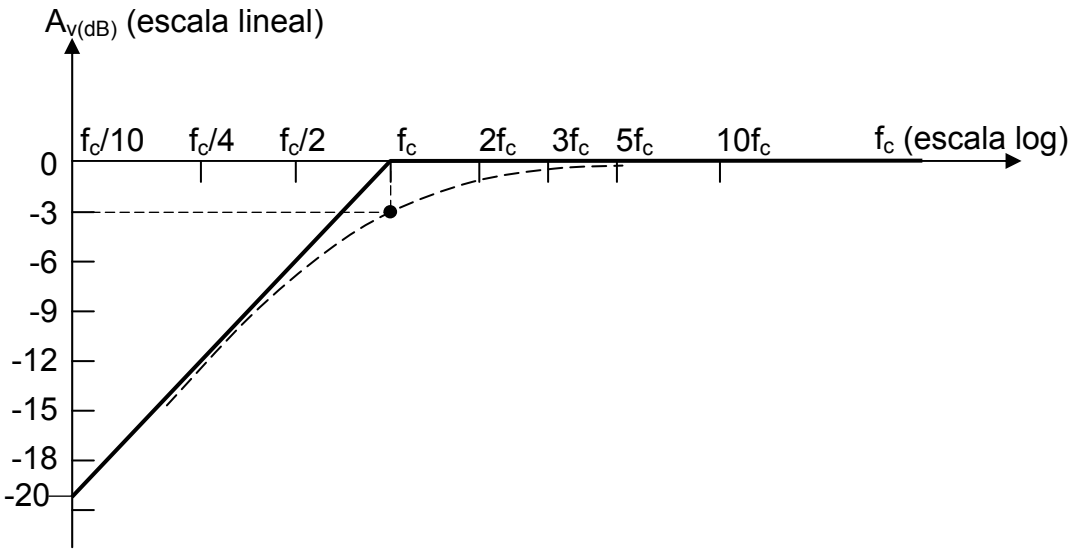


Figura 68. Gráfica de Bode para el filtro pasivo paso altas de la figura 65.

Por último, para encontrar el valor de la ganancia del filtro pasivo paso altas se hará referencia a la ecuación (3) que es:

$$Z = R + jX_C$$

Dicha ecuación no puede ser resuelta como una suma directa pues, la j que precede a la reactancia capacitiva X_C esta indicando que se trata de un número imaginario, por tanto, al graficar la ecuación (3) se tiene que:

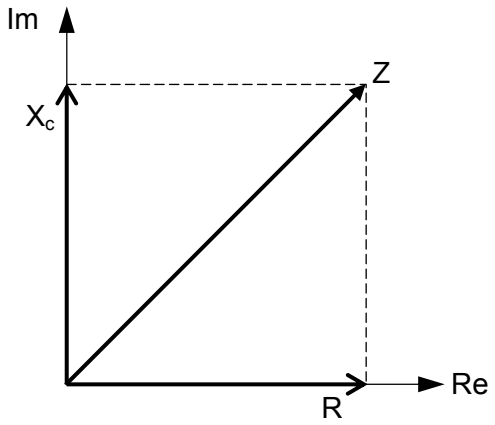


Figura 66. Gráfica de resistencia contra reactancia capacitiva.

De donde, al aplicar el Teorema de Pitágoras se obtiene:

$$R^2 + X_C^2 = Z^2$$

$$\sqrt{R^2 + X_C^2} = Z \qquad (9)$$

La ganancia se calcula como se muestra a continuación:

$$|A_V| = \left|\frac{V_O}{V_i}\right| = \left|\frac{IR}{IZ}\right| = \frac{R}{Z}$$

Sustituyendo la ecuación (9) en la expresión anterior:

$$|A_V| = \left|\frac{R}{Z}\right| = \frac{|R|}{\left|\sqrt{R^2 + X_C^2}\right|} = \frac{|R|}{\left|\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi f_C C}\right)^2}\right|}$$

Sustituyendo valores:

$$|A_V| = \frac{\left|47\times10^3\right|}{\left|\sqrt{\left(47\times10^3\right)^2 + \left(\frac{1}{2\pi(162)(22\times10^{-9})}\right)^2}\right|} = 0.725$$

El empleo del filtro paso altas provocó que la señal de DC fuera eliminada, sin embargo se tuvo la aparición de un offset de 109[mV] (véase figura 69) además, el utilizar un filtro pasivo paso altas no garantizó la total desaparición del ruido en la señal proveniente del sensor óptico, por tal motivo, fue necesario recurrir a un circuito Schmitt trigger que es una configuración de comparador con histéresis. La ventaja que proporciona un circuito con histéresis es que favorece la eliminación del ruido que puede presentarse en la señal entrante al circuito.

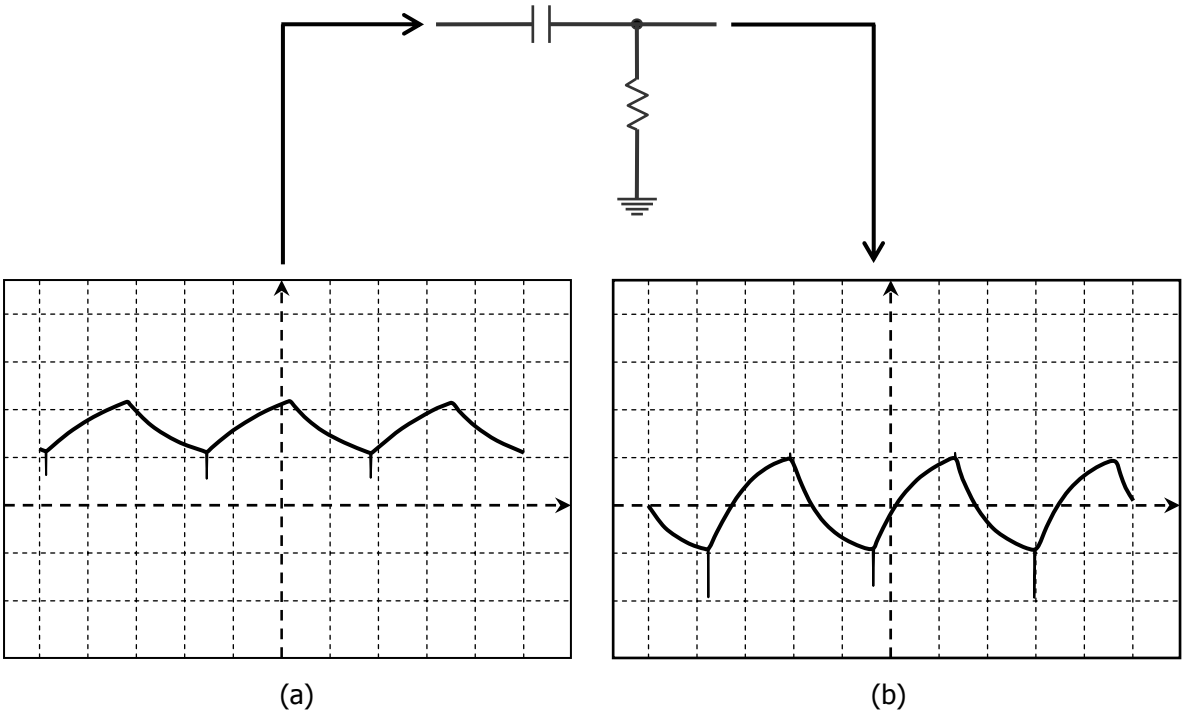


Figura 69. La gráfica (a) se encuentra a una escala de 2[V] por división y 1[ms] y es la señal proveniente del seguidor de voltaje. La gráfica (b) es la señal generada por el filtro pasivo paso altas y está tomada con escala de 1[V] por división y 1[ms].

5.6 Circuito Schmitt trigger

El arreglo implementado para el circuito con histéresis, así como el diagrama de la ventana de histéresis se pueden observar en la siguiente figura:

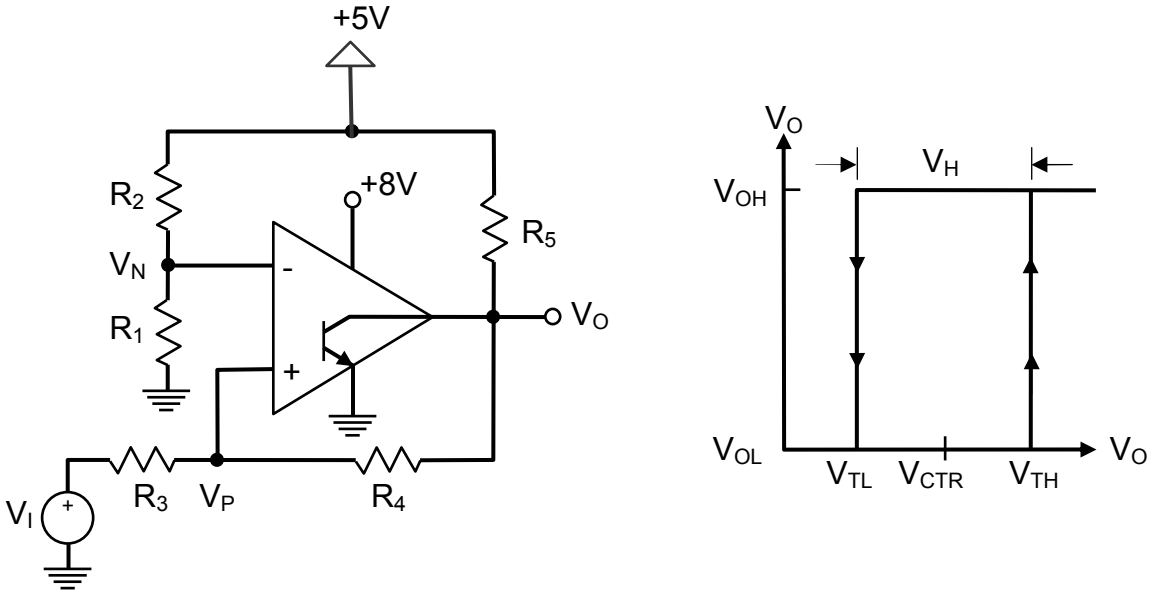


Figura 70. Circuito Schmitt trigger con ventana de histéresis.

El valor de V_{CTR} es el valor del voltaje de offset que se tiene a la salida del filtro pasivo paso altas (109[mV]), puesto que éste voltaje es muy pequeño, el valor del voltaje de la ventana de histéresis (V_H) también debe serlo, por lo cual la ventana es de 150[mV] y por consiguiente V_{TL} es la diferencia del voltaje de offset menos la mitad del valor de la ventana, esto es:

$$V_{CTR} = 109\times10^{-3}[V];\ V_H = 150\times10^{-3}[V]$$

$$\frac{V_H}{2} = \frac{150\times10^{-3}}{2} = 75\times10^{-3}$$

$$V_{TL} = V_{CTR} - \frac{V_H}{2} = 109\times10^{-3} - 75\times10^{-3}$$

$$\therefore V_{TL} = 34[mV]$$

Luego entonces, para encontrar el valor de V_{TH}:

$$V_{TH} = V_{CTR} + \frac{V_H}{2} = 109\times10^{-3} + 75\times10^{-3}$$

$$\therefore V_{TH} = 184[mV]$$

Una vez obtenidos los niveles de voltaje de la ventana, se efectuó el análisis del circuito de la figura 70 para encontrar los valores de las resistencias que proporcionarán el correcto funcionamiento de la ventana. Para realizar lo anterior se tienen dos casos a analizar. El primer caso propone que el voltaje de entrada V_i es menor al voltaje V_{TH} y con esto el valor de salida V_O es nulo; cabe aclarar que el voltaje V_i es el voltaje proveniente del filtro paso altas. En el segundo caso se

propone que ahora sea el voltaje V_i mayor al voltaje V_{TL}, con esto se induce al valor de voltaje de salida V_O a ser igual o muy cercano al valor de V_{CC} que es de 5[V]. Cabe mencionar que el voltaje en el nodo V_n es el voltaje de referencia (V_r) del circuito Schmitt trigger, éste voltaje será el que ayude a plantear las ecuaciones para el análisis del circuito.

El análisis es el siguiente:

Primer caso. Si $V_i < V_{TH}$; $V_O = 0$ y por tanto el voltaje de referencia es:

$$V_r = \left(\frac{R_4}{R_4 + R_3} \right) V_{TH}$$

$$V_r \left(R_4 + R_3 \right) = R_4 V_{TH}$$

$$V_{TH} = \frac{V_r \left(R_4 + R_3 \right)}{R_4} \tag{10}$$

Segundo caso. Si $V_i > V_{TL}$; $V_O = V_{CC} = 5$[V] y el voltaje de referencia se calcula de la siguiente manera:

$$\left(\mathrm{R}_4 + R_3 \right) V_r = V_{CC} R_3 + R_4 V_{TL}$$

$$\left(\mathrm{R}_4 + R_3 \right) V_r - V_{CC} R_3 = R_4 V_{TL}$$

$$V_{TL} = \frac{\left(\mathrm{R}_4 + R_3 \right) V_r - V_{CC} R_3}{R_4} \tag{11}$$

El valor de V_H puede expresarse en términos de V_{TL} y V_{TH} por medio de la expresión $V_H = V_{TL} - V_{TH}$. Sustituyendo las ecuaciones (10) y (11) en la expresión de V_H se tiene que:

$$V_H = V_{TL} - V_{TH}$$

$$V_H = \frac{V_r \left(R_4 + R_3 \right)}{R_4} - \left[\frac{V_r \left(R_4 + R_3 \right) - V_{CC} R_3}{R_4} \right]$$

$$V_H = \frac{V_r \left(R_4 + R_3 \right)}{R_4} - \frac{V_r \left(R_4 + R_3 \right)}{R_4} + \frac{V_{CC} R_3}{R_4}$$

$$V_H = \frac{V_{CC} R_3}{R_4} \tag{12}$$

Teóricamente el voltaje V_{CTR} es el voltaje V_{TL} sumado a la mitad de la diferencia entre V_{TH} y V_{TL}, es decir:

$$V_{CTR} = \frac{V_{TH} - V_{TL}}{2} + V_{TL}$$

Recordando que $V_H = V_{TH} - V_{TL}$ la ecuación simplificada es:

$$V_{CTR} = \frac{V_H}{2} + V_{TL}$$

Al sustituir las expresiones (11) y (12) en la ecuación anterior se tiene la siguiente forma para V_{CTR}:

$$V_{CTR} = \frac{\frac{V_{CC}R_3}{R_4}}{2} + \frac{(R_4 + R_3)V_r - V_{CC}R_3}{R_4}$$

$$V_{CTR} = \frac{V_{CC}R_3}{2R_4} + \frac{(R_4 + R_3)V_r}{R_4} - \frac{V_{CC}R_3}{R_4}$$

Simplificando el primer y tercer término:

$$V_{CTR} = \frac{(R_4 + R_3)V_r}{R_4} - \frac{V_{CC}R_3}{2R_4} \qquad (13)$$

Las ecuaciones (10) y (11) fueron planteadas para calcular el valor de las resistencias R_3 y R_4. Las ecuaciones (12) y (13) únicamente servirán para corroborar si los valores de resistencias calculados coinciden con los valores de la ventana. Como se mencionó al principio de éste párrafo, para el cálculo de R_3 y R_4, se trabajará con las expresiones (10) y (11), por lo cual se despejará a V_r de ambas expresiones, entonces de (10):

$$V_r = \frac{R_4 V_{TH}}{R_4 + R_3} \qquad (14)$$

De (11) se obtiene:

$$V_{TL} = \frac{(R_4 + R_3)V_r - V_{CC}R_3}{R_4}$$

$$V_{TL}R_4 = (R_4 + R_3)V_r - V_{CC}R_3$$

$$V_r = \frac{V_{TL}R_4 + V_{CC}R_3}{R_4 + R_3}$$

Igualando las expresiones obtenidas de los despejes realizados a las ecuaciones (10) y (11):

$$\frac{R_4 V_{TH}}{R_4 + R_3} = \frac{V_{TL} R_4 + V_{CC} R_3}{\mathrm{R}_4 + R_3}$$
$$R_4 V_{TH} = V_{TL} R_4 + V_{CC} R_3$$
$$R_4 V_{TH} - V_{TL} R_4 = V_{CC} R_3$$
$$R_4 \left(V_{TH} - V_{TL}\right) = V_{CC} R_3$$

$$\Rightarrow \frac{R_3}{R_4} = \frac{V_{TH} - V_{TL}}{V_{CC}} \tag{15}$$

Mediante la expresión (15) es posible encontrar tanto el valor de R_4 como el de R_3. Sustituyendo los valores de V_{CC} = 5[V], V_{TH} = 184[mV] y V_{TL} = 34[mV] en la expresión se tiene que:

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{184 \times 10^{-3} - 34 \times 10^{-3}}{5} = 30 \times 10^{-3}$$
$$R_3 = 30 \times 10^{-3} R_4$$

Si se establece el valor de R_4 al valor comercial de 1.5[MΩ], el valor de la resistencia R_3 será:

$$R_3 = \left(30 \times 10^{-3}\right)\left(1.5 \times 10^{6}\right)$$
$$R_3 = 45[k\Omega]$$

El valor comercial calculado para R_3 es de 47[KΩ].

