



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**DISEÑO CONSTRUCCION Y PRUEBAS DE UN
SISTEMA ELECTRONICO DE MEDICION DE
CORROSION EN MATERIALES METALICOS
BASADO EN UN MICROCONTROLADOR
MC68HC811EZ**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA ELECTRICA Y ELECTRONICA
P R E S E N T A N :
CATARINO ERNESTO NORIEGA RIOJA
RICARDO ALEJANDRO MENDOZA MARTINEZ
ROBERTO PABLO GUADARRAMA VEGA**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**FACULTAD DE
INGENIERIA**



CIUDAD UNIVERSITARIA

1994



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Queremos dar un agradecimiento especial a la Ing. Jaqueline Guadarrama Liño y a el M.I. Victor González Villela, por los conocimientos y el apoyo brindados como asesores en la elaboración de esta tesis.

RICARDO, ROBERTO Y ERNESTO.

Gracias a nuestros compañeros y amigos, que nos tendieron la mano cuando necesitamos un consejo o un apoyo durante el desarrollo del presente trabajo: Botello Aranda Tomás Antonio, Castillo Negrón Luis Enrique y Villafranca Bonilla Carlos Alberto.

RICARDO, ROBERTO Y ERNESTO.

En este, mi último trabajo escolar que sirve para obtener el título de INGENIERO, quiero dejar constancia de mi agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma, me han ayudado para la consecución de esta meta, pero principalmente a mis padres Altagracia y Martín, que no sólo me dieron la vida sino además todo el apoyo y la oportunidad para forjarme, para superarme y así salir adelante en la vida.

ROBERTO.

Como un reconocimiento especial quiero dar las gracias a mis Padres Sofía y Raúl , a mis hermanos Miguel, Laura, Raúl, Mercedes, Socorro e Ignacio que de cualquier manera contribuyeron a que finalmente haya concluido mi carrera de Ingeniero con éxito.

A Nérida Calvillo por el amor y apoyo dados sin condición, a todas las personas y amigos por su colaboración.

Y a Dios por permitirme vivir y lograr mis objetivos.

ERNESTO.

INDICE

INDICE.

<u>INTRODUCCION.....</u>	1
--------------------------	---

CAPITULO 1.

CONCEPTOS BASICOS.

1.1.- CORROSION.....	3
1.2.- ¿QUE ES UN MEDIDOR DE CORROSION?.....	8
1.3.- ELEMENTOS QUE LO COMPONEN.....	9

CAPITULO 2.

DESARROLLO DEL MEDIDOR DE CORROSION.

2.1- ALTERNATIVAS Y ELECCION DE LOS ELEMENTOS PARA REALIZAR EL PROYECTO.

2.1.1.- ELECCION DE LOS ELEMENTOS.....	12
2.1.2.- PRINCIPIOS BASICOS DE DISEÑO CON MICROPROCESADORES	14
2.1.3.- METODOS DE DISEÑO Y SELECCION DEL MICROPROCESADOR.	16

2.2.- ETAPA DE AMPLIFICACION Y MEDICION.

2.2.1.- FUNCION PRINCIPAL.....	19
2.2.2.- ELEMENTOS QUE LO COMPONEN.....	20

2.3.- ETAPA DE PROCESAMIENTO DE DATOS CON EL M68HC11E2.

2.3.1.- FUNCION PRINCIPAL.....	27
2.3.2.- ELEMENTOS QUE LO COMPONEN.....	30

2.4.- ETAPA DEL SOFTWARE POR P.C.

2.4.1.- FUNCION PRICIPAL.....	49
2.4.2.- DIAGRAMA DE FLUJO.....	52

CAPITULO 3

DISEÑO CONSTRUCCION Y PRUEBAS.

3.1.- DISEÑO DE HARDWARE.

3.1.1.- ETAPA DE MEDICION Y AMPLIFICACION..... 53

3.1.2.- ETAPA DE PROCESAMIENTO DE DATOS..... 57

3.2.- DISEÑO DEL SOFTWARE.

3.2.1.- PROGRAMA DEL MENU PRINCIPAL PARA LA P.C..... 62

3.2.2.- PROGRAMA CONTROLADOR INTERNO DEL MC68HC11E2..... 66

3.3.- PRUEBAS DEL MEDIDOR

3.3.1.- ETAPA DEL HARDWARE TOTALMENTE TERMINADO..... 86

3.3.2.- PROGRAMA DEL MENU PRINCIPAL TOTALMENTE INSTALADO.. 89

CONCLUSIONES...... 94

BIBLIOGRAFIA...... 98

APENDICE A.

APENDICE B.

INTRODUCCION

INTRODUCCION.

Dentro del desarrollo industrial, las empresas se han encontrado con un problema muy fuerte, el cual les ha ocasionado pérdidas económicas en gran escala.

A este problema se le conoce como "CORROSION" de los materiales o elementos metálicos con los que trabajan.

Algunas compañías industriales, saben del costo tan elevado que les ocasiona el tratar de proteger los diferentes metales con los que trabajan y tratan de lograr que estos materiales tengan una mayor duración y un óptimo aprovechamiento.

En México la importación de los materiales es muy costosa, principalmente si se trata del aluminio, material que en nuestro país es muy escaso.

En base a estos dos problemas que se presentan, en el departamento de mecánica de la Facultad de Ingeniería (F.I.) de la Universidad Nacional Autónoma de México (U.N.A.M.) se han emprendido estudios sobre un nuevo material que presenta características especiales llamado "ZINALCO", el cual consiste en una aleación de Zinc con Aluminio y Cobre. Este material surgió del Instituto de Materiales de la U.N.A.M., y se sabe que es tan resistente como el acero, y por sus características es muy poco corrosivo, y para probarlo, en el departamento de mecánica de la F.I. se le quieren realizar estudios y pruebas de corrosión.

Para poder realizar pruebas de corrosión del ZINALCO así como de cualquier otro material metálico en general, desarrollamos un proyecto electrónico dentro del Centro de Diseño y Manufactura (C.D.M.), del Laboratorio de Electrónica llamado **MEDIDOR DE CORROSION.**

Precisamente el objetivo de este trabajo de tesis es el de exponer el funcionamiento y diseño del prototipo en cuestión, dividiéndolo en tres capítulos que consisten en lo siguiente:

El primer capítulo da una explicación breve acerca de la corrosión y sus diferentes manifestaciones, también se da la definición del proyecto y los principales elementos que lo componen.

En el segundo capítulo se exponen las alternativas y elección de los elementos que componen el MEDIDOR DE CORROSION, explicando a su vez los métodos de diseño y la elección del microcontrolador. Se desarrolla también de una manera más detallada la función de cada una de las etapas que lo componen, definiendo su función principal.

En el último capítulo se detalla con mayor claridad tanto el diseño del hardware como el diseño del software. Se profundiza en los programas y diagramas del proyecto y se explican las pruebas realizadas, determinando y asegurando el buen funcionamiento del prototipo final.

Esto es a grandes rasgos lo que nos llevó a la elaboración de este trabajo, esperando que ayude a la investigación de la corrosión no solo del Zinalco sino de cualquier otro elemento metálico en que se pueda aplicar.

CAPITULO I. CONCEPTOS BASICOS

CAPITULO 1. CONCEPTOS BASICOS.

1.1.- CORROSION.

La corrosión se define como el deterioro de una sustancia (usualmente un metal) o sus propiedades debido a una reacción con el medio ambiente, o también como la degradación química (oxidación) de los metales.

La oxidación tiene lugar cuando una sustancia pierde o comparte sus electrones. Y por otro lado, ocurre una reducción cuando existe una ganancia de electrones. La sustancia que proporciona electrones a algo es llamada agente reductor y a la que gana electrones se le conoce como agente oxidante.

Existen varios tipos de corrosión de las cuales la que nos interesa conocer y tiene relación con el proyecto, es la Corrosión Galvánica, mencionaremos las otras para que de alguna forma podamos tener una idea de cómo los materiales se van deteriorando de maneras diferentes al tener contacto con el medio ambiente o con alguna sustancia corrosiva.

CORROSION POR RAJADURA.

Este tipo de corrosión se produce a consecuencia de volúmenes de soluciones estancadas en agujeros, depósitos superficiales y rajaduras debajo de tornillos, pernos y remaches.

DISOLUCION SELECTIVA.

Es la separación de uno de los elementos de una aleación sólida por un proceso de corrosión. Entre los casos que se presenta está la dezincificación, que es la remoción del zinc del latón, la dealuminificación, descobaltificación, etc.

CORROSION INTERGRANULAR.

Se presenta como una franja estrecha de ataque, que se propaga a lo largo de los límites de los granos de un metal.

CORROSION POR EROSION.

Es la aceleración o incremento del ataque de un metal debido al movimiento relativo entre un fluido corrosivo y la superficie del metal. Generalmente estos movimientos son rápidos e involucran efectos abrasivos. Se caracteriza por una apariencia de muescas, zanjas, agujeros, valles y usualmente se observan líneas direccionales.

Como un caso especial de este tipo de corrosión esta el daño por cavitación, el cual es causado por la formación y colapso de burbujas de vapor en la superficie del líquido, muy cerca de la superficie del metal.

CORROSION POR ESFUERZO.

Esta se basa en el rompimiento causado por la presencia simultánea de esfuerzos de tensión y un medio corrosivo específico. El metal o aleación sólo se ataca en zonas localizadas. Entre las variables que afectan este tipo de corrosión están: temperatura, composición del metal, esfuerzos y estructura del metal.

CORROSION GALVANICA.

Usualmente, entre dos metales distintos existe una diferencia de potencial, cuando están sumergidos en una solución conductora o corrosiva. Cuando ambos metales se ponen en contacto eléctricamente por medio de la solución, la diferencia de potencial produce un flujo de electrones entre ellos, provocando que el metal menos resistente se vuelva anódico y el más

resistente catódico; el elemento anódico es el que se corroe más.

En la tabla siguiente se presenta la fem que produce el metal en base al de hidrógeno.

Metal-ión	Potencial del Electrodo VS
Metal	H ₂ a 25°C
Au-Au ⁺³	+1.498
Pt-Pt ⁺²	+1.2
Pd-Pd ⁺²	+0.987
Ag-Ag ⁺	+0.799
Hg-Hg ₂ ⁺²	+0.788
Cu-Cu ⁺²	+0.337
H ₂ -H ⁺	0.000
Ph-Ph ⁺²	-0.126
Sn-Sn ⁺²	-0.136
Ni-Ni ⁺²	-0.250
Co-Co ⁺²	-0.277
Cd-Cd ⁺²	-0.403
Fe-Fe ⁺²	-0.440
Cr-Cr ⁺³	-0.744
Zn-Zn ⁺²	-0.763
Al-Al ⁺³	-1.662
Mg-Mg ⁺²	-2.363

TABLA 1.1 SERIE FEM DE METALES.

El potencial que se produce entre los metales expuestos a soluciones, son medidos de una manera muy precisa a una temperatura constante, arbitrariamente se definió el electrodo de hidrógeno como cero y es el que se toma como referencia.

El proceso de corrosión se lleva a cabo en un medio ambiente con agua, aire y entre la interfaz de ambos. Cualquier material colocado en una fase acuosa iniciará un proceso de descomposición. Si se emplean dos metales diferentes tales como el zinc y el cobre por ejemplo, y ambos se colocan en agua y se une a los metales en su parte externa al electrólito, se creará una condición de corrosión como se observa en la siguiente figura:

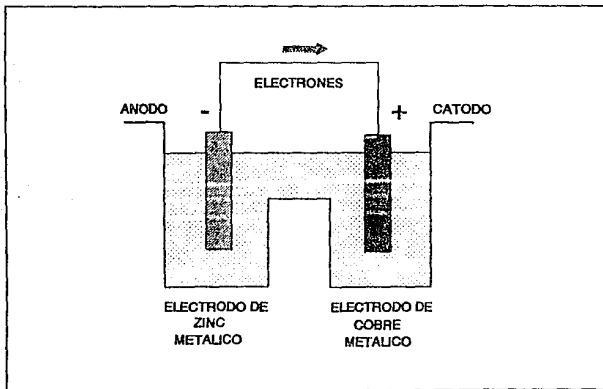


FIGURA 1.1 CELDA GALVANICA.

En resumen, ésta es una celda sencilla galvánica que nos muestra un tipo particular de corrosión que se presenta cuando dos metales diferentes son expuestos a un electrólito y son físicamente conectados exteriormente, derivándose así su nombre de corrosión galvánica, en la cual nuestro proyecto tendrá el papel de tomar esas pequeñas diferencias de potencial (por medio de un amplificador diferencial) que son producidas, para poder usar estos valores con fines de estudio de los metales.

En la siguiente figura se presenta de manera esquemática la forma en que se toman los valores de corrosión, utilizando como medio un amplificador operacional. Como se puede observar, al conectar eléctricamente un amplificador operacional, se produce una corriente I_r , que es convertida por el mismo amplificador a voltaje, siendo éstos los valores de lecturas con los que el medidor trabajará.

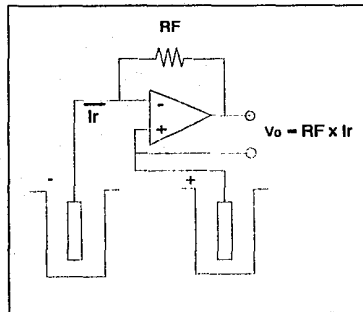


FIGURA 1.2 CIRCUITO BASICO.

1.2.- ¿QUE ES UN MEDIDOR DE CORROSION?

Como ya lo mencionamos anteriormente, en el proceso de la corrosión galvánica, se produce una diferencia de potencial, esta diferencia de potencial produce valores muy pequeños de corriente (nA), al unir eléctricamente los electrodos; los cuales van a ser leídos y almacenados por medio de un dispositivo que será de gran utilidad para el estudio de los metales, el cual a continuación definiremos.

Al dispositivo que va a realizar este tipo de lecturas en un proceso de corrosión galvánica le llamaremos **"MEDIDOR DE CORROSION"**.

Su objetivo será el de tomar las lecturas de esas pequeñas corrientes que son convertidas por la etapa de medición a valores de voltaje, en determinados lapsos de tiempo para que después sean almacenadas en una computadora para su análisis y manejo que dentro de su investigación el usuario desee darles. También tomamos en cuenta en el diseño al investigador, el cual debe tener un acceso que le permita manejar con mayor facilidad el prototipo.

La corrosión es un proceso normalmente lento, el cual dependiendo del material a medir será mayor o menor el tiempo en que el proceso químico tarde en llevarse a cabo. El proyecto contempla este problema, dándole al usuario diferentes intervalos de tiempos para tomar las lecturas de corrientes, los cuales van desde intervalos de tiempo de segundos hasta intervalos de tiempo de días.

En conclusión, el medidor de corrosión se limitará a tomar lecturas de los diferentes

valores de corriente que se vayan produciendo durante el proceso químico experimental de corrosión por medio de los dos electrolitos, que se encontrarán conectados a la parte de medición del proyecto.

1.3.- ELEMENTOS QUE LO COMPONEN.

El medidor de corrosión está dividido en tres etapas importantes que son: Etapa de medición y amplificación, etapa de procesamiento de datos por medio de hardware y finalmente la etapa de procesamiento de datos por software, estas etapas se muestran en figura 1.3.

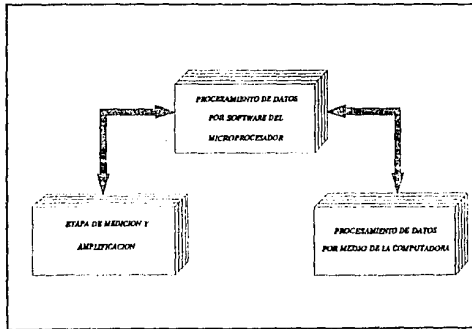


FIGURA 1.3 ETAPAS DEL PROYECTO.

Cada uno de los bloques mostrados realiza una tarea específica muy importante que nos ayudará a entender de manera global el funcionamiento y las características principales de cada uno de los elementos del sistema.

El bloque de instrumentación y amplificación nos ayuda a tomar los valores de corriente que directamente de los electrodos se produce al cerrar el circuito que muestra la fig. 1.2. y convertirlos a voltaje.

Este amplificador (que en la práctica es más complejo que como se presenta en la fig. 1.2) es de mucha utilidad ya que está diseñado de tal manera que al efectuar las mediciones, éstas no sean afectadas y traten de llegar de una manera fiel y sin distorsión a la etapa de procesamiento de datos por hardware.

El tipo de circuito utilizado está compuesto básicamente de amplificadores y resistencias.

Este amplificador reúne tres características muy importantes que lo hacen muy utilizado en diversos diseños de circuitos para medición que son:

- a) Ganancia de voltaje desde la entrada a la salida es realizada por medio de un resistor.
- b) La resistencia de entrada que se tiene en el amplificador es muy alta, y no varía conforme se varía la ganancia.
- c) V_o no depende del voltaje común de los voltajes de entrada (RMC) sino de su diferencia.

En cuanto al bloque de procesamiento de datos por el microprocesador, podemos decir que se encuentra el programa que controla todas las acciones y procedimientos que le servirán al usuario para manejar en base a sus necesidades todos los datos.

Esta etapa es la primordial y el corazón del proyecto, la cual en base a un programa interno establecido, controlará la información y la comunicación que existirá entre el bloque de procesamiento de datos por la P.C. y el bloque de datos del microprocesador.

La última etapa del proyecto es la de procesamiento de datos por medio de la P.C. Esta etapa consta de un programa en un lenguaje que se mencionará más adelante, el cual nos ayuda a que el usuario pueda tener un manejo accesible del prototipo. El programa está diseñado para desplegar un menú de opciones que facilitan su operación.

El menú se realizó de tal forma que el usuario pueda manipular toda su información por medio de la computadora sin necesidad de inmiscuirse con las otras etapas del proyecto.

CAPITULO 2. DESARROLLO DEL MEDIDOR DE CORROSION.

CAPITULO 2. DESARROLLO DEL MEDIDOR DE CORROSION.

2.1.- ALTERNATIVAS Y ELECCION DE LOS ELEMENTOS PARA REALIZAR EL PROYECTO.

2.1.1.- ELECCION DE LOS ELEMENTOS.

La elección de los elementos en un sistema digital es una parte muy importante dentro de la realización de cualquier tipo de proyecto, ya que de ello depende la elaboración real del mismo.

Los elementos que deben analizarse son los siguientes: el costo, la cantidad de información a procesar, facilidad de manejo y aplicación.

En cuanto al costo, la gran disponibilidad de componentes a gran y media escala de integración nos permiten tener un acceso real de los mismos, como por ejemplo un microcontrolador.

En cuanto a la cantidad de información a procesar, elegimos el uso del microcontrolador como la base de funcionamiento del medidor de corrosión, ya que éste reúne las características principales.

Otro punto que analizamos, fue el de ver qué tipo de personas utilizarían el medidor de corrosión, para diseñarlo a sus necesidades.

Referente a la facilidad de manejo y aplicación, analizamos el problema al que se aplicaría. Se observó que se tenía que interconectar a un dispositivo conocido para el investigador, como por ejemplo una computadora para poder así acceder con menos complejidad a su manejo.

El analizar todos estos elementos nos permitió elegir y plantear una solución que se presenta en el siguiente diagrama:

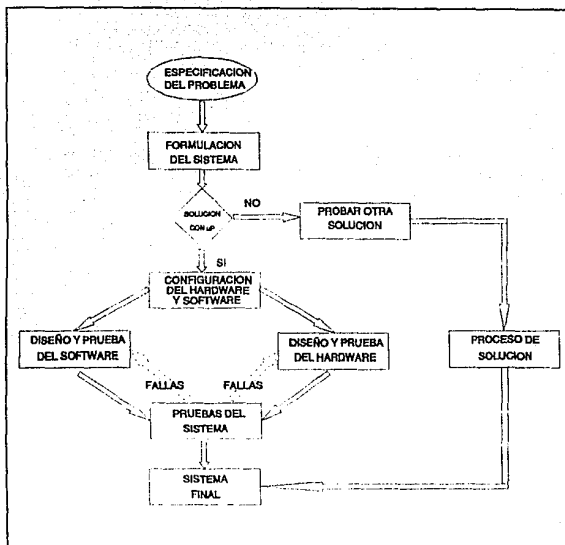


FIGURA 2.1 PLANTEAMIENTO DE UN PROBLEMA CON MICROPROCESADOR.

