

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
Y TELECOMUNICACIONES

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO EN INGENIERÍA

SISTEMA INALÁMBRICO PARA EL REGISTRO DE
TIEMPOS DE RECORRIDO EN LA
TRANSPORTACIÓN PÚBLICA

Autores

Carlos Daniel Altamirano Carrillo
Verónica Patricia Guerra Peralta

Sangolquí – Ecuador

2008

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el siguiente proyecto de grado titulado “SISTEMA INALÁMBRICO PARA EL REGISTRO DE TIEMPOS DE RECORRIDO EN LA TRANSPORTACIÓN PÚBLICA” ha sido desarrollado en su totalidad por el Sr. Carlos Daniel Altamirano Carrillo con C.I. 1715060040 y la Srta. Verónica Patricia Guerra Peralta con C.I. 1715787451 bajo nuestra dirección.

Ing. Paúl Ayala
DIRECTOR

Ing. Gonzalo Olmedo
CODIRECTOR

RESUMEN

El “*Sistema Inalámbrico de Registro de Tiempos de Recorrido en la Transportación Pública*” ha sido concebido como una solución óptima de reemplazo que supera los inconvenientes que el sistema de control actual ha generado en los registros de tiempo.

El proyecto desarrollado basa su funcionamiento en los principios de *Identificación por Radiofrecuencia*, la que mediante el uso de frecuencias de radio permite el intercambio de datos de forma inalámbrica entre dos dispositivos: el transmisor o etiqueta que los genera y el receptor o lector que los detecta.

Para la implementación de los dispositivos se hizo uso de componentes como: módulos de radiofrecuencia, microcontroladores, temporizador, tarjetas de almacenamiento flash, además de conceptos básicos de protocolos de transmisión y de herramientas de software como BASCOM AVR y VISUAL BASIC que permiten la programación de los dispositivos para el manejo y control de los datos enviados y recibidos.

Se obtiene entonces un sistema de registro donde el transmisor ubicado en el punto de control genera la etiqueta que el receptor detecta cuando el bus atraviesa sus inmediaciones, momento en el que los datos de hora y fecha de control son almacenados en una tarjeta de memoria MMC o SD en un archivo de Excel que permite verificar el cumplimiento de tiempos preestablecidos. El alcance de los dispositivos es de un radio de 80m y las pruebas demuestran que su funcionamiento está garantizado hasta los 120km/h, sin posibilidad de pérdidas en la información.

AGRADECIMIENTO

A *Dios*, por el regalo de la vida, por mi familia, por ser mi compañero inseparable y permitirme concluir esta importante etapa de mi vida.

A *mi Madre* por ser mi guía, mi inspiración, mi todo. Gracia por enseñarme a hacer las cosas con amor, a valorar la vida, a ser integro, leal y honesto. Gracias por todos sus consejos, su apoyo incondicional, por ser mi gran ejemplo de vida y por su valioso amor.

A *mi Padre* por su gran ejemplo de lucha en la vida, por enseñarme que por amor se puede cambiar, y dar felicidad a todos.

A *mi Hermana* por enseñarme que los sueños se pueden hacer realidad, que cuando hay amor, el concepto distancia no existe, y que los lazos de hermandad espiritual, son un gran regalo que nuestra madre nos obsequió.

A *mis Tíos* por considerarme un hijo más, por sus enseñanzas, su apoyo y oportunos consejos que me han permitido ser una mejor persona.

A *mis Primos* con los cuales he crecido y me han enseñado el valor de la familia, gracias por su confianza y por ese apoyo sincero.

A *mis Amigos* de la infancia, del colegio y de la universidad, que han compartido hermosos momentos de vida, y me han brindado su amistad

incondicional. Y a mi compañera de proyecto Verito, por su gran apoyo para cumplir este objetivo.

A mis Profesores que han sido la fuente de conocimiento durante toda mi vida, y en especial a mi Director y Codirector de proyecto de grado, que han sido un apoyo durante la ejecución de este trabajo.

Daniel Altamirano

AGRADECIMIENTO

Dios me ha guiado hasta aquí, sembró en mí la posibilidad de hacer realidad un sueño y me dio el coraje suficiente para correr el riesgo de vivirlo. Por eso en primer lugar le doy las gracias a El, en quien confío plenamente, pues como muestra de su amor y confianza colocó en mi camino a quienes para mí son las personas más valiosas del mundo.

A mi madre, que con su amor, su fortaleza, su ejemplo de vida, sus sacrificios y su apoyo incondicional me ha enseñado a enfrentar los problemas que se presentan, a saber sobrellevarlos y a pesar de ellos luchar por lo que es mejor para mi vida.

A mis hermanos y sus hogares, que han seguido de cerca mis pasos, su vida y sus logros me han mostrado la capacidad con la que cada ser humano cuenta para realizarse integralmente, su amor ha sido mi soporte y constituye uno de los medios más importantes en la consecución de mis objetivos.

A mis amigos, otro gran pilar de mi vida, con quienes he compartido todo este tiempo, gracias por su compañía, por su amistad y el apoyo brindado, simplemente por su presencia que ha hecho del paso por la universidad uno de mis recuerdos atesorables.

A mi amigo y compañero Daniel, por su responsabilidad y don de gente, por el tiempo invertido para lograr que este proyecto salga adelante.

A mis profesores, por sus enseñanzas, por el tiempo dedicado en mi aprendizaje, que sin duda cosechará los mejores frutos.

Verónica Guerra

DEDICATORIA

A *mi madre* quien sembró en mí, semillas de triunfo y superación, y ahora las está cosechando, al culminar este trabajo que ha sido inspirado en sus ideas y su visión de futuro.

A *mi padre* por su ejemplo de trabajo y honradez que lo caracterizan, porque gracias a su sacrificio estoy culminando este proyecto.

A *mi hermana* que casi todo lo que soy se lo debo a su ejemplo de tenacidad y valor, por ser mi más sincera y respetable amiga, este trabajo es tuyo ñañita.

A *toda mi Familia* ejemplo de unidad y sinceridad, fuerza de un grupo sólido que busca y se enorgullece del triunfo de todos los que la conformamos.

Daniel Altamirano

DEDICATORIA

Al ser que Dios me dio por ángel, a ese ser sublime que lucha junto a mí todos los días, con el único fin de verme feliz y realizada, por todo el amor, los esfuerzos y sacrificios dedico todo el empeño de este trabajo a mi madre.

Verónica Guerra

PRÓLOGO

El “*Sistema Inalámbrico de Registro de Tiempos de Recorrido en la Transportación Pública*”, se ha diseñado e implementado con el fin de proveer a las cooperativas de buses y a la comunidad en general una herramienta que permita la mejora del sistema de registro y control de tiempos manejado en la actualidad, el cual no ha resultado ser muy eficiente porque presenta varias probabilidades de generar datos irreales obtenidos de forma ilegal o también poner en riesgo la vida de las personas que realizan esta actividad.

Para dar solución a este problema, el presente proyecto en base al uso de tecnología disponible en el País, ha desarrollado un Sistema de Registro Inalámbrico que automatiza esta tarea, evitando la intervención humana directa, durante este proceso.

Su funcionamiento se basa principalmente en la identificación por radiofrecuencia, cuenta con un dispositivo transmisor y un dispositivo receptor. El transmisor ubicado en el punto de control se encarga de generar una etiqueta cuyos datos serán reconocidos por el receptor cuando el bus atraviese sus inmediaciones. El momento en que el receptor detecta el código enviado por el transmisor los datos de hora y fecha se almacenan en una tarjeta de memoria MMC/SD, la cual podrá ser retirada del dispositivo por el administrador quien podrá visualizar los datos en un archivo de Excel y verificará si la unidad de bus ha cumplido con los tiempos preestablecidos. Esto permitirá poseer registros que permitan aplicar las sanciones respectivas a los conductores que no cumplan con los tiempos preestablecidos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1	ANTECEDENTES	1
1.2	INTRODUCCIÓN	2
2	CONCEPTOS BÁSICOS.....	3
2.1	MICROCONTROLADORES.....	3
2.1.1	Generalidades	3
2.1.2	Arquitectura Básica de un Microcontrolador	3
2.1.3	Componentes de un Microcontrolador	4
2.1.4	Microcontroladores Comerciales	5
2.1.5	Herramientas para el Desarrollo de Aplicaciones	5
2.2	IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA.....	6
2.2.1	Radiofrecuencia (RF).....	6
2.2.2	Elementos de un Sistema RFID.....	7
2.2.3	Principio de Funcionamiento de un Sistema RFID	10
2.2.4	Clasificación de los Sistemas RFID	11
2.2.5	Transferencia de Información	13
2.2.6	Codificación en Banda Base.....	14
2.2.7	Modulación Digital.....	14
2.2.8	Control de Errores.....	14
2.2.9	Multiacceso y Anticolisión	15
2.2.10	Encriptación de Datos.....	17
2.2.11	Estandarización	18
2.3	DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO EN MEMORIA FLASH.....	19
2.3.1	Formato del Sistema de Archivos	21
2.4	RELOJ EN TIEMPO REAL (RTC).....	22
2.5	PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN SERIAL.....	23

2.5.1 Comunicación Serial Norma RS-232	24
2.5.2 Comunicación de Interfaz Serial de Periféricos (SPI)	24
2.5.3 Comunicación de Circuitos Inter-Integrados (I2C)	25
3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	27
3.1 GENERALIDADES.....	27
3.2 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	28
3.2.1 Sistema de Alimentación del Transmisor.....	29
3.2.2 Sistema de Alimentación del Receptor	30
3.3 SISTEMA DE TRANSMISIÓN/ETIQUETA.....	31
3.4 SISTEMA DE RECEPCIÓN/LECTOR.....	31
3.5 SISTEMA DE ACTUALIZACIÓN.....	32
4 DISEÑO DEL SISTEMA.....	34
4.1 GENERALIDADES.....	34
4.2 SELECCIÓN DE MICROCONTROLADORES	34
4.2.1 Microcontroladores ATMEL	36
4.2.2 Microcontrolador ATMEGA 8	36
4.2.3 Microcontrolador ATMEGA 32	38
4.3 SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE DESARROLLO.....	40
4.3.1 Características BASCOM AVR	40
4.4 SELECCIÓN DE MÓDULOS DE RADIOFRECUENCIA.....	41
4.4.1 Rangos de Frecuencia.....	41
4.4.2 Desempeño Técnico en 433 MHz.....	42
4.4.3 Aspectos Regulatorios	44
4.4.4 Módulos de Radiofrecuencia	46
4.4.5 Transmisor TLP 434A.....	46
4.4.6 Receptor RLP 434A.....	47
4.5 SELECCIÓN DEL TEMPORIZADOR RTC	48
4.6 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO FLASH.....	49
4.6.1 Características de la MMC/SD.....	50
4.6.2 Modo de Operación SPI.....	53
4.6.3 Organización de la Tarjeta MMC/SD	54
4.6.4 Registros de la MMC/SD	55
4.7 DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO RS-232	56

4.7.1 Características del Protocolo RS-232	56
4.7.2 Funcionamiento del Protocolo RS-232	57
4.8 DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO SPI.....	58
4.8.1 Características del Protocolo SPI	58
4.8.2 Funcionamiento del Protocolo SPI.....	59
4.9 DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO I2C.....	62
4.9.1 Características del Protocolo I2C	62
4.9.2 Funcionamiento del Protocolo I2C.....	63
4.10 DISEÑO DE HARDWARE DEL TRANSMISOR (Tx)	65
4.10.1 Circuito de Alimentación (Tx).....	65
4.10.2 Circuito Controlador (Tx).....	67
4.10.3 Circuito de Transmisión	68
4.10.4 Diagrama General del Transmisor	70
4.10.5 Lista de Materiales del Transmisor	70
4.11 DISEÑO DE HARDWARE DEL RECEPTOR (Rx).....	70
4.11.1 Circuito de Alimentación (Rx)	70
4.11.2 Circuito de Recepción.....	72
4.11.3 Circuito Controlador (Rx)	73
4.11.4 Circuito Temporizador (Rx).....	75
4.11.5 Circuito de Almacenamiento (Rx)	76
4.11.6 Circuito de Visualización (Rx)	78
4.11.7 Circuito de Actualización (Rx).....	79
4.11.8 Diagrama General del Receptor	80
4.11.9 Lista de Materiales del Receptor	80
4.12 DISEÑO DEL SOFTWARE DEL TRANSMISOR	80
4.12.1 Diagrama de Flujo del Transmisor	80
4.12.2 Programa Generador de Etiqueta.....	81
4.13 DISEÑO DEL SOFTWARE DEL RECEPTOR	81
4.13.1 Diagrama de Flujo del Receptor	81
4.13.2 Configuración de Registros.....	83
4.13.3 Configuración de Puertos	83
4.13.4 Configuración del LCD.....	83
4.13.5 Configuración del RTC.....	83

4.13.6 Canales y Parámetros de Transmisión Serial	84
4.13.7 Programa Principal	84
4.13.8 Manejo de la MMC/SD	85
4.13.9 Lectura de Etiqueta en el Receptor.....	88
4.13.10 Visualización de Datos.....	89
4.13.11 Actualización de Temporizador.....	89
4.14 PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN EN VISUAL BASIC	90
4.14.1 Diagrama de Flujo.....	90
4.14.2 Diseño del Software.....	91
4.15 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RFID DESARROLLADO.....	95
4.15.1 Tipo de Sistema RFID.....	95
4.15.2 Banda de Frecuencia y Modulación Digital.....	95
4.15.3 Control de Errores y Encriptación de Datos	95
4.15.4 Multiacceso y Anticolisión	96
5 ANÁLISIS E INSTALACIÓN DEL PROTOTIPO	97
5.1 GENERALIDADES.....	97
5.2 DATOS TÉCNICOS DEL PROTOTIPO	97
5.2.1 Voltaje de Alimentación del Transmisor.....	97
5.2.2 Voltaje de Alimentación del Receptor	97
5.2.3 Consumo de Corriente del Transmisor	97
5.2.4 Consumo de Corriente del Receptor.....	98
5.3 INSTALACIÓN DEL PROTOTIPO EN PUNTOS DE PRUEBA.....	98
5.3.1 Instalación del Transmisor	98
5.3.2 Instalación del Receptor	99
5.3.3 Alimentación del Transmisor.....	100
5.3.4 Alimentación del Receptor	101
5.4 FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO	101
5.4.1 Funcionamiento del Transmisor.....	101
5.4.2 Funcionamiento del Receptor	101
5.4.3 Visualización en el LCD	102
5.4.4 Almacenamiento en MMC/SD y Transferencia de Datos a la PC	102
5.4.5 Actualización de Hora y Fecha	104
5.5 PRUEBAS DE COBERTURA DEL SISTEMA.....	105

5.5.1 Resultados Prueba 1	106
5.5.2 Resultados Prueba 2	108
5.5.3 Resultados Prueba 3	110
5.6 MANUAL DE USUARIO	110
5.7 ANÁLISIS DE COSTOS	110
5.8 POSIBLES MEJORAS AL PROTOTIPO.....	111
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
6.1 CONCLUSIONES	113
6.2 RECOMENDACIONES	114
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
8 ANEXOS	117
8.1 Anexo 1. Diagrama General del Transmisor	118
8.2 Anexo 2.PCB del Transmisor	118
8.3 Anexo 3. Materiales de la Placa del Transmisor	120
8.4 Anexo 4. Diagrama General del Receptor	121
8.5 Anexo 5. PCB del Receptor	122
8.6 Anexo 6. Materiales de la Placa del Receptor	123
8.7 Anexo 7. Manual de Usuario	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 2.1. Bandas del Espectro Radioeléctrico.....	6
Tabla. 2.2. Organización lógica interna de la tarjeta	22
Tabla. 4.1. Cuadro comparativo ATMEL vs. PIC.....	35
Tabla. 4.2. Características de los Microcontroladores seleccionados	37
Tabla. 4.3. Descripción de Pines Usados en el Transmisor	38
Tabla. 4.4. Descripción de Pines Usados en el Receptor	39
Tabla. 4.5. Rangos de Frecuencia para Sistemas RFID	41
Tabla. 4.6. Mejor Frecuencia en RFID activo	45
Tabla. 4.7. Características Eléctricas Transmisor TLP 434A	47
Tabla. 4.8. Características Eléctrica Receptor RLP 434A	48
Tabla. 4.9. Comparativa MMC/SD y SPI.....	50
Tabla. 4.10. Desempeño MMC/SD.....	51
Tabla. 4.11. Confiabilidad y Mantenimiento MMC/SD	51
Tabla. 4. 12. Características Eléctricas MMC/SD.....	52
Tabla. 4.13. Características físicas MMC/SD.....	52
Tabla. 4.14. Modo SPI para MMC	53
Tabla. 4.15. Modo SPI para SD.....	53
Tabla. 4.16. Tipos de Formato MMC/SD.....	54
Tabla. 4.17. Registros MMC/SD.....	55
Tabla. 4.18. Paridad en comunicación RS-232	58
Tabla. 4.19. Estructura de Bytes en el Protocolo SPI.....	59
Tabla. 4.20. Principales Comandos del Protocolo SPI	60
Tabla. 4.21. Respuestas R1 y RB	60
Tabla. 4. 22. Respuesta R2.....	60
Tabla. 4. 23. Entradas y Salidas del Circuito de Alimentación	67
Tabla. 4.24. Entradas y Salidas del Circuito Controlador Tx	67

Tabla. 4.25. Entradas y Salidas del Circuito Transmisor	69
Tabla. 4.26. Entradas y Salidas del Circuito de Alimentación del Receptor	71
Tabla. 4.27. Entradas y Salidas del Circuito de Recepción	72
Tabla. 4.28. Entradas y Salidas del Circuito Controlador Rx.....	75
Tabla. 4.29. Entradas y Salidas del Circuito Temporizador.....	76
Tabla. 4.30. Entradas y Salidas del Circuito de Almacenamiento.	77
Tabla. 4.31. Entradas al LCD	78
Tabla. 5.1. Resultados Prueba 1	106
Tabla. 5.2. Resultados Prueba 2	108
Tabla. 5.3. Resultados Prueba 3	110
Tabla. 5.4. Costo del Transmisor	111
Tabla. 5.5. Costo del Receptor	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 2.1. Arquitectura Harvard	4
Figura. 2.2. Ejemplos de Etiquetas Activas	8
Figura. 2.3. Ejemplo de Etiquetas Pasivas	9
Figura. 2.4. Ejemplo de Lectores RFID	9
Figura. 2.5. Sistema RFID Básico	10
Figura. 2.6. Clasificación RFID, según el número de bits transmitidos	12
Figura. 2.7. Esquema de Modulación RFID	13
Figura. 2.8. Transmisión de Datos del Lector a la Etiqueta.....	15
Figura. 2.9. Transmisión de Datos desde las Etiquetas al Lector.....	16
Figura. 2.10. Criptografía de Clave Pública.....	18
Figura. 2.11. Criptografía de Clave Privada	18
Figura. 2.12. Distintos tipos de tarjetas de memoria Flash disponibles en el mercado. De izquierda a derecha: MemoryStick (Sony), XD (Olympus Optical y Fuji Photo Film), SD/MultiMediaCard, SmartMedia (Olympus Optical y Fuji Photo Film), Compact Flash y MiniSD.....	20
Figura. 2.13. Tarjetas MMC y SD	21
Figura. 2.14. Temporizador RTC.....	22
Figura. 2.15. Comunicación de Datos entre Dispositivos	23
Figura. 2.16. Transmisión RS-232.....	24
Figura. 2.17. Transmisión SPI.....	25
Figura. 2.18. Transmisión I2C	26
Figura. 3.1. Diagrama descriptivo del Sistema	28
Figura. 3.2. Diagrama de Bloques General del Prototipo	29
Figura. 3.3. Diagrama del Sistema de Alimentación del Transmisor	30
Figura. 3.4. Diagrama del Sistema de Alimentación del Receptor	30
Figura. 3.5. Sistema Transmisor/Etiqueta	31

Figura. 3.6 Sistema Receptor/Lector	32
Figura. 3.7. Sistema de Actualización	33
Figura. 4.1. Logo ATMEL	36
Figura. 4.2. Distribución de Pines ATMEGA 8.....	37
Figura. 4.3. Distribución de Pines ATMEGA32.....	39
Figura. 4.4. Rendimiento Técnico vs. Frecuencia de Trabajo	43
Figura. 4.5. Transmisor TLP 434A	46
Figura. 4.6. Modulación ASK.....	47
Figura. 4.7. Receptor RLP 434A	48
Figura. 4.8 Distribución Pines DS1307.....	49
Figura. 4.9. Organización de la Tarjeta MMC/SD.....	54
Figura. 4.10. Lectura de un bloque de la tarjeta	61
Figura. 4.11. Escritura de un bloque a la tarjeta.....	61
Figura. 4.12. Estado de SDA y SCL	64
Figura. 4.13. Circuito de Respaldo Tx.....	66
Figura. 4.14. Circuito regulador	67
Figura. 4.15. Circuito Controlador Tx	68
Figura. 4.16. Circuito Transmisor	69
Figura. 4.17. Circuito de Alimentación Rx	71
Figura. 4.18. Circuito de Recepción	72
Figura. 4.19 Circuito Controlador Rx	73
Figura. 4.20. Circuito Temporizador	75
Figura. 4.21 Circuito de Almacenamiento	77
Figura. 4.22. Circuito de Visualización	78
Figura. 4.23. Circuito de Actualización	79
Figura. 4.24. Diagrama de Flujo Transmisor	80
Figura. 4.25. Diagrama de Flujo Receptor	82
Figura. 4.26. Diagrama de Flujo Software de Actualización.....	90
Figura. 4.27. Pantalla de Ingreso	93
Figura. 4.28. Pantalla de Actualización	94
Figura. 4.29. Pantalla Actualizada.....	94
Figura. 5.1. Laboratorios de Electrónica.....	98
Figura. 5.2. Autopista General Rumiñahui	99
Figura. 5.3. Camioneta Mazda	100

Figura. 5.4. Bus Amaguaña.....	100
Figura. 5.5. Visualización en el LCD	102
Figura. 5.6. Insertar Tarjeta MMC/SD	103
Figura. 5.7. Adaptador MMC/SD a USB.....	103
Figura. 5.8. Registros mostrados en Excel.....	103
Figura. 5.9. Modo de Actualización	104
Figura. 5.10. Cable Serial-USB	104
Figura. 5.11. Alcance a 5 Vdc	107
Figura. 5.12 Alcance a 9 Vdc	107
Figura. 5.13 Alcance a 12 Vdc	108
Figura. 5.14. Autopista General Rumiñahui Extremo Inicial	109
Figura. 5.15 Autopista General Rumiñahui Extremo Final	109

CAPÍTULO I

CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

El transporte público juega un rol muy importante en el desarrollo de las actividades diarias de la población nacional, debido a que permite un desplazamiento económico de un lugar a otro. Pero actualmente es muy criticado sobre todo por su mala planificación y organización, causando graves accidentes de tránsito, demoras e ineficiencia en el servicio, siendo uno de los aspectos más críticos, el registro y control de tiempos de recorrido.

Esta situación motivó a controlar el desplazamiento de los buses, para que estos cumplan con tiempos de recorrido, preestablecidos entre segmentos de la ruta. La primera forma de controlar fue fijar a una persona en cada uno de estos puntos para que registre la hora de paso del bus, lo cual no fue beneficioso debido al costo que implicaba pagar un trabajador por cada punto de control, además que se presentaban injusticias por parte de estas personas, debido a preferencias con ciertas unidades, las cuales registraban los tiempos preestablecidos, pero no los cumplían, cayendo otra vez en la desorganización del trabajo. Para evitar estos costos y problemas, se buscó un nuevo método, el cual se maneja en la actualidad, y se basa en relojes de control ubicados en determinados puntos, los cuales mediante un sello registran en una tarjeta la hora de paso por el punto preestablecido. El hecho de que estos relojes se encuentren ubicados en las calzadas y la poca educación vial de nuestra sociedad ha conllevado a que ocurran accidentes de tránsito lamentables.

1.2 INTRODUCCIÓN

Actualmente el mundo está inmerso en una revolución tecnológica, de la cual ningún campo social puede quedar al margen. Aún más el sector de la transportación pública, que sirve a millones de personas en nuestro país.

Existen propuestas tecnológicas para mitigar estos problemas, que son los sistemas de localización automática de vehículos (AVL - *Automatic Vehicular Localization*) [1], los cuales por su alto costo comprendido entre equipos y servicio no han sido acogidos por la transportación pública, además que no se centran en el objetivo de reemplazar a los actuales relojes de registro.

En consecuencia, es necesario el diseño de una herramienta tecnológica y económica que permita reemplazar a los relojes de registro actuales de forma fácil y autónoma, buscando una gran acogida por la transportación pública, y un impacto mínimo en sus actividades diarias de forma que el usuario sea su principal preocupación.

El presente trabajo muestra el diseño de un sistema de registro que reemplaza a los relojes que se manejan en la actualidad, basado principalmente en dispositivos inalámbricos, con identificación por radio frecuencia (RFID- *Radio Frequency Identification*), además su implementación fue realizada con la ayuda del uso de microcontroladores y módulos de radiofrecuencia, donde existe una etiqueta que cumple las funciones de identificador del punto de registro el cual reemplaza a los relojes actuales. Este identificador se comunica de forma inalámbrica con un lector ubicado en el transporte, el cual se encarga de registrar el paso por las inmediaciones de una etiqueta junto con la hora de detección. Datos que serán almacenados en un dispositivo de memoria portátil. Los registros almacenados en la memoria portátil, posteriormente podrán ser descargados en una PC y organizados en un archivo de texto, para ser administrados por el usuario que controle el sistema.

CAPÍTULO II

CONCEPTOS BÁSICOS

2.1 MICROCONTROLADORES

2.1.1 Generalidades

Los microcontroladores son dispositivos que al ser programados son capaces del gobierno o control de uno o varios procesos que requieran el procesamiento de datos digitales o análogos, de control y comunicación.

Su uso se ha extendido de tal manera que en la actualidad se los puede encontrar en la mayoría de equipos de uso habitual, así por ejemplo se pueden encontrar controlando el funcionamiento de los ratones, teclados, teléfonos, hornos microondas, televisores, etc.

2.1.2 Arquitectura Básica de un Microcontrolador

Inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de Von Neumann [2], pero en la actualidad se impone la arquitectura Harvard [3]. La diferencia principal entre estas dos arquitecturas consiste en que Von Neumann dispone de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta; mientras que Harvard, dispone de dos memorias independientes, una que contiene sólo instrucciones y otra, sólo datos, como se puede observar en la Figura 2.1.

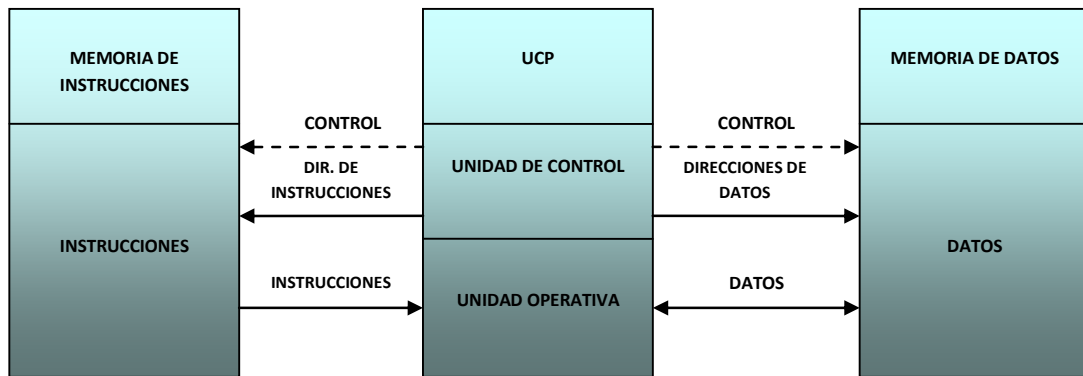


Figura. 2.1. Arquitectura Harvard

2.1.3 Componentes de un Microcontrolador

Un microcontrolador dispone al ser un dispositivo de alta integración dispone de varios componentes entre los cuales se puede citar a [4]:

- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso)
- Memoria RAM
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM
- Puertos de Entrada/Salida (E/S)
- Temporizadores o "Timers".
- Perro guardián o "Watchdog".
- Protección ante fallo de alimentación o "Brownout".
- Estado de reposo o de bajo consumo.
- Conversor A/D.
- Conversor D/A.
- Comparador analógico.
- Modulador de anchura de impulsos o PWM.
- Puertas de E/S digitales.
- Puertas de comunicación.
- Generador de impulsos de reloj.

2.1.4 Microcontroladores Comerciales

En el mercado se encuentran disponibles diferentes marcas de microcontroladores cada una diseñada por su casa fabricante de acuerdo a necesidades específicas, según las aplicaciones requeridas por los usuarios. Entre las marcas más conocidas se puede citar:

- Microchip (PIC)
- Átmel
- Freescale (antes Motorola)
- Intel
- Zilog
- Texas Instruments, entre otros.

2.1.5 Herramientas para el Desarrollo de Aplicaciones

Las herramientas de desarrollo son esenciales para cualquier proyecto diseñado con microcontroladores, el ambiente del sistema de desarrollo provee una interfaz y algunas utilidades para que el usuario aproveche el potencial de los microcontroladores.

Cada casa comercial desarrolla diferentes tipos de software que permiten crear aplicaciones en base a microcontroladores. Entre los lenguajes de preferencia se pueden citar:

- Lenguaje Ensamblador.
- Lenguaje C.
- Lenguaje Basic.

Estas herramientas son muy potentes y su elección se basa según las prestaciones que brindarían a determinada aplicación requerida por el usuario.

2.2 IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA

RFID (*Radio Frequency Identification*) es un sistema de tecnología inalámbrica, que consiste en aplicar radio frecuencia para la identificación, por lo que permite identificar objetos mediante ondas de radio, es decir a distancia.

