



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA MEDICIÓN DE
TENSIÓN Y PUENTES CON SISTEMAS EMBEBIDOS PARA EL
LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA.”**

**CARLOS JOSÉ ANTE SATIZÁBAL
HÉCTOR NELSON TAYUPANDA PACA**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR
2010

CERTIFICADO DE APROBACION DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Noviembre 30 del 2010

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**Sr. Carlos José Ante Satizábal.
Sr. Héctor Nelson Tayupanda Paca.**

Titulada:

“DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA MEDICIÓN DE
TENSIÓN Y PUENTES CON SISTEMAS EMBEBIDOS PARA EL
LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA.”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. PABLO MONTALVO
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Marco Haro
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXANIMACIÓN DE TESIS

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES: Sr. CARLOS JOSÉ ANTE SATIZÁBAL

Sr. HÉCTOR NELSON TAYUPANDA PACA

TÍTULO DE TESIS:

“DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA MEDICIÓN DE TENSIÓN Y PUENTES CON SISTEMAS EMBEBIDOS PARA EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA.”

Fecha de exanimación:

RESULTADOS DE LA EXANIMACIÓN:

COMITÉ DE EXANIMACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Eduardo Vasquez (Presidente Trib. Defensa)			
Ing. Msc. Pablo Montalvo (Director de Tesis)			
Dr. Marco Haro (Asesor)			

*Más de un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total de trabajo

RECOMENDACIONES:

El presidente del tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido

f) Presidente del tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Carlos José Ante Satizábal

f) Héctor Nelson Tayupanda Paca

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por darme salud y vida.

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento a su cuerpo docente que sin su ayuda y apoyo incondicional no hubiera sido posible la culminación de esta tesis.

Agradezco a mis padres que han sido el pilar fundamental para llegar a este momento y a mi querida Vero por apoyarme siempre en este reto de la vida.

Carlos José Ante Satizábal

AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento a Dios todopoderoso por darme vida, salud y ser guía en cada instante de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, a la Facultad de Mecánica y por su intermedio a la escuela de Ingeniería de Mantenimiento, al personal Docente y administrativo de la misma, y de manera especial a nuestro director y asesores de tesis Ing. Pablo Montalvo y Dr. Marco Haro, por su acertada dirección para el desarrollo y ejecución del presente trabajo.

Héctor Nelson Tayupanda Paca

DEDICATORIA

Le dedico esta Tesis a mi querida y adorada hija Amy Judith que fue la inspiración para realizar este trabajo y a las futuras generaciones que son las encargadas de darle un n buen uso y desarrollar nuevas tecnologías.

Carlos José Ante Satizábal.

DEDICATORIA

A mí querida esposa: Nelly Cruz, aquella mujer quién me ha sabido dar la fuerza necesaria para seguir luchando, y llegar a culminar las metas trazadas, con la inmensa fuerza eterna de amor, cariño y comprensión.

A mi nena linda: KerlyNayely, luz de mi existencia, a quien sin querer le privé de compartir muchos momentos en familia.

A mis Padres: Santiago y María, por su invaluable y constante sacrificio en pos de mi formación y educación, quienes con amor y sanos consejos me apoyaron siempre para no claudicar en esta misión.

A mis hermanos, los mismos que respetaron y aplaudieron mi decisión.

Héctor Nelson Tayupanda Paca

TABLA DE CONTENIDOS.

<u>CAPITULO</u>		<u>PÁGINA</u>
1.	GENERALIDADES	1
1.1.	Antecedentes.....	1
1.2.	Justificación.	1
1.3.	Objetivos.	1
1.3.1.	Objetivo General.	1
1.3.2.	Objetivos Específicos.	2
2.	MARCO TEÓRICO	3
2.1.	Instrumentación electrónica	3
2.1.1.	Instrumentación virtual	3
2.2.	Instrumentación industrial.	3
2.3.	Puentes de wheatstone	4
2.3.1.	Descripción	4
2.3.2.	Variantes del puente de wheatstone.	5
2.4.	Galgas extensiométricas.	5
2.4.1.	Galgas metálicas	5
2.4.2.	Galgas semiconductor.	7
2.4.3.	Características de las galgas.	7
2.4.4.	Ventajas.	9
2.4.5.	Desventajas	9
2.4.6.	Limitaciones.	9
2.4.7.	Como realizar una medición con una galga extensiométricas.	9
2.5.	Termopares	11
2.5.1.	Tipos de termopares.	12
2.5.2.	Leyes.	13

2.6.	RTDS	14
2.6.1.	Fundamentos de las Rtd.	14
2.6.2.	Medidas de temperatura con RTDs.	16
2.6.3.	Consideraciones sobre el ruido de la RTD.	16
2.6.4.	Obtención de la visualización de la medida.	16
2.7.	Sistemas SCADA.	17
2.7.1.	Un software SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema.	18
2.7.2.	Esquema de un sistema típico de SCADA.	19
2.7.3.	Elementos del sistema SCADA	20
2.8.	LabVIEW 9.0	21
2.8.1.	Principales usos.	21
2.8.2.	Principales características.	22
2.8.3.	Programa en LabVIEW	23
2.9.	Sistemas embebidos.	24
2.9.1.	Características de los sistemas embebidos.	25
2.9.2.	Desafío de los sistemas embebidos.	26
2.9.3.	Sistemas de tiempo real (STR) – real time.	26
2.9.3.1.	Elementos que conforman un STR.	26
2.9.3.2.	Clasificación de los sistemas de tiempo real	26
2.9.3.3.	Requisitos temporales.	27
2.9.4.	Sistemas embebidos CompactRio	28
2.9.4.1.	Diseño de sistemas embebidos CompactRio.	29
2.9.4.2.	CompactRio 9074	32
2.9.4.2.1.	Especificaciones	33
2.9.4.2.2.	Especificaciones detalladas.	34
2.9.4.2.3.	Tabla de comparación.	35
2.9.4.2.4.	Aplicación y tecnología.	35
2.9.4.2.5.	Software embebido.	36
2.9.4.2.6.	Arquitectura del software Compact Río	37

2.9.4.2.7.	Integrados servidores.	37
2.9.4.2.8.	Choque y vibración.	37
2.9.4.2.9.	Cableado.	38
2.9.4.2.10.	Conexiones en panel frontal.	38
2.9.4.2.11.	Medio ambiente.	38
2.9.4.3.	Modulo NI 9219 – entrada analógica universal de 24 Bits.....	39
2.9.4.3.1.	Característica del módulo.	40
2.9.4.3.2.	Compatibilidad y requerimientos.	40
2.9.4.3.3.	Aplicación y tecnología.	41
2.9.4.3.4.	Accesorios para conectividad.	41
2.9.4.3.5.	Características avanzadas.	41
2.9.4.3.6.	Características principales.....	42
2.9.4.3.7.	Reparación.	42
2.9.4.3.8.	Choque y vibración.	42
2.9.4.3.9.	Especificaciones detalladas.	42
2.9.4.3.10.	Conexión en panel frontal.	46
2.10.	Adquisición de datos y análisis.	47
2.10.1.	Transductor.	48
2.10.2.	Señales.	48
2.10.3.	Acondicionamiento de señales.	49
2.10.3.1.	Etapas del acondicionamiento de señales.	49
2.10.4.	DAQ hardware.	50
2.11.	Control y monitoreo de datos.....	51
2.11.1.	Control automático.	51
2.11.2.	Medición y control automático.	51

3. IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITOREO DE TENSIÓN Y PUENTES.....56

3.1.	Instalación y calibración del software en el equipo.....	56
3.1.1.	Interface CompactRio – Pc.	56
3.1.2.	Instalación y calibración del sistema operativo en el CompactRio	57
3.2.	Elaboración de los programas SCADA.	58
3.2.1.	Interface CompactRio – Pc.	59
3.2.2.	PID de temperatura con control de cruce por cero.	61
3.2.2.1.	Detector de cruce por cero.	61
3.2.2.2.	Control PID.	62
3.2.3.	Control de torque de motor mediante variable de peso.	63
3.2.4.	Comunicación vía wireless CompactRio – Pc.	64
3.2.4.1.	Programación en red.....	67
3.3.	Montaje y configuración del equipo y los sensores.....	68
3.3.1.	PID de temperatura.	68
3.3.2.	Control de torque de motor mediante variable de peso.	69
3.3.3.	Diseño de la placa para acondicionamiento de señales.	69
3.3.4.	Circuito detallado de la tarjeta electrónica.	70
3.4.	Mantenimiento y seguridad de los equipos	71

4. MANUAL Y GUÍA DE PRÁCTICA.72

4.1.	Elaboración de guía de prácticas.	72
4.1.1.	Practica 1. “PID de temperatura”	72
4.1.2.	Practica 2. Control de torque de motor.	77
4.1.3.	Practica 3. Comunicación vía wireless	80

5.	Conclusiones y Recomendaciones.84
-----------	--	----------------

5.1.	Conclusiones.....	84
------	-------------------	----

5.2.	Recomendaciones.	85
------	-----------------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA.

ANEXOS.

LISTA DE TABLA

<u>TABLA</u>		<u>PÁGINA</u>
2.1	DETALLES DEL EQUIPO COMPACT RÍO 9074	34
2.2	COMPARACIÓN DE LOS COMPACTDAQ SERIE C.....	35
2.3	VIBRACIÓN COMPACT RÍO 9074.....	37
2.4	CABLE ETHERNET CONEXIONES DE CABLEADO	38
2.5	CONDICIONES AMBIENTALES	38
2.5	COMPATIBILIDAD Y REQUERIMIENTOS MODULO NI 9219.....	40
2.6	NIVEL DE VIBRACIÓN MODULO NI 9219	42
2.7	CARACTERÍSTICAS DE ENTRADAS NI 9219	42
2.8	RANGO DE ENTRADAS DE NODOS NI 9219	43
2.9	TIEMPO DE CONVERSIÓN NI 9219	43
2.10	PRECISIÓN MODULO NI 9219	44
2.11	ESTABILIDAD MÓDULO 9219	44
2.12	NIVEL DE EXCITACIÓN HALF PUENTE Y PUENTE COMPLETO.	45
2.13	TIEMPO DE CONVERSIÓN MODULO NI 9219.....	45
2.14	NIVEL DE EXCITACIÓN PARA CUARTO DE PUENTE	45
2.15	REQUISITOS DE ALIMENTACIÓN.....	46
2.16	MEDIO AMBIENTE	46
2.17	FENÓMENOS Y TRANSDUCTORES EXISTENTES.....	48

LISTA DE FIGURAS.

FIGURA		PAGINA
2.1	Disposición del puente de wheatstone	4
2.2	Módulo de tensión y puentes junto al equipo compactrio	10
2.3	Cableado en una configuración de cuarto de puente	10
2.4	Cableado en una configuración de medio puente.....	11
2.5	Cableado en una configuración de puente completo.....	11
2.6	Diagrama de funcionamiento del termopar.....	12
2.7	Resistence temperature detecto.....	14
2.8	Curva de resistencia/temperatura para una rtd de platino	15
2.9	Medidas de rtds con labview	17
2.10	Esquema de un sistema scada	19
2.11	Esquema de los elementos de un sistema scada.....	20
2.12	Diagrama de bloques	24
2.13	Requisitos temporales.....	27
2.14	Implementación con labview y rio del hardware de e/s y hardware con dma en comparación con las implementaciones vhdl	28
2.15	Arquitectura compact río	29
2.16	Módulos de e/s de la serie c.....	31
2.17	Chasis ni crio-9074	32
2.18	Arquitectura del software compact río	37
2.19	Conexión en panel frontal compact río 9074	38
2.20	Módulo ni 9219 – entrada analógica universal de 24 bits	40
2.21	Conexión panel frontal modulo ni 9219	46
2.22	Adquisición de datos	47
2.23	Sistema de adquisición de datos.....	48
2.24	Sistema de control de temperatura	52
2.25	Error dinámico y retraso durante un cambio senoidal.....	54
3.1	Configuración compactrio - pc (paso2).....	56
3.2	Configuración compactrio - pc (paso2).....	57
3.3	Instalación del sistema operativo en el compactrio (paso1).....	57
3.4	Instalación del sistema operativo en el compactrio (paso2).....	58
3.5	Instalación del sistema operativo en el compactrio (paso3).....	58
3.6	Interface compactrio - pc (paso1).....	59
3.7	Interface compactrio - pc (paso2).....	59
3.8	Interface compactrio - pc (paso3).....	60
3.9	Interface compactrio - pc (paso4).....	60
3.10	Interface compactrio - pc (paso5).....	60
3.11	Interface compactrio - pc (paso6).....	61
3.12	Cruce por cero (verdad)	61
3.13	Cruce por cero (falso).....	61
3.14	Pid panel frontal	62
3.15	Pid diagrama de bloques (while loop 1).....	62
3.16	Pid diagrama de bloques (while loop 2).....	62
3.17	Panel frontal de control de torque	62
3.18	Control de torque diagrama de bloques (while loops 1).....	62
3.19	Control de torque diagrama de bloques (while loops 2).....	62

3.20	Configuración wireless - pc (paso1)	62
3.21	Configuración wireless - pc (paso2)	62
3.22	Configuración wireless - pc (paso3)	62
3.23	Configuración wireless - pc (paso4)	62
3.24	Configuración wireless - pc (paso5)	62
3.25	Configuración wireless - pc (paso6)	62
3.26	Configuración wireless - pc (paso7)	62
3.27	Configuración wireless - pc (paso8)	62
3.28	Configuración wireless - pc (paso9)	62
3.29	Pid en red panel frontal	62
3.30	Pid en red diagrama de bloques.....	62
3.31	Control de torque de motor panel frontal en red	62
3.32	Control de torque de motor diagrama de bloques en red.....	62
3.33	Diagrama de acondicionamiento de señales.	62
3.34	Circuito de la tarjeta electrónica	62

LISTA DE ABREVIATURAS.

CSMA/CD	Carrier Sense, Media Access and Collision Detection
DCE	Data Communication Equipment
DCS	Sistema de Control Distribuido
DSP	Procesador digital de señales
DMA	Direct Memory Access
DTE	Data Terminal Equipments
ECUs	Engine Control Unit
EMC	Compatibilidad electromagnética
FPGAs	Arreglo de compuerta programable en campo
GPIBs	Buses de Intercambio de Propósito General.
HART	Highway Addressable Remote Transducer
HMI	Human Machine Interface
MTU	Unida terminal maestra.
NVH	Noise, Vibration, Harshness
PID	Proporcional Integral Derivativo
PLC	Controladores Lógicos Programables
RIO	Entradas/Salidas reconfigurables
RTU	Unidad terminal remota.
SPAN	Rango de calibración del transductor relacionado con la señal analógica de salida
VHDL	Circuitos integrados de alta velocidad
VI	Instrumento Virtual

LISTA DE ANEXOS.

ANEXO 1	PISTA DE LA TARJETA ELECTRONICA.
ANEXO 2	DIAGRAMA DE LA TARJETA ELECTRONICA.
ANEXO 3	TRANSISTOR 2N3055.
ANEXO 4	OPTOTRIAC MOC 3020.
ANEXO 5	TRANSISTOR TIC 142.
ANEXO 6	REGULADOR DE VOLTAJE LM 7805
ANEXO 7	REGULADOR VARIABLE DE VOLTAJE LM 317T
ANEXO 8	TRIAC BTA 4100B

RESUMEN.

Hemos diseñado un programa SCADA para prácticas de control de temperatura y torque de un motor mediante conexiones inalámbricas con LabVIEW y elCompactRio que es una nueva tecnología con diseño embebido, además consta de un chasis muy resistente a condiciones ambientales severas y con módulos reconfigurables e intercambiables que nos permiten adquirir señales analógicas y digitales directamente ya que estos tienen la propiedad de acondicionar la señal para que pueda ser leída y procesada por el chasis.

La programación de este equipo se la puede realizar en modo Scan y en modo FPGA dependiendo de la velocidad que necesitemos.

Los programas que se desarrollaron fueron un control PID de temperatura que nos va a permitir mantener una temperatura constante sin que la afecte las condiciones ambientales del exterior, también se diseñó un control de torque de un motor que se activara mediante una variable externa que va a ser una galga extensiométrica que dependiendo de peso que este en ella el torque del motor va a aumentar y lo más importante que concierne a estas prácticas es el control y monitoreo inalámbrico de los equipos el cual lo hemos realizado creando librerías de variables para ser leídas y procesadas de diferentes PC que tengan conexión wireless

Estas prácticas nos permitirán tener un mayor conocimiento acerca de lo que es un control PID, el funcionamiento de las galgas extensiométricas, la creación de librerías y variables en LabVIEW y la adquisición de datos mediante equipos de tecnología de punta.

SUMMARY.

CAPITULO I.

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes.

La Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH cuenta con un laboratorio de mecatrónica donde se encuentran equipos automatizados con los que los estudiantes realizan sus prácticas de automatización.

Pero debido al adelanto tecnológico de los procesos de automatización nos encontramos con la necesidad de utilizar equipos de monitoreo y mediciones que serán un complemento muy útil en nuestra formación académica.

1.2. Justificación.

La Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo cuenta con un laboratorio de mecatrónica con tecnología que no está acorde con el desarrollo tecnológico que existe en la actualidad, por ende la necesidad de contar con equipos de control, monitoreo y automatización con tecnología de punta que permita al estudiante de la facultad de Mecánica y sus diversas escuelas estar a la altura de los requerimientos del sector productivo de nuestro país que se encuentra en un proceso de adquisición y desarrollo tecnológico.

Los sistemas embebidos de Tensión y Puente de la Compact RÍO fabricados por la National Instruments permitirá al estudiante de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento conocer, manipular, monitorear procesos industriales basados en puentes de Wheatstone utilizando equipos de instrumentación tales como galgas extensiométricas, RTDs, termopares, celdas de carga y otros sensores.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

- Desarrollar un sistema SCADA de medición de Tensión y Puentes con Sistemas Embebidos para el Laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Mecánica.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Determinar las características del Software para la adquisición de datos de señales y monitoreo.
- Determinar las características del hardware para el monitoreo y análisis de señales de Tensión y Puentes.
- Implementar el equipo y elaborar un software de adquisición y monitoreo de datos de Tensión y Puentes.
- Elaborar guías prácticas de medición y monitoreo de Tensión y Puentes con sistemas embebidos para el laboratorio de mecatrónica.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Instrumentación electrónica

Instrumentación electrónica es parte de la electrónica, principalmente analógica, que se encarga del diseño y manejo de los aparatos electrónicos y eléctricos, sobre todo para su uso en mediciones.

La instrumentación electrónica se aplica en el censado y procesamiento de la información proveniente de variables físicas y químicas, a partir de las cuales realiza el monitoreo y control de procesos, empleando dispositivos y tecnologías electrónicas.

2.1.1. Instrumentación virtual

Una de las nuevas tendencias en la instrumentación es la *instrumentación virtual*. La idea es sustituir y ampliar elementos "hardware" por otros "software", para ello se emplea un procesador (normalmente un PC) que ejecute un programa específico, este programa se comunica con los dispositivos para configurarlos y leer sus medidas.

Las ventajas de la instrumentación virtual son, que es capaz de automatizar las medidas, procesado de la información, visualización y actuación remotamente, etc.

Algunos programas especializados en este campo son LabVIEW y Agilent-VEE (antes HP-VEE). Y algunos buses de comunicación populares son GPIB, RS-232, USB, etc. **[1]**

2.2. Instrumentación industrial.

Es el grupo de elementos que sirven para medir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en éste.

La instrumentación es lo que ha permitido el gran avance tecnológico de la ciencia actual en casos tales como: los viajes espaciales, la automatización de los procesos industriales y mucho otros de los aspectos de nuestro mundo moderno; ya que la automatización es solo posible a través de elementos que puedan sentir lo que sucede en el ambiente, para luego tomar una acción de control pre-programada que actúe sobre el sistema para obtener el resultado previsto.

2.3. Puentes de wheatstone

Un **puente de wheatstone** es un instrumento eléctrico de medida inventado por Samuel Hunter Christie en 1832, mejorado y popularizado por Sir Charles Wheatstone en 1843. Se utiliza para medir resistencias desconocidas mediante el equilibrio de los brazos del puente. Estos están constituidos por cuatro resistencias que forman un circuito cerrado, siendo una de ellas la resistencia baja medida.

2.3.1. Descripción

En la siguiente figura se muestra la disposición eléctrica del circuito.

En la figura vemos que, R_x es la resistencia cuyo valor queremos determinar, R_1 , R_2 y R_3 son resistencias de valores conocidos, además la resistencia R_2 es ajustable. Si la relación de las dos resistencias del brazo conocido (R_1/R_2) es igual a la relación de las dos del brazo desconocido (R_x/R_3), el voltaje entre los dos puntos medios será nulo y por tanto no circulará corriente alguna entre esos dos puntos **C** y **B**.

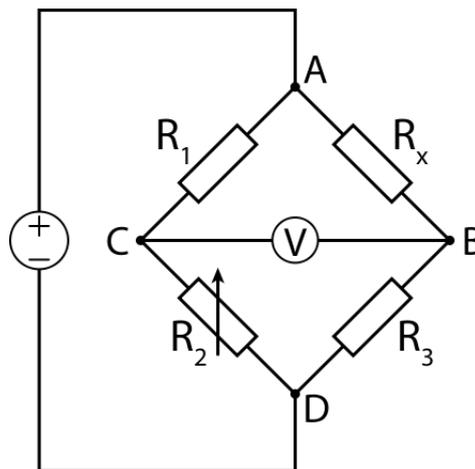


Fig. 2-1: Disposición del Puente de Wheatstone

Para efectuar la medida lo que se hace es variar la resistencia R_2 hasta alcanzar el punto de equilibrio. La detección de corriente nula se puede hacer con gran precisión mediante el galvanómetro **A**.

La dirección de la corriente, en caso de desequilibrio, indica si R_2 es demasiado alta o demasiado baja. El valor de la F.E.M. (E) del generador es indiferente y no afecta a la medida.

Cuando el puente está construido de forma que R_3 es igual a R_2 , R_x es igual a R_1 en condición de equilibrio. (Corriente nula por el galvanómetro).

Asimismo, en condición de equilibrio siempre se cumple que:

$$R_x = \frac{R_1 * R_3}{R_2}$$

Si los valores de R_1 , R_2 y R_3 se conocen con mucha precisión, el valor de R_x puede ser determinado igualmente con precisión. Pequeños cambios en el valor de R_x romperá el equilibrio y serán claramente detectados por la indicación del galvanómetro.

De forma alternativa, si los valores de R_1 , R_2 y R_3 son conocidos y R_2 no es ajustable, la corriente que fluye a través del galvanómetro puede ser utilizada para calcular el valor de R_x siendo este procedimiento más rápido que el ajustar a cero la corriente a través del medidor.

2.3.2. Variantes del puente de wheatstone.

Las variantes del puente de Wheatstone se pueden utilizar para la medida de impedancias, capacidades e inductancias

La disposición en puente también es ampliamente utilizada en instrumentación electrónica. Para ello, se sustituyen una o más resistencias por sensores, que al variar su resistencia dan lugar a una salida proporcional a la variación. A la salida del puente (en la Figura 1, donde está el galvanómetro) suele colocarse un amplificador. [2]

2.4. Galgas extensiométricas.

Una galga extensiométrica es un sensor basado en el efecto piezorresistivo. Un esfuerzo que deforma a la galga producirá una variación en su resistencia eléctrica.

Los materiales que suelen utilizarse para fabricar galgas son aleaciones metálicas, como por ejemplo constantán, nicrom o elementos semiconductores como por ejemplo el silicio y el germanio. Es por ello que podemos clasificar las galgas en dos tipos: las metálicas y las semiconductoras.

2.4.1. Galgas metálicas

Las principales aleaciones que usan las galgas metálicas son:

- ✓ Cobre y hierro
- ✓ Platina y silicialista
- ✓ Constantán
- ✓ Nicrom o karma
- ✓ Isoelastic

- ✓ Aleación de platino
- ✓ Aleaciones de níquel-cromo
- ✓ Nitróxido de titán
- ✓ Algunos de los materiales usados en el soporte de las galgas metálicas pueden ser
- ✓ Poliamida
- ✓ Epoxy
- ✓ Fibra de vidrio reforzada con epoxy[3]
- ✓ EL principio de medida de las galgas metálicas se basa en tres premisas:
- ✓ EL valor de la resistencia de un conductor es función de sus características geométricas (efecto enunciado por Lord Kelvin).
- ✓ A todo aumento de longitud corresponde una disminución de sección efecto de Poisson)
- ✓ La variación de resistividad es proporcional a la variación relativa de volumen (efecto enunciado por Bridgman).

Por lo anteriormente expuesto, algunas características deseables que debe tener el material conductor de la galga son:

Sensibilidad a la deformación lineal en el rango elástico para exactitud y repetición de la prueba.

- ✓ Alta resistividad para reducir el tamaño de la galga.
- ✓ Baja histéresis para repetición y exactitud en la prueba.
- ✓ Alta sensibilidad a la deformación para producir la máxima señal eléctrica ante una deformación experimentada.
- ✓ Coeficiente de resistencia bajo y controlable para lograr una buena auto compensación de temperatura.
- ✓ Amplio rango de temperatura operacional para poderse aplicar en pruebas variadas.
- ✓ Durabilidad con respecto a su fatiga para mediciones dinámicas.

