

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO RFID (IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA) PARA LA ACTIVACIÓN DE UNA CERRADURA ELÉCTRICA EN UNA PUERTA DE ACCESO DE LA ESFOT.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

IVÁN DARÍO TUZA ARMIJOS
ivannps21@hotmail.com

WILSON RODRIGO DELGADO CHAUMANA
wilydelgado@yahoo.com

DIRECTOR: ING. FABIO GONZÁLEZ

fabio.gonzalez@epn.edu.ec

Quito, Noviembre 2010

DECLARACIÓN

Nosotros Iván Darío Tuza Armijos y Wilson Rodrigo Delgado Chaumana, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Iván Darío Tuza Armijos

Wilson Rodrigo Delgado Chaumana

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los Señores Iván Darío Tuza Armijos y Wilson Rodrigo Delgado Chaumana, bajo mi supervisión.

Ing. Fabio González

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a mis padres Vitalina y Franco ya que además de haberme dado la vida han sido para mí un ejemplo de cómo se debe llevar una vida plena. Me han enseñado buenos valores y a perseguir mis metas con esfuerzo, dedicación y sacrificio. Sobre todo por la paciencia que me han tenido, el haberme apoyado en mis decisiones y nunca haberme dado la espalda, en verdad los aprecio y pido a dios los tenga conmigo por mucho tiempo.

A mis hermanos Alexander y Vladimir por su apoyo incondicional, todos estos años de estudio han estado pendientes de mí. La admiración que siento por ellos es indescriptible.

A mis compañeros de la universidad, por el apoyo y la compañía en estos años de estudio. Son personas muy capaces e inteligentes y sé que no existe meta que no podamos alcanzar. En especial a mi pana Germán con el cual vivimos muchas decepciones y alegrías en nuestra vida estudiantil, sé que la vida le depara cosas buenas.

A mis amigos incondicionales Ramiro, Diego, Vladimir, Ever y Rolando con los cuales forjé una gran amistad son lo máximo y son excelentes seres humanos.

A mi enamorada Mónica por haberme dado su apoyo incondicional, sobre todo en estos últimos momentos los cuales han sido muy difíciles y estresantes, te amo mucho.

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar, ese ser todopoderoso que nos da el regalo de la existencia y vigila todo lo bueno y malo que hacemos.

A mis padres, hermanos, familiares y a todos aquellos que han aportado en mi crecimiento y madurez personal e intelectual.

A todos los buenos profesores que supieron enseñarme cada una de sus materias las cuales me permitirán enfrentarme a la vida profesional con seguridad y responsabilidad.

A aquellos profesores no tan buenos que a pesar de haber puesto trabas en mi camino y haberme hecho llorar, sentirme lo peor de lo peor y pensar seriamente en abandonarlo todo, terminé siendo perseverante y les demostré que soy muy capaz.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios y a mis padres Rodrigo Delgado y Clara Chaumana por haberme brindado el don de la vida en especial a mi madre quien me enseñó que si deseamos algo en la vida debemos esforzarnos día a día por ello hasta alcanzarlo, y que no importa cuán difícil parezca el camino siempre al final de él existe una recompensa.

A mis hermanos Anita, Norma y Jaime quienes son un pilar fundamental en mi vida y de quienes he aprendido mucho, a cada uno de ellos les doy las gracias por haberme apoyado y seguir haciéndolo en los momentos gratos y no tan gratos de mi vida.

A una personita quien con su inocencia me levantaba el ánimo y me hacía sonreír en momentos difíciles, mi sobrinito Sebastián Delgado.

A mis amigos Diego, Santiago, Edison con quienes creé una amistad de oro a través de los años y quienes con sus consejos me ayudaban a tomar fuerza y seguir adelante.

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios, quien me permitió existir y disfrutar de la vida.

A mis padres, hermanos y familia en general, quienes de una u otra manera me apoyaron cuando necesite de ellos.

A todos mis profesores, quienes durante toda mi vida estudiantil me impartieron sus conocimientos y me enseñaron a perseverar.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
CONTENIDO	VII
RESUMEN	XII
PRESENTACIÓN	XIII
CAPÍTULO 1	1
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
1.1 INTRODUCCIÓN A RFID	1
1.1.1 RESEÑA HISTÓRICA	1
1.1.2 DEFINICIÓN DE RFID ¹	3
1.2 ELEMENTOS DE UN SISTEMA RFID.....	4
1.2.1 LECTOR (READER O TRANSCEIVER).....	4
1.2.1.1 Tipos de Lectores	6
1.2.1.1.1 Lectores con bobina simple	6
1.2.1.1.2 Lectores interrogadores con dos bobinas	6
1.2.2 ANTENAS.....	7
1.2.2.1 Antenas Móviles.....	7
1.2.2.2 Antenas Fijas	7
1.2.3 TRANSPONDER (TAGS O ETIQUETAS)	7
1.2.3.1 Estructura interna del tag.....	8
1.2.3.1.1 Microchip	8
1.2.3.1.1.1 Memoria ROM (Read Only Memory)	9
1.2.3.1.1.2 Memoria RAM (Random Access Memory).....	9
1.2.3.1.2 Antena	9
1.2.3.1.3 Sustrato.....	10
1.2.3.1.4 Condensador.....	10
1.2.3.1.5 Contacto.....	10
1.2.3.2 Tipos de tags	10
1.2.3.2.1 Según su fuente de alimentación.....	11
1.2.3.2.1.1 Tags pasivos	11

1.2.3.2.1.2	Tags activos.....	12
1.2.3.2.1.3	Tags semi-activos.....	13
1.2.3.2.2	Según su tipo de memoria	14
1.2.3.2.2.1	Tags Read Only.....	15
1.2.3.2.2.2	Tags WORM	15
1.2.3.2.2.3	Tags lectura/escritura programable.....	15
1.2	FUNCIONAMIENTO DE RFID	16
1.3.1	<i>FRECUENCIAS DE OPERACIÓN</i>	19
1.3.1.1	LF (Low Frequency)	20
1.3.1.2	HF (High Frequency)	20
1.3.1.3	UHF (Ultra High Frequency)	21
1.3.1.4	Microondas	21
1.3.2	<i>CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS RFID</i>	22
1.3.2.1	Sistemas LOW-END	22
1.3.2.2	Sistemas MID-RANGE.....	23
1.3.2.3	Sistemas HIGH-END.....	23
1.3.2.4	Sistemas Half Duplex (HDX).....	23
1.3.2.5	Sistemas Full Duplex (FDX)	24
1.3.2.6	Sistemas Secuenciales (SEQ)	24
1.3.3	<i>CLASES DE ACOPLAMIENTO</i>	25
1.3.3.1	Acoplamiento inductivo	25
1.3.3.2	Acoplamiento Backscatter	26
1.3.3.3	Acoplamiento Cerrado	26
1.3.4	<i>ELECTRONIC PRODUCT CODE GLOBAL</i>	27
1.3.5	<i>ESTÁNDARES ISO</i>	30
1.4	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE RFID SOBRE TECNOLOGÍAS SIMILARES.....	33
1.5	APLICACIONES DE RFID.....	36
CAPÍTULO 2		41
DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO		41
2.1	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA PROTOTIPO	41
2.2	ÁREA DE COBERTURA	42
2.2.1	<i>INTERFERENCIAS</i>	44
2.2.2	<i>ORIENTACIÓN DE LA ETIQUETA</i>	44
2.3	HARDWARE DEL PROTOTIPO	44
2.3.1	<i>MICROCONTROLADOR</i>	44
2.3.1.1	Puertos utilizados del ATmega644P	46
2.3.1.1.1	Puerto A (PA0:PA7)	47
2.3.1.1.2	Puerto B (PB0:PB7)	47
2.3.1.1.3	Puerto C (PC0:PC7).....	47

2.3.1.1.4	Port D (PD0:PD7).....	47
2.3.1.2	Circuito para el RESET	48
2.3.1.3	Circuito de oscilación entre XTAL1 y XTAL2	49
2.3.1.4	Polarización	49
2.3.2	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	49
2.3.2.1	Distribución y regulación de voltajes	50
2.3.3	LECTOR ID-12	51
2.3.3.1	Modo de conexión	52
2.3.3.2	Comunicación serial	53
2.3.3.3	Análisis de Lectura.....	53
2.3.3.4	Tags compatibles al lector	54
2.3.3.4.1	EM4100	54
2.3.3.4.2	Codificación tipo Manchester para colisiones	54
2.3.3.5	Conexión de los lectores	56
2.3.4	LCD	58
2.3.4.1	Descripción.....	58
2.3.4.2	Características principales:.....	58
2.3.4.3	Funcionamiento:	58
2.3.4.4	Descripción de los pines	59
2.3.4.5	Diagrama de conexión hacia el microcontrolador	61
2.3.4.6	Circuito de backlight.....	62
2.3.5	CERRADURA ELÉCTRICA	63
2.3.6	TECLADO MATRICIAL	64
2.3.6.1	Descripción.....	65
2.3.6.2	Conexión hacia el microcontrolador	65
2.3.7	MEMORIAS EXTERNAS 24LC512	66
2.3.7.1	Principio de funcionamiento	66
2.3.7.2	Descripción de pines	66
2.3.7.2.1	A0, A1 and A2 Chip Address Inputs.....	66
2.3.7.2.2	Serial Data (SDA)	66
2.3.7.2.3	Serial Clock (SCL).....	67
2.3.7.2.4	Write-Protect (WP)	67
2.3.7.2.5	Polarización.....	67
2.3.7.3	Conexión hacia el microcontrolador	67
2.3.8	RELOJ AUTÓNOMO DS1307	68
2.3.8.1	Principio de funcionamiento	68
2.3.8.2	Descripción de pines	68
2.3.8.2.1	VCC, GND	68
2.3.8.2.2	Voltaje de Batería VBAT	69
2.3.8.2.3	SCL (Serial Clock Input).....	69
2.3.8.2.4	SDA (Serial Data Input/output)	69

2.3.8.2.5	Cristal de oscilación entre X1, X2	69
2.3.8.2.6	SQW/OUT (Square Wave/Output Driver)	69
2.3.8.3	Mapa de direccionamiento del RTC	69
2.3.8.4	Conexión hacia el microcontrolador	70
2.3.9	ICSP (IN CIRCUIT SERIAL PROGRAMMING)	70
2.3.9.1	Comunicación SPI Serial Peripheral Interface	71
2.3.9.2	Descripción de líneas de conexión	71
2.3.9.3	Modo de conexión hacia el prototipo	73
2.4	SOFTWARE DEL PROTOTIPO	73
2.4.2	ACCESO AL MENÚ DE CONFIGURACIÓN	75
2.4.3	AJUSTE DE RTC.....	77
2.4.4	GRABACIÓN DE UN NUEVO TAG.....	77
2.4.5	VISUALIZACIONES PARA REGISTROS DE ACCESO Y USUARIOS	78
2.4.6	RESETEO DE DATOS	80
2.4.7	CONTRASEÑA DE ACCESO.....	80
2.4.8	INTERRUPCIONES Y CONTROL	82
CAPÍTULO 3.....	83	
CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA PROTOTIPO RFID Y PRESUPUESTO REFERENCIAL	83	
3.1	CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	83
3.2	IMPLEMENTACIÓN Y ENSAMBLAJE DEL PROTOTIPO	83
3.2.1	ELABORACIÓN DE LA TARJETA ELECTRÓNICA.....	83
3.2.2	TRASFERENCIA TÉRMICA HACIA LA LÁMINA DE COBRE	88
3.2.3	PROCESO DE ATACADO (REDUCCIÓN DEL COBRE)	89
3.2.4	PROCESO DE SOLDADURA DE LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS	90
3.2.4.1	Materiales	90
3.2.4.2	Instalación del prototipo en su lugar de operación.....	92
3.3	PRUEBAS DEL PROTOTIPO	93
3.3.1	ACCESO AL MENÚ DE CONFIGURACIÓN	93
3.3.2	AJUSTE DE RTC EN EL MÓDULO INTERNO	94
3.3.3	AGREGACIÓN DE NUEVOS TAGS.....	94
3.3.4	VISUALIZACIÓN DE DATOS.....	95
3.3.4.1	Visualización de accesos	95
3.3.4.2	Visualización de usuarios.....	96
3.3.5	CAMBIO DE CONTRASEÑA DE ACCESO	96
3.3.6	LECTURAS.....	97
3.3.6.1	Lectura de un tag autorizado.....	97
3.3.6.2	Lectura de un tag no autorizado.....	98
3.3.7	RESETEO DE REGISTROS.....	98

3.3.7.1	Reseteo de registros de acceso	99
3.3.7.2	Reseteo de registros de usuarios	99
3.4	RESUMEN DE FUNCIONES DEL MÓDULO.....	100
3.5	PRESUPUESTO REFERENCIAL.....	100
CAPÍTULO 4.....		102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		102
4.1	CONCLUSIONES	102
4.2	RECOMENDACIONES.....	104
BIBLIOGRAFÍA		106
ANEXOS		108

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad la construcción de un prototipo RFID (Identificación por radiofrecuencia) para la activación de una cerradura eléctrica de una puerta de acceso de la ESFOT.

En el capítulo I se describe a la tecnología RFID, su evolución a lo largo del tiempo, sus principales características y los elementos que hacen de éste un sistema muy utilizado en la actualidad con una gran cantidad de aplicaciones.

El capítulo II analiza el principio de funcionamiento que debe cumplir nuestro prototipo, así como también un análisis exhaustivo sobre los fenómenos que influyen durante la operación del sistema, como también la descripción de cada uno de los componentes del *Hardware*, para finalmente realizar un análisis del flujo de información que realiza el software desarrollado.

El capítulo III describe el proceso de diseño e implementación de la tarjeta electrónica correspondiente al módulo RFID, además de las pruebas de funcionamiento del módulo en su lugar de trabajo.

El capítulo IV contiene las conclusiones y recomendaciones, como consecuencia del trabajo realizado.

PRESENTACIÓN

El constante crecimiento tecnológico en los últimos tiempos ha generado importantes avances en los estudios de sistemas inalámbricos los cuales son hoy uno de los de mayor desarrollo, por ejemplo en redes de datos, telefonía, periféricos computacionales, sistemas de control, sistemas de monitoreo e inventarios. Producto de este constante avance, la tecnología RFID sobresale como respuesta a ciertas necesidades de la industria y de las personas.

La tecnología RFID es una herramienta de trabajo con gran cantidad de aplicaciones, por ejemplo el control de acceso de personal autorizado a ciertas áreas, la identificación de productos, de mascotas, o inclusive de personas por medio de un lector y etiquetas denominadas tags las mismas que guardan cierta cantidad de información la misma que es verificada y autenticada a través de los lectores.

Una de las aplicaciones de mayor difusión en nuestro medio es el control de acceso a través de tecnología RFID, este tipo de sistemas han tenido gran acogida en nuestro medio debido a la versatilidad y confiabilidad así como el excelente nivel de seguridad que presenta.

Es por esta razón que hemos decidido elaborar el presente proyecto con el fin de brindar un aporte al desarrollo de esta tecnología que en un futuro muy cercano tendrá una difusión de gran magnitud en múltiples áreas de trabajo en todo el mundo.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 INTRODUCCIÓN A RFID ^[1]

Desde aproximadamente 50 años atrás, las tecnologías de auto identificación (AIT o Auto-ID) se han popularizado y han llegado a ser muy utilizadas e importantes en nuestra vida diaria. De ellas el código de barras ha sido el más popular en las últimas tres décadas y ha sido empleado para casi todos los productos, por ejemplo: televisores, computadores, comestibles, perfumes, etc., pero lastimosamente el código de barras posee algunos inconvenientes como el hecho de representar muy poca información, necesitar una línea de visión entre código y lector y el deterioro de las etiquetas, debido a que se trata de un proceso de lectura óptico. Frente a los inconvenientes del código de barras, en la actualidad se está popularizando el sistema RFID (Identificación por radiofrecuencia) el cual utiliza una señal de radiofrecuencia en lugar de la señal óptica del código de barras, por tal razón no es necesaria la existencia de línea de vista entre el lector y la etiqueta pues las señales de radio son capaces de propagarse con facilidad a través de materiales no metálicos.

1.1.1 RESEÑA HISTÓRICA ^[2]

La Tecnología RFID ha evolucionado con el pasar de los años, sus inicios se remontan alrededor de 1940 cuando se tiene los primeros registros de su uso. En 1939 la utilización de un transponder IFF (Identification Friend or Foe) fue un aporte de los británicos para los aliados durante la Segunda Guerra Mundial con el fin de identificar a los aeroplanos que sobrevolaban las bases, ya que no se podía determinar con exactitud si estos eran amigos o enemigos.

En 1945 León Theremin inventa un dispositivo de espionaje para el Gobierno Ruso, el cual básicamente era un equipo de escucha secreto pasivo, más no una etiqueta de identificación. En la Tabla 1.1 se muestra los acontecimientos más relevantes de esta tecnología desde su aparición.

AÑO	ACONTECIMIENTOS
1939	Aparece este tipo de tecnología durante la Segunda Guerra Mundial a favor de los Aliados, utilizándola a manera de radar
1948	Harry Stockman publica "Comunicación por medio de la energía reflejada" que fue un estudio o predicción a futuro de los alcances de RFID.
1950	Primeros experimentos con RFID en laboratorios.
1969	Mario Cardullo registra en Estados Unidos la primera patente con tecnología RFID.
1970	La tecnología RFID se sigue utilizando de modo restringido y controlado, por ejemplo, para la seguridad de las plantas nucleares.
1980	La primera aplicación de la tecnología RFID en Europa es la identificación del ganado en el sector privado. Luego llegan muchas otras utilizaciones comerciales, en particular en las cadenas de fabricación de automóviles.
1990	Miniaturización del sistema RFID: IBM integra la tecnología en un solo chip electrónico
1999	Se crea Auto-ID Center una sociedad constituida por universidades, empresas y centros de investigación de todo el mundo que son actualmente los responsables del desarrollo e implantación de esta tecnología.
2003	Se crea una controversia entre la cadena de Supermercados Wal-Mart y CASPIAN (Consumers Against Supermarket Privacy Invasion and Numbering), ya que esta última considera que la intrusión de chips RFID son un atentado a la privacidad de las personas.
2005	Wal-Mart y el Departamento de Defensa de los Estados Unidos han publicado los requisitos para los fabricantes para situar tags RFID en todos sus transportes para mejorar la gestión de la cadena de suministro.

Tabla 1.1 Acontecimientos relevantes de la Tecnología RFID

1.1.2 DEFINICIÓN DE RFID ^[1]

RFID son las siglas que obedecen a su significado en inglés *Radio Frequency Identification* (Identificación por Radiofrecuencia), este tipo de tecnología permite la detección o identificación de etiquetas a una determinada distancia por medio de un lector, valiéndose de la radiofrecuencia para comunicarse o transmitir datos en tiempo real y utilizando el espacio libre como medio de transmisión. RFID es un ejemplo de identificación automática (“Auto-ID”). Otros ejemplos de Auto-ID incluyen código de barras, identificación biométrica, identificación por reconocimiento de voz y reconocimiento óptico (“OCR”).

En la Tabla 1.2 se describen las características de un sistema RFID.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Frecuencia de operación	Ubicación en bandas del espectro y la posibilidad del sistema de trabajar como semi-duplex o full-duplex.
Alcance	Distancia máxima a la que se puede mantener una comunicación entre el lector y las etiquetas.
Alimentación	Las características eléctricas como voltaje, corriente o potencia eléctrica para la conexión del lector
Memoria	Cantidad de información que las etiquetas pueden almacenar (que van desde un bit hasta los KBytes)
Respuesta	La velocidad de transferencia de datos entre el lector y las etiquetas.
Tamaño	Las dimensiones físicas que poseerán las etiquetas
Anticolisión	Capacidad del lector en identificar una etiqueta a la vez o varias, sin producir interferencias.
Emisión	Es una característica que involucra a la frecuencia y potencia del sistema con el fin de evitar que interfiera con otros sistemas

Tabla 1.2 Características de un sistema RFID

1.2 ELEMENTOS DE UN SISTEMA RFID

Un sistema RFID está constituido principalmente por 3 elementos: lector, etiqueta o *tag* (transponder) y antenas.

1.2.1 LECTOR (READER O TRANSCEIVER)

Los lectores son los encargados de enviar una señal de radiofrecuencia para detectar los posibles *tags* en un determinado rango de acción.

El funcionamiento del lector RFID es sencillo, éste produce electricidad que viaja a través de conductores hacia una antena que radia la misma señal en el espacio a una frecuencia determinada para que otros elementos lo escuchen. Esta señal de radio es la fuente de energía usada para activar y alimentar los *tags* RFID pasivos.

Además de generar la señal que se transmite a través de las antenas; también escucha las respuestas de los *tags*. Transmite y recibe ondas analógicas que transforma en cadenas de bits de ceros y unos, bits de información digital, así el lector controla y modula las frecuencias de radio que transmite y recibe la antena.

La Figura 1.1 describe ciertas partes internas del lector que son fundamentales durante el proceso de adquisición de información.

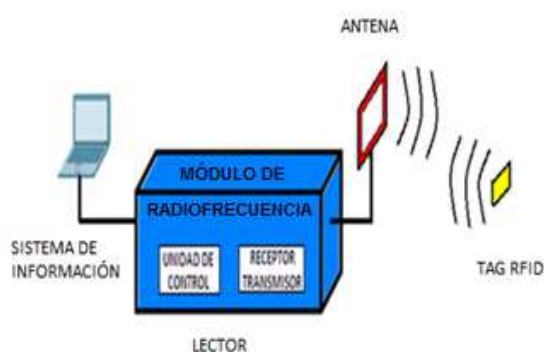


Figura 1.1 Funcionamiento de un lector RFID

Además muchas veces el lector permite conectarse a la red, una PC (*personal computer*) o un microcontrolador mediante varios tipos de interfaz como pueden ser RS-232, Ethernet, USB (*Universal Serial Bus*), SPI (*Serial Peripheral Interface*), etc.

El lector en si posee partes internas que realizan funciones específicas, éstas se encuentran descritas en la Tabla 1.3.

PARTES	DESCRIPCIÓN
Transmisor	Se utiliza para enviar una serie de ondas de radiofrecuencia a las etiquetas, las mismas que activarán el microchip ubicado en la etiqueta.
Receptor	Recibirá las señales enviadas por las antenas de las etiquetas. Además el receptor demodulará las señales de radiofrecuencia enviadas por las etiquetas.
Microprocesador	El microprocesador revisará la integridad de la información recibida y la utiliza de acuerdo a la aplicación.
Memoria	Almacena datos como instrucciones del procesamiento para el correcto funcionamiento del sistema.
Interfaz de comunicación	El interfaz de comunicación es la herramienta que proporcionará las instrucciones para que exista la comunicación entre el lector y las etiquetas, para enviar la información obtenida de la etiqueta y recibir comandos que se traducen en acciones.
Energía	La energía es el elemento que proporcionará la corriente eléctrica a los componentes del lector.

Tabla 1.3 Partes de un Lector RFID

1.2.1.1 Tipos de Lectores

En su fabricación se suelen separar en dos tipos:

1.2.1.1.1 Lectores con bobina simple

En este tipo de lector la misma bobina sirve para transmitir la energía y los datos. Son más simples y más baratos, pero tienen menos alcance.

1.2.1.1.2 Lectores interrogadores con dos bobinas

En este tipo de lector se utiliza una bobina para transmitir energía y otra para transmitir datos. Son más caros, pero consiguen mayores prestaciones. Hay multitud de tipos de lectores: simples (un solo estándar y frecuencia), multiregionales, multifrecuencias (trabajan a diferentes frecuencias), multiprotocolos, solamente readers, readers/writers, multitag, etc. La línea con mayor interés son los lectores ágiles y flexibles que pueden utilizar cualquier protocolo, región o frecuencia (HF-High Frequency o UHF- Ultra High Frequency) según su necesidad.

Algunos lectores vienen con antenas integradas, pero hay otros que utilizan una conexión externa, pero además existen fundamentos técnicos que definen el tipo de lector a utilizar, éstos se describen en la tabla 1.4.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Número de puertos RF	Son utilizados para conectar las antenas, que típicamente son cuatro. Entre más antenas conectadas se tenga, se podrá disponer de un mayor rango de cobertura y leer múltiples etiquetas simultáneamente dentro del rango.
Estándares de comunicación	Permite la comunicación entre las etiquetas utilizadas con cualquier lector. Dependiendo del protocolo y la configuración se podrán leer hasta 30 etiquetas por segundo.
Frecuencia de trabajo	Las bandas en las que trabaja son UHF, HF o LF.
Potencia máxima.	Esta potencia es propia de cada puerto RF

Tabla 1.4 Características de un Lector RFID

1.2.2 ANTENAS

Son los dispositivos que permiten radiar las señales emitidas de los lectores y leer las respuestas de los *tags*.

Las antenas están presentes tanto en los lectores como en los *tags*, y de su frecuencia de operación y potencia de transmisión depende en gran parte el rango de cobertura en el que se puede dar la comunicación.

En lo concerniente a los lectores, muchas veces se habla de lector con antena integrada como si fuera un lector (se sobreentiende que tiene una antena). Varias antenas pueden ser gestionadas por un único lector/grabador, en este caso si se puede distinguir lo que es el dispositivo lector de la antena o antenas.

Hay dos clases de antenas, la mayoría de veces también podemos catalogar los lectores con estos dos tipos:

1.2.2.1 Antenas Móviles

Este tipo de antenas normalmente se encuentran en lectores móviles con antenas integradas o son utilizadas manualmente por un operario. En resumen son antenas que se mueven para identificar el *tag* como por ejemplo para realizar inventarios.

1.2.2.2 Antenas Fijas

Como su nombre lo indica, son antenas fijas que se conectan a los lectores mediante cables. Un único lector puede gestionar varias antenas creando una zona de interrogación, se utilizan en aplicaciones que requieren un área de cobertura fija.

1.2.3 TRANSPONDER (TAGS O ETIQUETAS)

Un *tag* RFID es capaz de almacenar y transmitir información hacia un lector mediante ondas de radiofrecuencia. Básicamente un *tag* posee en su interior un

microchip y un circuito impreso a modo de antena, capaces de emitir una serie de dígitos para conseguir la identificación de dicho tag por parte del lector. Este microchip tiene capacidad de almacenamiento de datos además de la lógica de lo que debe hacer para responder al lector. Uno de esos datos guardados es un identificador único para cada tag.

1.2.3.1 Estructura interna del tag

Como ya se ha dicho, principalmente un tag está compuesto por un microchip, una antena y un sustrato. En el caso de los tags activos y semi-activos simplemente se adiciona una batería para su alimentación. En la Figura 1.2 se pueden apreciar los principales componentes de un tag pasivo.

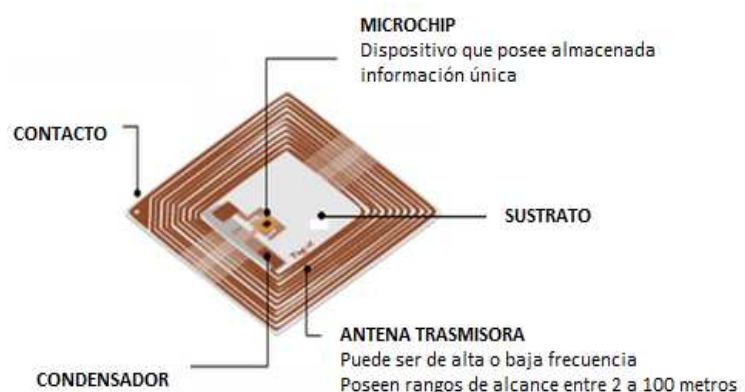


Figura 1.2 Estructura interna de un tag

1.2.3.1.1 Microchip

Éste almacena la información y ejecuta los comandos específicos para poder responder adecuadamente al lector. La mayoría de los tags pasivos que deben cumplir sólo con la identificación del producto tienen 96 bits (como el EPC-Electronic Product Code), pero pueden tener una capacidad mayor. El diseño del chip determina el tipo de memoria, si es de solo lectura o tiene la capacidad de leer y escribir.

Internamente el chip tiene los siguientes elementos:

Una memoria no volátil, antena, un condensador y algunos otros descritos a continuación.

1.2.3.1.1.1 Memoria ROM (Read Only Memory)

Es en este tipo de memoria donde se almacenan instrucciones básicas para el funcionamiento, como son temporizadores, controladores de flujo de datos, etc.

1.2.3.1.1.2 Memoria RAM (Random Access Memory)

También puede incorporar memoria para almacenar datos durante la comunicación con el lector.

1.2.3.1.2 Antena

Su función es la de absorber las ondas RF y responder por el mismo medio la información contenida en el chip. La energía para activar el chip la obtiene de la propia onda transmitida por el interrogador, es decir del campo RF (en HF del campo electromagnético y en UHF del campo eléctrico). Este proceso es llamado acoplamiento (coupling). El tamaño de la antena está directamente relacionado con el rango de lectura del *tag*. Simplemente al poner una antena más grande, ésta puede recolectar mayor energía y por lo tanto puede transmitir con más potencia, además cabe destacar que el tipo de antena del tag no debe ser directiva, sino más bien omnidireccional es decir que radie en todo su alrededor para ubicar al lector durante el intercambio de información.

Otra característica de las antenas es la frecuencia de emisión y recepción, por ejemplo hay Low Frequency (LF) y High Frequency (HF) donde las antenas son espirales por ser frecuencias magnéticas, o Ultra High Frequency (UHF) más puramente eléctricas. El tamaño también afecta a la frecuencia de emisión y de recepción.

1.2.3.1.3 Sustrato

Simplemente es el material que mantiene el chip y la antena juntos y protegidos. Por lo general es un film plástico. Tanto el chip como la antena quedan adjuntados a él.

1.2.3.1.4 Condensador

Este dispositivo permite concentrar o almacenar momentáneamente la energía recibida durante el proceso de excitación del lector, es esencial en los tags pasivos.

1.2.3.1.5 Contacto

Esta parte del tag es utilizado para poder sujetarlo a algún dispositivo al cual se esté asociando dicha tarjeta.

1.2.3.2 Tipos de tags

Existen distintos tipos de tags, siendo este elemento el más difícil de decidir según la aplicación que vayamos a realizar, y es por este motivo que existe todo un estudio y desarrollo alrededor de estos elementos.

Podemos diferenciarlos según su fuente de energía (activo, semi-activo y pasivo), según su memoria (solo de lectura, WORM-Write Once Read Many-escribir una vez y leer muchas, lectura escritura programables, etc.). Según los estándares que cumplen, su ciclo de vida, su tamaño, su distancia de lectura, su forma, su frecuencia de trabajo etc. Además todos estos tags pueden estar encapsulados para incrementar su protección mediante plásticos, siliconas, etc.

Entre las funcionalidades en plena investigación y desarrollo se hallan: la velocidad de transmisión y recepción, la capacidad de almacenar mayor información, la interacción entre artículos con tags “vecinos” y la capacidad para leer una mayor cantidad de tags simultáneamente.

1.2.3.2.1 Según su fuente de alimentación

Una primera clasificación, además de ser la más convencional que se hace de los tags, se lo hace de acuerdo a la forma en cómo obtienen la energía para generar su señal de respuesta hacia el lector y estos son los siguientes:

1.2.3.2.1.1 Tags pasivos

Su principal característica es que utilizan como fuente de alimentación para su circuitería la corriente eléctrica inducida en la antena por efecto de la energía radiada del lector, la cual es suficiente para poner en funcionamiento el circuito integrado CMOS del tag.

Como carecen de autonomía energética, el dispositivo puede resultar muy pequeño: pueden incluirse en una pegatina o insertarse bajo la piel (tags de baja frecuencia). En 2007 se creó el dispositivo más pequeño de este tipo, el cual medía 0.05 milímetros x 0.05 milímetros, y era más fino que una hoja de papel; estos dispositivos son prácticamente invisibles.

La mayoría de tags pasivos utiliza backscatter sobre la portadora recibida. De esta manera, la antena debe estar diseñada para obtener la energía necesaria para funcionar a la vez que para transmitir la respuesta por backscatter. Esta respuesta puede ser cualquier tipo de información, no sólo un código identificador.

Las distancias de lectura de los tags pasivos varían entre unos 10 milímetros hasta cerca de 6 metros dependiendo del tamaño de la antena del tag y de la potencia y frecuencia en la que opera el lector.

En el 2005, PolyIC y Philips, han experimentado en la fabricación de semiconductores basados en polímeros con lo cual se podría producir fácilmente en imprentas, haciéndolos más baratos que los tags de silicio y sirviendo como alternativa totalmente impresa como hoy lo es el código de barras, con un coste prácticamente nulo.

A continuación se detalla otro tipo de características de este tipo de tags.

- Debido a que no posee una fuente de energía activa, la respuesta es necesariamente breve, apenas un número de identificación GUID (Globally Unique Identifier).
- Distancia de lectura entre unos 10 milímetros hasta 6 metros dependiendo del tamaño de la antena, la potencia y frecuencia en la que opera el lector.
- Son los tags de menor costo, y es debido a esto que son los más populares y mayormente utilizados.

1.2.3.2.1.2 Tags activos

Su principal característica es que contienen una fuente de alimentación interna, que le permite energizar su circuitería interna y microchip, para así generar la señal de respuesta hacia el lector. Además son capaces de transmitir señales más potentes que las de los tags pasivos y pueden generar respuestas claras a partir de recepciones débiles.

Los tags activos también pueden llevar sensores adicionales a la propia memoria como sensores de temperatura, de velocidad, de movimiento, humedad, vibración, luz, radiación, etc., que permiten almacenar o controlar datos vitales en algunas aplicaciones, la Figura 1.3 describe la estructura de un tag RFID activo.

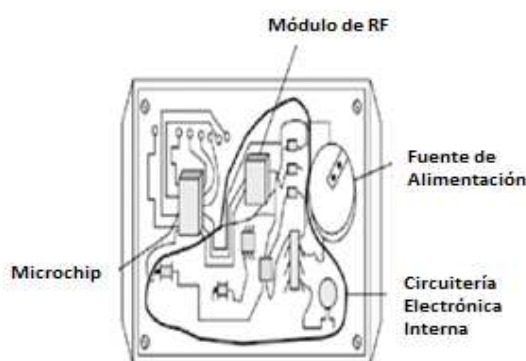


Figura 1.3 Estructura interna de un tag activo

A continuación se describe ciertos parámetros de este tipo de tarjetas que definen al momento de utilizarlas en determinada aplicación.

- Gracias a su fuente propia transmiten señales más potentes lo cual les permite ser más eficientes en entornos difíciles para la radiofrecuencia como agua o metal.
- Normalmente tienen una mayor capacidad de almacenar información, más allá del simple código único, como el contenido, el origen, destino, procesos realizados, etc.
- Son más confiables, es decir poseen menor probabilidad de errores esto se debe a que pueden establecer sesiones con el lector.
- Capacidad de poder almacenar información adicional enviada por el transmisor-receptor (4 a 32 KBytes).
- Tamaño aproximado de una moneda.
- Alcance de 60 cm a 100 m.
- Duración de batería de hasta varios años.
- Son los más caros en el mercado

1.2.3.2.1.3 Tags semi-activos

Los tags semi-activos poseen una fuente de alimentación propia similar a los tags activos, aunque en este caso se utiliza principalmente para alimentar el microchip y no para transmitir una señal al lector. La energía contenida en la señal de radiofrecuencia se refleja hacia el lector, tal como ocurre en un tag pasivo.

La batería también sirve para que los tags semi-activos puedan almacenar información propagada desde el lector para emitir una respuesta en el futuro.

Este tipo de tags consiguen mejores rangos de comunicación. Además suelen durar mayor tiempo que los activos y su fiabilidad es similar.

Algunos tags semi-activos llevan integrados sensores de temperatura, movimiento, etc.

En la figura 1.4 se muestra un tag semi-activo con sus partes.

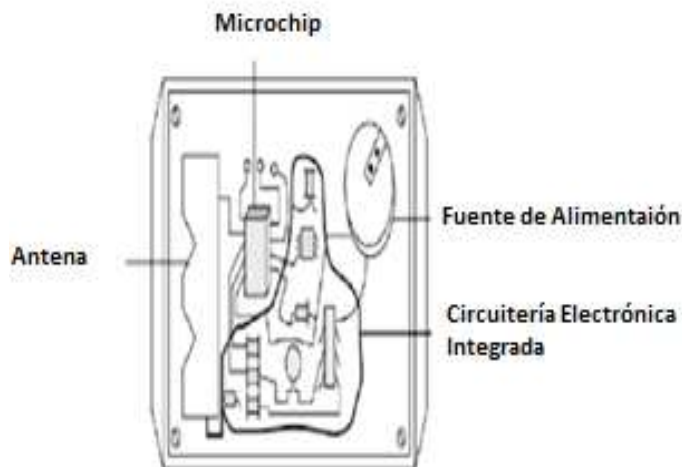


Figura 1.4 Estructura interna tag semi-activa

A continuación se describe características adicionales de este tipo de tags.

- La forma de enviar una respuesta hacia el lector es por medio de un tag pasivo que refleja la energía inducida desde el lector.
- Debido a la utilización de batería, estos tags son más grandes y caros que los pasivos
- Responden más rápidamente en el radio de lectura comparadas con las etiquetas pasivas.

1.2.3.2.2 *Según su tipo de memoria*

Los tags también pueden ser clasificados en base al tipo de memoria que poseen, así podemos tener tags de solo lectura, de escritura por una sola vez, o de escritura/lectura por varias veces:

1.2.3.2.2.1 *Tags Read Only*

Son tags que únicamente pueden ser leídos, el identificador único viene grabado de fábrica y tiene una longitud fija de caracteres.

1.2.3.2.2.2 *Tags WORM*

Puede ser programada o escrita por el usuario por una sola vez, pero se la puede leer las veces que se quiera.

1.2.3.2.2.3 *Tags lectura/escritura programable*

Son tags capaces de ser programados o escritos por varias ocasiones por el usuario, normalmente se puede grabar hasta 100.000 veces. Estos tags se utilizan para aplicaciones cerradas de la misma empresa y que hay reutilización de los tags, además cabe destacar que el tipo de lectores también deben ser capaces de realizar esta operación de escritura sobre el tag.

Entre los tipos de memorias utilizados en los distintos tipos de tags, principalmente se puede encontrar las siguientes:

- **EEPROMs (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory):** la memoria más utilizada en acoplamiento inductivo. Como desventaja tiene un alto consumo de energía durante la operación de escritura y un número limitado de ciclos de escritura (100.000 y 1.000.000).
- **FRAMs (Ferromagnetic Random Access Memory):** tiene un consumo del orden de 100 veces menor que las EEPROMs y el tiempo de escritura 1000 veces menor.
- **SRAMs (Static Random Access Memory):** más utilizadas en los sistemas de microondas. Facilita rápidamente el acceso a los ciclos de escritura. Por el contrario necesita un suministro de energía ininterrumpido de una batería auxiliar. Son utilizadas principalmente en sistemas de RFID activos.

1.2 FUNCIONAMIENTO DE RFID ^[1]

Un sistema de comunicación RFID se basa en la comunicación bidireccional entre un lector (interrogador) y un tag (transponder), por medio de ondas de radiofrecuencia. Una vez en funcionamiento el sistema, el lector y la etiqueta están en permanente comunicación siempre y cuando se encuentre en el rango de distancia requerido.

Cuando el tag ingresa en el rango de cobertura del sistema, el lector envía ondas de radiofrecuencia hacia el tag el cual a su vez las recibe por medio de su antena y envía su información almacenada por medio de ondas de radiofrecuencia hacia el lector, el cual al recibir dicha señal la decodifica y procesa con algún software con el fin de extraer dicha información que le permita realizar otros procesos posteriores, por ejemplo: control de inventarios, localización de un objeto en una base de datos, etc.