2.1.2.- PRINCIPIOS BÁSICOS DE DISEÑO CON MICROPROCESADORES.

Para que el diseño de un sistema empleando microprocesadores quede estructurado de manera adecuada, deben atenderse los siguientes principios fundamentales:

- MODULARIDAD.

Aquí se engloba el hecho de la partición de un determinado problema en una serie de tareas más simples; esto es, la división de una macro tarea en partes, para facilitar la solución final.

- REGULARIDAD.

Este principio se basa en el parecido que se da entre los diversos módulos operativos y consiste en establecer semejanzas entre dos o más módulos funcionales de un sistema para ahorrar tiempo.

- LOCALIDAD.

Este término nos habla de la ubicación espacial del problema que estamos analizando, respecto a su contexto. La localidad a nivel módulo nos permite reafirmar la organización de los diversos módulos del medidor. La localidad a nivel sistema nos permite visualizar la interacción del sistema con su entorno externo.

- CONECTIVIDAD.

Es la manera en que se establece la comunicación de los diferentes módulos en un sistema. Es la relación y comunicación de un sistema y el mundo exterior.

Por otro lado, es importante tomar en cuenta en todo diseño de sistemas, factores que afecten de manera significativa las características del mismo. Entre los factores que afectan

un diseño con microprocesadores están:

- MEDIO AMBIENTE.

El entorno y las condiciones en que se desarrollará un sistema son determinantes en un diseño, ya que los componentes deben ser adecuados para trabajar en ciertas condiciones; además de adecuar de cierta manera los componentes a emplear en un sistema, también se debe tener apego a ciertas normas para tener al sistema funcionando en un entorno estándar.

- ERGONOMIA.

En todo diseño se debe cuidar grandemente que el sistema en desarrollo se apegue a las necesidades físicas del usuario, el sistema debe cubrir tanto las necesidades técnicas como de comunicación con el usuario.

- PRECISION Y EXACTITUD.

Estos factores influyen de manera importante ya que de alguna forma determinan las características de frecuencia de operación, capacidad de memoria, características de interfaz para manejar algún tipo de variable, etc.

2.1.3.- METODOS DE DISEÑO Y SELECCION DEL MICROPROCESADOR.

Para llevar a cabo el diseño de un sistema se dispone de dos técnicas que son:

- Diseño funcional ascendente.
- Diseño funcional descendente.

DISEÑO FUNCIONAL ASCENDENTE.

Es una técnica que empieza en el nivel de complejidad más bajo y termina en el más alto. Se analizan las partes que se tienen y se integran para resolver un problema.

El diseño ascendente se refiere a la identificación de aquellos procesos o subsistemas que necesitan llevarse a cabo conforme vayan apareciendo. Aunque cada subsistema puede ofrecer lo que se requiere, cuando se contempla al sistema como una entidad global, adolece de ciertas limitaciones por haber tomado un enfoque ascendente. Una de estas limitaciones es que se introducen al sistema elementos redundantes de manera injustificable y la limitación más seria es que los objetivos globales de la organización tal vez no fueron considerados, y en consecuencia, no se satisfacen.

DISEÑO FUNCIONAL DESCENDENTE.

En esta técnica se analiza el problema que se tiene, como un todo, planteándose los objetivos globales de la organización, para enseguida empezar a dividir al sistema total en varios módulos para ver qué subsistemas pueden resolverlo. Esta técnica es usada cuando se quiere diseñar algún componente o prototipo.

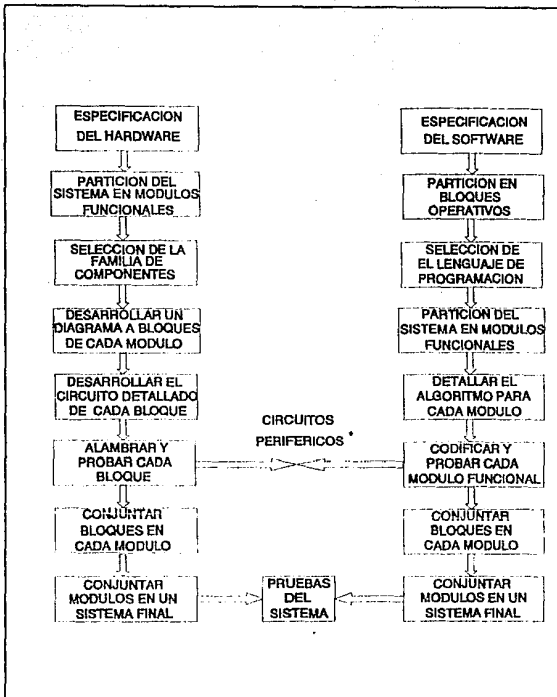


FIGURA 2.2 DISEÑO FUNCIONAL DESCENDENTE.

A través de esta metodología se tienen las siguientes ventajas:

- Evita el caos originado al tratar de diseñar el sistema en un solo paso.
- Cuenta con grupos de analistas, trabajando por separado pero simultáneamente en subsistemas independientes. Esto ahorra tiempo.
- Evita que el analista se adentre en detalles y de la pauta para que se pierdan los objetivos centrales del problema.

Sin embargo debe cuidarse lo siguiente:

- Existe la posibilidad de que el sistema se divida en subsistemas incorrectos.
- Una vez que se realizan las divisiones en subsistemas, su interfaz puede descuidarse o ignorarse.
- Los sistemas deben de integrarse eventualmente. Estos mecanismos de integración deben plantearse al principio.

En el diseño del medidor de corrosión se utilizó el tipo de modularidad descendente, ya que se definieron los objetivos globales de una manera clara.

En base a este tipo de diseño, se eligió para el proyecto al microcontrolador MC68HC11E2, el cual reunió las características de análisis para su utilización.

2.2.- ETAPA DE AMPLIFICACION Y MEDICION.

2.2.1.- FUNCION PRINCIPAL.

La etapa de medición y amplificación es la base del proyecto, ya que de la confiabilidad de los datos que éste proporcione, depende el buen funcionamiento del prototipo.

Su función principal consiste en tomar valores de corriente, que se producen al cerrar el circuito que se nos presenta al colocar dos materiales diferentes en una solución acuosa para generar corrosión (Ver fig. 2.3).

Como los valores que se obtienen de este amplificador son muy pequeños, del orden de milivolts, se optó por diseñar una etapa de amplificación e instrumentación como lo mostrará la figura 3.2.

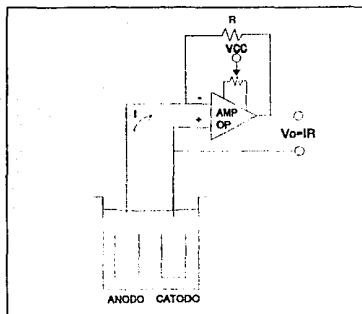


FIGURA 2.3 ELEMENTOS PARA MEDICION Y AMPLIFICACION TL081C.

Los amplificadores operacionales cuentan con una compensación interna desde su encapsulado de tal forma que las lecturas dadas por este circuito sean lo más fiel y exactas posibles, dándoles además la ganancia adecuada para que el convertidor analógico digital del microcontrolador pueda leerlas.

2.2.2.- ELEMENTOS QUE LO COMPONEN.

Para poder determinar qué elementos componen esta etapa, la misma fué dividida en tres subetapas para comprender mejor su funcionamiento y son las siguientes: convertidor de corriente a voltaje, amplificación e instrumentación y fuente de alimentación. La etapa de procesamiento de datos con el microcontrolador es alimentado con esta fuente, pero su funcionamiento se explicará en la siguiente sección ya que la figura 2.4 también nos la presenta.

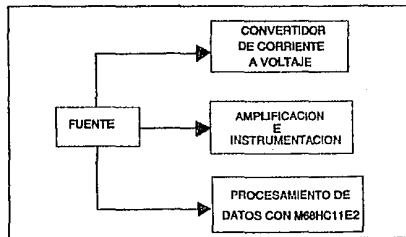


FIGURA 2.4 FUENTE DE POLARIZACIÓN.

La parte de conversión de corriente a voltaje consta de un amplificador operacional TL081CP compensado; este amplificador está construido con tecnología BI-FETII con un

ajuste interno de voltaje de offset.(Ver Fig.2.3).

El TL081CP se recomienda en aplicaciones como: integradores de alta velocidad, convertidores D/A de alta velocidad, en circuitos que requieran bajo voltaje de offset de entrada, baja corriente de bias y alta impedancia de entrada, gran ancho de banda, bajos voltajes y corrientes de ruido de entrada.

En la siguiente tabla aparecen algunos datos importantes que proporciona el fabricante sobre el TL081CP.

TABLA 2.1 CARACTERISTICAS (TL081).

Ajuste interno de voltaje de offset	15 mV
Corriente de bias de entrada	50 pA
Ancho de banda	4 MHz
Alta impedancia de entrada	10×10^{12} ohms
Slew rate	13 V/ μ s
Voltaje de ruido de entrada	25 nV/Hz
Corriente de ruido de entrada	.01 pA/Hz
Bajo suministro de corriente	1.8 mA

En la subetapa de amplificación se tiene un circuito de instrumentación que nos permite obtener lecturas de una confiabilidad alta debido a las siguientes ventajas que presenta:

a) Utiliza varios amplificadores operacionales y resistencias de precisión, en consecuencia lo hace muy estable y exacto cuando se requiere precisión en la medición.

b) Presenta una gran resistencia de entrada aún cuando la ganancia sea variable.

c) El voltaje de salida no depende del voltaje en modo común, es decir, tiene alto rechazo de modo común (CRRM).

d) Las corrientes de polarización (Ibias) son muy bajas y por lo tanto disminuye el error en el voltaje de salida.

Debido a lo anterior se trató de conseguir un amplificador de instrumentación integrado en un solo circuito, como por ejemplo: El LH0036 o el LH0084 que son amplificadores de instrumentación de ganancia digital programable. El LM363 es un amplificador de instrumentación de precisión.

En el mercado nacional no se encontró ninguno, por lo que se tuvo que construir uno, a base de amplificadores operacionales comerciales.

De toda la gama de amplificadores operacionales existentes en el mercado, era necesario contar con uno que tuviera las características adecuadas para la construcción de un amplificador de instrumentación que fuera lo mas exacto posible, también que se pudiera acoplar fácilmente al sistema (Medidor de corrosión); las características más importantes que se tomaron en cuenta fueron:

a) Corrientes (Ibias) muy bajas.

b) Polarización con una sola fuente positiva.

c) Inmunidad al ruido.

- d) Alta impedancia de entrada.
- e) Gran ancho de banda.
- f) Inmunidad al ruido.
- g) Alta impedancia de entrada.

Características de los componentes.

El circuito seleccionado para el diseño finalmente fué el amplificador operacional TL074, ya que está construido con tecnología JFET y es una serie diseñada para las características antes mencionadas, además cada amplificador operacional cuenta con compensación interna, garantizado por el fabricante.

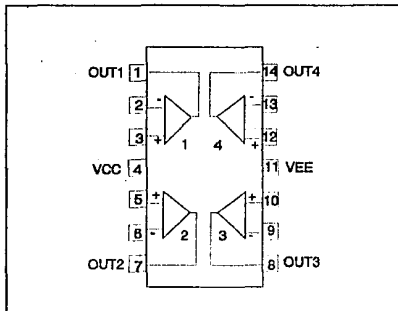


FIGURA 2.5 CIRCUITO INTEGRADO TL074

En la siguiente tabla aparecen algunos datos importantes que proporciona el fabricante:

TABLA 2.2 CARACTERISTICAS DEL CIRCUITO TL074.

Ajuste interno de voltaje de offset	3 mV
Corriente de bias de entrada	65 pA
Ancho de banda	3 MHz
Alta impedancia de entrada	10×10^{12} ohms
Slew rate	13 V/ μ s
Voltaje de ruido de entrada	18 nV/Hz
Corriente de ruido de entrada	.02 pA/Hz
Bajo consumo de corriente	1.4 mA

La última subetapa es la fuente de alimentación, la cual nos permite darle a todo el proyecto el voltaje y la corriente necesaria para su funcionamiento. La figura 2.6 nos muestra su diagrama eléctrico y la figura 2.7 su diagrama esquemático.

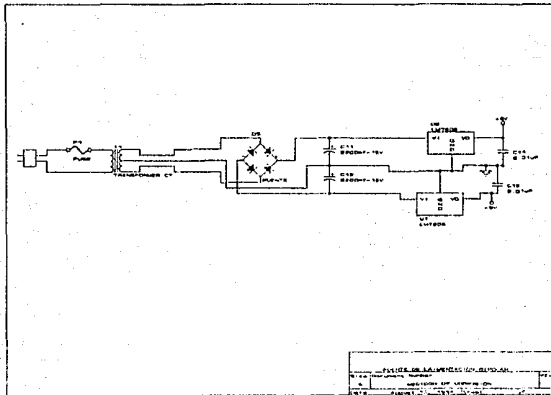


FIGURA 2.6 FUENTE DE ALIMENTACION.

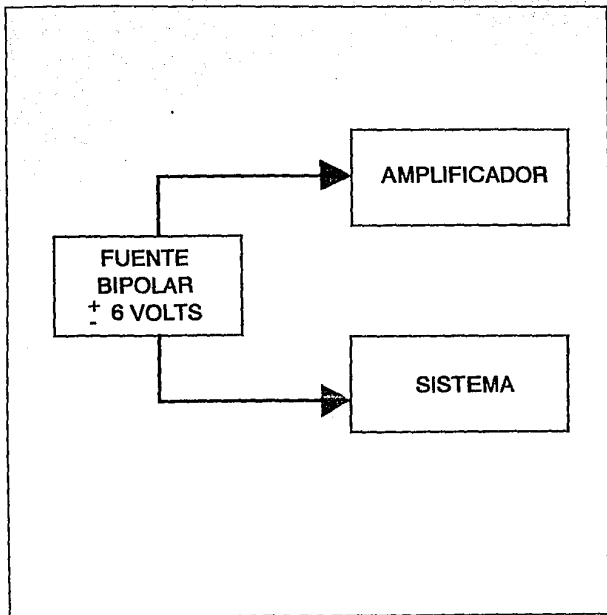


FIGURA 2.7 FUENTE DE POLARIZACION SIMETRICA

2.3.- ETAPA DE PROCESAMIENTO DE DATOS CON EL MC68HC811E2.

2.3.1.- FUNCION PRINCIPAL.

Su función principal consiste en emplear correctamente las señales de voltaje y corriente que se generan al poner en reacción química dos metales con características diferentes.

A continuación, en forma muy general se describe el proceso que sufren las señales (voltaje y corriente).

En el capítulo anterior mencionamos que cuando dos metales con características diferentes se ponen en un electrolito, éstos reaccionan químicamente, generándose corrientes muy pequeñas (del orden de nanoamperes) que serán amplificadas con ayuda de un "Amplificador de Instrumentación". Una vez que se amplificó la señal y con la ayuda de un convertidor Analógico/Digital con que cuenta el microcontrolador MC68HC811E2, se procederá a manejar correctamente las señales y así poder convertirlas en datos.

Estos datos, serán almacenados en la memoria RAM del microcontrolador para que después puedan ser enviados a la computadora o a la impresora a través de una interfaz de comunicación serie.

La siguiente figura muestra la interacción de la computadora, impresora y el medidor de corrosión, así como el sentido del flujo de datos (Transmisión y Recepción o únicamente Recepción).

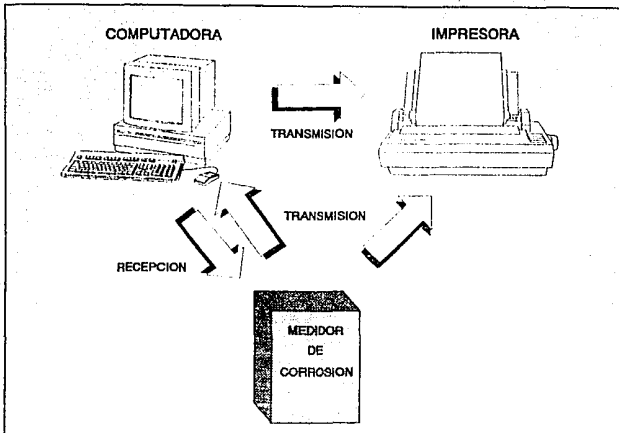


FIGURA 2.8 INTERACCION DE PERIFERICOS CON EL SISTEMA.

Por otro lado existirán variables de suma importancia al hacer las lecturas, que podrán modificarse cuando se crea conveniente; entre ellas podemos citar:

- Formas de trabajo del sistema en general

- a) Remoto.
- b) Esclavo.

El modo "remoto" surge de la necesidad de poder transportar el sistema a un centro de trabajo distante, en donde no se cuente con una computadora o una impresora para desplegar la información generada.

Sus principales características son:

- Almacena en memoria RAM doscientas lecturas de voltaje (fijas).
- Almacena en memoria RAM la fecha y tiempo de inicio, así como el tiempo final de la primera lectura para poder adquirir el intervalo de tiempo.

Al terminar de tomar las 200 lecturas, el sistema encenderá un foco amarillo indicando que está listo para transmitir la información.

Si por alguna razón se perdiera la energía eléctrica, la memoria RAM y el reloj de tiempo real cuentan con un sistema de respaldo que protege la información que se tenía hasta el momento.

En el modo "esclavo", la computadora recibe información constantemente, siendo éste el único uso que tenga la computadora personal.

Sus características son:

- Almacena en memoria RAM bloques de lecturas en un tiempo de muestreo dado.
- Almacena en RAM hora y fecha en que las lecturas fueron tomadas.
- Tiempo de Muestreo. Se refiere al intervalo de tiempo que deberá transcurrir entre una lectura y otra, siendo el mínimo de un segundo y el máximo de 30 minutos/s.
- Número de Lecturas. Se refiere al total de lecturas que hará el microcontrolador antes de transmitir o de imprimir; siendo el mínimo de 2 y el máximo de 50.
- Reloj de Tiempo Real. Se podrá cambiar la fecha y la hora del reloj de tiempo real con que cuenta el sistema; el formato es: día/mes/año; hora:minuto:segundo.

2.3.2.- ELEMENTOS QUE LO COMPONEN.

La finalidad de este punto es dar a conocer las características de los dispositivos electrónicos que integrarán al proyecto.

- REGISTROS DEL 8250 UART (UNIVERSAL ASINCRONOUS RECEPCION TRANSMITTER) DE LA COMPUTADORA PERSONAL.

El chip 8250 UART es usado en el puerto serie del P.C. Con la ayuda de él podremos establecer una comunicación entre el microcontrolador y la P.C. Los registros del 8250 son accesibles mediante lecturas o escrituras en los puertos de entrada/salida 3F8-3FF (COM1) o en los puertos 2F8-2FF (COM2) por medio de un lenguaje de programación. Los registros en los que se puede leer y escribir son listados como de lectura/escritura (read/write R/W); aquellos de los que únicamente se puede leer son listados como de solo lectura (read-only R/O); aquellos en los que únicamente se puede escribir, como de solo escritura (write-only W/O). A continuación se dan a conocer las características más importantes de los registros utilizados.

REGISTRO DE CONTROL DE LA LINEA (LCR) 3FB R/W.

El LCR especifica el formato del caracter y controla el acceso a otros registros.

TABLA 2.3 Mapa de bits del LCR.

7	6	5	4	3	2	1	0
DLAB	SET BREAK	STICK PARITY	EPS	PEN	STB	WSL1	WSL0

DLAB: Bit de acceso al latch del divisor.

0 = Capacita el acceso a los registros buffer de recepción, de mantenimiento de transmisión y de capacitación de interrupciones.

1 = Capacita el acceso a los registros latch del divisor de generador de razón de baudios durante una operación de lectura o de escritura.

SET BREAK:

0 = Para la señal de break.

1 = Provoca que el modem transmita una señal de break continuamente.

STICK PARITY: No usado normalmente.

EPS: Selector de paridad par.

0 = Paridad impar. El bit 3 (PEN) debe ser 1 lógico.

1 = Paridad par.

PEN: Capacitación de paridad.

