

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA LECTOR DE  
TRANSPONDERS DE BAJA FRECUENCIA.  
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.**

**EDUARDO ENRIQUE ARANGO PÉREZ  
JESÚS ALFREDO RODRÍGUEZ VIZCAÍNO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA,  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2004**

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA LECTOR DE  
TRANSPONDERS DE BAJA FRECUENCIA.  
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.**

**EDUARDO ENRIQUE ARANGO PÉREZ  
JESÚS ALFREDO RODRÍGUEZ VIZCAÍNO**

Este proyecto es presentado como requisito para optar al título de Ingeniero  
Electrónico

DIRECTOR:  
**JOSE ALEJANDRO AMAYA PALACIO**  
Ingeniero Electricista

CODIRECTOR:  
**ERNESTO AGUILERA BERMÚDEZ**  
Ingeniero Electrónico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA,  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2004**

TITULO: **PROTOTIPO DE UN SISTEMA LECTOR DE TRANSPONDER DE BAJA FRECUENCIA. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.\***

AUTORES: Eduardo Enrique Arango Pérez  
Jesús Alfredo Rodríguez Vizcaíno \*1

PALABRAS CLAVES: Autonomía, Interfaz Visual, Lector, Microcontrolador, Transponder.

### **DESCRIPCIÓN.**

El sistema lector de transponder de baja frecuencia es el soporte técnico diseñado para cargar el transponder y leer el código de este. Consta de un hardware y un software que permiten detectar la respuesta del transponder, demodularla y convertirla en un formato de interface estándar. El prototipo está basado en el Sistema de Identificación y Registro de Texas Instruments, TIRIS (Texas Instruments Registration and Identification System), la cual es una de las tecnologías más nuevas en la recolección automática de datos.

El lector de transponder de baja frecuencia se caracteriza esencialmente por su autonomía, ya que puede funcionar como un lector móvil, es decir sin estar conectado a un PC, y de manera fija, conectado a un PC a través del puerto serie, para lo cual se desarrolló una interfaz visual diseñada en Visual Basic 6.0 que permite visualizar los datos leídos.

Para la adquisición y control de los datos se empleó el microcontrolador 68HC908GP32, de la familia CPU08 de Motorola el cual genera las señales necesarias para el funcionamiento del sistema. Posee LCD (pantalla de cristal líquido) para que el usuario pueda visualizar los datos cuando no esté conectado al PC, en esta situación los datos son guardados en una memoria externa y posteriormente descargados al PC.

---

\*Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Ingeniería Electrónica. Director Ing. José Alejandro Amaya Palacio, Codirector Ing. Ernesto Aguilera Bermúdez.

**TITLE:** **PROTOTYPE OF A LOW FREQUENCY  
TRANSPONDER READER SYSTEM. DESIGN  
AND IMPLEMENTACIÓN.\***

**AUTHORS:** Eduardo Enrique Arango Pérez  
Jesús Alfredo Rodríguez Vizcaíno<sup>\*2</sup>

**KEY WORDS:** Autonomy, Visual Interface, Reader,  
Microcontroller, Transponder.

### **DESCRIPTION.**

The low frequency reader system is the technical support designed to charge the transponder and read the code of this. This consists of hardware and a software that permit to detect the transponder answer, demodulate it and convert it in an standard interface format. The prototype is based in the Texas Instruments registration and identification system, TIRIS, which is one of the last technologies in the automatic gathering of data.

The low frequency transponder reader is characterized mostly because of its autonomy, this because it can work as a mobile reader, this means that it can work without being connected to a PC and in a fixed way, connected to a PC by the serial port, thinking in this a visual interface was designed in Visual Basic 6.0 that permits to visualize the readed data.

For the data acquisition and control we used the 68HC908GP32, of the CPU08 Motorola family where this is the one that generates the necessary signals for the system operation. The reader also has an LCD ( liquid crystal display) to visualize messages; when the reader is not connected to a computer data are stored in an external memory and subsequently they can be discharged

---

\* Work of Grade.

\*\* Faculty of Engineering Physical-mechanics. Engineering Electronic. Jose Alejandro Amaya Palacio.

*Gracias a Dios por permitirme  
celebrar  
este triunfo con los seres que más  
quiero.*

*A mis padres Lilia y Eduardo  
quienes me enseñaron a vivir y  
me dieron su apoyo incondicional*

*A mis hermanos Lilibeth y  
Leonardo quienes me animaron y  
me respaldaron.*

*A mi esposa Maria Trinidad por su  
apoyo, paciencia y comprensión  
durante toda mi carrera.*

*Al gran amor de mi vida, mi hija  
Laura Marcela, quien con su  
ternura me da fuerza para luchar y  
seguir adelante.*

*Y a todas las personas que me  
rodean y me han brindado su  
confianza, cariño y su sincera  
amistad*

*Eduardito*

*A Dios*

*A Mi papa Jesús Alfredo y a mi  
mama Hilda Ester porque sin ellos  
esto no hubiera sido posible Este  
triunfo es de ellos*

*A mis hermanitos el cabe y el  
mono por estar siempre ahí.*

*A mi tía Judith y a mis abuelas  
Hilda y Ana.*

*A mis tíos los Ángeles de Charlie*

*A mis amigos.*

*Jesús Alfredo*

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos al Director del proyecto el ingeniero José Alejandro Amaya Palacio por su orientación para llevar este a su feliz término.

Al codirector el ingeniero Ernesto Aguilera Bermúdez por su asesoría y colaboraciones las distintas fases del proyecto.

A nuestras familias por su apoyo y confianza en todos los aspectos que hicieron posible la realización de este espectacular proyecto.

A la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones por brindarnos el espacio para realizar este proyecto,

y a José Gregorio Camargo por permitirnos trabajar en el computador hasta altas horas de la madrugada.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. LAS TECNOLOGÍAS DE IDENTIFICACION AUTOMÁTICA	18
1.1 ESTADO ACTUAL	18
1.1.1 Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR)	19
1.1.2 Sistemas Biométricos	19
1.1.3 Bandas Magnéticas	19
1.1.4 Reconocimiento de voz	19
1.1.5 Identificación por Radio Frecuencia (RFID)	19
1.1.6 Código de barras	20
1.2 SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA (RFID)	20
1.2.1 ¿Qué es la RFID?	20
1.2.2 ¿Cómo funciona la RFID?	21
1.2.3 Componentes de un sistema RFID	22
1.2.3.1 El transponder	24
1.2.3.2 Lector de transponder	25
2. SISTEMA TIRIS	28
2.1 Definiciones generales	29
2.2 Módulos del sistema	30
2.3 Funcionalidad del sistema	31
3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL LTBF	34

3.1 HARDWARE DEL LTBF	36
3.1.1 Módulo RF	38
3.1.2 Módulo de control	40
3.1.2.1 El microcontrolador	41
3.1.2.2 Pantalla de cristal líquido (LCD)	42
3.1.2.3 Memoria	42
3.1.2.4 Teclado	43
3.1.2.5 El Reloj	43
3.1.2.6 Comunicación Serial	43
3.1.2.7 Circuito Integrado MAX 232	44
3.1.2.8 Diodos de señalización	44
3.1.3 Módulo de de alimentación	44
3.2 SOFTWARE DEL LTBF	46
3.2.1 PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR	46
3.2.1.1 Rutinas del programa	47
3.2.1.2 Programa principal	56
4. DISEÑO DE LA ANTENA DEL LTBF	58
4.1 Consideraciones del diseño de la antena	58
4.2 Características de la antena	60
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1 CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES	66
5.2 RECOMENDACIONES PARA FUTUROS TRABAJOS	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	73

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Sistema RFID	6
<b>Figura 2.</b> El Transponder	9
<b>Figura 3.</b> Lector portátil	12
<b>Figura 4.</b> Antenas lectores	13
<b>Figura 5.</b> Modelo de la estructura TIRIS sin PC	15
<b>Figura 6.</b> Secuencia de tiempo	18
<b>Figura 7.</b> Función Carga	19
<b>Figura 8.</b> Bloque Esquemático del LTBF	20
<b>Figura 9.</b> Diagrama esquemático del Módulo RF	24
<b>Figura 10.</b> Diagrama esquemático del Módulo de control	26
<b>Figura 11.</b> Pantalla de cristal líquido	28
<b>Figura 12.</b> Diagrama esquemático del Módulo de alimentación	31
<b>Figura 13.</b> Diagrama de Flujo Programa Principal	33
<b>Figura 14.</b> Diagrama de flujo configuración	33
<b>Figura 15.</b> Conexión del LCD	34
<b>Figura 16.</b> Diagrama de flujo configuración LCD	36
<b>Figura 17.</b> Diagrama de flujo Inicialización del transceiver	37
<b>Figura 18.</b> Diagrama de tiempo para la escritura de la memoria 24FC256	38
<b>Figura 19.</b> Diagrama de tiempo para la lectura secuencial de la memoria 24FC256	38
<b>Figura 20.</b> Diagrama de flujo memoria serial	39

<b>Figura 21.</b> Configuración módulo SCI	41
<b>Figura 22.</b> Diagrama de flujo recepción y transmisión	42
<b>Figura 23.</b> Esquema del sistema Lector	45
<b>Figura 24.</b> Líneas de flujo asociadas con una antena de lazo	45
<b>Figura 25.</b> Presentación del software Adp	48
<b>Figura 26.</b> Circuito para el cálculo de la inductancia de la antena	50

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Algunas bandas de frecuencia electromagnética (EM)	8
<b>Tabla 2.</b> Tipos de transponders	10
<b>Tabla 3.</b> Instrucciones del LCD	35

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo A.</b> Características de los dispositivos que conforman el LTBF	60
<b>Anexo B.</b> Planos del LTBF	67

## INTRODUCCIÓN

La electrónica ha contribuido en forma significativa a elevar nuestra calidad de vida. Esto ha sido posible, en gran medida, gracias a la automatización de muchas de nuestras tareas diarias. Esta tendencia genera la demanda por mejores técnicas de identificación automática de personas y objetos.

En los últimos años, los sistemas de identificación automática han sido muy utilizados en numerosos sectores industriales, para proporcionar información sobre animales, bienes, productos y personas. Sin embargo, este proceso conlleva dificultades técnicas y operativas que, en muchos casos, no se solucionan con las tecnologías tradicionales.

El sistema tradicional más utilizado es el código de barras, por ser un método muy económico y manejable, pero, la escasa capacidad para almacenar datos y la imposibilidad de reprogramarlo, limita su uso en muchas aplicaciones.

Los sistemas de banda magnética permiten acumular más información, pero no garantizan su inviolabilidad, son sensibles a los campos magnéticos y requieren un mantenimiento periódico. La solución técnicamente óptima es la inserción de los datos en un microchip.

El sistema más utilizado hoy en día es el chip de contacto (tarjetas telefónicas, bancarias, etc.). Pero el contacto mecánico de las tarjetas con chip es todavía muy poco práctico para muchas aplicaciones y, además, está sujeto a desgaste.

Actualmente existen los sistemas RFID (Radio Frequency Identification), que dan solución a estas limitaciones, ya que la identificación se realiza sin contacto. Animales, objetos e incluso personas que necesitan ser

identificados llevan adherido un "transponder" (llamado así por la combinación de sus funciones de transmisor / respondedor), vale decir una etiqueta de radio frecuencia, que hace posible la identificación electrónica. Si el transponder ingresa al área de acción (campo electromagnético) de un "lector" (un aparato compuesto por una antena, un receptor y un decodificador) se posibilita la identificación del objeto portador.

Uno de los objetivos de este proyecto es ofrecer la información suficiente de esta tecnología de la cual no se tiene mucho conocimiento a nivel nacional y que cada vez esta tomando más fuerza a nivel mundial, además se pretende dar las bases para futuros trabajos en este campo.

Para el desarrollo de este proyecto se decidió implementar un lector de transponder de baja frecuencia (LTBF) empleando un microcontrolador y con la capacidad de trabajar de manera autónoma, es decir, que funciona sin la necesidad de estar conectado o ensamblado a otro equipo.

Para la comunicación con un PC se decidió usar la interfaz serial RS232 (estándar de comunicación establecido por la Electronic Industries Association), porque todas las computadoras tienen al menos un puerto serial disponible, al contrario del puerto paralelo, que tan sólo tiene uno y que por lo general hay que compartirlo con la impresora, escáner, etc.

El contenido de este libro tiene la siguiente estructura: el capítulo 1 contiene información sobre los sistemas de identificación automática, haciendo énfasis en los Sistemas de Identificación por Radiofrecuencia (RFID).

En el capítulo 2 se presenta el criterio de selección del sistema que sirvió de base para desarrollar el prototipo, a partir de ese criterio se justifica la elección del sistema TIRIS (Texas Instruments Registration and Identification

System), el cual se describe en forma general con el fin de ayudar al lector a comprender mejor el proyecto.

En el capítulo 3 se describen los criterios necesarios para el diseño del LTBF y las etapas que se realizaron para poner en marcha el equipo; también se describen los componentes que se decidió utilizar y la principales rutinas de programación implementadas para lograr la característica de autonomía que se contempló para el prototipo.

El procedimiento del diseño de la antena, las consideraciones tomadas en cuenta para su diseño, sus características y el cálculo de las principales variables, se detallan en el capítulo 4. Las conclusiones y recomendaciones se presentan finalmente en el capítulo 5.

## **1. LAS TECNOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA**

Las funciones de reconocimiento no son propias del género humano exclusivamente, las mismas están presentes en una gran variedad en la naturaleza, estas están estrechamente ligadas a la supervivencia de los individuos y de las especies.

