



INSTITUTO SUPERIOR
MINERO METALÚRGICO DE MOA
Dr. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ

Ingeniería Eléctrica
Facultad de Metalurgia y Electromecánica
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa

Trabajo de Diploma

En opción al título de Ingeniero Eléctrico

Título: Diseño de un sistema de adquisición de datos para la medición de parámetros en motores de corriente alterna con fines docentes

Autor: Julio Antonio Rodriguez Quiala

Tutor: Ing. Eduardo Smith Galano

Moa, 2016

Declaración de Autoridad

Yo Julio Antonio Rodríguez Quiala autor de este trabajo de diploma titulado:

“Diseño de un sistema de adquisición de datos para la medición de parámetros en motores de corriente alterna con fines docentes”, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Nuñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

Firma del Diplomante

Julio Antonio Rodríguez Quiala

Firma del Tutor

Ing. Eduardo Smith Galano

DEDICATORIA

Quisiera dedicarle esta tesis en especial:

- A mis padres y que tanto amor han dedicado a lo largo de toda mi vida.
- A mi novia por todo el apoyo que me ha brindado a lo largo de mi carrera.
- A los amigos que siempre me han apoyado en la vida.
- A mi familia en general y a todas las personas que siempre me han apoyado a lo largo de mi vida.

PENSAMIENTO

“Todo lo que somos es el resultado de lo que hemos pensado; esta fundado en nuestros pensamientos y está hecho de nuestros pensamientos”.

Buda

AGRADECIMENTOS

A mi madre Luz Marina, por haberme dedicado su vida, todo su apoyo y cariño.

A mi padre Julio por estar al pendiente durante mi carrera.

A mi novia Ariagna por estar siempre conmigo, incluso en los peores momentos.

A mi tía y a mis primas Mary, Roxana y Bertha por su amor y ayuda incondicional.

A mis amigos, en especial a Migue y Ramón por brindarme su apoyo y ayuda en todo momento.

A mi tutor, Eduardo Smith Galano, por su ayuda dedicación con este trabajo.

A todos los que de alguna forma han hecho posible la realización de este trabajo.

RESUMEN

El diseño de un Sistema de Adquisición de Datos (SAD) requiere amplios conocimientos de Electrónica, Mediciones Eléctricas y Microcontroladores lo que lo convierte en un medio de aprendizaje adecuado para prácticas de laboratorio, con el fin de aumentar el aprendizaje y la motivación de los estudiantes en estas asignaturas. Se realiza el diseño, simulación y puesta en funcionamiento de un SAD para medir parámetros de tensión y corriente en un motor de corriente alterna, para ello se utilizan softwares de simulación como Proteus 8.1, se establece una comunicación serie entre el SAD y la interfaz gráfica desarrollada en LabVIEW con el fin de monitorear los resultados.

ABSTRACT

A Data Acquisition System's design (SAD) requires ample Electrónica's knowledge, Electric Measurements and Microcontrollers that turns it into a means of learning made suitable for practices of laboratory, with the aim of increasing the learning and the motivation of the students in these subjects of study. The design, simulation and setting in functioning of a SAD to measure tensile parameters and current in a motor of alternating current, for it are accomplished utilize softwares of simulation like Proteus 8.1, themselves USB between the SAD and the graphic interface developed in LabVIEW with the aim of monitoring results establishes a communication itself.

INDICE

INTRODUCCION ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

CAPÍTULO I: MARCO TEORICO INVESTIGATIVO ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

- 1.1 ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 1.2 FUNDAMENTOS DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 1.3 SENSORES Y TRANSDUCTORES..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
 - 1.3.1 Características deseables de los transductores..... ¡Error! Marcador no definido.
- 1.4 ACONDICIONADORES DE SEÑAL ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
 - 1.4.1 Conectándose con un microprocesador ¡Error! Marcador no definido.
 - 1.4.2 Funciones principales de un acondicionador de señal ¡Error! Marcador no definido.
 - 1.4.3 Amplificadores para el acondicionamiento de la señal..... ¡Error! Marcador no definido.
- 1.5 MULTIPLEXORES ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 1.6 CONVERTIDOR ANALÓGICO DIGITAL (A/D) ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
 - 1.6.1 TIPOS DE CONVERTIDORES A/D ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 1.7 MICROPROCESADORES Y MICROCONTROLADORES ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
 - 1.7.1 Características de los Microcontroladores ¡Error! Marcador no definido.
 - 1.7.2 Microcontrolador PIC ¡Error! Marcador no definido.
- 1.8 COMUNICACIÓN CON LA PC ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 1.9 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS EN LA PC..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 1.10 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

CAPÍTULO II: DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN UN MOTOR DE CORRIENTE

ALTERNA..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

- 2.1 TRANSFORMADORES DE MEDICIÓN DE CORRIENTE..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 2.2 DIVISORES DE TENSIÓN ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 2.3 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
 - 2.3.1 ACONDICIONAMIENTO DEL SENSOR DE MEDICIÓN DE TENSIÓN ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
 - 2.3.2 ACONDICIONAMIENTO DEL SENSOR DE MEDICIÓN DE CORRIENTE..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
 - 2.3.3 AMPLIFICADOR OPERACIONAL LM747 ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 2.4 MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA VEB ELBTALWERK ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 2.5 MICROPROCESADOR PIC16F688 ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
 - 2.5.1 CARACTERÍSTICAS Y PERIFÉRICOS DEL PIC ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 2.6 CONVERTIDOR A/D DEL PIC16F688..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
- 2.7 COMUNICACIÓN CON LA PC ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
 - 2.7.1 Dispositivo MAX232 ¡Error! Marcador no definido.

2.8	CIRCUITOS DE OSCILACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.9	ALIMENTACIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.10	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CAPÍTULO III: SIMULACION Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO		¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.1	PROTEUS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.2	PCWH_CCS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3	LabVIEW	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1	<i>Características de LabVIEW</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
3.4	SIMULACIÓN EN PROTEUS 8.3.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.5	COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SAD.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.6	COMPROBACIÓN DEL PIC16F688	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.7	COMPROBACIÓN DEL ACONDICIONAMIENTO DEL SENSOR DE TENSIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.8	COMPROBACIÓN DEL ACONDICIONAMIENTO DEL SENSOR DE CORRIENTE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.9	VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS EN LA PC	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.10	PLAN METODOLÓGICO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.11	VALORACIÓN ECONÓMICA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.12	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CONCLUSIONES GENERALES.....		¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
RECOMENDACIONES.....		¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
BIBLIOGRAFIA		¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ANEXOS		¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

INTRODUCCION

El desarrollo alcanzado con los microcontroladores y la electrónica han producido una automatización a gran escala de diversas esferas de la vida humana. Hoy en día en muchos sistemas de la industria y laboratorios especializados se realizan mediciones, pruebas y automatización de distintos procesos industriales, para esto se necesitan sistemas inteligentes como el Sistema de Adquisición de Datos (SAD) con una calidad y precisión de resultados muy alta en los procesos, en los que es necesario un mínimo margen de error.

El objetivo básico del Sistema de Adquisición de Datos es la integración de los diferentes recursos que lo componen: transductores de diferentes tipos y naturaleza, multiplexores, amplificadores, convertidores Analógico Digital (A/D) y Digital Analógico (D/A), además el uso de microcontroladores como Unidad Central de Procesamiento (CPU) del SAD diseñado. Se utiliza de estos todas sus prestaciones: interrupciones, temporizadores, comunicación serie, así como puertos externos creando con todo ello un sistema encargado de distintas aplicaciones como chequear variables (PH, humedad relativa, temperatura, iluminación, concentración...) para una posterior utilización de la misma, ya sea con fines docentes, científicos, de almacenamiento o control y utilización de la misma.

Desde el punto de vista docente el diseño del Sistema de Adquisición de Datos exige la puesta en práctica por los estudiantes de un conjunto de habilidades necesarias para su futuro desempeño laboral. Un SAD utiliza diversos componentes de gran interés en la carrera, por lo que la elaboración de dichos diseños como ejercicio de laboratorio puede proveer de la práctica a los futuros ingenieros, necesario para el enfrentamiento profesional.

En los últimos años las herramientas de Diseño Asistido por Computadora (CAD) han avanzado significativamente en el diseño y simulación de circuitos electrónicos, apareciendo un sinnúmero de aplicaciones con aportes importantes al sector educacional, y es precisamente en el campo de los SAD, donde han aparecido algunos software como LabWindowsCVI y LabVIEW ambos de *National*

Instruments, los cuales ganan adeptos en el mundo ingenieril y se hacen casi indispensable el tener conocimientos básicos en el trabajo con dichas herramientas.

Situación Problemática

La carrera de ingeniería Eléctrica cuenta con laboratorios de Máquinas Eléctricas donde se realizan mediciones a los motores de corriente alterna con instrumentos puntuales, sin embargo, no existe un medio de medición capaz de almacenar y monitorear estos datos. Al mismo tiempo la asignatura de Microcontroladores a pesar de poseer programas de simulación potentes en esta rama, no cuenta con medios físicos donde se puedan evidenciar estos elementos en la ingeniería Eléctrica.

Problema

¿Es posible incrementar el aprendizaje de los estudiantes en las asignaturas Mediciones, Máquinas Eléctricas y Aplicaciones de Microcontroladores a la Electroenergética a través de un sistema que permita monitorear los parámetros de tensión y corriente en los motores de corriente alterna, de los laboratorios de máquinas eléctricas?

Objetivo general

Diseñar un sistema de adquisición de datos que permita medir los parámetros de tensión y corriente en un motor de corriente alterna con fines docentes.

Objeto de estudio

Los Sistemas de Adquisición de Datos (SAD).

Campo de acción

Mediciones Eléctricas y Aplicaciones de Microcontroladores a la Electroenergética.

Hipótesis

Si se diseña el sistema de adquisición de datos para la medición de parámetros en motores de corriente alterna, es posible incrementar el aprendizaje de los



estudiantes en las asignaturas Mediciones, Máquinas Eléctricas y Aplicaciones de Microcontroladores a la Electroenergética.

Tareas a realizar

- Caracterización de los SAD
- Selección de las variables de tensión y corriente.
- Identificación de los componentes físicos que intervendrán en el SAD.
- Elaboración de la aplicación necesaria para la lectura de los datos en la PC.
- Construcción del SAD.

CAPÍTULO I: MARCO TEORICO INVESTIGATIVO

Hoy en día la realización de actividades de medición, prueba y automatización de distintos procesos y aplicaciones industriales en laboratorios, escuelas e industrias han hecho de los sistemas de adquisición de datos basados en computadoras personales un elemento muy utilizado en el mundo de la automatización y la electrónica. El SAD es considerado en la actualidad como parte importante de los sistemas de medición que interactúan con equipos de cómputo.

1.1 Análisis Bibliográfico

Los sistemas de adquisición de datos son estudiados en cualquier parte del mundo por la inmensa variedad de oportunidades que poseen tanto en la industria como en labores de la vida diaria. Al poder integrar diversos tipos de sensores y realizar varias funciones con un mínimo margen de error, a los mismos se le han dedicado varios trabajos.

Salazar 2010 propone un sistema de adquisición de datos para la medición de parámetros de la calidad del agua en una planta de tratamiento, demostrando la importancia de la automatización de procesos a partir del monitoreo de las distintas variables con un SAD. En 2006 Mendoza presentó un SAD para el monitoreo de magnitudes meteorológicas en los aeropuertos permitiéndole visualizar en tiempo real el comportamiento de la velocidad y dirección del viento, y la temperatura. Pero ninguno de esos trabajos refleja la importancia de implementar sistemas de adquisición de datos en laboratorios para el desarrollo del conocimiento de estudiantes de ingeniería Eléctrica. En 2015 Matos propuso un SAD con el fin de medir temperatura con microcontroladores PIC para un laboratorio virtual, sin embargo, este no refleja su trabajo de forma física en un laboratorio, ni es empleado para medir tensión y corriente a un motor de corriente alterna.

1.2 Fundamentos de un Sistema de Adquisición de Datos

Se entiende por adquisición de datos a la acción de medir variables, convertirlas a formato digital, almacenarlas en un computador y procesarlas en cualquier sentido. Este proceso necesita de una interfaz entre el mundo físico y el computador que se suele denominar como tarjeta de adquisición de datos. Los sistemas de instrumentación se pueden clasificar en dos clases principales: sistemas analógicos y digitales. Los analógicos tratan en forma analógica la información de mediciones, este se puede definir como una función continua, una gráfica de voltaje contra tiempo, o desplazamiento contra presión. Los digitales manejan cantidades digitales que representan la información, una cantidad digital puede consistir en un número de pulsos discretos y discontinuos, cuya relación de tiempo contiene información referente a la magnitud o naturaleza de la cantidad (Hiram, 2007).

Un SAD no es más que un equipo electrónico cuya función es el control o simplemente el registro de una o varias variables de un proceso cualquiera, de forma general puede estar compuesto por los siguientes elementos.

- Sensores
- Amplificadores operacionales
- Amplificadores de instrumentación
- Aisladores
- Multiplexores analógicos
- Multiplexores digitales
- Circuitos Sample and Hold
- Conversores Analógico-digital
- Conversores Digital-analógico
- Microprocesadores
- Contadores
- Filtros
- Comparadores
- Fuentes de potencia

El proceso de adquisición de datos del mundo físico (figura 1.1) conlleva a los siguientes pasos fundamentales:

1. Utilización de un sensor/transductor adecuado para la variable que se desea medir, el cual permite detectar y convertir la variable física en una señal analógica de voltaje o corriente eléctrica.
2. Acondicionamiento de la señal eléctrica: en esta etapa se resuelven problemas relacionados con la señal obtenida, como son el ruido, la amplitud y/o potencia de la señal, la no linealidad de la misma, entre otras.
3. Traducción de la señal eléctrica al lenguaje binario, propio del computador: este proceso se conoce técnicamente como conversión Analógica/Digital.
4. Almacenamiento de los datos que, en forma digital, podrán ser almacenados en la memoria del computador y desplegados luego en la pantalla o en otro periférico del mismo (www.mathworks.com).

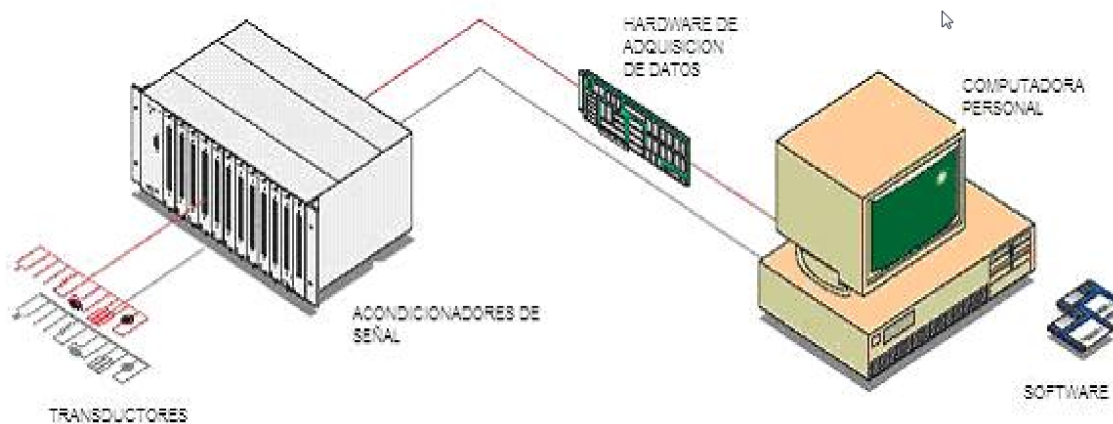


Figura 1.1 Esquema de un SAD

1.3 Sensores y Transductores

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser, por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento y PH.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación, con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la interprete otro dispositivo. Como, por ejemplo, el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.



