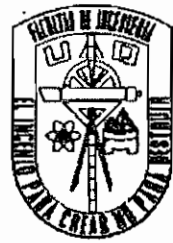




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
Facultad de Ingeniería



**SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL INALÁMBRICO EN
GRANJAS ACUÍCOLAS**

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el título de

Ingeniero en Automatización

Presentan:

David Duarte Correa
Sergio Ramses Ramírez Rodríguez

Dirigido por:

M.C. Carlos Alberto Olvera Olvera

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Febrero de 2007
México

BIBLIOTECA CENTRAL UAQ

No. Adq. H71392

No. Título _____

Chc TS

004.64

D8125



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Dirección

ACUERDO 062/07

C. U. 19 de febrero de 2007

C. DAVID DUARTE CORREA

**Pasante de Ingeniería en Automatización
(Electrónica Industrial)**

C. SERGIO RAMSES RAMÍREZ RODRÍGUEZ

**Pasante de Ingeniería en Automatización
(Sistemas Mecatrónicos)**

Presente.



Con relación a su oficio enviado al H. Consejo Académico de la Facultad en el que solicita titularse bajo la opción de tesis colectiva, me permito informarle que en la sesión ordinaria del 19 de febrero del año en curso, este cuerpo colegiado acordó aceptar la opción de titulación por lo que deberán trabajar en el tema "**Sistema de Monitoreo y Control inalámbrico en Granjas Acuícolas**", bajo la dirección del M en C. Carlos Alberto Olvera Olvera.

El Contenido Aceptado por el H. Consejo Académico es el siguiente:

1 INTRODUCCIÓN

- 1.1 *Sistemas de Producción Acuícola*
- 1.2 Trabajos previos y productos comerciales
- 1.3 Justificación

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

- 2.1 Sistemas de comunicaciones
 - 2.1.1 Tipos de comunicación
 - 2.1.2 Elementos de un sistema de comunicación
 - 2.1.3 Espectro electromagnético
 - 2.1.4 Longitud de onda
 - 2.1.5 Tipos de modulación
 - 2.1.6 Multiplexado
- 2.2 Plataformas de desarrollo
 - 2.2.1 Conceptos básicos
 - 2.2.1.1 Sistema Operativo
 - 2.2.1.2 Kernel
 - 2.2.2 MSDOS
 - 2.2.3 Windows
 - 2.2.3.1 Windows 3.1
 - 2.2.3.2 Windows NT



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Dirección

- 2.2.3.3 Windows 95
- 2.2.3.4 Windows 98
- 2.2.3.5 Windows 2000
- 2.2.3.6 Windows XP
- 2.2.4 UNIX
- 2.2.5 Linux



3 IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO

3.1 Hardware del sistema

- 3.1.1 Modulo de amplificación
 - 3.1.1.1 Selección de amplificadores
 - 3.1.2 Estación de medición
 - 3.1.2.1 Selección de tecnología
 - 3.1.2.2 Funcionamiento del transceptor
 - 3.1.2.3 Funciones de la estación de medición
 - 3.1.2.4 Diseño y pruebas en circuito impreso
 - 3.1.3 Estación de control
 - 3.1.3.2 Funciones de la estación de control

3.2 Software del sistema

- 3.2.1 RTKernel
- 3.2.2 Interfaz gráfica
- 3.2.3 Comunicaciones
- 3.2.4 Descripción del software

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- 4.1 Análisis de resultados
- 4.2 Comparación con otros productos
- 4.2 Posibles usos y aplicaciones
- 4.3 Conclusiones

BIBLIOGRAFÍA

También hago de su conocimiento las disposiciones de nuestra Facultad, en el sentido que antes del Examen profesional deberá cumplir con los requisitos de nuestra legislación y deberá imprimir el presente oficio en todos los ejemplares de su tesis.

Atentamente

"EL INGENIO PARA CREAR NO PARA DESTRUIR"

DR. GILBERTO HERRERA RUIZ

Director
c.c.p. Archivo

*GHR/DHM.

RESUMEN

El proyecto "Sistema de monitoreo y control inalámbrico en granjas acuícolas", se hizo con el objetivo de atender la necesidad de instrumentación y tecnificación de granjas acuícolas en México, de tal manera que fuera accesible para la mayoría de los productores nacionales. Al observar la situación de la producción acuícola en el país, se notó la incapacidad de competir con otros países, lo cuál es curioso si se piensa que México es un país con recursos naturales en abundancia, entonces, se hace notar la falta de tecnología aplicada hacia este sector. Además que la mayoría de proyectos productivos son enfocados hacia el sector industrial y manufacturero, dejando abandonado el sector primario. Se implementó ingeniería propia, tanto a nivel físico cómo a nivel informático. Se eligió utilizar medios de comunicación inalámbricos, debido al alto costo del cableado, debe tenerse en cuenta que en algunas granjas la distancia entre estanques es considerable, además el uso de cables implica una instalación más elaborada, que tendría que ser instalada por personal calificado, lo cuál añadiría un costo extra para el productor. También considerando el factor monetario, el sistema se estructuró en forma de módulos independientes, aprovechando la tecnología inalámbrica, de tal forma que sea adaptable a las necesidades de espacio y ubicación del productor. El sistema se divide en dos partes, la primera es la estación (es) de campo, y la segunda la estación de control. La estación de control se compone de un dispositivo RF, que se encarga de enviar y recibir señales de la (s) estación (es) de campo, conectado a una computadora, en donde se ejecuta un software en tiempo real con una interfaz muy amigable, y bastante sencillo de usar, de tal manera que no se requieran de conocimientos informáticos avanzados para utilizarlo. La estación de campo, está compuesta de un dispositivo RF, un microcontrolador que actúa como cerebro, cuenta con 8 entradas analógicas, para lectura de sensores con señal acondicionada, (adicionalmente cuenta con un módulo de acondicionamiento) y 8 entradas o salidas digitales configurables por el usuario, que pueden ser utilizadas para activar algún elemento de control. La estación de control puede estar monitoreando y controlando hasta 50 estaciones de campo de manera eficiente. El sistema esta implementado en una granja acuícola, propiedad de la Universidad Autónoma de Querétaro, ubicada en la comunidad de Amazcala, en el municipio de El Marques, Querétaro. Los resultados obtenidos son satisfactorios, desde el punto de vista de exactitud de lecturas, fiabilidad y estabilidad del sistema, así como tiempos de respuesta.

Palabras clave:

Acuicultura, monitoreo, comunicación inalámbrica, tiempo real.

Summary

The Project "Wireless Monitoring and Control of a Fish Farm" was made following the goal of solving the need of instrumentation and tecnification of fish farms in Mexico, also it has to be monetarily accessible for almost every Mexican fish farm producer. Observing the situation of sweet water fish production in the country, it was noticed the incapability of competing with other countries, which is odd, because Mexico is a country with a vast amount of natural resources, so it is noticed the lack of technology applied to this sector, in addition, almost all the productive projects are applied in the industrial sector, leaving almost abandoned the first productive sector. It was implemented own engineering in hardware as well as in software. It was chosen wireless communications because of the high price of cooper wire, it has to be known that in many fish farms, the distance between tanks is long. Also the use of wires, implies an specialized way of installation, that it has to be done by qualified personal, and this will add an extra cost to the producer. Also considering the money factor the system was structured in form of independent modules, using all the power of the wireless technology, solving the needs of the producer of space and location. The system is divided in two parts, the field station(s), and the control station. The control station is compound of a RF device (that sends and receives signals from the field station(s)) that is connect to a PC, in which is running a software under a real time platform, with a friendly graphic interface, pretty simple, so anyone can use it without advanced computing knowledge. The field station, is compound of a RF device, a microcontroller which is the brain of the station, it has eight analog inputs for reading sensors with scaled signals, also it has eight in/out puts all user configurable. The control station can be efficiently monitoring and controlling up to fifty field stations. The system is installed and working in a fish farm property of the "Universidad Autónoma de Querétaro", that is located in Amazcala, community of El Marques, Querétaro. The obtained results are satisfactory under the point of view of accuracy of readings, reliability and stability of the system, also by the response times.

Keywords:

Fish farm, monitoring, wireless communication, real time.

A nuestros padres, hermanos y amigos

INDICE

	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Indice	iv
Indice de tablas	vii
Indice de figuras	viii
1 INTRODUCCION	1
1.1 Sistemas de Producción Acuícola	1
1.2 Trabajos previos y productos comerciales	2
1.3 Justificación	6
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
2.1 Sistemas de comunicaciones	7
2.1.1 Tipos de comunicación	9
2.1.2 Elementos de un sistema de comunicación	10
2.1.3 Espectro electromagnético	11
2.1.4 Longitud de onda	11
2.1.5 Tipos de modulación	12
2.1.6 Multiplexado	13
2.2 Plataformas de desarrollo	15
2.2.1 Introducción	15
2.2.2 Sistemas Operativos	15
2.2.2.1 Tipos de sistemas operativos	16
2.2.2.1.1 Sistemas operativos por lotes	16
2.2.2.1.2 Sistemas operativos de multiprogramación	17
2.2.2.1.2.1 Sistemas de tiempo compartido	18

2.2.2.1.2.2	Sistemas operativos de tiempo real	18
2.2.2.2	Reseña histórica de los sistemas operativos	19
2.2.2.3	Conceptos importantes en la teoría de sistemas operativos	21
2.2.3	Procesos	22
2.2.3.1	Estados de un Proceso	22
2.2.3.2	Bloque de control de proceso	23
2.2.3.3	Comunicación y sincronización entre procesos	24
2.2.3.3.1	Exclusión mutua	24
2.2.3.3.2	Semáforos	25
2.2.3.3.3	Mensajes	25
2.2.4	Interrupciones	26
2.2.4.1	Clases de interrupciones	27
2.2.4.2	Manejadores de interrupciones	28
2.2.5	Núcleo del sistema operativo	28
2.2.6	MSDOS	29
2.2.6.1	Reseña histórica del MSDOS	30
2.2.7	Windows	31
2.2.7.1	Windows 3.1	31
2.2.7.2	Windows NT 3.1	32
2.2.7.3	Windows 95	32
2.2.7.4	Windows 98	33
2.2.7.5	Windows 2000	33
2.2.7.6	Windows XP	34
2.2.7.7	Reseña histórica de Windows	34
2.2.8	Unix	35
2.2.8.1	Reseña histórica de Unix	36
2.2.9	Linux	37
2.2.9.1	Reseña histórica de Linux	38
3	IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO	40
3.1	Hardware del sistema	40
3.1.1	Modulo de amplificación	41

3.1.1.1 Selección de amplificadores	41
3.1.2 Estación de medición	42
3.1.2.1 Selección de tecnología	42
3.1.2.2 Funcionamiento del transceptor	43
3.1.2.3 Funciones de la estación de medición	44
3.1.2.4 Diseño y pruebas en circuito impreso	46
3.1.3 Estación de control	40
3.1.3.2 Funciones de la estación de control	50
3.2 Software de la estación de control	50
3.2.1 RTKernel	51
3.2.2 Interfaz gráfica	54
3.2.3 Comunicaciones	54
3.2.4 Descripción del software	55
4 RESULTADOS Y DISCUSION	58
4.1 Análisis de resultados	58
4.2 Costos del sistema de monitoreo y control	61
4.3 Posibles usos y aplicaciones	62
4.4 Conclusiones	63
LITERATURA CITADA	65
APÉNDICE A.	
Principales características de la hoja de datos del PIC16F877A.	68
APÉNDICE B.	
Principales características de la hoja de datos del TRF-2.4G.	71

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1.1 Wise Box (WiseTech®).	2
1.2 AQUANODE XL (Aquadyne).	5
2.1 Modelo general de un sistema de comunicaciones.	7
2.2 Longitud de onda.	12
2.3 Esquema de la ejecución de programas en serie	17
3.1 Diagrama de comunicación entre módulos.	40
3.2 Diagrama de conexión del amplificador de instrumentación.	41
3.3 Pines de conexión del RF-2.4G.	43
3.4 Tecnología ShockBurst.	44
3.5 Paquete de datos a transmitir.	44
3.6 Esquemático e la fuente de alimentación de 5v.	46
3.7 Esquemático e la fuente de alimentación de 3.3v.	46
3.8 Esquemático del PIC16F877A.	47
3.9 PCB del diseño completo.	47
3.10 Vista virtual en 3D de la estación de medición.	48
3.11 Esquemático del PIC16F877A.	48
3.12 PCB del diseño completo.	49
3.13 Vista virtual en 3D de la estación de medición.	49
3.14 TRF-2.4G.	50
3.15 RTKernel.	51
3.16. Diagrama de calendarización de tareas.	53
3.17. Estructura el RTKernel.	53
3.18. Diagrama de bloques del sistema.	55
4.1 Temperatura del agua en °C.	59
4.2 Temperatura del agua en °C.	59

INDICE DE TABLAS

Cuadro	Página
3.1 Modos principales de operación	43
3.2 Palabra de configuración	45
4.1 Costos del sistema de monitoreo y control	61

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1.1 Wise Box (WiseTech®).	2
1.2 AQUANODE XL (Aquadyne).	5
2.1 Modelo general de un sistema de comunicaciones.	7
2.2 Longitud de onda.	12
2.3 Esquema de la ejecución de programas en serie	17
3.1 Diagrama de comunicación entre módulos.	40
3.2 Diagrama de conexión del amplificador de instrumentación.	41
3.3 Pines de conexión del RF-2.4G.	43
3.4 Tecnología ShockBurst.	44
3.5 Paquete de datos a transmitir.	44
3.6 Esquemático e la fuente de alimentación de 5v.	46
3.7 Esquemático e la fuente de alimentación de 3.3v.	46
3.8 Esquemático del PIC16F877A.	47
3.9 PCB del diseño completo.	47
3.10 Vista virtual en 3D de la estación de medición.	48
3.11 Esquemático del PIC16F877A.	48
3.12 PCB del diseño completo.	49
3.13 Vista virtual en 3D de la estación de medición.	49
3.14 TRF-2.4G.	50
3.15 RTKernel.	51
3.16. Diagrama de calendarización de tareas.	53
3.17. Estructura el RTKernel.	53
3.18. Diagrama de bloques del sistema.	55
4.1 Temperatura del agua en °C.	59
4.2 Temperatura del agua en °C.	59

INDICE DE TABLAS

Cuadro	Página
3.1 Modos principales de operación	43
3.2 Palabra de configuración	45
4.1 Costos del sistema de monitoreo y control	61

1 INTRODUCCION

La acuicultura, se remonta a tiempos remotos, hay referencias de prácticas de cultivo de mújol y carpa en la antigua China, Egipto, Babilonia, Grecia, Roma y otras culturas euroasiáticas y americanas (Jessé, Casey).

Más de un cuarto del total de la proteína animal consumida por el hombre es de origen acuático. Entre las diferentes regiones del mundo existe mucha variación en la procedencia de la proteína animal. Por ejemplo, en Asia, más de un 25% de la proteína animal proviene de peces mientras en Norteamérica y Suramérica, menos del 10% de la proteína animal proviene de fuentes acuáticas (Auburn University).

1.1 Sistemas de Producción Acuícola

Como en cualquier sistema de producción agropecuaria, existen diferentes tipos de cultivos según la intensidad y tecnificación del cultivo.

Acuicultura extensiva - Son sistemas de cultivo de baja intensidad y tecnología, en los que se aprovechan condiciones naturales favorables. Los cultivos extensivos más conocidos son los de organismos filtradores marinos, como ostras, almejas y mejillones, y de macroalgas marinas. En ellos se procede a la siembra y el proceso de alimentación y engorde es natural.

Acuicultura semi-intensiva – Son sistemas de cultivo más controlados y de mayor rendimiento, en los que el grado de tecnología e intervención es mucho mayor a los extensivos. Los cultivos de peces se hacen en jaulas flotantes directamente en el mar, o en lagos. El agua es la del medio, sin ningún sistema de bombeo, pero se aportan alimentos y se realiza un mínimo control del cultivo. También son sistemas semi-intensivos los cultivos en estanques y canales en circuito abierto o semi-abierto, aprovechando aguas corrientes, algo muy frecuente en truchicultura.

Acuicultura intensiva - Los cultivos intensivos se realizan normalmente en instalaciones separadas del medio natural, en tanques o piscinas aisladas con sistemas técnicos de captación y recirculación de agua, y con un control total del medio y de los individuos. Son mucho más caros que los procesos menos tecnificados, pero el aumento de rendimiento o la necesidad de un mayor control de la producción es determinante.

1.2 Trabajos previos y productos comerciales

Actualmente existen empresas latinoamericanas que ofrecen servicios de monitoreo y control inalámbricos, como WiseTech® una empresa chilena, fundada en el año 2002, que surge del área de soluciones inalámbricas de ASSIST Consultores presenta el dispositivo WiseBox (Figura 1.1) en la feria AquaSur realizada en Puerto Montt en el 2004, dicho dispositivo realiza monitoreo y control remoto en tiempo real de condiciones ambientales externas, así como las condiciones de los estanques, chequea umbrales y genera alarmas automáticas a celulares, es capaz de ejecutar acciones automáticas, recibir y ejecutar comandos remotos vía celular.