Tanto la etiqueta como el lector envían ondas de radiofrecuencia cuya frecuencia de operación debe ser la misma, con el fin de obtener permanente comunicación. Las frecuencias usuales van desde 125 KHz hasta la banda ISM de 2.4 Ghz, incluso más. En la Figura 1.5 se puede apreciar brevemente el funcionamiento de un sistema RFID y los elementos que intervienen en él.

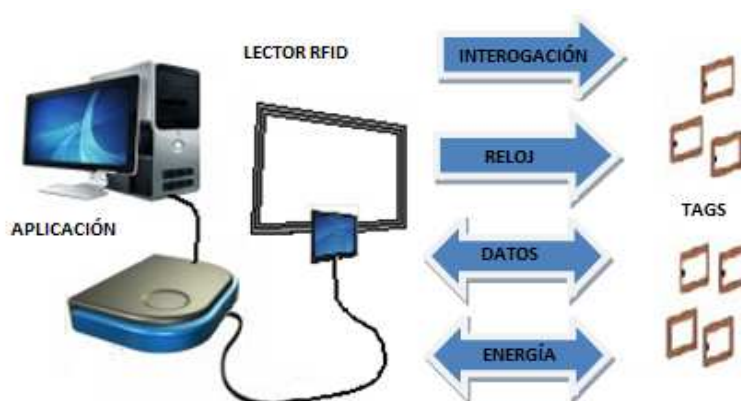


Figura 1.5 Funcionamiento de un Sistema RFID

El módulo lector RFID en primera instancia emite una interrogación, es decir una señal de radiofrecuencia de baja potencia para crear un campo electromagnético. El campo electromagnético es emitido por el transceptor a través de una antena transmisora, típicamente en forma de bobina. Este campo electromagnético funciona como una señal “portadora” de potencia del lector hacia el tag o transponder.

La Figura 1.6 muestra de una manera gráfica cómo sería la emisión de la señal de baja potencia hecha por el lector, y en la Figura 1.7 se observa al tag o transponder cuando ha entrado en el campo electromagnético radiado por el lector.

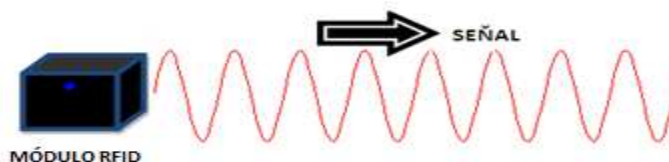


Figura 1.6 Emisión de la señal de baja potencia del lector

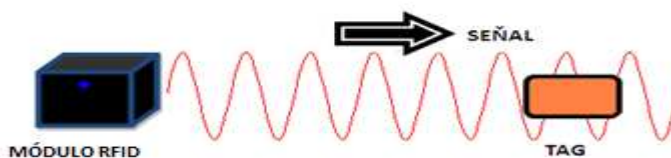


Figura 1.7 Entrada del tag o transponder en el campo electromagnético

Como ya se ha mencionado, el tag contiene una antena, también en forma de bobina, y un circuito integrado. El circuito integrado requiere de una pequeña cantidad de energía eléctrica para poder funcionar, así que es la antena contenida en el transponder la que funciona como un medio para tomar la energía presente en el campo electromagnético producido por el lector de RFID y la convierte en energía eléctrica para ser usada por el circuito integrado.

Una vez que tanto el lector como el transponder se encuentran dentro del campo electromagnético radiado por el lector, se pueden distinguir dos procesos, uno primero de carga en el que el transponder almacena energía y alimenta su microchip y otro de respuesta o emisión en el que el transponder envía su código utilizando la energía almacenada en el proceso anterior. Mientras el transponder se encuentra en el proceso de carga no emite su código, y empezará a emitirlo en el momento en que desaparece el campo de carga. En la Figura 1.8 se pueden apreciar estos dos procesos mencionados anteriormente.

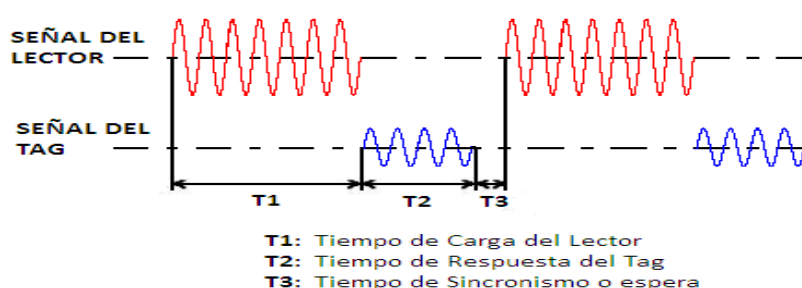


Figura 1.8 Comunicación entre un lector y un tag RFID

Durante el proceso de comunicación el tag se introduce en el campo electromagnético emitido por el lector, este campo induce en la antena del tag energía eléctrica que es almacenada para permitir que el circuito integrado del transponder funcione, y los datos contenidos en su memoria sean transmitidos, para ello lo que hace es modular la señal en torno a los datos que desea transmitir. Las modulaciones más frecuentes en RFID son ASK (Amplitude Shift Keying), FSK (Frequency Shift Keying) y PSK (Phase Shift Keying). En la Figura 1.9 se observa una representación de cómo sería la respuesta del transponder.

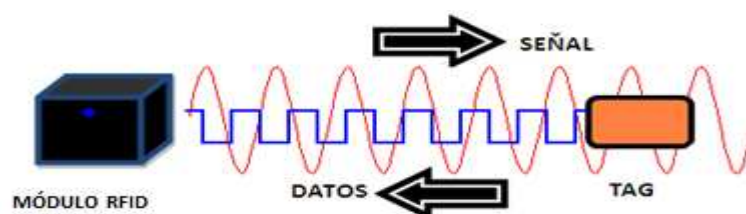


Figura 1.9 Respuesta del transponder

La señal electromagnética que proviene del transponder es recuperada por la antena receptora del módulo RFID y convertida a una señal eléctrica. El transceptor tiene un sistema de recepción que está diseñado para detectar y procesar esta señal débil proveniente del transponder, demodulando los datos originales almacenados en la memoria del circuito integrado contenido dentro del transponder.

Una vez que los datos del transponder han sido demodulados, el módulo digital comprueba que los datos recibidos son correctos. El lector utiliza información redundante contenida en el código transmitido por el transponder para ejecutar el proceso de validación (CRC). Una vez que el lector verifica que no hay errores y valida la información recibida, los datos están listos para ser procesados o enviados a la base de datos a la que esté conectado el lector.

1.3.1 FRECUENCIAS DE OPERACIÓN

Los sistemas RFID operan en distintas bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico y como las ondas de radio tienen comportamientos diferentes (velocidad de transferencia, distancia de cobertura, medio en el que pueden funcionar, etc.) según la frecuencia de trabajo, de ahí que es un punto fundamental el elegir la adecuada frecuencia de operación para determinada aplicación. En la tabla 1.5 Podemos apreciar la clasificación del espectro electromagnético.

SIGLA	NOMBRE	FRECUENCIA	LONGITUD DE ONDA
ELF	Extremely Low Frequency	3 – 30 Hz	100000 – 10000 Km
SLF	Super Low Frequency	30 – 300 Hz	10000 – 1000 Km
ULF	Ultra Low Frequency	300 – 3000 Hz	1000 – 100 Km
VLF	Very Low Frequency	3 – 30 KHz	100 – 10 Km
LF	Low Frequency	30 – 300 KHz	10 – 1 Km
MF	Medium Frequency	300 – 3000 KHz	1000-100 m
HF	High Frequency	3 – 30 MHz	100 – 10 m
VHF	Very High Frequency	30 – 300 MHz	10 – 1 m
UHF	Ultra High Frequency	300 – 3000 MHz	100 – 10 cm
SHF	Super High Frequency	3 – 30 GHz	10 – 1 cm
EHF	Extremely High Frequency	30 – 300 GHz	10 – 1 mm
mm	Milimétrica	300 – 3000 GHz	1 – 0,1 mm

Figura 1.5 Espectro electromagnético

A continuación describiremos las frecuencias de operación y las características de RFID de acuerdo al espectro.

1.3.1.1 LF (Low Frequency)

RFID se ubica en esta banda en las frecuencias inferiores a 135 KHz, concretamente dos: 125 KHz y 134 KHz. La fabricación de los tags es relativamente cara incluso a grandes volúmenes. LF requiere una antena de cobre que es más cara que para el resto. Los tags inductivos son más caros que los capacitivos. Por el contrario es menos susceptible a degradaciones de rendimiento con metales y líquidos. En la figura 1.10 se presenta un ejemplo de estos tags.



Figura 1.10 Tag RFID LF

1.3.1.2 HF (High Frequency)

En esta banda se utiliza una sola frecuencia, la de 13,56 MHz. La fabricación de los tags es menos costosa que los tags inductivos de LF. Además poseen relativamente poca velocidad de transmisión de datos comparado con frecuencias más elevadas. Recomendado para aplicaciones que no requieren lectura múltiple de tags y rangos cortos de lectura. En la figura 1.11 se indica un ejemplo de estos tags.



Figura 1.11 Tags RFID HF

En la tabla 1.6 se describe una comparación de distintos parámetros de este tipo de tecnología de acuerdo a su frecuencia de operación.

Rango de Frecuencias	LF 125 KHz	HF 13.56 MHz	UHF 868-915 MHz	Microondas 2.45/5.8 GHz
Rango típico de lectura en tags pasivos	<0,5m	1m	30m	30m
Fuente de potencia del tag	Pasivo, acoplamiento magnético	Generalmente pasivo, utiliza acoplamiento inductivo y capacitivo.	Tags activos con batería o pasivos con acoplamiento capacitivo.	Tags activos con batería o pasivos con acoplamiento capacitivo
Velocidad de Datos	Lenta	Mediana	Mediana	Rápida
Funcionamiento en ambientes "hostiles" (metal o agua)	Alta eficiencia	Mediana eficiencia	Mediana eficiencia	Baja eficiencia
Tamaño de tag pasivo	Mayor	Intermedio	Intermedio	Menor

Tabla 1.6 Parámetros de RFID en cada banda de frecuencias

1.3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS RFID ^[3]

Generalmente se suele clasificar a los sistemas RFID de acuerdo a parámetros de sus elementos, por ejemplo de acuerdo al tipo de alimentación de los tags, de acuerdo a la frecuencia de operación del lector y los tags e inclusive de acuerdo a la memoria utilizada. Pero debido a que estos temas ya se abordaron anteriormente haremos una clasificación de acuerdo al rango de información y la capacidad de procesamiento de datos (Sistemas Low-End, Sistemas Mid-Range y Sistemas High-End), y de acuerdo al tipo de comunicación o transferencia de datos entre lector y etiqueta (Sistemas Half-Duplex, Sistemas Full-Duplex y Sistemas Secuenciales).

1.3.2.1 Sistemas LOW-END

Son los sistemas más simples de acuerdo a su almacenamiento y procesamiento, en este grupo están ubicados los sistemas EAS (Electronic Article Surveillance), este tipo de sistemas reconocen la presencia de un tag en la zona de alcance del lector. Los tags de solo lectura también son sistemas Low-End, estos tags poseen

un solo código almacenado. Cuando los tags ingresan en el área de cobertura el lector inicia una comunicación broadcast con su número de serie. Una desventaja en estos sistemas es la alta probabilidad de colisiones debido al ingreso de diferentes tags en el radio de lectura. Este tipo de sistemas son los más adecuados en aplicaciones simples en donde no se necesita gran cantidad de información almacenada en los tags, además de tener funciones muy limitadas, permite que el área de chip sea reducida, así como su consumo y su costo de producción. Estos sistemas operan en cualquier frecuencia de las bandas de RFID.

1.3.2.2 Sistemas MID-RANGE.

Estos sistemas permiten la escritura en la memoria. El tamaño de la memoria va desde los pocos bytes hasta el orden de 100Kbyte EEPROM (etiquetas pasivas) o SRAM (etiquetas activas). Una característica es que éstos soportan procesos de anticollisión, por lo que varias etiquetas en el radio de acción de un lector no se interfieren y el lector es capaz de diferenciarlas. En estos sistemas se utilizan procedimientos de encriptación de datos y autenticación entre lector y etiqueta. Estos sistemas operan en todas las frecuencias de las bandas de RFID.

1.3.2.3 Sistemas HIGH-END.

Estos sistemas poseen microprocesadores y un sistema de funcionamiento de tarjeta inteligente. El uso de los microprocesadores facilita el uso de algoritmos de autenticación y encriptación más complejos. Estos sistemas operan en una frecuencia de 13.56 MHz.

1.3.2.4 Sistemas Half Duplex (HDX)

En los sistemas Half-Duplex la transferencia de datos entre lector y etiqueta, se alterna con la comunicación entre etiqueta y lector, en otras palabras transmite un elemento del sistema a la vez.

1.3.2.5 Sistemas Full Duplex (FDX)

En este tipo de comunicación la transferencia de información entre el lector y los tags es simultánea. Poseen procedimientos en la que la transferencia de datos se realiza mediante una fracción de frecuencia del lector, en subarmónicos o en frecuencias completamente distintas, no armónicas. Estos sistemas utilizan como principios de funcionamiento para la transmisión y recepción de datos, el acoplamiento inductivo, Backscatter, y Close Coupling.

1.3.2.6 Sistemas Secuenciales (SEQ).

Su característica principal es que el campo generado por el lector esta activado en intervalos regulares. Lo que significa que la etiqueta es alimentada de forma intermitente (pulso). Es por eso que la transferencia de información se produce en esos periodos de presencia de energía, es por eso que una desventaja es la pérdida de energía en el tag durante esos periodos sin emisión de energía. Estos sistemas utilizan como principio de funcionamiento para la transmisión y recepción de datos el acoplamiento inductivo. En la figura 1.14 se describe la forma de comunicación de estos tres últimos sistemas.

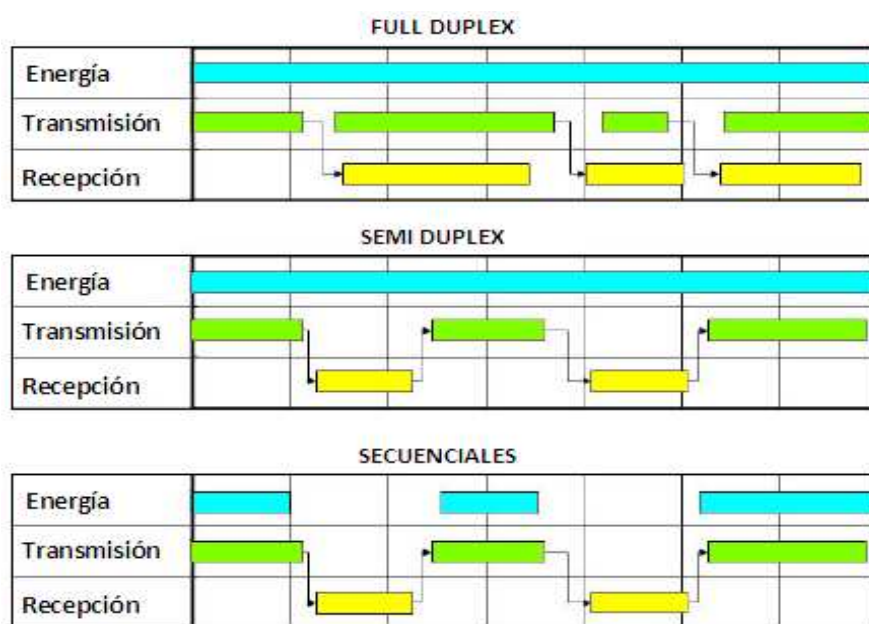


Figura 1.14 Comunicación entre sistemas FDX, HDX y SEQ

1.3.3 CLASES DE ACOPLAMIENTO ^[4]

Durante la comunicación entre el lector y un tag existe un fenómeno de acoplamiento que involucra a la forma en cómo se distribuye y propaga la energía electromagnética entre los dos dispositivos, básicamente el tipo de acoplamiento dependerá estrictamente de la frecuencia y distancia del sistema; a continuación los describiremos de mejor manera, cabe destacar que el 80% de los sistemas RFID se basan en el acoplamiento inductivo.

1.3.3.1 Acoplamiento inductivo

En este tipo de acoplamiento el tag se beneficia de la energía inducida por el campo magnético generado por el lector, este funciona en distancias cortas ya que a grandes distancias la cantidad de energía decrece considerablemente, las bobinas son relativamente de gran tamaño lo que les permite alcanzar distancias similares al diámetro de la antena.

Este tipo de acoplamiento es usado en sistemas que operan en las bandas de LF y HF, penetra materiales no conductores. La bobina de antena genera un campo magnético alterno e induce un voltaje en la bobina de la etiqueta.

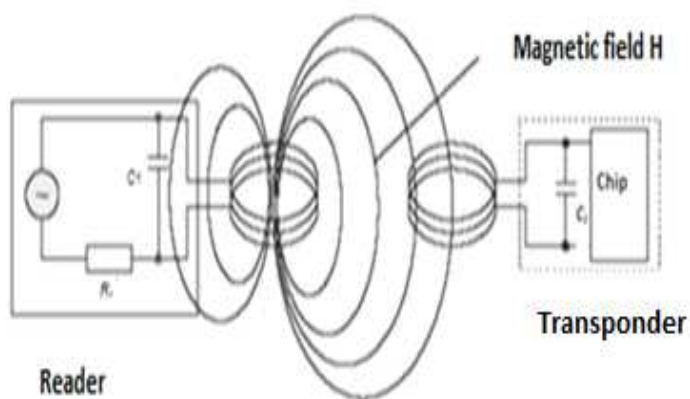


Figura 1.15 Acoplamiento inductivo entre tag y lector

1.3.3.2 Acoplamiento Backscatter

El término Backscatter en general hace referencia a la reflexión de ondas, partículas o señales de nuevo hacia la dirección de donde vinieron.

En este tipo de acoplamiento el lector separa la señal transmitida de la recibida la cual es más débil, los chips de los tags pueden operar con un consumo no mayor de 5mW. La principal diferencia con los sistemas inductivos es de dónde proviene la energía que aprovecha el tag para realizar la comunicación, mientras los sistemas a una frecuencia más elevada utilizan las ondas electromagnéticas, consiguiendo así un rango de alcance mayor, los sistemas inductivos utilizan la energía que una antena crea a su alrededor.

Es comúnmente utilizada en sistemas RFID de UHF (868 MHz en Europa), (915 MHz en EEUU), y a nivel de microondas 2.4 Y 5.8 GHz, siendo éstos denominados sistemas de largo alcance llegando a 3m en tags pasivos y hasta 15m en tags activos y semiactivos. Dado que las distancias son de campo lejano se hace imperativo estudiar posibles interferencias hacia o desde equipos que operen en la misma banda, además un beneficio, producto de estas frecuencias de operación, es que las antenas son de tamaño pequeño y de alta eficiencia.

La energía de la batería en los tags activos es solamente para el procesamiento del chip, la energía para la transmisión es la generada por el lector o interrogador.

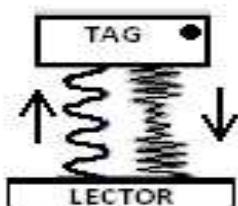


Figura 1.16 Acoplamiento Backscatter entre tag y lector

1.3.3.3 Acoplamiento Cerrado

Básicamente es un acoplamiento inductivo que se encuentra basado en el principio de funcionamiento de un transformador, siendo las espiras del lector las

primarias y las espiras del tag las secundarias en donde se induce la energía, esta energía es directamente proporcional a la frecuencia de la corriente entrante por esta razón que en aplicaciones comunes son utilizadas las frecuencias entre 1 a 10 MHz.

La eficiencia de este tipo de acoplamiento lo hace el preferido en sistemas que utilizan chips potentes, que tienen un alto consumo de energía, como microprocesadores.

Este tipo de acoplamiento también se lo conoce como Close Coupling por su traducción en inglés. Los rangos de alcance son muy cortos comprendidos entre 0.1cm a 1cm. Debido a estas cortas distancias la estructura física del lector suele ser en forma de U de modo que el tag al ser ingresado físicamente se encuentre a la distancia necesaria.

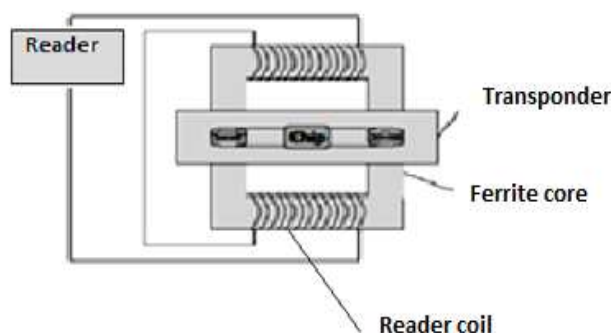


Figura 1.17 Acoplamiento cerrado entre tag y lector

1.3.4 ELECTRONIC PRODUCT CODE GLOBAL ^[1]

Es imposible hablar de RFID sin hablar de EPC global, EPC significa Código Electrónico de Producto (Electronic Product Code), EPC global es un consorcio formado por EAN Internacional (European Article Numbering) que posee 101 organizaciones miembro, representadas en 103 países y UCC (Uniform Code Council) propietario del UPC (Universal Product Code), presente en 140 países y ahora llamado GS1 US. El objetivo de este consorcio es la de implementar una EPC Global Network, que es una idea que pretende insertarse en la actual cadena de suministro con un estándar abierto y global, que permita la

identificación en tiempo real de cualquier producto, en cualquier empresa de cualquier parte del mundo.

La EPC Global Network ha sido desarrollada por el Auto-Id Center, un equipo de investigación del MIT (Massachusetts Institute of Technology) que cuenta con laboratorios por todo el mundo. Actualmente, todo estándar que desarrolla EPC Global pasa por la supervisión de la ISO (International Standards Organization), con la única condición de que los estándares concretos que crea ISO sean ratificados y usados en los que cree EPC Global.

EPC se encarga de controlar distintas características de RFID que se describen a continuación. Las especificaciones del EPC se pueden dividir en:

- Especificaciones para las etiquetas, referentes a los datos almacenados en ellas, a los protocolos de comunicación con el lector y la parte de RF que permite la comunicación.
- Especificaciones para los lectores: protocolo para el interfaz aire y comunicaciones lógicas con las etiquetas.

EPC Global como órgano de estandarización para la RFID ha organizado los tags en 6 clases las cuales se detallan a continuación:

- **Clase 0:** Tags pasivos de solo lectura (el número EPC se codifica en el tag durante el proceso de fabricación).
- **Clase 1:** Tags pasivos de escritura una sola vez y lecturas indefinidas (se fabrican sin número y se incorpora al tag más tarde).
- **Clase 2:** Son tags pasivos para lectura y escritura de varias veces, además de incluir funcionalidades adicionales como memoria o encriptación de datos.

- **Clase 3:** Son tags semi-activos. Tienen las capacidades de la clase 2 más la fuente de alimentación que proporciona un incremento en el rango y funcionalidades avanzadas.
- **Clase 4:** Son tags activos. Tienen las capacidades de la clase 3 más una comunicación activa con la posibilidad de comunicarse con otros tags activos.
- **Clase 5:** Son esencialmente lectores, tienen las capacidades de la clase 4 más la posibilidad de poder comunicarse también con tags pasivos, es decir que pueden alimentar a tags de clases 1, 2 y 3 y también comunicarse con tags de clase 4.

En la tabla 1.7 podemos apreciar una tabla comparativa sobre estándares EPC.

Clase	Energía	Rango	Memoria	Comunicación	Periféricos	Costo
0	No	< 3 m	1 a 96 bits, solo lectura	Backscatter	No	Bajo
1	No	< 3 m	1 a 96 bits, solo lectura/una escritura	Backscatter	No	Bajo
2	No	< 3 m	1 a 96 bits, lectura/escritura	Backscatter	Seguridad	Medio
3	Asistido por batería	< 100 m	< 100 Kbytes, lectura/escritura	Backscatter	Seguridad, sensores	Alto
4	Asistido por batería	< 300 m	< 100 Kbytes, lectura/escritura	Transmisión activa	Seguridad, sensores	Alto
5	Asistido por batería, conexión AC/DC	> 300 m	Ilimitada, lectura/escritura	Transmisión activa	Seguridad, sensores, pueden comunicarse con otros tags	Muy alto

Tabla 1.7 Características de estándares EPC GLOBAL

1.3.5 ESTÁNDARES ISO

Los estándares o normalizaciones nos garantizan el uso de la tecnología y su durabilidad, debido a que permiten disponer de soluciones conjuntas, que permitan una arquitectura abierta que pueda ser implementada por diferentes fabricantes o integradores.

Lastimosamente como en todas las tecnologías, ha habido y hay todavía bastante confusión en torno a qué estándares hay, esto se debe a que cada sector trata de imponer los estándares propios. Esta es una de las razones por las que RFID aún no se ha popularizado tanto como el conocido código de barras, el cual ha sido universalmente aceptado y entendido como un estándar.

Hay varios estándares según el tipo de aplicación, por la simple razón de que los principios físicos de las tecnologías en las que se basa la RFID son diferentes según varios factores. Esto hace que se tengan que adaptar todos los parámetros a la aplicación específica. A continuación se presentan las normas más relevantes en el entorno RFID.

Estándares desarrollados para tarjetas de identificación:

- **ISO/IEC 10536 Identification cards – Contact less integrated circuit cards:** para tarjetas de identificación inteligentes a 13,56 MHz. Describe sus características físicas, dimensiones, localizaciones de las áreas de interrogación, las señales electrónicas y los procedimientos de reset, las respuestas de reset y el protocolo de transmisión.
- **ISO/IEC 14443 Identification cards – proximity integrated circuit cards:** desarrollado para tarjetas de identificación inteligentes con rango superior a un metro, utilizando la frecuencia 13,56 MHz. Describe las características físicas, el interfaz aéreo, la inicialización y anticolisión, y el protocolo de transmisión.

- **ISO/IEC 15693 Contactless integrated circuit cards – Vicinity cards:** se desarrollan las características físicas, la interfaz aérea y los protocolos de transmisión y anticolisión para tarjetas sin contacto con circuitos integrados en la banda HF (13,56 MHz).

Estándares desarrollados para la gestión a nivel unidad:

- **ISO/IEC 15961 RFID for item management – Data protocol: application interface:** dirigido para comandos funcionales comunes y características de sintaxis, por ejemplo, tipos de tags, formatos de almacenamiento de datos, o compresión de los datos. Los estándares de interfaz aérea no afectan a este estándar.
- **ISO/IEC 15962 RFID for item management – Protocol: Data encoding rules and logical memory functions:** dirigido al procedimiento que el sistema RFID utiliza para intercambiar información de la gestión a nivel unidad. Crea un formato de datos uniforme y correcto, una estructura de comandos, el procesamiento de errores.
- **ISO/IEC 15963 for item management – Unique Identification of RF tag:** este estándar se dirige al sistema de numeración, el proceso de registro y uso del tag RFID. Se ha diseñado para el control de calidad durante el proceso de fabricación. También está dirigido a la trazabilidad de los tags RFID durante este proceso, su ciclo de vida y control para anticolisión de varios tags en la zona de interrogación.
- **ISO/IEC 19762: Harmonized vocabulary – Part 3: radio-Frequency Identification:** documento que proporciona términos generales y definiciones en el área de la identificación automática y técnicas de captura de datos, con secciones especializadas en varios campos técnicos, al igual que términos esenciales para ser usados por usuarios no especializados en comunicaciones. La parte 3 es la que hace referencia a la tecnología RFID.

- **ISO/IEC 18000 Air Interface Standards:** diseñada para crear una interoperabilidad global, donde se define la comunicación entre los tags y los lectores. Incluyendo diferentes frecuencias de trabajo. El objetivo del estándar es asegurar un protocolo de interfaz aérea universal. Este estándar contiene 7 partes diferentes. La primera consiste en la arquitectura del sistema RFID para la gestión unitaria. La parte 3 y 6 son las más relevantes y críticas. En la 3 se definen dos modos no interoperables aunque se han diseñado para no interferirse entre ellos. El modo 1 está basado en ISO 15693 y el modo 2 en PJM(modulación) para obtener mayor tasa de bits. La parte 6 también define dos modos de operación conocidos como A y B.
- **ISO/IEC 18001 RFID for Item Management – Application Requirements Profiles:** proporciona el resultado de tres estudios para identificar aplicaciones y usos de la tecnología RFID con gestión a nivel unidad de artículo, con una clasificación resultante según diferentes parámetros operacionales, incluyendo el rango de operación, tamaño de la memoria, etc. También una breve explicación de los temas asociados con los parámetros de distancias, número de tags dentro del campo de interrogación, etc. Se incluye una clasificación de los tipos de tags según las aplicaciones.
- **EPC Radio-Frequency Identify Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID:** creado por EPC Global, entre EAN (European Article Numbering) y UCC (Uniform Code Council), y tecnología desarrollada por Auto – ID Center, en este documento se desarrolla el estándar para el protocolo de interfaz aérea de comunicación entre el tag y el lector.
- **13.56 MHz ISM Band Class 1 Radio Frequency (RF) Identification Tag Interface Specification:** desarrollado por EPC Global para definir la interfaz de comunicación y el protocolo para la clase 1 en 13,56MHz. Incluye los requerimientos de los tags y lectores para establecer comunicaciones en dicha banda de frecuencias.

- **Application Level Event (ALE) Specification Version 1.0:** estándar desarrollado por EPC Global que especifica un interfaz a través de la cual se filtra y consolida códigos electrónicos EPC con origen de varios dispositivos.

Hay otros estándares RFID, por ejemplo para identificación animal, seguimiento de containers, etc. Como reseña de algunos de estos otros estándares se puede comentar que AIAG (Automotive Industry Action Group, que es una asociación con más de 1.600 fabricantes), ha desarrollado junto a EPC Global estándares para la industria de la automoción, en específico el “Application Standard for RFID Devices in the Automotive Industry” que viene acompañado por otros como “AIAG B - 11”, estándar para identificar neumáticos y ruedas con RFID. Cada región o país tienen normativas técnicas de referencia.

1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE RFID SOBRE TECNOLOGÍAS SIMILARES.

Si bien RFID es una tecnología que se proyecta con gran visión al futuro y actualmente está ya presente en grandes cadenas de suministro, seguridad y demás aplicaciones, sin embargo no es la única y todavía compite con otros tipos de tecnologías tales como el código de barras, las tarjetas magnéticas o las tarjetas smartcard.

La competencia con este tipo de tecnologías es más bien enfocada en aplicaciones que requieren una distancia o rango de lectura reducido y almacenamiento de datos pequeño, es por eso la necesidad de entender cómo funcionan estas tecnologías y sus respectivas características, las cuales están descritas en el cuadro de la Figura 1.15.

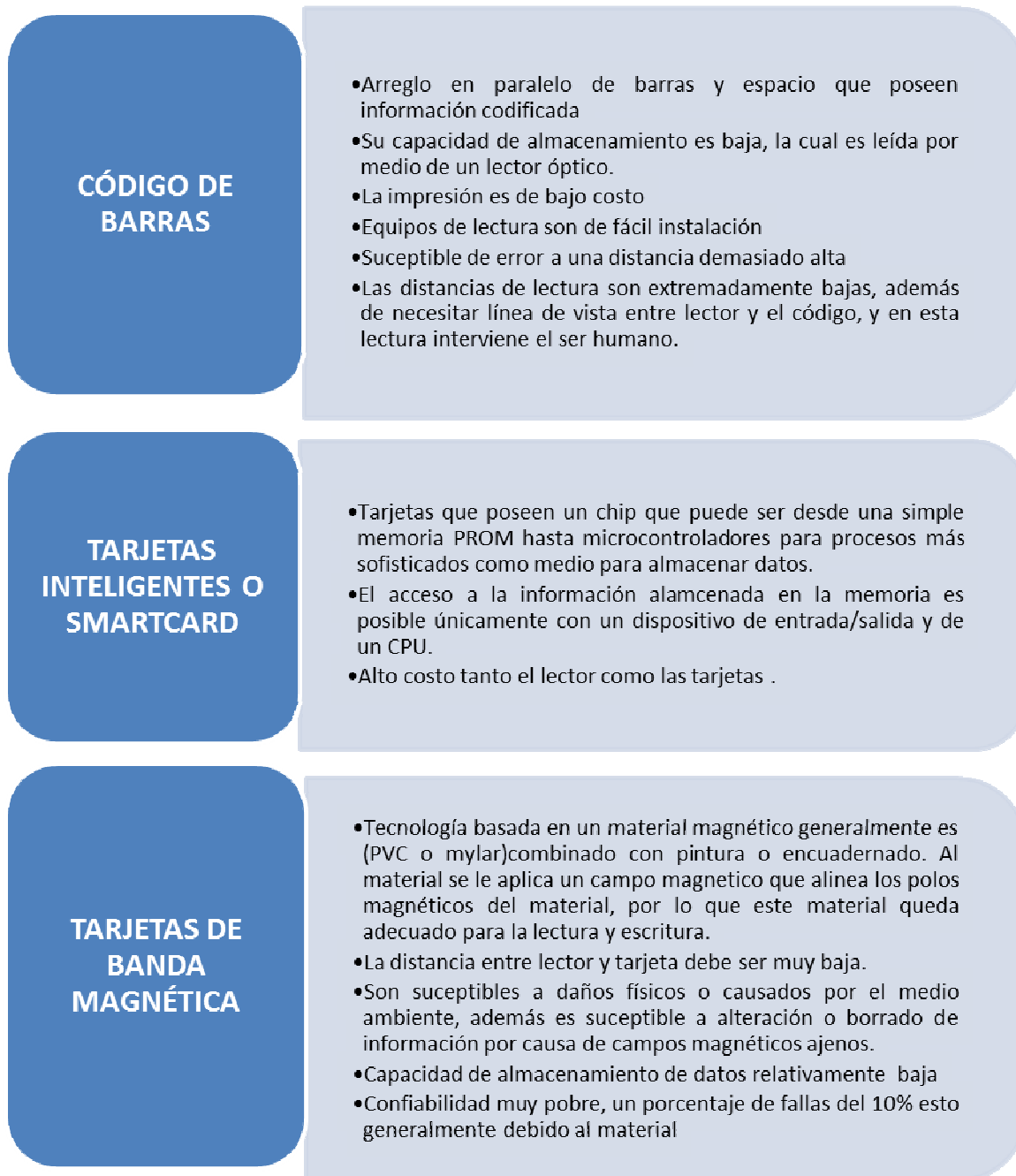


Figura 1.18 Tecnologías que compiten

La Tecnología RFID como principal característica tiene el hecho de poder almacenar energía proveniente del lector en los tags los que responden posteriormente, además el hecho de utilizar radiofrecuencia le permite no necesitar línea de vista entre lector y tags, cosa que otras tecnologías sí, a continuación describiremos sus principales beneficios y ventajas respecto de otras tecnologías.

- Los tags RFID pueden ser reprogramables es decir que podemos modificar los datos almacenados, en cambio el código de barras no permite realizar esta opción.
- El lector y el tag no necesitan línea de vista, a diferencia del código de barra y las tarjetas smartcard que además de línea de vista requiere de una lectura paralela entre lector y el código. Las tarjetas magnéticas requieren una posición adecuada entre lector y tarjeta.
- Las etiquetas pasivas pueden ser identificadas hasta distancias de 10 metros, mientras que en el caso del código de barras, los smartcard y las tarjetas magnéticas deben estar extremadamente cerca.
- El sistema RFID identifica a cada producto con un código único, por lo que no todos los productos son iguales; en cambio para el código de barras si lo es, ya que es el mismo código en todas las etiquetas de un producto.
- El lector RFID puede identificar varios productos a la vez mientras que el código de barras, las smartcard y las tarjetas magnéticas no.
- La Tecnología RFID es la que mayor información puede almacenar en los tags con respecto a otras tarjetas que únicamente son utilizadas para almacenar un código o un precio.
- En cuanto a seguridad en un sistema RFID se necesitaría de un lector RFID y un conocimiento básico de su funcionamiento para poder extraer la información almacenada, en cambio en el código de barras el código puede ser reproducido fotocopiándolo.
- Los tags RFID son menos vulnerables a daños físicos

Si bien es cierto esta tecnología es la más prometedora para el futuro posee ciertas limitaciones que deben considerarse al momento de implementar un sistema. A continuación una descripción de cada una de ellas.

- Poseen un alto costo, aunque se espera un descenso considerable para el futuro.
- Existe una carencia de regulación y de estándares comerciales que faciliten su difusión.
- Presenta vulnerabilidades al metal y otros materiales conductivos, así como a líquidos y a interferencias electromagnéticas de baja frecuencia.
- Puede presentar problemas de seguridad si no se toman medidas que eviten lecturas y modificaciones fraudulentas de la información, como por ejemplo en cédulas de identidad y tarjetas bancarias.
- Un problema que surge inminentemente es la susceptibilidad a interferencias electromagnéticas provenientes de otros sistemas como telefonía celular, redes WLAN, teléfonos convencionales inalámbricos, radio, TV, servicios de radio móvil, etc.
- Una desventaja que se encuentra en controversia últimamente gira en torno a que esta tecnología puede quitar la privacidad de las personas ya que existen planes para la implementación de tags en pasaportes, cédulas de identidad e incluso en implantes.

1.5 APLICACIONES DE RFID

La tecnología RFID ha ido progresando en el mercado, sobre todo en los últimos años. Muchos son los sectores que se han visto beneficiados con la incursión de nuevos sistemas de identificación basados en la tecnología RFID, entre otros podemos mencionar los siguientes:

- Las etiquetas identificadoras están ya sustituyendo en muchos casos a las típicas etiquetas de códigos de barras, esto se logrará cuando se popularice en mayor medida la tecnología RFID y se puedan fabricar tags

con costes muy bajos para poder competir con las etiquetas de código de barras que prácticamente tienen un costo nulo.

- Una aplicación que está a punto de ponerse en marcha es la identificación de los equipajes aéreos. Esto permitiría identificar y encauzar automáticamente los equipajes de los viajeros y evitaría muchos problemas y extravíos de equipajes que tantos problemas causan a los viajeros y a las compañías aéreas. IATA (Air Transport Association) ha iniciado un proceso de estandarización cuyo objetivo es que en el primer trimestre del 2010 existan al menos 20 aeropuertos que gestionen los equipajes con RFID.
- La casi invisibilidad de los tags hacen que esta tecnología sea en la actualidad la de mayor interés por parte de empresas dedicadas a la distribución de productos en grandes cantidades ya que les permite tener un control en inventarios, transporte, gestión de stocks, protección antirrobo, etc.
- Una nueva aplicación en estudio es marcar todos los productos del supermercado con etiquetas RFID. Al salir con el carrito de la compra, de manera automática se identifican todos los productos que hemos comprado y nos comunican inmediatamente el precio total.
- A los tags o transponders se les puede añadir entradas lectoras del estado de sensores o de interruptores. Así se podrían usar como sensores remotos sin alimentación ni mantenimiento.
- El transporte sigue siendo el sector en el que más se utiliza la tecnología RFID: 30 ciudades europeas disponen ya de esos sistemas. Los usuarios del metro parisino la conocen bien, porque forma parte de sus bonos de transporte sin contacto, como la tarjeta Navigo.
- En el control de accesos se gana en comodidad, no es necesario el contacto físico de la tarjeta con el lector, lo que lo hace más cómodo y más rápido de usar. Este es un sistema en el que el interrogador (el dispositivo

que lee los datos) tiene que poder leer muchas tarjetas diferentes, tantas como usuarios haya autorizados.

- Una aplicación muy usada y poco conocida de los sistemas RFID son los inmovilizadores de vehículos. Estos sistemas se basan en un sistema interrogador situado en el vehículo a proteger y en un identificador en la llave. El primer sistema de este tipo se empezó a usar en 1994 y era el sistema U2270B de Atmel, en este tipo de sistema un interrogador sólo da paso a una sola llave.
- HP está insertando tags RFID dentro de determinados equipos como servidores con información básica de estos equipos, así el cliente puede tener acceso permanente a esos datos una vez instalados en combinación con los dispositivos lectores adecuados.
- Una aplicación desarrollada por Cisco propone una Red Wireless unificada, esta plataforma facilita el desarrollo de iniciativas de movilidad en entornos industriales, basado en tecnologías de vanguardia como RFID, roaming inteligente, brindando servicios de seguridad y control de acceso, el programa se llama CCX el cual garantiza la total compatibilidad entre RFID y Wi-Fi.