Figura 1.2 Tipos de sensores

Algunos de los sensores y transductores utilizados con más frecuencia son los calibradores de tensión (utilizados para medir la fuerza y la presión), los termopares (temperaturas) y los velocímetros (velocidad).

Cualquier sensor o transductor necesita estar calibrado para ser útil como dispositivo de medida. La calibración es el procedimiento mediante el cual se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida convertida.

Los transductores y los sensores pueden clasificarse en dos tipos básicos, dependiendo de la forma de la señal convertida, los cuales son:

- Transductores analógicos
- Transductores digitales

Transductores analógicos: proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo, voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.

Transductores digitales: producen una señal de salida digital, en la forma de un conjunto de bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones

que pueden ser contadas. En una u otra forma, las señales digitales representan el valor de la variable medida. Los transductores digitales suelen ofrecer la ventaja de ser más compatibles con las computadoras digitales que los sensores analógicos en la automatización y en el control de procesos.

Los transductores miden fenómenos físicos y producen señales eléctricas que el sistema de adquisición puede medir. Por ejemplo, las termocuplas, los detectores resistivos de temperatura (RTD's), termistores y sensores IC, convierten la temperatura en una señal analógica que el convertidor analógico-digital pueda medir. Otros incluyen las galgas de tensión, transductores de flujo y transductores de presión que miden fuerza, flujo y presión, respectivamente. En cada caso, las señales eléctricas producidas son proporcionales a los parámetros físicos que controlan (National Instruments, 2012).

1.3.1 Características deseables de los transductores

En un sistema de adquisición el transductor es el elemento de entrada con la importante función de transformar algunas cantidades físicas en una señal eléctrica proporcional. La selección del transductor apropiados es, por consiguiente, el primero y tal vez el paso más importante en la obtención de resultados exactos. Los criterios de selección de un sensor responden a las características deseables para su desempeño, esto determina la eficiencia del SAD y la precisión de las mediciones a realizar.

Las principales características son:

Exactitud:

La exactitud de la medición debe ser tan alta como fuese posible. Se entiende por exactitud que el valor verdadero de la variable se pueda detectar sin errores sistemáticos positivos o negativos en la medición. Sobre varias mediciones de la variable, el promedio de error entre el valor real y el valor detectado tenderá a ser cero.

Precisión:

La precisión de la medición debe ser tan alta como fuese posible. La precisión significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable. La dispersión en los valores de una serie de mediciones será mínima.

Rango de funcionamiento:

El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento y debe ser exacto y preciso en todo el rango.

Velocidad de respuesta:

El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.

Calibración:

El sensor debe ser fácil de calibrar. El tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben ser mínimos. Además, el sensor no debe necesitar una recalibración frecuente. El término desviación se aplica con frecuencia para indicar la pérdida gradual de exactitud del sensor que se produce con el tiempo y el uso, lo cual hace necesaria su recalibración.

Fiabilidad:

El sensor debe tener una alta fiabilidad. No debe estar sujeto a fallos frecuentes durante el funcionamiento.

1.4 Acondicionadores de señal

Un acondicionador de señal sirve para amplificar, modificar o seleccionar ciertas partes de una señal. Incluye la circuitería necesaria para el soporte del transductor o sensor. Esta circuitería puede proporcionar la energía de excitación, circuito de equilibrio y elementos de calibración. El objetivo del acondicionador de señal es generar, a partir de lo obtenido por los sensores, una señal que sea aceptable por las tarjetas de adquisición de datos. Las tarjetas de adquisición de datos suelen admitir niveles de tensión que van entre unos márgenes determinados: -10 V a 10V, 0 a 10 V, 0 a 5 V (Hiram, 2007).

La señal de salida del sensor de un sistema de medición en general se debe procesar de una forma adecuada para la siguiente etapa de la operación. La señal puede ser, por ejemplo, demasiado pequeña, y sería necesario amplificarla; podría contener interferencias que eliminar; ser no lineal y requerir su linealización; ser analógica y requerir su digitalización; ser digital y convertirla en analógica; ser un cambio en el valor de la resistencia, y convertirla a un cambio en corriente; consistir en un cambio de voltaje y convertirla en un cambio de corriente de magnitud adecuada. A todas estas modificaciones se les designa en general con el término acondicionamiento de señal. Paralelamente el acondicionamiento de la señal también implica la transformación de la señal entregada por el sensor de forma que siempre la magnitud final sea voltaje, además en el acondicionamiento se puede garantizar el filtrado de valores de ruido no deseadas en la variable medida (National Instruments, 2012).

1.4.1 Conectándose con un microprocesador

Los dispositivos de entrada y de salida están conectados con un sistema de microprocesador mediante puertos. El término interfaz se refiere a un elemento que se usa para interconectar diversos dispositivos y un puerto. Existen así entradas de sensores, interruptores y teclados, y salidas para indicadores y actuadores. La más sencilla de las interfaces podría ser un simple trozo de alambre. En realidad, la interfaz cuenta con acondicionamiento de señal y protección; esta última previene daños en el sistema del microprocesador. Otro ejemplo, cuando es necesario proteger las entradas de voltajes excesivos o de señales de polaridad equívoca.

Los microprocesadores requieren entradas de tipo digital; por ello, cuando un sensor produce una salida analógica, es necesaria una conversión de señal analógica a digital. Sin embargo, muchos sensores solo producen señales muy pequeñas, a veces de unos cuantos milivolts. Este tipo de señal es insuficiente para convertirla de analógica a digital en forma directa, por lo que primero se debe amplificar. En las digitales también es necesario acondicionar la señal para mejorar su calidad. La interfaz requiere, entonces, varios elementos.

1.4.2 Funciones principales de un acondicionador de señal

Las funciones principales que realiza el acondicionador de señal son las siguientes:

- Transformación
- Amplificación
- Conversión por medio de optoacopladores
- Filtrado
- Excitación
- Linealización

Transformación: los sensores pueden proporcionar una diferencia de potencial, o una variable de intensidad. Normalmente las tarjetas de adquisición de datos admiten diferencias de potencial, por lo que, si el sensor proporciona una variación de intensidad, esta debe ser convertida en una diferencia de potencial proporcional.

Amplificación: la señal proporcionada por los sensores suele ser de un valor muy pequeño, por lo que debe ser amplificada con el fin de que pueda ser detectada correctamente por la tarjeta de adquisición de datos. La amplificación debe ser tal que las variaciones de la señal recorran todo el margen de la tarjeta de adquisición de datos. La amplificación de las señales, en su origen, reduce el ruido que les puede afectar en su transmisión hasta el computador.

Conversión por medio de optoacopladores: consiste en la conversión de una señal eléctrica en una señal óptica, de luz. El principal objetivo de esta conversión consiste en aislar los sistemas eléctricos de los sensores de los sistemas eléctricos de la tarjeta de adquisición para que, de esta forma, se evite tener que usar masas comunes, que en algunos casos producen problemas de derivación de corrientes. Conviene que los sensores de calidad realicen esta conversión por medio de optoacopladores.

Filtrado: con el filtrado se pretende eliminar ruidos de alta frecuencia que pueden hacer perder exactitud al sistema de adquisición de datos. Lo ideal es transportar la señal del sensor lo más limpia posible a la tarjeta de adquisición.

Excitación: hay muchos sensores que necesitan de una excitación, bien en corriente, bien en tensión, para producir la variación proporcional a la magnitud a medir.

Linealización: no todos los sensores tienen una variación lineal con respecto a las variaciones de la magnitud que se miden; a veces es necesario realizar unos cálculos para convertir la respuesta del sensor en lineal (www.ni.com).

1.4.3 Amplificadores para el acondicionamiento de la señal

Existen 4 tipos de amplificadores para acondicionamiento de señal, los cuales son:

- Amplificador operacional
- Amplificador de aislamiento
- Amplificador diferencial
- Amplificador de instrumentación

Amplificador operacional

Un amplificador operacional es un circuito electrónico (normalmente se presenta como circuito integrado) que tiene dos entradas y una salida. El primer amplificador operacional data de los años 1960, era el Fairchild UA-709 que más tarde sería sustituido por el popular 741 fabricado por numerosas empresas y basado en tecnología bipolar.

El amplificador operacional se puede considerar como un amplificador universal debido a su gran versatilidad y a la forma simple en que puede reemplazar (funcionalmente) a una gran variedad de configuraciones discretas.

El amplificador sólo responde a la diferencia de tensión entre los dos terminales de entrada, no a su potencial común. Una señal positiva en la entrada inversora V_- , produce una señal negativa a la salida, mientras que la misma señal en la entrada no inversora V_+ produce una señal positiva en la salida. Con una tensión de entrada diferencial (V_d), la tensión de salida (V_o) será $a V_d$, donde a es la ganancia del amplificador. Ambos terminales de entrada del amplificador se utilizarán siempre independientemente de la aplicación. La señal de salida es de

un sólo terminal y está referida a masa, por consiguiente, se utilizan tensiones de alimentación bipolares $\pm V_{CC}$ (Figura 1.3).

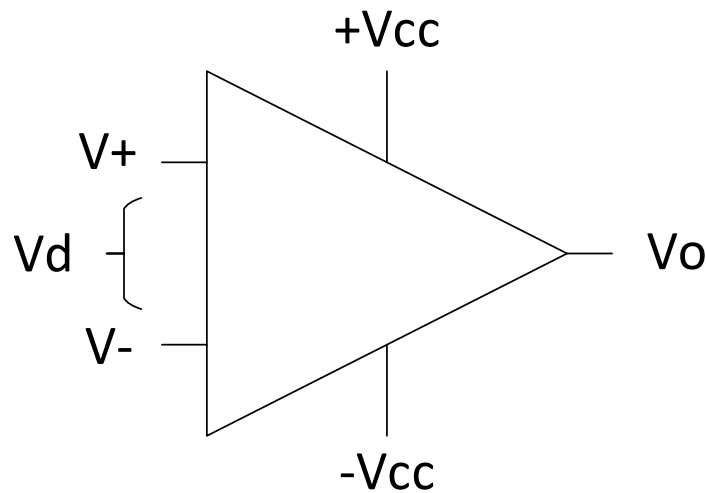


Figura 1.3 Amplificador operacional

Teniendo en cuenta estas funciones de la entrada y salida, se pueden definir las propiedades del amplificador ideal. Son las siguientes:

- La ganancia de tensión es infinita $a = \infty$
- La resistencia de entrada es infinita $R_i = \infty$
- La resistencia de salida es cero $R_o = 0$
- El ancho de banda es infinito $B_w = \infty$
- La tensión offset de entrada es cero $V_o = 0$ si $V_d = 0$

A partir de estas características del amplificador operacional, se puede deducir otras dos importantes propiedades adicionales. Puesto que, la ganancia en tensión es infinita, cualquier señal de salida que se desarrolle será el resultado de una señal de entrada infinitesimalmente pequeña.

En resumen:

- La tensión de entrada diferencial es nula.
- Si la resistencia de entrada es infinita, no existe flujo de corriente en ninguno de los terminales de entrada.

Los amplificadores operacionales se pueden conectar según dos circuitos amplificadores básicos: las configuraciones (1) inversora y (2) no inversora. Casi

todos los demás circuitos con amplificadores operacionales están basados, de alguna forma, en estas dos configuraciones básicas. Además, existen variaciones estrechamente relacionadas de estos dos circuitos, más otro circuito básico que es una combinación de los dos primeros: el amplificador diferencial.

Amplificador de Aislamiento

Los amplificadores de aislamiento son amplificadores en los que las etapas de entrada, de salida y de alimentación están eléctricamente aisladas. Esto supone que, entre las entradas, salidas y alimentaciones, se pueden mantener diferencias de tensiones muy elevadas (cientos o millares de voltios).

Con los amplificadores de aislamiento se resuelven tres problemas:

- Se asegura el aislamiento eléctrico entre diferentes equipos. Entre ellos solo fluye la señal. Esto es a veces requerido por normas de seguridad.
- Permite operar con niveles en modo común muy elevados.
- Aísla físicamente los diferentes equipos, y con ello se eliminan interferencias, conductivas y magnéticas.

Amplificador Diferencial

El amplificador diferencial puede medir y también amplificar pequeñas señales que quedan enterradas en señales mucho más intensas.

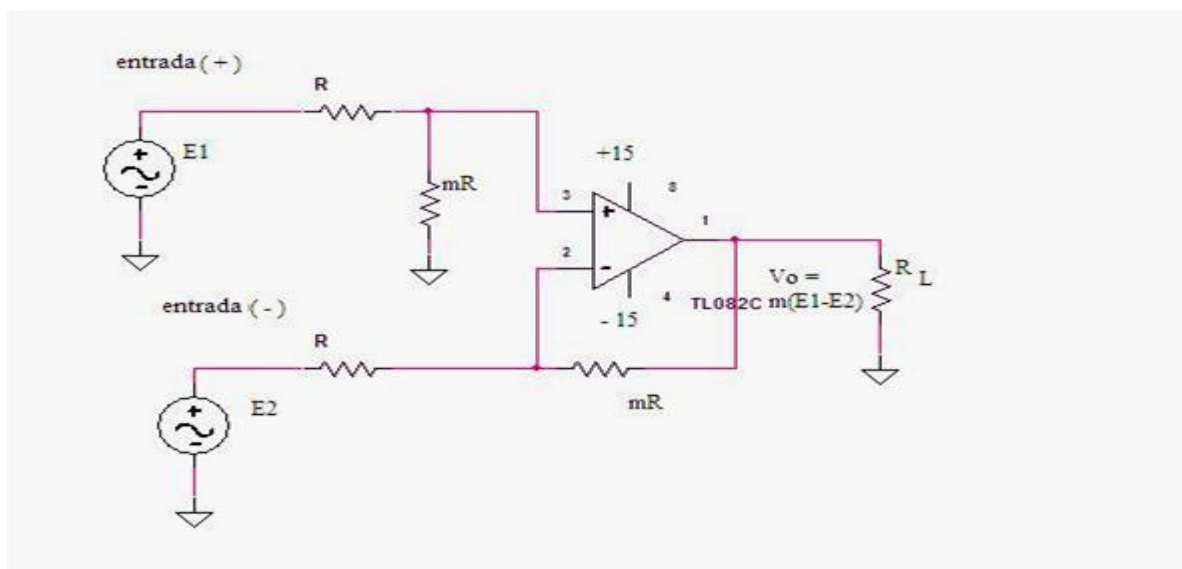


Figura 1.4 Amplificador diferencial básico.

El amplificador diferencial básico está construido básicamente de cuatro resistores de precisión (1%) y un amplificador diferencial básico como se muestra en la figura 1.4. Hay dos terminales de entrada, denominados como entrada (-), y entrada (+), correspondientes a la terminal más cercana del amplificador inversor con una ganancia de $-m$. por lo tanto, el voltaje de salida debido a E_2 es $-mE_2$. Ahora póngase E_2 en corto circuito. E_1 se divide entre R y mR para aplicar un voltaje de $E_1m / (1+m)$ a la entrada positiva del amplificador operacional. Este voltaje dividido, E_1 es el dividido, $E_1 m / (1+m)$, veces la ganancia del amplificador no inversor, $(1+m)$, lo cual rinde E_1m . Por E_1 esta amplificado en la salida por un multiplicador m a E_1m . Cuando tanto E_1 como E_2 están presentes en las entradas (+) y (-), respectivamente, V_o es $E_1m - E_2m$, o:

$$V_o = E_1m - E_2m = m(E_1 - E_2) \quad (1.1)$$

En la ecuación 1.1 se muestra que el voltaje de salida del amplificador diferencial V_o es proporcional a la diferencia en voltaje aplicado a las entradas (+) y (-). El multiplicador m se denomina ganancia diferencial y se establece por las razones de resistores.