A diario identificamos de forma natural un número muy elevado de objetivos, para esto utilizamos una gran variedad de sensores como el oído, la vista, el tacto, el olfato entre otros. Sin embargo, la identificación automática efectuada por una máquina tiene sus ventajas.

La identificación automática es el término general para tecnologías que permiten a las máquinas (generalmente computadoras) identificar automáticamente objetos.

El objetivo de este capítulo es brindar un panorama de las tecnologías actuales en el campo de identificación automática, dentro de éstas se pueden citar: reconocimiento óptico de caracteres, sistemas biométricos, bandas magnéticas, reconocimiento de voz, identificación por radiofrecuencia, código de barras. De estas tecnologías, se estudia en detalle la identificación por radiofrecuencia, la cual es el eje principal de este proyecto.

### **1.1 ESTADO ACTUAL [1]**

#### **1.1.1 Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR)**

El sistema OCR reconoce y procesa tipos especiales de caracteres legibles, compara esos patrones con aquellos que están almacenados en la memoria del computador. Mediante esta tecnología el dispositivo lector identifica la

serie de detalles de líneas, curvas y bordes que definen a cada caracter en un conjunto de caracteres definidos.

### **1.1.2 Sistemas Biométricos**

Estas tecnologías se utilizan generalmente para aplicaciones de control de acceso y seguridad. Información sobre alguna característica fisiológica se digitaliza y se almacena en el computador. Esta información se emplea como un medio de identificación personal. Algunas de las técnicas biométricas son: reconocimiento de iris, geometría de la mano, geometría facial, huellas dactilares.

### **1.1.3 Bandas Magnéticas**

Utiliza señales electromagnéticas de alta o baja energía para registrar y codificar información en una banda que puede ser leída por una máquina para identificación instantánea. Las tarjetas de crédito y algunas tarjetas “prepagadas” para hacer llamadas telefónicas son quizás las aplicaciones más difundidas de las bandas magnéticas.

### **1.1.4 Reconocimiento de voz**

Permite comunicación directa con el computador el cual se programa para reconocer y actuar basado en patrones de voz.

### **1.1.5 Identificación por Radio Frecuencia (RFID)**

La tecnología de identificación por radio frecuencia o RFID, como abreviadamente se le llama, es un método electrónico de asignar un código de información a un producto, proceso o persona y usar esta información para identificar o acceder una información adicional al respecto.

La información se almacena en un dispositivo electrónico conocido como transponder y su característica fundamental es que el intercambio de datos entre el transponder y el aparato lector se realiza mediante un campo electromagnético.

### 1.1.6 Código de barras

Una serie de técnicas mediante las cuales se codifican datos en una imagen formada por combinaciones de barras y espacios. Estas imágenes son leídas por equipos especiales de escaneo a través de los cuales se puede comunicar datos al computador.

## 1.2 SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA (RFID)

En ésta sección se describe en forma más detallada un sistema RFID.

### 1.2.1 ¿Qué es la RFID?

Básicamente, la RFID es un método de identificación que utiliza la radiofrecuencia para identificar, rastrear y administrar una enorme gama de productos, documentos, animales o individuos, sin contacto y sin necesidad de un campo visual [2]. La **figura 1** muestra el esquema de un sistema RFID.

**Figura 1.** Sistema RFID



Fuente: © TEC Electrónica, S.A.

### 1.2.2 ¿Cómo funciona la RFID?

Como ya se mencionó, la RFID utiliza la Radiofrecuencia para capturar los datos y no un haz de luz como en el caso del código de barras. Por esto, ésta tecnología permite que un transponder sea leído sin la necesidad de un campo visual, e incluso a través de objetos tales como madera, plástico, papel, excepto metal.

Para que ocurra la comunicación, se necesita básicamente dos componentes: el transponder, y un lector con antena, que también puede ser grabador en el caso que se necesite escribir nuevos datos en el chip del transponder.

- El lector genera un campo de radiofrecuencia, normalmente conmutando una bobina a alta frecuencia. La **tabla 1** muestra las frecuencias usuales.
- El campo de radiofrecuencia genera una corriente eléctrica sobre la bobina de recepción del transponder. Esta señal es rectificadora y almacenada en un pequeño capacitor dentro del transponder y de esta manera se alimenta el circuito.
- Cuando la alimentación llega a ser suficiente el transponder transmite sus datos utilizando la energía almacenada en su capacitor como fuente de poder.
- El lector detecta los datos transmitidos por el transponder como una perturbación del propio nivel de la señal **[3]**.

**Tabla 1.** Algunas bandas de frecuencia electromagnética (EM)

<b>Región del espectro EM</b>		<b>Frecuencia</b>
VLF	Frecuencia muy baja	10 KHz- 30KHz
<b>LF</b>	<b>Frecuencia baja</b>	<b>30 KHz- 300KHz</b>
MF	Frecuencia media	300 KHz- 3 MHz
HF	Frecuencia alta	3 MHz- 30MHz
VHF	Frecuencia muy alta	30 MHz- 300 MHz
UHF	Frecuencia ultra alta	300 MHz- 1 GHz
UW	Microondas	1 GHz -300 GHz

**Fuente:** Investigación autores del proyecto

### **1.2.3 Componentes de un sistema RFID**

Los sistemas RFID constan generalmente de dos componentes:

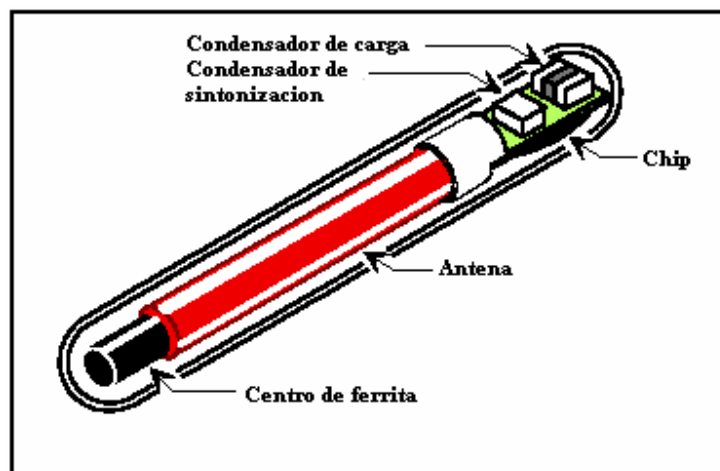
- El transponder que está de alguna manera unido al elemento a ser identificado.
- El lector con su antena, que detecta la identidad del transponder.

#### **1.2.3.1 El Transponder**

Un transponder es básicamente un circuito microelectrónico compuesto por una antena emisora y receptora, y un microchip. El chip controla la comunicación con el lector y además posee memoria donde se almacenan

datos, estos datos son enviados al lector cuando el chip es activado por el campo electromagnético del lector [4 5].

**Figura 2.** El Transponder



**Fuente:** Texas Instruments

Los transponders pueden clasificarse de diferentes maneras. De acuerdo a la forma como se alimentan pueden ser: “pasivos” y “activos” y de acuerdo a la forma como se accede a la memoria son: de solo lectura (read only), de una escritura y múltiples lecturas (write once/read many WORM) y de lectura /escritura (read/write). En la **tabla 2** se presenta ésta clasificación [2].

**Tabla 2.** Tipos de transponders

CLASIFICACIÓN	TIPO	DESCRIPCIÓN
Según la forma de alimentación	Pasivos (sin batería)	Al ingresar al área de acción de un lector necesitan cargar la energía necesaria para enviar el contenido de su memoria de datos al lector.
	Activos (energizados por una batería)	Son en general más fáciles de identificar, es decir, su alcance es mayor, pero tienen las desventajas de un mayor tamaño, costo y vida útil limitada (entre 5 a 10 años).
Según el acceso a la memoria	De sólo lectura (read only)	Contienen ya un número único pregrabado de fábrica en su memoria.
	De una escritura y muchas lecturas (write once/read many WORM)	No superan los 128 bits.
	De lectura /escritura (read/write)	Con la ayuda de un lector/escritor, dan la posibilidad de almacenar datos en su memoria.

Fuente: Investigación autores del proyecto

**Lector/escritor:** Un lector/escritor extiende las características del lector ya que fuera de leer transponders este puede grabar datos en la memoria de los mismos si estos son de Lectura/Escritura (RW).

El transponder puede tomar distintas formas y materiales de encapsulado según la aplicación requerida: Tarjetas inteligentes (smart card) de PVC, llaveros para automóviles, clavos de policarbonato para madera, discos de plástico, aros de vidrio para ganado, y etiquetas inteligentes (smart labels) de papel, etc. y se acopla al objeto o a la persona que hay que identificar.

### **1.2.3.2 Lector de transponder**

El lector generalmente contiene un módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor), una unidad de control y un dispositivo de acoplamiento (antena).

El lector de transponder opera mediante la emisión de un campo electromagnético (radiofrecuencia), que es la fuente que alimenta al transponder y es creado por la antena. La misma antena recibe el código del transponder y lo transmite a un decodificador para que lo procese [4].

### **Tipos de lectores de transponders**

Los lectores de transponder también se presentan en varios formatos, pero tienen una clasificación más general, y es: Lectores estáticos y lectores portátiles [6].

- **Lectores Estáticos:** Emiten ondas de radio difundidas por medio de una antena en diversos sentidos que van desde unos pocos milímetros hasta algunos metros dependiendo de la potencia de salida y de la frecuencia de radio utilizada. Los datos que están codificados en el transponder son enviados a través del lector para que una computadora procese los datos. Son utilizados en posiciones fijas, por ejemplo se utilizan en aplicaciones como Control de Horario, Control de Acceso, etc.

- **Lectores Portátiles:** Tal como su nombre lo indica, son lectores móviles, que se pueden utilizar en aplicaciones de inventario, capturadores de datos, etc. Son capaces de leer y guardar la información contenida en los transponders.

Estos lectores pueden conectarse a una computadora para poder bajar los datos almacenados. Además existe la posibilidad de poder grabar información a los transponders.

**Figura 3.** Lector portátil



**Fuente:** Acura Technologies Ltd

### **Antena del lector**

La antena es el medio por el cual se envía y recibe información del transponder desde el lector. Las antenas están construidas en varios formatos y tamaños. En cada aplicación las características varían de acuerdo a las necesidades, pudiendo entonces construirse antenas de acuerdo a la aplicación, laterales, direccionales, etc.

**Figura 4.** Antenas lectores



**Fuente:** Texas Instruments

Hay muchas consideraciones que se tienen en cuenta en la construcción de una antena. Estas incluyen [7]:

1. Cada antena con un tamaño específico se usa para una aplicación en particular.
2. La antena debe ser construida dentro de una estructura adecuada.
3. El área de cobertura de la antena debe ser lo más amplia posible.

Una consideración más relevante puede ser conseguir un mayor rango de lectura para los transponders, pero aquí es donde se debe tener cautela al diseñar una antena. El desempeño de un transponder sin batería depende de un número de factores, los principales son:

- El tamaño y el diseño de la antena del transponder
- El tamaño y diseño de la antena del lector
- La potencia de salida del transmisor del lector

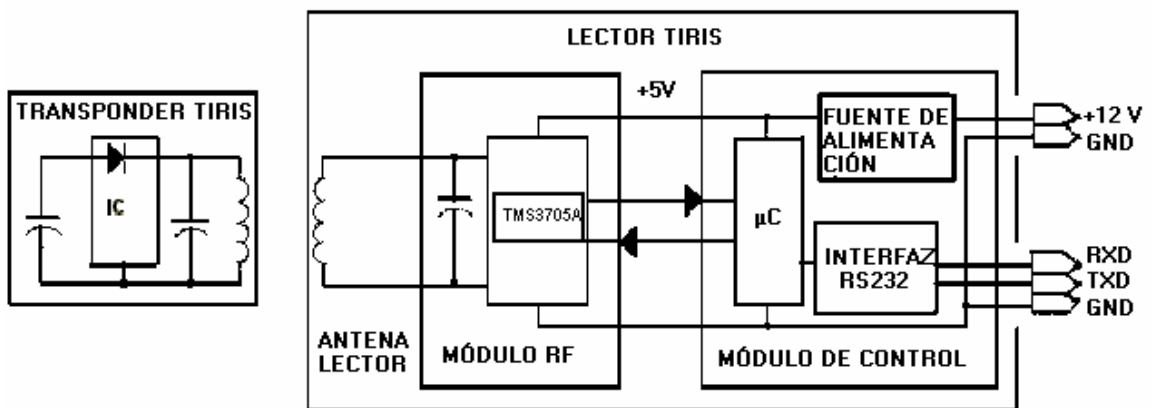
## 2. SISTEMA TIRIS

La selección del sistema que sirvió de base para desarrollar el prototipo, se hizo básicamente por la disponibilidad de información. La empresa INCATEL propiciando el desarrollo en el área de las telecomunicaciones quiso proyectar el uso de la tecnología RFID e inició contactos con dos importantes fabricantes de esta tecnología, ellos son: PHILLIPS y TEXAS INSTRUMENTS, compañías con las cuales la empresa INCATEL ha tenido contacto en los últimos años y de las cuales ha recibido mucha información de sus productos y servicios.

Los sistemas RFID existen en numerosas variantes, con características que diferencian uno del otro de acuerdo al fabricante. De las compañías mencionadas, TEXAS INSTRUMENTS proporcionó mayor información acerca de esta tecnología, razón por la cual se decidió estudiar el sistema TIRIS (Texas Instruments Registration and Identification System) y tomarlo como base para desarrollar el prototipo.