Las galgas extensiométricas están disponibles comercialmente con valores nominales de resistencia desde 30Ω hasta 3000Ω , siendo 120Ω , 350Ω y 1000Ω los valores más frecuentes.

2.4.2. Galgas semiconductoras.

Las galgas semiconductoras son similares a las anteriores. En este tipo de galgas se sustituye el hilo metálico por un material semiconductor. La principal diferencia constructiva de estas galgas respecto a las anteriores se encuentra en el tamaño. Las galgas semiconductoras tienen un tamaño más reducido.

Desventajas de los semiconductores:

- Muy sensibles a la temperatura.
- Muy frágiles, permiten poca deformación.

2.4.3. Características de las galgas.

A continuación veremos algunas características de las galgas extensiométricas así como algunas propiedades que hay que tener en cuenta:

1. **Anchura y longitud:** Estos dos parámetros hay que tenerlos en cuenta cuando escogemos el sensor para adherirlo al material, por tanto escogeremos el tamaño que más se adecue al tamaño del material.

2. **Peso:** El peso de una galga suele ser del orden de gramos, y en aplicaciones donde se necesita mucha precisión puede influir a la medida de la deformación realizada.

3. **Tensión obtenida:** Es el rango de variación de longitud de la galga, cuando ésta se somete a una deformación. Este rango viene expresado en un tanto por cien respecto a la longitud de la galga.

4. **Influencia de la temperatura:** La temperatura puede afectar al funcionamiento de la galga, si esta varía durante una medida con banda extensiométrica, la deformación real puede desviarse de la deformación medida. Para ello el fabricante de la galga proporciona dos curvas para poder corregir los efectos dados por la variación de temperatura.

5. **Resistencia de la galga:** Es la resistencia de referencia que se da cuando el sensor no sufre ninguna deformación, es decir, el valor nominal de resistencia, suele venir acompañada por un porcentaje que indica su tolerancia.

6. **Factor de galga:** Factor de galga es una constante K

característica de cada galga. Este factor es función de muchos parámetros, pero especialmente de la aleación empleada en la fabricación. Viene acompañado de su tolerancia.

7. **Sensibilidad transversal:** Las galgas están diseñadas para trabajar en una dirección determinada, sin embargo si se producen deformaciones transversales, se puede dar una pequeña variación de resistencia. El fabricante proporciona este valor en forma de porcentaje, suele ser este menor del 1%.

8. **Material de la lámina:** Esta característica nos define el material del que está hecho el hilo conductor o el material semiconductor.

9. **Material de la base:** Esta característica nos define el material del que está constituida la base no conductora de la galga.

10. **Linealidad, histéresis y deriva:** La linealidad histéresis y deriva dependen de diversos factores, como son el nivel de deformaciones alcanzado, el material soporte de la banda y la calidad y los materiales del pegado.

11. **Disipación de calor:** Otro aspecto importante al utilizar bandas extensiométricas es la disipación de calor. Puesto que una banda extensiométrica es un elemento resistivo, formará parte de un circuito eléctrico y por tanto pasará una corriente eléctrica por la banda. Por tanto hay que prestar especial cuidado en cuanto a que la potencia que consume la banda debido al paso de la corriente eléctrica, y que disipa en forma de calor, sea menor que la potencia que la banda es capaz de transmitir al material sobre el que se ha pegado. De esta forma se evita el sobrecalentamiento de la banda, que podría dar lugar a medidas erróneas o incluso a llegar a quemar la propia banda.

12. **Estabilidad:** Cuando se hacen medidas que duran tiempos largos o se utilizan bandasmontadas en piezas con mucha antelación, las condiciones ambientales pueden degradar las propiedades de la banda, haciendo que el comportamiento de estas se aleje de lo esperado o que incluso lleguen a deteriorarse.

13. **Comportamiento a la fatiga:** Como todos los materiales, las

bandas tienen una vida limitada por la fatiga. Las bandas estándar son capaces de aguantar unos 105 ciclos. Cuando se requiere una mayor durabilidad en fatiga existen bandas especiales para tales fines. [4]

2.4.4. Ventajas.

- ❖ Pequeño tamaño
- ❖ Pueden ser alimentadas con corriente continua o corriente alterna
- ❖ Tienen una excelente respuesta en frecuencia
- ❖ Pueden utilizarse para medidas estáticas y dinámicas
- ❖ Compensación de temperatura relativamente fácil
- ❖ No son influidas por los campos magnéticos

2.4.5. Desventajas

- ❖ Señal de salida débil
- ❖ Pequeño movimiento de la galga
- ❖ Alta sensibilidad a las vibraciones
- ❖ Estabilidad dudosa a lo largo del tiempo (el envejecimiento de los adhesivos puede afectar a su funcionamiento).
- ❖ Para umbrales pequeños la técnica de construcción es cara

2.4.6. Limitaciones.

- ❖ El esfuerzo aplicado no debe llevar a la galga fuera del margen elástico
- ❖ Se necesita una buena adhesión al objeto, para que la medida de la deformación sea correcta.
- ❖ Un incremento en la temperatura tiene como consecuencia una variación de la resistencia aún sin aplicar ningún esfuerzo.
- ❖ Coeficiente de dilatación de la galga parecido al del soporte para evitar tensiones mecánicas.
- ❖ Auto calentamiento de la galga por la disipación de potencia de alimentación. [5]

2.4.7. Como realizar una medición con una galga extensiométrica.

La mayoría de las soluciones para mediciones con galgas extensiométricas proveen opciones para configuraciones de cuarto, medio y puente completo.

Considere como ejemplo un sistema NI CompactDAQ con un módulo de puente de 4 canales simultáneos NI 9219



Fig. 2-2: Módulo De Tension Y Puentes Junto Al Equipo CompactRio

La siguiente figura muestra un diagrama de conexiones para cablear una galga extensiométrica en una configuración de cuarto de puente para este módulo.

Conecte un extremo de una galga en cuarto de Puente al terminal CH+ en el módulo y el otro extremo al terminal QTR. Observe que el terminal EX- en el módulo no se cablea debido a la configuración de cuarto de puente, R3 es interna para el hardware de medición.

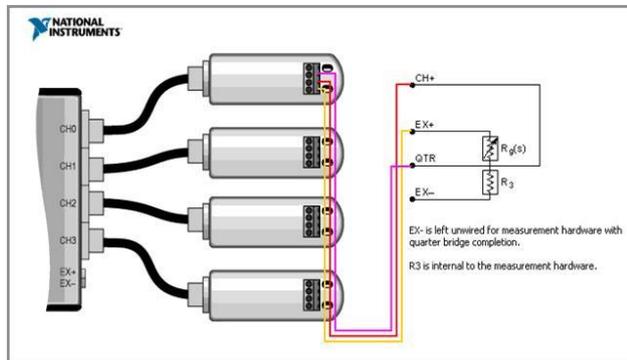


Fig. 2-3: Cableado En Una Configuración De Cuarto De Puente

Para mediciones en una configuración de medio puente, conecte dos cables desde los dos elementos activos a los terminales EX+ y EX- en el módulo. Finalmente, conecte un cable entre el punto común de los dos elementos activos al terminal QTR en el módulo de medición (ver Figura).

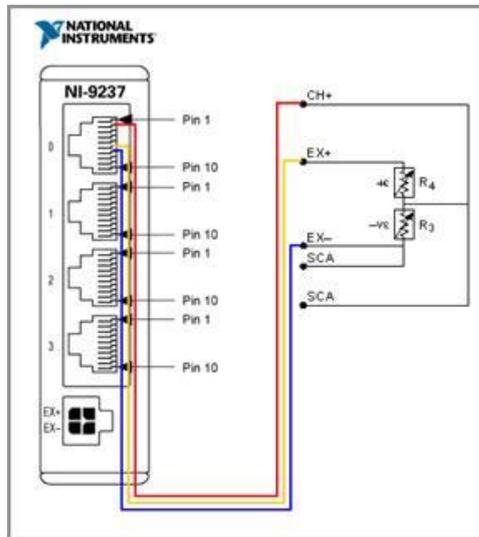


Fig. 2-4: Cableado en una Configuración de Medio Puente

Para mediciones en una configuración de puente completo, conecte el punto común entre R1 y R4 a EX+ y el punto común entre R2 y R3 a EX-. También, conecte el punto común entre R3 y R4 a CH+ y el punto común entre R1 y R2 a CH- (Ver Figura). [6]

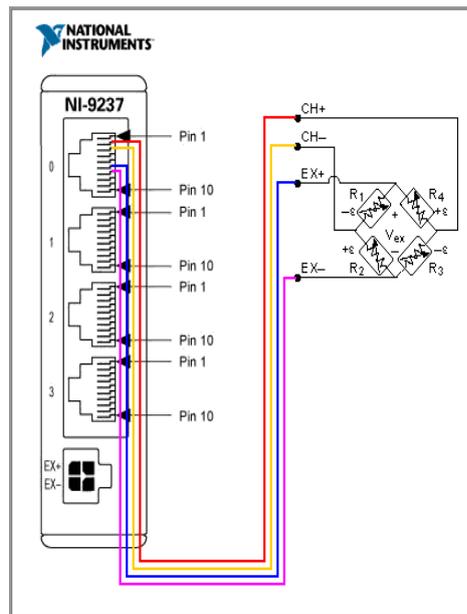


Fig. 2-5: Cableado en una Configuración de Puente Completo

2.5. Termopares

Un termopar es un dispositivo formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje (efecto Seebeck), que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia.

En Instrumentación industrial, los termopares son ampliamente usados como sensores de temperatura. Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas. Su principal limitación es la exactitud ya que los errores del sistema inferiores a un grado Celsius son difíciles de obtener.

El grupo de termopares conectados en serie recibe el nombre de termopila. Tanto los termopares como las termopilas son muy usados en aplicaciones de calefacción a gas.

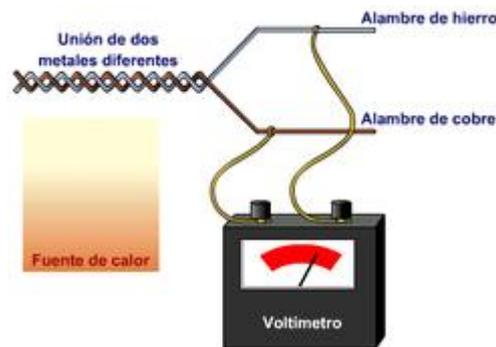


Fig. 2-6: Diagrama de funcionamiento del termopar

2.5.1. Tipos de termopares.

➤ **Tipo K** (Cromo (Ni-Cr) Chromel / Aluminio (aleación de Ni -Al) Alumel): con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de -200°C a $+1.372^{\circ}\text{C}$ y una sensibilidad $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ aprox. Posee buena resistencia a la oxidación.

➤ **Tipo E** (Cromo / Constantán (aleación de Cu-Ni)): No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de $68\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

➤ **Tipo J** (Hierro / Constantán): debido a su limitado rango, el tipo J es menos popular que el K. Son ideales para usar en viejos equipos que no aceptan el uso de termopares más modernos. El tipo J no puede usarse a temperaturas superiores a 760°C ya que una abrupta transformación magnética causa una descalibración permanente. Tienen un rango de -40°C a $+750^{\circ}\text{C}$ y una sensibilidad de $\sim 52\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$. Es afectado por la corrosión.

➤ **Tipo N** (Nicrosil (Ni-Cr-Si / Nisil (Ni-Si)): es adecuado para mediciones de alta temperatura gracias a su elevada estabilidad y resistencia a la oxidación de altas temperaturas, y no necesita del platino utilizado en los tipos B, R y S que son más caros.

Por otro lado, los termopares tipo B, R y S son los más estables, pero debido a su baja sensibilidad ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ aprox.) generalmente son usados para medir altas temperaturas (superiores a 300°C).

➤ **Tipo B** (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): son adecuados para la medición de altas temperaturas superiores a 1.800°C . Los tipos B presentan el mismo resultado a 0°C y 42°C debido a su curva de temperatura/voltaje, limitando así su uso a temperaturas por encima de 50°C .

➤ **Tipo R** (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): adecuados para la medición de temperaturas de hasta 1.300°C . Su baja sensibilidad ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) y su elevado precio quitan su atractivo.

➤ **Tipo S** (Platino / Rodio): ideales para mediciones de altas temperaturas hasta los 1.300°C , pero su baja sensibilidad ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) y su elevado precio lo convierten en un instrumento no adecuado para el uso general. Debido a su elevada estabilidad, el tipo S es utilizado para la calibración universal del punto de fusión del oro ($1064,43^\circ\text{C}$).

Los termopares con una baja sensibilidad, como en el caso de los tipos B, R y S, tienen además una resolución menor. La selección de termopares es importante para asegurarse que cubren el rango de temperaturas a determinar.

2.5.2. Leyes.

Estudios realizados sobre el comportamiento de termopares han permitido establecer tres leyes fundamentales:

1) **Ley del circuito homogéneo.** En un conductor metálico homogéneo no puede sostenerse la circulación de una corriente eléctrica por la aplicación exclusiva de calor.

2) **Ley de los metales intermedios.** Si en un circuito de varios conductores la temperatura es uniforme desde un punto de soldadura 'A' a otro 'B', la suma algebraica de todas las fuerzas electromotrices es totalmente independiente de los conductores metálicos intermedios y es la misma que si se pusieran en contacto directo 'A' y 'B'.

3) **Ley de las temperaturas sucesivas.** La f.e.m. generada por un termopar con sus uniones a las temperaturas T1 y T3 es la suma algebraica de la f.e.m. del termopar con sus uniones a T1 y T2 y de la f.e.m. del mismo termopar con sus uniones a las temperaturas T2 y T3.

Por estas leyes se hace evidente que en el circuito se desarrolla una pequeña tensión continua proporcional a la temperatura de la unión de medida, siempre que haya una diferencia de temperaturas con la unión de referencia. Los valores de esta f.e.m. están tabulados en tablas de conversión con la unión de referencia a 0° C.

2.6. RTDs

RTDs. (sensores de temperatura resistivos)

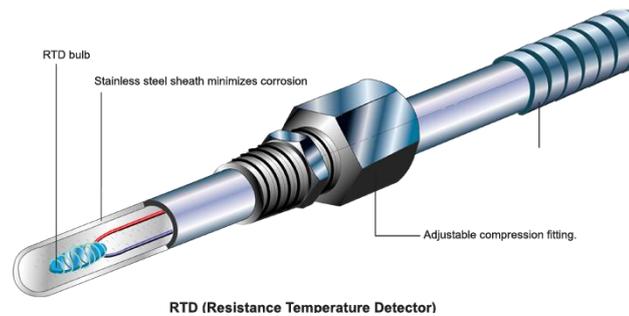


Fig. 2-7: Resistance Temperature Detector

Un sensor de temperatura mediante una resistencia de platino rtd (resistancetemperature detector) es un dispositivo con una resistencia típica de 100Ω a 0°C. Consiste en una delgada película de platino dispuesta sobre una película de plástico. Su resistencia varía con la temperatura y puede medir típicamente temperaturas de hasta 850°C. El paso de una corriente a través de la rtd genera una tensión entre sus bornes. Al medir esta tensión, se puede determinar su resistencia y, por tanto, su temperatura. La relación entre la resistencia y la temperatura es relativamente lineal.

2.6.1. Fundamentos de las rtd.

Las rtds funcionan sobre el principio de los cambios en la resistencia eléctrica de los metales puros y se caracterizan por un cambio lineal positivo de la resistencia con la temperatura. Los elementos típicos que se utilizan en las rtds incluyen níquel (Ni) y cobre (Cu), pero el platino (Pt) es mucho más común debido a su amplio rango de temperaturas, precisión y estabilidad.

Las rtds se construyen utilizando una de las dos diferentes configuraciones de fabricación. Las rtds de hilo devanado se crean bobinando un hilo conductor delgado en una bobina. Una configuración más común es el elemento de película delgada, que consiste en una capa muy delgada de metal dispuesto sobre un substrato cerámico o de plástico. Los elementos de película delgada son más baratos y más ampliamente disponibles, porque pueden alcanzar resistencias de mayores valores nominales con menos platino. Para proteger la rtd, una vaina metálica cubre el elemento de la rtd y el hilo conductor se conecta a ella.

Las rtds también se caracterizan por un lento tiempo de respuesta y baja sensibilidad y, debido a que requieren una excitación por corriente, pueden ser propensos al auto-calentamiento.

Las rtds se clasifican generalmente por su resistencia nominal a 0°C. Los valores nominales típicos de resistencia para rtds de película delgada de platino varían entre 100Ω y 1.000Ω. La relación entre la resistencia y la temperatura es casi lineal y sigue la ecuación siguiente:

➤ Para $T < 0^\circ\text{C}$ $R_T = R_0 [1 + aT + bT^2 + cT^3 (T - 100)]$ (Ecuación 1)

➤ Para $T > 0^\circ\text{C}$ $R_T = R_0 [1 + aT + bT^2]$

Dónde:

➤ R_T = Es la Resistencia a la temperatura T

➤ R_0 = Es el valor nominal de la resistencia

➤ $a, b, \text{ y } c$ = Son las constantes utilizadas para escalar la RTD

La curva de resistencia/temperatura para una RTD de platino de 100Ω, referido normalmente como Pt100, se muestra en la figura.

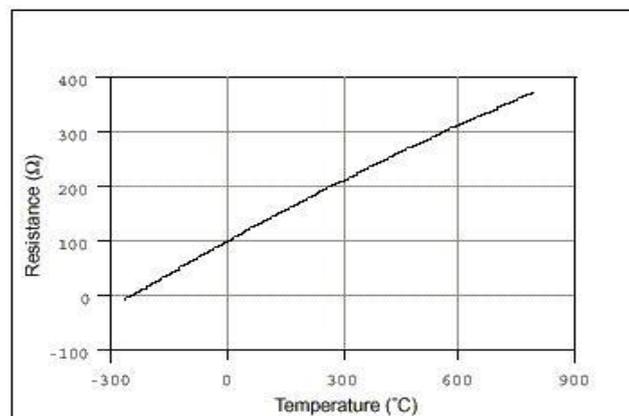


Fig. 2-8: Curva de resistencia/temperatura para una RTD de platino de 100Ω, $a=0,00385$

Este efecto suele aproximarse a un sistema de primer o segundo orden para facilitar los cálculos. Los sensores RTD suelen ir asociados a montajes eléctricos tipo Puente de Wheatstone, que responden a la variación de la resistencia eléctrica por efecto de la temperatura para originar una señal analógica de 4-20 mA que es la que se utiliza en el sistema de control correspondiente como señal de medida.

2.6.2. Medidas de temperatura con rtds.

Todos los rtds generalmente vienen con una combinación de cables de colores rojo y negro o rojo y blanco. El cable rojo es el terminal de excitación y el hilo negro o blanco el de tierra. Si no está seguro de que cables hay que conectar a cada lado del elemento resistivo, se puede utilizar un multímetro digital (DMM) para medir la resistencia entre los terminales. Si la resistencia es cercana a 0Ω , los cables están unidos al mismo nodo. Si el valor de la resistencia se encuentra cercano al de la resistencia nominal (100Ω es un valor común de la resistencia nominal de una rtd), los cables que se están midiendo están en los lados opuestos del elemento resistivo. Por último, consulte las especificaciones de la rtd para encontrar el nivel de excitación de ese dispositivo.

2.6.3. Consideraciones sobre el ruido de la rtd.

Las señales de salida de la rtd suelen estar dentro del rango de milivoltios, lo cual las hace sensibles al ruido. Los filtros de paso-bajo están generalmente disponibles en los sistemas de adquisición de datos de rtds y pueden eliminar eficazmente ruidos de alta frecuencia en las medidas de las señales de las rtds. Por ejemplo, los filtros paso-bajo son útiles para eliminar el ruido de los 50/60Hz de la red eléctrica que prevalece en la mayoría de las configuraciones de los laboratorios y plantas industriales.

También se puede mejorar significativamente el rendimiento con respecto al ruido de los sistemas amplificando las tensiones de bajo nivel de las rtds cerca de la fuente de señal. Dado que los niveles de la tensión de salida de las rtds son muy bajos, se debe elegir una ganancia que sea óptima para los límites de la entrada del convertidor analógico/digital (ADC).

2.6.4. Obtención de la visualización de la medida.

Una vez que se ha conectado el sensor al instrumento de medida, se puede utilizar el software de programación gráfica LabVIEW para visualizar y analizar los datos según sea necesario.

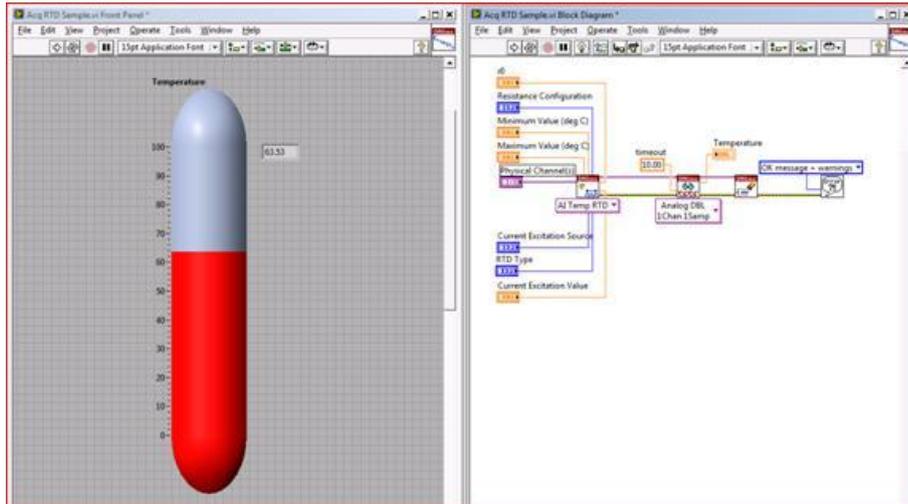


Fig. 2-9: Medidas de RTDs con LabVIEW

2.7. Sistemas SCADA.

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition) son aplicaciones de software, diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos.

Se trata de una aplicación de software, especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde una computadora. Además, envía la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores dentro de la empresa, es decir, que permite la participación de otras áreas como por ejemplo: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

Cada uno de los ítems de SCADA (*Supervisión, Control y Adquisición de datos*) involucran muchos subsistemas, por ejemplo, la adquisición de los datos puede estar a cargo de un PLC (Controlador Lógico Programable) el cual toma las señales y las envía a las estaciones remotas usando un protocolo determinado, otra forma podría ser que una computadora realice la adquisición vía un hardware especializado y luego esa información la transmita hacia un equipo de radio vía su puerto serial, y así existen muchas otras alternativas.

Las tareas de Supervisión y Control generalmente están más relacionadas con el software SCADA, en él, el operador puede visualizar en la pantalla del computador de cada una de las estaciones remotas que conforman el sistema, los estados de ésta,

las situaciones de alarma y tomar acciones físicas sobre algún equipo lejano, la comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

Estos sistemas actúan sobre los dispositivos instalados en la planta, como son los controladores, autómatas, sensores, actuadores, registradores, etc. Además permiten controlar el proceso desde una estación remota, para ello el software brinda una interfaz gráfica que muestra el comportamiento del proceso en tiempo real.

Generalmente se vincula el software al uso de una computadora o de un PLC, la acción de control es realizada por los controladores de campo, pero la comunicación del sistema con el operador es necesariamente vía computadora. Sin embargo el operador puede gobernar el proceso en un momento dado si es necesario.

2.7.1. Un software SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema.

Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.

Generación de datos históricos de las señales de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.

Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómata, bajo ciertas condiciones.

Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Existen diversos tipos de sistemas SCADA dependiendo del fabricante y sobre todo de la finalidad con que se va a hacer uso del sistema, por ello antes de decidir cuál es el más adecuado hay que tener presente si cumple o no ciertos requisitos básicos:

Todo sistema debe tener arquitectura abierta, es decir, debe permitir su crecimiento y expansión, así como deben poder adecuarse a las necesidades futuras del proceso y de la planta.

La programación e instalación no debe presentar mayor dificultad, debe contar con interfaces gráficas que muestren un esquema básico y real del proceso

Deben permitir la adquisición de datos de todo equipo, así como la comunicación a nivel interno y externo (redes locales y de gestión).

Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables para el usuario. [7]

2.7.2. Esquema de un sistema típico de SCADA.

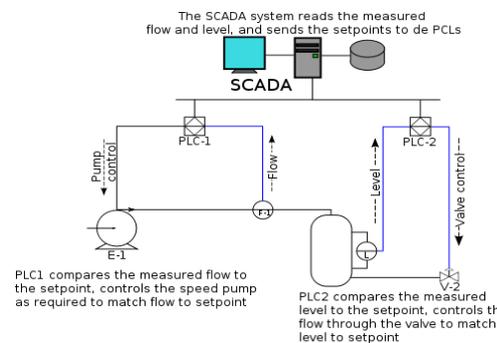


Fig. 2-10: Esquema de un sistema SCADA

Este esquema es un ejemplo de la aplicación del sistema SCADA en áreas industriales. Estas áreas pueden ser:

- Monitorizar procesos químicos, físicos o de transporte en sistemas de suministro de agua, para controlar la generación y distribución de energía eléctrica, de gas o en oleoductos y otros procesos de distribución.
- Gestión de la producción (facilita la programación de la fabricación).
- Mantenimiento (proporciona magnitudes de interés tales para evaluar y determinar modos de fallo, MTBF, índices de Fiabilidad, entre otros).
- Control de Calidad (proporciona de manera automatizada los datos necesarios para calcular índices de estabilidad de la producción CP y CPk, tolerancias, índice de piezas NOK/OK, etc).
- Administración (actualmente pueden enlazarse estos datos del SCADA con un servidor ERP (Enterprise ResourcePlanning o sistema de planificación de recursos empresariales), e integrarse como un módulo más).