En la Figura 1.4 la ganancia diferencial se encuentra mediante

$$m = mR / R \quad (1.2)$$

Amplificador de Instrumentación

El método más utilizado para combatir el ruido es incrementar la intensidad de las señales antes de su transmisión a través de los alambres. Esto se realiza frecuentemente con un amplificador llamado de instrumentación, un amplificador operacional o tan solo con transistores. A continuación, describimos características de un amplificador de instrumentación con respecto de los amplificadores operacionales.

Los amplificadores de instrumentación tienen ganancia finita. Un amplificador operacional tiene una ganancia muy grande, la cual es infinita en el caso ideal. El amplificador operacional se suele utilizar con realimentación externa para proporcionar una ganancia finita, o con otros elementos de circuito con el fin de

generar otras funciones, como integradores, diferenciadores, filtros, etc. Además de una ganancia finita, el amplificador de instrumentación no proporciona estas funciones.

El amplificador de instrumentación tiene una entrada diferencial de alta impedancia. El amplificador operacional también tiene una entrada de alta impedancia. Sin embargo, cuando los elementos de realimentación se adicionan alrededor del amplificador operacional, la impedancia de entrada disminuye considerablemente.

El amplificador de instrumentación tiene un rango de voltaje alto y un rechazo en modo común también alto. Aunque los amplificadores operacionales tienen rechazo y rango de voltaje en modo común, el amplificador de instrumentación es superior a la mayoría de los amplificadores operacionales (Hiram, 2007).

1.5 Multiplexores

Un Multiplexor es un circuito combinacional al que entran varios canales de datos, y solo uno de ellos, el que hayamos seleccionado, es el que aparece por la salida. Es decir, que es un circuito que nos permite seleccionar que datos pasan a través de dicho componente.

Vamos a ver un ejemplo no electrónico. Imaginemos que hay dos tuberías (canales de datos) por el que circulan distintos fluidos (datos). Una transporta agua para regar y la otra agua potable. Estas tuberías llegan a una granja, en la cual hay una única manguera por la que va a salir el agua (bien potable o bien para regar), según lo que seleccione el granjero posicionando la llave de paso en una u otra posición (en la figura 1.3). Las posiciones son la 0 para el agua potable y 1 para el agua de regar. Moviendo la llave de paso, el granjero puede seleccionar si lo que quiere que salga por la manguera es agua potable, para dar de beber al ganado, o agua para regar los cultivos. Según cómo se posicione esta llave de paso, en la posición 0 o en la 1, seleccionamos una tubería u otra. A la granja podrían llegar 4 tuberías. En este caso el granjero podría poner en 4 posiciones distintas para dar paso a la tubería 0, 1, 2 o 3 como se muestra en la figura 1.3. Obsérvese que solo pasa una de las tuberías en cada momento, ¡y solo

una! Hasta que el granjero no vuelva a cambiar la llave de paso no se seleccionará otra.

Con ese ejemplo es muy fácil entender la idea del multiplexor. Es como una llave de paso, que solo conecta uno de los canales de datos de entrada con el canal de datos de salida. Ahora en vez de tuberías, podemos pensar en canales de datos, y tener un esquema como el que se muestra en la figura 1.4, en la que hay 4 canales de datos, y solo uno de ellos es seleccionado por el multiplexor para llegar a la salida. En general, en un multiplexor tenemos dos tipos de entradas:

- Entradas de datos: (las tuberías en el ejemplo)
- Entrada de selección: indica cuál de las entradas se ha seleccionado (posición de la llave de paso)

Es un circuito que puede recibir datos provenientes de diversas fuentes para después al seleccionar un canal de entrada, producir una salida correspondiente a solo uno de ellos. En las aplicaciones en que se necesita hacer mediciones en diversas ubicaciones, en vez de utilizar un CAD y un microprocesador para cada medición que se realiza, se usa un multiplexor para seleccionar cada entrada en turno y conmutarlas a través de un solo CAD y un microprocesador. El multiplexor es, en esencia, un dispositivo de conmutación electrónica con el que las entradas se muestrean por turno (www.matworks.com).

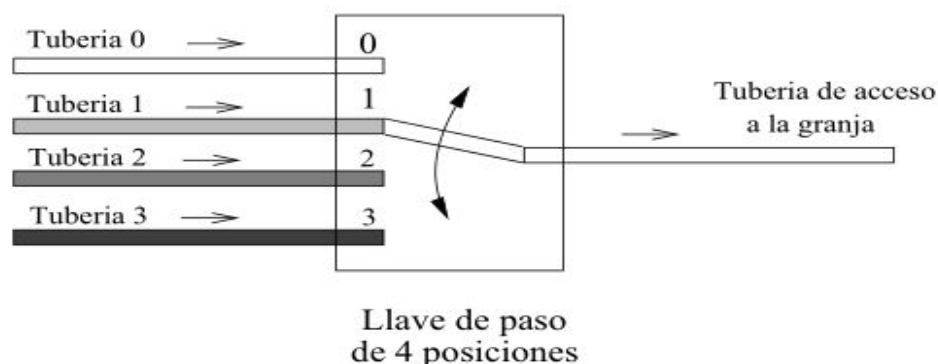


Figura 1.5 Sistema de agua de 4 tuberías

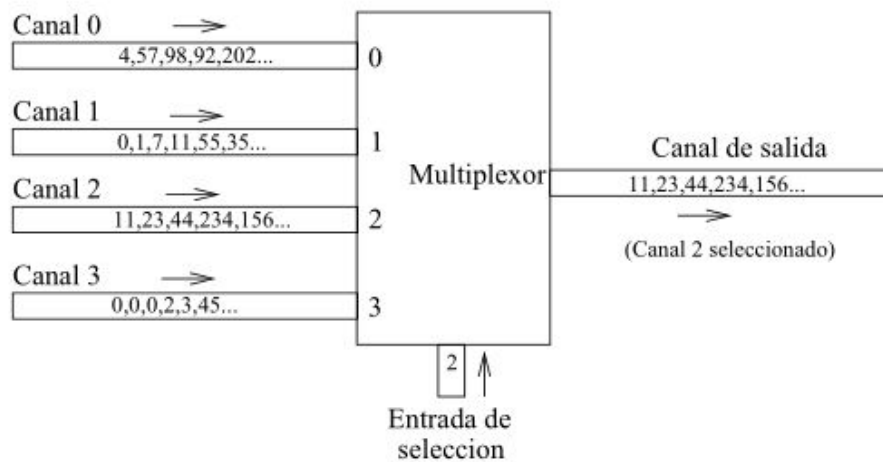


Figura 1.6 Un multiplexor que selecciona entre 4 canales de datos

1.6 Convertidor analógico digital (A/D)

La digitalización o conversión analógica - digital (conversión A/D o CAD) consiste en la transcripción de señales analógicas en digitales, con el propósito de facilitar su procesamiento (codificación, compresión...) y hacer la señal resultante (digital) más inmune al ruido y otras interferencias a las que son más sensibles las señales analógicas.

El funcionamiento de la conversión analógico - digital estriba en que la información analógica no es directamente manipulable, ni procesable, mediante sistemas digitales o a través de un ordenador, pero sí lo son las señales digitales que pueden almacenarse indefinidamente y, más aun, pueden incluso reproducir la señal analógica sin error apreciable.

Los procesos necesarios para convertir una señal analógica en digital, son: el muestreo, la retención, la cuantificación y la codificación. Estos procesos se realizan por lo general en dos circuitos integrados monolíticos, uno, denominado circuito de muestreo y retención, en inglés Sample and Hold (S/H) y otro, denominado convertidor analógico digital (A/D). El circuito de muestreo y retención

se utiliza para muestrear una señal analógica en un instante en particular y retener el valor de la muestra tanto como se requiera (Garrido, 2010).

En algunas circunstancias, la conversión de una señal analógica a digital se puede realizar solo con el uso del convertidor analógico-digital y sus operaciones de muestreo, cuantificación y codificación, pero, en otras circunstancias, es obligatorio añadir un circuito de muestreo y retención a la entrada del convertidor, en cuyo caso el circuito incorporado, como su nombre lo indica, realizará el muestreo y la retención de cada muestra mientras que el convertidor solo cuantificará y codificará.

El muestreo consiste en tomar muestras de la señal analógica a intervalos fijos de tiempo de modo que después, para convertir la señal de digital a analógica, con esas mismas muestras se pueda reconstruir la señal original. En todo proceso de conversión de una señal analógica a digital es necesario que el valor instantáneo de cada muestra a la entrada del convertidor A/D se mantenga constante durante el tiempo que dure la conversión de dicha muestra a su correspondiente código digital para ello es empleada la retención.

La cuantificación es el proceso mediante el cual se discretizan las muestras de la señal obtenidas. Durante la codificación se les asignan códigos digitales equivalentes a los valores discretos de las muestras de la señal, estos códigos suelen ser binarios y a la cantidad de bits de los mismos determinan la resolución del convertidor y esta a su vez contribuye a la precisión (Matos, 2015).

1.6.1 Tipos de convertidores A/D

Existen varios tipos de convertidores A/D de acuerdo a su funcionamiento, pero los más usados son:

- De doble rampa
- De aproximaciones sucesivas

Convertidor de doble rampa

Es uno de los más utilizados en la práctica, especialmente en el caso de aplicaciones que requieran gran precisión. El proceso de conversión se inicia

conectando la tensión de entrada al integrador durante un tiempo fijo, en el cual la salida del integrador se va haciendo negativa hasta alcanzar un valor mínimo en el instante en que termina ese tiempo fijo; momento en que la información de desbordamiento (*overflow*), aplicada al circuito de excitación del conmutador, provoca la aplicación de una tensión de referencia a la entrada del integrador, lo que hace que la salida de este tienda a 0 V.

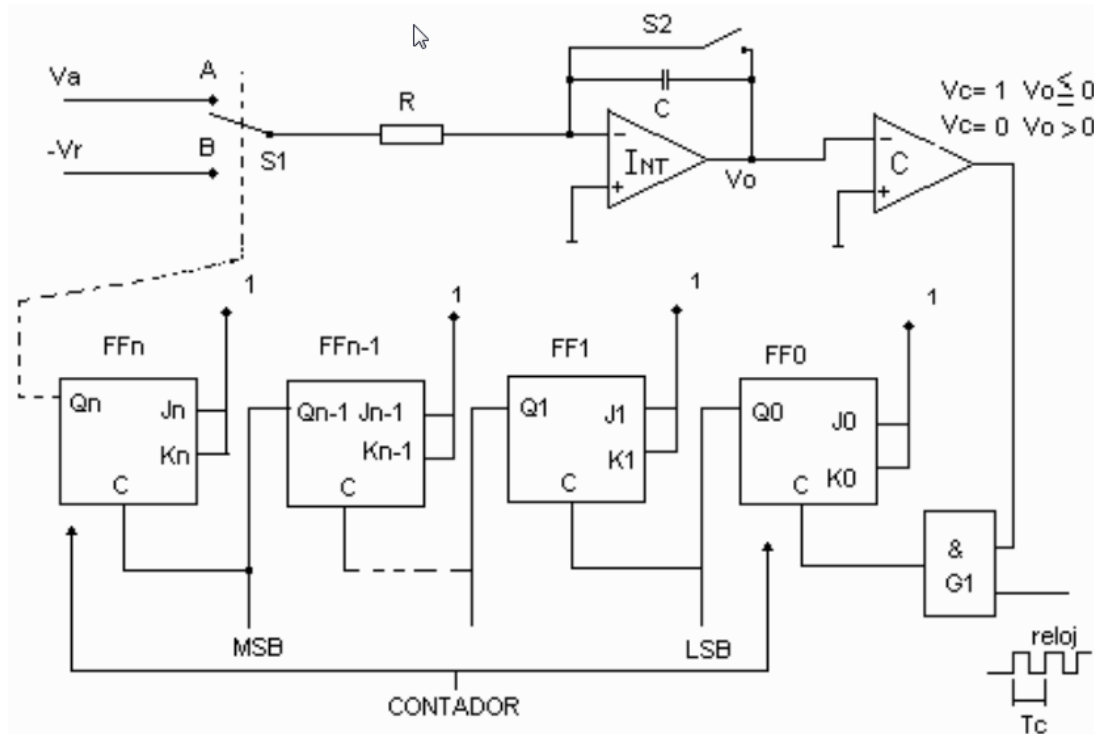


Figura 1.7 Estructura interna del convertidor de doble rampa

Durante el intervalo en que se mantiene constante la pendiente de la rampa son contados de nuevo los impulsos del reloj, y la cuenta que se alcance en el instante de cruce por 0 de la salida del integrador es el número digital equivalente buscado.

Como característica más importante de este convertidor se puede destacar la precisión, gracias a la independencia de su salida respecto a la estabilidad del valor del condensador o de la frecuencia del reloj, con tal de que se mantengan constantes durante el proceso de conversión. Por lo cual, la precisión solo será función de la linealidad de las rampas que entregue el integrador y de la precisión de la referencia (Garrido, 2010).

Convertidor de aproximaciones sucesivas

Este tipo de convertidor es el más utilizado cuando se requieren velocidades de conversión entre medias y altas del orden de algunos microsegundos a décimas de microsegundos.

El proceso de conversión para este tipo de convertidores se basa en la realización de comparaciones sucesivas de manera descendente o ascendente, hasta que se encuentra la combinación que iguala la tensión entregada por el D/A y la de entrada.

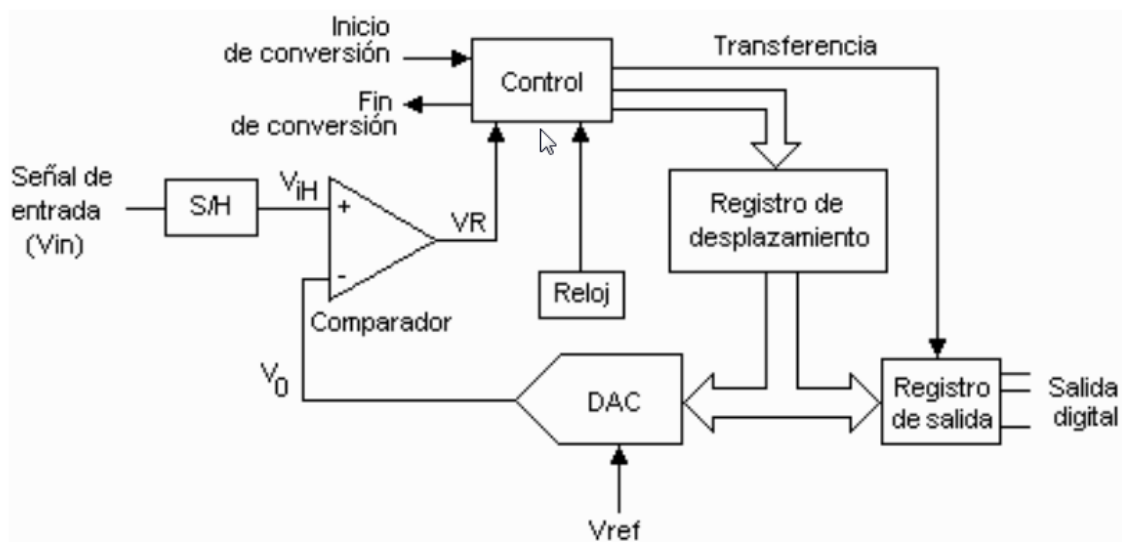


Figura 1.8 Esquema del convertidor de aproximaciones sucesivas

Como el arranque parte siempre de cero, el registro de aproximaciones sucesivas, comienza poniendo a 1 el bit de más peso (*MSB*), quedando el resto a cero, o sea, forma el valor 100 (para este ejemplo se utilizarán sólo tres bits), que corresponde a la mitad de la máxima excursión de la tensión de entrada. Este valor es transformado a señal analógica, que a su vez se introduce en el comparador.