Al sustituir los valores de R_3 = 47[KΩ] y R_4= 1.5[MΩ] en la ecuación (13) se obtendrá el valor del voltaje de referencia:

$$V_r = \frac{R_4 V_{TH}}{R_4 + R_3} = \frac{\left(1.5 \times 10^{6}\right)\left(0.184 \times 10^{-3}\right)}{1.5 \times 10^{6} + 47 \times 10^{3}}$$
$$V_r = 178.41[mV]$$

Para calcula el valor de las resistencias R_1 y R_2, se puede observar que éstas forman un divisor de voltaje en el circuito de la figura 70 y en consecuencia, serán ellas las que determinen el valor del voltaje de referencia en el circuito Schmitt trigger. El cálculo del divisor de voltaje queda de la siguiente manera:

$$V_r = \frac{R_1 V_{CC}}{R_1 + R_2}$$

Desarrollando la expresión anterior:

$$\begin{aligned}
(R_1 + R_2)V_r &= V_{CC} R_1 \\
\frac{R_1 + R_2}{R_1} &= \frac{V_{CC}}{V_r} \\
1 + \frac{R_2}{R_1} &= \frac{V_{CC}}{V_r} \\
\frac{R_2}{R_1} &= \frac{V_{CC}}{V_r} - 1 \\
\frac{R_2}{R_1} &= \frac{V_{CC} - V_r}{V_r}
\end{aligned}$$

Si se sustituyen los valores de V_{CC} = 5[V] y V_r = 178.41[mV] en la expresión anterior:

$$\begin{aligned}
\frac{R_2}{R_1} &= \frac{5 - 178.41\times10^{-3}}{178.41\times10^{-3}} = 25.68 \\
R_2 &= 25.68 R_1
\end{aligned}$$

Para obtener los valores de R_3 y R_4 se estableció el valor de R_4 para obtener el valor de la resistencia R_3, ese mismo procedimiento se empleará ahora para encontrar el valor de R_2. Fijando el valor de R_1 al valor comercial de 6.8[KΩ] el valor de la resistencia R_2 es:

$$\begin{aligned}
R_2 &= (25.68)(6.8\times10^3) \\
R_2 &= 183.6[k\Omega]
\end{aligned}$$

El valor obtenido de R_2 es muy cercano al valor comercial de 180[KΩ], por lo cual ese será el valor para dicha resistencia.

Finalmente, la resistencia R_5 es una resistencia de pull up, por lo cual su valor puede ser tomado dentro del rango de 1[KΩ] hasta de 5[KΩ]. El valor de R_5 se fijó en 1[KΩ].

Una vez concluido el cálculo de los valores de las cinco resistencias, fue necesario buscar un CI que tuviera la configuración del amplificador operacional de la figura 70 o en su defecto implementar por separado la conexión entre el amplificador operacional con un transistor tipo NPN. En el mercado existen

diversos CI que internamente se encuentran compuestos por un amplificador operacional que a su salida cuenta con un transistor como el que se solicita en la figura 70, por lo cual se implementó el circuito con histéresis con ayuda del CI LM311D.

El LM311D es un circuito comparador diferencial con estrobo (véase figura 71) que demanda un voltaje de alimentación positivo y negativo que se encuentren dentro del rango mínimo de $\pm 5[V]$ y máximo de $\pm 18[V]$. El consumo de voltaje del LM311D cae en el mismo rango de alimentación que necesita el CI TL084CN empleado para implementar al circuito seguidor de voltaje, por lo cual se tomó el valor de voltaje que energiza al TL084CN para alimentar al LM311D (+8[V]).

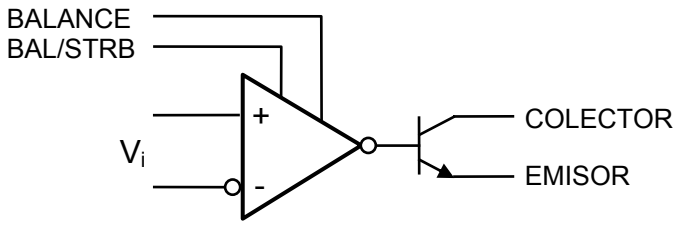


Figura 71. Conexión interna del LM311D.

Como se muestra en la figura 70, de la conexión entre las resistencias R_4, R_5 y el colector del transistor incluido dentro del CI LM311D, se obtiene la salida del circuito Schmitt trigger. La señal de salida del arreglo Schmitt trigger es la representación eléctrica del código de barras leído, la interpretación de esta señal será proporcionada por el programa almacenado en el MCU 68HC11. El siguiente diagrama muestra la señal de entrada y salida del circuito Schmitt trigger.

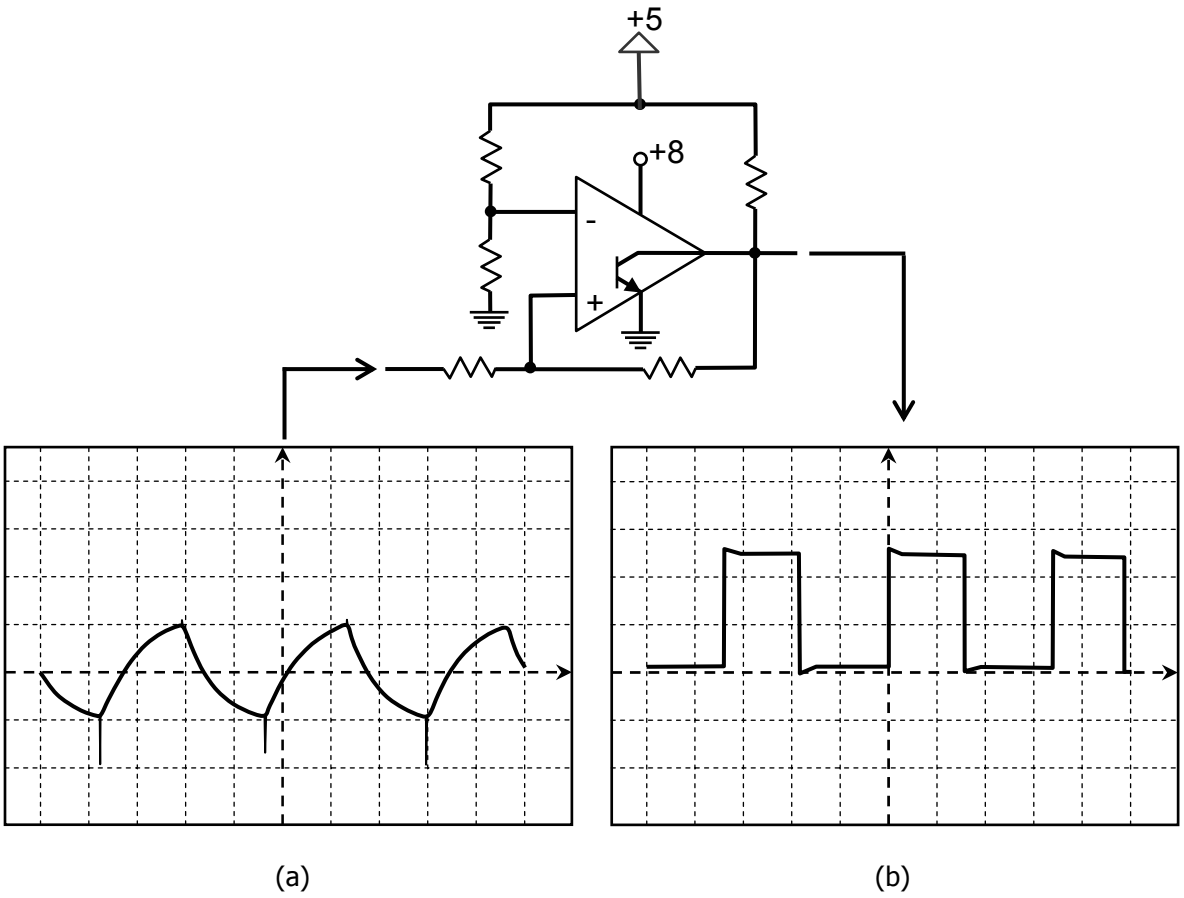


Figura 72. La gráfica (a) es la gráfica generada por el filtro pasivo paso altas, se encuentra a una escala de 1[V] por división y 1[ms]. La gráfica (b) es la señal de salida del circuito Schmitt trigger con ventana de histéresis, su escala es de 2[V] por división y 1[ms].

Antes de abordar el siguiente apartado en el cual explicaré la forma en que la programación del 68HC11 manipula la señal procedente del circuito Schmitt trigger, es importante mencionar que antes de realizar la conexión entre el circuito Schmitt trigger y el 68HC11 se conectó entre ellos el CI 74LS04, dicho circuito contiene seis compuertas inversoras, de las cuales se utilizaron dos de ellas para dar a la señal los niveles de corriente y voltaje adecuados para que el 68HC11 no tuviera problema alguno para manipular la señal. En la figura 73 se muestra la señal de salida de las compuertas inversoras del 74LS04.

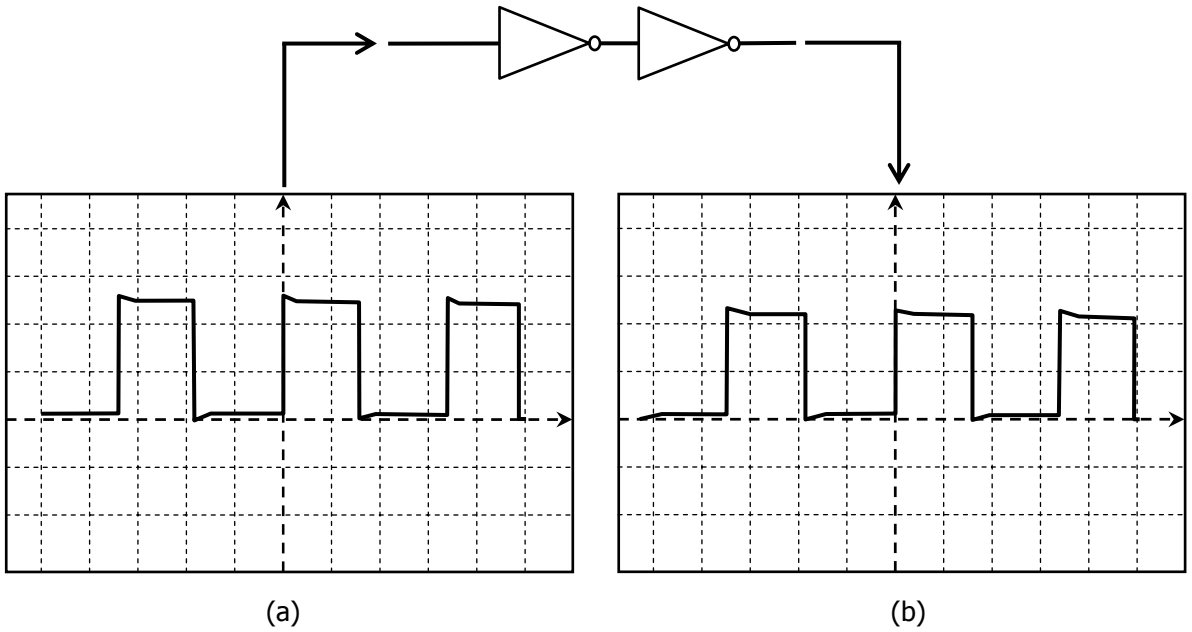


Figura 73. La gráfica (a) es la gráfica es la señal que proviene del circuito Schmitt trigger. La gráfica (b) es la señal de salida del CI 74LS04. Ambas señales se encuentran en escala de 2[V] por división y 1[ms].

Haciendo un recuento de los circuitos empleados para conformar el sistema óptico electrónico, es posible decir que el primer elemento empleado después del sensor óptico es un circuito seguidor de voltaje, cuya salida es la señal de entrada al siguiente arreglo electrónico que es un filtro pasivo paso altas que a su vez originará la señal de entrada para el circuito Schmitt trigger que proporciona el voltaje de entrada al CI 74LS04 para que finalmente, éste circuito que proporciona voltaje TTL se conecte al MCU 68HC11 quien manejará los impulsos eléctricos recibidos según su programación ya estipulada. En la figura 74 se muestra el diagrama de los circuitos empleados.