2.2.1 Radiofrecuencia (RF)

Radiofrecuencia (abreviada RF, rf o r.f.), es un término que se refiere a la corriente alterna (AC) con características tales que, si ésta alimenta a una antena, se genera un campo electromagnético adecuado para transmisión de datos de modo inalámbrico. Las frecuencias de radio cubren un rango significativo del espectro de radiación electromagnética, desde 3 Hz a unos 300 GHz. La radiofrecuencia tiene una amplia gama de frecuencias, que se las conoce como espectro radioeléctrico y se divide en las bandas mostradas en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Bandas del Espectro Radioeléctrico

BANDAS DE RADIO CORRESPONDIENTES AL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	FRECUENCIAS	LONGITUDES DE ONDA
<i>Banda VLF (Very Low Frecuencias – Frecuencias Muy Bajas)</i>	3-30 kHz	100 000 – 10 000 m
<i>Banda LF (Low Frecuencias – Frecuencias Bajas)</i>	30 – 300 kHz	10 000 – 1 000 m
<i>Banda MF (Medium Frecuencias – Frecuencias Bajas)</i>	300 – 3000 kHz	1 000 – 100 m
<i>Banda HF (High Frecuencias – Frecuencias Medias)</i>	3 – 30 MHz	100 – 10 m
<i>Banda VHF (Very High Frecuencias – Frecuencias Muy Altas)</i>	30 – 300 MHz	10 – 1 m
<i>Banda UHF (Ultra High Frecuencias – Frecuencias Ultra Altas)</i>	300 – 3 000 MHz	1 m – 10 cm
<i>Banda SHF (Super High Frecuencias – Frecuencias Super Altas)</i>	3 – 30 GHz	10 – 1 cm
<i>Banda EHF (Extremely High Frecuencias – Frecuencias Extremadamente Altas)</i>	30 – 300 GHz	1 cm – 1 mm

Muchos tipos de dispositivos inalámbricos emplean los campos RF, tal es el caso de teléfonos inalámbricos, celulares, radios, televisiones, sistemas de comunicación vía satélite y servicios de radio con comunicación bidireccional.

Por otra parte, las aplicaciones RF, igual que el resto de la tecnología electrónica, han venido experimentando una reducción de precios en favor de los usuarios, y ya no son exclusivas de grandes empresas, hoy son accesibles y rentables incluso para las pequeñas organizaciones. Este es el caso de los identificadores de radiofrecuencia (RFID) [5], que tienen una amplia gama de aplicaciones con costos reducidos.

2.2.2 Elementos de un Sistema RFID

Un sistema RFID se compone básicamente de dos elementos: un lector (*reader*) y una etiqueta (*tag*).

Tag: es la traducción al inglés de etiqueta, y es la encargada de identificar al dispositivo relacionado. Los componentes básicos de un tag son:

- Una memoria no volátil donde se almacenan datos.
- Una memoria ROM donde se almacenan instrucciones básicas para el funcionamiento, como temporizadores, controladores de flujo de datos, etc.
- También puede incorporar memoria RAM para almacenar datos durante la comunicación con el lector.
- La antena por la cual detecta el campo creado por el interrogador, y permite la comunicación con él.
- Restos de componentes electrónicos que procesan la señal de la antena y para el proceso de datos, como buffers, filtros, etc.
- Los tags necesitan poca alimentación, que está en el orden de los mW; y en consecuencia se pueden diferenciar dos tipos: etiquetas activas y etiquetas pasivas. Su diferencia principal se basa en la energía que utilizan para la comunicación.

Etiquetas activas: Este tipo de tags necesitan el apoyo de baterías adicionales, ya que la energía proporcionada por el lector no es suficiente para la comunicación. Las ventajas de estas etiquetas son:

- Poseen un mayor alcance de comunicación
- Dependiendo la aplicación, no necesitan que el lector sea quién inicie la comunicación. Permiten procesos de lectura y reescritura enviando previamente instrucciones al lector.
- Tienen gran capacidad de memoria.

Las limitaciones de estas etiquetas son:

- Vida útil limitada, dependiendo del tipo de batería y de las temperaturas a las que opera.
- Su costo es bastante elevado, pudiendo llegar a ser cinco veces más elevado que el de un tag pasivo.

Etiquetas pasivas: Este tipo de tags no requieren baterías adicionales, ya que la energía que necesitan para transmitir, únicamente es tomada del campo generado por el lector; es decir que aprovechan la energía suministrada por el lector para generar su propia señal que recibe nuevamente el lector.



Figura. 2.2. Ejemplos de Etiquetas Activas

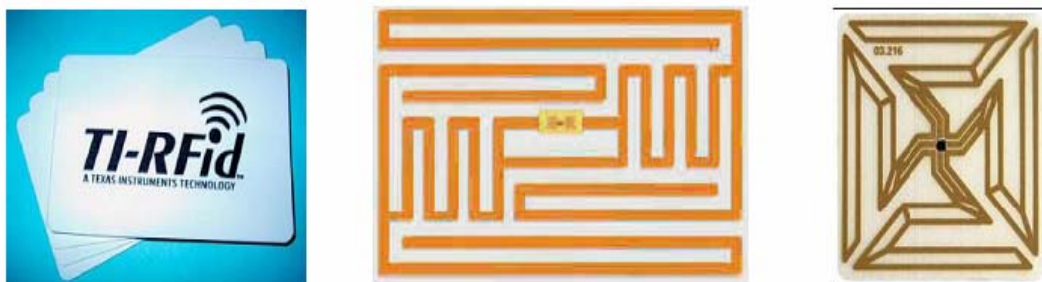


Figura. 2.3. Ejemplo de Etiquetas Pasivas

Lectores: El otro elemento principal de un sistema RFID es el lector también llamado interrogador. Este es el encargado de enviar o no una señal de RF para detectar las posibles etiquetas en un determinado rango de acción.

Dependiendo del sistema los lectores pueden ser capaces de:

- Acondicionar la señal
- Detectar y corregir errores.
- Trabajar a más de una frecuencia.
- Emplear algoritmos para no confundir la transmisión actual con una nueva, indicándole al tag que deje de transmitir u otros mecanismos para impedir la colisión de información.



Figura. 2.4. Ejemplo de Lectores RFID

2.2.3 Principio de Funcionamiento de un Sistema RFID

Este sistema considera básicamente, la comunicación entre un lector y una etiqueta (tag) y tienen la capacidad de almacenar información en sus etiquetas la cual puede ir desde un byte hasta kbytes, dependiendo principalmente del sistema de almacenamiento que posea el tag.

Los sistemas de RFID no son del todo nuevos, aparecieron en los años 80 en sistemas de identificación, pero en la actualidad, la tecnología RFID ha acaparado un elevado interés por su posible implantación masiva, en muchos campos de la industria, lo que permite grandes avances en esta tecnología. Por ese motivo aparecen continuos estándares, aplicaciones e innovaciones, creando una sensación de que es nueva.

El funcionamiento básico del sistema se puede observar en la Figura 2.5, donde el tag puede ser activado por el lector mediante una serie de ondas de radiofrecuencia que son captadas por la antena de éste, o mantenerse siempre activo. Una vez que el tag está activo, a través de la antena y mediante ondas de radiofrecuencia, transmite al lector la información que tengan en su memoria. Finalmente, el lector recibe la información que tiene el tag y lo envía a una base de datos en la que previamente se han registrado las características del objeto o puede procesarlo según convenga a cada aplicación.

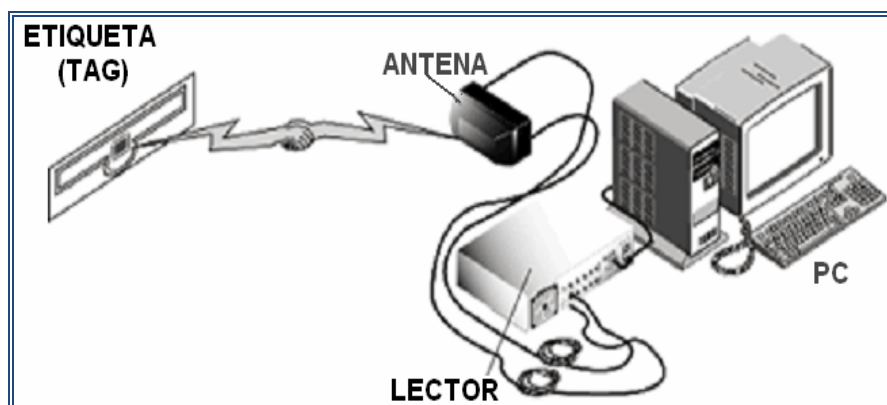


Figura. 2.5. Sistema RFID Básico

A la hora de seleccionar un sistema de RFID existen ciertos criterios principales, como por ejemplo la frecuencia a la que trabaja el sistema, el rango de alcance, los requerimientos de seguridad y la capacidad de memoria.

Un parámetro importante que influye en un sistema RFID es el canal, debido a que la comunicación se puede realizar en zonas industriales con metales, lo que junto a las características de ruido, interferencia y distorsión de las comunicaciones inalámbricas complica la correcta recepción de bits.

Los sistemas RFID en su mayoría manejan una comunicación del tipo asíncrona, lo que repercute en una mayor atención en parámetros como la forma en que se comunican los datos, y la organización de flujo de bits. Esto conlleva a un análisis de ciertos parámetros durante el proceso de comunicación.

2.2.4 Clasificación de los Sistemas RFID

Un sistema RFID maneja varios criterios, los cuales pueden servir para su clasificación como:

- La frecuencia a la que trabajan los sistemas (LF, HF, UHF o microondas)
- La alimentación de los tags (activos o pasivos)
- El principio de funcionamiento en el que se basan (acoplamiento inductivo, backscatter o microwave).
- La aplicación que puede tomar en cuenta:
- El sistema de memoria que incorpora el tag.
- El rango de información y la capacidad de procesamiento que tiene el tag.
- El procedimiento de comunicación que se realiza entre tag y lector.

En la Figura 2.6 se muestra una clasificación general, basada principalmente en el número de bits transmitidos [6].

Aunque los sistemas RFID suelen tener una capacidad de información que va desde los pocos bytes a centenares de Kbyte, existen numerosos sistemas que únicamente poseen un bit de información, los justos para tener controlados dos estados por el lector: la presencia de la etiqueta en el campo creado por el lector o la ausencia de esta. A pesar de su simpleza, son sistemas especialmente adecuados para aplicaciones como monitorizaciones o funciones de señalización. Debido a que los “1-bit transponder” como son conocidos, no precisan un chip electrónico, su coste es ínfimo.

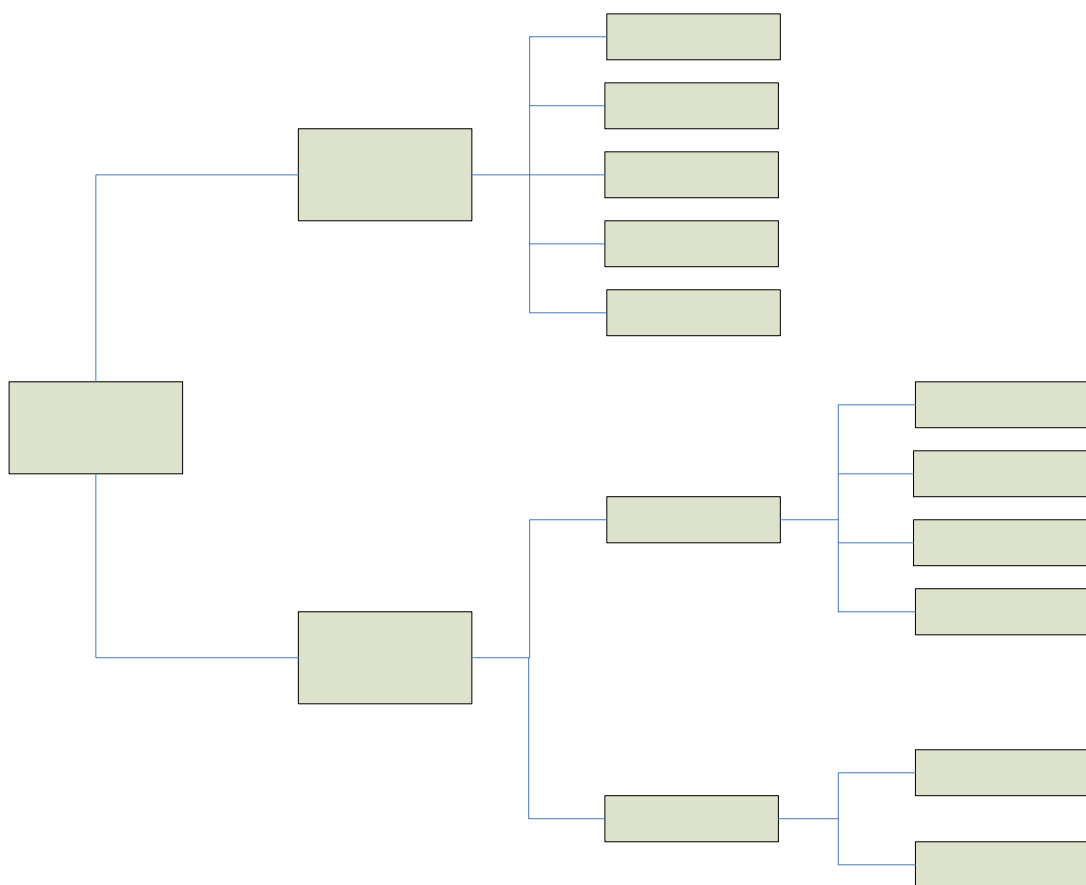


Figura. 2.6. Clasificación RFID, según el número de bits transmitidos

Una de sus principales aplicaciones es el EAS ^{1 bit (EAS)} (*Electronical Article Surveillance*) para la protección de objetos en tiendas y negocios. Cuando alguien intenta sustraer un artículo, sin haber sido desactivado la etiqueta debe pasar por un lector situado en la salida de la tienda, si el lector detecta la presencia de una etiqueta inicia la reacción apropiada.

Para contrastar con las etiquetas de un solo bit, el cual normalmente explota los efectos físicos (procesos oscilación estimulada, estimulación de armónicos por diodos no lineales en la curva de histéresis de metales), existen etiquetas que usan un microchip electrónico como sistemas portador de datos. Tienen una capacidad de almacenamiento de información mayor a pocos Kbytes. Para leer o escribir en estos sistemas de almacenamiento se realiza una transferencia de datos entre lector y etiqueta, esta transferencia puede seguir tres procesos: half duplex, full duplex y secuencial.

2.2.5 Transferencia de Información

La transferencia de datos entre el lector y la etiqueta en un sistema RFID es similar a un sistema de comunicación digital. Requiere 3 bloques básicos de funcionamiento, como se muestra en la Figura 2.7:

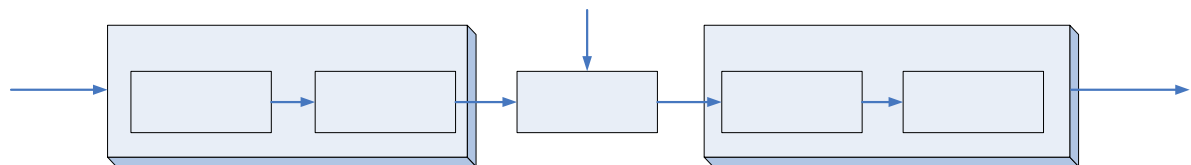


Figura. 2.7. Esquema de Modulación RFID

Desde el tag hacia el lector (dirección de la transferencia de datos) son:

- En la etiqueta (Transmisor): codificación de señal y modulación.
- El medio de transmisión (canal).
- En el lector (Receptor): el demodulador y el decodificador de señal.

Un sistema codificador de señal toma el mensaje a transmitir y su representación en forma de señal y la adecua óptimamente a las características del canal de transmisión. Este proceso implica proveer al mensaje con un grado

de protección contra interferencias o colisiones y contra modificaciones intencionadas de ciertas características de la señal.

2.2.6 Codificación en Banda Base

Los signos binarios “1” y “0” pueden ser representados por varios códigos lineales. Los sistemas de RFID suelen usar una de las siguientes codificaciones:

- Codificación no Retorno a Cero (NRZ).
- Manchester.
- Unipolar Retorno a Cero (RZ).
- Diferencial Bi-Fase DBP.
- Miller o Codificación Pulso-Pausa (PPC).

2.2.7 Modulación Digital

La comunicación vía radio entre dos dispositivos, requiere de un campo sinusoidal variable u onda portadora. Esta comunicación se consigue variando a ese campo, ya sea en amplitud, fase o frecuencia, en función de los datos a transmitir. Este proceso se conoce como modulación. En RFID las modulaciones mas aplicadas son:

- ASK (Amplitude shift keying).
- FSK (Frequency shift keying).
- PSK (Phase shift keying).

2.2.8 Control de Errores

Cuando se usa el canal abarrotado, para transmitir señales con información útil, existe una alta probabilidad de pérdida de información si no se implementan métodos que mitiguen, los errores de transmisión. Por ejemplo, pedir la

retransmisión de los bloques de datos erróneos. Las medidas más comunes de control de errores son el control de paridad, la suma XOR y el chequeo cíclico de redundancia CRC (*Cyclic Redundance Check*).

2.2.9 Multiacceso y Anticolisión

Existen aplicaciones RFID que tienen varias etiquetas dentro de su zona de interrogación. En este tipo de situación se puede diferenciar entre 2 tipos de comunicación.

La primera es usada para transmitir datos desde el lector a la etiqueta, Figura 2.8. El flujo de datos enviado es transmitido a todos los tags simultáneamente (similar a miles de equipos de radio que reciben la señal desde una estación base). Este tipo de comunicación es la que conocemos como broadcast, en donde únicamente responderá el tag que contenga la información necesaria.

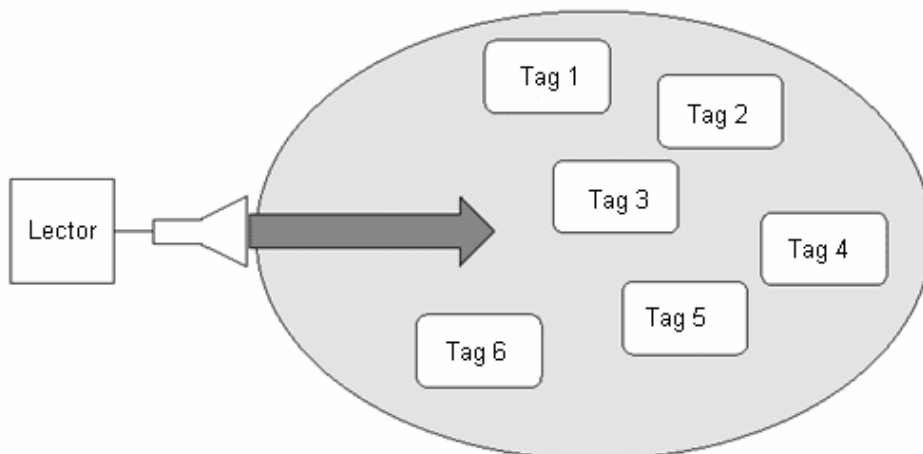


Figura. 2.8. Transmisión de Datos del Lector a la Etiqueta

La segunda forma de comunicación, Figura 2.9, supone la transmisión de datos desde muchas etiquetas, que se encuentran en la zona de interrogación, hacia el lector. Esta forma de comunicación es llamada multiacceso.

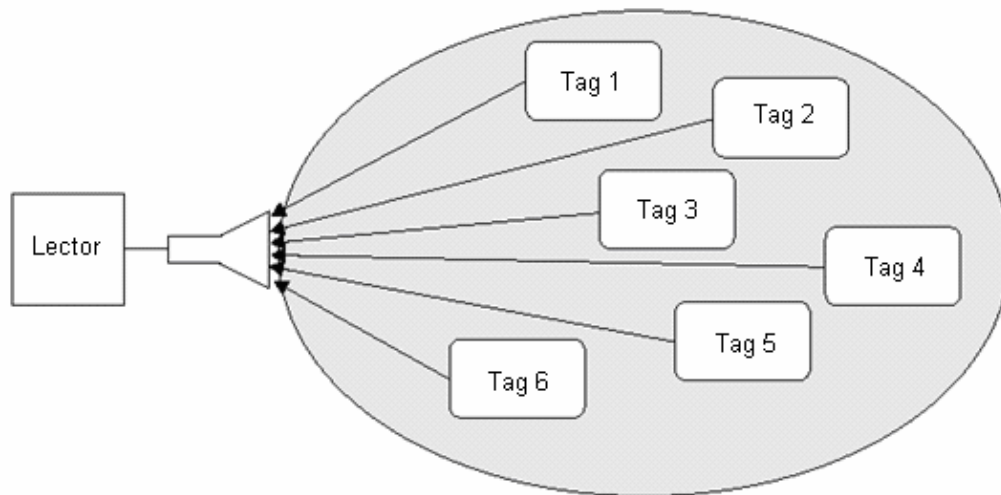


Figura. 2.9. Transmisión de Datos desde las Etiquetas al Lector

El multiacceso, es un problema dentro de las comunicaciones de radio, ya que es necesario manejar de forma adecuada el canal, en cuanto al tiempo de disponibilidad, y al radio de transferencia. En un sistema RFID la capacidad de canal disponible debe ser dividida entre cada participante (etiqueta) y el resultado será la cantidad que puede transmitir cada tag al mismo lector sin que sufran interferencias unos por culpa de los otros llamada colisión.

Por este motivo han sido desarrollados numerosos métodos con el objetivo de separar la señal de cada participante individual de la de otro cualquiera. Básicamente existen 4 métodos diferentes:

- Acceso múltiple por división de espacio (*Space Division Multiple Access-SDMA*).
- Acceso múltiple por división de frecuencia (*Frequency Domain Multiple Access-FDMA*).
- Acceso múltiple por división de tiempo (*Time Domain Multiple Access-TDMA*).
- Acceso múltiple por división de código (*Code Division Multiple Access-CDMA*), también conocida como técnica del espectro ensanchado (*Spread Spectrum*).

Estos métodos están basados en un flujo de datos continuo e interrumpido desde y hacia los participantes. Donde se dedica una capacidad de canal, hasta que termine la comunicación. Por otro lado las etiquetas de un sistema RFID se caracterizan por periodos de actividad, e inactividad de distinta duración. La capacidad del canal tan sólo se dedica durante el tiempo justo y necesario para establecer un intercambio de datos, mediante sistemas anticolidión [7]. Por motivos de competencia, los fabricantes de sistemas no ofrecen al público los sistemas anticolidión que usan.

2.2.10 Encriptación de Datos

Los sistemas de RFID se están usando cada vez más en aplicaciones de alta seguridad como son los sistemas de acceso o para realizar pagos y tickets de caja. Por eso mismo el uso de los sistemas de identificación por radiofrecuencia necesitan del uso de sistemas de seguridad para protegerlos de ataques.

Desde el punto de vista de la criptografía moderna, existen dos tipos de tecnología de claves a utilizar [8]:

Algoritmos y protocolos asimétricos o de clave pública (*public key*): Hacen uso de un par de claves para el intercambio de información entre entidades. Una de ellas es pública y por tanto conocida por todas y otra es privada y únicamente conocida de forma confidencial por cada entidad, Figura 2.10. En estos protocolos, el remitente hace uso de la clave pública del destinatario para encriptar la información a transmitir y únicamente se podrá desencriptar dicha información mediante la clave privada del destinatario o receptor.

Se puede citar como ejemplo de algoritmo asimétrico el RSA [9] que es el más conocido y usado de los sistemas de clave pública, y también el más rápido de ellos.

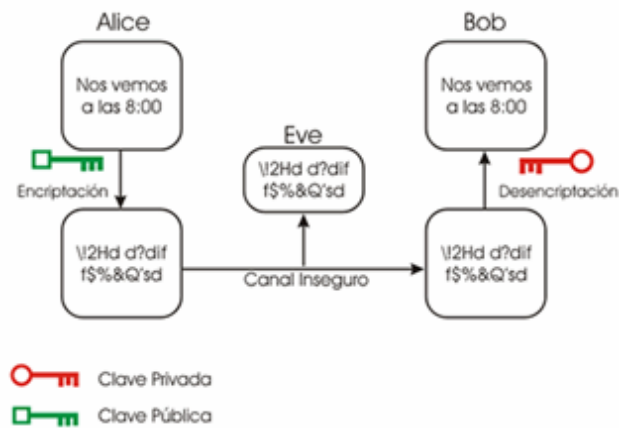


Figura. 2.10. Criptografía de Clave Pública

Algoritmos y protocolos simétricos o de clave privada (*private key*): Son aquellos que utilizan una misma clave para producir el cifrado y el descifrado de los datos a transmitir en una red, Figura 2.11. Previa a la comunicación, las dos partes han de ponerse de acuerdo sobre la clave que van a utilizar. Una vez definida ésta, el remitente procede a encriptar la información a transmitir con dicha clave y el receptor descifrará dicha información con la misma clave que usó el remitente. Un ejemplo, es el algoritmo simétrico DES [10].

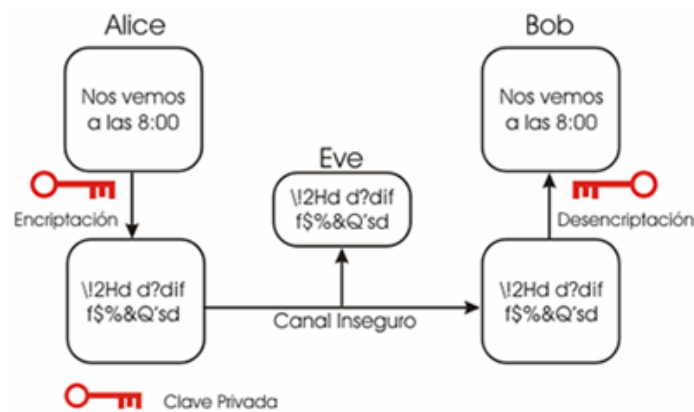


Figura. 2.11. Criptografía de Clave Privada

2.2.11 Estandarización

Dentro del proceso de regulación tienen una gran importancia los organismos que desarrollan los diferentes estándares con los que RFID cuenta hoy en día. Algunos de estos organismos son el Instituto Europeo de Normas de

Telecomunicaciones ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), la EPCglobal (*Electronic Product Code*) y la Organización Internacional de Normalización ISO (*International Standardization Organization*), dedicados al desarrollo de estándares como:

- ISO 10536. Mapas de identificación
- ISO 14443. Sistemas de proximidad (tarjetas sin contacto).
- ISO 15693. Tarjetas de vecindad (Vicinity Cards 1-1.5m, 13.56 Mhz). Tarjetas que pueden ser leídas, desde una mayor distancia que las tarjetas de proximidad.
- ISO 18000. Para las etiquetas (Tags de RFID). Interfaz de radio.
- EPC. Código electrónico de producto, estándar que tiene la mayor probabilidad de implementarse a nivel mundial.

2.3 DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO EN MEMORIA FLASH

Las memorias flash son de carácter no volátil, esto significa, que no es necesario mantener la alimentación para conservar la información, siendo una característica muy valorada para la multitud de usos en los que se emplea este tipo de memoria.

Se usan principalmente en pequeños dispositivos como: teléfonos móviles, pequeños electrodomésticos, cámaras de fotos digitales, reproductores de audio portátiles, entre otros.

Las capacidades de almacenamiento de estas tarjetas que integran memorias flash comenzaron en 32 MB pero actualmente se pueden encontrar en el mercado tarjetas de hasta 32 GB por parte de la empresa Panasonic en formato SD.

Además, ofrecen características como gran resistencia a los golpes, bajo consumo y es muy silencioso, ya que no contiene ni actuadores mecánicos ni partes móviles. Su pequeño tamaño también es un factor determinante a la hora de escoger un dispositivo portátil, así como su ligereza y versatilidad para todos los usos hacia los que está orientado.

Sin embargo, todos los tipos de memoria flash sólo permiten un número limitado de escrituras y borrados, generalmente entre 10.000 y un millón, dependiendo de la celda, de la precisión del proceso de fabricación y del voltaje necesario para su borrado. Dentro del grupo de memorias flash [11] se puede citar, Figura 2.12:

- Memoria SD (*Secure Digital*).
- Memoria MMC (*Multimedia Card*).
- Compact Flash
- Smart Media
- Memory Stick



Figura. 2.12. Distintos tipos de tarjetas de memoria Flash disponibles en el mercado. De izquierda a derecha: MemoryStick (Sony), XD (Olympus Optical y Fuji Photo Film), SD/MultiMediaCard, SmartMedia (Olympus Optical y Fuji Foto Film), Compact Flash y MiniSD.

En la actualidad las más destacadas son las tarjetas MMC y las SD, ya que pueden usarse en la mayoría de aparatos que requieran de almacenamiento de información, pudiendo retirarse fácilmente para leerse en un PC.

Las tarjetas MMC y SD son compatibles en funcionamiento, siendo la única diferencia que en los dispositivos con ranuras SD se pueden utilizar tarjetas MMC ya que éstas son más finas, pero las tarjetas SD no caben en ranuras MMC, como se puede observar en la Figura. 2.13. Estas tarjetas contienen chips de memoria flash diseñados especialmente para su uso como medio de almacenamiento. Además de esto, las tarjetas incluyen un controlador inteligente que administra diferentes protocolos de comunicación, algoritmos de seguridad para la protección contra copia no autorizada de la información almacenada, algoritmos de corrección de errores de código, manejo de defectos, diagnósticos, y administración de potencia.



Figura. 2.13. Tarjetas MMC y SD

2.3.1 Formato del Sistema de Archivos

Las tarjetas con memoria flash, tienen un formato similar al de los discos duros, es decir, partición y sistemas de archivo DOS (*Disk Operating System*) FAT (*File Allocation Table*). Al igual que los discos duros, el primer bloque de datos, consiste en una tabla de partición, basada en la misma notación.

Toda partición DOS está basada en 12-bit FAT, 16-bit FAT o VFAT. Los sectores se almacenan con formato Little-Endian, el comienzo y fin de las direcciones de partición, están dadas en términos de las cabezas, pistas y sectores, pero en las tarjetas, basta conocer las pistas y sectores, como se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Organización lógica interna de la tarjeta

Registro de Arranque y Tabla de Partición
Sector de Arranque
FAT 1
FAT 2
Directorio Raíz
Datos Raíz

2.4 RELOJ EN TIEMPO REAL (RTC)

El RTC acrónimo de *Real Time Clock* o reloj en tiempo real [12], se ha constituido en una herramienta de mucha utilidad para sistemas que usan aplicaciones de temporización industrial o en sistemas en los cuales se debe detectar eventos y la hora en la que ocurrieron, Figura 2.14.