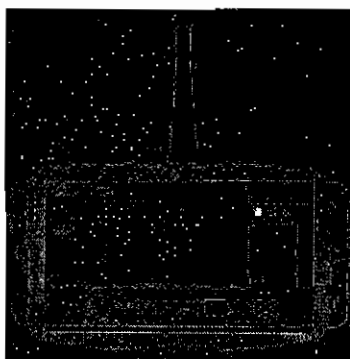


Figura 1.1 Modulo de adquisición de datos y comunicación Wise Box
(WiseTech®)

Principales características técnicas:

- 10 Entradas analógicas
- 1 Salida analógica de voltaje

- 1 Salida analógica de corriente
- 4 Entradas digitales
- 4 Salidas Digitales
- 2 Puertos seriales
- 1 Puerto OneWire
- 1 Relevador 240V y 1A
- Modem celular en la banda de 1900Mhz
- Alimentación de 9 a 40VDC a 1.5A
- Unidad diseñada para operación en exteriores con estándar industrial IP-56

La compañía Estanques y Peces S.A. de C.V. de Rosario, Argentina, ofrece DIACANTUS un sistema de control y gestión para la industria acuícola, por medio de este sistema patentado, se posee de datos de extrema importancia que inciden sobre la producción, basándose en análisis continuos de los parámetros físico químicos del agua, unidades térmicas, etc.

El sistema DIACANTUS se compone de la parte de monitoreo y control, y los módulos de gestión de datos. La parte de monitoreo y control establece los puntos de control:

- Clima (temperatura externa, viento, etc.)
- Temperatura del agua
- Concentración de oxígeno disuelto
- pH
- Niveles de agua
- Alimentadores automáticos
- Motores generales
- Básculas

Por medio de la gestión de datos la información técnica puede incorporarse a módulos de gestión comercial para su utilización por todos los miembros de la empresa como: clientes, proveedores, flujo comercial y operativo. De esta manera se puede administrar y ser operado por elevada cantidad de usuarios,

manejar grandes cantidades de datos, archivos de históricos, variedad de formatos para la exportación de consultas e incorporación a Internet.

Las características técnicas principales del sistema DIACANTUS:

- La interface brinda aislación por encima de los 1500v en su capa de puertos de salida.
- Regenadores opcionales para el manejo de elevadas distancias.
- Permite almacenar procesos primarios para automatización y control.
- Telecomandos automáticos programados desde la Consola general, almacenados como procesos secundarios o desde las unidades descentralizadas.
- Los puertos de cada interface son pre-programados. Además cada Unidad descentralizada puede manejar puertos RS232 y puertos USB para dispositivos auxiliares.
- Maneja hasta 4096 puntos de control por cada Unidad, es decir, hasta 4096 sensores.
- Cada consola general, en su versión base, puede manejar hasta 23 Unidades descentralizadas.
- Está prevista la Capa Explotación donde se puede unificar la información de varias consolas generales.

Aquadyne es una empresa, con sede en San Diego California, dedicada al desarrollo de software y hardware para el monitoreo, manejo de alarmas y control de calidad del agua, usando una red de instrumentos distribuidos.

Un sistema de monitoreo (Figura 2) de temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, con acceso a través de Internet y software, en esta empresa tiene un costo de \$4,250 USD.

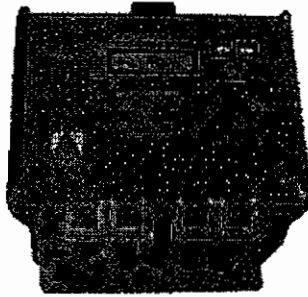


Figura 1.2 Modulo de adquisición de datos AQUANODE XL (Aquadyne)

Previamente durante junio a noviembre de 2005 se implemento el prototipo de un sistema de adquisición de datos en el invernadero de la UAQ, ubicado en la comunidad de Amazcala del estado de Querétaro, este sistema realizaba la medición de la temperatura interna del invernadero, la humedad relativa, la temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto, turbidez y conductividad eléctrica del agua en uno de los 12 estanques disponibles, este sistema cuenta con ~~transmisores~~ que manejan señales de 4-20 mA, 5 de estos son transmisores comerciales.

Para cada uno de los transmisores se requiere de un cableado de aproximadamente 20m para después llegar a una tarjeta la cual transforma las señales de corriente en voltaje de 0-5v y después a una tarjeta de adquisición de datos, conectada al bus ISA de un ordenador, la interfaz gráfica de usuario desarrollada en lenguaje C utiliza una PC bajo la plataforma de DOS, en la pantalla principal presenta cada segundo la actualización de la lectura de cada uno de los sensores, valores máximos y mínimos del día y los datos de la estación climatológica TUNA, en una segunda pantalla se visualiza la gráfica del comportamiento por día o por mes de cada variable de los datos que son almacenados cada 5 min., además tiene la posibilidad de controlar 4 bombas y el aireador por medio de un control manual virtual o control automático, también se puede manipular por medio de otro PC remoto vía comunicación serial.

El sistema descrito anteriormente tiene el inconveniente de utilizar transmisores comerciales, los cuales tienen un costo elevado, el cual puede reducirse

utilizando dispositivos desarrollados en la universidad, la gran cantidad de cableado, y las tarjetas de adquisición de datos incrementa los costos, los errores en las mediciones y las dificultades al introducir nuevos medidores tanto en el hardware como en el software, hacen que se requiera de un sistema más confiable como económico que permita solucionar estos problemas y adaptarse fácilmente a las necesidades que se vayan surgiendo, como la expansión en el número de estanques.

1.3 Justificación

La producción intensiva en granjas acuícolas requiere de la medición continua de las variables del proceso debido a la rapidez con la que el agua puede llegar a contaminarse, ya sea por la presencia de compuestos nitrogenados o la falta de oxígeno disuelto, lo que hace necesario determinar estos parámetros de forma directa o indirectamente, además la temperatura influye directamente en el metabolismo de los peces, cada uno de los estanques debe ser monitoreado de manera que la información se pueda consultar en todo momento para la toma de decisiones del mantenimiento básico de la especie y su óptimo desarrollo. Los sistemas de adquisición y control alámbricos resultan poco prácticos debido a las distancias que hay que cubrir, que por lo general suelen ser de hectáreas, y tienen un elevado costo.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un sistema de monitoreo y control, aplicado a la acuicultura, que pueda ser supervisado y administrado de forma remota.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Sistemas de comunicaciones

Los sistemas electrónicos de comunicaciones tienen tres componentes básicos que son el transmisor, un medio o canal de comunicación y un receptor. La comunicación se realiza cuando se genera algún tipo de mensaje, datos o señal que pueda ser recibida. Al mensaje o señal se le denomina información. El mensaje en forma de señal electrónica es llevado al transmisor, el cual lo transmite por un medio de comunicación y es recuperado por el receptor. En este proceso se capta interferencia en el canal de comunicación al cual se le denomina generalmente ruido (Figura X).

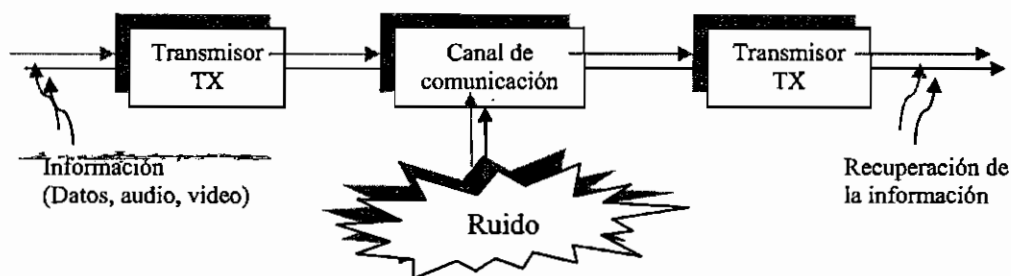


Figura 2.1 Modelo general de un sistema de comunicaciones.

Canal de comunicación – Es el medio por el cual la señal eléctrica se envía de un lugar a otro, los cuales son:

- Conductores eléctricos – Son el medio más común, como pueden ser el cable coaxial o el par trenzado, se ocupan sobre todo en señales de televisión y redes de área local para computadoras.
- Medio óptico – Se compone de un cable de fibra óptica, el cual transmite la información en forma de ondas de luz. Es ampliamente utilizado por las compañías telefónicas en llamadas de larga distancia.
- Espacio libre – En este medio el sistema se conoce como radio, que es el termino aplicado a cualquier forma de comunicación inalámbrico de un

punto a otro. Las señales se convierten en campos eléctricos y magnéticos que se propagan libremente en el espacio a grandes distancias.

- Otros tipos – En sistemas especiales se utilizan otros medios como el agua o la tierra, como es el caso del sonar que utiliza la reflexión de los ecos para determinar objetos dentro del agua.

Receptor – Es un dispositivo que capta la señal del canal y la convierte en una forma inteligible. Se componen de amplificadores, osciladores, mezcladores, circuitos sintonizados y filtros, y de un demodulador o detector que recupera la señal original.

Transmisor – Es un dispositivo diseñado para convertir una señal eléctrica en una forma adecuada para transmitirse a través de un medio de comunicación determinado. Se componen de osciladores, amplificadores, circuitos sintonizados y filtros moduladores, mezcladores y sintetizadores de frecuencia y otros circuitos.

Transceptor – Es un circuito que contiene al transmisor y al receptor en una unidad y comparten circuitos comunes. Como por ejemplo los teléfonos, radios, celulares y módems de computadora.

Atenuación – Es la degradación de la señal debida al medio de transmisión. Los medios son selectivos a la frecuencia en el que el medio dado actúa como un filtro pasobajas para una señal transmitida.

Ruido – Es la energía aleatoria indeseable que entra en los sistemas de comunicación vía el canal de comunicación e interfiere con el mensaje transmitido. El ruido proviene de la atmosfera y del espacio, de varias clases de radiación. (Frenzel)

2.2 Tipos de comunicación

Se pueden clasificar en el sentido en que se realiza la comunicación:

Simplex - La comunicación se realiza en un sola dirección. La forma mas común es la radiodifusión de radio y televisión.

Half duplex – La información se transmite en ambos sentidos pero solo una de las partes puede transmitir al mismo tiempo, de esta manera las direcciones se alternan, y las partes de comunicación se turnan para transmitir y recibir. Por ejemplo la mayoría de las transmisiones de radio utilizadas por los militares, bomberos, policías, navegación aérea, marina, la banda civil y las comunicaciones de radio de los radioaficionados.

Full duplex - Los procesos de transmitir y recibir se llevan de manera simultánea. La mayoría de las comunicaciones se llevan a cabo de esta manera, como lo son el teléfono, celulares, el Internet entre otros.

Según el tipo de señales eléctricas se pueden clasificar en señales analógicas o digitales:

Señales analógicas – son señales de corriente o de voltaje que varían de forma suave continuamente. Como ejemplo las ondas senoidales se utilizan para transmitir sonido o video.

Señales digitales – Los niveles de voltaje no varían de forma continua, sino en incrementos discretos. Como lo son los códigos binarios. (Frenzel)

2.3 Elementos de un sistema de comunicación

La información en un sistema de comunicación pasa de una fuente a un destino por medio de un canal, dado que la información no tiene la capacidad de viajar a través del canal por si sola se utiliza un transmisor y un receptor.

- Fuente – Es la señal de información digital o analógica.
- Canal – Es el medio físico por el que viaja la información, este puede ser casi cualquier cosa, como el aire, el agua, conductores y el espacio libre.

En la transmisión en el espacio libre se requiere de una señal portadora que sea capaz de viajar por el medio, de tal manera que la señal de información (señal moduladora) modifica la señal de portadora para que pueda ser recuperada en el destino, a este proceso se le denomina modulación. Para esto la señal de la portadora debe de ser de una frecuencia mucho mas alta que la señal moduladora.

El espectro de frecuencia de la señal de información se le llama banda base, y al espectro de frecuencia de la portadora ancho de banda (Blake).

Señal de información = Señal moduladora = Señal en banda base

2.4 Espectro electromagnético

Las ondas electromagnéticas son señales que oscilan en el campo eléctrico y magnético a una razón específica. Las intensidades del campo fluctúan de manera senoidal y las polaridades se invierten dando lugar a una frecuencia determinada.

Al intervalo de señales electromagnéticas que comprende a todas las frecuencias se le llama espectro electromagnético. Todas las señales eléctricas y electrónicas que radian al espacio libre están en el espectro electromagnético. (Frenzel)

2.5 Longitud de onda

La longitud de onda es la distancia ocupada por el ciclo de una onda y se expresa en metros, en las señales electromagnéticas la longitud de onda es la distancia que ocupa un ciclo en el espacio libre, que es la distancia entre crestas o valles adyacentes de los campos eléctrico y magnético de la onda.

También se puede expresar como la distancia recorrida por una onda electromagnética en el tiempo de un ciclo. La longitud de onda se calcula dividiendo la velocidad de la luz entre la frecuencia (Frenzel).

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

Donde:

λ – Longitud de onda en metros.

f – Frecuencia de la onda en hertz.

c – Velocidad de la luz en m/s (3×10^8 m/s).

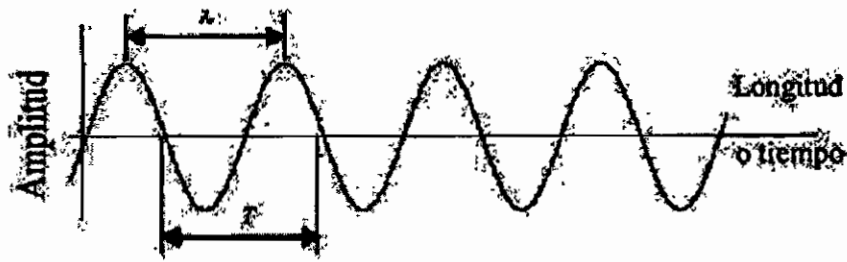


Figura 2.2 Longitud de onda

2.6 Tipos de modulación

La modulación se efectúa en el transmisor y el proceso de recuperar la señal original se le llama demodulación y se efectúa en el receptor.

Los sistemas de modulación siempre utilizan una señal portadora a una frecuencia mucho más alta que la frecuencia de la banda base más alta, esta señal de portadora suele ser una señal senoidal de la siguiente forma:

$$e(t) = E_c \cos(\omega_c t + \theta)$$

Donde:

$e(t)$ = voltaje instantáneo como una función del tiempo

E_c = Voltaje pico o máximo

ω_c = Frecuencia en radianes por segundo

t = tiempo en segundos

θ = desfasamiento en radianes

Pudiendo variar la frecuencia, la amplitud y el desfasamiento para obtener distintos tipos de modulación.

- En la modulación en amplitud la señal moduladora (señal de información en banda base) hace variar la amplitud E_c de la señal portadora de alta frecuencia.

- En la modulación en frecuencia la señal moduladora hace variar la frecuencia ω_c de la portadora, mientras que la amplitud permanece constante.
- La modulación en fase se produce cuando se hace variar el ángulo de fase θ . Al variar la fase también se produce modulación en frecuencia, por lo que son similares.

Tanto la modulación en fase como en frecuencia son formas de modulación angular (Frenzel).

2.7 Multiplexado

La multiplexión es la combinación de dos o mas señales de información. Un multiplexor convierte las señales individuales de en banda base en una señal compuesta que se utiliza para modular a una portadora en el transmisor. En el receptor la señal compuesta se recupera en el demodulador y luego se envía a un demultiplexor en donde se regeneran las señales originales.

FDM (Frequency Division Multiplexing) Multiplexión por división de frecuencia.

Se realiza cuando el espectro de frecuencias disponible se divide entre las señales de información. Por ejemplo las señales de radio y tv

TDM (Time-Division Multiplexing) Multiplexión por división de tiempo.

Utiliza el ancho de banda completo para transmitir cada señal pero solo durante una pequeña parte de tiempo. Se utiliza principalmente en la telefonía celular.

GSFK (Gaussian Frequency Shift Keying) Modulación por desplazamiento de frecuencia gausiana

Es una forma de FSK donde la información pasa por un filtro gaussiano antes de modular la señal, un 1 binario representa una desviación positiva de la frecuencia de portadora, mientras que un 0 representa una desviación negativa. Esto permite mayores velocidades de transferencia.

2.2 - Plataformas de desarrollo

2.2.1 Introducción

Para este capítulo, se analizarán, probablemente los cuatro principales sistemas operativos más utilizados por los desarrolladores en el mundo: MSDOS, Windows, Unix y Linux; Pero antes es conveniente analizar el concepto de sistema operativo, así como su evolución a través del tiempo.

Así mismo se tratarán tres conceptos ampliamente utilizados, en la teoría de sistemas operativos; El "kernel" o núcleo, las interrupciones, y los procesos.

El objetivo principal de esta sección, es proporcionar al lector, una base vasta y sólida acerca de los distintos tipos de sistemas operativos, tanto comerciales, como de libre distribución, utilizados como plataformas de desarrollo; Esto con el objeto, de fundamentar, porque el desarrollo de la programación del software del proyecto tiene las características que tiene, así como porque utiliza una plataforma en tiempo real.

2.2.2 Sistemas Operativos

Un sistema operativo, es una colección organizada de software que extiende al hardware, que consta de rutinas de control para operar una computadora y proporcionar un entorno para la ejecución de programas. (Milencovic'). Los programas de aplicación utilizan los programas que proporciona el sistema operativo para acceder a los recursos del equipo, como archivos y dispositivos entrada/salida (es).

El sistema operativo oculta la complejidad de trabajar directamente con el hardware, mediante una serie de programas, controlando todas las partes del sistema.

Los sistemas operativos se encargan de administrar los recursos de la computadora, siendo el principal, el hardware del equipo: procesadores,

medios de almacenamiento, dispositivos e/s, los dispositivos de comunicación y datos. Además proporcionan una interfaz con el usuario, facilitan entrada y salida de datos, deben ser capaces de recuperarse de errores, contabilizar el uso de recursos, organizar los datos para lograr un acceso rápido y seguro, entre otras. (Deitel). Deben mantener la traza del estado de cada recurso, y decidir quién toma un recurso y por cuanto tiempo. En sistemas que soportan ejecución concurrente de programas, el sistema operativo resuelve los conflictos en las demandas de recursos de una forma que preserva la integridad del sistema, optimizando el rendimiento. (Milencovic').