0 = Descapacita la generación de paridad o chequeo.

1 = Capacita la generación de paridad o chequeo.

STB: Número de bits de stop.

0 = 1 bit de stop por caracter.

1 = 2 bits de stop por caracter.

WLS0, WLS1: Establecen la longitud de cada caracter.

TABLA 2.4 CONTROL DE LONGITUD DE PALABRA.

WLSI	WLS0	LONGITUD DE PALABRA
0	0	5 Bits
0	1	6 Bits
1	0	7 Bits
1	1	8 Bits

LATCH DEL DIVISOR (DLL) 3F8 R/W (byte menos significativo).

El DLL contiene los ocho bits menos significativos del divisor de razón de baudios usado para configurar el Generador de Razón de Baudios. El byte mas significativo está contenido en la siguiente dirección de memoria. Juntas, ambas direcciones deben contener el equivalente hexadecimal del divisor prefijado para generar la razón de baudios deseada. El valor hexadecimal a introducir será como sigue:

Para 110 bps	Introducir 17 hex
300 bps	80 hex
1,200 bps	60 hex

Para acceder a este registro, el DLAB del LCR debe ser 1.

LATCH DEL DIVISOR (DLM) 3F9 R/W (byte más significativo).

El DLM contiene los ocho bits más significativos del divisor de razón de baudios.

Completa el divisor con el valor apropiado:

Para 110 bps	Introducir	4 hex
300 bps		1 hex
1,200 bps		0 hex

El divisor para seleccionar otra razón de baudios (dentro del rango del modem) puede ser obtenido mediante la fórmula:

$$\text{Divisor} = 115200 / \text{Razón de baudios.}$$

Para acceder a este registro, el DLAB del LCR debe ser 1.

REGISTRO DE ESTADO DE LA LINEA (LSR) 3FD R/O (el bit 0, R/W).

El LSR proporciona información sobre el estado de la transferencia de datos y de las condiciones de error asociadas. Las condiciones señaladas por los bits 0-5 producen una interrupción, siempre que las interrupciones estén capacitadas.

TABLA 2.5 Mapa de bits del LSR.

7	6	5	4	3	2	1	0
-	TSRE	THRE	BI	FE	PE	OE	DR

TSRE: Registro de desplazamiento de transmisión vacío.

i = Indica que el último carácter en el registro de desplazamiento de transmisión ha

sido transmitido. Puesto a 0 cuando se transfiere un dato del registro de mantenimiento de transmisión al registro de desplazamiento de transmisión.

THRE: Registro de mantenimiento de transmisión vacío.

1 = Indica que el UART está preparado para aceptar un nuevo carácter para transmisión. Se pone a 0 cuando se carga el registro de mantenimiento de transmisión.

BI: Interrupción del break.

1 = Indica que se ha recibido una señal de break; no indica cuando finaliza la señal.

Se pone a 0 siempre que se lee el registro de estado de línea.

FE: Error de construcción.

1 = Indica que al carácter recibido le falta un bit de stop válido. Se pone a 0 siempre que se lee el registro de estado de línea.

PE: Error de paridad.

1 = Indica que la paridad del carácter recibido no cuadra con la especificada por el EPS del registro de control de línea. Se pone a 0 siempre que se lee el registro de estado de línea.

OE: Error de solapamiento.

1 = Indica que el carácter del registro buffer de recepción no fue leído antes de la recepción del siguiente carácter; el carácter anterior fue destruido. Se pone a 0 siempre que se lee el registro de estado de línea.

DR: Datos listos.

1 = Indica que se ha recibido un caracter y que está contenido en el registro buffer de recepción. Puesto a 0 por la CPU cuando el dato es leído; también puede ser escrito bajo control de programa.

REGISTRO BUFFER DE RECEPCION (RBR) 3F8 R/O.

El RBR contiene el caracter que acaba de recibir. El caracter es recibido seriálmente, llegando primero el bit menos significativo (bit 0). Para poder acceder este registro, el DLAB debe ser 0.

REGISTRO DE MANTENIMIENTO DE TRANSMISION (THR) 3F8 W/O.

El THR contiene el siguiente caracter a ser transmitido serialmente. El bit menos significativo (bit 0) es el que primero se transmite. Para poder acceder este registro, el DLAB del LCR debe ser 0.

NOTA: Los registros que no utilizaremos en este proyecto son los siguientes.

- REGISTRO DE CONTROL DE MODEM (MCR) 3FC R/W.

Se utiliza para manejar la interfaz con el modem.

- REGISTRO DE ESTADO DEL MODEM (MSR) 3FE R/O.

El MSR proporciona el estado actual de las señales de control del modem.

- REGISTRO DE CAPACITACION DE INTERRUPCIONES (IER) 3F9 R/W.

El IER capacita las fuentes de interrupción para que puedan activar la señal de interrupción saliente.

- REGISTRO DE IDENTIFICACION DE INTERRUPCION (IIR) 3FA R/O.

El IIR guarda información que indica si una interrupción prioritaria está pendiente.

- RELOJ DE TIEMPO REAL MM58274.

El MM58274 es un reloj de tiempo real de 4 bits, fabricado por National Semiconductor con tecnología CMOS; compatible con microprocesador y operación paralela.

Las aplicaciones de este circuito son las siguientes:

- Control de procesos industriales.
- Procesador de palabras.
- Datos lógicos.
- Terminales de computadoras, etc.

Sus características son:

- Almacena tiempo de períodos que van desde segundos hasta decenas de año en registros independientes y de fácil acceso.
- Registro para año bisiesto.
- Contador de horas, programable para 12 o 24 horas.
- Interrupción de tiempo independiente con salida de DRAIN abierto.
- Completamente compatible con tecnología TTL.
- Bajo consumo de energía en modo Standby ($10 \mu\text{A}$ a 2.2 V).
- Chip de 16 pines, standard.
- Salida de cristal de frecuencia en modo prueba para fácil puesta en marcha del oscilador.

Las condiciones para una buena operación del circuito son:

- Rango de voltaje de alimentación $V_{DD} = 4.5$ a 5.5 volts.
- Voltaje de alimentación para modo Standby $V_{DD} = 2.2$ a 5.5 volts.

- Rango de operación de temperatura de -40°C hasta 85°C .

Los rangos máximos de operación del circuito son:

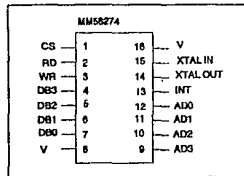
- Voltaje de alimentación $V_{DD} = 6.5$ volts.
- Disipación de potencia $P_D = 500$ mW
- Temperatura permitida (soldando 10 segundos) 260°C .

Funcionamiento.

Para su operación en el sistema requiere de un circuito oscilador (cristal y capacitores de resonancia) y además cuenta con elementos que permiten que una batería de respaldo funcione en caso de falla de energía en el sistema.

El MM58274 cuenta con 16 registros, dos de ellos son de control y los restantes proporcionan información sobre fecha y hora actual con una precisión de hasta décimas de segundo. Además puede ser programado para que genere una interrupción (única o repetitiva), la cual puede darse en un intervalo de tiempo máximo de 60 segundos.

La siguiente figura muestra el empaquetado comercial del circuito (MM58274 de 16 pines).



**FIGURA 2.9 CIRCUITO
MM58274.**

La figura siguiente muestra la estructura interna del circuito con los divisores de frecuencia con que cuenta.

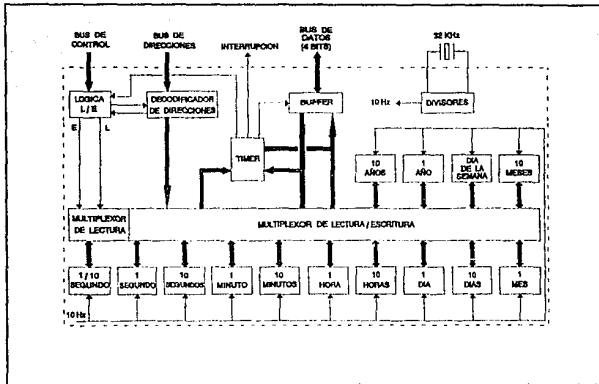


FIGURA 2.10 ESTRUCTURA INTERNA DEL CIRCUITO MM58274.

Inicialización (Puesta en marcha del Reloj).

Cuando el circuito (MM58274) es instalado por primera vez, es necesario inicializarlo correctamente, para ello se utilizan los registros de dirección y control que se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 2.6 CLOCK SETTING REGISTER.

Función	DB3	DB2	DB1	DB0	Comentario	Acceso
Contador de año bis	X	X			0= Año bis	R/W
Indicador AM/PM			X		0= AM 1=PM	
Bit Selección 12/24 Hrs				X	0= 12 Hrs. 1= 24 Hrs.	

La tabla 2.6 muestra las funciones del registro clock setting; el modo de trabajo del reloj (12 o 24 horas, AM o PM) así como si es o no año bisiesto.

La tabla 2.7 muestra los registros internos, la dirección tanto en decimal como en hexadecimal para poder acceder el registro que se desee y su significado.

TABLA 2.7 REGISTROS INTERNOS DEL RELOJ.

Registro seleccionado	AD3	AD2	AD1	AD0	HE	ACCESO
					X	
0 Control Register	0	0	0	0	0	R/W
1 Centésimas de seg	0	0	0	1	1	Read
2 Unidades de segundo	0	0	1	0	2	R/W
3 Decenas de segundo	0	0	1	1	3	R/W
4 Unidades de minuto	0	1	0	0	4	R/W
5 Decenas de minuto	0	1	0	1	5	R/W
6 Unidades de hora	0	1	1	0	6	R/W
7 Decenas de hora	0	1	1	1	7	R/W
8 Unidades de día	1	0	0	0	8	R/W
9 Decenas de día	1	0	0	1	9	R/W
10 Unidades de mes	1	0	1	0	A	R/W
11 Decenas de mes	1	0	1	1	B	R/W
12 Unidades de año	1	1	0	0	C	R/W
13 Decenas de año	1	1	0	1	D	R/W
14 Día de la semana	1	1	1	0	E	R/W
15 Clock setting	1	1	1	1	F	R/W

La tabla 2.8 muestra el registro de control, en él se controlan las interrupciones, se accesan otros registros, se para o se pone en marcha el reloj y modo de trabajo de prueba o normal.

TABLA 2.8 CONTROL REGISTER.

Acceso	DB3	DB2	DB1	DB0
Dirección				
Leer de	Bandera Cambio-Datos	0	0	BANDERA DE INTERRUPCION
Escribir a	TEST	CLOCK START/STOP	INTERRUPT SELECT	INTERRUP START/STOP

TEST: Modo de prueba.

0 = Modo Normal.

1 = Modo de prueba.

CLOCK START/STOP: Habilitación o deshabilitación del reloj.

0 = El reloj empieza a trabajar.

1 = El reloj se detiene.

INTERRUPT SELECT: Selección de la interrupción.

0 = Registro clock setting.

1 = Registro de interrupciones.

INTERRUPT START/STOP: Habilitación o deshabilitación de las interrupciones.

0 = Habilita interrupciones.

1 = Deshabilita interrupciones.

Con la ayuda de los registros anteriormente descritos y estas sencillas instrucciones de programación por software en el microcontrolador pone en marcha el reloj de tiempo real.

1.- Deshabilitar las interrupciones, para que el reloj pueda activar el oscilador. Para ello se debe escribir un 15 al control register, así los bits del reloj e interrupciones start/stop son puestos en 1 lógico.

2.- Escribir un 0 lógico al registro de interrupciones, con ésto se asegura que no haya interrupciones programadas.

3.- Escribir un 5 al registro de control. El reloj ahora está fuera del modo de prueba.

4.- Escoger el modo de trabajo del reloj a 12 o 24 horas; para ello escribir al registro del reloj la combinación correcta.

5.- Escribir un 0 lógico al registro de control; esta operación finaliza la inicialización de la puesta en marcha del reloj.

Si se siguen estos pasos y un correcto alambrado, el reloj de tiempo real empezará a funcionar sin ningún problema.

- IMPRESORA.

El medidor de corrosión cuenta con una impresora que sirve para imprimir lecturas de corriente y tiempo; ésto se logra hacer con 4 líneas de control (Puerto C) y 8 líneas paralelas (Puerto B) para el envío de datos a la impresora. La interfaz con el microcontrolador se lleva a cabo con la ayuda de un conector DB25 (hembra) y 10 circuitos buffers (7407).

Para las impresoras más comunes (Epson FX-80 y NEC 8023), necesitan que los datos a imprimir estén codificados en ASCII, a través de 8 líneas paralelas. Así la impresora recibe los caracteres que se van a imprimir y los almacena en un buffer interno de RAM; cuando detecta un retorno de carro (caracter OD de Software), imprime la primera línea de caracteres que contiene el buffer; cuando detecta el segundo retorno de carro, imprime la segunda línea de caracteres del buffer. El proceso continúa hasta que todos los caracteres que contiene el buffer sean impresos.

Los datos que se van a transferir del microcontrolador a la impresora utilizan un protocolo de comunicación "HANDSHAKE" porque los datos que envía el microcontrolador son más veloces de los que puede imprimir la impresora; así la impresora por una línea permite hacer saber al microcontrolador que su buffer está lleno y que no envíe más datos hasta que sean impresos algunos. Un standard común para la interfaz con impresoras paralelas es el "Centronics Parallel Standard" denominado así por la compañía que lo desarrolló. La siguiente figura ilustra el modo de trabajo y como está implementado con el microcontrolador.

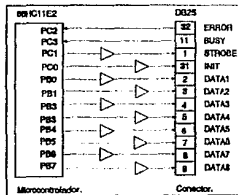


FIGURA 2.11 CONEXION DE LA IMPRESORA.

Las señales utilizadas son las siguientes.

BUSY: La señal de busy (pin 11), normalmente trabaja en un nivel de 0 lógico (nivel bajo), si se pone en un nivel de 1 lógico (nivel alto) indica que la impresora no está lista para recibir datos. La señal se pone en 1 por las siguientes razones:

- Estado de error de impresión.
- Estado de fuera de línea.
- Operación de impresión.
- Entrada de datos.

ERROR: La señal de error (pin 32), normalmente trabaja en nivel alto, si por alguna razón se pone en nivel bajo un error de impresión se ha presentado las posibles razones son:

- Fin del papel.
- Fuera de línea.
- Señal de error presente.

INIT: La señal de init (pin 31), normalmente trabaja en nivel alto, si la señal se pone en nivel bajo, el controlador de la impresora es reseteado a su estado inicial y el buffer se limpia. Para poder activar esta señal es necesario un ancho de pulso bajo mayor a 50 μ seg.

STROBE: La señal de strobe (pin 1), es un pulso para poder leer datos de entrada. El nivel de la señal está normalmente en alto y para poder leer datos de entrada el nivel de la señal debe estar en bajo con un ancho de pulso mayor a 0.5 μ seg.

DATA 1..DATA 8: Estas señales representan información del primer al octavo bit de los datos paralelos respectivamente. Cada señal está en alto cuando el dato es un 1 lógico y en

bajo cuando es un 0 lógico.

La figura siguiente muestra las formas de onda para los tiempos de transferencia de datos, usando como protocolo.

"Handshake Simple".

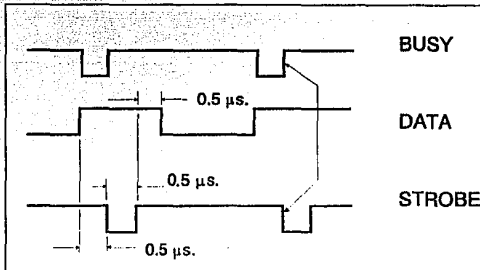


FIGURA 2.12 TIEMPOS DE TRANSFERENCIA DE DATOS.

- MICROCONTROLADOR MC68HC811E2.

En términos generales, un microcontrolador es un sistema secuencial que ejecuta operaciones a alta velocidad. El MC68HC811E2 es un microcontrolador de ocho bits, fabricado por Motorola con tecnología (HCMOS); existe empaquetado de 48 y 52 pines; en el proyecto se utiliza el empaquetado de 52 pines.

Sus características son las siguientes:

- 2K Bytes de memoria EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory).

- 256 Bytes de memoria RAM (Random Access Memory) estática.
- Convertidor Analógico/Digital de ocho canales y ocho bits.
- Circuito para Interrupción de Tiempo Real.
- Circuito de ocho bits de Acumulador de Pulsos.
- Bits para instrucciones de pruebas y/o saltos.
- Interfaz para comunicación serial (SCI), con código estándar NRZ (Asíncrono, no retorno a cero).
- Interfaz para comunicación serial con periféricos (SPI).
- Modos de ahorro de energía STOP y WAIT.
- Sistema de Timer's de 16 bits.
 - Cuatro canales para salidas de comparación.
 - Tres canales para entradas de captura.
 - Un canal para entrada de captura o salida de comparación. (seleccionables por software).
- Sistema de detección de ruido.
- Programable para 32 velocidades de transmisión.
- 38 Pines de Entrada/Salida (I/O) para propósito general, (PORT A, PORT B, PORT C, PORT D, PORT E).
 - 16 Pines Bidireccionales (I/O).
 - 11 Pines exclusivamente de Entrada.
 - 11 Pines exclusivamente de Salida.

A continuación en la figura 2.13 se muestra su estructura interna en un diagrama de bloques, en él también se ilustran las características antes citadas.

Los rangos máximos de operación del circuito son:

- Voltaje de alimentación $V_{DD} = 7.0$ volts.
- Disipación de potencia $P_D = 85$ mW
- Temperatura permitida (soldando 10 segundos) 200 °C.

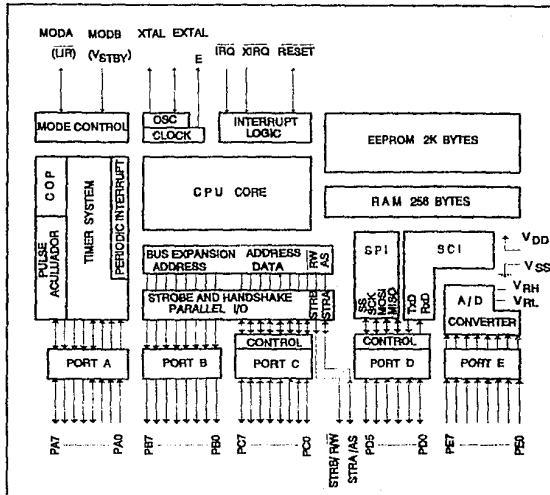


FIGURA 2.13 ESTRUCTURA INTERNA DEL MICROCONTROLADOR.

Las condiciones para una buena operación del circuito son:

- Rango de voltaje de alimentación $V_{DD} = 4.5$ a 5.5 volts.
- Voltaje para modo Standby de la RAM $V_{SB} = 4.0$ a 7.0 volts.
- Corriente para modo Standby de la RAM $I_{SB} = 10 \mu A$.
- Rango de operación de temperatura de -40 °C hasta 85 °C.
- Voltaje para la programación de la EEPROM $V_{PP} = 11.75$ a 12.75 volts.
- Tiempo para la programación de la EEPROM $t_{PP} = 2$ hasta 4 ms.

2.4.- ETAPA DE SOFTWARE POR P. C.

2.4.1.- FUNCION PRINCIPAL.

La función principal de esta etapa es darle al usuario la facilidad de manejar los datos e información que necesita el sistema para comenzar a trabajar adecuadamente. Otra tarea que realiza es la de ordenar y almacenar las lecturas que fueron procesadas por el sistema (lecturas de corriente).

Todo sistema que interactúa con un usuario (ser humano), requiere de información (instrucciones) para poder realizar una función en particular; para que el sistema obtenga esta información se requiere un medio de transmisión. Una vez que el sistema ha recibido las instrucciones requeridas, de cómo va a trabajar, también se necesita de un medio que transmita para que el usuario obtenga los datos acerca del trabajo que está efectuando el sistema, como lo muestra el siguiente esquema.

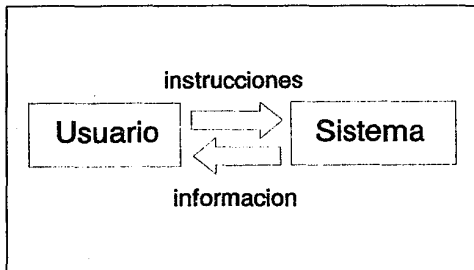


FIGURA 2.14 INTERACCION USUARIO SISTEMA.

