

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO
MULTIVARIABLE**

**DIEGO MARIO ESCOBAR POSADA
CARLOS HUMBERTO BERMÚDEZ CORREA**

**Trabajo presentado como requisito para obtener el título de Ingeniero
Electrónico**

**UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO
INGENIERIA ELECTRÓNICA
ARMENIA, 2004**

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a Dios por iluminar nuestros caminos.

Agradecemos a nuestros padres que en todo momento nos alentaron a seguir luchando y nos han tolerado por tanto tiempo, agradecemos a todos aquellos profesores que en cuanto los requeríamos estuvieron dispuestos a ayudarnos de una u otra forma, igualmente agradecemos a todos nuestros amigos que nos brindaron su apoyo, ofreciéndonos un ambiente agradable en todas nuestras actividades.

Agradecemos la amable disposición del profesor y director de tesis Alexander López Parrado y su colaboración en el desarrollo del proyecto.

CARLOS BERMÚDEZ, DIEGO ESCOBAR

INDICE GENERAL

INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	2
CAPITULO 1 CENTRALES ELECTRICAS INTRODUCCIÓN	3
1.1 Centrales eléctricas en Colombia	3
1.2 Funcionamiento de las centrales eléctricas	4
1.2.1 Centrales hidroeléctricas	5
1.2.2 Centrales termoeléctricas	7
CAPITULO 2 CLASIFICACION DE SENSORES	13
2.1 Principales variables de las diferentes plantas eléctricas	13
2.2 Selección del tipo de entradas	16
CAPITULO 3 ESTADÍSTICA DE SISTEMAS DE ADQUISICION DE DATOS	17
3.1 Descripción del microcontrolador MC68HC908GP32	19
3.1.1 Características generales	19
CAPITULO 4 MODULO DE ADQUISICIÓN	22
4.1 Conversión de señales a voltaje	22
4.1.1 Conversor corriente voltaje (4-20ma @ 0-5v)	23
4.1.2 Conversión de frecuencia(0-10khz) a voltaje	25
4.1.3 Conversión de frecuencia(0-100hz) a voltaje	25
4.1.4 Conversor de voltaje a voltaje ($v_0 = \frac{1}{2}v_i$)	27
4.2 Multiplexación de señales	28
4.3 Habilitación de módulos de transmisión	28
4.4 Programación y software	29
CAPITULO 5 MODULOS DE TRANSMISIÓN	34
5.1 Selección de medios de transmisión	34
5.2 Módulo de radiofrecuencia	36
5.2.1 Descripción	38
5.2.2 Programación	43
5.3 Módulo ethernet	50
5.4 Módulo MODEM	55
5.4.1 Definición del MODEM	55
5.4.2 Conexiones del MODEM.	56
5.4.3 Interface rs-232c	56
5.4.4 Comunicación con el MODEM	56
5.4.5 Como se hace la comunicación con el MODEM	57
5.4.6 Comandos de control del MODEM	58
5.4.7 Desarrollo de una conexión a través de MODEM	59
5.4.8 Transmisión asincrónica de datos o protocolo star-stop	60
5.4.9 Configuración del MODEM externo	61

5.4.10 Instalación del hardware del módulo MODEM	62
5.4.11 Software del módulo MODEM	62
CAPITULO 6 ESPECIFICACIONES	64
6.1 Entradas	64
6.2 Salidas	65
6.2.1 MODEM	65
6.2.2 Ethernet	66
6.2.3 Radiofrecuencia	67
6.6 Interruptor	67
6.6 Alimentación	67
6.6 Funcionamiento	68
6.6 Precio	68
CAPITULO 7 APLICACIÓN A PLANTA DE COGENERACION	70
7.1 Sensor de temperatura	72
7.2 Sensor de presión	73
7.3 Sensor de flujo de combustible	74
7.4 Sensor de flujo de aire	74
7.5 Sensores de variables eléctricas	74
7.6 Sensor de nivel	75
7.7 Comunicación	76
CONCLUSIONES	77
AMPLIACIONES FUTURAS	79
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	81
ANEXO A. Módulo rf circuito	81
ANEXO B. Módulo ethernet circuito	82