Si esta señal es mayor que el voltaje de entrada, el comparador bascula dando lugar a una señal que hace que el registro varíe su contenido, sustituyendo el 1 del bit de más peso por un 0 y colocando en el bit de peso inmediatamente inferior un 1, quedando inalterado el resto de los bits (010).

Por el contrario, si la señal fuese menor que el voltaje de entrada, el registro no modifica el bit de más peso inmediatamente inferior a 1, dejando a 0 el resto de los bits (110). Tanto en un caso como en otro, se efectúa una nueva conversión D/A y luego se modifica el registro con el mismo criterio. El proceso se repite hasta alcanzar el bit de menos peso (*LSB*).

1.7 Microprocesadores y microcontroladores

Los microcontroladores son computadores digitales integrados en un chip que cuentan con un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU), una memoria para almacenar el programa, una memoria para datos y puertos de entrada salida. A diferencia de los microprocesadores de propósito general, como los que se usan en los computadores PC, los microcontroladores son unidades autosuficientes y más económicas. El funcionamiento de estos está determinado por el programa almacenado en su memoria. Este puede escribirse en distintos lenguajes de programación. Además, la mayoría de los microcontroladores actuales pueden reprogramarse repetidas veces.

Por las características mencionadas y su alta flexibilidad son ampliamente utilizados como el cerebro de una gran variedad de sistemas embebidos que controlan máquinas, componentes de sistemas complejos, como aplicaciones industriales de automatización y robótica, domótica, equipos médicos, sistemas aeroespaciales, e incluso, dispositivos de la vida diaria como automóviles, hornos de microondas, teléfonos y televisores.

Frecuentemente se emplea la notación μC o las siglas MCU (por microcontroller unit) para referirse a los microcontroladores. De ahora en adelante, los microcontroladores serán referidos en este documento por μC (Hiram, 2007).

1.7.1 Características de los Microcontroladores

Las principales características de los μC son:

Unidad de Procesamiento Central (CPU): Típicamente de 8 bits, pero también las hay de 4, 32 y hasta 64 bits con arquitectura Harvard, con memoria/bus de datos separada de la memoria/bus de instrucciones de programa, o arquitectura

de von Neumann, también llamada arquitectura Princeton, con memoria/bus de datos y memoria/bus de programa compartidas.

Memoria de Programa: Es una memoria ROM (Read-Only Memory), EPROM (Electrically Programmable ROM), EEPROM (Electrically Erasable/Programmable ROM) o Flash que almacena el código del programa que típicamente puede ser de 1 kilobyte a varios megabytes.

Memoria de Datos: Es una memoria RAM (Random Access Memory) que típicamente puede ser de 1, 2, 4, 8, 16, 32 kilobytes.

Generador del Reloj: Usualmente un cristal de cuarzo de frecuencias que genera una señal oscilatoria de entre 1 a 40 MHz, o también resonadores o circuitos RC.

Interfaz de Entrada/Salida: Puertos paralelos, seriales (UARTs, Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), I²C (Inter-Integrated Circuit), Interfaces de Periféricos Seriales (SPIs, Serial Peripheral Interfaces), Red de Área de Controladores (CAN, Controller Area Network), USB (Universal Serial Bus).

Otras opciones: Conversores Análogo-Digitales (A/D, analog-to-digital) para convertir un nivel de voltaje en un cierto pin a un valor digital manipulable por el programa del microcontrolador.

Moduladores por Ancho de Pulso (PWM, Pulse-Width Modulation) para generar ondas cuadradas de frecuencia fija, pero con ancho de pulso modificable.

1.7.2 Microcontrolador PIC

Los PIC son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instrument. El nombre actual no es un acrónimo. En realidad, el nombre completo es PICmicro, aunque generalmente se utiliza como Peripheral Interface Controller (Controlador de interfaz periférico).

La arquitectura del PIC es sumamente minimalista. Está caracterizada por las siguientes prestaciones:

- Área de código y de datos separadas.
- Un reducido número de instrucciones de longitud fija.

- Implementa segmentación de tal modo que la mayoría de instrucciones duran 1 tiempo de instrucción (o 4 tiempos de reloj). Puede haber instrucciones de dos tiempos de instrucción (saltos, llamadas y retornos de subrutinas y otras) o inclusive con más tiempo de instrucción en PIC de gama alta. Esto implica que el rendimiento real de instrucciones por segundo del procesador es de al menos 1/4 de la frecuencia del oscilador.
- Un solo acumulador (W), cuyo uso (como operador de origen) es implícito (no está especificado en la instrucción).
- Todas las posiciones de la RAM funcionan como registros de origen y/o de destino de operaciones matemáticas y otras funciones.
- Una pila de hardware para almacenar instrucciones de regreso de funciones.
- Una relativamente pequeña cantidad de espacio de datos direccionable (típicamente, 256 bytes), extensible a través de manipulación de bancos de memoria.
- El espacio de datos está relacionado con el CPU, puertos, y los registros de los periféricos.
- El contador de programa está también relacionado dentro del espacio de datos, y es posible escribir en él (permitiendo saltos indirectos).

A diferencia de la mayoría de otros CPU, no hay distinción entre los espacios de memoria y los espacios de registros, ya que la RAM cumple ambas funciones, y esta es normalmente referida como "archivo de registros" o simplemente, registros (Reyes, 2008).

1.8 Comunicación con la PC

En la transmisión de datos entre el hardware de adquisición y la PC pueden ocuparse diversas maneras de comunicación, entre las cuales podemos mencionar:

- Comunicación Paralelo
- Comunicación Serie
- Comunicación GPIB
- Comunicación USB

Comunicación Paralelo

Todos los bits del dato se transfieren simultáneamente. Emisor y receptor se conectan por medio de n circuitos idénticos, que se utilizan simultáneamente para transmitir, en el caso de emplear transmisión binaria, un bit por cada uno de ellos durante cada intervalo de señalización. A este conjunto de circuitos operando en paralelo se le suele denominar bus cuando sirve para interconectar bidireccionalmente más de dos dispositivos y entonces, si la transmisión es binaria, n se conoce como la anchura del bus en bits. En general, se adopta la técnica de transmisión en paralelo cuando la distancia entre las entidades que intercambian información es del mismo orden que el tamaño de los dispositivos transceptores (de lo contrario aparecen problemas debidos a la pérdida de sincronización entre los distintos circuitos) y se precisa una elevado caudal de transferencia.

Comunicación Serial

En una transmisión serial se forma un "tren" de bits, uno tras de otro viajan del lugar de emisión al receptor utilizando una sola vía, en este caso será un conductor eléctrico bus Serial, como en caso de los trenes con una sola vía si se desea transmitir en el sentido contrario, se debe esperar que la vía este libre. Las cadenas seriales de bits generadas por los puertos serie de la PC usan una forma muy simple de codificación. Un bit se transmite durante cada periodo baud, con un bit "1" representado por un voltaje alto TTL y un "0" por un voltaje bajo TTL. Así la velocidad en baudios (baud rate, $1/[\text{periodo baud}]$) de un puerto serie de la PC es igual al número de bits por segundo que se transmiten o reciben.

Comunicación GPIB

El Hewlett-Packard Instrument Bus (HP-IB) es un estándar bus de datos digital de corto rango desarrollado por Hewlett-Packard en los años 1970 para conectar dispositivos de test y medida (por ejemplo, multímetros, osciloscopios, etc) con dispositivos que los controlen como un ordenador. Otros fabricantes copiaron en HP-IB, llamando a su implementación General-Purpose Instrumentation Bus (GP-IB). En 1978 el bus fue estandarizado por el Institute of Electrical and Electronics

Engineers (IEEE) como el IEEE-488 (488.1). El IEEE-488 permite que 15 dispositivos inteligentes compartan un simple bus, con el dispositivo más lento determinando la velocidad de transferencia. La máxima velocidad de transmisión está sobre 1 Mbps. Las 16 líneas que componen el bus están agrupadas en tres grupos de acuerdo con sus funciones: bus de datos, bus de control de transferencia de datos y bus general. Algunas de ellas tienen retornos de corrientes comunes y otras tienen un retorno propio, lo que provoca un aumento del número de líneas totales.

Comunicación USB

Universal Serial Bus (USB) es una interfase plug & play entre la PC y ciertos dispositivos tales como teclados, mouse, scanner, impresoras, módems, placas de sonido, cámaras, entre otros.

Una característica importante es que permite a los dispositivos trabajar a velocidades mayores, en promedio a unos 12 Mbps, esto es más o menos de 3 a 5 veces más rápido que un dispositivo de puerto paralelo y de 20 a 40 veces más rápido que un dispositivo de puerto serial. Trabaja como interfaz para transmisión de datos y distribución de energía, que ha sido introducida en el mercado de PC's y periféricos. Esta interfaz de 4 hilos, 12 Mbps y "plug and play", distribuye 5V para alimentación, transmite datos y está siendo adoptada rápidamente por la industria informática.

A diferencia de otras arquitecturas, USB no es un bus de almacenamiento y envío, de forma que no se produce retardo en el envío de un paquete de datos hacia capas inferiores.

1.9 Procesamiento de los datos en la PC

Hoy en día es más frecuente ver en la industria la utilización de la computadora personal para la instrumentación y el control de procesos, ya sea para monitorear variables en el proceso de fabricación o bien para medir la calidad del producto final. Sobre este contexto se ubica la instrumentación virtual, es decir la idea de bajo un módulo de software simular tanto en apariencia como en funcionamiento a un instrumento real tal como un osciloscopio o multímetro.

Un instrumento virtual es un módulo de software que simula el panel frontal de instrumento común y, apoyándose en elementos de hardware accesibles por la PC (tarjetas de adquisición de datos, rs-232), realiza una serie de medidas como si se tratase de un instrumento real.

Hasta hace poco, la tarea de construcción de un Instrumento Virtual (VI) se llevaba a cabo con paquetes de programas que ofrecían una serie de facilidades, como funciones de alto nivel y la incorporación de elementos gráficos, que simplificaban la tarea de programación y de elaboración del panel frontal. Sin embargo, el cuerpo del programa seguía basado en texto, lo que suponía mucho tiempo invertido en detalles de programación que nada tienen que ver con la finalidad del VI (*Virtual Instrument*). Con la llegada de softwares de programación gráfica *LabVIEW* de *National Instrument*, *Visual Designer* de *Burr Brown* o *VEE* de *Hewlett Packard*, el proceso de creación de un VI se ha simplificado notablemente, minimizándose el tiempo de desarrollo de las aplicaciones (Matos,2015).

1.10 Conclusiones del capítulo

- Se realizó una revisión bibliográfica del empleo de los sistemas de adquisición de datos y sus aplicaciones
- Se llevó a cabo un estudio de las etapas y los componentes de un SAD para su correcta implementación.

CAPÍTULO II: DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN UN MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA

Para el siguiente trabajo de laboratorio se propone realizar el diseño del SAD de medición de tensión y corriente con comunicación serie a la PC. Este presenta los elementos siguientes:

- Sensores de tensión y corriente
- Acondicionadores de señal
- Convertidor analógico digital
- Comunicación con la PC

2.1 Transformadores de medición de corriente

El transformador de medición de corriente es válido solo para corrientes alternas: el conductor por el que circula la corriente a medir actúa como un primario de una sola vuelta del transformador cuyo núcleo de ferrita es la cabeza de la sonda, donde va devanado el secundario. Se puede aumentar la sensibilidad dando más vueltas al cable por el que circula la corriente a medir para aumentar la sensibilidad, alrededor de la sonda.

El método utilizado para medir corriente alterna en este sistema de adquisición de datos es el de Transformador de medición de corriente debido a que nos ofrece un aislamiento magnético entre la fuente de corriente y los acondicionadores de señal. A continuación, se describe el funcionamiento del Transformador de medición de corriente.

Se denomina transformadores de medición a los que se utilizan para la alimentación de circuitos de instrumentación de medición. Su aplicación se basa en la relación entre la corriente en el embobinado secundario y la corriente en el embobinado primario, o entre la tensión secundaria y la tensión primaria (transformadores de corriente y transformadores de tensión). Al medir la tensión secundaria se determina la tensión primaria por la relación de transformación en los transformadores de tensión (Hiram, 2007).

El transformador de medición de corriente está destinado a su conexión en serie con el receptor de la misma manera que se conecta un amperímetro. La intensidad de corriente primaria tiene una relación con la corriente secundaria: Y se denomina relación del transformador de intensidad, siendo inversamente proporcional a la relación de las espiras, del primario con respecto al secundario y de igual forma una relación de voltajes primario y secundario. Para obtener la relación de transformación simplificada se utiliza la siguiente ecuación.

$$a = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = E_1 / E_2 \quad (2.1)$$

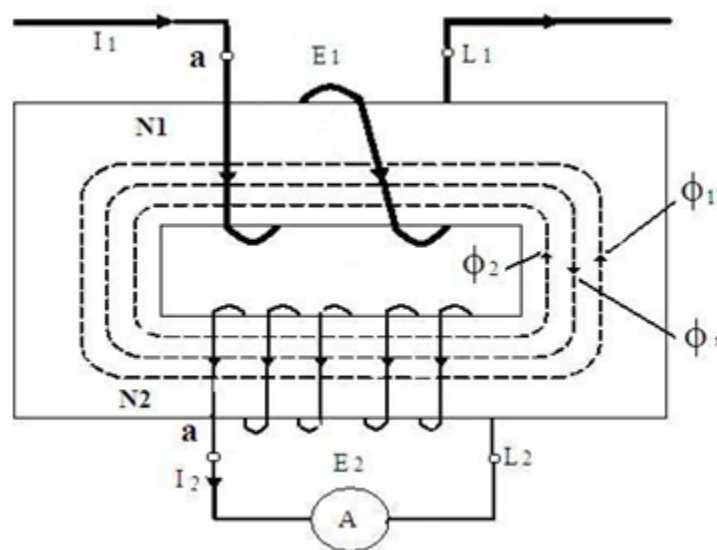


Figura 2.1 Transformador de medición de corriente

El transformador de corriente que se va a utilizar en el trabajo tiene una relación de transformación de 100/20 A en corriente alterna con una amplitud de entrada máxima de 50 A.

2.2 Divisores de tensión

Para medir voltaje no se necesita ningún transductor. Esto es debido a que el PIC16F688 mide directamente voltaje en sus canales de entrada analógica. Sin embargo, el problema es que el voltaje que admite es de DC. Por lo que es necesario rectificar el voltaje AC para convertirlo a DC. Esto implica que se tiene que disminuir en forma proporcional el voltaje que se introduzca en el sistema de medición a diseñar. Por lo tanto, el módulo sensor de voltaje corresponderá a un

divisor de resistencias cuyos valores sean los adecuados para que sea un voltaje compatible con el rango de entrada del PIC16F688 que es de máximo 5 V DC.

Para entender la manera de cómo podemos analizar un circuito divisor de tensión se analiza desde el punto de vista eléctrico como se describe a continuación:

La división de tensión ocurre cuando una fuente dependiente o independiente de tensión se conecta en serie con dos resistencias, como se ilustra en la Figura 2.1.