Son muchos los sectores industriales que pueden beneficiarse de las ventajas de la tecnología de auto-identificación por radiofrecuencia. Algunas de sus aplicaciones son las siguientes:

- Localización y seguimiento de objetos.
- Identificar envíos de correspondencia en agencias de correo
- Control de fechas de caducidad.
- Detección de falsificaciones.
- Automatización de los procesos de fabricación.

- Información al consumidor.
- Reducción de tiempo y coste de fabricación.
- Reducción de colas a la hora de pasar por caja.
- Identificación y localización de animales perdidos.
- Elaboración de censos de animales.
- Localización de documentos.
- Sistemas antisequestros

Además gracias a los progresos de la miniaturización y la reducción de los costos de fabricación de los chips abren hoy grandes perspectivas a esta tecnología en muchos campos de la vida diaria como por ejemplo:

- Se ha pensado utilizarlos en el reciclaje, para facilitar la clasificación de los residuos con robots.
- También está presente en el sector alimentación para controlar la temperatura de los alimentos.
- También podría acoplarse en nuestras tarjetas de pago, incluso en los documentos de identidad.
- Una aplicación utilizada ya en muchas ciudades como México, Panamá, Quito y otras cuya principal característica es el tráfico y teniendo en cuenta la demora que generan los peajes, se ha implementado un sistema de telepeaje el cual consiste en la instalación de tags en los automotores para que al momento de pasar sobre una antena directiva ésta registre el paso del automotor reduciendo su tiempo de paso de un promedio de 13 a 3 segundos aproximadamente, en la figura 1.19 podemos apreciar su funcionamiento.

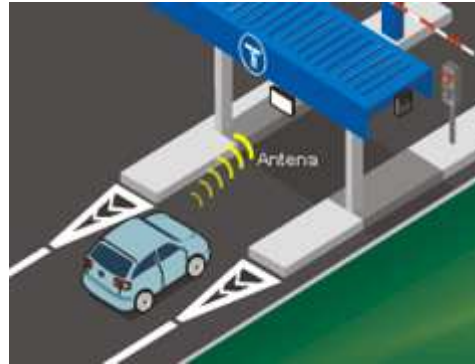


Figura 1.19 Tecnología RFID en Telepeaje

Como vemos las aplicaciones son muchas y están constantemente en desarrollo y crecimiento pero a pesar de esto RFID todavía no termina de despegar y esto solo se logrará cuando todo el sector productivo mundial considere a RFID una tecnología indispensable de tener y no solo buena de tener. En el futuro nos esperan los tags y los sistemas de identificación inalámbricos en todas partes. Algunos hasta tienen cierta prevención por las tremendas posibilidades de control sobre el individuo que ofrece esta tecnología.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA PROTOTIPO

El prototipo propuesto consta básicamente de dos lectores RFID uno en cada lado de la puerta de acceso, con el fin de obtener una lectura de un tag tanto al ingresar como al salir, en un lado de la puerta de acceso se ubica un panel de control cuyo cerebro es un microcontrolador ATmega644P que realiza todas las operaciones de adquisición de datos y activación del circuito de control.

Para poder acceder a la configuración del sistema se deberá ingresar un código de cuatro dígitos con la finalidad de proteger el acceso a la configuración, ya dentro de ésta se puede realizar distintas funciones como por ejemplo cambiar la hora y fecha del prototipo, se puede cambiar la contraseña de acceso a la configuración, agregar o borrar un tag autorizado y visualizar un registro de los tags que han ingresado con la hora y fecha respectiva del sistema

En dos memorias externas EEPROM 24LC512 se almacenará los datos adquiridos desde el lector con un registro de la hora y fecha de lectura, esto nos servirá para realizar la comparación con los códigos de tags autorizados, además de tener una lista con los últimos códigos de tags que han accedido al sistema.

La cerradura eléctrica se activará por medio de un relé cuando un tag autorizado entre en el rango de lectura de cualquiera de los dos lectores RFID, en ambos lados de la puerta las pantallas LCD nos indicarán el estado de funcionamiento del prototipo, para poder realizar la operación de repetir la misma visualización en ambos LCDs se utiliza un driver 74LS245.

En la figura 2.1 se puede observar un diagrama de bloques del principio de funcionamiento del sistema.

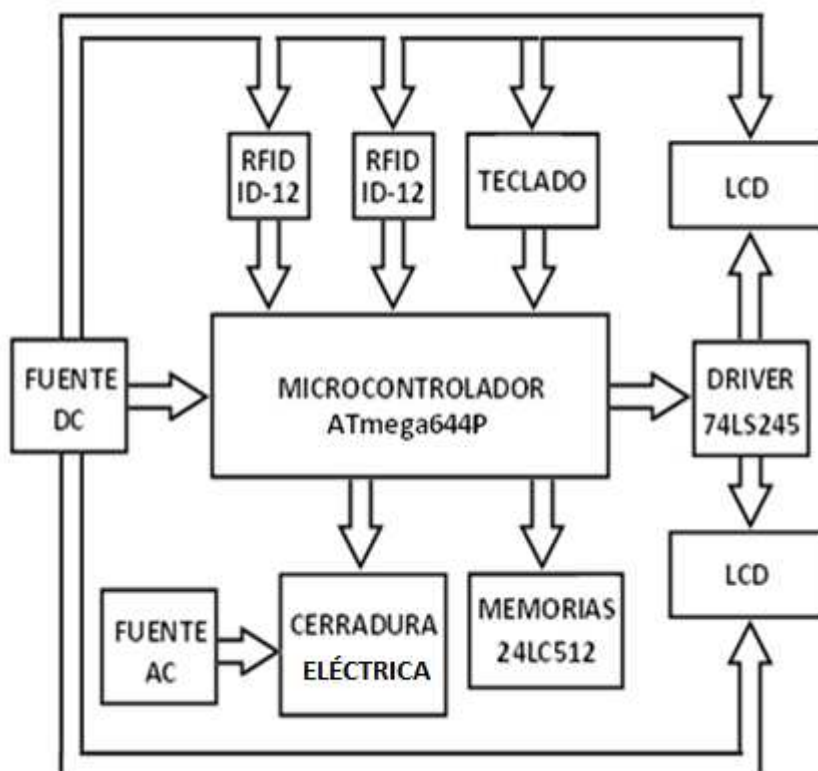


Figura 2.1 Principio de funcionamiento del prototipo

2.2 ÁREA DE COBERTURA ^[2]

El tipo de lector utilizado como también los tags, operan en la banda de LF la cual es una banda ISM es decir que es libre. Los tags son del tamaño de una tarjeta de crédito con un chip interno que puede ser un EM4001, EM4002 o EM4100 y una bobina de varias vueltas, además para el caso de los tags que son en forma de llavero el número de vueltas será mayor.

De acuerdo a las especificaciones del lector se observa que cada lector tiene un rango de lectura de un máximo de 12cm, esto viene determinado por la antena la cual transforma la energía electromagnética en ondas de corriente o voltaje, para este tipo de lector la antena genera un patrón de radiación o lóbulo directivo, tratando de aumentar el radio de acción hacia el tag y regulando la densidad de campo lo máximo posible. Cabe destacar que el tipo de acoplamiento es del tipo magnético. En la figura 2.2 y 2.3 se puede observar una comparación entre un patrón de radiación real y un aproximado de un lóbulo directivo.

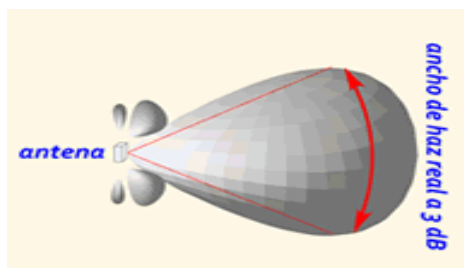


Figura 2.2 Patrón de radiación real



Figura 2.3 Patrón de radiación aproximado

El área de cobertura está sujeta a distintos parámetros como la potencia de transmisión y en nuestro caso los tags pasivos tienen un requerimiento mínimo de potencia. También debemos tomar en cuenta el factor de absorción del material al cual va unido el tag. Finalmente un factor importante es el tamaño del tag ya que sobre éste influye la energía del lector.

A pesar de los inmensos esfuerzos por implementar estándares globales sobre RFID éstos no están actualmente generalizados como requisitos o leyes a cumplir, sino más bien simplemente se encuentran diferentes productos de distintos fabricantes, cada uno de ellos con sus propias especificaciones algunos se apegan y otros no a las ISO o a las EPC GLOBAL. Como por ejemplo Philips indica que su tarjeta *Mifare Ultralight* tiene un alcance de hasta 10 cm o Alippi menciona que los tags pasivos están alcanzando una distancia de lectura de 13 cm.

Un diseño adecuado del sistema, la optimización de la potencia del lector, la orientación de la antena y una colocación óptima del tag ayudan a superar estas limitaciones.

2.2.1 INTERFERENCIAS

El tipo de sistemas que podrían recibir cierto grado de interferencias por parte de sistemas RFID pueden ser dispositivos médicos tales como marcapasos, monitores y otro equipamiento clínico. Dado que nuestra implementación será en una puerta de acceso del campus de la ESFOT nos hemos cerciorado que no existen sistemas con equipos electrónicos que operen en esta frecuencia

2.2.2 ORIENTACIÓN DE LA ETIQUETA

La orientación de la antena de la etiqueta con respecto a la antena del interrogador influye en el rango de lectura. Cuando la onda electromagnética está polarizada linealmente, la antena del tag debe estar orientada en la misma dirección que la del interrogador para permitir la máxima recepción de energía. La situación de peor caso se da cuando la orientación entre ambas antenas forma un ángulo recto. Si la onda electromagnética no está polarizada linealmente no importa la orientación que tenga la antena de la etiqueta. Por ejemplo, si empleamos una onda electromagnética polarizada circularmente podemos emplear cualquier orientación para el tag.

2.3 HARDWARE DEL PROTOTIPO

La determinación de los dispositivos a utilizarse en la implementación es de vital importancia ya que nos brinda un amplio panorama de cómo se realiza el proceso de adquisición de datos en todo el sistema electrónico, además determinará el presupuesto necesario para la implementación.

2.3.1 MICROCONTROLADOR ^[5]

Para determinar el mejor microcontrolador a utilizar se debe tener en cuenta el número de puertos, aplicaciones y capacidad de memoria requerida, para nuestro

caso debe ser un microcontrolador que posea dos comunicaciones seriales por hardware, un puerto digital para manejar los LCDs, un puerto para manejar el teclado, un puerto adicional para manejar el circuito de control de la cerradura, un puerto para manejar registros de memoria externos y un reloj autónomo.

Con estas características se define la necesidad de utilizar un microcontrolador de 40 pines y una de las características que más influye en este prototipo es la capacidad de memoria ya que se debe hacer una gran cantidad de líneas de programación para realizar todas las funciones descritas, es por tal motivo que hemos optado por utilizar un AVR ATmega644P ya que este tipo de microcontrolador es de gran capacidad de almacenamiento de programa y está disponible en el mercado local.

El ATmega644P tiene 64Kbytes de memoria Flash de programa que será la suficiente para toda la programación. En la tabla 2.1 se describen las características generales del ATmega644P.

Arquitectura Avanzada RISC	131 instrucciones, la mayoría de un solo ciclo de reloj 32 registros de trabajo de 8 bits para propósito general Capacidad de procesamiento de unos 20 MIPS a 20 MHz.
Memorias de programa y de datos no volátiles de alta duración	64 Kbytes de FLASH 2 Kbytes de EEPROM 4 Kbytes de SRAM Interna
Retención de Datos	20 años a 85°C / 100 años a 25°C
Puertos seriales	Dos puertos seriales USART programables
Encapsulados para Entradas/Salidas (E/S)	32 líneas de E/S programables
Voltajes de Operación	1.8 – 5.5V
Velocidad de Funcionamiento	0-4MHz @ 1.8 – 5.5V - 10MHz @ 2.7 – 5.5V 0-10MHz @ 2.7 – 5.5V - 20MHz @ 4.5 – 5.5V
Consumo de energía a 1MHz, 1.8V, 25°C	Activo: 0.4 mA

Tabla 2.1 Características generales del ATmega164P

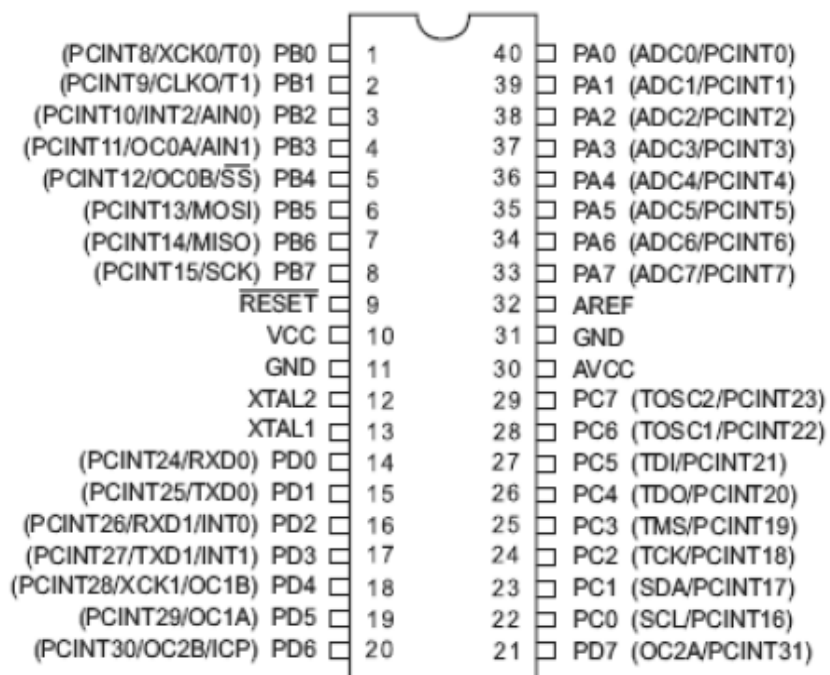


Figura 2.4 Distribución de pines del ATmega644P

2.3.1.1 Puertos utilizados del ATmega644P

De este microcontrolador utilizaremos tres de los cuatro puertos disponibles para distintas funcionalidades, además de los distintos pines adicionales de polarización, reset y oscilación externa. Esta relación entre dispositivos, puertos y pines requeridos se describe en la tabla 2.2.

FUNCIONES GENERALES	PUERTOS UTILIZADOS	PINES NECESARIOS
Manejo de LCDs	A	7
Teclado	B	8
Dos comunicaciones seriales para RFID ID-12	D	2
Oscilación externa (Cristal)		2
Manejo de cerradura eléctrica	D	1
Almacenamiento en memorias y reloj	D	3
Programación	B	3
Polarización y Reset		3
TOTAL		29

Tabla 2.2 Comparación entre pines y puertos utilizados del microcontrolador

2.3.1.1.1 *Puerto A (PA0:PA7)*

Para nuestro caso lo utilizaremos como un puerto bidireccional de 8 bits con resistencias internas de pull up (seleccionables para cada bit). Los buffers de salida del puerto A tienen características simétricas controladas con fuentes de alta capacidad. Los pines del puerto A están en tri-estado cuando las condiciones de reset están activadas o cuando el reloj no esté corriendo. De este puerto utilizaremos 7 salidas desde PA1 a PA7 para controlar los LCDs.

2.3.1.1.2 *Puerto B (PB0:PB7)*

El puerto B es un puerto bidireccional de 8 bits de E/S con resistencias internas de pull up. Las salidas de los buffers del puerto B tienen características simétricas controladas con fuentes de alta capacidad. Los pines del puerto B están en tri-estado cuando las condiciones de reset están activadas o cuando el reloj no esté corriendo. Para nuestro caso utilizaremos las ocho salidas para poder manejar nuestro teclado.

2.3.1.1.3 *Puerto C (PC0:PC7)*

El puerto C es un puerto bidireccional de 8 bits de E/S con resistencias internas de pull up (seleccionadas por cada bit). Las salidas de los buffers del puerto C tienen características simétricas controladas con fuentes de alta capacidad. Los pines del puerto C están en tri-estado cuando las condiciones de reset están activadas siempre y cuando el reloj no esté corriendo.

2.3.1.1.4 *Port D (PD0:PD7)*

El Puerto D es un puerto bidireccional de entradas y salidas con resistencias internas de pull up (seleccionadas por cada bit). Las salidas de los buffers del puerto D tienen características simétricas controladas con sumideros de fuentes de alta capacidad. Los pines del Puerto D están en tri-estado cuando llega una condición de reset activa, siempre y cuando el reloj no esté corriendo.

Como podemos ver las primeras 4 salidas desde PD0 a PD3 manejan interrupciones con transmisión y recepción de información y son éstas las que

utilizaremos para nuestros dos lectores, de estas cuatro entradas utilizaremos dos PD0 y PD2.

En este puerto también conectaremos nuestro programador en los pines PD4 a PD6, esto con la finalidad de no estar extrayendo nuestro micro para programar en cada momento.

Finalmente en este puerto utilizaremos la salida PD7 para la activación de nuestro circuito de control hacia la cerradura eléctrica, es decir que en total de este puerto utilizaremos 6 de los 8 pines.

2.3.1.2 Circuito para el RESET

Entrada del Reset. Un pulso de nivel bajo en este pin, con una duración mínima de 12 ciclos de reloj, genera un reset. Pulsos más cortos no garantizan generar un reset. En la figura 2.5 podemos observar el circuito de reset diseñado para nuestro prototipo.

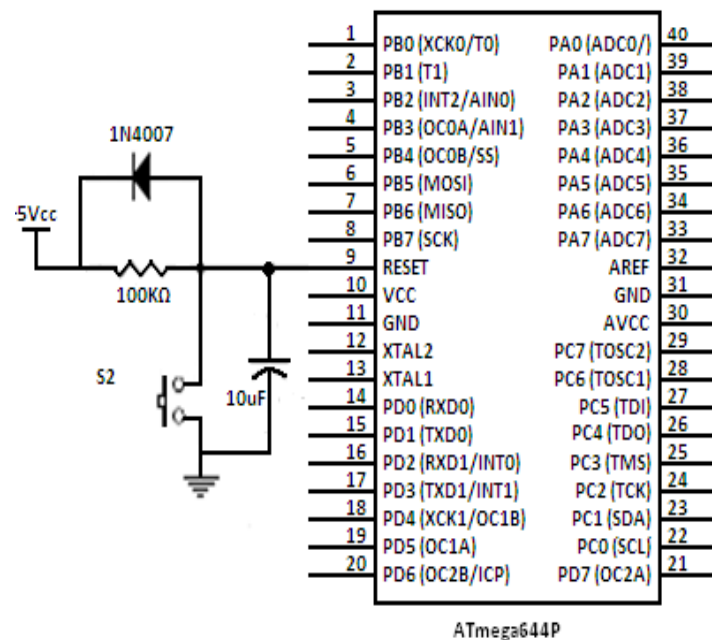


Figura 2.5 Circuito de RESET

2.3.1.3 Circuito de oscilación entre XTAL1 y XTAL2

Entre estos dos pines se ubica un cristal de cuarzo con el cual se completa el circuito de oscilación interna, en la figura 2.6 se puede apreciar el circuito utilizado para la generación del reloj interno.

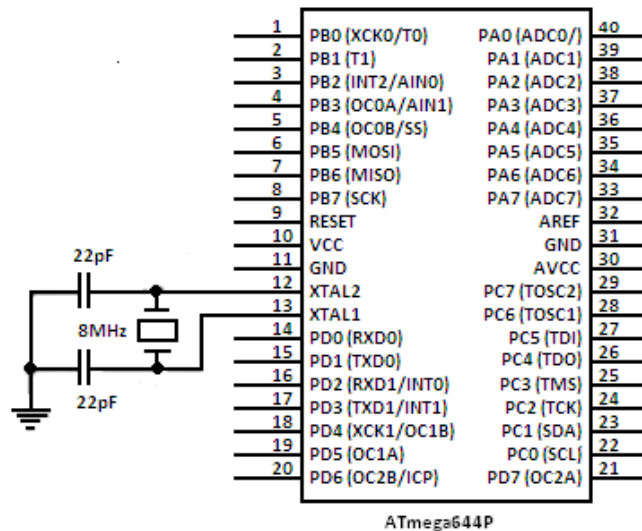


Figura 2.6 Circuito de oscilación

2.3.1.4 Polarización

El voltaje de polarización al micro debe ubicarse entre los pines 10 y 11, además el pin 30 es AVCC el cual representa a la alimentación de voltaje para el Conversor Analógico a Digital, este debe ser conectado externamente a VCC, siempre y cuando el ADC no sea usado. Si se usa el ADC, éste deberá ser conectado a VCC a través de un filtro paso bajo.

2.3.2 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

El prototipo requiere de una fuente de alimentación de voltaje directa externa para satisfacer con las necesidades de voltaje y corriente del diseño del sistema, para lo cual hemos optado por utilizar una fuente cuyas características están descritas en la tabla 2.3.

MARCA	X TECH
MODEL	XPK2-30
INPUT	110/220 VAC 60/50Hz
POWER	180 W
OUTPUT	12 VDC
CURRENT	1000mA MAX

Tabla 2.3 Características Generales de la Fuente de alimentación

El modo de brindar energía al prototipo se lo hace por medio de un conector Jack hembra adherido al circuito impreso, en la figura 2.7 se observa una imagen física de este conector.

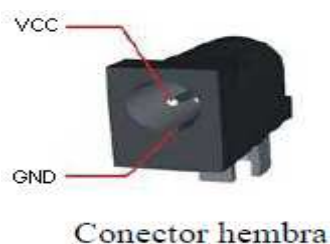


Figura 2.7 Conector hembra para fuente de alimentación externa

2.3.2.1 Distribución y regulación de voltajes

Una vez alimentado el circuito debemos realizar un análisis de los voltajes necesarios para el funcionamiento de nuestro prototipo, en primer lugar tenemos que nuestra fuente tiene un máximo de 12VDC y es este voltaje el que nos permitirá realizar el control del relé para la activación de la cerradura eléctrica, además lo utilizaremos para el encendido del LED y Buzzer del lector. El capacitor de 1000uF funciona a manera de filtro para la salida de la fuente, mientras que el diodo 1N4007 brinda una protección para evitar regresos de corriente.

En cambio para la polarización del lector, el microcontrolador, las memorias, el circuito de reloj, LCDs y teclado tenemos la necesidad de utilizar un regulador de Voltaje LM7805, a la salida de este tenemos en primer lugar un LED que indicará

si el regulador está o no brindando voltaje y de igual manera el capacitor de 10uF funciona a manera de filtro. En la figura 2.8 podemos ver el diagrama del circuito diseñado para la distribución de voltajes después de la fuente.

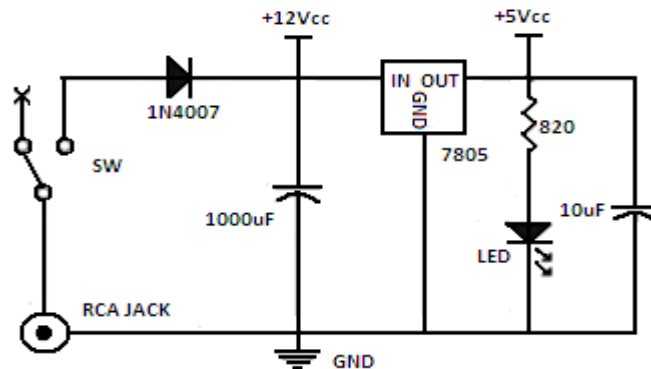


Figura 2.8 Diagrama de distribución y regulación de voltajes desde la fuente

2.3.3 LECTOR ID-12 ^[6]

El lector RFID que hemos utilizado es el ID-12 de la compañía ID-Innovations, este tipo de lector se ajusta a nuestras necesidades de lectura y procesamiento de datos, además que una ventaja sustancial es la disponibilidad de éste en nuestro país. Técnicamente posee una antena interna integrada que trabaja en la frecuencia de 125 Khz con un rango de lectura de máximo 12 cm, éste realiza el proceso de lectura de tags pasivos soportando protocolos como el ASCII, Wiegand26 y Magnetic ABA. En la tabla 2.4 podemos apreciar las características generales de este lector.

Parameters	ID-12
Read Range	12+ cm
Dimensions	26 mm x 25 mm x 7 mm
Frequency	125 kHz
Card Format	EM 4001 or compatible
Encoding	Manchester 64-bit, modulus 64
Power Requirement	5 VDC @ 30mA nominal
I/O Output Current	-
Voltage Supply Range	+4.6V through +5.4V

Tabla 2.4 Características generales del lector ID-12

2.3.3.1 Modo de conexión ^[7]

El tipo de conexión que se utiliza está basado en el diagrama recomendado por el datasheet del mismo, éste posee 11 pines de los cuales los pines 3, 4, 5, 6 y 8 no se utilizan para nuestro prototipo, debido a que 3 y 4 son para antena externa de otros modelos, 5 y 6 no son funcionales ya que la forma de conexión que utilizaremos es para la adquisición de datos en formato ASCII y finalmente el pin 8 que es una salida de datos, pero que para nuestro caso utilizaremos el pin 9 ya que esta salida nos brinda los datos en voltajes TTL. En la figura 2.9 se puede apreciar la distribución de pines del lector ID-12.

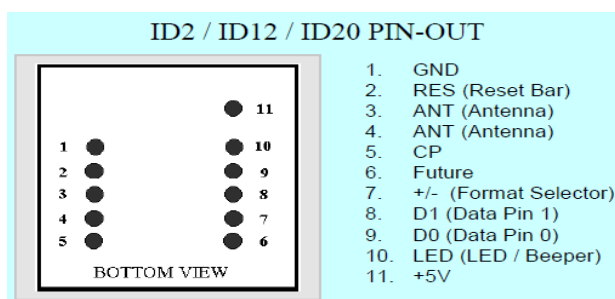


Figura 2.9 Distribución de pines del lector ID-12

En la tabla 2.5 podemos apreciar las funciones de los pines del lector para la adquisición de datos en formato ASCII.

Pin Description & Output Data Formats

Pin No.	Description	ASCII
Pin 1	Zero Volts and Tuning Capacitor Ground	GND 0V
Pin 2	Strap to +5V	Reset Bar
Pin 3	To External Antenna and Tuning Capacitor	Antenna
Pin 4	To External Antenna	Antenna
Pin 5	Card Present	No function
Pin 6	Future	Future
Pin 7	Format Selector (+/-)	Strap to GND
Pin 8	Data 1	CMOS
Pin 9	Data 0	TTL Data (inverted)
Pin 10	3.1 kHz Logic	Beeper / LED
Pin 11	DC Voltage Supply	+5V

* Requires 4K7 Pull-up resistor to +5V

Tabla 2.5 Modo de conexión para obtener datos en formato ASCII

2.3.3.2 Comunicación serial

En nuestro prototipo hemos optado por tomar el pin 9 de salida de datos, como dijimos anteriormente, debido a su salida en voltajes TTL. Esta salida de datos transmite los datos de forma serial de acuerdo al formato escogido que en nuestro caso es ASCII, en la figura 2.10 podemos apreciar el formato de datos a la salida del lector durante una lectura.

Output Data Structure – ASCII

STX (02h)	DATA (10 ASCII)	CHECK SUM (2 ASCII)	CR	LF	ETX (03h)
-----------	-----------------	---------------------	----	----	-----------

[The 1byte (2 ASCII characters) Check sum is the “Exclusive OR” of the 5 hex bytes (10 ASCII) Data characters.]

Figura 2.10 Salida de Datos (Formato ASCII) del lector ID-12

2.3.3.3 Análisis de Lectura

Para cerciorarnos que nuestro lector está transmitiendo estos datos hemos optado por realizar una prueba mediante una comunicación serial RS232 hacia el computador con el software microcode y hemos realizado tres lecturas de tres diferentes tags, la comunicación serial fue configurada para 9600 baudios, 1 bit de inicio, ocho bits de datos, ninguna paridad y 1 bit de parada los cuales se visualizan en la figura 2.11.



Figura 2.11 Prueba de lectura de 3 tags (Formato ASCII) del lector ID-12

De esta prueba podemos darnos cuenta que el código del tag son los primeros 10 bytes formato ASCII, luego tenemos un checksum de 2 bytes ASCII que es el resultado de realizar una “OR exclusiva” entre los 5 bytes hexadecimales de los caracteres ASCII de datos, en la figura 2.12 se muestra una lectura realizada.

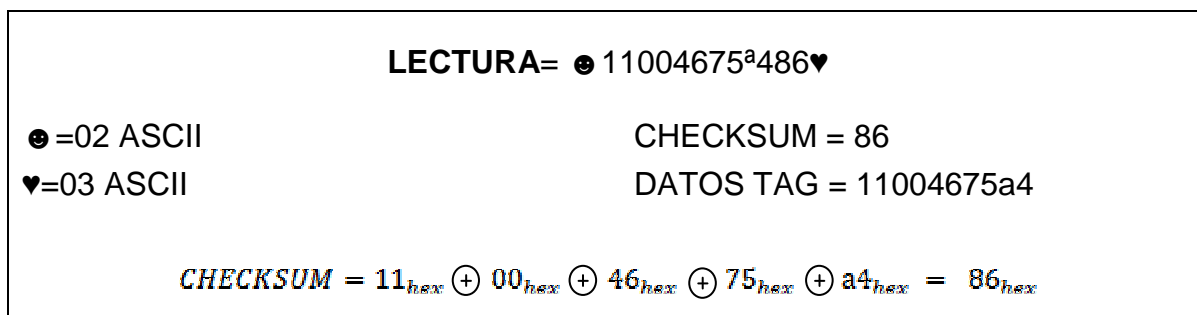


Figura 2.12 Análisis de una lectura de datos realizada del lector ID-12

2.3.3.4 Tags compatibles al lector ^[8]

De acuerdo a las especificaciones de nuestro lector, los tags pueden poseer internamente el chip EM4001 o compatibles con éste, para nuestros tags adquiridos realizaremos una breve descripción del EM4100 que es una evolución del 4001 y está presente en nuestros tags.

2.3.3.4.1 EM4100

Este es el nombre del chip fabricado por EM Microelectronic-Marin SA. Estos tags funcionan a 125kHz (entre 100 y 150 KHz). Tienen una memoria de 64 bits que solamente se puede leer, no escribir. Utiliza modulación ASK y codificación tipo Manchester. Debido a la baja frecuencia portadora, la tasa de datos también es baja. Estos tags son muy utilizados en los controles de acceso. Más información de características del chip en el Anexo H.

2.3.3.4.2 Codificación tipo Manchester para colisiones ^[7]

En los sistemas RFID está presente el riesgo de colisiones, de ahí que se hace imperativo el uso de técnicas que las eviten, la codificación tipo Manchester se aplica al canal de subida (tag a lector). Por ejemplo, si dos tags han respondido la señal recibida por el lector será una suma de ambas. Por lo tanto los bits que

tienen el mismo valor en ambos mensajes llegarán correctamente, pero los bits diferentes se sumarán formando una secuencia inválida, porque la codificación Manchester logra que dos bits diferentes superpuestos generen una señal que no corresponde ni a un 1 ni a un 0, indicando que en ellos hubo colisión.

Un bit de datos colisionado indica que en algún tag tiene valor 0 y en otro tag tiene valor 1, de tal forma que el lector solicita una nueva respuesta, pero esta vez indica que respondan solamente los tags que tengan ese bit ya sea en 0 o en 1. Si no ha cambiado el número de tags energizados el número de colisiones habrá disminuido, por lo menos ese bit ya no colisionará. Nuevamente se escoge alguno de los bits colisionados y se le aplica el mismo procedimiento.

El lector sigue en este procedimiento hasta que logra obtener un ID limpio, sin ninguna colisión. Recién en ese momento el lector habrá identificado un tag y ahora podrá escribir en él o leer datos adicionales.

Para obtener los IDs de los demás tags en zona activa se deberá desactivar este tag. Si no se realiza esta acción, al intentar obtener nuevamente un ID válido mediante binary search siempre obtendrá el ID de este tag.

El objetivo de este enfoque de anticollisión es escoger alguno de los tags presentes y mantener un intercambio de datos con él. En caso de querer obtener solamente el ID de cada uno de los tags presentes se debe aplicar búsqueda binaria, individualizar un tag y luego desactivarlo, repitiendo este proceso hasta que ningún tag responda.

Dada la tasa de datos disponible en esta norma, el proceso descrito resulta ineficiente para grandes poblaciones de tags que permanecen por poco tiempo en la zona activa del lector. En la figura 2.13 se analiza la codificación Manchester con respecto a otra como la NRZ.

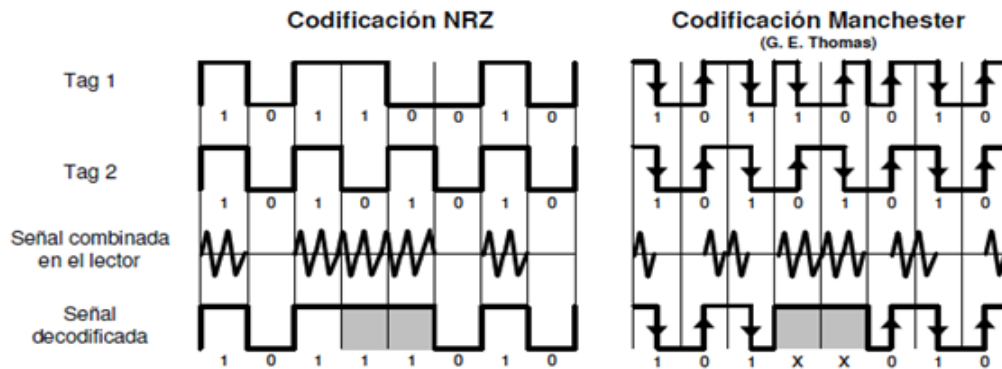


Figura 2.13 Comparación entre codificación Manchester y NRZ

Para nuestra aplicación la codificación tipo Manchester aplicada hacia nuestro lector, el cual únicamente tiene la capacidad de leer un tag, solucionará la lectura incorrecta de algún tag, pero más bien esta técnica es para sistemas con múltiples tags accediendo a un lector.

2.3.3.5 Conexión de los lectores

Una vez realizado todo el estudio de la adquisición de datos analizaremos el modo de conexión de los dos lectores hacia el microcontrolador. Los pines uno y siete están conectados a tierra tal como lo indica su hoja de datos, los pines tres, cuatro, cinco, seis y ocho no son útiles de acuerdo a lo que describimos en el modo de conexión, la salida de datos del pin nueve transmitirá los datos hacia el microcontrolador el cual los recibirá a través de los pines PD0 y PD2, uno para cada lector, por otra lado la salida del pin diez posee un diodo para evitar regresos de corriente al lector.

La resistencia de $4.7K\Omega$ genera la corriente necesaria para activar al transistor 2N3904 que funciona en corte y saturación para encender un LED y realizar un pitido a través del buzzer, esto cuando el lector detecte un tag. En la figura 2.14 podemos ver la conexión de los lectores hacia el microcontrolador.

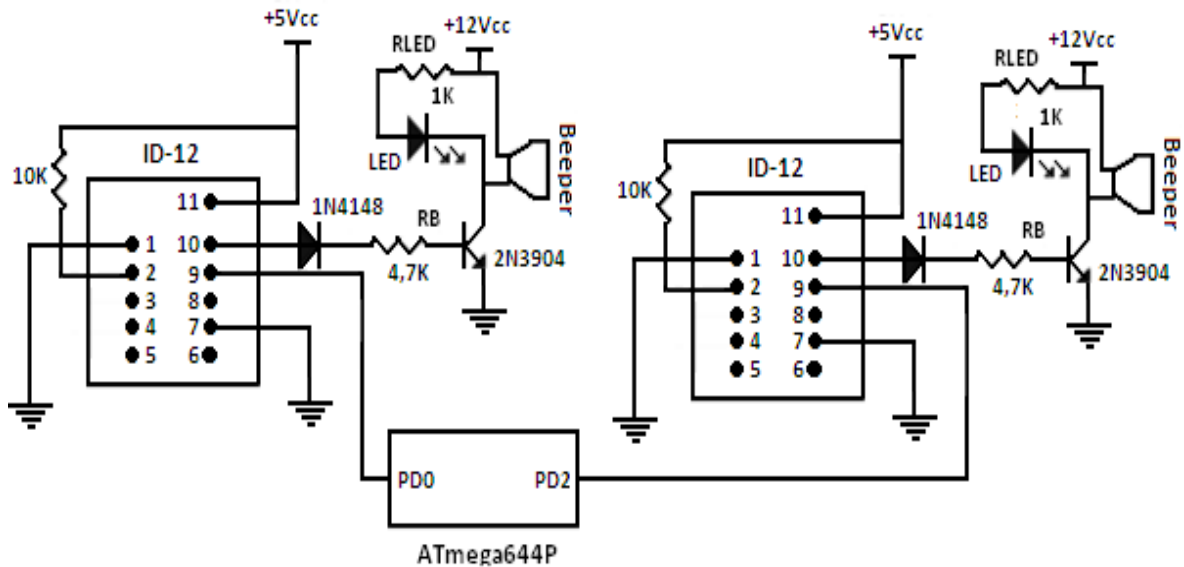


Figura 2.14 Conexión de los dos lectores ID-12 hacia el ATmega644P

Los cálculos para las resistencias de base del transistor y la resistencia que va en serie con el LED están descritos en las tablas 2.6 y 2.7 respectivamente.

$I_C = 9mA; \beta = 100$ $I_B > \frac{I_C}{\beta}$ $I_B > \frac{9mA}{100}$ $I_B > 0.09mA \therefore I_B \cong 0,9mA$	$R_B = \frac{V_O - V_{BE}}{I_B}$ $R_B = \frac{5V - 0.8}{0.9mA}$ $R_B \cong 4,7K\Omega$
--	--

Tabla 2.6 Cálculo de la resistencia de base para activar el transistor 2N3904

$I_{LED} \cong 6mA$ $V_{LED} \cong 12V$ $\therefore V_{RLED} \cong 6V$	$R_{LED} = \frac{V_{RLED}}{I_{LED}} = \frac{12V}{6mA}$ $R_{LED} \cong 2,2K\Omega$
--	---

Tabla 2.7 Cálculo de la resistencia para generar la corriente al LED del lector

2.3.4 LCD ^[9]

Este proyecto tiene la necesidad de presentar el estado de funcionamiento del sistema prototipo, para esto hemos optado por colocar un display LCD de cada lado de la puerta de acceso. El tipo de LCD utilizado es de 2x16, éste es uno de los periféricos más utilizados en la implementación de dispositivos electrónicos que brindan información visual.

2.3.4.1 Descripción

Un LCD (Liquid Crystal Display) es un dispositivo de visualización gráfico para la presentación de caracteres ASCII o incluso dibujos en algunos modelos, para nuestra necesidad de presentar mensajes de estado y de control se utilizarán los LCDs de 2 filas de 16 caracteres cada una y cada carácter dispone de una matriz de 5x7 puntos (pixels). Este dispositivo está gobernado internamente por un microcontrolador Hitachi 44780 y regula todos los parámetros de presentación.

