

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

AUTOMATIZACIÓN DE UNA SOLDADORA DE PUNTOS

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL

DIEGO ROLANDO PAREDES VALDIVIESO

DIRECTOR: Ing. Ana Rodas

Quito, Junio 2001

DEDICATORIA

Al Creador de la vida, quien con su infinito amor me brindo la oportunidad de aprender a crecer, de aprender a transitar por la vida.

A mis queridos padres que con su amor, su apoyo constante e incondicional y su gran sabiduría me encaminaron por el camino correcto; para llegar hacer una persona de bien.

A mi hermano que siempre ha estado en los momentos más difíciles a mi lado.

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica Nacional, por todos los conocimientos brindados a través de los años de vida universitaria.

A todos nuestros compañeros, amigos y hermanos, por compartir parte de sus vidas.

A la Ingeniera Ana Rodas Directora del Proyecto de Titulación, que gracias a su apoyo hizo posible la realización de este Proyecto.

DECLARACIÓN

Yo, Diego Rolando Paredes Valdivieso, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normatividad Institucional Vigente.



Diego Rolando Paredes Valdivieso

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Rolando Paredes Valdivieso, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'ANARODASB', is written over a horizontal line.

Ing. Ana Rodas

DIRECTORA DEL PROYECTO

PRESENTACION

En los últimos años a nivel mundial ha existido un creciente aumento de las empresas ensambladoras y constructoras de automóviles, buses y camiones de gran tamaño. Esto se debe a la inmensa demanda que existe en el mercado por adquirir vehículos nuevos, especialmente en los países desarrollados debido a que en estos países un automóvil es considerado como viejo con solo cinco años de uso.

El Ecuador no ha sido la excepción en la adquisición de vehículos nuevos, ni en el ensamblaje de los mismos.

La aplicación que tienen las soldadoras de puntos, en el ensamblaje de los vehículos es de gran importancia, en el momento de armar todo lo que concierne a la carrocería de los vehículos.

Sin embargo la mayoría de soldadoras de puntos existentes en las plantas ensambladoras de nuestro país tienen algunos años de fabricación, por consiguiente los repuestos necesarios para su funcionamiento (tarjetas de control) no existen en el mercado, puesto que el fabricante hace algunos años dejó de producirlos. Lo mismo no ocurre con el sistema de fuerza de las máquinas; la razón primordial es que el sistema de fuerza de las soldadoras está compuesto en su parte básica por un convertidor con SCR's y por un transformador de soldadura; los mismos que por ser equipos compactos y contar con las protecciones necesarias no sufren averías con facilidad.

Debido a este motivo se observó la necesidad de desarrollar un sistema de control que sea capaz de manejar el sistema de fuerza existente en una soldadora a la cual se va a instalar este equipo, con la versatilidad suficiente para que con solo unos pequeños cambios pueda manejar además cualquier clase de soldadora de puntos que trabaje con SCR's, sin modificar el sistema de fuerza.

RESUMEN

Para poder desarrollar el sistema de control de la soldadora de puntos, se procedió a investigar todo lo referente al funcionamiento de las soldadoras de puntos, juntamente con los principios básicos de programación de los parámetros de programación de una soldadora, de una manera que se pueda tener un criterio sólido sobre los elementos que deberían ser tomados en cuenta para formar parte del sistema de control a desarrollarse. En base a esto se desarrolló el capítulo I.

Posteriormente se decidió usar un controlador programable del fabricante Z-WORLD (modelo PK 2100) por reunir todas las características necesarias en la implementación del sistema de control escogido. Estas características del controlador tienen que ver con el tipo de señales que procesa, su forma de programación, la ventaja de poseer display y teclado propios; y por último su característica de poseer entradas y salidas capaces de conectarse directamente sin necesidad de acondicionadores de señal. Escogido el equipo a utilizarse se procedió a familiarizarse con la programación y funciones del equipo, estudiando las rutinas de ejemplo, proporcionadas por el fabricante para la demostración del funcionamiento del controlador. Teniendo claro los principios básicos de la operación de una soldadora de puntos y el funcionamiento del controlador, se procedió al desarrollo del programa en lenguaje de programación Dynamic C para la operación del sistema de control que maneje la soldadora. De acuerdo a esto se desarrolló el capítulo II.

Conjuntamente con la creación del programa de control, fue necesario realizar un estudio de los diferentes tipos y señales que el sistema de fuerza de la máquina generaba y requería, lo que produjo la necesidad de diseñar una tarjeta de enlace, la cual cumple la función de generar los pulsos de soldadura que disparen a los SCR's del sistema de fuerza de la máquina y a su vez se la utilice como

tarjeta acondicionadora de señal para las señales que lo requieran, esto produjo el desarrollo del capítulo III.

Luego de obtener el programa diseñado en Dynamic C, se lo compiló para ser descargado en el controlador PK 2100 el mismo que fue instalado en la parte frontal de la soldadora, de manera que pueda manejar las señales que requiere el sistema de fuerza de la máquina, utilizando el cableado original de la misma. Teniendo el controlador instalado y ensamblado se procedió a realizar todas las pruebas necesarias (capítulo IV) para alcanzar el correcto funcionamiento de la máquina. El análisis de los resultados obtenidos después de la depuración del sistema de control demuestra el éxito alcanzado en el desarrollo del sistema de control diseñado en esta tesis.

En el capítulo V se expresan todas las conclusiones y recomendaciones, extraídas en el desarrollo de esta tesis.

CONTENIDO

- I. Presentación
- II. Resumen

CAPITULO 1

<u>ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA SOLDADORA DE PUNTOS.....</u>	1
1.1. Soldadora de puntos.....	2
1.2. Generación de calor.....	3
1.2.1. Efecto de la corriente de soldadura.....	5
1.2.2. Efecto del tiempo de soldadura.....	6
1.2.3. Efecto de la presión de soldadura.....	6
1.2.4. Influencia de los electrodos.....	7
1.2.5. Influencia condición de la superficie.....	8
1.2.6. Influencia de la composición del metal.....	8
1.3. Ciclo de soldadura.....	8
1.3.1. Fuerza en los electrodos.....	8
1.3.2. Parámetros de soldadura.....	9
1.3.3. Soldadura de un solo impulso.....	11
1.3.4. Soldadura de múltiples impulsos.....	11
1.4. Equipo de soldadura.....	13
1.4.1. Máquina de transformador colgante.....	15
1.4.1.1 Circuito eléctrico.....	17
1.4.1.2 Pistola o herramienta soldadora portátil.....	17
1.4.1.3 Cable de fuerza y mangueras transportadoras.....	18
1.4.1.4 Equipo de control.....	18
1.4.1.4.1. Control de secuencia.....	18
1.4.1.4.2. Conversor AC / AC.....	19
1.5. Características del equipo utilizado.....	21
1.5.1. Equipo de soldadura.....	22
1.5.1.1. Sistema de control.....	22
1.5.1.2. Sistema de fuerza.....	23

1.5.1.2.1. Tarjeta de acoplamiento de pulsos de disparo.....	23
1.5.1.2.2. Los SCR y el transformador.....	23
1.5.1.2.3. La pistola de soldar.....	23

CAPITULO 2

ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA SOLDADORA DE PUNTOS.....24