2.2.2.1 Tipos de sistemas operativos

2.2.2.1.1 Sistemas operativos por lotes

Los sistemas operativos por lotes, deben tener bloques o lotes, donde estén contenidos y ordenados, el programa, los datos y las órdenes del sistema apropiadas. (Milencovic').

Su planificación es muy simple, los trabajos son procesados típicamente en el orden de admisión, esto significa, que el primero en llegar, es el primero en ser servido. (Milencovic').

También la gestión de memoria es sencilla, esta se divide en dos zonas, una donde reside permanentemente el sistema operativo, y otra donde se cargan programas transitorios para ser ejecutados. Cuando termina un programa, se carga uno nuevo, en la misma zona de memoria. (Milencovic').

Al solamente ejecutar un solo programa a la vez, un sistema operativo por lotes no necesita un gestor de tiempo crítico. (Milencovic').

La figura 2.3 muestra un esquema claro de la ejecución de programas en serie, el tiempo de transición entre la ejecución de un programa y otro provoca tiempos muertos en el procesador.

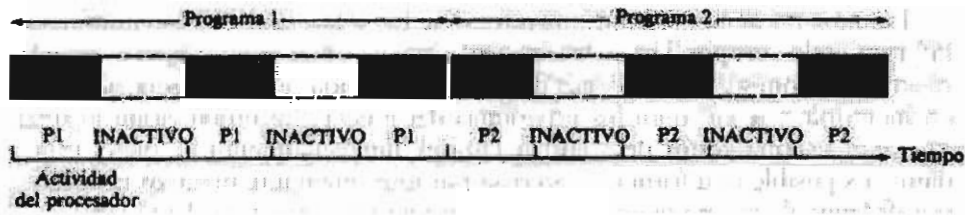


Figura 2.3 Esquema de la ejecución de programas en serie

2.2.2.1.2 Sistemas operativos de multiprogramación

Un sistema operativo de multiprogramación, es un sistema multiproceso ya que soporta más de un proceso activo simultáneamente, permitiendo que residan simultáneamente en memoria primaria las instrucciones y los datos procedentes de dos o más procesos disjuntos. (Milencovic').

Los sistemas de multiprogramación se caracterizan por una multitud de programas activos simultáneamente que compiten por los recursos del sistema, ya sea la memoria, el procesador y los dispositivos e/s. El sistema operativo monitoriza el estado de todos los programas activos y recursos del sistema, es el encargado de asignar recursos y proporcionar servicios a los programas en ejecución. (Milencovic').

La figura 2.4 muestra un esquema de ejecución concurrente de dos programas, cómo sugiere esta figura, este tipo de programación produce ganancias significativas de rendimiento.

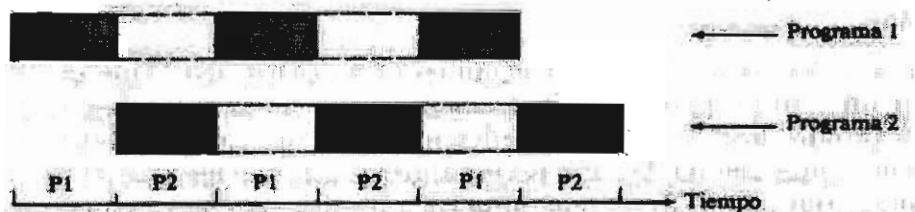


Figura 2.4 Esquema de ejecución concurrente de dos programas

La ejecución paralela de programas no es posible con un procesador simple, solamente se puede ejecutar uno a la vez, lo que hace la multiprogramación es aprovechar los tiempos muertos del procesador para realizar otra tarea.

2.2.2.1.2.1 Sistemas de tiempo compartido

En estos sistemas operativos, los programas se ejecutan con prioridad rotatoria. Cada programa se ejecuta durante un periodo determinado de tiempo, una vez que dicho periodo ha terminado, el sistema operativo interrumpe al programa en ejecución, y lo pone al final de la cola de programas en espera, entonces el programa al inicio de la cola, es ejecutado. (Milencovic'). Este modo de operación proporciona un tiempo de respuesta rápido, y con procesadores actuales, da la impresión de que fuera un sistema en tiempo real.

El gestor de memoria en un sistema de tiempo compartido proporciona aislamiento y protección a la localidad de memoria donde se encuentran cada uno de los programas coresidentes, además proporciona algunas formas de compartición controlada para conservar la memoria y permitir el intercambio de datos entre programas. (Milencovic').

El gestor de archivos debe ser proporcionar protección y control en el acceso, debido a que estos sistemas operativos son multiusuario. (Milencovic').

Los sistemas operativos de tiempo compartido más representativos, son Windows y MacOS.

2.2.2.1.2.2 Sistemas operativos de tiempo real

Los sistemas operativos en tiempo real, son usados en entornos, donde se deben procesar en un tiempo breve, y sin tiempos muertos, un gran número de tareas. Este tipo de sistemas, esperan el proceso súbito de miles de interrupciones por segundo sin perder un solo suceso. Estos requerimientos no pueden abordarse con la multiprogramación en solitario. (Milencovic').

Los procesos son activados por un suceso o por una interrupción, se planifican los procesos independientes unos de otros, asignando a cada uno un cierto nivel de prioridad que corresponde a su importancia relativo. El procesador esta normalmente asignado al proceso de más alta prioridad entre los que están listos para ejecutarse. Esta es una forma de planificación basada en la prioridad preferente y se usa en la mayoría de sistemas operativos de tiempo real. (Milencovic').

Los procesos residen permanentemente en memoria para proporcionar tiempos de respuesta rápidos. Estos cooperan estrechamente entre si, por lo tanto es necesaria la compartición y la separación de memoria. (Milencovic').

El tiempo crítico en respuesta es una de las características principales de los sistemas de tiempo real, por lo tanto el gestor de interrupciones debe ser sofisticado, ya que debe permitir que los procesos estén conectados directamente a vectores de interrupción y sucesos de servicio. Así mismo el acceso a los archivos debe ser rápido. (Milencovic').

Los sistemas de tiempo real son ampliamente utilizados en control industrial, comunicaciones y aplicaciones militares, entre otros.

Un ejemplo de sistema operativo en tiempo real, es el utilizado para desarrollar el software de este proyecto, el RTKernel de OnTime.

2.2.2.2 Reseña histórica de los sistemas operativos

Durante los años cuarenta, las primeras computadoras carecían totalmente de sistema operativo, los programas eran introducidos bit a bit, mediante interruptores mecánicos, y posteriormente mediante tarjetas perforadas. (Deitel).

A principios de los años cincuenta, los "General Motors Research Laboratories", implementaron el primer sistema operativo para una computadora IBM 701, este sistema operativo era un sistema de procesamiento por lotes muy primitivo. (Deitel).

En la década de los sesentas, notando la ineficiencia de los sistemas de procesamiento por lotes, debido a la gran cantidad de tiempos muertos que provocaban en el procesador, se empezaron a desarrollar los sistemas operativos de multiprogramación. En 1964, IBM, presentó la familia de computadoras System/360, que utilizaban el sistema operativo OS/360. Esto dio un gran impulso al desarrollo de sistemas operativos. Se hicieron sistemas que eran capaces de atender a varios usuarios interactivos, los sistemas operativos de tiempo compartido. Además se desarrollaron varios sistemas de tiempo real, que se caracterizaban por su capacidad de respuesta inmediata. Los sistemas de tiempo compartido de esa época, eran sistemas con múltiples nodos de operación, que realizaban procesamiento por lotes y aplicaciones de tiempo real. Los avances más significativos en el área de multiprogramación fueron el sistema CTSS y el Multics desarrollados por MIT y AT&T; El TSS, y el VM, de IBM. (Deitel).

En los setentas, se empezaban a desarrollar las computadoras personales (PC's), que fueron impulsadas en gran manera debido al avance en la fabricación y funcionamiento de los microprocesadores. En estos años se desarrolló e implementó el estándar de comunicaciones TCP/IP del Departamento de defensa de los Estados Unidos. Las comunicaciones en las redes de área local (LAN), se hicieron prácticas y funcionales, con el estándar Ethernet desarrollado en el Centro de investigación de Palo Alto de Xerox. La seguridad fue un punto crítico, debido a la gran cantidad de información que pasaba a través de las desprotegidas líneas de información, con lo cuál la criptografía tuvo un gran auge. (Deitel).

La década de los ochentas, fue la década de la PC, la tecnología de los microprocesadores avanzó de tal manera que fue posible construir computadoras de escritorio poderosas. El 12 de Agosto de 1981 fue presentada la primer PC por IBM. Esto dio origen a una revolución en la computación, abriendo paso a una evolución acelerada de los sistemas operativos. Se crearon, sistemas orientados a conexión de red. De esta forma proliferaron las aplicaciones de correo electrónico, transferencia de archivos y

acceso a bases de datos remotas, el modelo cliente/servidor¹ se generalizó. (Deitel).

Durante los años noventas el avance en el desarrollo de sistemas operativos continuó a pasos agigantados, predominaron las poderosas interfaces gráficas que evolucionaron hasta alcanzar paletas de colores 32 bits, los asistentes de configuración (muy comunes en Windows), con estos los usuarios, ya no tenían que saber prácticamente nada acerca del funcionamiento interno de la PC. Se logró la implementación de dispositivos para transferencia de datos a alta velocidad, como NIC's² y USB. La capacidad de los medios de almacenamiento se agrandó notablemente.

En el año 2000 y posteriores, los sistemas operativos, siguieron evolucionando, mejorando aún más las interfaces gráficas, la transferencia de datos se ha acelerado y se ha hecho más segura, la Internet se está expandiendo por todo el mundo. Los dispositivos inalámbricos han tenido una gran aceptación. La tecnología plug and play, ha hecho posible que usuarios promedio, sean capaces de instalar tarjetas, discos duros, y hardware en general, sin mayor problema.

La evolución continúa en los sistemas operativos, que deben adaptarse a las nuevas arquitecturas de las computadoras, que tiende a la miniaturización. La computación se ha hecho parte fundamental de la vida de estudiantes, profesionistas, empresarios, etc. y sigue entrando a cada vez más áreas.

2.2.2.3 Conceptos importantes en la teoría de sistemas operativos

- **Monotarea:** Solamente se puede ejecutar un proceso a la vez. Una vez que empieza a ejecutar un proceso, continuará haciéndolo hasta su finalización o interrupción.

¹ Clientes son los usuarios de la red que requieren la realización de diversos servicios, el servidor son los componentes de la red (hardware/software) que prestan dichos servicios. (Deitel).

² Network Interface Card.

- **Multitarea:** Se pueden ejecutar varios procesos al mismo tiempo. Este tipo de S.O. normalmente asigna los recursos disponibles (procesador, memoria, periféricos) de forma alternativa a los procesos que los solicitan. En ocasiones basándose en la prioridad de cada uno de los procesos, o simplemente se asignan dichos recursos por tiempo.
- **Monousuario:** Solamente se pueden ejecutar los programas de un usuario a la vez.
- **Multiusuario:** Varios usuarios pueden ejecutar simultáneamente sus programas, accediendo a la vez a los recursos de la computadora.

2.2.3 Procesos

Un proceso es un programa en ejecución. Un programa es una entidad inanimada, solo cuando es ejecutado por el procesador, se convierte en una entidad activa que se denomina proceso. (Deitel).

Al sistema operativo se le puede definir como el software para sistemas de computadoras que ayuda al hardware a realizar funciones de gestión de procesos. (Milencovic').

2.2.3.1 Estados de un Proceso

Un proceso pasa por una serie de estados. Varios eventos pueden ocasionar que un proceso cambie de estado. Un proceso está en ejecución cuando tiene asignado el procesador; Un proceso está listo cuando pudiera utilizar el procesador, en caso de que este esté disponible; Un proceso bloqueado cuando espera un evento para poder pasar a estado listo; Un proceso está suspendido cuando se interrumpe su ejecución, por la ocurrencia de un evento, y espera algún otro evento para proseguir su ejecución. (Deitel).

Cuando se admite una tarea en el sistema, se crea el proceso correspondiente y dependiendo de su prioridad se inserta en la lista de procesos listos, a medida que los procesos que se encuentran antes que él, completan su turno

de uso del procesador, dicho proceso llegará al principio de la lista, y se le asignará el procesador, en este momento pasará de estado listo a estado en ejecución. La asignación del procesador al primer proceso de la lista de procesos listos se denomina despacho. (Deitel).

Para evitar que un proceso monopolice el sistema en forma accidental o mal intencionada, el sistema operativo utiliza un reloj de interrupción por hardware, si el proceso no libera voluntariamente el procesador antes de que expire el intervalo de tiempo, el reloj genera una interrupción, haciendo que el sistema operativo retome el control, entonces el proceso que estaba siendo ejecutado, pasa a estado listo, y es ejecutado el siguiente proceso de la lista. (Deitel).

Un proceso puede crear otro proceso, y a su vez un proceso puede destruir a otro proceso, cuando esto ocurre, los recursos de dicho proceso son devueltos al sistema. (Deitel).

La suspensión de un proceso puede ser hecha por el mismo proceso, o por otro proceso. Un proceso suspendido no puede proseguir hasta que otro proceso lo reanuda. Esto también aplica para el bloqueo de procesos. (Deitel).

2.2.3.2 Bloque de control de proceso

El bloque de control de proceso o descriptor de proceso, es una estructura de datos que contiene información importante acerca de un proceso, como:

- Estado actual del proceso
- Identificador del proceso.
- Un apuntador hacia el proceso padre que creó a este proceso.
- Apuntadores hacia los procesos hijos creados por este proceso.
- Prioridad del proceso.
- Apuntadores hacia las zonas de memoria del proceso.

(Deitel).

El bloque de control de proceso o descriptor de proceso es un almacén central de información que permite al sistema operativo localizar toda la información necesaria acerca de un proceso. (Deitel).

2.2.3.3 Comunicación y sincronización entre procesos

La sincronización entre procesos es necesaria para preservar la integridad del sistema y prevenir problemas de tiempo producidos por el acceso concurrente a recursos compartidos por múltiples procesos. En otras palabras, los procesos cooperantes deben sincronizarse siempre que intenten usar recursos compartidos, tales como estructuras de datos y dispositivos físicos. (Milencovic').

2.2.3.3.1 Exclusión mutua

Los recursos compartidos entre procesos, pueden ser los datos globales de una aplicación, o los dispositivos físicos que están asignados a la aplicación en cuestión. (Milencovic'). Si en un sistema los procesos no están sincronizados adecuadamente, puede llegar el momento en que dos procesos, intenten modificar una variable global al mismo tiempo, o intenten utilizar un dispositivo e/s simultáneamente. Por citar un ejemplo; Suponiendo que un proceso esta utilizando el puerto RS232, para enviar un byte, y a la mitad de la transmisión, es interrumpido por otro proceso, que accede a su vez al puerto, para enviar otro byte distinto, entonces el dato enviado, será erróneo, y pudiera ocasionar problemas con el dispositivo que se este comunicando.

Para resolver este tipo de conflictos, el sistema operativo, solamente permite el acceso al recurso compartido, al proceso que ejecuta una sección crítica de código³, impidiendo a los demás procesos hacerlo, hasta la finalización adecuada de la sección crítica. A esto se le llama exclusión mutua, que resumiendo es cuando un proceso evita temporalmente a los otros, el uso de

³ Sección del código donde se accede a un recurso compartido. (Milencovic').

un recurso compartido durante las operaciones críticas que pueden afectar adversamente la integridad del sistema. (Milencovic').

2.2.3.3.2 Semáforos

Un semáforo es una variable protegida cuyo valor solo puede ser alterado mediante las operaciones señalización y espera. (Deitel). La operación espera decrementa el valor del semáforo, siempre y cuando este no sea menor a cero; La operación señalización incrementa el valor del semáforo. (Milencovic').

Existen dos tipos de semáforos: Los semáforos binarios, los cuáles solamente pueden adquirir los valores 0 y 1; Y los semáforos contadores, que pueden adquirir valores enteros positivos. (Milencovic') (Deitel).

Los semáforos y las operaciones que con ellos pueden llevarse a cabo, normalmente se incluyen en el núcleo del sistema operativo. (Deitel).

Los semáforos son un mecanismo sencillo pero poderoso de sincronización entre procesos. (Milencovic'). Sirven para realizar una sincronización bloquear/ despertar: Un proceso se bloquea a si mismo, cuando este señala un semáforo, mientras que otro proceso despierta al detectar la señalización del semáforo.

2.2.3.3.3 Mensajes

Para realizar sus funciones colectivas, los procesos cooperantes deben intercambiar datos y sincronizar con otros procesos. (Milencovic'). Existen dos formas de comunicación entre procesos, que son la memoria compartida y el paso de mensajes. (Deitel).

Los mensajes son un mecanismo relativamente sencillo que encaja en la comunicación y sincronización entre procesos. En esencia un mensaje es una colección de información que se puede intercambiar entre un proceso emisor y

uno receptor. Un mensaje puede contener datos u órdenes de ejecución o incluso algún código transmitido entre dos o más procesos. (Milencovic').

Las comunicaciones a base de mensajes se pueden establecer directamente entre un transmisor y un receptor, o pueden utilizar colas intermedias. Un buzón es una cola de mensajes que puede ser utilizada por múltiples transmisores y receptores. (Deitel).

Un proceso puede o no, continuar funcionando después de enviar un mensaje. Un proceso que desea recibir un mensaje se suspende hasta que se recibe el mensaje. (Milencovic').

Los mensajes permiten la comunicación y sincronización entre procesos sin la necesidad de variables globales. (Milencovic').