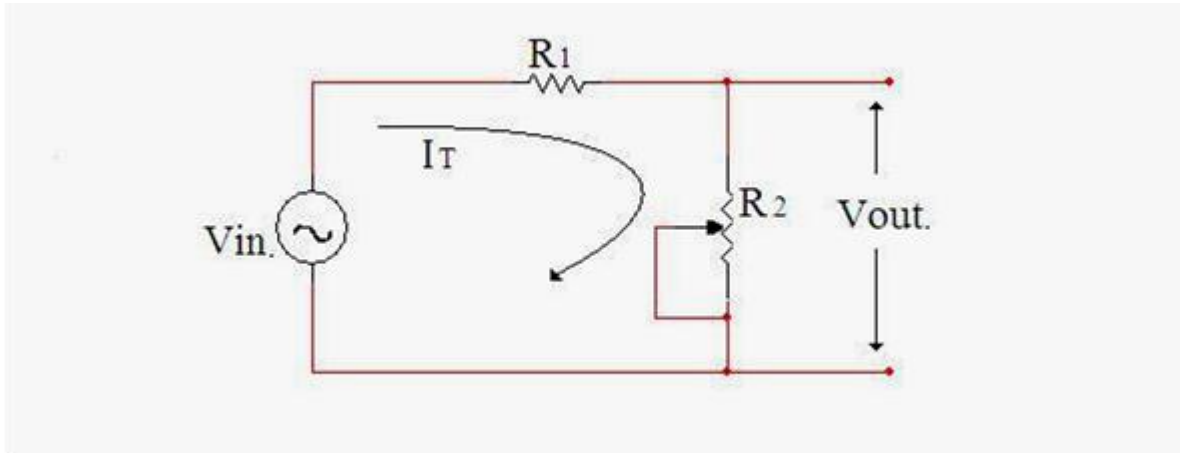


Figura 2.1 Divisor de tensión

Evidentemente, la tensión a través de R_2 de acuerdo a la ley de Ohm:

$$V_T = I_T R_T \quad (2.2)$$

Sustituimos para obtener V_2 :

$$V_2 = R_2 i = R_2 \frac{V_T}{(R_1 + R_2)} \quad (2.3)$$

Reduciendo queda:

$$V_2 = R_2 \frac{V_T}{(R_1 + R_2)} \quad (2.4)$$

Y, análogamente, la tensión a través de R_1 es:

$$V_1 = R_1 \frac{V_T}{(R_1 + R_2)} \quad (2.5)$$

En palabras, la regla indica que, para un circuito en serie, la tensión que existe en cualquier resistor (o alguna combinación de resistores en serie) es igual al valor de ese resistor (o a la suma de dos o más resistores en serie) multiplicado por la

diferencia de potencial de todo el circuito en serie y dividido entre la resistencia total del circuito.

Luego para una tensión de entrada de 55 V y una tensión de salida que queremos obtener de 5 V para el microprocesador, escogemos R2 con un valor de resistencia estándar 3kΩ y calculamos el valor de R1 despejando en la ecuación 2.4.

$$V_{OUT} = R2 \frac{V_{IN}}{(R1+R2)} \quad (2.6)$$

Despejando R1 nos queda:

$$R1 = \frac{R2(V_{IN}-V_{OUT})}{V_{OUT}} \quad (2.7)$$

$$R1 = \frac{3k\Omega(55V - 5V)}{5V}$$

$$R1 = 30k\Omega$$

Entonces el divisor de tensión nos quedaría como se muestra en la figura 2.2, el mismo servirá como sensor de tensión y servirá para acondicionar la señal de entrada al PIC.

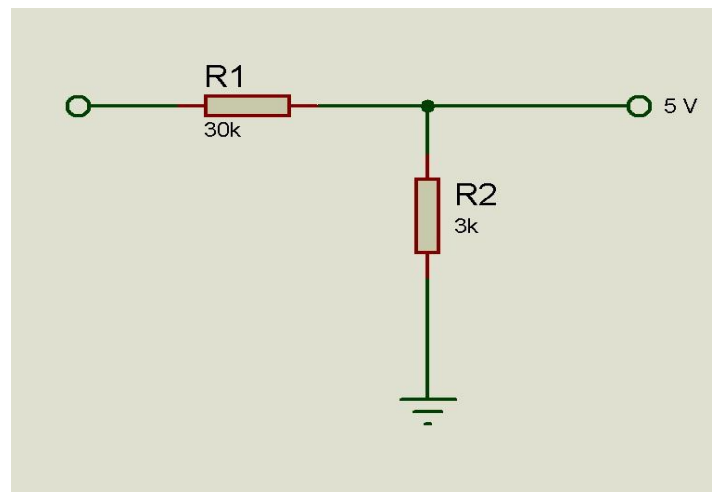


Figura 2.2 Divisor de voltaje

2.3 Acondicionamiento de señal

La etapa de acondicionamiento de señal consta de dos etapas un acondicionamiento para el sensor de medición de tensión y otra para el de corriente, todas para unas especificaciones de entrada de 5 V y 20 mA al PIC16F688.

2.3.1 Acondicionamiento del sensor de medición de tensión

Para acondicionar la señal de entrada al microprocesador PIC se cuenta con un transformador con relación de transformación de 5/1 V un rectificador de onda completa para convertir de alterna a directa, un filtro de 2 μF y un divisor de tensión que rectificará la tensión a no más de 5 V el cual actuará también como sensor de tensión para el PIC.

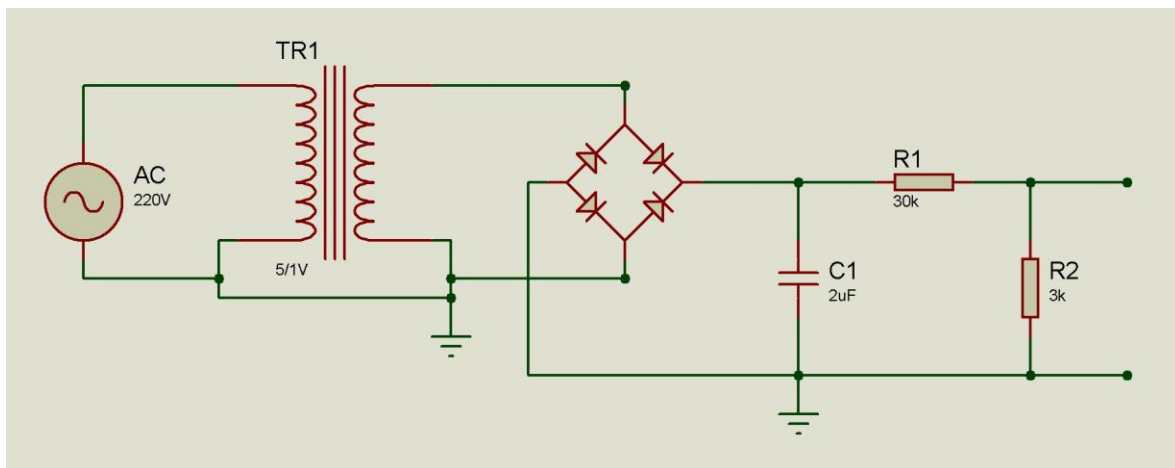


Figura 2.3 Esquema del acondicionador de señal del sensor de tensión

2.3.2 Acondicionamiento del sensor de medición de corriente

Para acondicionar la señal del transformador de corriente ya que este convierte la corriente de entrada del motor de 50 A - 10 A después de convertir la señal de alterna a directa con el rectificador se convierte la corriente en tensión con un amplificador operacional y una resistencia. El cual con una corriente de entrada de 10 A y una resistencia de 0.5 Ω según la ley de ohm nos da una tensión a la salida de 5 V para entrar en el microprocesador.

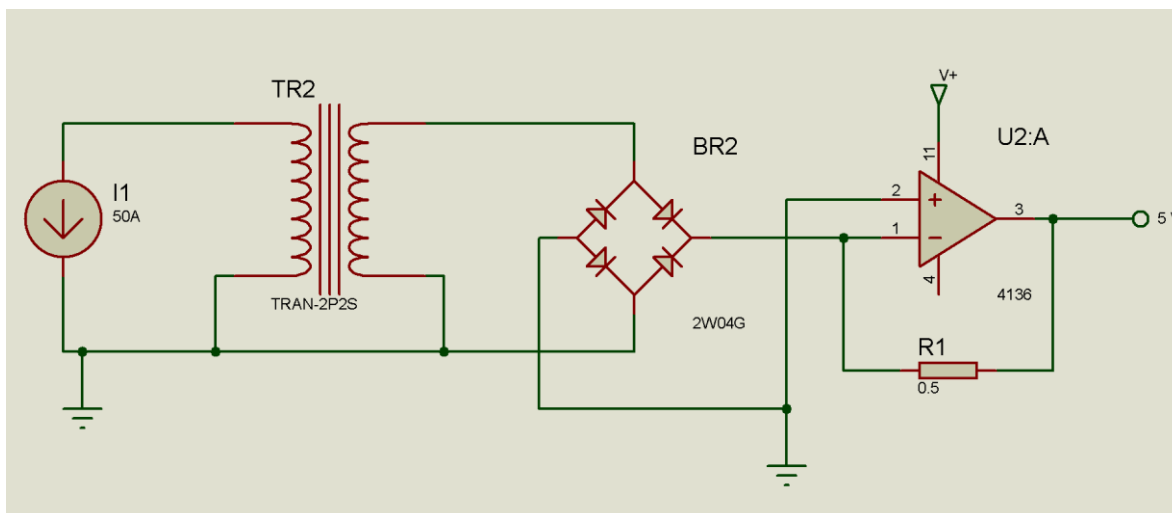


Figura 2.4 Esquema del acondicionador de señal del sensor de corriente

2.3.3 Amplificador operacional LM747

El LM747 es un amplificador operacional doble para todo uso. Los dos amplificadores comparten una red común y la potencia suministrada. Por lo demás, su operación es totalmente independiente. Las características adicionales del LM747 lo son: no latch-up (alto voltaje a la salida) cuando el rango de entrada común es excesivo, la libertad de oscilación, y la flexibilidad de paquete.

El LM747C / LM747E es idéntico al LM747 / LM747A excepto que el LM747C / LM747E tiene sus especificaciones garantizadas sobre el alcance de temperatura de 0 °C a 70 °C en lugar de 55 a 125 °C.

Características generales:

- No requiere ninguna frecuencia de compensación
- Protección de cortocircuito
- Igualdad común - modo y rangos de voltaje diferenciado
- Consumo de baja potencia
- No latch-up
- Compensación equilibrada nula

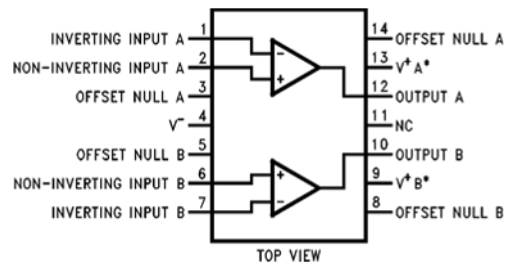


Figura 2.5 Diagrama de conexión del LM747

2.4 Motor de corriente alterna VEB Elbtalwerk

Para el monitoreo de parámetros de tensión y corriente se contará con un motor asincrónico monofásico marca VEB Elbtalwerk de corriente alterna ubicado en los laboratorios de Máquinas Eléctricas (figura 2.6) con los datos de chapa que se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Datos de Chapa del motor

Motor WEB Elbtalwerk	Valores
Número de serie	011205
Potencia Activa	15 kW
Longitud de onda (λ)	0.90 m
Tensión en delta (Δ)	220 V
Corriente en delta (Δ)	50.5 A
Tensión en estrella (Y)	380 V
Corriente en estrella (Y)	29 A
Velocidad del motor	2920 RPM
Peso	118 Kg



Figura 2.6 Motor WEB Elbtalwerk

2.5 Microprocesador PIC16F688

El microcontrolador se encargará del procesamiento de los datos, así como de permitir crear una interfaz para lograr la comunicación a través del puerto serie mediante el cual se establece la comunicación entre el SAD y la PC. El PIC16F688 es de gama media, posee varias características que hacen a este microcontrolador un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico. Las características y periféricos con los que cuenta son de utilidad para el desarrollo del SAD.

2.5.1 Características y periféricos del PIC

Alto funcionamiento RISC (Reduced Instruction Set Computer) CPU

- Solo 35 instrucciones para leer
- Velocidad de operación:
 - DC – oscilador de 20 MHz/entrada del reloj
 - DC – ciclo de instrucciones de 200 ns
- Capacidad de interrupción
- Modos de direccionamiento Directo, Indirecto y Relativo

Características especiales del microcontrolador:

- Oscilador interno de alta precisión:
 - Calibración de fábrica a un 1%
 - Rango de frecuencia de 8 MHz a 125 kHz seleccionado por el software
 - Software actualizable
- Ahorro de energía en modo suspensión
- Ancho rango de operación de voltaje (2.0 V – 5.5 V)
- Power-on reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) y Oscillator Start-up Timer (OST)
- Brown-out Reset (BOR) con opciones de control del software
- Watchdog Timer (WDT) incrementado
- Código de protección programable

Características periféricas

- 14 pines base, 8-bit CMOS microcontrolador con nano Watt Tehcnology
- 12 I/O pines con control de dirección individual
 - Fuente de alta corriente/LED con pila directa
 - Interrupción al cambio de un pin
- Módulo de comparación analógica con:
 - 2 comparadores analógicos
 - On-Chip Voltage Reference (CVREF) programmable, con módulo (% de VDD)
 - Entradas de comparación y salida externa accesibles
- Convertidor A/D:
 - 10 bit de resolución y 8 canales
- Temporizador 0:
 - Temporizador de 8 bit/Contador con 8 bit programables
- Temporizador 1:
 - Temporizador de 16 bit/Contador con contador de pulsos
 - Puerta del Temporizador 1 externa (Conteo permitido)
- Módulo USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) mejorado:
 - Soporta RS-485, RS-232 y LIN 1.2
 - Auto detección de baudios
- In-Circuit Serial ProqramingTM (ICSPTM) por dos pines (Microchip Thechnology, 2007).

Tabla 2.2 Características generales del PIC

Dispositivo	Memoria de Programa	Memoria de datos		I/O	10 bit A/D (ch)	Comparadores	Temporizadores 8-16 bit
	FLASH (Palabras)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				
PIC16F688	4096	256	256	12	8	2	1/1

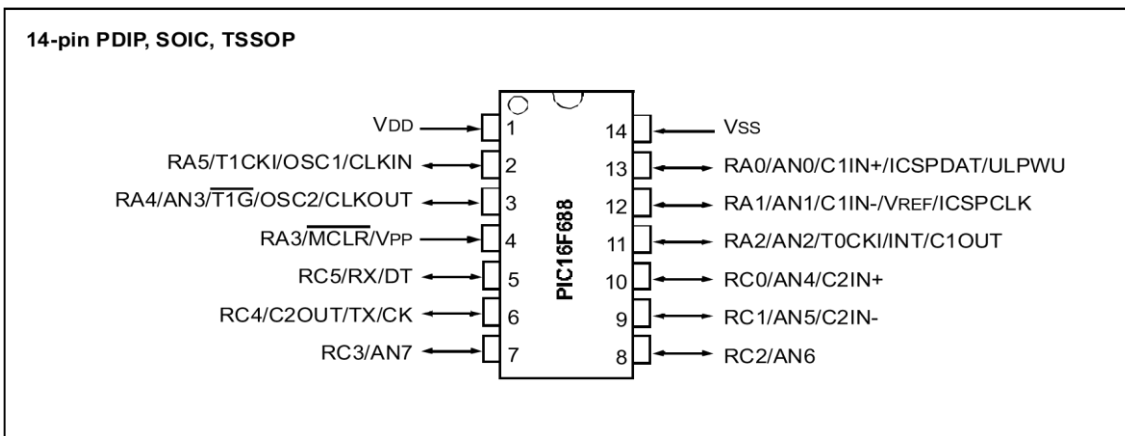


Figura 2.2 Encapsulado del PIC

2.6 Convertidor A/D del PIC16F688

La utilización del convertidor A/D es una parte muy importante las etapas de realización de un SAD, el convertidor analógico – digital que posee este PIC usa entradas analógicas de 10 bits. Este dispositivo usa compuertas analógicas, las cuales son multiplexadas en un circuito de muestreo y retención (Sample and Hold), la salida del circuito Sample and Hold es conectada a la entrada del convertidor. El convertidor, genera por aproximación sucesiva 10 bits binarios como resultado y lo guarda en los registros de resultado del ADC (ADRESL y ADRESH).