2.1 Análisis de las funciones del equipo de control.....	25
2.1.1 <i>Funcionamiento.....</i>	25
2.1.1.1 Programación de parámetros de soldadura.....	26
2.1.1.2 Retracción.....	28
2.1.1.3 Weld / No Weld.....	28
2.1.1.4 Identificador de secuencia.....	29
2.1.1.5 Contador de ciclos.....	29
2.1.1.6 Control de secuencia.....	29
2.2 Sistema de control.....	30
2.2.1 <i>Controlador PK 2100.....</i>	30
2.2.2 <i>Software Dynamic C.....</i>	32
2.2.2.1 Características.....	32
2.2.2.2 Módulos de soporte para el desarrollo de aplicaciones.....	33
2.3 Desarrollo del programa de control.....	34
2.3.1 <i>Señales de control.....</i>	34
2.3.1.1 <i>Señales de entrada.....</i>	34
2.3.1.2 <i>Señales de salida.....</i>	34
2.3.1.3 <i>Configuración de entradas y salidas.....</i>	35
2.3.2 <i>Programa de control.....</i>	36
2.3.2.1 Diagrama de flujo sistema multitarea.....	37
2.3.2.2 Diagrama de flujo Tarea 1 Retracción.....	38
2.3.2.3 Diagrama de flujo Tarea2 Protección de sobre temperatura.....	39
2.3.2.4 Diagrama de flujo Tarea 3 Teclado.....	40
2.3.2.5 Diagrama de flujo Tarea 4 Ciclo de soldadura modo Weld...41	
2.3.2.6 Diagrama de flujo Tarea 5 Ciclo de soldadura modo No Weld.....	42

CAPITULO 3

DISEÑO DEL ACONDICIONADOR DE SEÑAL DE ENLACE.....43

3.1 Análisis de las señales de las tarjetas adicionales existentes.....	44
3.1.1 Análisis de la tarjeta de acoplamiento de pulsos de disparo.....	44
3.1.2 Análisis de la tarjeta de relés.....	47
3.2 Diseño de la tarjeta de enlace.....	48
3.2.1 Consideraciones del diseño.....	48
3.2.1.1 Diseño señal diente de sierra.....	49
3.2.2 Análisis de las señales de la tarjeta de enlace.....	51
3.3 Resumen del sistema de control desarrollado.....	54

CAPITULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS.....55

4.1 Display y teclado.....	56
4.1.1 Funciones de las teclas.....	57
4.2 Ciclo de soldadura	58
4.2.1 Programación de parámetros	58
4.2.2 Retracción y sobre temperatura.....	60
4.2.3 Variación de la corriente de soldadura.....	61
4.2.3.1 Mediciones con un período de aplicación de corriente.....	61
4.2.3.2 Mediciones con dos períodos de aplicación de corriente.....	62
4.2.3.3 Mediciones con tres períodos de aplicación de corriente.....	64
4.3 Análisis de resultados.....	65

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....70

5.1 Conclusiones.....	71
5.2 Recomendaciones.....	74
Referencias bibliográficas.....	76

ANEXOS

<u>ANEXO 1 MANUAL DE USUARIO</u>	77
A.1. Descripción general	78
A.2. Funciones del equipo	78
<i>A.2.1 Programación de los parámetros de soldadura</i>	<i>79</i>
<i>A.2.2 Retracción de la pistola de soldar</i>	<i>81</i>
<i>A.2.3 Modo de operación Weld / No weld</i>	<i>81</i>
<i>A.2.4 Habilitación y deshabilitación del sistema de fuerza</i>	<i>82</i>
<i>A.2.5 Protección de sobre temperatura</i>	<i>82</i>
<i>A.2.6 Visualización en pantalla de las funciones de la máquina</i>	<i>82</i>
A.3. Manejo del teclado	84
<i>A.3.1 Funciones de las teclas</i>	<i>84</i>
A.4. Operación del equipo de control	85
A.5. Conexión del equipo de control	86
<u>ANEXO 2 DESCRIPCION TÉCNICA DEL CONTROLADOR PROGRAMABLE</u> <u>PK 2100</u>	88

CAPITULO 1.

ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA SOLDADORA DE PUNTOS

1.1 SOLDADORA DE PUNTOS

La soldadura de puntos es un proceso de soldadura de resistencia, que consiste simplemente en prensar dos o más piezas de metal laminado entre dos electrodos de soldar, de cobre o de una aleación de cobre y pasar una corriente de suficiente intensidad por el área de contacto de las piezas, lo que genera el calor suficiente para producir la unión de los metales en las superficies de empalme. El calor generado en este tipo de soldadura se produce por la **resistencia** que el trabajo opone al paso de la corriente eléctrica, por esta razón la soldadura de puntos pertenece al grupo de soldaduras de resistencia. En la soldadura de puntos, se produce una pepita de metal de soldadura en el sitio del electrodo. La figura 1.1 ilustra el proceso de soldadura de puntos.

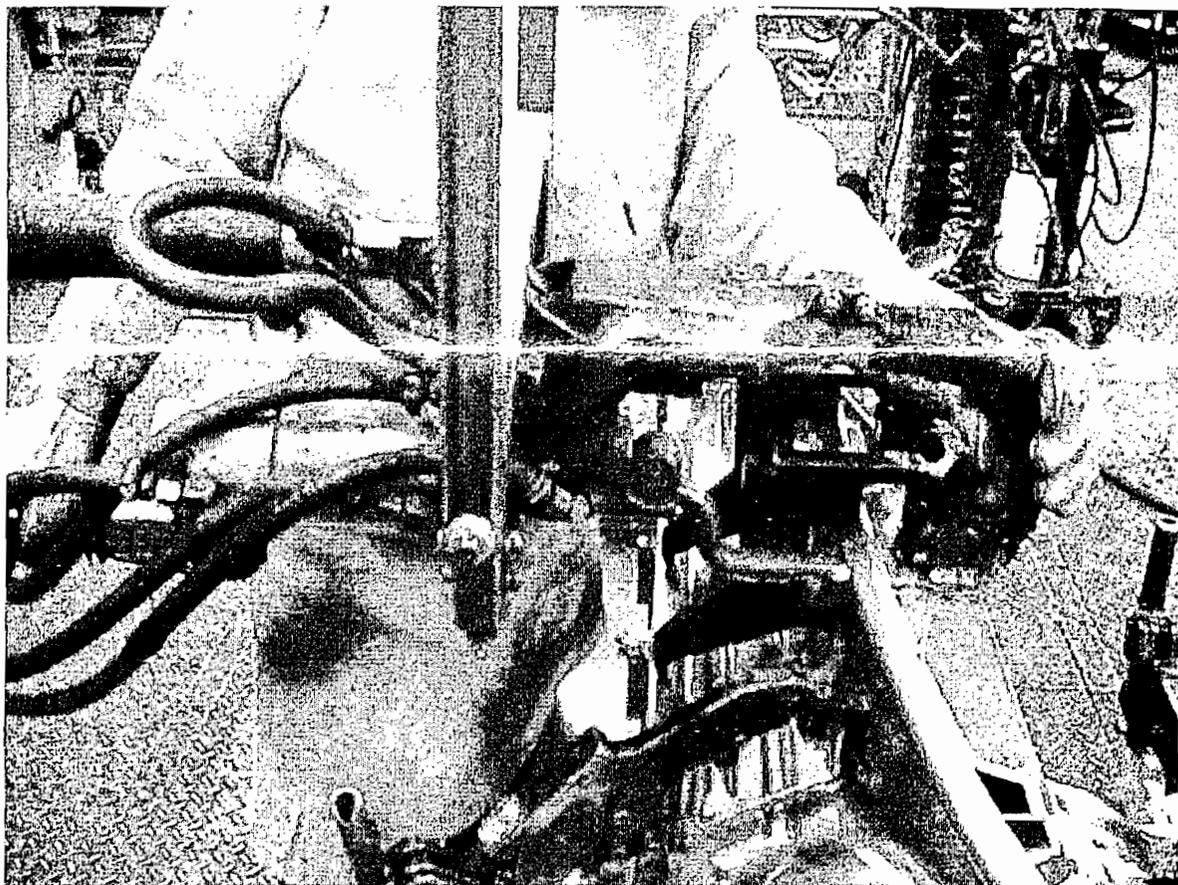


FIGURA 1.1: SOLDADORA DE PUNTOS.