2.2.4 Interrupciones

Es importante analizar el concepto de interrupción, ya que en el software de la estación de control de este proyecto, son ampliamente utilizadas, debido a la forma de programación y a la plataforma que usa.

En computación, una interrupción es un evento que altera la secuencia en que el procesador ejecuta las instrucciones, esta es generada vía hardware. (Deitel).

En el momento que ocurre una interrupción, ocurre lo siguiente:

- El sistema operativo toma el control.
- El sistema operativo guarda el estado del proceso interrumpido.
- El sistema operativo analiza la interrupción y transfiere el control a la rutina apropiada para atenderla.
- La rutina del manejador de interrupciones procesa la interrupción.
- Se restablece el estado del proceso interrumpido.
- Se termina de ejecutar el proceso que fue interrumpido, o se ejecuta otro proceso que éste listo en ese momento. (Deitel).

La ventaja de las interrupciones radica en que es una forma económica de obtener la atención del procesador, de modo que no se tiene que estar mapeando constantemente todos los dispositivos, para ver cuál requiere atención.

2.2.4.1 Clases de interrupciones

Existen seis tipos de interrupciones, que pueden suceder en un sistema de cómputo.

1. Interrupciones SVC: Son iniciadas por un proceso en ejecución que ejecute una instrucción SVC⁴. El mecanismo de las SVC ayuda a proteger el sistema operativo de las acciones de los usuarios. (Deitel). Esto implica que un usuario no puede entrar de manera arbitraria al sistema operativo, debe solicitar un servicio por, medio de una SVC.
2. Interrupciones E/S: Son realizadas por hardware de entrada / salida. Estas interrupciones indican al procesador el cambio de estado de uno de estos dispositivos. (Deitel).
3. Interrupciones externas: Estas interrupciones son causadas por eventos diversos, cómo pueden ser, la expiración de un cierto tiempo en un reloj, presionar una tecla del teclado, entre otras. (Deitel).
4. Interrupciones de reinicio: Ocurren cuando se presiona el botón de encendido de la computadora, o cuando algún dispositivo las genera, para que el sistema sea reiniciado. (Deitel).
5. Interrupciones de verificación del programa: Son causadas por una amplia clase de problemas que pueden ocurrir cuando se ejecutan las instrucciones en lenguaje máquina de un programa. (Deitel). Por citar un ejemplo, la división entre 0.
6. Interrupciones de verificación de la máquina: Son ocasionadas por el mal funcionamiento del hardware. (Deitel). Por ejemplo, la falta de cartucho en una impresora, etc.

⁴ Una SVC (supervisor call) es una petición generada por el usuario de un servicio particular del sistema. (Deitel).

2.2.4.2 Manejadores de interrupciones

El sistema operativo incluye rutinas denominadas manejadores de interrupciones de primer nivel, usados para procesar las diferentes tipos de interrupciones. Por lo tanto hay seis manejadores de interrupciones de primer nivel: manejador de SVC, manejador de E/S, manejador externo, manejador de reinicio, manejador de verificación del programa y el manejador de verificación de la máquina. Cuando ocurre una interrupción, el sistema operativo guarda el estado de proceso interrumpido y transfiere el control al manejador de interrupciones apropiado. Esto se llama mediante una técnica llamada cambio de contexto. (Deitel).

Cuando se completa el procesamiento de la interrupción, se asigna el procesador al proceso que se estaba ejecutando cuando ocurrió la interrupción, o bien al proceso listo con mayor prioridad.

2.2.5 Núcleo del sistema operativo

El núcleo o kernel es el corazón del sistema operativo. Es el encargado de que el software y el hardware trabajen juntos, gestionando y administrando recursos, a través de servicios de llamada al sistema.

El núcleo representa solo una pequeña parte del código de todo el sistema operativo, pero es el código que más se utiliza. Es por eso que el núcleo reside permanentemente en la memoria principal. (Deitel).

El núcleo se encarga de procesar las interrupciones. En los sistemas operativos modernos, se dirige al procesador un flujo continuo de interrupciones, por lo que es necesaria una respuesta rápida a tales interrupciones, para aprovechar eficientemente los recursos del sistema. Este inhabilita las interrupciones cuando atiende una interrupción, y las vuelve a habilitar cuando se ha completado el procesamiento de dicha interrupción. Cuando se da un flujo continuo de interrupciones, es posible que el kernel las deje inhabilitadas por un periodo largo, lo cual puede generar un tiempo de

respuesta amplio. Por este hecho los núcleos modernos son diseñados para realizar el mínimo posible de procesamiento de cada interrupción, derogando el resto hacia otro componente apropiado del sistema operativo, que puede operar mientras el núcleo se habilita para atender otras interrupciones. (Deitel).

Las funciones principales del núcleo del sistema operativo son: (Deitel).

- Manejo de interrupciones.
- Creación y destrucción de procesos.
- Cambio de estado de procesos.
- Sincronización de procesos.
- Comunicación entre procesos.
- Manipulación de los bloques de control de procesos.
- Administración de actividades e/s.
- Administración de memoria.

Como hay muchos programas y el acceso al hardware es limitado, el núcleo decide qué programa podrá hacer uso de un dispositivo de hardware y durante cuánto tiempo. Acceder al hardware directamente es complejo, por lo que el núcleo implementa una serie de abstracciones de hardware⁵. Esto permite esconder la complejidad, y proporciona una interfaz limpia y uniforme al hardware subyacente.

2.2.6 MSDOS

Las siglas MSDOS son un acrónimo de "Microsoft Disk Operating System". Es un sistema operativo, que cuenta un conjunto de aplicaciones que permiten manipular información contenida en discos. Opera en un primer nivel, de gestión de hardware, coordinando el funcionamiento del procesador, además proporciona un intérprete entre el lenguaje binario de la máquina y el lenguaje propio del ser humano, así como entre la máquina y los programas de aplicación. (Deitel)

⁵ Es un elemento del sistema operativo que funciona como una interfaz entre el software y el hardware del sistema, proveyendo una plataforma de hardware consistente sobre la cual correr las aplicaciones.

El MSDOS es un sistema operativo mono usuario y mono tarea. Lo cual implica que el procesador está dedicado en exclusividad a la ejecución de un solo proceso, por lo que su planificación es simple.

Tiene una estructura arborescente donde existen unidades, dentro de ellas directorios y a su vez dentro de ellos tenemos los ficheros. Los directorios son, dentro de las unidades, carpetas donde se guardan los ficheros. Los ficheros son conjuntos de datos y programas. (Deitel).

Los 3 ficheros principales del DOS son: (Deitel).

- IBMBIOS.COM .- Se encarga de las comunicaciones de entrada y salida.
- IBMDOS.COM .- Es el núcleo del sistema operativo.
- COMMAND.COM.- Carga y permite ejecutar los comandos.
-

El MS-DOS contiene cinco elementos fundamentales: (Deitel).

- 1.- ROM-BIOS.- Programas de gestión de entrada y salida entre el sistema operativo y los dispositivos de la computadora.
- 2.- IO.SYS.- Son un conjunto de instrucciones para la transferencia de e/s desde periféricos a memoria. Prepara el sistema en el arranque y contiene controladores de dispositivos residentes en el sistema.
- 3.- MSDOS.SYS.- Programa que gestiona los archivos, directorios, memoria y entornos.
- 4.- DBLSPACE.BIN.- Gestiona de toda la compresión y descompresión de ficheros.
- 5.- COMMAND.COM.- Es el intérprete de comandos, mediante los cuales el usuario se comunica con el sistema.

2.2.6.1 Reseña histórica del MSDOS

El MSDOS tiene el origen en el QDOS (Quick and Dirty Operating System) sistema operativo escrito por Tim Paterson para Seattle Computer Products y comercializado bajo el nombre de 86-DOS. Cuando IBM encargó a Microsoft un sistema operativo para su IBM PC, Microsoft se vio incapaz de

cumplir los plazos y compró los derechos del QDOS. El cuál fue utilizado como base para el desarrollo del MSDOS, los requerimientos de discreción de IBM eran rígidos; el desarrollo se realizó en una habitación segura de dos por tres metros, sin ventanas. EL MSDOS se ejecutó en el IBM PC en agosto de 1981. En poco tiempo se convirtió en el sistema operativo de más amplio uso en el mundo. (Deitel).

2.2.7 Windows

Desde 1985 Microsoft ha lanzado al mercado varias versiones de Windows, empezando por Windows 1.0, hasta Windows Vista en el año 2007, para efectos de este trabajo, se tratarán solamente las versiones más trascendentales desde Windows 3.1 hasta Windows XP.

Windows a partir de la versión Windows NT, es un sistema operativo multiusuario y multitarea, enfocado a ser utilizado por el usuarios promedio, incluyendo una gran cantidad de asistentes, de modo de esconder la complejidad del hardware de detrás de una potente interfaz gráfica.

2.2.7.1 Windows 3.1

La versión 3.1 de Windows mejoró notablemente el entorno de usuario y los tiempos de ejecución, con respecto a las versiones pasadas. También introdujo conceptos, que hoy son tan imprescindibles como OLE⁶, acrónimo de Object Linking and Embedding, soporte para fuentes True Type⁷ y multimedia. (Franco). Windows 3.1 corría en modo protegido⁸, requería un procesador 286 ó 386, y un mínimo de 1 MB de memoria. (Petzold).

⁶ Vinculación e incrustación de objetos.- es un sistema de objeto distribuido y un protocolo desarrollado por Microsoft. Su uso principal es el manejo de documentos, y para transferir datos entre aplicaciones diferentes.

⁷ Fuentes vectoriales, de alta calidad que emplean funciones cuadráticas. Desarrolladas por Apple y Microsoft.

⁸ Modo operacional de los procesadores x86, donde se da protección a la memoria y se da soporte de hardware para memoria virtual.

El Windows 3.1 es una interfaz grafica de 16 bits que corre bajo MSDOS. Windows nunca fue un Sistema Operativo hasta Windows NT.

2.2.7.2 Windows NT 3.1

A diferencia de Windows 3.1, Windows NT 3.1 es un sistema operativo de 32 bits, que fue hecho desde cero (NT es un acrónimo de New Technology). Es robusto y fiable en comparación con Windows 3.1. Es un sistema multiusuario y orientado a redes, por lo cual a la seguridad se le dio mucho énfasis. (Franco)(Petzold).

Windows NT 3.1 fue un sistema operativo portable, debido a que podía funcionar en otros procesadores que no fueran fabricados por Intel. (Franco)(Petzold).

Es un sistema operativo multitarea, compatible con aplicaciones DOS y aplicaciones de Windows de 16 y 32 bits. (Franco).

La desventaja que tenía era que los requerimientos de hardware eran muy superiores a las de Windows 3.1, y por ende existían pocos programas específicamente diseñados para aprovechar las aplicaciones superiores que ofrecía. (Franco).

2.2.7.3 Windows 95

Windows 95 es un sistema operativo de 32 bits, con un entorno de usuario más atractivo y efectivo que el de las versiones anteriores de Windows, contiene mejoras substanciales en el funcionamiento en red. Se mejoró notablemente el soporte multimedia. En esta versión se introdujo la tecnología Plug and Play. Además de que es totalmente compatible con aplicaciones Dos y aplicaciones de Windows de 16 y 32 bits (Win16 y Win32). (Franco). Además que los requerimientos de hardware eran más cómodos para la época, ya que el sistema operativo consumía pocos recursos para su ejecución. (Franco)(Petzold).

Era un sistema operativo multitareas, contaba con un subsistema en modo protegido que estaba especialmente escrito a procesadores 80386 o superiores, lo cual impedía que aplicaciones Win32 invadieran el área de memoria de otras aplicaciones Win32, lo cual hacía muy estable al sistema.

El contra de Windows 95 es que carecía de la seguridad que ofrecía Windows NT, además de que no era portable. (Petzold).

2.2.7.4 Windows 98

Windows 98, incluía mejoras de rendimiento, un mayor soporte de hardware, mejoras considerables en la conectividad a redes, una gran integración con Internet. (Petzold).

Windows 98 es un sistema operativo que se generó a partir de Windows 95, Windows 3.1 y del MSDOS. Su principal diferencia con los primeros es que usa el sistema de archivos FAT 32, lo que lo hace más rápido ya que almacena los datos más eficazmente. (Petzold).

Se mejoró notablemente la arquitectura de 32 bits, incluyendo un nuevo modelo de controlador. Incluye soporte para USB, y unidades DVD-Rom. (Petzold).

Este ha sido uno de los grandes aciertos de Microsoft, cabe mencionar, la rapidez con que ejecuta aplicaciones de 32 bits, y la gran compatibilidad con aplicaciones de 16 bits y con aplicaciones DOS, además su estabilidad le da una fiabilidad que Windows 95 o NT no tienen.

2.2.7.5 Windows 2000

Windows 2000 representa un esfuerzo por unificar lo que hasta ahora eran dos sistemas operativos distintos, Windows 9x y Windows NT. Dicho en otras palabras, Windows 2000 ofrece lo mejor de ambos mundos: la solidez y la seguridad de NT, junto a la facilidad de manejo, soporte de hardware y multimedia de Windows 98. (Franco).

Windows 2000 ofrece un gran soporte de hardware, una interfaz renovada. Incluye soporte para las tecnologías USB 2.0, FAT32, y administración avanzada de energía, una total integración con Internet, con conectividad en red, y con la tecnología Plug and Play. (Franco).

2.2.7.6 Windows XP

La evolución final de Windows 2000 y la integración con algunos de los subsistemas probados con éxito en Windows ME, ha sido Windows XP.

Windows XP integra la base de códigos de Windows NT y Windows 2000, que presenta una arquitectura informática de 32 bits y un modelo de memoria completamente protegida. Las estructuras de los datos importantes del núcleo son de sólo lectura, por lo que los controladores y las aplicaciones no pueden modificarlas, manteniendo la integridad del sistema operativo.

Aunque mantiene el núcleo de Windows 2000, Windows XP Professional tiene un nuevo diseño visual. Las tareas comunes se han consolidado y simplificado, y se han agregado nuevas señales visuales, que simplifican enormemente las tareas a los usuarios.

2.2.7.7 Reseña histórica de Windows

En 1985 Microsoft lanzó la primera versión de Windows, Windows 1.0. Dos años después salió a la luz Windows 2.0, que ya incluía mejoras en la interfaz gráfica, así como con el teclado y el mouse. Después vino Windows 2.1, que utilizaba el modo virtual del procesador Intel 386, es por esto que Microsoft renombró esta versión de Windows como Windows /286. (Petzold).

El 22 de mayo de 1990, Windows 3.0 fue presentado, soportaba operaciones protegidas de 16 bits, lo cual permitió a las aplicaciones acceder hasta 16 MB de memoria. Esta fue la primera versión que se utilizó en computadoras caseras y de oficinas. (Petzold).

En abril de 1992, salió al mercado Windows 3.1, que incluía mejoras significativas, como OLE, y soporte para fuentes True Type. (Petzold)(Franco). La primera versión de Windows NT fue introducida en julio de 1993, este fue el primer sistema operativo Windows, ya que las versiones anteriores solamente eran un interfaz gráfica del MSDOS. (Petzold).

Windows 95 salió en agosto de 1995. Tres años después en junio de 1998, Windows 98 salió a la venta. (Petzold).

A finales de 1999 Windows Millenium fue lanzado, pretendiendo facilitar la transición hacia la tecnología NT. Este lanzamiento fue seguido casi inmediatamente de Windows 2000. (Franco).

Windows XP se dio a conocer públicamente el 25 de octubre del 2001.

2.2.8 Unix

Unix es un sistema operativo de 32 bits, multiusuario y multitarea, de tiempo compartido. Tiene la capacidad de simular multiprocesamiento concurrente. Está escrito en un lenguaje de alto nivel: C. Emplea manejo dinámico de memoria por intercambio o paginación. Tiene la capacidad de interconectar procesos, permitiendo la comunicación e intercambio de datos entre ellos. Emplea un sistema jerárquico de archivos, con una protección alta de los mismos. (Kaare).

El núcleo de Unix reside permanentemente en la memoria, y atiende todas las llamadas del sistema, administra el acceso a los archivos y el inicio o la suspensión de los procesos. A diferencia de otros sistemas operativo, el kernel de Unix tiene pocas funciones, una vez que ha recibido la llamada del sistema, relega el proceso de la misma a otros componentes del sistema operativo. (Kaare).

El núcleo de Unix gestiona los recursos para cualquier proceso que los necesite Estas son algunas de sus funciones principales: (Kaare).

- Creación de procesos, asignación de tiempos de atención y sincronización.
- Asignación de la atención del procesador a los procesos que lo requieren.
- Administración de espacio en el sistema de archivos, que incluye: acceso, protección y administración de usuarios; comunicación entre usuarios así como entre procesos, manipulación de e/s y administración de periféricos.
- Supervisión de la transmisión de datos entre la memoria principal y los dispositivos periféricos.

Uno de los programas más importantes de un sistema Unix, es el Shell. El Shell es un programa interactivo, y un intérprete para la ejecución de comandos. Los comandos son ingresados, y el Shell se encarga de interpretarlos y ejecutarlos. En pocas palabras el Shell es un intérprete de comandos. El Shell es una pieza clave en la coordinación y combinación de los programas. Además es un poderoso y muy sofisticado lenguaje de programación. (Kaare). Resumiendo, el Shell es un lenguaje de control, un intérprete, y un lenguaje de programación, ofrece las estructuras de control normales: secuenciación, iteración condicional y selección, paso de parámetros y sustitución textual de variables y cadenas. (Kaare).