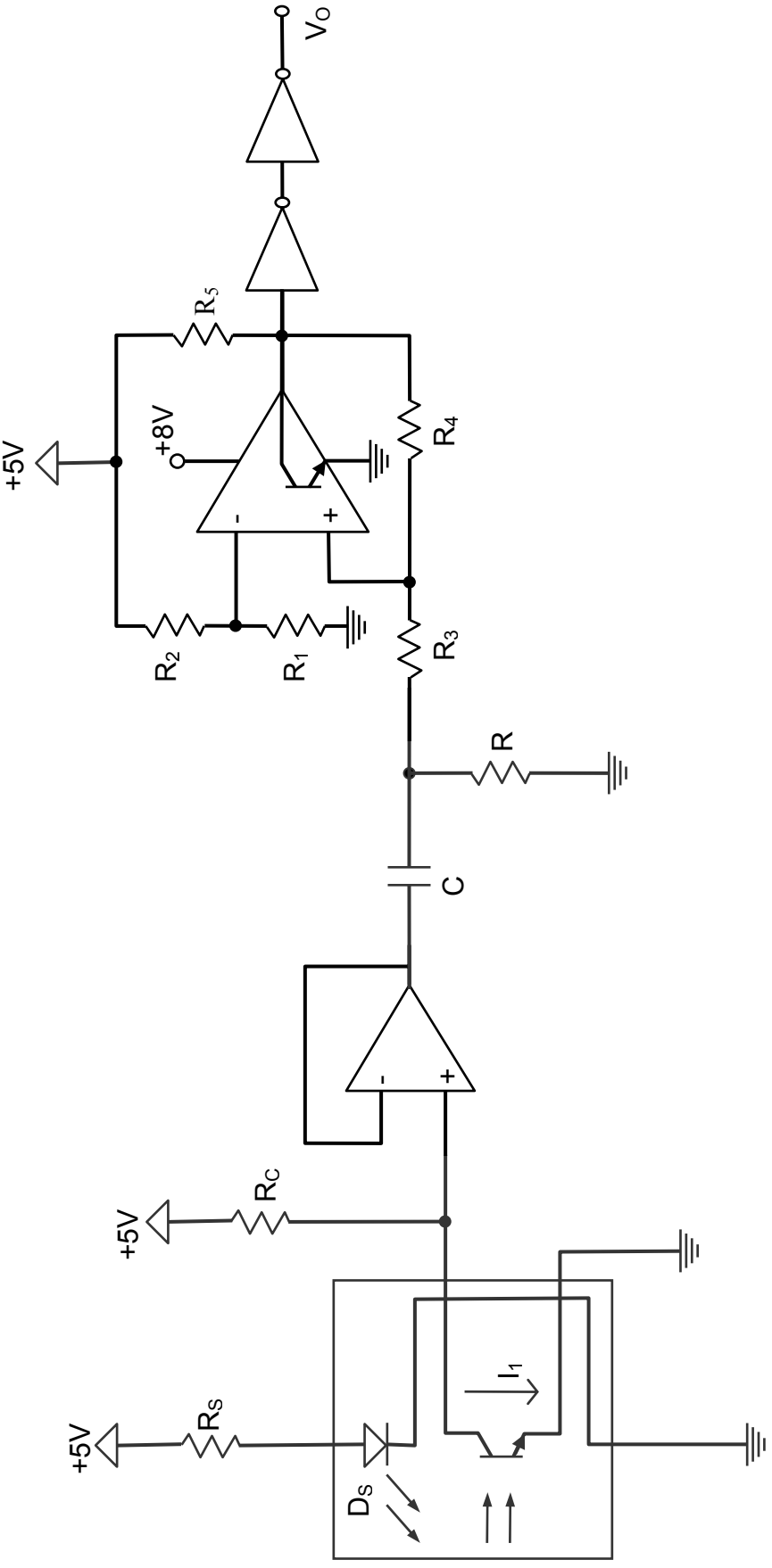


Figura 74. Diagrama electrónico de los circuitos

5.7 Tarjeta de desarrollo

La tarjeta de desarrollo empleada en el presente trabajo de tesis está diseñada para funcionar con el microcontrolador de la marca Motorola MC68HC11F1. La tarjeta hace posible trabajar en cualquiera de los cuatro modos asociados con la familia del 68HC11, además permite la operación de software relacionado con el HC11; de esta forma es posible ejecutar en la tarjeta programas hechos en lenguaje ensamblador o en lenguaje C siempre y cuando se cuente con el archivo objeto S19 que haya sido generado con el software de ensamblaje o con el respectivo software de compilación.

5.7.1 Modos de operación

El MC68HC11, así como los demás MCU provenientes de la familia 68HC11, requiere de un software para realizar cualquier aplicación sobre él. Existen diversos programas que operan sobre ésta familia de MCU, los programas a usar fueron el IASM11 y el PCBUG11.

El IASM11 es un ensamblador, algunas de sus funciones más importantes son: permitir la edición de programas y transformar las instrucciones del lenguaje ensamblador a líneas de dígitos hexadecimales que constituirán un archivo con extensión .S19 capaz de ser ejecutado por el 68HC11F1.

El PCBUG11 es un programa de monitoreo que puede ser instalado en cualquier computadora personal que cuente con Windows 95/98. Es un software que permite la comunicación de la computadora con la tarjeta de desarrollo. También permite, entre otras cosas, cargar en memoria el archivo con extensión .S19, analizar los registros del 68HC11, modificaciones personales dentro del programa así como detener la ejecución del mismo.

Además de considerar a los programas IASM11 y PCBUG11 para el correcto funcionamiento de la familia 68HC11, es necesario tomar en cuenta el modo de arranque del sistema, pues el modo será el que indique la configuración del mapa de memoria y los recursos disponibles con los que el MCU podrá contar para su accionar. La siguiente tabla muestra los cuatro modos de operación en que puede trabajar la tarjeta de desarrollo, estos modos de operación son los modos que se encuentran asociados con la familia 68HC11.

MODB	MODA	Modo de arranque
0	0	Bootstrap
0	1	Test
1	0	Single chip
1	1	Expandido

Figura 75. Modos de arranque del 68HC11.

El microcontrolador funciona con toda la disponibilidad de sus puertos en el modo single chip, pues al ser operado en este modo, cuenta con las memorias RAM, ROM y EEPROM internas así como con los registros de control. Este modo de operación también es llamado modo normal y esta pensado para funcionar cuando en la memoria ROM exista un programa previamente grabado, de esta forma, al arrancar el sistema comenzará a ejecutarse el programa indicado por los vectores de interrupción que se encuentran en la ROM.

El modo bootstrap es una variación del modo single chip, se ejecuta desde una memoria ROM interna, esta memoria es llamada ROM de arranque. Cuando el MCU arranca en este modo de operación, los vectores de interrupción así como el programa bootloader se encuentran contenidos en la memoria ROM de arranque y desde ahí son ejecutados. Mediante el programa bootloader se habilita el sistema de comunicación serial asíncrona (SCI), se analizan opciones de seguridad y programas de 1024 bytes podrán ser descargados a través del SCI, dichos programas se encontrarán alojados en la memoria RAM interna del microcontrolador.

El fabricante del MCU, en este caso Motorola, utiliza el modo test para realizar pruebas a los recursos internos del MCU, dichas pruebas son llamadas pruebas de producción interna o pruebas de fábrica. En este modo se tiene acceso a determinados registros de control que en otros modos están protegidos, además de que es posible tener acceso a memoria externa.

El modo expandido y el modo single chip comparten su mapa de memoria, sin embargo, el modo expandido es empleado cuando la memoria interna no es suficiente, además se direcciona una memoria externa para acceder al resto de las localidades de memoria, con esto, los puertos B y C se utilizarán como buses de datos y de direcciones, esto ocasiona que 16 pines queden disponibles para direccionar una memoria exterior hasta de 64[KB].

5.7.2 Memoria

Inicialmente, el programa para esta tesis fue desarrollado para funcionar en el modo single chip, sin embargo, la memoria disponible en este modo resultó ser insuficiente conforme se avanzaba en el perfeccionamiento del programa en lenguaje ensamblador, por lo cual, la distribución del mapa de memoria de la tarjeta en modo expandido proporcionó el espacio suficiente en memoria para continuar desarrollando el programa. La figura 76 muestra el mapa de memoria en modo expandido de la tarjeta empleada.

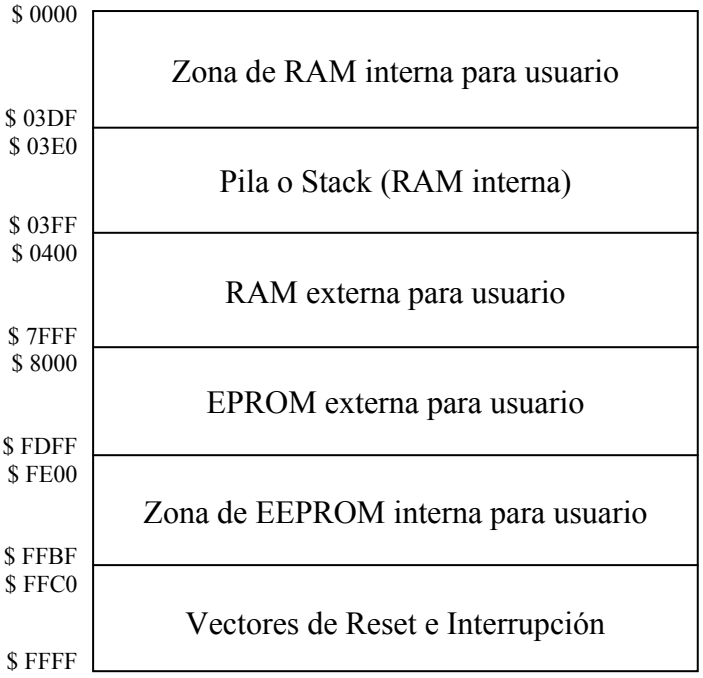


Figura 76. Mapa de memoria para el modo expandido para la tarjeta de desarrollo.

La tarjeta de desarrollo en modo expandido cuenta con las siguientes características de memoria: 1[KB] de RAM interna, 31[KB] de RAM externa, 31.5[KB] de EPROM externa y 0.5[KB] de EEPROM interna.

En la memoria EPROM externa se encontrará almacenado el programa para manejar la información proveniente del sensor óptico. En la zona de EEPROM interna se encontrarán todas las credenciales del personal que tenga acceso al área restringida. Dentro de la memoria RAM interna se almacenarán algunos valores y contadores que serán empleados por el programa para lograr su correcto funcionamiento.

5.8 Programación de la tarjeta de desarrollo

En el capítulo anterior expuse de forma breve los elementos de la estructura interna del MCU 68HC11 de Motorola empleados en el desarrollo práctico de esta tesis. En este capítulo que nos ocupa, justificaré el empleo de cada uno de los elementos descritos en el cuarto capítulo.

En base a los conocimientos adquiridos durante mi formación académica en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, la realización del programa en lenguaje ensamblador para el MCU 68HC11 no presentó complicación alguna en el momento de su planteamiento teórico.

El código de barras a analizar es el que cumple con las características de la simbología 39. Dentro del apéndice B, en el apartado de patrón de caracteres, se aprecia que la figura B-3 presenta el patrón de barras y espacios de la simbología antes mencionada. Cada barra aparece de color negro y cada espacio se representa en color blanco en la figura antes mencionada. En base a esta figura, se observa que la combinación de barras y espacios para formar al carácter de número 1 es la siguiente:



Figura 77. Patrón de elementos anchos y angostos para el carácter de número 1.

El sensor óptico mantiene un nivel de voltaje de 0 lógico en el colector del fototransistor hasta que se detecte la primer barra de la simbología impresa en la credencial. Cuando se desliza la credencial con el código de barras frente al sensor, la primer barra ocasionará un cambio de voltaje al estado de 1 lógico en el fototransistor y al terminar la barra se regresa al estado 0 lógico y se volverá al voltaje de 1 lógico hasta que se detecte la siguiente barra y así sucesivamente hasta que el sensor óptico deje de revelar la existencia de un código de barras delante de él. Considerando que cada carácter de la simbología 39 cuenta con 9 elementos, por lo tanto, el total de cambios de voltaje que sufre el sensor es de diez cambios por caracter. Tomando en cuenta estos cambios de voltaje al inicio y finalización de una barra, se empleó la aplicación de capturadores de entrada con que cuenta el 68HC11 para conocer el momento exacto en que ocurre un cambio de estado bajo a estado alto y viceversa, en otras palabras, la detección de flancos permite conocer el momento en que inicia y concluye la lectura del código de barras.

La figura 77 muestra cada una de las dimensiones de los elementos anchos y angostos que conforman al carácter de número 1, las dimensiones de los elementos que aparecen en la figura antes mencionada son las dimensiones de cada uno de los elementos de los caracteres de la simbología 39. Los códigos de

barras que hacen uso de esta simbología cuentan con una longitud única para elementos angostos y otra para elementos anchos, gracias a esto fue posible asignar a cada elemento una clasificación binaria, es decir, se asoció a los elementos angostos con ceros y a los elementos anchos con unos (véase figura 78).

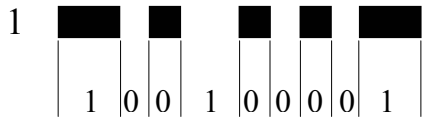


Figura 78. Asociación de caracteres con ceros y unos.

La clasificación binaria completa de cada uno de los caracteres del código 39 con su correspondiente valor en sistema hexadecimal se muestra a continuación:

Caracter	Asociación binaria									Valor hexadecimal
1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	121
2	0	0	1	1	0	0	0	0	1	061
3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	160
4	0	0	0	1	1	0	0	0	1	031
5	1	0	0	1	1	0	0	0	0	130
6	0	0	1	1	1	0	0	0	0	070
7	0	0	0	1	0	0	1	0	1	025
8	1	0	0	1	0	0	1	0	0	124
9	0	0	1	1	0	0	1	0	0	064
0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	034
A	1	0	0	0	0	1	0	0	1	109
B	0	0	1	0	0	1	0	0	1	049
C	1	0	1	0	0	1	0	0	0	148
D	0	0	0	0	1	1	0	0	1	019
E	1	0	0	0	1	1	0	0	0	118
F	0	0	1	0	1	1	0	0	0	058
G	0	0	0	0	0	1	1	0	1	00D
H	1	0	0	0	0	1	1	0	0	10C
I	0	0	1	0	0	1	1	0	0	04C
J	0	0	0	0	1	1	1	0	0	01C
K	1	0	0	0	0	0	0	1	1	103
L	0	0	1	0	0	0	0	1	1	043
M	1	0	1	0	0	0	0	1	0	142
N	0	0	0	0	1	0	0	1	1	013
O	1	0	0	0	1	0	0	1	0	112
P	0	0	1	0	1	0	0	1	0	052
Q	0	0	0	0	0	0	1	1	1	007
R	1	0	0	0	0	0	1	1	0	106
S	0	0	1	0	0	0	1	1	0	046
T	0	0	0	0	1	0	1	1	0	016
U	1	1	0	0	0	0	0	0	1	181
V	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0C1
W	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1C0
X	0	1	0	0	1	0	0	0	1	091
Y	1	1	0	0	1	0	0	0	0	190
Z	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0D0
-	0	1	0	0	0	0	1	0	1	085
.	1	1	0	0	0	0	1	0	0	184
Espacio	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0C4
*	0	1	0	0	1	0	1	0	0	094
$	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0A8
/	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0A2
+	0	1	0	0	0	1	0	1	0	08A
%	0	0	0	1	0	1	0	1	0	02A

Figura 79. Tabla de caracteres del código 39 asociados a unos y ceros con su valor hexadecimal.