La secuencia de operación, en primer lugar debe generar suficiente calor para llevar el área de contacto del metal al estado fundido y enseguida debe enfriar bajo presión hasta que tenga la fuerza suficiente para mantener unidas las piezas. La densidad de corriente y la presión deben ser suficientes para formar una

pepita, pero no tan altas que el metal fundido sea expulsado de la zona de soldadura. La duración de la corriente debe ser lo bastante corta como para evitar un calentamiento excesivo de las caras de los electrodos, lo cual podría pegar los electrodos al trabajo y reducir considerablemente su vida útil.

La operación de la soldadura de puntos implica la aplicación coordinada de corriente eléctrica y presión mecánica con las magnitudes y duraciones adecuadas, lo cual se logra controlando la generación de calor y el tiempo de soldadura (ciclo de soldadura), con la utilización de un equipo adecuado.

1.2. GENERACION DE CALOR

En un conductor eléctrico, la cantidad de calor generado depende de tres factores: (1) el amperaje, (2) la resistencia del conductor (incluyendo la resistencia del material a soldar) y (3) la duración de la corriente. Estos tres factores afectan el calor generado en la forma expresada por la fórmula

$$Q = I^2 R t$$

donde:

Q = calor generado, joules.

I = corriente, amperes,

R = resistencia del trabajo, ohms,

t = duración de la corriente, segundos,

El circuito de la soldadura de puntos lo constituye, entre otras partes, un conjunto de resistencias conectadas en serie cuya resistencia total afecta la magnitud de la corriente. La corriente será la misma en todo el circuito pero el calor generado en un punto dado del circuito es directamente proporcional a la resistencia en ese punto. De hecho, en una soldadura hay por lo menos siete resistencias conectadas en serie que determinan la distribución del calor generado. En la figura 1.2 se ilustra la distribución de la resistencia y los electrodos durante la generación de un punto de suelda, que en la unión de dos láminas metálicas es la siguiente:

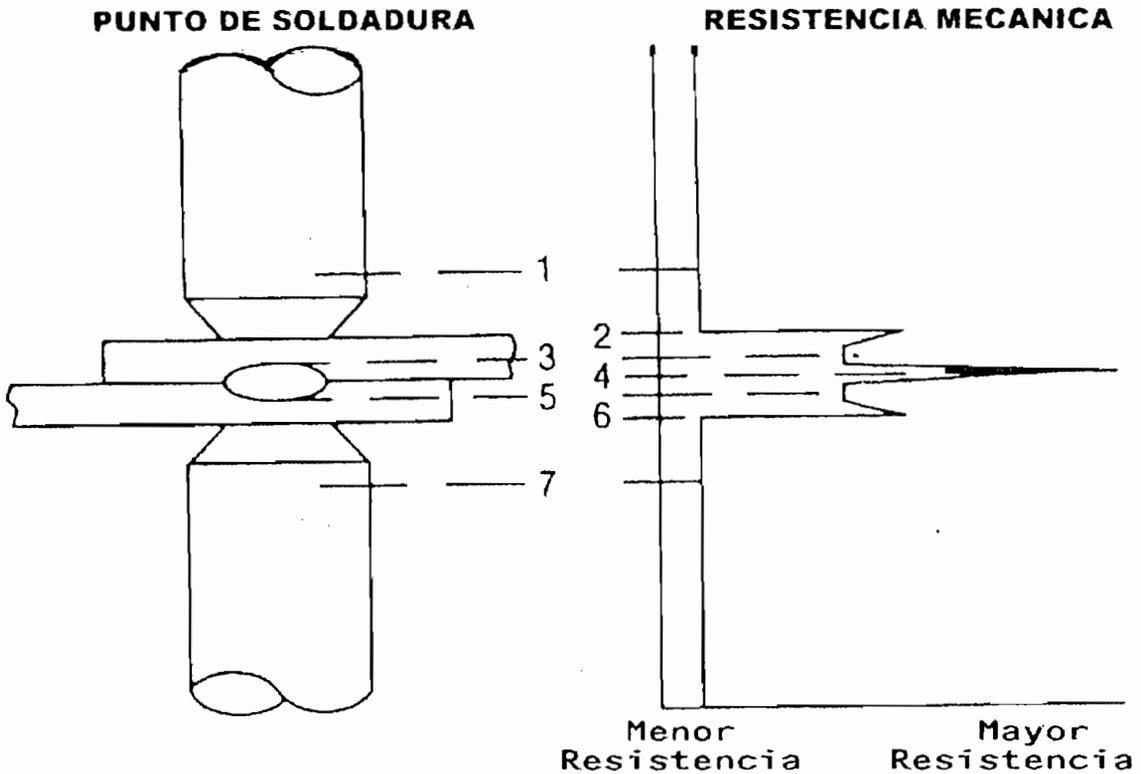


FIGURA 1.2: GRAFICA DE RESISTENCIA MECANICA EN UN PUNTO DE SOLDADURA.

- 1 y 7, la resistencia eléctrica del material del electrodo.
- 2 y 6, la resistencia de contacto entre el electrodo y el metal base. La magnitud de esta resistencia depende de la condición superficial del metal base y del electrodo, del tamaño y el contorno de la cara del electrodo, y de la fuerza del electrodo. (La resistencia es aproximadamente inversamente proporcional a la fuerza de contacto).
- 3 y 5, la resistencia total del metal base mismo, que es directamente proporcional a su resistividad y espesor, e inversamente proporcional al área de sección transversal del trayecto de corriente.
- 4, la resistencia de las caras internas del metal base en el punto donde se formará la soldadura. Este punto es el de mayor resistencia y, por tanto, el punto donde se genera más calor.

El calor requerido para el proceso de soldadura de puntos se produce por la resistencia que oponen las piezas de trabajo al paso de una corriente eléctrica por el material. Debido a lo relativamente corto del trayecto de la corriente eléctrica en

el material y a lo limitado del tiempo de soldadura, se requieren corrientes relativamente altas para generar el calor necesario para la soldadura. Una combinación de corriente elevada y tiempo insuficiente puede dar pie a una distribución indeseable de calor en la zona de soldadura, produciendo una fusión excesiva de la superficie y un rápido deterioro de los electrodos.

Los factores que afectan la cantidad de calor generado en la unión por una corriente dada para una unidad de tiempo de soldadura son (1) las resistencias eléctricas dentro del metal soldado y los electrodos, (2) las resistencias de contacto entre las piezas de trabajo y (3) la pérdida de calor hacia los electrodos y las piezas de trabajo. Si disminuye la resistencia en el punto de soldadura, se debe elevar la corriente aplicada para alcanzar el calor requerido para tener un punto de soldadura resistente.

1.2.1 EFECTO DE LA CORRIENTE DE SOLDADURA

En la fórmula $Q = I^2 R t$, la corriente tiene un efecto más grande sobre la generación de calor que la resistencia o que el tiempo; por tanto, es una variable importante que debe controlarse. Puede variar la corriente de soldadura por las fluctuaciones en el voltaje de línea y las variaciones en la impedancia del circuito secundario, (llamándose circuito secundario al transformador), los electrodos, el o los materiales a soldarse. Las variaciones de la impedancia se deben a cambios en la geometría del circuito o a la introducción de masas variables de metales magnéticos en el lazo secundario de la máquina.

El tamaño de la pepita de soldadura y su resistencia mecánica aumentan rápidamente al aumentar el tiempo de la aplicación de corriente, un tiempo de aplicación de corriente alto causará la expulsión de metal fundido (produciendo huecos internos), agrietamiento de la soldadura y menor resistencia mecánica. Mientras que un exceso de corriente sobrecalentará el metal base, producirá depresiones profundas en las piezas y provocará el sobrecalentamiento y rápido deterioro de los electrodos.