- Tratamiento histórico de información (mediante su incorporación en bases de datos). [8]

2.7.3. Elementos del sistema SCADA.

Un sistema SCADA está conformado por:

Interfaz operador máquinas: Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta. Permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados.

Unidad central (MTU): Conocido como Unidad Maestra. Ejecuta las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas.

La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (como C, Basic, etc.). También se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

Unidad remota (RTU): Lo constituye todo elemento que envía algún tipo de información a la unidad central. Es parte del proceso productivo y necesariamente se encuentra ubicada en la planta.

Sistema de comunicaciones: Se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.

Transductores: Son los elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración es muy importante para que no haya problema con la confusión de valores de los datos. [9]

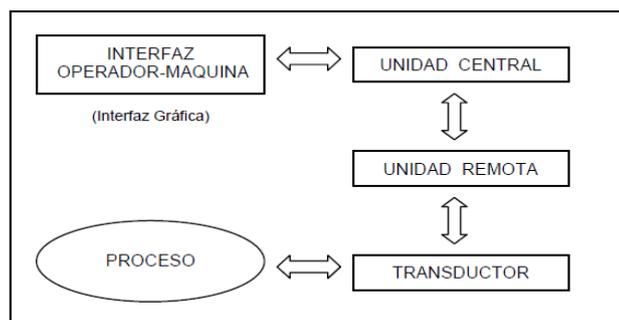


Fig. 2-11: Esquema de los elementos de un sistema SCADA

2.8. LabVIEW 9.0

LabVIEW es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

Este programa fue creado por National Instruments (1976) para funcionar sobre máquinas MAC, salió al mercado por primera vez en 1986. Ahora está disponible para las plataformas Windows, UNIX, MAC y Linux. La versión actual 8.6, publicada en agosto de 2008, cuenta también con soporte para Windows Vista.

Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino también a su programación embebida. Un lema tradicional de LabVIEW es: *"La potencia está en el Software"*, que con la aparición de los sistemas multinúcleo se ha hecho aún más patente. Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño) y el permitir la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo. LabVIEW consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante -tarjetas de adquisición de datos, PAC, Visión, instrumentos y otro Hardware- como de otros fabricantes.

2.8.1. Principales usos.

Es usado principalmente por ingenieros y científicos para tareas como:

- Adquisición de datos y análisis matemático
- Comunicación y control de instrumentos de cualquier fabricante
- Automatización industrial y programación de PAC's (Controlador de Automatización Programable)
 - Diseño de controladores: simulación, prototipaje rápido, hardware-en-el-ciclo (HIL) y validación
 - Diseño embebido de micros y chips
 - Control y supervisión de procesos
 - Visión artificial y control de movimiento
 - Robótica
 - Domótica y redes de sensores inalámbricos

- En 2008 el programa fue utilizado para controlar el LHC, el acelerador de partículas más grande construido hasta la fecha.
- Pero también juguetes como el Lego Mindstorms o el WeDo lo utilizan, llevando la programación gráfica a niños de todas las edades.

2.8.2. Principales características.

Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden hacer (programas) relativamente complejos, imposibles para ellos de hacer con lenguajes tradicionales. También es muy rápido hacer programas con LabVIEW y cualquier programador, por experimentado que sea, puede beneficiarse de él. Los programas en LabVIEW son llamados instrumentos virtuales (VIs) Para los amantes de lo complejo, con LabVIEW pueden crearse programas de miles de VIs (equivalente a millones de páginas de código texto) para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas, proyectos para combinar nuevos VIs con VIs ya creados, etc. Incluso existen buenas prácticas de programación para optimizar el rendimiento y la calidad de la programación. El LabVIEW 7.0 introduce un nuevo tipo de subVI llamado VIs Expreso (Express VIs). Estos son VIs interactivos que tienen una configuración de caja de diálogo que permite al usuario personalizar la funcionalidad del VI Expreso. El VIs estándar son VIs modulares y personalizables mediante cableado y funciones que son elementos fundamentales de operación de LabVIEW.

Presenta facilidades para el manejo de:

- Interfaces de comunicaciones:
 - ✓ Puerto serie
 - ✓ Puerto paralelo
 - ✓ GPIB
 - ✓ PXI
 - ✓ VXI
 - ✓ TCP/IP, UDP, DataSocket
 - ✓ Irda
 - ✓ Bluetooth
 - ✓ USB
 - ✓ OPC...
- Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones:
 - ✓ DLL: librerías de funciones

- ✓ .NET
 - ✓ ActiveX
 - ✓ Multisim
 - ✓ Matlab/Simulink
 - ✓ AutoCAD, SolidWorks, etc.
- Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales.
 - Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
 - Adquisición y tratamiento de imágenes.
 - Control de movimiento (combinado incluso con todo lo anterior).
 - Tiempo Real estrictamente hablando.
 - Programación de FPGAs para control o validación.
 - Sincronización entre dispositivos.

2.8.3. Programa en LabVIEW

Como se ha dicho es una herramienta gráfica de programación, esto significa que los programas no se escriben, sino que se dibujan, facilitando su comprensión. Al tener ya pre-diseñados una gran cantidad de bloques, se le facilita al usuario la creación del proyecto, con lo cual en vez de estar una gran cantidad de tiempo en programar un dispositivo/bloque, se le permite invertir mucho menos tiempo y dedicarse un poco más en la interfaz gráfica y la interacción con el usuario final. Cada VI consta de dos partes diferenciadas:

- **Panel frontal:** El *Panel Frontal* es la interfaz con el usuario, la utilizamos para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando. Los usuarios podrán observar los datos del programa actualizados en tiempo real (como van fluyendo los datos, un ejemplo sería una calculadora, donde tú le pones las entradas, y te pone el resultado en la salida). En esta interfaz se definen los *controles* (los usamos como entradas, pueden ser botones, marcadores etc...) e *indicadores* (los usamos como salidas, pueden ser gráficas....).

- **Diagrama de bloques:** es el programa propiamente dicho, donde se define su funcionalidad, aquí se colocan íconos que realizan una determinada función y se interconectan (el código que controla el programa --. Suele haber una tercera parte *icono/conector* que son los medios utilizados para conectar un VI con otros VIs.--

En el panel frontal, encontraremos todo tipos de controles o indicadores, donde cada uno de estos elementos tiene asignado en el diagrama de bloques una terminal,

es decir el usuario podrá diseñar un proyecto en el panel frontal con controles e indicadores, donde estos elementos serán las entradas y salidas que interactuarán con la terminal del VI. Podemos observar en el diagrama de bloques, todos los valores de los controles e indicadores, como van fluyendo entre ellos cuando se está ejecutando un programa VI.

La Figura muestra un *Diagrama de Bloques* de un programa en el que se genera un array de 100 elementos aleatorios, a continuación se hace la FFT de este array y se muestra en una gráfica: [10]

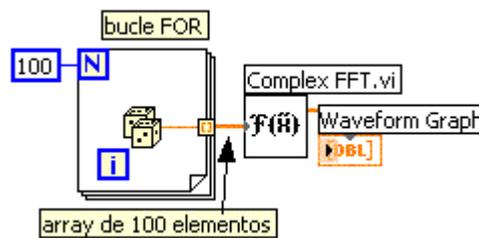


Fig. 2-12: Diagrama de bloques

2.9. Sistemas embebidos.

Son dispositivos usados para controlar equipos, operación de maquinarias o plantas industriales completas. El término “embebido” (también se lo conoce como “incrustado” o “embutido”) está caracterizando que esos circuitos integrados son una parte integral del sistema en que se encuentran. Lo interesante de que un sistema sea “embebido” es que puede estar de tal forma incrustado, puede quedar tan oculto a nuestros ojos, que la presencia de tales “chips” no resulte nada obvia a quien lo mira. [11]

Un sistema embebido o empotrado es un sistema de computación diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real. Los sistemas embebidos se utilizan para usos muy diferentes a los usos generales a los que se suelen someter a las computadoras personales. En un sistema embebido la mayoría de los componentes se encuentran incluidos en la placa base (la tarjeta de vídeo, audio, módem, etc.).

Dos de las diferencias principales son el precio y el consumo. Puesto que los sistemas embebidos se pueden fabricar por decenas de millares o por millones de unidades, una de las principales preocupaciones es reducir los costes. Los sistemas

embebidos suelen usar un procesador relativamente pequeño y una memoria pequeña para reducir los costes. Se enfrentan, sobre todo, al problema de que un fallo en un elemento implica la necesidad de reparar la placa íntegra.

Lentitud no significa que vayan a la velocidad del reloj. En general, se suele simplificar toda la arquitectura de la computadora para reducir los costes. Por ejemplo, los sistemas embebidos emplean a menudo periféricos controlados por interfaces síncronos en serie, que son de diez a cientos de veces más lentos que los periféricos de una computadora personal normal. Los primeros equipos embebidos que se desarrollaron fueron elaborados por IBM en los años 1980.

Los programas de sistemas embebidos se enfrentan normalmente a problemas de tiempo real.**[12]**

2.9.1. Características de los sistemas embebidos.

- Deben ser confiables,
- Seguridad personal: no causa daño
- Seguridad informática: comunicación confidencial y autenticada.

La creación de un sistema confiable debe ser considerada desde un comienzo, no una consideración posterior.

- Deben ser eficientes
 - ✓ Energía
 - ✓ Tamaño de código
 - ✓ Peso
 - ✓ Costo
- Están dedicados a ciertas aplicaciones
- Interfaces de usuario dedicadas (no mouse, keyboard y pantalla).
- Muchos ES deben cumplir restricciones de tiempo real
 - ✓ Un sistema de tiempo real debe reaccionar a estímulos del objeto controlado (u operador) dentro de un intervalo definido por el ambiente.
 - ✓ Respuestas correctas pero tardías son erradas.
 - ✓ Una restricción de tiempo real se dice DURA (hard) si su incumplimiento puede resultar en catástrofe.
 - ✓ Toda otra restricción de tiempo son blandas (soft).

- ✓ Están frecuentemente conectados a ambientes físicos a través de sensores y actuadores.
- ✓ Son sistemas híbridos (partes análogas + digitales).
- ✓ Típicamente son sistemas reactivos: “Un sistema reactivo es uno que está en interacción continua con su ambiente y su ejecución es la un ritmo determinado por ese ambiente” [Bergé, 1995]

2.9.2. Desafío de los sistemas embebidos.

- Ambientes dinámicos
- Capturar el comportamiento deseado
- Validar especificaciones
- Trasladar eficientemente especificaciones a implementación
- ¿Cómo chequeamos si cumplimos las restricciones de tiempo real?
- ¿Cómo chequeamos si cumplimos el consumo prometido?

2.9.3. Sistemas de tiempo real (STR) – real time.

Un sistema operativo de tiempo real (SOTR o RTOS -Real Time OperatingSystem en inglés), es un sistema operativo que ha sido desarrollado para aplicaciones de tiempo real. Como tal, se le exige corrección en sus respuestas bajo ciertas restricciones de tiempo. Si no las respeta, se dirá que el sistema ha fallado. Para garantizar el comportamiento correcto en el tiempo requerido se necesita que el sistema sea predecible. [13]

2.9.3.1. Elementos que conforman un STR.

- Aspectos de integración y de rendimiento.
- Manejo de Interrupciones.
- Bases de Datos de Tiempo Real.
- Sistemas Operativos de Tiempo Real.
- Lenguajes de Tiempo Real.
- Sincronización y comunicación de tareas.

2.9.3.2. Clasificación de los sistemas de tiempo real

Los sistemas de tiempo real pueden ser de dos tipos, esto es en función de su severidad en el tratamiento de los errores que puedan presentarse:

Sistemas de tiempo real blandos o soft real-time systems: estos pueden tolerar un exceso en el tiempo de respuesta, con una penalización por el incumplimiento del plazo. Estos sistemas garantizan que las tareas críticas se ejecutan en tiempo. Aquí los datos son almacenados en memorias no volátiles, no utilizan técnicas de memoria virtual ni tiempo compartido, estas técnicas no pueden ser implementadas en hardware.

Sistemas de tiempo real duros o hard real-time systems: aquí la respuesta fuera de término no tiene valor alguno, y produce la falla del sistema. Estos sistemas tienen menos utilidades que los implementados por hard, por ejemplo no pueden utilizarse para control industrial y robótico. Pero si para multimedia, supervisión de controles industriales y realidad virtual.

2.9.3.3. Requisitos temporales.

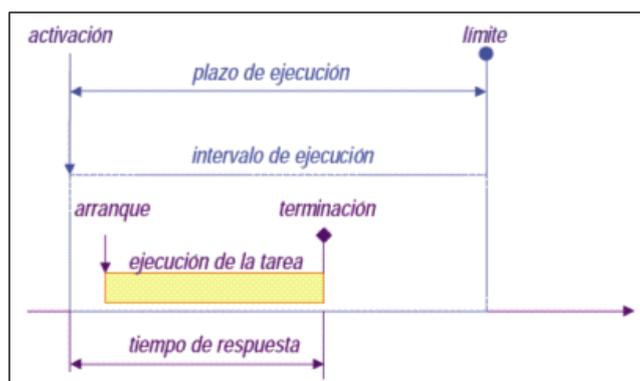


Fig. 2-13: Requisitos Temporales

Tiempo real estricto (hard real-time)

- Todas las acciones deben ocurrir dentro del plazo especificado
 - » Ejemplo: control de vuelo

Tiempo real flexible (soft real-time)

- Se pueden perder plazos de vez en cuando
- El valor de la respuesta decrece con el tiempo
 - » Ejemplo: adquisición de datos

Tiempo real firme (firm real-time)

- se pueden perder plazos ocasionalmente
- una respuesta tardía no tiene valor

» Ejemplo: sistemas multimedia [14]

2.9.4. Sistemas embebidos compactrio

NI Compact RÍO se basa en la nueva tecnología de Entradas/Salidas reconfigurables (RIO), su funcionalidad básica es proporcionada por una FPGA reconfigurable por el usuario. Se puede acceder y configurar la FPGA usando el software de desarrollo gráfico LabVIEW de NI. Normalmente, la programación de una FPGA requiere un conocimiento detallado de la configuración específica del hardware, así como la utilización de un lenguaje de descripción de bajo nivel como VHDL, que tiene una pronunciada curva de aprendizaje. Pero la tecnología NI RIO reduce la complejidad del hardware embebido y de los lenguajes de bajo nivel para proporcionar un acceso sencillo, pero potente, a las FPGAs. Por ejemplo, se puede utilizar RIO en LabVIEW para configurar fácilmente la funcionalidad de hardware como E/S, PID, filtrado, procesamiento de señales o transferencia de datos mediante DMA (DirectMemory Access), con sólo unos pocos bloques de funciones. Una funcionalidad similar requeriría la implementación de muchas páginas de código VHDL. El resultado es un sistema embebido personalizable y disponible en el comercio que reduce el tiempo de desarrollo del sistema a los ingenieros de diseño de sistemas embebidos y proporciona un incremento del rendimiento y de la flexibilidad del sistema total.

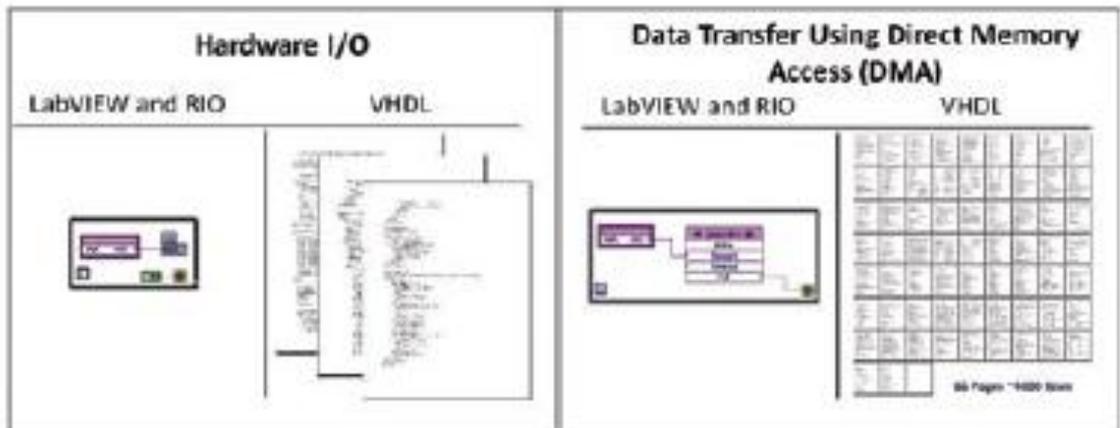


Fig. 2-14: Implementación con LabVIEW y RIO del hardware de E/S y hardware con DMA en comparación con las implementaciones VHDL

2.9.4.1. Diseño de sistemas embebidos compactrio.

La arquitectura Compact RÍO se compone de tres partes principales: el controlador de tiempo real embebido, el chasis embebido reconfigurable que contiene la FPGA y los módulos de E/S intercambiables en caliente. La integración del controlador embebido, el chasis que contiene la FPGA y los módulos conectables de del hardware de bajo nivel que son requeridos en los sistemas embebidos. Gracias a la conexión directa entre los módulos de E/S y la FPGA se puede integrar perfectamente la sincronización y el disparo entre los módulos de E/S a través de la FPGA y obtener un alto nivel de flexibilidad del sistema.

El controlador embebido de tiempo real Compact RÍO incorpora un procesador industrial de Freescale MPC5200 de 400 MHz que ejecuta las aplicaciones de LabVIEW Real-Time de forma determinada y fiable. Se puede elegir entre miles de las funciones incorporadas de LabVIEW para construir un sistema embebido multi-hilo para control, análisis, registro de datos y comunicación en tiempo real. El módulo LabVIEW Real-Time amplía el entorno de desarrollo para proporcionar unas prestaciones deterministas y en tiempo real. Solo hay que desarrollar el código de la aplicación de tiempo real en un ordenador mediante la programación gráfica y luego descargar la aplicación para que se ejecute en el controlador de tiempo real de Compact RÍO que contiene un sistema operativo en tiempo real comercial. Para ahorrar tiempo, también se puede integrar el código existente de C/C++ dentro de la aplicación de LabVIEW Real-Time. El controlador de tiempo real de Compact RÍO dispone de un puerto Ethernet de 10/100 Mb/s para los programas de comunicación a través de la red (incluyendo el correo electrónico), un servidor web (HTTP), servidores de archivos (FTP) y entradas de alimentación dobles entre 9 y 35VCC.

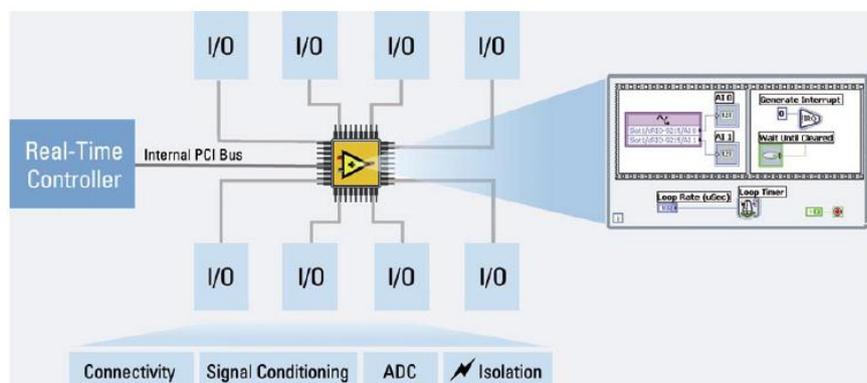


Fig. 2-15: Arquitectura Compact RÍO

El chasis reconfigurable es el corazón de los sistemas embebidos de Compact RÍO, contiene el núcleo RIO FPGA. El chip RIO FPGA se conecta a los módulos de E/S mediante una topología en estrella, proporcionando un acceso directo a cada módulo para un control preciso y una flexibilidad sin límites de la temporización, disparo y sincronización. La conexión a través un bus local PCI proporciona una interfaz de alto rendimiento entre la RIO FPGA y el procesador en tiempo real. El chasis reconfigurable ofrece las mismas características de construcción metálica robusta que caracteriza a toda la plataforma CompactRio.

Cada módulo de E/S de la serie C de NI contiene una función de acondicionamiento de señales incorporado y un borne de conexión de presión por tornillo, un borne de conexión de presión por resorte, BNC o conectores D-Sub. Al integrar el conector en la caja de conexiones de los módulos, el sistema Compact RÍO reduce significativamente las necesidades de espacio y el coste del cableado en campo. Hay disponibles varios tipos de E/S entre las que se incluyen: entradas para termopares; entradas para acelerómetros; entradas para células de carga y de deformación; entradas analógicas de hasta $\pm 60V \pm 20mA$; salidas analógicas hasta $\pm 10V \pm 20mA$; E/S digitales industriales de 12/24/48V con un suministro de corriente de hasta 1A y E/S digitales de 5V/TTL para encoders, contadores/temporizadores y generadores de pulsos.

El sistema Compact RÍO ofrece un diseño robusto y un factor de forma que proporcionan una carcasa segura para los componentes internos del sistema, eliminando la necesidad de invertir recursos en el desarrollo de una carcasa mecánica personalizada. El diseño del producto está pensado para funcionar dentro de un rango de temperatura nominal de -40 a 70°C (-40 a 158°F), resistir choques de 50g y funcionar en lugares peligrosos o ambientes potencialmente explosivos (Clase I, División 2). La mayoría de módulos de E/S disponen de un aislamiento que resiste tensiones de corta duración hasta 2.300Vrms y aislamiento para 250Vrms continuos. Cada componente viene con diversas certificaciones y calificaciones internacionales de seguridad, compatibilidad electromagnética (EMC) y de medio ambiente.

El Compact RÍO también está diseñado para aplicaciones extremas en ambientes adversos, tales como plantas de energía y otros entornos industriales desafiantes y para sitios pequeños, como el control de vehículos submarinos no tripulados, donde el espacio es una limitación. Tamaño, peso, densidad de canales de E/S y consumo de potencia son requisitos críticos de diseño en muchas de estas aplicaciones

embebidas. Aprovechando la naturaleza determinista y reconfigurable de los dispositivos FPGA, Compact RÍO es capaz de proporcionar capacidades de control y adquisiciones fiables y reconfigurables en un formato compacto y resistente. Un sistema embebido reconfigurable de 4 slots mide 179,6 x 88,1 x 88,1mm (7,07 x 3,47 x 3,47 pulgadas) y pesa sólo 1,58 kg (3,47 libras). Un sistema de ocho slots en el que se han instalado módulos de E/S de 32 canales proporciona un peso por canal de 9,7gr/ch (0,34 oz/ch) y una densidad volumétrica por canal de 8,2 cm³/ch (0,50 in³/ch). El consumo típico de potencia de todo el sistema embebido Compact RÍO es del orden de 7 a 10W.



Fig. 2-16: Módulos de E/S de la serie C

Área de aplicación.

Debido a su bajo costo, fiabilidad e idoneidad para las aplicaciones de medida y control embebidas de gran volumen, se puede adaptar Compact RÍO para satisfacer las necesidades de una amplia variedad de industrias y aplicaciones. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Adquisición de datos, registro de datos y control en el interior de vehículos.
- Vigilancia y protección del estado de máquinas.
- Creación de prototipos de sistemas embebidos.
- Vigilancia remota y distribuida.
- Registro de datos embebido.
- Control de movimiento multi-eje personalizado.
- Monitorización de la potencia eléctrica y control de la electrónica de potencia.
- Control de la maquinaria pesada y servo-hidráulica.
- Control discreto y por lotes.

- Análisis móvil/portátil de NVH (Noise, Vibration, Harshness).

Compact RÍO se está utilizando para mejorar el rendimiento y la calidad de los trenes de laminación de acero; para monitorizar aerogeneradores y generadores de potencia; para crear prototipos de sistemas de control embebidos y para registrar datos de una gran variedad de vehículos, incluyendo aviones, trenes y automóviles. Las aplicaciones Compact RÍO continúan evolucionando en áreas tales como el control de maquinaria pesada, el control de semiconductores, el control rápido de prototipos, la monitorización del estado de máquinas y el análisis móvil y portátil de señales dinámicas. Un ejemplo de ello es la excavadora Nexans Spider en el Mar del Norte. Para el control de la excavadora hay tres sistemas Compact RÍO que están expuestos al rudo entorno marino, incluyendo rangos de temperatura extremos, aire marino y alta humedad durante largos períodos de tiempo a bordo de los buques de Nexans cuando se ejecuta la compensación del arrastre, el cabrestante, el control de potencia, y la comunicación con la aplicación principal.