2.2.8.1 Reseña histórica de Unix

En 1965, los Bell Telephone Laboratories (Bell Labs), una división de AT&T estaba trabajando con General Electric en el Proyecto MAC del MIT para escribir un sistema operativo llamado Multics. El Multics es un sistema operativo multiusuario interactivo. En 1969 Bell Telephone Laboratories dejó el proyecto, por falta de resultados, lo cual lo dejó a Bell Labs sin un buen sistema operativo. (Kaare) (Greenfield).

En 1970 Bell Labs necesitó un entorno de desarrollo que corriera en una minicomputadora PDP-7. Entonces Dennis Ritchie, Ken Thompson, Brian Kernighan, tomaron como base el trabajo desarrollado en Multics, e inventaron

un sistema operativo hecho totalmente en lenguaje ensamblador, al cuál llamaron con el nombre de Unix como un juego de palabras contra Multics. (Greenfield).

Dos años después, Dennis Ritchie inventó el lenguaje de programación C. En 1973, se reescribió el sistema operativo Unix en C, en lugar del ensamblador original. En 1977, se movió Unix a una nueva máquina distinta de las PDP. El hecho de que Unix estaba escrito en C facilitó la migración, pues gran parte del código ya escrito necesitó sólo una simple recompilación, y no una rescritura. (Greenfield).

Al final de la década de 1970, AT&T tenía prohibido competir en la industria de la computación, por lo que otorgó licencias económicas de Unix a varios colegios y universidades. Unix se difundió lentamente dentro de las instituciones académicas.

Durante los años posteriores a 1980 ganó gran reputación, y fue ampliamente aceptado en aplicaciones de alta tecnología, especialmente en ingeniería y en diseño asistido por computadora. Gradualmente Unix adquirió poderosas capacidades de trabajo en red. (Greenfield).

Existen dos corrientes principales: el System V, de los Unix System Laboratories; Y el BSD, de Berkeley, Universidad de California. (Kaare) (Greenfield).

2.2.9 Linux

Linux es un sistema operativo, compatible con Unix (prácticamente un clon). Es un sistema operativo de libre distribución y el código fuente es abierto. El sistema está constituido por el núcleo acompañado de un gran número de programas y bibliotecas que hacen posible su utilización. Linux se distribuye bajo la GNU GPL⁹ por lo tanto, el código fuente tiene que estar siempre

⁹ General Public License es una licencia creada por la Free Software Foundation , y está orientada a proteger la libre distribución del software.

accesible y cualquier modificación ó trabajo derivado tiene que tener esta licencia.

Linux es un sistema operativo multiusuario y multitarea. Implementa un sistema de ejecución llamado multitarea preventiva asegurándose que todos los programas que se están utilizando en un momento dado serán ejecutados, siendo el sistema operativo el encargado de ceder tiempo de microprocesador a cada programa. (Greenfield).

Implementa protección de la memoria entre procesos, de manera que uno de ellos no pueda hacer caer al sistema, además carga los ejecutables por demanda por lo tanto sólo lee del disco aquellas partes de un programa que están siendo usadas. Varios procesos pueden usar la misma zona de memoria para ejecutarse. Esto aumenta la velocidad y reduce el uso de memoria. (Greenfield) (Wirzenius).

En caso de que ocurra un error, se realiza un volcados de estado, permitiendo el uso de depuradores sobre los programas no sólo en ejecución sino también tras abortar éstos por cualquier motivo. (Wirzenius).

Linux tiene la capacidad de emulación un coprocesador matemático en el núcleo, de tal forma que los programas no tengan que hacer su propia emulación matemática. (Greenfield) (Wirzenius).

El núcleo incluye diversos protocolos de red, como TCP, IPv4, IPv6, AX.25, X.25, IPX, DDP, Netrom, entre otros. (Greenfield) (Wirzenius).

2.2.9.1 Reseña histórica de Linux

A principios de 1990, un estudiante de computación de la Universidad de Helsinki en Finlandia llamado Linus Torvalds, empezó a hackear el sistema operativo Minix (que era una pequeña adaptación de UNIX), hizo una modificación significativa al núcleo, a la cual llamó Linux. (Greenfield)

Linux ha sido registrado bajo los términos de la GNU General Public License

Además de las dos variaciones de Unix, System V y BSD, existe un conjunto de documentos de estandarización publicados por la IEEE denominados POSIX. Linux antes que nada satisface los documentos POSIX-1 y POSIX-2. Su apariencia se asemeja mucho a la del BSD en ciertas partes, mientras que es parecido al System V en otras. Es una combinación de los tres estándares. (Greenfield)

La funcionabilidad, adaptabilidad y la robustez de Linux, lo hacen un gran alternativa a los sistemas operativos de Microsoft. Grandes empresas del mundo de la computación como IBM, Hewlett-Packard e Intel, han apoyado el desarrollo de Linux.

Existen varias distribuciones de Linux, que se pueden descargar completamente gratis de la red; siendo las más populares, la de Mandriva (Linux Mandriva), la de Novell (Linux Suse), el Red Hat Linux, Linux Ubuntu etc. Este S.O. se ha abierto tantas puertas, que debido a su alta eficiencia y estabilidad está siendo muy utilizado a nivel industrial.

3 Implementación y desarrollo

3.1 Hardware del sistema

El sistema que se desarrollo está enfocado a la medición de diferentes señales analógicas, las cuales representan variables atmosféricas o físicas del medio, como son la temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbidez, nivel, etc.

El sistema de monitoreo está compuesto por diferentes módulos, cada uno con una tarea específica, primero se tiene un modulo de amplificación para acondicionar la señal de la variable de manera que esté en el rango de lectura la estación de medición, estas señales pasan a la estación de medición y son convertidas a un valor digital el cual es transmitido vía inalámbrica a la estación de control, la cual se encarga de gestionar la comunicación entre las diferentes estaciones de medición como lo muestra la Figura 7.

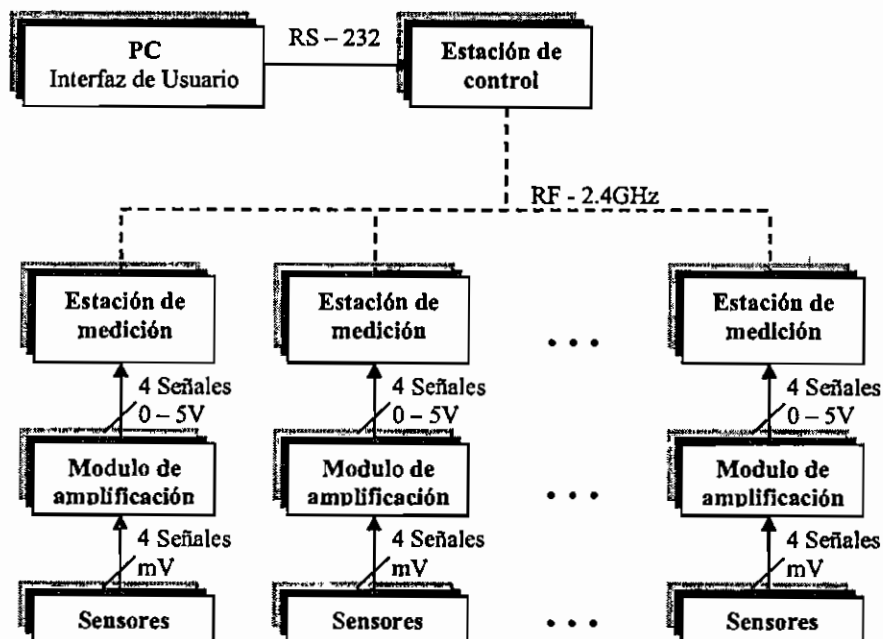


Figura 3.1 Diagrama de comunicación entre módulos

3.1.1 Modulo de amplificación

Las señales de voltaje provenientes de los elementos primarios de medición por lo general están en el orden de milivolts deben de ser amplificadas para poder realizar una conversión de esta lectura a un valor digital sin pérdida de información debida la resolución del convertidor.

Para la medición de las variables mas criticas se planteo realizar la medición de tres parámetros en los que se utilizó un sensor de temperatura de la marca DAVIS, un medidor de oxigeno disuelto y pH de la marca OMEGA, las señales de estos sensores son analógicas y deberán de estar en el rango de 0-5v para la lectura en la estación de medición.

3.1.1.1 Selección de amplificadores

Para acondicionar la señal se propuso utilizar un amplificador de instrumentación, ya presenta un buen rechazo al ruido común ya que la entrada es diferencial.

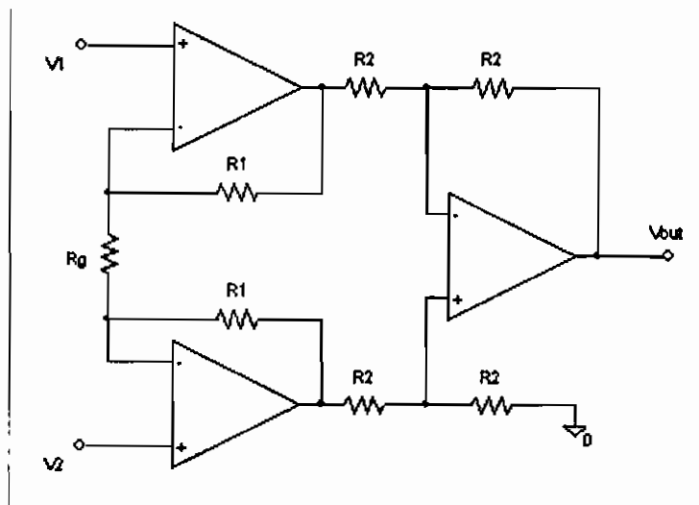


Figura 3.2 Diagrama de conexión del amplificador de instrumentación.

Para esta configuración si $R_1=R_2$ el voltaje de salida esta expresado por:

$$V_{out} = (V_2 - V_1) \left(1 + \frac{2R_1}{R_g} \right)$$

En el cual con solo variar el valor de R_g podemos modificar la ganancia total del amplificador, de esta manera podemos ajustar el valor de voltaje de cada uno de los sensores a un valor apropiado para su captura en un convertidor analógico-digital. (Couglin).

Experimentalmente se obtuvo que los rangos de voltaje de los tres sensores es aproximadamente de 50mv a 350mv, si la salida esperada es máximo de 5v se necesita una amplificación de 14.3, es así que se propusieron las resistencias de $R_1=100K\Omega$ y $R_g=10K\Omega$, los amplificadores operacionales que se utilizaron son el TL084A el cual contiene en cada encapsulado 4 amplificadores operacionales, además de que es económico y comercial.

3.1.2 Estación de medición

Este modulo se encarga de adquirir las señales de voltaje del modulo de amplificación y las convierte en valores digitales, además debe gestionar la comunicación inalámbrica con la estación de control.

3.1.2.1 Selección de tecnología

Actualmente los microcontroladores ofrecen una solución sencilla ya que algunos integran convertidores ADC, temporizadores, manejo de interrupciones, configuración de patillas mediante programación, además de herramientas de desarrollo fáciles de utilizar, es así como se eligió el PIC16F877A el cual posee un ADC de 10bits y 3 temporizadores entre sus características principales.

En la transmisión inalámbrica se utilizó un transceptor (transceiver) TRF-2.4G (Foto 3.3) de la compañía Laird Technology Inc., el cual en un instante dado puede ser configurado como transmisor o como receptor teniendo una

comunicación Half-Duplex, pero debido a la velocidad a la cual se realiza la transferencia (250kbps) se llega a emular una comunicación Full-Duplex. Además cuenta con una antena integrada del tipo microstrip, lo que reduce su tamaño y costo.

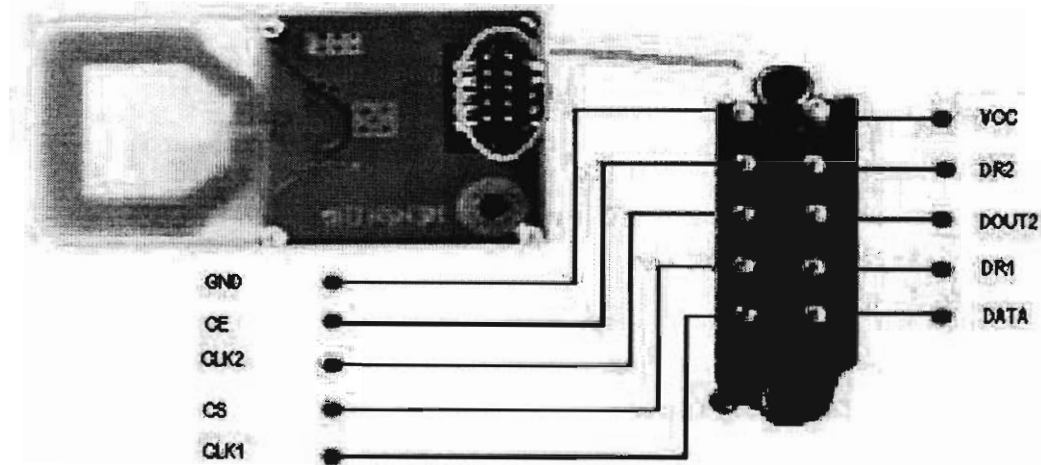


Figura 3.3 Pines de conexión del RF-2.4G

3.1.2.2 Funcionamiento del transceptor

El transceptor opera a una frecuencia de 2.4 Gigahertz dentro de la banda ISM. El RF-2.4G¹⁰ puede ser configurado en uno de los siguientes modos dependiendo de los tres bits de control (Tabla X). En el modo activo hay dos formas de operación.

- ShockBurst
- Direct Mode

Mode	PWR_UP	CE	CS
Active (RX/TX)	1	1	0
Configuration	1	0	1
Stand by	1	0	0
Power down	0	X	X

Tabla 3.1 Modos principales de operación

El dispositivo funciona en uno de esos modos según el contenido de una palabra de configuración.

¹⁰ TRF-2.4G Transceiver, Data Sheet.

La tecnología shockburst usa un chip FIFO con entrada de datos por la señal de reloj a una velocidad baja y transmite a velocidad muy alta reduciendo en gran medida la potencia. Cuando se opera en altas tasas de transferencia se obtienen los siguientes beneficios:

- Gran reducción en el consumo de corriente.
- Bajo costo del sistema (facilita el uso de micro controladores más baratos).
- Reduce el riesgo de colisiones "en el aire" al tener un menor tiempo de transmisión.

Principio de operación

Cuando el TR-2.4G es configurado en el modo ShockBurst la operación de transmisión y recepción se lleva a cabo de la siguiente manera (Figura 3.4).

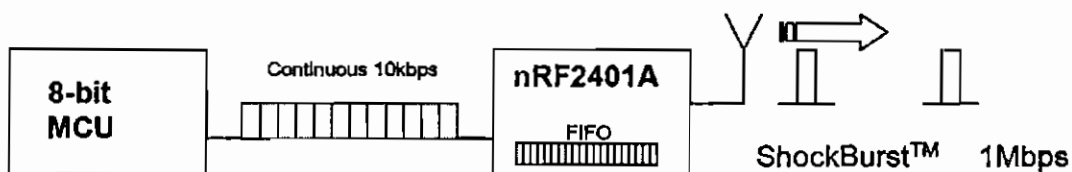


Figura 3.4 Los datos son enviados por el micro controlador y enviados mediante la tecnología ShockBurst.

Para transmitir los datos son cargados en la memoria FIFO del RF-2.4G a una velocidad no mayor a 10Kbps y después son transmitidos a 250kbps. El circuito agrega una trama de sincronización y un código de redundancia cíclica para la detección de errores (Figura 3.5). Si una trama resulta errónea la información recibida es ignorada.

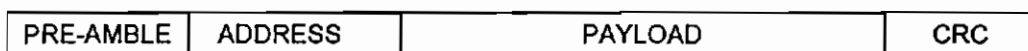


Figura 3.5 Paquete de datos a transmitir

3.1.2.3 Funciones de la estación de medición

El software de la estación de medición debe controlar la comunicación inalámbrica del transceiver interpretar los datos y en base a ellos transmitir los

valores de la conversión analógico-digital en un formato apropiado para la recepción en la estación de control.

El microcontrolador fue programado en el compilador CCS Compiler, bajo programación en C y realiza las siguientes funciones:

Configurar el transceptor – Antes de poder realizar cualquier operación el transceptor debe ser inicializado con una palabra de configuración de 144 bits (Tabla 3.2).

ShockBurs™ configuration	143:120	24	TEST	Reserved for testing
	119:112	8	DATA2_W	Length of data payload section RX channel 2
	111:104	8	DATA1_W	Length of data payload section RX channel 1
	103:64	40	ADDR2	Up to 5 byte address for RX channel 2
	63:24	40	ADDR1	Up to 5 byte address for RX channel 1
	23:18	6	ADDR_W	Number of address bits (both RX channels).
	17	1	CRC_L	8 or 16 bit CRC
	16	1	CRC_EN	Enable on-chip CRC generation/checking.

Tabla 3.2 Palabra de configuración

Además el transceptor esta normalmente configurado como receptor de manera que cuando se recibe un dato se configura ahora como transmisor y se envía el dato, inmediatamente después vuelve a la configuración de receptor.

3.1.2.4 Diseño y pruebas en circuito impreso

El primer diseño se elaboro para 8 entradas analógicas y el control inalámbrico, como se muestra en las figuras siguientes.