Después de realizar la asignación binaria a cada uno de los caracteres de la simbología 39, se relacionó a cada combinación de bits de la figura 69 con su correspondiente valor hexadecimal para contar con un mejor manejo de la información y de esta forma facilitar el almacenamiento de la información dentro de las localidades de memoria disponibles en el microcontrolador. La tabla de la figura 79 también muestra que cada carácter esta formado por la combinación de 9 elementos y esto ocasiona que algunos valores hexadecimales sean de tres dígitos.

El almacenamiento de información por parte de las localidades de memoria del 68HC11, solo permite guardar grupos de 8 bits, por tal motivo, si de la tabla anterior se ignora al bit hexadecimal más significativo no existe repetición de datos en los valores hexadecimales utilizados en la credencial y además solo se necesitará una localidad de memoria para almacenar el valor hexadecimal, pues al considerar el bit omitido se requerirán de dos localidades de memoria para el almacenamiento de información en lugar de una.

Explicado lo anterior, es el momento de hablar a grandes rasgos sobre el programa que hace posible el funcionamiento del presente proyecto de tesis que, para su mejor comprensión he dividido en 8 bloques:

1. Limpiado de memoria.
2. Definición de valores.
3. Captura y diferencia de flancos.
4. Copia de diferencia de flancos.
5. Encontrar los tres números mayores.
6. Asociación de los tres números mayores con elementos anchos.
7. Tomar acción sobre la credencial.
8. Rutina de interrupción en tiempo real.

5.8.1 Limpiado de memoria

El algoritmo del primer bloque del programa busca en la memoria EEPROM interna si los datos que ahí se encuentran son de credenciales, si no lo son, las ocho localidades de memoria en las que debería encontrarse la credencial serán

borradas. La validación se efectúa buscando el número 94[125] en la última localidad de memoria en donde se almacenó la credencial, si dicho número no aparece se borran las ocho localidades de memoria.

5.8.2 Definición de valores

En éste bloque, como su nombre lo indica, se definen los valores de algunos contadores que serán empleados más tarde por el programa, se establece el valor de inicio del stack pointer y se configuran los pines del puerto A que serán empleados como salidas y entradas.

5.8.3 Captura y diferencia de flancos

En éste bloque se programan los capturadores de entrada que se encuentran asociados al contador libre o temporizador principal de 16 bits.

La programación del microcontrolador comenzará a manipular la información enviada por el sensor óptico en el momento que se detecte el primer flanco del código de barras. La primer cuenta de flanco detectado del código de barras será almacenada en una localidad de memoria RAM interna, cuando se presente la segunda cuenta de flanco se realizará una resta entre ésta cuenta y la cuenta almacenada previamente en memoria; el resultado de la resta entre ambas cuentas de flanco se almacenará en la RAM interna. Posteriormente, la segunda cuenta de flanco leída será guardada en la dirección de memoria en la cual se encuentra almacenada la primer cuenta de flanco. Una vez hecho lo anterior, el MCU queda a la espera del siguiente flanco para repetir el proceso de resta entre cuentas de flancos. Con esto se desea conocer la longitud de los elementos leídos por el sensor óptico.

[125] El número hexadecimal 94 corresponde al carácter de asterisco, con éste carácter inicia y termina cualquier código de barras de la simbología 39.

5.8.4 Copia de diferencia de flancos

Una vez concluida la captura y resta de todas las cuentas de flancos del código de barras, todos los resultados de las restas entre cuentas de flancos serán copiados y almacenados como una lista de datos en una parte de la memoria RAM interna del MCU para poder manipular ésta información.

5.8.5 Encontrar los tres números mayores

Dentro de la copia de las restas de cuentas de flancos se comenzará a buscar los 3 elementos anchos y los 6 elementos angostos que conforman cada carácter del código de barras. Los 3 elementos anchos serán los 3 resultados de resta de cuenta de flanco con mayor valor.

5.8.6 Asociación de los tres números mayores con elementos anchos

Después de localizar en el bloque anterior a los 3 elementos anchos de cada carácter, se realiza una asociación binaria como en la figura 78, en la cual cada elemento ancho se asocian con un 1 y los restantes elementos se asocian con 0; con esto se pretende obtener los números hexadecimales como los mostrados en la tabla de la figura 79.

5.8.7 Tomar acción sobre la credencial

Después de ser leída una credencial y pasar por los procesos de los primeros 6 bloques del programa, la credencial con los valores ya convertidos al sistema hexadecimal quedará almacenada a partir de la localidad 500 de memoria RAM interna hasta la localidad 508.

El estado de dos interruptores alambrados al puerto E (interruptores de estado) indicarán si el programa deberá borrar, comparar o almacenar la

credencial que ha sido leída y guardada a partir de la localidad 500 con las credenciales que se encuentren en la EEPROM interna. La siguiente tabla muestra las acciones a realizar dependiendo del estado de los interruptores.

Interruptor #1	**Interruptor #2**	**Acción a realizar**
0	0	Borrar
0	1	Almacenar
1	0	Enciende LED rojo
1	1	Comparar

Figura 80. Acciones a realizar por el MCU dependiendo del estado de los interruptores.

Por medio de un LED bicolor cuyo encendido puede ser de color verde o rojo, se conocerá si alguna de las tres acciones mencionadas en la tabla anterior se realizó con éxito. A continuación se muestran los casos de encendido del LED dependiendo de la acción a realizar.

Acción	**Enciende color verde del LED**	**Enciende color rojo del LED**
Borrar	La credencial ha sido borrada de la memoria	La credencial no se encuentra en memoria, por tanto no puede ser borrada
Almacenar	La credencial ha sido almacenada en la memoria	La credencial ya se encuentra en memoria
Comparar	La credencial se encuentra en memoria	La credencial no se encuentra en memoria

Figura 81. Respuesta por medio del LED a la acción realizada.

5.8.8 Rutina de interrupción en tiempo real

En el instante en que se detecta el primer flanco de la credencial, la programación del MC68HC11F1 comienza a ejecutar una rutina de interrupción en tiempo real, la cual permite pasar en un tiempo de 5[s] el código de barras de la credencial frente al sensor óptico. Si en el tiempo de 5[s] el sensor óptico no detecta todos los caracteres del código de barras o si la credencial es deslizada a una velocidad en la cual el sensor no termina la lectura, el MCU indicará por medio de una serie de parpadeos del LED en color rojo que no se logró leer la credencial. Terminado el parpadeo del LED, el programa estará listo para realizar un nuevo intento de lectura.

CONCLUSIONES

El objetivo principal de esta tesis fue el desarrollar un sistema que fuera capaz de realizar lecturas de códigos de barras a través del microcontrolador 68HC11 de Motorola y en consecuencia obtener una aplicación práctica y funcional; en este proyecto se trabajó en el control de acceso de personal a zonas restringidas.

Al iniciar la presente tesis fue necesario tener conocimiento, además de la tecnología de código de barras, de los diversos sistemas de identificación automática de información existentes y de esta forma comprender las diferencias y similitudes entre ellos, gracias a esto fue más sencillo conocer las ventajas y alcances que poseen los códigos de barras sobre sus demás competidores, asimismo, tuve una perspectiva más amplia de cómo iniciar el desarrollo del proyecto.

Conforme se avanzaba en el perfeccionamiento de la tesis, fue necesario realizar divisiones por bloques, la intención de estas divisiones fue la de entender el comportamiento de cada uno de los circuitos empleados en cada bloque para lograr que la señal emitida por el sensor óptico fuera fácilmente manipulada por el microcontrolador. La señal que debía ser recibida por el microcontrolador debía tratarse de un tren de pulsos pues, al estar manejando lecturas de códigos de barras, estas pueden interpretarse como un patrón de unos y ceros.

Finalmente, después de muchos diseños de circuitos y pruebas malogradas, el objetivo de la tesis fue alcanzado satisfactoriamente pues se logró contar con la unidad física para la adquisición de datos por medio de la tecnología de código de barras así como la manipulación de los mismos para limitar el acceso de personas a ciertos lugares. Gracias a lo anterior, puedo decir que las conclusiones más importantes de este proyecto son las siguientes:

- El sistema muestra buena eficiencia pues al realizar 65 pruebas de lectura, 55 de ellas fueron correctas, lo cual indica que el 85% de las lecturas las realiza correctamente.

- La gran desventaja que posee este sistema se presenta en la velocidad con que se debe deslizar el código de barras frente al lector óptico, ya que para conseguir una lectura exitosa no se puede deslizar rápidamente la credencial frente al lector, pues de hacerlo, la información que llegue al microcontrolador podría llegar incompleta. Se plantearon e implementaron varios circuitos para eliminar este problema y finalmente con el arreglo Schmitt trigger con histéresis conectado después del filtro paso altas se logró que el sistema tuviera una menor sensibilidad a la velocidad con la que se deslice a la credencial, lamentablemente el problema de la velocidad no desapareció completamente y es necesario que el lector óptico detecte todo el código de barras en un tiempo promedio de un segundo.

- A partir de la tecnología de código de barras, los recursos de la versión F1 de la familia de microcontroladores 68HC11 pueden ser empleados para aplicaciones más complejas que las efectuadas en la tesis. El diseño de la tarjeta de desarrollo que se utilizó permite aprovechar recursos del F1 que no fueron empleados en el proyecto. Algunos ejemplos sobre el empleo de los recursos del F1 junto con la tarjeta de desarrollo es enviar información de forma serial o paralela por medio de dos puertos adicionales hacia algún dispositivo externo. La tarjeta también permite utilizar un display que despliegue algunos datos del usuario cuando éste deslice su credencial con código de barras por el lector, estos datos pueden ser: nombre, hora de entrada, puesto en el cual se desempeña, dirección particular, etc.

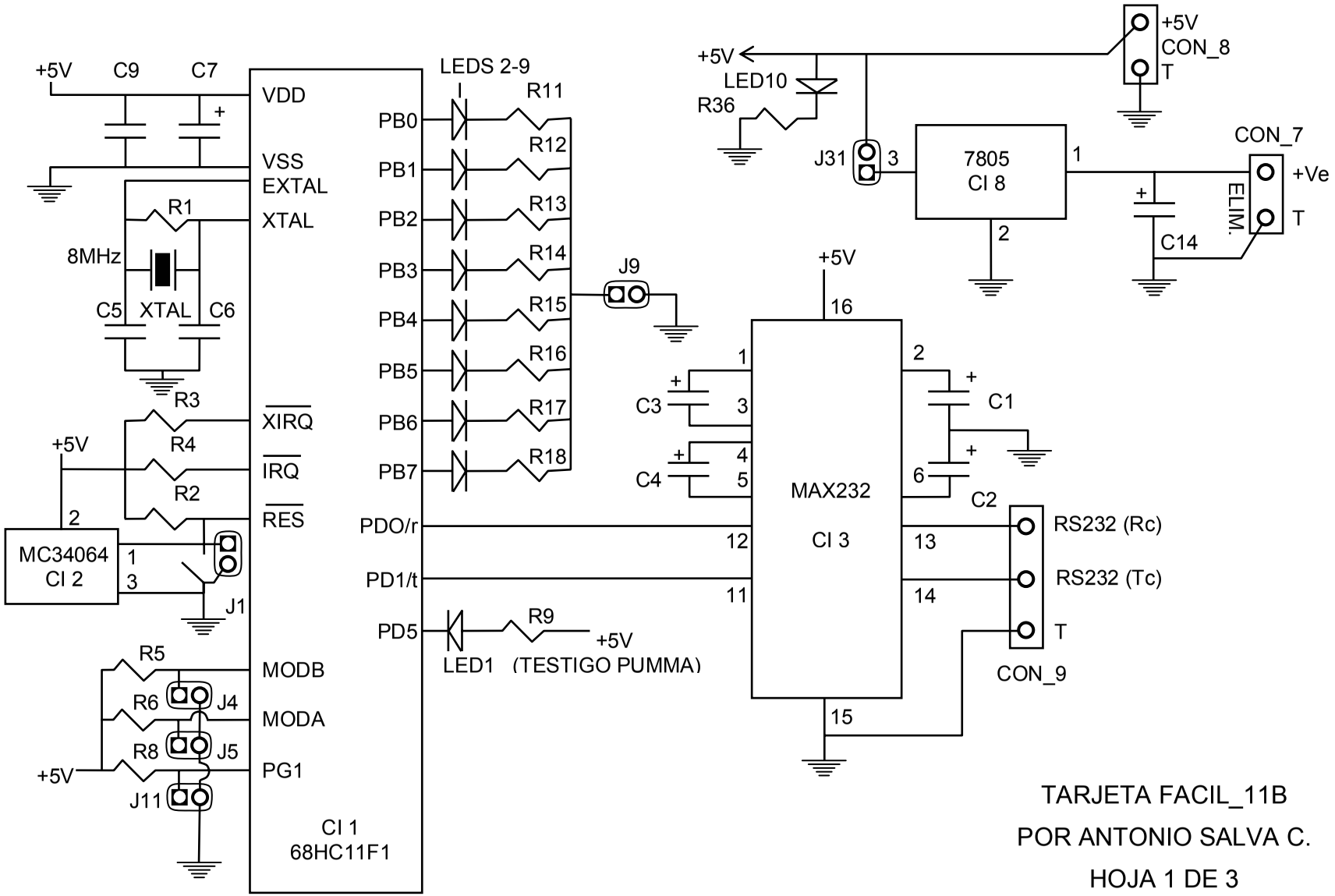
- Diseñar una tarjeta de desarrollo que permita hacer uso únicamente de los recursos del MC68HC11F1 empleados en esta tesis, reduciría drásticamente el espacio físico así como el costo económico del proyecto.