El funcionamiento del sistema (medidor de corrosión), requiere de parámetros iniciales como lo son:

- La fecha y hora con que el sistema comienza a trabajar.
- El número de lecturas que va a almacenar en memoria (sólo en el caso de modo esclavo). En el modo remoto automáticamente se almacenarán doscientas lecturas.
- El tiempo entre lectura y lectura (tiempo de muestreo).

Para poder tener una comunicación entre el sistema y el usuario, se necesitan elementos de fácil conocimiento y manejo por parte de las personas que lo vayan a utilizar. Para ésto, decidimos disponer de una computadora y un lenguaje de programación. El LENGUAJE C fué el utilizado por su versatilidad en lo referente a comunicación.

El diagrama que a continuación se muestra, nos da una idea de cómo se lleva el proceso de comunicación entre los tres elementos (usuario, computadora, sistema).

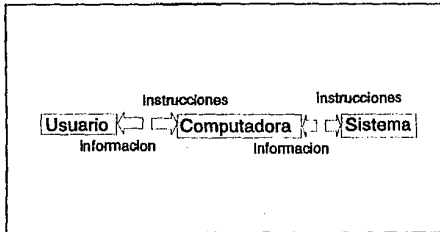


FIGURA 2.15 COMUNICACION ENTRE USUARIO, PC Y SISTEMA.

Las funciones que el programa realiza son las siguientes:

- Visualiza la fecha y hora del reloj de tiempo real del sistema.
- Modifica la fecha y hora del reloj de tiempo real.
- Programa el sistema con el tiempo que debe transcurrir entre lectura y lectura (tiempo de muestreo).
- Programa el sistema para que solamente guarde en la memoria RAM del sistema cierto número de lecturas (modo esclavo).
- Crea archivos en los cuales se almacenan los datos que le envía el sistema a la P.C.
- Despliega en la pantalla de la P.C. cualquier archivo que previamente haya sido creado.
- Envía a la impresora cualquier archivo que previamente haya sido creado.

Todas estas funciones se pueden observar más claramente en el diagrama de flujo del programa.

2.4.2.- DIAGRAMA DE FLUJO.

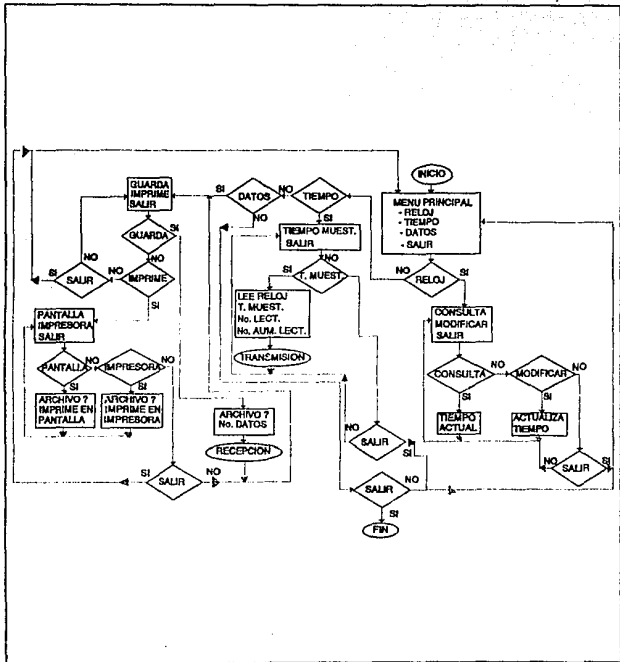


FIGURA 2.16 DIAGRAMA DE FLUJO, LENGUAJE C.

CAPITULO 3. DISEÑO CONSTRUCCION Y PRUEBAS.

CAPITULO 3. DISEÑO CONSTRUCCION Y PRUEBAS.**3.1.- DISEÑO DE HARDWARE.****3.1.1.- ETAPA DE AMPLIFICACION Y MEDICION.**

En el segundo capítulo se exponen las alternativas y elección de los elementos que componen el MEDIDOR DE CORROSION, explicando a su vez los métodos de diseño y la elección del microcontrolador. Se desarrolla también de una manera más detallada la función de cada una de las etapas que lo componen, definiendo su función principal.

Aquí sólo se mencionará su funcionamiento. En la siguiente figura se muestra cómo se relacionan todas las partes de esta etapa con las demás del sistema.

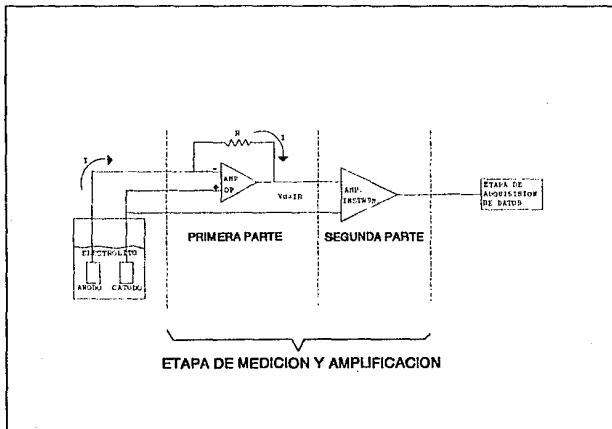


FIGURA 3.1 MEDICION Y AMPLIFICACION DE LA CORRIENTE.

A continuación se ilustra el diagrama del circuito completo de la etapa de medición y amplificación.

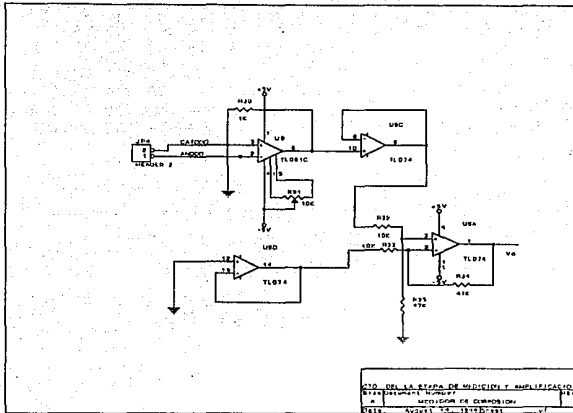


FIGURA 3.2 CIRCUITO ELECTRICO DEL AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACION.

Del diagrama anterior observamos que: el diseño de la primera parte es muy sencillo, ya que sólo está compuesto de una resistencia y de un potenciómetro, aquí la corriente que pasa por el electrólito se traduce a voltaje, al mismo tiempo, se amplifica por una ganancia de 1000 producida por la resistencia de 1000 Ω , el potenciómetro es de precisión y se utiliza para el ajuste interno del voltaje de offset; la resistencia del potenciómetro de precisión debe ser de 10,000 Ω (así lo recomienda el fabricante).

Para la segunda parte se le hicieron pruebas al amplificador operacional LM324; al polarizarlo con una fuente positiva de 5 volts, pero presentaba la desventaja que a la salida el rango de voltaje variaba de 0 a 3.8 volts y requeríamos un rango de 0 a 5 volts para tener una mayor resolución, la otra desventaja era que la ganancia no se mantenía fija; ésto es muy importante ya que los valores de lecturas deben estar con la misma ganancia, garantizando así su confiabilidad.

Finalmente, diseñamos el amplificador de instrumentación; construido con 3 amplificadores operacionales TL074 y 4 resistencias de precisión como se muestra en el circuito completo de la figura 3.2. La ganancia del amplificador es de 4.7 generada por las resistencias, con esta ganancia se garantiza que el sistema (medidor de corrosión) podrá medir corrientes: dentro de un rango de $4.17 \mu\text{A}$ y 1.06 mA , este rango puede ser variado dependiendo de la ganancia del amplificador de instrumentación. La siguiente tabla contiene los rangos de corriente para ciertas ganancias del amplificador de instrumentación.

TABLA 3.1 RANGOS DE CORRIENTE.

GANANCIA DEL AMPLIFICADOR INST	RANGO DE CORRIENTES QUE MIDE
5.1	de $3.84 \mu\text{A}$ a $.98 \text{ mA}$
4.7	de $4.17 \mu\text{A}$ a 1.063 mA
3.3	de $5.94 \mu\text{A}$ a 1.51 mA
2.2	de $8.91 \mu\text{A}$ a 2.27 mA

Los rangos de corrientes se traducen también a un rango de voltajes entre 0 y 5 volts en 256 niveles que son los que detecta la etapa de adquisición de datos a través de un canal del convertidor A/D (del microcontrolador MC68HC811E2). Es muy importante que el voltaje que lee el convertidor no pase de 5 volts ya que se puede dañar.

La relación entre el voltaje que lee el convertidor y la corriente que circula por el electrólito es muy sencilla pues sólo se tiene que dividir el voltaje entre el producto de la ganancia del amplificador de instrumentación y el valor de la resistencia del amplificador de la primera parte de la etapa de medición y amplificación como se indica en la FIG. 3.3.

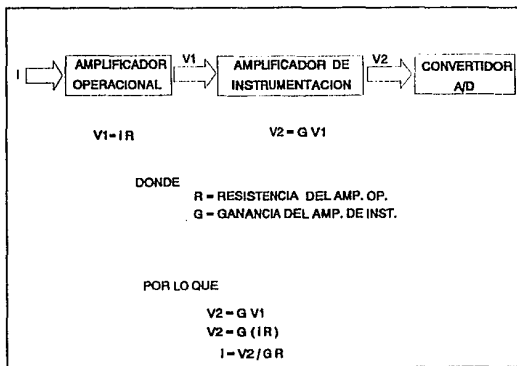


FIGURA 3.3 RELACION VOLTAJE GANANCIA.

3.1.2.- ETAPA DE PROCESAMIENTO DE DATOS.

El objetivo de este capítulo es dar una descripción en detalle de la forma en que operan los dispositivos electrónicos empleados, en forma conjunta, así como la conexión de ellos.

Las lecturas de corriente y voltaje sufren un proceso; la figura que a continuación presentamos, nos da una idea de cómo se diseña el hardware.

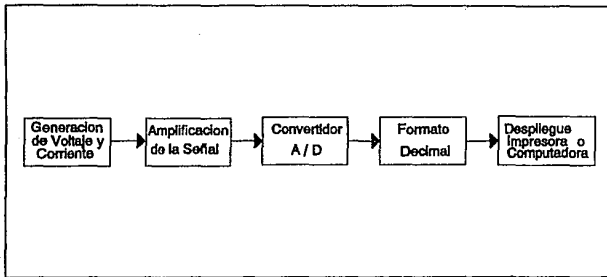


FIGURA 3.4 ETAPAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS.

Las dos primeras etapas que son: Generación de Voltaje y Corriente y Amplificación de la Señal; se describieron en el punto anterior (3.1.1). Las etapas restantes son las siguientes:

Convertidor Analógico / Digital. Como ya mencionamos el microcontrolador cuenta con un convertidor A/D de 8 canales de 8 bits cada uno, multiplexado, el tipo es de aproximaciones sucesivas, niveles de referencia seleccionables (V_{ref} , V_{ref}) con rango de (0-5

volts), 4 registros de resultados y 2 de programación; se pueden realizar conversiones de uno o múltiples canales; las conversiones pueden ser también continuas o a pausas; la forma en como se programa y los registros que se utilizan se describen en el capítulo 3.2.2.

Su conexión es la siguiente; las terminales de salida del amplificador de instrumentación se conectan a los pines de entrada del primer canal del convertidor (puerto E, PE0, conversión de un solo canal); los niveles de referencia del convertidor A/D del MCHC11E2 (ver fig. 2.13) están conectados V_{RH} a 0 volts y V_{RL} a 5 volts. Las señales generadas por el amplificador de instrumentación son continuas y tienen que ser discretizadas para que posteriormente con instrucciones del microcontrolador (software) como son leer registros, operaciones (suma, resta, multiplicación y división) se les pueda dar un formato decimal; cuando se hace una lectura a través del convertidor A/D, a ésta se le asocia una lectura de fecha y hora para conocer exactamente el tiempo en que ocurrió el evento y para ello contamos con el reloj de tiempo real MM58274, la conexión se muestra en la figura 3.5; en ella podemos observar que los puertos que se utilizan son: El puerto A (PA7, PA6, PA3) controlan el reloj (chip select, read, write). El puerto C los 4 bits (nibble) más significativos (PC7, PC6, PC5, PC4) controlan el registro de direccionamiento del reloj (AD3, AD2, AD1, AD0). El puerto D los pines (PD5, PD4, PD3, PD2), controlan el registro de lectura y escritura del reloj. Los pines restantes, necesitan de los dispositivos electrónicos (resistencias, capacitores, diodos, cristal, transistores, etc.) para un buen funcionamiento y de una batería de 3.8 volts para respaldar el reloj cuando el sistema esté desenergizado.

También podemos ver que existe una lógica digital a base de compuertas NOR (7408) y un circuito tres estados (74125), asociada al puerto A del microcontrolador y a los pines de control del reloj; en un capítulo posterior (Pruebas y Ensamble) se analiza.

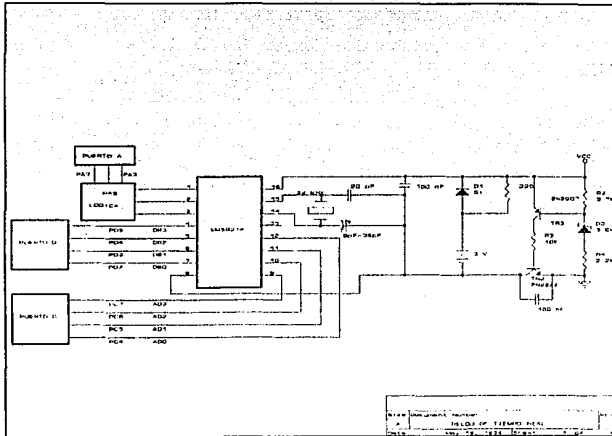


FIGURA 3.5 CONEXION DEL RELOJ DE TIEMPO REAL.

El microcontrolador, tiene la doble función: Inicializar el reloj (poner en marcha) y leer su tiempo cuando se ha hecho una lectura del convertidor A/D.

Ahora que contamos con un verdadero "Dato" de información; verdadero porque tenemos los parámetros que nos interesan para la corrosión (voltaje, corriente y tiempo); lo

que procede es dar una forma de despliegue y para ello contamos con la ayuda de la impresora y de la computadora.

Cuando un switch externo (Impresión/Transmisión) que sólo funciona para el modo esclavo, está a un nivel de 0 lógico (posición de impresión), el microcontrolador detecta este estado y habilita el funcionamiento de la impresora, es decir todos los datos que se generen serán enviados a ésta. En el caso en que detecte un nivel de 1 lógico (posición de transmisión), la información será transmitida a la computadora; almacenándola en disco duro o en disco flexible según se desee.

Para el modo remoto, tenemos que habilitar la rutina de transmisión de impresión de datos a través del teclado.

La impresora es controlada por el microcontrolador con la ayuda de los puertos: El puerto C, los 4 bits (nibble) menos significativos (PC3, PC2, PC1, PC0) que se conectan a los pines (15, 11, 1, 16) del DB25 y que contienen a los pines de control de la impresora (strobe, init, error, busy). El puerto B (propósito general), los 8 bits son las líneas por las cuales el microcontrolador envía la información en código ASCII que será impresa. La conexión de la impresora está ilustrada en la figura 2.11 del capítulo 2.

La computadora recibe los datos por medio de la interfaz de comunicación serie (SCI) con las siguientes características: asíncrona, utiliza un código de transmisión NRZ (no retorno a cero), con una gran variedad de velocidades de transmisión (32) seleccionables por medio de software y con ayuda de los dispositivos electrónicos MAX232 y UART8250 de la PC.

El SCI involucra 5 registros, 3 de programación y 2 de resultados; los pines de transmisión y recepción son los pines del puerto D (PD1 y PD0) respectivamente; estos pines se conectan a los pines 11 y 12 del circuito integrado MAX232. Este chip es un convertidor de nivel de voltaje con un rango de operación de -12 a 12 volts que es el rango de voltajes que genera la computadora al establecer la comunicación; se polariza con una fuente sencilla de 5 volts conectada a los pines 15 (GND) y 16 (VCC); además lleva asociados 4 capacitores electrolíticos de 22 μ F conectados a los pines 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Los pines 13 y 14 del MAX232 se conectan a los pines 2 y 3 de un conector DB9 (macho) que con la ayuda de un cable (DB9 hembra-DB9 hembra) interconecta a la computadora (registros del chip UART8250) con el sistema; los pines 7, 8, 9 y 10, no se conectan. En el apéndice A se incluye un diagrama eléctrico en él podemos observar el modo de conexión de estos componentes.

3.2.- DISEÑO DEL SOFTWARE.

3.2.1.- PROGRAMA DEL MENU PRINCIPAL PARA LA P.C.

La computadora personal (P.C.) desarrolla un papel importante para el manejo de información entre ella y el Medidor de Corrosión; en este punto detallamos las subrutinas que lo hacen posible y la programación interna del puerto serie.

En el punto 3.3.2. (Programa del Menú Principal Totalmente Instalado), se explica la forma de utilizarlo.

El sistema tiene una comunicación bidireccional con la computadora, se efectúa con la programación de los registros la interfaz de comunicación serial del microcontrolador (SCI) que se explica en el punto 3.2.2 (Programa de Control Interno del Microcontrolador); y de los registros del puerto serie de la computadora (8250 UART) que a continuación se explican.

La computadora debe ser capaz de enviar datos al microcontrolador para que comience a trabajar (Transmisión) y de recibir la información generada por el sistema (Recepción). La programación del 8250 UART se compone de tres subrutinas básicas que son: Inicialización del Puerto Serie, Transmisión y Recepción.

- INICIALIZACION DEL PUERTO SERIE.

En esta subrutina se programan los registros LCR (Registro de Control de Línea) y DLL (Latch del Divisor). En una variable denominada BAUDS se guarda el resultado de la división $115200/1200$ que posteriormente se le escribirá al registro DLL, con este número le indicamos que la velocidad de transmisión y recepción debe ser de 1200 baudios;

al registro LCR se le escribe un número 83 Hexadecimal para programar una longitud de palabra de 8 bits ($WLS1=1$, $WLS0=1$) y para permitir el acceso a los registros del latch divisor de generador de razón de baudios durante una operación de lectura o escritura. Para finalizar esta subrutina se escribe un 03 hexadecimal al LCR para que permita el acceso a los registros buffer de recepción y mantenimiento de transmisión (RBR, THR); en este momento el puerto está listo para enviar o recibir información. El siguiente diagrama de flujo da una idea más clara de lo antes descrito.

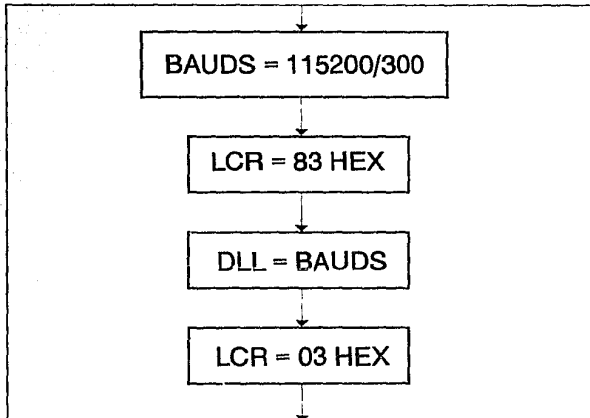


FIGURA 3.6 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA INICIALIZACION DEL PUERTO SERIE.

- SUBROUTINA DE TRANSMISION.

La subrutina de transmisión sirve para enviar un dato a través del puerto serie, los registros a utilizar son: LSR y THR (Registro de Mantenimiento de Transmisión vistos en la sección 2.3.2). A la variable auxiliar (AUX) se le carga el contenido del registro LSR y después se hace una lógica AND con un número 60 hexadecimal para saber si los bits (THRE Registro de Mantenimiento de Transmisión vacío y TSRE Registro de Desplazamiento de Transmisión Vacío) del LSR, están en nivel alto (1 lógico), si esto sucede indica que el UART está preparado para recibir el caracter a transmitir; en caso contrario sigue poleando esta condición hasta que estos bits se pongan en alto.