2.3.4.2 Características principales:

- Pantalla de caracteres ASCII, además de los caracteres Kanji y Griegos.
- Desplazamiento de los caracteres hacia la izquierda o la derecha.
- Proporciona la dirección de la posición absoluta o relativa del carácter.
- Memoria de 40 caracteres por línea de pantalla.
- Movimiento del cursor y cambio de su aspecto.
- Permite que el usuario pueda programar 8 caracteres.
- Conexión a un procesador usando una interfaz de 4 u 8 bits

2.3.4.3 Funcionamiento:

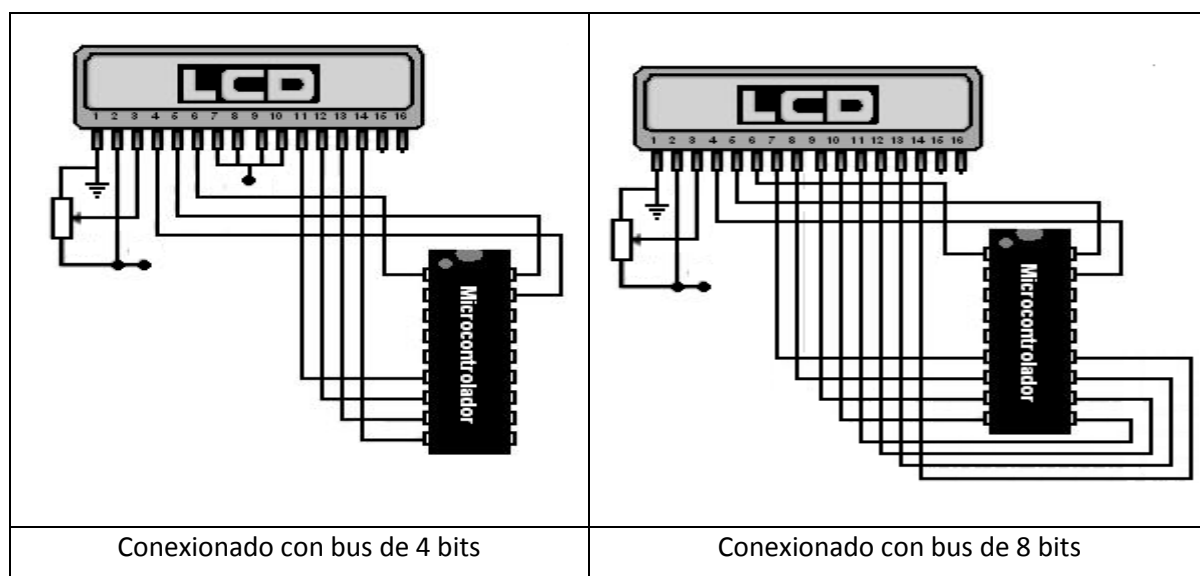
Para realizar una conexión entre el LCD y un microcontrolador están disponibles los pines de datos desde el D0 al D7 que son los que transmiten o reciben información.

Existen dos modos de trabajo: el primero llamado “modo de 8 bits” el cual consiste en recibir datos desde los pines D0 a D7, y en el otro llamado “modo de 4 bits” en el cual se reciben los datos en dos mitades por los pines D4 a D7, en dos pasos sucesivos.

Si bien esto puede complicar ligeramente la programación, supone un ahorro de 4 pines en el bus de datos, y esto en microcontroladores con pocos pines de I/O es muy útil.

En la figuras 2.15 vemos las dos maneras posibles de conectar el LCD con un Microcontrolador.

Las líneas de datos son tri-estado, esto indica que cuando el LCD no está habilitado sus entradas y salidas pasan a alta impedancia.



Figuras 2.15 Formas de conexión de un LCD hacia un microcontrolador

2.3.4.4 Descripción de los pines [10]

La mayoría de fabricantes respetan la misma distribución de pines para este tipo de displays para permitir la compatibilidad, pero siempre es necesario asegurarnos a través de las especificaciones para evitar daños al LCD o a la aplicación que estemos implementando.

A continuación veremos la descripción de cada pin de nuestro Display.

- Pin 1 (VSS).- es el que se debe conectar al negativo (masa) de la alimentación
- Pin 2 (Vdd/Vcc).- es el que va unido al positivo (5 voltios)
- Pin 3 (Vo).- permite el ajuste del contraste del panel. Se puede unir al pin 1 con un resistor de 220Ω para obtener un contraste adecuado (pero fijo) o bien utilizar un potenciómetro de $10\text{ K}\Omega$ para variar el contraste a gusto.
- Pin 4 RS (Registration Select).- es el que le indica al controlador interno del LCD que el valor presente en el bus de datos es un comando (cuando RS=0) o bien un carácter para representar (cuando RS=1).
- Pin 5 (R/W).- permite decidir si queremos enviar datos al display (R/W=0) o bien nos interesa leer lo que el display tiene en su memoria o conocer su estado (R/W=1).
- Pin 6 (E) (Enable).- es el que selecciona el display a utilizar. Es decir, podemos tener varios LCD conectados a un mismo bus de datos (pines 7-14) de control, y mediante E seleccionar cuál es el que debe usarse en cada momento.
- Pines (7 al 14).- estos ocho pines son el “bus de datos” del controlador de la pantalla. Llamados D0-D7 son los encargados de recibir (o enviar) los comandos o datos desde o hacia el display. D0 es el menos significativo y D7 es el más significativo.
- Pines (15 y 16).- son los encargados de alimentar los LEDs del fondo de la pantalla, el pin 15 debe ser conectado a 5 voltios y el 16 al negativo o masa de la fuente. En estas condiciones, la luz de fondo está encendida a 100% de su brillo. Nuevamente, se puede utilizar un potenciómetro para ajustar el brillo.

PIN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
1	Vss	Tierra de alimentación GND
2	Vdd	Alimentación de 5V DC
3	Vo	Ajuste del contraste de cristal líquido (0 a +5)DC
4	RS	Selección del registro control /datos (RS=0 reg. Control) (RS=1 reg. Datos)
5	R/W	Lectura/escritura en LCD (R/W=0 Write)(LCD R/W=1Read)
6	E	Habilitación E=0 módulo desconectado E=1 módulo conectado
7	D0	Bit menos significativo (bus de datos bidireccional)
8	D1	
9	D2	
10	D3	
11	D4	
12	D5	
13	D6	
14	D7	Bit más significativo (bus de datos bidireccional)
15	A	Alimentación de backlight +3,5 V o +5V DC según especificación técnica
16	K	Tierra GND de backlight

Tabla 2.8 Función de cada pin de LCDs

2.3.4.5 Diagrama de conexión hacia el microcontrolador ^[10]

Para el presente dispositivo se ha implementado con la conexión de 4 bits de datos descrita anteriormente. Adicionalmente a la salida del puerto del microcontrolador que controla el LCD se ha colocado un driver 74LS245 para repetir la misma visualización en el otro LCD, el potenciómetro es de 10K Ω para la variación de contraste, la resistencia de 10 Ω conectado a la alimentación del backlight es para proteger al LCD de altas temperaturas.

En la figura 2.16 podemos ver el diagrama de conexión de los dos LCDs hacia nuestro microcontrolador ATmega644P.

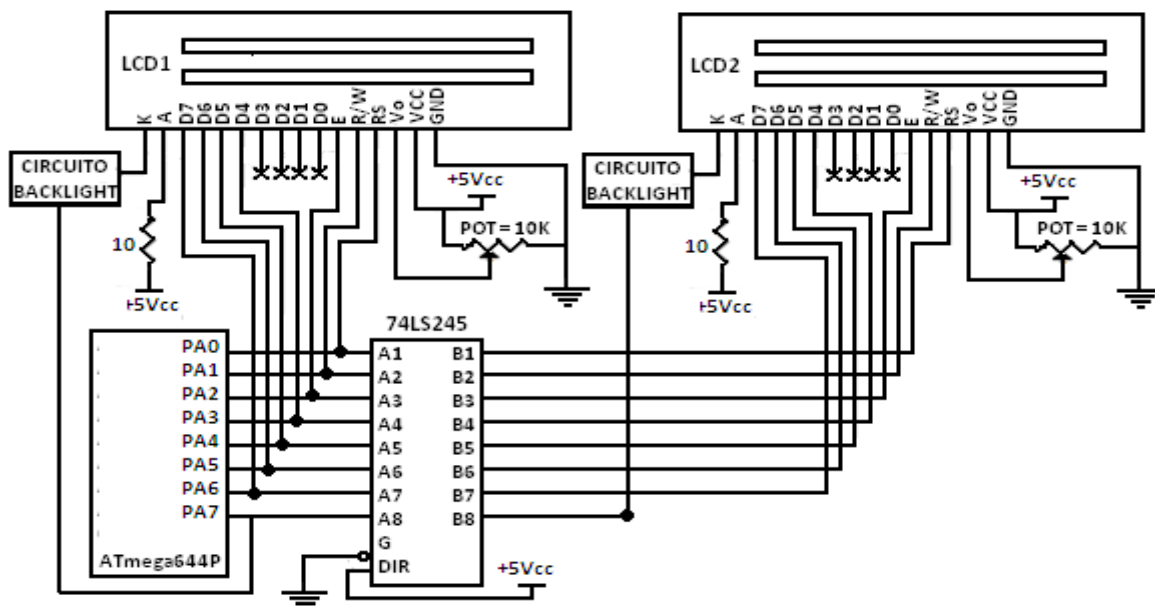


Figura 2.16 Diagrama de conexión entre ATmega644P y dos LCDs

2.3.4.6 Circuito de backlight

Hemos implementado un circuito para el encendido o apagado del backlight de los dos LCDs controlados desde el microcontrolador, esto con la finalidad de ahorrar energía cuando el administrador del dispositivo lo crea conveniente.

Como podemos ver en la figura 2.17, el pin de control es el PA7 del ATmega644P, B8 representa la salida desde el driver 74LS245 hacia el otro LCD la cual se habilitará o deshabilitará de acuerdo al comportamiento de PA7.

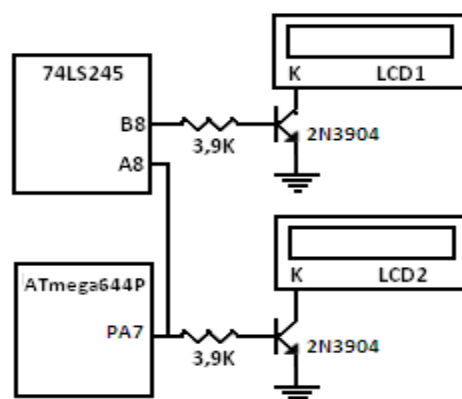


Figura 2.17 Circuito de Backlight de los dos LCDs

Para cumplir con esta funcionalidad el transistor 2N3904 funciona como corte o saturación, en la tabla 2.9 está descrito el cálculo para la resistencia de base de los transistores.

$I_c = 10mA ; \beta = 100$ $I_B > \frac{I_c}{\beta}$ $I_B > \frac{10mA}{100}$ $I_B > 0.1mA \therefore I_B \cong 1.1mA$	$R_B = \frac{V_O - V_{BE}}{I_B}$ $R_B = \frac{5V - 0.8}{1.1mA}$ $R_B \cong 3,9K\Omega$
--	--

Figura 2.9 Cálculos de la resistencia de base para activar el transistor 2N3904

2.3.5 CERRADURA ELÉCTRICA

Para la activación de la cerradura eléctrica se ha optado por adquirir una cerradura eléctrica de la marca Viro, el principio de funcionamiento de ésta se basa en un electroimán que se activa con un voltaje alterno de 12 VAC, para activar este circuito se ha introducido un relé que se encargará de cerrar el circuito, dicho relé se encuentra a la salida del pin PD7 del microcontrolador el cual se encarga de permitir el acceso, en la figura 2.18 se puede observar el circuito de control para la activación de la cerradura.

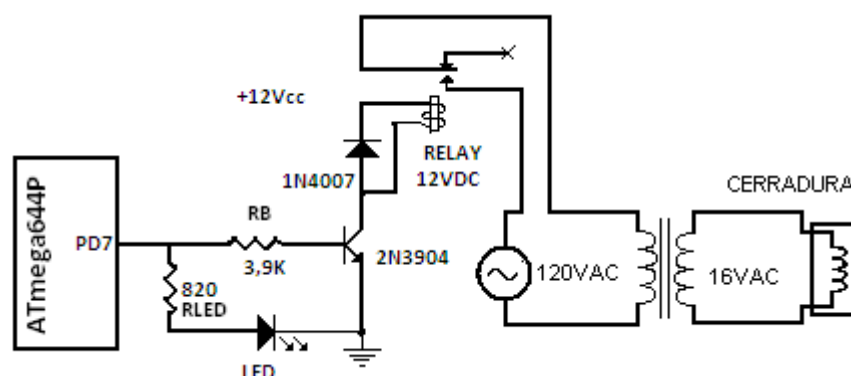


Figura 2.18 Diagrama de conexión entre ATmega644P y la cerradura eléctrica

Los cálculos para la resistencia de base necesaria para que el transistor funcione en corte y saturación, además para la resistencia del LED indicador están descritos en las tablas 2.10 y 2.11 respectivamente.

$I_C = 10mA ; \beta = 100$ $I_B > \frac{I_C}{\beta}$ $I_B > \frac{10mA}{100}$ $I_B > 0.1mA \therefore I_B \cong 1.1mA$	$R_B = \frac{V_O - V_{BE}}{I_B}$ $R_B = \frac{5V - 0.8}{1.1mA}$ $R_B \cong 3,9K\Omega$
--	--

Tabla 2.10 Cálculos de la resistencia de base para activar el transistor 2N3904 que controla el Relé

$I_{LED} \cong 6mA$ $V_{PD7} \cong 5V$	$R_{LED} = \frac{V_{PD7}}{I_{LED}} = \frac{5V}{6mA}$ $R_{LED} \cong 820\Omega$
--	--

Tabla 2.11 Cálculo de la resistencia para el LED indicador de activación de la cerradura

2.3.6 TECLADO MATRICIAL ^[12]

Los teclados matriciales son muy útiles para la adquisición de datos desde el usuario hacia los dispositivos electrónicos, en nuestro dispositivo este periférico tendrá varias funciones:

- Ingreso de una clave para poder visualizar o administrar la configuración del prototipo.
- Cambiar la clave de acceso a la configuración.

- Desplazamiento para poder visualizar los registros de memoria que almacenan información como los códigos de tags con hora y fecha de acceso.
- Agregar o borrar códigos de tags.

2.3.6.1 Descripción

Un teclado matricial 4x4 como el nuestro solamente ocupa 4 líneas de un puerto para las filas y otras 4 líneas para las columnas, de este modo se pueden leer 16 teclas utilizando solamente 8 líneas de un microcontrolador.

Además una consideración importante es que una persona requiere como mínimo 100ms para presionar una tecla, este tiempo para un microcontrolador es demasiado largo por lo que lo reconocerá como múltiples pulsaciones, a este proceso se lo llama efecto rebote y se lo puede eliminar por hardware o por software, para nuestro caso lo haremos por software.

2.3.6.2 Conexión hacia el microcontrolador

Para nuestra aplicación el teclado estará conectado hacia el puerto B del ATmega644P, esta conexión está representada en la figura 2.19.

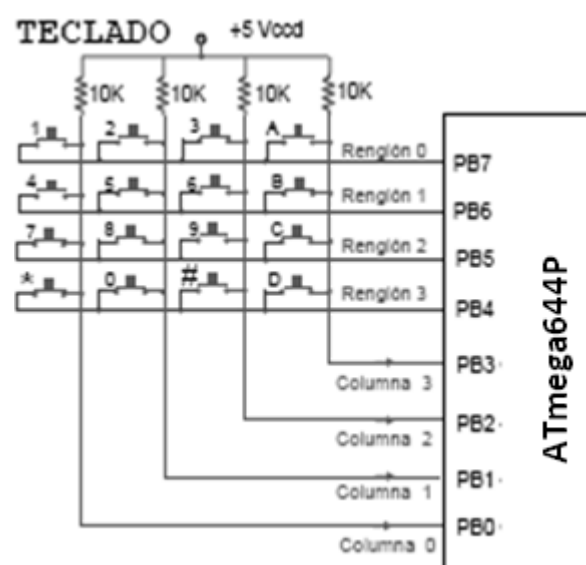


Figura 2.19 Diagrama de conexión entre ATmega644P y el teclado matricial

2.3.7 MEMORIAS EXTERNAS 24LC512 ^[13]

Este tipo de memorias básicamente tendrán las siguientes funciones en el dispositivo.

- Almacenamiento de códigos de tags autorizados
- Almacenamiento de códigos de tags que han ingresado.
- Almacenamiento de fecha y hora de tags que han encendido el sistema.

2.3.7.1 Principio de funcionamiento

Básicamente este tipo de memoria es una EEPROM de 512Kbits (64Kbytes) de almacenamiento.

2.3.7.2 Descripción de pines

A continuación describiremos las funciones de cada pin de esta memoria, además en la figura 2.20 podemos observar la distribución de pines del chip 24LC512.

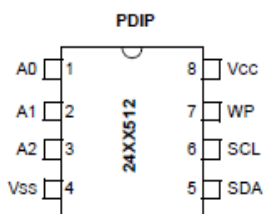


Figura 2.20 Distribución de pines 24LC512

2.3.7.2.1 A0, A1 and A2 Chip Address Inputs

Estos pines nos sirve para la conexión de múltiples memorias en paralelo, como tenemos tres bits selectores significa que podemos agrupar hasta 8 memorias de este tipo.

2.3.7.2.2 Serial Data (SDA)

Este es un pin bidireccional de la memoria, está pensado para la transferencia de datos y direcciones desde y hacia el chip.

2.3.7.2.3 *Serial Clock (SCL)*

Esta salida es utilizada para la sincronización de datos desde y hacia el chip.

2.3.7.2. *Write-Protect (WP)*

Este pin tiene dos funciones, una es que si está conectado a Vcc se bloquee el proceso de escritura, y solo permite la operación de lectura. En cambio si está conectado a Vss (GND) la memoria permite tanto lectura como escritura.

2.3.7.2.5 *Polarización*

Los pines 4 y 8 están destinados para la polarización del chip, el pin 4 es Vss o en otras palabras tierra, mientras que el pin 8 debe estar conectado a Vcc, el rango de voltaje está entre 2.5 a 5.5V de acuerdo a las especificaciones técnicas.

2.3.7.3 **Conexión hacia el microcontrolador**

Para nuestro prototipo hemos decidido utilizar dos memorias conectadas hacia los pines PD5 y PD6 del microcontrolador, una memoria posee la dirección 0 y la otra la dirección 1 es decir (000) y (001) respectivamente, con el fin de poder diferenciarlos durante la transmisión de datos desde y hacia el lector. En la figura 2.21 podemos apreciar el diagrama de conexión de estas dos memorias hacia el microcontrolador ATmega644P.

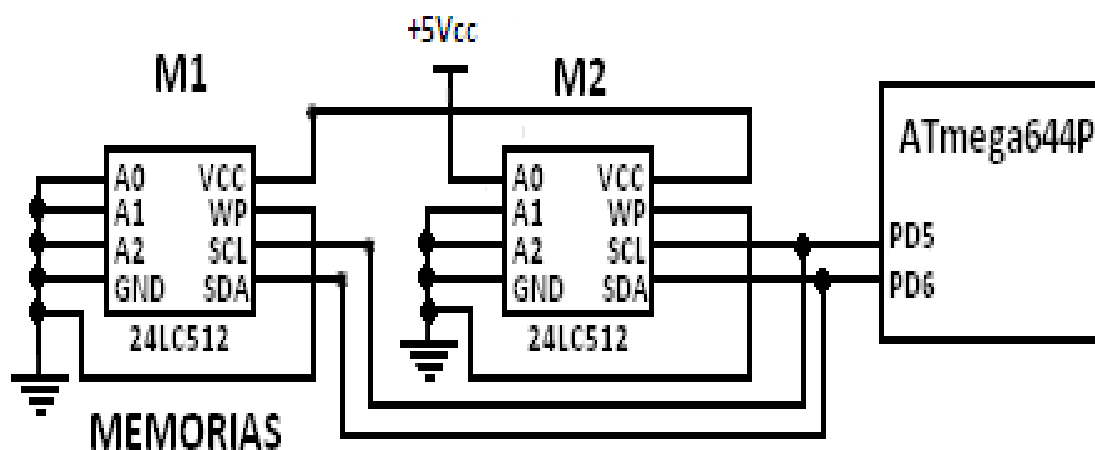


Figura 2.21 Conexión de las memorias 24LC512 con el ATmega644P

2.3.8 RELOJ AUTÓNOMO DS1307

Nuestro prototipo tiene la necesidad de tener un RTC (Real Time-Clock), con el fin de tener un control permanente de tags que han activado la puerta de acceso. De ahí que hemos optado por utilizar un chip DS1307 al cual describiremos a continuación.

2.3.8.1 Principio de funcionamiento

Este chip es un dispositivo de bajo consumo de energía, realiza un conteo de segundos, minutos, horas, además el conteo de la fecha con la información del mes, día y año hasta el 2100, el tipo de conteo lo hace en formato BCD, posee 56bytes NV de SRAM extra, la dirección y datos son transferidos serialmente por un bus bidireccional, el formato de hora puede seleccionarse en modo 24horas o 12horas con indicador de am o pm, además trae incorporado un circuito de sensor de tensión que detecta fallas de energía y cambia automáticamente al suministro de batería de respaldo.

2.3.8.2 Descripción de pines

A continuación hablaremos de las funcionalidades de los pines de este chip, además en la figura 2.22 se muestra la distribución de pines del DS1307.

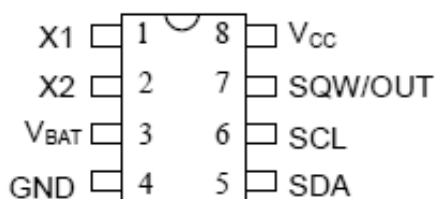


Figura 2.22 Distribución de pines del DS1307

2.3.8.2.1 V_{CC} , GND

Entre los pines 4 y 8 se aplica el voltaje de polarización DC, el pin 8 es V_{CC} el voltaje nominal es de 5 V_{CC}, cuando este voltaje está aplicado, el dispositivo es totalmente accesible es decir pueden escribirse y leerse datos, mientras que si el

voltaje decae o se ausenta en un valor de $1.25 \times V_{BAT}$, la opción de lectura y escritura se inhiben.

2.3.8.2.2 *Voltaje de Batería V_{BAT}*

El pin 3 es la conexión del chip hacia una batería externa la cual puede ser una de litio u otro tipo de fuente de energía, el voltaje de alimentación debe estar entre (2.0- 3.5 VDC) para un normal funcionamiento.

2.3.8.2.3 *SCL (Serial Clock Input)*

El pin 6 es utilizado para la sincronización de datos por la entrada serial.

2.3.8.2.4 *SDA (Serial Data Input/output)*

El pin 5 es la interfaz serial para la entrada o salida de datos.

2.3.8.2.5 *Cristal de oscilación entre X1, X2*

Entre los pines 1 y 2 se debe colocar un cristal de cuarzo cuya frecuencia estándar es de 32.768kHz.

2.3.8.2.6 *SQW/OUT (Square Wave/Output Driver)*

Este pin puede enviar cuatro señales de onda cuadrada de (1Hz, 4KHz, 8KHz, 32KHz) dependiendo de la aplicación que tengamos, para nuestro prototipo hemos utilizado la opción de funcionamiento normal a 1Hz.

2.3.8.3 Mapa de direccionamiento del RTC

El mapa de direcciones se refiere a la estructura de los registros del chip, la localización está designada desde 00H a 07H, para el almacenamiento de los datos. Además este chip posee RAM adicional localizada desde los registros 08H hasta 3FH, además algo muy importante es la dirección de control 07H, para utilizarla en aplicaciones que requieran memoria adicional. En la figura 2.23 podemos observar el mapa de direcciones del DS1307.

00H	SECONDS
	MINUTES
	HOURS
	DAY
	DATE
	MONTH
	YEAR
07H	CONTROL
08H	RAM
3FH	56 x 8

Figura 2.23 Mapa de direcciones del DS1307

2.3.8.4 Conexión hacia el microcontrolador

Para nuestro prototipo la conexión está dirigida hacia las líneas PD4, PD5 y PD6 del microcontrolador. Como nos damos cuenta la dirección de control de este chip es 07H la cual es diferente a las direcciones de la memoria conectadas hacia los mismos pines del microcontrolador, además las resistencias de 10K de pull-up son las recomendadas por la hoja de datos. En la figura 2.24 podemos observar la conexión del RTC DS1307 hacia el microcontrolador ATmega644P.

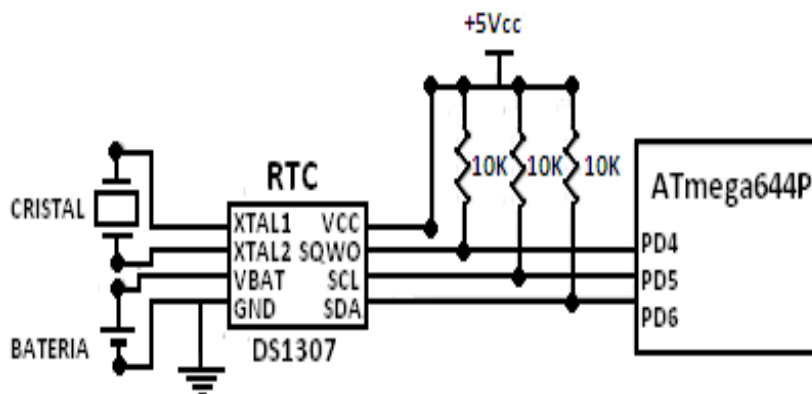


Figura 2.24 Conexión del RTC DS1307 con el ATmega644P

2.3.9 ICSP (IN CIRCUIT SERIAL PROGRAMMING)

Este es un método para la programación de microcontroladores después que han sido puestos en una placa, con beneficios como por ejemplo realizar ajuste de un

código de manera rápida, realización de pruebas y otros propios de cada dispositivo.

Para la programación de nuestro microcontrolador podemos fijarnos en las funciones adicionales del puerto B que es el que nos permitirá implementar este método valiéndonos de la comunicación SPI hacia un dispositivo programador basado en un ATmega8 el cual realiza conversión USB por software a serial para la transferencia de datos de programación desde el computador hacia nuestro microcontrolador ATmega644p. En la figura 2.25 podemos apreciar un dispositivo para la programación de un AVR utilizando ICSP.

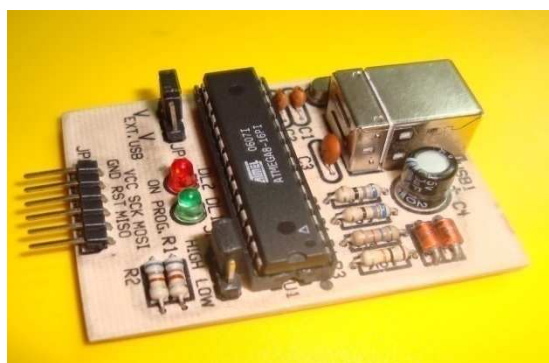


Figura 2.25 Circuito interfaz de USB a SPI para programación de AVR con ICSP

2.3.9.1 Comunicación SPI Serial Peripheral Interface

Es un estándar desarrollado por Motorola para la interconexión de dispositivos periféricos de baja y media velocidad, permite realizar una transferencia de datos de modo serial por medio de un bus de 4 líneas. SPI constituye un bus full duplex, es decir, que se puede enviar y recibir información de manera simultánea, lo cual, eleva la tasa de transferencia de los datos.

2.3.9.2 Descripción de líneas de conexión

Las cuatro conexiones requeridas para este tipo de conexión están pensadas para la interconexión de múltiples dispositivos, las líneas MOSI y MISO son de transferencia, SCK para sincronización y la línea SS que funciona a manera de

selector de los diferentes dispositivos. La descripción de las líneas para esta conexión está en la tabla 2.12

SCK	Señal de reloj del bus de datos, generada por el maestro
MOSI	Salida de datos del maestro y entrada de datos a los esclavos
MISO	Salida de datos de los esclavos y entrada de datos al maestro
SS	Habilitación del esclavo por parte del maestro.

Tabla 2.12 Conexión del RTC DS1307 con el ATmega164P

Para la conexión de múltiples dispositivos tendremos una línea de *SS Slave Select* por cada uno de ellos, los dispositivos esclavos usan la señal de reloj enviada por el maestro y las demás entradas son compartidas, En la figura 2.26 podemos ver una comunicación SPI común entre varios dispositivos.

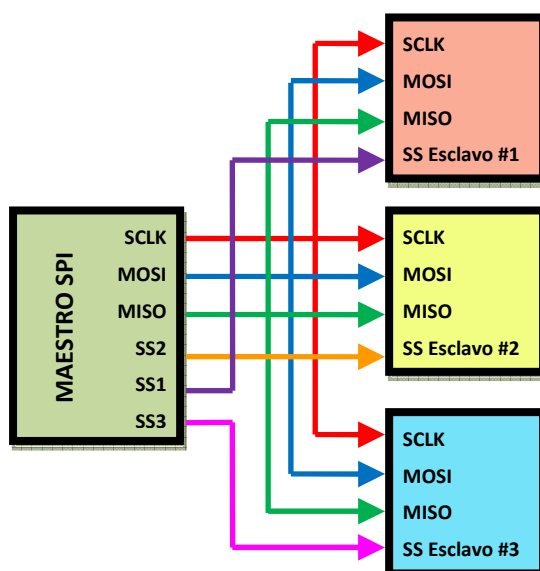


Figura 2.26 Conexión de varios dispositivos utilizando SPI

2.3.9.3 Modo de conexión hacia el prototipo

Para implementar el ICSP hacia nuestra placa del prototipo, lo haremos hacia los pines 6, 7 y 8, que de acuerdo a la información técnica de nuestro AVR representan al MOSI, MISO y SCK para la comunicación SPI, para nuestro caso no utilizamos la línea SS ya que solamente realizamos la comunicación para un solo dispositivo, la polarización es el voltaje de programación necesario para la transferencia de información. En la figura 2.27 apreciamos el conector para comunicación SPI para aprovechar el ICSP.

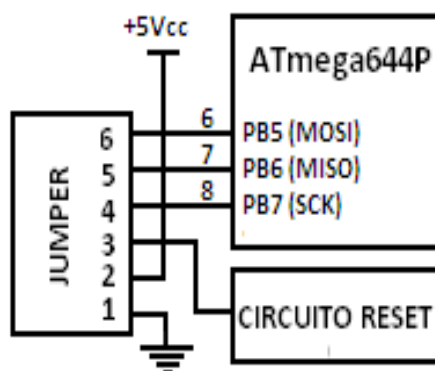


Figura 2.27 Conexión del ATmega644P hacia un jumper para ICSP

2.4 SOFTWARE DEL PROTOTIPO

Para la programación del microcontrolador AVR ATmega644P se pueden utilizar distintos lenguajes, unos de bajo nivel como el “Assembler”, y otros de alto nivel como por el ejemplo AVRStudio basado en lenguaje C o uno de los más conocidos como lo es el compilador Bascom AVR que trabaja con Visual Basic. En nuestro caso hemos utilizado este último en la versión 1.11.9.8. Este tipo de lenguaje, debido a su amplia difusión, brinda tanto en Internet como en libros una extensa información sobre el método de utilización. En la figura 2.28 podemos observar la interfaz gráfica de apertura de Bascom AVR.



Figura 2.28 Interfaz de apertura de Bascom AVR

Este programa nos permite generar las instrucciones necesarias para la lógica del prototipo, una de sus prestaciones es que identifica con diferentes colores las instrucciones, valores, comentarios, visualizaciones etc. Además este programa tiene ya incorporado su compilador y grabador.

En la figura 2.29 podemos apreciar la interfaz de trabajo de Bascom AVR.

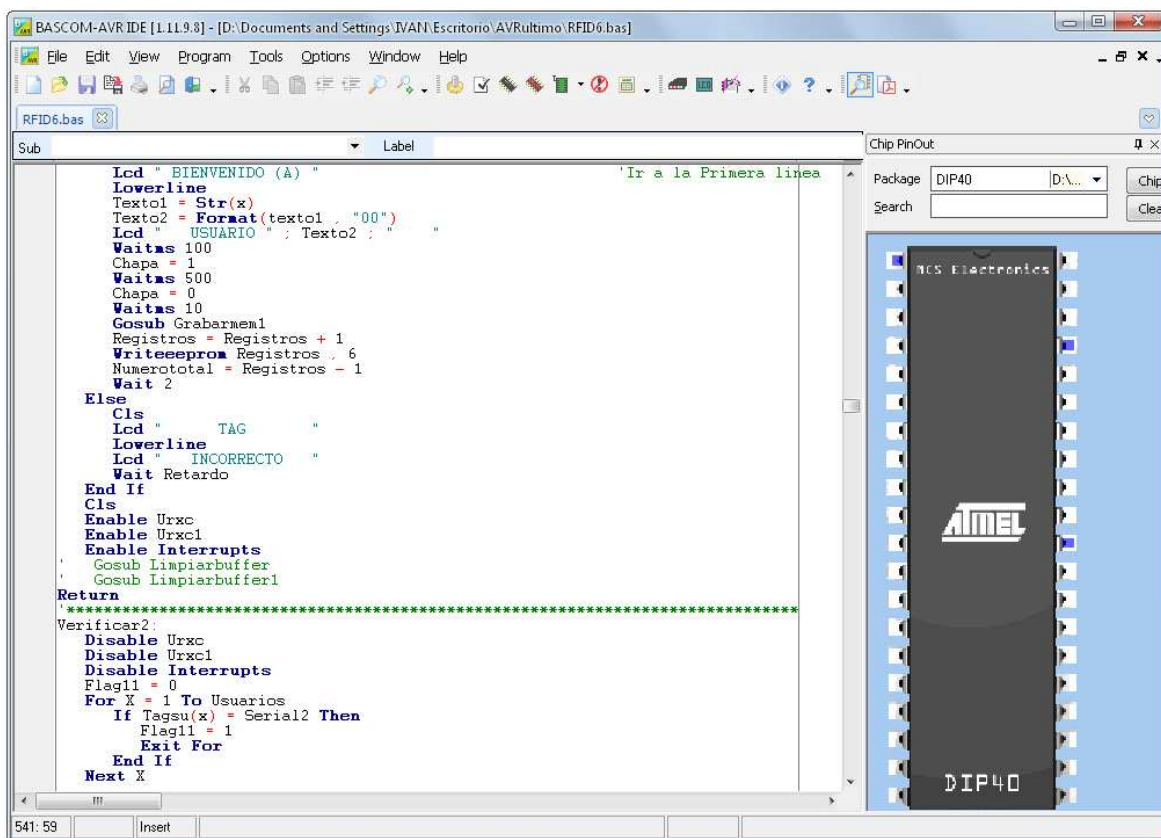


Figura 2.29 Interfaz de trabajo de Bascom AVR

Como describimos en el principio de funcionamiento, el programa del microcontrolador o también conocido como firmware, será el encargado de realizar todas las funciones necesarias para la configuración de nuestro dispositivo prototipo, a continuación presentamos la lógica seguida por el firmware, por medio de diagramas de flujo. El código completo se encuentra en el CD anexo.

2.4.2 ACCESO AL MENÚ DE CONFIGURACIÓN

En primera instancia el programa hace una presentación con datos del proyecto, hemos creado un menú con funciones descritas en los siguientes diagramas. En estado normal el lector presentará la hora y fecha y para acceder a dicho menú se deberá presionar la tecla A. Esta lógica se muestra en el diagrama de la figura 2.30.

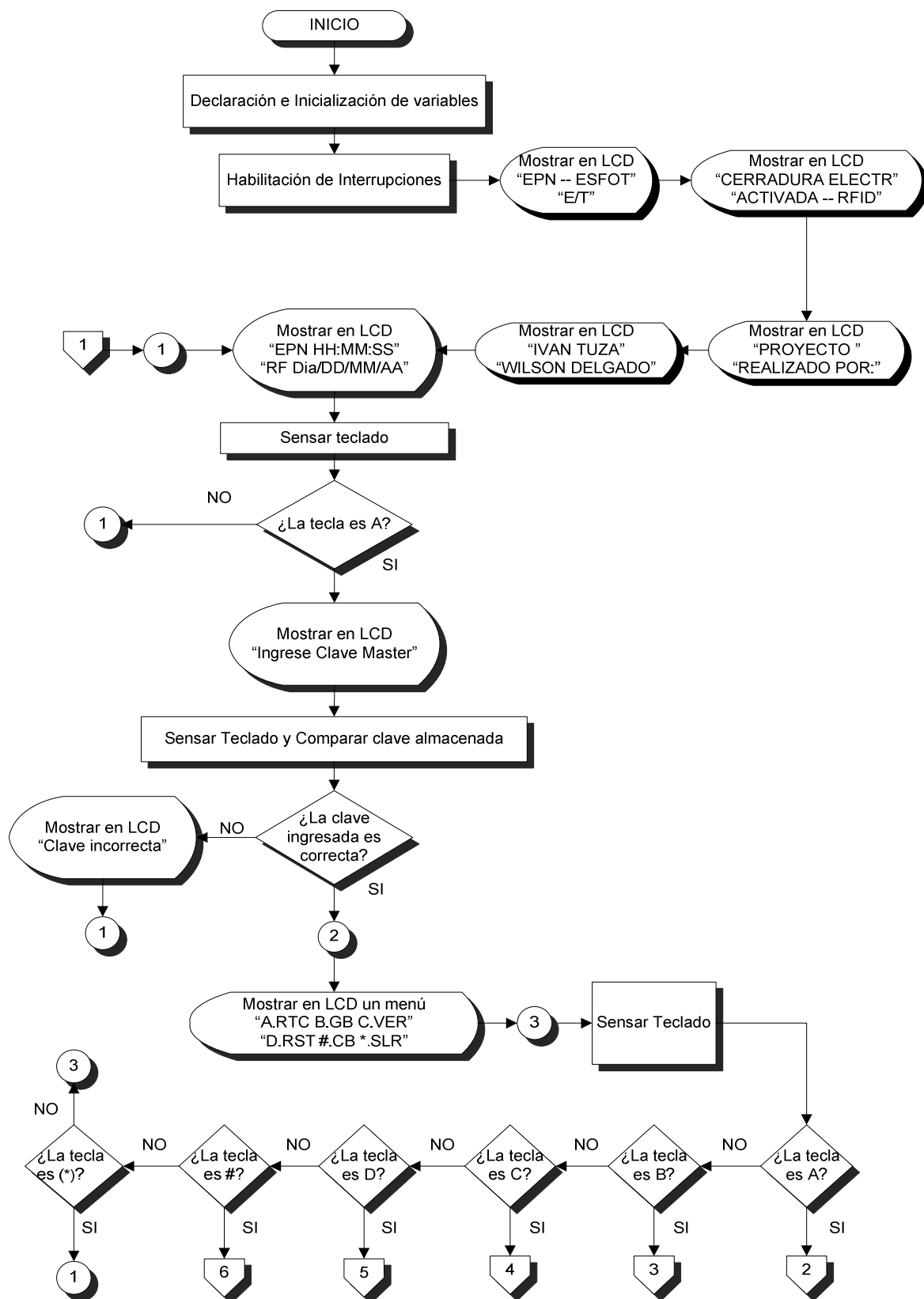


Figura 2.30 Diagrama de flujo de acceso al menú de configuración del prototipo

2.4.3 AJUSTE DE RTC

Esta función nos permitirá ajustar la hora y fecha del sistema, en caso de algún desajuste, este principio de operación está descrito en la figura 2.31.