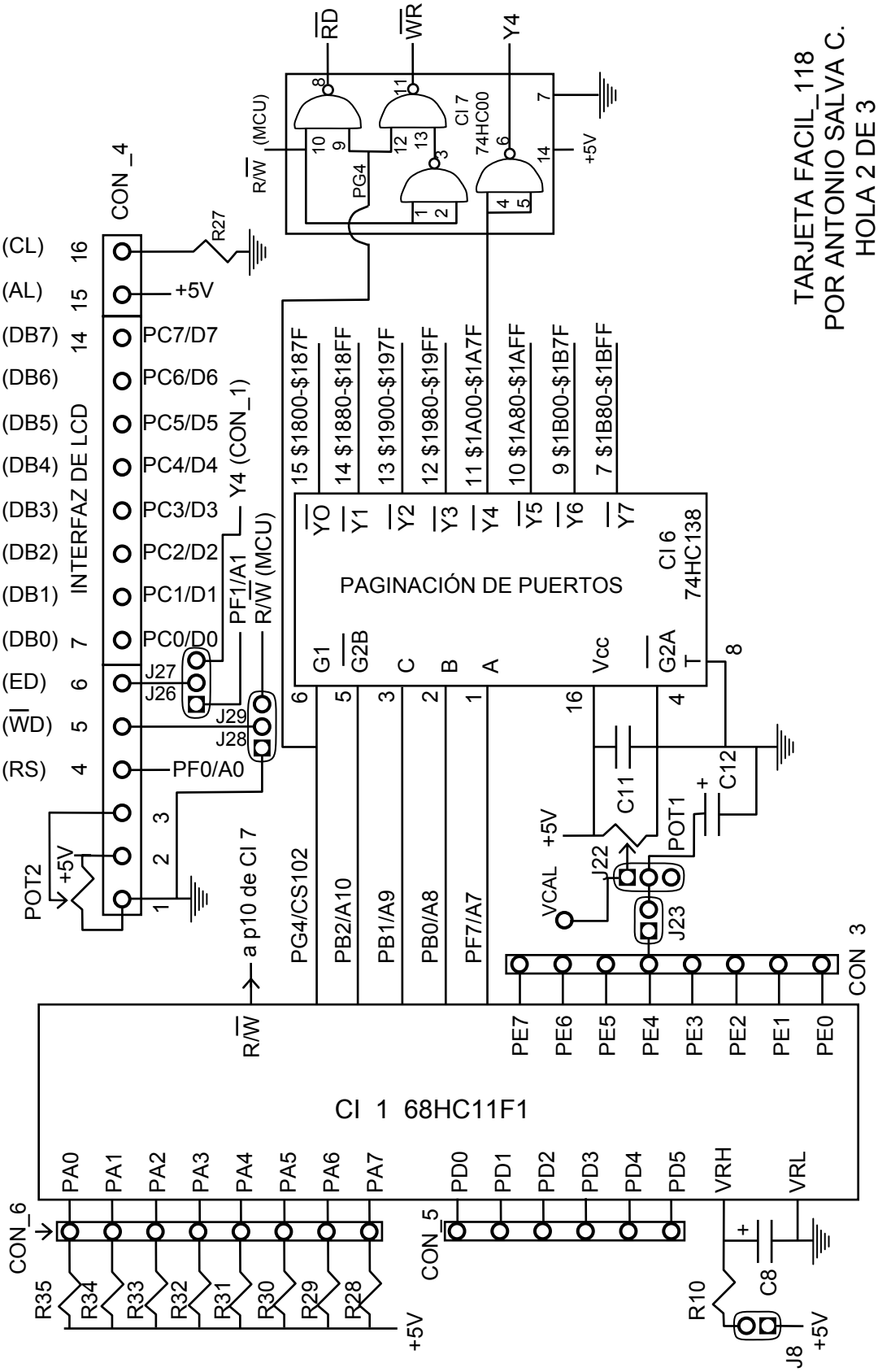
- El sistema llevó un tiempo aproximado de elaboración de 2130 hh para una sola persona, esto incluye el trabajo de investigación, el planteamiento y desarrollo de los bloques, la compra de materiales, la implementación del algoritmo, la programación del HC11 así como las pruebas de funcionalidad y mejoramiento del proyecto; yo propondría que para reducir los tiempos de trabajo de cada bloque que conforma el proyecto, fuese más de una persona la que diseñe un sistema de este tipo.

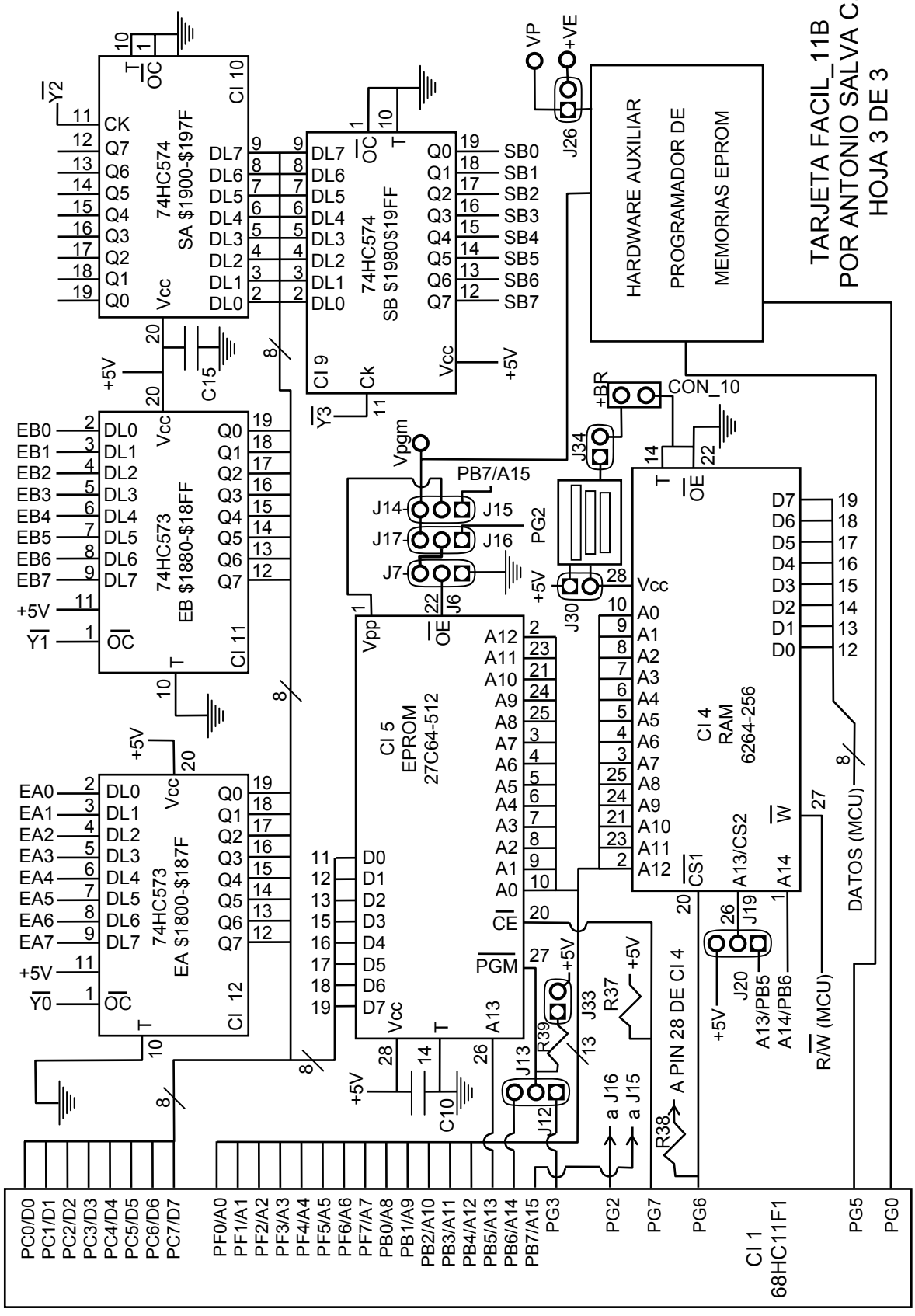
- En general, ningún sistema automático de captura de información es completamente eficaz pues, por pequeña que sea, la intervención humana siempre se encontrará presente.

APÉNDICE A

DIAGRAMAS ELECTRÓNICOS


+5V
C9
C7
VDD
VSS
EXTAL
XTAL
R1
8MHz
C5
XTAL
C6
R3
XIRQ
+5V
R4
IRQ
R2
RES
2
MC34064
CI 2
1
3
J1
R5
MODB
R6
J4
MODA
R8
J5
+5V
PG1
J11
CI 1
68HC11F1
LEDS 2-9
R11
PB0
R12
PB1
R13
PB2
R14
PB3
R15
PB4
R16
PB5
R17
PB6
R18
PB7
J9
PDO/r
PD1/t
PD5
R9
+5V
LED1 (TESTIGO PUMMA)
+5V
LED10
R36
J31
3
7805
CI 8
1
2
+5V
CON_8
T
CON_7
+Ve
ELIM.
T
C14
+5V
16
1
C3
3
4
C4
5
MAX232
CI 3
2
C1
6
C2
12
11
13
14
15
RS232 (Rc)
RS232 (Tc)
T
CON_9
TARJETA FACIL_11B
POR ANTONIO SALVA C.
HOJA 1 DE 3


TARJETA FACIL_118
POR ANTONIO SALVA C.
HOLA 2 DE 3
CI 1 68HC11F1
PAGINACIÓN DE PUERTOS
CI 6 74HC138
CI 7 74HC00
CON_4
INTERFAZ DE LCD
(CL)
(AL)
(DB7)
(DB6)
(DB5)
(DB4)
(DB3)
(DB2)
(DB1)
(DB0)
(ED)
(WD)
(RS)
+5V
PC7/D7
PC6/D6
PC5/D5
PC4/D4
PC3/D3
PC2/D2
PC1/D1
PC0/D0
PF1/A1
PF0/A0
R/W (MCU)
Y4 (CON_1)
J27
J26
J29
J28
R27
POT2
R/W (MCU)
PG4
RD
WR
Y4
15 $1800-$187F
14 $1880-$18FF
13 $1900-$197F
12 $1980-$19FF
11 $1A00-$1A7F
10 $1A80-$1AFF
9 $1B00-$1B7F
7 $1B80-$1BFF
G1
G2B
C
B
A
Vcc
G2A
T
PG4/CS102
PB2/A10
PB1/A9
PB0/A8
PF7/A7
a p10 de CI 7
C11
C12
POT1
VCAL
J22
J23
CON_3
PE7
PE6
PE5
PE4
PE3
PE2
PE1
PE0
CON_6
CON_5
PA0
PA1
PA2
PA3
PA4
PA5
PA6
PA7
PD0
PD1
PD2
PD3
PD4
PD5
VRH
VRL
R35
R34
R33
R32
R31
R30
R29
R28
R10
C8
J8


TARJETA FACIL_11B
POR ANTONIO SALVA C.
HOJA 3 DE 3
HARDWARE AUXILIAR
PROGRAMADOR DE
MEMORIAS EPROM
CI 1
68HC11F1
CI 4
RAM
6264-256
CI 5
EPROM
27C64-512
74HC574
SA $1900-$197F
74HC574
SB $1980$19FF
74HC573
EB $1880-$18FF
74HC573
EA $1800-$187F
CON_10
DATOS (MCU)
A PIN 28 DE CI 4
PC0/D0
PC1/D1
PC2/D2
PC3/D3
PC4/D4
PC5/D5
PC6/D6
PC7/D7
PF0/A0
PF1/A1
PF2/A2
PF3/A3
PF4/A4
PF5/A5
PF6/A6
PF7/A7
PB0/A8
PB1/A9
PB2/A10
PB3/A11
PB4/A12
PB5/A13
PB6/A14
PB7/A15
PG3
PG2
PG7
PG6
PG5
PG0

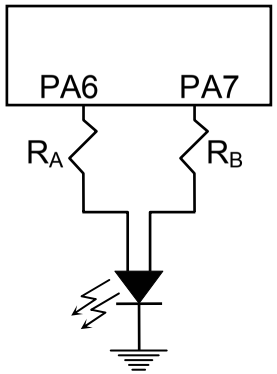


Diagrama de conexión de los pines 6 y 7 del puerto A del MC68HC11F1 con el LED bicolor

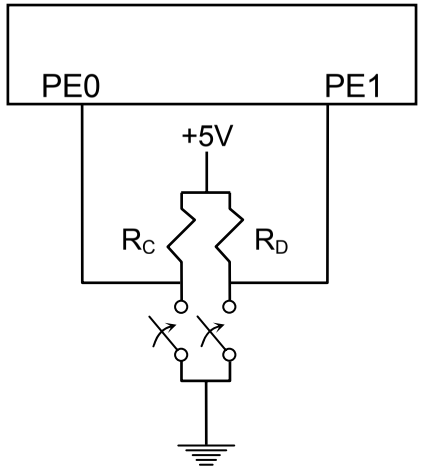
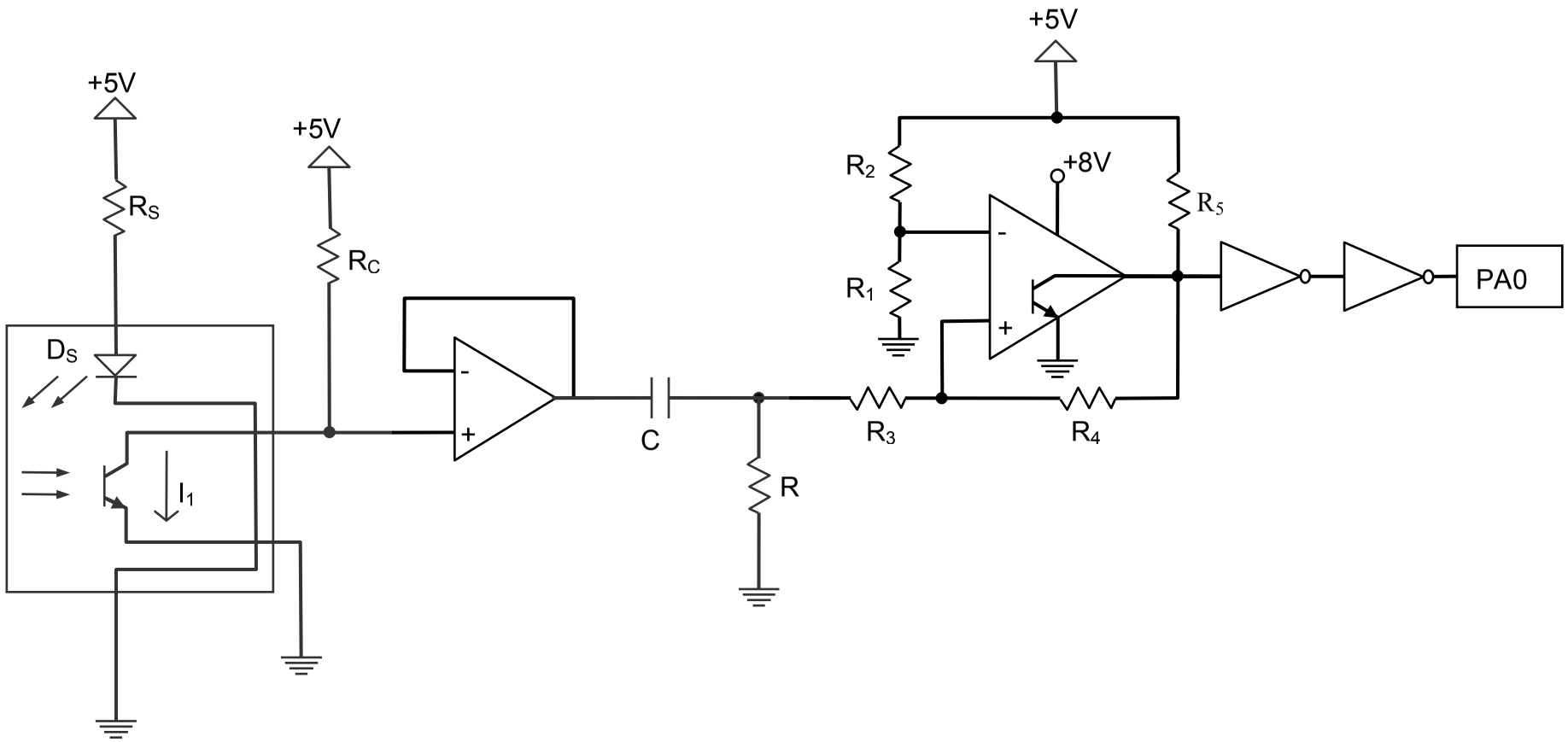


Diagrama de conexión de los pines 0 y 1del puerto E del MC68HC11F1 con los interruptores de estado



Interconexión del sensor óptico con los circuitos que adecuan la señal para ser manipulada por el MC68HC11F1.