**Figura. 2.14 Temporizador RTC**

El RTC es un reloj de tiempo real exacto, el cual automáticamente, mantiene el tiempo y la fecha actual, incluyendo compensación para meses con menos de 31 días y saltos de año.

Su uso es imprescindible para el desarrollo del prototipo del presente proyecto pues su funcionamiento se basa principalmente en la obtención de datos como hora y fecha, los cuales serán proporcionados por el RTC y quedarán registrados para el control de tiempos de recorrido del automotor. En general estos dispositivos están presentes en casi cualquier dispositivo electrónico que tiene que guardar el tiempo exacto.

Entre las ventajas de este dispositivo están:

- Bajo consumo de potencia.
- Libera el sistema principal para las tareas de tiempo crítico.
- A veces más exacto que los otros métodos, dependiendo la eficiencia del cristal.

2.5 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN SERIAL

La comunicación de datos es el proceso de enviar y recibir información en forma binaria entre dos o más terminales. El protocolo es un conjunto de reglas que posibilitan la transferencia de datos entre dos o más dispositivos. Los elementos que permiten la comunicación de datos son, Figura 2.15:

- Transmisor: dispositivo que transmite los datos.
- Mensaje: lo conforman los datos a ser transmitidos.
- Medio: hace referencia al canal por el cual se envía el mensaje.
- Receptor: dispositivo de destino de los datos.



Figura. 2.15. Comunicación de Datos entre Dispositivos

Los microcontroladores son capaces de soportar protocolos de comunicación serial como:

- RS-232
- SPI
- I2C, entre otros.

2.5.1 Comunicación Serial Norma RS-232

Es un protocolo muy común para comunicación entre dispositivos y de manera estándar se incluye en prácticamente cualquier computadora. Este tipo de comunicación también es muy utilizado por varios dispositivos para instrumentación, para adquisición de datos si se usa en conjunto con un dispositivo remoto de muestreo, Figura 2.16.

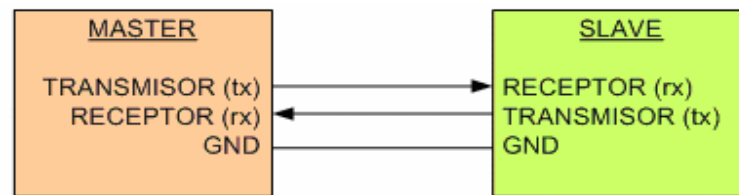


Figura. 2.16. Transmisión RS-232

Para la transmisión de información se hace uso de tres líneas:

- La línea de Transmisión para el Master que hace las veces de receptor del Esclavo.
- La línea de Recepción del Master que hace las veces de Transmisor del Esclavo.
- La línea de Tierra (GND) común para el Master y Esclavo.

2.5.2 Comunicación de Interfaz Serial de Periféricos (SPI)

El Bus SPI (*Serial Peripheral Interface*) es un estándar de comunicaciones, usado principalmente para la transferencia de información entre circuitos integrados en equipos electrónicos. El bus de interface de periféricos serie o bus SPI es un estándar para controlar casi cualquier electrónica digital que acepte un flujo de bits serie regulado por un reloj, proporcionado por el maestro Figura 2.17.

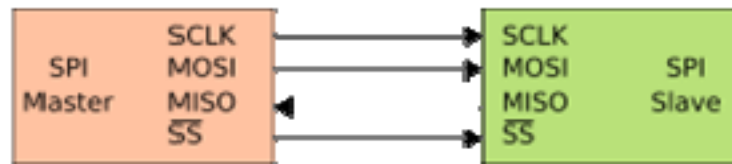


Figura. 2.17. Transmisión SPI

La interfaz SPI consta de cuatro señales básicas:

- MOSI (*Master Output/Slave Input*): Envía la información al Esclavo.
- MISO (*Master Input/Slave Output*): Recibe la información del Esclavo.
- SCLK (*Serial Clock*): Sincronización proporcionada por el Master.
- SS (*Slave Selector*); Establece cuando el Master selecciona a un Esclavo activándolo al que corresponde.

Una de las funcionalidades más importantes de este protocolo es el acceso a las tarjetas MMC/SD, intercambiando información entre el controlador (Master) y la tarjeta (Slave).

2.5.3 Comunicación de Circuitos Inter-Integrados (I2C)

Su nombre viene de *Inter-Integrated Circuit*. El funcionamiento de este protocolo se basa en el uso del bus que hace referencia a su mismo nombre I2C. Este sistema fue diseñado por Philips y consiste en el intercambio de información a través de dos cables a velocidades relativamente lentas, empleando comunicación serie. El trabajo de cada uno de los conductores es: manejar los pulsos de reloj e intercambiar datos.

Estas funciones se cumplen en forma separada mientras un conductor es responsable del manejo del reloj el otro se encarga de conducir los datos, Figura 2.18. Su funcionamiento se basa en tres señales principales que son:

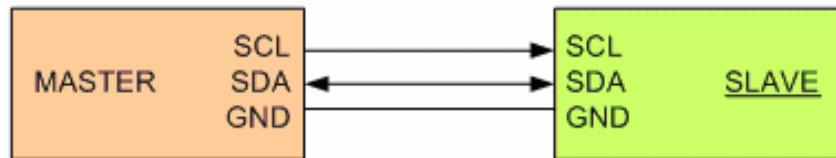


Figura. 2. 18 Transmisión I2C

- SCL (*System Clock*): encargada de la sincronización del sistema al transmitir los pulsos de reloj.
- SDA (*System Data*): responsable de la transmisión de datos entre dispositivos.
- GND (*Tierra*): es la señal de referencia para todos los dispositivos interconectados al bus.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

3.1 GENERALIDADES

Se ha considerado para el diseño del prototipo, uno de los principios de funcionamiento de los sistemas de Identificación por Radiofrecuencia (*RFID*), los mismos que constan básicamente de:

- Transmisores/Etiquetas (*TAG*) las cuales constantemente transmiten un código unívoco que las identifica.
- Receptores/Lectores, los cuales reciben el código de la etiqueta que está en sus proximidades.

En la Figura 3.1, se muestra a un bus cumpliendo su recorrido, desde la Parada Inicial a la Parada Final. Durante este trayecto el bus pasa por diversos puntos de registro, donde actualmente se encuentran relojes que timbran sobre tarjetas de cartulina, la hora y fecha de paso. En la Figura 3.1 estos relojes son reemplazados por Etiquetas (*TAG*), que identifican al lugar donde este ha sido ubicado, de tal forma que al momento que un Lector ubicado en un bus pasa por el área de cobertura del transmisor, este reconoce de forma inalámbrica el código identificador, permitiendo al Lector que tome de la información de hora y fecha sin necesidad de detenerse o bajarse del bus, y se la almacene en un dispositivo de memoria externa.

Para describir el funcionamiento que se requiere del prototipo de Registro de Tiempos en la Transportación Pública, se ha realizado la siguiente división del sistema:

- Sistema de Alimentación.
- Sistema de Transmisión/Etiqueta.
- Sistema de Recepción/Lector.
- Sistema de Actualización.



Figura 3.1 Diagrama Descriptivo del Sistema

El sistema general RFID, compuesto por el Transmisor y Receptor se lo representa en el diagrama de bloques de la Figura 3.2

TAG 2

3.2 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Tanto el transmisor/etiqueta como el receptor/lector, para su funcionamiento necesitan de un sistema que les provea del voltaje y la corriente necesaria para su operación, a continuación se detalla estos sistemas.

LECTOR 1

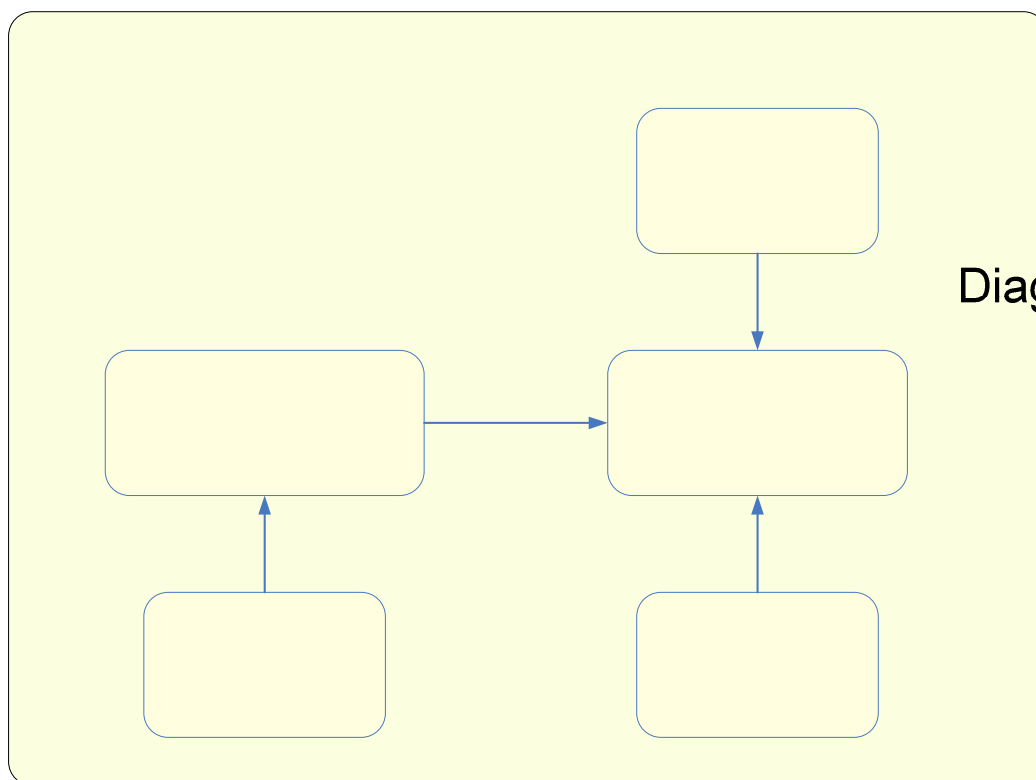


Diagrama de Bloques General del Prototipo

Figura. 3.2. Diagrama de Bloques General del Prototipo

3.2.1 Sistema de Alimentación del Transmisor

En la Figura 3.3 se muestra en bloques los tipos de alimentación que se utilizarán para el funcionamiento del transmisor.

- Sistema de Alimentación Principal: Su uso se justifica debido a que el transmisor se encuentra enviando datos continuamente, es la razón por la cual necesita de una fuente permanente que le provea de la alimentación necesaria. El adaptador es necesario debido a que los componentes del circuito trabajan con baterías de corriente continua.
- Sistema de Alimentación de Respaldo: Se trata de una batería de corriente continua, la cual entrará en funcionamiento, en caso de algún corte de energía, permitiendo que la etiqueta continúe en funcionamiento enviando sus datos.

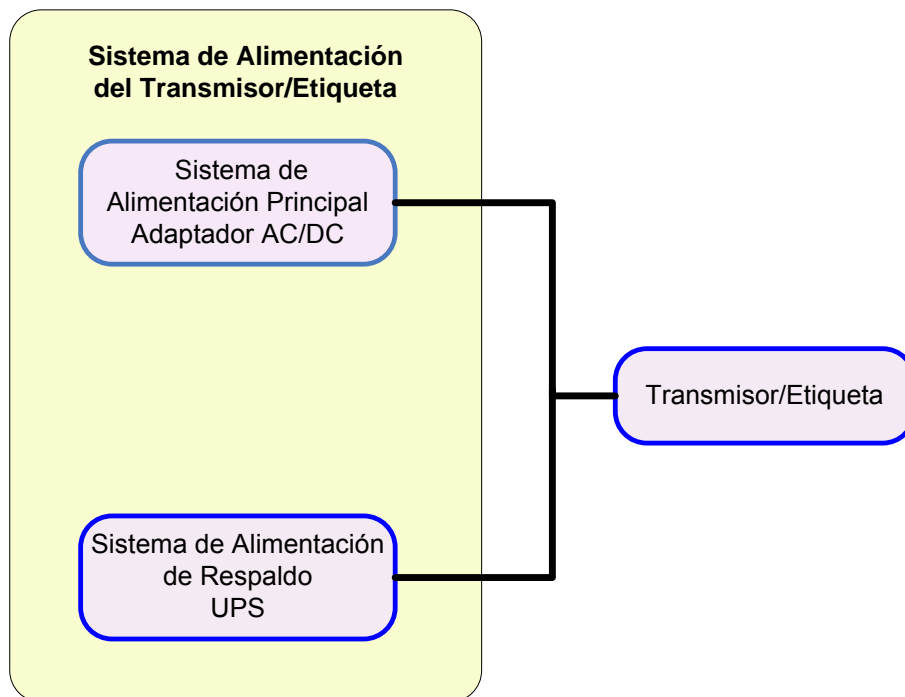


Figura. 3.3. Diagrama del Sistema de Alimentación del Transmisor

3.2.2 Sistema de Alimentación del Receptor

Los bloques de la Figura 3.4 muestran los componentes necesarios para el funcionamiento del receptor de la siguiente manera.

- Batería del receptor: aprovecha la energía de la batería del sistema de alimentación del bus.
- Regulador de Voltaje: permitirá la alimentación de los componentes del circuito del receptor, con el voltaje DC necesario para su operación.

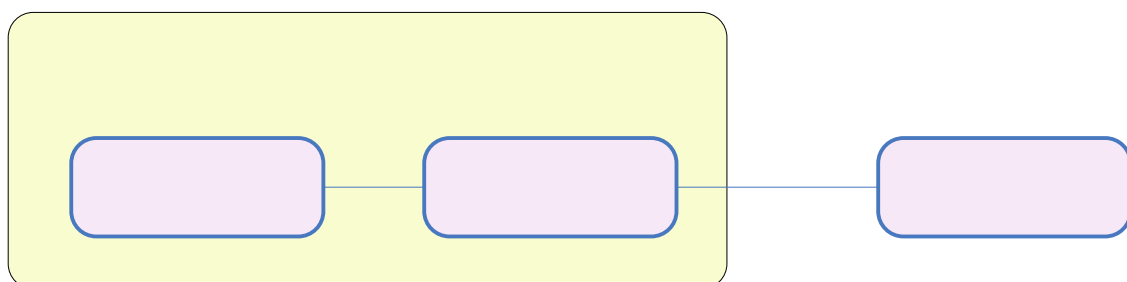


Figura. 3.4 Diagrama del Sistema de Alimentación del Receptor

3.3 SISTEMA DE TRANSMISIÓN/ETIQUETA

Consiste en el desarrollo de un módulo transmisor, que generará una etiqueta de identificación, la cual será enviada como una trama de datos correspondientes a un punto preestablecido dentro de la ruta. Este sistema mostrado en la Figura 3.5, consta básicamente de:

- Un microcontrolador, que es el encargado de generar la etiqueta que identifica el punto de registro, y enviar los datos a un modulador.
- Un módulo de radiofrecuencia, que permite modular los datos de la etiqueta, para que sean transmitidos de forma inalámbrica.
- Una antena, que envía los datos al medio de transmisión, que en este caso es el aire.

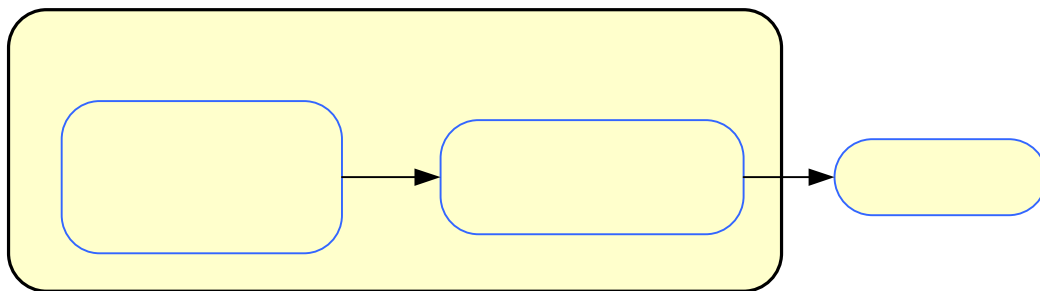


Figura. 3.5. Sistema Transmisor/Etiqueta

3.4 SISTEMA DE RECEPCIÓN/LECTOR

Consiste en el desarrollo de un módulo receptor, el cual al momento de estar en los alrededores de la etiqueta, capta su código y lo almacena en la memoria portátil, junto con la hora y fecha actual generados por el reloj en tiempo real, y también los presenta en una pantalla de cristal líquido LCD (*Liquid Crystal Display*), para la visualización instantánea del usuario. Este sistema mostrado en la Figura 3.6, consta básicamente de:

- Una antena, que permite captar los datos de una etiqueta cercana.

- Un módulo de radiofrecuencia para demodular los datos recibidos, y enviarlos al microcontrolador
- Un microcontrolador encargado de administrar todos los procesos del sistema receptor.
- Un reloj en tiempo real que permita la temporización del sistema, de modo que se pueda disponer de la hora y fecha actuales.
- Una tarjeta de memoria portátil para el almacenamiento de los datos correspondientes a la etiqueta y a la hora y fecha de paso por esta.
- Un LCD, que permita la visualización de la hora y fecha actual, además de los datos tomados en el último registro, y otra información necesaria para el usuario de acuerdo a sus necesidades.
- Un sistema de actualización para el temporizador del sistema.

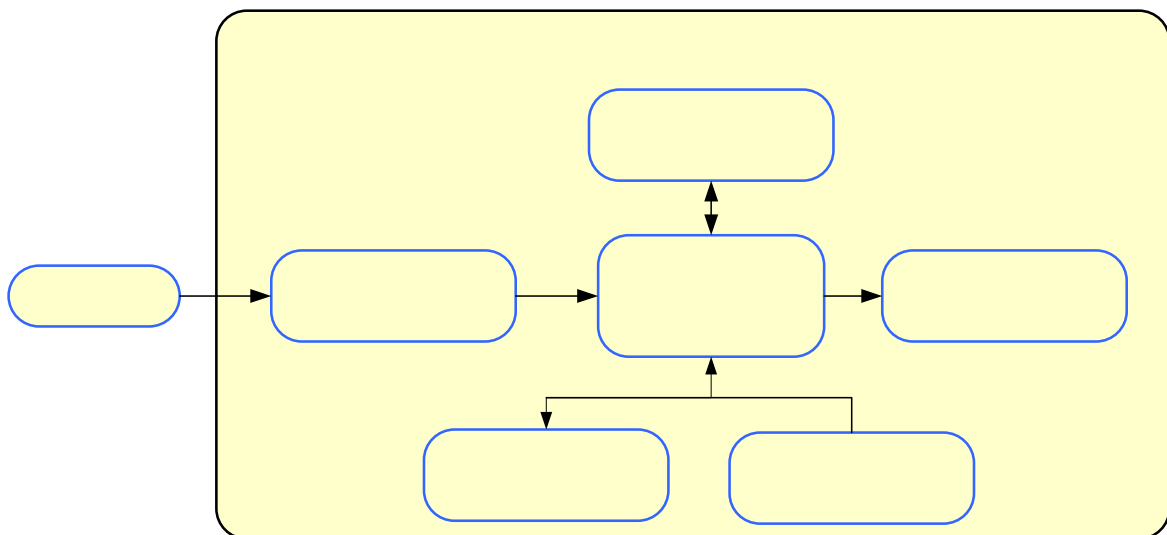


Figura. 3.6 Sistema Receptor/Lector

3.5 SISTEMA DE ACTUALIZACIÓN

El diseño de éste sistema es necesario, pues el prototipo basa su funcionamiento en el registro de tiempos exactos en los cuales un autobús se encuentra en un determinado punto de control. Para esto se diseñará un programa que permita el envío serial de datos como horas, minutos, segundos, fecha, desde la PC hacia el receptor/lector que medirá su tiempo y se

encarga de manejar el RTC, de tal manera de mantener el sistema actualizado con la hora y fecha exactas.

La Figura 3.7 muestra el esquema de envío de datos seriales desde la PC al reloj manejado por el microcontrolador del receptor.

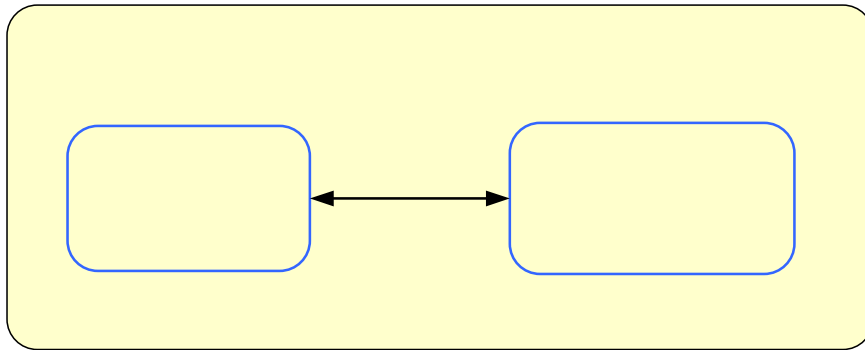


Figura. 3.7. Sistema de Actualización

SISTEMA DE ACTUALIZACIÓN

COMPUTADOR

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA

4.1 GENERALIDADES

Como se explicó en el Capítulo III, el prototipo del proyecto consta de varias etapas y cada una necesita de la elección de los mejores componentes para un funcionamiento óptimo. En base a lo planteado en conceptos básicos y a la descripción del sistema se ha optado por elegir los siguientes componentes.

4.2 SELECCIÓN DE MICROCONTROLADORES

Para de seleccionar un microcontrolador es imprescindible analizar los requisitos de la aplicación como son:

- **Procesamiento de datos:** puede ser necesario que el microcontrolador realice cálculos críticos en un tiempo limitado. En ese caso se debe seleccionar un dispositivo suficientemente rápido para ello.
- **Entrada/Salida:** para determinar las necesidades de Entrada/Salida del sistema es conveniente dibujar un diagrama de bloques del mismo, de tal forma que sea sencillo identificar la cantidad y tipo de señales a controlar
- **Memoria:** para detectar las necesidades de memoria de la aplicación se debe separar en memoria volátil (RAM), memoria no volátil (ROM, EPROM, etc.) y memoria no volátil modificable (EEPROM). Este último tipo de memoria puede ser útil para incluir información específica de la aplicación como un número de serie o parámetros de calibración.

- **Tamaño de palabra:** el criterio de diseño debe ser seleccionar el microcontrolador de menor ancho de palabra que satisfaga los requerimientos de la aplicación. Usar un microcontrolador de 4 bits supondrá una reducción en los costes importante, mientras que uno de 8 bits puede ser el más adecuado si el tamaño de palabra es de un byte. Los microcontroladores de 16 y 32 bits, debido a su elevado costo, deben reservarse para aplicaciones que requieran sus altas prestaciones
- **Diseño de la placa:** la selección de un microcontrolador concreto condicionará el diseño de la placa de circuitos. Debe tenerse en cuenta que quizá usar un microcontrolador barato encarezca el resto de componentes del diseño.

Existe gran variedad de microcontroladores populares, en Ecuador y en la mayor parte de América Latina se han difundido los PIC de la fábrica Microchip principalmente por su documentación costos y accesibilidad. Sin embargo debido a que presentan mejores prestaciones que los PIC y costos mucho más bajos los AVR de ATMEL, podrían reemplazarlos en gran cantidad de aplicaciones. En la Tabla 4.1 se realiza una comparación entre dos microcontroladores muy usados, que demuestra la superioridad de AVR de ATMEL frente a los PIC de Microchip.

Tabla. 4.1. Cuadro comparativo ATMEL vs. PIC

CUADRO COMPARATIVO		ATMEGA 16	PIC 16F877A
Reloj	Max. MHz	16MHz	20*Mhz
	Ciclo de Máquina	16 MHz	5 Mhz
	Osc. Interno	1,2,4,8 MHz	-----
Memoria	Flash Programable	16 KB	8kb
	RAM de Datos	1 KB	368b
	EEPROM de Datos	512 b	256b
	Módulos Timer	3	3
	Comparadores	2	2
	Conversores ADC	8 (10bits)	8 (10bits)
	I2C Protocolo	1	1
	PWM Módulos	4	2
	Reloj Tiempo Real RTC	1	-----
	RS232-Serial COM	1	1
Características	Interrupciones	22	10
	I/O pines	37	33
	Rango de Voltaje	2.5 – 5.5V	3.5 – 5.5 V
Precio	USD	8.5 usd	8.95 usd

Para el desarrollo del prototipo se ha seleccionado el uso de los microcontroladores ATMEL, debido a que su tiempo de ejecución de instrucciones es menor que en los microcontroladores PIC, su costo es más bajo, tienen mayor inmunidad al ruido y además las herramientas para el desarrollo de aplicaciones ofrecen funcionalidades útiles para la aplicación que se presentará como proyecto de tesis.

4.2.1 Microcontroladores ATMEL

Los AVR [13] son una familia de microcontroladores RISC de ATMEL, la idea de este tipo de microcontroladores fue concebida por dos estudiantes de *Norwegian Institute of Technology*, para su posterior desarrollo en ATMEL Norway, empresa subsidiaria de ATMEL. La programación es compatible con lenguaje C, lo que permite aumentar la eficiencia en la programación junto con un set de instrucciones mucho más poderoso que los existentes en el mercado, con instrucciones que se ejecutan en un solo ciclo de reloj.



Figura. 4.1. Logo ATMEL

Para el desarrollo del prototipo del presente proyecto se han usado los microcontroladores ATMEGA 8 Y ATMEGA 32, cuyas características se muestran en la Tabla 4.2.

4.2.2 Microcontrolador ATMEGA 8

Se eligió este microcontrolador para la etapa de transmisión basándose en que el software no ocupa gran espacio de memoria de programa para la aplicación, y posee pines de entrada y salida con hardware interno que preconfigurado, que facilitan el uso de protocolos de comunicación

Tabla. 4.2. Características de los Microcontroladores seleccionados

CARACTERÍSTICAS		ATMEGA8	ATMEGA32
Arquitectura RISC	Instrucciones	131	131
	Registros de propósito general	32x8	32x8
Memoria no volátil programable y de datos	Flash programable	8kbytes	32kbytes
	EEPROM	256bytes	1024bytes
	SRAM	2kbytes	2kbytes
Características de Periféricos	Timer/Counters 8 bits con preescalador y modo de comparador.	2	2
	Timer/Counters 16 bits con preescalador, modo de comparador, y modo de captura.	1	1
	Real Time Counter con Oscilador Separado		
	Canales PWM	6	4
	Canales de 10 bits ADC en encapsulado PDIP	6	10
	USART serial programable		
	Interfaz serial SPI (master-slave)		
	Watch dog timer		
	Comparador análogo		
	Power on reset		
Características Especiales del Microcontrolador	Programable brown out		
	Oscilador interno		
	Interrupciones externas e internas		
	Modos de sleep	IDLE. ADC Noise Reduction Power Save. Power Down. Standby	IDLE ADC Noise Reduction Power Save. Power Down. Standby Extended Standby.
Encapsulado	Pines de entrada y salida PDIP	28	40

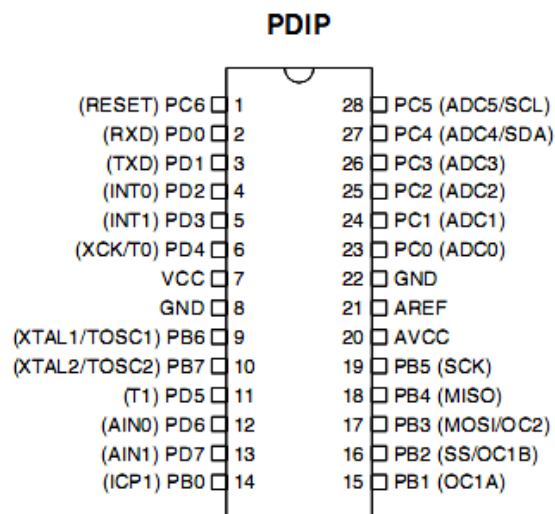


Figura. 4.2. Distribución de Pines ATMEGA 8

El prototipo será usado en la etapa de transmisión con el fin de enviar los datos a ser transmitidos por el módulo transmisor de radiofrecuencia.

La distribución de pines del ATMEGA 8, se muestra en la Figura 4.2, y la descripción de los pines usados en la aplicación en la Tabla 4.3.

Tabla. 4.3. Descripción de Pines Usados en el Transmisor

PIN	PUERTO	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
1	PC6	RESET	Reinicia al micro
3	PD1	TXD	Transmisión serial de datos usando Hardware UART
7	VCC	VCC	Alimentación 5 Vdc
8	GND	GND	Tierra
9	PB6	XTAL1	Oscilador del sistema
10	PB7	XTAL2	
22	GND	GND	Tierra
23	PC0	OUT	Led indicador de funcionamiento
24	PC1	IN	Pulsador sin usar
25	PC2	IN	Switch selector de código

4.2.3 Microcontrolador ATMEGA 32

Se eligió este microcontrolador para la etapa de recepción basándose en que el software ocupa un espacio considerable de memoria de programa, además posee pines de entrada y salida con hardware interno que preconfigurado, que facilitan el uso de protocolos de comunicación y es compatible con un gran número de librerías propuestas en la herramienta de desarrollo.

En el prototipo será usado en la etapa de recepción el fin de realizar funciones como:

- Recepción de los datos que envía el transmisor, a través del módulo de radiofrecuencia del receptor.
- Configuración para el funcionamiento e igualación del RTC.
- Envío de datos a ser registrados y grabados en la MMC/SD.
- Visualización de información en el LCD.

La distribución de pines del ATMEGA 32, se muestra en la Figura 4.3, y la descripción de los pines usados en la aplicación en la Tabla 4.4.