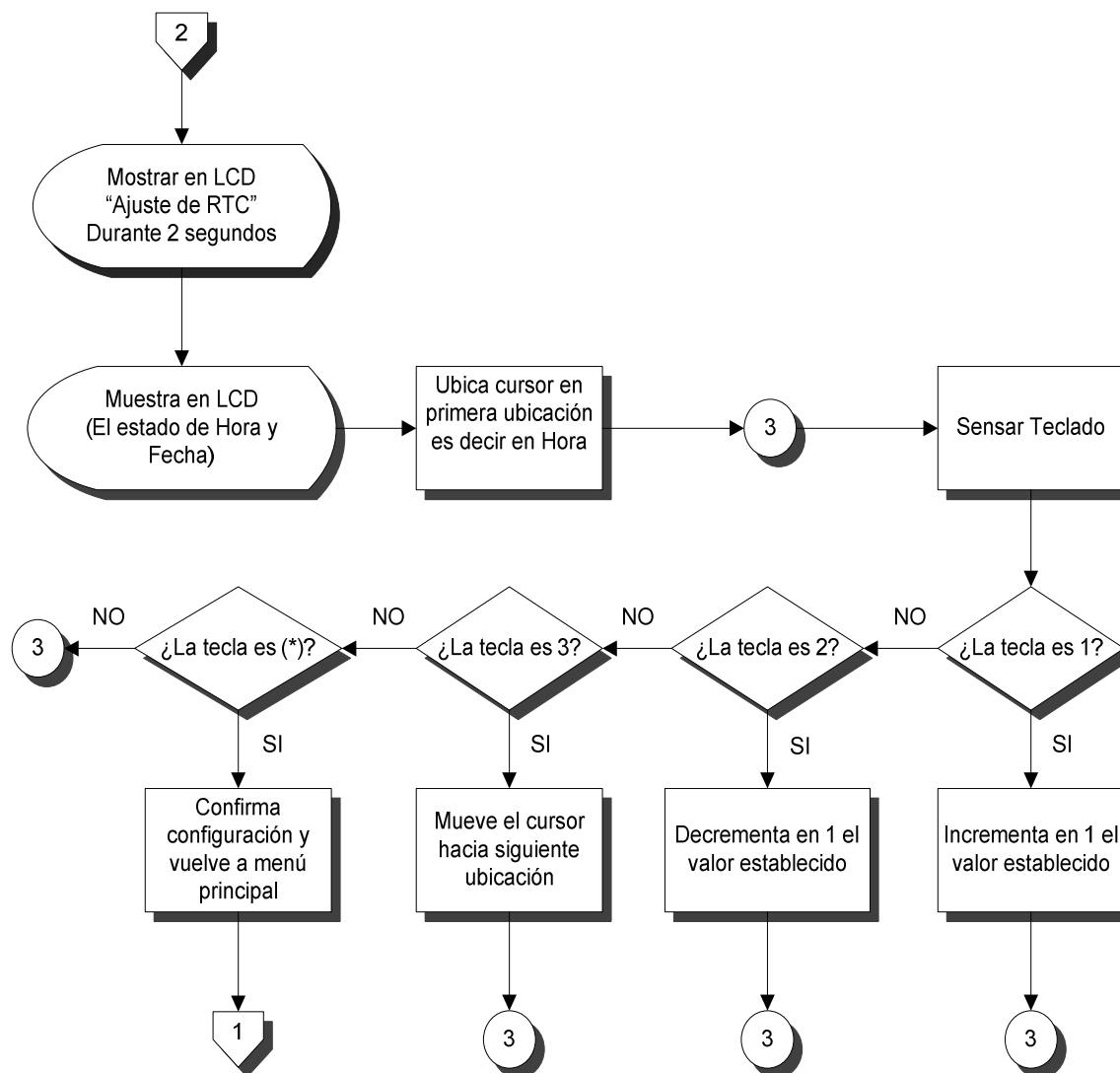


Figura 2.31 Diagrama de flujo para ajustar el RTC del prototipo

2.4.4 GRABACIÓN DE UN NUEVO TAG

Esta opción nos permitirá agregar tags para permitir acceder al sistema, por medio de la interrupción PD0 la cual transmite los datos de modo serial y los almacena en una de las memorias externas, la operación de este submenú se describe en el diagrama de la figura 2.32.

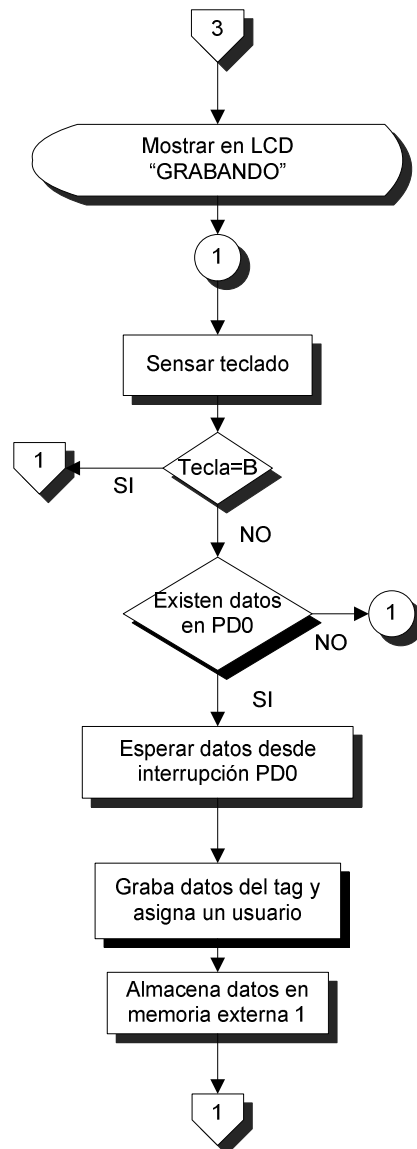


Figura 2.32 Diagrama de flujo para cambio de contraseña de acceso

2.4.5 VISUALIZACIONES PARA REGISTROS DE ACCESO Y USUARIOS

Esta opción del prototipo nos permite observar el historial de registro de los tags que han interactuado con el prototipo, con una visualización detallada en lo que se refiere a registro de tiempo y usuario.

En la figura 2.23 se puede apreciar el diagrama de flujo de la función descrita anteriormente.

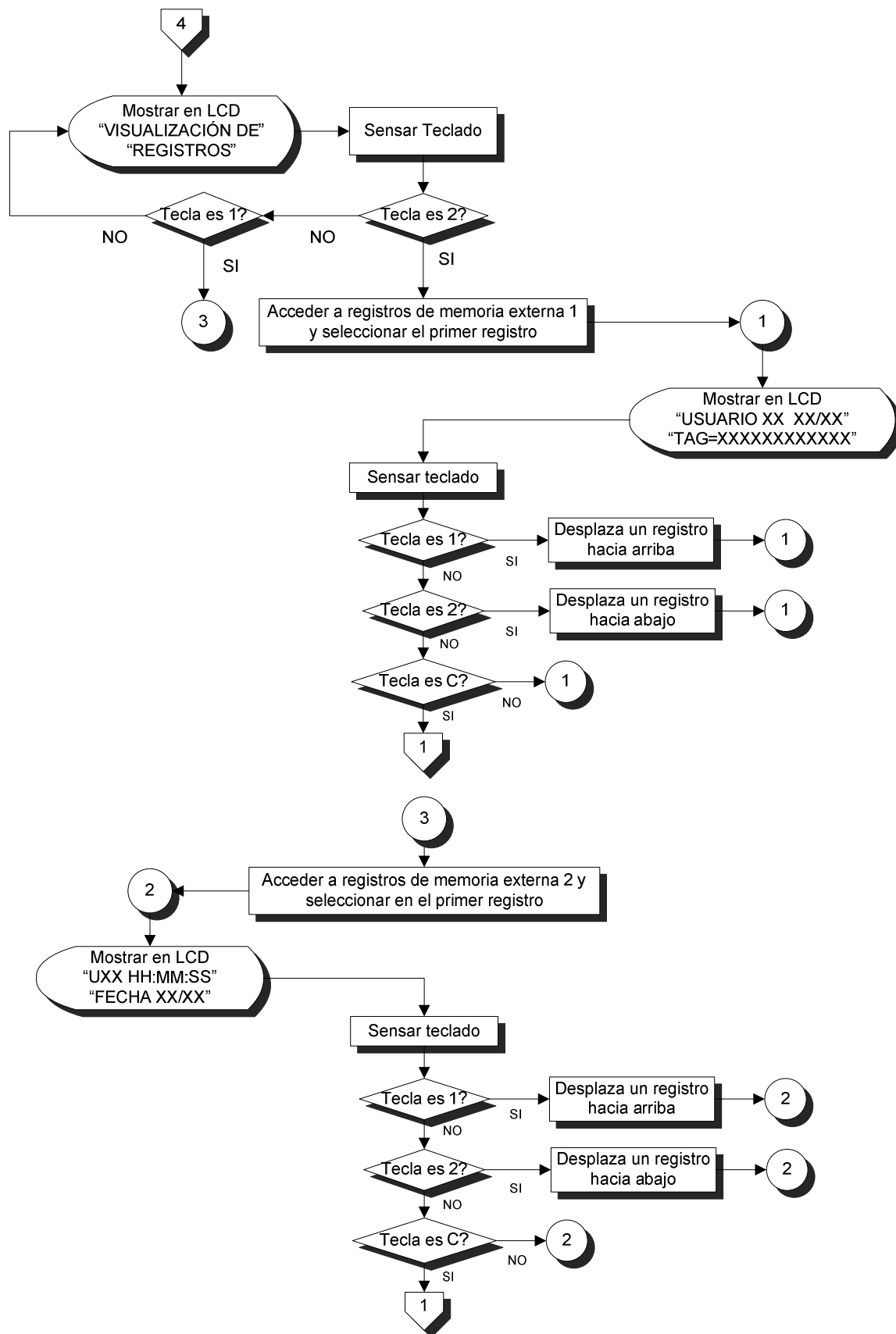


Figura 2.33 Diagrama de flujo para agregar o reemplazar un tag

2.4.6 RESETEO DE DATOS

Como su nombre lo indica, este menú nos permite realizar un reseteo de ciertas funciones como son: Registros temporales y tags o usuarios.

En la figura 2.34 se detalla esta función mediante su respectivo diagrama de flujo.

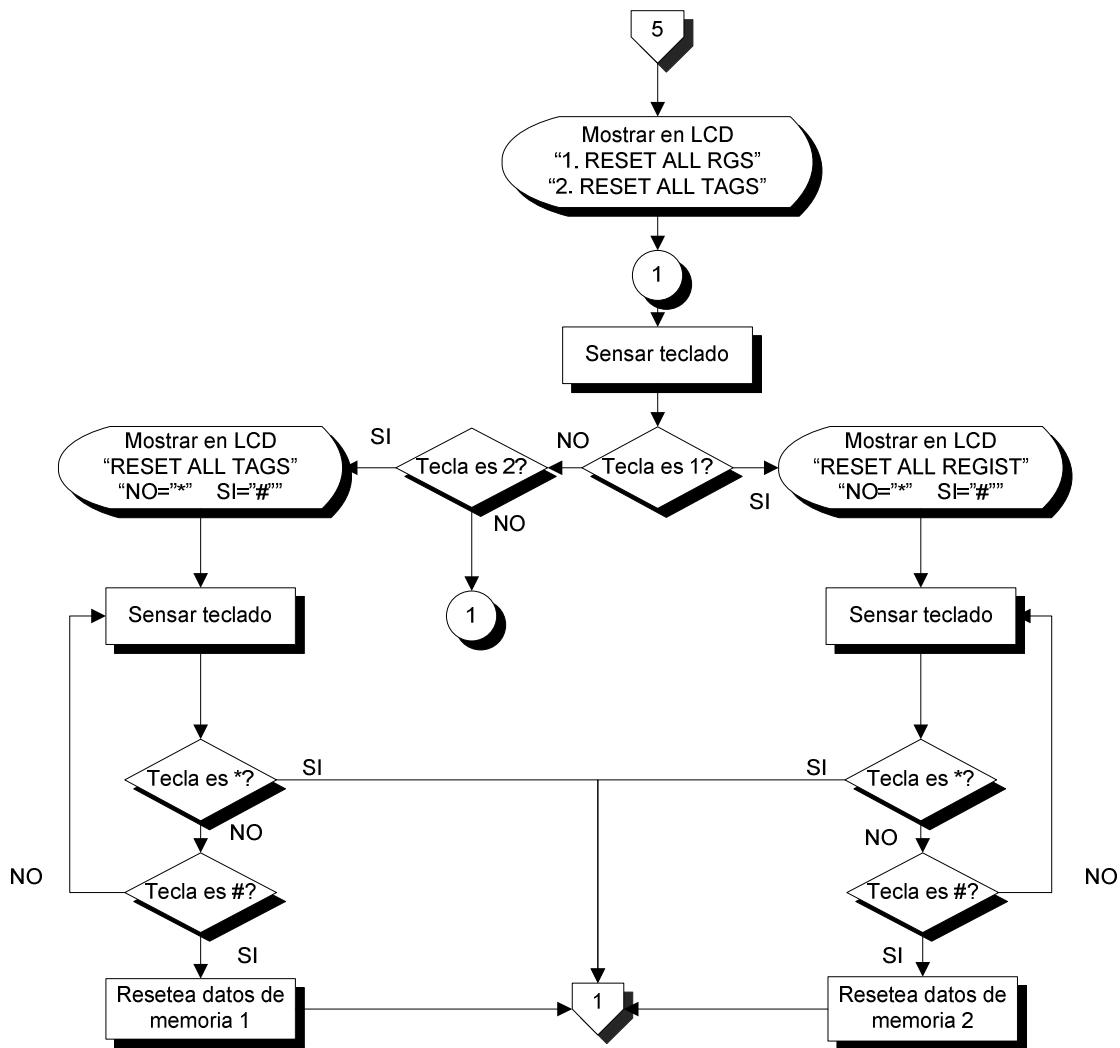


Figura 2.34 Diagrama de flujo para acceder a visualizaciones del dispositivo

2.4.7 CONTRASEÑA DE ACCESO

En este diagrama se analiza el proceso que realiza el microcontrolador al realizar una lectura recibida por cualquiera de sus dos interrupciones.

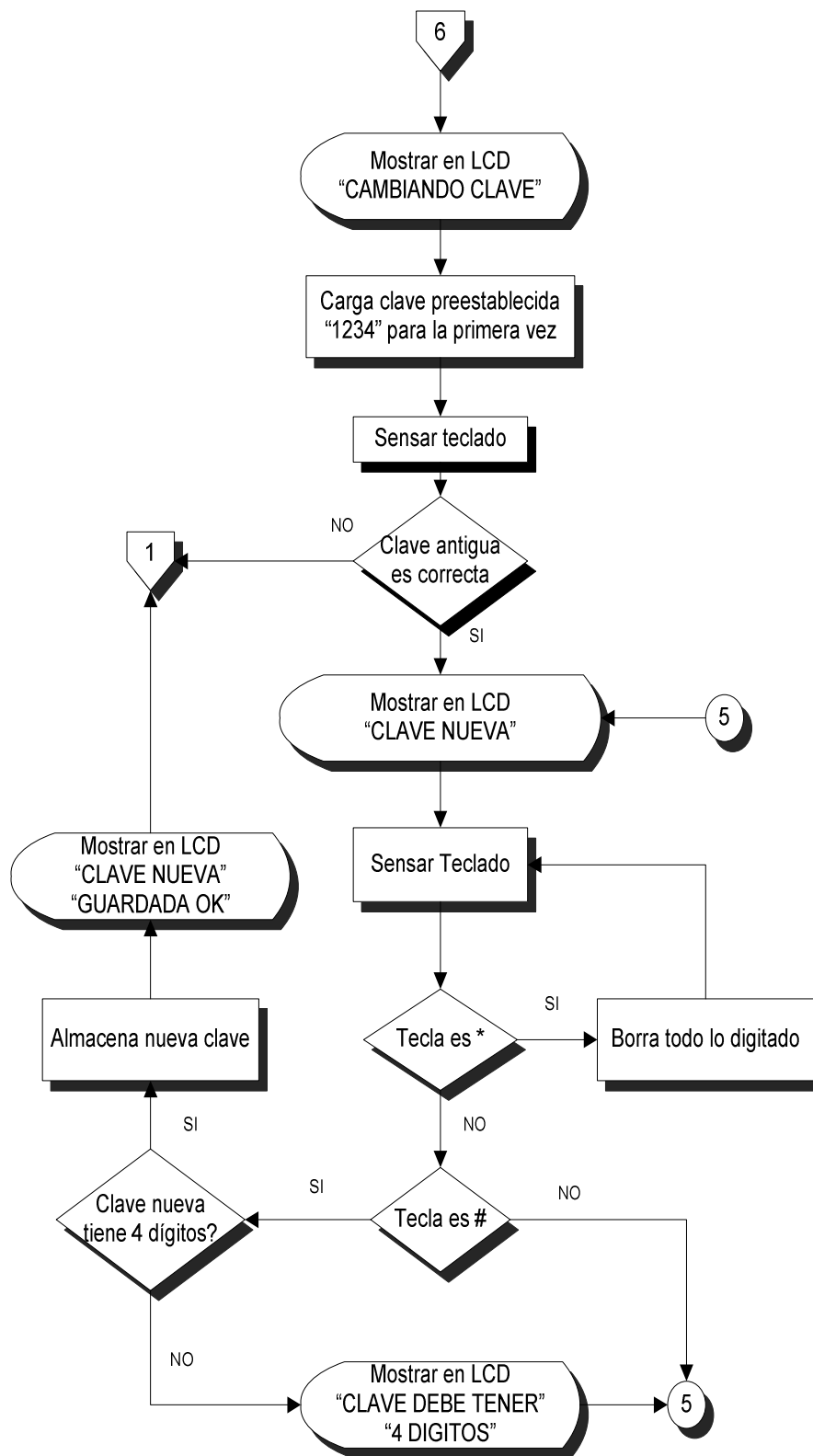


Figura 2.35 Diagrama de flujo para cambio de contraseña en el dispositivo

2.4.8 INTERRUPCIONES Y CONTROL

Las interrupciones ejecutan un código específico suspendiendo la ejecución actual del programa, éstas son recibidas por los pines PD0 y PD2, reciben los datos de los tags para realizar la comparación con los datos almacenados en el módulo y decidir si se activa o no el relé.

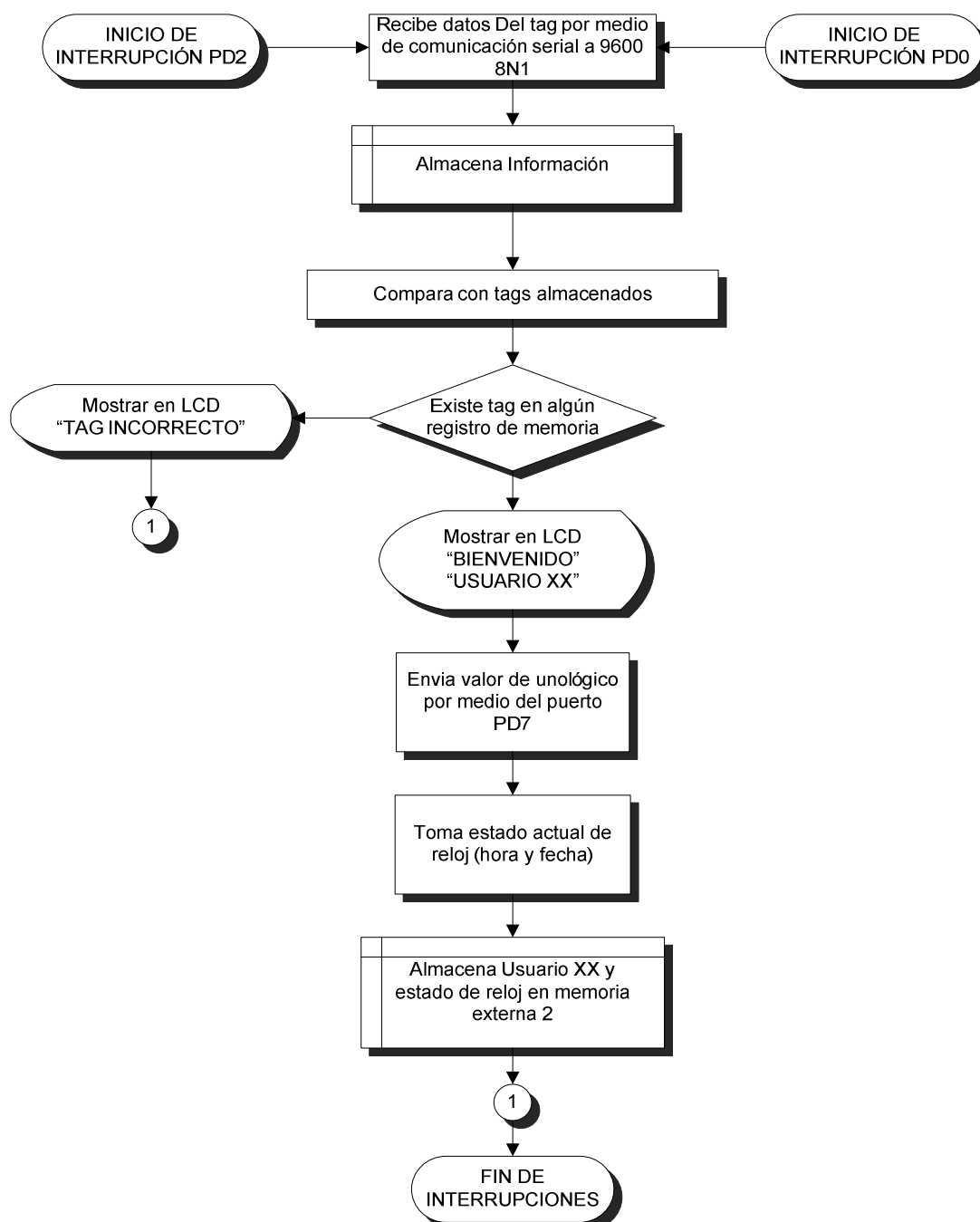


Figura 2.36 Diagrama de flujo de interrupciones en el dispositivo

CAPÍTULO 3

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA PROTOTIPO RFID Y PRESUPUESTO REFERENCIAL

3.1 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

El siguiente paso en la elaboración del proyecto fue la adquisición de todos los elementos que intervienen en él, tomando en cuenta los diagramas descritos en el capítulo anterior procedimos a armar el prototipo en un protoboard para realizar las primeras pruebas y verificar que todo el trabajo realizado hasta el momento se encuentre en orden.

Una vez que se montó todo el circuito en el protoboard se realizaron algunas pruebas de funcionamiento como por ejemplo: la transmisión de datos desde los lectores hacia el microcontrolador, el envío de caracteres hacia los LCDs y la activación del relé. Esto con el fin de tener la certeza que al momento de realizar el diseño de la tarjeta electrónica no tengamos inconvenientes.

3.2 IMPLEMENTACIÓN Y ENSAMBLAJE DEL PROTOTIPO

En esta sección se detallará la elaboración e instalación de todos los componentes que intervienen en el funcionamiento óptimo del sistema prototipo.

3.2.1 ELABORACIÓN DE LA TARJETA ELECTRÓNICA

En el proceso de implementación el primer paso fue la creación del diseño de la tarjeta electrónica, esto se llevó a cabo por medio del programa Orcad Capture for Windows, éste es un software de gran utilidad por su versatilidad.

En la figura 3.1 se observa la pantalla de inicio del Software Orcad Capture For Windows.

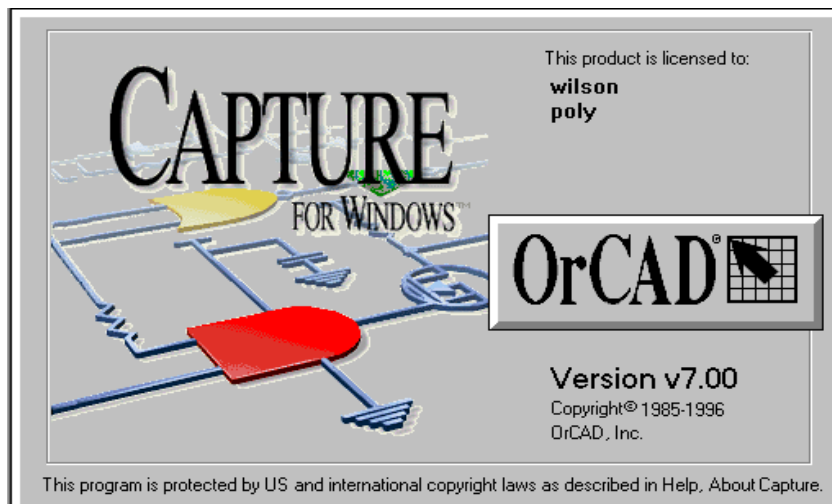


Figura 3.1 Pantalla de inicio del programa Orcad Capture for Windows.

Éste programa posee una conjunto de librerías de símbolos con los elementos más usuales empleados en los diseños de tarjetas electrónicas.

Para crear un diagrama esquemático con este software se debe insertar los elementos necesarios, para luego interconectarlos y finalmente generar el ruteo de las pistas en un archivo.

Orcad Capture for Windows nos permite crear las pistas que serán transferidas a la placa de baquelita para su posterior tratamiento.

Este programa genera varios archivos con distintas extensiones entre ellas tenemos .DSN es el acceso directo al diseño del proyecto, .BOM, .NET y por último .PCB , que constituye el acceso directo al proyecto en ejecución.

En la figura 3.2 se puede apreciar el diagrama circuital creado con el Software Orcad Capture for Windows.

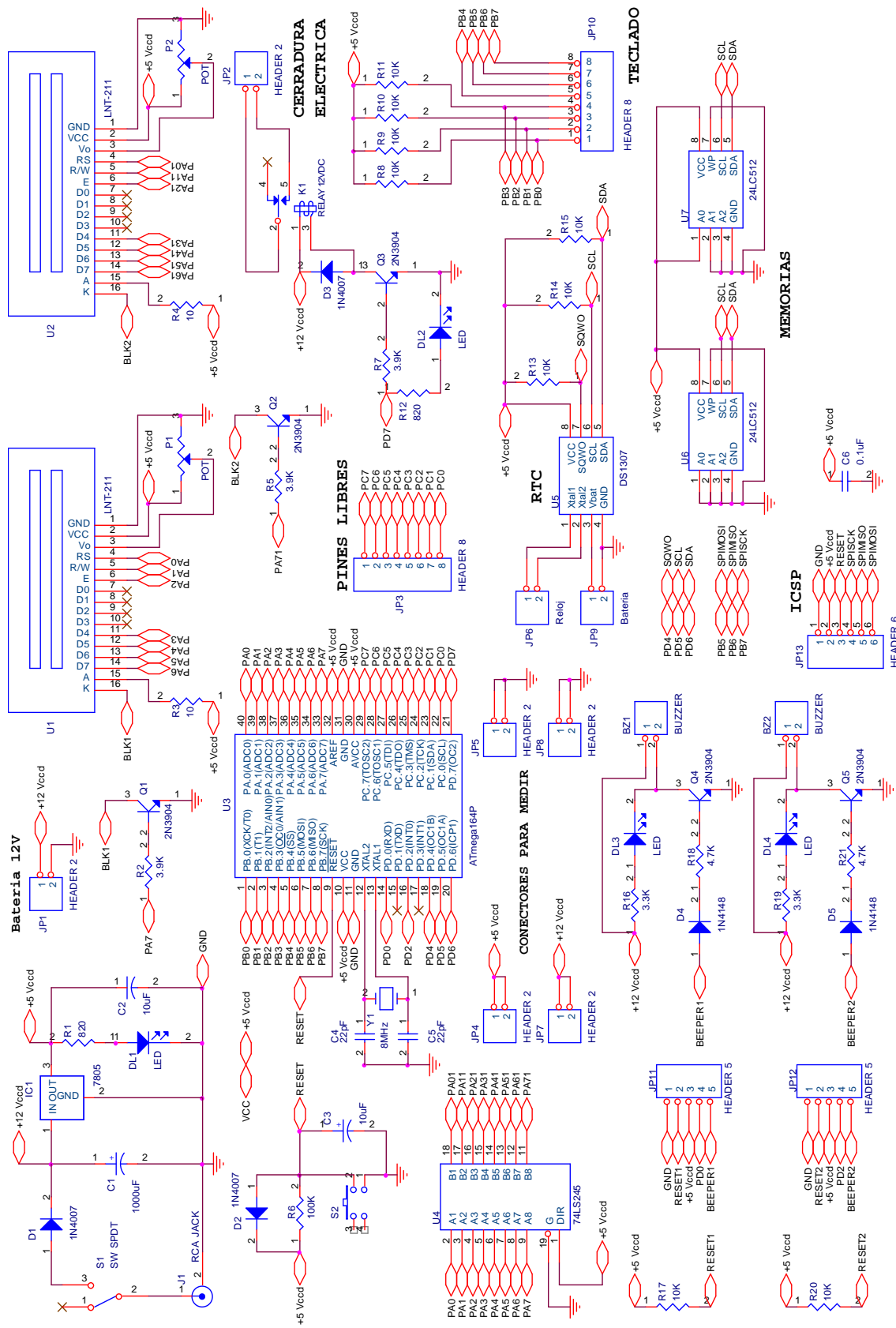


Figura 3.2 Diagrama Circuital Módulo RFID

A continuación en la figura 3.3 se muestra el circuito impreso del módulo RFID obtenido a partir del diagrama circuital.

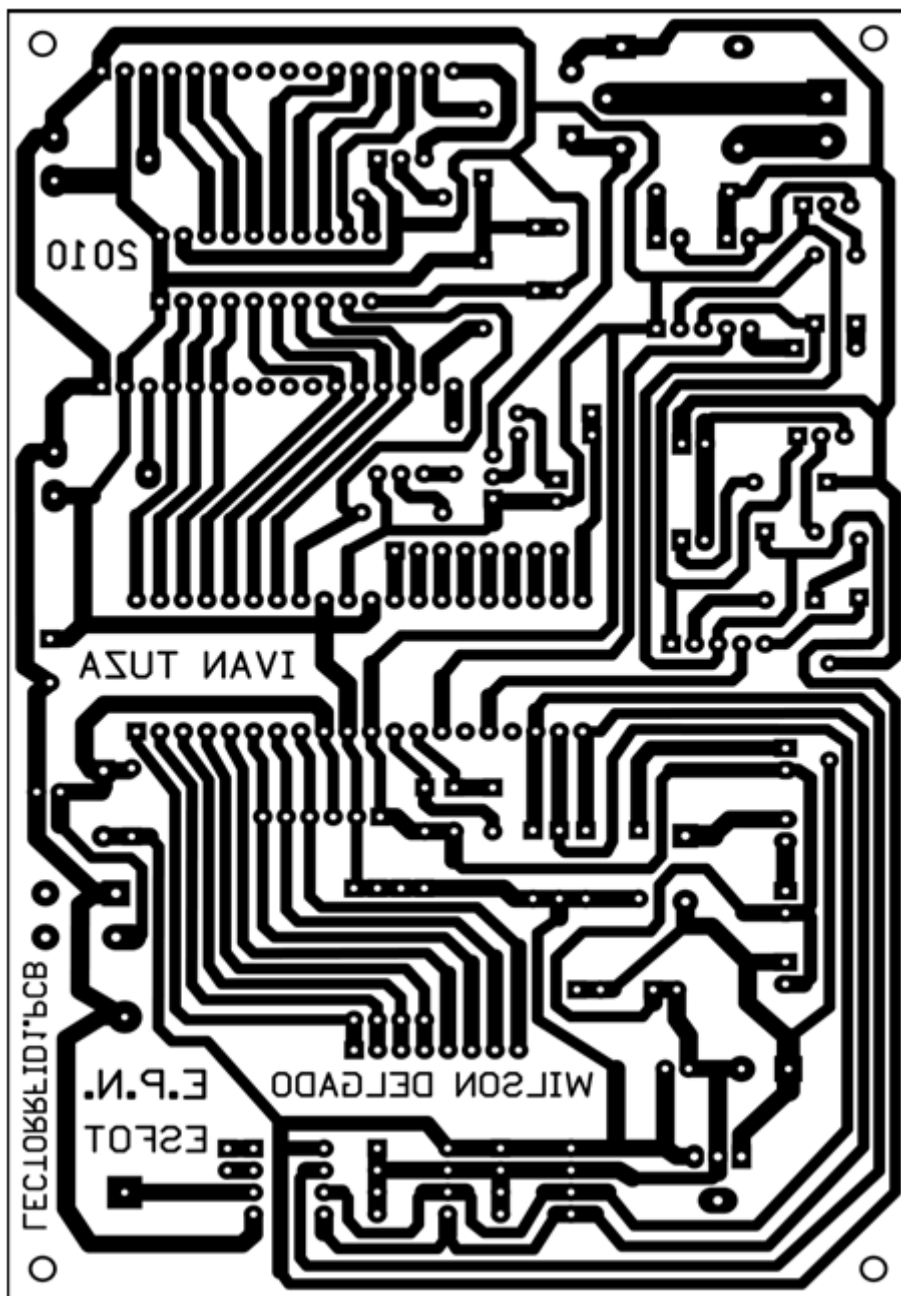


Figura 3.3 Circuito Impreso del Módulo RFID

Cabe destacar que la parte superior del circuito impreso debe llevar una impresión con la finalidad de ayudarnos a la colocación, o en caso de algún daño, a la sustitución de los elementos soldados al mismo, este diagrama se lo obtiene, de

igual manera, del programa Orcad Capture, el cual nos indicará la posición de los dispositivos.

En la figura 3.4 se puede apreciar la parte frontal de la tarjeta electrónica del módulo RFID.

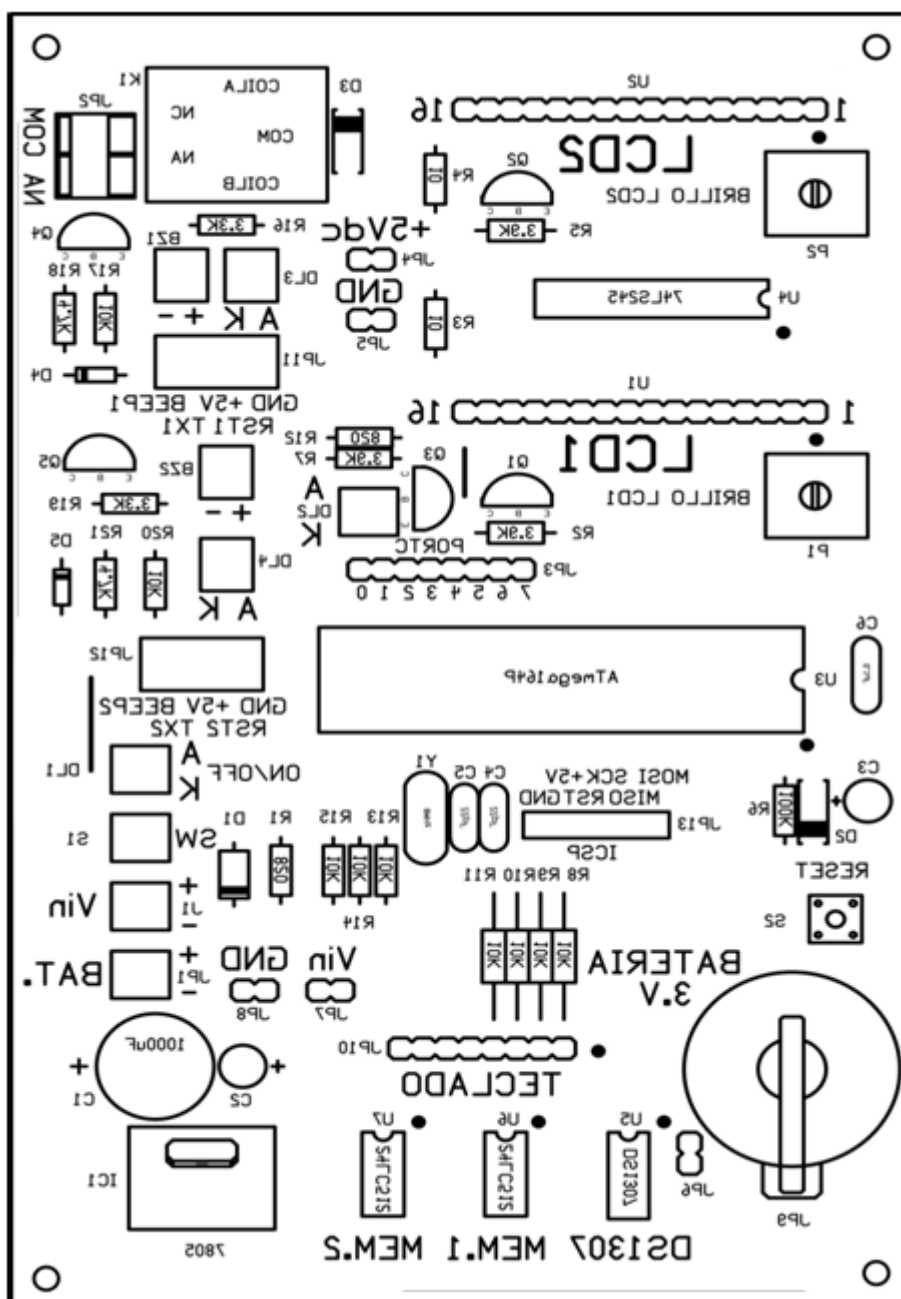


Figura 3.4 Parte frontal de la tarjeta electrónica

Debido a posibles problemas en la conexión de los lectores ID-12 hacia el circuito impreso, se optó por generar las conexiones de estos chips en una placa más pequeña la cual se comunicará con el resto del circuito por medio de un bus en el módulo interno de la oficina y por medio del cable multifilar hacia el módulo externo.

Un detalle adicional que cabe destacar es el hecho de que este circuito integrado tiene una distancia menor entre sus pines por lo que tuvimos que efectuar ciertas ediciones al momento de crear el circuito impreso.

En la figura 3.5 se puede observar las vistas frontales y posteriores del circuito impreso elaboradas para el ID- 12.

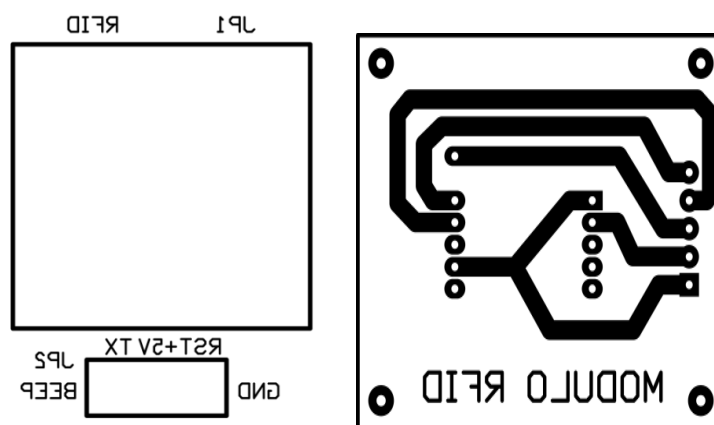


Figura 3.5 Vistas frontal y posterior del circuito impreso para el integrado ID-12

3.2.2 TRASFERENCIA TÉRMICA HACIA LA LÁMINA DE COBRE

Una vez que ha concluido el proceso de diseño de todas las pistas correspondientes al módulo RFID procedemos a imprimirlas en papel termotransferible, el cual es elaborado para este mismo tipo de procedimientos electrónicos, existen otros métodos los cuales utilizan acetatos o papel fotográfico. Cabe destacar que la impresión se debe realizar desde una impresora tipo laser para así asegurar la transferencia del ruteado del papel a la baquelita.

La transferencia del circuito impreso del papel a la baquelita se la realiza por efecto de elevación de temperatura para esto se utiliza una plancha que se encuentre a una temperatura adecuada para este fin. En nuestro caso bastó con 30 segundos de calor para que toda la tinta se transfiera al cobre de la baquelita.

3.2.3 PROCESO DE ATACADO (REDUCCIÓN DEL COBRE) ^[14]

Como paso siguiente se debe atacar al cobre de la baquelita que no está protegido por la impresión con la ayuda de cloruro férrico que al ser mezclado con agua presenta una reacción química la cual produce un efecto de desgaste sobre el cobre expuesto.