La tecnología TIRIS es una de las más nuevas en la recolección automática de datos. Surgió como una solución para sistemas de rastreo y control de acceso en la década del 80. Consiste básicamente, en dispositivos electrónicos que se graban con información y se adjuntan o inyectan a objetos, personas o animales que necesitan ser identificados o rastreados. TIRIS es un sistema de identificación por radio frecuencia que, como se puede observar en la **figura 5**, consta de uno o más transponders y un lector. El lector consta de una antena, el Módulo RF (radiofrecuencia) y el Módulo de control **[8]**.

**Figura 5.** Modelo de la estructura TIRIS sin PC



Fuente: Texas Instruments

## 2.1 Definiciones generales

Las siguientes definiciones se tomaron de la norma ISO 11784, Radio-frequency identification of animal – Code structure, y de la norma ISO 11785, Radio-frequency identification of animal – Technical concept [9 10].

La **norma ISO 11784** define la estructura del código programado en el transponder. Establece la ordenación de las diferentes secciones que componen el código. Establece que la responsabilidad de la unicidad de un código está delegada dentro de cada país a la autoridad competente para la identificación animal.

La **norma ISO 11785** define los protocolos de comunicación entre los transponders y los lectores. Elige las frecuencias de activación y de respuesta.

- **Campo de activación:** Campo electromagnético transmitido por un transceiver para energizar y/o activar un transponder.

- **Codificación NRZ (non-return to zero):** La codificación NRZ o de código sin retorno a cero, se caracteriza por una señal alta y una señal baja (a menudo +5 o +3,3 V para 1 binario y 0 V para 0 binario).
- **Frecuencia de activación:** Frecuencia de la activación del campo.
- **FSK (frequency shift keying):** Modulación en la cual la información binaria se superpone dentro de una portadora en el campo electromagnético, cambiando entre frecuencias discretas del campo.
- **Full duplex:** Método de intercambio de información, en el cual la información se transmite mientras el transceiver genera el campo de activación.
- **Half duplex:** Método de intercambio de información, en el cual la información se transmite después que el transceiver deja de transmitir el campo de activación.
- **Página:** Una parte coherente de la información transmitida
- **PSK (phase shift keying):** Modulación en la cual la información binaria se superpone dentro de una portadora en el campo electromagnético, introduciendo cambios de fase discreta del campo.
- **Transceiver:** Dispositivo usado para comunicarse con un transponder.
- **Transponder:** Dispositivo que transmite su información almacenada cuando es activado por un transceiver y es capaz de almacenar nueva información.

## 2.2 Módulos del sistema

A continuación se describen en forma breve los módulos que conforman un sistema TIRIS, el lector interesado en profundizar en el tema, puede

consultar en la bibliografía recomendada de Texas Instruments que aparece al final del libro [8 11 12 13].

- **El Módulo RF** contiene las funciones básicas que permite que los datos sean leídos desde y escritos hacia el transponder. Para la transmisión de los datos entre el lector y el transponder, se usa el principio de acople inductivo. El transmisor del Módulo RF posee las siguientes funciones: alimentación inalámbrica de la potencia del transponder (Carga), escritura en el transponder usando modulación por ancho de pulso PWM (Escritura), y programación en la memoria del transponder (Programación).

El receptor del Módulo RF demodula la señal de respuesta del transponder (Lectura), esta respuesta es modulada usando FSK. Proporciona una salida de datos digital, SCIO (Serial Communication Interface Output).

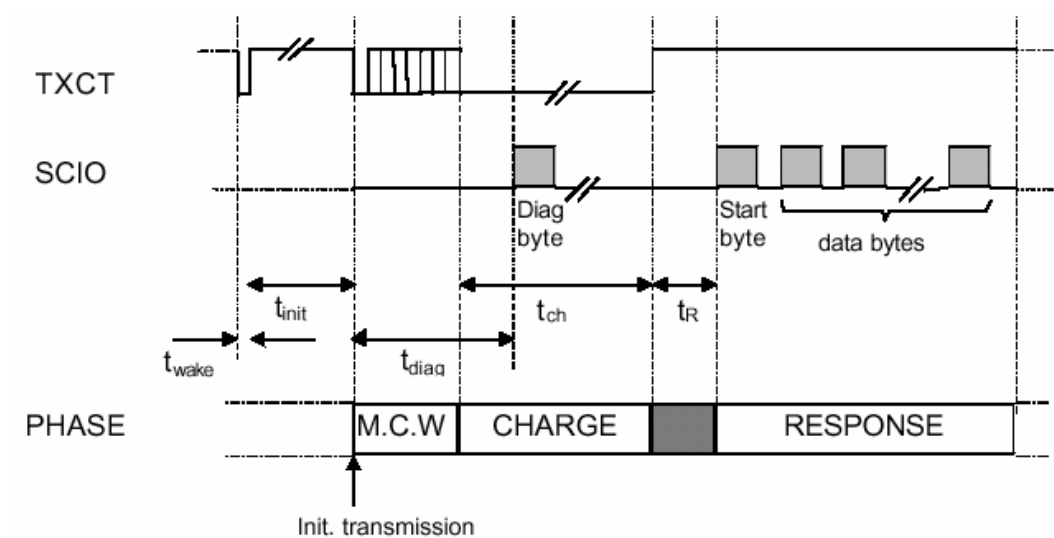
- **El Módulo de Control** proporciona todas las funciones para el Control de Secuencia del Módulo RF. El control de secuencia hace referencia a la manipulación de los diferentes tiempos que se emplean en el sistema para ejecutar las funciones del Módulo RF, este puede ser realizado usando un microcontrolador. El Módulo de control examina el tiempo de carga, escritura, programación y las funciones de lectura. Genera y comprueba los datos de protección y convierte los datos de identificación recibidos del transponder (Respuesta) a formatos de interface especificadas por el usuario y estándares.

## 2.2 Funcionalidad del sistema

Para llevar a cabo la lectura del transponder, es fundamental que el control de secuencia se realice correctamente. Sólo así, se asegura la activación del

transceiver (corazón del módulo RF) y la ejecución de las funciones de carga y lectura del transponder. Para esta activación se empleó la secuencia de tiempo de la **figura 6**.

**Figura 6.** Secuencia de tiempo



**Fuente:** Texas Instruments

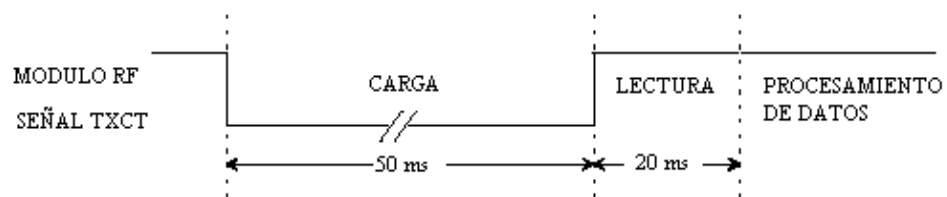
La activación del módulo RF se inicia con un pulso bajo de 50  $\mu$ s ( $t_{wake}$ ). Después de este pulso, la señal TXCT debe ser alta por lo menos 2.2 ms ( $t_{init}$ ). Seguidamente, durante  $t_{diag}$  se escribe el control de modo (M.C.W.), el cual define el modo y la forma en que la frecuencia de la portadora generada se selecciona, con el fin de encontrar la frecuencia de resonancia del transponder.

Una vez realizada la activación del módulo RF, se inicia la fase de carga del transponder. Durante el tiempo de carga, el transmisor del Módulo RF es activado continuamente por la señal de entrada TXCT (activa en nivel bajo). Mientras el transmisor este activo, el circuito de antena resonará a una

frecuencia controlada por cristal de 134,2 KHz. y generará un campo electromagnético alrededor de la antena. Si un transponder está dentro del campo, este acumulará energía de este campo en su condensador de carga, esto significa que el transponder ha sido cargado.

El receptor del Módulo RF no es capaz de recibir durante la fase de carga. Cuando la señal de transmisión se apaga, el transponder detecta el fin del ciclo e inicia el envío de datos y el lector comienza la fase de lectura. La **figura 7** muestra la función de carga.

**Figura 7.** Función Carga



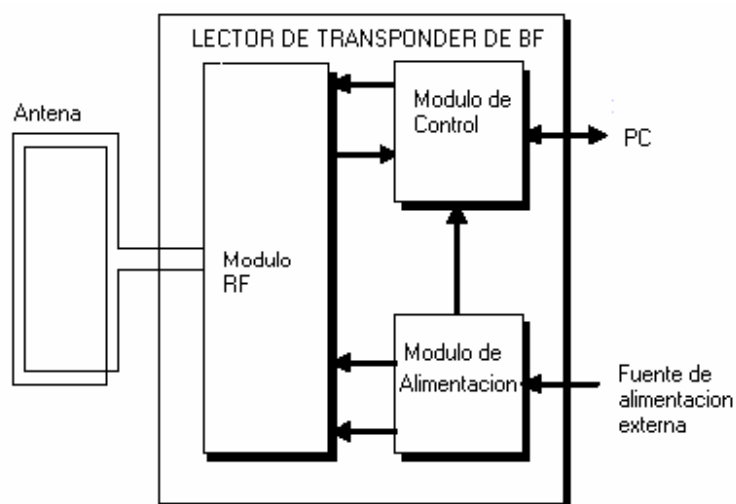
**Fuente:** Diseño de los autores del proyecto

El tiempo de lectura (20 ms) comienza con la desactivación de la señal TXCT. Inmediatamente después de detectar el cambio, el transponder comienza la transmisión (respuesta). Durante esta fase, el transponder transmite sus datos usando FSK. La frecuencia típica de bit bajo  $F_l$  es 134,2 KHz, la frecuencia típica de bit alto  $F_h$  es 123,2 KHz. La duración de la respuesta del transponder depende del número de bits altos y bajos, en todo caso siempre es menor a 20 ms.

### 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL LTBF

El lector que se desarrolló en este trabajo está basado en el sistema descrito en el capítulo anterior. El diseño del LTBF o Lector de Transponder de Baja Frecuencia, se fundamentó en la implementación del Módulo RF y el Módulo de control, además se diseñó la antena para la transmisión y recepción de los datos. En la **figura 8** se puede apreciar el bloque esquemático del LTBF.

**Figura 8.** Bloque Esquemático del LTBF



**Fuente:** Diseño de los autores del proyecto

El LTBF es un sistema que trabaja de forma completamente autónoma, con la capacidad de realizar lecturas sin la necesidad de un equipo auxiliar (como un PC), almacenando los datos para su posterior visualización por medio de un **software** en un computador.

Para la adquisición y control de los datos se empleó un microcontrolador de Motorola que genera las señales necesarias para el funcionamiento del

sistema. Posee un LCD donde se le indica al usuario que los datos han sido leídos cuando no esté conectado a un PC, en esta situación los datos son guardados en una memoria externa y posteriormente descargados al PC vía puerto serie (Interfaz RS232) para su visualización.

Para la comunicación con el PC se desarrolló una interfaz visual mediante Visual Basic. Se eligió este lenguaje por tener un ambiente gráfico amigable de programación y por la disponibilidad de la licencia con que cuenta la empresa INCATEL, además es compatible con Windows.

El LTBF fue diseñado teniendo en cuenta los siguientes criterios [4]:

**1. Frecuencia de operación:** Los sistemas RFID que operan en el rango de frecuencias entre 100 KHz y aproximadamente 30 MHz utilizan el acople tipo inductivo. Los sistemas de baja frecuencia son más comunes por su mejor penetración a través de objetos sólidos. Los sistemas por microondas, que operan en un rango de frecuencia de 2,45 ó 5,8 GHz alcanzan un rango de lectura mayor (entre 2 y 15 metros) y utilizan campos electromagnéticos para el acople. La desventaja de estos sistemas es que requieren una batería de respaldo para el transponder y requieren direccionamiento.

**2. Rango de lectura:** En un sistema RFID la distancia de lectura es un factor muy importante para un buen funcionamiento del mismo. Esta indica a que distancia del lector puede ser identificado el transponder, para una aplicación específica depende de diversos factores tales como el tipo de transponder (activo o pasivo), tamaño de la antena del transponder, frecuencia de trabajo, potencia del lector, variaciones en la posición del transponder, la distancia entre varios transponders dentro de la zona de operación, la velocidad del transponder dentro de la zona de lectura, entre otros.

**3. Requerimientos de seguridad:** En sistemas cerrados (industriales) donde sólo tienen acceso al sistema RFID personas autorizadas, se puede monitorear el círculo de potenciales violadores. Por otro lado los sistemas para aplicaciones públicas relacionadas con valores o dinero deben incorporar procedimientos de encriptación y autenticación para un manejo seguro de la información.

**4. Tamaño de la memoria:** El tamaño de chip - que determina la categoría de precio - se determina principalmente por su capacidad de memoria. Aplicaciones sensibles al costo con bajos requerimientos de información local utilizan transponders fijos de "sólo lectura" que solo permiten identificar el objeto. La información completa asociada a cada unidad se almacena en la base de datos central. Sistemas que escriben información actual en el transponder requieren un chip con memoria EEPROM (16 bytes hasta 8 kbytes) ó RAM (256 bytes hasta 64 kbytes).

**5. Tipo de lector:** Como se mencionó en el capítulo 1, los lectores de transponders pueden ser lectores estáticos o portátiles, cada uno con sus características y aplicaciones específicas. El LTBF posee una memoria, un *display* y un teclado, elementos que hacen de él un lector autónomo y con características de portabilidad.

### **3.1 HARDWARE DEL LTBF**

La construcción del LTBF se puede dividir en varias etapas bien definidas. Estas etapas o tareas que se realizaron para llegar a la puesta en marcha del dispositivo en mención fueron:

1. Elección del microcontrolador, el elemento de almacenamiento y los demás elementos que mejor se ajustaran a los requerimientos del equipo.
2. Montaje del Módulo RF y configuración del transceiver por medio del microcontrolador.
3. Diseño de la antena del LTBF.
4. Diseño y construcción del hardware necesario para cubrir todos los pasos de la adquisición de los datos y la interfaz con el usuario.
5. Desarrollo del programa que permitiera almacenar y manipular la señal de respuesta del transponder y posteriormente visualizarla en el PC.
6. Puesta a punto del lector.