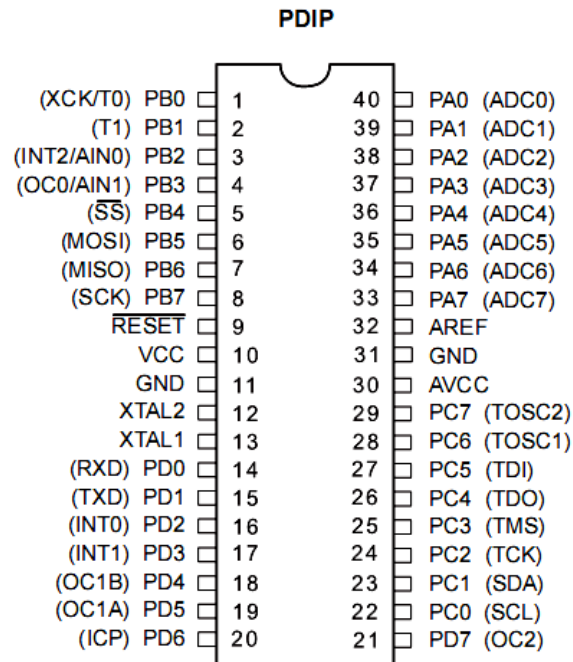


Figura. 4.3. Distribución de Pines ATMEGA32

Tabla. 4.4. Descripción de Pines Usados en el Receptor

PIN	PUERTO	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
2	PB1	IN	Pulsador para actualización
5	PB4	SS	Comunicación SPI, para la tarjeta MMC/SD y Para el programador externo.
6	PB5	MOSI	
7	PB6	MISO	
8	PB7	SCK	
9	RESET	RESET	Reinicia al micro
10	VCC	VCC	Alimentación 5 Vdc
11	GND	GND	Tierra
12	XTAL1	XTAL1	Oscilador del sistema
13	XTAL2	XTAL2	
14	PD0	RXD	Recepción serial con hardware UART
16	PD2	INT0	Interrupción externa de ingreso MMC/SD
20	PD6	IN PC_TX	Comunicación Serial usando software UART, para actualización
21	PD7	OUT PC_RX	
22	PC0	SCL	Comunicación I2C, para manejo del RTC
23	PC1	SDA	
31	GND	GND	Tierra
33	PA7	OUT D7_LCD	Bus de datos para manejo del LCD
34	PA6	OUT D6_LCD	
35	PA5	OUT D5_LCD	
36	PA4	OUT D4_LCD	
37	PA3	OUT E_LCD	
38	PA2	OUT RS_LCD	

4.3 SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE DESARROLLO

Los microcontroladores ATMEL, poseen varias herramientas de desarrollo, una de las más potentes es el BASCOM AVR [14]. Entre las principales razones por la cual este software ha sido elegido están:

- La reducción de tiempos de desarrollo de forma drástica.
- Cuenta con documentación de ayuda y ejemplos abundantes.
- Posee funcionalidades óptimas y necesarias para la programación de los microcontroladores usados en el prototipo, como librerías para almacenamiento de archivos, comunicación serial (RS-232, SPI e I2C).

4.3.1 Características BASCOM AVR

- BASIC estructurado con etiquetas.
- Programación estructurada con sentencias IF-THEN-ELSE-END IF, DO-LOOP, WHILE-WEND, SELECT- CASE.
- Generación de código máquina nativo en lugar de código interpretado.
- Bit, Byte, Entero, Word, Largo, y variables tipo String. (Solo con la Edición Profesional)
- Los programas compilados trabajan con todos los microprocesadores (no-MEGA) de AVR que tienen memoria interior
- Las instrucciones y comandos de este BASIC son bastante similares a las del Visual Basic y QuickBasic de Microsoft.
- Comandos específicos para el manejo de displays LCD, integrados I2C e integrados 1WIRE Chips, teclado de PC, teclado de matriz, recepción RC5, software UART. SPI, LCD Gráficos, envío de IR RC5 o código Sony.
- Soporta variables locales, uso de funciones, y librerías
- Emulador terminal integrado con opción de download.
- Simulador integrado.
- Editor con subrayador de sentencias.
- Ayuda ON LINE en el editor.

- Posee funciones, declaraciones y directivas, que hacen al entorno de BASCOM AVR una herramienta de gran utilidad en el desarrollo de aplicaciones con alto lenguaje de programación [15].

4.4 SELECCIÓN DE MÓDULOS DE RADIOFRECUENCIA

Al momento de la elección de los componentes de radiofrecuencia, es de gran importancia tomar en cuenta los parámetros que se describen a continuación.

4.4.1 Rangos de Frecuencia

La tecnología RFID al ser clasificada como sistema de radio, bajo ninguna circunstancia debe interferir con otros sistemas de radio, como son la televisión y la radio, los servicios de radio móviles (policía, seguridad, industria), las comunicaciones marinas y aeronáuticas y los teléfonos móviles.

Tabla. 4.5 Rangos de Frecuencia para Sistemas RFID

RANGOS DE FRECUENCIA PARA SISTEMAS RFID	
Rango de Frecuencia	Intensidad de Campo/ Potencia de Tx
<135 kHz	72 db μ A/m
6.765 ... 6.795 MHz	42 db μ A/m
7.400 ... 8.800 MHz	9 db μ A/m
13.553 ... 13.567 MHz	42 db μ A/m
26.957 ... 27.283 MHz	42 db μ A/m
433 MHz	10 -100 mW
868 ... 870 MHz	500 mW, sólo Europa
902 ... 928 MHz	4W - espectro ensanchado, sólo USA/ Canadá.
2.4 ... 2.483 GHz	4W - espectro ensanchado, sólo USA/ Canadá, 500 mW Europa.
5.725 ... 5.875 GHz	4 W USA/Canadá, 500 mW Europa.

Cada país tiene una distribución de frecuencias que permiten asegurar el uso de frecuencias disponibles, como se muestra en la Tabla 4.5, en las que se puede trabajar, de esta forma a la hora de implementar un sistema de RFID, sólo

es posible usar rangos de frecuencia que han sido reservados específicamente para aplicaciones industriales, científicas o médicas. Estas son las frecuencias clasificadas mundialmente como rangos ISM (*Industrial-Scientific-Medical*) y pueden también ser usadas para aplicaciones de identificación por radiofrecuencia.

En lo que a RFID activo se refiere, debido a que el sistema funciona a distancia, son susceptibles a diversos factores que pueden influir en su funcionamiento, por tanto para el diseño de estos, es importante la consideración de factores, técnicos y regulatorios, que permiten una frecuencia óptima para el uso de RFID activo. Debido a su aceptación y al desempeño técnico, como se especifica a continuación se ha definido que 433 MHz. es la frecuencia recomendable para aplicaciones globales de RFID activos.

4.4.2 Desempeño Técnico en 433 MHz

Para el análisis del desempeño técnico es importante tomar en cuenta dos parámetros: rango comunicación y propagación en ambientes abarrotados [16].

- **Rango de comunicación**

Asumiendo un igual nivel de energía transmitida las señales de radio en frecuencias bajas se propagarán más lejos que las señales en altas frecuencias, además que la atenuación de una señal de radio que viaja a través de un medio tal como el aire es directamente relacionada con la longitud de las ondas. En consecuencia, las señales con frecuencias bajas tienen una longitud de onda más larga, y la atenuación de la señal ocurre más lento. Por ejemplo, si una señal A decrece en un 10% sobre una distancia de 3 metros, cuando una señal con la mitad de frecuencia que la señal A decrece en un 10% sobre una distancia de 6, permite que la señal más baja se propague más lejos. Pero a frecuencias menores que 100 MHz, como los sistemas de 13.56 MHz, que dependen de un

par inductivo como un modo de interacción primario, decaen con la distancia, y de esta forma la comunicación entre 3 y 6 metros es impráctica.

• Propagación en Medios Abarrotados

La propagación en medios con muchos obstáculos también depende de la longitud de onda de la señal, y por lo tanto de la frecuencia, lo que provoca que la habilidad de un sistema RFID para operar en y alrededor de obstrucciones sea crítica. Esas obstrucciones son a menudo metálicas, tales como vehículos o armarios de metal, requiriendo señales para propagarse alrededor más que a través de las obstrucciones. Esta propagación se realiza por medio de difracción, y el nivel de difracción depende del tamaño del objeto y la longitud de onda de la señal. Por ejemplo, a 433 MHz la longitud de onda es aproximadamente un metro, permitiendo que las señales se difracten alrededor de los vehículos, recipientes y otras obstrucciones largas. A 2,4 GHz la longitud de onda es aproximadamente de un décimo de metro y la difracción es muy limitada con esas obstrucciones, creando puntos ciegos y áreas de cobertura limitada. Frecuencias sobre los 2 GHz presentan retos significantes para operación en ambientes abarrotados y además no son recomendados para la mayoría de aplicaciones RFID.

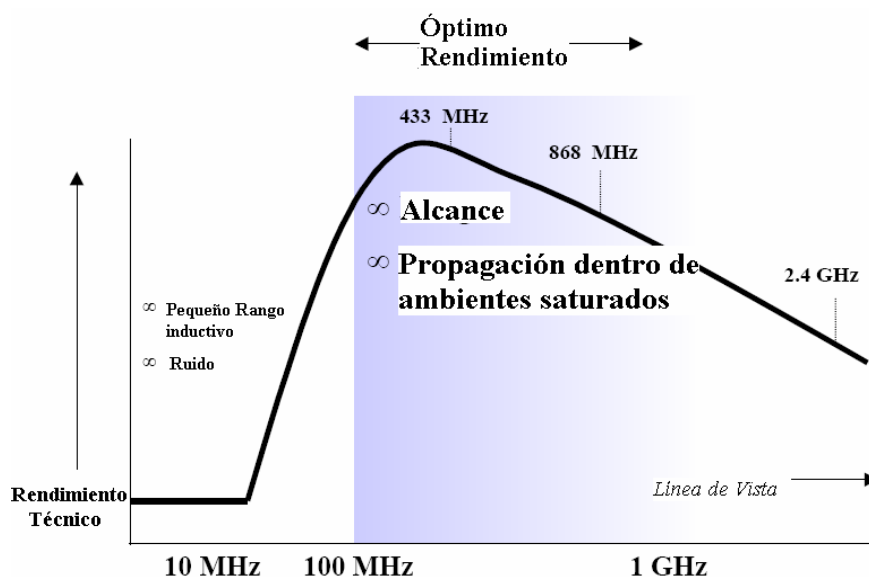


Figura. 4.4. Rendimiento Técnico vs. Frecuencia de Trabajo

En la Figura 4.4 se muestra una gráfica que muestra el desempeño técnico de los RFID activos para diferentes frecuencias.

4.4.3 Aspectos Regulatorios

Como se definió en los aspectos técnicos, el rango de 100 MHz a 1 GHz presenta la mejor opción técnica para los sistemas RFID Activos, pero otro factor aparte del rendimiento técnico que afecta a la elección de frecuencia es la regulación de frecuencias a lo largo de cada país o región. Por tanto el hecho de determinar una frecuencia de operación influye también en los límites de energía, en la restricción del ciclo de trabajo, y modulación de los proyectos. El impacto de esas variables en la selección de la frecuencia Activa de RFID se discuten a continuación:

- **Limite de energía**

Altas frecuencias requieren altos niveles de energía. Aunque RFID Activo tiene considerablemente requerimientos de energía más bajos que los RFID Pasivos, aún así se necesita considerar los requerimientos de energía a diferentes frecuencias. Por ejemplo, un sistema 433 MHz requiere menos de 1 mW por 100 metros de comunicación, mientras un sistema de 915 MHz requiere 100 mW o más.

- **Ciclo de trabajo**

Considera la comunicación entre lector y tag; así mientras el RFID Pasivo requiere casi transmisión continua para asegurar la comunicación, los sistemas RFID activos pueden operar transmitiendo solamente el 10% del tiempo, pero cuando baja del 10% ese ciclo trabajo puede afectar al índice de transferencia de datos poniendo en peligro la fiabilidad de todo el sistema.

• Modulación

Ciertas frecuencias tienen requerimientos especiales de modulación, lo cual podría añadir costos considerables a las etiquetas y otros componentes del sistema RFID. Así por ejemplo operar con la bandas de 915 y 2400 Mhz requiere modulación de espectro extendido para operar a toda la capacidad, implicando elevación de costos.

Un resumen de regulaciones globales para las bandas de frecuencia más comunes en RFDI activas se muestra en la Tabla 4.6: En base a lo mencionado en los aspectos técnicos y de regulación, los sistemas RFID Activos más usados están en la banda de 433 MHz, por tanto a nivel comercial presenta la mayor distribución de RFID Activa a la fecha, a través de más de 20 países, usando diversas aplicaciones de RFID activas. Adicionalmente diversos estudios han probado su efectividad operacional, mostrando que RFID Activa de 433 MHz puede ser utilizado sin interferir con otros sistemas en la misma banda de frecuencias.

Tabla. 4.6 Mejor Frecuencia en RFID activo

Banda	303 MHz	315 MHz	418 MHz	433 MHz	868 MHz	915 MHz	2400 MHz
	302-305 MHz	314.7-315 MHz 42 dBuA/m @10m	418.95-418.975 MHz 10 mW ERP	433.050-434.790 MHz 10mW ERP 10%	868-868.6 MHz 25mW ERP 1%	902-928 MHz	2400-2483.5 MHz
USA	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Canada	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Great Britain				✓	✓		✓
France				✓	✓		✓
Germany				✓	✓		✓
Netherlands				✓	✓		✓
Singapore		✓		✓	✓	✓	
Taiwan	✓	✓	✓	✓			✓
China / Hong Kong		✓		En Proceso		Limitado	Limitado
Australia				✓		Limitado	Limitado
Sumario	Aceptación Limitada	Aceptación Limitada	Aceptación Limitada	Mejor Elección	Limited duty cycle	Aceptación Limitada	Pobre Desempeño Tecnico

4.4.4 Módulos de Radiofrecuencia

En el mercado se pueden encontrar una extensa variedad de transmisores y receptores de radiofrecuencia, debido a la disponibilidad en el mercado nacional y las prestaciones que ofrecen a continuación se detallan algunas de las características del TLP 434A y el RLP 434, módulos ofertados por la empresa LAIPAC [17] y usados para el desarrollo del prototipo.

4.4.5 Transmisor TLP 434A

El circuito mostrado en la Figura 4.5, permite modular los datos generados por el microcontrolador de la Etiqueta, de forma que estos puedan ser transmitidos por el medio inalámbrico (aire).



Figura. 4.5. Transmisor TLP 434A

A continuación se muestran las características más relevantes del módulo transmisor.

- Opera en el rango de frecuencias de 433.92 MHz.
- Modula mediante ASK (*Amplitude Shift Keying*), que es una técnica en donde la amplitud de la oscilación de una portadora es variada entre dos estados μ_0 y μ_1 mediante las variaciones del estado lógico de la señal modulante, manteniendo constante la frecuencia, como se muestra en la Figura 4.6.
- Maneja una tasa de transmisión de 8kbps.
- El voltaje de alimentación puede variar entre 3 y 12 V.

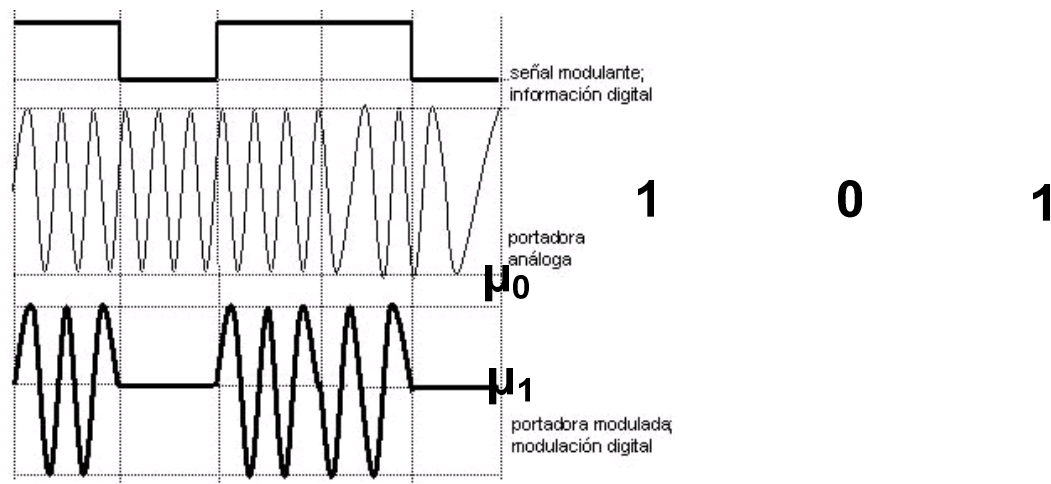


Figura. 4.6. Modulación ASK

Las características eléctricas del módulo transmisor se muestran en la Tabla 4.7.

Tabla. 4.7. Características Eléctricas Transmisor TLP 434A

SÍMBOLO	PARÁMETROS	MIN	TÍPICO	MAX	UNIDAD
VCC	Voltaje Nominal	2.0	-	12.0	V
Icc1	Corriente Pico (2V).	-	-	1.64	mA
Icc2	Corriente Pico (12V).	-	-	19.4	mA
Vh	Voltaje de entrada Alto,	VCC-0.5	VCC	VCC+0.5	V
Vi	Voltaje de entrada Bajo.	-	-	0.3	V
FO	Frecuencia Absoluta.	314.8	315	315.2	MHz
PO	RF Potencia de salida a 50 OHM	-	16	-	dBm
DR	Tasa de Datos	512	4.8k	200K	bps

4.4.6 Receptor RLP 434A

El circuito mostrado en la Figura 4.7, Permite demodular los datos obtenidos que se encuentran en el medio, de forma que estos puedan ser usados por el microcontrolador. Las características de este módulo de radiofrecuencia receptor son:

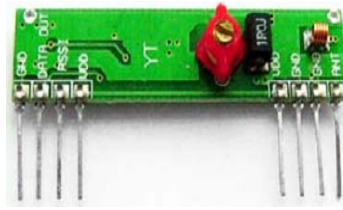


Figura. 4. 7 Receptor RLP 434A

- Opera en el rango de frecuencias de 433.92 MHz.
- Modula en ASK, Figura 4.6.
- Tasa de transmisión de datos de 4.8 Kbps
- Su sensibilidad es de -106 dBm, este parámetro hace referencia a la potencia de recepción mínima que es capaz de detectar el módulo.
- Espaciamiento entre canales de +/-500kHz.
- Voltaje de alimentación de 5V.

Las características eléctricas del módulo receptor se muestran en la Tabla 4.8.

Tabla. 4.8 Características Eléctrica Receptor RLP 434A

SÍMBOLO	PARÁMETROS	MIN	TÍPICO	MAX	UNIDAD
FC			433.92		MHz
Pref.	Sensibilidad		-108		dBm
	Ancho de Canal.	-500		+500	KHz
	Tasa de transmisión en zócalo.		3		Kbps
Vcc	Voltaje de Alimentación.	4.9	5	5.1	V

4.5 SELECCIÓN DEL TEMPORIZADOR RTC

Su funcionamiento se basa en un chip, el mismo que genera los pulsos a partir de un cristal de cuarzo, es manejado por un microcontrolador usando el protocolo I2C, y posee una fuente propia que le permite mantenerse funcionando a pesar de que el microcontrolador esté inactivo.

Existe una gran gama de integrados que cumplen la función de RTC, siendo, el DS1307 mostrado en la Figura 4.8, uno de los chips más usados para esta aplicación.

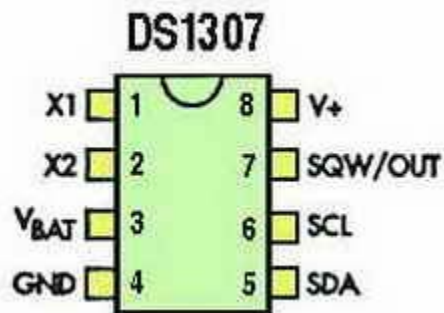


Figura. 4. 8 Distribución Pines DS1307

El DS1307 es un dispositivo de 8 pines al que se le conecta entre los pines 1 y 2 un cristal de cuarzo, que oscila a 32.768kHz generando así un tiempo base exacto. Opcionalmente se le puede conectar al pin 3, una batería de respaldo de 3 V, que asegura mantener el tiempo y la fecha exactos, aunque la fuente de tensión del circuito principal se encuentre desconectada.

Adicionalmente el circuito integrado DS1307 tiene dos características interesantes. El pin 7 es una salida de colector abierto, que oscila a 1Hz. Esto permite la colocación de un led como indicador de segundos en aplicaciones de reloj. El circuito integrado también tiene 56 bytes de memoria RAM para propósito general, el cual puede ser usado como memoria extra.

4.6 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO FLASH

El dispositivo de almacenamiento masivo, puede ser la Tarjeta Multimedia (MMC) o la Tarjeta Secure Digital (SD). Desde el punto de vista técnico, éstas pueden trabajar mediante los protocolos serie:

- El protocolo MultiMediaCard para MMC
- El protocolo Secure Digital para SD
- El protocolo SPI para SD y MMC

Los dos primeros protocolos son más potentes ya que permiten mayor número de operaciones, pero por otro lado, el último es más fácil de implementar, si se dispone de una interfaz SPI y es suficiente para la mayoría de aplicaciones. De hecho el protocolo SPI se puede considerar como una versión reducida del protocolo MultiMediaCard y Secure Digital, además que no es licenciada.

Las diferencias entre los modos de operación MMC/SD se muestran en la siguiente Tabla 4.9.

Tabla. 4.9 Comparativa MMC/SD y SPI

MMC/SD	SPI
Tres líneas del bus serial de datos (Reloj, control, datos).	Tres líneas del bus serial de datos (Reloj, ingreso de datos, salida de datos)+ especificación de tarjeta señal CS (<i>Card Specific</i>)
Tarjetas direccionables por el protocolo de bus sobre los 64k.	Selección de tarjeta por hardware señal CS
Transferencia de datos protegida de errores	Opcional. El modo no protegido en la transferencia de datos puede ser habilitado.
Fácil identificación de tarjeta	No habilitada.
Transferencia de datos secuencial orientada a bloques únicos/múltiples.	Lectura escritura en bloques únicos.

Las tarjetas con tecnología SD Card tienen dos modos de operación, el modo SPI y el modo SD. Las diferencias entre los modos involucran principalmente la función de cada uno de los pines, el protocolo usado y los comandos que son específicos de cada modo.

4.6.1 Características de la MMC/SD

Las MMC/SD son ampliamente compatibles, teniendo las siguientes características comunes.

• Desempeño MMC/SD

Bajo las siguientes condiciones una tarjeta MMC/SD, tiene el desempeño mostrado en la Tabla 4.10

- Voltaje: 2.7 V a 3.6 V
- Temperatura: -25° C a 85° C
- Frecuencia de reloj independiente del MMC

Tabla. 4.10 Desempeño MMC/SD

Temporización	Típico	Máximo
Tiempo de acceso a lectura de bloque	0.5 ms	100 ms
Tiempo de acceso a escritura de bloque	0.5 ms	240 ms
CMD1 a listo después de encendido	150 ms	500 ms
Modo <i>sleep</i> a operable	1 ms	2 ms

• Confiabilidad y mantenimiento MMC/SD

Una MMC/SD es un dispositivo muy robusto y funcional, lo cual es evidenciado en las características de la Tabla 4.11.

• Características Eléctricas MMC/SD

Las tarjetas trabajan en un rango de voltaje de 2.7 a 3.6 V y el consumo de corriente a temperatura ambiente de 25 °C, varía dependiendo del estado en que se encuentren y tiene como máximos los mostrados en la Tabla 4.12.

Tabla. 4.11. Confiabilidad y Mantenimiento MMC/SD

Mantenimiento preventivo	No
Confiabilidad de datos	1 bit de error en 10 bits leídos.
Duración	300,000 ciclos de escritura y borrado.

Tabla. 4. 12 Características Eléctricas MMC/SD

Operación	3,3 V	2,7 V
Lectura:	<33 mA	<23 mA
Escritura:	<35 mA	<27 mA
Modo <i>Sleep</i> :	50 μ A (típico) 150 μ A (máximo)	40 μ A (típico) 120 μ A (máximo)

Las MMC tienen una interfaz de 7 pines:

- Una línea de reloj (*CLK*)
- Una de comandos (*COMMAND*)
- Dos líneas de datos (*DATA*)
- Tres líneas de alimentación.

Las SD tienen una interfaz de 9 pines:

- Una línea de reloj (*CLK*)
- Una de comandos (*COMMAND*)
- Cuatro líneas de datos (*DATA*)
- Tres líneas más de alimentación

• Características físicas MMC/SD

Las tarjetas son muy ligeras y pequeñas, la Tabla 4.13, muestra las dimensiones de cada una de ellas.

Tabla. 4.13 Características físicas MMC/SD

Característica	MMC	SD
Peso:	1,5 g (max.)	2 g (max.)
Largo:	32mm \pm 0,1mm	32mm \pm 0,1mm
Ancho:	24mm \pm 0,08mm	24mm \pm 0,08mm
Espesor:	1,4mm \pm 0,1mm	2.1mm \pm 0,1mm

4.6.2 Modo de Operación SPI

En éste modo la tarjeta solo permite la entrada de datos por *Data In* y la salida de datos por *Data Out*. Los comandos también son enviados por el terminal *Data In*. La habilitación de la tarjeta se hace por el terminal *Chip Select*, la señal de *CLK* que se envía desde el controlador es la que establece la velocidad de la comunicación, es por esto que el diseño se facilita ya que no se tienen problemas de desincronización cuando el controlador es más lento que la tarjeta. El hecho de solo enviar datos por una terminal reduce la utilización del potencial de la memoria, y el ancho de banda para la transferencia de datos, pero la gran ventaja de SPI, es que es un protocolo implementado en la gran mayoría de microcontroladores.

Tabla. 4.14. Modo SPI para MMC

Pin	Nombre	Tipo	Descripción SPI
1	CS	Entrada	Selección de Chip (Se activa en bajo)
2	DataIn	Entrada	Datos y comandos del dispositivo a la tarjeta
3	VSS1	Alimentación	Voltaje de tierra
4	VDD	Alimentación	Voltaje de alimentación
5	CLK	Entrada	Reloj
6	VSS2	Alimentación	Voltaje de tierra
7	DataOut	Salida	Datos y estado de la tarjeta al dispositivo.

Tabla. 4.15. Modo SPI para SD

Pin	Nombre	Tipo	Descripción SPI
1	CS	Entrada	Selección de Chip (Se activa en bajo)
2	<i>DataIn</i>	Entrada	Datos y comandos del dispositivo a la tarjeta
3	VSS1	Alimentación	Voltaje de tierra
4	VDD	Alimentación	Voltaje de alimentación
5	CLK	Entrada	Reloj
6	VSS2	Alimentación	Voltaje de tierra
7	<i>DataOut</i>	Salida	Datos y estado de la tarjeta al dispositivo.
8	RSV	Entrada	Reservado
9	RSV	Entrada	Reservado

La descripción de los pines en modo SPI, para las tarjetas MMC, y SD, se presentan en la Tabla 4.14 y en la Tabla 4.15.

4.6.3 Organización de la Tarjeta MMC/SD

El espacio de memoria MMC/SD es direccionable desde 0 al último byte, y es dividido en varias estructuras, Figura 4.9.

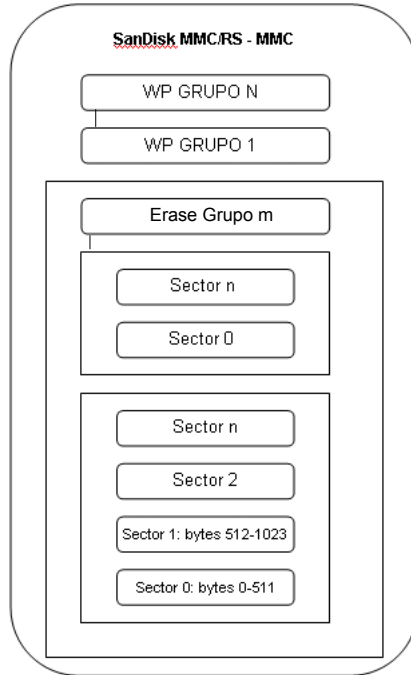


Figura. 4. 9 Organización de la Tarjeta MMC/SD

Los bytes de memoria son agrupados en bloques de 512 bytes llamados sectores. Cada bloque puede ser leído, escrito y borrado individualmente. Los sectores son agrupados en *erase groups* de 16 o 32 sectores dependiendo del tamaño de tarjeta y pueden ser borrados con un simple comando de borrado, y para sobrescribir el comando de borrado está implícito. Finalmente 32 *erase groups* forman un espacio llamado *write protect group*.

Tabla. 4.16 Tipos de Formato MMC/SD

Formato de Archivo GRP	Formato de Archivo	Tipo
0	0	Disco duro como sistema de archivos con tabla de partición
0	1	FAT DOS con dos sectores
0	2	Formato de Archivos Universal
0	3	Otros/Desconocido
1	0,1,2,3	Reservado

Write Protect Grupo 0
 Erase Grupo 0
 Erase Grupo 0

La tarjeta posee una organización de almacenamiento para área de datos similar a los formatos de un disco duro.

4.6.4 Registros de la MMC/SD

Tiene implementados registros en el modo Multimedia Card, y Secure digital, que son:

- CID. Card identification register
- CSD. Card specific data
- OCR. *Operation* conditions register
- SCR. Status card register
- SR. Status register
- RCA. Relative card address.

En el modo SPI solo se utilizan los registros CSD y CID, y su formato es similar al de los otros protocolos citados, y están descritos en la Tabla 4.17.

El registro CID (Card Identification Information) posee una longitud de 16 bytes y almacena un número único de identificación de la tarjeta. El envío de este comando provee de varias características importantes acerca de una tarjeta en particular: la capacidad del dispositivo, y el formato mediante el cual son almacenados los datos en el mismo.

Tabla. 4.17. Registros MMC/SD

Nombre	Disponible en modo SPI	Tamaño(Bytes)	Descripción
CID	Si	16	Datos de identificación de tarjeta (número de serie, ID de manufactura, etc.)
RCA	No		
DSR	No		
CSD	Si	16	Datos de identificación de tarjeta, información de condiciones de operación de tarjeta.
OCR	No		

4.7 DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO RS-232

Este protocolo de comunicación se utiliza en:

- La comunicación entre los microcontroladores y los módulos de radiofrecuencia, para el envío y recepción de la etiqueta.
- La comunicación entre el microcontrolador y la PC para la actualización del reloj.