El ADC puede generar una interrupción antes de completar la conversión, esta interrupción puede ser usada para despertar el dispositivo del modo sueño. El voltaje seleccionado en el V_{DD} es de 0 a 3 V.

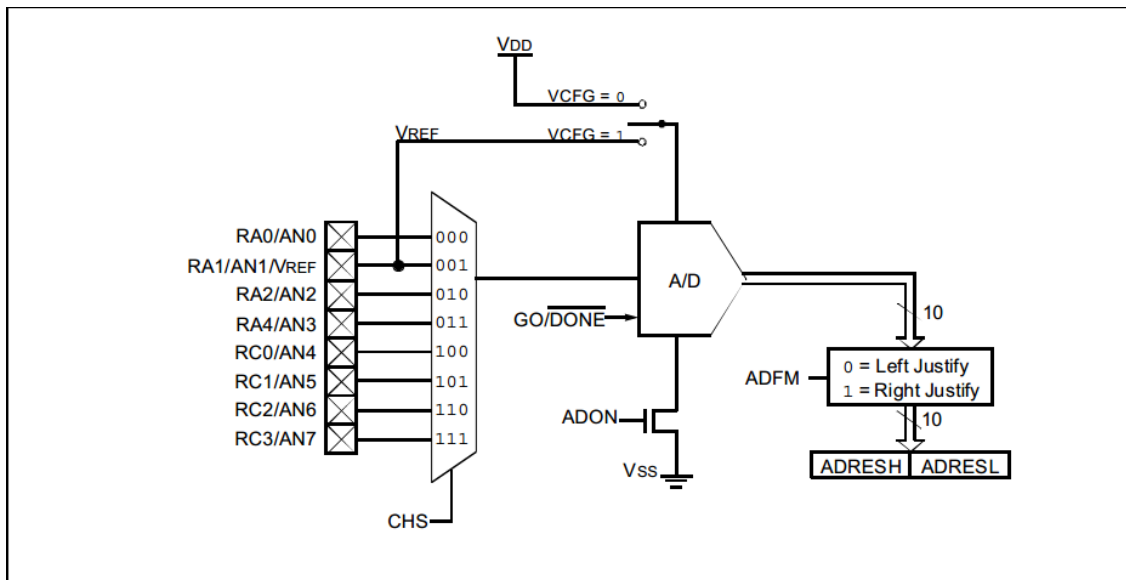


Figura 2.3 Diagrama de bloques del ADC del PIC

2.7 Comunicación con la PC

La comunicación del microprocesador PIC16F688 con la PC es una parte muy importante de su estructura. En esta comunicación se transmiten las señales que ya han pasado por los transductores, acondicionadores de señal y el hardware de adquisición para que puedan ser tratadas y desplegadas en la PC. El PIC contiene un módulo USART que permite las comunicaciones en serie, paralelo y USB. En este trabajo se realizará una comunicación en serie utilizando el protocolo RS-232.

La comunicación serie requiere sólo una línea para la transmisión esto abarata los costos en líneas de transmisión y no sólo esto, ya que este hecho también hace posible que los datos puedan ser enviados no necesariamente por un conductor eléctrico, sino inclusive por aire o por el vacío si en lugar de pulsos eléctricos se usan impulsos electromagnéticos, tales como: ondas de radio, microondas, pulsos luminosos, infrarrojo, ultrasonido, láser (a través de fibra óptica), etc.

El RS-232 consiste en un conector tipo DB-25 (de 25 pines), aunque es normal encontrar la versión de 9 pines (DE-9, o popularmente también denominados DB-9), más barato e incluso más extendido para cierto tipo de periféricos (como el ratón serie del PC). Ver figura 2.4.



Figura 2.4 Conector DB9

Tabla 2.3 Señales rs-232 más comunes según los pines asignados

Señal	Siglas	DE-9 (DB-9, TIA-574)
Common Ground	G	5
Transmitted Data	TD	3
Received Data	RD	2
Data Terminal Ready	DTR	4
Data Set Ready	DSR	6
Request To Send	RTS	7
Clear To Send	CTS	8
Carrier Detect	DCD	1
Ring Indicator	RI	9

2.7.1 Dispositivo MAX232

La comunicación serie se hace a través del módulo USART incorporado, se propone para esta, el uso de la norma RS232 y para su implementación la utilización de la MAX232 como adaptador de los niveles de voltaje.

El MAX232 es un circuito integrado de Maxim que convierte las señales de un puerto serie RS-232 a señales compatibles con los niveles TTL de circuitos lógicos. El MAX232 sirve como interfaz de transmisión y recepción para las señales RX, TX, CTS y RTS. El MAX232 es un convertidor de nivel TTL/RS232. Sólo es necesario este circuito integrado y 5 capacitores y es el usado para el diseño de la tarjeta.

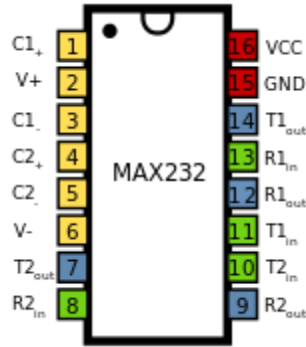


Figura 2.5 Diagrama de conexiones del MAX232

C1₊: Conexión positiva del condensador C1 del doblador de voltaje de + 5V a +10V.

C1₋: Conexión negativa del condensador C1 del doblador de voltaje de +5V a +10V.

C2₊: Conexión positiva del condensador C2 del inversor de voltaje de +10V a -10V.

C2₋: Conexión negativa del condensador C2 del inversor de voltaje de +10V a -10V.

V₋: Conexión de salida del voltaje de -10V.

V₊: Conexión de salida del voltaje de +10V.

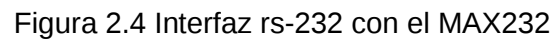
T1_{in}, T2_{in}, R1_{out}, R2_{out}: Conexiones a niveles de voltaje de TTL o CMOS.

T1_{out}, T2_{out}, R1_{in}, R2_{in}: Conexiones a niveles de voltaje del protocolo RS-232.

VCC: Alimentación positiva del MAX232

GND: Alimentación negativa del MAX232

El MAX232 dispone internamente de 4 convertidores de niveles TTL al estándar RS232 y viceversa, para comunicación serie como los usados en las computadoras, en los puertos COM (puertos de comunicación serie).



En el MAX232 (Figura 2.4) todos los capacitores deben ser de 1 μ F para llegar hasta 120 kbps o de 100 nF para llegar hasta 64 kbps. Para el MAX232A los capacitores han de ser de 100 nF y se consiguen hasta 200 kbps. Para la interpretación de la información enviada a la PC se requiere llevar a cabo la confección de una aplicación que permita procesar y visualizar los datos en la PC enviados por el micro.

El PIC16F688 posee un oscilador interno de 8 MHz con un rango de frecuencia desde 8 MHz hasta 125 kHz y oscilador de bajas frecuencias de 31kHz. Para las prácticas que requieran precisión se propone un oscilador a cristal externo de 4 MHz así el estudiante podrá escoger entre las fuentes de oscilación según sus necesidades (Figura 2.). El diseño de la oscilación externa tuvo en cuenta los datos suministrado por Microchip Technology Inc. según la tabla 2.1.

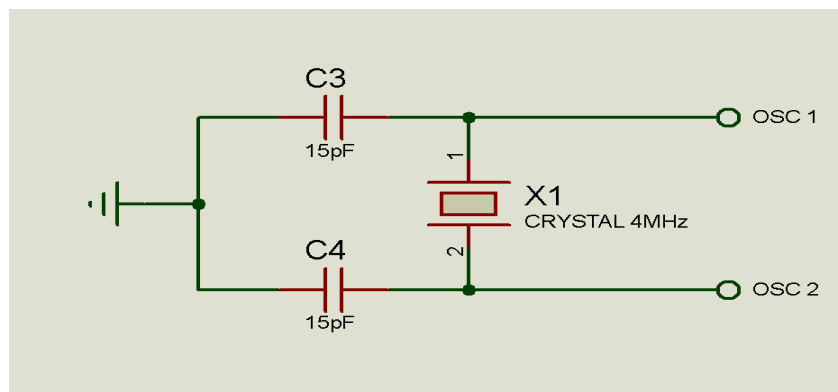


Figura 2.5 Circuito de oscilación del PIC

Tabla 2.1 Propuesta del fabricante de los capacitores según la frecuencia del cristal

Tipo de oscilador	Frecuencia del cristal	Rango del capacitor C1	Rango del capacitor C2
LP	32 kHz	33 pF	33 pF
	200 khz	15 pF	15 pF
XT	200 kHz	47-68 pF	47-68 pF
	1 MHz	15 pF	15 pF
	4 MHz	15 pF	15 pF
HS	4 MHz	15 pF	15 pF
	8 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	20 MHz	15-33 pF	15-33 pF

2.9 Alimentación

En el circuito propuesto (Figura 2.6), está compuesto por dos reguladores (MC7818 y LM7805) los cuales poseen protección contra cortocircuitos, el transformador es de derivación central y convierte de 110 V a 20 V por cada devanado debido a que el voltaje mínimo que puede haber entre la entrada y salida de los reguladores (voltaje de *dropout*) es de 2 V y al mantenerlo en el menor valor posible se disminuye el consumo de potencia en el MC7818. Para el uso de estos reguladores es recomendable usar un capacitor a la entrada de 0.33 μ F y otro a la salida de 0.1 μ F, el primero es empleado cuando el regulador se

encuentra a una distancia apreciable del filtro de la fuente, mientras el segundo es necesario para la estabilidad en las respuestas transitorias. Los diodos que acompañan a los reguladores permiten que los capacitores tengan un camino de descarga y que no lo hagan a través de estos causándoles su destrucción. El MC7818 permite voltajes de entrada de entre 20 V y 33 V con corrientes de carga que van desde 5 mA a 1 A con un valor de potencia que no sobrepasa los 15 W, el mismo es empleado para la alimentación del amplificador operacional. El LM7805 soporta voltajes de entrada de entre 7 V y 20 V con corrientes de salida de entre 5 mA y 1 A con una potencia menor o igual a 15 W.

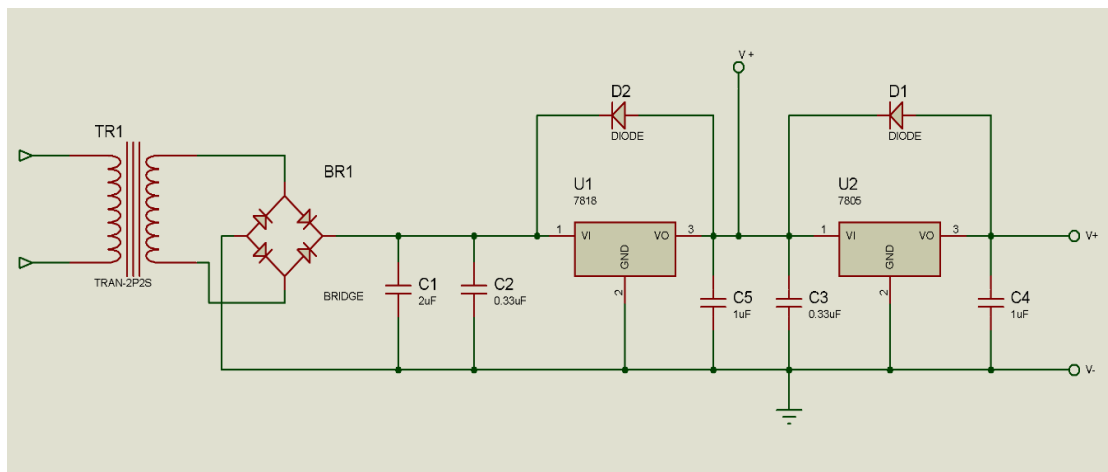


Figura 2.6 Esquema de la Fuente de Alimentación

Conociendo las características de los reguladores a utilizar es posible saber si son adecuados para utilizarlos en el SAD. Primero es necesario determinar los valores de corriente que se demandan de los reguladores y si la potencia que deben disipar está dentro de los valores admisibles para ellos. El LM7805 se encarga de suministrar la corriente y la tensión al PIC16F688 (5 V y 1 A), por lo tanto, el valor de la corriente que se demanda del regulador no deberá exceder los 20 mA. En el caso del MC7818 este se encarga de proporcionar la alimentación del amplificador operacional que emplea ± 18 V y ± 3 mA. Con estos valores se pueden calcular los valores de la potencia a disipar por ambos reguladores.

I_{L7805} : Corriente que demanda la carga del LM7805.

I_{L7818} : Corriente que demanda la carga del MC7818.

V_{IN} : Voltaje de entrada.

V_{OUT} : Voltaje de salida.

P_{dis} : Potencia a disipar.

Estimación de potencia disipada en el regulador LM7805

$$P_{dis} = (V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{L7805} \quad (2.8)$$

Sustituyendo:

$$P_{dis} = (18 \text{ V} - 5 \text{ V}) \times 0,020 \text{ A}$$

$$P_{dis} = 0,26 \text{ W}$$

Estimación de potencia disipada en el regulador MC7818

$$P_{dis} = (V_{IN} - V_{OUT}) \times (I_{MC7818}) \quad (2.9)$$

Sustituyendo:

$$P_{dis} = (20 \text{ V} - 18 \text{ V}) \times (0,003 \text{ A})$$

$$P_{dis} = 0,006 \text{ W}$$

2.10 Conclusiones del capítulo

- Se realizó la elección de los elementos del SAD que se va a diseñar.
- Se diseñó el SAD con los elementos elegidos.
- Se realizaron los cálculos correspondientes para el correcto funcionamiento del circuito.

CAPÍTULO III: SIMULACION Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

La simulación y construcción del SAD se realiza con la ayuda de herramientas o programas que se encargan de la simulación, compilación y visualización de resultados. Para la realización de estos diseños se utilizaron el Proteus de Labcenter Electronics, el compilador PCWH de CCS y el LabVIEW de National Instruments y para su puesta en funcionamiento se realizó el montaje en protoboard.

3.1 Proteus

El entorno de diseño electrónico *Proteus* de *Labcenter Electronics* ofrece la posibilidad de simular código microcontrolador de alto y bajo. Esto permite el diseño tanto a nivel hardware como software y realizar la simulación en un mismo y único entorno. Para ello, se suministran tres potentes subentornos como son el *ISIS* para el diseño gráfico, *VSM (Virtual SystemModelling)* para la simulación y el *ARES* para el diseño de circuitos impresos.

ISIS

El Programa ISIS, Intelligent Schematic Input System (Sistema de Enrutado de Esquemas Inteligentes) permite diseñar el plano eléctrico del circuito que se desea realizar con componentes muy variados, desde simples resistencias, hasta alguno que otro microprocesador o microcontrolador, incluyendo fuentes de alimentación, generadores de señales y muchos otros componentes con prestaciones diferentes. Los diseños realizados en Isis pueden ser simulados en tiempo real, mediante el módulo VSM, asociado directamente con ISIS.

El módulo VSM

Una de las prestaciones de Proteus, integrada con ISIS, es VSM, el Virtual System Modeling (Sistema Virtual de Modelado), una extensión integrada con ISIS, con la cual se puede simular, en tiempo real, con posibilidad de más rapidez; todas las características de varias familias de microcontroladores, introduciendo nosotros mismos el programa que controlará el microcontrolador y cada una de sus salidas, y a la vez, simulando las tareas que queramos que lleve a cabo con el programa.

Se pueden simular circuitos con microcontroladores conectados a distintos dispositivos, como motores, lcd's y teclados en matriz. Incluye, entre otras, las familias de PIC's PIC10, PIC12, PIC16, PIC18, PIC24 y dsPIC33. ISIS es el corazón del entorno integrado PROTEUS. Combina un entorno de diseño de una potencia excepcional con una enorme capacidad de controlar la apariencia final de los dibujos.