2.9.4.2. Compactrio 9074

Compact RÍO de Sistemas Integrados de Controlador en Tiempo Real y Reconfigurable (Chassis) NI cRIO-9074

Controlador integrado en tiempo real de 400 mhz y fpga de 2m de compuertas



Fig. 2-17: Chasis NI cRIO-9074

El sistema integrado cRIO-9074 de National Instruments combina un procesador en tiempo real y arreglos de compuertas programables en campo (FPGAs) reconfigurables en el mismo chasis para aplicaciones embebidas de monitoreo y control de máquinas. El cRIO-9074 integra un procesador industrial en tiempo real de

400 MHz con un FPGA de 2M de compuertas y tiene ocho ranuras para módulos de E/S de la Serie C. Para aplicaciones robustas, ofrece un rango de temperatura de operación de -20 a 55 °C junto con un rango de entrada de suministro de potencia de 19 a 30 VDC. El cRIO-9074 tiene 128 MB de DRAM para operación embebida y 256 MB de memoria no volátil para registro de datos. El cRIO-9074 tiene dos puertos 10/100 Mb/s Ethernet que usted puede usar para llevar a cabo comunicación programática en la red y Web integrada (HTTP) y en servidores de archivos (FTP), así como para añadir expansión y E/S distribuida al sistema. Por ejemplo, usted puede usar un puerto Ethernet para comunicación en red a un servidor o sistema empresarial y el otro puerto para expansión de E/S (conecte fácilmente otro sistema Compact RÍO u otro dispositivo basado en Ethernet para E/S adicional).

2.9.4.2.1. Especificaciones

Formato Físico	Compact RÍO	
Sistema Operativo / Objetivo	Real-Time	
Soporte para LabVIEW RT	Sí	
Número de Ranuras	8	
Controlador Integrado	Sí	
ELÉCTRICO		
Fuente de Alimentación Recomendada: Potencia	48 W	
Fuente de Alimentación Recomendada: Voltaje	24 V	
Rango de Entrada de Voltaje	19 - 30 V	
Consumo de Potencia	20 W	
FPGA RECONFIGURABLE		
FPGA	Spartan - 3	
Compuertas	2000000	
ESPECIFICACIONES FÍSICAS		
Longitud	28.97 cm	
Ancho	8.73 cm	
Altura	5.89 cm	
Peso	929 gramos	
Temperatura de Operación	-20 a 55 °C	
Compatibilidad CE	Sí	

2.9.4.2.2. Especificaciones detalladas.

Tabla 2-1: DETALLES DEL EQUIPO COMPACT RÍO 9074

RED	
Interfaz De Red	10BaseT y 100BaseTX Ethernet
Compatibilidad	IEEE 802.3
Comunicación sobre los tipos	10 Mbps, 100 Mbps, auto-negociación
Distancia de cableado máxima	100 m / segmento
RS-232 Serial Port	
Tasa máxima de baudios	115.200 bps
Bits de datos	5,6,7,8
Bits de parada	1,2
Paridad	Impar, par, Mark, Space
Control de flujos	RTS / CTS, XON / XOFF, DTR / DSR
Conector SMB (cRIO-9074 solamente)	
Características del producto	
Voltaje mínimo de alto nivel de salida	
Con -100 salida μ A actual	2,9 V
Con la salida de -16 mA de corriente	2,4 V
Con la salida de -24 mA de corriente	2,3 V
Voltaje máxima de bajo nivel de salida	
Voltaje máxima de bajo nivel de salida	0,10 V
Con la salida de 16 mA de corriente	0,40 V
Con la salida de 24 mA de corriente	0,55 V
Tipo de controlador	CMOS
Fregadero máximo / fuente de corriente	\pm 24 Ma
Estado actual de 3-fuga de salida máximo	\pm 5 Ma
Características de entrada	
Voltaje mínimo de entrada	0 V
Voltaje Mínimo de bajo nivel de entrada	0,94 V
Voltaje Máxima de alto nivel de entrada	2,43 V
Tensión máxima de	5,5 V

entrada	
Capacidad típica de entrada	2,5 Pf
Resistencia típica de flejes	1 kΩ a 3,3 V
Memoria	
cRIO-9074	
No volátil	256 MB
La memoria del sistema	128 MB
Reconfigurable FPGA	
cRIO-9074	
Número de células lógicas	46.080
RAM disponible incorporados	720 kbits
Interior Real-Time Clock	
Precisión	200 ppm, 35 ppm a 25 ° C
Requisitos de alimentación	
Fuente de alimentación recomendada	48 W, 24 VDC
Consumo de energía	20 W máximo
Rango de Fuente de alimentación	19 a 30 V
Características físicas	
Tornillo terminal de cableado	0,5 a 2,5 mm 2 (24 a 12 AWG) cable conductor de cobre de 10 mm (0,39 pulgadas) de aislamiento despojado a partir del final
Par de terminales de tornillo	0,5 a 0,6 N · m (4,4 a 5,3 libras · pulgadas)
Peso	929 g (32,7 oz)

2.9.4.2.3. Tabla de comparación.

Tabla 2-2: COMPARACIÓN DE LOS COMPACTDAQ SERIE C

Producto	La velocidad del procesador (MHz)	Tamaño FPGA (Gates)	DRAM (MB)	Interna de almacenamiento no volátil	Puerto Ethernet 10/100 Base-TX	Puerto serial RS232	Fuente de alimentación rango de entrada	Ranura de modulo	Remote Panel Web y FTP Server
NI cRIO-9072	266	1M	64	128	Si	Si	19 a 30 VDC	8	Si
NI cRIO-9073	266	2M	64	128	Si	Si	19 a 30 VDC	8	Si
NI cRIO-9074	400	2M	128	256	Si (Dual)	Si	19 a 30 VDC	8	Si

2.9.4.2.4. Aplicación y tecnología.

Estos NI Compact RÍO controladores en tiempo real, al conectarse a cualquier de cuatro u ocho ranuras del chasis Compact RÍO reconfigurable. Definido por el usuario

circuito FPGA en el chasis de cada uno de los controles que los datos de E / S del módulo y pasa al controlador a través de un bus PCI local utilizando las funciones integradas de comunicación.

Estos sistemas también aceptan hasta ocho Serie E/ S de los módulos. Una variedad de módulos E / S están disponibles incluyendo voltaje, corriente, termopares, RTD, acelerómetro, y los insumos calibrador de tensión, de hasta ± 60 V analógicas de muestreo simultáneo de E / S, 12, 24 y 48 V digital e industrial de E / S; 5 V / TTL / S digitales, contadores / temporizadores, generación de pulso y de alta tensión / relés actual.

El puerto Ethernet de 10/100 Mbits/s permite la comunicación programática en la red y Web integrada (HTTP) y de archivos (FTP). El cRIO-9074 cuenta con dos puertos Ethernet, que permite el uso de un puerto para la comunicación de red a un PC host o sistema de la empresa y el otro puerto de expansión E / S (fácilmente conectar otro sistema Compact RÍO u otro dispositivo basado en Ethernet para otros E / S adicional.

2.9.4.2.5. Software embebido.

Puede sincronizar la ejecución de código incrustado en una FPGA generados por la solicitud de interrupción (IRQ) o de una milésima de segundo interno real fuente de reloj de tiempo. El LabVIEW Real-Time ETS OS proporciona la fiabilidad y simplifica el desarrollo completo de aplicaciones integradas que incluye el tiempo-críticos de control y bucles de adquisición, además de los bucles de menor prioridad de post-procesamiento, registro de datos y Ethernet / comunicación en serie. Incorpora funciones elementales de E / S tales como la FPGA Leer / Escribir función de proporcionar una interfaz de comunicación en los circuitos altamente optimizado FPGA reconfigurable. Leen Valores de los datos FPGA en formato entero y luego son convertidos en unidades de ingeniería a escala en el controlador.

2.9.4.2.6. Arquitectura del software Compact RÍO

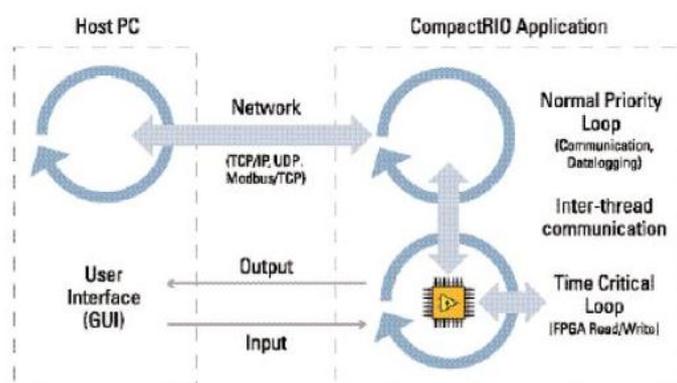


Fig. 2-18: Arquitectura del software Compact RÍO

2.9.4.2.7. Integrados servidores.

Además de la comunicación programática a través de TCP / IP, UDP, Modbus / TCP, IrDA, y protocolos de serie, los controladores Compact RÍO son incorporados en los servidores de Virtual Instrument Software Architecture (VISA), HTTP y FTP. El servidor de VISA proporciona descarga remota y acceso a la comunicación a la E / S reconfigurable (RIO) FPGA a través de Ethernet. El servidor HTTP proporciona un interfaz de usuario del navegador web a las páginas HTML, archivos, y la interfaz de usuario de aplicaciones embebidas de LabVIEW a través de un enchufe del navegador Web. El servidor FTP permite acceder a datos registrados o archivos de configuración.

2.9.4.2.8. Choque y vibración.

Para cumplir con estas especificaciones, debe montar el sistema de panel Compact RÍO y colocar terminales a los extremos de los cables de alimentación de terminal.

Tabla 2-3: VIBRACIÓN COMPACT RÍO 9074

Choque operativo	30 g, 11 ms medio seno de 50 g, 3 ms medio seno, 18 choques en 6 orientaciones
Vibración, aleatoria.	5 g Rms, de 10 a 500 Hz
Vibración, sinusoidal.	5 g, 10 a 500 Hz

2.9.4.2.9. Cableado.

La siguiente tabla muestra las conexiones de cable estándar Ethernet de cable para cables normales y de cruce.

Tabla 2-4: CABLE ETHERNET CONEXIONES DE CABLEADO

Cable Ethernet Conexiones de cableado			
1	Blanco/naranja	Blanco/naranja	Blanco/verde
2	Naranja	Naranja	Verde
3	Blanco/verde	Blanco/verde	Blanco/naranja
4	Azul	Azul	Azul
5	Blanco/azul	Blanco/azul	Blanco/azul
6	Verde	Verde	Naranja
7	Blanco/Marrón	Blanco/Marrón	Blanco/Marrón
8	Marrón	Marrón	Marrón

2.9.4.2.10. Conexiones en panel frontal.

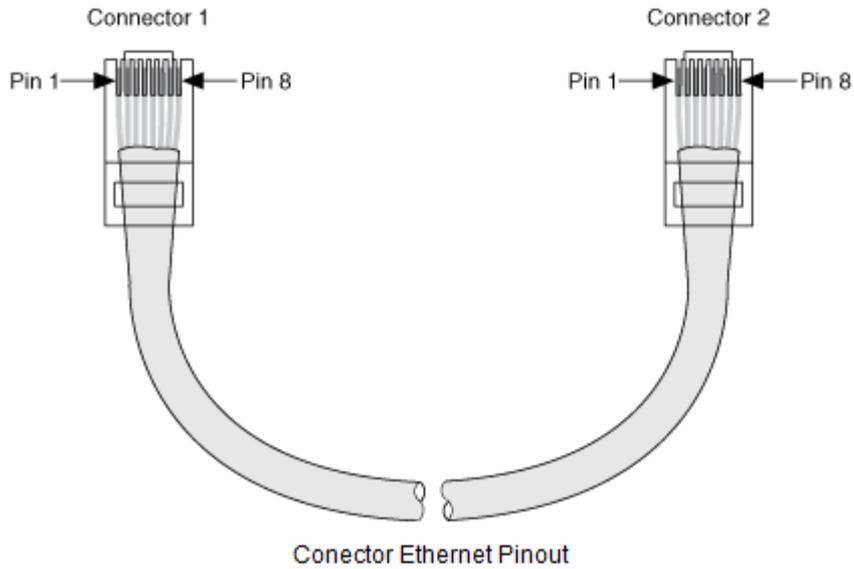


Fig. 2-19: Conexión en panel frontal Compact RÍO 9074

2.9.4.2.11. Medio ambiente.

El cRIO-9072/3/4 está destinado para uso en interiores, pero puede usarse al aire libre si está montado en un recinto debidamente valorado [15].

Tabla 2-5: CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura de almacenamiento	de	- 40 a 85 ° C
Protección de entrada		IP 40

Humedad de funcionamiento	de	De 10 a 90%, sin condensación
Humedad de almacenamiento	de	5 a 95% RH, sin condensación
Altitud máxima		2.000 m
El grado de contaminación		2

2.9.4.3. Modulo NI 9219 – entrada analógica universal de 24 Bits.

El NI 9219 es de cuatro canales universales de la Serie C del módulo diseñado para realizar pruebas de usos múltiples en cualquier chasis NI CompactDAQ o Compact RÍO. Con él NI 9219 usted puede medir varias señales desde sensores como galgas extensiométricas, RTDs, termopares, celdas de carga y otros sensores. Los canales son seleccionados individualmente, así usted puede realizar un tipo de medida diferente en cada uno de los cuatro canales. Los rangos de medida difieren para cada tipo de medida e incluyen hasta ± 60 V para voltaje y ± 25 mA para corriente. Por favor vea el manual para rangos y especificaciones detalladas.

Debido al diseño del controlador, el NI 9219 no limita la velocidad total de un sistema NI CompactDAQ cuando se usa con módulos de muestreo más rápidos.

Con aislamiento entre canales de 250 Vrms, el NI 9219 protege no solo los módulos alrededor, chasis y sistemas de cómputo conectados sino también los otros canales en el mismo módulo. Además para aumentar la seguridad, el aislamiento entre canales elimina los problemas asociados con lazos a tierra.

Usa conectores de terminal de resorte de 6 posiciones en cada canal para conectividad directa de la señal. Usted puede comprar conectores adicionales para reducir el tiempo de conexión de señal para múltiples unidades de pruebas. Además de los conectores extra, un juego de liberación de tensión está disponible para asegurar los cables de señal.

Armazones de liberación de tensión para la seguridad de los cables de señal y protección contra alto voltaje (cant. 4): NI 9972 Conectores extras para módulos de conector de 6 posiciones (cant.4): NI-9973.

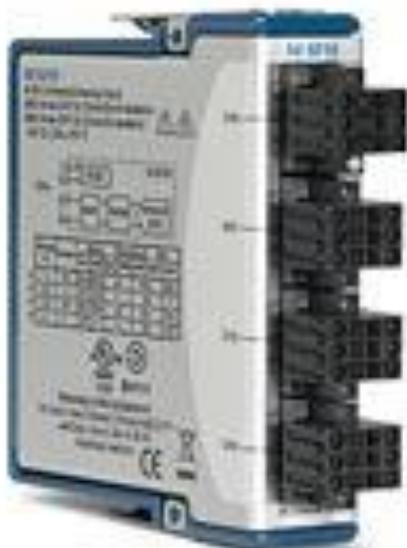


Fig. 2-20: Modulo NI 9219 – Entrada Analógica Universal de 24 Bits

2.9.4.3.1. Característica del módulo.

- Aislamiento entre canales de 250 Vrms
- Soporte integrado para cuarto de puente, medio puente y puente completo
- Excitación de voltaje y corriente integrados
- Medidas de termopares, RTD, resistencia, voltaje y corriente
- CJC por canal para medidas precisas de termopares
- Entradas simultáneas a 100 S/s/canal (50 S/s/canal para Termopares)

2.9.4.3.2. Compatibilidad y requerimientos.

Tabla 2-6: COMPATIBILIDAD Y REQUERIMIENTOS MODULO NI 9219

Sistemas operativos	❖ Windows ❖ Real-Time OS
Información para los conductores.	❖ NI-RIO ❖ NI-DAQmx
Compatibilidad de Software	❖ LabVIEW ❖ LabVIEWSignalExpress ❖ LabWindows/CVI ❖ Measurement Studio ❖ Visual Studio .NET ❖ Visual C++ ❖ Visual Studio

2.9.4.3.3. Aplicación y tecnología.

Debido al diseño del controlador, el NI 9219 no limita la velocidad total de un sistema NI CompactDAQ cuando se usa con un muestreo más rápido de módulos. Con 250 Vrms de canal a canal de aislamiento, el NI 9219 protege no sólo a los módulos circundantes, chasis y sistemas informáticos conectados, sino también los otros canales en el mismo módulo. Además de aumentar la seguridad, de canal a canal de aislamiento elimina los problemas asociados con lazos a tierra.

2.9.4.3.4. Accesorios para conectividad.

El NI 9219 utiliza seis conectores de la primavera posición terminal en cada canal para conectividad directa de la señal. Usted puede comprar conectores adicionales para reducir el tiempo de conexión de señal para múltiples unidades de prueba. Además de los conectores extra, un juego de liberación de tensión está disponible para asegurar los cables de señal.

NI recomienda:

- Carcasas de liberación de tensión para la seguridad de la señal de cable y protección de alto voltaje (cant. 4).

- Conectores extras NI 9973 - por seis módulos de conector de la posición (Cantidad 10)

2.9.4.3.5. Características avanzadas.

Cuando se utiliza con Compact RÍO NI C módulos de la Serie analógicos se conectan directamente a la E / S reconfigurable (RIO) FPGA para crear el hardware de alto rendimiento de sistemas embebidos. El hardware FPGA reconfigurable en Compact RÍO ofrece una variedad de opciones para la sincronización personalizados, disparo, sincronización, filtrado, procesamiento de señales, y la decisión de alta velocidad de toma de todos los módulos de la Serie C analógico. Por ejemplo, con Compact RÍO, puede implementar la costumbre de activación para cualquier tipo de sensor analógico en una base por canal mediante la flexibilidad y el rendimiento de la FPGA y la aritmética y de numerosos bloques de función de comparación incorporado en el Módulo LabVIEW FPGA.

2.9.4.3.6. Características principales.

- De alta precisión, las mediciones analógicas de alto rendimiento para cualquier sistema embebido Compact RÍO, R chasis de expansión de la serie, o el chasis de NI

CompactDAQ

- Terminales de tornillo, BNC, D-Sub, terminales de primavera, el alivio de la tensión, alta tensión, el cable, la cubierta superior de taza de soldadura, y las opciones de conectividad
- De canales disponibles-tierra tierra de doble barrera de aislamiento de seguridad, inmunidad al ruido y alto rango de voltaje en común el modo de
- Compact RÍO Extreme certificaciones industriales y clasificaciones
- Los dispositivos de acondicionamiento de señal para la conexión directa a sensores e industriales

2.9.4.3.7. Reparación.

Aunque puede que nunca necesidad de su hardware reparado, NI entiende que los acontecimientos inesperados pueden dar lugar a las reparaciones necesarias. NI ofrece servicios de reparación realizados por técnicos altamente capacitados que volver rápidamente a su dispositivo con la garantía de que cumplirá con las especificaciones de fábrica.

2.9.4.3.8. Choque y vibración.

Para cumplir con estas especificaciones

Tabla 2-7: NIVEL DE VIBRACIÓN MODULO NI 9219

Vibración	
Al azar	5 g RMS, de 10 a 500 Hz,
Sinusoidal	5 g, 10 a 500 Hz
Toque operativo	30 g, 11 ms medio seno, 50 g, 3 ms medio seno, 18 choques en 6 orientaciones

2.9.4.3.9. Especificaciones detalladas.

Tabla 2-8: CARACTERÍSTICAS DE ENTRADAS NI 9219

Características de entrada	
Número de canales	4 canales de entrada analógica
Resolución ADC	24 bits
Tipo de ADC	Delta – sigma (con el análogo de filtrado previo)
Modo de muestreo	Simultaneo
Tipo de apoyo TEDS	TEDS IEEE 1451.4 CLASE II (Interface)

Tabla 2-9:RANGO DE ENTRADAS DE NODOS NI 9219

Rangos de entrada de modo		
Modo	Nominal Rango (s)	El alcance real (s)
Tensión	$\pm 60 \text{ V}, \pm 15 \text{ V}, \pm 4 \text{ V}, \pm 1 \text{ V}, \pm 125 \text{ mV}$	$\pm 60 \text{ V}, \pm 15 \text{ V}, \pm 4 \text{ V}, \pm 1 \text{ V}, \pm 125 \text{ mV}$
Actual	$\pm 25 \text{ mA}$	$\pm 25 \text{ mA}$
4-Wire y 2-alambre de la resistencia	10 k Ω , 1 k Ω	10,5 k Ω , 1,05 k Ω
Termopar	$\pm 125 \text{ mV}$	$\pm 125 \text{ mV}$
4-Wire y 3-Wire RTD	Pt 1000, Pt 100	5,05 k Ω , 505 Ω
Cuarto de Puente	350 Ω , 120 Ω	390 Ω , 150 Ω
Half-Bridge	$\pm 500 \text{ mV/V}$	$\pm 500 \text{ mV/V}$
Full-Bridge	$\pm 62,5 \text{ mV/V}, \pm 7,8 \text{ mV/V}$	$\pm 62,5 \text{ mV/V}, \pm 7,8125 \text{ mV/V}$
Digital In	--	0-60 V
Abierto de Contacto	--	1,05 k Ω

Tabla 2-10: TIEMPO DE CONVERSIÓN NI 9219

El tiempo de conversión, no hay canales en el modo TC	
De alta velocidad	10 ms para todos los canales
Mejor a 60 Hz	110 ms para todos los canales
Mejor a 50 Hz	130 ms para todos los canales
Alta resolución	500 ms para todos los canales
El tiempo de conversión, uno o más canales en el modo TC	
De alta velocidad	20 ms para todos los canales
Mejor a 60 Hz	120 ms para todos los canales
Mejor a 50 Hz	140 ms para todos los canales
Alta resolución	510 ms para todos los canales
Protección contra sobretensiones	
Terminales 1 y 2	$\pm 30 \text{ V}$
Terminales de 3 a 6, a través de cualquier combinación	$\pm 60 \text{ V}$
Impedancia de entrada	
Tensiones y digitales en los modos ($\pm 60\text{V}, \pm 15\text{V}, \pm 4\text{V}$)	1 M Ω
Modo actual	<40 Ω
Todos los demás modos	>1G Ω

Tabla 2-11: PRECISIÓN MODULO NI 9219

Precisión		
Modo, Distancia	Ganancia de error (Porcentaje de la lectura)	Compensación de error (ppm de rango)
	Tipo (25 ° C, ± 5 ° C), Max (-40 a 70 ° C)	
Voltage, ± 60 V,	± 0,3, ± 0,4	± 20, ± 50
Voltage, ± 15 V	± 0,3, ± 0,4	± 80, ± 180
Voltage, ± 4 V	± 0,3, ± 0,4	± 240, ± 720
Voltage, ± 1 V	± 0,1, ± 0,18	± 15, ± 45
Tensión / Termopar, ± 125 mV	± 0,1, ± 0,18	± 120, ± 360
Actual, ± 25 mA	± 0,1, ± 0,6	± 30, ± 100
4-Wire y 2-Wire ¹ de Resistencia, 10 kΩ	± 0,1, ± 0,5	± 120, ± 320
4-Wire y 2-Wire ¹ resistencia de 1 kΩ	± 0,1, ± 0,5	± 1200, ± 3200
4-Wire y 3-Wire RTD, Pt 1000	± 0,1, ± 0,5	± 240, ± 640
4-Wire y 3-Wire RTD, Pt 100	± 0,1, ± 0,5	± 2400, ± 6400
Cuarto de Puente, 350 Ω	± 0,1, ± 0,5	± 2400, ± 6400
Cuarto de Puente, 120 Ω	± 0,1, ± 0,5	± 2400, ± 6400
Half-Bridge, ± 500 mV / V	± 0,03, ± 0,07	± 300, ± 450
Full-Bridge, ± 62,5 mV / V	± 0,03, ± 0,08	± 300, ± 1000
Full-Bridge, ± 7,8 mV / V	± 0,03, ± 0,08	± 2200, ± 8000

Frío de compensación de unión sensor de precisión ± 1 ° Typ C

Tabla 2-12: ESTABILIDAD MÓDULO 9219

Estabilidad		
Modo, Distancia	Ganancia Drift (ppm de la lectura / ° C)	Offset Drift (ppm de EM / ° C)
Voltage, ± 60 V,	± 20	± 0,2
Voltage, ± 15 V	± 20	± 0,8
Voltage, ± 4 V	± 20	± 3,2
Voltage, ± 1 V	± 10	± 0,2
Tensión / Termopar, ± 125 mV	± 10	± 1,6
Actual, ± 25 mA	± 15	± 0,4
4-Wire y 2-alambre de la resistencia, 10 kΩ	± 15	± 3
4-Wire y 2-alambre de la resistencia de 1 kΩ	± 15	± 30
4-Wire y 3-Wire RTD, Pt 1000	± 15	± 6
4-Wire y 3-Wire RTD, Pt 100	± 15	± 60
Cuarto de Puente, 350 Ω	± 15	± 120
Cuarto de Puente, 120 Ω	± 15	± 240
Half-Bridge, ± 500 mV / V	± 3	± 20
Full-Bridge, ± 62,5 mV / V	± 3	± 20
Full-Bridge, ± 7,8 mV / V	± 3	± 20

Ruido de entrada en ppm y en Rango de RMS

Tabla 2-13: NIVEL DE EXCITACIÓN HALF PUENTE Y PUENTE COMPLETO.