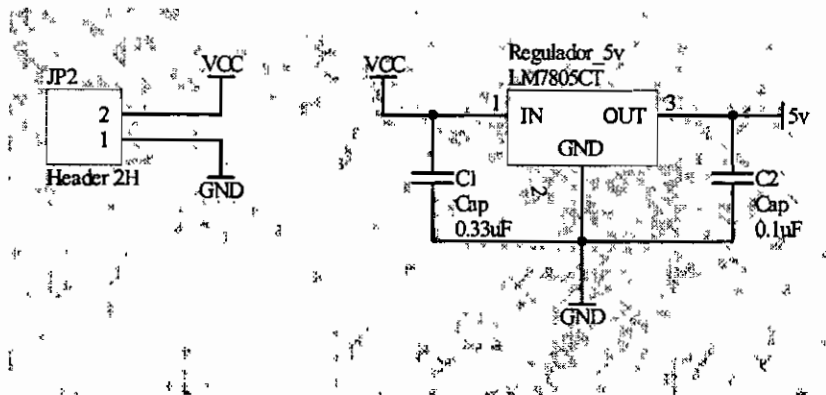


Figura 3.6 Esquemático e la fuente de alimentación de 5v

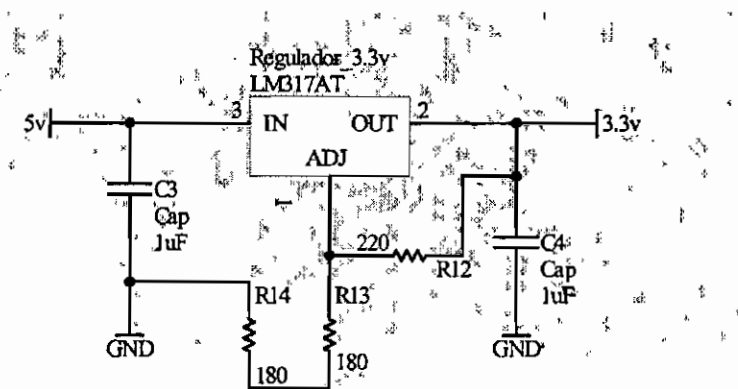


Figura 3.7 Esquemático e la fuente de alimentación de 3.3v

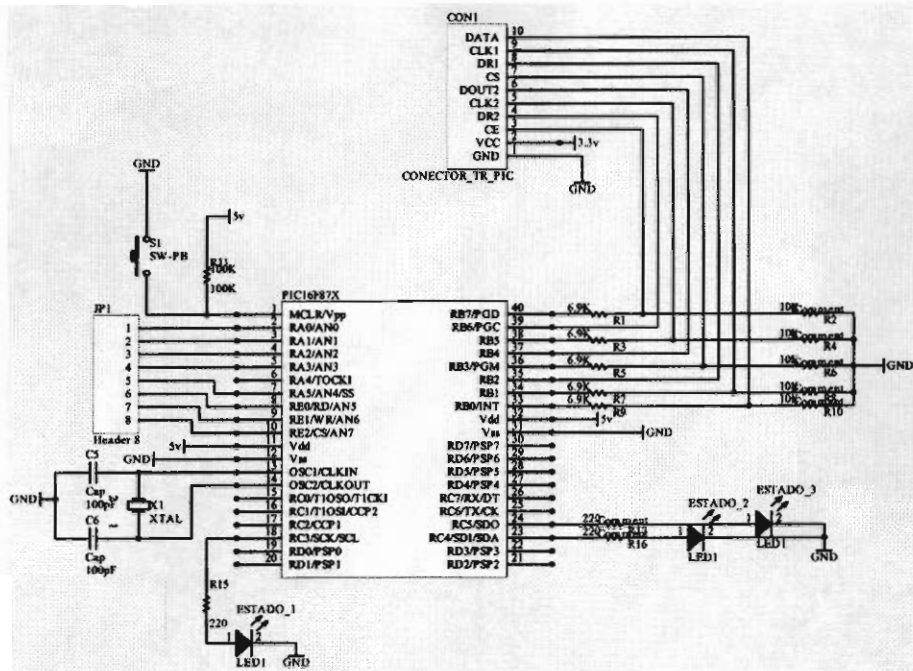


Figura 3.8 Esquemático del PIC16F877A

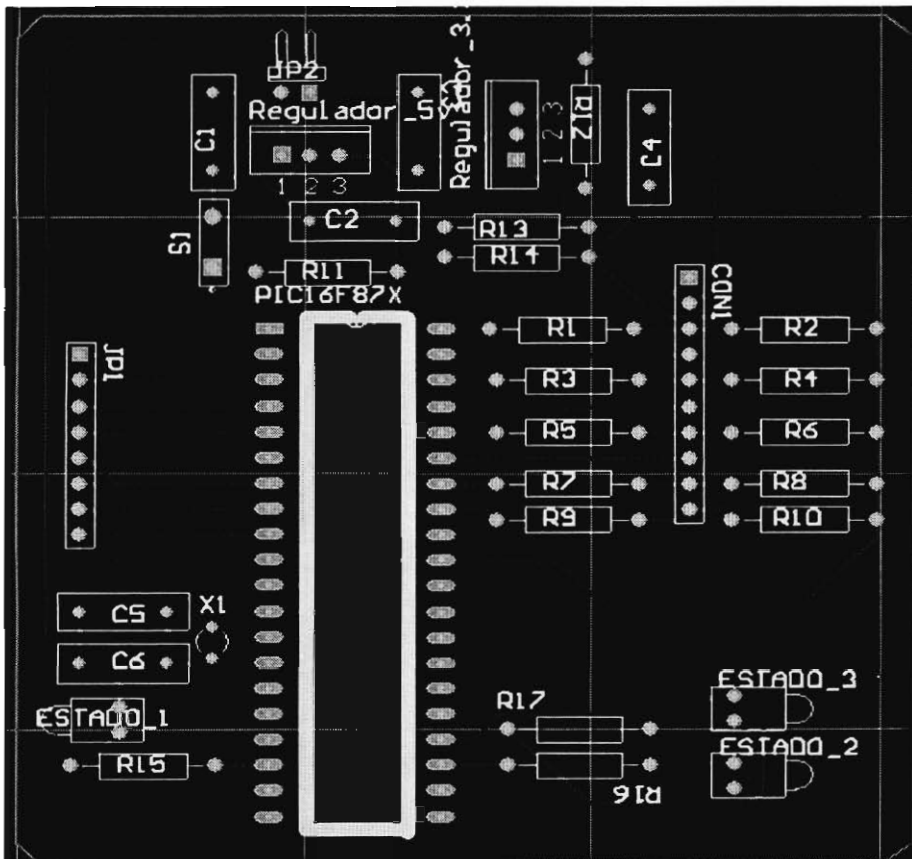


Figura 3.9 PCB del diseño completo

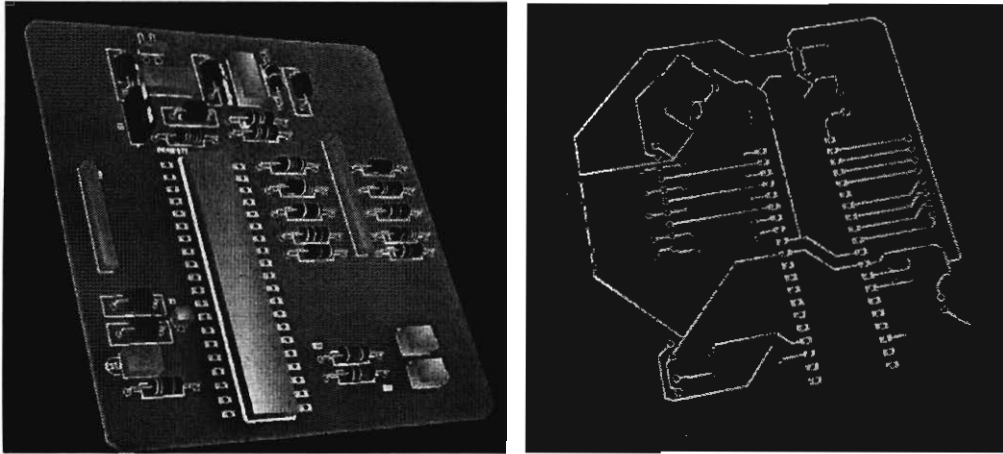


Figura 3.10 Vista virtual en 3D de la estación de medición

El diseño de la estación de medición fue mejorado agregando 8 bits de entradas o salidas digitales con los que es posible realizar acciones de control, como activar bombas o electroválvulas, además las entradas digitales sirven para comprobar señales discretas. La implementación del nuevo diseño redujo su tamaño, el tipo de conectores ahora con clemas y una mejor distribución como se muestra a continuación.

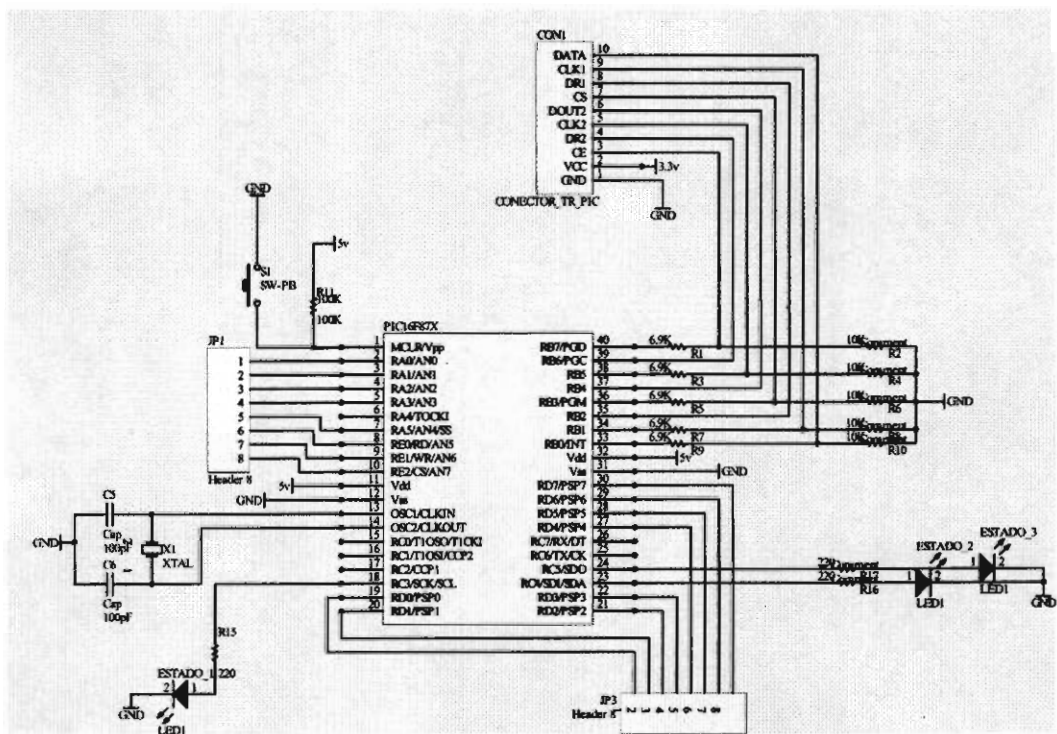


Figura 3.11 Esquemático del PIC16F877A

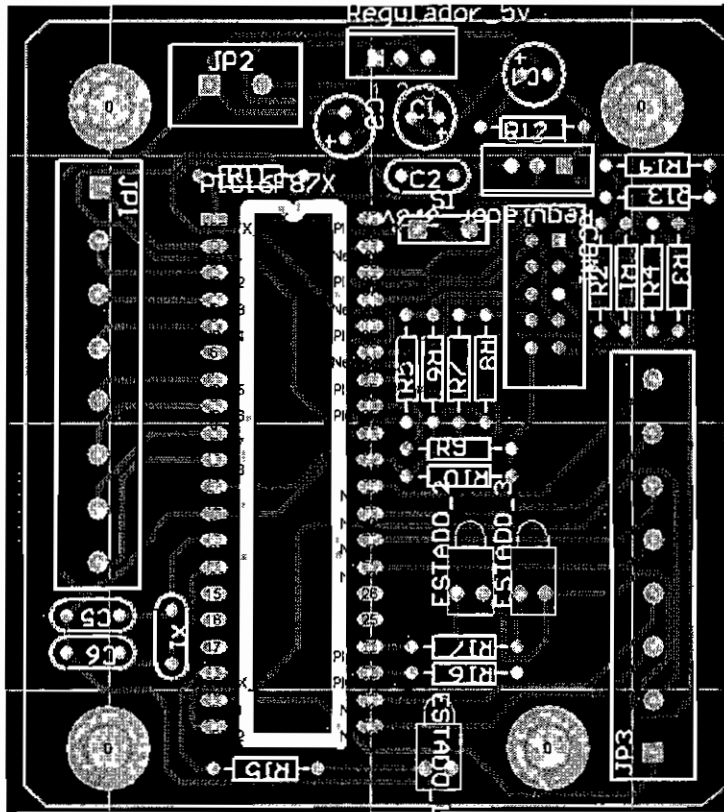


Figura 3.12 PCB del diseño completo

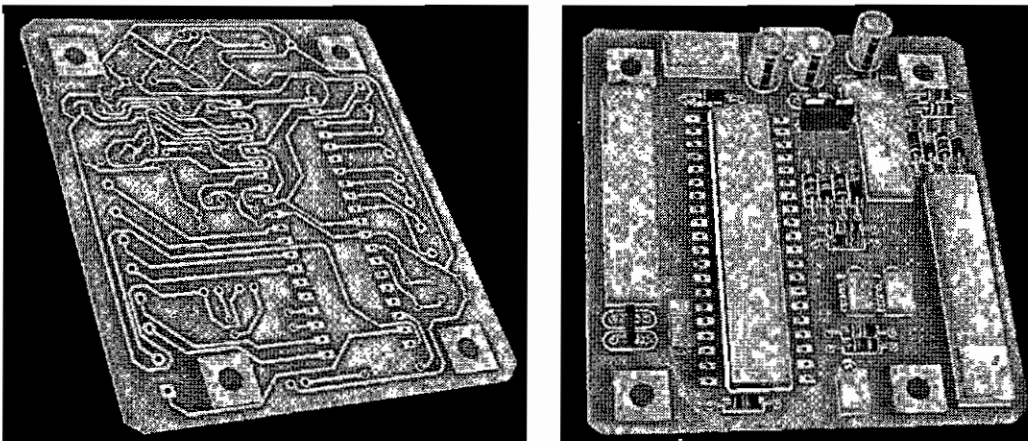


Figura 3.13 Vista virtual en 3D de la estación de medición

3.1.3 Estación de control

En la estación de control se empleó el kit de desarrollo (Figura 3.14) producido por la misma empresa Laipac el cual contiene en una placa de

circuito impreso un micro controlador PIC16LF877, una interface serial y leds indicadores de los estados de transmisión, recepción y configuración del transceptor.

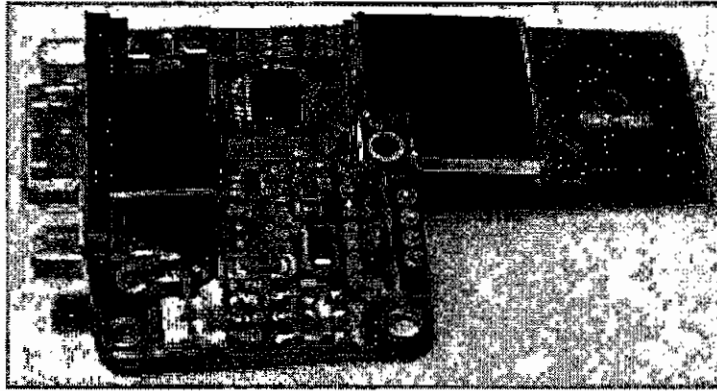


Figura 3.14 TRF-2.4G

3.1.3.2 Funciones de la estación de control

De la misma manera que la estación de medición, la estación de control se encarga del control del transceptor y tiene comunicación mediante la interface serial.

3.2 Software de la Estación de Control

El software se desarrollo bajo MSDOS, utilizando el compilador Borland C++ 5.01. Se eligió MSDOS sobre otros Sistemas Operativos ya que es un sistema monousuario y monotarea, esto implica que el procesador está dedicado en exclusividad a la ejecución de un proceso, por lo que la planificación del procesador es simple.

Además al ser el software de la estación de control una aplicación de monitoreo y control de variables críticas, que tiene que estar operando los 365 días del año, 24 horas al día, no es conveniente que haya procesos ajenos ejecutándose en segundo plano, ya que siempre existe la posibilidad de que estos provoquen un error, o un conflicto de recursos, y hagan caer al sistema

operativo, esta es la razón por la cual no se eligió Windows como plataforma de desarrollo.

El software corre sobre una plataforma de tiempo real, el RTKernel de OnTime, que a su vez corre sobre MSDOS. Para la interfaz gráfica se utilizó un controlador de video de 8 bits.

3.2.1 RTKernel

El RTKernel es un poderoso sistema multitarea en tiempo real. Esta hecho en forma de librería que se liga a la aplicación, y ofrece un gran número de funciones para manejar tareas (al utilizar el RTK, las funciones del programa se estructuran como tareas, que el RTK se encarga de administrar), como semáforos, buzones, manejadores de interrupciones, etc. Además que una vez generado el archivo ".exe", no se necesitan controladores ni librerías adicionales, por lo que ese único archivo ".exe", puede funcionar en cualquier computadora que tenga MSDOS, ya que aunque el RTK tiene capacidades de multitarea y de ejecución en tiempo real, sigue siendo una aplicación de MSDOS.