Para la selección de los dispositivos se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Puertos necesarios para el manejo del *Display*, teclado, memoria, señales a ser controladas y comunicación con el PC.
- Capacidad de memoria requerida por el equipo.
- Facilidad de consecución de los dispositivos.

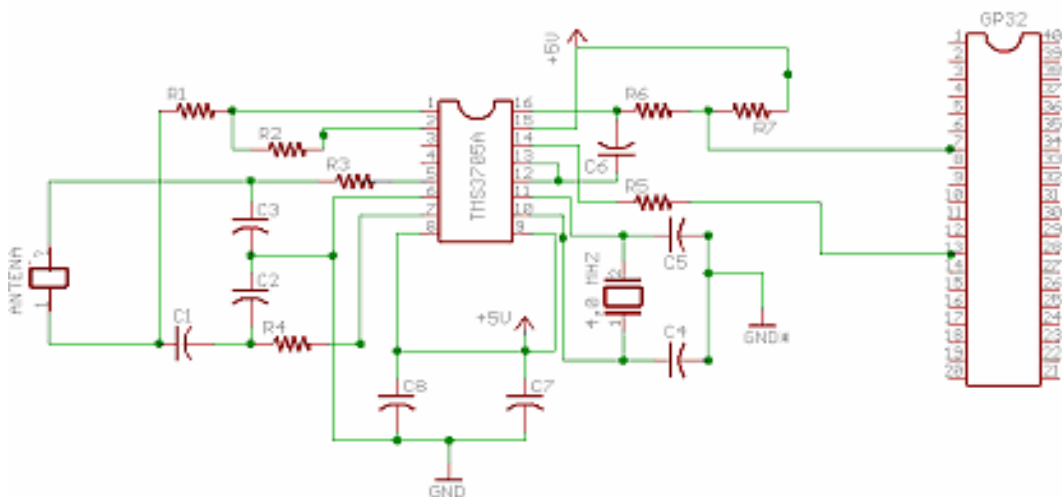
El LTBF fue diseñado e implementado en tres módulos básicos: el Módulo RF, el Módulo de control y el Módulo de alimentación.

### 3.1.1 Módulo RF

El Módulo RF es la interface entre el transponder y el Módulo de control del lector. Este tiene la función de cargar el transponder, programar la lectura, recibir la señal de respuesta del transponder y demodularla para el futuro procesamiento digital de los datos. El componente principal del módulo es el transceiver, que corresponde al circuito integrado IC TMS3705A. En el **anexo A** se describen las características más importantes de este circuito integrado.

#### Descripción circuital del módulo RF [12]

**Figura 9.** Diagrama esquemático del Módulo RF



**Fuente:** Diseño de los autores del proyecto

- **El sistema oscilador**

El sistema PLL permite el uso de dos frecuencias de referencia diferentes, ya sea 4,0 MHz o 2,0 MHz. Para un cristal de 4 MHz la entrada F\_SEL (Pin 15) del integrado debe ser puesta a un nivel de voltaje VDD, o a tierra si se usa un cristal de 2 MHz.

Para el Módulo se ha implementado un cristal de 4,0 MHz

- **Circuito de antena**

El circuito de antena esta formado principalmente por el capacitor de resonancia C1 y la bobina de antena. El circuito de la antena es manejado por las etapas de salida push-pulls en los terminales ANT1 (Pin 5) y ANT2 (Pin 7) que pueden ser vistos como switches digitales. Estos producen interferencia armónica. Para minimizar esta interferencia cada etapa del driver se alimenta al circuito de antena a través de un filtro pasa bajo RC (R3/C3; R4/C2).

- **Preamplificador**

Durante la fase de recepción ambas salidas ANT1 y ANT2 son puestas a tierra. El preamplificador incorporado opera como un amplificador operacional polarizado internamente. La razón de las resistencias R2/R1 determina el factor de ganancia.

- **Interface del circuito al Módulo de Control**

La entrada de control TXCT (Pin 16) del Módulo RF activa el transmisor si esta en nivel bajo. Para prevenir la transmisión continua si la línea al controlador es accidentalmente interrumpida la resistencia R7 levanta la señal a un nivel alto. Esta línea de control TXCTL transfiere la señal de modulación y el byte de control de modo. Para mejorar su susceptibilidad electromagnética<sup>3</sup>, se introduce un filtro RC pasa bajo R6/C6.

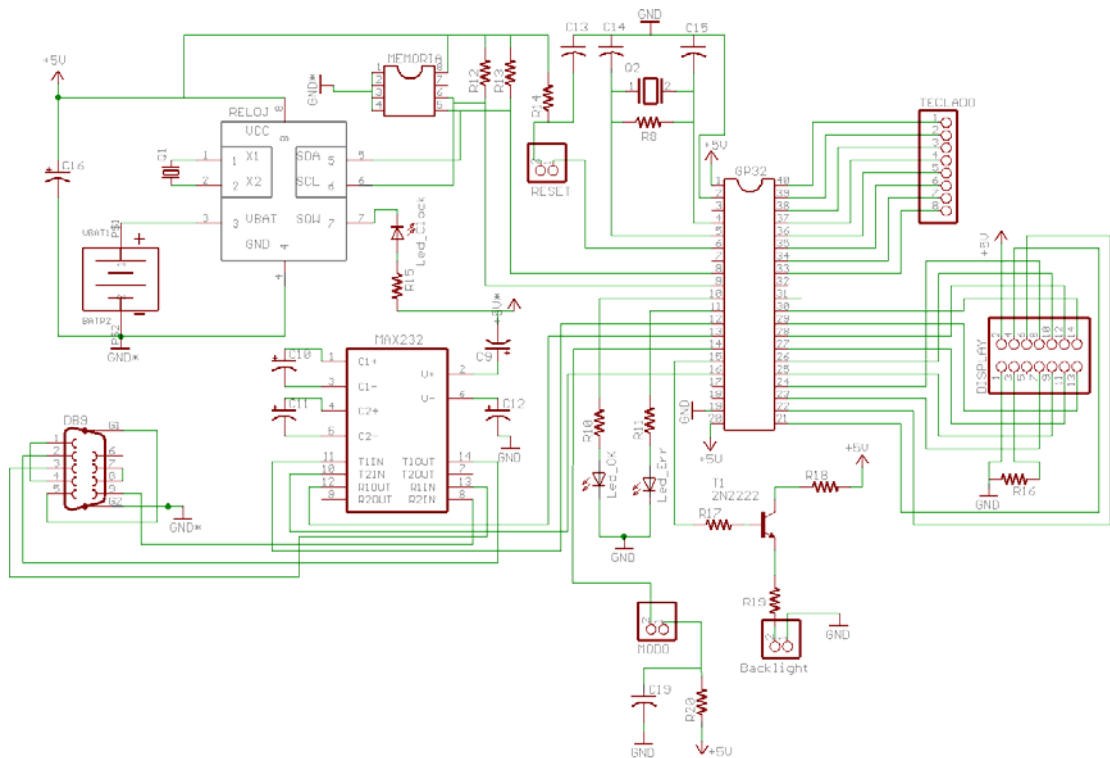
La salida de datos SCIO (Pin 14) del transceiver está protegida contra corto circuito a tierra por la resistencia en serie R5.

### **3.1.2 Módulo de control**

Para lograr la autonomía del sistema, se requiere la implementación de un módulo encargado de generar las señales de control para el Módulo RF y

que a su vez posea una interfaz con el usuario para poder visualizar la respuesta del transponder. En la **figura 10** se aprecia el diagrama esquemático del Módulo de control.

**Figura 10.** Diagrama esquemático del Módulo de control



**Fuente:** Diseño de los autores del proyecto

### Componentes del Módulo

El módulo cuenta con los siguientes elementos:

- Un microcontrolador, encargado del manejo de los componentes del módulo y señales de control del Módulo RF.

<sup>3</sup> Tolerancia de un elemento o circuito electrónico de soportar interferencias producidas por campos electromagnéticos.

- Memoria no volátil, externa al microcontrolador, para almacenar los datos de los transponders.
- Una pantalla LCD, que permita la visualización de mensajes para la interacción del usuario con el sistema.
- Teclado matricial para el manejo de las diferentes opciones del sistema.
- Un reloj de tiempo real, para registrar la hora y la fecha de las lecturas.
- Una interfaz de comunicación entre el sistema y un PC.

### **3.1.2.1 El microcontrolador**

El microcontrolador seleccionado para controlar el funcionamiento del LTBF fue el MC68HC908GP32 de Motorola, teniendo en cuenta que la cantidad de puertos con que dispone son suficientes para el manejo de las señales y dispositivos ya mencionados, además es un microcontrolador que se ha usado en varios proyectos en la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones y por lo tanto existe información y rutinas de programación en lenguaje ensamblador que se tomaron como referencia para el desarrollo del LTBF.

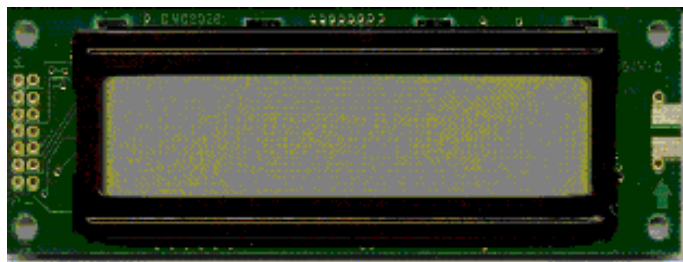
Las características de este microcontrolador, al igual que los demás dispositivos que componen el módulo, se describen en el **anexo A**.

### **3.1.2.2 Pantalla de cristal líquido (LCD)**

El LCD utilizado en esta aplicación es como el que se muestra en la **figura 11**. Su función es visualizar mensajes que indican que los datos han sido leídos del transponder, independientemente si el lector está o no conectado a un PC. En él también se visualizan mensajes para la descarga de los datos desde la memoria al PC, indicando que la descarga se ha realizado con éxito o no.

En el mercado existe una gran variedad de LCD's con especificaciones muy similares. Se eligió este display básicamente por su bajo costo y por su facilidad de consecución.

**Figura 11.** Pantalla de cristal líquido



**Fuente:** Hoja de datos del fabricante

### **3.1.2.3 Memoria**

El LTBF posee una memoria externa para almacenar los datos cuando está funcionando como lector portátil, es decir, cuando no está conectado a un PC.

La utilización de esta memoria se debe a que la memoria flash que posee el microcontrolador no tiene la suficiente capacidad de almacenamiento.

Se utilizó la memoria serial 24FC256 por su gran capacidad de almacenamiento, su fácil transmisión de datos con el microcontrolador, su baja disipación de potencia y además ocupan poco espacio.

Se empleó ésta memoria con la cual se pueden almacenar los datos de hasta 1724 transponders.

#### **3.1.2.4 Teclado**

Para la elección del teclado del LTBF, se pensó implementar como primera medida un teclado de 7 teclas, el cual permitiría la manipulación de las opciones por selección. Sin embargo, pensando en la posibilidad de ampliar las prestaciones del lector, como la escritura en el transponder, se decidió implementar, un teclado alfanumérico de tipo matricial, de cuatro filas por cuatro columnas, con algunas teclas útiles para la selección de las diferentes opciones del sistema y permitiendo posteriormente, el ingreso de valores deseados por el usuario.

#### **3.1.2.5 El Reloj**

El reloj del LTBF corresponde al circuito integrado DS1307, el cual es un reloj de tiempo real que utiliza el protocolo I2C. La hora y la fecha se visualizarán en el LCD al encender el lector con la posibilidad de ajustarlas cada vez que se requiera.

#### **3.1.2.6 Comunicación Serial.**

El sistema requiere comunicarse con un PC con el fin de realizar la descarga de datos para su posterior visualización. Para tal fin se optó por el tipo serial RS232, el cual requiere de un menor número de líneas comparado con la comunicación de tipo paralelo, además de aprovechar que el microcontrolador cuenta con un módulo para tal propósito, facilitando su programación.

Para la conexión de la comunicación con el puerto serial, se utilizó el puerto E, el cual está diseñado de manera específica para tal fin. La línea PTE0 se usa para la transmisión y la PTE1 para la recepción.

### **3.1.2.7 Circuito Integrado MAX 232**

Adicionalmente, para la conexión con el puerto serial del computador, es necesario utilizar un elemento que permita acoplar los niveles de las señales con que trabaja el microcontrolador y el puerto serie del PC. Este elemento es el circuito integrado MAX232, el cual cambia los niveles TTL a los del estándar RS-232 cuando se hace una transmisión, y cambia los niveles RS-232 a TTL cuando se tiene una recepción.