APÉNDICE B

ESPECIFICACIONES DEL CÓDIGO 39

El código 39 es una simbología alfanumérica de tipo discreto, de longitud variable que puede contener un carácter de verificación, además cuenta con un único carácter inicial y final. Cualquier carácter se conforma por nueve elementos (cinco barras y cuatro espacios), tres elementos son anchos y los seis restantes son angostos.[A] Un ejemplo del código 39 es la siguiente figura:



Figura B-1. Representación de la palabra "INGE" en código 39.

Carácter de verificación

El uso de un carácter verificador en esta simbología es opcional, sin embargo, al codificar grandes cantidades de información es necesario contar con dicho carácter para verificar la autenticidad de los datos contenidos en el código. Cuando el carácter de verificación es incluido dentro de la simbología del código 39, su ubicación será antes del carácter final y después del último carácter de datos.

Los siguientes, son los pasos necesarios y suficientes para obtener el carácter de verificación para el código 39:

1. Cambiar la información de la línea de interpretación del código por su correspondiente valor numérico. (Véase la tabla B-1)

2. Sumar todos los valores obtenidos de la tabla B-1.

3. Dividir el resultado del paso anterior entre el número 43.

4. El dígito verificador es el valor de la tabla B-1 que sea igual al residuo de la división efectuada en el paso 3.[B]

Como ejemplo de lo anterior, si la línea de interpretación a cambiar por su equivalente numérico en la tabla B-2 fuera la mostrada en la figura B-1, los valores correspondientes a los caracteres que forman la palabra "INGE" son 18, 23, 16 y 14. La suma de los valores anteriores da como resultado el número 71, en el cual cabe una sola vez el número 43, con un residuo de 28. La letra "S" corresponde al valor de 28 en la tabla B-1, por lo tanto el carácter de verificación es "S".

[A] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.289.
[B] *Ibíd*., p. 291.

Carácter	Valor	Carácter	Valor
0	0	M	22
1	1	N	23
2	2	O	24
3	3	P	25
4	4	Q	26
5	5	R	27
6	6	S	28
7	7	T	29
8	8	U	30
9	9	V	31
A	10	W	32
B	11	X	33
C	12	Y	34
D	13	Z	35
E	14	-	36
F	15	.	37
G	16	Espacio	38
H	17	$	39
I	18	/	40
J	19	+	41
K	20	%	42
L	21		

Tabla B-2. Valores de los caracteres empleados en el código 39.

La figura B-3 muestra la modificación sufrida por la figura B-1 al incluir el carácter de verificación "S" dentro del conjunto de barras y espacios que codifican a la palabra "INGE":



Figura B-3. Representación de la palabra "INGE" en código 39 incluyendo el carácter de verificación.

Patrón de caracteres

Como ya se mencionó, el código 39 consiste en cinco barras y cuatro espacios, además de esto cuatro caracteres ($, /, +, %) no contienen barras anchas. Para esta simbología el carácter de asterisco marca el inicio y fin del código, es decir, antes y después de los caracteres de datos existirá un carácter de asterisco.[C] La figura B-4 muestra los patrones de espacios y barras para cada uno de los caracteres empleados en el código 39.

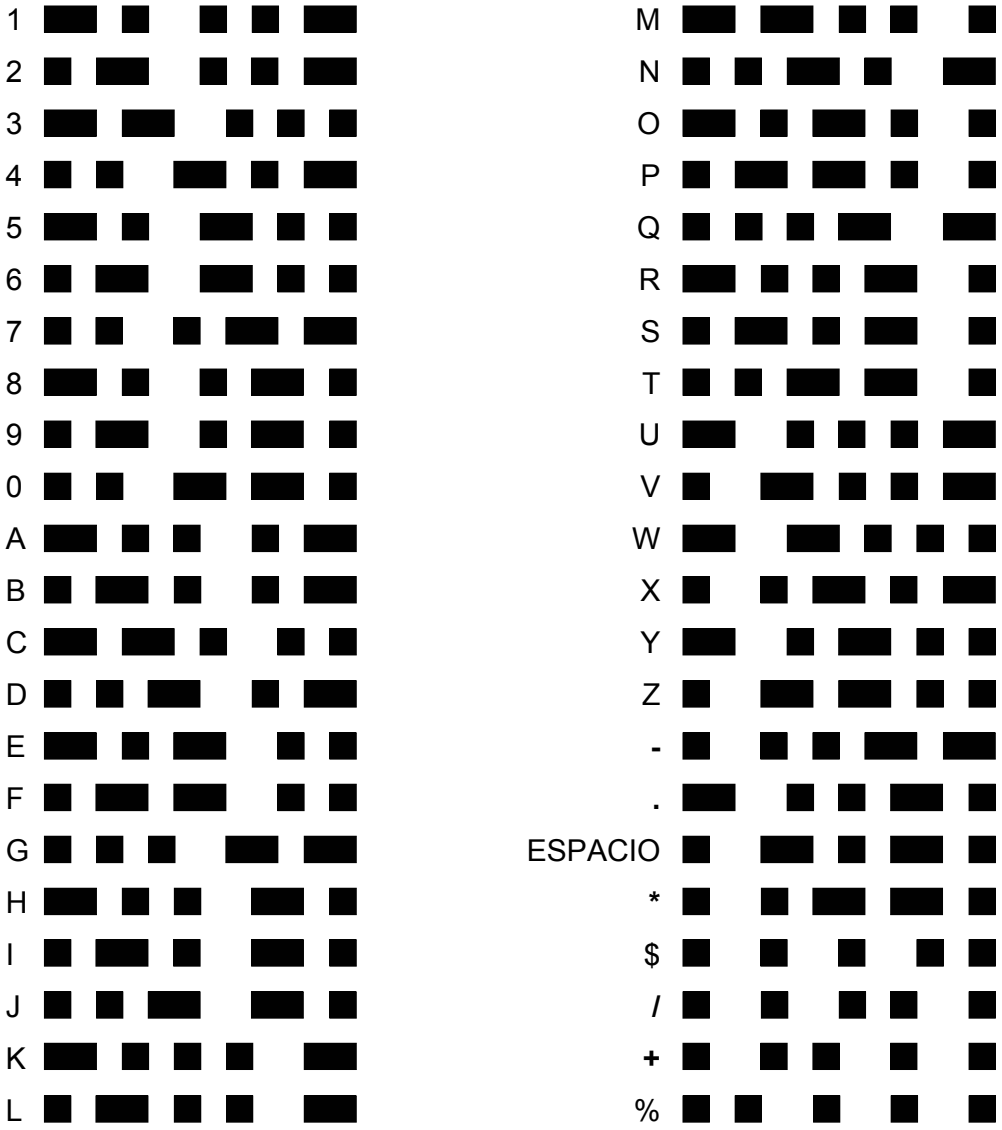


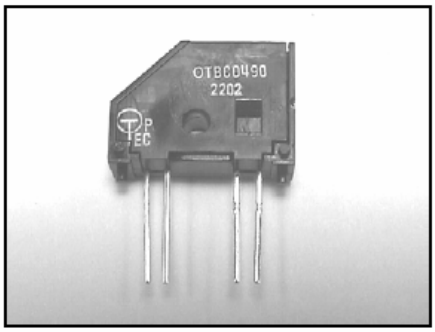
Figura B-4. Patrón de cada carácter del código 39.

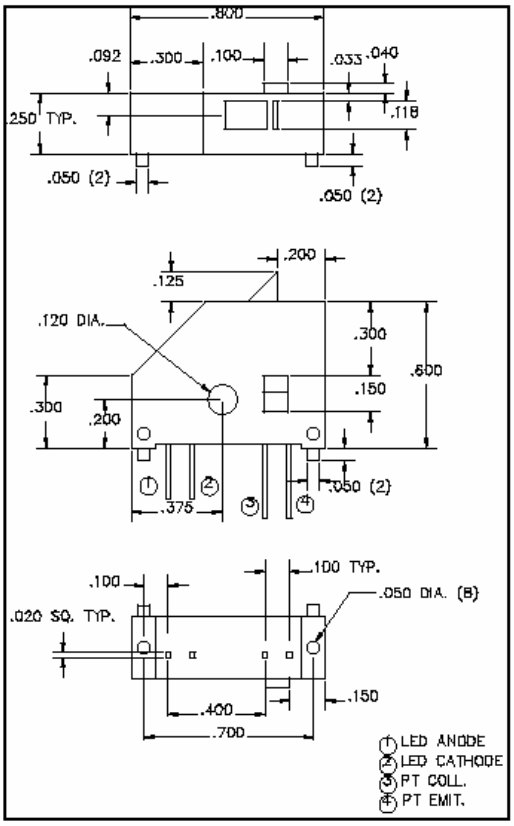
[C] PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, p.290.

APÉNDICE C

ESPECIFICACIONES DEL SENSOR OTBC-0482-10

Single Emitter Bar Code Optic Head OTBC-04XX Series





FEATURES:

- **Single Emitter Bar Code / Fine Line Sensor**
- **Better than 0.010" Resolution**
- **Compact Size**
- **Easily Ganged for Multiple Channels**

PRODUCT DESCRIPTION

The OTBC-04XX series combine a single emitter with a phototransistor in a compact low cost package containing a lens and aperture. The OTBC-0480 has a 940 nm infrared emitter and a phototransistor. The OTBC-0490 has a 660 nm visible red emitter and a phototransistor. The OTBC-0482 has a 940 nm infrared emitter and a phototransistor with an ambient light filter, for use in high ambient light conditions. These devices are easily ganged for multi-channel applications. Consult factory for custom apertures, emitters, or sensors.

Absolute Maximum Ratings

General

Storage Temperature Range	- 55°C to +100°C
Operating Temperature Range	- 40°C to +85°C
Lead Soldering Temperature (1/16" from case for 5 seconds soldering iron, 10 seconds flow soldering)	260°C

Infrared Emitter (940 nm)

Reverse Voltage	5 V
Continuous Forward Current	120 mA
Peak Forward Current	1.5 A
Power Dissipation	100 mW

Visible Emitter (660 nm)

Reverse Voltage	5 V
Continuous Forward Current	40 mA
Power Dissipation	100 mW

Phototransistor

Collector-Emitter Voltage	30 V
Emitter-Collector Voltage	5 V
Power Dissipation (Derate 2.4 mW/°C above 25°C)	100 mW

OPTO TECHNOLOGY, INC.
160 E. Marquardt Drive, Wheeling, IL 60090
Phone: (847) 537-4277 Fax: (847) 537-4785
Website: www.optotech.com

Product Specifications (T_A = 25°C unless noted)

Infrared Emitter (OTBC-048X)

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
Forward Voltage (I_F = 50 mA)	V_F		1.3	1.45	V
Reverse Current (V_R = 5 V)	I_R			100	µA
Peak Wavelength (I_F = 20 mA)	λ_P		940		nm
Radiant Intensity (I_F = 20 mA)	I	1.3	2.5		mW/sr
Spectral Bandwidth at 50% (I_F = 20 mA)	$\Delta\lambda$		50		nm
Half Intensity Beam Angle	θ		10		Degrees

Visible Emitter (OTBC-049X)

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
Forward Voltage (I_F = 20 mA)	V_F		1.8	2.4	V
Reverse Current (V_R = 5 V)	I_R			50	µA
Peak Wavelength (I_F = 20 mA)	λ_P		660		nm
Spectral Bandwidth at 50% (I_F = 20 mA)	$\Delta\lambda$		20		nm
Half Intensity Beam Angle	2θ		10-20		Degrees

Phototransistor (OTBC-04X0)

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
Light Current (Ee=0.1mW/cm^2, V_{CE}=5V)	$I_{CE(ON)}$	1	2.8		mA
Dark Current (Ee=0, V_{CE}=10V)	I_{CE0}			100	nA
Saturation Voltage (I_C=0.5mA, Ee=0.1mW/cm^2)	$V_{CE(SAT)}$			0.4	V
Rise Time (V_{CC}=5V, R_L=1kΩ, I_C=1mA)	T_r		15		µs
Fall Time (V_{CC}=5V, R_L=1kΩ, I_C=1mA)	T_f		15		µs

Coupled Characteristics

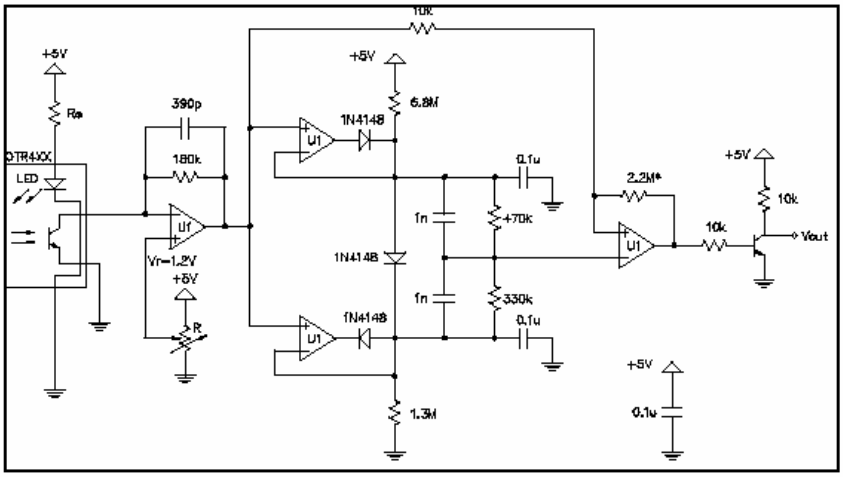
Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
Light Current (I_F = 20 mA, V_{CE} = 5V, d = 0.125 in)[1]	$I_{CE(ON)}$	5	10		µA
Dark Current (I_F = 0 mA, V_{CE} = 5V)	I_{CE0}			200	nA
6 dB Bandwidth		3			kHz

[1] Reflecting surface is Eastman Kodak neutral white test card having a 90% diffused reflectance.

Reflective Surface

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
Element Contrast		(80%)			%
Diffused Reflectance		(90%)			%
Element Width	W_N	0.010			in
Narrow Element to Narrow Space Ratio			0.95		
Depth of Field	d	0.090	0.125	0.160	in

Suggested Application Circuit



The above circuit represents an adaptive dual peak detector with a first stage transimpedance amplifier. This circuit is recommended for typical bar code or fine element sensing applications using the OTBC-04XX series optic heads. The first amplifier servers as a current-to-voltage amplifier (transimpedance). The second part of the circuit provides positive and negative peak detection. The peak voltages are temporarily stored in the 0.1 μF capacitors. The comparator reference is approximately 45% of the peak-to-peak amplitude. This, in effect, provides an adaptive threshold to the comparator based on the voltage peaks of the incoming signal. The 2.2 MΩ resistor on the last stage (indicated with an *) sets the positive feedback, and combined with the 10 kΩ input resistor the hysterisis is set to approximately 25 mV. Setting the 2.2 MΩ resistor to 100 kΩ will increase the hysterisis to 500 mV, but response will be sacrificed. V_{out} is low for reflectance and high (+5V) for no reflectance (i.e., sensing a dark mark).