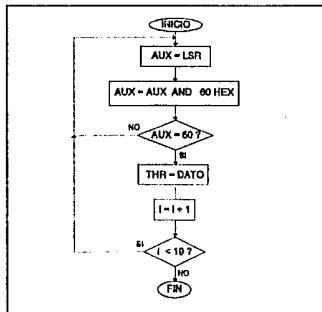


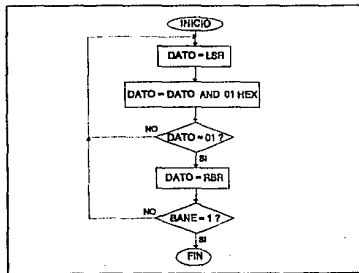
FIGURA 3.7 DIAGRAMA DE FLUJO PARA SUBROUTINA DE TRANSMISION.

El dato que se transmitirá (del menos al más significativo) se pone en el registro THR,

al realizar esta operación el bit THREE es puesto a nivel bajo (0 lógico); como son 19 los datos que se van a mandar, el proceso se repite hasta que el contador (i) llega a su cuenta máxima. El diagrama de flujo de la figura 3.7 ilustra lo mencionado.

- SUBROUTINA DE RECEPCION.

Esta subrutina recibe los datos que manda el microcontrolador; los registros que se programan son: LSR y RBR (Registro Buffer de Recepción); en la variable DATO se pone el contenido del registro LSR y se le hace una lógica AND con el número hexadecimal 01 para polear el bit (DR Datos Listos) del LSR, si el bit está en alto, indica que un caracter se ha recibido y que lo debemos leer del RBR para después almacenarlo en un archivo de texto, en caso de que el bit (DR) esté en bajo se sigue polendo el bit hasta que se ponga en alto; una bandera denominada BANE se pone en 1 para indicar el fin de la recepción. A continuación se ilustra su diagrama de flujo.



**FIGURA 3.8 DIAGRAMA DE FLUJO
PARA SUBROUTINA DE
RECEPCION.**

3.2.2.- PROGRAMA DEL CONTROL INTERNO DEL MICROCONTROLADOR.

Tiene como función principal programar en forma eficiente los registros y puertos del microcontrolador, que harán que el sistema opere correctamente con los dispositivos y periféricos externos.

El siguiente diagrama de flujo muestra en forma general el funcionamiento del medidor de corrosión. Con la ayuda de éste se programará el microcontrolador.

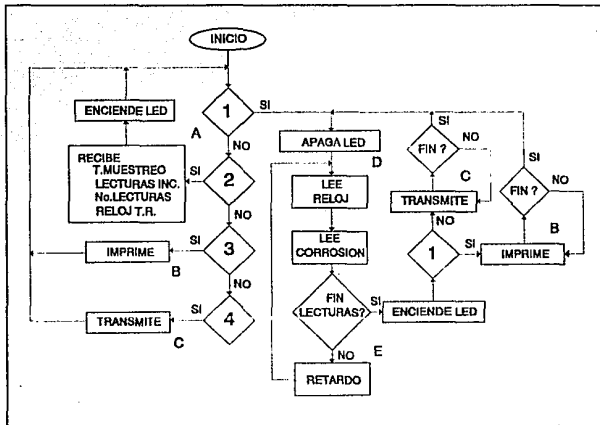


FIGURA 3.9 DIAGRAMA DE FLUJO PRINCIPAL PARA PROGRAMAR EL MICROCONTROLADOR.

El microcontrolador tiene 4 modos de trabajo:

- 1.- Monochip.

- 2.- Expandido.
- 3.- Bootstrap.
- 4.- Especial (Prueba).

El microcontrolador (MC68HC11E2) para este proyecto, trabaja en modo Monochip; por lo tanto, el mapa de memoria interna, está ilustrado en la siguiente figura.

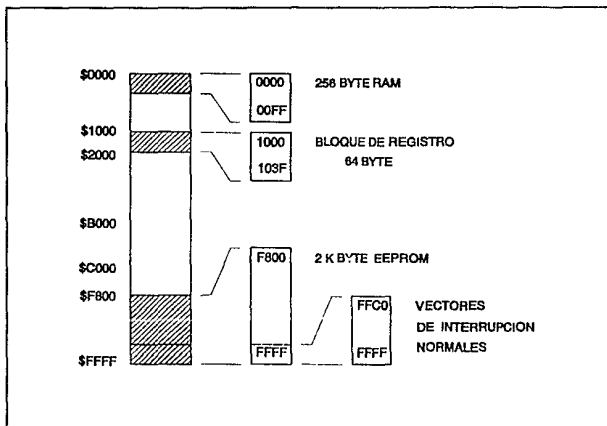


FIGURA 3.10 MAPA DE MEMORIA DEL MICROCONTROLADOR.

Del diagrama de flujo anterior podemos ver la diferentes etapas y subrutinas que se usan para programar el microcontrolador. A continuación se explican una a una, así como los

registros internos que se utilizan.

- INICIALIZACION DEL MICROCONTROLADOR.

De la figura del mapa de memoria podemos observar que la memoria EEPROM (lugar donde está grabado el programa); comienza en la localidad \$F800. A partir de aquí se inicializa el microcontrolador escribiendo al Stack Pointer un #\$FF (255 Hexadecimal); es oportuno aclarar que los números que se utilizan, están en este formato. El registro de índice X es cargado con #\$1000, para poder indexar a otros registros.

La memoria RAM comienza en la localidad \$00; en este lugar se graban los datos de las lecturas y algunos registros de importancia, que son generados por la computadora.

- INICIALIZACION DE PUERTOS.

Para programar el sentido y la dirección de datos, de los pines bidireccionales de los puertos de propósito general se utilizan los registros:

REGISTRO DE CONTROL DE ACUMULADOR DE PULSOS (PACTL) \$1026.

Tiene asociados los siguientes bits.

TABLA 3.2 MAPA DE BITS DEL REGISTRO PACTL.

DDR7	PAEN	PAMOD	PEDE	DDRA3	14/05	RTR1	RTR0
------	------	-------	------	-------	-------	------	------

DDRA7,DDRA3: Control de Dirección de Datos Para el Puerto A.

Cuando un pin es bidireccional, el microcontrolador por default lo toma como pin para "entrada" de datos, pero si queremos garantizar su estado, se escribirá un "0 lógico" a estos bits, en caso contrario, cuando queramos que el pin sea de "salida" de datos, se escribirá un

"1 lógico" a los bits de control de dirección de datos para el puerto deseado.

Como necesitamos que PA7 y PA3 sean pines de salida; debemos escribir un 1 lógico a estos 2 bits(DDRA7, DDRA3).

REGISTRO DE DIRECCION DE DATOS PARA EL PUERTO C (DDRC) \$1007.

Los bits de este registro están dados en la siguiente tabla:

TABLA 3.3 MAPA DE BITS DEL REGISTRO DDRC.

DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0
------	------	------	------	------	------	------	------

DDC7-DDC0: Control de Dirección de Datos Para el Puerto C.

En este caso queremos que PC7, PC6, PC5, PC4, PC1, PC0 sean de salida, entonces debemos programar DDC7, DDC6, DDC5, DDC4, DDC1, DDC0; escribiendo un 1 lógico a estos bits. Por default PC3 y PC2 quedan como de entrada.

REGISTRO DE DIRECCION DE DATOS PARA EL PUERTO D (DDRD) \$1009.

Los bits de este registro están dados en la siguiente tabla:

TABLA 3.4 MAPA DE BITS DEL REGISTRO DDRD.

0	0	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0
---	---	------	------	------	------	------	------

DDD5-DDD0: Control de Dirección de Datos Para el Puerto D.

De este puerto utilizamos como pines de propósito general a PD5, PD4, PD3, PD2; con él controlamos las lecturas y escrituras que se hacen al reloj de tiempo real. Así cuando

se desea actualizar una fecha al reloj, debemos escribir y en consecuencia estos pines deben estar como de "salida" (escribir 1 lógico a DDD5, DDD4, DDD3, DDD2); en el caso que necesitemos hacer una lectura, deben estar como de "entrada" (escribir 0 lógico a DDD5, DDD4, DDD3, DDD2). Hay que señalar que PD1 y PD0 se utilizan como "transmisión y recepción" respectivamente y por tal motivo no se programan los bits DDD1 y DDD0.

En la siguiente figura se muestra cómo queda la dirección de los datos de los puertos que se han programado.

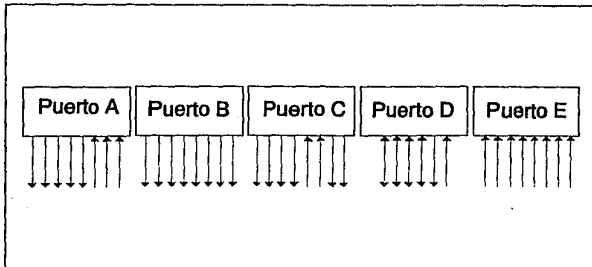


FIGURA 3.11 DIRECCION DE DATOS DE LOS PUERTOS DEL MICROCONTROLADOR.

- INICIALIZACION DE SCI.

Como necesitamos que el microcontrolador establezca una comunicación bidireccional con la P.C.; debemos activar la Interfaz de Comunicación Serial (SCI), para ésto hay que

inicializar los siguientes registros.

REGISTRO DE BAUD RATE (BAUD) \$102B.

En este registro controlamos las velocidades de transmisión y recepción. Los bits de este registro están dados en la siguiente tabla:

TABLA 3.5 MAPA DE BITS DEL REGISTRO BAUD.

TCLR	0	SCP1	SCP0	RCKB	SCR2	SCR1	SCR0
------	---	------	------	------	------	------	------

SCP1,SCP0: Selector de Preescalador del Baud Rate.

Como tenemos un cristal de 8 MHz. y para el proyecto necesitamos una velocidad de transmisión y recepción de 1200 bauds, a estos bits les tenemos que escribir un 1 lógico, así el preescalador tendrá 9600 bauds.

SCR2, SCR1, SCR0: Selector del Baud Rate.

Ya que el preescalador está a 9600 bauds, debemos escribir un 1 binario a SCR2 y SCR0, un 0 binario a SCR1 y con ello garantizamos los 1200 bauds.

REGISTRO DE CONTROL PARA LA COMUNICACION SERIE (SCCR2) \$102D.

Este registro provee los bits de control para habilitar o deshabilitar las siguientes funciones individuales para SCI. Los bits de este registro están dados en la siguiente tabla:

TABLA 3.6 MAPA DE BITS DEL REGISTRO SCCR2.

TIE	TCIE	RIE	ILIE	TE	RE	RWU	SBK
-----	------	-----	------	----	----	-----	-----

TIE: Habilitador de Interrupción de Transmisión.

TCIE: Habilitador de Interrupción de Transmisión Completa.

RIE: Habilitador de Interrupción de Recepción.

ILIE: Habilitador de Interrupción de Línea-Idle.

TE: Habilitador de Transmisión.

0 = Transmisión deshabilitada.

1 = Transmisión habilitada.

RE: Habilitador de Recepción.

0 = Recepción deshabilitada.

1 = Transmisión Habilitada.

RWU: Control de Recepción para modo Wakeup.

SBK: Rompimiento de Envío de datos.

Como la interfaz del sistema con la P.C. es bidireccional, entonces tenemos que habilitar la transmisión (TE) y la recepción (RE). Los demás bits automáticamente son puestos en 0 lógico y es correcto porque no deseamos habilitar ningún tipo de interrupción.

Nota: Cuando se desea habilitar algún tipo de interrupción, se logra escribiendo al bit correspondiente un 1 lógico, en el medidor de corrosión no se utiliza ninguna interrupción.

- INICIALIZACION DEL CONVERTIDOR A/D.

Hay que programar los siguientes registros para poner en operación el convertidor A/D:

REGISTRO DE CONFIGURACION DEL SISTEMA A/D (OPTION) \$1039.

Este registro nos permite programar las características del convertidor de acuerdo a los siguientes bits.

TABLA 3.7 MAPA DE BITS DEL REGISTRO OPTION.

ADPU	CSEL	IRQE	DLY	CME	0	CR1	CR0
------	------	------	-----	-----	---	-----	-----

ADPU: Power-Up A/D. Este bit pone en marcha el convertidor.

0 = Convertidor Apagado.

1 = Convertidor Encendido.

CSEL: Selección del Reloj. Este bit determina el valor de la fuente de oscilación que necesita el convertidor.

0 = A/D y EEPROM utiliza el sistema de reloj E.

1 = A/D y EEPROM utiliza un reloj interno RC.

Para encender el convertidor, escribimos un 1 lógico al bit ADPU y un 0 lógico al bit CSEL, porque queremos que el convertidor utilice el sistema de reloj E. Los demás bits no interesan en este caso.

CONTROL DE ESTADO DEL CONVERTIDOR A/D (ADCTL) \$1030.

Todos los bits del registro que enseguida se ilustra pueden ser de escritura o de lectura, excepto el bit 7 que sólo es de lectura.

TABLA 3.8 MAPA DE BITS DEL REGISTRO ADCTL.

CCF	0	SCAN	MULT	CD	CC	CB	CA
-----	---	------	------	----	----	----	----

CCF: Bandera de conversión completa. Se levanta cuando tiene los cuatro resultados. (Sólo para múltiples conversiones).

SCAN: Control de Lecturas Continuas.

0 = Al terminar la conversión se detiene.

1 = Al terminar la conversión se sigue.

MULT: Este bit controla si se desean uno o múltiples canales.

0 = Convertidor A/D de un solo canal.

1 = Convertidor A/D de múltiples canales.

CD,CC,CB,CA: Selección de canales. Sólo se utiliza cuando se selecciona múltiples canales (MULT=1).

En el proyecto como se desca un solo canal y conversiones continuas, entonces escribimos 0 lógico al bit MULT y 1 lógico al bit SCAN.

- INTERRUPCIONES EN TIEMPO REAL.

El microcontrolador en su sistema de Timer's cuenta con interrupciones en tiempo real; llevan este nombre porque en determinado tiempo real (dado en milisegundos), se puede generar una interrupción. Los registros que intervienen en esta etapa son: TMSK, TFLG2 y PACTL. El primero, es un registro en el cual se dan los permisos de interrupción que lleva asociado el registro TFLG2 que es un registro de banderas. La inicialización de esta etapa

consiste en programar el registro PACTL (ilustrado en el punto anterior de inicialización de puertos), utilizando los bits PTR1 y PTR0 a ambos se les escribe un 1 lógico para que así cada 32.77 milisegundos aproximadamente se levante la bandera llamada TOF. Más adelante se menciona la utilización.

Aquí se concluye con la inicialización del microcontrolador. Ahora se describen las siguientes subrutinas, que contiene el programa interno del microcontrolador.

- SUBROUTINA DEL TECLADO.

El sistema cuenta con un teclado del tipo matricial, de 2 renglones por 2 columnas, numerado del 1 al 4, es controlado por medio de los pines PA5, PA4, PA1, PA0 del puerto A. Trabaja a base de polco en los pines, esperando que un nivel 1 lógico sea detectado. El teclado tiene como finalidad poder acceder diferentes subrutinas del programa, cada subrutina tiene asociado un número.

1.- Indica al programa que debe de comenzar a tomar lecturas de tiempo, corriente y voltaje. Cuando es la primera vez que se van a muestrear datos, es necesario ejecutar antes la subrutina de recepción de datos.

2.- Indica al programa que debe de activar la subrutina de "Recepción" de datos. Los datos a recibir son 19: cuatro para Tiempo de Muestreo (R1,R2), dos para el modo de trabajo del sistema (esclavo o remoto R5), dos para Número de Lecturas (R6) y once para Reloj de tiempo real; (R1,R2,R5 Y R6 son registro de memoria RAM del microcontrolador).

Estos datos son almacenados en memoria RAM; borra los anteriores si es que ya existían.

3.- Indica al programa que debe activar la subrutina de "Impresión" de datos. Esta tecla se debe de activar con las condiciones:

- Cuando se ha presentado un RESET en el microcontrolador y el programa principal esta en el inicio.

- Cuando se han terminado de hacer el número de lecturas que se le programó. Con ello garantizamos que existan lecturas almacenadas en memoria y puedan ser desplegadas (ésto sólo para modo esclavo).

4.- Indica al programa que debe activar la subrutina de "Transmisión" de datos. Esta tecla se debe de activar también, bajo las condiciones del punto anterior ya que operan de la misma forma.

- SUBROUTINA DE RECEPCION.

En esta subrutina se utilizan los siguientes registros: SCSR, SCDR. En el primer registro se polea el bit RDRF (Bandera del Registro de Recepción de Datos Llena), es decir cuando esta bandera se pone a 1 lógico, le indica al microcontrolador que un dato ha sido recibido y que está contenido en el registro de SCDR; ambos registros tienen los siguientes bits asociados.

REGISTRO DE DATOS DEL SCI (SCDR) \$102F.

Los bits de este registro estan dados en la siguiente tabla:

TABLA 3.9 MAPA DE BITS DEL REGISTRO SCDR.

R7/T7	R6/T6	R5/T5	R4/T4	R3/T3	R2/T2	R1/T1	R0/T0
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

R7/T7-R0/T0: Bits del dato de transmisión o recepción. Más significativo a menos significativo.

Este registro almacena los bits del dato recibido, o del dato a transmitir.

REGISTRO DE BANDERAS DEL SCI (SCSR) \$102E.

Los bits de este registro están dados en la siguiente tabla:

TABLA 3.10 MAPA DE BITS DEL REGISTRO SCSR.

TDRE	TC	RDRF	IDLE	OR	NF	FE	0
------	----	------	------	----	----	----	---

TDRE: 1= Registro de Transmisión Vacío.

0= Registro de Transmisión Lleno.

RDRF: 1= Registro de Recepción Lleno.

0= Registro de Recepción vacío.

Una vez que se recibió el dato, se almacena en memoria RAM para que posteriormente se pueda utilizar. El total de datos a recibir son 19; un registro (CONT) se carga con este número y se decrementa; cuando llega a cero, el proceso de recepción finaliza.

Si los 19 datos han sido recibidos, el microcontrolador inmediatamente programa el reloj de tiempo real; en esta parte no se programan registros internos porque sólo se utilizan los pines de los puertos A, C y D.

El siguiente diagrama de flujo ilustra lo anterior.

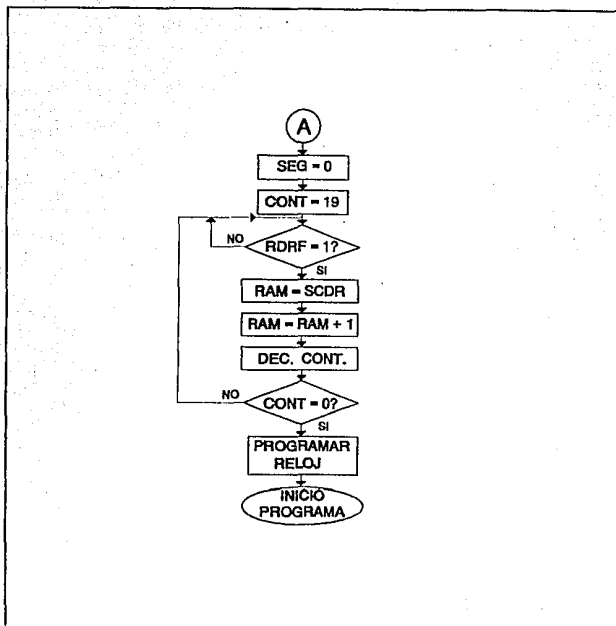


FIGURA 3.12 DIAGRAMA DE FLUJO PARA SUBROUTINA DE RECEPCION.

- SUBROUTINA DE IMPRESION.

En esta subrutina sólo se utiliza la programación de los puertos B y C. Cuando se quiere hacer una impresión de datos, se puede hacer por dos formas, la primera es posicionar el Dip Switch (Impresión/Transmisión) en posición de impresión; (sólo para modo esclavo). La otra forma de acceder a esta subrutina, es a través de la tecla 3; (para modo remoto y esclavo). Un registro (R6) que controla el número de datos a imprimir es decrementado a cero para indicarle al microcontrolador el fin de la impresión; inmediatamente después vuelve a tomar lecturas si el modo de trabajo es esclavo; pero si es modo remoto al terminar de hacer lecturas, espera a que la tecla tres sea presionada. Para que no haya pérdidas de información se recomienda revisar la impresora, que esté encendida y que tenga papel. Un diodo emisor de luz (LED), se enciende cuando se va a empezar a imprimir y se apaga al finalizar. El diagrama de flujo de esta subrutina es presentado en seguida.