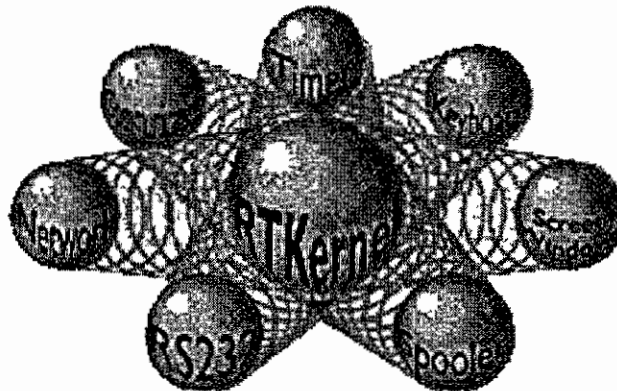


Figura 3.15 RTKernel

Estas son algunas de las características que hacen de este kernel una utilidad tan potente:

- Número de tareas ilimitado. El RTK puede manejar tantas tareas como la memoria de la computadora pueda alojar, y cada tarea ocupa alrededor de 1Kb.
- Cambio de tarea en ejecución en poco menos de $6\mu\text{S}$ (este tiempo es independiente del número de tareas).
- 64 prioridades.
- Calendarización cooperativa y preventiva de la ejecución de las tareas. Esto garantiza que si varias tareas con prioridades iguales o cercanas están listas para ejecutarse al mismo tiempo, el RTK atenderá a cada una de ellas, asegurando así que todas lleguen a ejecutarse.
- Soporte de interrupciones. El hecho de que el RTK pueda manejar interrupciones de hardware, lo hace apropiado para adquisición de datos a alta velocidad, comunicaciones, y control de procesos en los que el tiempo de respuesta sea crítico.
- Calendarización de tareas por tiempo. Con esto se puede hacer que las tareas se activen periódicamente.
- Semáforos. Son usados como señalización, y para activación de tareas.
- Buzones. Son usados para intercambiar información entre tareas, se pueden transferir hasta 64KB de información en un solo buzón.
- El RTK puede ejecutar alguna otra aplicación de MSDOS existente en la computadora, y llevarla a cabo en segundo plano, sin que la aplicación principal se interrumpa.
- Es Portable. Cualquier aplicación desarrollada con el RTKernel, puede ser ejecutada en cualquier computadora con MSDOS.

A continuación se presenta un diagrama de cómo el RTK calendariza las tareas para su ejecución.

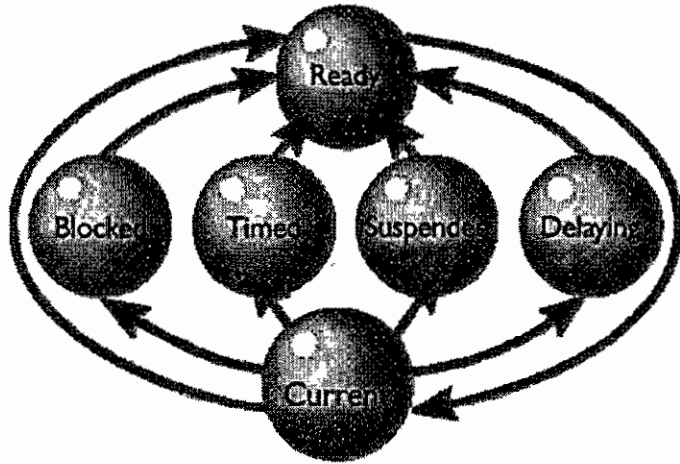


Figura 3.16. Diagrama de calendarización de tareas

En la figura 3.16 se presenta un diagrama de cómo el RTKernel ejecuta las diferentes tareas. Cada esfera representa una tarea, como se puede observar, hay una en ejecución, hay otra lista para ser ejecutada, hay una bloqueada, otra suspendida, otra calendarizada por tiempo, y otra retardada. Si hay varias tareas listas para ejecutarse, se ejecutará la de mayor prioridad, y si todas tienen la misma prioridad, se ejecutará primero la que tenga más tiempo sin ejecutarse, y por la característica de calendarización preventiva y cooperativa del kernel, se asegurará que todas se ejecuten.

La figura 3.17 presenta un diagrama que muestra la estructura el RTKernel.

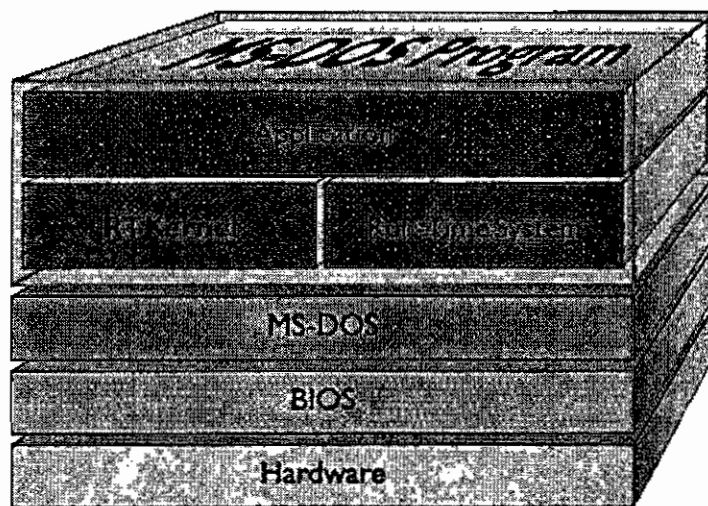


Figura 3.17. Estructura el RTKernel.

Aquí se observa que el RTKernel actúa como un parche sobre el MSDOS, haciendo que nuestra aplicación corra sobre el kernel, y este a su vez corre sobre el MSDOS, esto le da su característica de portabilidad.

3.2.2 Interfaz gráfica

Al ser el programa de la estación una aplicación de MSDOS, la interfaz gráfica es una parte fundamental, para que el usuario promedio sea capaz de utilizar la aplicación se debía realizar una interfaz gráfica muy amigable, por lo que fue necesario cambiar el ambiente en modo texto, a modo gráfico. Para esto se utilizó un controlador de video de 8 bits.

Este controlador permite usar una paleta de colores de 8 bits (256 colores), y además permite manejar resoluciones de 480 x 240, 640 x 480, 1024 x 768. En la aplicación de la estación se utiliza la más alta.

Combinando estas características se pudo desarrollar una interfaz bastante amigable al usuario, evitando confusiones, y dejando de lado la línea de comandos.

3.2.3 Comunicaciones

Para comunicación con el exterior se utiliza un puerto RS232. Se eligió este puerto debido a su relativa rapidez (en relación con los tiempos del sistema), y por su facilidad de programación.

La aplicación de la estación configura el puerto serial, para trabajar a 9600 bps, con 8 bits de datos, sin paridad. El envío y recepción de datos a través del puerto, se facilita enormemente gracias al RTK, debido a que incluye un manejador de interrupción, exclusivo para manejo de puertos seriales.

3.2.4 Descripción del software

Funciones del software de la estación de control.

- Llevar a cabo tareas de gestión y administración de red.
- Pedir datos a los módulos de campo.
- Activar elementos de control, cuando sea necesario.
- Llevar una base de datos, bien organizada.
- Presentar una interfaz amigable al usuario.
- Proveer al usuario de información relevante y actual del estado del sistema monitoreado.
- Ser totalmente configurable por el usuario (número de módulos, umbrales, elementos de control, etc.)

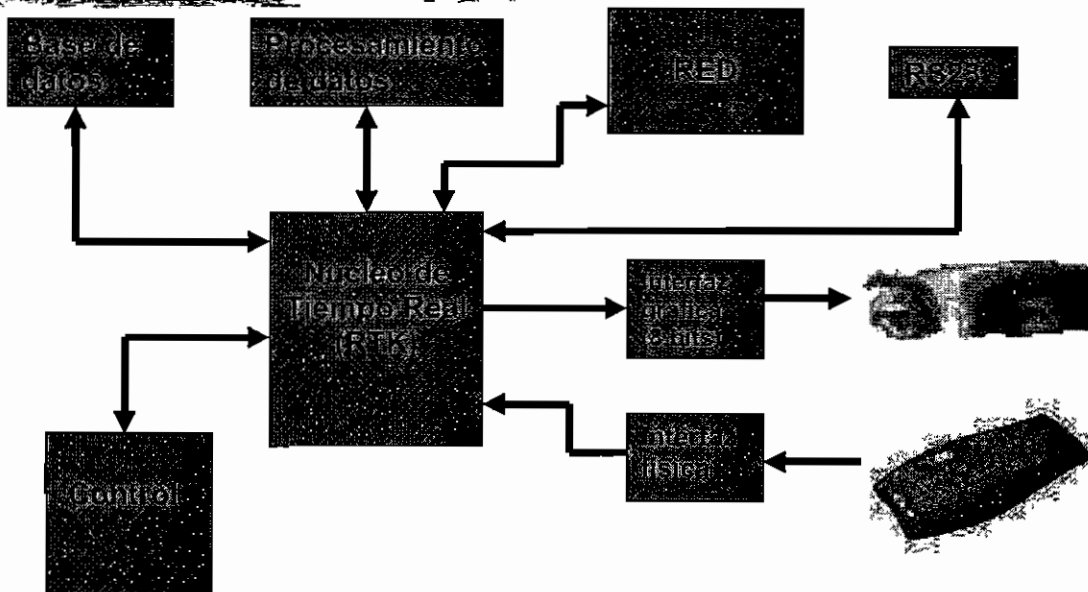


Figura 3.18. Diagrama de bloques del sistema

Cada bloque desempeña una tarea o una serie de tareas específicas y es independiente de los demás. El bloque central “Núcleo de tiempo real”, se

encarga de administrar y gestionar cada uno de los bloques, también el intercambio de información entre bloques pasa a través del núcleo.

Funciones de cada bloque:

- RS232.- Este bloque, está en constante comunicación con el bloque de "RED", recibe instrucciones de este, por medio del núcleo y las envía vía rs232 hacia el módulo RF, y a su vez se encarga de recibir los datos que le envía el módulo RF, estos datos son enviados al bloque "RED" a través del kernel. Los datos que son enviados hacia el módulo RF, van protocolizados y encriptados, al igual que los datos de respuesta.
- RED.- Se encarga de enviar instrucciones hacia el bloque "RS232", y dependiendo de la respuesta que obtenga o que no obtenga, realiza tareas de administración y gestión de red, como son reenvío de datos, detección de desconexión, detección de errores, etc. Una vez comprobado que la respuesta recibida es válida, esto es que el protocolo corresponda, que no se detecten errores en el mensaje y que contengan la encriptación correcta, se quitan los bytes de protocolo, y los datos son enviados al bloque "Procesamiento de datos".
- Procesamiento de datos.- Los datos recibidos del bloque "RED", son sometidos a un primer procesamiento, convirtiendo los bytes recibidos a números decimales, después dichos números sufren un segundo proceso, al convertirlos en valores reales en función a la variable medida. Una vez procesados, estos son enviados al bloque "Base de datos", y al bloque "Control".
- Base de datos.- Este bloque se encarga de guardar en archivo todos los valores de configuración del sistema, así como también guarda un histórico de los valores de las variables obtenidos (datos enviados por "Procesamiento de datos). También se encarga de jalar de archivo cuando así se desee, algún valor de configuración, o valores del histórico de datos.
- Control.- Este bloque se encarga de comunicarle al bloque "RED", para que este envíe la instrucción correspondiente, de la activación o

desactivación de elementos de control, ya sea por que se alcanzó algún umbral, o por activación temporizada.

- Interfaz Gráfica.- Se encarga de presentar al usuario información útil y actual del sistema, en base a la información obtenida de todos los módulos.
- Interfaz física.- Representa el "puente", entre el usuario y el sistema, recibe instrucciones vía teclado, las procesa, luego el kernel decide a que bloque le corresponde dicha instrucción.

4 RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Análisis de resultados

El sistema de monitoreo implementado durante el mes de febrero de 2007 se sometió a varias pruebas en campo, dando resultados favorables. Dichas pruebas se realizaron en un invernadero de la Universidad Autónoma de Querétaro, ubicado en la comunidad de Amazcala del Municipio del Márquez del estado de Querétaro.

El invernadero acuícola consta de 12 estanques, en los cuales se cultiva Tilapia Roja, para esto se llevo a cabo la medición de tres variables fundamentales en el desarrollo de esta especie, las cuales son temperatura, pH y oxígeno disuelto.

Para la medición se ocupó un RTD de la marca DAVIS (No. Producto: 7818), para el pH y el oxígeno de la compañía OMEGA Instruments, los cuales se acondicionaron para tener una lectura en el rango de 0-5v a la salida del módulo de amplificación.

Las mediciones obtenidas fueron comparadas con un medidor multiparametro. A continuación se muestran las graficas de los valores obtenidos.

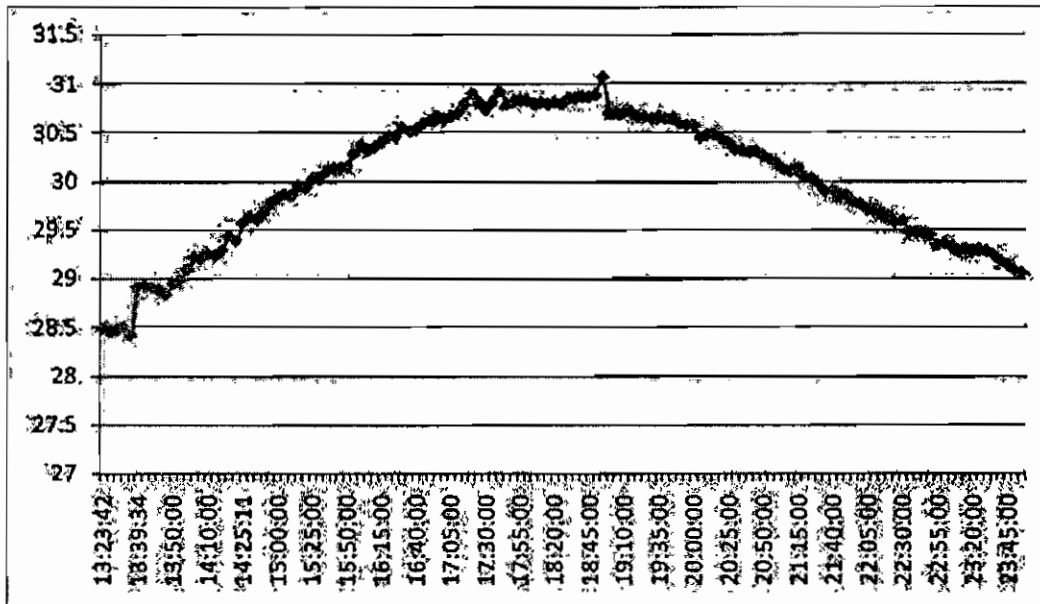


Figura 4.1 Temperatura del agua en °C de uno de los estanques del día 15/feb/2007

En la figura 4.1 se observa como aumenta la temperatura del agua conforme la tarde comienza, una vez que el sol se oculta esta comienza a disminuir, se pueden localizar algunas lecturas fuera del rango de la curva esperada, estas se deben a perturbaciones en los elementos de medición, como pueden ser los recambios de agua, periodos de alimentación y de limpieza, o cualquier otro factor que afecte la variable.

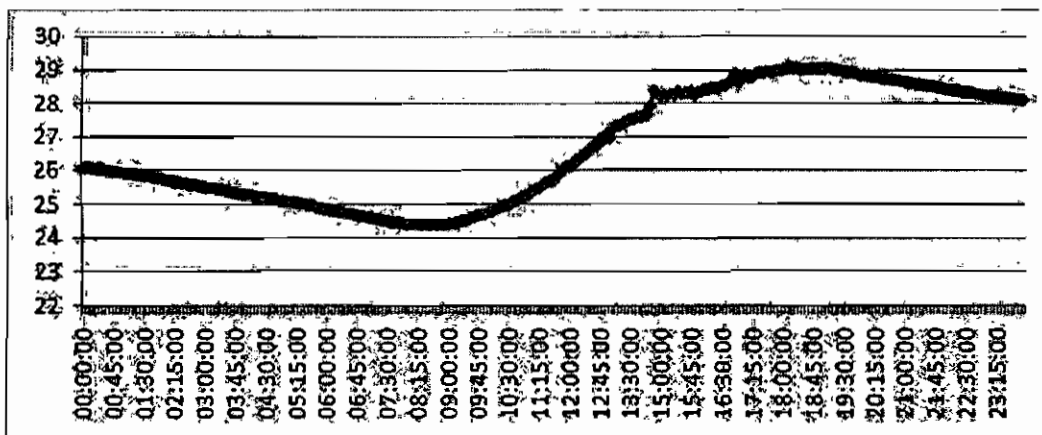


Figura 4.2 Temperatura del agua en °C de uno de los estanques del día 18/feb/2007

La figura 4.2 muestra el monitoreo de temperatura del agua de un día completo, es fácil observar que la temperatura más baja registrada ocurre por las mañanas y la más alta por las tardes lo cual sirve para determinar los periodos y la cantidad de alimento.

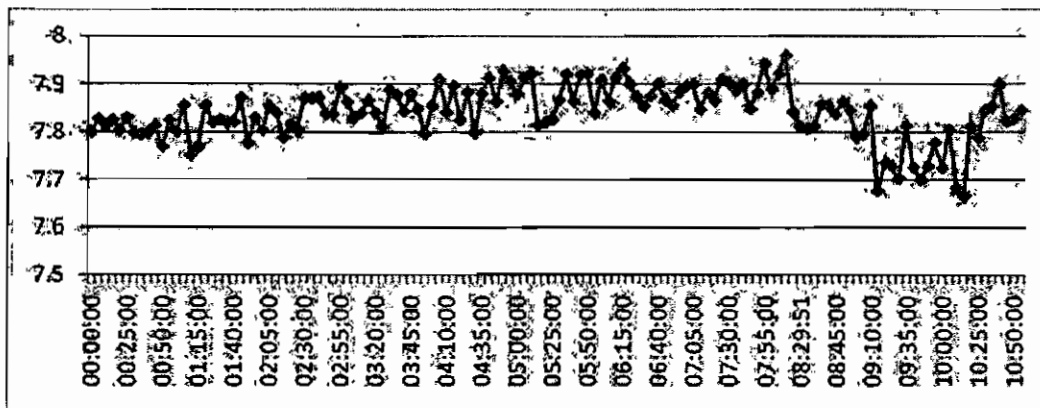


Figura 4.3 pH del agua de uno de los estanques del día 18/feb/2007

La grafica de pH de la figura 4.3 muestra poca variación, de 0.4 en pH lo cual nos indica que es un parámetro que varía muy poco con respecto a otros parámetros.