Ordering Information

OTBC-04X X-XX

Emitter:
(8) 940 nm Infrared
(9) 660 nm Visible Red

Aperture Size:
(0) 0.006" x 0.090"
(C) Custom

Sensor:
(0) Phototransistor
(2) Phototransistor w/ ambient filter

Note: Option 2 available with infrared emitter only.

Number of Channels:
(1) 1 channel
(2) 2 channels
(NN) NN channels

Note: Test capability to better than 0.003" channel-to-channel alignment available.

APÉNDICE D

PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR

```
PORTA    EQU   $1000
DDRA     EQU   $1001
PORTE    EQU   $100A
TIC3     EQU   $14
TCTL2    EQU   $21
TFLG1    EQU   $23
TMSK2    EQU   $24
TFLG2    EQU   $25
PACTL    EQU   $26
CTA1     EQU   $250
CT       EQU   $252
CTAEXT   EQU   $254
AUX      EQU   $256
DFIN     EQU   $259
CI       EQU   $261
CONTA    EQU   $263
CONTB    EQU   $265
CONTC    EQU   $267
CONTI    EQU   $26B


         ORG   $8000

         CLR   $1035           ;BPROT=0
         LDS   #$01FF          ;inicialización del stack pointer
         LDX   #$1000          ;inicialización del registro índice X
         LDD   #$1035
         STD   $5C,X           ;selección de memoria externa
         LDD   #$0041
         STD   $5E,X           ;selección de mapa de memoria de 32KB
         BSET  $03,X,$FC       ;programación del Puerto G

*
* LIMPIADO DE MEMORIA
*

         LDAA  #$23            ;número total de credenciales
         STAA  CT              ;el contador CT tiene el número de
                               ;credenciales que se pueden almacenar
         LDD   #$FEB5          ;almacena caracter 94 en doble acumulador
         STD   $269            ;almacena caracter 94 en memoria
         LDY   #$FEAD          ;inicialización del registro índice Y
RUI      LDAA  $00,Y           ;carga el valor del último carácter de
                               ;la credencial que indique el registro
                               ;índice Y
         CMPA  #$94            ;compara el valor del último carácter de
                               ;la credencial con el número 94
         BNE   GOR             ;Si no es 94 brinca a GOR
ARR      LDY   $269            ;Se relaciona al registro índice Y con el
                               ;número 94
         PSHY                  ;almacena el valor de 94 en el stack
         XGDY                  ;cambia el contenido del doble acumulador
                               ;con el registro índice Y
```

```
        ADDD  #$08          ;se aumenta en 8 unidades el valor del
                            ;doble acumulador
        STD   $269          ;se almacena el valor del doble acumulador
                            ;en memoria
        PULY                ;el registro índice Y vuelve a estar
                            ;relacionado con el valor de 94
        DEC   CT            ;se ha validado una credencial y se
                            ;decrementa el contador CT
        BEQ   DEFVAL        ;si se validaron todas las credenciales se
                            ;brinca a la rutina DEFVAL
        BRA   RUI           ;se validan más credenciales

GOR     LDAA  #$08
        STAA  CTA1          ;carga el valor del número de caracteres
                            ;de cada credencial en el contador CTA1
        LDAB  #$00
        STAB  $50C          ;borra el contenido de la memoria 050C
        LDX   #$50C         ;se le da valor al registro índice X
VAC     LDAB  #$16          ;BYTE=1, ROW=0, ERASE=1, EELAT=1, EEPGM=0
        STAB  $103B         ;activar modo de borrado de byte
        STAB  $00,Y         ;almacenar cualquier dato en la dirección
                            ;a ser borrada
        LDAB  #$17          ;BYTE=1, ROW=0, ERASE=1, EELAT=1, EEPGM=1
        STAB  $103B         ;encendido de voltaje de programación
        BSR   GO2           ;salto a subrutina de retardo de 10[ms]
        CLR   $103B         ;pasar al modo de lectura
        LDAB  #$02
        STAB  $103B         ;indicar modo de escritura de byte
        LDAB  $00,X
        STAB  $00,Y         ;se le da el valor del registro índice X
                            ;al registro índice Y
        LDAB  #$03
        STAB  $103B         ;EELAT=1, EEPGM=1
        BSR   GO2           ;salto a subrutina de retardo de 10[ms]
        CLR   $103B         ;pasar al modo de lectura
        DEY                 ;disminuye el valor del registro índice Y
        DEC   CTA1          ;se borraron 8 localidades de memoria
        BNE   VAC           ;si no se borraron 8 localidades de
                            ;memoria brinca a VAC
        BRA   ARR           ;leer la siguiente credencial

GO2     PSHX                ;se almacena el valor del registro
                            ;índice X en el stack
        LDX   #$09C1        ;se le da valor al registro índice X
ANTE    NOP                 ;no se realiza ninguna operación
        DEX                 ;disminuye el valor del registro índice X
        BNE   ANTE          ;si no es nulo el valor del registro
                            ;índice X brinca a ANTE
        PULX                ;el registro índice X recupera su valor
        RTS                 ;regresa al programa
```

```
*
* DEFINICION DE VALORES
*

FIN      LDS   #$01FF           ;inicialización del stack pointer
DEFVAL   LDD   #$C098
         STAA  DDRA             ;se programa el puerto A
         STAB  CONTB            ;se inicializa contador
         LDAA  #$1E             ;número de cambios del LED rojo en la
                                ;interrupción en tiempo real
         STAA  CONTC
         CLRA                   ;borrado del acumulador A
         STAA  PORTA            ;apagado del LED del puerto A
         STAA  CI               ;se inicializa contador CI
         LDD   #$500
         STD   $0258            ;almacena en memoria la dirección del
                                ;primer carácter de la credencial leída
         LDD   #$FEAE
         STD   $269             ;se almacena en memoria la dirección en
                                ;que se encontrará la segunda credencial
                                ;almacenada
*
* CAPTURA Y DIFERENCIA DE FLANCOS
*

         LDAA  #$09
         STAA  CTAEXT           ;se almacena el número de caracteres del
                                ;código de barras
         LDY   #$304            ;dirección de memoria en que estarán las
                                ;diferencias de cuentas entre flancos
         LDX   #$1000           ;inicialización del registro índice X
         BSET  TCTL2,X,$03      ;configurar capturador para cualquier tipo
                                ;de flanco
         BSET  TFLG1,X,$01      ;se activan las banderas de interrupción
A00      BRCLR TFLG1,X,$01,A00  ;a la espera del flanco generado por la
                                ;mica de la credencial
         JSR   TIEMPO           ;salto a subrutina de retardo de 100[ms]
         BSET  PACTL,X,$03
         BSET  TMSK2,X,$40
         CLI                    ;interrupciones habilitadas
A0       BSET  TCTL2,X,$03      ;configurar capturador para cualquier
                                ;flanco
         BSET  TFLG1,X,$01      ;se activan las banderas de interrupción
A1       BRCLR TFLG1,X,$01,A1   ;a la espera de cualquier flanco del
                                ;código de barras
         BSET  TFLG1,X,$01      ;se activan las banderas de interrupción
         LDD   TIC3,X
         STD   CTA1             ;se almacena la cuenta del contador libre
         LDAA  #$09             ;se carga el valor de 9 en el acumulador A
         STAA  CT               ;se almacena el número de elementos de
                                ;cada caracter en el contador CT
         BSET  TCTL2,X,$03      ;configurar capturador para cualquier
                                ;flanco
```

```
A2      BRCLR TFLG1,X,$01,A2   ;a la espera de cualquier flanco del
                               ;código de barras
        BSET  TFLG1,X,$01      ;se activan las banderas de interrupción
        LDD   TIC3,X
        SUBD  CTA1             ;se realiza una diferencia entre flancos
        STD   $00,Y            ;se almacena la diferencia entre flancos
        INY
        INY                    ;el registro índice Y apunta a la
                               ;siguiente localidad en que se guardará
                               ;una nueva diferencia entre flancos
        LDD   TIC3,X
        STD   CTA1             ;se almacena la cuenta del contador libre
        DEC   CT               ;se leyó un elemento del caracter
        BNE   A2               ;si no se leyeron todos los elementos del
                               ;carácter brinca a A2
        DEC   CTAEXT           ;se leyó un caracter del código de barras
        BNE   A0               ;si no se leyeron todos los caracteres del
                               ;código de barras brinca a A0
        SEI                    ;interrupciones deshabilitadas
        BCLR  TMSK2,X,$40      ;se desactiva la interrupción en
                               ;tiempo real
        BRA   C1               ;brinca al siguiente bloque del programa

TIEMPO  PSHY                   ;se almacena el valor del registro
                               ;índice Y en el stack
        LDY   #$7FFF           ;se le da valor al registro índice Y
T2      DEY                    ;se decrementa el valor del registro
                               ;índice Y
        BNE   T2               ;si el valor no es cero brinca a T2
        PULY                   ;el registro índice Y recupera su valor
        BSET  PACTL,X,$03      ;se activa el intervalo de tiempo de
                               ;32.768[ms] para la interrupción en
                               ;tiempo real
        BSET  TMSK2,X,$40      ;se activa la interrupción en tiempo real
        CLI                    ;interrupciones habilitadas
        RTS                    ;regresa al programa principal

*
* COPIA DE DIFERENCIA DE FLANCOS
*

C1      LDX   #$304            ;inicio de diferencia de cuenta de flancos
                               ;originales
        LDY   #$3CC            ;inicio de copia de diferencia de flancos
B1      LDD   $00,X
        STD   $00,Y            ;se intercambian los valores de los
                               ;registros índice
        INX
        INX                    ;el registro índice X se sitúa en la
                               ;siguiente diferencia de cuenta de flanco
        INY
        INY                    ;el registro índice Y se sitúa en la
                               ;siguiente localidad para almacenar
                               ;la siguiente diferencia de cuenta de
                               ;flancos
```

```
          CPX   #$3B8
          BNE   B1              ;si no se han terminado de copiar las
                                ;diferencias de cuentas de flancos
                                ;brinca a B1
*
* ENCONTRAR LOS TRES NUMEROS MAYORES
*
          LDY   #$3CC           ;se inicializa el registro índice Y en la
                                ;copia de la primer diferencia entre
                                ;flancos
          LDAA  #$0A
          STAA  CTA1            ;se carga el número de caracteres
                                ;obtenidos del código de barras
OTROCARA  LDAA  #$03
          STAA  CTAEXT          ;se almacena el número de veces que se
                                ;rotarán los 3 números mayores
S2        BSR   BMAY            ;inicia búsqueda de los 3 números mayores
          DEC   CTAEXT          ;se encontró uno de los 3 números mayores
          BNE   SB1             ;si no se han encontrado los 3 números
                                ;mayores brinca a SB1
          INY
          INY                   ;el registro índice Y apunta al siguiente
                                ;valor de diferencias de flanco
          DEC   CTA1
          BNE   OTROCARA        ;si no se han encontrado los 3 números
                                ;mayores en cada carácter del código de
                                ;barras brinca a OTROCARA
          BRA   S3              ;brinca al siguiente bloque del programa

SB1       XGDY                  ;se intercambian valores entre el doble
                                ;acumulador y el registro índice Y
          SUBD  #$10            ;se reduce el valor del doble acumulador
          XGDY                  ;el registro índice Y apunta al primer
                                ;valor del caracter
          BRA   S2              ;brinca a S2

BMAY      LDAB  #$08
          STAB  CT              ;almacena la cantidad de números en los
                                ;que se realizará la búsqueda de los 3
                                ;números mayores
OTRO      LDD   $00,Y
          CPD   $02,Y           ;se comparan 2 valores de los 8 números
          BHI   MAYOR           ;si el valor del doble acumulador es mayor
                                ;que el comparado en memoria brinca
                                ;a MAYOR
          INY
          INY                   ;el registro índice Y apunta al siguiente
                                ;de los 8 números en memoria
S1        DEC   CT              ;se comparó uno de los 8 números
          BNE   OTRO            ;si no se han comparado los 8 números en
                                ;memoria brinca a OTRO
          RTS                   ;regresa de la subrutina
```

```
MAYOR    STD   AUX            ;almacena el número mayor en AUX
         LDD   $02,Y          ;se almacena el valor menor de la
                              ;comparación en el doble acumulador
         STD   $00,Y          ;el valor menor se guarda en la localidad
                              ;de memoria que indique el registro
                              ;índice Y
         LDD   AUX            ;el valor mayor se almacena en el doble
                              ;acumulador
         STD   $02,Y          ;el valor mayor se almacena en la
                              ;localidad de memoria en donde se
                              ;encontraba el valor menor
         INY
         INY                  ;el registro índice Y apunta a la
                              ;dirección del siguiente valor de
                              ;diferencia de cuenta de flancos
         BRA   S1             ;brinca a S1

*
*  ASOCIACION DE LOS TRES NUMEROS MAYORES CON ELEMENTOS ANCHOS
*

S3       LDY   #$3D8          ;el registro índice Y apunta al primer
                              ;número mayor del caracter
         LDX   #$304          ;dirección de memoria en que estan las
                              ;diferencias de cuentas entre flancos
         LDAA  #$0A
         STAA  CTAEXT         ;se carga el número de caracteres
                              ;obtenidos del código de barras
FALTA    LDAA  #$09
         STAA  CT             ;almacena el número de veces que se rotará
                              ;el valor de la bandera C
RESTA    LDD   $00,X          ;se almacena diferencia de cuenta entre
                              ;flancos
         CPD   $00,Y          ;se compara el contenido del doble
                              ;acumulador con el mayor número encontrado
         BHS   BIT            ;si el número es mayor brinca a BIT
         CLC                  ;bandera C=1
         ROL   $509           ;rota un lugar el valor de la bandera C
         INX
         INX                  ;siguiente dirección de memoria en que
                              ;estan las diferencias de cuentas entre
                              ;flancos
FALTA1   DEC   CT             ;se efectuó una rotación
         BNE   RESTA          ;si no se efectuaron todas las rotaciones
                              ;brinca a RESTA
         DEC   CTAEXT
         BEQ   DATOS          ;si se efectuaron todas las rotaciones de
                              ;todos los caracteres brinca al siguiente
                              ;bloque del programa
         PSHX                 ;se almacena el valor del registro
                              ;índice X en el stack
         LDX   $258           ;el registro índice X se carga con el
                              ;valor de 500
         LDAA  $509           ;carga acumulador A con el valor generado
                              ;por las rotaciones
         STAA  $00,X          ;almacena el valor en memoria RAM
```

```
        CLR     $509            ;se inicializa la memoria en donde ocurren
                                ;las rotaciones
        INC     DFIN
        XGDY                    ;intercambia el valor del doble acumulador
                                ;con el registro índice Y
        ADDD    #$12            ;se aumenta el valor del doble acumulador
        XGDY                    ;el registro índice Y tiene el valor del
                                ;doble acumulador
        PULX                    ;el registro índice X recupera su valor
        BRA     FALTA           ;brinca a FALTA

BIT     SEC                     ;bandera C=1
        ROL     $509            ;rota un lugar el valor de la bandera C
        INX
        INX                     ;siguiente dirección de memoria en que
                                ;estan las diferencias de cuentas entre
                                ;flancos
        BRA     FALTA1          ;brinca a FALTA1

*
* TOMAR ACCION SOBRE LA CREDENCIAL
*

DATOS   LDAA    $500            ;almacena el primer valor de la credencial
        LDAB    $508            ;almacena el último valor de la credencial
        CBA                     ;se compara el valor final e inicial
        BEQ     LEE             ;si los valores son iguales brinca a LEE
        JMP     ROJO            ;si los valores son diferentes enciende
                                ;LED rojo
LEE     LDD     #$2304
        STAA    CT              ;se carga el número de credenciales
        STAB    CTAEXT          ;se carga el número de valores
        LDY     #$FEA6          ;el registro índice Y apunta al primer
                                ;valor de la credencial en la EEPROM
DATO    LDX     #$501           ;el registro índice X apunta al primer
                                ;valor de la credencial en memoria RAM
SUSTRA  LDD     $00,X           ;carga dos valores de la credencial leída
        CPD     $00,Y           ;compara valores de RAM y EEPROM
        BEQ     CSIG            ;si son iguales brinca a CSIG
        DEC     CT              ;se compararon dos valores
        BNE     RESGU           ;si terminaron de compararse todos los
                                ;valores brinca a RESGU
        LDAA    PORTE           ;verifica los interruptores de estado
        ANDA    #$03
        CMPA    #$01
        BEQ     GUARDA          ;si el primer interruptor tiene estado
                                ;alto y el otro estado bajo, almacena la
                                ;credencial en la EEPROM
        JMP     ROJO            ;los interruptores tienen estados
                                ;diferentes a los esperados, se enciende
                                ;LED rojo

HACER1  JMP     HACER           ;salta a HACER
```

```
CSIG    DEC    CTAEXT          ;dos valores fueron iguales
        BEQ    HACER1          ;si todos los valores son iguales brinca a
                               ;HACER1
        INX
        INX                    ;el registro índice X apunta a otro valor
                               ;en memoria RAM
        INY
        INY                    ;el registro índice Y apunta a otro valor
                               ;en memoria EEPROM
        BRA    SUSTRA          ;brinca a SUSTRA

RESGU   LDY    $269            ;carga el registro índice Y con la primer
                               ;dirección de la siguiente credencial
        LDAA   #$04
        STAA   CTAEXT          ;almacena el número de caracteres de la
                               ;credencial
        PSHY                   ;se almacena la primer dirección de la
                               ;siguiente credencial en el stack
        XGDY                   ;cambia el contenido del doble acumulador
        ADDD   #$08            ;se aumenta en 8 unidades el valor del
                               ;doble acumulador
        STD    $269            ;se almacena la primer dirección de la
                               ;siguiente credencial
        PULY                   ;el registro índice Y recupera su valor
        BRA    DATO            ;brinca a DATO

GUARDA  LDD    #$FEAE
        STD    $269            ;se almacena la dirección de la segunda
                               ;credencial
        LDAA   #$23
        STAA   CT              ;se carga el número de localidades para
                               ;credenciales
        LDY    #$FEA6          ;el registro índice Y apunta al primer
                               ;valor de la credencial en la EEPROM
ERA     LDAA   $00,Y
        CMPA   #$00
        BNE    OTRA            ;la localidad no esta vacía brinca a OTRA
        LDX    #$501           ;el registro índice X apunta al primer
                               ;valor de la credencial leída
        LDAA   #$08
        STAA   CTA1            ;carga el valor del número de caracteres a
                               ;guardar
INTRO   LDAB   #$16            ;BYTE=1, ROW=0, ERASE=1, EELAT=1, EEPGM=0
        STAB   $103B           ;activar modo de borrado de byte
        STAB   $00,Y           ;almacena cualquier dato en la dirección
                               ;a ser borrada
        LDAB   #$17            ;BYTE=1, ROW=0, ERASE=1, EELAT=1, EEPGM=1
        STAB   $103B           ;encendido del voltaje de programación
        BSR    GO1             ;salto a subrutina de retardo de 10[ms]
        CLR    $103B           ;pasar al modo de lectura
        LDAB   #$02
        STAB   $103B           ;indicar modo de escritura de byte
        LDAB   $00,X
```

```
        STAB    $00,Y           ;comienza a grabarse la credencial en la
                                ;memoria EEPROM
        LDAB    #$03
        STAB    $103B           ;EELAT=1, EEPGM=1
        BSR     GO1             ;salto a subrutina de retardo de 10[ms]
        CLR     $103B           ;pasar a modo de lectura
        DEC     CTA1            ;se almacenó un caracter de la credencial
        BEQ     VERDE           ;si se almacenó toda la credencial
                                ;enciende LED verde
        INX                     ;el registro índice X se sitúa en el
                                ;siguiente caracter de la credencial
        INY                     ;el registro índice Y se sitúa en la
                                ;siguiente localidad de memoria
        BRA     INTRO           ;brinca a INTRO

GO1     PSHX                    ;se almacena el valor del registro
                                ;índice X en el stack
        LDX     #$09C1          ;se le da valor al registro índice X
ANTE1   NOP                     ;no se realiza ninguna operación
        DEX                     ;disminuye el valor del registro índice X
        BNE     ANTE1           ;si no es nulo el valor del registro
                                ;índice X brinca a ANTE1
        PULX                    ;el registro índice X recupera su valor
        RTS                     ;regresa al programa

OTRA    DEC     CT              ;la localidad esta ocupada
        BEQ     ROJO            ;todas las localidades están ocupadas
        LDY     $269            ;carga el registro índice Y con la primer
                                ;dirección de la siguiente credencial
        PSHY                    ;se almacena la primer dirección de la
                                ;siguiente credencial en el stack
        XGDY                    ;cambia el contenido del doble acumulador
        ADDD    #$08            ;se aumenta en 8 unidades el valor del
                                ;doble acumulador
        STD     $269            ;se almacena la primer dirección de la
                                ;siguiente credencial
        PULY                    ;el registro índice Y recupera su valor
        BRA     ERA             ;brinca a ERA

HACER   LDAA    PORTE           ;verifica los interruptores de estado
        ANDA    #$03
        CMPA    #$00
        BEQ     BORRA           ;si los interruptores tienen nivel bajo
                                ;borra la credencial de la EEPROM
        CMPA    #$03
        BEQ     VERDE           ;si los interruptores tienen nivel alto
                                ;enciende LED verde
        BRA     ROJO            ;cada interruptor tiene estado diferente
                                ;se enciende LED rojo
ROJO    LDAA    #$80
        STAA    PORTA           ;encendido de LED rojo
        LDAA    #$02
        JSR     TMP1            ;salta a subrutia de tiempo de 2[ms]
        JMP     FIN             ;salta al primer bloque del programa
```

```
VERDE   LDAA   #$40
        STAA   PORTA          ;encendido de LED verde
        LDAA   #$02
        JSR    TMP1           ;salta a subrutia de tiempo de 2[ms]
        JMP    FIN            ;salta al primer bloque del programa

TMP1    PSHY                  ;se almacena el valor del registro
                              ;índice Y en el stack
        PSHA                  ;se almacena el valor del acumulador A en
                              ;el stack
        PSHB                  ;se almacena el valor del acumulador B en
                              ;el stack
        LDAA   #$16           ;se le da valor al acumulador A
T3      LDY    #$00           ;se le da valor al registro índice Y
T4      DEY                   ;decrementa el valor del registro índice Y
        BNE    T4             ;si no es nulo el valor del registro
                              ;índice Y brinca a T4
        DECA                  ;disminuye el valor del acumulador A
        BNE    T3             ;si no es nulo el valor del acumulador A
                              ;brinca a T3
        PULB                  ;el acumulador B recupera su valor
        PULA                  ;el acumulador A recupera su valor
        PULY                  ;el registro índice Y recupera su valor
        RTS

BORRA   INY                   ;se aumenta el valor del registro índice Y
        LDAA   #$08
        STAA   CTA1           ;carga el valor del número de caracteres
                              ;que serán borrados
        LDX    #$50C          ;se le da valor al registro índice X
VACIO   LDAB   #$16           ;BYTE=1, ROW=0, ERASE=1, EELAT=1, EEPGM=0
        STAB   $103B          ;activar modo de borrado de byte
        STAB   $00,Y          ;almacenar cualquier dato en la dirección
                              ;a ser borrada
        LDAB   #$17           ;BYTE=1, ROW=0, ERASE=1, EELAT=1, EEPGM=1
        STAB   $103B          ;encendido de voltaje de programación
        BSR    GO1            ;brinca a subrutina de retardo de 10[ms]
        CLR    $103B          ;pasa al modo de lectura
        LDAB   #$02
        STAB   $103B          ;indicar modo de escritura de byte
        LDAB   $00,X
        STAB   $00,Y          ;se le da el valor del registro índice X
                              ;al registro índice Y
        LDAB   #$03
        STAB   $103B          ;EELAT=1, EEPGM=1
        BSR    GOO1           ;brinca a subrutina GOO1
BOR     CLR    $103B          ;pasa al modo de lectura
        DEY                   ;disminuye el valor del registro índice Y
        DEC    CTA1           ;se borraron 8 localidades de memoria
        BEQ    VERDE          ;si se borraron 8 localidades de memoria
                              ;enciende LED verde
        BRA    VACIO          ;si no se borraron 8 localidades de
                              ;memoria brinca a VACIO
GOO1    JMP    GO1            ;brinca a subrutina de retardo de 10[ms]
```

```
        BRA    BOR                ;brinca a BOR


        ORG $8400

*
* RUTINA DE INTERRUPCION EN TIEMPO REAL
*

INT     SEI                       ;bandera I=1
        BSET   TFLG2,X,$40        ;desactiva la bandera de interrupción de
                                  ;tiempo real
T5      DEC    CONTA              ;disminuye el valor del CONTA
        BNE    T5                 ;si no es nulo el valor brinca a T5
        DEC    CONTB              ;disminuye el valor de CONTB
        BEQ    T6                 ;si es nulo el valor brinca a T6
        CLI                       ;bandera I=0
        RTI                       ;regresa al programa principal

T6      LDAA   #$80
        STAA   PORTA              ;enciende LED rojo
        JSR    LED                ;brinca a subrutina de retardo de 200[ms]
        DEC    CONTC              ;se ha encendido el LED rojo
        BEQ    FIN1               ;si el LED rojo encendió 15 veces brinca
                                  ;a FIN1
        CLRA
        STAA   PORTA              ;apaga LED rojo
        JSR    LED                ;brinca a subrutina de retardo de 200[ms]
        DEC    CONTC              ;apaga LED rojo
        BEQ    FIN1               ;si el LED rojo se apagó 15 veces brinca
                                  ;a FIN1
        BRA    T6                 ;brinca a T6

LED     PSHY                      ;se almacena el valor del registro
                                  ;índice Y en el stack
        LDY    #$FFFF             ;se da valor al registro índice Y
T22     DEY                       ;disminuye el valor del registro índice Y
        BNE    T22                ;si el valor del registro índice Y no es
                                  ;nulo brinca a T22
        PULY                      ;el registro índice Y recupera su valor
        RTS                       ;regresa al programa

FIN1    JMP    FIN                ;salta al primer bloque del programa
```