Nivel de excitación para Half-puente y puente completo de los modos de		
Modo	Carga y Resistencia (Ω)	De excitación (V)
Half-Bridge	700	2,5
	240	2,0
Full-Bridge	350	2,7
	120	2,2

Tabla 2-14: TIEMPO DE CONVERSIÓN MODULO NI 9219

Modo, Distancia	Tiempo de conversión			
	De alta velocidad	Mejor a 60Hz	50 mejores rechazo Hz	Alta resolución
Voltage, ± 60 V,	7,6	1,3	1,3	0,5
Voltage, ± 15 V	10,8	1,9	1,9	0,7
Voltage, ± 4 V	10,8	2,7	2,7	1,3
Voltage, ± 1 V	7,6	1,3	1,3	0,5
Tensión / Termopar, ± 125 mV	10,8	1,9	1,9	1,0
Actual, ± 25 mA	10,8	1,9	1,9	1,0
4-Wire y 2-alambre de la resistencia, 10 k Ω	4,1	1,3	0,8	0,3
4-Wire y 2-alambre de la resistencia de 1 k Ω	7,1	1,8	1,2	0,7
4-Wire y 3-Wire RTD, Pt 1000	7,6	1,7	1,1	0,4
4-Wire y 3-Wire RTD, Pt 100	10,8	1,9	1,9	0,9
Cuarto de Puente, 350 Ω	5,4	1,0	1,0	0,7
Cuarto de Puente, 120 Ω	5,4	1,0	1,0	0,7
Half-Bridge, ± 500 mV / V	3,8	0,5	0,5	0,2
Full-Bridge, $\pm 62,5$ mV / V	5,4	1,0	1,0	0,8
Full-Bridge, $\pm 7,8$ mV / V	30	4,7	4,7	2,3

Tabla 2-15: NIVEL DE EXCITACIÓN PARA CUARTO DE PUENTE

Nivel de excitación para la resistencia, de IDT, y Cuarto de Puente modos de	
Carga y Resistencia (Ω)	Excitación (mV)
120	50
350	150
1 k	430
10 k	2200

Requisitos de alimentación

Tabla 2-16: REQUISITOS DE ALIMENTACIÓN

El consumo de energía de chasis	
Modo activo	750 mW máx.
Modo de suspensión	25 uW máx.
Disipación térmica a 70°C	
Modo activo	625 mW máx.
Modo de suspensión	25 uW máx.

Tabla 2-17: MEDIO AMBIENTE

Medio ambiente	
Temperatura de funcionamiento	-40 A 70 ° C
Temperatura de almacenamiento	-40 A 85 ° C
Protección de entrada	IP 40
Humedad de funcionamiento	De 10 a 90%, sin condensación
Humedad de almacenamiento	5 a 95% RH, sin condensación
Altitud máxima	2.000 m
El grado de contaminación.	2

2.9.4.3.10. Conexión en panel frontal.

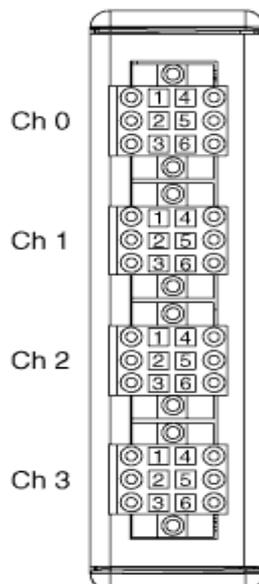


Fig. 2-21: Conexión panel frontal modulo NI 9219

2.10. Adquisición de datos y análisis.

El propósito de adquisición de datos es medir un fenómeno eléctrico y físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. La adquisición de datos basada en PC utiliza una combinación de hardware modular, software de aplicación y una PC para realizar medidas. Mientras cada sistema de adquisición de datos se define por sus requerimientos de aplicación, cada sistema comparte una meta en común de adquirir, analizar y presentar información. Los sistemas de adquisición de datos incorporan señales, sensores, actuadores, acondicionamiento de señales, dispositivos de adquisición de datos y software de aplicación.

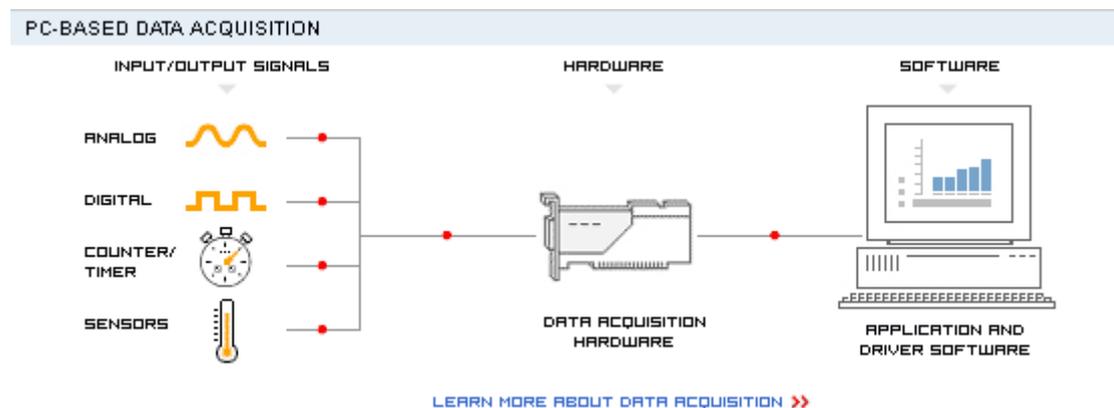


Fig. 2-22: Adquisición de Datos

Los científicos y los ingenieros pueden elegir entre PCI, PXI, PCI Express, PXI Express, PCMCIA, USB, inalámbrico y Ethernet de adquisición de datos para pruebas, medidas y aplicaciones de automatización. Hay cinco componentes a considerar cuando se construye un sistema DAQ de base:

- Transductores y sensores.
- Las señales.
- Acondicionamiento de señales
- Hardware DAQ
- El conductor y la aplicación de software

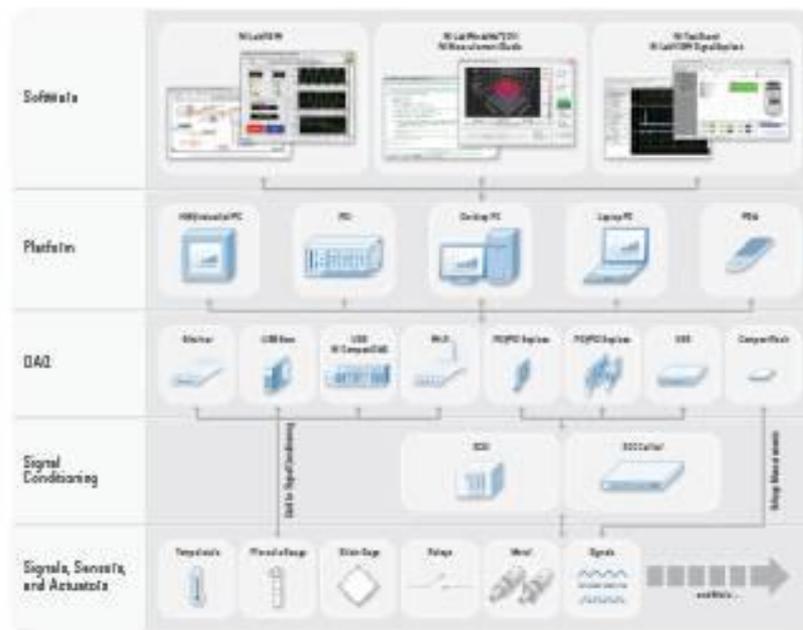


Fig. 2-23: Sistema de adquisición de datos

2.10.1. Transductor.

Un transductor es un dispositivo que convierte un fenómeno físico en una señal eléctrica medible, como el voltaje o corriente. La capacidad de un sistema DAQ para medir los diferentes fenómenos depende de los transductores para convertir los fenómenos físicos en señales medibles por el hardware de adquisición de datos. Transductores son sinónimo de sensores en los sistemas de adquisición de datos. Hay transductores específicos para diferentes aplicaciones, como la medición de la temperatura, presión, o flujo de fluidos. La siguiente figura muestra una breve lista de algunos fenómenos comunes y los transductores utilizados para medirlas.

Fenómeno	Transductor
Temperatura	Termopares, RTD, Termistores
Luz	Foto sensor
Sonido	Micrófono
Fuerza y presión	Galga Piezotransformadores
Posición y desplazamiento	Potenciómetro, LVDT, Codificador óptico
Aceleración	Acelerómetro
pH	Electrodo de pH

Tabla 2-18 Fenómenos y transductores existentes

2.10.2. Señales.

Los transductores apropiados convierten un fenómeno físico en señales eléctricas medibles. Sin embargo, las señales de diferentes deben medirse de diferentes

maneras... Por esta razón, es importante entender los diferentes tipos de señales y sus correspondientes atributos. Las señales pueden ser categorizadas en dos grupos:

- Análogas
- Digitales

2.10.3. Acondicionamiento de señales.

A veces, los transductores generan señales demasiado difíciles o demasiado peligrosas para medir directamente con un dispositivo DAQ. Por ejemplo, cuando se trata de altos voltajes, entornos ruidosos, extrema señales de alto y bajo, o la medición simultánea de la señal, acondicionamiento de señales es esencial para un sistema DAQ eficaz. Acondicionamiento de señales maximiza la precisión de un sistema, permite a los sensores para funcionar correctamente, y las garantías de seguridad.

2.10.3.1. Etapas del acondicionamiento de señales.

Con más detalle, en una etapa de acondicionamiento podemos encontrar estas etapas, aunque no todas están siempre presentes:

- Amplificación
- Excitación
- Filtrado
- Multiplexado
- Aislamiento
- Linealización

Amplificación Es el tipo más común de acondicionamiento. Para conseguir la mayor precisión posible la señal de entrada deber ser amplificada de modo que su máximo nivel coincida con la máxima tensión que el convertidor pueda leer.

Aislamiento - Otra aplicación habitual en el acondicionamiento de la señal es el aislamiento eléctrico entre el transductor y el ordenador, para proteger al mismo de transitorios de alta tensión que puedan dañarlo. Un motivo adicional para usar aislamiento es el garantizar que las lecturas del convertidor no son afectadas por diferencias en el potencial de masa o por tensiones en modo común.

Cuando el sistema de adquisición y la señal a medir están ambas referidas a masa pueden aparecer problemas si hay una diferencia de potencial entre ambas masas, apareciendo un "bucle de masa", que puede devolver resultados erróneos.

Multiplexado - El multiplexado es la conmutación de las entradas del convertidor, de modo que con un sólo convertidor podemos medir los datos de diferentes canales de entrada. Puesto que el mismo convertidor está midiendo diferentes canales, su frecuencia máxima de conversión será la original dividida por el número de canales muestreados. Se aconseja que los multiplexores se utilicen antes del conversor y después del condicionamiento de la señal, ya que de esta manera no molestará a los aislantes que podamos tener.

Filtrado - El fin del filtro es eliminar las señales no deseadas de la señal que estamos observando. Por ejemplo, en las señales cuasi-continuas, (como la temperatura) se usa un filtro de ruido de unos 4 Hz, que eliminará interferencias, incluidos los 50/60 Hz de la red eléctrica.

Las señales alternas, tales como la vibración, necesitan un tipo distinto de filtro, conocido como filtro antialiasing, que es un filtro de paso bajo pero con un corte muy brusco, que elimina totalmente las señales de mayor frecuencia que la máxima a medir, ya que si no se eliminasen aparecerían superpuestas a la señal medida, con el consiguiente error.

Excitación - La etapa de acondicionamiento de señal a veces genera excitación para algunos transductores, como por ejemplos las galgas "extensiométricas", "termistores" o "RTD", que necesitan de la misma, bien por su constitución interna, (como el termistor, que es una resistencia variable con la temperatura) o bien por la configuración en que se conectan (como el caso de las galgas, que se suelen montar en un puente de Wheatstone).

Linealización - Muchos transductores, como los termopares, presentan una respuesta no lineal ante cambios lineales en los parámetros que están siendo medidos. Aunque la linealización puede realizarse mediante métodos numéricos en el sistema de adquisición de datos, suele ser una buena idea el hacer esta corrección mediante circuitería externa. [16]

2.10.4. Daq hardware.

Los actos de hardware DAQ como la interfaz entre el ordenador y el mundo exterior. Que funciona principalmente como un dispositivo que digitaliza las señales analógicas de entrada para que el ordenador pueda interpretarlas. Otros datos de la funcionalidad de adquisición incluye:

- Entrada / salida Análoga.
- Entrada / Salida Digital
- Contadores / Temporizadores
- Multifunción - una combinación de operaciones analógicas, digitales y de contador en un único dispositivo

2.11. Control y monitoreo de datos.

2.11.1. Control automático.

El control automático de procesos es parte del progreso industrial desarrollado durante lo que ahora se conoce como la segunda revolución industrial. El uso intensivo de la ciencia de control automático es producto de una evolución que es consecuencia del uso difundido de las técnicas de medición y control. Su estudio intensivo ha contribuido al reconocimiento universal de sus ventajas.

El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana.

El elemento más importante de cualquier sistema de control automático es lazo de control realimentado básico. El concepto de la realimentación no es nuevo, el primer lazo de realimentación fue usado en 1774 por James Watt para el control de la velocidad de cualquier máquina de vapor. A pesar de conocerse el concepto del funcionamiento, los lazos se desarrollaron lentamente hasta que los primeros sistemas de transmisión neumática comenzaron a volverse comunes en los años 1940s, los años pasados han visto un extenso estudio y desarrollo en la teoría y aplicación de los lazos realimentados de control. En la actualidad los lazos de control son un elemento esencial para la manufactura económica y próspera de virtualmente cualquier producto, desde el acero hasta los productos alimenticios. A pesar de todo, este lazo de control que es tan importante para la industria está basado en algunos principios fácilmente entendibles y fáciles. Este artículo trata éste lazo de control, sus elementos básicos, y los principios básicos de su aplicación. [17]

2.11.2. Medición y control automático.

La mayor parte de las industrias de transformación: químicas, petroleras, petroquímicas y manufactureras, requieren de la medición y el control de sus

procesos, tanto para la obtención de productos de calidad, como para el aprovechamiento integral de sus recursos.

Todo sistema de control automático consta de dos componentes básicos:

1. El proceso y
2. El controlador automático.

Cada uno tiene características importantes que influyen para que el sistema sea o no fácil de controlar.

El Controlador automático es un aparato que contiene un mecanismo que mide la variable y corrige la desviación con respecto al valor que deseamos tener (punto de ajuste, set point) y que ajustamos previamente al instrumento. El término controlador automático involucra tanto a los medios de medición como a los de control.

Proceso se define como las funciones colectivas realizadas en y por el equipo en el cual la variable es controlada. El término proceso incluye cualquier cosa que afecte la variable controlada sin tomar en cuenta al controlador automático.

En la siguiente figura se ilustra, como ejemplo, un proceso en el cual calentamos agua automáticamente.

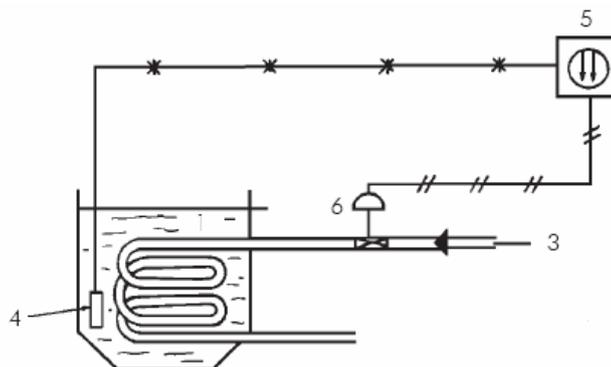


Fig. 2-24: Sistema de control de temperatura

En este proceso sencillo podemos identificar lo siguiente:

1. **Medio controlado:** agua.
2. **Variable controlada:** temperatura del agua.
3. **Agente de control:** el vapor por medio del cual se calienta el agua.

4. **Elemento primario de medición:**el termómetro de bulbo que está sensando la temperatura del agua.

5. **Registrador controlador:**instrumento donde se fija el punto de ajuste (set point) con el valor de la temperatura a la que queremos mantener el agua. Suele asociarse con una gráfica de registro para tener un historial del comportamiento del proceso.

6. **Elemento final de control:**válvula de control que recibe señal neumática del controlador.

La fijación del punto de ajuste (set point) en el controlador determina el valor que deberá tener la variable controlada.

Dos aspectos muy importantes para evaluar la calidad del medidor son: la exactitud y la velocidad de respuesta o retraso. La velocidad de respuesta está íntimamente relacionada con la exactitud, por lo que serán tratadas por separado.

Velocidad de respuesta

Una respuesta completa e inmediata a un cambio en una variable es una condición ideal que no se presenta en ningún sistema físico incluyendo el control automático industrial. La respuesta puede iniciarse de inmediato, pero tomará tiempo para completar su efecto. Este factor tiempo es llamado retraso.

El retraso o atraso es el momento desde que ocurre un evento hasta que la señal del elemento primario llega al controlador.

Exactitud en la medición

Los factores que influyen directamente en la exactitud de la medición son el error estático y el dinámico.

Error estático y reproducibilidad

El error estático en la medición es la diferencia entre la lectura del instrumento y el valor real de la variable, el error puede ser grande o pequeño, pero lo más importante en un instrumento es su repetitividad y su reproducibilidad ya que nos interesa más que se repita un error en la lectura para un valor de la variable, sin importar la magnitud de la diferencia entre el valor medido y el valor real.

La exactitud es expresada en términos de error estático como un porcentaje del rango del instrumento. Por ejemplo, si un instrumento tiene un rango de 100 a

500°C y tiene una exactitud de $\pm 1\%$, su error estático en cualquier punto de la escala nunca excede los 4°C que es 1% de 400 (500 menos 100).

La repetitividad es el grado de desviación al cual un mismo valor de la variable puede ser medido a diferentes tiempos. En control automático, la repetitividad es más importante que la exactitud, porque es una condición dinámica como lo es el control automático por sí mismo. De aquí que una inexactitud (como error estático) en un control automático puede ser útil si es reproducible, o sea, si se repite la misma inexactitud a diferentes tiempos.

Error dinámico

Cuando analizamos la velocidad de respuesta, sólo consideramos una etapa del cambio —un cambio instantáneo de la variable a un nuevo valor. Pero una etapa de cambio es una condición teórica que no se encuentra con frecuencia en la práctica. Es mucho más importante el error de un instrumento conforme mide un cambio gradual de una variable, que su respuesta a una etapa de

Cambio.

Cambio senoidal

En control automático, a cada cambio de la variable controlada hay una acción correctiva, por lo tanto, un cambio gradual fuera del punto de ajuste indica un cambio senoidal alrededor del punto de ajuste debido a la acción correctiva del controlador.

En la siguiente figura se ilustra el ciclaje de la temperatura hacia arriba y hacia abajo del punto de ajuste. En este caso, la temperatura medida y la temperatura real cambian senoidalmente, y las curvas nunca coinciden debido al retraso.

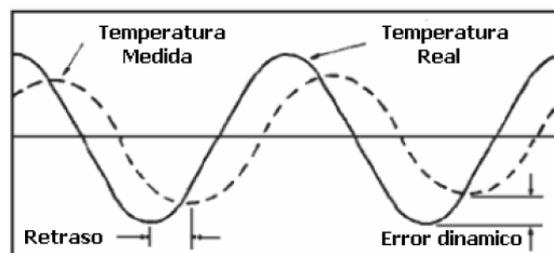


Fig. 2-25: Error dinámico y retraso durante un cambio senoidal

El retraso del elemento primario causa que el ciclo de medición sea demorado y la amplitud reducida. El ciclaje de la temperatura medida tiene menor amplitud debido a

que la temperatura real llega al máximo de su movimiento cíclico e inicia en la otra dirección antes de que el valor coincida con ella. El valor medido cambia su dirección antes de alcanzar el extremo de su ciclo por lo que también oscila pero con menor amplitud.

El error dinámico es extremadamente importante porque impide que el indicador o el registrador muestren las condiciones reales del proceso, es por tanto aconsejable que el retraso en la medición sea lo más pequeño posible.

Al seleccionar el equipo de control automático es necesario tomar en cuenta los siguientes efectos del proceso:

1. **Los cambios de carga**, que son cambios en la variable controlada debido a la alteración de las condiciones en el proceso.

2. **El retraso del proceso**, o sea, la demora que le toma a la variable del proceso alcanzar un nuevo valor cuando el cambio de carga ocurre. Este retraso es causado por una o más de las características del proceso.

CAPITULO III

3. IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITOREO DE TENSIÓN Y PUENTES.

3.1. Instalación y calibración del software en el equipo.

Para la instalación de los software debemos tener en cuenta que la versión del LabVIEW que vamos a tener en la Pc debe contener el módulo de Real Time, con la misma versión de la que vamos a instalar en el CompactRio.

3.1.1. Interface compactrio – pc.

Antes de proceder a configurar el equipo debemos instalar los drives que vienen adjuntos al equipo como es el NI RIO 3.3.1 y luego procedemos a realizar los siguientes pasos:

Configuración de la pc – compactrio 9074

La configuración de la PC es mediante conexión de área local o inalámbrica este debe ser con cable de red directo.

- 1) Ir al icono de Network Connetions y configurar la IP de la PC

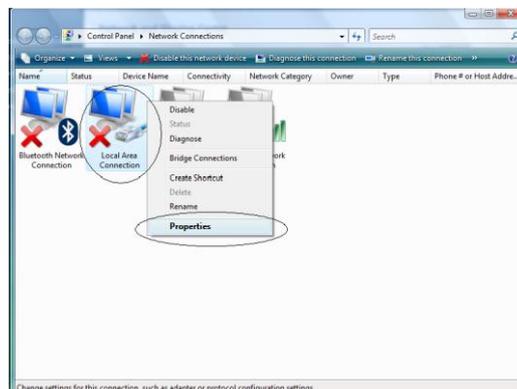


Fig. 3-1: Configuración CompactRio - Pc (paso2)

- 2) Utilice la siguiente dirección IP

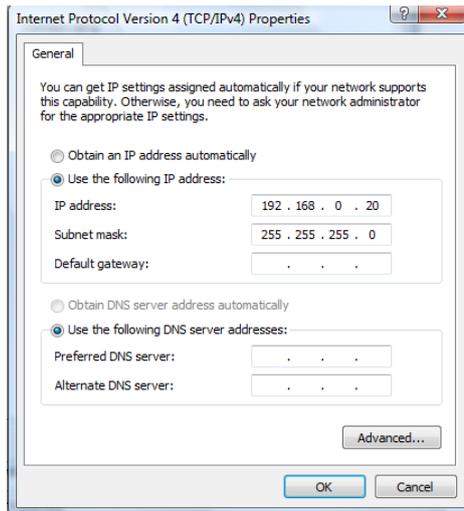


Fig. 3-2: Configuración CompactRio - Pc (paso2)

3.1.2. Instalación y calibración del sistema operativo en el compactrio

1. Ingresar al programa Measurement & Automation Explorer de la National Instruments.

Despliegue la pestaña de Remote Systems de un clip en el CompactRio e inmediatamente sale la configuración actual del equipo, de clip en Network Settings y configure el nombre del equipo y la dirección IP de este.

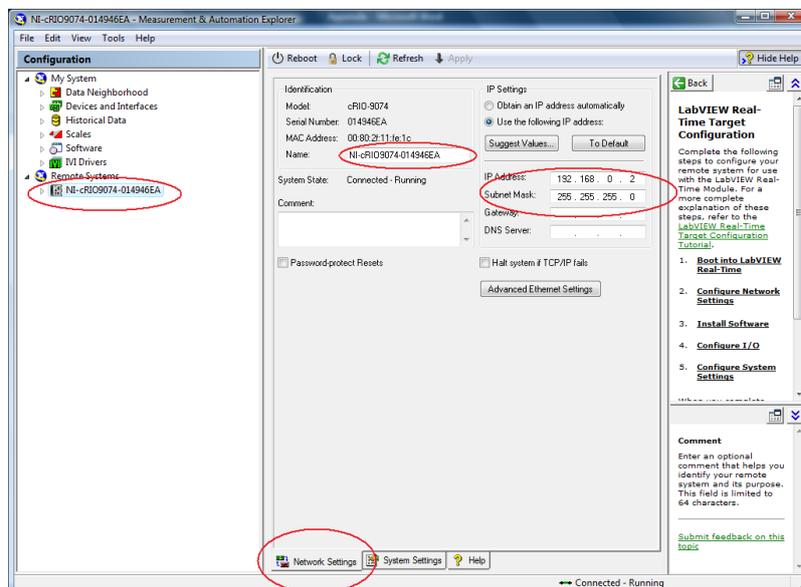


Fig. 3-3: Instalación del sistema operativo en el CompactRio (paso1)

2.

Ahora se debe formatear del CompactRio y agregarle el software.