1.2.2 EFECTO DEL TIEMPO DE SOLDADURA

La velocidad de generación de calor debe ser tal que se produzcan soldaduras con la resistencia mecánica adecuada sin un calentamiento excesivo ni deterioro rápido de los electrodos. El calor total generado es proporcional al tiempo de soldadura. En esencia, el calor se pierde por conducción hacia el metal base circundante y los electrodos. Una cantidad muy pequeña se pierde por radiación. Estas pérdidas aumentan al aumentar el tiempo de soldadura y la temperatura del metal.

Durante una operación de soldadura de puntos, se requiere un cierto tiempo mínimo para alcanzar la temperatura de fusión con una densidad de corriente adecuada. Si se sigue aplicando corriente, la temperatura existente en la resistencia de las caras internas del metal base en el punto donde se formará la soldadura excederá por mucho la temperatura de fusión, y es posible que la presión interna expulse metal fundido de la unión. También puede haber expulsión de gases generados o de vapor metálico, junto con diminutas partículas de metal. Un tiempo de soldadura demasiado largo surtirá el mismo efecto sobre el metal base y los electrodos que un amperaje excesivo.

Hasta cierto punto, el tiempo de soldadura y el amperaje pueden ser complementarios. El calor total puede variarse ajustando ya sea el amperaje o el tiempo de soldadura. La transferencia de calor es función del tiempo y el desarrollo de una pepita del tamaño adecuado requiere un tiempo mínimo para alcanzar el calor necesario.

1.2.3 EFECTO DE LA PRESION DE SOLDADURA

La resistencia R en la fórmula del calor cambia con la presión de soldadura debido al efecto de ésta sobre la resistencia de contacto en la zona entre las piezas de trabajo. Al aumentar la presión, la resistencia de contacto y el calor generado en la interfaz disminuirán. La presión de soldadura se produce por la fuerza que los electrodos ejercen sobre la unión. Se considera que esta fuerza es la fuerza dinámica neta de los electrodos contra el trabajo, y es la presión resultante de esta fuerza la que afecta la resistencia de contacto.

Si todos los demás factores son iguales, al aumentar la fuerza de los electrodos o la presión de soldadura, el amperaje también aumentará hasta algún valor límite. Por otro lado, el efecto sobre el calor total generado puede ser el opuesto. Al aumentar la presión, la resistencia de contacto y el calor generado en la interfaz disminuirán. Para incrementar el calor hasta el nivel previo, es preciso aumentar el amperaje o el tiempo de soldadura para compensar la reducción en la resistencia eléctrica.

1.2.4 INFLUENCIA DE LOS ELECTRODOS

Los electrodos desempeñan un papel vital en la generación de calor porque conducen la corriente de soldadura al trabajo. El área de contacto de los electrodos controla en gran medida la densidad de la corriente de soldadura y el tamaño de la soldadura resultante. Los electrodos y puntas deben tener buena conductividad térmica, pero también deben tener la resistencia mecánica y dureza adecuadas para resistir posibles deformaciones causadas por la aplicación repetida de una fuerza hacia el electrodo elevada. Las diferentes formas que presentan los electrodos, dependen de las formas de los materiales a ser soldados. En la figura 1.3 se pueden apreciar diferentes tipos de electrodos usados para soldar carrocerías metálicas de automóviles.

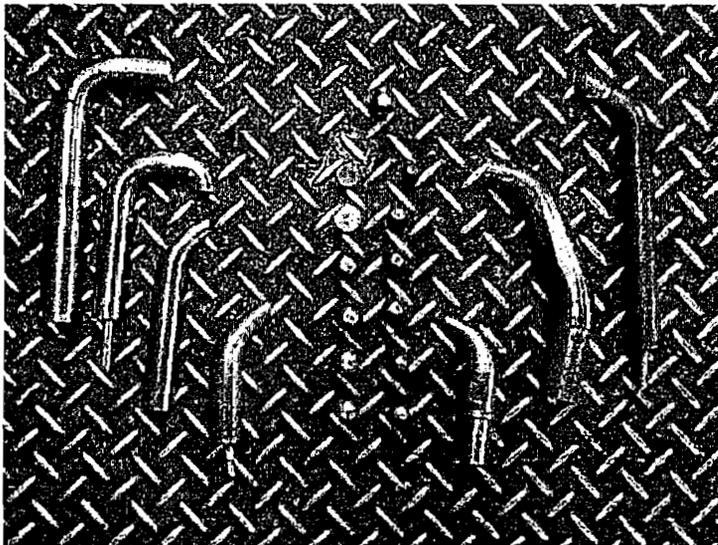


FIGURA 1.3: ELECTRODOS O PUNTAS DE SOLDAR.

1.2.5 INFLUENCIA DE LA CONDICION DE LA SUPERFICIE

La condición de las superficies de las piezas influye en la generación de calor porque los óxidos, impurezas, aceites y otras sustancias ajenas en las superficies afectan la resistencia de contacto. Las soldaduras con propiedades más uniformes se obtienen cuando las superficies están limpias. Por esta razón antes de efectuar un proceso de soldadura es preferible limpiar los materiales a ser usados.

1.2.6 INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN DEL METAL

La resistividad eléctrica de un metal influye directamente sobre el calentamiento resistivo durante la soldadura. En metales de alta conductividad y por lo tanto baja resistencia como la plata y el cobre, se desarrolla poco calor incluso con densidades de corriente elevada. Por tanto, las conductividades eléctrica y térmica se convierten en factores dominantes; los materiales con conductividades bajas requieren densidades de corriente bajas para alcanzar una alta temperatura. Típicamente el material usado para el ensamblado de automóviles es tol negro fosfatado que tiene baja conductividad.

1.3 CICLO DE SOLDADURA

Al *ciclo de soldadura* se lo puede definir como la secuencia que una máquina soldadora realiza durante la generación de un punto de suelda. En una secuencia de soldadura, se aplica una fuerza en los electrodos, conjuntamente con un determinado nivel de corriente, los cuales tiene diferentes magnitudes dependiendo de la aplicación y el material con el que se trabaje.

1.3.1 FUERZA EN LOS ELECTRODOS

Una característica importante del ciclo de soldadura es la aplicación conjuntamente con la corriente, de una fuerza mecánica en los electrodos, los que cumplen con la función de establecer un contacto íntimo entre las diversas caras internas, reducir la resistencia de contacto inicial en las caras internas, suprimir la expulsión de metal fundido de la unión y consolidar la pepita de soldadura. Las fuerzas pueden aplicarse durante el ciclo de soldadura son como sigue:

1. *Una fuerza de soldadura constante.*
2. *Fuerza de precompresión y soldadura:* presenta un nivel inicial alto de fuerza para reducir la resistencia de contacto inicial y poner las piezas en contacto íntimo, seguido de un nivel menor para soldar.
3. *Fuerzas de precompresión, soldadura y forjado:* la precompresión y soldadura están ya descritos y luego sigue una fuerza de forjado cerca del final del tiempo de soldadura; el forjado sirve para reducir la porosidad y el agrietado en caliente de la pepita de soldadura.
4. *Fuerzas de soldadura y forjado.*

1.3.2 PARAMETROS DE SOLDADURA

El ciclo de soldadura está formado por parámetros de soldadura tales como: tiempo de compresión, precalentamiento, tiempo de pendiente positiva o negativa, tiempo de enfriamiento, corriente de soldadura, entre otros.