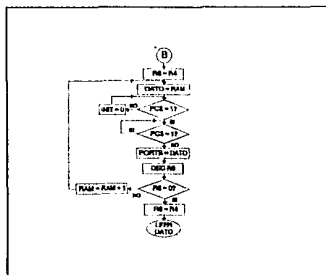


FIGURA 3.13 DIAGRAMA DE FLUJO PARA SUBROUTINA DE IMPRESION.

- SUBROUTINA DE TRANSMISION.

Cuando se quiere hacer una transmisión a la PC, se debe de posicionar el Dip Switch (Impresión/Transmisión) en posición de transmisión para modo esclavo. También se puede transmitir cuando se presiona la tecla cuatro para ambos modos (esclavo y remoto), así el registro R6 se decrementa a cero para indicarle al microcontrolador el fin de la transmisión; inmediatamente después vuelve a tomar lecturas para modo esclavo; en modo remoto el sistema espera a que la tecla de transmisión sea pulsada. Un diodo emisor de luz (LED), se enciende cuando se va a empezar a transmitir y se apaga al finalizar. Los registros para la transmisión son: SCSR, en este registro se polea el bit 7 (TDRE), es un bit que pertenece al registro de banderas del SCI; cuando se pone en alto, indica que el registro SCDR está vacío o se puede cargar el dato a transmitir; esta bandera se pone en bajo durante la transmisión.

El diagrama de flujo siguiente detalla estas características.

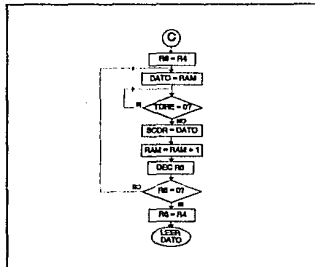


FIGURA 3.14 DIAGRAMA DE FLUJO PARA SUBROUTINA DE TRANSMISION.

- SUBROUTINA DE LEER DATOS (Convertidor A/D y Reloj).

En esta subrutina se adquieren las lecturas del convertidor A/D y las lecturas del reloj de tiempo real; ambas las llamaremos "Leer Datos". En esta subrutina se utilizan los puertos A, C y D para el reloj y el registro ADRI del convertidor; (Registro de Resultados del Convertidor).

Lo que se hace en esta subrutina es leer el registro ADRI del convertidor, ya que contiene el voltaje que se está leyendo del electrólito; este número es almacenado en la memoria RAM. En seguida se toma la lectura del reloj y para ello debemos de direccionar día, mes, año, hora, minuto, segundo a través del puerto C y leer por el puerto D; estas lecturas también se almacenan en RAM. El registro R6 es decrementado a cero para indicarle al microcontrolador que el Número de Lecturas ha sido completado. A continuación se muestra el diagrama de flujo.

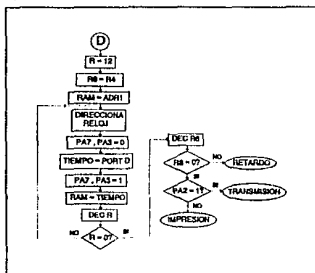


FIGURA 3.15 DIAGRAMA DE FLUJO PARA SUBROUTINA DE LEER DATOS.

- SUBROUTINA DE TIEMPO DE RETARDO.

Esta subrutina sólo tiene la función de dejar transcurrir el tiempo programado por PC, para poder hacer otra lectura de datos. El registro que se utiliza es TFLG2. Sus bits son los siguientes:

REGISTRO DE BANDERAS 2 (TFLG2) \$1025

Los bits de este registro estan dados en la siguiente tabla:

TABLA 3.11 MAPA DE BITS DEL REGISTRO TFLG2.

TOF	RTIF	PAOVF	PAIF	0	0	0	0
-----	------	-------	------	---	---	---	---

TOF: Bandera de Tiempo de Interrupción Llena.

Con este registro se encuentra asociado otro llamado TMSK2, es un registro de máscara que se utiliza para dar permisos de interrupción a su correspondiente bandera, en nuestro caso sólo utilizamos el registro de banderas y su bit TOF.

Como necesitábamos tener una rutina de retardo muy grande, no era práctico utilizar registros de 8 o 16 bits con anidamientos, ya que el tiempo de retardo era muy corto en comparación con lo requerido, por esta razón decidimos utilizar la bandera de interrupción de tiempo real (TOF). El funcionamiento es el siguiente: son dos registros que sirven de anidamiento (R1, R2) y se les carga un número que es recibido por la computadora en la operación de recepción de datos, estos registros controlan el tiempo de muestreo con la ayuda

del poleo de la bandera TOF, dicha bandera se pone en alto (1 lógico) cada 32.77 milisegundos aproximadamente, el microcontrolador detecta el cambio y es cuando se decrementa el primer registro (R1), una operación de escritura al mismo bit TOF limpia o pone en bajo (0 lógico) la bandera; el proceso se repite hasta decrementar a cero R1, cuando la condición se cumple, el segundo registro (R2) es decrementado, este proceso también se repite hasta llegar a cero; es en este momento, cuando el tiempo de muestreo programado ha transcurrido. El diagrama de flujo ilustra la subrutina de tiempo de muestreo descrita.

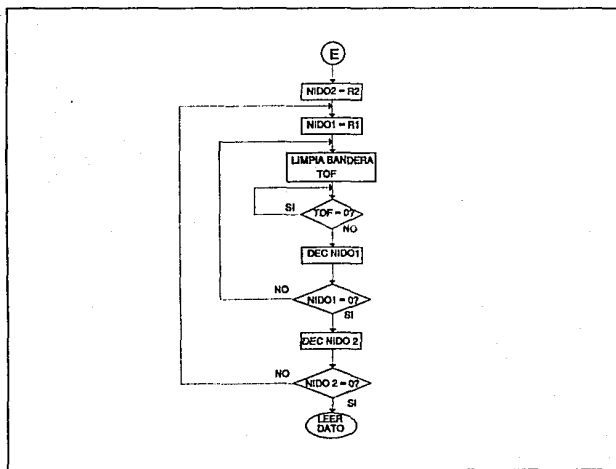


FIG. 3.16 DIAGRAMA DE FLUJO PARA SUBROUTINA DE RETARDO.

Teniendo estas subrutinas funcionando correctamente, el programa general que controla al microcontrolador se estructura de la siguiente forma.

- 1.- Se declaran todos los registros internos del microcontrolador con su respectiva localidad.
- 2.- Se define la localidad de inicio de la memoria RAM y se asignan localidades a los registros que serán almacenados.
- 3.- Se le indica al microcontrolador la localidad de inicio del programa (EEPROM), y se inicializan todos los registros y puertos a utilizar.
- 4.- Se activa la Subrutina del Teclado, esperando a que una tecla sea digitada.
- 5.- Pueden presentarse cuatro casos al presionar una tecla.

- Cuando se presiona la tecla número 1, el LED (Inicio/Fin) es apagado, indicando que se empiezan a tomar lecturas; para ello la Subrutina de Leer Datos es activada, al finalizar esta subrutina, se verifica si el registro R6 es cero; cuando es diferente, la Subrutina de Tiempo de Retardo es utilizada, estas operaciones se repiten hasta que R6 tenga el valor de cero, si la condición se presenta, el LED (Inicio/Fin) es encendido indicando el fin de lecturas; si previamente se programó modo de trabajo esclavo en este momento se detecta la posición del dip switch, cuando la posición es 1 lógico, la Subrutina de Impresión es utilizada; pero si la posición es 0 lógico, la Subrutina de Transmisión es activada. Cuando es modo de trabajo remoto, ignora la posición del dip switch; ambas subrutinas envían todos los datos almacenados a la impresora o a la computadora según sea el caso, apagando el LED al finalizar. Podemos decir que es en esta parte donde se lleva a cabo todo el proceso de captura de datos.

- Cuando se presiona la tecla número dos, la Subrutina de Recepción es habilitada.

Con esta tecla también es inicializado el Reloj de Tiempo Real.

- Cuando se presiona la tecla número tres, la Subrutina de Impresión es habilitada. En este caso no importa la posición del Dip Switch; porque todos los datos que contenga la memoria RAM serán enviados a la impresora.

- Cuando se presiona la tecla número cuatro, la Subrutina de Transmisión es habilitada. Esta subrutina opera de igual forma que la anterior. Hay que tener presente que cuando se desea transmitir, la computadora debe estar lista; para ello se debe de ejecutar el programa para P.C.

3.3.- PRUEBAS DEL MEDIDOR DE CORROSION.

3.3.1.- ETAPA DEL HARDWARE TOTALMENTE TERMINADO.

Dentro de esta etapa, analizamos y seleccionamos los componentes finales que integran la tarjeta definitiva del Medidor de Corrosión.

Para llevar a cabo este proceso, se realizaron varias pruebas en un prototipo eventual con el cual se le fué dando forma al proyecto. A continuación se mencionan estas pruebas.

Como se puede observar en las figuras 2.6 y 2.7, elegimos una fuente simétrica de +6 volts y -6 volts, para garantizar a la salida de los amplificadores operacionales un rango de 0 volts como mínimo y 5 volts como máximo; protegiendo de esta forma al convertidor analógico-digital de microcontrolador, es decir si un voltaje superior a 5 volts se propiciara a la entrada de dicho convertidor, éste podría sufrir daños ya que el fabricante nos recomienda el rango mencionado para su buena operación.

- El reloj de tiempo real MM58274 presentaba el error de que cuando el microcontrolador era reseteado se le introducía información no deseada; analizando la situación nos dimos cuenta de que como los pines de control del reloj (Read/Write) están controlados por pines del puerto A, la sincronía del sistema se alteraba, modificando la información del reloj.

La solución a este problema se resolvió diseñando un circuito lógico, conectado tanto al reset del microcontrolador como al CHIP SELECT del reloj de tiempo real, con el fin de que al inicializar el microcontrolador, el reloj no se viera afectado y de esta manera no perdería su información, en la figura 3.17 se observa el circuito ya mencionado.

-Para la elaboración de un trabajo final se necesitan realizar varios pasos importantes.

Primero se deben obtener del prototipo eventual, los componentes que finalmente van a ser utilizados, después en base a eso, se elabora un diagrama eléctrico final, auxiliándonos de la computadora y de un paquete llamado Orcad para trabajar más rápidamente; (ver apéndice B Ilustración 1).

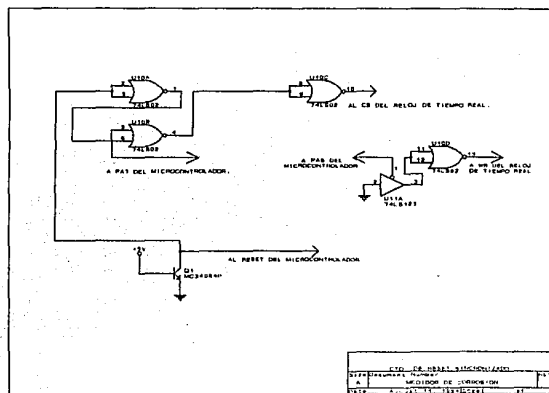


FIGURA 3.17 CICUITO DE CONTROL DEL RESET.

Ya elaborado el diagrama eléctrico y utilizando otro paquete de computadora llamado Tango, diseñamos el circuito impreso definitivo con el cual se le da presentación y seguridad

de funcionamiento al proyecto; (ver apéndice B Ilustración 2).

A la tarjeta del circuito impreso, ya en papel y dos veces más grande que el tamaño original, se le obtienen positivos y negativos fotográficos especiales, los cuales son enviados al lugar donde serán fabricadas las tarjetas de circuito impreso.

Teniendo la tarjeta definitiva y sin errores es sometida a varias pruebas y análisis que consisten en detectar algún corto circuito posible entre dos pistas no desadas como por ejemplo entre Vcc (alimentación de vorriente) y tierra; además todas las pistas se revisan de tal forma que coincidan tanto su origen y destino a lo especificado por el diagrama eléctrico. Teniendo éxito en estas pruehas podemos garantizar un funcionamiento óptimo del circuito impreso y del proyecto en general.

La presentación final que el proyecto presenta, está diseñado en base a las necesidades requeridas por quien solicita el Medidor de Corrosión, las cuales son :

- Fácil maniobrabilidad.
- Manipulación sin riesgo a dañar el Medidor.
- Funcionamiento continuo para almacenamiento de datos por períodos largos de tiempo.
- Fácil transportación para pruebas de campo.

Todos estos requerimientos fueron tomados en cuenta dentro de la elaboración misma sin dejar al aire cualquier otro detalle que se nos fuera a olvidar.

3.3.2.- PROGRAMA DEL MENU PRINCIPAL TOTALMENTE INSTALADO.

Como se mencionó anteriormente, el sistema (Medidor de Corrosión) necesita recibir datos con los que pueda trabajar, esta información es suministrada por medio de un programa a través de la P.C., el cual es sencillo de utilizar.

El programa funciona a base de ventanas dentro de las cuales se encuentran diferentes opciones, con las que se controlan todas las funciones que realiza el sistema.

La pantalla principal del programa se divide en dos ventanas; una superior y una inferior, dentro de la superior se encuentra el menú principal del programa de manera horizontal, que consta de las siguientes opciones:

Reloj	Tiempo	Datos	Salida
--------------	---------------	--------------	---------------

La ventana inferior es el área de trabajo, en donde se despliegan diversos menús, también aquí se puede visualizar diferente información, como los datos que se transmiten y reciben.

Cada una de las opciones del menú principal cuenta con una pequeña ventana que contiene un menú de opciones en forma vertical; a continuación se describen.

a) Reloj.

La opción de RELOJ despliega el siguiente menú:

- Consulta.
- Actualiza.
- Salida.

Consulta.- Proporciona en la pantalla la fecha y hora del reloj de tiempo real de la computadora.

Actualiza.- Cambia la hora y/o fecha del reloj de tiempo real de la computadora.

Salida.- Regresa el programa al menú principal.

b) Tiempo.

La opción de TIEMPO despliega el siguiente menú:

- t. **muestReo.**

- **Salida.**

t. **muestReo.-** Al activar esta opción, aparece la siguiente ventana:

- **esClavo.**

- **remoTo.**

- **Salida.**

esClavo.- Indica al sistema que la computadora permanecerá dedicada todo el tiempo a recibir los datos que le envíe el medidor de corrosión.

También realiza la transmisión de todos los parámetros que necesita el sistema (R1, R2, R5, R6 y registros del reloj de tiempo real del sistema); generando un archivo en donde se guardan dichos parámetros, que enseguida se mencionan:

- El programa pide el nombre del archivo.

- El programa pide el valor de tiempo de muestreo. El valor de los registros R1 y R2 son fijados automáticamente por la computadora. En pantalla se despliega el tiempo a que se

está muestreando.

- El programa pide el número de lecturas que el sistema guardará en memoria RAM (R6), el número máximo de lecturas que puede guardar es 50.

- El programa toma del reloj de tiempo real de la computadora la fecha y la hora, que previamente debió ser consultada o modificada, puesto que dentro de esta opción del menú principal, el programa no permite ni consultar ni modificar la fecha y la hora del reloj de tiempo real de la computadora.

Después de que el programa pide todos los parámetros anteriores para enviarlos al sistema, un mensaje aparece en la pantalla para recordar que el sistema debe encontrarse en modo recepción y posteriormente el programa ejecuta la rutina de transmisión.

remoTo.- Indica al sistema que la computadora no es necesaria. Realiza la transmisión de los mismos parámetros que para modo esclavo, con la excepción de que las lecturas a guardar en RAM, son fijadas a 200.

NOTA IMPORTANTE: Antes de acabar de ejecutar la opción de T. muestreo, se deben de realizar los siguientes pasos al sistema:

- 1.- Dar un RESET al sistema, presionando el botón que dice reset.
- 2.- Oprimir la tecla número 2 para indicarle al microcontrolador que se trata de una recepción de datos.

Si se realizan estos pasos correctamente, garantizamos una buena recepción, en caso contrario, se puede perder un dato, lo que afectaría a la correcta operación del Medidor de Corrosión.

Salida.- Regresa el programa al menú anterior.

Salida.- Regresa el programa al menú principal.

c) Datos.-

La opción de DATOS despliega el siguiente menú:

- **Guardar.**

- **iMprimir.**

- **Salida.**

Guardar.- Al activar esta opción, aparece la siguiente ventana:

- **esClavo.**

- **remoTo.**

- **Salida.**

esClavo.- Indica al programa que va a ejecutar la rutina de recepción de datos para el modo de trabajo esclavo.

remoTo.- Indica al programa que va a ejecutar la rutina de recepción de datos para el modo de trabajo remoto.

Para ambos modos de trabajo (**esClavo** y **remoTo**), el programa pide el nombre del archivo en donde se van a guardar todos los datos que envía el sistema, también pide el número de datos que se desean guardar en dicho archivo (sólo para modo **esClavo**), ya que en modo **remoTo** automáticamente recibe 200 lecturas.

Salida.- Regresa el programa al menú anterior.

iMprimir.- Despliega el siguiente menú:

- Pantalla.
- Impresora.
- Salida.

Pantalla. - El programa pide el nombre del archivo de texto que se desea visualizar, si existe desplegará la información en la pantalla de la computadora; si no existe manda un mensaje de error.

Impresora. - El programa pide el nombre del archivo de texto que se desea imprimir, si existe, se enviarán los datos a la impresora por medio del puerto paralelo de la computadora, si no existe manda un mensaje de error.

Salida. - Regresa el programa al menú anterior (DATOS).

Salida. - Regresa el programa al menú principal.

d) **Salida.** Finaliza la ejecución del programa y retorna al prompt del sistema operativo.

NOTA: Para activar una opción de los diferentes menús, se puede hacer de dos formas. La primera es posicionando el cursor con el arreglo de flechas del teclado de la computadora y presionar la tecla ENTER en la opción deseada. La segunda es presionar la tecla de la letra que está en mayúsculas en cada opción; el programa valida el teclado a mayúsculas si es que está en minúsculas.

CONCLUSIONS

CONCLUSIONES.

Una vez realizado el proyecto "MEDIDOR DE CORROSION", y en base al trabajo expuesto anteriormente, podemos en forma general analizar los alcances y limitaciones del proyecto (sistema), también estamos en condiciones de enunciar algunas mejoras que se pueden contemplar desde el inicio de la construcción del sistema en una versión futura.

El Medidor de Corrosión Electrónico es un proyecto de los primeros en su género, se desarrolló en base a las necesidades presentadas por el Departamento de Mecánica de la Facultad de Ingeniería, la principal de ellas surge cuando se desea conocer el comportamiento corrosivo del material ZINALCO, aunque por la versatilidad del proyecto, se puede analizar cualquier tipo de material. La única condición es que se presente una corrosión de tipo galvánica, tal como se explica en el capítulo uno. Con esto el proyecto tendrá como función principal, obtener los valores de las corrientes que se producen con el paso del tiempo (llamados datos), al poner a reaccionar químicamente dos materiales eléctricamente distintos. Los datos obtenidos son procesados para obtener gráficas de: corriente contra tiempo, pérdida de peso de los materiales en estudio contra tiempo y velocidad de corrosión. Estas gráficas sirven a los ingenieros mecánicos para conocer más amplia y rápidamente el soporte corrosivo del material que van a utilizar y con ello tomen la decisión correcta.

Por otra parte todos los componentes que conforman el proyecto, fueron seleccionados de acuerdo a tres aspectos importantes como son: bajo precio, existencia en el mercado nacional y fácil operación, esto determina un proyecto confiable y de bajo costo en la producción. Otro aspecto interesante es la utilización mínima de periféricos externos, ya

que sólo utiliza una computadora, una impresora, cables para la comunicación impresora-sistema-computadora y una fuente bipolar de +12 y -12 volts. La computadora necesita de un programa (software) para enlazarla con el sistema y con la impresora, este programa también se diseñó de la forma más óptima tanto para el sistema como para el usuario, utilizando un ambiente de ventanas y menús que hace la programación fácil y agradable para el operario.