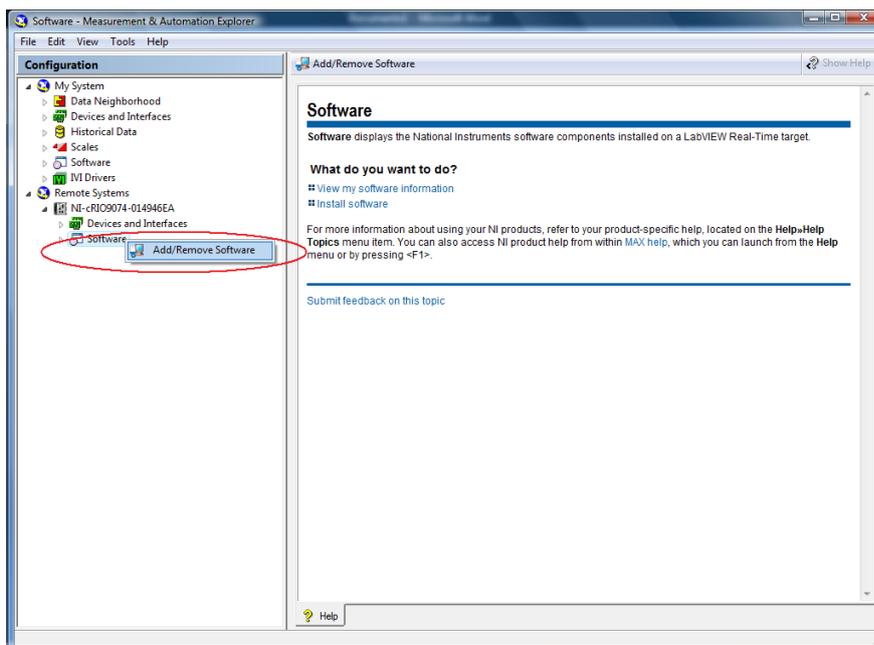


Fig. 3-4: Instalación del sistema operativo en el CompactRio (paso2)

3. Desinstale el software y vuelva agregar los programas que vaya a utilizar sin olvidar el Real-Time de la misma versión que este utilizando en su ordenador.

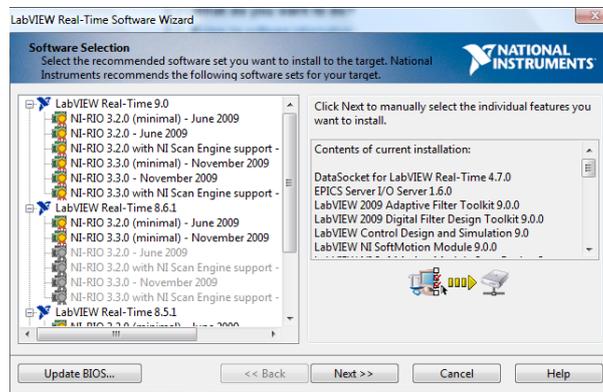


Fig. 3-5: Instalación del sistema operativo en el CompactRio (paso3)

3.2. Elaboración de los programas SCADA.

Para la elaboración de los programas que van a ser cargados en el CompactRio estos deben estar realizados en modo de proyectos.

3.2.1. Interface compactrio – pc.

1) Ingrese a LabView 2009

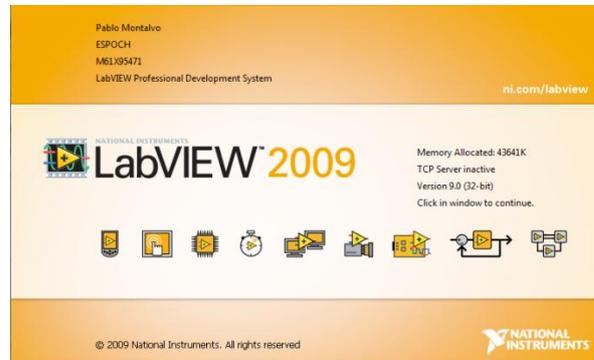


Fig. 3-6: Interface CompactRio - Pc (paso1)

2) Ingresar a empty project

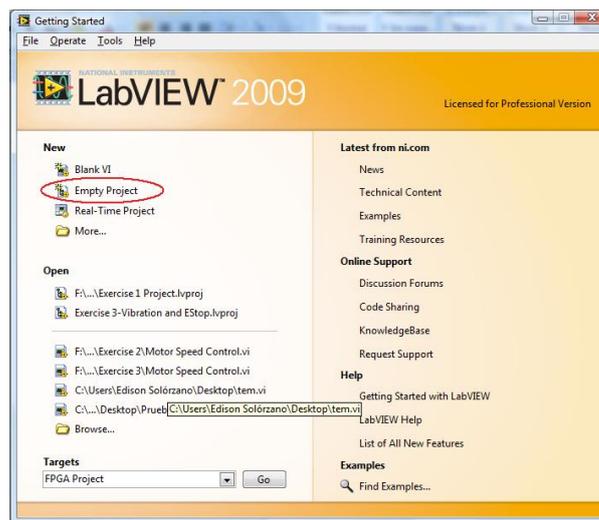


Fig. 3-7: Interface CompactRio - Pc (paso2)

3) Dar clip derecho en el proyecto vacio y se desplegara una ventana, dar clip en NEW, y se va a desplegar otra ventana escogen la opción targets and device.

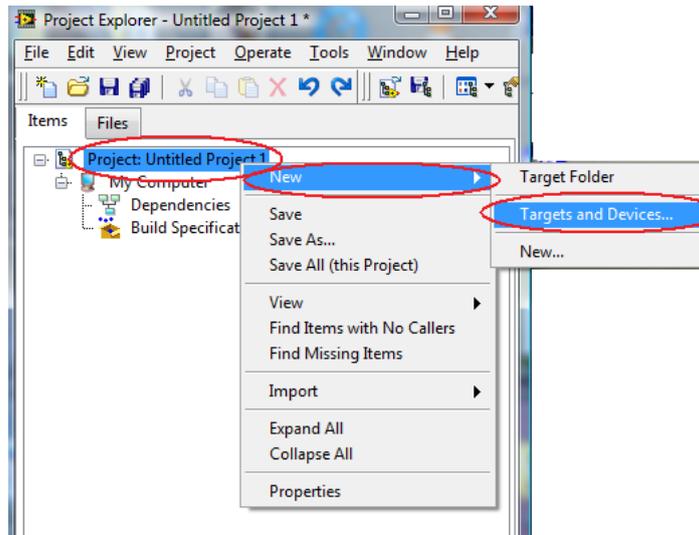


Fig. 3-8: Interface CompactRio - Pc (paso3)

4) Agregamos el CompactRio al proyecto y damos clip en OK.

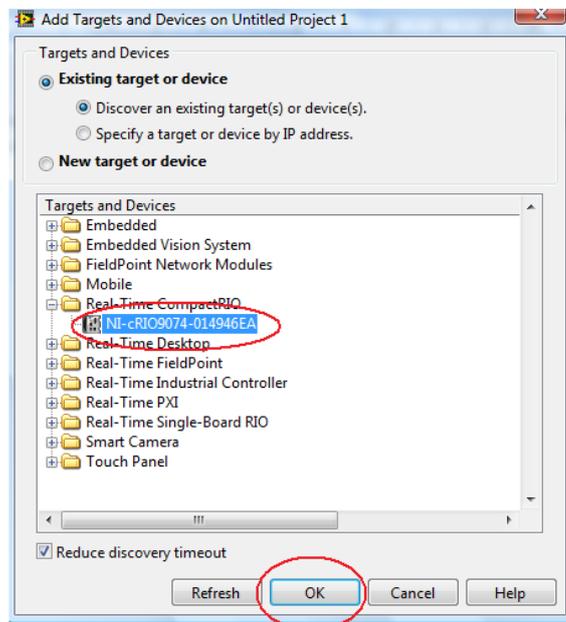


Fig. 3-9: Interface CompactRio - Pc (paso4)

5) En el cuadro de dialogo escogemos la primera opción de Scan Interface y damos clip en continuar.

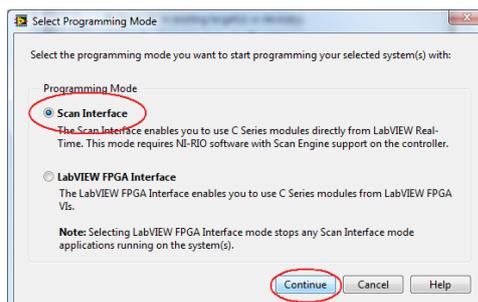


Fig. 3-10: Interface CompactRio - Pc (paso5)

6) De este modo obtenemos integrado el CompactRio al proyecto.

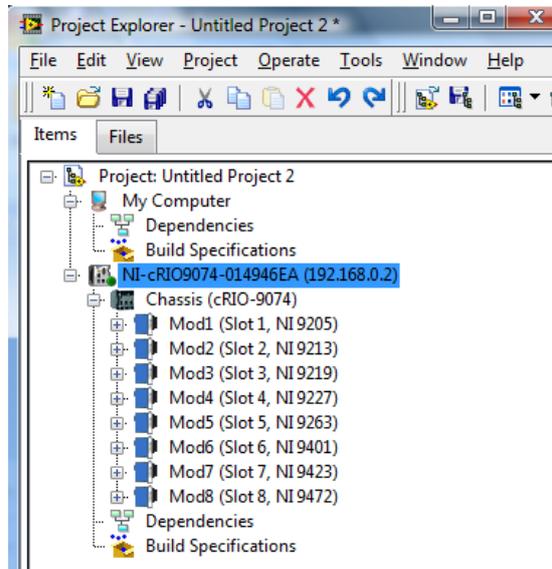


Fig. 3-11: Interface CompactRio - Pc (paso6)

3.2.2. PID de temperatura con control de cruce por cero.

El control PID nos va a permitir controlar y mantener estable ciertas variables, sin importar los factores externos que afecten directamente a la variable controlada.

3.2.2.1. Detector de cruce por cero.

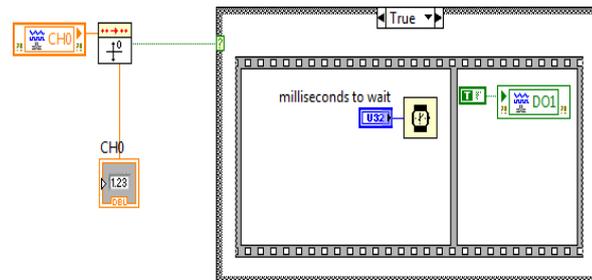


Fig. 3-12: Cruce por cero (Verdad)

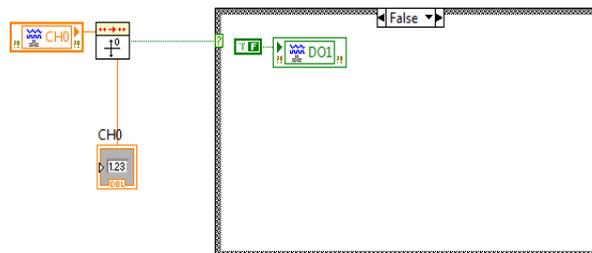


Fig. 3-13: Cruce por cero (Falso)

3.2.2.2. Control PID.

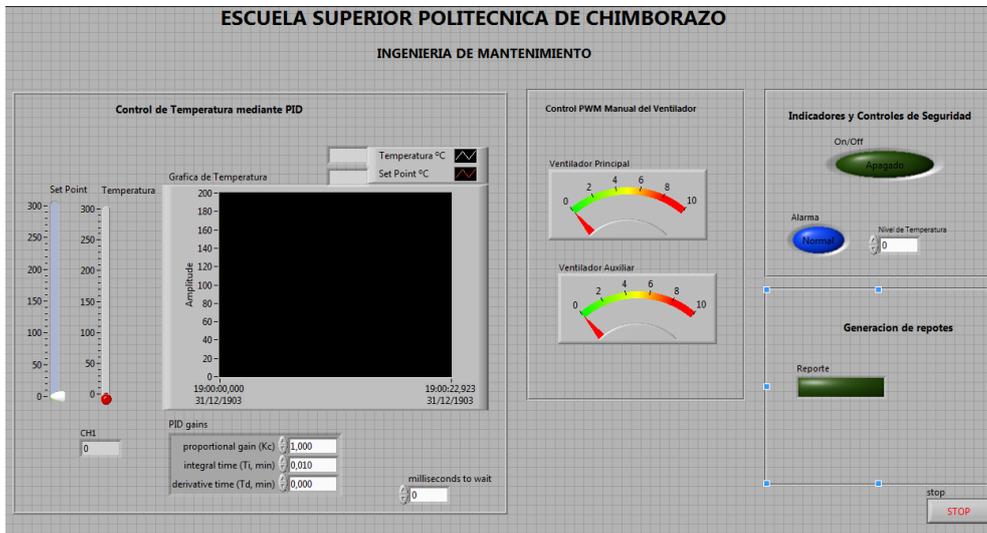


Fig. 3-14: PID Panel Frontal

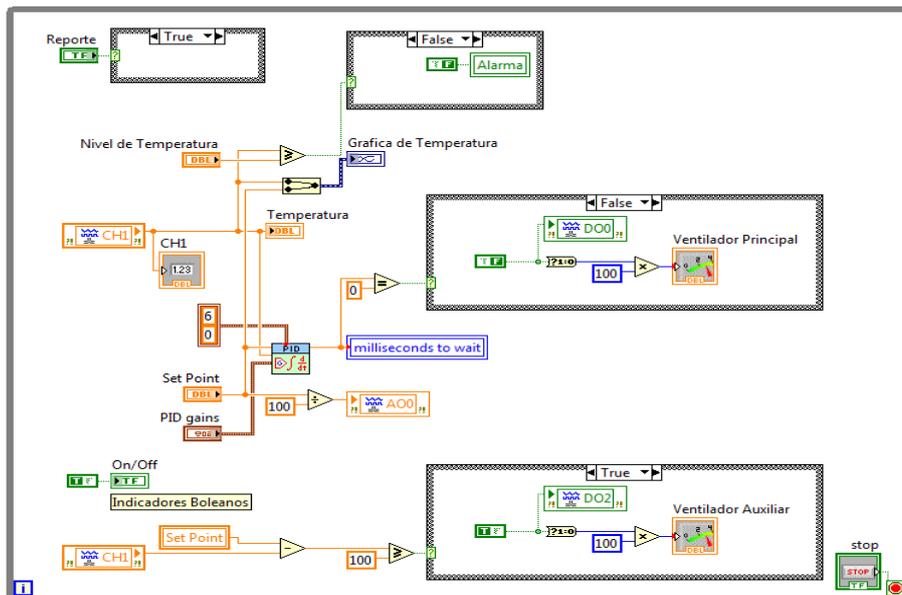


Fig. 3-15: PID Diagrama de bloques (WhileLoop 1)

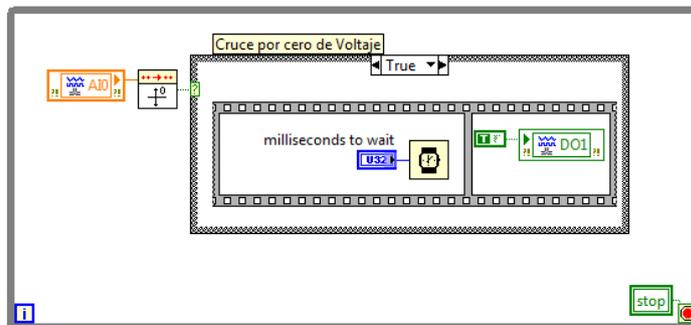


Fig. 3-16: PID Diagrama de bloques (WhileLoop 2)

3.2.3. Control de torque de motor mediante variable de peso.

Para controlar el torque del motor se lo realizara con un circuito de cruce por cero igual al anterior para controlar las niquelinas del horno.

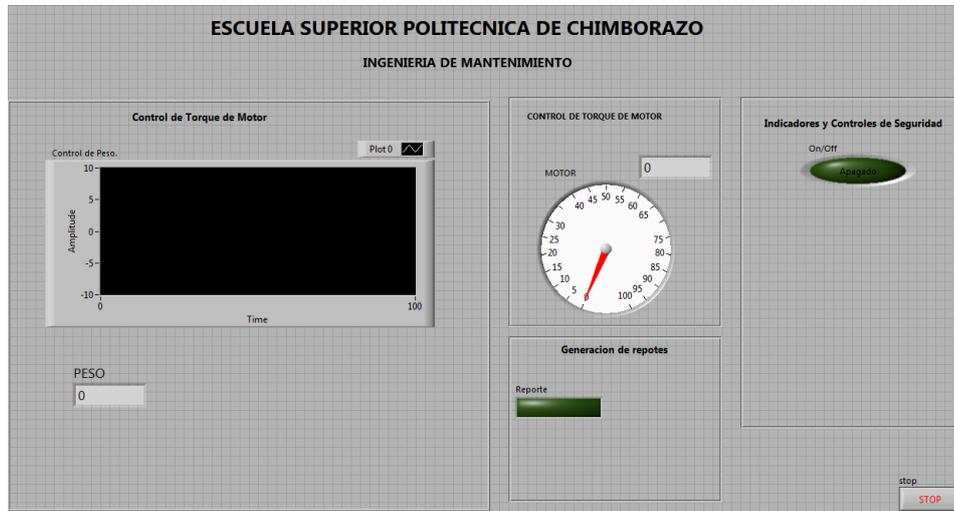


Fig. 3-17: Panel Frontal de Control de torque

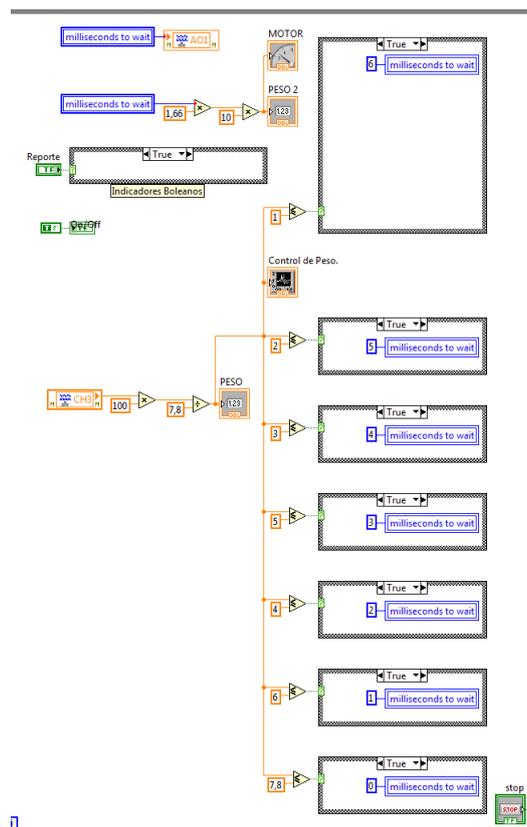


Fig. 3-18: Control de Torque Diagrama de bloques (WhileLoops 1)

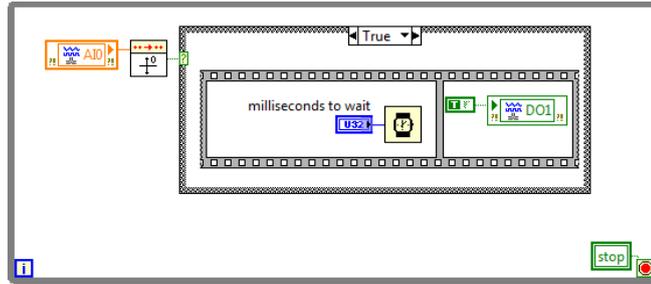


Fig. 3-19: Control de Torque Diagrama de bloques (WhileLoops 2)

3.2.4. Comunicación vía wireless compactrio – pc.

Para comunicar vía inalámbrica el compactRio debemos tener un router y conectar via inalámbrica el compactRio como si fuera un computador mas.

- 1) El primer paso es resetear el router.
- 2) Conectar el compactRio mediante el puerto ethernet 1o al LAN 1 del router.
- 3) Mediante una computadora configurar el router de la siguiente manera.
 - a. Dar un clic en la señal que emite el router.



Fig. 3-20: Configuración Wireless - Pc (paso1)

- b. Dar un clic en aceptar para configurar el router.

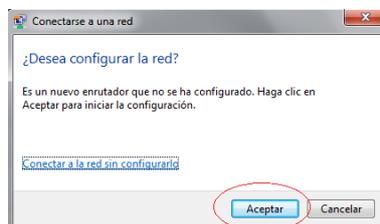


Fig. 3-21: Configuración Wireless - Pc (paso2)

- c. Digitar el número de serie del router.



Fig. 3-22: Configuración Wireless - Pc (paso3)

d. Asignar un nombre a la red y en opciones avanzadas configurar la clave para el ingreso de los demás equipos.

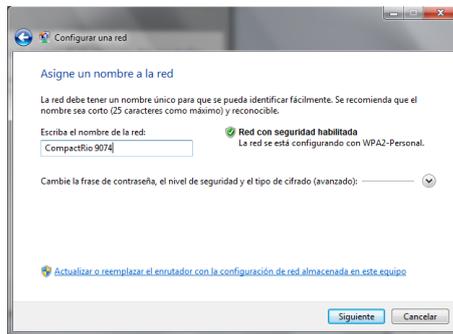


Fig. 3-23: Configuración Wireless - Pc (paso4)

e. Luego de escoger un tipo de red se recomienda un red pública.

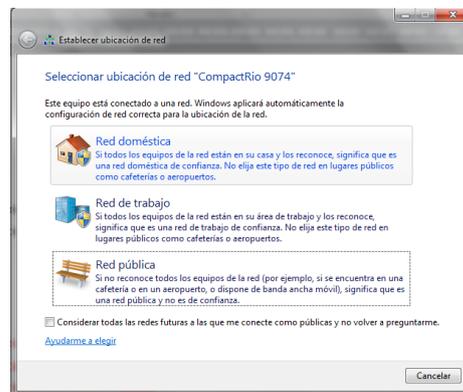


Fig. 3-24: Configuración Wireless - Pc (paso5)

f. El compactrio queda automáticamente conectado al computador.

g. Para conectar otra computadora con el compactrio debemos dar clip en la señal que emite el compactrio.

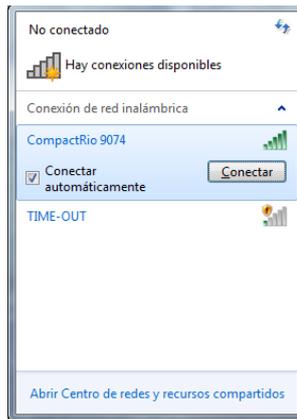


Fig. 3-25: Configuración Wireless - Pc (paso6)

h. A continuación debemos ingresar el numero del router.



Fig. 3-26: Configuración Wireless - Pc (paso7)

i. El router nos va a pedir la clave que ingresamos para acceder a la red.

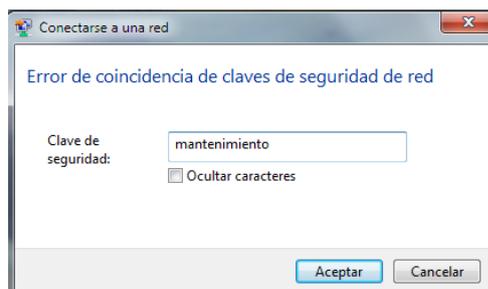


Fig. 3-27: Configuración Wireless - Pc (paso8)

j. Y por ultimo igual al caso anterior debemos escoger un tipo de red en este caso una red publica.



Fig. 3-28: Configuración Wireless - Pc (paso9)

De esta manera el compactrio está conectado a su computador para asegurarnos debemos ir al MAX y verificar si el equipo esa conectado como sistema remoto.

3.2.4.1. Programación en red.

Para la programación en la red debemos conocer que todas las variables del CompactRio se encuentran por *default* compartidas en red.

Por lo cual debemos adquirir las variables por medio de librerías creadas en las diferentes Pc.

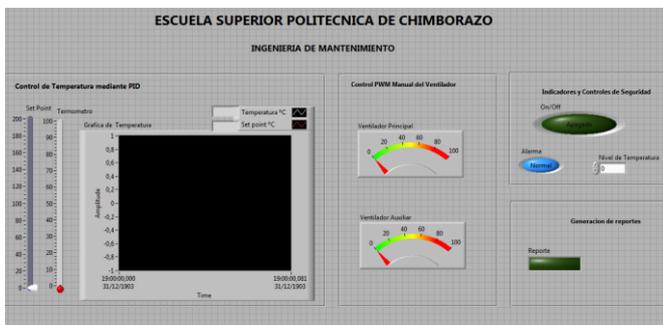


Fig. 3-29: PID en Red Panel Frontal

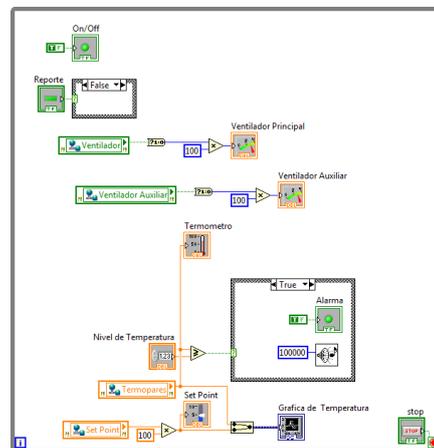


Fig. 3-30: PID en Red Diagrama de Bloques

Para el control del motor igual se deben adquirir las variables que se quieren monitorear.