- ***Tiempo de Compresión (SQUEEZE):*** Es el tiempo comprendido entre la aplicación inicial de la presión del electrodo sobre la pieza de trabajo, y la primera aplicación de la corriente; este lapso es para asegurar que los electrodos hagan contacto con el trabajo y ejerzan la fuerza máxima antes de aplicar la corriente de soldadura.
- ***Precalentamiento (PRE-WELD):*** Tiempo en el cual se aplica una cantidad reducida de corriente de soldadura al trabajo. Se usa para reducir la diferencia de temperatura en el metal al inicio del tiempo de soldadura.
- ***Tiempo de Pendiente Positiva (UP-SLOPE):*** Sirve para iniciar la corriente de soldadura en algún valor bajo y controlar la rapidez con que sube hasta algún valor máximo durante la aplicación del primer período de soldadura. Se usa para minimizar o evitar la expulsión de metal fundido de entre las superficies de empalme cuando se sueldan aceros recubiertos y algunos metales no ferrosos como el aluminio.

- **Tiempo de soldadura (WELD):** El tiempo durante el cual se aplica corriente constante de soldadura al trabajo.
- **Corriente de soldadura (HEAT):** Es la cantidad de corriente que circula en un punto de soldadura, en un intervalo de tiempo predeterminado (weld).
- **Tiempo de enfriamiento (COOL):** Tiempo durante el cual no se aplica corriente de soldadura al trabajo. Produce soldaduras con la resistencia mecánica deseada en aceros de aleación endurecibles. Se lo utiliza para consolidar la pepita de soldadura cuando se sueldan metales muy resistentes o varias láminas metálicas al mismo tiempo.
- **Tiempo de Pendiente Negativa (DOWN-SLOPE):** El control de pendiente negativa sirve para reducir la corriente de soldadura desde el máximo valor hasta un valor inferior llamado corriente de poscalentamiento. Se usa al final del último período de soldadura (weld) para soldar aceros endurecibles porque con ello se minimiza su tendencia a agrietarse.
- **Tiempo de templado (TEMPER):** Tiempo en el cual se aplica una cantidad reducida de corriente de soldadura. Produce el refinamiento del tamaño de grano de la soldadura en aceros.
- **Tiempo de retención (HOLD):** Tiempo en el cual se sigue aplicando presión en el punto de soldadura, después de haber cesado el paso de corriente de soldar; durante este tiempo, el punto de soldadura se solidifica y enfría hasta adquirir suficiente resistencia mecánica.

Las diferentes combinaciones de los parámetros de soldadura nos conlleva a tener diferentes secuencias de operación dependiendo de la necesidad o aplicación; a continuación indicaremos las dos más comunes.

1.3.3 SOLDADURA DE UN SOLO IMPULSO

En la soldadura de un solo impulso se aplica una cantidad continua de corriente para producir una soldadura individual; este tipo de soldadura se usa especialmente cuando se sueldan sólo dos láminas de metal. Una variación de este tipo de soldadura se produce cuando en el ciclo de soldadura se incluye los parámetros de pendiente positiva y negativa de corriente. Figura 1.4.

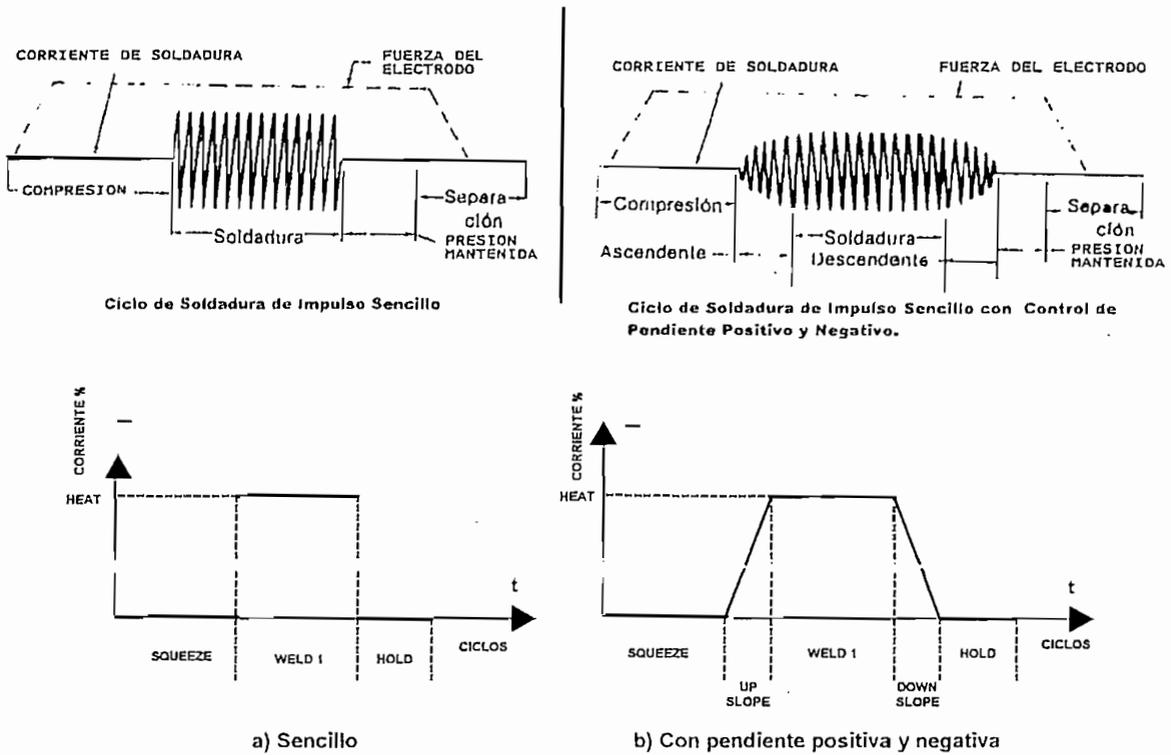


FIGURA 1.4: CICLO DE SOLDADURA CON UN SOLO PULSO DE CORRIENTE

1.3.4 SOLDADURA DE MULTIPLES IMPULSOS

Al soldar con puntos placas gruesas o varias placas metálicas al mismo tiempo, lo más común es aplicar la corriente de soldadura en varios pulsos relativamente breves sin dejar de ejercer fuerza con los electrodos. El objetivo de pulsar la corriente de soldadura es hacer que se acumule gradualmente calor en la zona entre las piezas de trabajo. El amperaje requerido para soldar puede fundir rápidamente el metal si la duración del pulso es demasiado larga, por esta razón se aplica varios pulsos de corriente en un solo ciclo soldadura. Figura 1.5.