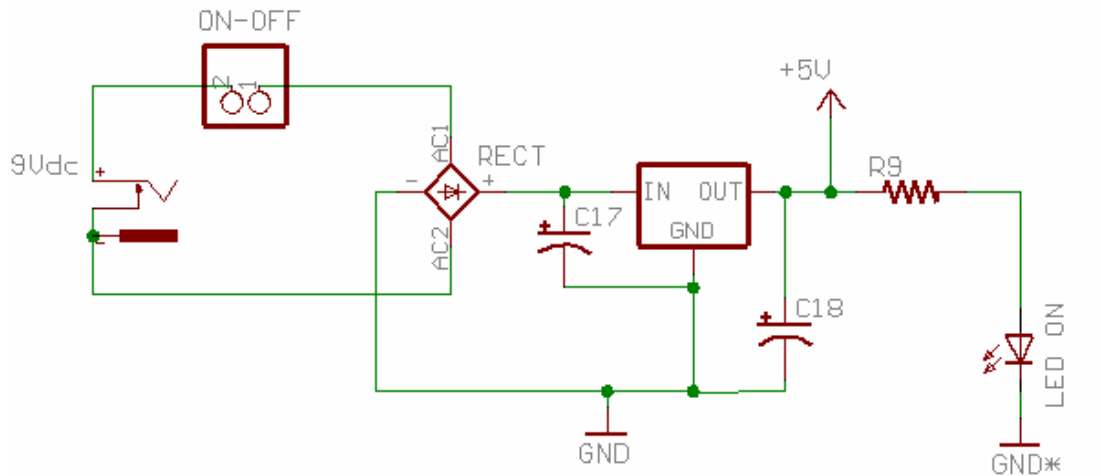
### **3.1.2.8 Diodos de señalización**

El lector posee dos diodos LED que se utilizan para indicar cuando la lectura de los datos ha sido correcta, en tal caso se enciende uno de ellos, el que indica lectura correcta, cuando se presenta un error en la lectura se enciende el otro LED.

### **3.1.3 Módulo de alimentación**

El LTBF requiere una fuente de alimentación externa que proporcione un valor de voltaje comprendido entre 5 y 15 V dc. Este voltaje de alimentación puede provenir de un adaptador que proporcione dicho voltaje de salida y como mínimo una corriente de 250 mA. El LTBF en operación normal consume una corriente de 160 mA sin el backlight del *display*, con este encendido consume una corriente total de 210 mA.

**Figura 12.** Diagrama esquemático del Módulo de alimentación



**Fuente:** Diseño de los autores del proyecto

El módulo de alimentación utiliza el voltaje del adaptador para proporcionar un voltaje de +5V dc, requeridos para alimentar, entre otros, al microcontrolador y al resto de los dispositivos digitales del sistema.

Para la obtención de dicho voltaje, se utilizó el regulador de voltaje *LM7805*, el cual toma el voltaje proveniente de la fuente externa y regula 5V a su salida. Como se observó que la señal de salida del adaptador presentaba rizados, se incluyó en el módulo un puente rectificador para garantizar un voltaje de DC “puro”.

## 3.2 SOFTWARE DEL LTBF

### 3.2.1 PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR

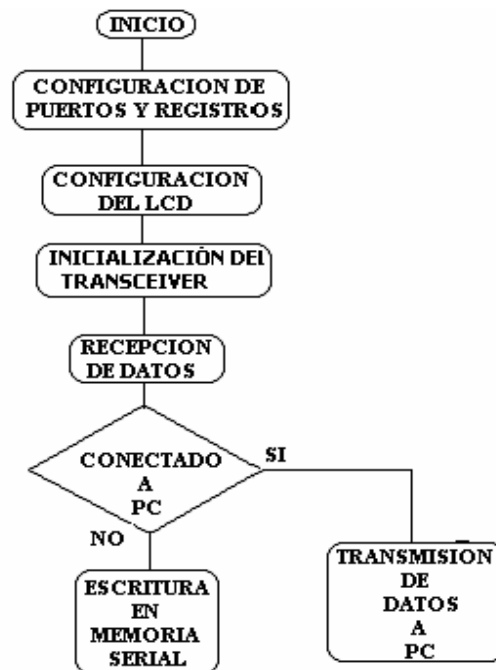
La programación del microcontrolador se hizo en lenguaje *Ensamblador*.

El programa desarrollado proporciona todas las señales para la activación del transceiver, el cual está encargado del manejo de la señal de la antena para detectar y demodular la respuesta del transponder.

El programa permite visualizar en el LCD mensajes que indican al usuario que se ha recibido la respuesta del transponder y posteriormente, almacenarla en la memoria externa en caso que el lector esté funcionando en modo portátil, es decir, cuando no está conectado al PC, o visualizarla directamente en el PC cuando está funcionando como lector fijo.

La **figura 13** muestra el diagrama de flujo del programa principal.

**Figura 13.** Diagrama de Flujo Programa Principal



**Fuente:** Autores del proyecto

En el diagrama se observa que el programa principal se encarga básicamente de llamar las diferentes subrutinas. Para una mejor

comprensión de la programación del sistema primero se presenta el funcionamiento de cada una de las rutinas, para luego explicar la operación del programa principal.

### 3.2.1.1 Rutinas del programa

- **Rutina de configuración**

Esta rutina identifica el inicio del programa, en el se definen todas las variables que se manejan en el cuerpo del programa y se determinan sus valores iniciales estos valores se mantienen invariables cada vez que se ejecute un reset, permitiendo mantener estable al sistema.

**Figura 14.** Diagrama de flujo configuración



**Fuente:** Autores del proyecto

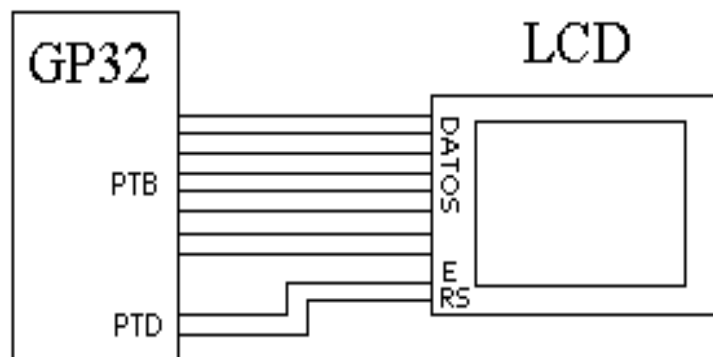
Luego se activa el sistema de protección de bajo voltaje (LVI), con el fin de dar reset al microcontrolador si se detecta un voltaje de alimentación menor a 3 voltios.

Seguidamente se configuran todas las líneas del microcontrolador ya sean de entrada o salida según correspondan y que son determinadas por el diseño del hardware del microcontrolador y de los circuitos electrónicos a controlar. La **figura 14** ilustra el diagrama de flujo de la configuración del programa.

- **Rutina de la pantalla de cristal liquido**

Dentro de esta rutina, se encuentran diferentes subrutinas que permiten la inicialización y el manejo de los datos en el LCD. El LCD responde a un conjunto especial de instrucciones que deben ser enviadas por el microcontrolador al LCD según la operación que se requiere. Estas instrucciones se presentan en la **tabla 3**.

**Figura 15.** Conexión del LCD



**Fuente:** Diseño autores del proyecto

**Tabla 3.** Instrucciones del LCD

INSTRUCCION	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	DESCRIPCION
Limpiar display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Limpiar el display y lleva el cursor a la dirección cero
Cursor at home	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	Lleva el cursor a la dirección cero sin cambiar el contenido

Modo Entry Set	0	0	0	0	0	0	0	0	1	I/O	S	Controla el movimiento del cursor y activa el desplazamiento del display
Control ON/OFF	0	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Activa o desactiva el display, el cursor y el parpadeo del cursor
Cursor/Display	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*		Mueve el cursor y desplaza el display sin cambiar el contenido de la pantalla
Función Set	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*		Define el ancho de interfase, el número de líneas del display y caracteres
Dirección CGRAM	0	0	0	1	ACG						Define la dirección en el display de la RAM de datos del display	
Dirección DDRAM	0	0	1	ADD						Define la dirección en el display de la RAM de datos del display		
Busy Flag/Ardes Read	0	1	BF	AC						Indica si la operación interna está en proceso y lee las direcciones y contenido		
Escritura de datos 1	1	0	Escritura de datos						Escribe los datos en la DDRAM o en el CGRAM			
Lectura de datos	1	1	Lectura de datos						Lee los datos del DDRAM o del CGRAM			

Fuente: Hoja de datos del fabricante

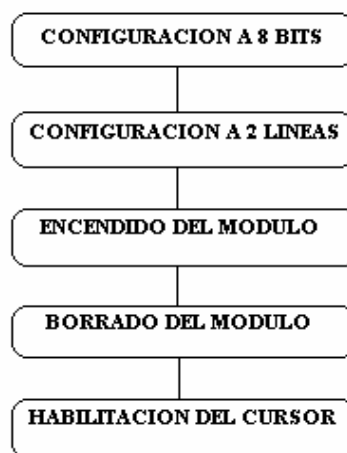
- \* : Posición no válida
- I/D : Dirección del cursor. 1 hacia la derecha. 0 hacia la izquierda
- S : Desplazamiento del display. 1 activado. 0 desactivado
- D : Display. 1 activado. 0 desactivado
- C : Cursor. 1 activado. 0 desactivado
- B : Parpadeo del cursor. 1 activado. 0 desactivado
- S/C : Desplazamiento/cursor. 1 desplazamiento del display. 0 movimiento del cursor
- R/L : Desplaza el display. 1 hacia la derecha. 0 hacia la izquierda
- DL : Ancho de interfase. 1, 8 bits. 0, 4 bits
- N : Líneas del display. 1 dos líneas. 0 una línea
- F : Puntos de los caracteres. 1, 5\*10 puntos. 0, 5\*7 puntos
- BF : 1 operación interna en proceso. 0 instrucción aceptada
- DDRAM : RAM de datos del display
- CGRAM : RAM del generador de caracteres
- ACG : Dirección del CGRAM

ADD : Dirección del DDRAM  
AC : Contador de caracteres

Para la conexión del LCD, como se muestra en la **figura 15**, es necesaria la utilización de 2 pines del microcontrolador, para el control: *ENABLE* (E) y *RS*, ubicados en las líneas PTD4, PTD5 del Puerto D y 8 pines más para el envío de datos (caracteres ASCII) en el Puerto B líneas PTB0, PTB1, PTB2, PTB3, PTB4, PTB5, PTB6 y PTB7.

El envío de los datos, se realiza de forma paralela, enviando los 8 bits, después de que los bits de control se disponen para el envío de datos (E=1, RS=1).

**Figura 16.** Diagrama de flujo configuración LCD

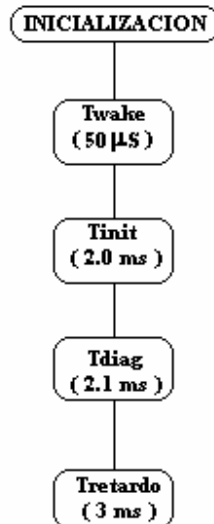


**Fuente:** Autores del proyecto

- **Rutina de inicialización del transceiver**

Esta rutina proporciona la señal TXCT descrita en el capítulo 2. La señal TXCT activa al transceiver para llevar a cabo la lectura del transponder.

**Figura 17.** Diagrama de flujo Inicialización del transceiver



**Fuente:** Autores del proyecto

El puerto C se configura como salida por medio del registro DDRc, el puerto PTC0 correspondiente a la señal TXCT y PTC1, PTC2, PTC3 y PTC4 se ponen en nivel bajo para su uso dentro de otras rutinas

- **Rutina para el manejo de la memoria serial**

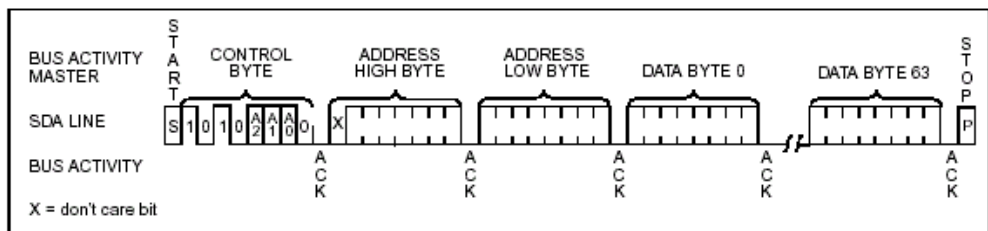
La comunicación entre el microcontrolador y la memoria serial se hace mediante un protocolo serial síncrono. El protocolo utilizado es uno de 2 líneas las cuales pertenecen a la línea de datos (SDA) y una señal de reloj (SCL).

Para el manejo de la memoria serial se utilizaron los puertos PTC1 para la señal de reloj y PTC2 para los datos.

Este protocolo se usa en las rutinas de escritura y lectura de la memoria externa para el almacenamiento de los datos cuando el lector no está conectado a un computador y luego la lectura para cuando se quieran transmitir esos datos a un PC.

La subrutina de escritura se basa en el diagrama de tiempo de la **figura 18** y genera tanto las condiciones de inicio y parada, como los acuses de cada byte enviado.

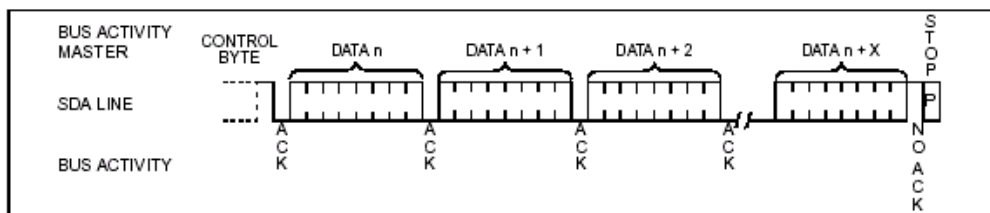
**Figura 18.** Diagrama de tiempo para la escritura de la memoria 24FC256



**Fuente:** Hoja de datos del fabricante

En la lectura de la memoria, se debe ubicar su dirección, de manera similar a como se realiza en la escritura; luego se envía un byte de control habilitando la lectura de la memoria. Para realizar la lectura de dos bytes consecutivos, se debe generar un acuse por parte del microcontrolador después de recibir el primer byte, como se ilustra en la **figura 19**.