4.7.1 Características del Protocolo RS-232

- El puerto serial envía y recibe bytes de información un bit a la vez.
- Típicamente la comunicación serial se usa para transmitir datos en formato ASCII.
- Para la transmisión de información se hace uso de tres líneas: Tierra, Transmisión y Recepción
- Existen líneas disponibles para realizar intercambio de pulsos de sincronización.
- Ante la gran variedad de equipos, sistemas y protocolos que existen surgió la necesidad de un acuerdo que permitiera a los equipos de varios fabricantes comunicarse entre sí. La EIA (*Electronics Industry Association*) elaboró la norma RS-232, la cual define la interfaz mecánica, los pines, las señales y los protocolos que debe cumplir la comunicación serial.
- Todas las normas RS-232 cumplen con los siguientes niveles de voltaje:
- Un “1” lógico es un voltaje comprendido entre -5v y -15v en el transmisor y entre -3v y -25v en el receptor.
- Un “0” lógico es un voltaje comprendido entre $+5\text{v}$ y $+15\text{v}$ en el trasmisor y entre $+3\text{v}$ y $+25\text{v}$ en el receptor.

4.7.2 Funcionamiento del Protocolo RS-232

RS-232 no dice como representar caracteres (7 u 8 bits es la forma más común, pero podrían ser 5 ó 6). Cuando no se envían datos la señal se debe mantener en estado de marca (un uno lógico, conocido también como *RS-232 idle state*). El comienzo de flujo de datos se reconoce porque la señal pasa de “marca” a “espacio”.

Dependiendo de la implementación, pueden existir unos bits de sincronización conocidos como bits de arranque o inicio (*start bits*). El emisor y el receptor deben ponerse de acuerdo si hay cero, uno o dos bits de arranque.

Después de los bits que representan los datos (5, 6, 7, u 8 bits) puede seguir un bit de paridad (que es opcional, depende de la implementación) para ayudar a determinar si ocurrió un error durante la transmisión. Este error se llama *Parity Error* y puede ser causado por una configuración desigual en el emisor y el receptor.

La paridad puede configurarse de diversas formas, Tabla 4.18.

- Sin paridad: No se transmite bit de paridad
- Paridad par: El bit de paridad es uno 1 si el caracter lleva una cantidad par de unos.
- Paridad impar: El bit de paridad es uno 1 si el caracter lleva una cantidad impar de unos.
- Paridad de marca: El bit de paridad siempre es uno
- Paridad de espacio: El bit de paridad siempre es cero

Después del bit de paridad (si lo hay) vienen los bits de parada (*stop bits*). Estos sirven para decir dónde termina el carácter. Pueden ser uno o dos bits de parada (en esto también deben ponerse de acuerdo el transmisor y el receptor).

Algunas implementaciones cortan la transmisión del segundo bit de parada a la mitad, se dice entonces que utiliza uno y medio bits de parada. Los bits de parada se transmiten como unos lógicos (*mark*).

Tabla. 4.18. Paridad en comunicación RS-232

Datos	Cantidad de unos	Bit de Paridad			
		Par	Impar	Marca	Espacio
1010101	4	1	0	1	0
1111111	7	0	1	1	0
1010000	2	1	0	1	0
0101010	3	0	1	1	0
1111110	6	1	0	1	0
0011111	5	0	1	1	0
1000000	1	0	1	1	0

4.8 DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO SPI

Este protocolo se utiliza para el acceso a las tarjetas SD CARD (*Security Digital Card*) y MMC (*Multi Media Card*) en modo SPI.

4.8.1 Características del Protocolo SPI

- La interfaz SPI consta de cuatro señales básicas: MOSI (Master Output/Slave Input), MISO (Master Input/Slave Output), SCLK (Serial Clock), SS (Slave Selector).
- Los datos se transfieren en forma serial y están sincronizados por la señal de reloj (SCLK) proporcionada por el maestro.
- Siempre se transmite el bit más significativo primero.
- Una comunicación se establece cuando el máster selecciona a un esclavo activando la señal SS que le corresponde.
- Luego de hacer esto la información puede ser enviada hacia el esclavo a través de la señal MOSI. A su vez el esclavo puede enviarle información al maestro por la señal MISO, pero solo cuando el maestro desee hacer una transferencia.

- Se puede elegir la fase y el flanco activo de la señal de reloj que sincroniza las transferencias.

4.8.2 Funcionamiento del Protocolo SPI

El modo básico de intercambio de información se describe a continuación.

- El controlador envía comandos de 6 bytes (tamaño fijo) hacia la tarjeta.
- Primero se envía el byte más significativo del comando.
- Para que la tarjeta identifique los comandos el byte 1 debe comenzar con 01. El resto de bits del byte 1 contiene el número del comando codificado en binario natural. Por ejemplo el primer byte correspondiente al comando 0 (CMD0) es: 01000000.
- Los bytes del 2 al 5 contienen los argumentos del comando enviado. Si el comando no requiere argumento estos valen 0.
- El byte 6 se denomina CRC permite la verificación de errores, no es usado en el protocolo SPI a no ser que en el registro de configuración se especifique lo contrario.
- El tipo de respuesta de la tarjeta está asociado a cada comando.

Tabla. 4.19. Estructura de Bytes en el Protocolo SPI

Byte 1			Byte 2 - 5		Byte 6	
7	6	5 - 0	31 - 0		7 - 1	0
0	1	Comando	Argumento de comando		CRC	1
Bit de inicio	Equipo					Bit de parada

En la Tabla 4.20, 4.21 y 4.22 se especifican los principales comandos del protocolo y las respuestas asociadas.

El esquema de Lectura mostrado en la Figura 4.10, tiene la siguiente secuencia:

Tabla. 4.20 Principales Comandos del Protocolo SPI

Comando	Argumentos	Respuesta	Descripción
CMD0	No	R1	Resetea la tarjeta
CMD1	No	R1	Inicializa la tarjeta
CMD9	No	R1	Pide a la tarjeta su información CSD
CMD10	No	R1	Pide a la tarjeta su ID CID
CMD13	No	R2	Consulta el estado de la tarjeta
CMD16	[31-0] Longitud de bloque.	R1	Establece la longitud (en bytes) del bloque para los datos en las operaciones de lectura y escritura
CMD17	[31-0] Dirección de datos.	R1	Lee un bloque del tamaño indicado por el comando 16
CMD24	[31-0] Dirección de datos	R1	Escribe un bloque de tamaño indicado por el comando 16

Tabla. 4.21. Respuestas R1 y RB

Bit	Descripción
0	Idle State
1	Erase Reset
2	Illegal Command
3	Com CRC Error
4	Erase_Seq_Error
5	Address Error
6	Parameter Error
7	0

Tabla. 4. 22. Respuesta R2

Bit	Descripción
0	0
1	WP Erase Skip
2	Error
3	CC Error
4	Card ECC Failed
5	WP Violation
6	Erase Parameter
7	Out of Range
0	In Idle State
1	Erase Reset
2	Illegal Command
3	Com CRC error
4	Erase_Seq_Error
5	Address Error
6	Parameter Error
7	0

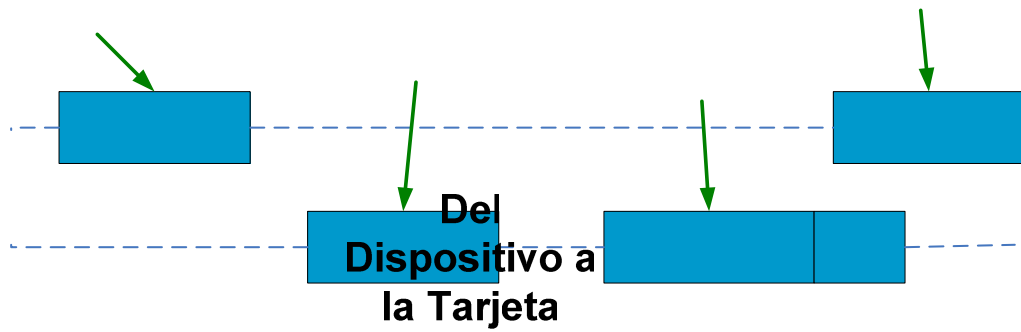


Figura. 4.10. Lectura de un bloque de la tarjeta

De la Tarjeta
al
Dispositivo

- El comando de lectura enviado (CMD17) lleva como argumento la dirección del bloque de 512 bytes que se desea leer.
- Por ejemplo para leer el sector 2 de la tarjeta el comando debe ser enviado de la siguiente forma: Cmd17 5100 0002 0001H
- El comando es recibido por la tarjeta y esta devuelve una respuesta de tres bytes y un token de inicio seguidos del bloque de 512 bytes y el CRC del mismo.
- El token tiene la forma: FF FF 00 FF FE.

DataIn

Comando

DataOut

Respues

El esquema de Escritura mostrado en la Figura 4.11, tiene la siguiente secuencia:

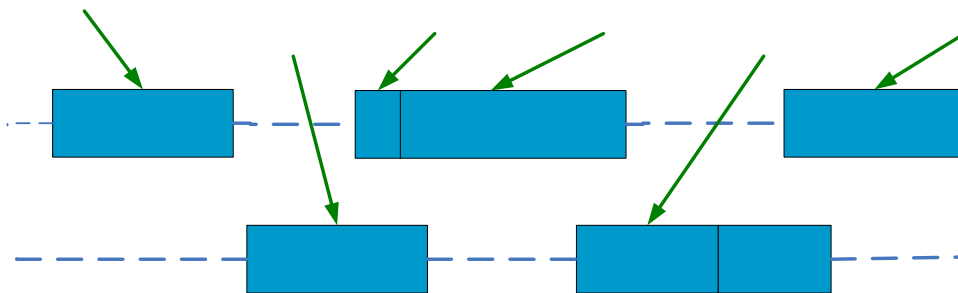


Figura. 4. 11. Escritura de un bloque a la tarjeta.

- De igual forma que en la lectura se envía el comando correspondiente, cuyo argumento es la dirección del sector en el cual se escribirá.
- La tarjeta recibe el comando y como respuesta envía los tres bytes indicando que es aceptado.
- El host envía un *token* de inicio seguido del bloque de 512 bytes de datos y dos *token* de fin de datos.
- Al terminar la transmisión del bloque, la tarjeta envía una respuesta en la que indica si hubo error o si la tarjeta está ocupada.

4.9 DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO I2C

Se utiliza para comunicar el microcontrolador con el reloj en tiempo real (RTC).

4.9.1 Características del Protocolo I2C

- Bus de comunicación síncrono: la comunicación es controlada por una señal de reloj común.
- Formado por dos hilos SDA Y SCL, además de la referencia de masa.
- Velocidad de Transmisión:
 - Standard: hasta 100 Kbps
 - Fast: hasta 400 Kbps
 - High speed: hasta 3.4 Mbps
- Cada dispositivo conectado al bus tiene una dirección única:
 - 7 bits, I2C standard.
 - 11 bits, I2C mejorado.
- Distancia y número de dispositivos es limitado por la capacidad del bus (inferior a 400pF). Normalmente de 2 a 3 metros. Drivers para largas distancias (centenares de metros).
- Protocolo de acceso al bus es Maestro-Esclavo o I2C soporta protocolo multimaestro.

- Las salidas deben ser de colector abierto, las líneas SDA Y SCL se deben poner en estado alto (conectar a la alimentación por medio de resistores Pull-Up) para construir una estructura de bus tal que se permita conectar en paralelo múltiples entradas y salidas.

4.9.2 Funcionamiento del Protocolo I2C

Maestro (*Master*): este dispositivo determina la temporización y la dirección del tráfico de datos en el bus. Es el único que aplica los pulsos de reloj en la línea SCL. Cuando se conectan varios dispositivos maestros a un mismo bus la configuración obtenida se denomina "multimaestro".

Esclavo (*Slave*): son los dispositivos que se conectan al bus y no generan pulsos de reloj. Reciben las señales de reloj del dispositivo maestro.

Bus Desocupado (*Bus Free*): es un estado del bus en el cual las líneas SDA y SCL están inactivas (estado lógico en alto). Únicamente en este estado el dispositivo maestro puede hacer uso del bus

Comienzo (*Start*): Estado generado cuando un dispositivo maestro se encuentra haciendo uso del bus. Mientras dura esta condición la línea de datos (SDA) se encuentra en estado lógico bajo y la línea de reloj (SCL) permanece en alto.

Parada (*Stop*): Estado que se genera cuando un dispositivo maestro libera el bus. Las líneas de datos y de reloj se encuentran en estado lógico alto.

Dato Válido (*Valid Data*): Este estado se presenta cuando un dato presente en la línea SDA es estable, la línea SCL sigue manteniendo su nivel lógico en alto.

Formato de Datos (*Data Format*): En el bus la transmisión se hace cada 8 bits (1 byte) seguidos por un noveno pulso durante el cual el dispositivo receptor genera un pulso de reconocimiento *ACK* (*Acknowledge*), durante el noveno pulso la línea de datos se coloca en nivel lógico bajo.

Dirección (*Address*): Los dispositivos que se conectan al bus cuentan con su propia y única dirección de acceso la misma que es dada por el fabricante. Cierta tipo de dispositivos permiten establecer externamente parte de la dirección de acceso, permitiendo que varios dispositivos del mismo tipo puedan conectarse al bus sin que se presenten problemas de identificación. La dirección de acceso general, para la cual responden todos los dispositivos conectados al bus es la "00".

Lectura/Escritura (*Bit R/W*): Las direcciones de los dispositivos que se conectan al bus disponen de 7 bits, el octavo bit (menos significativo LSB) indica el tipo de operación a realizarse. Si este bit se encuentra en alto, el dispositivo maestro lee la información proveniente del esclavo, si por el contrario este mismo bit se encuentra en bajo el dispositivo maestro escribe información en un dispositivo esclavo.

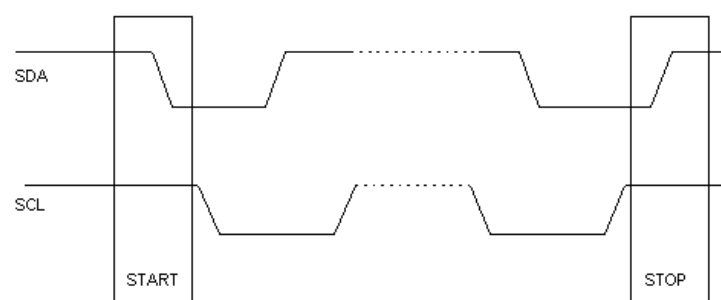


Figura. 4.12. Estado de SDA y SCL

En la Figura 4.12, se muestra un esquema que indica el estado de las líneas SDA y SCL durante las condiciones generadas en el bus. El proceso de comunicación se da de la siguiente forma:

- Si el bus se encuentra libre, un dispositivo maestro puede ocuparlo generando el estado de inicio.
- Se transmite el primer byte que contiene los siete bits de la dirección del dispositivo receptor seleccionado y el octavo bit indicará si es operación de lectura o escritura como se indico anteriormente.
- Si el dispositivo receptor se encuentra en el bus, responde generando un pulso de ACK.
- Comienza el intercambio de información entre dispositivos.
- Si se ha terminado el intercambio el dispositivo maestro generará la condición de parada, si por el contrario el dispositivo maestro desea seguir transmitiendo generará otra condición de inicio llamada “inicio repetitivo” con la que se puede direccionar un dispositivo esclavo diferente o para cambiar la operación (R/W) a realizar indicada por el octavo bit.

4.10 DISEÑO DE HARDWARE DEL TRANSMISOR (Tx)

El hardware del circuito transmisor, también conocido como Etiqueta, consta de tres subcircuitos.

- Circuito de alimentación.
- Circuito controlador.
- Circuito de transmisión.

4.10.1 Circuito de Alimentación (Tx)

El transmisor toma como fuente principal de energía la provista por la red eléctrica pública, previamente rectificadas mediante un adaptador AC/DC. Para que el transmisor ejecute eficientemente sus funciones la alimentación debe cumplir las siguientes características:

Poseer una fuente de respaldo para una alimentación continua, en caso de fallas de la red pública. Por lo cual se ha diseñado el circuito de respaldo mostrado en la Figura 4.13.

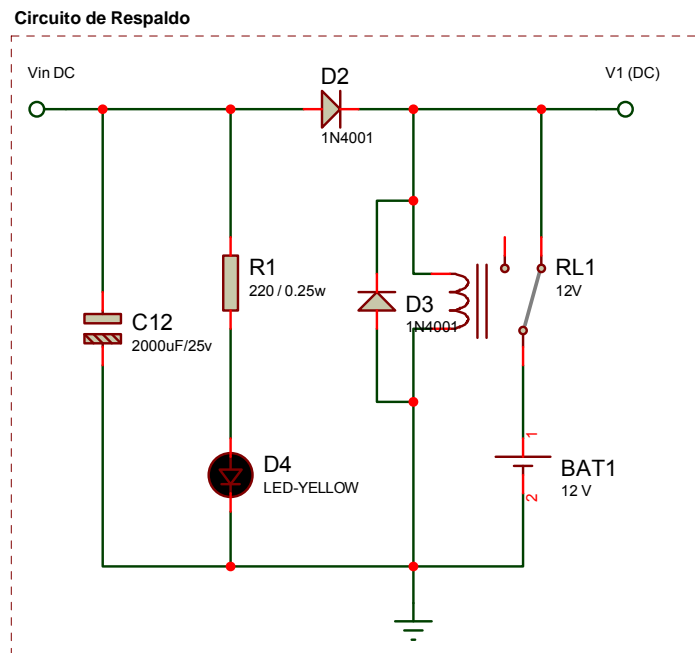


Figura. 4.13. Circuito de Respaldo Tx

Este circuito consta de un relé activado a 12Vdc, que sirve de switch automático el momento que se pierde la energía eléctrica, un capacitor de 2200 uF, que almacena energía y la proporciona durante, cambio de fuente de energía, diodos de propósito general para protección del circuito, y una batería de 12 Vdc con una autonomía de 600 mA/h, para alta duración.

Regular los voltajes de alimentación, para proveer una alimentación estable al resto del circuito, diseñado en base a reguladores y capacitores cuyos valores han sido tomados de las hojas de datos de los reguladores y permiten obtener un factor de rizo menor al 10%, para lo cual se ha diseñado el circuito de la Figura 4.14.

La etapa de alimentación posee los voltajes de entrada y salida que se muestran en la Tabla 4.23.

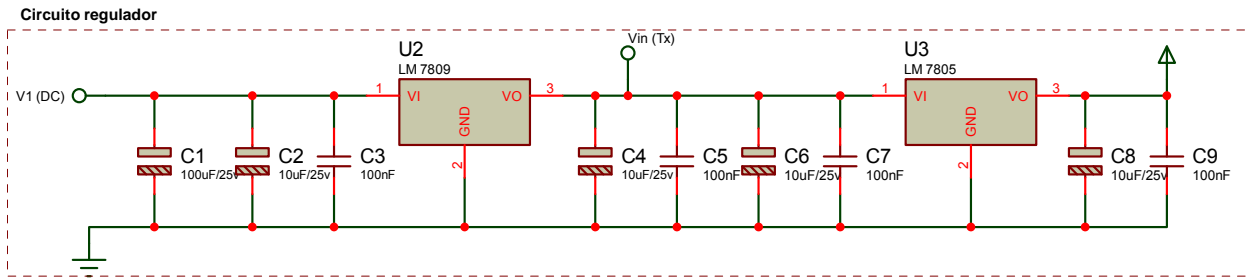


Figura. 4.14. Circuito regulador

Tabla. 4. 23 Entradas y Salidas del Circuito de Alimentación

Entradas	Descripción	Salidas	Descripción
Vin (DC)	Voltaje de entrada	Vin (Tx)	Alimentación del Tx
		V	Alimentación del Controlador

El Vin (DC), es el voltaje entregado por el adaptador y puede variar de 9 a 18 Voltios.

El Vin (Tx), el voltaje de alimentación para el módulo de transmisión, que puede estar en el rango de 12 a 5 Voltios, de esta alimentación depende el área de cobertura de la transmisión.

4.10.2 Circuito Controlador (Tx)

Es el encargado de controlar la generación de la etiqueta que va ser enviada, en base al microcontrolador Atmega8, para lo cual se diseñó el circuito mostrado en la Figura 4.15. El microcontrolador trabaja a 5 voltios y tiene conectados a sus pines, las entradas y salidas mostradas en la Tabla 4.24.

Tabla. 4.24. Entradas y Salidas del Circuito Controlador Tx

Entradas	Pin	Descripción	Salidas	Pin	Descripción
XTAL1	9	Oscilador (8MHz)	DATA	3	Etiqueta
XTAL2	10	Oscilador (8MHz)	LED	23	Indicador
RST	1	Reset			
SWITCH	25	Selector			
PULS	24	No habilitado			

El SWITCH, es un selector de dos posiciones a través del cual el usuario puede seleccionar entre dos etiquetas diferentes que pueden ser enviadas por la DATA.

El LED es un indicador de que el microcontrolador está enviando la DATA.

El circuito oscilador posee capacitores de 22 pF, que les permiten obtener un oscilador de 8 MHz, como se muestra en la hoja de datos del microcontrolador.

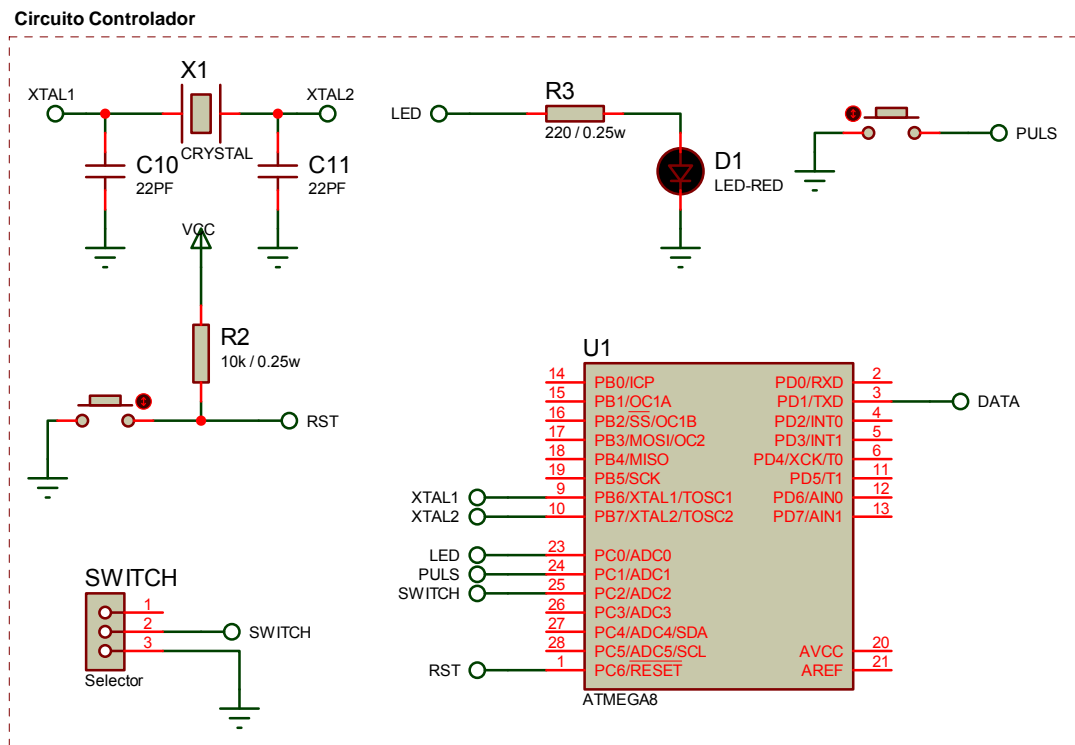
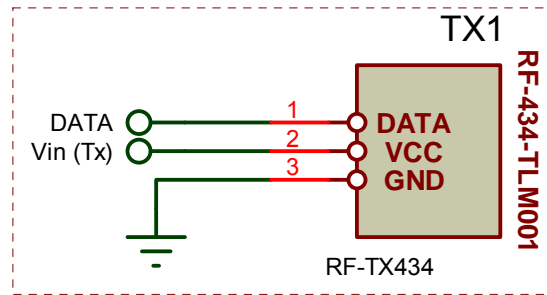


Figura. 4.15. Circuito Controlador Tx

4.10.3 Circuito de Transmisión

Es gobernado por módulo de transmisión encargado de modular la DATA, para que esta sea colocada en el medio de transmisión (aire). Esta etapa se muestra en la Figura 4.16.

Las entradas y salidas del módulo se muestran en la Tabla 4.25.

Circuito Transmisor**Figura. 4.16. Circuito Transmisor****Tabla. 4.25. Entradas y Salidas del Circuito Transmisor**

Entradas	Descripción	Salidas	Descripción
Vin (Tx)	Alimentación del Tx	Antena	Señal modulada
DATA	Etiqueta		

La alimentación del módulo transmisor puede variar entre 5 y 12 voltios, de esto depende la potencia de transmisión, lo cual es expresado en el área de cobertura del sistema.

A través de la Antena se envían la DATA modulada en ASK. La antena escogida es un monopolo de $\lambda/4$. Como antena se colocó una sección de guía de onda (cable coaxial), con una longitud 17,28 cm. Tomando en cuenta la frecuencia de operación del módulo transmisor, la longitud de la antena se calcula en base a la ecuación (1).

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Ecuación. 1. Propagación de Ondas

Frecuencia(f): 433,92 MHz

Longitud antena: $\lambda/4$

Velocidad luz(c): 3×10^8 m/s

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{4 \cdot 433,92 \times 10^6} = 0,1728m.$$

4.10.4 Diagrama General del Transmisor

El Diagrama general del transmisor se encuentra en el Anexo 1, y su PCB en el Anexo 2

4.10.5 Lista de Materiales del Transmisor

El listado de materiales con sus referencias a la ubicación en la placa se lo puede observar en el Anexo 3.

4.11 DISEÑO DE HARDWARE DEL RECEPTOR (Rx)

El hardware del circuito receptor, también conocido como lector, se divide en los siguientes subcircuitos.

- Circuito de alimentación.
- Circuito de recepción.
- Circuito controlador.
- Circuito de temporización.
- Circuito de almacenamiento.
- Circuito de visualización.
- Circuito de actualización.

4.11.1 Circuito de Alimentación (Rx)

El circuito receptor, toma como fuente de energía la batería del bus, tomando en cuenta que es necesario tomarla desde un punto que esté regulado a 12 o 9 Voltios y que posea un fusible, para así proteger al circuito receptor de posibles variaciones de voltaje.

Para que el receptor ejecute eficientemente sus funciones la alimentación debe cumplir la siguiente característica:

Regular los voltajes de alimentación, para proveer una alimentación estable al resto del circuito. Entregando a cada etapa el voltaje requerido para su funcionamiento. Por lo cual se ha diseñado el circuito mostrado en la Figura 4.17.

Dentro de esta etapa de alimentación se tomó en cuenta a un circuito, que consta de un capacitor colocado entre Vcc y tierra, el mismo que actúa como filtro pasa bajos, para eliminar el ruido generado por el motor del bus, como se muestra en la Figura 4.17.

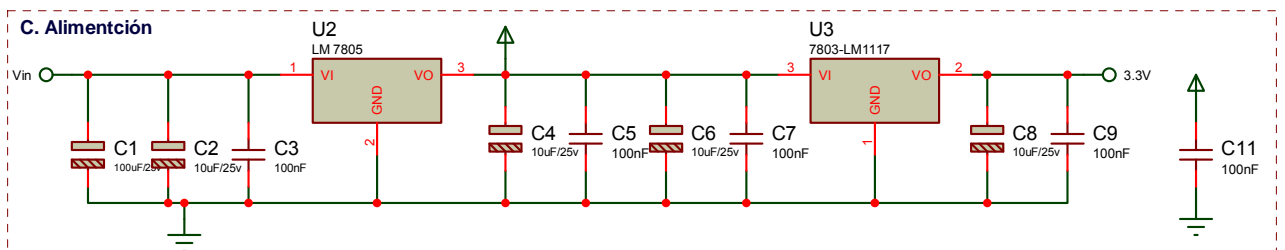


Figura. 4.17. Circuito de Alimentación Rx

Esta etapa posee las entradas y salidas mostradas en la Tabla 4.26

Tabla. 4.26. Entradas y Salidas del Circuito de Alimentación del Receptor

Entradas	Descripción	Salidas	Descripción
Vin	Voltaje de entrada	V (3,3 V)	Alimentación de la MMC/SD
		V	Alimentación del Controlador

El Vin, es el voltaje entregado por la batería del bus, y puede variar de 9 a 18 Vdc.

El V (3,3Vdc), es el voltaje de alimentación para el circuito de alimentación, ya que las tarjetas MMC/SD, trabajan con 3,3 Vdc.

4.11.2 Circuito de Recepción

Es gobernado por un módulo de recepción que trabaja con una alimentación de 5 voltios, encargado de captar la señal que se encuentra en el aire y demodularla para así obtener una DATA, que será enviada al controlador. Esta etapa se muestra en la Figura 4.18

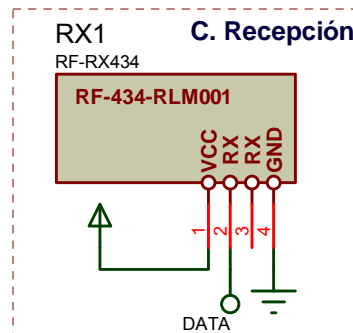


Figura. 4.18. Circuito de Recepción

Las entradas y salidas del módulo se muestran en la tabla.

Tabla. 4.27. Entradas y Salidas del Circuito de Recepción

Entradas	Descripción	Salidas	Descripción
V	Alimentación del Tx	DATA	Trama de datos
Antena	Señal modulada		

A través de la Antena se capta una señal en el aire y se la demodula. La antena escogida al igual que en transmisor es un monopolo de $\lambda/4$, construida en base a una sección de guía de onda (cable coaxial), con una longitud 17,28 cm. Tomando en cuenta la frecuencia de operación del módulo receptor, la longitud de la antena se calcula en base a la Ecuación (1) de la siguiente forma.

$$\text{Frecuencia}(f): 433,92 \text{ MHz}$$

$$\text{Longitud antena} : \lambda / 4$$

$$\text{Velocidad luz}(c) : 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{4 \cdot 433,92 \times 10^6} = 0,1728 \text{ m.}$$

La DATA, es una trama de datos que es enviada al controlador para que este se encargue de procesarla.

4.11.3 Circuito Controlador (Rx)

Es el encargado de gobernar todos los procesos que se dan en el circuito receptor o lector, mediante un microcontrolador Atmega32 para lo cual se diseñó el circuito mostrado en la Figura 4.19.