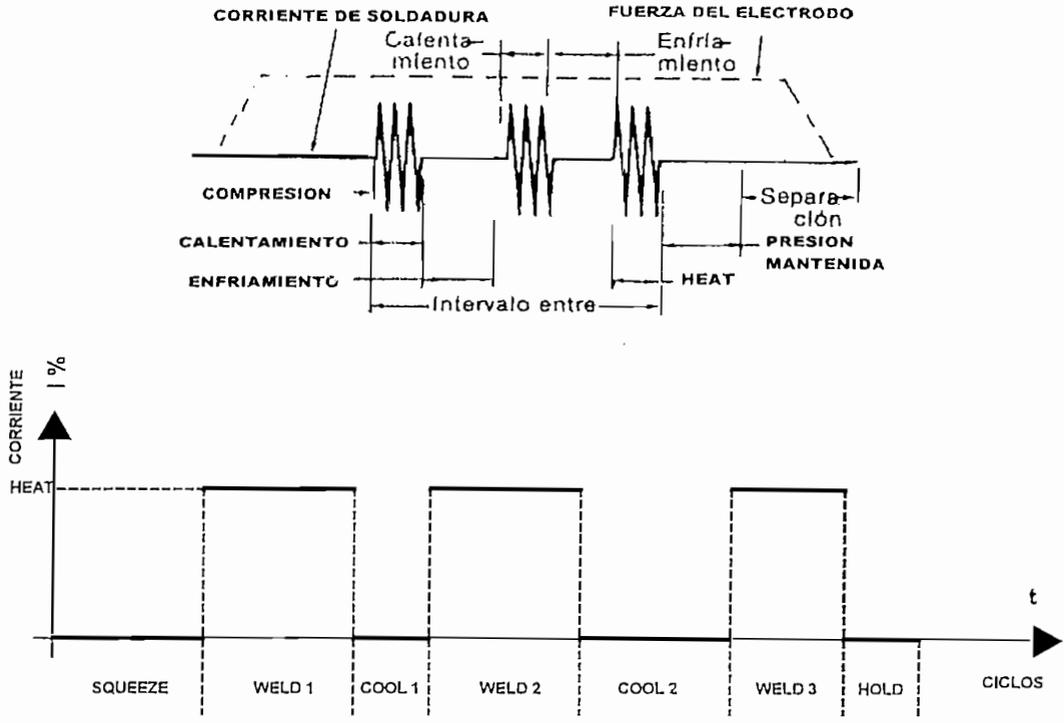


FIGURA 1.5: CICLO DE SOLDADURA DE IMPULSO MÚLTIPLE

Después de conocer todos los factores que intervienen en el momento de realizar un punto de soldadura. En la figura 1.6 se puede apreciar un ciclo de soldadura completo. En el se pueden ver todos los parámetros de programación existentes. Un ciclo de soldadura completo consta de un tiempo de compresión durante el cual los electrodos de soldar se cierran, un tiempo de precalentamiento con una aplicación mínima de corriente, un tiempo de pendiente positiva lo que permite alcanzar gradualmente el valor de corriente de soldadura programado, tres tiempos de soldadura diferentes, tres tiempos de enfriamiento y al final un tiempo de pendiente negativa el cual baja el valor de corriente hasta el valor de tiempo de templado; por último el tiempo de retención es el tiempo durante el cual los electrodos de soldar permanecen unidos hasta que se solidifique el punto de soldadura. Cabe indicar que la variación de los ciclos de soldadura depende del tipo y la cantidad de láminas metálicas a soldarse.

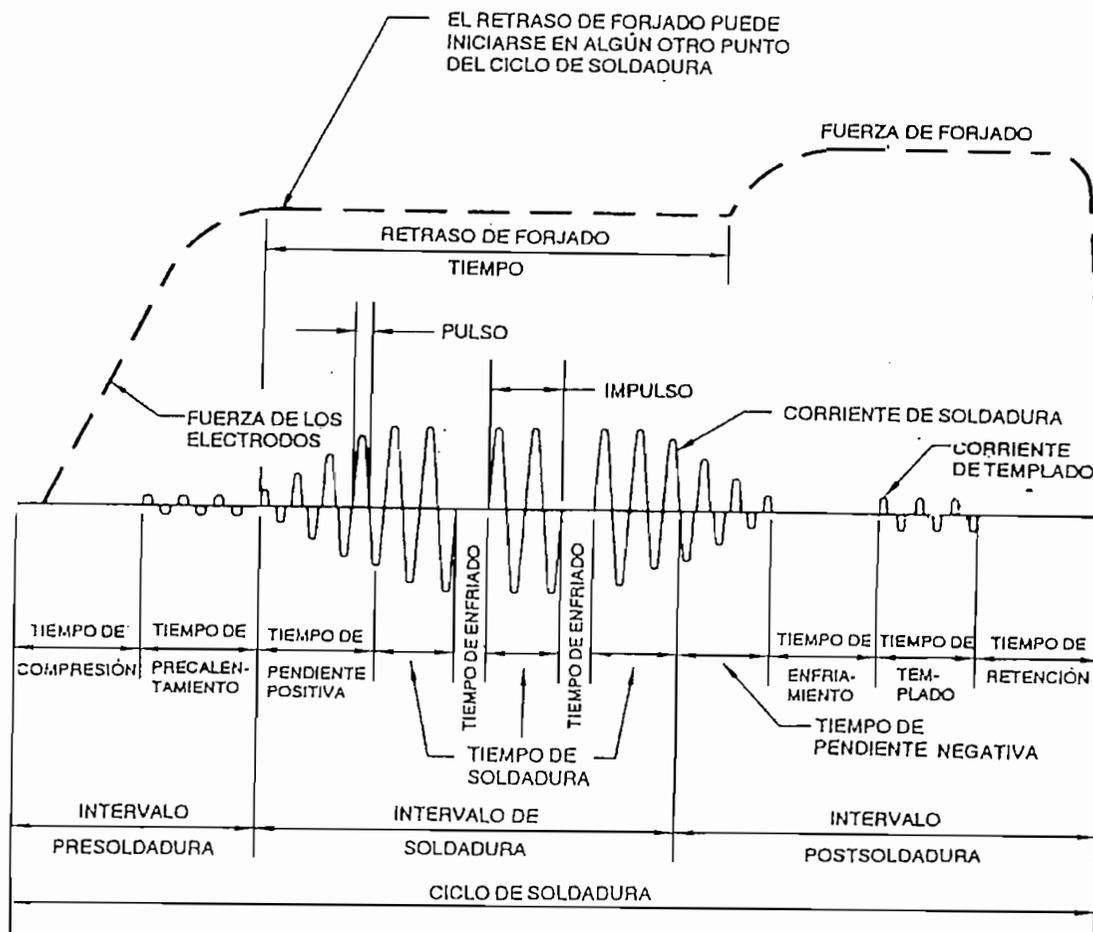


FIGURA 1.6: CICLO DE SOLDADURA COMPLETO

1.4 EQUIPOS DE SOLDADURA

Las máquinas de soldadura de resistencia se clasifican en dos grupos básicos: de energía directa y de energía almacenada, las máquinas de ambos grupos pueden estar diseñadas para operar con potencia monofásica o trifásica. La mayor parte de las máquinas para soldadura de resistencia son del tipo de energía directa monofásica. Este tipo de máquina es la que más se usa porque es más simple y menos costosa en cuanto a costo inicial, instalación y mantenimiento. Los diseños del sistema mecánico y el circuito eléctrico son esencialmente los mismos para todos los tipos de máquinas soldadoras, pero los diseños del transformador y los sistemas de control pueden diferir considerablemente.

En una máquina de energía directa trifásica, la reactancia inductiva del circuito es baja porque se usa corriente continua para soldar. La consecuencia de esto es que el voltaje de circuito secundario requerido para una corriente de soldadura

dada se reduce; así, la demanda de KVA de una máquina trifásica es menor que la de una máquina monofásica equivalente (de igual corriente).

El principio de una máquina de energía almacenada se basa en acumular y almacenar energía eléctrica y luego descargarla para realizar la soldadura.

En el mercado existen algunos tipos de soldaduras monofásicas directas como son:

- **Tipo balancín:** Son las más sencillas, están compuestas básicamente por un brazo o la extensión de un brazo de una máquina para soldadura de resistencia que transmite la fuerza de electrodos y, en la mayor parte de casos, la corriente de soldadura.