BIBLIOGRAFÍA

FUENTES PRIMARIAS

TOCCI, RONALD J.; WIDMER, NEAL S., *Sistemas digitales principios y aplicaciones*, Ed Prentice – Hall Hispanoamericana, 1996

Sexta edición

MANO, M. MORRIS, *Diseño digital*, Prentice Hall Hispanoamericana, 1987

TOCCI, RONALD J.; AMBROSIO, FRANK J.; LASKOWSKI LESTER P., *Microprocessors and microcomputers Hardware and software*, Prentice Hall, 1997

Cuarta edición

ANGULO, JOSÉ MA., *Microprocesadores Fundamentos, diseño y aplicaciones en la industria y en los microcomputadores*, Parafino, 1984

Tercera edición

Madrid (España)

KHAMBATA, A. J., *Microprocesadores/Microcomputadores: arquitectura, software y sistemas*, Ediciones G. Gili, 1987

Colección Ciencia Electrónica

MANO, M. MORRIS, *Lógica digital y diseño de computadores*, Prentice – Hall, 1982

SERWAY, RAYMOND A.; *Física*, McGraw-Hill Interamericana de México

Tomo 2

Tercera edición revisada

ERDEI, GUILLERMO E., *Código de Barras : Diseño, impresión y control de calidad*, McGraw-Hill, 1991

Tercera edición, actualizada

PALMER, FOGER C., *The Bar Code Book, comprehensive guide to reading, printing, specifying, and applying bar code and other machine-readable symbols*, Helmers Publishing, Inc., 2001

Cuarta edición, revisada y ampliada

CUENCA, MARTIN E., ANGULO, JOSÉ MA., ANGULO MARTINEZ, I., *Microcontroladores PIC: la solución en un chip*, Parafino, 1998

Segunda edición

PAGINAS WEB

SALVÁ, CALLEJA, Archivos pdf con especificaciones de las tarjetas de tipo FACIL_11C, contenidos en el archivo espf11c.zip disponible en la página http://dctrl.fi-b.unam.mx/salva

http://arraquis.dif.um.es/~rafa/codigo_barras_historia.htm

http://rt000z51.eresmas.net/documentos/codigobarra.html

http://www.digitalcode.com/c%C3%B3digo.htm

http://www.codigodebarras.com/tecnoresumen.htm

http://www.codigodebarras.com/simbologias.htm

http://www.codigodebarras.com/tipos%20de%20lectores.htm

http://atenea.udistrital.edu.co/egresados/dquinter/introduccion.html

http://atenea.udistrital.edu.co/egresados/dquinter/definicion.html

http://www.barware.com.mx/web-page/codigos.htm

http://www.barware.com.mx/webpage/aplicaciones.htm#afijo

http://www.geocities.com/SoHo/Cafe/8909/barcode.html

http://www.ciberhabitat.gob.mx/comercio/cbarras/cb01.htm

http://www.ciberhabitat.gob.mx/comercio/cbarras/cb02.htm

http://www.dgcode.com/info1.htm#top

http://www.udec.cl/~ssantand/verdadero.doc

http://www.aimglobal.org/aimstore/matrixsymbologies.htm#Dot%20Code%20A

http://www.aimglobal.org/technologies/barcode/bcfaqs.asp#Are%20there%20different%20bar%20codes

http://www.ent.ohiou.edu/~amable/autoid/tecnologia.html

http://www.idenpla.com/ip/tecnologias_tarjetas.htm

http://www.idenpla.com/ip/tecnologias_banda.htm

http://www.idenpla.com/ip/tecnologias_elementos.htm