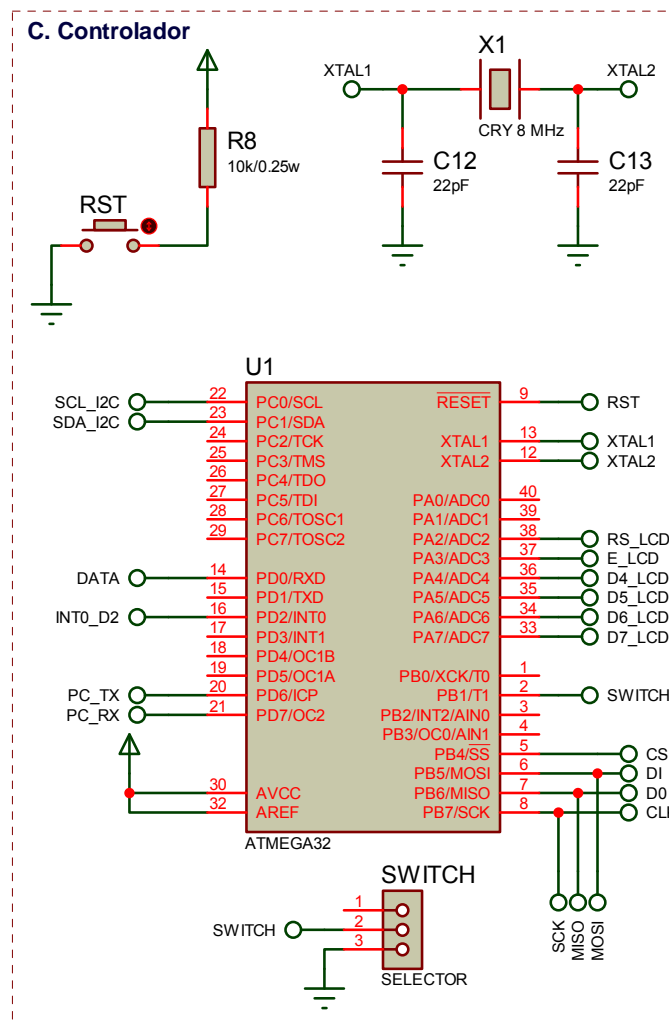


Figura. 4.19 Circuito Controlador Rx

X1 es el oscilador externo y se encuentra como respaldo a posibles fallas del oscilador interno usado. Su frecuencia de oscilación es de 8khz y el valor de los capacitores C12 y C13 han sido tomados en base a las recomendaciones para

conexión de cristales y osciladores dadas en la hoja técnica del microcontrolador. Los dos deben ser del mismo valor y para la frecuencia usada su capacitancia debe ser de alrededor de 22pF.

Para el circuito de *reset* con el valor de la resistencia de 10[kΩ] se coloca en alta impedancia al pin de *reset* del microcontrolador hasta que el pulsador sea presionado y envíe 0[V] en este momento R8 impide el cortocircuito entre Vcc y Tierra.

El microcontrolador trabaja con 5 voltios de alimentación y tiene conectadas a sus pines, las entradas y salidas mostradas en la Tabla 4.28.

A continuación se realiza una descripción breve del tipo de comunicación, que realizan estos pines.

El SWITCH (2) es un selector de dos posiciones, que permite colocar al microcontrolador, en un modo de Lector para procesar la DATA (14) y reconocer si es un etiqueta válida, o en modo de administración para poder actualizar el reloj del circuito receptor.

Los pines SCL_I2C (22) y SDA_I2C (23), permiten comunicar al controlador con el circuito de temporización, mediante el protocolo I2C.

Los pines PC_TX (20) y PC_RX (21), permiten comunicar al controlador, con el circuito de actualización, mediante el protocolo RS-232.

Los pines D7_LCD, D6_LCD, D5_LCD, D4_LCD, E_LCD y RS_LCD permiten comunicar al controlador con el circuito de visualización.

Los pines CS, DI, DO y CLK, permiten comunicar al controlador con el circuito de almacenamiento.

Tabla. 4.28. Entradas y Salidas del Circuito Controlador Rx

Entradas	Pin	Descripción	Salidas	Pin	Descripción
XTAL1	12	Oscilador (8MHz)	D7_LCD	33	Visualización
XTAL2	13	Oscilador (8MHz)	D6_LCD	34	Visualización
RST	9	Reset	D5_LCD	35	Visualización
SWITCH	2	Selector	D4_LCD	36	Visualización
SCL_I2C	22	Temporizador	E_LCD	37	Visualización
SDA_I2C	23	Temporizador	RS_LCD	38	Visualización
INT0_D2	16	Almacenamiento	CS	5	Almacenamiento
PC_TX	20	Actualización	DI	6	Almacenamiento
DATA	14	Trama de datos	DO	7	Almacenamiento
			CLK	8	Almacenamiento
			PC_RX	21	Actualización

4.11.4 Circuito Temporizador (Rx)

Es el encargado de generar la hora y la fecha del sistema lector, está basado en el integrado de temporización DS 1307, como se muestra en la Figura 4.20.

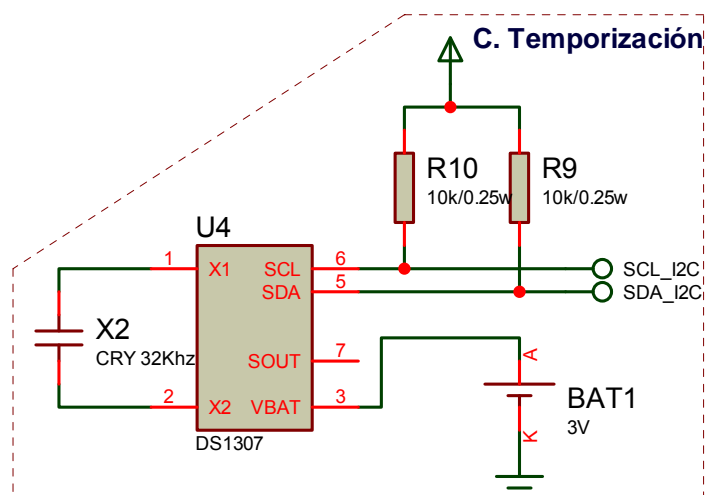


Figura. 4.20. Circuito Temporizador

Este circuito al ser un temporizador requiere de un oscilador de 32 kHz, teniendo en cuenta, las entradas y salidas mostradas en la Tabla 4.29.

R10 y R9 en el esquema se encuentran como resistencias de *pull-up* que colocan las líneas de SDA y SCL en alta impedancia en caso de no existir transmisión de datos.

Tabla. 4.29. Entradas y Salidas del Circuito Temporizador

Entradas	Pin	Descripción	Salidas	Pin	Descripción
Oscilador	1, 2	Cristal de 32 kHz	SCL_I2C	5	Controlador
VBAT	3	Batería 3 voltios	SDA_I2C	6	Controlador

Este circuito trabaja con 5 voltios y posee una batería auxiliar de 3 voltios, para que en caso de que el sistema de alimentación no entregue el voltaje requerido al integrado, este continúe funcionando, evitando retrasos en el reloj generado por este.

Los pines SCL_I2C y SDA_I2C, son los encargados de recibir del controlador la configuración del DS 1307, y enviar la fecha y hora al controlador, usando el protocolo I2C.

4.11.5 Circuito de Almacenamiento (Rx)

Es el encargado de almacenar la hora y fecha en que una etiqueta es detectada por el controlador. El almacenamiento se lo realiza en una MMC/SD, usando el protocolo SPI, en base al circuito mostrado en la Figura 4.21.

El capacitor C10 se coloca entre Vcc (3.3V) y tierra como filtrado para el circuito, y su valor de 100nF es el más óptimo para esta operación. La tarjeta se alimenta con 3.3V, para su funcionamiento cada una de sus líneas necesita de un voltaje menor o parecido a éste, pero el microcontrolador entrega 5V max, razón por la cual se diseña el divisor de voltaje, que provee a las líneas de la tarjeta el nivel de tensión necesario para su operación. Este circuito posee las entradas y salidas mostradas en la Tabla 4.30.

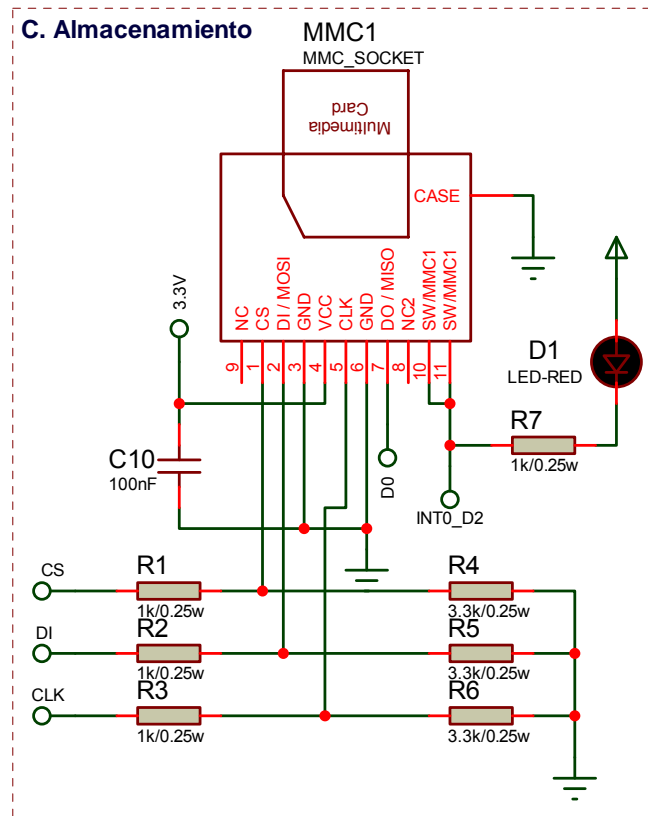


Figura. 4. 21 Circuito de Almacenamiento

Tabla. 4.30. Entradas y Salidas del Circuito de Almacenamiento.

Entradas	Pin	Descripción	Salidas	Pin	Descripción
CS	1	Selección de chip	INT0_D2	10, 11	Interrupción
DI	2	Datos de entrada			
CLK	5	Sincronización.			

El controlador una vez que ha activado a la MMC/SD, a través del pin CS, lo sincroniza mediante el CLK, y envía los datos a través de DI, los cuales son almacenados internamente en la tarjeta.

Este circuito genera una interrupción INT0_D2 una vez que el la tarjeta MMC/SD ha sido ingresada, para que continúe el resto del sistema continúe con su operación normal.

Este circuito trabaja a 3,3 voltios debido a que las tarjetas MMC/SD, son de bajo consumo.

4.11.6 Circuito de Visualización (Rx)

Este circuito permite visualizar en un LCD 20x4, diversos mensajes generados por el controlador. Este circuito trabaja a 5 voltios, y se puede observar en la Figura 4.22, que trabaja de forma multiplexada con los bits más significativos.

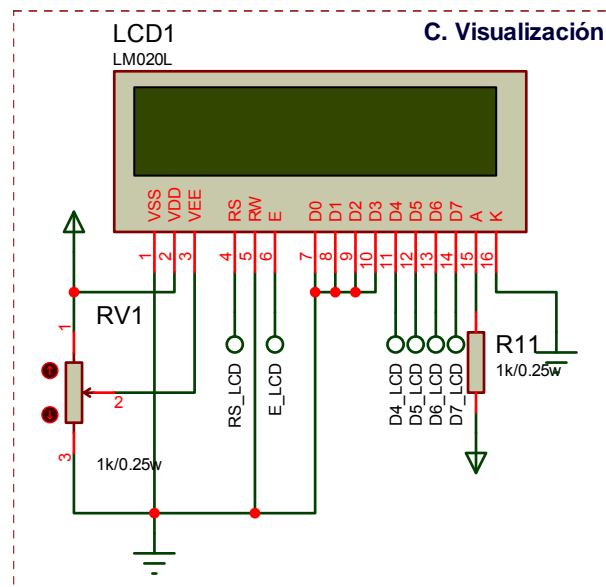


Figura. 4.22. Circuito de Visualización

RV1 es un potenciómetro de precisión de $1k\Omega$ que permite ajustar la intensidad de la luz del lcd y R11 es una resistencia de protección con el valor típico de $1k\Omega$ entre Vcc y el ánodo del lcd para prender la luz de fondo de la pantalla. Estos valores se ajustan a los niveles máximos de voltaje y corriente manejados por la pantalla de cristal líquido. La distribución de pines se la observa en la Tabla 4.31.

Tabla. 4.31. Entradas al LCD

Entradas	Pin	Descripción
D7_LCD	33	Dato
D6_LCD	34	Dato
D5_LCD	35	Dato
D4_LCD	36	Dato
E_LCD	37	Enable
RS_LCD	38	Lectura

En la figura también se observa que el circuito dispone de un potenciómetro que sirve para controlar el nivel de contraste del LCD.

4.11.7 Circuito de Actualización (Rx)

Este circuito, es una interfaz física y eléctrica DB-9 como se muestra en la Figura 4.23, que permite conectar al circuito receptor con una PC, mediante comunicación serial RS232. Esta conexión permite que el sistema de temporización actualice su hora y fecha mediante una aplicación que permite la comunicación entre el controlador y la PC.

Este circuito, es una interfaz física y eléctrica DB-9 como se muestra en la Figura 4.23, que permite conectar al circuito receptor con una PC, mediante comunicación serial RS232. Esta conexión permite que el sistema de temporización actualice su hora y fecha mediante una aplicación que permite la comunicación entre el controlador y la PC.

Los datos serán únicamente enviados desde la PC al computador, razón por la cual se coloca R13 una resistencia de 22[kΩ] como protección para el pin de recepción del controlador. Para la conexión también es necesario un cable de conexión serial RS232.

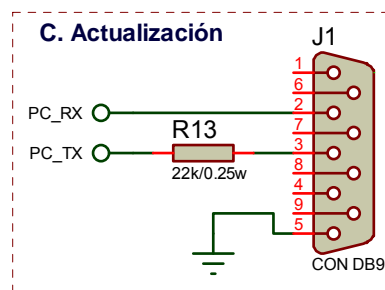


Figura. 4.23. Circuito de Actualización

Los datos serán únicamente enviados desde la PC al computador, razón por la cual se coloca R13 una resistencia de 220[Ω] como protección para el pin de

recepción del controlador. Para la conexión también es necesario un cable de conexión serial RS232.

4.11.8 Diagrama General del Receptor

El Diagrama general del receptor se encuentra en el Anexo 4, y su PCB en el Anexo 5

4.11.9 Lista de Materiales del Receptor

El listado de materiales con las referencias a las piezas de la placa se muestra en el Anexo 6

4.12 DISEÑO DEL SOFTWARE DEL TRANSMISOR

4.12.1 Diagrama de Flujo del Transmisor

El funcionamiento del Transmisor se basa en el diagrama mostrado en la Figura 4.24

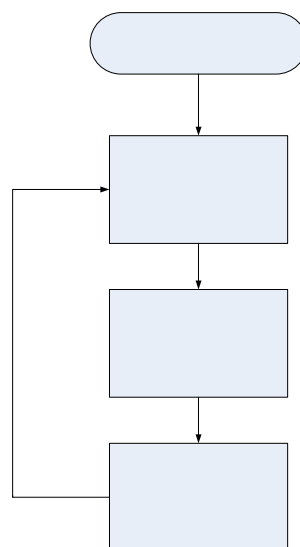


Figura. 4.24. Diagrama de Flujo Transmisor

4.12.2 Programa Generador de Etiqueta

La función **PRINT** permite enviar los datos de forma serial hacia el módulo transmisor tlp434, el mismo que se encarga de la modulación para enviarlos inalámbricamente por radiofrecuencia hacia el módulo receptor rlp434 donde serán procesados para su posterior almacenamiento. La trama que envía la función **PRINT** es PMT seguida por el código de la etiqueta que hace referencia al número del reloj 1 ó 2.

```

$regfile = "M8DEF.DAT"
$crystal = 1000000
$bbaud = 2400
Ddrc = &B00000001
Portc = &B11111111
Led Alias Portc.0
Switch Alias Pinc.2
Dim X As Byte
Led = 1
Wait 2
Led = 0
Do
  If Switch = 0 Then
    Waitms 200
    Led = 1
    For X = 1 To 10
      Print "PMT1"
    Next
  Else
    Waitms 200
    Led = 1
    For X = 1 To 10
      Print "PMT2"
    Next
  Led = 0
End If
Loop

```

'Configuración del microcontrolador a usar

'Configuración del oscilador del microcontrolador

'Configuración de la velocidad de transmisión serial

'Configuración de pines de entrada y salida del puerto C

'Activación de pull-ups para los pines de entrada y en alto para el pin de salida

'Etiquetas colocadas para los pines de entrada y salida usados

'Dimensionamiento de variable auxiliar

'Función usada para transmisión serial

'Función usada para transmisión serial

4.13 DISEÑO DEL SOFTWARE DEL RECEPTOR

4.13.1 Diagrama de Flujo del Receptor

El funcionamiento del Receptor se basa en el diagrama mostrado en la Figura 4.25

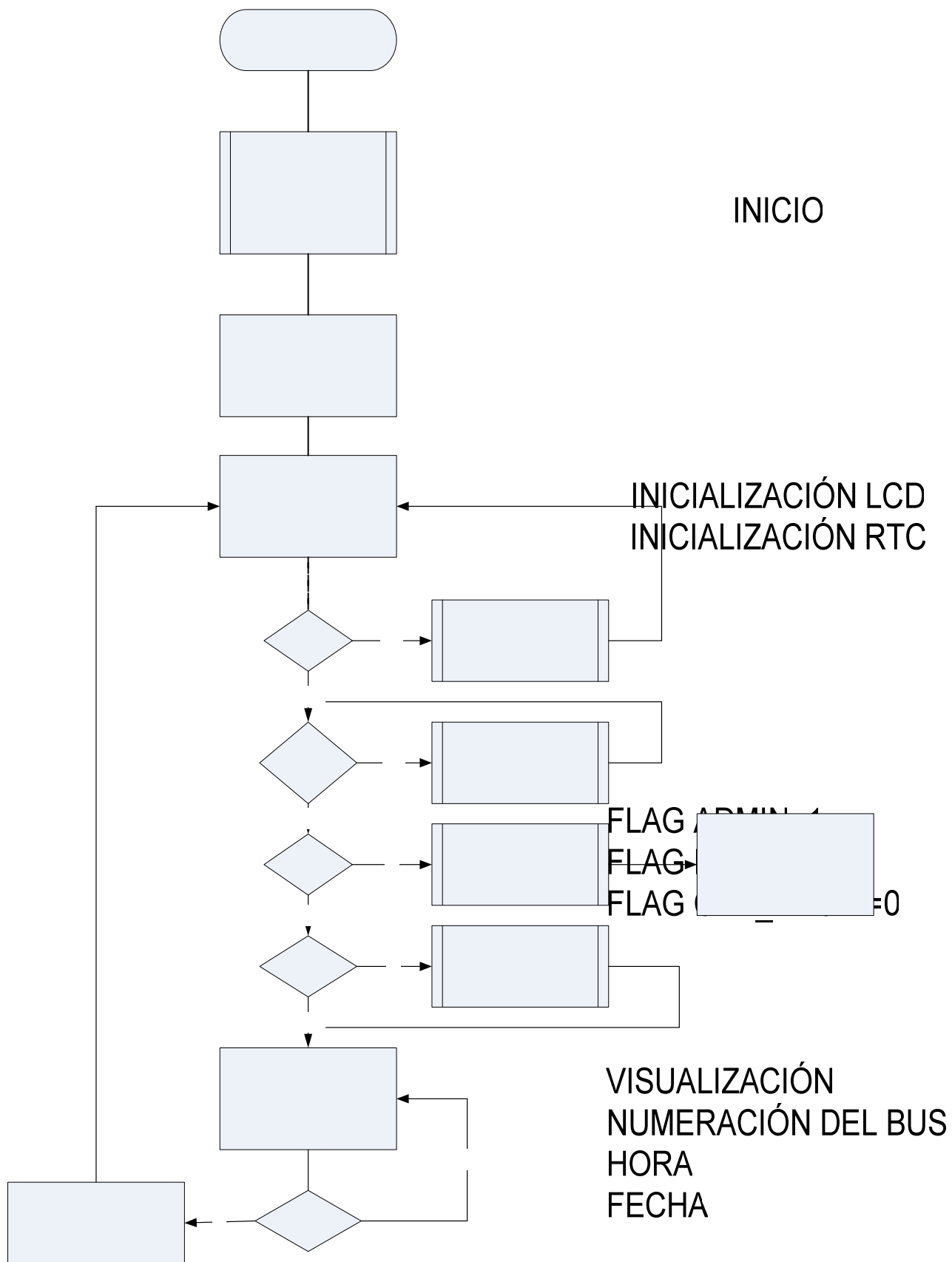


Figura. 4.25. Diagrama de Flujo Receptor

FLAG
ADMIN=C

NO

NO

4.13.2 Configuración de Registros

```
$regfile = "M32DEF.DAT"           'Configuración del microcontrolador a usar
$crystal = 2000000                'Velocidad del oscilador del microcontrolador
$baud = 2400                       'Configuración de velocidad de recepción serial
$timeout = 100000                 'Valor de tiempo de espera de datos en el buffer de transmisión serial
$swstack = 64
$hwstack = 128
$framesize = 128
```

4.13.3 Configuración de Puertos

```
Ddrd.2 = 0                        'Pin 2 del puerto D configurado como entrada
Portd.2 = 1                        'Activación de pull-ups para el pin 2 del puerto D
Mmc_in Alias Pind.2                'interrupción externa
Config Pinb.1 = Input : Portb.1 = 1 'Configuración del puerto B como entrada y activación de
pull-ups.
Sw_actual Alias Pinb.1             'Etiqueta usada para nombrar al pin 1 del puerto B
```

4.13.4 Configuración del LCD

```
'Configuración del tamaño de la pantalla del lcd.
Config Lcd = 20 * 4
'Configuración de pines a ser usados para transmisión de datos al LCD y pines de habilitación.
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Porta.4 , Db5 = Porta.5 , Db6 = Porta.6 , Db7 = Porta.7 , E = Porta.3 ,
Rs = Porta.2
```

4.13.5 Configuración del RTC

```
'Configuración scl y sda para I2C
Config Sda = Portc.1              'Pin 1 del puerto C usado para la transmisión de datos entre dispositivos
Config Scl = Portc.0              'Pin 0 del puerto C usado para la sincronización al transmitir pulsos de
reloj
'Direcciones del ds1307 para lectura y escritura
Const Ds1307w = &HD0
Const Ds1307r = &HD1
'Configuración del tipo de reloj usado por el microcontrolador en este caso es externo.
Config Clock = User
Config Date = Dmy , Separator = /
Dim Weekday As Byte               'variable de fecha usada por la subrutina del ds1307
'Inicialización de hora y fecha
'Time$ = "00:00:00"
'Date$ = "01-01-08"
```

4.13.6 Canales y Parámetros de Transmisión Serial

'CONFIGURACIÓN SOFTWARE UART

Open "comd.6:9600,8,n,1,inverted" For Input As #2

'pin 6 tx pc ->micro

El canal virtual **#2** es creado para la transmisión serial de los datos de hora y fecha en caso de ser necesaria la actualización de los mismos, es necesario indicar si el canal actúa como entrada o salida, en este caso es configurado como entrada pues por medio de éste el microcontrolador recibirá los datos. Los parámetros que se configuran son el puerto de recepción, la velocidad, si existe paridad o no paridad y el número de bits de parada.

4.13.7 Programa Principal

El programa principal se encarga de organizar el llamado a las subrutinas principales, y del uso de banderas que ayuda al proceso de inicialización de la tarjeta y de la apertura de archivos. Si ya han sido creados los archivos y la tarjeta ha sido retirada y los archivos no han sido borrados por el administrador, entonces cuando sea ingresada nuevamente ya no será necesario generarlos nuevamente, acción comprobada mediante las banderas del programa principal. De la misma manera únicamente si la tarjeta no ha sido inicializada, se procede con la subrutina de inicialización en caso contrario ya no es necesaria.

La función **Inkey** detecta si hay algún dato en el buffer de recepción, en caso de existir datos se llama a la subrutina de **lectura**, que se encarga de comprobar si los datos en el buffer corresponden al código enviado por el transmisor colocado en determinado punto de control.

```

Cls
Cursor Off
Do
  If Sw_actual = 0 Then
    Gosub Actualizar
  End If
  If Mmc_in = 1 Then

```



```
Gosub Ingreso
Flag_ini = 0
End If
If Flag_ini = 0 Then
  Gosub Ini_mmc
  Flag_abrir = 0
End If
If Flag_abrir = 0 Then
  Gosub Abrir_archi
End If
Gosub Hyf
A = Inkey()
If A <> 0 Then
  Gosub Lectura
End If
Loop
```

4.13.8 Manejo de la MMC/SD

- **Subrutina de Inicialización MMC/SD**

Las librerías que se incluyen, han sido diseñadas para la configuración del modo de operación de la tarjeta, que como se indicó anteriormente es el SPI, así como los pines de habilitación de la tarjeta y de sincronización de envío de datos. Se maneja también la inicialización del sistema de archivos y la partición de espacios para guardar la información. Cabe destacar que estas librerías incluyen funciones que son llamadas desde otras subrutinas que el programa de recepción maneja. En este punto es importante citar que las librerías que manejan a la MMC/SD han sido desarrolladas por Vögel Franz Josef (18)

```
Ini_mmc:
#include "Config_MMC_M32.bas"
#include "Config_AVR-DOS_M32.BAS"
```

- **Subrutina de Detección MMC/SD**

Esta subrutina de **Inicio** como su nombre lo indica maneja funciones de inicialización de la tarjeta, y de la detección de errores mientras dura este proceso. Si se llega a presentar algún error general en la configuración, se podrá visualizar en pantalla el número de error ocurrido, de no ser así se comprobará

que la inicialización del sistema de archivos sea correcta, si ocurre lo contrario en el LCD se podrá observar el mensaje “ERROR DE INICIO DE MEMORIA” seguido del número de error ocurrido.

```

Inicio:
Ff = Drivereset()
Ff = Driveinit()
If Gbdriveerror <> 0 Then
  Cls
  Locate 2 , 1 : Lcd "Error Config: " ; Gbdriveerror
  Goto Inicio
Else
  B = Initfilesystem(1)                                'inicializa el sistema de archivos
  If B <> 0 Then
    Cls
    Locate 2 , 1
    Lcd "ERROR DE INICIO DE MEMORIA: "
  End If
  Cls
  Flag_ini = 1
End If
Return

```

La subrutina de **Ingreso** se encarga de detectar que la memoria se encuentra colocada en la ranura, mediante el uso de una interrupción externa del microcontrolador. Mientras la tarjeta no esté colocada el sistema no entrará en funcionamiento, y en la pantalla se podrá visualizar el mensaje “ESPERANDO MEMORIA”, con esta subrutina se asegura que al detectarse el código de un punto de control, la hora y la fecha de detección se almacenarán de manera correcta en la tarjeta de memoria.

```

Ingreso:
  Cls
  Locate 4 , 1
  Lcd "ESPERANDO MEMORIA..."
  Do
    Gosub Hyf
  Loop Until Mmc_in = 0                                'Mmc_in es la etiqueta del pin que detecta la
  interrupción externa
  Gosub Hyf
  Locate 4 , 1
  Lcd "MEMORIA INGRESADA..."
  Wait 2
  Cls
Return

```

• Subrutina de Apertura de Archivos MMC/SD

En esta subrutina denominada ***Abrir_archi*** se generan los archivos donde se almacenarán la fecha y la hora de timbre de los diferentes puntos de control. La apertura del archivo se realiza mediante la función **Open** seguida del nombre del archivo y del formato en que se desea crear el mismo. La función **Append** permite la escritura de diferentes datos dentro de un mismo archivo sin sobrescribirlos, los almacena uno tras otro, y los datos se envían mediante el canal virtual denominado *arch* seguido por el número de archivo a crear. Por ejemplo *arch1*

En la subrutina se puede observar la creación de cuatro archivos, pertenecientes a cuatro puntos de control diferentes, donde se almacenará el tiempo de timbre de la unidad que se encuentre en el punto de control.

```

Abrir_archi:
  Arch1 = Freefile()                                'da un numero de archivo libre
  Open "RELOJ1.xls" For Append As #arch1           'crea el archivo en la MMC
  Print #arch1 , "Registros guardados el: " ; F
  Flush #arch1
  Close #arch1
  Arch2 = Freefile()                                'da un numero de archivo libre
  Open "RELOJ2.xls" For Append As #arch2
  Print #arch2 , "Registros guardados el: " ; F    'Escribe en el archivo el espacio del disco,
  usando el canal ff
  Flush #arch2
  Close #arch2
  Arch3 = Freefile()                                'da un numero de archivo libre
  Open "RELOJ3.xls" For Append As #arch3           'crea el archivo en la MMC
  Print #arch3 , "Registros guardados el: " ; F
  Flush #arch3
  Close #arch3
  Arch4 = Freefile()                                'da un numero de archivo libre
  Open "RELOJ4.xls" For Append As #arch4           'crea el archivo en la MMC
  Print #arch4 , "Registros guardados el: " ; F
  Flush #arch4
  Close #arch4
  Flag_abrir = 1
Return

```

• Subrutina de Almacenamiento MMC/SD

Denominada **Guardar_mmc** y llamada desde la subrutina Htimbre, una vez que los datos se muestran en pantalla **Guardar_mmc** se encarga de seleccionar el archivo que guardará los datos según el código del reloj del punto de control en un momento determinado.

```
Guardar_mmc:
Select Case Z
Case 1:
  Open "RELOJ1.xls" For Append As #arch1
  Print #arch1 , H
  Flush #arch1
  Close #arch1
Case 2:
  Open "RELOJ2.xls" For Append As #arch2
  Print #arch2 , H
  Flush #arch2
  Close #arch2
Case 3:
  Open "RELOJ3.xls" For Append As #arch3
  Print #arch3 , H
  Flush #arch3
  Close #arch3
Case 4:
  Open "RELOJ4.xls" For Append As #arch4
  Print #arch4 , H
  Flush #arch4
  Close #arch4
End Select
Return
```

4.13.9 Lectura de Etiqueta en el Receptor

El módulo receptor capta los datos enviados por el receptor el momento en que la unidad de bus entra en el rango de alcance de los módulos de radiofrecuencia, los envía de forma serial al pin de recepción serial del microcontrolador. En esta subrutina de **Lectura** mediante la función **Input** se recibe los datos que se encuentran en el buffer, y luego se realiza un algoritmo de detección de los mismos. En caso de que los datos captados por el receptor correspondan a los enviados por el transmisor en cada punto de control, se procederá a llamar a la subrutina que se encarga de la visualización de la hora de timbre.

```
Lectura:
Input Recep
For X = 1 To 12
  If Mid(recep , X , 3) = "PMT" Then
    Y = X + 3
    Codigo = Mid(recep , Y , 1)
    Z = Val(codigo)
    If Z > 0 And Z < 5 Then
      Gosub Htimbre
    End If
  End If
Next X
Return
```

4.13.10 Visualización de Datos

Esta subrutina denominada **Htimbre** es llamada desde la subrutina de lectura, se encarga de mostrar en pantalla el número de reloj correspondiente al punto de control y la hora en la que el bus pasó por el mismo. Además llama a la subrutina de almacenamiento de datos en la MMC.

```
Htimbre:
Locate 4 , 1
Lcd "Reloj" ; Z ; " : " ; Time$
H = Time$
Gosub Guardar_mmc
Return
```

4.13.11 Actualización de Temporizador

La subrutina **Actualizar** es llamada por el programa principal del receptor, en caso de que en pantalla los datos de hora o fecha se muestren desactualizados, el administrador tendrá la posibilidad de acceder al programa desarrollado en Visual Basic, que le permitirá obtener estos datos desde su PC. **Actualizar** también hace uso de la función Input para que el microcontrolador reciba los datos serialmente desde la PC del administrador, los mismos que serán almacenados en las variables de hora y fecha correspondientemente y con los cuales el sistema volverá a entrar en funcionamiento.

```
Actualizar:
Waitms 500
```

```

Cls
Locate 1 , 6
Lcd "Actualizar"
Input #2 , Actual
Hactual = Mid(actual , 1 , 8)
Time$ = Hactual
Factual = Mid(actual , 9 , 16)
Date$ = Factual
Locate 2 , 1
Lcd "Hora: " ; Hactual
Locate 3 , 1
Lcd "Fecha: " ; Factual
Wait 2
Return
    
```

4.14 PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN EN VISUAL BASIC

4.14.1 Diagrama de Flujo

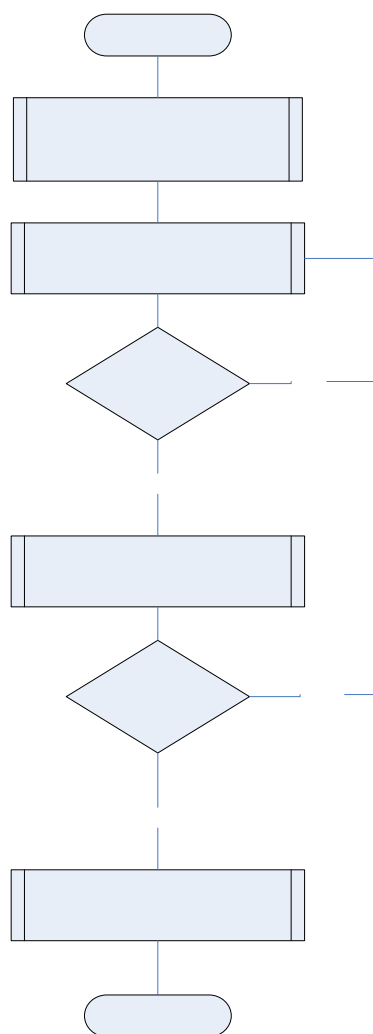


Figura. 4.26. Diagrama de Flujo Software de Actualización

INICIO

CONFIGURACIÓN DE
PARÁMETROS DE T

APERTURA DE PUE

4.14.2 Diseño del Software

El programa que permite actualizar la hora y la fecha en caso de que el reloj se desigale ha sido desarrollado con Visual Basic por ser una herramienta conocida y que posee funciones que facilitan la transmisión serial entre dispositivos. Cuenta con dos formularios, el primero permite el ingreso del usuario y contraseña del administrador para poder acceder al segundo que permitirá enviar los datos actualizados de hora y fecha con transmisión serial de la PC al dispositivo de recepción.