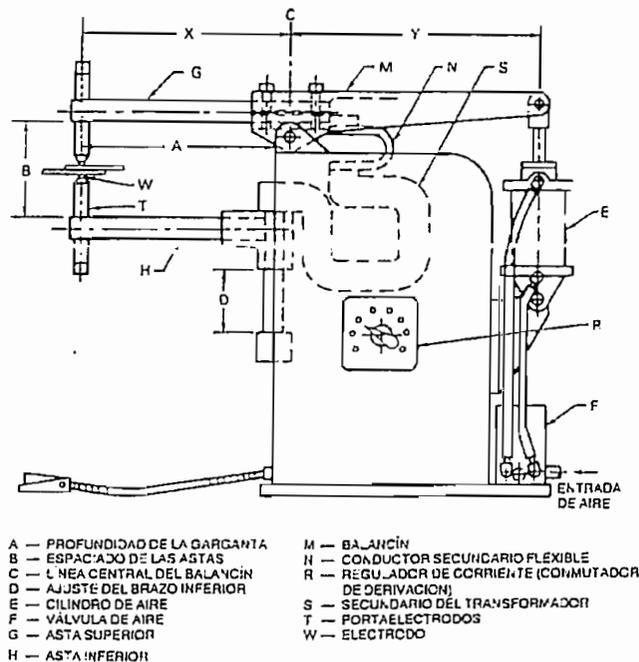


FIGURA 1.7: SOLDADORA TIPO BALANCIN

- **Tipo Prensa:** Este tipo de máquinas, tiene la cabeza de soldar móvil la cual se desplaza en línea recta sobre cojinetes o rieles guía. Estos cojinetes deben ser de un tamaño tal que soporten cualquier carga excéntrica sobre la cabeza de soldadura.

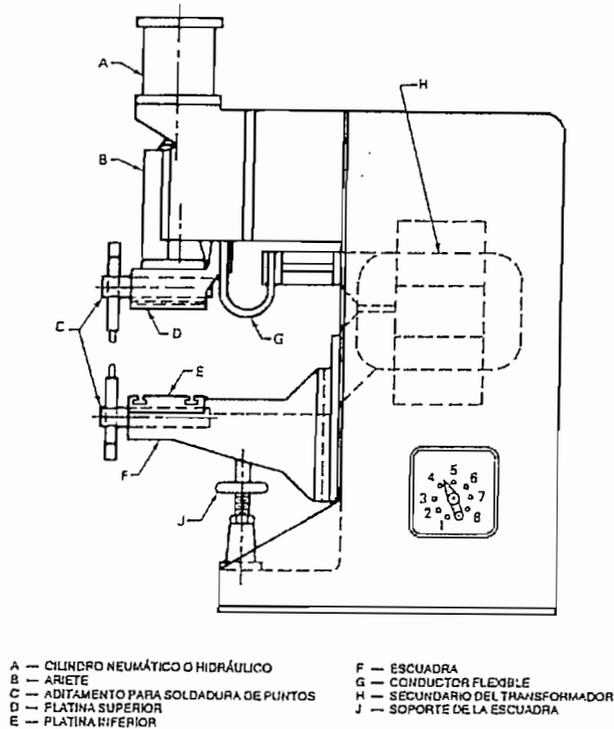


FIGURA 1.8: SOLDADORA TIPO PRENSA

- **Hidráulicas:** En las máquinas hidráulicas se emplea un cilindro hidráulico en lugar de un cilindro neumático. Los diseños de los cilindros hidráulicos son similares a los neumáticos, pero su tamaño generalmente es menor.
- **Transformador colgante:** Este tipo de máquina se explicará más detalle debido a que para esta máquina se diseñará el sistema de control.

1.4.1 MAQUINA DE TRANSFORMADOR COLGANTE

La máquina de transformador colgante monofásica para soldadura de puntos tiene cuatro componentes básicos:

1. Un circuito eléctrico.
2. Una pistola o herramienta soldadora portátil.
3. Un cable de fuerza y mangueras transportadoras.
4. Un equipo de control.

En la figura 1.9 se puede observar la máquina soldadora de transformador colgante típica, mientras que la figura 1.10 muestra el transformador de soldadura localizado en la parte posterior de la máquina.

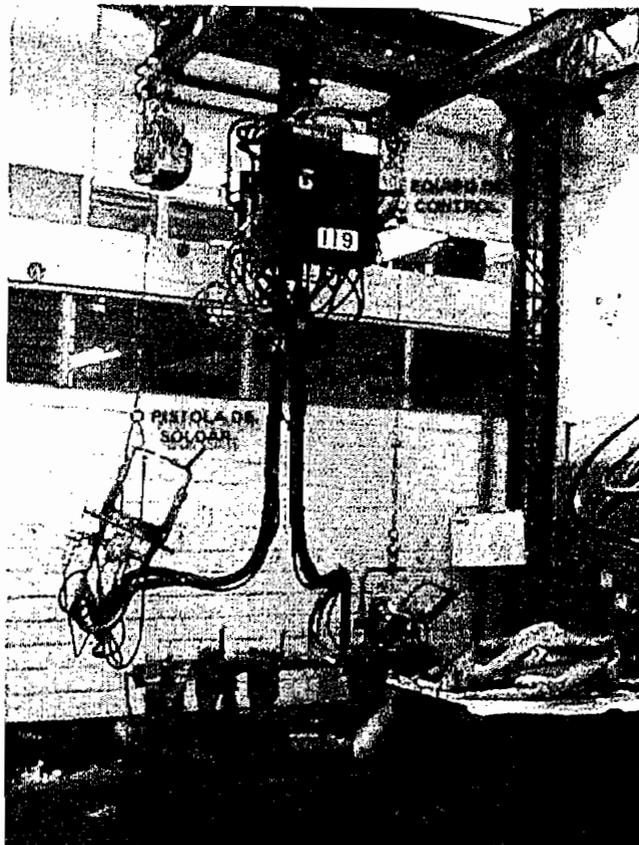


FIGURA 1.9 MÁQUINA DE TRANSFORMADOR COLGANTE. Equipo de control, Pistola de soldar y cable de fuerza y mangueras.

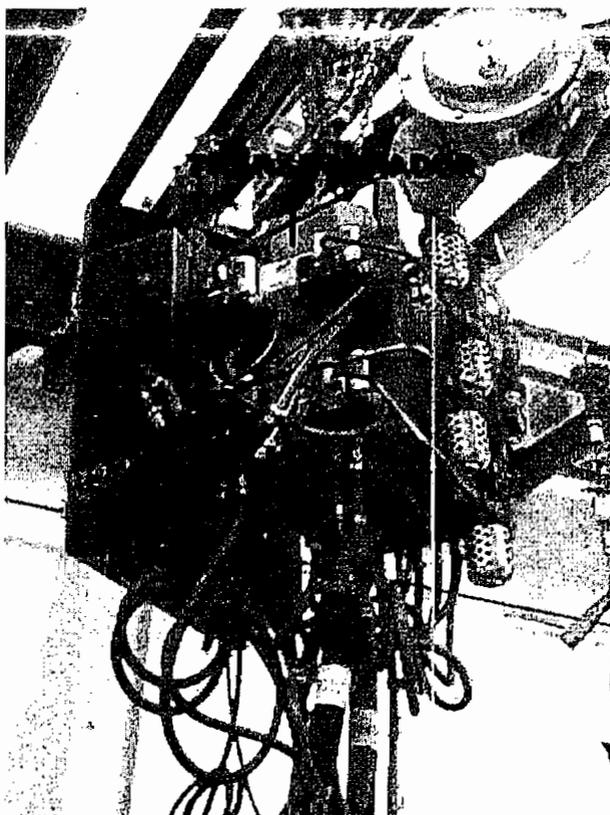


FIGURA 1.10 MÁQUINA DE TRANSFORMADOR COLGANTE. Transformador de soldadura.

1.4.1.1 Circuito eléctrico

Consiste en un transformador de soldadura y un circuito secundario con electrodos que conducen la corriente al trabajo.

El transformador de soldadura transforma la potencia de la línea a potencia de soldadura de bajo voltaje (23,5V) y alto amperaje (1KA a 20KA). En principio, un transformador de soldadura se asemeja a cualquier otro transformador con núcleo de hierro; la diferencia primordial es que su circuito secundario tiene sólo una o dos vueltas. Las especificaciones estándar de los transformadores viene dadas en KVA.