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 1	
1.1: Clasificación centrales eléctricas en Colombia	4
CAPITULO 2	
2.1: Tipos de centrales y variables más importantes	14
2.2: Tipos de salidas de los sensores.	15
CAPITULO 3	
3.1: Principales sistemas de adquisición de datos	18
3.2: Principales microcontroladores que existen en el mercado	19
3.3: Puertos que posee el microcontrolador gp32	20
CAPITULO 5	
5.1: Medios guiados	34
5.2: Características transmisor MC33493 y receptor MC33593	37
5.3: Banda de frecuencias del transmisor	40
5.4: Modo de operación del data manager	40
5.5: Resumen archivos u-net	51
5.6: Archivos que se necesitan para manejar la u-net	51
5.7: Señales para manejar el MODEM	57
5.8: Secuencia de la llamada a un MODEM	60
CAPITULO 6	
6.1: Señales conector DB-9	66
6.2: Señales conector RJ-45	66
6.3: Listado de precios del sistema total	69
CAPITULO 7	
7.1: Principales variables de la planta de combustión interna	71
7.2: Especificaciones termopar tipo J	72
ANEXOS	
A.1: Descripción pines controlador de red.	83

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

1.1: Diagrama porcentual de generación eléctrica en Colombia	3
1.2: Esquema de una central hidroeléctrica	5
1.3: Turbina Pelton y sus partes	6
1.4: Turbina Francis	7
1.5: Central termoeléctrica y sus partes	8
1.6: Central a Turbogas con caldera de recuperación	10
1.7: Ciclo combinado con turbina de gas	11

CAPITULO 2

2.1: Diagrama en barras de los tipos de salidas más comunes para los sensores	16
---	----

CAPITULO 3

3.1: Mapa de organización del microcontrolador GP32	20
---	----

CAPITULO 4

4.1: Esquema general del sistema de adquisición de datos	22
4.2: Circuito de conversión 4-20mA@0-5V	23
4.3: Diagrama del LM324	24
4.4: Montaje del convertor usando el LM324	24
4.5: Convertor frecuencia / voltaje a 10KHz con el LM2907	25
4.6: Convertor frecuencia / voltaje a 100Hz	25
4.7: Diagrama del AD623	26
4.8: Circuito del convertor de F/V a 100Hz	27
4.9: Circuito del convertor de V/V a $\frac{1}{2}$	28
4.10: Diagrama de pines del mux MC14051B	28
4.11: Diagrama de pines del circuito 74LS125	29
4.12: Diagrama de conexión para microcontrolador central	29
4.13: Diagrama de flujo de programa principal	31
4.14: Diagrama de flujo de la función adquirir datos	32
4.15: Diagrama de flujo de la función transmitir dato	32
4.16: Diagrama de flujo de la interrupción de la SCI	33
4.17: Diagrama de flujo de la interrupción de la IRQ	33

CAPITULO 5

5.1: Bandas de frecuencia para ondas electromagnéticas	35
5.2: Respuesta en frecuencia del circuito transmisor de RF para modulación OOK en frecuencia de 434mhz.	37
5.3: Respuesta en frecuencia del circuito transmisor de RF para modulación FSK en frecuencia de 434mhz.	38
5.4: Codificación MANCHESTER para datos binarios	39
5.5: Diagrama de tiempos básico de transmisión FSK del circuito MC33493	39
5.6: Modificación de la configuración del MC33593	41
5.7: Conformación del preámbulo para el mensaje con receptor en el modo FSK	42
5.8: Formato del mensaje RF	42