En la figura 3.6 se observa el resultado de someter a la baquelita al proceso antes descrito

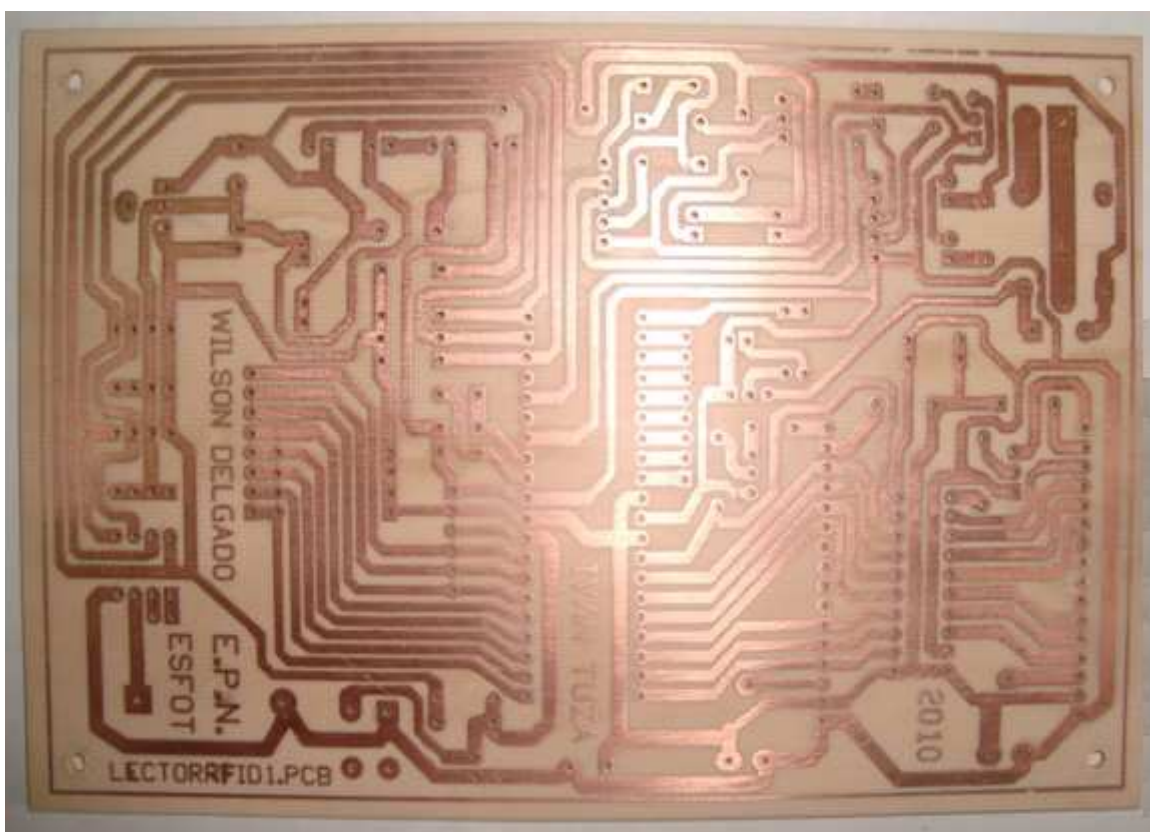


Figura 3.6 Tarjeta electrónica

Una vez finalizado el proceso de atacado a la baquelita ésta fue limpiada para después verificar que todas las pistas del circuito se encuentren enteras y presenten conductividad y de esta manera poder comenzar a soldar los elementos que conforman el módulo RFID en ella.

3.2.4 PROCESO DE SOLDADURA DE LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

Todos los elementos electrónicos serán soldados a la placa a excepción de algunos dispositivos que se conectarán por medio del cable multifilar con el objetivo de desplazarlo al módulo externo de la puerta, además de otros elementos que son indicadores de control como los LCDs, algunos LEDs, los buzzers y los mismos lectores.

En la figura 3.7 se puede observar todos los elementos que intervienen en el prototipo.

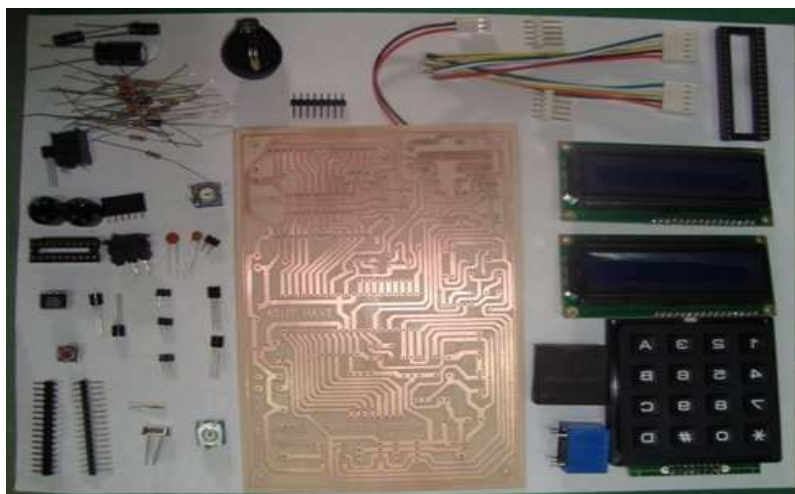


Figura 3.7 Elementos del prototipo

3.2.4.1 Materiales

En la etapa de soldadura se utilizó los siguientes materiales:

- Estaño
- Cautín tipo lápiz de 30 W
- Pasta fundente

Con la ayuda del cautín, estaño y pasta fundente se realizó el proceso de soldadura de los elementos electrónicos correspondientes al módulo RFID.

En la figura 3.8 se presenta la tarjeta electrónica del prototipo RFID al finalizar la etapa de soldadura.

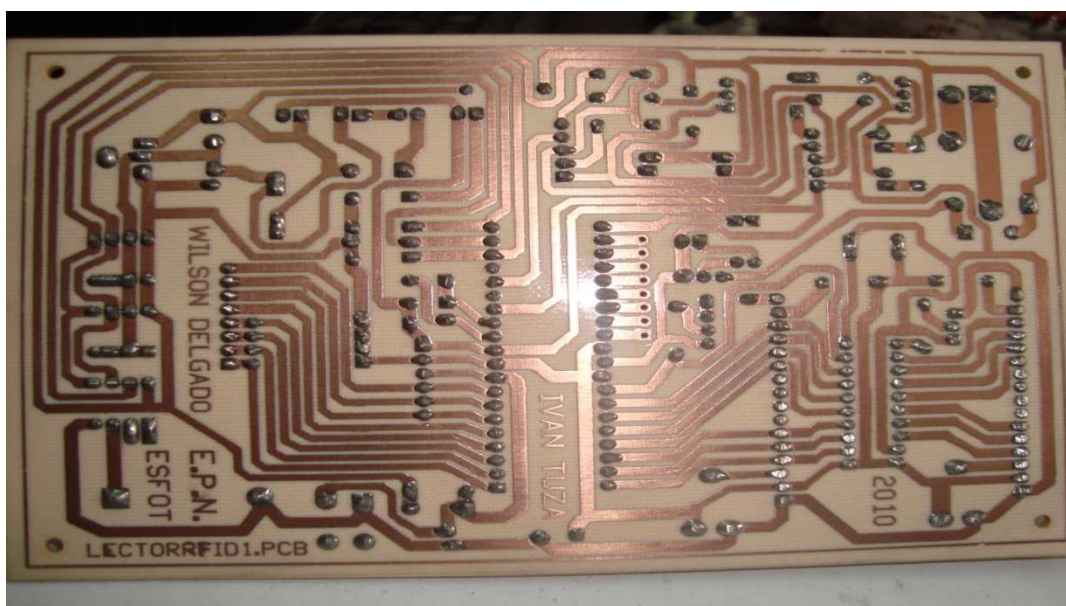


Figura 3.8 Tarjeta electrónica al final del proceso de soldadura

Como siguiente paso se realizó la limpieza de la tarjeta electrónica una vez que todos los elementos que intervienen en ella han sido soldados.

La etapa final de limpieza de la tarjeta electrónica es de gran importancia ya que se la realizará para eliminar la presencia de residuos o de pasta fundente que pueden causar cortocircuitos en la tarjeta electrónica.

Finalmente acoplamos todos los elementos a sus respectivas cajas con el objeto que estén listos para su instalación. En la figura 3.9 podemos apreciar los dos módulos del prototipo finalizado.



Figura 3.9 Módulos del prototipo construidos

3.2.4.2 Instalación del prototipo en su lugar de operación

A continuación se describe la instalación de módulo RFID en su lugar de trabajo.

- Se ubicó el primer módulo en la parte interna de la oficina junto a la pared de la puerta de la oficina sujetándolo con tornillos de media pulgada, y el mismo procedimiento se realizó para el segundo módulo en la parte externa de la oficina
- Como segundo paso se utilizó un cable multifilar de 20 hilos para comunicar los dos módulos el cual fue guiado de la mejor manera para evitar daños sobre el mismo además cabe destacar que la distancia del mismo fue de 50 centímetros sin perder comunicación.
- A continuación se instaló la cerradura eléctrica de acuerdo a sus especificaciones, incluyendo su instalación eléctrica y su comunicación hacia el módulo interno del prototipo.
- Posteriormente cubrimos con canaleta todas las instalaciones con el objeto de evitar daños sobre las mismas.
- Finalmente se conectó el prototipo a la red eléctrica para que comience a operar.

3.3 PRUEBAS DEL PROTOTIPO

Una vez finalizado todo el proceso de construcción e instalación realizamos las pruebas con el fin de verificar el funcionamiento de todo el sistema, Este en si se considera operativo una vez que se encuentra mostrando en sus LCDs la hora y fecha actual, es ahí donde está esperando se produzca alguna de las dos interrupciones de los lectores ID-12, En la figura 3.10 se muestra el estado de un LCD del módulo cuando está en operación.

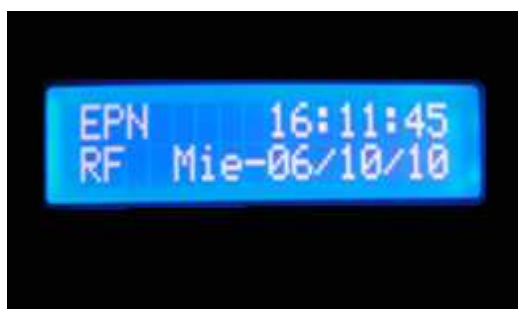


Figura 3.10 Módulo en modo de operación normal

3.3.1 ACCESO AL MENÚ DE CONFIGURACIÓN

El prototipo no permite el acceso al menú de configuración a menos que se presione la tecla A. Una vez presionada esta tecla nos pedirá una clave maestra de cuatro dígitos que por defecto es "1234", ésta se la podrá cambiar en un procedimiento posteriormente descrito, en la figura 3.11 se muestra al LCD pidiendo la contraseña.



Figura 3.11 LCD del módulo solicitando contraseña de acceso

Una vez que se ha ingresado bien la clave se muestra el menú de configuración con una pantalla indicando sus 6 posibles opciones, en la figura 3.12 se muestra el menú de configuración en el LCD.



Figura 3.12 LCD del módulo mostrando menú de configuración

3.3.2 AJUSTE DE RTC EN EL MÓDULO INTERNO

La primera opción de este menú nos permitirá configurar el reloj del sistema para lo cual debemos presionar la tecla A para acceder a la configuración, la tecla 1 nos permitirá incrementar, la tecla 2 nos permitirá decrementar y la tecla 3 nos permitirá desplazar entre los campos del RTC. En la Figura 3.13 podemos apreciar la pantalla de LCD durante una configuración del RTC.

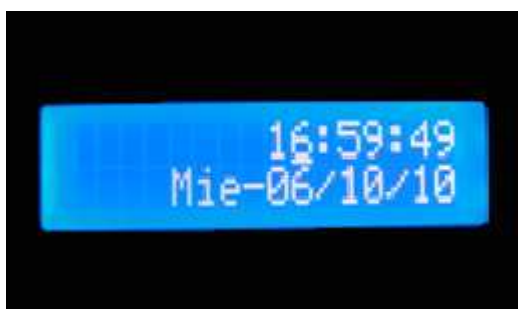


Figura 3.13 LCD del módulo ajustando RTC

3.3.3 AGREGACIÓN DE NUEVOS TAGS

Para poder grabar un tag nuevo se presiona la tecla B y en ésta se habilita la lectura desde el pin PD0, una vez acercado el tag al lector el microcontrolador

almacena el código y lo asigna a un usuario, en la figura 3.14 se muestra al LCD esperando la lectura del lector interno para grabar un tag.



Figura 3.14 LCD del módulo grabando tag

3.3.4 VISUALIZACIÓN DE DATOS

A continuación se apreciará las pantallas de dos submenús cuya función es la visualización de accesos y usuarios, en la figura 3.15 se muestra una pantalla LCD pidiendo la selección de registros a visualizar.



Figura 3.15 LCD del módulo solicitando seleccionar visualizaciones

3.3.4.1 Visualización de accesos

Para esta prueba hemos grabados previamente 3 tags además de haber accionado el dispositivo por 10 ocasiones, para poder desplazarnos entre estos registros debemos utilizar las teclas 1 y 2, cada registro nos brinda información de hora y fecha exacta de activación del circuito, el usuario que lo activó y un conteo del número de registros. En la figura 3.16 se detalla el formato de la pantalla del LCD durante una visualización de registros de accesos.

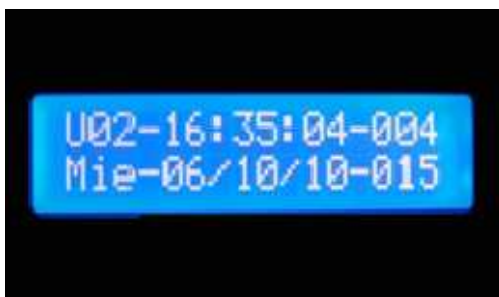


Figura 3.16 LCD del módulo mostrando un Registro de acceso

3.3.4.2 Visualización de usuarios

Esta prueba nos permitió verificar el almacenamiento de los usuarios en la memoria externa implementada, se ha grabado previamente 6 usuarios, la información visualizada nos muestra el número de usuario, la cantidad de usuarios y el código del tag asignado al usuario. En la figura 3.17 nos muestra una visualización de un usuario permitido por el sistema.

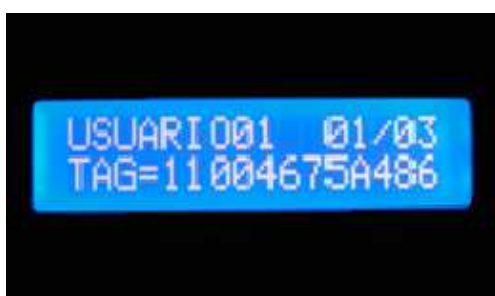


Figura 3.17 LCD del módulo mostrando un registro de un usuario grabado

3.3.5 CAMBIO DE CONTRASEÑA DE ACCESO

Esta prueba consiste en el cambio de contraseña para el acceso a la configuración, a esta opción se accede presionando la tecla # en el menú de configuración, básicamente nos pedirá la contraseña anterior y una nueva contraseña, para confirmar se presiona la tecla # y nos indicará si la clave fue cambiada exitosamente, ante posibles errores este menú nos indicará si se ingresó un menor número de dígitos de los requeridos o a su vez si hemos digitado la clave anterior.

En la figura 3.18 se muestra la pantalla del LCD indicándonos que la clave se cambió con éxito.



Figura 3.18 LCD del módulo mostrando que se cambió la clave satisfactoriamente

3.3.6 LECTURAS

En esta sección analizaremos dos simples pruebas que consisten en acercar un tag autorizado y otro no autorizado para esperar la respuesta del módulo, en la figura 3.19 muestra el momento de acercamiento de un tag.



Figura 3.19 Acercamiento de un tag al módulo

3.3.6.1 Lectura de un tag autorizado

Hemos grabado previamente un tag autorizado y ahora éste deberá permitirnos la activación del circuito de control de la cerradura, para lo cual acercamos el tag a cualquiera de los dos lectores, una vez recibida cualquiera de las dos

interrupciones podemos apreciar en los LCDs la visualización representada en la figura 3.20



Figura 3.20 LCD del módulo indicando que el tag es autorizado

3.3.6.2 Lectura de un tag no autorizado

Cuando se acerque hacia cualquiera de los dos lectores un tag cuyo código no haya sido grabado previamente, el circuito de control de la cerradura no se activará y se observará el mensaje mostrado en la figura 3.21



Figura 3.21 LCD del módulo indicando que un tag no está autorizado

3.3.7 RESETEO DE REGISTROS

Esta opción nos permitirá realizar un reinicio de los registros en las memorias externas del módulo, además nos permite seleccionar entre los registros de usuarios y los registros de acceso como lo indica la figura 3.22



Figura 3.22 LCD del módulo solicitando seleccionar opción a resetear

3.3.7.1 Reseteo de registros de acceso

Esta opción nos permitirá borrar todos los registros de acceso almacenados en la memoria M1 del módulo, en la figura 3.23 nos muestra una pantalla del LCD pidiendo confirmar el reseteo.



Figura 3.23 LCD solicitando confirmación de reseteo de registros de acceso

3.3.7.2 Reseteo de registros de usuarios

Esta opción nos permitirá borrar todos los usuarios almacenados en la memoria M2 del módulo, en la figura 3.24 nos muestra una pantalla del LCD pidiendo confirmar el reseteo.



Figura 3.24 LCD del módulo solicitando confirmación de reseteo de tags.

3.4 RESUMEN DE FUNCIONES DEL MÓDULO

Durante la configuración del módulo en sus diferentes menús requieren de la digitación del teclado y es por esta razón que a continuación se presenta un resumen de las funciones de cada tecla.

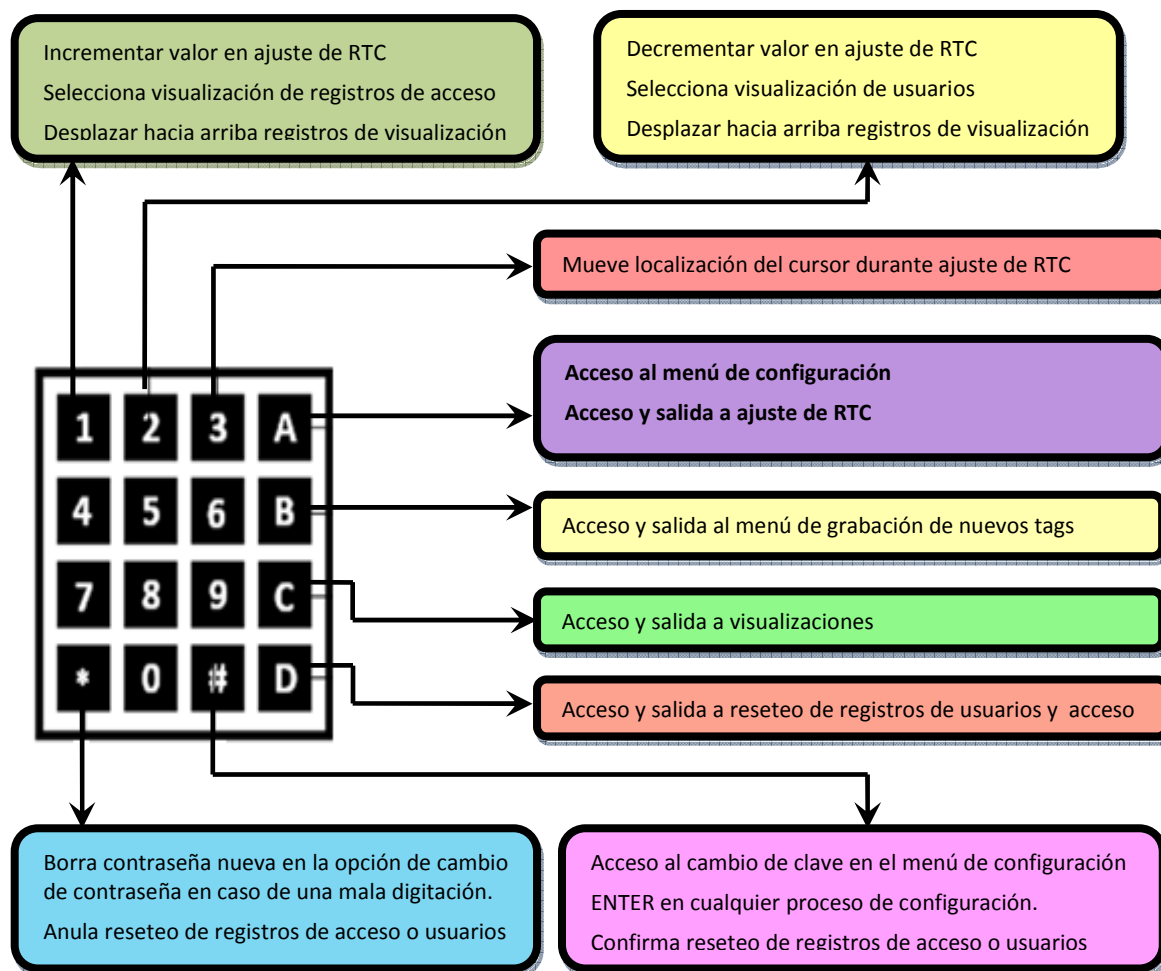


Figura 3.25 Resumen de funciones del módulo

3.5 PRESUPUESTO REFERENCIAL

A continuación presentamos el listado de los componentes utilizados durante la construcción del módulo con su respectivo costo actual.

Dispositivo o Elemento	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
Lector RFID ID-12 Innovations	2	56,60	113,20
Tag RFID Card EM4	2	2,50	5,00
Tag RFID llavero EM4	1	4,50	4,50
Buzzer	2	1,00	2,00
Capacitor 1000Uf	1	0,40	0,40
Capacitor 10Uf	2	0,15	0,30
Capacitor 22uF	2	0,15	0,30
Capacitor 0,1Uf	1	0,15	0,15
LED	4	0,30	1,20
Diodos 1N4007	3	0,15	0,45
Diodos 1N4148	2	0,15	0,30
Regulador 7805	1	1,50	1,50
Jumpers 2 pines	6	0,30	1,80
Jumpers 8 pines	2	0,90	1,80
Cristal	1	1,00	1,00
Batería 3,3V	1	1,00	1,00
Jumper 6 pines	1	0,70	0,70
Conector para fuente DC	1	0,40	0,40
Relay 12VDC	1	1,00	1,00
Potenciómetro 10K	2	1,00	2,00
Transistores 2N3904	5	0,10	0,50
Resistencias 820 Ω	2	0,05	0,10
Resistencias 3,9K Ω	3	0,05	0,15
Resistencias 10 Ω	2	0,05	0,10
Resistencias 100K Ω	1	0,05	0,05
Resistencias 10K Ω	9	0,05	0,45
Resistencias 1K Ω	2	0,05	0,10
Resistencias 4,7K Ω	2	0,05	0,10
SW micro interruptor	1	0,40	0,40
Pulsador	1	0,40	0,40
Atmega164P	1	6,00	6,00
74LS245	1	1,00	1,00
DS1307	1	5,00	5,00
24LC512	2	5,00	10,00
Cristal 8Mhz	1	1,00	1,00
Zócalo 40 pines	1	1,50	1,50
Zócalo 8 pines	3	0,20	0,60
Zócalo 20 pines	1	0,30	0,30
LCD	2	10,00	20,00
Cables planos	3	3,00	9,00
Zócalo Pila 3,3V	1	1,00	1,00
Teclado	1	10,00	10,00
Conectores 2 pines	6	0,30	1,80
Cables de Conexión	1	3,00	3,00
Cajas para proyectos	2	10,00	20,00
Cerradura eléctrica	1	80,00	80,00
TOTAL			311,55

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Este proyecto fue elaborado con la finalidad de implementar una aplicación específica sobre la tecnología RFID, como lo es el control de acceso hacia una área específica de la ESFOT por medio de la activación de una cerradura eléctrica, para lo cual se ha documentado todas las características que hacen de este tipo de tecnología de radiofrecuencia una de las más difundidas y en constante crecimiento en la actualidad.
- La tecnología RFID ha sido utilizada para la construcción de nuestro prototipo debido a sus prestaciones como la capacidad de no requerir línea de vista entre lector y tag, una alta eficacia en la transmisión de datos, la identificación única de un tag, la alta capacidad de datos almacenados en cada tag y la seguridad de la información almacenada la cual no puede ser alterada o duplicada como en otro tipo de tecnologías afines.
- Las características generales del prototipo se apegan a sistemas RFID que trabajan en la banda de LF la cual es muy utilizada en este tipo de aplicación, los tags utilizados son del tipo pasivo, que requieren un acoplamiento inductivo para realizar la comunicación con el lector.
- Una ventaja de este tipo de tecnología para los controles de acceso es que el usuario casi no interactúa como en otros sistemas donde es necesario el ingreso de claves lo cual se presta a errores de digitación y olvidos de contraseña, más bien su problemática gira en torno al robo o pérdida de los tags, lo cual genera la necesidad de bloqueo inmediato de los mismos desde el dispositivo lector con el fin de evitar accesos no autorizados.
- El prototipo RFID de control de acceso fue desarrollado por medio de un lector RFID ID-12 el cual recibe la información transmitida desde los tags a

través de radiofrecuencia, y envía dicha información por medio de una comunicación serial hacia un microcontrolador ATmega644P el cual se encarga de procesarla para determinar si realiza cualquiera de las dos acciones: denegar o aceptar un acceso, para finalmente almacenar dicha información y llevar un registro de los accesos por parte de tags autorizados.

- El software utilizado para la elaboración del programa del microcontrolador ATmega644P fue el Bascom AVR, que es uno de los más utilizados y difundidos para este tipo de microcontroladores, el cual nos permitió desarrollar el código fuente para todas las funciones requeridas por parte del prototipo.
- El dispositivo prototipo tiene la capacidad de desarrollar funciones específicas básicas para un control de acceso como la agregación de códigos de tags autorizados, reescritura de códigos de tags autorizados, un ajuste de RTC para llevar un control de acceso que incluya hora y fecha actualizada, visualización del estado del sistema, también incorporar una clave para acceder a todas estas funcionalidades.
- La instalación del prototipo se lo hizo en una puerta de acceso de una oficina de la ESFOT, lugar en el cual se comprobó el correcto funcionamiento con tres tags de prueba, los cuales quedarán para el uso de las personas que operen en dicha oficina.
- El prototipo construido es autónomo, no depende de otros sistemas externos como computadores para su operación, por lo cual el módulo de configuración por teclado se lo incorporó en la parte interna de la oficina con el fin de que otras personas no intenten acceder al mismo, además este contará con una contraseña que solo la conocerá el administrador.

4.2 RECOMENDACIONES

- El administrador que vaya a realizar ajustes en las opciones de configuración del prototipo debe seguir el procedimiento adecuado descrito en el capítulo 3 del proyecto con el fin de evitar problemas o posibles errores en el funcionamiento del mismo.
- Para obtener una eficiente lectura entre lector y tag se recomienda no instalarlo cerca de materiales como el agua o la sal ya que estos atenúan las ondas de radiofrecuencia, mientras que el ubicarlo cerca de materiales metálicos produciría reflexiones de las ondas pudiendo provocar lecturas erróneas.
- Se debe tomar en cuenta que hemos optado por incorporar dos memorias adicionales en el dispositivo para el almacenamiento de un máximo de 200 usuarios y 1500 registros de acceso, estos valores están preestablecidos, en el programa del AVR y hay que tomar en cuenta que no los podemos alterar a menos que se vuelva a grabar el microcontrolador.
- El prototipo debe estar permanente alimentado con su fuente de alimentación, la ausencia de la misma no provocaría un desfasaje en el tiempo del RTC ya que este posee una pila de alimentación de 3.3 V, pero es recomendable verificar un posible desajuste.
- A pesar de que el prototipo podría funcionar por medio de una batería en el caso de una ausencia de energía eléctrica de la red, existiría otro problema relacionado con respecto a la activación de la cerradura la cual únicamente funciona por medio de un voltaje aplicado de 16VAC. Este problema se podría solucionar instalando adicionalmente un dispositivo electrónico llamado UPS el cual brinda un respaldo de energía AC con lo cual se haría un respaldo total de energía, pero como última opción y aunque no es el objetivo del proyecto, se presenta la opción de tener una llave de la cerradura, en caso de posibles fallas en el sistema general del prototipo.

- Se debe tomar en cuenta que la opción de agregación de nuevos códigos de tags solo se permite realizar en el módulo interno es decir por medio de la interrupción recibida por el pin PD0. El módulo de la parte externa solo permite lecturas para activación del circuito, mas no brinda opciones adicionales como la agregación de nuevos tags. Mientras que los dos lectores activan las interrupciones del microcontrolador para verificar si se activa o no la cerradura.
- Un factor importante que permitirá que el prototipo funcione adecuadamente es que se debe explicar a las personas que acceden a esta zona de la ESFOT sobre el funcionamiento del prototipo con el objetivo que tengan cuidado durante el acercamiento del tag al lector y más aún con el cuidado que se debe tener en cuanto a los tags ya que podrían ser víctimas de robo, lo cual significará que se debe notificar de inmediato a la persona que administre el dispositivo con el fin de volver a grabar un nuevo código de tag en la base de datos del microcontrolador en reemplazo del extraviado.
- En cuanto a la instalación se debe tener en cuenta que existe un cable multifilar que alimenta al módulo externo el cual debe estar debidamente guiado y protegido con el fin de evitar posibles daños físicos del mismo que afecten la comunicación hacia el módulo principal.
- Se recomienda tener en cuenta que el presente prototipo fue diseñado para admitir un límite de 99 usuarios con un almacenamiento máximo de 999 registros de acceso, debido a la limitación de visualización de los caracteres en el LCD.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS DE INTERNET

[1] Introducción a la tecnología RFID

www.rfid-magazine.com

[2] Reseña Histórica de RFID

<http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/123456789/1196/5/T%2011061%20CAPITULO%20202.pdf>

[3] Clasificación de los sistemas RFID

<http://www.iberwave.com/tiposdesistemas.html>

[4] Clases de acoplamiento entre lector y tags

http://www.cnc.gob.ar/publicaciones/N2_RFID.pdf

[5] Microcontrolador ATmega 644P

http://app.arrow.nac.com/aws/pg_DataSheetView?docid=42829226S9537095N374

[6] Lector ID-12

<http://www.msebilbao.com/notas/downloads/Lector%20RFID%20Datasheet.pdf>

[7] Modos de conexión del lector ID-12

<http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ID-12-Datasheet.pdf>

[8] Tags compatibles al lector

<http://www.sisdid.com/tarjetas/proximidad.html>

[9] LCD

<http://www.lcdinterfacing.info/Interfacing-LCD-with-VB6.php>

[10] Descripción de los pines del LCD

<http://isa.umh.es/asignaturas/sea/practicas2C/P7/practica7.pdf>

[11] Diagrama de conexión hacia el microcontrolador

<http://www.ehu.es/micros-virtual/unidad14/index.htm>

[12] Teclado Matricial

<http://www.emesystems.com/pdfs/parts/DS1307.pdf>

[13] Memoria 24LC512

<http://es.farnell.com/microchip/24lc512-i-p/eprom-serial-512k-24lc512-dip8/dp/9758020>

LIBROS

[14] REYES Carlos

Microcontroladores PIC Programación en Basic 3ra Edición

[15] COSTALES, Alcívar

Apuntes de control con microcontroladores

[16] BOYLESTAD Robert L

Teoría de Circuitos

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO A

HOJAS DE DATOS

Especificaciones Técnicas del Lector RFID ID-12 de Innovations

ANEXO B

HOJAS DE DATOS

Especificaciones técnicas MICROCONTROLADOR AVR ATmega644P/V.

ANEXO C

HOJAS DE DATOS

Especificaciones técnicas de la memoria EEPROM 24LC512

ANEXO D

HOJAS DE DATOS

Datos técnicos del DRIVER 74LS245

ANEXO E

HOJAS DE DATOS

Datos técnicos del RTC DS1307

ANEXO F

HOJAS DE DATOS

Datos Técnicos Transistor 2N3904

ANEXO G

HOJAS DE DATOS

Datos técnicos Regulador de voltaje LM7805

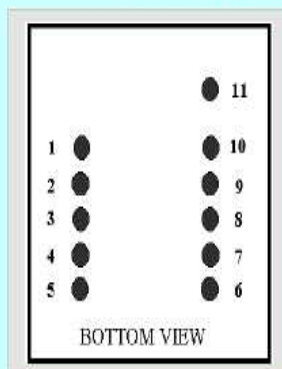
HOJAS DE DATOS RFID ID-SERIES INNOVATIONS

ID-2 / ID-12 / ID-20

The ID2, ID12 and ID20 are similar to the obsolete ID0, ID10 and ID15 MK(ii) series devices, but they have extra pins that allow Magnetic Emulation output to be included in the functionality. The ID-12 and ID-20 come with internal antennas, and have read ranges of 12+ cm and 16+ cm, respectively. With an external antenna, the ID-2 can deliver read ranges of up to 25 cm. All three readers support ASCII, Wiegand26 and Magnetic ABA Track2 data formats.



ID2 / ID12 / ID20 PIN-OUT



1. GND
2. RES (Reset Bar)
3. ANT (Antenna)
4. ANT (Antenna)
5. CP
6. Future
7. +/- (Format Selector)
8. D1 (Data Pin 1)
9. D0 (Data Pin 0)
10. LED (LED / Beeper)
11. +5V

Operational and Physical Characteristics

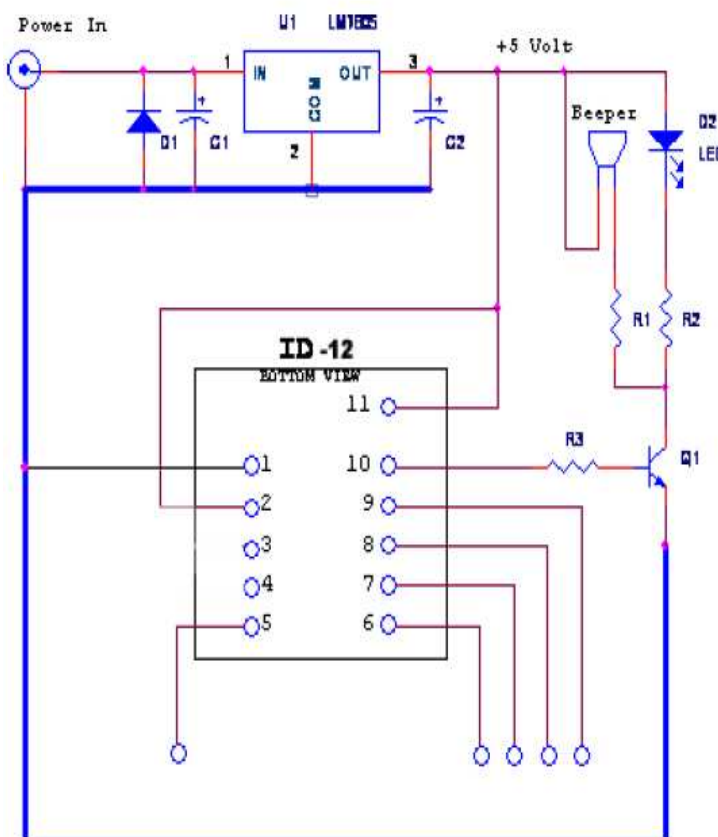
Parameters	ID-2	ID-12	ID-20
Read Range	N/A (no internal antenna)	12+ cm	16+ cm
Dimensions	21 mm x 19 mm x 6 mm	26 mm x 25 mm x 7 mm	40 mm x 40 mm x 9 mm
Frequency	125 kHz	125 kHz	125 kHz
Card Format	EM 4001 or compatible	EM 4001 or compatible	EM 4001 or compatible
Encoding	Manchester 64-bit, modulus 64	Manchester 64-bit, modulus 64	Manchester 64-bit, modulus 64
Power Requirement	5 VDC @ 13mA nominal	5 VDC @ 30mA nominal	5 VDC @ 65mA nominal
I/O Output Current	+/-200mA PK	-	-
Voltage Supply Range	+4.6V through +5.4V	+4.6V through +5.4V	+4.6V through +5.4V

Pin Description & Output Data Formats

Pin No.	Description	ASCII	Magnet Emulation	Wiegand26
Pin 1	Zero Volts and Tuning Capacitor Ground	GND 0V	GND 0V	GND 0V
Pin 2	Strap to +5V	Reset Bar	Reset Bar	Reset Bar
Pin 3	To External Antenna and Tuning Capacitor	Antenna	Antenna	Antenna
Pin 4	To External Antenna	Antenna	Antenna	Antenna
Pin 5	Card Present	No function	Card Present *	No function
Pin 6	Future	Future	Future	Future
Pin 7	Format Selector (+/-)	Strap to GND	Strap to Pin 10	Strap to +5V
Pin 8	Data 1	CMOS	Clock *	One Output *
Pin 9	Data 0	TTL Data (inverted)	Data *	Zero Output *
Pin 10	3.1 kHz Logic	Beeper / LED	Beeper / LED	Beeper / LED
Pin 11	DC Voltage Supply	+5V	+5V	+5V

* Requires 4K7 Pull-up resistor to +5V

Circuit Diagram for the ID-12/ID20



COMPONENT LIST

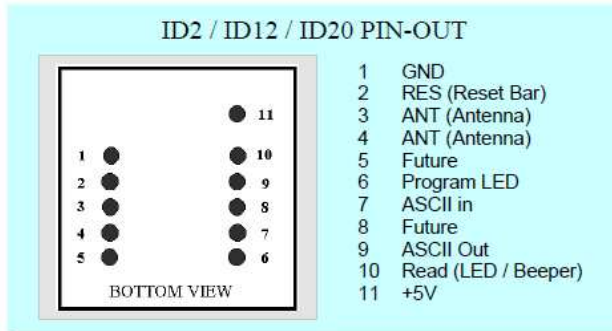
- R1 = 100R
- R2 = 1K
- R3 = 1K
- C1 = 100uF 16V
- C2 = 100uF 10V
- Beeper = 2.7-3.5KHz 100R
- D1 = 1N4001
- D2 = GREEN LED
- U1 = LM7805
- Q1 = UTC8050 (NPN)
- ID2 = ID Innovations ID2

* Please Note the ID2 has an internal tuning capacitor of 1.5nF and this makes the total tuning capacity = 2.5nF

The 3.1Khz Beeper Logic is centered for most Beepers in range 2.7-3.5Khz

ID-2RW, ID-12RW Brief Data

The ID2-RW, ID12-RW and ID15-RW are a new series of Read/Write modules for the Temec Q5 tag. It has full functionality including password. They contain built-in algorithms to assist customers programming the popular Sokymat Unique type tag. Password protection is allowed. Control is via a host computer using a simple terminal program such as hyper terminal or Qmodem.



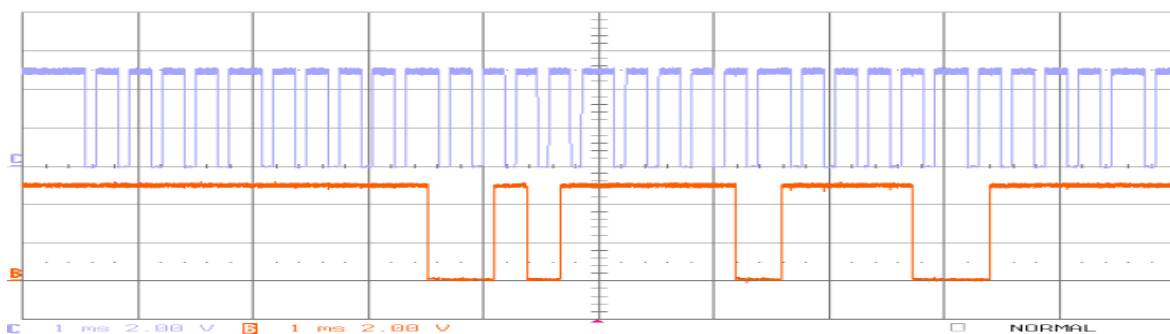
Operational and Physical Characteristics

Parameters	ID-2RW	ID-12RW	ID-20RW
Read Range	N/A (no internal antenna)	12+ cm (Unique Format)	15+ cm (Unique Format)
Dimensions	21 mm x 19 mm x 6 mm	26 mm x 25 mm x 7 mm	40 mm x 40 mm x 9 mm
Frequency	125 kHz	125 kHz	125 kHz
Card Format	Temec Q5555	Temec Q5555	Temec Q5555
Read Encoding	Manchester modulus 64	Manchester modulus 64	Manchester modulus 64
Power Requirement	5 VDC @ 13mA nominal	5 VDC @ 30mA nominal	5 VDC @ 50mA nominal
I/O Output Current	+/-200mA PK	-	-
Voltage Supply Range	+4.6V through +5.4V	+4.6V through +5.4V	+4.6V through +5.4V
Coil Detail	L = 0.6mH - 1.5mH, Q = 15-30	-	-

Description

A host computer is required to send the commands to the module. A simple terminal program such as Qmodem or Hyper-terminal can be used to send commands to the module. The blocks are individually programmable. If you have ever found that the Q5 can be a bit 'Twitchy' to program this programmer module is your solution. The command interface is simple to use and easily understood. The programmer also has two types of internal reader. One of these is provided to read Sokymat 'Unique' type tag configuration.