ARES

ARES, o Advanced Routing and Editing Software (Software de Edición y Ruteo Avanzado); es la herramienta de enrutado, ubicación y edición de componentes, se utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso, permitiendo editar generalmente, las capas superficiales (Top Copper), y de soldadura (Bottom Copper) (Wikipedia, 2015).

3.2 PCWH_CCS

El compilador de C que se utilizó es el PCWH de CCS Inc. A su vez, el compilador se integra en un entorno de desarrollo integrado (IDE) que va a permitir desarrollar todas y cada una de las fases que se compone un proyecto, desde la edición hasta la compilación pasando por la depuración de errores. La última fase, a excepción de la depuración y retoques *hardware* finales, será programar el PIC.

El compilador de C "traduce" el código C del archivo fuente (.C) a lenguaje máquina para los microcontroladores PIC, generando así un archivo en formato hexadecimal (HEX). Además de éste, también genera otros ficheros.

Dentro del compilador PCWH existen tres modos de compilación PCB para instrucciones de 12 bits, PCM para las de 14 bits y PCH para las instrucciones de 16 bits el modo se selecciona en la parte superior de la ventana. Para abrir la ventana de trabajo se selecciona el ícono *File* luego se selecciona *New Project* y *Project Wizard*, crea un proyecto con un área de trabajo en blanco en la que se empieza a escribir el código (Matos, 2015).

3.3 LabVIEW

Para la creación de la interfaz encargada de procesar y monitorear los datos en la PC se utilizará el software LabVIEW de National Instrument. LabVIEW (Laboratorio Virtual Instrument Ingeniería Workbench) LabVIEW es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. LabVIEW constituye un revolucionario sistema de programación gráfica para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos. Las ventajas que proporciona el empleo de LabVIEW se resumen en las siguientes:

- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.
- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes.

LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el lenguaje C o BASIC. Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas en un importante aspecto: los citados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.

Para el empleo de LabVIEW no se requiere gran experiencia en programación, ya que se emplean iconos, términos e ideas familiares a científicos e ingenieros, y se apoya sobre símbolos gráficos en lugar de lenguaje escrito para construir las

aplicaciones. Por ello resulta mucho más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales.

LabVIEW posee extensas librerías de funciones y subrutinas. Además de las funciones básicas de todo lenguaje de programación, LabVIEW incluye librerías específicas para la adquisición de datos, control de instrumentación VXI, GPIB y comunicación serie, análisis presentación y guardado de datos.

LabVIEW también proporciona potentes herramientas que facilitan la depuración de los programas (National Instruments, 2012).

3.3.1 Características de LabVIEW

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.

Presenta facilidades para el manejo de:

- Interfaces de comunicaciones (Puerto serie, paralelo, Data Socket, USB, Bluetooth, GPIB ...)
- Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones (Multisim, Matlab, 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.

Otra característica se encuentra en el flujo de datos, que muestra la ejecución secuencial del programa, es decir, una tarea no se inicia hasta no tener en todas sus variables de entrada información o que las tareas predecesoras hayan terminado de ejecutarse. Debido al lenguaje gráfico el compilador con que cuenta LabVIEW es más versátil ya que sobre el mismo código de programación se puede ver fácilmente el flujo de datos, así como su contenido. Mediante un constructor de aplicaciones también es posible generar un archivo que puede ejecutarse fuera de LabVIEW.

3.4 Simulación en Proteus 8.3

Se realizó la simulación del SAD en Proteus la cual demostró que el sistema implementado funciona correctamente y que la adquisición y envío de los datos a través del puerto serie se hizo posible.

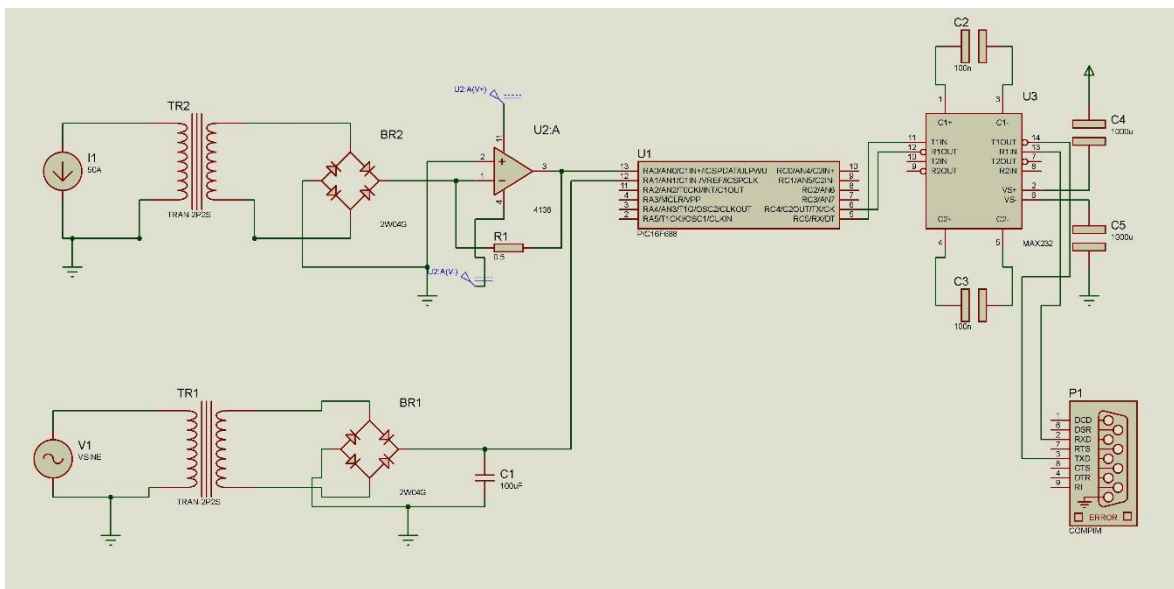


Figura 3.1 Simulación del SAD en Proteus 8.3

3.5 Comprobación del funcionamiento del SAD

Para la comprobación del funcionamiento del SAD propuesto se realizó un montaje del mismo en protoboard. Los componentes utilizados fueron recuperados de otros circuitos electrónicos.

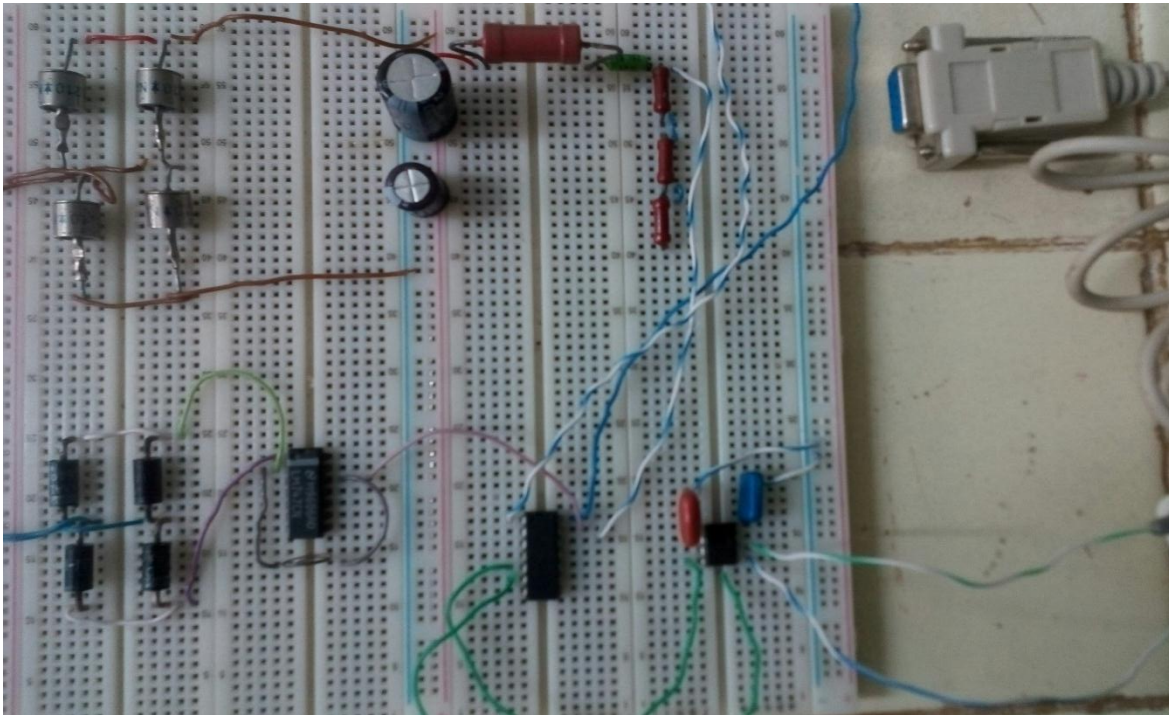


Figura 3.2 Montaje en protoboard del SAD

Para comprobar el funcionamiento del SAD realizado se seguirán los siguientes pasos:

- Comprobación del PIC16F688
- Comprobación del acondicionamiento del sensor de medición de tensión
- Comprobación del acondicionamiento del sensor de medición de corriente
- Visualización de los datos en la PC

3.6 Comprobación del PIC16F688

La programación del PIC se realizó en el compilador CCS la programación del SAD se conectaron los pines 1 y 14 a una fuente de alimentación de 5 V, el 12 y 13 a las señales de tensión y corriente y el 5 y el 6 al módulo de comunicación rs-232.

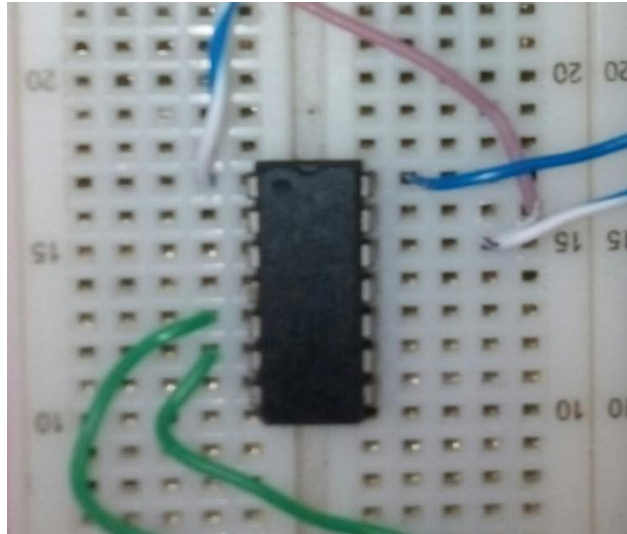


Figura 3.3 Comprobación del funcionamiento del PIC16F688

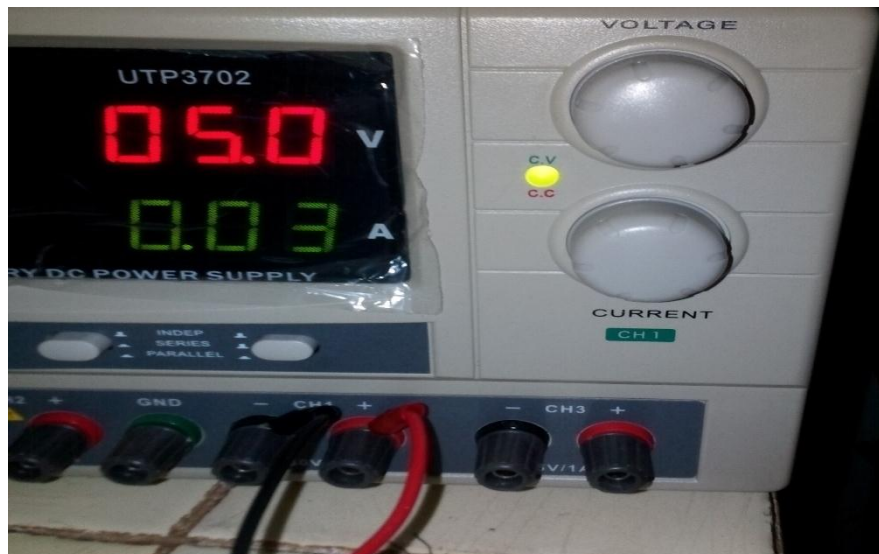


Figura 3.4 Comprobación de la alimentación al PIC

3.7 Comprobación del acondicionamiento del sensor de tensión

Para la comprobación del acondicionador se conectó la señal de salida del circuito a un osciloscopio para comprobar la tensión y la señal continua, que luego, se conecta al PIC16F688.

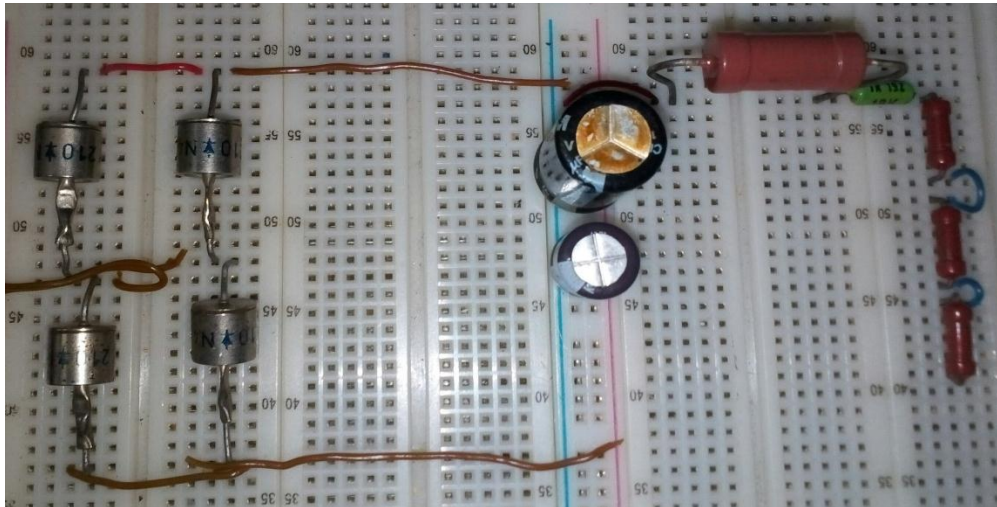


Figura 3.5 Circuito del acondicionador de señal del sensor de tensión

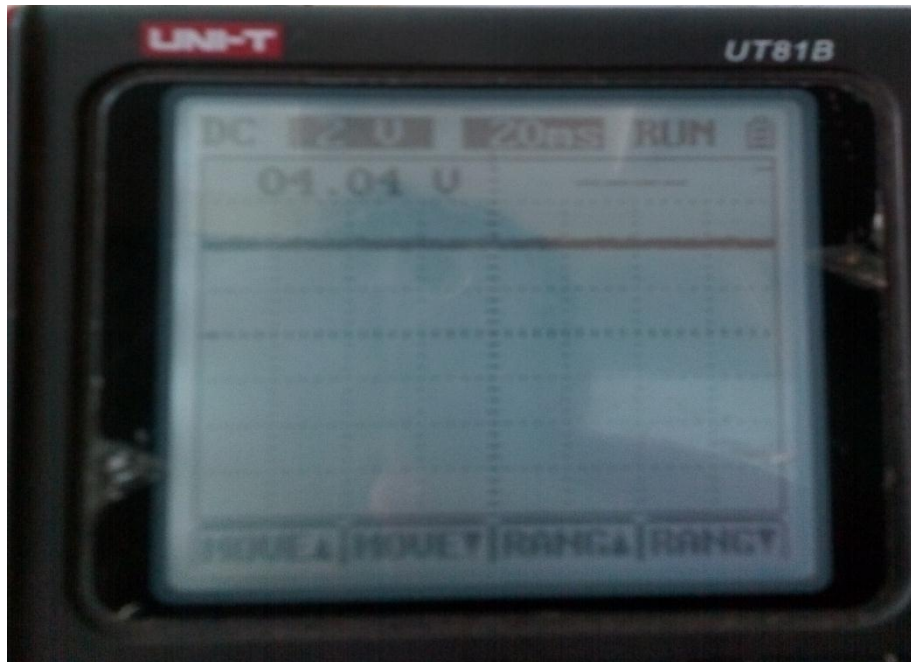


Figura 3.6 Señal rectificada en el osciloscopio

3.8 Comprobación del acondicionamiento del sensor de corriente

Para poder comprobar el funcionamiento del circuito se conectó igualmente un osciloscopio para observar la señal de salida rectificada, que luego es conectado al PIC.