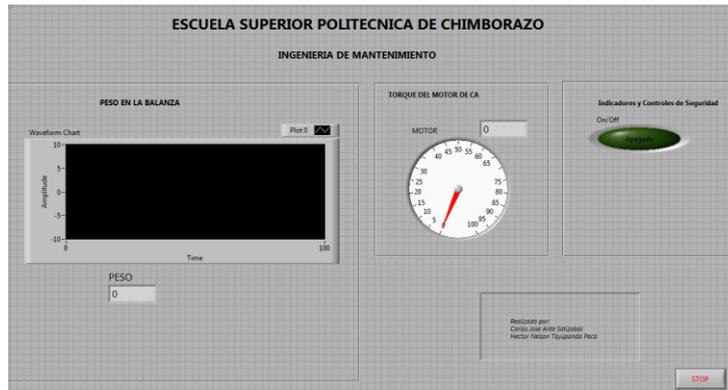


Fig. 3-31: Control de Torque de motor Panel Frontal en red

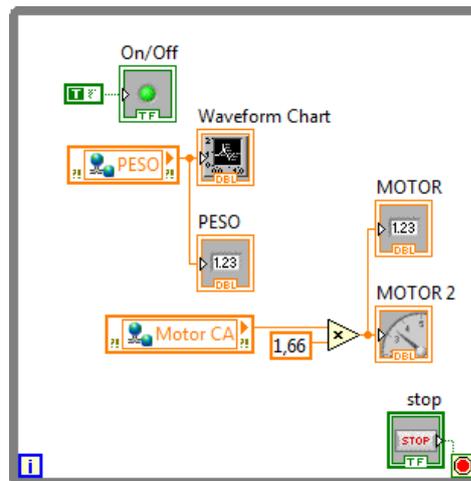


Fig. 3-32: Control de Torque de motor Diagrama de Bloques en red

3.3. Montaje y configuración del equipo y los sensores.

Para el montaje de los equipos lo realizaremos según las practicas configurando el cRIO de acuerdo al sensor y la variable que deseamos medir o controlar.

3.3.1. PID de temperatura.

Para realizar el control de cruce por cero el modulo NI 9219 debe estar configurado de la siguiente manera:

Channel 1.- en modo termocupla, el tipo de termocupla dependerá de la que estemos utilizando en la práctica.

Para la adquisición de datos de voltaje la vamos a arealizar con el modulo Ni 9205.

Channel 1.- en modo voltaje con un rango de 0 -5 voltios.

La conexión de los cables se deberá realizar siguiendo los instructivos del manual del modulo

Para configurar el control del de disparo del Triac deberá el modulo NI 9472 debera estar configurado en modo none para obtener pulsos.

Channel 0.- deberá estar conectado el ventilador.

Channel 1.- deberá estar conectado el disparo del octo-triac

Algo muy importante es que el modulo deberá estar alimentado a una fuente de 12 Voltios de CC.

Para la adquisición de datos de voltaje se la realizara con el modulo NI 9205

3.3.2. Control de torque de motor mediante variable de peso.

Para realizar el control de cruce por cero el modulo NI 9219 debe estar configurado de la siguiente manera:

Channel 0.- en modo voltaje con un rango de 0 – 15 Voltios.

Channel 2.- en modo voltaje con un rango de 0 -15 voltios.

Channel 3.- en modo de puente completo.

La conexión de los cables se deberá realizar siguiendo los instructivos del manual del modulo

Para configurar el control del de disparo del Triac deberá el modulo NI 9472 debera estar configurado en modo none para obtener pulsos.

Channel 1.- deberá estar conectado el dispara del octo-triac

Algo muy importante es que el modulo deberá estar alimentado a una fuente de 12 Voltios de CC.

3.3.3. Diseño de la placa para acondicionamiento de señales.

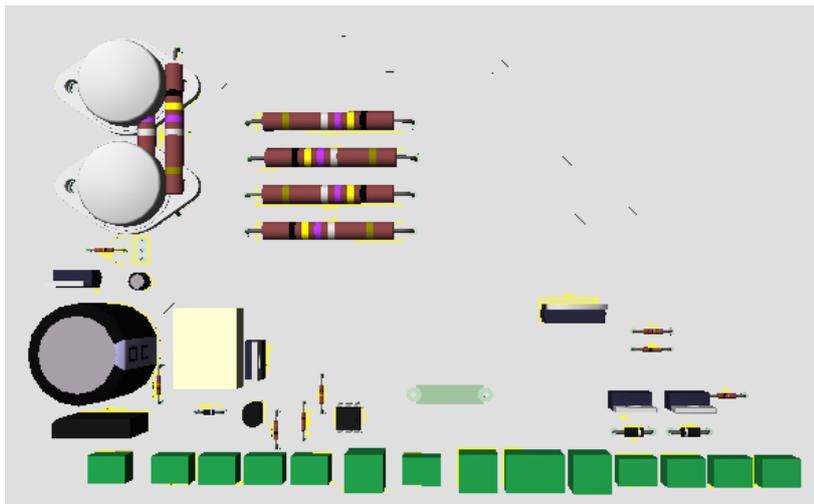


Fig. 3-33: Diagrama de acondicionamiento de señales.

3.3.4. Circuito detallado de la tarjeta electrónica.

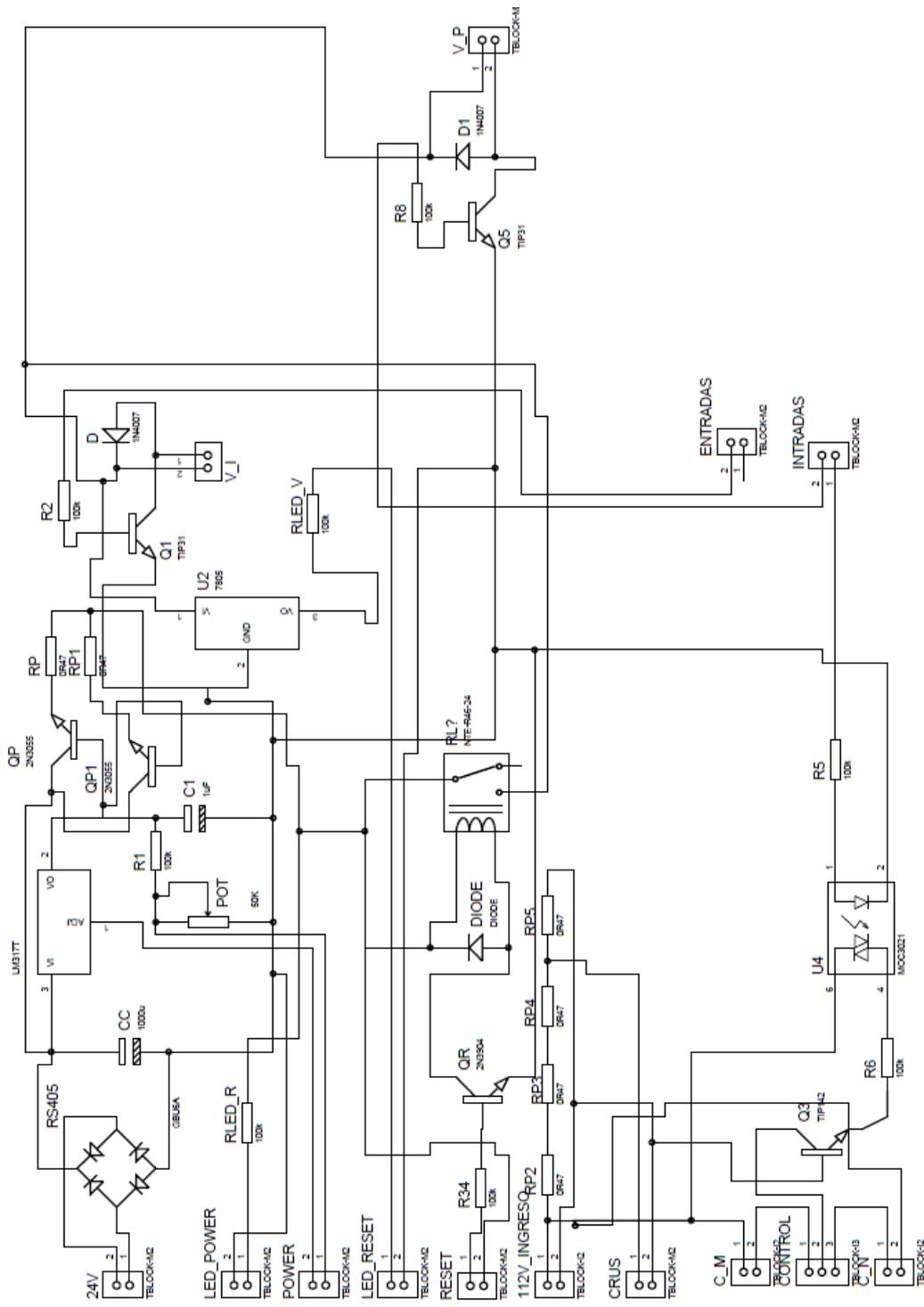


Fig. 3-34: Circuito de la tarjeta electrónica

3.4. Mantenimiento y seguridad de los equipos

El compactRio es un equipo robusto que no necesita de mucho mantenimiento debido a que esta diseñado para trabajar en condiciones ambientales extremas.

Pero como todo equipo debe someterse a mantenimiento para prolongar su vida útil este debe tener los siguientes tipos de mantenimiento.

Mantenimiento de USO.- Este lo realiza el estudiante para mantener el equipo limpio y en buenas condiciones las borneras, tornillos de ajustes y entradas de red. Además de quitar los módulos para ver en qué condiciones se encuentran y limpiar el chasis.

CAPITULO IV

4. MANUAL Y GUÍA DE PRÁCTICA.

4.1. Elaboración de guía de prácticas.

Para realizar las prácticas de Sistemas SCADA con el equipo CompactRio el estudiante debe estar consiente que este equipo a pesar de ser robusto y estar diseñado para trabajar en condiciones extremas no está libre de tener problemas eléctricos.

4.1.1. Practica 1. “PID de temperatura”

Tema: Control PID de temperatura.

Objetivos Generales.-

✚ Controlar la temperatura de un horno mediante LabView para mantenerla estable sin que sea afectada por condiciones y factores externos.

Objetivos Específicos.-

✚ Ejecutar y encontrar las constantes de PID requeridas para mantener estable el sistema.

✚ Generar un reporte del comportamiento del sistema.

Marco teórico.

Un PID (Proporcional Integral Derivativo) es un mecanismo de control por realimentación.

Un controlador PID corrige el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener calculándolo y luego sacando una acción correctora que puede ajustar al proceso acorde. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional determina la reacción del error actual. El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto nos asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero. El Derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de control o la energía suministrada a un calentador.

La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador llega al "set point", y el grado de oscilación del sistema. Nótese que el uso del PID para control no garantiza control óptimo del sistema o la estabilidad del mismo. Algunas aplicaciones pueden solo requerir de uno o dos modos de los que provee este sistema de control. Un

controlador PID puede ser llamado también PI, PD, P o I en la ausencia de las acciones de control respectivas. Los controladores PI son particularmente comunes, ya que la acción derivativa es muy sensible al ruido, y la ausencia del proceso integral puede evitar que se alcance al valor deseado debido a la acción de control.

Funcionamiento.

Para el correcto funcionamiento de un controlador PID que regule un proceso o sistema se necesita, al menos:

1. Un sensor, que determine el estado del sistema (termómetro, caudalímetro, manómetro, etc).
2. Un controlador, que genere la señal que gobierna al actuador.
3. Un actuador, que modifique al sistema de manera controlada (resistencia eléctrica, motor, válvula, bomba, etc).

El sensor proporciona una señal analógica o digital al controlador, la cual representa el punto actual en el que se encuentra el proceso o sistema. La señal puede representar ese valor en tensión eléctrica, intensidad de corriente eléctrica o frecuencia. En este último caso la señal es de corriente alterna, a diferencia de los dos anteriores, que son con corriente continua.

El controlador lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de consigna (o punto de referencia), la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor. Para hacer posible esta compatibilidad y que, a su vez, la señal pueda ser entendida por un humano, habrá que establecer algún tipo de interfaz (HMI- Human Machine Interface), son pantallas de gran valor visual y fácil manejo que se usan para hacer más intuitivo el control de un proceso.

El controlador resta la señal de punto actual a la señal de punto de consigna, obteniendo así la señal de error, que determina en cada instante la diferencia que hay entre el valor deseado (consigna) y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada uno de los 3 componentes del controlador PID. Las 3 señales sumadas, componen la señal de salida que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador. La señal resultante de la suma de estas tres se llama variable manipulada y no se aplica directamente sobre el actuador, si no que debe ser transformada para ser compatible con el actuador que usemos.

Las tres componentes de un controlador PID son: parte Proporcional, acción Integral y acción Derivativa. El peso de la influencia que cada una de estas partes tiene en la suma final, viene dado por la constante proporcional, el tiempo integral y el tiempo derivativo, respectivamente. Se pretenderá lograr que el bucle de control corrija eficazmente y en el mínimo tiempo posible los efectos de las perturbaciones.

Ajuste de parámetros del PID

El objetivo de los ajustes de los parámetros PID es lograr que el bucle de control corrija eficazmente y en el mínimo tiempo los efectos de las perturbaciones; se tiene que lograr la mínima integral de error. Si los parámetros del controlador PID (la ganancia del proporcional, integral y derivativo) se eligen incorrectamente, el proceso a controlar puede ser inestable, por ejemplo, que la salida de este varíe, con o sin oscilación, y está limitada solo por saturación o rotura mecánica. Ajustar un lazo de control significa ajustar los parámetros del sistema de control a los valores óptimos para la respuesta del sistema de control deseada. El comportamiento óptimo ante un cambio del proceso o cambio del "setpoint" varía dependiendo de la aplicación. Generalmente, se requiere estabilidad ante la respuesta dada por el controlador, y este no debe oscilar ante ninguna combinación de las condiciones del proceso y cambio de "setpoints". Algunos procesos tienen un grado de no-linealidad y algunos parámetros que funcionan bien en condiciones de carga máxima no funcionan cuando el proceso está en estado de "sin carga". Hay varios métodos para ajustar un lazo de PID. El método más efectivo generalmente requiere del desarrollo de alguna forma del modelo del proceso, luego elegir P, I y D basándose en los parámetros del modelo dinámico. Los métodos de ajuste manual pueden ser muy ineficientes. La elección de un método dependerá de si el lazo puede ser "desconectado" para ajustarlo, y del tiempo de respuesta del sistema. Si el sistema puede desconectarse, el mejor método de ajuste a menudo es el de ajustar la entrada, midiendo la salida en función del tiempo, y usando esta respuesta para determinar los parámetros de control. Ahora describimos como realizar un ajuste manual.

Ajuste manual.

Si el sistema debe mantenerse online, un método de ajuste consiste en establecer primero los valores de I y D a cero. A continuación, incremente P hasta que la salida del lazo oscile. Luego establezca P a aproximadamente la mitad del valor configurado previamente. Después incremente I hasta que el proceso se ajuste en el tiempo

requerido (aunque subir mucho I puede causar inestabilidad). Finalmente, incremente D, si se necesita, hasta que el lazo sea lo suficientemente rápido para alcanzar su referencia tras una variación brusca de la carga.

Un lazo de PID muy rápido alcanza su setpoint de manera veloz. Algunos sistemas no son capaces de aceptar este disparo brusco; en estos casos se requiere de otro lazo con un P menor a la mitad del P del sistema de control anterior.

Materiales y Herramientas

materiales	herramientas y equipos
Cable de red directo	Pinzas
Cable de teléfono (3 metros)	CompactRio 9074
Extensión eléctrica	Modulo NI 9019, NI 9472
	Router Inalámbrico
	Fuente de poder de 15 Voltios CC
	Termocupla
	Tarjeta electrónica
	Modular de Temperatura

Procedimiento.

- 1) Realizar el montaje del equipo como se detalla en el capítulo 3.3.1 y 3.4
- 2) Energizar el CompactRio.
- 3) Energizar el modulo NI 9074 con CC
- 4) Energizar la tarjeta electrónica según diagrama que se detalla en el capítulo 3.4
- 5) Ejecutar el proyecto LabView con nombre **Tesis Ante-Tayupanda**.
- 6) Dar doble clic en el VI **Panel Frontal**.
- 7) Ejecutar el programa.
- 8) Dar clic en el indicador de PID de temperatura.
- 9) Visualizar la temperatura actual en los indicadores.
- 10) Setear el sistema con una temperatura mas elevada.
- 11) Verificar si el PID es estable, caso contrario realice una corrección en las constantes PID por medio de sintonización de PID como esta descrito en el marco teórico de la práctica.
- 12) Dar clic en el indicador de reporte.
- 13) Dar clic en STOP y regresar al VI de PID de temperatura.
- 14) Dar clic en Stop y regresar al VI del Panel Frontal.
- 15) Dar clic en Stop y cerrar el sistema.
- 16) Desconecte todas las fuentes de alimentación.
- 17) Desconecte los cables y guarde los equipos.

Resultados.

1) ¿Que ocurre con el ventilador cuanto seteo el sistema a una temperatura mas elevada de la que marca el equipo.?

.....
.....
.....
.....

2) ¿Que ocurre cuando las constantes del PID no están bien definidas.?

.....
.....
.....
.....

3) Que ocurre con el ventilador cuando seteo la temperatura a mucho menor de la que marca el equipo.

.....
.....
.....
.....

4) Que ocurre con el ventilador cuando seteo la temperatura un grado por debajo de la que marca el sistema.

.....
.....
.....
.....

5) Como sintonizo las constantes PID.

.....
.....
.....
.....

Conclusiones.

.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....
Recomendaciones.
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4.1.2. Practica 2. Control de torque de motor.

Tema: Control de torque de motor por medio de variables de peso.

Objetivo Generales.-

✚ Controlar el torque de un motor dependiendo la variable de peso mediante un puente de wheasthone.

Objetivos Específicos.-

✚ Identificar los tipos de puentes con que son diseñadas las galgas extensiometricas.

✚ Desarrollar un reporte en el sistema.

Marco Teórico.

El torque es la fuerza que producen los cuerpos en rotación, recordemos que el motor produce fuerza en un eje que se encuentra girando. Para medirlo, los ingenieros utilizan un banco ó freno dinamométrico que no es más que una instilación en la que el motor puede girar a toda su capacidad conectada mediante un eje a un freno o balanza que lo frena en forma gradual y mide la fuerza con que se está frenando.

Se llama Torque máximo a la mayor cantidad de fuerza de giro que puede hacer el motor. Esto sucede a cierto número de revoluciones. Un motor con un torque máximo de 125 Nm @ 2500rpm significa que el motor es capaz de producir una fuerza de giro (Técnicamente conocido como “momento” o “par” torsional) de hasta 125 newton metro cuando está acelerado al máximo y gira a 2500 revoluciones por minuto. Recuerde que el motor esta acelerado al máximo (Técnicamente conocido como WOT

ó wide open throttle) y no gira a las máximas revoluciones ya que se encuentra frenado por el freno dinamométrico.

Mientras mayor sea el torque máximo de un motor, más fuerte este es. Esto es interesante al momento de comparar motores ya que sin importar el tamaño, el tipo, el sistema de encendido ó el de inyección, un motor tendrá más fuerza que otro cuando su torque máximo sea mayor. La tendencia mundial es lograr motores con el torque más alto posible en todas las revoluciones y principalmente al arrancar

Materiales y Herramientas

Materiales	Herramientas Y Equipos
Cable de red directo	Pinzas
Cable de teléfono (3 metros)	CompactRio 9074
Extensión eléctrica	Modulo Ni 9019, NI 9472
	Router Inalámbrico
	Fuente de poder de 15 Voltios CC
	Galga extenciometrica
	Tarjeta electrónica
	Modular de motor

Procedimiento.

- 1) Realizar el montaje del equipo como se detalla en el capítulo 3.3.2 y 3.4
- 2) Energizar el CompactRio.
- 3) Energizar el modulo NI 9074 con CC
- 4) Energizar la tarjeta electrónica según diagrama que se detalla en el capítulo 3.4
- 5) Ejecutar el proyecto LabView con nombre **Tesis Ante-Tayupanda**.
- 6) Dar doble clic en el VI **panel frontal**.
- 7) Ejecutar el programa.
- 8) Dar clic en el indicador de **control de motor**.
- 9) Visualizar el peso en la galga.
- 10) Visualizar el porcentaje de la velocidad del motor.
- 11) Aumentar el peso en la galga progresivamente.
- 12) Dismunir el peso de la galga progresivamente
- 13) Identificar el comportamiento del motor de acuerdo al peso aplicado en la galga.
- 14) Dar clic en el indicador de reporte.
- 15) Dar clic en STOP y regresar al VI de **control de motor**.
- 16) Dar Clic en Stop y regresar al VI del Panel Frontal.
- 17) Dar Clic en Stop y cerrar el sistema.
- 18) Desconecte todas las fuentes de alimentación.

19) Desconecte los cables y guarde los equipos.

Resultados.

1) ¿Qué ocurre con el motor cuando aumenta el peso en la galga?

.....
.....
.....

2) ¿Qué ocurre con el motor cuando disminuye el peso en la galga?

.....
.....
.....

3) ¿Cómo identifico una galga de puente completo, medio puente, cuarto de puente?

.....
.....
.....

4) ¿Cuáles son las maneras de controlar el torque de un motor?

.....
.....
.....

5) ¿Cómo se realiza el disparo de un triac para recortar una onda?

.....
.....
.....

Conclusiones.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Recomendaciones.

.....
.....

.....

.....

.....

.....

.....

4.1.3. Practica 3. Comunicación vía wireless

Tema: Conexión via wireless del compactRio.

Objetivo Generales.-

- ✚ Monitorear variables de los programas ejecutados via wireless de diferentes computadoras.

Objetivos Específicos.-

- ✚ Identificar las variables que vamos a monitorear.
- ✚ Desarrollar un programa desde una estación remota para monitorear el CompactRio.
- ✚ Realizar reportes desde una estación remota.

Marco teórico.

Ethernet es un estándar de redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD ("Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones"), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones. El nombre viene del concepto físico de ether. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

Ethernet es una solución común para conectar ordenadores a Internet y para compartir datos entre ordenadores. Usted puede utilizar Ethernet para conectarse a docenas de computadoras en una oficina, o simplemente para conectar el módem por cable en su casa a su ordenador

Materiales y Herramientas

Materiales	Herramientas Y Equipos
Cable de red directo	Pinzas
Cable de teléfono (3 metros)	CompactRio 9074
Extensión eléctrica	Modulo Ni 9019, NI 9472, Ni 9005
	Router Inalámbrico

	Fuente de poder de 15 Voltios CC
	Termocupla.
	Tarjeta electrónica
	Modular de temperatura.

Procedimiento.

- 1) Realizar el montaje del equipo como se detalla en el capítulo 3.3.1 y 3.4
- 2) Energizar el CompactRio.
- 3) Energizar el modulo NI 9074 con CC.
- 4) Energizar la tarjeta electrónica según diagrama que se detalla en el capítulo 3.4
- 5) Ejecutar el proyecto LabView con nombre **Tesis Ante-Tayupanda**.
- 6) Dar doble clip en el VI **panel frontal**.
- 7) Ejecutar el programa.
- 8) Realizar las conexiones según los parámetros del capítulo 3.2.4
- 9) Cargar los proyectos de red en las computadoras que van a realizar el monitoreo.
- 10) Ejecutar el programa primero en la estación central y luego en las de monitoreo.
- 11) **Estación de control maestro.**
- 12) Dar clip en el indicador de PID de temperatura.
- 13) Visualizar la temperatura actual en los indicadores.
- 14) Setear el sistema con una temperatura mas elevada.
- 15) Verificar si el PID es estable, caso contrario realice una corrección en las constantes PID por medio de sintonización de PID como esta descrito en el marco teórico de la práctica.
- 16) Dar clic en el indicador de reporte.
- 17) Dar clic en STOP y regresar al VI de PID de temperatura.
- 18) Dar clic en Stop y regresar al VI del Panel Frontal.
- 19) Dar clic en Stop y cerrar el sistema.
- 20) Desconecte todas las fuentes de alimentación.
- 21) Desconecte los cables y guarde los equipos.
- 22) **Estaciones de monitoreo**
- 23) Verificar el seteo de las variables si coinciden.
- 24) Verificar las temperaturas.
- 25) Comprobar si el tiempo de respuesta la estación de Control Maestro es igual a las de monitoreo.
- 26) Ejecutar los reportes.
- 27) Dar clic en stop y regresar al VI de PID de temperatura.

- 28) Dar clic en stop y regresar al VI del Panel Frontal.
- 29) Dar clic en stop y cerrar el sistema.
- 30) Desconecte todas las fuentes de alimentación.
- 31) Desconecte los cables y guarde los equipos.

Resultados.

1) Los tiempos de respuestas de la estación de control maestro es igual a las estaciones de monitoreo.

.....
.....
.....

2) ¿Qué es una red Ethernet?

.....
.....
.....

3) ¿Por qué los VI de las estaciones de monitoreo son hechos en la PC y no en el cRio?

.....
.....
.....

¿Qué es una variable en red?

.....
.....
.....
.....

Conclusiones.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Recomendaciones.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

El programa SCADA que hemos realizado nos permite supervisar, controlar, adquirir datos en un tiempo real debido a que el equipo denominado compactRio puede trabajar en modo Scan y en modo FPGA, al trabajar en modo FPGA el chasis y su chip FPGA se interconecta automáticamente sus compuertas lógicas programables para obtener una mayor velocidad, en cambio la velocidad del modo Scan se ve limitada al tamaño de la programación.