Magnetic Timing Diagram



DATA FORMATS

Output Data Structure – ASCII

STX (02h)	DATA (10 ASCII)	CHECK SUM (2 ASCII)	CR	LF	ETX (03h)
-----------	-----------------	---------------------	----	----	-----------

[The 1byte (2 ASCII characters) Check sum is the “Exclusive OR” of the 5 hex bytes (10 ASCII) Data characters.]

Output Data Structure – Wiegand26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
P	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	P
Even parity (E)													Odd parity (O)													

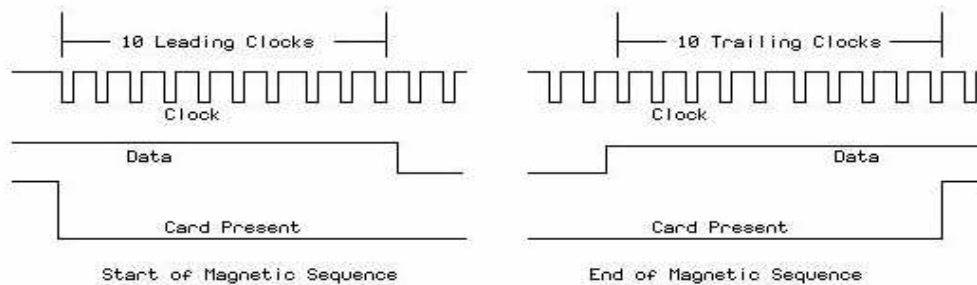
P = Parity start bit and stop bit

Output Data Magnetic ABA Track2

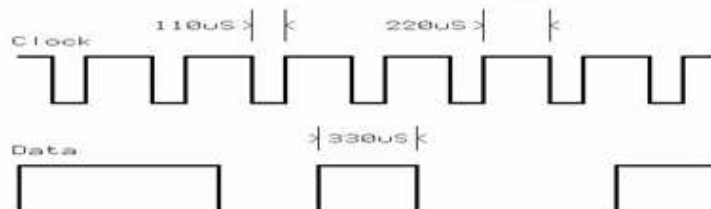
10 Leading Zeros	SS	Data	ES	LCR	10 Ending Zeros
------------------	----	------	----	-----	-----------------

[SS is the Start Character of 11010, ES is the end character of 11111, LRC is the Longitudinal Redundancy Check.]

Start and End Sequences for Magnetic Timing



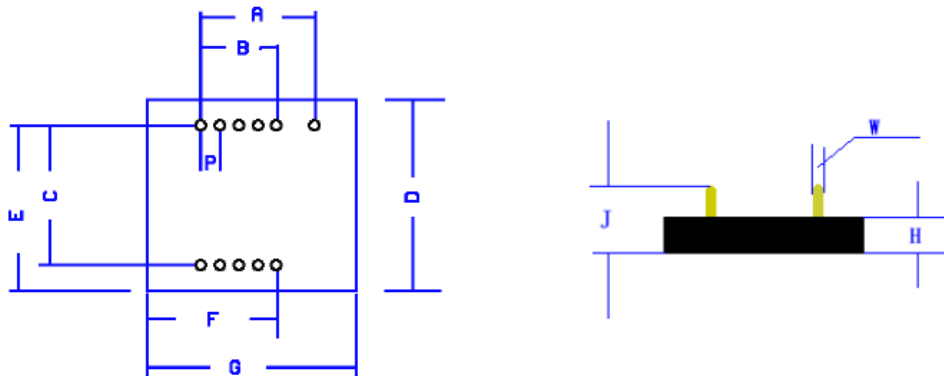
DATA TIMINGS FOR MAGNETIC EMULATION



The magnetic Emulation Sequence starts with the Card Present Line going active (down). There next follows 10 clocks with Zero '0' data. At the end of the 10 leading clocks the start character (11010) is sent and this is followed by the data. At the end of the data the end character is sent followed by the LCR. Finally 10 trailing clocks are sent and the card present line is raised.

The data bit duration is approximately 330uS. The approximate clock duration is 110uS. Because of the symmetry data can be clocked off either the rising or falling edge of the clock.

Dimensions (Top View) (mm)



	ID-2			ID-12			ID-20		
	Nom.	Min.	Max.	Nom.	Min.	Max.	Nom.	Min.	Max.
A	12.0	11.6	12.4	12.0	11.6	12.4	12.0	11.6	12.4
B	8.0	7.6	8.4	8.0	7.6	8.4	8.0	7.6	8.4
C	15.0	14.6	15.4	15.0	14.6	15.4	15.0	14.6	15.4
D	20.5	20.0	21.5	25.3	24.9	25.9	40.3	40.0	41.0
E	18.5	18.0	19.2	20.3	19.8	20.9	27.8	27.5	28.5
F	14.0	13.0	14.8	16.3	15.8	16.9	22.2	21.9	23.1
G	22.0	21.6	22.4	26.4	26.1	27.1	38.5	38.2	39.2
P	2.0	1.8	2.2	2.0	1.8	2.2	2.0	1.8	2.2
H	5.92	5.85	6.6	6.0	5.8	6.6	6.8	6.7	7.0
J	9.85	9.0	10.5	9.9	9.40	10.5	9.85	9.4	10.6
W	0.66	0.62	0.67	0.66	0.62	0.67	0.66	0.62	0.67

Note – measurements do not include any burring of edges.

NOTICE - Innovated Devices reserve the right to change these specifications without prior notice.

The Tuning Capacitor

It is recommended that the internal 1nF capacitor is used for tuning, however a capacitor may be also added externally. The combined capacitance should not exceed 2nF. Do not forget that the choice of tuning capacitor can also substantially affect the quality of your system. The Id12 is basically an ID2 with an internal antenna. The loss in an ID12 series antenna is required to be fairly high to limit the series current. A low Q will hide a lot of the shortcomings of the capacitor, but for quality and reliability and repeatability the following capacitors are recommend.

Polypropylene	Good Readily available. Ensure AC voltage at 125kHz is sufficient.
COG/NPO	Excellent. Best Choice
Silver Mica	Excellent but expensive
Polycarbonate	Good Readily available. Ensure AC voltage at 125kHz is sufficient.

Voltage Working.

A capacitor capable of withstanding the RMS voltage at 125KHz MUST be chosen. The working voltage will depend on the coil design. I suggest the designer start with rugged 1n5 Polypropylene 630v capacitor to do his experiments and the come down to a suitable size/value. The capacitor manufacturer will supply information on their capacitors. Do not simply go by the DC voltage. This means little. A tolerance of 2% is preferable. A tolerance of 5% is acceptable.

Fine Tuning

We recommend using an oscilloscope for fine-tuning. Connect the oscilloscope to observe the 125KHz AC voltage across the coil. Get a sizeable piece of ferrite and bring it up to the antenna loop. If the voltage increases then you need more inductance (or more capacitance). If the voltage decreases as you bring the ferrite up to the antenna then the inductance is too great. If you have no ferrite then a piece of aluminum sheet may be used for testing in a slightly different way. Opposing currents will flow in the aluminum and it will act as a negative inductance. If the 125kH AC voltage increases as the aluminum sheet approaches the antenna then the inductance is too high. Note it may be possible that the voltage will first maximize then decrease. This simply means that you are near optimum tuning. If you are using ferrite then the coil is a little under value and if you are using an aluminum sheet then the coil is a over under value.

HOJAS DE DATOS MICROCONTROLADOR AVR ATmega164P/V

Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 16/32/64K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 512B/1K/2K Bytes EEPROM
 - 1/2/4K Bytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/ 100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - Differential mode with selectable gain at 1x, 10x or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Two Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 1.8 - 5.5V for ATmega164P/324P/644PV
 - 2.7 - 5.5V for ATmega164P/324P/644P
- Speed Grades
 - ATmega164P/324P/644PV: 0 - 4MHz @ 1.8 - 5.5V, 0 - 10MHz @ 2.7 - 5.5V
 - ATmega164P/324P/644P: 0 - 10MHz @ 2.7 - 5.5V, 0 - 20MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C for ATmega164P/324P/644P
 - Active: 0.4 mA
 - Power-down Mode: 0.1µA
 - Power-save Mode: 0.6µA (Including 32 kHz RTC)



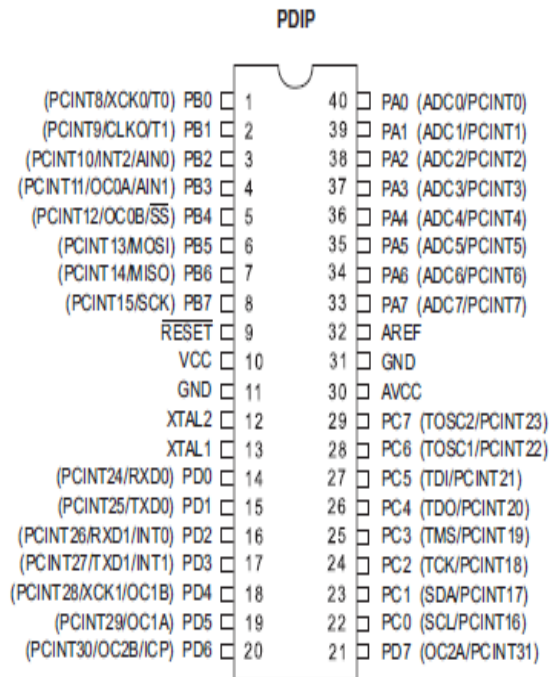
8-bit AVR®
Microcontroller
with 16/32/64K
Bytes In-System
Programmable
Flash

ATmega164P/V
ATmega324P/V
ATmega644P/V

Preliminary

1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega164P/324P/644P

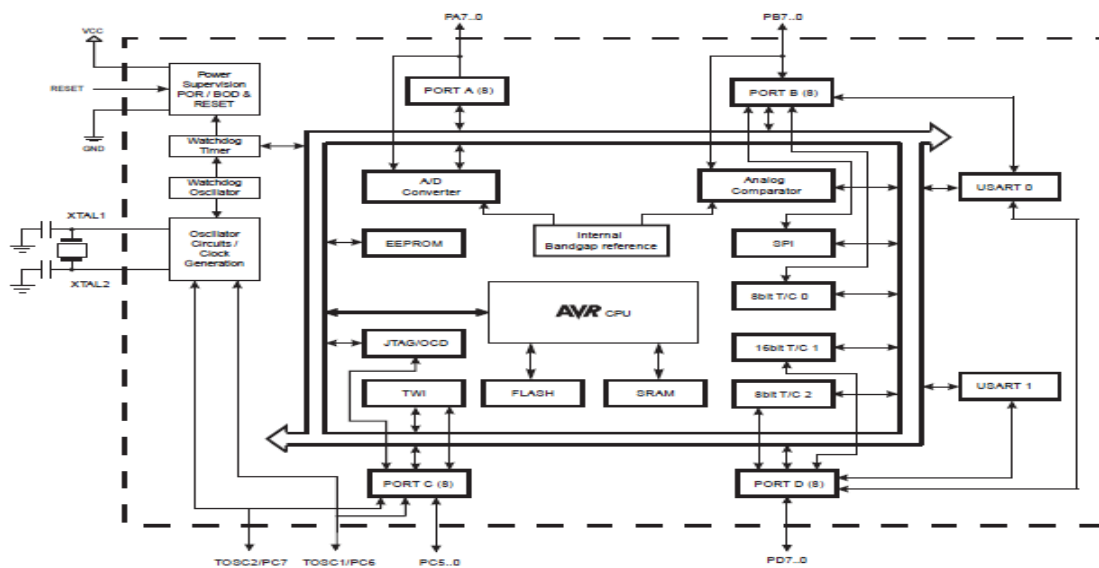


2. Overview

The ATmega164P/324P/644P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega164P/324P/644P achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

2.1 Block Diagram

Figure 2-1. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega164P/324P/644P provides the following features: 16/32/64K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 512B/1K/2K bytes EEPROM, 1/2/4K bytes SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, Real Time Counter (RTC), three flexible Timer/Counters with compare modes and PWM, 2 USARTs, a byte oriented 2-wire Serial Interface, a 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain, programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, IEEE std. 1149.1 compliant JTAG test interface, also used for accessing the On-chip Debug system and programming and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the Crystal/Resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega164P/324P/644P is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega164P/324P/644P AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

2.2 Comparison Between ATmega164P, ATmega324P and ATmega644P

Table 2-1. Differences between ATmega164P and ATmega644P

Device	Flash	EEPROM	RAM
ATmega164P	16 Kbyte	512 Bytes	1 Kbyte
ATmega324P	32 Kbyte	1 Kbyte	2 Kbyte
ATmega644P	64 Kbyte	2 Kbyte	4 Kbyte

2.3 Pin Descriptions

2.3.1 VCC

Digital supply voltage.

2.3.2 GND

Ground.

2.3.3 Port A (PA7:PA0)

Port A serves as analog inputs to the Analog-to-digital Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port A pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port A also serves the functions of various special features of the ATmega164P/324P/644P as listed on [page 80](#).

2.3.4 Port B (PB7:PB0)

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega164P/324P/644P as listed on [page 82](#).

2.3.5 Port C (PC7:PC0)

Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port C also serves the functions of the JTAG interface, along with special features of the ATmega164P/324P/644P as listed on [page 85](#).

2.3.6 Port D (PD7:PD0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega164P/324P/644P as listed on [page 87](#).

2.3.7 RESET

Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in "System and Reset Characteristics" on [page 331](#). Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

2.3.8 XTAL1

Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

2.3.9 XTAL2

Output from the inverting Oscillator amplifier.

2.3.10 AVCC

AVCC is the supply voltage pin for Port F and the Analog-to-digital Converter. It should be externally connected to V_{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.


2.3.11 AREF

This is the analog reference pin for the Analog-to-digital Converter.

5. Data Retention

Reliability Qualification results show that the projected data retention failure rate is much less than 1 PPM over 20 years at 85°C or 100 years at 25°C.

HOJAS DE DATOS MEMORIA EEPROM 24LC512



MICROCHIP 24AA512/24LC512/24FC512

512K I²C™ CMOS Serial EEPROM

Device Selection Table

Part Number	V _{CC} Range	Max. Clock Frequency	Temp. Ranges
24AA512	1.8-5.5V	400 kHz ⁽¹⁾	I
24LC512	2.5-5.5V	400 kHz	I, E
24FC512	2.5-5.5V	1 MHz	I

Note 1: 100 kHz for V_{CC} < 2.5V

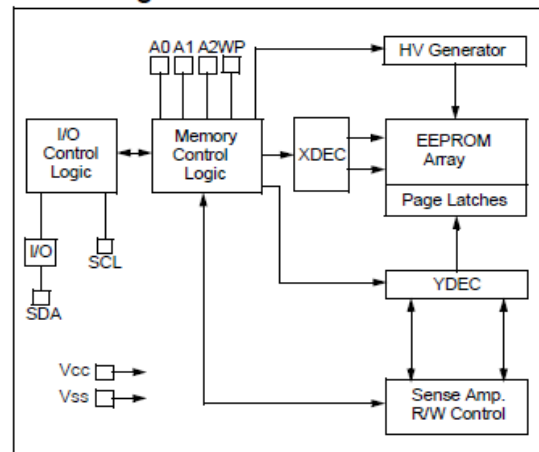
Features:

- Low-power CMOS technology:
 - Maximum write current 5 mA at 5.5V
 - Maximum read current 400 μA at 5.5V
 - Standby current 100 nA typical at 5.5V
- 2-wire serial interface bus, I²C™ compatible
- Cascadable for up to eight devices
- Self-timed erase/write cycle
- 128-byte Page Write mode available
- 5 ms max. write cycle time
- Hardware write-protect for entire array
- Schmitt Trigger inputs for noise suppression
- 1,000,000 erase/write cycles
- Electrostatic discharge protection > 4000V
- Data retention > 200 years
- 8-pin PDIP, SOIC (208 mil), and DFN packages
- 14-lead TSSOP package
- Standard and Pb-free finishes available
- Temperature ranges:
 - Industrial (I): -40°C to +85°C
 - Automotive (E): -40°C to +125°C

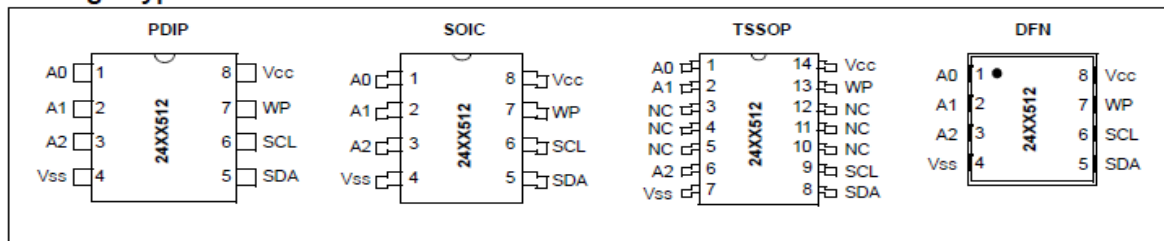
Description:

The Microchip Technology Inc. 24AA512/24LC512/24FC512 (24XX512*) is a 64K x 8 (512 Kbit) Serial Electrically Erasable PROM, capable of operation across a broad voltage range (1.8V to 5.5V). It has been developed for advanced, low-power applications such as personal communications and data acquisition. This device also has a page write capability of up to 128 bytes of data. This device is capable of both random and sequential reads up to the 512K boundary. Functional address lines allow up to eight devices on the same bus, for up to 4 Mbit address space. This device is available in the standard 8-pin plastic DIP, SOIC, DFN and 14-lead TSSOP packages.

Block Diagram



Package Type



* 24XX512 is used in this document as a generic part number for the 24AA512/24LC512/24FC512 devices.

1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings ^(†)

V _{CC}	6.5V
All inputs and outputs w.r.t. V _{SS}	-0.6V to V _{CC} +1.0V
Storage temperature	-65°C to +150°C
Ambient temperature with power applied.....	-40°C to +125°C
ESD protection on all pins	≥ 4 kV

† NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operational listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

TABLE 1-1: DC CHARACTERISTICS

DC CHARACTERISTICS			Electrical Characteristics:			
			Industrial (I): V _{CC} = +1.8V to 5.5V		T _A = -40°C to +85°C	
			Automotive (E): V _{CC} = +2.5V to 5.5V		T _A = -40°C to +125°C	
Param. No.	Sym	Characteristic	Min	Max	Units	Conditions
D1	—	A0, A1, A2, SCL, SDA and WP pins:	—	—	—	—
D2	V _{IH}	High-level input voltage	0.7 V _{CC}	—	V	—
D3	V _{IL}	Low-level input voltage	—	0.3 V _{CC} 0.2 V _{CC}	V V	V _{CC} ≥ 2.5V V _{CC} < 2.5V
D4	V _{HYS}	Hysteresis of Schmitt Trigger inputs (SDA, SCL pins)	0.05 V _{CC}	—	V	V _{CC} ≥ 2.5V (Note)
D5	V _{OL}	Low-level output voltage	—	0.40	V	I _{OL} = 3.0 ma @ V _{CC} = 4.5V I _{OL} = 2.1 ma @ V _{CC} = 2.5V
D6	I _{LI}	Input leakage current	—	±1	μA	V _{IN} = V _{SS} or V _{CC} , WP = V _{SS} V _{IN} = V _{SS} or V _{CC} , WP = V _{CC}
D7	I _{LO}	Output leakage current	—	±1	μA	V _{OUT} = V _{SS} or V _{CC}
D8	C _{IN} , C _{OUT}	Pin capacitance (all inputs/outputs)	—	10	pF	V _{CC} = 5.0V (Note) T _A = 25°C, f _c = 1 MHz
D9	I _{CC} Read	Operating current	—	400	μA	V _{CC} = 5.5V, SCL = 400 kHz
	I _{CC} Write		—	5	mA	V _{CC} = 5.5V
D10	I _{CCS}	Standby current	—	1	μA	T _A = -40°C to +85°C SCL = SDA = V _{CC} = 5.5V A0, A1, A2, WP = V _{SS}
			—	5	μA	T _A = -40°C to +125°C SCL = SDA = V _{CC} = 5.5V A0, A1, A2, WP = V _{SS}

Note: This parameter is periodically sampled and not 100% tested.

TABLE 1-2: AC CHARACTERISTICS

AC CHARACTERISTICS			Electrical Characteristics:			
			Industrial (I):		$V_{CC} = +1.8V$ to $5.5V$	$T_A = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$
			Automotive (E):		$V_{CC} = +2.5V$ to $5.5V$	$T_A = -40^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$
Param. No.	Sym	Characteristic	Min	Max	Units	Conditions
1	FCLK	Clock frequency	— — —	100 400 1000	kHz	$1.8V \leq V_{CC} < 2.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ 24FC512
2	T _{HIGH}	Clock high time	4000 600 500	— — —	ns	$1.8V \leq V_{CC} < 2.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ 24FC512
3	T _{LOW}	Clock low time	4700 1300 500	— — —	ns	$1.8V \leq V_{CC} < 2.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ 24FC512
4	T _R	SDA and SCL rise time (Note 1)	— — —	1000 300 300	ns	$1.8V \leq V_{CC} < 2.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ 24FC512
5	T _F	SDA and SCL fall time (Note 1)	— —	300 100	ns	All except, 24FC512 $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ 24FC512
6	T _{HD:STA}	Start condition hold time	4000 600 250	— — —	ns	$1.8V \leq V_{CC} < 2.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ 24FC512
7	T _{SU:STA}	Start condition setup time	4700 600 250	— — —	ns	$1.8V \leq V_{CC} < 2.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ 24FC512
8	T _{HD:DAT}	Data input hold time	0	—	ns	(Note 2)
9	T _{SU:DAT}	Data input setup time	250 100 100	— — —	ns	$1.8V \leq V_{CC} < 2.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ 24FC512
10	T _{SU:STO}	Stop condition setup time	4000 600 250	— — —	ns	$1.8V \leq V_{CC} < 2.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ 24FC512
11	T _{SU:WP}	WP setup time	4000 600 600	— — —	ns	$1.8V \leq V_{CC} < 2.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ 24FC512
12	T _{HD:WP}	WP hold time	4700 1300 1300	— — —	ns	$1.8V \leq V_{CC} < 2.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ 24FC512
13	T _{AA}	Output valid from clock (Note 2)	— — —	3500 900 400	ns	$1.8V \leq V_{CC} < 2.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ 24FC512
14	T _{BUF}	Bus free time: Time the bus must be free before a new transmission can start	4700 1300 500	— — —	ns	$1.8V \leq V_{CC} < 2.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ $2.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ 24FC512
16	T _{SP}	Input filter spike suppression (SDA and SCL pins)	—	50	ns	All except, 24FC512 (Notes 1 and 3)
17	T _{WC}	Write cycle time (byte or page)	—	5	ms	—
18	—	Endurance	1,000,000	—	cycles	25°C (Note 4)

Note 1: Not 100% tested. C_B = total capacitance of one bus line in pF.

2: As a transmitter, the device must provide an internal minimum delay time to bridge the undefined region (minimum 300 ns) of the falling edge of SCL to avoid unintended generation of Start or Stop conditions.

3: The combined T_{SP} and V_{HYS} specifications are due to new Schmitt Trigger inputs which provide improved noise spike suppression. This eliminates the need for a T_I specification for standard operation.

4: This parameter is not tested but ensured by characterization. For endurance estimates in a specific application, please consult the Total Endurance™ Model which can be obtained from Microchip's web site: www.microchip.com.

2.1 A0, A1 and A2 Chip Address Inputs

The A0, A1 and A2 inputs are used by the 24XX512 for multiple device operations. The logic levels on these inputs are compared with the corresponding bits in the slave address. The chip is selected if the compare is true.

Up to eight devices may be connected to the same bus by using different Chip Select bit combinations. If these pins are left unconnected, the inputs will be pulled down internally to Vss. If they are tied to Vcc or driven high, the internal pull-down circuitry is disabled.

In most applications, the chip address inputs A0, A1, and A2 are hard-wired to logic '0' or logic '1'. For applications in which these pins are controlled by a microcontroller or other programmable logic device, the chip address pins must be driven to logic '0' or logic '1' before normal device operation can proceed.

2.2 Serial Data (SDA)

This is a bidirectional pin used to transfer addresses and data into and data out of the device. It is an open-drain terminal, therefore, the SDA bus requires a pull-up resistor to Vcc (typical 10 kΩ for 100 kHz, 2 kΩ for 400 kHz and 1 MHz).

For normal data transfer, SDA is allowed to change only during SCL low. Changes during SCL high are reserved for indicating the Start and Stop conditions.

(NC)	—	—	10, 11, 12	—	Not Connected
WP	7	7	13	7	Write-Protect Input
Vcc	8	8	14	8	+1.8V to 5.5V (24AA512) +2.5V to 5.5V (24LC512) +2.5V to 5.5V (24FC512)

2.3 Serial Clock (SCL)

This input is used to synchronize the data transfer from and to the device.

2.4 Write-Protect (WP)

This pin can be connected to either Vss or Vcc. Internal pull-down circuitry on this pin will keep the device in the unprotected state if left floating, however, floating this pin is not recommended for most applications. If tied to Vss, normal memory operation is enabled (read/write the entire memory 0000-FFFF).

If tied to Vcc, write operations are inhibited. Read operations are not affected.

3.0 FUNCTIONAL DESCRIPTION

The 24XX512 supports a bidirectional 2-wire bus and data transmission protocol. A device that sends data onto the bus is defined as a transmitter and a device receiving data as a receiver. The bus must be controlled by a master device which generates the serial clock (SCL), controls the bus access and generates the Start and Stop conditions, while the 24XX512 works as a slave. Both master and slave can operate as a transmitter or receiver, but the master device determines which mode is activated.

4.0 BUS CHARACTERISTICS

The following bus protocol has been defined:

- Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.
- During data transfer, the data line must remain stable whenever the clock line is high. Changes in the data line, while the clock line is high, will be interpreted as a Start or Stop condition.

Accordingly, the following bus conditions have been defined (Figure 4-1).

4.1 Bus Not Busy (A)

Both data and clock lines remain high.

4.2 Start Data Transfer (B)

A high-to-low transition of the SDA line while the clock (SCL) is high determines a Start condition. All commands must be preceded by a Start condition.

4.3 Stop Data Transfer (C)

A low-to-high transition of the SDA line while the clock (SCL) is high determines a Stop condition. All operations must end with a Stop condition.

4.4 Data Valid (D)

The state of the data line represents valid data when, after a Start condition, the data line is stable for the duration of the high period of the clock signal.

The data on the line must be changed during the low period of the clock signal. There is one bit of data per clock pulse.

Each data transfer is initiated with a Start condition and terminated with a Stop condition. The number of the data bytes transferred between the Start and Stop conditions is determined by the master device.

4.5 Acknowledge

Each receiving device, when addressed, is obliged to generate an Acknowledge signal after the reception of each byte. The master device must generate an extra clock pulse which is associated with this Acknowledge bit. See Figure 4-2 for acknowledge timing.

Note: The 24XX512 does not generate any Acknowledge bits if an internal programming cycle is in progress.

A device that acknowledges must pull down the SDA line during the Acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is stable low during the high period of the acknowledge related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. During reads, a master must signal an end of data to the slave by NOT generating an Acknowledge bit on the last byte that has been clocked out of the slave. In this case, the slave (24XX512) will leave the data line high to enable the master to generate the Stop condition.

FIGURE 4-1: DATA TRANSFER SEQUENCE ON THE SERIAL BUS

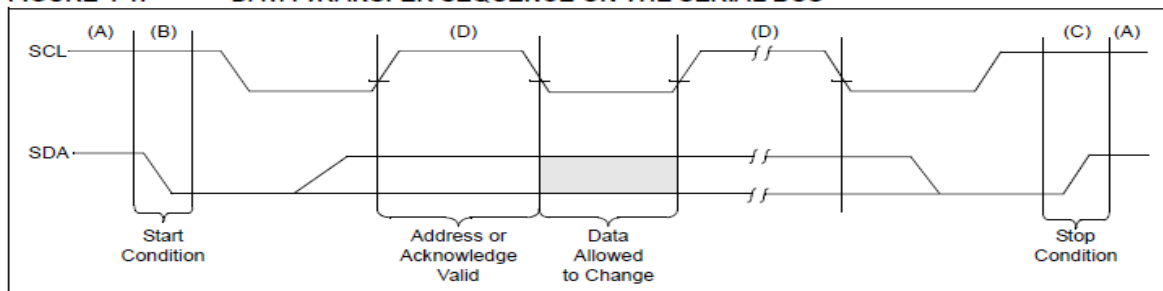
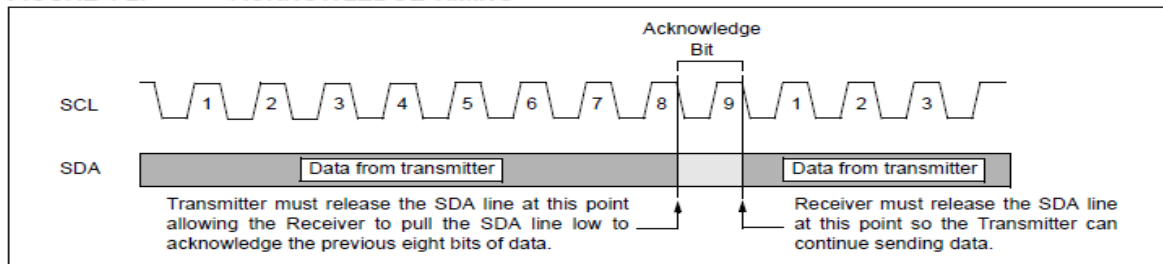


FIGURE 4-2: ACKNOWLEDGE TIMING



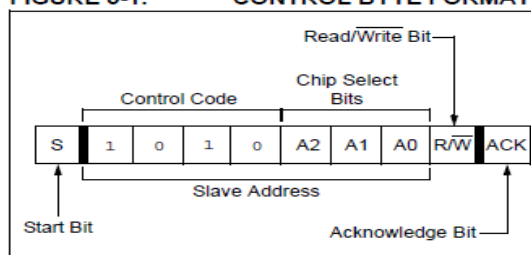
5.0 DEVICE ADDRESSING

A control byte is the first byte received following the Start condition from the master device (Figure 5-1). The control byte consists of a 4-bit control code; for the 24XX512 this is set as '1010' binary for read and write operations. The next three bits of the control byte are the Chip Select bits (A2, A1 and A0). The Chip Select bits allow the use of up to eight 24XX512 devices on the same bus and are used to select which device is accessed. The Chip Select bits in the control byte must correspond to the logic levels on the corresponding A2, A1 and A0 pins for the device to respond. These bits are in effect the three Most Significant bits of the word address.

The last bit of the control byte defines the operation to be performed. When set to a one a read operation is selected and when set to a zero a write operation is selected. The next two bytes received define the address of the first data byte (Figure 5-2). Because all A15...A0 are used, there are no upper address bits that are "don't care". The upper address bits are transferred first, followed by the Less Significant bits.

Following the Start condition, the 24XX512 monitors the SDA bus checking the device type identifier being transmitted. Upon receiving a '1010' code and appropriate device select bits, the slave device outputs an Acknowledge signal on the SDA line. Depending on the state of the R/W bit, the 24XX512 will select a read or write operation.

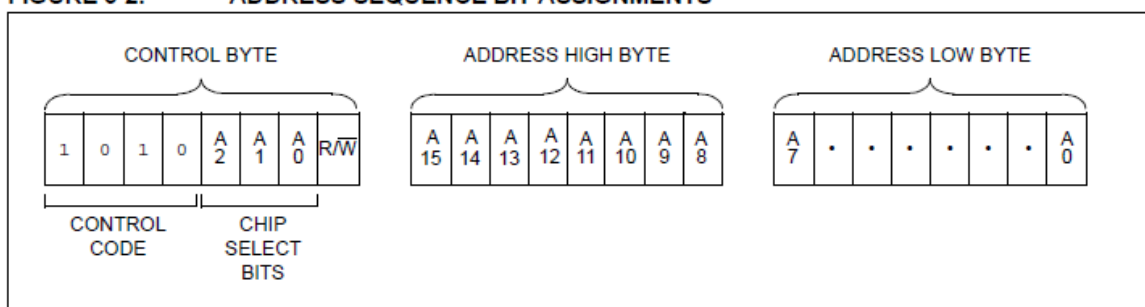
FIGURE 5-1: CONTROL BYTE FORMAT



5.1 Contiguous Addressing Across Multiple Devices

The Chip Select bits A2, A1 and A0 can be used to expand the contiguous address space for up to 4 Mbit by adding up to eight 24XX512s on the same bus. In this case, software can use A0 of the control byte as address bit A16; A1, as address bit A17; and A2, as address bit A18. It is not possible to sequentially read across device boundaries.

FIGURE 5-2: ADDRESS SEQUENCE BIT ASSIGNMENTS



6.0 WRITE OPERATIONS

6.1 Byte Write

Following the Start condition from the master, the control code (four bits), the Chip Select (three bits) and the R/W bit (which is a logic low) are clocked onto the bus by the master transmitter. This indicates to the addressed slave receiver that the address high byte will follow after it has generated an Acknowledge bit during the ninth clock cycle. Therefore, the next byte transmitted by the master is the high-order byte of the word address and will be written into the address pointer of the 24XX512. The next byte is the Least Significant Address byte. After receiving another Acknowledge signal from the 24XX512, the master device will transmit the data word to be written into the addressed memory location. The 24XX512 acknowledges again and the master generates a Stop condition. This initiates the internal write cycle and during this time, the 24XX512 will not generate Acknowledge signals (Figure 6-1). If an attempt is made to write to the array with the WP pin held high, the device will acknowledge the command, but no write cycle will occur, no data will be written and the device will immediately accept a new command. After a Byte Write command, the internal address counter will point to the address location following the one that was just written.

6.3 Write Protection

The WP pin allows the user to write-protect the entire array (0000-FFFF) when the pin is tied to Vcc. If tied to Vss or left floating, the write protection is disabled. The WP pin is sampled at the Stop bit for every Write command (Figure 1-1). Toggling the WP pin after the Stop bit will have no effect on the execution of the write cycle.

Note: Page write operations are limited to writing bytes within a single physical page, regardless of the number of bytes actually being written. Physical page boundaries start at addresses that are integer multiples of the page buffer size (or 'page size') and end at addresses that are integer multiples of [page size - 1]. If a Page Write command attempts to write across a physical page boundary, the result is that the data wraps around to the beginning of the current page (overwriting data previously stored there), instead of being written to the next page as might be expected. It is therefore necessary for the application software to prevent page write operations that would attempt to cross a page boundary.

6.2 Page Write

The write control byte, word address and the first data byte are transmitted to the 24XX512 in the same way as in a byte write. But instead of generating a Stop condition, the master transmits up to 127 additional bytes, which are temporarily stored in the on-chip page buffer and will be written into memory after the master has transmitted a Stop condition. After receipt of each word, the seven lower address pointer bits are internally incremented by one. If the master should transmit more than 128 bytes prior to generating the Stop condition, the address counter will roll over and the previously received data will be overwritten. As with the byte write operation, once the Stop condition is received, an internal write cycle will begin (Figure 6-2). If an attempt is made to write to the array with the WP pin held high, the device will acknowledge the command, but no write cycle will occur, no data will be written and the device will immediately accept a new command.

FIGURE 6-1: BYTE WRITE

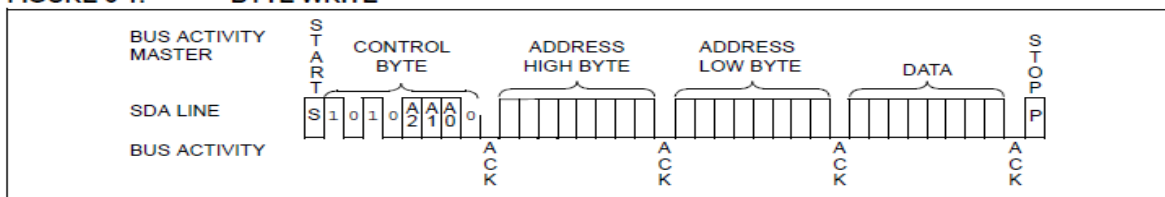
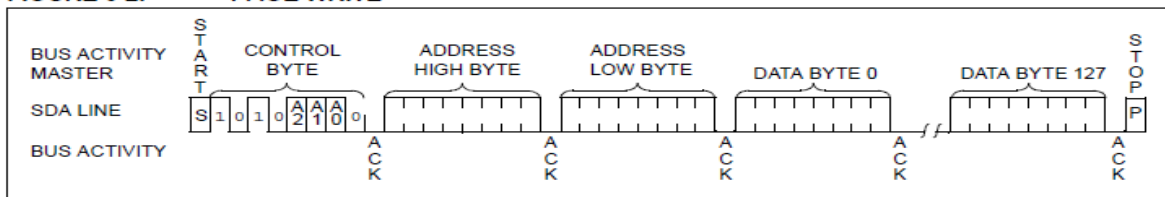


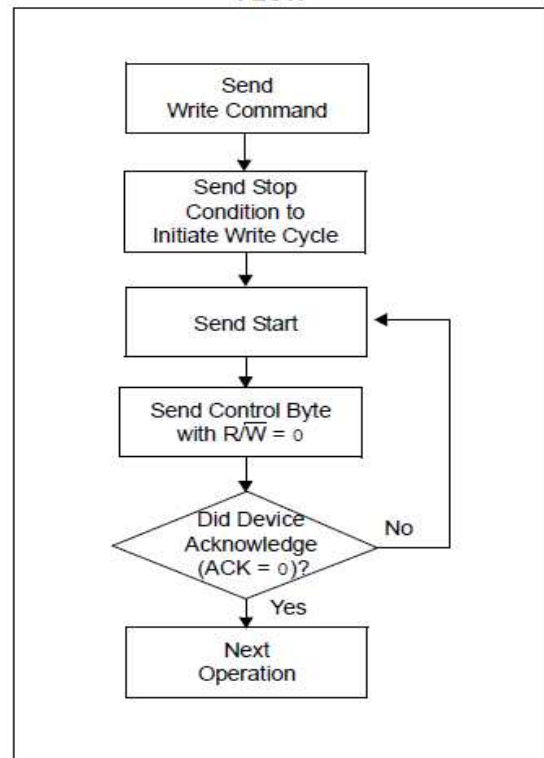
FIGURE 6-2: PAGE WRITE



7.0 ACKNOWLEDGE POLLING

Since the device will not acknowledge during a write cycle, this can be used to determine when the cycle is complete (this feature can be used to maximize bus throughput). Once the Stop condition for a Write command has been issued from the master, the device initiates the internally timed write cycle. ACK polling can be initiated immediately. This involves the master sending a Start condition, followed by the control byte for a Write command ($R/\bar{W} = 0$). If the device is still busy with the write cycle, then no ACK will be returned. If no ACK is returned, then the Start bit and control byte must be resent. If the cycle is complete, then the device will return the ACK and the master can then proceed with the next Read or Write command. See Figure 7-1 for flow diagram.