5.9: Tratamiento de los datos RF recibidos, con el receptor configurado	42
5.10: Protocolo de transmisión RF	43
5.11: Diagrama de estados del microcontrolador del modulo RF	43
5.12: Generación de código Manchester con el Timer	44
5.13: Diagrama de flujo del programa principal para la MCU del módulo RF	45
5.14: Diagrama de flujos de la subrutina que configura el sistema	46
5.15: Diagrama de flujo de la rutina de servicio de interrupción de la SCI	46
5.16: Diagrama de flujo de la subrutina transmisión por la SCI	46
5.17: Diagrama de flujo de la subrutina que configura el receptor de	47
5.18: Diagrama de flujo de la rutina de servicio de interrupción del receptor SCI	48
5.19: Diagrama de flujo de la rutina de servicio de interrupción salida, de comparación	48
5.20: Diagrama de flujo de la subrutina que transmite mediante RF	49
5.21: Diagrama en bloques de la tarjeta uNET	50
5.22: Ejemplo de pagina principal cargada por modulo Ethernet	53
5.23: Tipo de modulaciones disponibles en el MODEM	55
5.24: Comunicación entre MODEM local y remoto	56
5.25: Diagrama MODEM externo	57
5.26: Esquema de conexiones entre microcontrolador e interfaz DB-9, para MODEM	62
 CAPITULO 6	
6.1: Panel frontal del sistema de adquisición	64
6.2: Conector DIN para entradas	64
6.3: Diagrama de conexiones para las entradas de los sensores	65
6.4: Panel posterior del sistema	65
6.5: Conector RJ-45	66
6.6: Conector UHF hembra	67
6.7: Función del interruptor de POWER	67
 CAPITULO 7	
7.1: Central con motor alternativo de combustión interna	70
7.2: Estado del cilindro en cada una de las carreras del M.AC.I.	70
7.3: Fotografía de un M.AC.I.	70
7.4: Ubicación de sensores en el M.AC.I.	71
7.5: Proceso de acondicionamiento de señales eléctricas	72
7.6: Acondicionador de señal AD594 para termopares tipo J	73
7.7: Ubicación de sensores de presión y temperatura en el cilindro	73
7.8: Diagrama de conexión para los sensores de fase	75
7.9: Ubicación del sensor de nivel en el depósito	76
7.10: Esquema final del sistema de adquisición de datos para central eléctrica con motor alternativo de combustión interna.	76
 ANEXOS	
A1: Diagrama circuital del modulo de radiofrecuencia	81
A2: Diagrama de conexiones para el controlador de red	82

RESUMEN

Este documento presenta el diseño y especificación de un sistema modular que permite el monitoreo de múltiples variables fundamentales en el proceso de generación eléctrica, en forma remota mediante diversos medios de transmisión.

Se describe el funcionamiento de varias centrales de generación y se determinan estadísticamente los diferentes tipos de sensores disponibles para las variables de mayor interés.

Se realiza una estadística de costos de los diferentes dispositivos que permiten la adquisición de dichos datos, especificando las características de cada uno de ellos y seleccionando en base a los criterios requeridos, los dispositivos de mejores características.

Se discuten las características de algunos de los medios de transmisión remota de datos más utilizados en la industria y se presentan las especificaciones de los dispositivos seleccionados.

Finalmente se bosqueja el diseño de una aplicación de monitoreo para una central de cogeneración basada en combustión interna, la cual puede ser fácilmente aplicada a algunas plantas de respaldo que posee la empresa de Telecomunicaciones de Colombia en el departamento del Quindío.

ABSTRACT

This paper offers the design and specification of a modular system, allowing the monitoring of the different variables in the electrical generation process, with a remote communication in some of the transmission ways.

It describes the performance of many electrical generation centrals and it generates a statistic measurement and determines the different kinds of available sensors for the more interesting variables.

This document prepares a statistic about the price of the data acquisition devices, specifying the characteristics of everyone of them and choosing the best devices with the established requirements.

It discusses the most useful remote transmission ways in the industry and shows the selected specifications devices.

At the end, it summarizes a design of a monitoring application based in a internal combustion plant, that could be applied for some emergency plants in the company "Telecomunicaciones de Colombia" at Quindio's province.