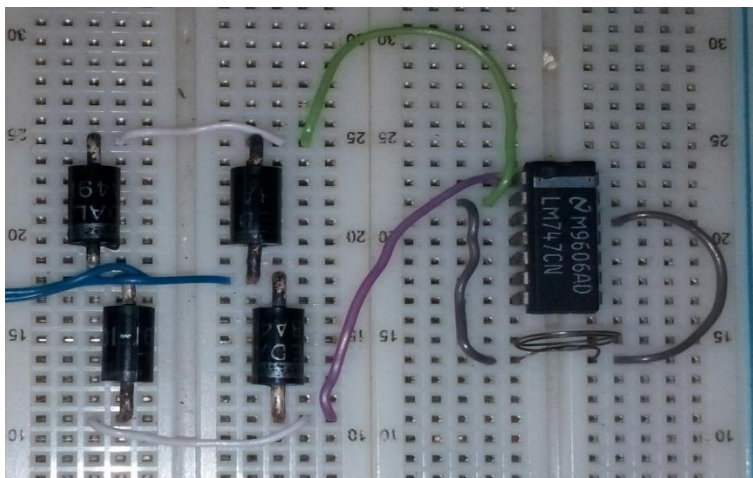


Figura 3.7 Circuito de acondicionamiento de la señal de corriente

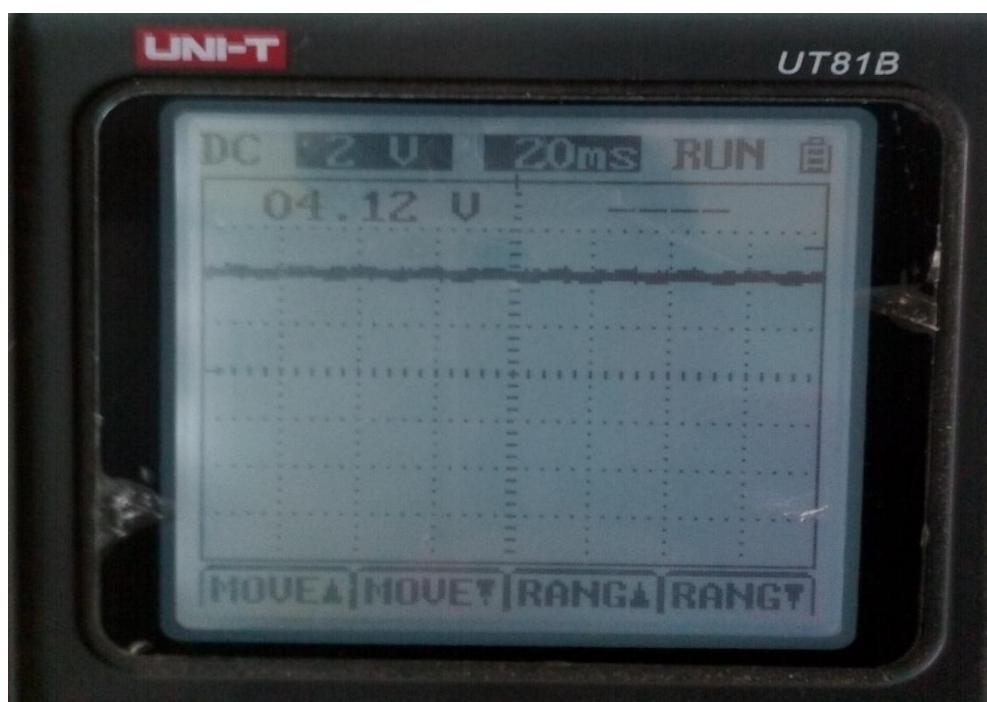


Figura 3.8 Señal rectificada en el osciloscopio

3.9 Visualización de los datos en la PC

Para la visualización de los datos medidos en el SAD se realizó una aplicación en LabVIEW 8.5 mostrada en la figura 3.2, la conexión como se explica anteriormente es mediante un rs-232. Los valores de tensión y corriente del motor se expresan en valores RMS en las gráficas, se mostraron las especificaciones del puerto serie

como el puerto COM utilizado, la velocidad, la cantidad de bits y la paridad, además lleva un botón de encendido y uno de apagado.

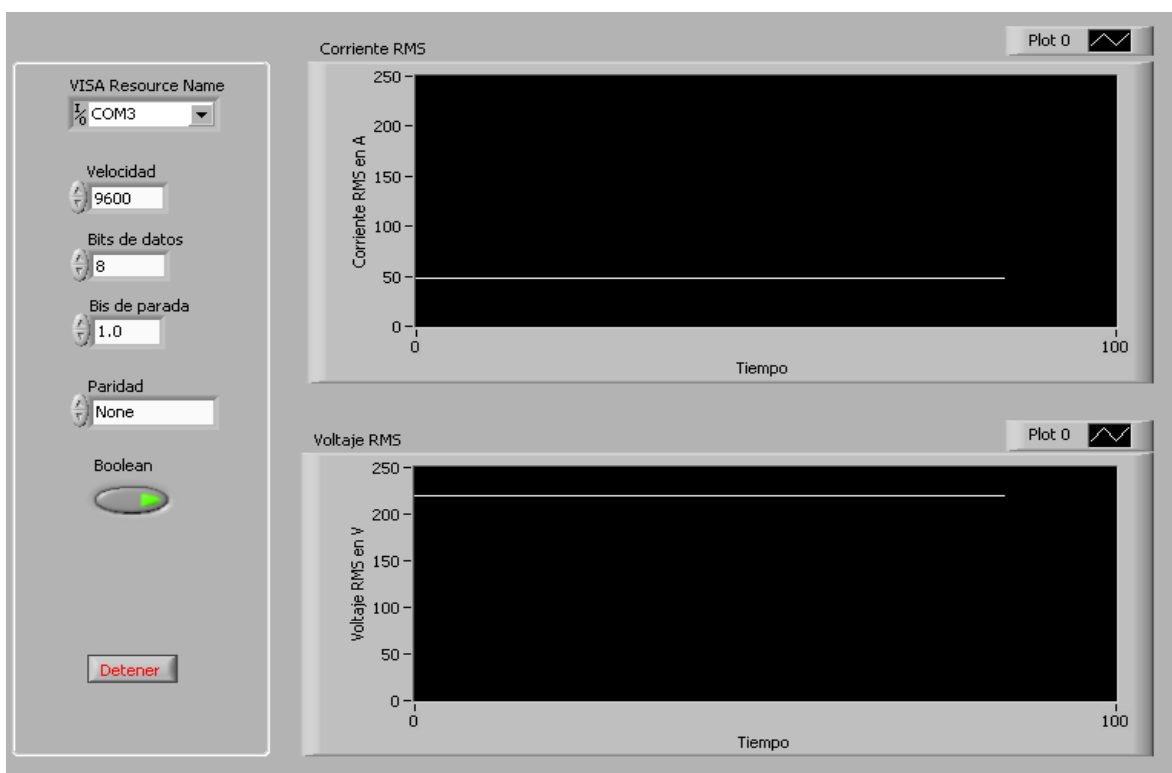


Figura 3.1 Comprobación del funcionamiento de la aplicación en LabVIEW 8.5

3.10 Plan Metodológico

Para incluir este trabajo en el sistema de aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Eléctrica se desarrolla un laboratorio el cual se incluirá en el plan de la asignatura Microcontroladores de 3er año sin embargo puede servir también de objeto de estudio en Mediciones Eléctricas.

Práctica de Laboratorio

Título: Utilización de un sistema de adquisición de datos para la medición de parámetros de tensión y corriente en motor de corriente alterna utilizando LabVIEW.

Objetivos

1. Adquirir habilidades en la manipulación de los SAD y sus componentes.
2. Utilización de programas de monitoreo de procesos como LabVIEW.

3. Dotar al estudiante de los conocimientos suficientes acerca de los sistemas de adquisición de datos.

Fundamento Teórico:**Adquisición de datos:**

Se entiende por Adquisición de datos a la acción de medir variables, convertirlas a formato digital, almacenarlas en un computador y procesarlas en cualquier sentido. Este proceso necesita de una interfaz entre el mundo físico y el computador que se suele denominar como tarjeta de adquisición de datos. Los sistemas de instrumentación se pueden clasificar en dos clases principales, sistemas analógicos y digitales.

Un SAD no es más que un equipo electrónico cuya función es el control o simplemente el registro de una o varias variables de un proceso cualquiera, de forma general puede estar compuesto por los siguientes elementos.

- Sensores
- Amplificadores operacionales
- Amplificadores de instrumentación
- Aisladores
- Multiplexores analógicos
- Multiplexores digitales
- Circuitos Sample and Hold
- Conversores Analógico-digital
- Conversores Digital-analógico
- Microprocesadores
- Contadores
- Filtros
- Comparadores
- Fuentes de potencia

LabVIEW

Para la creación de la interfaz encargada de procesar y monitorear los datos en la PC se utilizará el software LabVIEW de National Instrument. LabVIEW (Laboratorio Virtual Instrument Ingeniería Workbench) LabVIEW es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación.

Características de LabVIEW

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, entre otras.

Presenta facilidades para el manejo de:

- Interfaces de comunicaciones (Puerto serie, paralelo, Data Socket, USB, Bluetooth, GPIB).
- Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones (Multisim, Matlab, 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.

Preguntas a realizar:

1. ¿Qué es un Sistema de Adquisición de Datos?
2. ¿Cuáles son los componentes que componen un SAD?
3. ¿Explique brevemente el funcionamiento del SAD utilizado?
4. Mencione algunas de las principales características del LabVIEW.

Técnica Operaria:

- Conectar el SAD al motor de corriente alterna
- Comprobar la conexión a la PC
- Realizar el encendido del motor
- Abrir la aplicación creada en LabVIEW
- Activar la aplicación para anotar los valores en RMS
- Detener la aplicación y apagar el motor
- Desconectar el SAD

Instrumentos y equipos a utilizar:

- SAD
- Motor WEB Elbtalwerk de corriente alterna
- IBM PC

Contenido del Informe:

- Título de la práctica
- Introducción
- Desarrollo
 - Teoría acerca de los SAD
 - Mediciones realizadas
 - Análisis de los resultados
- Conclusiones

Bibliografía

Trabajo de diploma de Julio Rodríguez.

3.11 Valoración económica

Cada proyecto conlleva un gasto, por lo cual se debe realizar un análisis económico que determinara si es posible su ejecución. En este trabajo se diseñó un laboratorio físico de un sistema de adquisición de datos. A continuación, se muestra una lista del costo de los componentes necesarios para la construcción del SAD.

Componentes	Valor (USD)
1 Microcontrolador (PIC16F688)	6.00
2 Capacitores	0.70
3 Resistencias	0.15
2 Transformadores	1.60
8 Diodos	0.24
1 CI LM747	1.77
1 CI MAX 232	1,95
Total	\$12.41

Como se observa el costo del proyecto a realizarse no conlleva un gran gasto, por lo que, si tenemos en cuenta las ventajas que le brinda un sistema de este tipo a los estudiantes es muy beneficioso la puesta en práctica del mismo en los laboratorios.

3.12 Conclusiones del capítulo

- En este capítulo se estudiaron las herramientas CAD que permiten la simulación del SAD.
- Se creó una aplicación para la visualización de los datos en LabVIEW.
- Se realizó la simulación y el montaje del SAD en protoboard comprobando su funcionamiento.

CONCLUSIONES GENERALES

- Se realizó un estudio de los SAD.
- Se diseñó un SAD para la medición de tensión y corriente en motores de corriente alterna para la realización de prácticas de laboratorio en las asignaturas de Mediciones Eléctricas y Aplicación de los Microcontroladores a la Electroenergética, se propuso además un diseño del circuito impreso.
- Se simuló el SAD propuesto y se realizó el montaje en protoboard, se estableció la comunicación serie entre el circuito simulado y una aplicación creada en LabVIEW para el procesamiento y visualización de los datos.

RECOMENDACIONES

- Establecer una comunicación USB en el sistema
- Modificar al SAD para realizar mediciones múltiples
- Realizar el circuito impreso del SAD

BIBLIOGRAFIA

- [1] E.Garcia. (2009). Compilador CCS y simulador Proteus para microcontroladores PIC.
- [2] G.Rodríguez, S. C., R.Martínez. (2001). Sistema de Adquisición de Señales para Windows SADW2
- [3] Garcia, V. H. I. (2007). Diseño y construcción de un sistema de adquisición de datos de 4 canales analógicos de entrada basado en un PIC16F877 para uso general en los laboratorios de CIAII
- [4] Inc., M. T. (2007). PIC 16F688 Data Sheet.
- [5] Jiménez, L. M. (2005). Laboratorio remoto de control utilizando Matlab y Simulink.
- [6] Lara, G. d. J. C. (2005). Diseño e Implementación de un Sistemas de Control de Velocidad con LabVIEW y el NI-ELVIS para el Motor DMES8G.
- [7] López., A. G. (2015). Diseño de una tarjeta de entrenamiento con el microcontrolador PIC18F4550.
- [8] Luis, J. R. (2012). Adquisición de Señales Digitales y Analógicas con LabView por Puerto USB Mediante VISA Serial.
- [9] Osorio, J. E. (2010). Implementación de un sistema de adquisición de datos para monitorear una maquina de corriente directa.
- [10] Palmero, K. M. (2015). Diseño y simulación de un Sistema de Adquisición de Datos (SAD) utilizando microcontroladores como medio de enseñanza virtual.
- [11] Pérez, E. L. (2010). Protocolo USB (Universal Serial Bus). Ingeniería en Microcontroladores
- [12] Reyes, C. A. (2008). Microcontroladores PIC
- [13] Roza, E. Y. M. (2006). Metodología de diseño para implementar un sistema de adquisición de datos meteorológicos para aeropuertos.
- [14] Yáñez, L. E. LA TARJETA NI USB 6009. Conexiones, configuraciones y ejemplos.

ANEXOS

Anexo 1. Programación del PIC

```
#include <16f688.h>

#device ADC=8

#fuses INTRC,NOWDT,NOPROTECT, NOMCLR

#use delay(clock=8000000)

#use rs232(baud=9600, bits=8, xmit=PIN_C4, rcv=PIN_C5)

void main()
{
    long value;

    float valorI, valorT,yT,yI;

        setup_adc_ports(sAN0|VSS_VDD);

        setup_adc_ports(sAN1|VSS_VDD);

        setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);


//Setup_Oscillator parameter not selected from Intr Oscillotar Config tab


    // TODO: USER CODE!!

//set_adc_channel(PIN_A0);


    delay_ms( 10 );

    while (TRUE)
    {

        setup_adc_ports(sAN0|VSS_VDD);
```

```
set_adc_channel(0);  
  
delay_ms( 10 );  
  
valorT = Read_ADC();  
  
setup_adc_ports(sAN1|VSS_VDD);  
  
set_adc_channel(1);  
  
delay_ms( 10 );  
  
valorI = Read_ADC();  
  
//printf("\n\r %2x",value);  
  
yT=valorT*220/255;  
  
yT=(int)yT;  
  
yT=yT*10;  
  
yI=valorI*220/255;  
  
yI=(int)yI;  
  
yI=yI*10+1;  
  
printf("\r\n %f",yI);  
  
printf("\r\n %f",yT);  
  
delay_ms(500);  
  
}  
  
}
```

Anexo 2. Diagrama de flujo del PIC