Otra característica del sistema es su construcción física en forma modular, lo cual facilita su mantenimiento, porque si algo anormal sucede en los resultados de los datos, se detecta el módulo que está operando mal y se prueba por separado, cambiando de una forma sencilla el componente dañado.

Al finalizar el proyecto hemos logrado darnos cuenta que se pudo realizar un mejor trabajo, la falta de tiempo y experiencia (que obtuvimos al desarrollar el Medidor de Corrosión), determinó dejar el trabajo como se está presentando, sin embargo a quienes lo retomem en un futuro, nos permitimos hacer las siguientes recomendaciones:

- Más capacidad de almacenamiento para las lecturas, que es factible obtener utilizando el mismo microcontrolador pero en modo expandido y con una memoria externa.
- Un protocolo de comunicación entre computadora y sistema más sofisticado, que trabaje a base de interrupciones.
- Un programa de software para la computadora en donde se hicieran las gráficas mencionadas anteriormente, al mismo tiempo que se reciben los datos.

- Quitar el teclado matricial del sistema y habilitar el de la computadora.
- Incrementar la velocidad de transmisión y recepción a 9600 bauds.

Hasta el momento sólo hemos hablado de las características técnicas del Medidor de Corrosión, sin embargo, no se ha mencionado que es realmente grandioso, tener la oportunidad de aportar en un trabajo de tesis, los conocimientos adquiridos a lo largo de una carrera y sobre todo en una institución tan noble y por todos considerada como nuestra máxima casa de estudios que es la UNAM y saber que con ellos se puede prevenir o dar solución a grandes problemas que enfrentamos día a día, en este caso el problema de la corrosión, al evitarla tendríamos grandes beneficios en nuestra sociedad, como una mayor vida útil en todo lo referente a herrería que es básica tanto en el hogar como en la industria, puertas, puentes, piezas mecánicas, barcos, aviones, automóviles, etc. que como están expuestas a la intemperie (aire, agua, viento y sol) sufren el terrible fenómeno químico llamado "Corrosión", con ésto, no estamos diciendo que el proyecto va a evitar este problema, pero sí esperamos que en cierta forma contribuya al estudio y descubrimiento de materiales más resistentes.

Como ya se mencionó, el proyecto tiene sus limitaciones, pero también aporta beneficios, a la industria como ya se dijo, y a los compañeros estudiantes que se inician en el estudio de microcontroladores, debido a que las rutinas que se utilizan dentro del proyecto son fáciles de entender porque llevan asociados sus diagramas de flujo, además son aplicables a otros tipos de proyecto por ejemplo un termómetro digital, ya que el buen funcionamiento del convertidor A/D está garantizado. Muy interesante resulta la comunicación lograda entre

la computadora y el microcontrolador con ello se podrían obtener mayores logros en la automatización de maquinaria, tales como motores de paso, taladros, controladores de temperatura. En general hace más fácil la comprensión de la función de los microcontroladores.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- **GONZALEZ** Zabalgoitia, Francisco Antonio.- Tesis: La Corrosión en Calderas.
U.N.A.M 1980, MÉXICO D.F.; 188 pag.

- **ORTIZ** Sanchez, Benito.- Tesis: La Corrosión en el diseño de aparejos de producción por metalurgia. U.N.A.M. 1991, México D.F.; 346 pag.

- **SPELLER**, Frank Newman.- Corrosion, Causes and Prevention.
3a Edición; New York, 1951.
686 pag.

- **EVANS** Ulick, Richardson.- Corrosiones Metálicas.
Barcelona, 1987.
318 pag.

- **BRUCE**, Eckel.- Aplicación C++.
2a Edición; México 1992.
Editorial: Mc Graw Hill; 521 pag.

- **SCHILDT**, Herbert.- Turbo C/C++.
2a Edición; U.S.A. 1992.
Editorial: Mc Graw Hill; 1118 pag.
- **PEATMAN**, John B.- Desing with Microcontrollers.
U.S.A., 1976.
Editorial: Mc Graw Hill; 618 pag.
- **KENNET**, L. Short.- Microprocesadores y Lógica Programada.
España, 1981.
Editorial: Gustavo Gili S.A.; 523 pag.
- **GENE**, Tobey and Jerald G. Graeme.- Amplificadores Operacionales, Diseño y Aplicación.
4a Edición; México D.F, 1985.
Editorial: Diana; 548 pag.
- **DARYANANI**, Gobind.- Principles of Active network Synthesis and Desing.
Singapore, 1976.
Editorial: Wiley; 495 pag.

- **COOPER**, David William.- Instrumentación Electrónica y Mediciones.
México D.F., 1982.
Editorial: Prentice Hall; 501 pag.

- **MANUAL MOTOROLA.**- Linear and Interface Integrated Circuits
U.S.A., 1990.

- **MANUAL MOTOROLA.**- Reference Manual M68HC11
U.S.A., 1991.

- **SCHILING**, Donald L.- Circuitos Electronicos, Discretos e Integrados.
2a Edición; México, 1987.
Editorial: Marcombo; 744 pag.

- **MANO**, M. Morris.- Diseño Digital.
2a Edición; México 1987.
Editorial: Prentice Hall; 394 pag.

APPENDICE A

APENDICE A
PROGRAMA DEL CONTROL INTERNO DEL MICROCONTROLADOR.

PORTA	EQU	00H	;Puerto A I/O
PIOC	EQU	02H	;Registro de Control I/O Paralelo
PORTC	EQU	03H	;Puerto C I/O
PORTB	EQU	04H	;Puerto B I/O
PORTCL	EQU	05H	;Latched del Port C
DDRC	EQU	07H	;Registro de Direccion de Datos del Puerto ;C
PORTD	EQU	08H	;Puerto D I/O
DDRD	EQU	09H	;Registro de Direccion de Datos del Puerto ;D
PORTE	EQU	0AH	;Puerto E I/O
CFORC	EQU	0BH	;Compare Force Register
OC1M	EQU	0CH	;OC1 Action Mask register
OC1D	EQU	0DH	;OC1 Action Data Register
TCNT	EQU	0EH	;Timer Counter Register
TIC1	EQU	10H	;Input Capture 1 Register
TIC2	EQU	12H	;Input Capture 2 Register
TIC3	EQU	14H	;Input Capture 3 Register
TOC1	EQU	16H	;Output Compare 1 Register
TOC2	EQU	18H	;Output Compare 2 Register
TOC3	EQU	1AH	;Output Compare 3 Register
TOC4	EQU	1CH	;Output Compare 4 Register
TOC5	EQU	1EH	;Output Compare 5 Register
TCTL1	EQU	20H	;Timer Control Register 1
TCTL2	EQU	21H	;Timer Control Register 2
TMSK1	EQU	22H	;Main Timer Interrupt Mask Register 1
TFLG1	EQU	23H	;Main Timer Interrupt Flag Register 1
TMSK2	EQU	24H	;Main Timer Interrupt Mask Register 2
TFLG2	EQU	25H	;Main Timer Interrupt Flag Register 2
PACTL	EQU	26H	;Pulse Accumulator Control Register
PACNT	EQU	27H	;Pulse Accumulator Count Register
SPCR	EQU	28H	;SPI Control Register
SPSR	EQU	29H	;SPI Status Register
SPDR	EQU	2AH	;SPI Data In/Out
BAUD	EQU	2BH	;SCI Baud Rate Control
SCCR1	EQU	2CH	;SCI Control Register 1
SCCR2	EQU	2DH	;SCI Control Register 2
SCSR	EQU	2EH	;SCI Status Register
SCDR	EQU	2FH	;SCI Data (Read RDR, Write TDR)
ADCTL	EQU	30H	;A-to-D Control Register
ADR1	EQU	31H	;A-to-D Result Register 1
ADR2	EQU	32H	;A-to-D Result Register 2
ADR3	EQU	33H	;A-to-D Result Register 3
ADR4	EQU	34H	;A-to-D Result Register 4
OPTION	EQU	39H	;System Configuration Options
COPRST	EQU	3AH	;Arm/Reset COP Timer Circuitry
PPROG	EQU	3BH	;EEPROM Programming Control Register
HPRIO	EQU	3CH	;Highest Priority I-Bit Interrupt & Misc.
TEST1	EQU	3EH	;Factory TEST control register
CONFIG	EQU	3FH	;COP, ROM & EEPROM Enables.

***** DEFINE MEMORIA RAM *****

```
DEFSEG RAM, START=00, ABSOLUTE
SEG      RAM

R1       DS      1           ;RETARDO (anidamiento 1)
R111    DS      1
R2       DS      1           ;RETARDO (anidamiento 2)
R22     DS      1
R5       DS      1           ;RETARDO (anidamiento 3)
R55     DS      1
R6       DS      1           ;CONTROLA LAS 25 LECTURAS
R66     DS      1
DDIA    DS      1           ;      "
DIA     DS      1           ;      "
DMES    DS      1           ;      "
MES     DS      1           ;      "
DANO    DS      1           ;      "
ANO     DS      1           ;      "
DHORA   DS      1           ;      "
HORA    DS      1           ;      "
DMIN    DS      1           ;
MIN     DS      1           ;
DSEG    DS      1           ;CONTROLA RELOJ DE TIEMPO
REAL    DS      1           ;CONTROLA RELOJ DE TIEMPO
R4       DS      1
R7       DS      1           ;CARGA # RAM DE LAS LECTURAS
R8       DS      1           ;CARGA # RAM DE LA FECHA Y HORA
R9       DS      1
R10     DS      1
R11     DS      1
R12     DS      1
R13     DS      1
UNIDAD  DS      1
DECENA  DS      1
CENTENA DS      1
MILLAR  DS      1
NIDO1   DS      1
NIDO2   DS      1
LECTURAS DS     50
HORAL   DS     50
MIN1    DS     50
SEG1    DS     50
DIA1    DS      1
MES1    DS      1
ANO1    DS      1
SEGA    DS      6
CONT    DS      1
STATUS  DS      1
```

;***** INICIO DE LA PROGRAMACION DEL MICRO *****

```
DEFSEG MAINCODE, START=$F800 ;INDICA DONDE EMPIEZA
SEG      MAINCODE

LDS      #$FF                ;CARGA EL STACK POINTER
                        ;EN
LDX      #$1000             ;LA DIRECCION FF
                        ;EL INDICE X SE CARGA CON
                        ;1000

BSET     PACTL,X,$88        ;PROGRAMA PA7 Y PA4 COMO
                        ;SALIDA

BSET     DDRC,X,$F3        ;PROGRAMA PC0 Y PC1 COMO
                        ;SALIDAS

BSET     PORTA,X,$88        ;PONE EN ALTO (CS,RD Y WR)
BCLR     PORTA,X,$40
LDAA     #$35               ;PROGRAMA 1200 BAUDS
STAA    BAUD,X
BSET     SCCR2,X,$0C       ;8 BITS DE DATOS

BSET     OPTION,X,$80      ;ENCIENDE EL
BCLR     OPTION,X,$40      ;CONVERTIDOR
BCLR     ADCTL,X,$10       ;SELECCIONA UNA ENTRADA
BSET     ADCTL,X,$20

BSET     PACTL,X,$03       ;PROGRAMA INTERRUPCION
                        ;TIEMPO REAL
```

;***** PROGRAMACION DEL TECLADO *****

```
CICLO:   JSR      TECLADO
          CMPA    #$FF
          BEQ     CICLO

          CMPA    #$01      ;SI SE TECLEA EL No. 1,
                          ;COMIENZA EL
          BNE     DOS      ;PROGRAMA
          LDX     #$1000
          BCLR    PORTB,X,$01

          LDAA    R5
          CMPA    #$00
          BNE     REMOTO

          LDAA    R4
          STAA   R6
          LDAA    #LECTURAS ;CARGA EN R7 DONDE EMPIEZA
                          ;LA
                          ;RAM DE LECTURAS

INCO:    STAA    R7
          JSR    DATOS
          JSR    CLKRD
          JMP    GUAIDA

REPITE:  JSR    INRET
          BRA    REPITE

CREO:    JSR    INRET
          BRA    REPITE
```

REMOTO:	JMP	REMOTOS
DOS:	CMPA BNE JMP	#\$02 TRES RECIBE
TRES:	CMPA BNE JMP	#\$03 CUATRO IMPRESION
CUATRO:	JSR JMP	TRANSMI TRAFFE
REMOTOS:	LDAA STAA STAA LDAA STAA JSR JSR JSR JSR JSR JSR JSR DEC JSR JSR JSR JSR	#200 R6 R4 #LECTURAS R7 DATOS CLKRD CLKRAM1 CLKRAM2 CLKRAM3 GUARSES R6 INRET DATOS CLKRD SUMTRI
VUELRE:	JSR JSR DEC BNE LDX BSET JMP	INRET DATOS R6 VUELRE #\$1000 PORTB,X,\$01 CICLO
YUPI:	JMP	CICLO
GUARSES:	CLRA LDAB XGDX	#SEGA
GUARSE:	LDAB STAB LDAA JSR ORAA STAA INX	HORA \$00,X DHORA CORRE4I \$00,X \$00,X
	LDAB STAB LDAA JSR ORAA STAA	MIN \$00,X DMIN CORRE4I \$00,X \$00,X

INX

LDAB SEG
STAB \$00,X
LDAA DSEG
JSR CORRE4I
ORAA \$00,X
STAA \$00,X

RTS

SUMTRI: CLRA
LDAB #SEGA
ADDB #S03
XGDX
JSR GUARSE
DEC R6
RTS

;***** RUTINA QUE RECIBE DATOS DE LA COMPUTADORA *****

RECIBE: PSHY
LDAA #SOF
STAA STATUS

LDAA #S00
STAA DSEG
LDAA #S00
STAA SEG

LDAA #19
STAA CONT

CLRA
LDAB #R1
XGDY

LDX #S1000

ONUM: BRCLR SCSR,X,\$20,ONUM
LDAA SCDR,X

TRANSIM: BRCLR SCSR,X,\$80,TRANSIM
STAA SCDR,X
CMPA #S41
BLO ADIERE
ANDA #SOF
ADDA #S09

ADIERE: ANDA #SOF
STAA \$00,Y
INY
DEC CONT
BNE ONUM

LDAA R1

```

JSR      CORRE4I
STAA    R1
LDAA    R111
ANDA    #$0F
ORAA    R1
STAA    R1

LDAA    R2
JSR      CORRE4I
STAA    R2
LDAA    R22
ANDA    #$0F
ORAA    R2
STAA    R2

LDAA    R6
JSR      CORRE4I
STAA    R6
LDAA    R66
ANDA    #$0F
ORAA    R6
STAA    R6

LDAA    R6
;DESPUES HACE COMPARACION
STAA    R4
;PARA
;EL RELOJ DE TIEMPO REAL

JSR      CLKWR

LDX     #$1000
BSET    PORTB,X,$01
PULY

JMP     CICLO

CORRE4I: LSLA
        LSLA
        LSLA
        LSLA
        ANDA    #$F0

;***** ESCRIBE DATOS AL RELOJ DE TIEMPO REAL *****
CLKWR:  BSET    DDR,X,$3C

LDAA    #$0F
LDAB    #$00
JSR      WDCLK
;ACUMULADOR A DATOS
;ACUMULADOR B DIRECCIONES
;HABILITA REGISTRO DE
;CONTROL

LDAA    #$00
;DESHABILITA
;INTERRUPCIONES

LDAB    #$F0
JSR      WDCLK

LDAA    #$05
;SALE DEL MODO TEST Y
;SELECCIONA

```

LDAB	#\$00	;EL REGISTRO CLOCK SETTING
JSR	WDCLK	
LDAA	STATUS	;CARGA EL REGISTRO CLOCK
		;SETTING
LDAB	#\$F0	
JSR	WDCLK	
LDAA	SEG	;INICIALIZA SEGUNDOS
LDAB	#\$20	
JSR	WDCLK	
LDAA	DSEG	
LDAB	#\$30	
JSR	WDCLK	
LDAA	MIN	;INICIALIZA MINUTOS
LDAB	#\$40	
JSR	WDCLK	
LDAA	DMIN	
LDAB	#\$50	
JSR	WDCLK	
LDAA	HORA	;INICIALIZA HORAS
LDAB	#\$60	
JSR	WDCLK	
LDAA	DHORA	
LDAB	#\$70	
JSR	WDCLK	
LDAA	DIA	;INICIALIZA DIAS
LDAB	#\$80	
JSR	WDCLK	
LDAA	DDIA	
LDAB	#\$90	
JSR	WDCLK	
LDAA	MES	;INICIALIZA MESES
LDAB	#\$A0	
JSR	WDCLK	
LDAA	DMES	
LDAB	#\$B0	
JSR	WDCLK	
LDAA	ANO	;INICIALIZA ANO
LDAB	#\$C0	
JSR	WDCLK	
LDAA	DANO	
LDAB	#\$D0	
JSR	WDCLK	
LDAA	#\$00	;REESTABLECE MODO NORMAL
LDAB	#\$00	
JSR	WDCLK	
BCLR	DDRD,X,\$3C	
RTS		

```

WDCLK:   ROLA           ;CORRE DOS LUGARES A LA
          ROLA           ;IZQUIERDA

          BCLR   PORTC,X,$F0   ;LIMPIA EL PUERTO C
          ORAB   PORTC,X       ;OR ENTRE EL ACCB Y EL
          STAB   PORTC,X       ;PORTC
          ;ESCRIBE EN EL PORTC EL
          ;RESULTADO

          BCLR   PORTA,X,$80   ;ACTIVA EL BIT CHIP SELECT
          ;EN BAJO
          BSET   PORTA,X,$40   ;ACTIVA EL WRITE (WR) EN
          ;BAJO

          BCLR   PORTD,X,$3C   ;LIMPIA EL PUERTO D
          ORAA   PORTD,X       ;OR ENTRE EL ACCA Y EL
          STAA   PORTD,X       ;PORTD
          ;ESCRIBE EN PORTD EL
          ;RESULTADO

          BCLR   PORTA,X,$40   ;DESACTIVA EL CHIP SELECT
          BSET   PORTA,X,$80
          RTS

```

***** CONVERTIDOR A/D *****

```

DATOS:   LDX   #$1000
          LDAB  ADR1,X         ;EL CONVERTIDOR HACE LA
          ;PRIMERA

          PSHB
          CLRA
          LDAB  R7             ;LECTURA DEL ADR1
          ;EL VALOR DE LA LECTURA ES
          ;DIVIDIDO

          XGDX
          PULB
          STAB  $00,X
          INC   R7             ;HECHO EN LA RAM DEL MICRO

          RTS

```

***** LEE DATOS DEL RELOJ DE TIEMPO REAL *****

```

CLKRD:   LDX   #$1000

          LDAB  #$90           ;LEE DIAS
          JSR   RDCLK
          STAA  DDIA
          LDAB  #$80
          JSR   RDCLK
          STAA  DIA

          LDAB  #$B0           ;LEE MESES
          JSR   RDCLK
          STAA  DMES
          LDAB  #$A0
          JSR   RDCLK