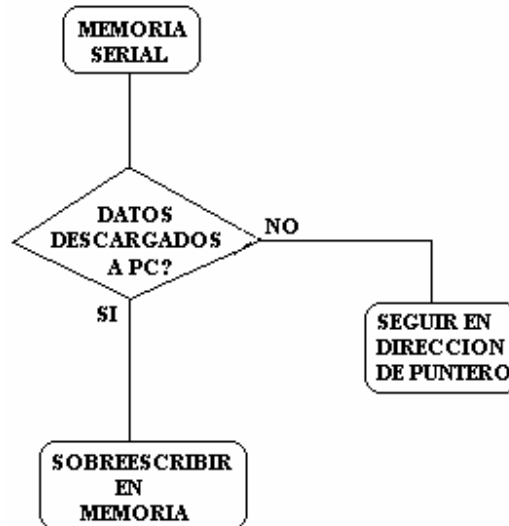
**Figura 19.** Diagrama de tiempo para la lectura secuencial de la memoria



24FC256

**Fuente:** Hoja de datos del fabricante

**Figura 20.** Diagrama de flujo memoria serial



Fuente: Autores del proyecto

- **Rutina del Teclado**

La manipulación del teclado matricial se realiza utilizando las interrupciones por el puerto A del microcontrolador y consiste en preguntar por el estado del puerto A del microcontrolador, y compararlo con una tabla de códigos con el fin de poder identificar la tecla pulsada.

Para la identificación de la tecla pulsada, se pregunta por el nibble menos significativo del puerto A, el cual se encuentra normalmente en nivel alto, gracias a la característica de pull up; cuando se oprime una tecla uno de estos bits, se pone en cero, mientras tanto por el nibble más significativo de dicho puerto se rota un cero por cada uno de los bits, generando un código, que será luego comparado con unos valores predeterminados para cada tecla.

- **Rutina del reloj**

El reloj se maneja por medio del protocolo I2C, el mismo que se usa para el manejo de la memoria serial. Se utiliza una subrutina para leer los

registros y otra para escribir en los registros correspondientes del día, el mes, el año, la hora y los minutos. Para su implementación se utilizó el puerto PTC1 Y PTC2.

- **Rutina de la transmisión serial**

En esta rutina se configura el módulo de interfase serial (SCI) del microcontrolador, el cual ofrece un protocolo asíncrono programable basado en un bit de inicio y uno o dos bits de parada, transmisión o recepción de una palabra de ocho o nueve bits a una tasa de baudios programable por medio de unos divisores de frecuencia y detección de errores aplicando el método de paridad.

Para la recepción de un dato el SCI se configura de la siguiente manera: la tasa de baudios se configura a 15625 baudios, se habilita el receptor y deshabilita el transmisor, el programa queda a la espera de los datos (14 bytes correspondientes al código del transponder) durante 50 ms donde se activa la interrupción por receptor lleno; cuando esto sucede se coloca en alto un bit del puerto C el cual activa un LED.

Para la transmisión serial con el computador el transmisor es habilitado y el receptor se deshabilita, y la tasa de baudios se configura a 4800 baudios.

El diagrama de flujo de configuración del SCI se muestra en la **figura 21** y los de recepción y transmisión en la **figura 22**.

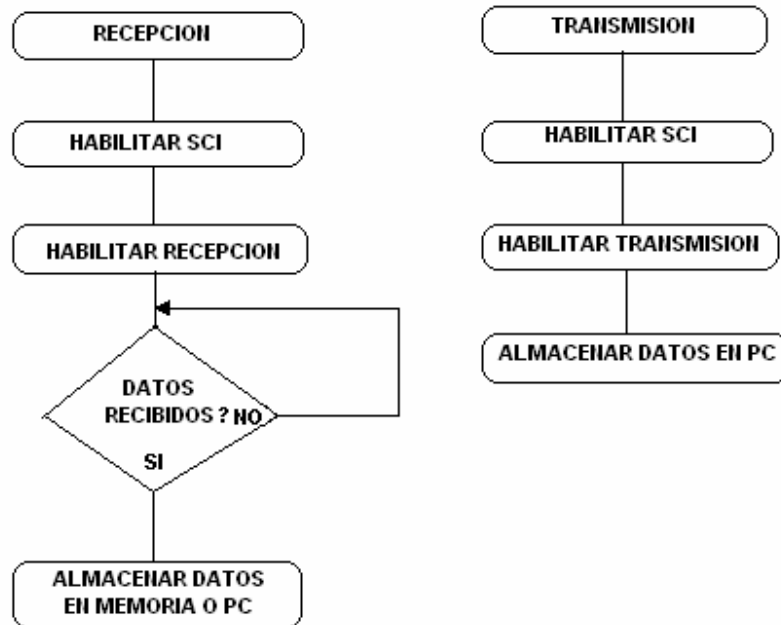
**Figura 21.** Configuración módulo SCI



- \* Recepción de los datos desde el transponder
- \*\* Transmisión de los datos al computador
- \*\*\* Velocidad de recepción
- \*\*\*\* Velocidad de transmisión

**Fuente:** Autores del proyecto

**Figura 22.** Diagrama de flujo recepción y transmisión



Fuente: Autores del proyecto

- **Rutina matemática**

Esta rutina que se encarga de convertir los datos hexadecimales (respuesta del transponder) a datos ASCII, con el fin de poder visualizarlos en el PC.

### 3.2.1.2 Programa principal

El programa se encarga del control general del lector, generando señales para configurar e inicializar el Módulo RF y llamando a las diferentes rutinas

para el manejo de los diferentes elementos que componen el Módulo de control.

El programa empieza por configurar los puertos y los registros del microcontrolador, luego inicializa el transceiver y se procede a la recepción de los datos del transponder; estos datos se almacenan momentáneamente en el microcontrolador y se pregunta por el estado del pin de interrupción externa (IRQ); si se encuentra en bajo (modo sin PC) los datos se almacenarán en la memoria, de lo contrario (modo PC) se procede a la transmisión de los datos a través del puerto serial al PC. Esta rutina se repetirá cada vez que se lea un transponder, llegado el caso en que se haya trabajado sin un computador por un tiempo y se tengan una serie de datos guardados en memoria, se tiene la posibilidad de conectarse a un computador y descargar la memoria.

## 4. DISEÑO DE LA ANTENA DEL LTBF

La antena es una de las partes principales y fundamentales de un sistema de comunicación inalámbrico, es parte del circuito de transmisión o recepción, y por esto debe acoplarse a el para que le sea transferida la máxima energía posible y disminuida la cantidad de señal reflejada.

La distancia a la cual un transponder puede ser leído se relaciona con el tamaño de la antena (existe una relación directa entre el área efectiva de antena y su directividad\*), la distribución del campo electromagnético y la potencia de transmisión.

### 4.1 Consideraciones del diseño de la antena

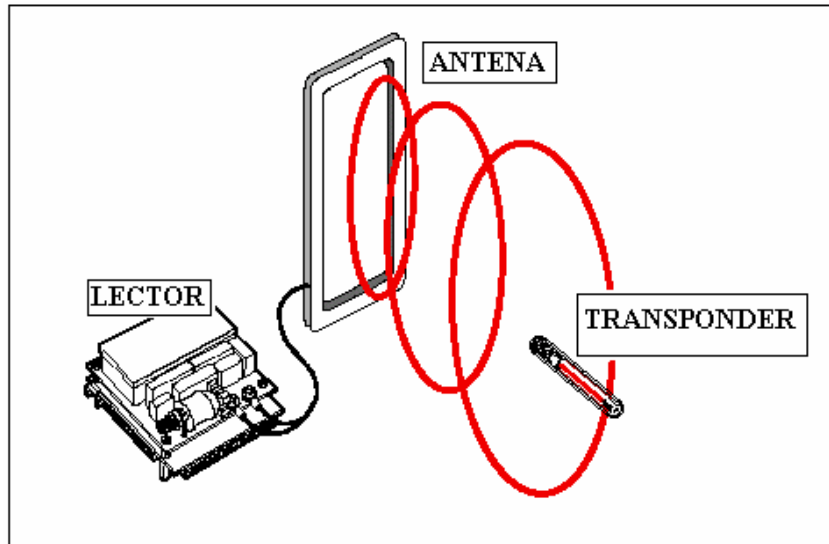
El lector diseñado opera a una frecuencia de 134,2 KHz, con una longitud de onda aproximada de 2,2 Km, lo suficientemente grande para considerar los campos casi estáticos. Esta antena tipo loop (lazo), utiliza el campo magnético para transferir potencia al transponder durante la fase de lectura, vía el principio de inducción de Faraday. El lector requiere que la antena sea sintonizada a ésta frecuencia y para lograr el máximo rango de lectura un buen factor de calidad Q.

Teniendo en cuenta el nivel adecuado de energía transmitida, los proveedores garantizan 1m de distancia de lectura entre la antena y el transponder que se desea leer, de acuerdo a los niveles mínimos de recepción y de señal a ruido. Hay que tener en cuenta que el alcance también depende de la alineación entre la antena y el transponder. Una antena de lazo genera unas líneas de flujo como se muestra en la **figura 24**.

---

\* Ver por ejemplo el libro de antenas de Balanis(segunda edición en inglés, p.86)

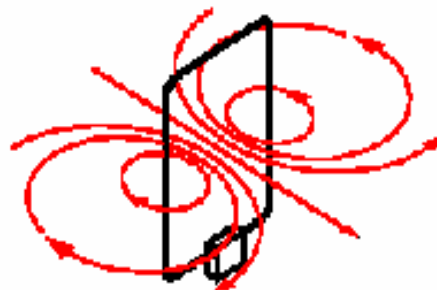
**Figura 23.** Esquema del sistema Lector



**Fuente:** Texas Instruments.

La velocidad a la que se mueve el transponder dentro del campo de la antena influye en la lectura de éste. Las operaciones de alta velocidad, pueden requerir antenas de mayor longitud que las de baja velocidad. En cualquier caso el diseño de la antena debe garantizar la lectura del transponder independientemente del tiempo que se mantenga dentro del campo de la antena.

**Figura 24.** Líneas de flujo asociadas con una antena de lazo



**Fuente:** Texas Instruments

## 4.2 Características de la antena

La antena construida es una antena de lazo de dimensiones 30 cm x 36 cm y fue construida en una estructura de PVC con una base de madera, presenta una inductancia  $L = 418.2 \mu\text{H}$  y un factor de calidad  $Q \approx 54$ . A continuación se describe brevemente las etapas que se llevaron a cabo en el proceso de su construcción.

- **Inductancia, dimensiones y cable de la antena**

La inductancia, las dimensiones y el cable de la antena se han establecido de acuerdo a las especificaciones dadas por el proveedor, el lector requiere una antena con inductancia entre 400 y 700  $\mu\text{H}$ .

Una inductancia de un valor determinado se puede lograr de muchas maneras diferentes: controlando formas, tamaños y especificaciones de los materiales magnéticos. Para una aplicación específica el tamaño puede ser crítico, para otras la sintonización puede colocar problema por el valor de la capacitancia en los condensadores de sintonía. Las dimensiones de la antena se establecieron básicamente por la aplicación, de manera que se optó por construir una antena de tamaño apropiado que facilite su traslado y que genere el alcance adecuado de lectura.

El cable utilizado para el lazo es cable multifilamento con 9 hilos de 0.5 mm de diámetro cada uno. Este tipo de cable es el recomendado por Texas Instruments para el diseño de las antenas de lazo. Al no tener elementos resistivos externos, el factor predominante en el factor de calidad de la antena será finalmente la resistencia óhmica del alambre y su resistencia de radiación. Las antenas tipo lazo presentan la desventaja de tener resistencias

de radiación demasiado bajas (del orden del ohmio) por lo que quien determina el factor de calidad es prácticamente las pérdidas en el cobre.

- **Número de vueltas, capacitancia de resonancia y factor de calidad de la antena.**

El procedimiento para la construcción de la antena tiene la siguiente filosofía: A partir del largo y ancho de la antena, la inductancia queda determinada prácticamente por el número de vueltas (no se tienen en cuenta propiedades magnéticas de la materia)\*\* . Fijado el número de vueltas y el calibre del alambre se obtiene una resistencia óhmica que según lo discutido anteriormente es quien fijará el factor de calidad del circuito resonante (despreciando el efecto piel que se puede tener a la frecuencia de trabajo y la resistencia de radiación que es demasiado baja), en un circuito serie el factor de calidad en resonancia queda definido por\* :

$$Q = \frac{2\pi fL}{R} \quad [1]$$

Ya que una antena de lazo es prácticamente un circuito LC sintonizado a una frecuencia particular, cuando la impedancia inductiva ( $X_L$ ) sea igual a la impedancia presentada por el condensador ( $X_C$ ) la antena estará en resonancia. Esta relación se expresa como sigue:

---

\*\* Un ejemplo de la ecuación aproximada que determina el valor de la inductancia en una antena de este mismo tipo pero impresa es:  $L = \frac{\mu}{2\pi} \ell \mathbf{Ln} \left( \frac{8A}{\ell \omega} \right)$  donde  $\ell$  es el perímetro de la antena, A el área del loop y  $\omega$  es el ancho del devanado del alambre.