• Programa para el Formulario de Ingreso

Al presionar el botón aceptar en el primer formulario serán validados los datos de usuario y contraseña ingresados si son correctos permitirá el acceso al formulario de actualización, en caso contrario el administrador tendrá dos oportunidades más para ingresar los datos, si falla en la tercera vez el programa se cerrará y tendrá que volver a ejecutarlo.

```

'Dimensionamiento de variables a usar
Dim i As Integer
Private Sub cmd_ok_Click() 'Subrutina que ejecuta las instrucciones al presionar el botón
'aceptar.
If UCase(txt_usuario(0).Text) = "USER SIRT" And UCase(txt_pwd(1).Text) = "PMT" Then
    FrmActualizacion.Show
    Unload Me
Else
    If i < 2 Then
        MsgBox "Usuario o Password no valido, reintente", vbCritical, "ERROR"
        txt_usuario(0).Text = ""
        txt_pwd(1).Text = ""
        txt_usuario(0).SetFocus
        i = i + 1
    Else
        End
    End If
End If
End Sub

Private Sub txt_pwd_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 13 Then
    cmd_ok.SetFocus
End If
End Sub

```

```
Private Sub txt_usuario_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 13 Then
    txt_pwd(1).SetFocus
End If
End Sub
```

• Programa para el Formulario de Actualización

Cuando se ha permitido el acceso al formulario de actualización, éste se carga permitiendo la apertura de el puerto serial del computador, además permite establecer los parámetros de comunicación como la velocidad de transmisión, si existe o no paridad, el número de bits de transmisión y el número de bits de parada.

En este formulario al presionar el botón Actualizar son tomados los datos de hora y fecha del computador se muestran en los casilleros de hora y fecha del programa y se transmiten con ayuda del cable serial-usb hacia el receptor.

Además en el mismo formulario se muestran los datos de hora y fecha actual a manera de calendario, se muestra el transcurso del tiempo con la ayuda del timer (componente de visual basic) que se encarga del conteo de horas, minutos y segundos. Cuando se cierra el formulario el puerto serial usado se vuelve a cerrar.

'Dimensionamiento de variables a usar

```
Dim fecha As String
Dim hora As String
Dim hoy As Variant
Dim enviar As String
```

```
Private Sub Form_Load()      'Subrutina que ejecuta las instrucciones de carga del formulario
MSComm1.CommPort = 6      'Apertura de Puerto comm 6
MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"      'Seteo de parámetros de transmisión serial
MSComm1.PortOpen = True      'Apertura de puerto
End Sub
```

```
Private Sub CmdActualizar_Click() 'Subrutina que ejecuta las instrucciones del botón actualizar
hora = Time
fecha = Format(Date, "dd/mm/yy")
LbIHora.Caption = Format(hoy, "hh:mm:ss")
LbIFecha.Caption = Format(hoy, "dd/mm/yyyy")
```



```
enviar = hora & fecha & Chr(13)
MSComm1.Output = enviar
MsgBox "Actualización Exitosa!!!", vbOKOnly, "SIRT"
End Sub
```

'Envío de datos de forma serial

```
Private Sub Form_QueryUnload(Cancel As Integer, UnloadMode As Integer) 'Subrutina que ejecuta las instrucciones al cerrar el formulario
```

```
MSComm1.PortOpen = False
End Sub
```

'Puerto serial cerrado

```
Private Sub Timer1_Timer() 'Subrutina que ejecuta las instrucciones del timer para mostrar el transcurso del tiempo.
```

```
hoy = Now
lblhoranow.Caption = Format(hoy, "hh:mm:ss")
lblmes.Caption = Format(hoy, "mmmm")
lbldiames.Caption = Format(hoy, "dd")
lblyear.Caption = Format(hoy, "yyyy")
End Sub
```

```
Declare Sub Sleep Lib "kernel32" (ByVal dwMilliseconds As Long) 'Módulo agregado para facilitar agregar momentos de espera con la función wait.
```

• Interfaz de Actualización

La pantalla de ingreso permite al administrador ser la única persona autorizada a realizar cambios de hora y fecha pues pide el ingreso de un usuario y una contraseña, datos de los que únicamente dispondrá él o ella, Figura. 4.27.

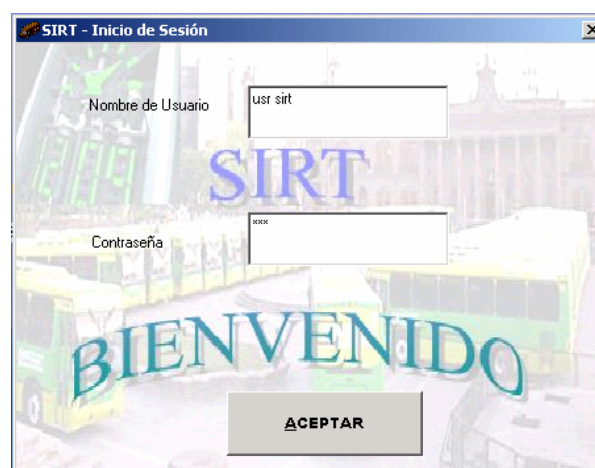


Figura. 4.27. Pantalla de Ingreso

Función del botón Aceptar: Al ser presionado este botón valida los datos de usuario y contraseña ingresados si son correctos se mostrará el formulario de actualización, si no lo son pedirá el reingreso de los mismos dos veces más.

La Pantalla de Presentación brinda la posibilidad de visualizar la hora y la fecha de la PC del administrador así como el botón que permite la función de actualización de datos, Figura 4.28.



Figura. 4.28. Pantalla de Actualización



Figura. 4.29. Pantalla Actualizada

Función del Botón Actualizar: este botón al ser presionado permite enviar los datos por medio del puerto de comunicación serial configurado en el programa, además permitirá la visualización de estos datos en los casilleros de hora y fecha

que se muestran en la pantalla de actualización, como se muestra en la siguiente Figura 4.29

4.15 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RFID DESARROLLADO

En base al Hardware escogido y al Software programado en los microcontroladores, se pueden definir las que el Sistema cumple con las siguientes características de un sistema RFID.

4.15.1 Tipo de Sistema RFID

El sistema propuesto está dentro de la clasificación de RFID, activa, ya que la Etiqueta requiere de una fuente de alimentación externa para su funcionamiento. Es un sistema que propaga la información usando radiofrecuencia de forma *Simplex*, ya que solamente la Etiqueta transmite información, y también posee una memoria de electrónica física que almacena la etiqueta.

4.15.2 Banda de Frecuencia y Modulación Digital

En base a las propiedades de los módulos de radiofrecuencia elegidos, el sistema RFID, desarrollado trabaja en la banda de 433,92 MHz, y ocupa una modulación ASK.

4.15.3 Control de Errores y Encriptación de Datos

En base al software desarrollado para el sistema, no se implementó control de errores, ya que nunca se solicita reenvío de información o se realiza un chequeo de redundancia, la única forma de asegurarse de que el lector recibió una etiqueta válida es la comparación con una trama de validación interna.

Tampoco se realiza encriptación de datos, ya que la información viaja simplemente modulada y no es necesaria la encriptación de las etiquetas enviadas, porque la información que poseen no es de gran valor.

4.15.4 Multiacceso y Anticolisión

Para evitar colisiones se han tomado dos métodos de acceso múltiple. Que son por tiempo (TDMA) y por espacio (SDMA).

La TDMA es aplicada por el transmisor cuando envía etiquetas cada segundo, de forma que no exista colisión entre las señales que contienen esta información.

La SDMA es aplicada en los transmisores, ya que estos se ubican a distancias mayores que el rango de cobertura de uno de estos.

CAPITULO V

ANÁLISIS E INSTALACIÓN DEL PROTOTIPO

5.1 GENERALIDADES

El prototipo consta de dos circuitos que han sido desarrollados de tal manera que sean modulares y permitan una fácil instalación, tanto en el bus, como en el punto de reloj para sus respectivas pruebas.

En este capítulo se analizará el comportamiento práctico del prototipo en conjunto, en un ambiente real de funcionamiento, así como los costos directos generados para el diseño e implementación del prototipo. También se detallará un manual de usuario para la correcta instalación e uso del prototipo.

5.2 DATOS TÉCNICOS DEL PROTOTIPO

5.2.1 Voltaje de Alimentación del Transmisor

Voltaje: 9,0 – 12,0 Vdc.

5.2.2 Voltaje de Alimentación del Receptor

Voltaje: 9,0 – 18,0 Vdc

5.2.3 Consumo de Corriente del Transmisor

Durante transmisión: 51,0 mA

Durante reposo: 35,0 mA

5.2.4 Consumo de Corriente del Receptor

Durante recepción: 95,5 mA

Durante reposo: 72 mA

5.3 INSTALACIÓN DEL PROTOTIPO EN PUNTOS DE PRUEBA

5.3.1 Instalación del Transmisor

El transmisor se lo instaló en dos puntos de prueba diferentes:

Escuela Politécnica del Ejército, laboratorios de Electrónica. Se instaló en el laboratorio de Sistemas digitales, y sirvió como primera etapa de pruebas de funcionamiento del dispositivo. Ver Figura 5.1



Figura. 5.1. Laboratorios de Electrónica

Autopista General Rumiñahui, Sector Antiguo Peaje. Se instaló en este punto debido a que en este lugar se encuentran ubicados gran cantidad de los relojes de control de los buses del valle de los Chillos. Además que se pueden realizar pruebas en diversas condiciones de funcionamiento. Ver Figura 5.2



Figura. 5.2 Autopista General Rumiñahui

5.3.2 Instalación del Receptor

El receptor se instaló en dos vehículos de prueba:

Una camioneta Mazda doble cabina, la que sirvió para realizar pruebas que permitan observar cambios en la distancia de recepción a distintas velocidades. Ver Figura 5.3

Un bus de la Cooperativa de buses Intercantoniales “San Pedro de Amaguaña”, para observar la operación del sistema en su ambiente de desenvolvimiento propio. Ver Figura 5.4



Figura. 5.3. Camioneta Mazda



Figura. 5.4. Bus Amaguaña

5.3.3 Alimentación del Transmisor

Para la alimentación del transmisor, se ha visto necesario utilizar un adaptador AC/DC de 120 Vac a 12 Vdc, con una fuente de respaldo, que posee

una batería auxiliar de 12 voltios, y conmuta el momento en que exista una falla eléctrica. El transmisor debe ser conectado a la fuente de 120 Vac, y este comenzará su funcionamiento.

5.3.4 Alimentación del Receptor

Para la alimentación del receptor es necesario, tomar bus un punto de 12 Vdc, preferiblemente que esté protegido por un fusible. En este se conecta el dispositivo para su funcionamiento normal.

5.4 FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

El prototipo posee dos etapas: un transmisor que hace las veces de etiqueta, y un receptor que hace las veces de lector.

5.4.1 Funcionamiento del Transmisor

El transmisor una vez que ha sido conectado, comienza a transmitir cada segundo y de forma automática, la etiqueta que ha sido designada en el programa, para identificar al lugar donde está ubicado. El transmisor tiene un rango de cobertura que depende del voltaje que se le aplique a este, como se puede observar en el apartado 5.5 PRUEBAS DE COBERTURA DEL SISTEMA

5.4.2 Funcionamiento del Receptor

El receptor una vez que es conectado a la fuente del bus, cada vez que ingrese al área de cobertura del transmisor, recibe la etiqueta, la procesa y la almacena junto con la hora y fecha en la MMC/SD.

5.4.3 Visualización en el LCD

El usuario del sistema puede visualizar en el LCD los mensajes mostrados en la Figura 5.5 de la siguiente información:

- Línea 1: Identificación de la unidad.
- Línea 2: Hora actual.
- Línea 3: Fecha actual.
- Línea 4: Hora e identificación de la última etiqueta registrada o espera de ingreso de memoria.

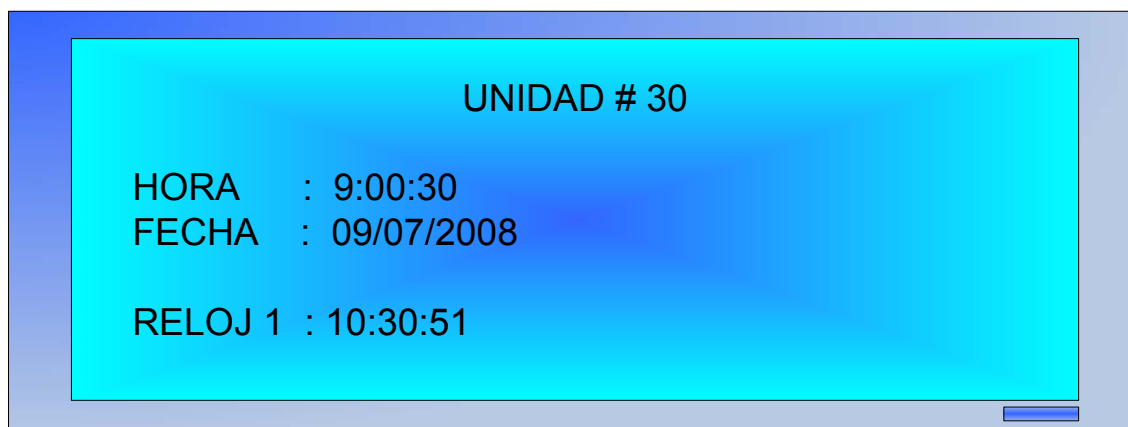


Figura. 5.5. Visualización en el LCD

5.4.4 Almacenamiento en MMC/SD y Transferencia de Datos a la PC

El almacenamiento del sistema se lo realiza en una tarjeta MMC/SD, lo único que debe realizar el usuario es insertar la tarjeta en la ranura, como se muestra en la Figura 5.6.

La MMC/SD, almacena los datos de forma que sean compatibles con Windows, ya que posee una tabla de archivos en formato FAT 16, compatible con DOS. Para un mejor manejo de los datos almacenados, la tarjeta los guarda en un archivo de documento de Excel con extensión .xls. Para poder transferir estos datos a la PC, se debe retirar la tarjeta MMC/SD del receptor, y colocarlo en la

ranura MMC/SD de la PC, y si esta no dispone de una ranura, se puede utilizar un adaptador de MMC/SD a USB, como se muestra en la Figura 5.7.

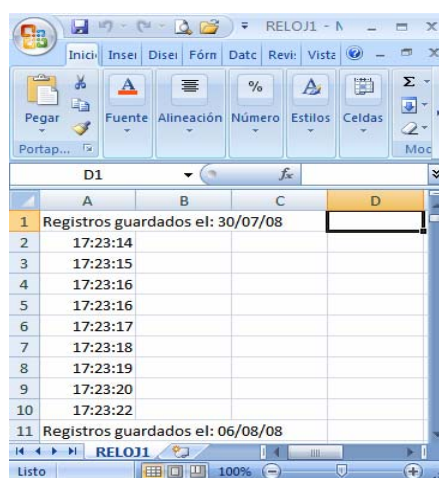


Figura. 5. 6 Insertar Tarjeta MMC/SD



Figura. 5.7. Adaptador MMC/SD a USB

Una vez insertada la tarjeta en la PC, el usuario debe copiar el archivo a la PC, para abrirlo. Los datos de hora y fecha almacenados se presentan al usuario como lo muestra la Figura 5.8, para que el administrador del sistema haga el uso necesario de los datos recolectados.



	A	B	C	D
1	Registros guardados el: 30/07/08			
2	17:23:14			
3	17:23:15			
4	17:23:16			
5	17:23:16			
6	17:23:17			
7	17:23:18			
8	17:23:19			
9	17:23:20			
10	17:23:22			
11	Registros guardados el: 06/08/08			

Figura. 5.8. Registros mostrados en Excel

5.4.5 Actualización de Hora y Fecha

La actualización de hora y fecha sirve para que el administrador del sistema pueda igualar al reloj del receptor sin necesidad de reprogramar el microcontrolador. Para esto se diseñó una aplicación Visual Basic, que se comunican a través de una interfaz RS-232. Para poder actualizar el sistema se deben seguir los siguientes pasos:

En la placa del receptor existe un pulsador, que permite colocar al receptor en funcionamiento normal, o en actualización como se muestra en la Figura 5.9.



Figura. 5.9. Modo de Actualización

Conectar a la PC con el receptor usando el cable mostrado en la Figura 5.10.



Figura. 5.10. Cable Serial-USB

Abrir la aplicación Actualización SIRT, mostrado en la Figura 4.27 y 4.28, autenticarse y presionar el botón actualizar.

5.5 PRUEBAS DE COBERTURA DEL SISTEMA

Para analizar la cobertura del sistema se va tomar en cuenta los resultados obtenidos en tres pruebas bajo los siguientes parámetros:

- **Condiciones Ambientales**

Condiciones de temperatura normales 5°C a 27°C.

Altura 2800m sobre el nivel del mar.

- **Protocolo de Pruebas**

Ubicación de los dispositivos en diferentes medios de transporte y distintas ubicaciones para determinar el comportamiento de los mismos en la transmisión de la información.

Alimentación en el rango de 5 a 12V para obtener el voltaje que proporcione el alcance óptimo para la transmisión de la señal.

Obtenido el valor de voltaje se procederá a realizar pruebas a diferentes velocidades con el fin de determinar cual es la probabilidad de pérdida de información y cual es el rango de velocidades en el cual se garantiza el desempeño óptimo del sistema.

Prueba 1. Receptor instalado en la camioneta Mazda y Transmisor instalado en los laboratorios de electrónica.

Prueba 2. Receptor instalado en la camioneta Mazda y Transmisor instalado en la autopista General Rumiñahui, sector antiguo peaje.

Prueba 3. Receptor instalado un bus de la Cooperativa de transportes “San Pedro de Amaguaña” y Transmisor instalado en la autopista General Rumiñahui, sector antiguo peaje.

5.5.1 Resultados Prueba 1

Esta prueba sirvió para analizar el alcance de los módulos de radiofrecuencia, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla. 5.1. Resultados Prueba 1

Condición	Alcance	Observación
Alimentación del transmisor 5 Vdc	15m +5m	Muy susceptible obstáculos, poca pérdida de etiquetas y corto alcance. Ver Figura 5.11
Alimentación del transmisor 9 Vdc	80m +20m	Señal robusta, pérdida de paquetes nula, mediano alcance. Ver Figura 5.12
Alimentación del transmisor 12 Vdc	180m +300m	Señal robusta, pérdida de etiquetas nula, alto alcance. Ver Figura 5.13

A partir de esta prueba se definió que la alimentación para el transmisor, sería regulada a 9 Vdc, por poseer un alcance adecuado para la aplicación, y una pérdida nula de etiquetas en el receptor.

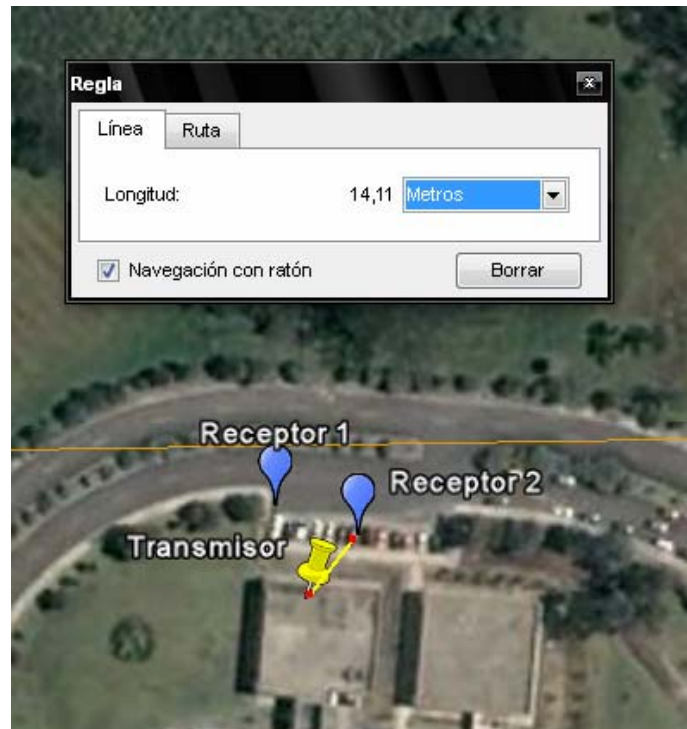


Figura. 5.11. Alcance a 5 Vdc

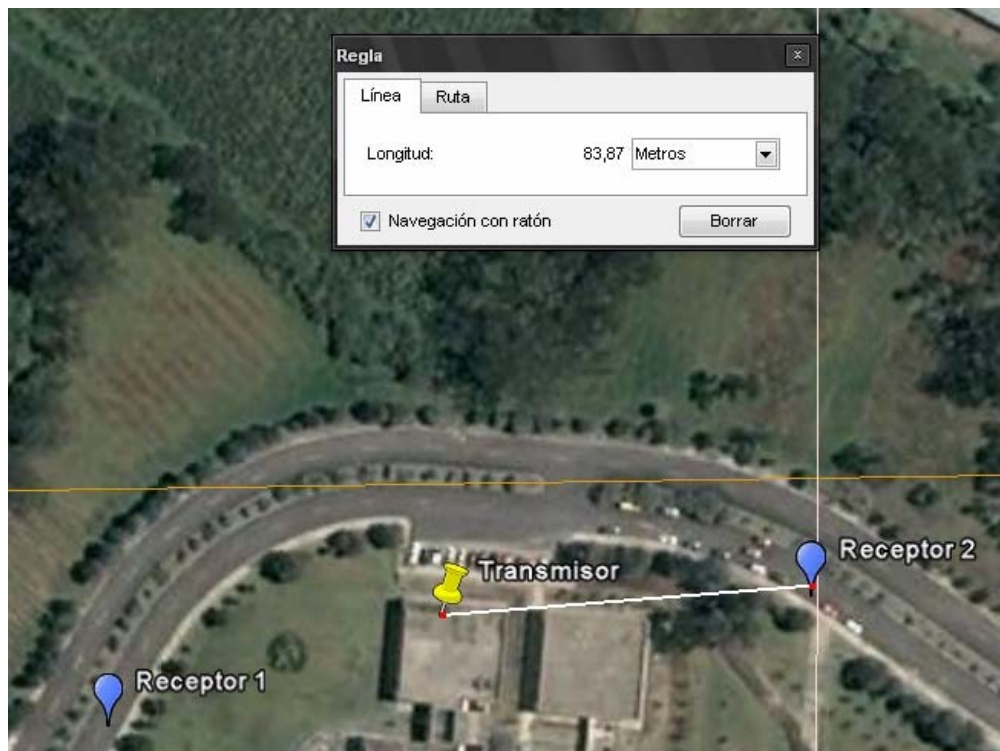


Figura. 5.12 Alcance a 9 Vdc

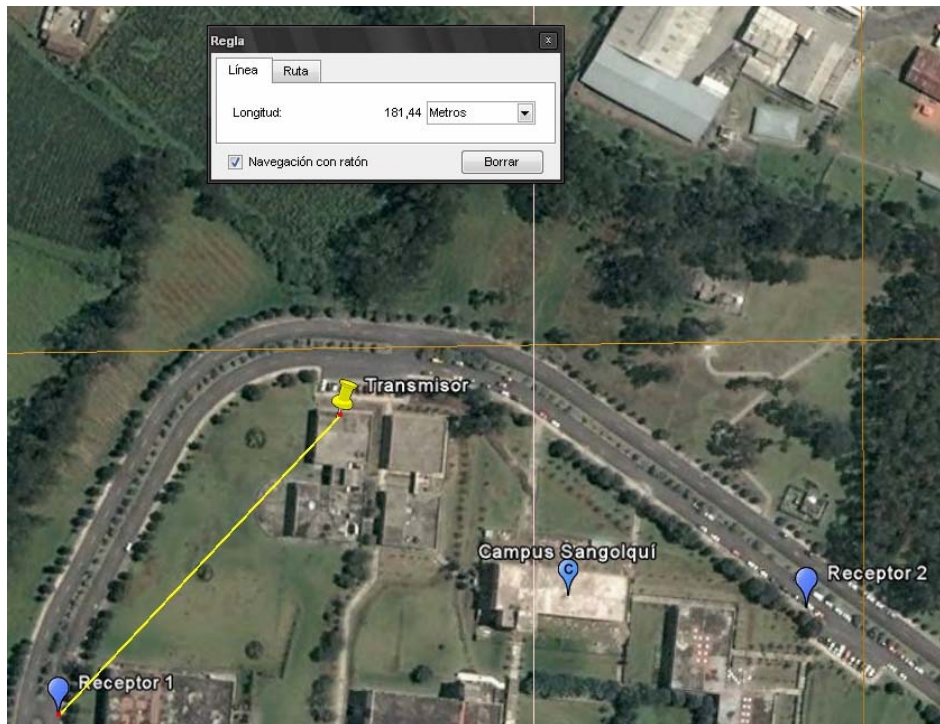


Figura. 5. 13 Alcance a 12 Vdc

5.5.2 Resultados Prueba 2

En esta prueba se analizó el comportamiento del sistema a diferentes velocidades, en un ambiente típico al cual se orienta el diseño del sistema. La alimentación del transmisor en estas pruebas es de 9 Vdc, y se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 5.2.

Tabla. 5.2. Resultados Prueba 2

Velocidad (km/h)	Alcance 1 (m)	Alcance 2 (m)
5	91,31	86,43
10	89,24	93,98
20	83,56	95,65
40	84,22	89,74
60	82,56	80,60
80	80,07	81,87
100	82,12	82,67
120	81,89	83,34

De la tabla anterior se puede deducir que el sistema posee un radio de alcance de $100\text{m} \pm 15\text{ m}$, y el primer paquete será receptado a esta distancia, siendo la hora de este registro la información que permitirá controlar el respeto a

los tiempos de recorrido preestablecidos para la ruta. La Figura 5.14 y la Figura 5.15 permiten observar el radio de alcance del transmisor, ubicado en la autopista General Rumiñahui.