```

	STAA	MES	
	LDAB	#\$D0	;LEE ANOS
	JSR	RDCLK	
	STAA	DANO	
	LDAB	#\$C0	
	JSR	RDCLK	
	STAA	ANO	
	LDAB	#\$70	;LEE HORAS
	JSR	RDCLK	
	STAA	DHORA	
	LDAB	#\$60	
	JSR	RDCLK	
	STAA	HORA	
	LDAB	#\$50	;LEE MINUTOS
	JSR	RDCLK	
	STAA	DMIN	
	LDAB	#\$40	
	JSR	RDCLK	
	STAA	MIN	
	LDAB	#\$30	;LEE SEGUNDOS
	JSR	RDCLK	
	STAA	DSEG	
	LDAB	#\$20	
	JSR	RDCLK	
	STAA	SEG	
	LDAB	#\$0F	;LEE EL STATUS
	JSR	RDCLK	
	STAA	STATUS	
	RTS		
GUAIDA:	LDAA	R4	
	CHPA	R6	
	BEQ	PRIMVEZ	
	JMP	DENUEVO	
PRIMVEZ:	PSHA		
	PSHB		
	JSR	CLKRAM1	
	JSR	CLKRAM2	
	JSR	CLKRAM3	
	JSR	CLKRAM4	
	JSR	CLKRAM5	
	JSR	CLKRAM6	
	PULB		
	PULA		
	DEC	R6	
	JMP	CREO	
DENUEVO:	PSHA		
	PSHB		
	JSR	AQUI1	

```

JSR    AQU12
JSR    AQU13
JSR    AQU14
JSR    AQU15
JSR    AQU16
PULB
PULA
DEC    R6
BNE    CLKRD1
LDX    #$1000
BSET   PORTB,X,$01
BRSET  PORTA,X,$04,JTRANS
JMP    IMPRESION

JTRANS: JSR    TRANSMI
        JMP    TRAFE
CLKRD1: JMP    CREO

RDCLK:  BCLR   PORTC,X,$F0      ;LIMPIA EL PORTC
        ORAB   PORTC,X        ;OR ENTRE ACCB Y PORTC
        STAB   PORTC,X        ;ESCRIBE A PORTC

        BCLR   PORTA,X,$80     ;ACTIVA EL CHIP SELECT EN
        ;BAJO
        BCLR   PORTA,X,$08     ;ACTIVA EL READ

        LDAA   PORTD,X        ;CARGA EN ACCA LO DE PORTD
        RORA   ;ROTA DOS VECES A LA
        ;DERECHA

        RORA   #50F           ;FILTRA LOS DATOS
        BSET   PORTA,X,$08     ;DESACTIVA EL READ
        BSET   PORTA,X,$80     ;DESACTIVA EL CHIP SELECT
        RTS

CLKRAM1: LDAA   #DIA1
        STAA   R8

AQUI1:  CLRA
        LDAB   R8
        XGDX
        LDAB   DIA
        STAB   $00,X
        LDAA   DDIA
        JSR    CORRE4I
        ORAA   $00,X
        STAA   $00,X
        RTS

CLKRAM2: LDAA   #MES1
        STAA   R9

AQUI2:  CLRA
        LDAB   R9
        XGDX
        LDAB   MES

```

	STAB	\$00,X
	LDAA	DMES
	JSR	CORRE4I
	ORAA	\$00,X
	STAA	\$00,X
	RTS	
CLKRAM3:	LDAA	#ANO1
	STAA	R10
AQUI3:	CLRA	
	LDAB	R10
	XGDX	
	LDAB	ANO
	STAB	\$00,X
	LDAA	DANO
	JSR	CORRE4I
	ORAA	\$00,X
	STAA	\$00,X
	RTS	
CLKRAM4:	LDAA	#HORA1
	STAA	R11
AQUI4:	CLRA	
	LDAB	R11
	XGDX	
	LDAB	HORA
	STAB	\$00,X
	LDAA	DHORA
	JSR	CORRE4I
	ORAA	\$00,X
	STAA	\$00,X
	INC	R11
	RTS	
CLKRAM5:	LDAA	#MIN1
	STAA	R12
AQUI5:	CLRA	
	LDAB	R12
	XGDX	
	LDAB	MIN
	STAB	\$00,X
	LDAA	DMIN
	JSR	CORRE4I
	ORAA	\$00,X
	STAA	\$00,X
	INC	R12
	RTS	
CLKRAM6:	LDAA	#SEG1
	STAA	R13
AQUI6:	CLRA	
	LDAB	R13
	XGDX	
	LDAB	SEG

STAB \$00,X
LDAA DSEG
JSR CORRE4I
ORAA \$00,X
STAA \$00,X
INC R13
RTS

***** SUBROUTINA DE RETARDO *****

INRET: LDAB R2 ;A XXXXX MINUTOS
STAB NIDO2 ;CONTROLA EL RETARDO

LAZO2: LDAA R1
STAA NIDO1

LIMFLG: LDX #1000
LDAA #80 ;LIMPIA BANDERA
STAA TFLG2,X

AQUI: BRCLR TFLG2,X,80,AQUI ;POLEA BANDERA

DEC NIDO1
BNE LIMFLG

DEC NIDO2
BNE LAZO2

RTS

***** TRANSMITE DATOS A LA P.C.*****

TRANSMI: LDAA R5
CMPA #800
BNE TRAREMO
JSR SACA

TRADAT: PSHA
CLRA
LDAB R7
XGDX
PULA
LDAB \$00,X
INC R7

LDX #10
CLRA
IDIV
STAB UNIDAD

LDD #10
XGDX
IDIV
STAB DECENA

LDD #10
XGDX
IDIV
STAB CENTENA

	LDX	#\$1000
	LDAA	CENTENA
	JSR	RUTINA2
	LDAA	DECENA
	JSR	RUTINA2
	LDAA	UNIDAD
	JSR	RUTINA2
	RTS	
TRAREMO:	JMP	TXREMOTO
TRAFF:	CLRA	
	LDAB	R8
	JSR	RUTINA1
	CLRA	
	LDAB	R9
	JSR	RUTINA1
	CLRA	
	LDAB	R10
	JSR	RUTINA1
	CLRA	
	LDAB	R11
	JSR	RUTINA1
	INC	R11
	CLRA	
	LDAB	R12
	JSR	RUTINA1
	INC	R12
	CLRA	
	LDAB	R13
	JSR	RUTINA1
	INC	R13
	LDAA	#\$20
	JSR	TRANS3
	DEC	R6
	BNE	SUBTD
	LDX	#\$1000
	BCLR	PORTB,X,\$01
	LDAA	R4
	STAA	R6
	JMP	INCO
SUBTD:	JSR	TRADAT
	BRA	TRAFF
RUTINA1:	XGDY	
RUTINAS1:	LDAA	\$00,Y

	ANDA	#\$F0
	RORA	
	RORA	
	RORA	
	RORA	
	ADDA	#\$30
	LDX	#\$1000
TRANS1:	BRCLR	SCSR, X, \$80, TRANS1
	STAA	SCDR, X
	LDAA	\$00, Y
	ANDA	#\$0F
	ADDA	#\$30
TRANS2:	BRCLR	SCSR, X, \$80, TRANS2
	STAA	SCDR, X
	LDAA	\$00, Y
	RTS	
RUTINA2:	ANDA	#\$0F
	ADDA	#\$30
TRANS3:	BRCLR	SCSR, X, \$80, TRANS3
	STAA	SCDR, X
	RTS	
TXREMOTE:	CLRA	
	LDAB	R8
	JSR	RUTINA1
	CLRA	
	LDAB	R9
	JSR	RUTINA1
	CLRA	
	LDAB	R10
	JSR	RUTINA1
	LDAA	#\$20
	JSR	TRANS3
SEGSACA:	CLRA	
	LDAB	#\$SEGA
	JSR	RUTINA1
	INY	
	JSR	RUTINAS1
	INY	
	JSR	RUTINAS1
	INY	
	LDAA	#\$20
	JSR	TRANS3
	JSR	RUTINAS1
	INY	
	JSR	RUTINAS1
	INY	
	JSR	RUTINAS1
	LDAA	#\$20
	JSR	TRANS3

```

          JSR     TRANS3
          JSR     TRANS3

TREFIN:   JSR     SACA
          JSR     TRADAT
          LDAA   #$20
          JSR     TRANS3
          DEC    R6
          BNE   TREFIN
          LDX   #$1000
          BCLR  PORTB,X,$01
          LDAA  R4
          STAA  R6
          JMP   YUPI

```

;***** MANDA MENSAJES *****

```

IMPRESION: JSR     INIT
           LDY    #MENFE           ;CARGA EL PRIMER MENSAJE
           JSR    IMPRIME         ;IMPRIME PRIMER MENSAJE
           JSR    RBLANK          ;BRINCA AL SIGUIENTE
           ;REGLON

```

```

           LDAA  R5
           CMPA  #$00
           BNE  IMPREMO

INICIO:   LDY    #MENSAJE1        ;CARGA EL MENSAJE1
           JSR    IMPRIME
           JSR    SACA
           JSR    SACAL
           JMP    COSACAL

```

```

INICIO1:  LDY    #MENSAJE1
           JSR    IMPRIME
           JSR    SACAL
           JMP    COSACAL

```

```

IMPREMO:  JMP    REMIMP

```

```

INPRIME:  LDAA  $00,Y             ;LEE LOS MENSAJES
           CMPA  #$FF
           BEQ  FINIMP
           JSR  WDI
           INY
           BRA  IMPRIME

```

```

FINIMP:   RTS

```

;***** SACA DATOS DEL A/D Y RELOJ *****

```

SACA:     LDAA  R4
           STAA  R6
           LDAA  #LECTURAS
           STAA  R7
           LDAA  #DIAL
           STAA  R8

```

	LDAA	#MES1
	STAA	R9
	LDAA	#ANO1
	STAA	R10
	LDAA	#HORA1
	STAA	R11
	LDAA	#MIN1
	STAA	R12
	LDAA	#SEG1
	STAA	R13
	RTS	
SACAL:	PSHA	
	CLRA	
	LDAB	R7
	XGDX	
	PULA	
	LDAB	\$00, X
	INC	R7
CONVER:	LDAA	#42
	MUL	
	LDX	#10
	IDIV	
	XGDX	
	LDX	#1000
	IDIV	
	XGDX	
	STAB	MILLAR
	XGDX	
	LDX	#100
	IDIV	
	XGDX	
	STAB	CENTENA
	XGDX	
	LDX	#10
	IDIV	
	XGDX	
	STAB	DECENA
	XGDX	
	STAB	UNIDAD
	LDX	#\$1000
	LDAA	MILLAR
	CMPA	#\$00
	BNE	NOBLAN
	LDAA	#\$20
	BRA	CENTE
NOBLAN:	ADDA	#\$30
CENTE:	JSR	WDI

LDAA CENTENA
ADDA #\$30
JSR WDI

LDAA DECENA
ADDA #\$30
JSR WDI

LDAA UNIDAD
ADDA #\$30
JSR WDI

RTS

COSACA1: LDY #MENSAJE2
JSR IMPRIME
JSR MEN

CLRA
LDAB R8
JSR RUTINA
JSR MEN1

CLRA
LDAB R9
JSR RUTINA
JSR MEN1

CLRA
LDAB R10
JSR RUTINA
JSR MEN

CLRA
LDAB R11
JSR RUTINA
INC R11
JSR MEN2

CLRA
LDAB R12
JSR RUTINA
INC R12
JSR MEN2

CLRA
LDAB R13
JSR RUTINA
INC R13
JSR RBLANK

DEC R6
BNE CONVER1
LDX #\$1000
BCLR PORTB, X, \$01
LDAA R4

	STAA	R6
	JMP	INCO
CONVER1:	JMP	INICIO1
RUTINA:	XGDY	
NOVI:	LDAA	\$00, Y
	ANDA	#\$FO
	RORA	
	RORA	
	RORA	
	RORA	
	ADDA	#\$30
	JSR	WDI
	LDAA	\$00, Y
	ANDA	#\$0F
	ADDA	#\$30
	JSR	WDI
	RTS	
MEN:	PSHA	
	PSHY	
	LDY	#MENSAJE3
	JSR	IMPRIME
	PULY	
	PULA	
	RTS	
MEN1:	PSHA	
	PSHY	
	LDY	#MENSAJE4
	JSR	IMPRIME
	PULY	
	PULA	
	RTS	
MEN2:	PSHA	
	PSHY	
	LDY	#MENSAJE5
	JSR	IMPRIME
	PULY	
	PULA	
	RTS	
REMIMP:	JSR	SACA
	CLRA	
	LDAB	R8
	JSR	RUTINA
	JSR	MEN1
	CLRA	
	LDAB	R9
	JSR	RUTINA
	JSR	MEN1
	CLRA	

```

LDAB      R10
JSR       RUTINA
JSR       MEN

CLRA
LDAB      #SEGA
JSR       RUTINA
INY
JSR       MEN2
JSR       NOVI
INY
JSR       MEN2
JSR       NOVI
INY
JSR       MEN
JSR       NOVI
INY
JSR       MEN2
JSR       NOVI
INY
JSR       MEN2
JSR       NOVI
JSR       RBLANK

IMREFIN:  LDY      #MENSAJE1
          JSR      IMPRIME
          JSR      SACA1
          LDY      #MENSAJE2
          JSR      IMPRIME
          JSR      RBLANK
          DEC      R6
          BNE      IMREFIN
          LDX      #$1000
          BCLB    PORTB,X,$01
          LDAA    R4
          STAA   R6
          JMP     YUPI

;***** IMPRESORA *****

INIT:     LDX      #$1000
          BSET    PORTC,X,$02
          BCLB    PORTC,X,$02          ;PONE EN BAJO LA SENAL
          ;INIT
          BSR     TIEMPO1             ;DEJA PASAR UN TIEMPO 50
          ;MICROSEG.
          BSET    PORTC,X,$02        ;PONE EN ALTO LA SENAL
          ;INIT

TIEMPO1:  LDAB    #18                ;ES UNA SUBROUTINA DE
          ;RETARDO PARA
TIEMPO11: DECB
          BNE     TIEMPO11           ;GENERAR UN PULSO MAYOR
          ;A 50
          ;MICROSEGUNDOS PARA LA
          ;SENAL INIT

RTS

```

```

RBLANK:   BSR      CR
          BSR      LF
          RTS

CR:       LDAA    #$0A           ;CARGA EN EL ACUMULADOR
          BSR     WDI           ;A ESTE NUMERO
          RTS                ;PARA REGRESAR EL CARRO
                                ;DE LA IMPRESORA
                                ;A SU POSICION ORIGINAL

LF:       LDAA    #$0D           ;EL CARRO SE UBICA PARA
          BSR     WDI           ;IMPRIMIR EN
          RTS                ;LA SIGUIENTE LINEA

WDI:      LDX     #$1000

ERROR:    BRSET   PORTC,X,$04,BUSY
BUSYC:    JSR     INIT
          BRSET   PORTC,X,$04,BUSY

BUSY:     BRSET   PORTC,X,$08,BUSY
          PULA

WD:       LDX     #$1000
          STAA    PORTB,X

STROBE:   PSHA
          BSET    PORTC,X,$01
          NOP
          NOP
          NOP
          NOP
          BCLR    PORTC,X,$01
          NOP
          NOP
          NOP
          NOP
          BSET    PORTC,X,$01
          NOP
          NOP
          NOP
          NOP

WDIFIN:   PULA
          RTS

```

***** SUBROUTINA DEL TECLADO *****

```

TECLADO:  LDY     #NUMEROS       ;REVISAR EL PRIMER RENGLON
          BSET    PORTA,X,$30    ;DEL TECLADO
          BCLR    PORTA,X,$10    ;PARA VER SI NO HA SIDO
          BRSET   PORTA,X,$03,RENG2 ;PRESIONADA
          JSR     COLUMNAS      ;NINGUNA TECLA

```



```

      BRA      FINTEC
RENG2: LDY      #REN2          ;REVISAR EL SEGUNDO RENGLON
      BSET     PORTA,X,$10      ;DEL TECLADO
      BCLR     PORTA,X,$20
      BRSET    PORTA,X,$03,NADA
      JSR      COLUMNAS
      BRA      FINTEC
NADA:  LDAA     #$FF
      BRA      FINFIN
FINTEC: LDAA     $00,Y
FINFIN: RTS
COLUMNAS: BRSET  PORTA,X,$01, COL2 ;REVISAR LA PRIMERA COLUMNA
      BRA      FINCO          ;DEL TECLADO
      ;PARA SABER QUE TECLA SE
      ;PRESIONO
COL2:  INY
FINCO:  RTS

```

;***** ZONA DE MENSAJES *****

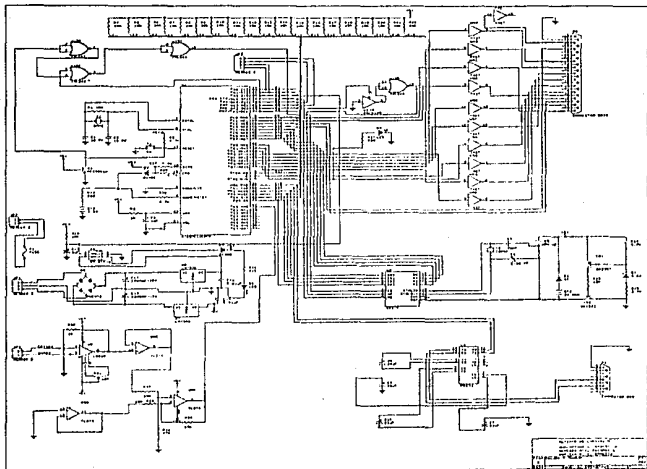
```

NUMEROS: DB      1
          DB      2
REN2:    DB      3
          DB      4
MENFE:   DB      '  "ZINALCO"      DD/MM/AA  HH:MM:SS', $FF
MENSAJE1: DB     '  LECTURA=', $FF
MENSAJE2: DB     'MA', $FF
MENSAJE3: DB     '  ', $FF
MENSAJE4: DB     ' / ', $FF
MENSAJE5: DB     ' : ', $FF
          ORG     $FFFE
          DW     $F800
FIN:     END

```

APPENDICE B

APENDICE B
CIRCUITO ELECTRICO COMPLETO DEL MEDIDOR DE CORROSION.



ILUSTRACION 1

CIRCUITO IMPRESO DEL MEDIDOR DE CORROSION.

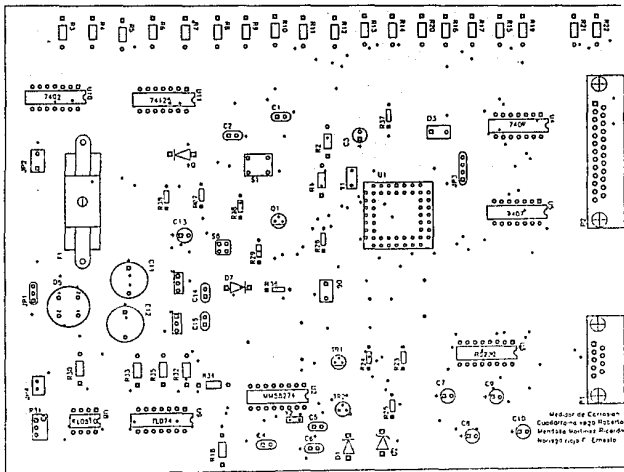
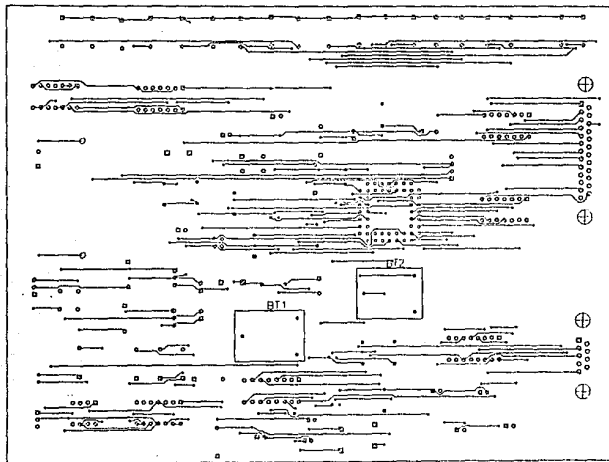


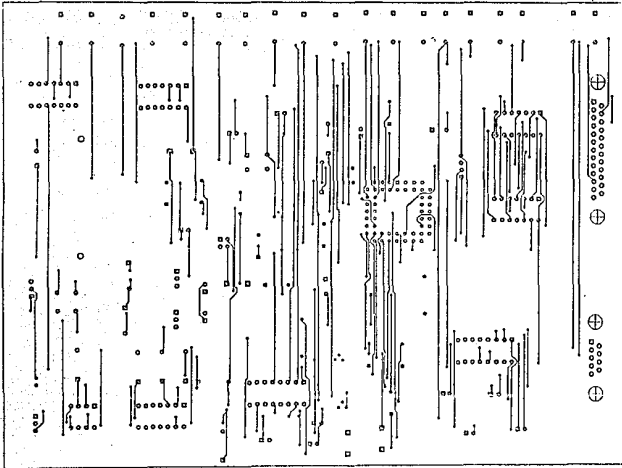
Tabla Principal del Medidor de Corrosion

CARA 1



ILUSTRACION 3

CARA 2



ILUSTRACION 4