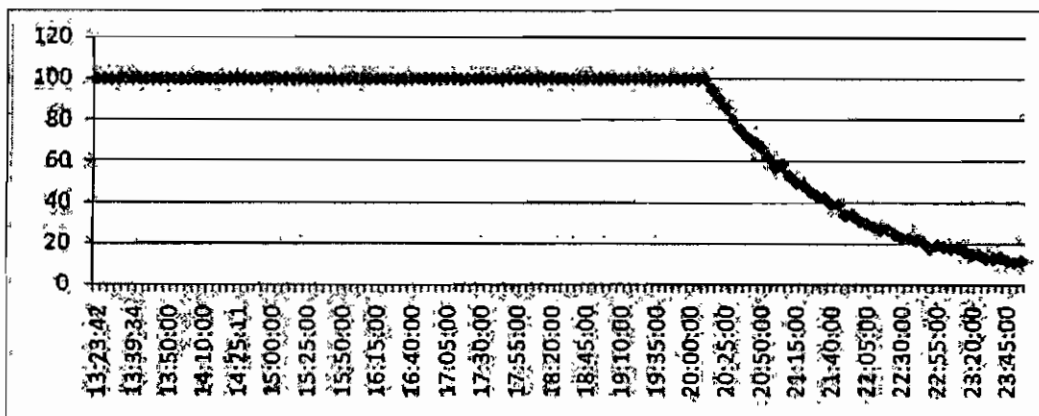


Figura 4.4 Oxígeno disuelto en porcentaje del agua de uno de los estanques del día 18/feb/2007

En la grafica de oxígeno disuelto de la figura 4.4 muestra que durante la presencia de la luz solar el nivel de oxígeno en el agua está saturado, esto

debido a las algas presentes en el agua del estanque durante el proceso de fotosíntesis, posteriormente este nivel de oxígeno disminuye rápidamente.

4.2 Costos del sistema de monitoreo y control

Para la instalación del sistema se requiere como mínimo una estación de control, una estación de medición y una computadora personal, pudiendo expandir hasta 50 el número de estaciones de medición, la relación de los costos es mostrada a en la tabla 4.1.

Costos por unidad	
Hardware	
PIC16F84A	\$9.50
Componentes discretos	\$6.00
Maquinado comercial	\$20.00
Modulo TRF-24G	\$21.00
Total Hardware	\$56.50
Software	
RTKernel 16 bits	\$500.00
Turbo C++ 3.0	\$100.00
Controlador de video 8bits	\$50.00
Total Software	\$650.00
TOTAL	\$706.50
Manejo y envio (USPS)	\$65.00

Tabla 4.1 Costos del sistema de monitoreo y control

4.3 Posibles usos y aplicaciones

El sistema se desarrollo para satisfacer las necesidades de monitoreo y control en granjas acuícolas. Puede monitorear 8 diferentes variables, configurables por el usuario. En el programa de la estación de control se pueden configurar las etiquetas, los umbrales y la conversión de la lectura de voltaje leída de cada elemento primario a las unidades deseadas; En el módulo de campo, se conectan los elementos primarios de medición correspondientes a las variables a monitorear, pasando primero por una etapa de acondicionamiento de señal. Además cada módulo de campo es capaz de activar 8 distintos actuadores, o recibir 8 distintas señales discretas, ya que cuenta con 8 entradas/salidas digitales, también configurables por el usuario desde el programa de la estación de control. Se hizo de esta forma ya que según la especie a cultivar, son las variables a monitorear y controlar.

El sistema ha demostrado gran fiabilidad, en cuanto a exactitud de lecturas (comparadas con patrón), y a tiempos de respuesta. Por lo puede utilizarse en el monitoreo y control de cualquier sistema cuyo tiempo de respuesta no sea crítico. Cómo por ejemplo en el monitoreo y control de nivel de tanques, temperatura de fluidos, invernaderos, etc.

4.4 Conclusiones

Este proyecto dio inicio, en marzo del 2006. En un principio fue el proyecto final de las materias "Sistemas de tiempo real" y de "Automatización 3". Entonces se hizo notar el alcance, tanto a nivel de desarrollo propio de tecnología, así como de los posibles beneficios que podía significar a los productores acuícolas del país. Por lo que se decidió continuar el desarrollando el proyecto.

En los meses siguientes, se lograron avances importantes en el desarrollo del software de la estación de control. Las primeras versiones de este, eran en modo texto, con una interfaz con el usuario prácticamente nula, debido a que en ese momento, se experimentaba con las comunicaciones. Tuvieron que pasar seis versiones, para migrar de modo texto, a modo gráfico. En ese momento el problema de las comunicaciones y del procesamiento de los datos había sido superado, por lo que la totalidad de la atención recayó en la interfaz con el usuario. En la décima versión del programa se incluyeron gráficas autoescalables, de tal modo que el usuario tuviera acceso a una base de datos que contenía un histórico de las lecturas obtenidas de las diferentes variables. En la versión número doce del software, se introdujeron distintas pantallas, en donde el usuario, a través del teclado, puede configurar el sistema a su conveniencia, desde el número de módulos a utilizarse, la conversión del valor de voltaje leído de los elementos primarios a un valor en unidades deseadas, umbrales, activación de salidas digitales de algún módulo de campo y etiquetas para las variables.

Con respecto a la estación de campo, se desarrollaron dos versiones, la primera de ellas fue probada con éxito, demostrando su total funcionalidad. La segunda versión, se hizo con el objetivo de mejorar, la parte que corresponde a la conexión con dispositivos externos, así como minimizar el tamaño de primera versión e incrementar el número de puertos de entrada/salida.

El proyecto en su totalidad cumplió con las expectativas creadas en un principio, se afirma esto basándose en los resultados, en fiabilidad de las

lecturas que en campo se obtuvieron, y en el tiempo de respuesta satisfactorio que el sistema ha demostrado.

El proyecto está orientado, a ayudar a la producción de especies de cultivo acuícola, en el país, especialmente en la región del bajío, proveyendo de instrumentación y tecnificación, de uso sencillo, fiable, y de un precio accesible para la mayoría de los productores acuícolas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIST Consultores, <http://www.assist.cl> , 7/noviembre/2006
- Auburn University, An Introduction to Aquaculture, International center for aquaculture and aquatic environments.
- Blake Roy, Sistemas Electrónicos de Comunicaciones, THOMSON, 2da. Edición.
- Coughlin, Driscoll; Tr. Raul Bautista Gutierrez., Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales, 1999
- Deitel H.M., 1999, "Sistemas Operativos", 2da. Edición, Pearson, México, pags. 3 - 9, 54 - 67, 79 - 94, 125 - 128, 661 - 702.
- DIACANTUS , Estanques y Peces S.A. de C.V., <http://www.estanquesypeces.com/acuicultura.htm>
- Franco Jorge y Beato Manuel, 2000, "Manual Avanzado de Windows 2000 Server", 1ra. Edición, Anaya, España, pags. 18 - 25.
- Frenzel, Sistemas Electrónicos de Comunicaciones, Alfaomega, 2003
- Greenfield Larry, 1996, "Guía de Linux Para el Usuario", e- book, pags. 7- 10, 52 - 57, 129 - 131.
- <http://www.ag.auburn.edu/fish/international/intraqua.htm>
- Jessé, Casey, Study of the chronological dates in world aquaculture (water farming) history from 2800 b.c., world of water, uk., 1978
- Kaare Christian y Rithcer Susan, 1994, "The Unix Operating System", 3ra. Edición, Wiley, Estados Unidos, pags. 1 - 19.
- Milenkovic' Milan, 1988, "Sistemas Operativos. Conceptos y diseño", 1ra. Edición, Mc Graw Hill, España, pags. 2 - 14, 141 - 162, 206 - 220.
- Petzold Charles, 1999, "Programming Windows", 5ta. Edición, Microsoft Press, Estados Unidos, pags. 4 - 9.
- RTKernel User's Manual.
- TUNA, Tecnología Universitaria Nacional en Automatización.a
- Wirzenius Lars, Joanna Oja, Stephen Stafford, Alex Weeks, y Rafael Ignacio Zurita, 2003, "Guía Para Administradores de Sistemas GNU/Linux", Versión 0.8, e - book, pags. 5 - 8, 66 - 71.

- WISE, Inteligencia Inalámbrica, www.wisetech.cl/productos.htm, 17/Nov/2006
- WiseBox CB-050, Manual de instalación, Versión 1.0.1
- Wisetech, www.wisetech.cl/productos.htm, 6/ noviembre/ 2006

APÉNDICES

APÉNDICE A. Principales características de la hoja de datos del PIC16F877A

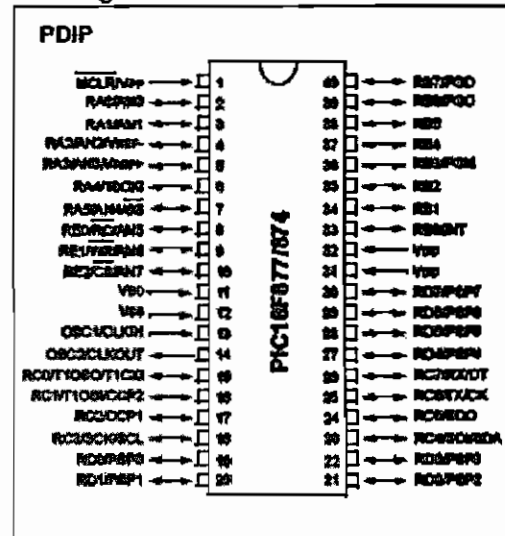
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F870
- PIC16F874
- PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature
ranges
- Low-power consumption:
 - < 0.8 mA typical @ 3V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during SLEEP via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master
mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with
external RD, WR and CS controls (4044-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

TABLE 1-1: PIC16F873 AND PIC16F876 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pins	SOIC Pins	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	9	9	I	ST/CMOS ⁽¹⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	10	10	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, the OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP	1	1	IP	BT	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
RA0/AN0	2	2	I/O	TTL	<p>PORTA is a bi-directional I/O port.</p> <p>RA0 can also be analog input0.</p> <p>RA1 can also be analog input1.</p> <p>RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage.</p> <p>RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage.</p> <p>RA4 can also be the clock input to the Timer0 module. Output is open drain type.</p> <p>RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.</p>
RA1/AN1	3	3	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	4	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	5	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	6	I/O	BT	
RA5/SS/AN4	7	7	I/O	TTL	
RB0/MINT	21	21	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	<p>PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.</p> <p>RB0 can also be the external interrupt pin.</p> <p>RB3 can also be the low voltage programming input.</p> <p>Interrupt-on-change pin.</p> <p>Interrupt-on-change pin.</p> <p>Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock.</p> <p>Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.</p>
RB1	22	22	I/O	TTL	
RB2	23	23	I/O	TTL	
RB3/PGM	24	24	I/O	TTL	
RB4	25	25	I/O	TTL	
RB5	26	26	I/O	TTL	
RB6/PGC	27	27	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7/PGD	28	28	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RC0/T1O8Q/T1CKI	11	11	I/O	BT	<p>PORTC is a bi-directional I/O port.</p> <p>RC0 can also be the Timer1 oscillator output or Timer1 clock input.</p> <p>RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output.</p> <p>RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.</p> <p>RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I²C modes.</p> <p>RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I²C mode).</p> <p>RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode).</p> <p>RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.</p> <p>RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.</p>
RC1/T1O8M/CCP2	12	12	I/O	BT	
RC2/CCP1	13	13	I/O	BT	
RC3/SCK/SCL	14	14	I/O	BT	
RC4/BDI/SOA	15	15	I/O	BT	
RC5/BDO	16	16	I/O	BT	
RC6/TX/CK	17	17	I/O	BT	
RC7/RX/DT	18	18	I/O	BT	
VSS	8, 19	8, 19	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	20	20	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input BT = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	D/P Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS ⁽⁴⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP	1	2	18	VP	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
RA0/AN0	2	3	19	VO	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port. RA0 can also be analog input0. RA1 can also be analog input1. RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage. RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage. RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/counter. Output is open drain type. RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
RA1/AN1	3	4	20	VO	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	VO	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	VO	TTL	
RA4/T0CKI	6	7	23	VO	ST	
RA5/SS/AN4	7	8	24	VO	TTL	
RB0/INT	33	36	8	VO	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. RB0 can also be the external interrupt pin. RB3 can also be the low voltage programming input. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock. Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.
RB1	34	37	9	VO	TTL	
RB2	35	38	10	VO	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	VO	TTL	
RB4	37	41	14	VO	TTL	
RB5	38	42	15	VO	TTL	
RB6/PGC	39	43	16	VO	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7/PGD	40	44	17	VO	TTL/ST ⁽²⁾	

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

APÉNDICE B. Principales características de la hoja de datos del TRF-2.4G Transceiver Module

Specification

- Frequency Range: 2.4~2.524 GHz ISM band
- Modulate Mode: GFSK
- Data Rate: 1Mbps; 250Kbps
- Multi channel operation: 125 channels, Channel switching time<200uS, Support frequency hopping
- Emulated full duplex RF link due to the 1Mbps/s on the air data rate
- Simultaneous dual receiver
- Data slicer / clock recovery of data
- Including decoder, encoder and data buffer and CRC computation
- ShockBurst mode for ultra-low power operation and relaxed MCU performance
- Sensitivity: -90dBm
- Built in antenna
- Power supply range: 1.9 to 3.6 V
- Low supply current (TX), typical 10.5mA peak@ -5dBm output power
- Low supply current (RX), typical 18mA peak in receive mode
- Supply current in Power Down Mode: 1 uA
- Operating Temperature: -40~+85 Centigrade
- Size: 20.5*36.5*2.4mm
- 100% RF tested
- Competitive price

Applications

- Wireless mouse, keyboard, joystick
- Wireless data communication
- Alarm and security systems
- Home automation
- Wireless Earphone
- Telemetry
- Surveillance
- Automotive

GENERAL DESCRIPTION

Laipac TRF-2.4G Module is an easy to use radio transceiver for the world wide 2.4 - 2.5 GHz ISM band. The transceiver consists of an antenna, a fully integrated frequency synthesizer, a power amplifier, a crystal oscillator and a modulator. Output power and frequency channels are easily programmable by use of the 3-wire serial interface. Current consumption is very low, only 10.5mA at an output power of -5dBm and 18mA in receive mode. Built-in Power Down modes makes power saving easily realizable.

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Conditions: VCC = +3V, VSS = 0V, TA = -40°C to +85°C

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
Operating conditions						
VCC	Supply voltage		1.9	3.0	3.6	V
TEMP	Operating Temperature		-40	+27	+85	°C
Digital input pin						
VIH	HIGH level input voltage		VCC-0.3		VCC	V
VIL	LOW level input voltage		VSS		0.3	V
Digital output pin						
VOH	HIGH level output voltage (IOH=-0.5mA)		VCC-0.3		VCC	V
VOL	LOW level output voltage (IOL=0.5mA)		VSS		0.3	V
General RF conditions						
fOP	Operating frequency	1)	2400		2524	MHz
Δf	Frequency deviation			±156		kHz
RGFSK	Data rate ShockBurst		>0		1000	kbps
RGFSK	Data rate Direct Mode	2)	250		1000	kbps
FCHANNEL	Channel spacing			1		MHz
Transmitter operation						
PRF	Maximum Output Power	3)		0	+4	dBm
PRFC	RF Power Control Range		16	20		dB
PRFCR	RF Power Control Range Resolution				±3	dB
PBW	20dB Bandwidth for Modulated Carrier				1000	kHz
PRF1	2nd Adjacent Channel Transmit Power 2MHz				-20	dBm
PRF3	3rd Adjacent Channel Transmit Power 3MHz				-40	dBm
IVCC	Supply current @ 0dBm output power	4)		13		mA
IVCC	Supply current @ -20dBm output power	4)		8.8		mA
IVCC	Average Supply current @ -5dBm output power, ShockBurst	5)		0.8		mA
IVCC	Average Supply current in stand-by mode	6)		12		μA
IVCC	Average Supply current in power down			1		μA
Receiver operation						
IVCC	Supply current one channel 250kbps			18		mA
IVCC	Supply current one channel 1000kbps			19		mA
IVCC	Supply current two channels 250kbps			23		mA
IVCC	Supply current two channels 1000kbps			25		mA
RXSNS	Sensitivity at 0.1%BER (@250kbps)			-90		dBm
RXSNS	Sensitivity at 0.1%BER (@1000kbps)			-80		dBm

C/CO	C/I Co-channel			6		dB
C/I1ST	1st Adjacent Channel Selectivity C/I 1MHz			-1		dB
C/I2ND	2nd Adjacent Channel Selectivity C/I 2MHz			-16		dB
C/I3RD	3rd Adjacent Channel Selectivity C/I 3MHz			-26		dB
RXB	Blocking Data Channel 2			-41		dB

- 1) Usable band is determined by local regulations
- 2) Data rate must be either 250kbps or 1000kbps.
- 3) De-embedded Antenna load impedance = 400
- 4) De-embedded Antenna load impedance = 400 . Effective data rate 250kbps
or 1Mbps.
- 5) De-embedded Antenna load impedance = 400 . Effective data rate 10kbps.
- 6) Current if 4 MHz crystal is used.

Table 1 TRF-2.4G RF specifications