Los módulos de la serie NI Rio se ven limitados a su velocidad de fabricación por lo cual hay que tener criterio técnico para el proceso que queramos supervisar o controlar.

El software LabVIEW es un lenguaje de programación muy sencillo y cada vez más amigable con el usuario debido a su entorno gráfico con el cual contamos de una serie de herramientas y módulos que nos facilita y simplifica la programación como es el caso del análisis y simulación de las señales, controles PID y Fuzzy entre otros y lo más importante la capacidad de adquirir fácilmente las señales mediante hardware adicional.

El equipo CompactRio tiene la característica de poseer un chasis robusto el cual soporta condiciones extremas ambientales como lo son la temperatura, polvo entre otras además puede soportar caídas de instalaciones, explosiones sin dejar de transmitir datos. Los módulos de la serie NI son diseñados para que trabajen a una alta velocidad de adquisición además estos vienen con todo el acondicionamiento de las señales para que puedan ser procesadas con mayor facilidad.

El módulo NI 9219 de tensión y puente están diseñados para trabajar a una velocidad máxima de 10ms y además de poder ser configurados en varios modos como es el caso de que acondicionen la señal de galgas tipo puente y compensen las señales de temperatura de los termopares entre otras funciones.

El control PID nos permite obtener una variable de proceso constante retroalimentándose de los errores provocados por el entorno y el comportamiento normal del fenómeno físico medido.

El modulo NI 9219 esta diseñado para acondicionar medidas de puentes de wheasthone lo que nos facilita la adquisición de datos, acondiciona la medida de los termopares compensando la junta fría, también nos permite adquirir datos medidas de RTDs, voltajes y corrientes ya acondicionadas para que puedan ser leídas por el chasis.

5.2. Recomendaciones.

Se recomienda a los estudiantes revisar los manuales del fabricante antes de la utilización de los equipos de la serie Crio para poder configurar los parámetros de funcionamiento de cada uno de estos.

Se recomienda que los estudiantes aprendan los conceptos básicos de PID su funcionamiento y modos de sintonización.

El estudiante debe aprender el entorno de programación de LabVIEW y todos sus módulos de aplicaciones para poder realizar una programación más compleja y precisa.

Se sugiere adquirir los módulos de la serie NI para poder realizar tesis con diferentes tipos de señales y funciones.

Es importante tener conocimiento acerca de la programación FPGA debido a que los diferentes chasis de la serie cRio tienen una mayor velocidad y su programación es en modo FPGA.

Es importante y recomendado para el desarrollo industrial del país que la facultad divulgue la tecnología embebida sus facilidades de programación, acondicionamiento de señales, control, adquisición de datos y sus posibles aplicaciones en el campo de la automatización industrial.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- [1] <http://es.wikipedia.org/wiki/Termopar> (28/03/2010)
- [2] http://es.wikipedia.org/wiki/Puente_de_Wheatstone (28/03/2010)
- [3] http://es.wikipedia.org/wiki/Galga_extensiom%C3%A9trica (29/03/2010)
- [4] http://fisica.udea.edu.co/~labgicm/2009_electronica/2009_Galgas_extensiometricas.pdf (29/07/2010)
- [5] http://es.wikipedia.org/wiki/Galga_extensiom%C3%A9trica (29/03/2010)
- [6] <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/7372> (29/03/2010)
- [7] <http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf> (27/03/2010)
- [8] <http://es.wikipedia.org/wiki/SCADA> (28/03/2010)
- [9] <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>
- [10] <http://www.mastermagazine.info/termino/6694.php>
- [11] http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_embebido
- [12] http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_operativo_de_tiempo_real
- [13] www.monografias.com/trabajos37/sistemas-tiempo-real/sistemas-tiempo-real.shtml
- [14] <http://www.ni.com/dataacquisition/esa/whatis.htm> (28/03/2010)
- [15] http://es.wikipedia.org/wiki/Adquisici%C3%B3n_de_datos (29/03/2010)
- [16] <http://www.ni.com/dataacquisition/esa/whatis.htm> (28/03/2010)
- [17] http://www.sapiensman.com/control_automatico/

BIBLIOGRAFÍA.

HARO, Marco. Introducción a la Instrumentación. Ecuador: ESPOCH, 2000 (doc.)

KATSUHIKO, Ogata. Ingeniería de Control Moderna. Madrid: Pearson Educación, S.A. 2003

CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial. México: Alfaomega, 1998

RODRIGUEZ, Aquilino. Sistemas SCADA. Mexico: Marcombo, 2007

LAJARA, José. LabVIEW Entorno Gráfico de Programación. Mexico: Alfaomega, 2007

LINKOGRAFÍA.

TERMOPARES.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Termopar>

28/03/2010

PUENTES DE WHEATSTONE.

http://es.wikipedia.org/wiki/Puente_de_Wheatstone

28/03/2010

GALGAS EXTENSIOMETRICAS.

http://es.wikipedia.org/wiki/Galga_extensiom%C3%A9trica

29/03/2010

http://fisica.udea.edu.co/~labgicm/2009_electronica/2009_Galgas_extensiometricas.pdf

29/07/2010

http://es.wikipedia.org/wiki/Galga_extensiom%C3%A9trica

29/03/2010

CONTROL PID

<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/7372>

29/03/2010

SISTEMAS ESCADA

<http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf>

27/03/2010

<http://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>

28/03/2010

LABVIEW

<http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>

28/03/2010

<http://www.mastermagazine.info/termino/6694.php>

28/03/2010

SISTEMAS EMBEBIDOS

http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_embebido

30/03/2010

SISTEMAS OPERATIVOS DE TIEMPO REAL

http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_operativo_de_tiempo_real

30/03/2010

www.monografias.com/trabajos37/sistemas-tiempo-real/sistemas-tiempo-real.shtml

07/04/2010

ADQUISICION DE DATOS.

<http://www.ni.com/dataacquisition/esa/whatis.htm>

07/04/2010

http://es.wikipedia.org/wiki/Adquisici%C3%B3n_de_datos

10/04/2010

<http://www.ni.com/dataacquisition/esa/whatis.htm>

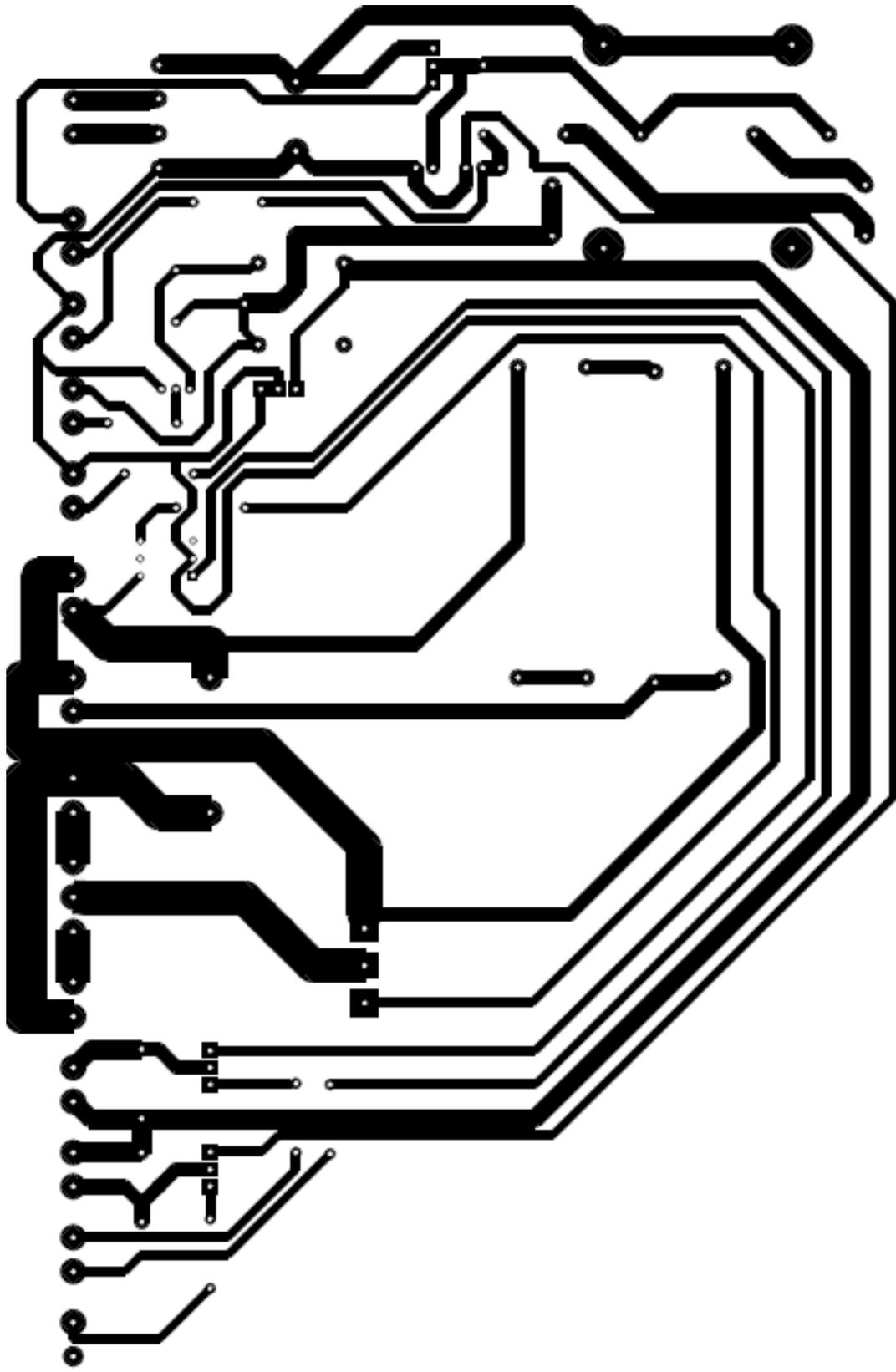
09/04/2010

CONTROL Y MONITOREO DE DATOS

http://www.sapiensman.com/control_automatico/

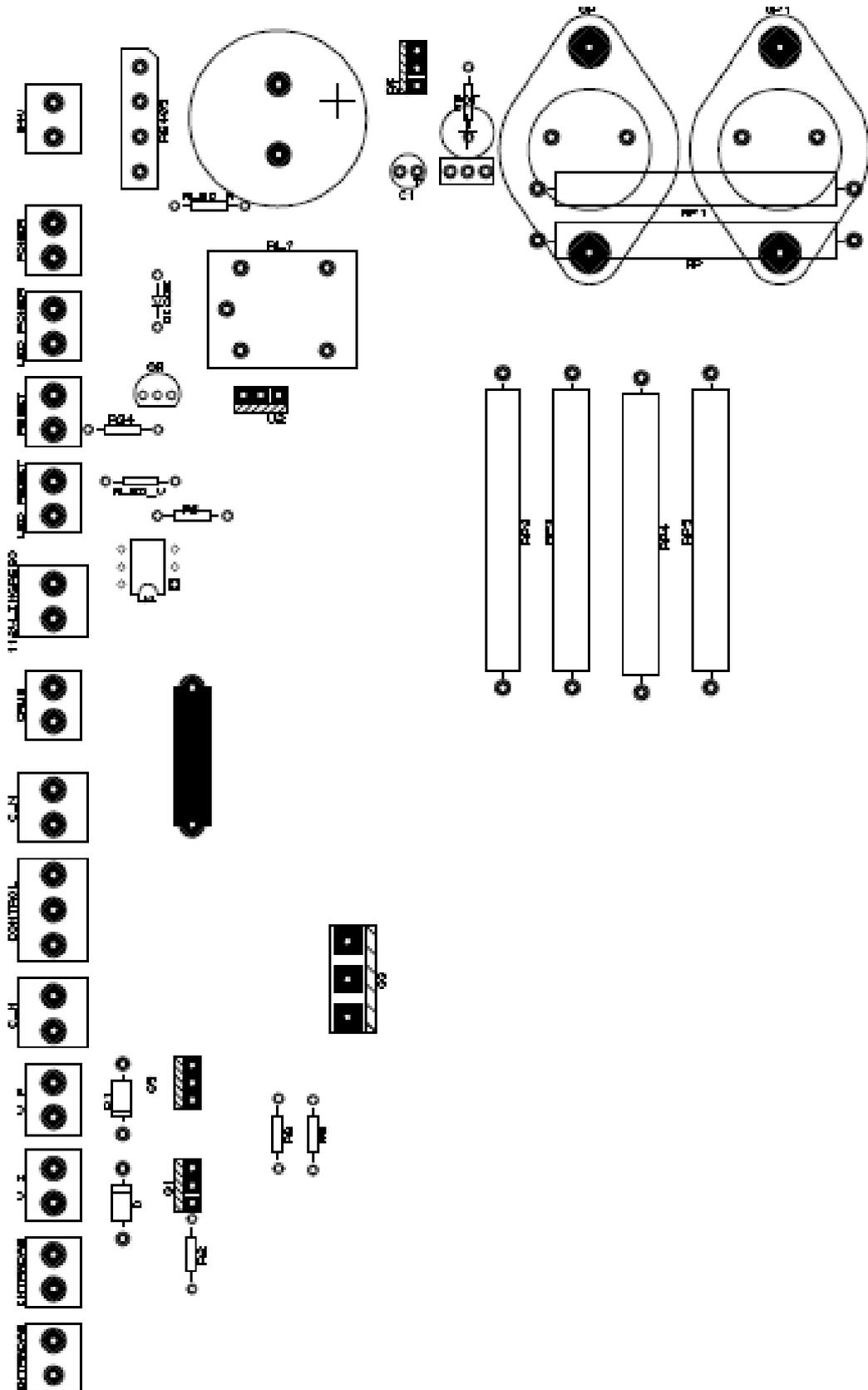
07/04/2010

ANEXO 1
PISTA DE LA TARJETA ELECTRONICA.



ANEXO 2

DIAGRAMA DE LA TARJETA ELECTRÓNICA.



ANEXO 3

2N 3055

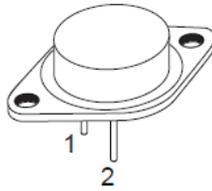
- ❖ STMicroelectronics PREFERRED SALESTYPES
- ❖ COMPLEMENTARY NPN-PNP DEVICES

DESCRIPTION

The 2N3055 is a silicon Epitaxial-Base Planar NPN transistor mounted in Jedec TO-3 metal case.

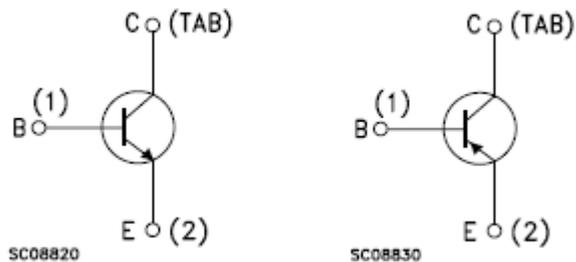
It is intended for power switching circuits, series and shunt regulators, output stages and high fidelity amplifiers.

The complementary PNP type is MJ2955.



TO-3

INTERNAL SCHEMATIC DIAGRAM



ANEXO 3

MOC 3020

MOTOROLA SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by MOC3020D



6-Pin DIP Random-Phase Optoisolators Triac Driver Output (400 Volts Peak)

The MOC3020 Series consists of gallium arsenide infrared emitting diodes, optically coupled to a silicon bilateral switch.

- To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option. They are designed for applications requiring isolated triac triggering.

Recommended for 116/240 V_{ac}(rms) Applications:

- Solenoid/Valve Controls
- Lamp Ballasts
- Interfacing Microprocessors to 115 Vac Peripherals
- Motor Controls
- Static ac Power Switch
- Solid State Relays
- Incandescent Lamp Dimmers

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
INFRARED EMITTING DIODE			
Reverse Voltage	V _R	3	Volts
Forward Current—Continuous	I _F	50	mA
Total Power Dissipation (@ T _A = 25°C Negligible Power in Triac Driver Derate above 25°C	P _D	100 1.33	mW mW/°C
OUTPUT DRIVER			
Off-State Output Terminal Voltage	V _{DRM}	400	Volts
Peak Repetitive Surge Current (PW = 1 ms, 120 pps)	I _{TSM}	1	A
Total Power Dissipation (@ T _A = 25°C Derate above 25°C	P _D	300 4	mW mW/°C
TOTAL DEVICE			
Isolation Surge Voltage ⁽¹⁾ (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration)	V _{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Power Dissipation (@ T _A = 25°C Derate above 25°C	P _D	330 4.4	mW mW/°C
Junction Temperature Range	T _J	-40 to +100	°C
Ambient Operating Temperature Range ⁽²⁾	T _A	-40 to +85	°C
Storage Temperature Range ⁽²⁾	T _{stg}	-40 to +150	°C
Soldering Temperature (10 s)	T _L	260	°C

- Isolation surge voltage, V_{ISO}, is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
- Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.
Global Optoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

REV 1

© Motorola, Inc. 1995

MOC3021
(IFT = 15 mA Max)
MOC3022
(IFT = 10 mA Max)
MOC3023*
(IFT = 5 mA Max)

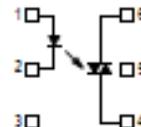
*Motorola Preferred Device

STYLE 8 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE
CASE 730A-04

SCHEMATIC



- ANODE
- CATHODE
- NC
- MAIN TERMINAL
- SUBSTRATE
DO NOT CONNECT
- MAIN TERMINAL



ANEXO 4

TIC 142

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by TIP140/D

Darlington Complementary Silicon Power Transistors

... designed for general-purpose amplifier and low frequency switching applications.

- High DC Current Gain — Min $h_{FE} = 1000$ @ $I_C = 5\text{ A}$, $V_{CE} = 4\text{ V}$
- Collector-Emitter Sustaining Voltage — @ 30 mA
 $V_{CE(sus)} = 60\text{ Vdc (Min)}$ — TIP140, TIP145
 80 Vdc (Min) — TIP141, TIP146
 100 Vdc (Min) — TIP142, TIP147
- Monolithic Construction with Built-in Base-Emitter Shunt Resistor

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	TIP140 TIP145	TIP141 TIP146	TIP142 TIP147	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE}	60	80	100	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CB}	60	80	100	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB}	5.0			Vdc
Collector Current — Continuous Peak (1)	I_C	10 15			Adc
Base Current — Continuous	I_B	0.5			Adc
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$	P_D	125			Watts
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +150			$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	1.0	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Case to Ambient	$R_{\theta JA}$	35.7	$^\circ\text{C/W}$

(1) 5 ms, $\leq 10\%$ Duty Cycle.

NPN
TIP140
TIP141*
TIP142*
PNP
TIP145
TIP146*
TIP147*

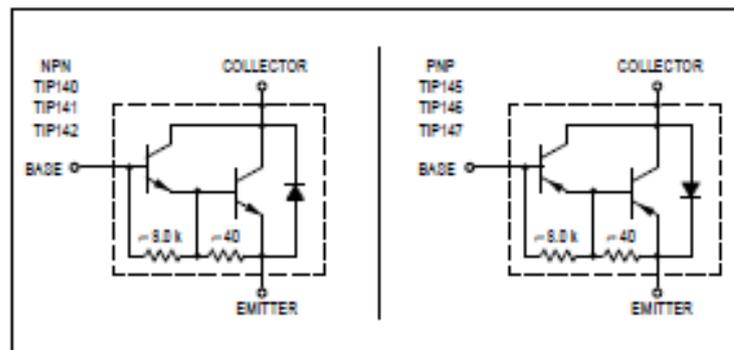
*Motorola Preferred Device

10 AMPERE
DARLINGTON
COMPLEMENTARY SILICON
POWER TRANSISTORS
80-100 VOLTS
125 WATTS



CASE 340D-01

DARLINGTON SCHEMATICS



Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

ANEXO 5

LM 7805



www.fairchildsemi.com

MC78XX/LM78XX/MC78XXA

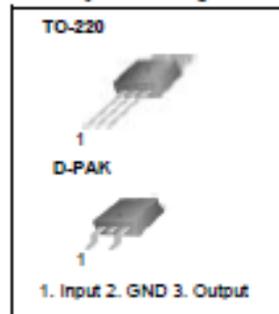
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

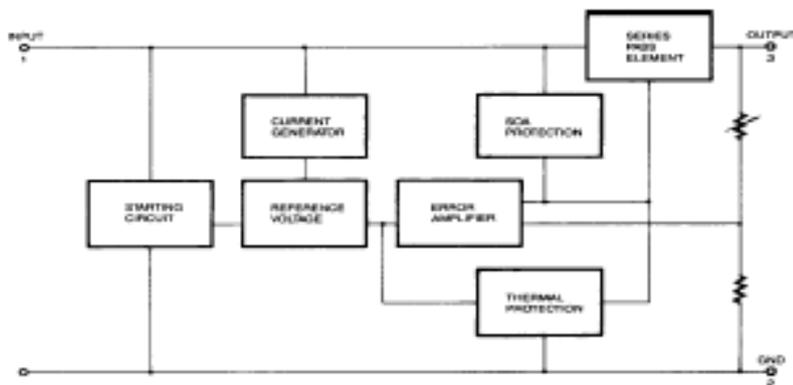
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Description

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



Internal Block Diagram



Rev. 1.0.1

ANEXO 5

LM 317T



LM317 3-Terminal Adjustable Output Positive Voltage Regulators

THREE-TERMINAL ADJUSTABLE OUTPUT POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

The LM317 is adjustable 3-terminal positive voltage regulator capable of supplying in excess of 1.5 A over an output voltage range of 1.2 V to 37 V. This voltage regulator is exceptionally easy to use and require only two

external resistors to set the output voltage. Further, it employs internal current limiting, thermal shutdown and safe area compensation, making it essentially blow-out proof.

FEATURES

- Output Current in Excess of 1.5 Ampere
- Output Adjustable between 1.2 V and 37 V
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short-Circuit Current Limiting Constant with Temperature
- Output Transistor Safe-Area Compensation
- Floating Operation for High Voltage Applications
- Standard 3-lead Transistor Packages
- Eliminates Stocking Many Fixed Voltages

PIN ARRANGEMENT

Z-SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
TO-220

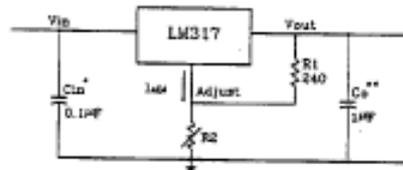


PIN 1-ADJUST
2. V_{out}
3. V_{in}

Heat sink surface
connected to Pin 2

CIRCUIT SCHEMATIC

STANDARD APPLICATION



* = C_{1a} is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.

** = C_2 is not needed for stability, however it does improve transient response.

$$V_{out} = 1.25 V (1 + R_2 / R_1) + I_{adj} R_2$$

Since I_{adj} is controlled to less than 100 μA , the error associated with this term is negligible in most applications

ANEXO 6

BTA 4100B



BTA40 and BTA/BTB41 Series

STANDARD

40A TRIACs

MAIN FEATURES:

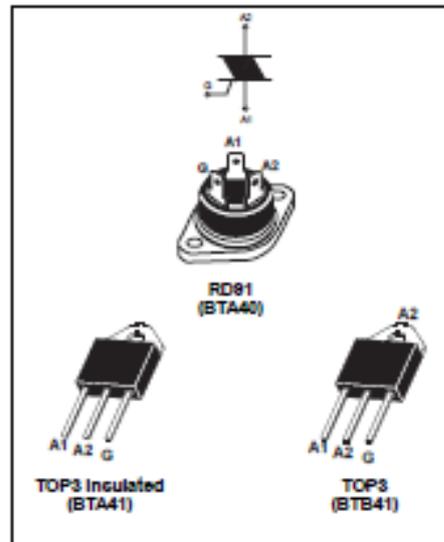
Symbol	Value	Unit
$I_{T(RMS)}$	40	A
V_{DSM}/V_{RRM}	600 and 800	V
$I_{GT} (Q_1)$	50	mA

DESCRIPTION

Available in high power packages, the BTA/BTB40-41 series is suitable for general purpose AC power switching. They can be used as an ON/OFF function in applications such as static relays, heating regulation, water heaters, induction motor starting circuits, welding equipment... or for phase control operation in high power motor speed controllers, soft start circuits...

Thanks to their clip assembly technique, they provide a superior performance in surge current handling capabilities.

By using an internal ceramic pad, the BTA series provides voltage insulated tab (rated at 2500 V RMS) complying with UL standards (File ref.: E81734).



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current (full sine wave)	RD91	A
		TOP3	
		TOP3 Ins.	
I_{TSM}	Non repetitive surge peak on-state current (full cycle, T_J initial = 25°C)	F = 60 Hz	430
		F = 50 Hz	400
\hat{I}_t	\hat{I}_t Value for fusing	$t_p = 10$ ms	880
di/dt	Critical rate of rise of on-state current ($I_G = 2 \times I_{GT}$, $t_r \leq 100$ ns)	F = 120 Hz	50
V_{DSM}/V_{RRM}	Non repetitive surge peak off-state voltage	$T_J = 125^\circ\text{C}$	$V_{DSM}/V_{RRM} + 100$
		$T_J = 25^\circ\text{C}$	
I_{GM}	Peak gate current	$t_p = 20$ μs	8
$P_{G(AV)}$	Average gate power dissipation	$T_J = 125^\circ\text{C}$	1
T_{stg}	Storage junction temperature range		-40 to +150
T_J	Operating junction temperature range		-40 to +125