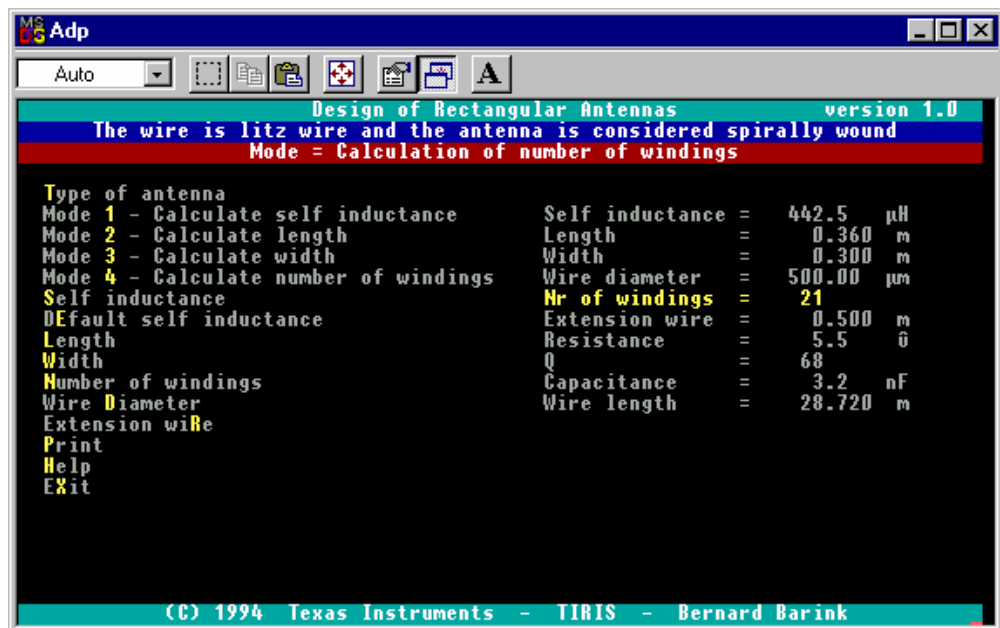
\* Ver por ejemplo Strum R. , Electric Circuits and Networks, 1973, p.223

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad [2]$$

Como puede apreciarse, para la sintonización los valores relativos de la inductancia (L) y capacitancia (C) quedan relacionados.

Los anteriores cálculos pueden hacerse fácilmente, pero es interesante programarlos para obtener una gama de valores en forma rápida que permita obtener por ejemplo valores de capacitancias e inductancias comerciales o, que determine el cambio en alguno de ellos cuando otro varíe, sin que se salga de los valores especificados. Aquí, se utilizó el software **Adp (Antenna Design Program)** proporcionado por Texas Instruments que es un programa que realiza este tipo de cálculos.

**Figura 25.** Presentación del software Adp



Fuente: Texas Instruments

La **figura 25** muestra la presentación del software Adp, en ella se puede observar el menú en donde se pueden editar los valores requeridos. El

programa luego de su ejecución arrojó los siguientes resultados: número de vueltas requeridas **21** para obtener una inductancia  $L = 442.5 \mu\text{H}$ , resistencia serie de la antena = **5.5** ohms, factor de calidad  $Q = 68$ , capacitancia de resonancia = **3.2** nF y se necesita un total de **28.72** mts de cable para construir el lazo.

- **Medida de la inductancia**

Seguidamente se procedió a construir la antena con las dimensiones establecidas y con un número de vueltas determinadas por el programa (21 vueltas). Para corroborar los resultados teóricos, se realizó la medida de la inductancia y del factor de calidad en resonancia, los cuales son los parámetros básicos de la antena del lector.

Para realizar la medida de la inductancia se pueden tener varias opciones descritas como:

1. Medidor RLC (Fluke PM6303A Automatic RCL Meter).
2. Analizador de antena
3. Cálculo experimental

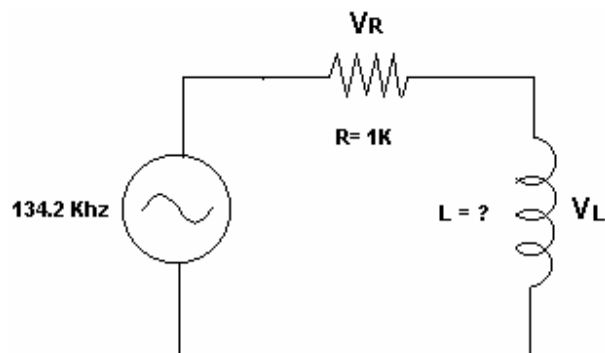
Con el **medidor RLC** se obtuvo una inductancia  $L = 406,5 \mu\text{H}$ . Toca tener en cuenta que el *medidor RLC* opera a una frecuencia de 1 KHz y el programa **Adp** simula una frecuencia de 134,2 KHz que es la frecuencia de operación del lector, sin embargo a esta frecuencia como ya fue mencionado sigue siendo válidos los cálculos con campos cuasiestacionarios, la respuesta magnética de los materiales con la frecuencia no se tiene en cuenta (además, no hay materiales de tipo ferromagnético), y los efectos producidos por efecto skin son despreciables. El factor más importante a tener en cuenta aquí es

que no se contaba con un patrón de inductancia o de un medidor debidamente calibrado, se desconocía por lo tanto la exactitud en las medidas.

Con el **analizador de antena**, que puede estar constituido por un puente de impedancias calibrado para determinada gama de frecuencias, o un medidor de potencia con o sin generador de señal, se puede determinar características de la antena tales como: su impedancia, la relación de onda estacionaria (VSWR), y el factor de calidad, entre otras. Para este trabajo no se contó con este dispositivo, se encontraron equipos que operaban a frecuencias mayores de 1MHz, por lo tanto para medir la inductancia de la antena del lector, estos equipos resultaron inadecuados, ya que la medida se debe tomar a 134,2 KHz.

Finalmente, para el cálculo experimental se implementó el circuito de la **figura 26**.

**Figura 26.** Circuito para el cálculo de la inductancia de la antena



**Fuente:** Diseño autores del proyecto

Se utilizó un generador de señal HC Hung Chang Sweep Function Generator

9205C, en serie con una resistencia de  $1K\Omega$  y la inductancia a ser medida. El valor de la inductancia  $L$  se puede determinar a partir de la ecuación:

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{V}_R}{\mathbf{R}} = \frac{\mathbf{V}_L}{j\omega L} \quad [3]$$

Donde  $\mathbf{I}$  es la corriente que circula por el circuito,  $V_R$  es el voltaje en la resistencia,  $V_L$  es el voltaje en la antena y  $\omega = 2 \times \pi \times f$  ( $f = 134,2$  KHz). Se desprecia el efecto de la resistencia de radiación y óhmica que se encuentra en serie con la inductancia de antena, a esta frecuencia la reactancia inductiva es del orden de 340 ohms.

Tomando en cuenta sólo las magnitudes y despejando  $L$  se obtiene la ecuación para la inductancia:

$$\mathbf{L} = \frac{\mathbf{V}_L}{\mathbf{V}_R} \cdot \frac{\mathbf{R}}{\omega} \quad [4]$$

Los voltajes medidos en la resistencia y en la antena fueron:  $V_R = 7,6$  V y  $V_L = 2,68$  V. Los valores de estos voltajes son rms.

Luego, reemplazando en la ecuación 4 se obtiene:

$$L = \frac{2.68}{7.6} \times \frac{1000}{2 \times 3.141592 \times 134200} = 418.2 \mu H$$

Puede observarse que el valor obtenido está bastante cerca al valor conseguido con el programa **Adp**.

- **Determinación del Q**

Como ya se mencionó, quién determina el factor de calidad de la antena, es su resistencia óhmica. Esta resistencia medida en el medidor RLC (Fluke PM6303A Automatic RCL Meter) fue  $6,5\Omega$ .

Aplicando la fórmula 1 se obtiene:

$$Q = \frac{2 \times 3.141592 \times 134200 \times 0.0004182}{6.5} = 54$$

De nuevo se puede observar que el valor obtenido está cercano al valor conseguido con el programa **Adp**.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- Al finalizar este proyecto se logró desarrollar un sistema para leer transponders de baja frecuencia por medio de una antena, el cual tiene la capacidad de comunicarse con un PC. El LTBF puede servir como un módulo educativo, ya que se le pueden añadir nuevas funciones y controles dependiendo de la aplicación.
- Se logró que el LTBF sea un prototipo autónomo, ya que puede funcionar como un lector portátil, es decir sin estar conectado a un PC, gracias a la memoria que permite almacenar hasta 1724 lecturas registrando la hora y la fecha de las mismas empleando un reloj de tiempo real, y el teclado que junto con el display permite el fácil manejo del lector y la interacción amigable de este con el usuario. Además, el LTBF funciona de manera fija, comunicándose con un computador a una velocidad de 4800 baudios por medio del puerto serie RS-232, para lo cual se desarrolló una interfaz visual diseñada en Visual Basic 6.0, dejando el programa abierto con la posibilidad de cambiarlo para nuevas aplicaciones.
- Debido a la necesidad que se tuvo de manipular tiempos, de realizar la comunicación serial con el computador y el circuito integrado TMS3705A y de emplear las interrupciones por teclado, además del pin de interrupción externa (IRQ), se utilizaron los módulos con que cuenta el microcontrolador MC68HC908GP32 de Motorola para tales fines, con lo cual se consiguieron resultados satisfactorios que permitieron cumplir con los requisitos que exigía el prototipo.

- Para una aplicación del LTBF como lector fijo, la comunicación implementada no resulta adecuada en aplicaciones donde se requiera mantener el lector alejado del PC a una distancia mayor de 15 m, ya que esta es la máxima distancia que soporta el puerto RS232. Para tal caso, la utilización del puerto RS485 sería el adecuado.
- Se implementó una antena de lazo capaz de detectar el transponder a una distancia de hasta 40 cms y capaz de leerlo a una distancia de hasta 10 cms.
- Se pudo apreciar que el tamaño de la antena del LTBF no incide directamente en un incremento en el rango de lectura del transponder, y si llegase a aumentar la distancia de detección, puede ser que el transponder sin batería no tenga la suficiente potencia para responder a una mayor distancia.

## **5.2 RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS**

- Desarrollar en el lector una etapa de amplificación, implementando un amplificador de potencia, con el fin de cubrir mayores alcances de lectura con la misma antena.
- Diseñar la antena del lector con un alambre de menos hilos, para disminuir las pérdidas óhmicas y así mejorar la eficiencia de la antena.

- Con el propósito de aumentar la capacidad de almacenamiento del lector, se recomienda utilizar la memoria 24FC512 o 24FC515, con las cuales se pueden almacenar 3449 lecturas.
- Incorporar al lector las funciones de escritura y programación, con las cuales se tiene la posibilidad de cambiar el código del transponder.
- Generar aplicaciones que utilicen códigos de encriptación y codificación de información.
- Se recomienda que la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones adquiera un analizador de antena que cubra un rango de frecuencias de 100 KHz en adelante, para medir la inductancia y el factor de calidad de una antena.
- Crear interfaces visuales para trabajar con bases de datos.
- Se sugiere la utilización del lector de transponders de baja frecuencia en la materia electiva de diseño de antenas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMABLE E. Edgardo. Estado actual de las tecnologías de identificación automática. Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Ohio, Estados Unidos.  
<http://www.ent.ohiou.edu/~amable/autoid/tecnologia.html>
- [2] ACURA TECHNOLOGIES LTDA, Identificación por radiofrecuencia RFID Preguntas más frecuentes.  
[http://www.acura.com.br/espanol/sup\\_faq.php](http://www.acura.com.br/espanol/sup_faq.php)
- [3] ECOJOVEN. Los dispositivos RFID, ¿cómo funcionan? Artículos de ciencia y tecnología.  
<http://www.ecojoven.com/dos/03/RFID.html>
- [4] KLAUS Finkenzeller. Handbook: fundamentals and applications in contactless smart cards and identification, Second Edition 2003.
- [5] PUNTOLOG. Etiquetas inteligentes, identificación automática a bajo costo.  
<http://www.puntolog.com/actual/evolu/espchile/etiquet.htm>
- [6] EIDCHILE. Descripción general del sistema pasivo RFID. Tipos de lectores.  
<http://www.eidchile.cl/trovan.htm>
- [7] TEXAS INSTRUMENTS. LF antenna design. Reference Manual. Noviembre 2000.

- [8] TEXAS INSTRUMENTS RFID. Página en ingles.  
<http://www.ti.com/tiris/default.htm>.
- [9] ISO 11784, Radio-frecuency identification of animal – Code structure.  
Segunda edición 1996.
- [10] ISO 11785, Radio-frecuency identification of animal – Technical  
concept. Segunda edición 1996.
- [11] TEXAS INSTRUMENTS. Series 2000 reader system. RFM sequence  
control. Reference Manual. Octubre 1999.
- [12] TEXAS INSTRUMENTS. Integrated TIRIS™ RF Module TMS3705A  
Introduction to Low Frequency Reader Application Note. Octubre 1999.
- [13] TEXAS INSTRUMENTS. TMS3705A transponder base station IC. Junio  
1999
- [14] JAN VAN Niekerk, Matching small loop antennas to rfpic™ devices.  
Microchip Technology Inc.
- [15] SOZA PEDROZA Jorge Roberto, Radiación electromagnética y  
antenas. Editorial limusa

**[16]** GONZÁLEZ DE RIVERA PECES Guillermo, GONZÁLEZ MARTÍNEZ Iván, VENEGAS Carlos Jesús, sistema de desarrollo GP\_BOT. Manual de programación.

**[17]** MOTOROLA. MC68HC908GP32, HCMOS Microcontroller Unit. Technical data. 2001

# ANEXOS

## **Anexo A. Características de los dispositivos que conforman el LTBF**

### **A.1 IC TMS3705A Transponder Base Station**

El circuito integrado TMS3705A constituye el Módulo RF del LTBF. Las características más importantes del TMS3705A son:

- **PLL para el sistema de reloj**

Un sistema PLL integrado genera el sistema de reloj de 16 MHz el cual determina los diferentes temporizadores internos. Se puede usar un oscilador de 2 MHz o 4 MHz como referencia para el sistema PLL.