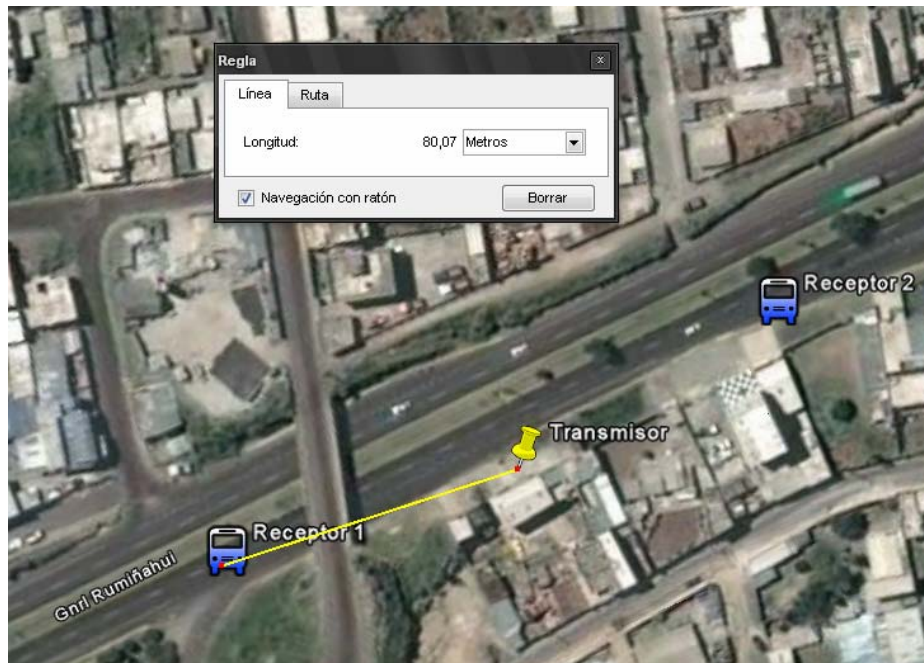


Figura. 5.14. Autopista General Rumiñahui Extremo Inicial



Figura. 5.15 Autopista General Rumiñahui Extremo Final

5.5.3 Resultados Prueba 3

La prueba tres permitió comprobar que al conectar el sistema un bus, su desempeño es el mismo respecto al radio de alcance y a las velocidades. Estas pruebas fueron realizadas durante un día de trabajo normal del bus, pudiéndose obtener los resultados mostrados en la Tabla 5.3.

Tabla. 5.3. Resultados Prueba 3

Vuelta	Velocidad (km/h)	Alcance (m)
1	70	83
	60	84
2	85	82
	40	86
3	75	82
	40	87

5.6 MANUAL DE USUARIO

En el manual de usuario se encuentra descrito todos los requisitos de instalación de la parte física, así como una explicación del funcionamiento y uso adecuado del sistema. Anexo 7

5.7 ANÁLISIS DE COSTOS

Los costos directos, hacen referencia al valor para implementar un prototipo, sin contar las implicaciones en costos que trae el diseño y la instalación del sistema. A continuación se muestra en la Tabla 5.4 el detalle de costo del Transmisor y en la Tabla 5.5 el Receptor.

El costo total del sistema para un par Transmisor – Receptor es de 157.37 dólares.

Tabla. 5.4. Costo del Transmisor

COSTO DIRECTO TRANSMISOR			
Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
4	Resistencias	0,02	0,08
13	Capacitores	0,1	1,3
1	ATMEGA8	5	5
1	7809	0,5	0,5
1	7805	0,5	0,5
3	Diodos	0,05	0,15
2	Led	0,08	0,16
1	Baterías	11	11
1	Switch	0,35	0,35
1	Transmisor RF-TX434	9	9
1	Cristal 8MHz	0,6	0,6
1	Caja	1,75	1,75
1	Antena	2	2
1	Bornera	0,35	0,35
2	Pulsadores	0,2	0,4
1	Placa	3,6	3,6
1	Zócalo 28p	0,2	0,2
1	Jack	0,35	0,35
1	Adaptador	5	5
1	Bus	0,16	0,16
1	Placa respaldo	2,8	2,8
		Costo Total	45,25

5.8 POSIBLES MEJORAS AL PROTOTIPO

Utilizar módulos de radiofrecuencia, tipo transponder para poder realizar una comunicación full dúplex entre la etiqueta y el lector.

Colocar un circuito detector de nivel de potencia de señales, para en base a dicha potencia elegir la etiqueta óptima que permita almacenar la hora y fecha del registro.

Diseñar los circuitos del sistema con tecnología de montaje superficial para reducir tamaños, permitiendo una fácil instalación y ubicación en el lugar requerido.

Diseñar una base de datos para que al momento de descargar los registros almacenados en MMC/SD, puedan ser gestionados de manera más óptima por el usuario.

Adquirir la Licencia y las Librerías de BASCOM AVR, para poder acceder a recursos que permitan desarrollar una aplicación más óptima.

Tabla. 5.5. Costo del Receptor

COSTO DIRECTO RECEPTOR			
Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
12	Resistencias	0,02	0,24
13	Capacitores	0,1	1,3
1	ATMEGA32	9,75	9,75
1	7805	0,5	0,5
1	7803-LM1117	0,9	0,9
1	DS1307	3,5	3,5
1	Led azul	0,28	0,28
1	Batería 3V	0,75	0,75
1	Pulsador	0,15	0,15
1	Switch	0,35	0,35
1	CONN-SIL6	0,5	0,5
1	Cristal 8 MHz	0,6	0,6
1	Cristal 32 kHz	0,6	0,6
1	Potenciometro	0,8	0,8
1	CON DB9	2	2
1	Zócalo MMC	6,25	6,25
1	Receptor RF-RX434	9	9
1	LCD LM020L	25	25
1	Zócalo 8P	0,1	0,1
1	Zócalo 40P	0,25	0,25
1	Zócalo PILA	1	1
1	Bornera 2P	0,35	0,35
1	Tarjeta MMC	12	12
1	Jack	0,35	0,35
1	Switch	0,15	0,15
1	Antena	2	2
1	Caja	3,7	3,7
1	Conector fuente	3	3
1	Placa	12,75	12,75
2	Bus	0,5	1
1	Cable Serial	13	13
		Costo Total	112,12

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Se ha diseñado e implementado un prototipo que con ayuda de la tecnología existente permite el reemplazo eficaz de los relojes de control manejados por la transportación pública, solucionando los problemas que el actual sistema ha generado.

Para la construcción del prototipo se empleó identificadores de radiofrecuencia activos, pues en el diseño es el transmisor quien inicia la comunicación, además se necesita de un alcance considerable para la transmisión y recepción de datos, características disponibles con RFID activa.

Los microcontroladores ATMEL presentan las características óptimas que se adaptan de forma eficaz a las necesidades de diseño del prototipo.

Bascom AVR es una herramienta de desarrollo que cuenta con funciones e instrucciones que facilitan la programación de los microcontroladores y optimizan el tiempo empleado para la misma.

El diseño del sistema se basó en lograr la comunicación inalámbrica entre el transmisor y el receptor y en el almacenamiento de datos en una tarjeta MMC/SD, para lo cual fue necesario conocer las funciones de programación que permiten configurar los parámetros de los protocolos de comunicación serial RS-232, I2C, y SPI.

El programa de desarrollado en Visual Basic, se diseñó como respaldo al circuito de reloj en caso de que existan fallas.

Estudios realizados comprueban que 433 MHz es la frecuencia óptima de operación de los sistemas RFID activos, brinda mayor alcance en ambientes abarrotados.

Después de varias pruebas realizadas se determinó que un desempeño óptimo del transmisor, se da con 9 Vdc de alimentación y una antena monopolo de 50 ohms y $\lambda/4$ que aproximadamente son 17cm de longitud.

El radio de cobertura del sistema es de 80m +20m de radio, tomando como centro la ubicación del punto de control.

El primer dato que registre el receptor será tomado como la hora de timbre y siempre se encuentra en un rango de 10m a partir de que el bus ingresa en la zona que se considera de detección de etiqueta.

Todos los datos tomados durante el tiempo que el receptor se encuentra en el área de cobertura son registrados en la tarjeta MMC/SD, ya que el tiempo de acceso a la tarjeta y escritura de datos es muy pequeño alrededor de los 0,5ms.

6.2 RECOMENDACIONES

La implementación comercial de un dispositivo que cuente con las características del prototipo diseñado para este proyecto, tomando en cuenta las mejoras que se proponen, resultaría ser muy beneficiosa para el control de tiempos de recorrido en las cooperativas de buses, pues con ayuda de la tecnología se puede evitar la actividad incomoda en la que una persona debe bajar del bus, arriesgando en muchas ocasiones su seguridad por tratar de llegar al punto de control a tiempo.

Resultaría muy interesante la difusión del conocimiento de microcontroladores ATMEL en el Departamento de Eléctrica y Electrónica, pues cuentan con herramientas de desarrollo que facilitan la programación y optimizan el tiempo que puede ser usado para el desarrollo de mayor cantidad de aplicaciones.

El funcionamiento óptimo del prototipo se garantiza a velocidades menores a 120km/h, por lo tanto se recomienda que los conductores respeten las velocidades establecidas para su circulación dentro de la ciudad.

Las pruebas realizadas mostraron que los dispositivos se comunican sin temor a pérdidas de información con el transmisor conectado en un lugar despejado y levantado del piso unos 2m, el receptor fue ubicado en el panel del bus y del automóvil, por lo tanto para obtener un desempeño óptimo se recomienda colocar a los dispositivos de forma parecida a la descrita.

El archivo de Excel donde se almacenan los tiempos de control de las unidades de bus ofrece varias funcionalidades al administrador, quien a más de verificar el cumplimiento de tiempos, podrá usar los datos para determinar cuáles son los sitios de mayor congestión por el tiempo en el que el bus demora en retirarse de las inmediaciones del punto de control donde se encuentra ubicado el transmisor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. *"Localización Automática de Vehículos "*. **Padilla, Jhon**. Bucaramanga : s.n., 2005.
- [2]. **José, Angulo**. *Microcontroladores PIC. Diseño Práctico de Aplicaciones*. s.l. : McGraw-Hill, 2006.
- [3]. **José, Angulo**. *Microcontroladores PIC.La Clave del Diseño*. s.l. : McGraw-Hill, 2003.
- [4]. Wikipedia. [En línea] 13 de 09 de 2007. [Citado el: 1 de 05 de 2008.] es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador.
- [5]. *Tecnología RFID . Magazine, RFiD*. 2005.
- [6]. **José, Ciudad**. *Estudio, Diseño, y Simulación de un Sistema RFID basado en EPC*. 2005.
- [7]. *Estudio, Diseño y Simulación de un Sistema RFID basado en EPC*. **José, Ciudad**. 2005.
- [8]. Wikipedia. [En línea] 14 de 10 de 2007. [Citado el: 01 de 05 de 2008.] es.wikipedia.org/wiki/Criptograf%C3%ADa.
- [9]. Wikipedia. [En línea] 14 de 11 de 2007. [Citado el: 01 de 05 de 2008.] es.wikipedia.org/wiki/RSA.
- [10]. Wikipedia. [En línea] 14 de 11 de 2007. [Citado el: 01 de 05 de 2008.] es.wikipedia.org/wiki/Data_Encryption_Standard.
- [11]. **Jordi, Bartolomé**. [En línea] 01 de 06 de 2004. [Citado el: 7 de 05 de 2008.] www.tolaemom.com/otros/mmcard.htm.
- [12]. **Clive, Seager**. Webelectronica. [En línea] [Citado el: 08 de 05 de 2008.] www.clubse.com.ar/download/pdf/notasrevistas08/nota01.htm.
- [13]. Wikipedia. [En línea] 15 de 04 de 2006. [Citado el: 12 de 05 de 2008.] es.wikipedia.org/wiki/Amel.
- [14]. MCS Electronics. [En línea] [Citado el: 26 de 05 de 2008.] www.mcselec.com.
- [15]. Tienda Virtual Shop. [En línea] 18 de 01 de 2008. [Citado el: 26 de 05 de 2008.] www.dmd.es/bascom-a.htm.
- [16]. *Selecting the Optimal Frequency for Goba Applications in Active RFID*. **Technologies, Savi**.
- [17]. **Inc., Laipca Technoligy**. Laipac. [En línea] 2007. [Citado el: 19 de 05 de 2008.] www.laipac.com.

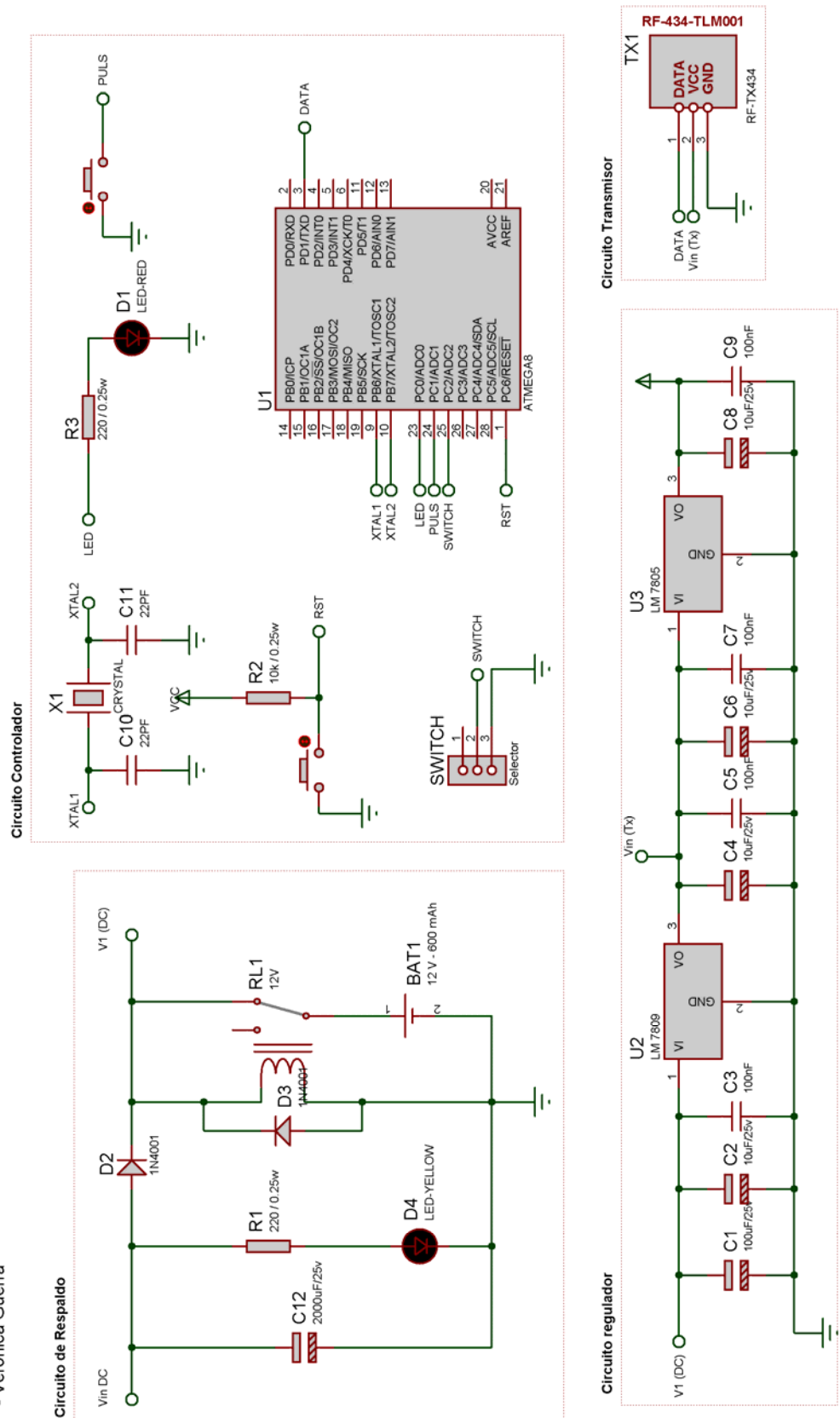
ANEXOS

8.1 Anexo 1. Diagrama General del Transmisor

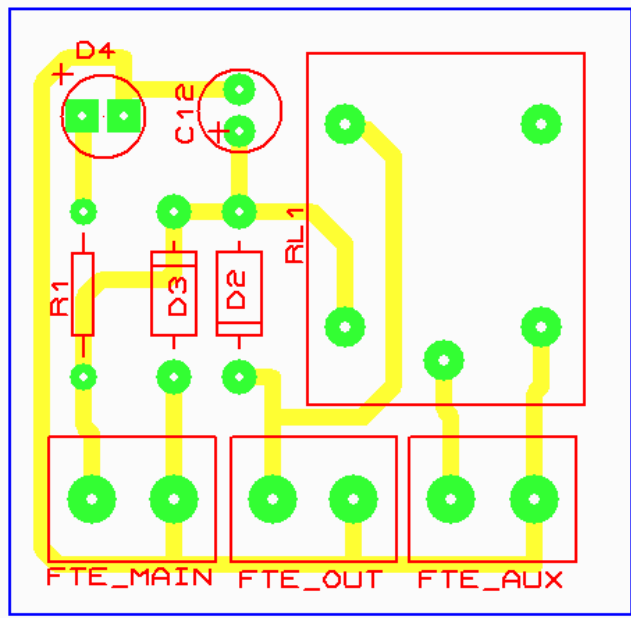
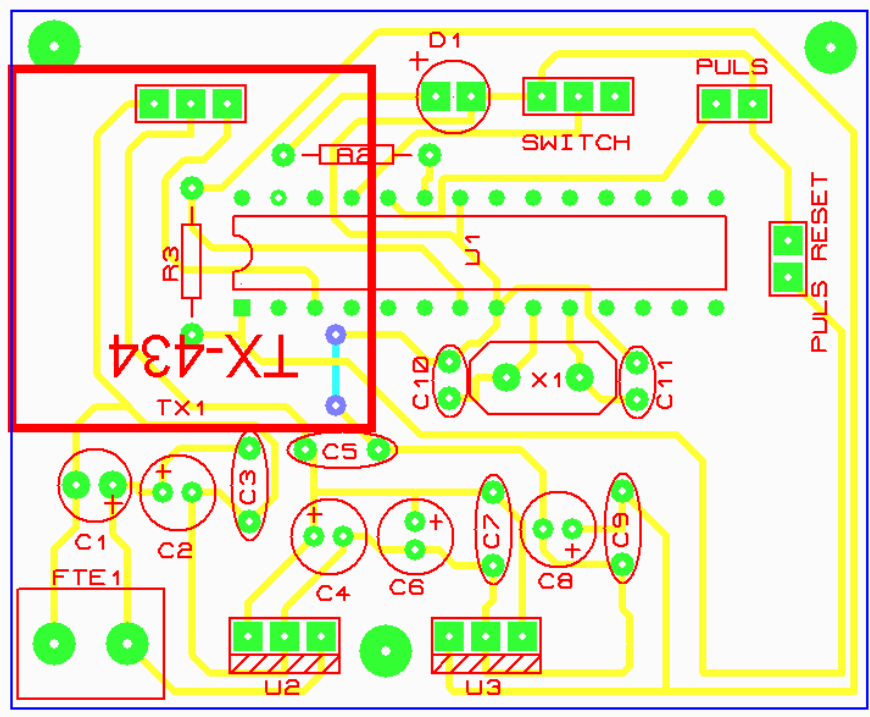
TRANSMISOR SIRT V1.1

Proyecto de Grado

Autores:
- Daniel Altamirano
- Verónica Guerra



8.2 Anexo 2.PCB del Transmisor



8.3 Anexo 3. Materiales de la Placa del Transmisor

LISTADO DE MATERIALES		
Diseño: Transmisor SIRT		
Revisión: 1.1		
Autor: Carlos Daniel Altamirano Carrillo		
Verónica Patricia Guerra Peralta		
Cantidad	Parte - Referencia	Especificación
Resistencias		
2	R1,R3	220Ω / 0.25w
1	R2	10kΩ/ 0.25w
Capacitores		
1	C1	100uF/25v
4	C2,C4,C6,C8	10uF/25v
4	C3,C5,C7,C9	100nF
2	C10,C11	22pF
1	C12	2000uF/25v
Integrados		
1	U1	ATMEGA8
1	U2	LM 7809
1	U3	7805
Diodos		
1	D1	LED-RED
2	D2,D3	1N4001
1	D4	LED-YELLOW
Varios		
1	BAT1	12V 600 mAh
1	RL1	Rele 12V
1	SWITCH	Selector
1	TX1	RF-TX434
1	X1	CRY 8 MHz

8.4 Anexo 4. Diagrama General del Receptor

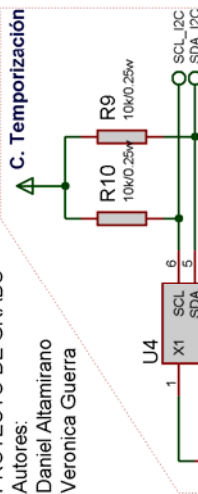
RECEPTOR SIRT V1.1

PROYECTO DE GRADO

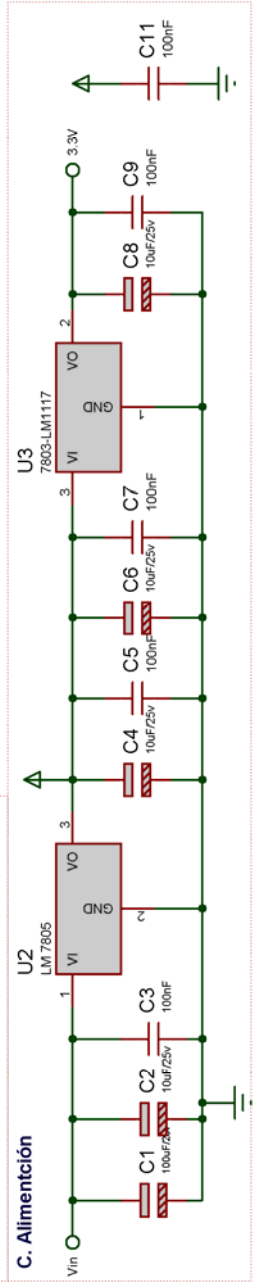
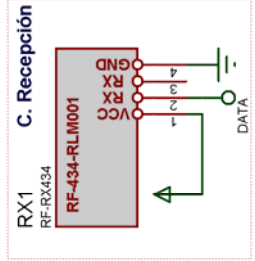
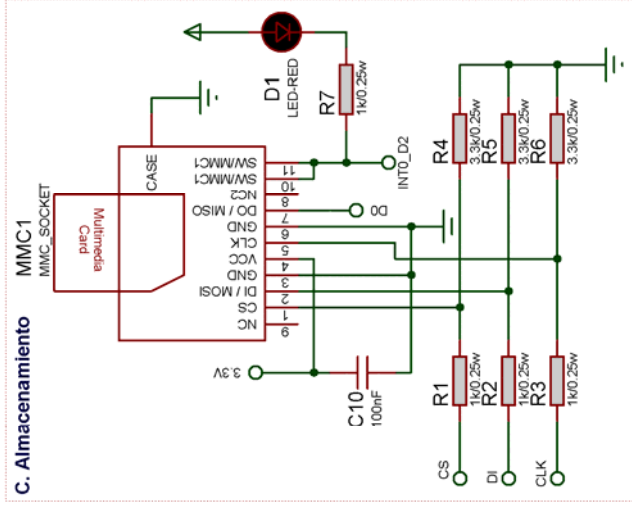
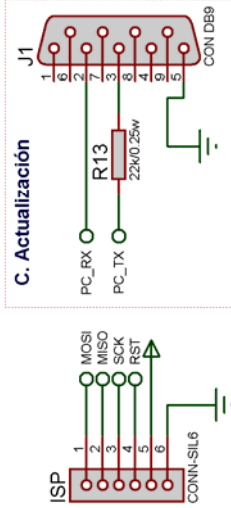
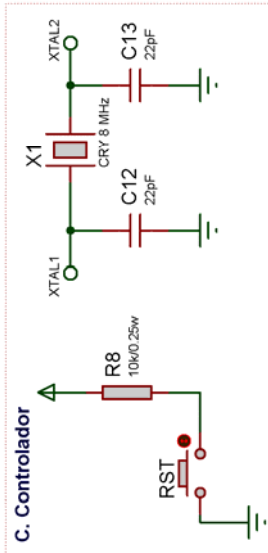
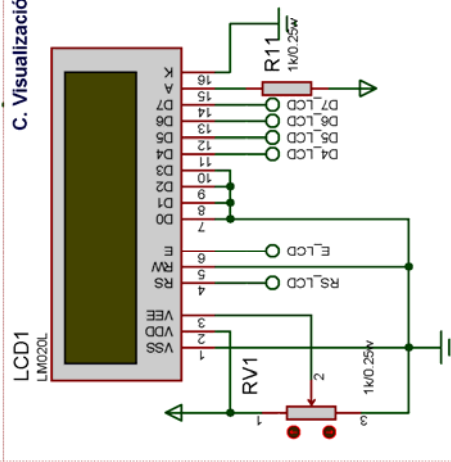
Autores:

Daniel Altamirano

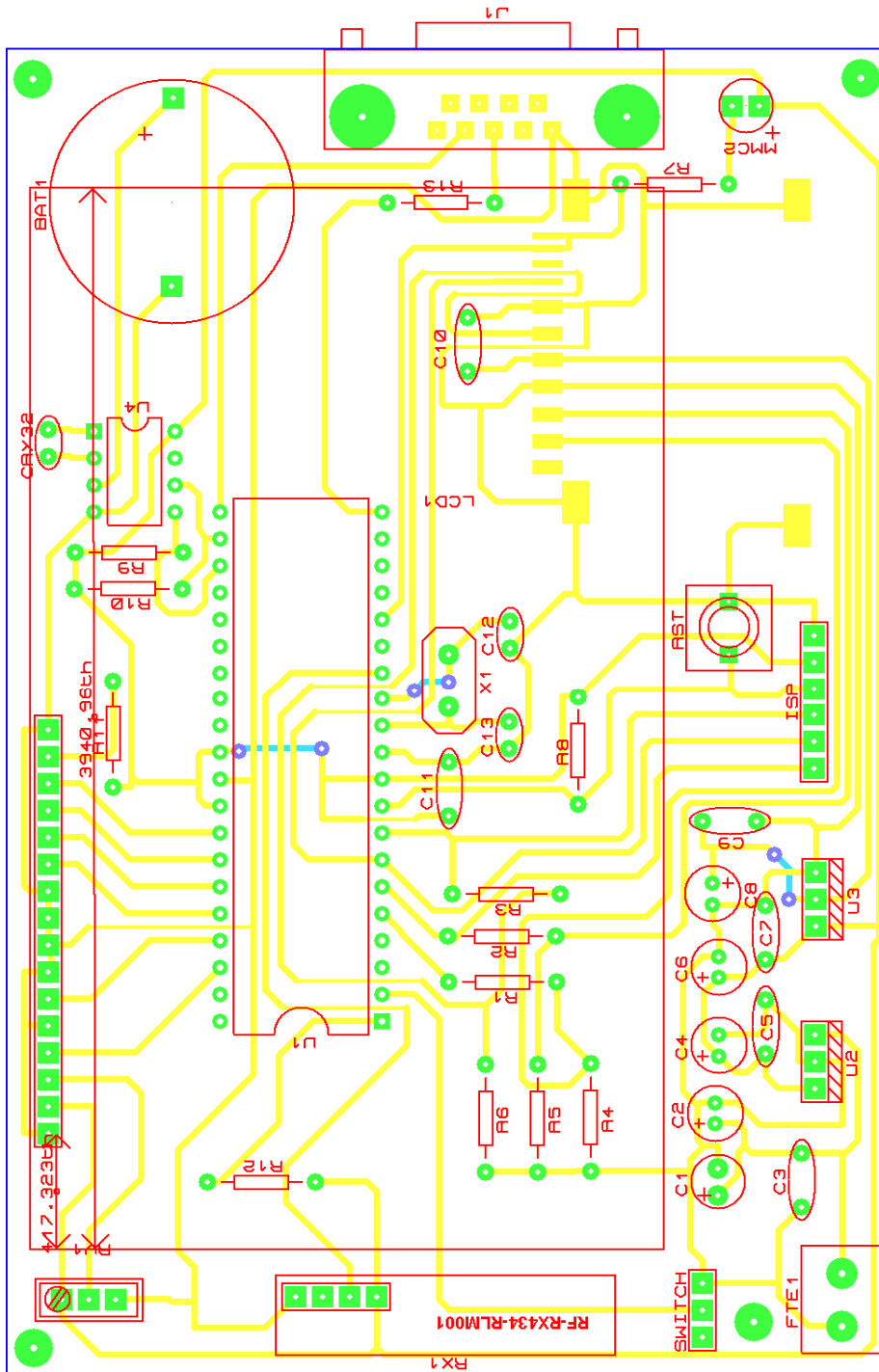
Veronica Guerra



C. Visualización



8.5 Anexo 5. PCB del Receptor



8.6 Anexo 6. Materiales de la Placa del Receptor

LISTADO DE MATERIALES		
Diseño: Receptor SIRT		
Revisión: 1.1		
Autor: Carlos Daniel Altamirano Carrillo		
Verónica Patricia Guerra Peralta		
Cantidad	Parte - Referencia	Especificación
Resistencias		
5	R1-R3,R7,R11	1kΩ/0.25w
3	R4-R6	3.3kΩ/0.25w
3	R8-R10	10kΩ/0.25
1	R13	22kΩ/0.25w
Capacitores		
1	C1	100uF/25v
4	C2,C4,C6,C8	10uF/25v
6	C3,C5,C7,C9-C11	100nF
2	C12,C13	22pF
Integrados		
1	U1	ATMEGA32
1	U2	LM 7805
1	U3	7803-LM1117
1	U4	DS1307
Diodos		
1	D1	LED-BLUE
Varios		
1	BAT1	3V
1	RST	Pulsador
1	SWITCH	SELECTOR
1	ISP	CONN-SIL6
1	X1	CRY 8Mhz
1	RV1	1k
1	X2	CRY 32Khz
1	J1	CON DB9
1	MMC1	MMC
1	RX1	RF-RX434
1	LCD1	LM020L

8.7 Anexo 7. Manual de Usuario

FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO

El presente proyecto de grado fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica, reposando en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí, a 18 de Septiembre del 2008.

MSC. Ing. Gonzalo Olmedo.
**COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

Verónica Patricia Guerra Peralta
Autor

Carlos Daniel Altamirano Carrillo
Autor