FIGURE 7-1: ACKNOWLEDGE POLLING FLOW



8.0 READ OPERATION

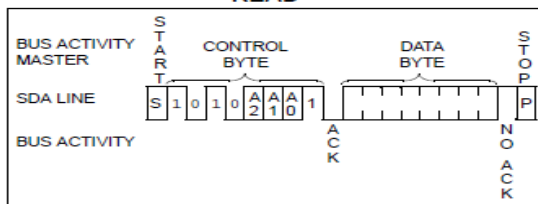
Read operations are initiated in the same way as write operations with the exception that the R/W bit of the control byte is set to '1'. There are three basic types of read operations: current address read, random read and sequential read.

8.1 Current Address Read

The 24XX512 contains an address counter that maintains the address of the last word accessed, internally incremented by '1'. Therefore, if the previous read access was to address n (n is any legal address), the next current address read operation would access data from address n + 1.

Upon receipt of the control byte with R/W bit set to '1', the 24XX512 issues an acknowledge and transmits the 8-bit data word. The master will not acknowledge the transfer but does generate a Stop condition and the 24XX512 discontinues transmission (Figure 8-1).

FIGURE 8-1: CURRENT ADDRESS READ



8.2 Random Read

Random read operations allow the master to access any memory location in a random manner. To perform this type of read operation, first the word address must be set. This is done by sending the word address to the 24XX512 as part of a write operation (R/W bit set to '0'). After the word address is sent, the master generates a Start condition following the acknowledge. This terminates the write operation, but not before the internal address pointer is set. Then, the master issues the control byte again but with the R/W bit set to a one. The 24XX512 will then issue an acknowledge and transmit the 8-bit data word. The master will not acknowledge the transfer but does generate a Stop condition which causes the 24XX512 to discontinue transmission (Figure 8-2). After a random Read command, the internal address counter will point to the address location following the one that was just read.

FIGURE 8-2: RANDOM READ

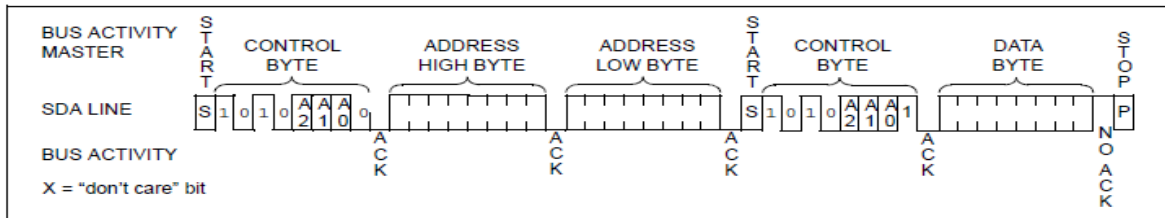
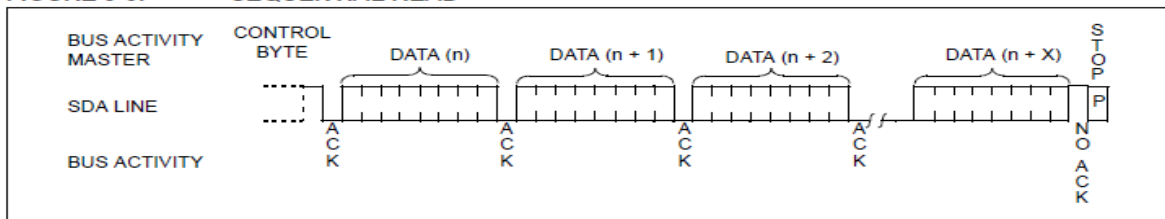


FIGURE 8-3: SEQUENTIAL READ



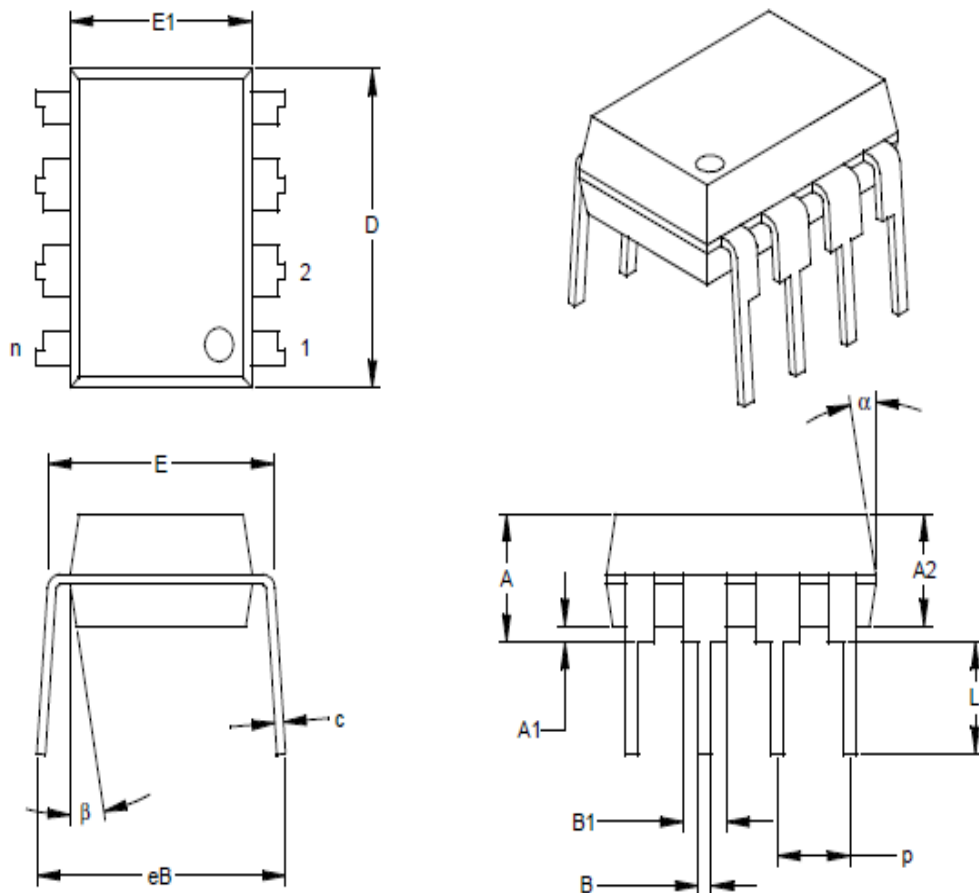
8.3 Sequential Read

Sequential reads are initiated in the same way as a random read except that after the 24XX512 transmits the first data byte, the master issues an acknowledge as opposed to the Stop condition used in a random read. This acknowledge directs the 24XX512 to transmit the next sequentially addressed 8-bit word (Figure 8-3). Following the final byte transmitted to the master, the master will NOT generate an acknowledge, but will generate a Stop condition. To provide sequential reads, the 24XX512 contains an internal address pointer which is incremented by one at the completion of each operation. This address pointer allows the entire memory contents to be serially read during one operation. The internal address pointer will automatically roll over from address FFFF to address 0000 if the master acknowledges the byte received from the array address FFFF.

Legend:	XX...X	Customer-specific information*
	Y	Year code (last digit of calendar year)
	YY	Year code (last 2 digits of calendar year)
	WW	Week code (week of January 1 is week '01')
	NNN	Alphanumeric traceability code
	(e3)	Pb-free JEDEC designator for Matte Tin (Sn)
	*	This package is Pb-free. The Pb-free JEDEC designator (e3) can be found on the outer packaging for this package.
	T	Temperature
	Blank	Commercial
	I	Industrial
	E	Extended
Note:	In the event the full Microchip part number cannot be marked on one line, it will be carried over to the next line, thus limiting the number of available characters for customer-specific information.	

*Standard device marking consists of Microchip part number, year code, week code, and traceability code. For device marking beyond this, certain price adders apply. Please check with your Microchip Sales Office.

8-Lead Plastic Dual In-line (P) – 300 mil (PDIP)

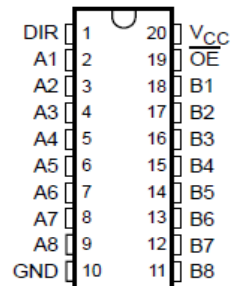


HOJAS DE DATOS DRIVER 74LS245

- 3-State Outputs Drive Bus Lines Directly
- PNP Inputs Reduce dc Loading on Bus Lines
- Hysteresis at Bus Inputs Improves Noise Margins
- Typical Propagation Delay Times Port to Port, 8 ns

TYPE	I _{OL} (SINK CURRENT)	I _{OH} (SOURCE CURRENT)
SN54LS245	12 mA	-12 mA
SN74LS245	24 mA	-15 mA

SN54LS245 . . . J OR W PACKAGE
SN74LS245 . . . DB, DW, N, OR NS PACKAGE
(TOP VIEW)

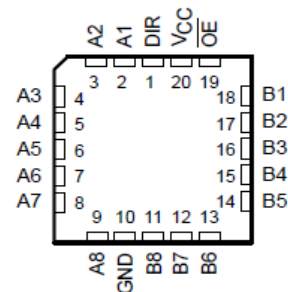


description

These octal bus transceivers are designed for asynchronous two-way communication between data buses. The control-function implementation minimizes external timing requirements.

The devices allow data transmission from the A bus to the B bus or from the B bus to the A bus, depending on the logic level at the direction-control (DIR) input. The output-enable (OE) input can disable the device so that the buses are effectively isolated.

SN54LS245 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP – N	Tube	SN74LS245N	SN74LS245N
	SOIC – DW	Tube	SN74LS245DW	LS245
		Tape and reel	SN74LS245DWR	
	SOP – NS	Tape and reel	SN74LS245NSR	74LS245
	SSOP – DB	Tape and reel	SN74LS245DBR	LS245
-55°C to 125°C	CDIP – J	Tube	SN54LS245J	SN54LS245J
		Tube	SNJ54LS245J	SNJ54LS245J
	CFP – W	Tube	SNJ54LS245W	SNJ54LS245W
	LCCC – FK	Tube	SN54LS245FK	SN54LS245FK

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

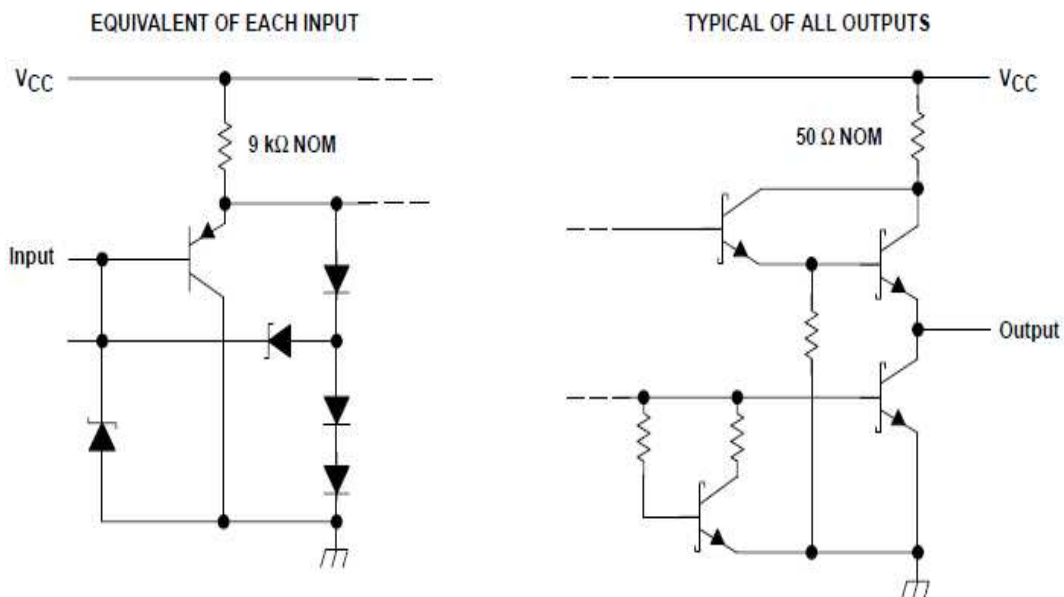
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

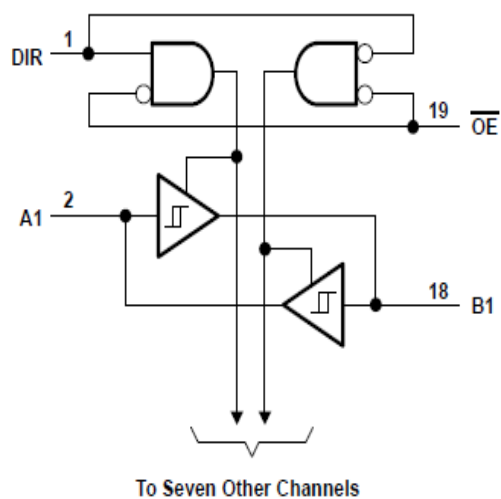
FUNCTION TABLE

INPUTS		OPERATION
\overline{OE}	DIR	
L	L	B data to A bus
L	H	A data to B bus
H	X	Isolation

schematics of inputs and outputs



logic diagram (positive logic)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{CC}	7 V
Input voltage, V_I (see Note 1)	7 V
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2):	
DB package	70°C/W
DW package	58°C/W
N package	69°C/W
NS package	60°C/W
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES: 1. All voltage values are with respect to GND.
 2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions

		SN54LS245			SN74LS245			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
I_{OH}	High-level output current			-12			-15	mA
I_{OL}	Low-level output current			12			24	mA
T_A	Operating free-air temperature	-55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SN54LS245			SN74LS245			UNIT	
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX		
V_{IH}	High-level input voltage	2			2			V	
V_{IL}	Low-level input voltage	0.7			0.8			V	
V_{IK}	Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_I = -18 \text{ mA}$		-1.5	-1.5		V		
	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$)	A or B	$V_{CC} = \text{MIN}$		0.2	0.4	0.2	0.4	V
V_{OH}	High-level output voltage		$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$, $V_{IL} = V_{IL(\text{max})}$	$I_{OH} = -3 \text{ mA}$	2.4	3.4	2.4	3.4	V
				$I_{OH} = \text{MAX}$	2		2		
V_{OL}	Low-level output voltage		$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$, $V_{IL} = V_{IL(\text{max})}$	$I_{OL} = 12 \text{ mA}$	0.4		0.4		V
				$I_{OL} = 24 \text{ mA}$			0.5		
I_{OZH}	Off-state output current, high-level voltage applied		$V_{CC} = \text{MAX}$, OE at 2 V		$V_O = 2.7 \text{ V}$	20		20	μA
I_{OZL}	Off-state output current, low-level voltage applied		$V_{CC} = \text{MAX}$, OE at 2 V		$V_O = 0.4 \text{ V}$	-200		-200	μA
I_I	Input current at maximum input voltage	A or B	$V_{CC} = \text{MAX}$		$V_I = 5.5 \text{ V}$	0.1		0.1	mA
		DIR or OE			$V_I = 7 \text{ V}$	0.1		0.1	
I_{IH}	High-level input current		$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IH} = 2.7 \text{ V}$		20		20		μA
I_{IL}	Low-level input current		$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IL} = 0.4 \text{ V}$		-0.2		-0.2		mA
I_{OS}	Short-circuit output current§		$V_{CC} = \text{MAX}$		-40	-225	40	-225	mA
I_{CC}	Supply current	Total, outputs high	$V_{CC} = \text{MAX}$		48	70	48	70	mA
		Total, outputs low	Outputs open		62	90	62	90	
		Outputs at high Z			64	95	64	95	

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate values specified under recommended operating conditions.

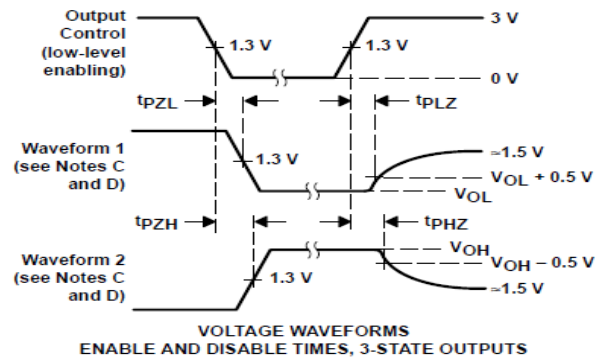
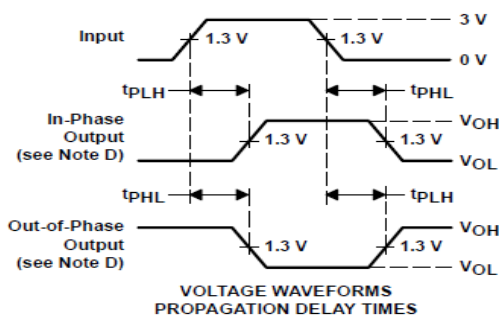
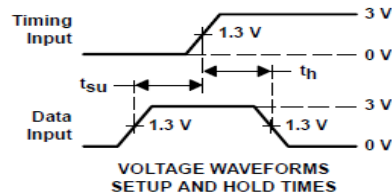
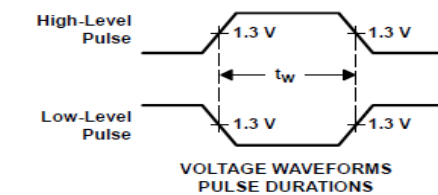
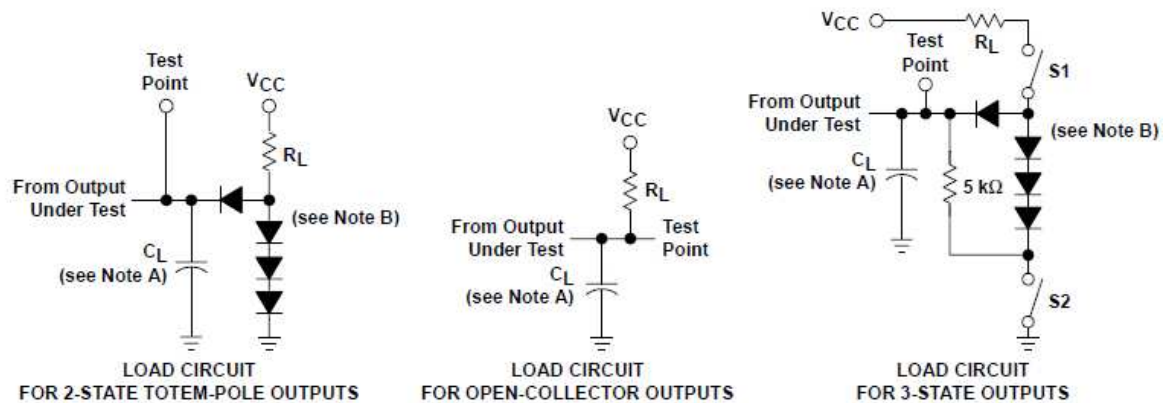
‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.

§ Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short circuit should not exceed one second.

switching characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (see Figure 1)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH} Propagation delay time, low- to high-level output	$C_L = 45\text{ pF}$, $R_L = 667\ \Omega$		8	12	ns
t_{PHL} Propagation delay time, high- to low-level output					
t_{PZL} Output enable time to low level	$C_L = 45\text{ pF}$, $R_L = 667\ \Omega$		27	40	ns
t_{PZH} Output enable time to high level					
t_{PLZ} Output disable time from low level	$C_L = 5\text{ pF}$, $R_L = 667\ \Omega$		15	25	ns
t_{PHZ} Output disable time from high level					

**PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION
SERIES 54LS/74LS DEVICES**



- NOTES: A. C_L includes probe and jig capacitance.
 B. All diodes are 1N3064 or equivalent.
 C. Waveform 1 is for an output with internal conditions such that the output is low except when disabled by the output control. Waveform 2 is for an output with internal conditions such that the output is high except when disabled by the output control.
 D. S1 and S2 are closed for t_{PLH} , t_{PHL} , t_{PHZ} , and t_{PLZ} ; S1 is open and S2 is closed for t_{PZH} ; S1 is closed and S2 is open for t_{PZL} .
 E. Phase relationships between inputs and outputs have been chosen arbitrarily for these examples.
 F. All input pulses are supplied by generators having the following characteristics: $PRR \leq 1\text{ MHz}$, $Z_O = 50\ \Omega$, $t_r \leq 1.5\text{ ns}$, $t_f \leq 2.6\text{ ns}$.
 G. The outputs are measured one at a time with one input transition per measurement.

Figure 1. Load Circuits and Voltage Waveforms

HOJAS DE DATOS RTC DS1307



DS1307

64 x 8 Serial Real-Time Clock

www.maxim-ic.com

FEATURES

- Real-time clock (RTC) counts seconds, minutes, hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap-year compensation valid up to 2100
- 56-byte, battery-backed, nonvolatile (NV) RAM for data storage
- Two-wire serial interface
- Programmable squarewave output signal
- Automatic power-fail detect and switch circuitry
- Consumes less than 500nA in battery backup mode with oscillator running
- Optional industrial temperature range: -40°C to +85°C
- Available in 8-pin DIP or SOIC
- Underwriters Laboratory (UL) recognized

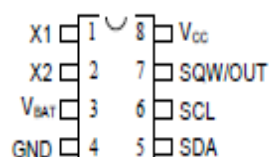
ORDERING INFORMATION

DS1307	8-Pin DIP (300-mil)
DS1307Z	8-Pin SOIC (150-mil)
DS1307N	8-Pin DIP (Industrial)
DS1307ZN	8-Pin SOIC (Industrial)

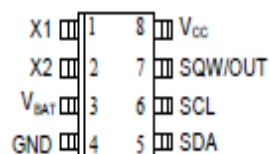
DESCRIPTION

The DS1307 Serial Real-Time Clock is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially via a 2-wire, bi-directional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power sense circuit that detects power failures and automatically switches to the battery supply.

PIN ASSIGNMENT



DS1307 8-Pin DIP (300-mil)

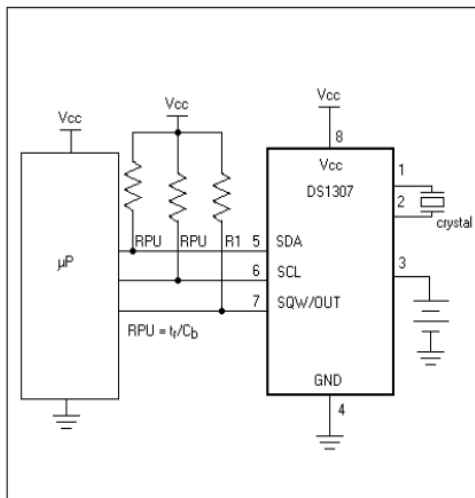


DS1307 8-Pin SOIC (150-mil)

PIN DESCRIPTION

V _{CC}	- Primary Power Supply
X1, X2	- 32.768kHz Crystal Connection
V _{BAT}	- +3V Battery Input
GND	- Ground
SDA	- Serial Data
SCL	- Serial Clock
SQW/OUT	- Square Wave/Output Driver

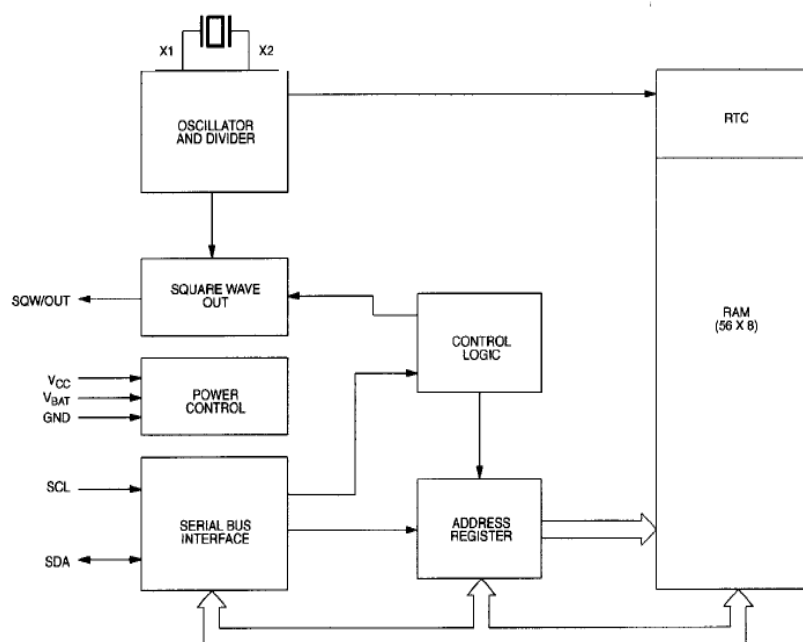
TYPICAL OPERATING CIRCUIT



OPERATION

The DS1307 operates as a slave device on the serial bus. Access is obtained by implementing a START condition and providing a device identification code followed by a register address. Subsequent registers can be accessed sequentially until a STOP condition is executed. When V_{CC} falls below $1.25 \times V_{BAT}$ the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out of tolerance system. When V_{CC} falls below V_{BAT} the device switches into a low-current battery backup mode. Upon power-up, the device switches from battery to V_{CC} when V_{CC} is greater than $V_{BAT} + 0.2V$ and recognizes inputs when V_{CC} is greater than $1.25 \times V_{BAT}$. The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the serial RTC.

DS1307 BLOCK DIAGRAM Figure 1



CLOCK ACCURACY

The accuracy of the clock is dependent upon the accuracy of the crystal and the accuracy of the match between the capacitive load of the oscillator circuit and the capacitive load for which the crystal was trimmed. Additional error will be added by crystal frequency drift caused by temperature shifts. External circuit noise coupled into the oscillator circuit may result in the clock running fast. See Application Note 58, "Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks" for detailed information.

Please review Application Note 95, "Interfacing the DS1307 with a 8051-Compatible Microcontroller" for additional information.

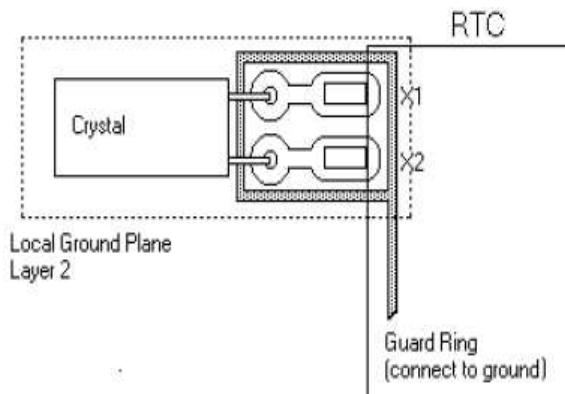
RTC AND RAM ADDRESS MAP

The address map for the RTC and RAM registers of the DS1307 is shown in Figure 2. The RTC registers are located in address locations 00h to 07h. The RAM registers are located in address locations 08h to 3Fh. During a multi-byte access, when the address pointer reaches 3Fh, the end of RAM space, it wraps around to location 00h, the beginning of the clock space.

DS1307 ADDRESS MAP Figure 2

00H	SECONDS
	MINUTES
	HOURS
	DAY
	DATE
	MONTH
	YEAR
07H	CONTROL
08H	RAM
3FH	56 x 8

RECOMMENDED LAYOUT FOR CRYSTAL



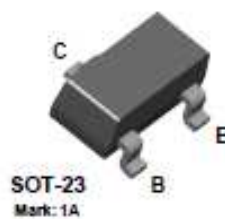


2N3904 / MMBT3904 / PZT3904

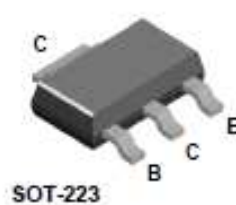
2N3904



MMBT3904



PZT3904



NPN General Purpose Amplifier

This device is designed as a general purpose amplifier and switch. The useful dynamic range extends to 100 mA as a switch and to 100 MHz as an amplifier.

Absolute Maximum Ratings* T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V _{CEO}	Collector-Emitter Voltage	40	V
V _{CBO}	Collector-Base Voltage	60	V
V _{EB0}	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I _C	Collector Current - Continuous	200	mA
T _J , T _{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max			Units
		2N3904	*MMBT3904	**PZT3904	
P _D	Total Device Dissipation	625	350	1,000	mW
	Derate above 25°C	5.0	2.8	8.0	mW/°C
R _{θJC}	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3			°C/W
R _{θJA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	357	125	°C/W

* Device mounted on FR-4 PCB 1.8" X 1.8" X 0.06"

** Device mounted on FR-4 PCB 38 mm X 18 mm X 1.5 mm, mounting pad for the collector lead min. 6 cm²

NPN General Purpose Amplifier
(continued)

Electrical Characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
OFF CHARACTERISTICS					
V_{BRCEO}	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 1.0\text{ mA}, I_B = 0$	40		V
V_{BRCSO}	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10\ \mu\text{A}, I_E = 0$	60		V
V_{BREBO}	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 10\ \mu\text{A}, I_C = 0$	6.0		V
I_{BL}	Base Cutoff Current	$V_{CE} = 30\text{ V}, V_{EB} = 3\text{ V}$		50	nA
I_{CEX}	Collector Cutoff Current	$V_{CE} = 30\text{ V}, V_{EB} = 3\text{ V}$		50	nA

ON CHARACTERISTICS*

β_{DC}	DC Current Gain	$I_C = 0.1\text{ mA}, V_{CE} = 1.0\text{ V}$ $I_C = 1.0\text{ mA}, V_{CE} = 1.0\text{ V}$ $I_C = 10\text{ mA}, V_{CE} = 1.0\text{ V}$ $I_C = 50\text{ mA}, V_{CE} = 1.0\text{ V}$ $I_C = 100\text{ mA}, V_{CE} = 1.0\text{ V}$	40 70 100 60 30	300	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{ mA}, I_B = 1.0\text{ mA}$ $I_C = 50\text{ mA}, I_B = 5.0\text{ mA}$		0.2 0.3	V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{ mA}, I_B = 1.0\text{ mA}$ $I_C = 50\text{ mA}, I_B = 5.0\text{ mA}$	0.65	0.85 0.95	V

SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS

f_T	Current Gain - Bandwidth Product	$I_C = 10\text{ mA}, V_{CE} = 20\text{ V},$ $f = 100\text{ MHz}$	300		MHz
C_{obs}	Output Capacitance	$V_{CB} = 5.0\text{ V}, I_E = 0,$ $f = 1.0\text{ MHz}$		4.0	pF
C_{ibo}	Input Capacitance	$V_{EB} = 0.5\text{ V}, I_C = 0,$ $f = 1.0\text{ MHz}$		8.0	pF
NF	Noise Figure	$I_C = 100\ \mu\text{A}, V_{CE} = 5.0\text{ V},$ $R_s = 1.0\text{ k}\Omega, f = 10\text{ Hz to }15.7\text{ kHz}$		5.0	dB

SWITCHING CHARACTERISTICS

t_d	Delay Time	$V_{CC} = 3.0\text{ V}, V_{BE} = 0.5\text{ V},$		35	ns
t_r	Rise Time	$I_C = 10\text{ mA}, I_{B1} = 1.0\text{ mA}$		35	ns
t_s	Storage Time	$V_{CC} = 3.0\text{ V}, I_C = 10\text{ mA}$		200	ns
t_f	Fall Time	$I_{B1} = I_{B2} = 1.0\text{ mA}$		50	ns

*Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\ \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$

Spice Model

NPN (Is=6.734f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=74.03 Bf=418.4 Ne=1.259 Ise=6.734 Ikf=68.78m Xtb=1.5 Br=.7371 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=1 Cjc=3.638p Mjc=.3085 Vjc=.75 Fc=.5 Cje=4.483p Mje=.2593 Vje=.75 Tr=239.5n Tf=301.2p Itf=.4 Vtf=4 Xtf=2 Rb=10)

NPN General Purpose Amplifier (continued)

2N3904 / MMBT3904 / PZT3904

Test Circuits

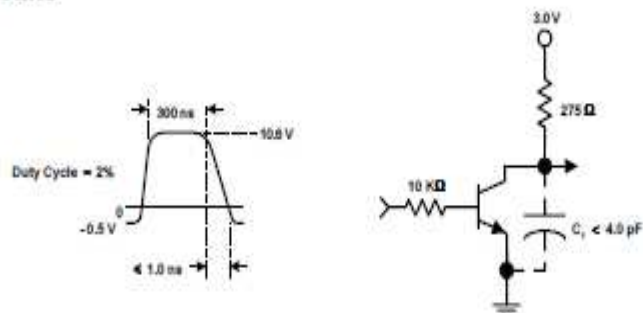


FIGURE 1: Delay and Rise Time Equivalent Test Circuit

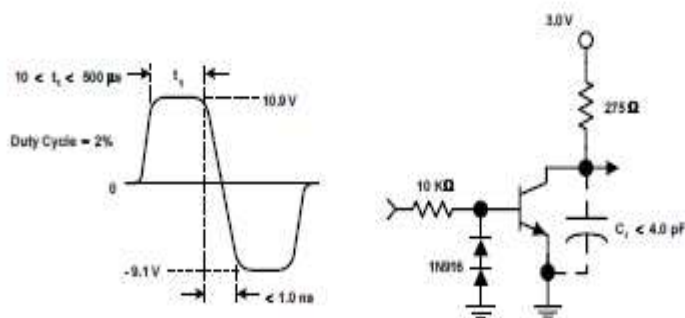


FIGURE 2: Storage and Fall Time Equivalent Test Circuit

HOJAS DE DATOS LM7805

MC78XX/LM78XX/MC78XXA

3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

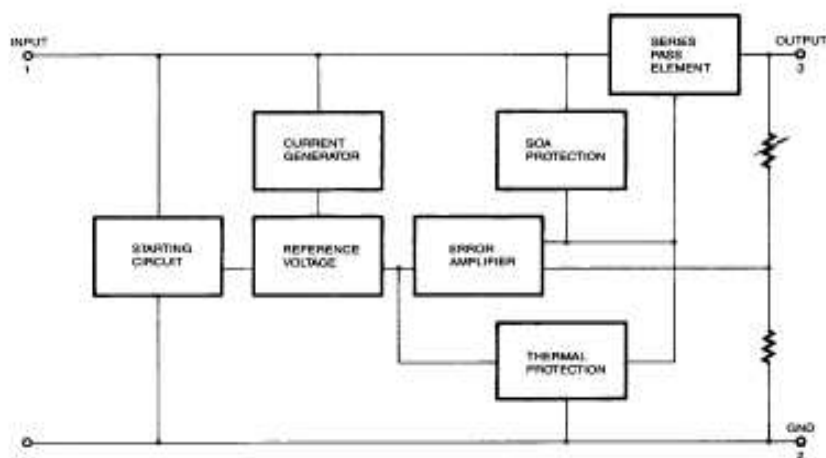
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Description

The MC78XX/LM78XX/MC78XXA series of three terminal positive regulators are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



Internal Block Diagram



MC78XX/LM78XX/MC78XXA

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$) (for $V_O = 24V$)	V_I V_I	35 40	V V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range	T_{OPR}	0 ~ +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 ~ +150	$^{\circ}C$

Electrical Characteristics (MC7805/LM7805)(Refer to test circuit, $0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$, $I_O = 500mA$, $V_I = 10V$, $C_I = 0.33\mu F$, $C_O = 0.1\mu F$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	MC7805/LM7805			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}C$	4.8	5.0	5.2	V	
		$5.0mA \leq I_O \leq 1.0A$, $P_O \leq 15W$ $V_I = 7V$ to $20V$	4.75	5.0	5.25		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}C$	$V_O = 7V$ to $25V$	-	4.0	100	mV
			$V_I = 8V$ to $12V$	-	1.6	50	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}C$	$I_O = 5.0mA$ to $1.5A$	-	9	100	mV
			$I_O = 250mA$ to $750mA$	-	4	50	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}C$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5mA$ to $1.0A$ $V_I = 7V$ to $25V$	-	0.03	0.5	mA	
			-	0.3	1.3		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5mA$	-	-0.8	-	$mV/^{\circ}C$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10Hz$ to $100KHz$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	42	-	$\mu V/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$ $V_O = 8V$ to $18V$	62	73	-	dB	
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1A$, $T_J = +25^{\circ}C$	-	2	-	V	
Output Resistance	r_O	$f = 1KHz$	-	15	-	$m\Omega$	
Short Circuit Current	ISC	$V_I = 35V$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	230	-	mA	
Peak Current	IPK	$T_J = +25^{\circ}C$	-	2.2	-	A	

Note:1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.**Electrical Characteristics (MC7805A)**(Refer to the test circuits, $0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$, $I_O = 1A$, $V_I = 10V$, $C_I = 0.33\mu F$, $C_O = 0.1\mu F$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}C$	4.9	5	5.1	V
		$I_O = 5mA$ to $1A$, $P_O \leq 15W$ $V_I = 7.5V$ to $20V$	4.8	5	5.2	
Line Regulation (Note1)	Regline	$V_I = 7.5V$ to $25V$ $I_O = 500mA$	-	5	50	mV
			$V_I = 8V$ to $12V$	-	3	
		$T_J = +25^{\circ}C$	$V_I = 7.3V$ to $20V$	-	5	
		$V_I = 8V$ to $12V$	-	1.5	25	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}C$	-	9	100	mV
		$I_O = 5mA$ to $1.5A$	-	9	100	
		$I_O = 250mA$ to $750mA$	-	4	50	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}C$	-	5.0	6	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5mA$ to $1A$	-	-	0.5	mA
		$V_I = 8V$ to $25V$, $I_O = 500mA$	-	-	0.8	
		$V_I = 7.5V$ to $20V$, $T_J = +25^{\circ}C$	-	-	0.8	
Output Voltage Drift	$\Delta V/\Delta T$	$I_O = 5mA$	-	-0.8	-	$mV/^{\circ}C$
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10Hz$ to $100KHz$ $T_A = +25^{\circ}C$	-	10	-	$\mu V/V_O$
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$, $I_O = 500mA$ $V_I = 8V$ to $18V$	-	68	-	dB
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1A$, $T_J = +25^{\circ}C$	-	2	-	V
Output Resistance	r_O	$f = 1KHz$	-	17	-	$m\Omega$
Short Circuit Current	ISC	$V_I = 35V$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	250	-	mA
Peak Current	IPK	$T_J = +25^{\circ}C$	-	2.2	-	A

Note:1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Typical Applications

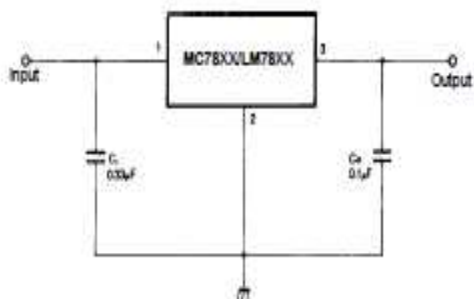


Figure 5. DC Parameters

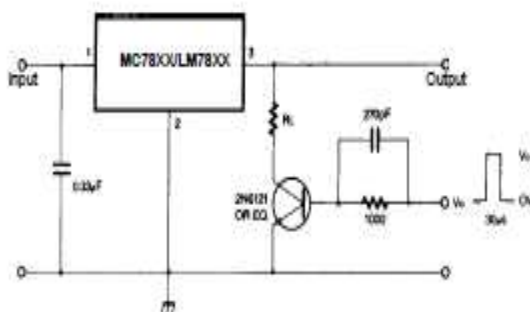


Figure 6. Load Regulation

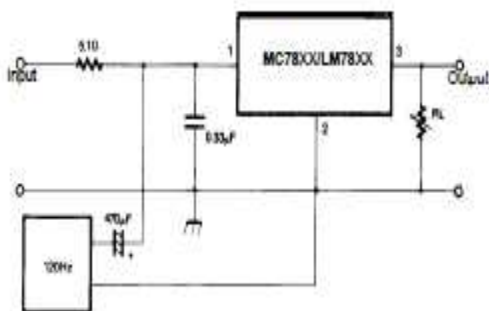


Figure 7. Ripple Rejection

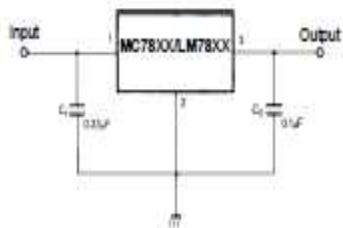


Figure 8. Fixed Output Regulator