- **Etapas del driver del Full Bridge**

El CI TMS3705A es fabricado en un proceso CMOS, incluye dos etapas push pull formando un Full Bridge para manejar directamente el circuito de antena. Con una corriente mínima de 0,14 A y máxima de 1,1 A, es capaz de cubrir aplicaciones de bajo rango tal como la identificación sin contacto. En caso de un corto circuito que provoque una corriente más alta de 1,1 A, el circuito de protección de sobrecorriente deshabilita las etapas de driver.

- **Amplificador pasabanda totalmente integrado**

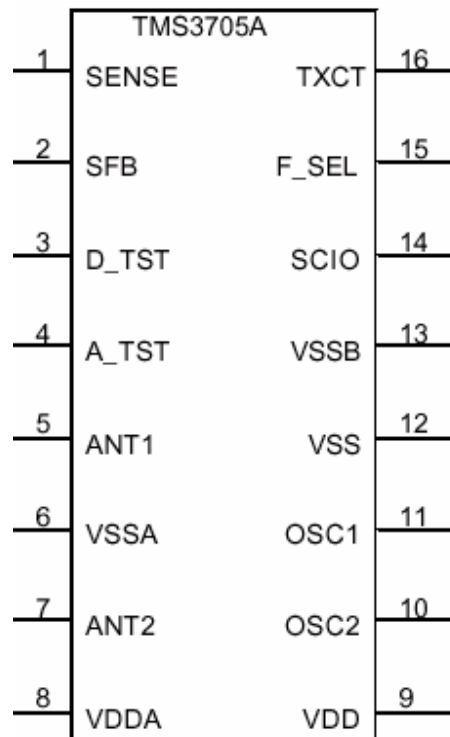
Para amplificar la señal baja de la antena a un nivel lógico el circuito integrado contiene un pre-amplificador, dos amplificadores pasabanda y una etapa de sensibilidad Trigger Schmitt. La ganancia del pre-amplificador puede ser ajustada con dos resistencias externas.

- **Interfaz multifuncional de dos cables**

Toda la comunicación entre el Módulo RF y el Módulo de control se lleva a cabo con sólo dos líneas de señal. Mientras una línea transporta los datos demodulados desde el transponder, la otra línea se usa para controlar y

modular el transmisor y configurar el integrado en los diferentes modos, enviando el byte de modo para la activación del transmisor.

**Figura A1.** Asignación de Pines del IC TMS3705A



**Fuente:** Hoja de datos del fabricante

**Tabla A1.** Nombre de los pines del TMS3705A y sus funciones

PIN	NOMBRE	TIPO DE SEÑAL	FUNCIÓN
1	SENSE	Entrada análoga	Entrada del amplificador de RF
2	SFB	Salida análoga	Salida del amplificador de RF
3	D_TST	Salida digital	Salida de prueba para señales digitales
4	A_TST	Salida análoga	Salida de prueba para señales análogas
5	ANT_TST	Salida del driver	Salida de la antena 1
6	VSSA	Entrada de alimentación	Tierra para los drivers del puente completo
7	ANT 2	Salida del driver	Salida de la antena 2
8	VDDA	Entrada de alimentación	Fuente de voltaje para los drivers de puente completo
9	VDD	Entrada de alimentación	Fuente de voltaje para bloques sin potencia
10	OSC2	Salida análoga	Salida del oscilador
11	OSC1	Entrada análoga	Entrada del oscilador
12	VSS	Entrada de alimentación	Tierra para los bloques sin potencia
13	VSSB	Entrada de alimentación	Tierra para el PLL
14	SCIO	Salida digital	Salida de datos al microcontrolador
15	F_SEL	Entrada digital	Entrada de control para la selección de frecuencia ( Valor por defecto es alto)
16	TXCT	Entrada digital	Entrada de control desde el uC (Valor por defecto es alto)

Fuente: Hoja de datos del fabricante

## **A.2 EL MICROCONTROLADOR MC68HC908GP32**

El MC68HC908GP32 es un microcontrolador de bajo costo, que hace parte de la familia de alto desempeño M68HC08 de microcontroladores de 8-bits. Todos los microcontroladores en la familia usan la unidad de procesamiento

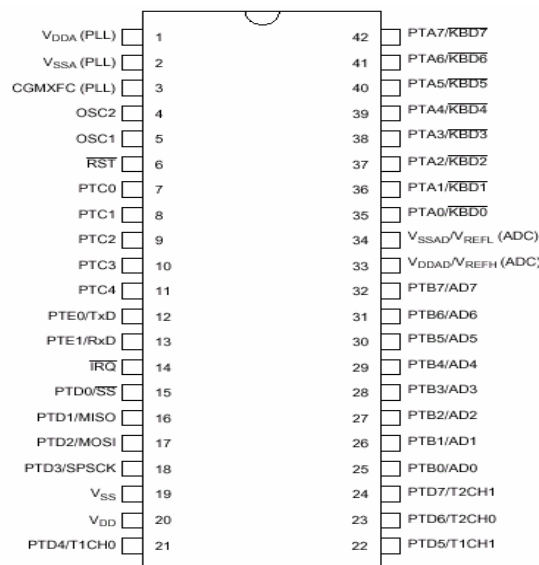
central M68HC08 (CPU08). El GP32 posee módulos capaces de realizar interconexión con otros dispositivos de monitoreo y control.

Las características más importantes del microcontrolador son las siguientes:

- Frecuencia de bus interno de 8-MHz
- Pin maestro de reset y power-on reset (POR)
- Dos modos de bajo consumo de potencia: modo Wait y modo Stop
- 32 Kbytes de memoria flash con capacidad de programación in-circuit.
- 512 bytes de memoria RAM
- Puerto serial de comunicación síncrona (SPI).
- Puerto serial de comunicación asíncrona (SCI)
- Dos módulos de contadores programables (TIM1 Y TIM2) de canales duales de 16 bits con capacidad para seleccionar modo captura, modo comparación y modo PWM en cada canal.
- Convertidor análogo-digital (ADC) de 8 canales de 8 bits.
- IRQ con pull-up interno y RST con pull-up interno para reducir costos de uso.
- Módulo Generador de reloj con cristal de 32-khz compatible con PLL (Phase-lock loop).
- 29 pines de entrada/salida (I/O) de propósito general.
- Pull-ups de entrada seleccionable en los puertos A, C y D
- Manejo de carga en todos los pines con capacidad de hasta 10-mA.
- Manejo de carga con capacidad de hasta 15-mA en PTC0-PTC4.
- Voltajes de operación de 2.5 a 5.5 voltios.
- Módulo de tiempo base por interrupciones en tiempo real con la opción de fuente reloj activo durante el modo stop usando un cristal externo de 32-khz.
- CPU08 compatible con la CPU05.

- 16 modos de direccionamiento (ocho más que la HC05).
- Registro indexado y puntero de pila de 16 bits.
- Transferencia de datos de memoria a memoria.
- Instrucciones de multiplicación rápida de 8 x 8, división rápida de 16/8 e instrucciones BCD (Binary-coded decimal).
- Soporte eficiente para lenguaje C.
- 17 fuentes de interrupciones sectorizadas.
- Interrupción por bajo voltaje (LVI) interna.
- Protección del sistema:
  - Modo de operación apropiada de software ( COP)
  - Detección de bajo voltaje.
  - Reset por detección de código de operación ilegal
  - Reset por detección de dirección ilegal

**Figura A3** Asignación de pines del MC68HC908GP32 en su versión DIP de 40 pines.



**Fuente:** Hoja de datos del fabricante

#### **A.4 Pantalla de cristal liquido LCD**

Tiene las siguientes características:

- Matriz de puntos de 5 x 8 o de 5 x 10.
- Soporte de operación en baja potencia de 2.7 a 5.5 V
- Amplio rango de manejo de potencia del display de cristal liquido 3.0 a 11 V.
- Interfaz con bus de alta velocidad de 2 MHz ( cuando Vcc =5 V)
- Interfaz con capacidad para transmitir 4 bits o 8 bits.
- RAM de 80 x 8 bit (Máximo 80 caracteres).
- RAM generador de carácter de 64 x 8 bits
- Amplio rango de instrucciones.
- Circuito automático de reset que inicializa el controlador después del encendido.
- Oscilador interno con resistencias externas
- Bajo consumo de potencia.

#### **Descripción de pines del módulo LCD**

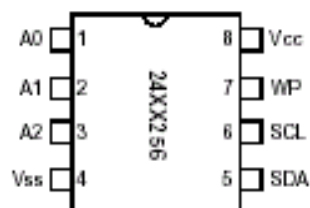
Pin número	Símbolo	Función
1	Vss	Tierra
2	Vdd	Alimentación + 5 VDC
3	Vo	Voltaje de ajuste de contraste
4	RS	Selección de Dato / Comando
5	R/W	Lectura / Escritura
6	E	Habilitador
7	DB0	1a línea de datos (LSB)
8	DB1	2a línea de datos
9	DB2	3a línea de datos
10	DB3	4a línea de datos
11	DB4	5a línea de datos
12	DB5	6a línea de datos
13	DB6	7a línea de datos
14	DB7	8a línea de datos (MSB)

## A.5 MEMORIA 24FC256

Las características más importantes de esta memoria son:

- La 24FC256 es una memoria serie EEPROM de 16k posiciones x 16 bits/posición: 256kbits que se emplean para guardar datos no volátiles.
- Tecnología de bajo consumo CMOS
- Máxima corriente de escritura 3 mA a 5.5 V
- Máxima Corriente de lectura 400 mA a 5.5V
- Corriente de **Standby** típica 100nA a 5.5V
- Bus serial de 2 cables, compatible con tecnología I<sup>2</sup>C
- Tiempo de ciclo para lectura y escritura propio.
- Modo de 64 bytes de escritura por página
- 5ms de tiempo máximo por ciclo de escritura.
- Modo de protección en **hardware** para escritura.
- Control de salida para eliminar rebotes de tierra.
- Entrada **Schmitt Trigger** para supresión de ruido.
- Garantía de 100.000 ciclos de escritura y borrado.
- Protección para descarga electrostática mayores a 4.000 V
- Retención de datos por más de 200 años.

**Figura A5.** Memoria 24FC256



Fuente: Hoja de datos del fabricante

### A.5.1 Descripción funcional de la 24FC256

- La memoria, a nivel interno está organizada en bytes, que es el tamaño de los datos que puede recibir o enviar en cada transferencia individual el bus I2C.
- Para el acceso a cada byte interno, sea para lectura o para escritura, la memoria dispone de un puntero de direcciones de 13 bits (para 8kbytes = 2<sup>13</sup> bytes).
- Para acceder a un byte de la memoria, será preciso situar previamente el puntero apuntando a la dirección asignada a dicho byte.
- En cada lectura/ escritura de un byte el puntero de direcciones se incrementa de manera automática, permitiendo un acceso secuencial a las posiciones de la EEPROM. Si se desea un acceso aleatorio, será preciso cambiar antes el puntero.

### A.6 Comunicación serial

El puerto serie RS232, presente en todos los ordenadores actuales, se usa para realizar transmisiones de datos entre ordenadores, en este caso la comunicación se realiza entre el PC y el microcontrolador. El RS232 sugiere un conector tipo DB-25 de 25 pines, aunque es normal encontrar la versión de 9 pines DB-9, más barato e incluso más extendido para cierto tipo de periféricos (como el ratón serie del PC). En cualquier caso, los PCs no suelen emplear más de 9 pines en el conector DB-25. El conector empleado en ésta aplicación es el DB-9.

Las señales con las que trabaja éste puerto serie son digitales, de +12V (0 lógico) y -12V (1 lógico) para la entrada y salida de datos, y a la inversa en las señales de control. Cada pin puede ser de entrada o de salida, teniendo una función específica cada uno de ellos. La **tabla A2** muestra los pines más importantes.

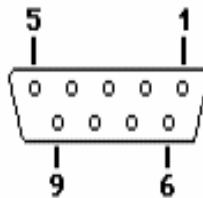
**Tabla A2.** Descripción de pines Puerto Serie

<b>Pin</b>	<b>Función</b>
TXD	Transmitir datos
RXD	Recibir datos
DTR	Terminal de datos listo
DSR	Equipo de datos listo
RTS	Solicitud de envío
CTS	Libre para envío
DCD	Detección de portadora

**Fuente:** Autores del proyecto

Las señales TXD, DTR y RTS son de salida, mientras que RXD, DSR, CTS y DCD son de entrada. La señal de referencia para todas las señales es SG (Tierra de Señal). La **figura A6** muestra el conector DB-9 y la **tabla A3** describe cada uno de los pines del conector

**Figura A6.** Conector DB-9



**Fuente:** Diseño autores del proyecto

**Tabla A3.** Descripción de pines del conector DB-9

Número de pin	Señal	Descripción	E/S
1	CD/DCD	(Data) Carrier Detect	E
2	RXD	Receive Data	E
3	TXD	Transmit Data	S
4	DTR	Data Terminal Ready	S
5	SG	Signal Ground	-
6	DSR	Data Set Ready	E
7	RTS	Request To Send	S
8	CTS	Clear To Send	E
9	RI	Ring Indicator	E

**Fuente:** Autores del proyecto

### **A.7 Circuito integrado MAX232**

El circuito integrado lleva internamente 2 conversores de nivel de TTL a RS232 y otros 2 de RS232 a TTL con lo que en total podremos manejar 4 señales del puerto serie del PC, por lo general las mas usadas son; TX, RX, RTS, CTS. Para que el MAX232 funcione correctamente se deben poner unos condensadores externos.

## Anexo B. Esquema del LTBF