1.4.1.2 Pistola o herramienta soldadora portátil.

Una pistola de soldar portátil típica consiste en un armazón y un cilindro accionador neumático o hidráulico para sostener el trabajo y aplicar la fuerza de soldadura. La pistola de soldar es operada por medio de electro válvulas, las cuales son accionados por pulsadores, en una botonera de control. Figura 1.11.

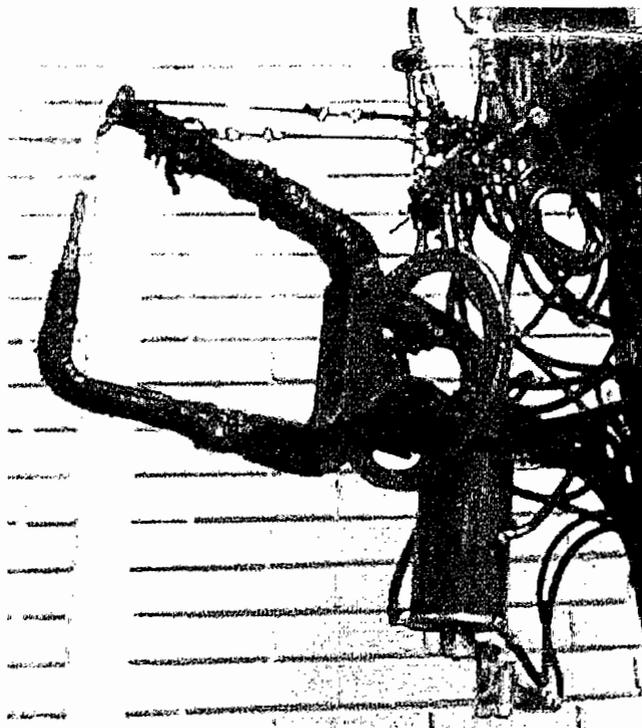


FIGURA1.11 PISTOLA DE SOLDAR

En el diseño de la pistola influye la fuerza de electrodos requerida. Para reducir el tamaño y peso de la pistola, casi siempre se usa un cilindro hidráulico cuando es

necesario producir fuerzas superiores a las 750 libras, aunque en ocasiones se usan cilindros neumáticos que producen hasta 1500 libras con el fin de simplificar el equipo.

1.4.1.3 Cable de fuerza y mangueras transportadoras

El cable de fuerza cumple la función de llevar corriente del transformador hacia la pistola de soldar, mientras que a través de las mangueras transportadoras circula agua y aire; el agua cumple la función de enfriar todo el sistema de soldadura: el transformador, la pistola de soldar, el cable de fuerza y los elementos conmutadores de potencia. El aire activa al cilindro neumático de la pistola de soldar.

1.4.1.4 Equipo de control

Las principales funciones del equipo de control son generar señales que controlen las acciones de la máquina; dar las ordenes para iniciar e interrumpir la corriente alimentada al transformador de soldadura, para fijar la magnitud de la corriente, para señalar el ciclo de soldadura, y acoplarlas a los elementos de potencia encargados de conmutar la señal de entrada y llevar la corriente a los electrodos.

Consta de dos partes:

1. Control de secuencia.
2. Conversor AC/AC.

1.4.1.4.1 Control de secuencia.

Los controles de secuencia son dispositivos que controlan el orden y la duración de los parámetros de un ciclo completo de soldadura, así como también generan las señales que controlen las acciones de la máquina como son la apertura y cierre de los brazos de la pistola de soldar. A su vez se encarga de revisar el correcto funcionamiento de la máquina, a través de sensores, los que detectan cualquier comportamiento erróneo de la máquina. En la mayoría de los casos se utilizan sensores para detectar sobre temperatura en el sistema de enfriamiento de las máquinas.

Los controles de secuencia actuales emplean casi exclusivamente controles de fase de precisión para las funciones de soldadura; este tipo de controles se valen de sistemas temporizadores de precisión para controlar con exactitud la duración de todos los períodos de aplicación de corriente. El sistema temporizador cierra el circuito primario del transformador de soldadura en un ángulo de disparo determinado con respecto al voltaje de línea de ca.

Los sistemas temporizadores utilizados en la actualidad son basados en microprocesadores y circuitos digitales. Los controles digitales con o sin microprocesador, permiten medir y controlar con exactitud los ciclos de soldadura. Estos contadores pueden servir para determinar la duración de los intervalos de conducción u otras acciones relacionadas con el proceso de soldadura, como el precalentamiento o poscalentamiento del ciclo de soldadura.

1.4.1.4.2 Conversor AC/AC

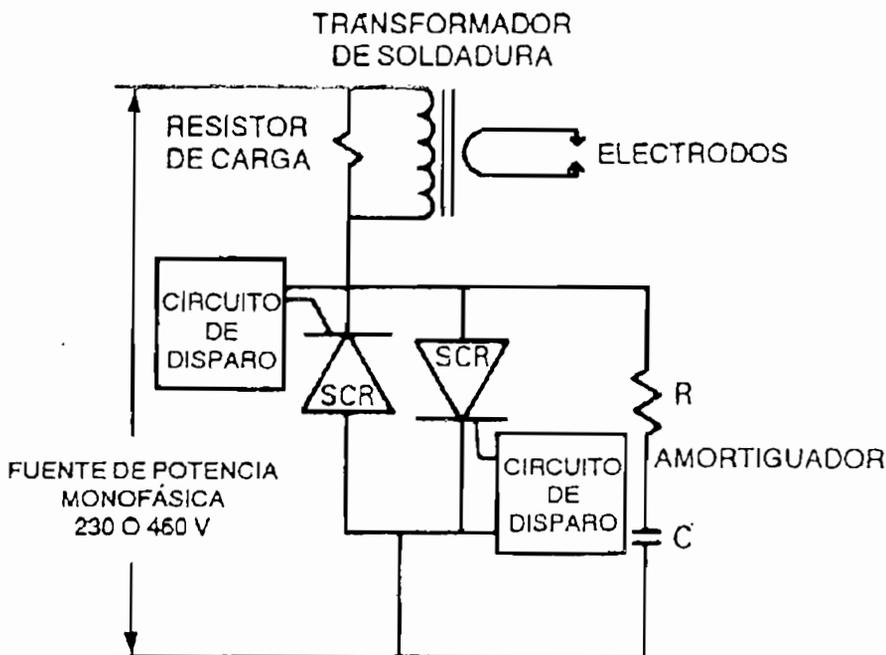


FIGURA 1.12: MÁQUINA SOLDADORA MONOFÁSICA CON CONTROL DE CONMUTACIÓN POR SCR.

El conversor cumple la función de cerrar y abrir la línea de potencia primaria del transformador de soldadura mediante la aplicación del ángulo de activado a los

elementos conmutadores de potencia. Los controles de soldadura modernos por lo regular emplean unidades de conmutación de SCR, constituidas por un par de dispositivos en paralelo inverso que actúan como elemento de conmutación. En esta disposición, un SCR conduce durante la porción positiva del ciclo de conducción, y el otro durante la porción negativa. En los equipos monofásicos, sólo se requiere un conjunto de SCR en una de las líneas del primario, como se muestra en la figura 1.12.

Los componentes de conmutación con SCR por lo regular se arman en un paquete o bloque de cerámica, con conexiones para el ánodo, el cátodo y la compuerta. Se emplean bloques de cobre enfriados por agua en una o ambas caras de los bloques. Hay interruptores de SCR para esta construcción con especificaciones de corriente constante de miles de amperes y especificaciones de corriente mucho mayores para ciclos de trabajo menores. También los hay con especificaciones de voltaje de bloqueo de 2500V o más.

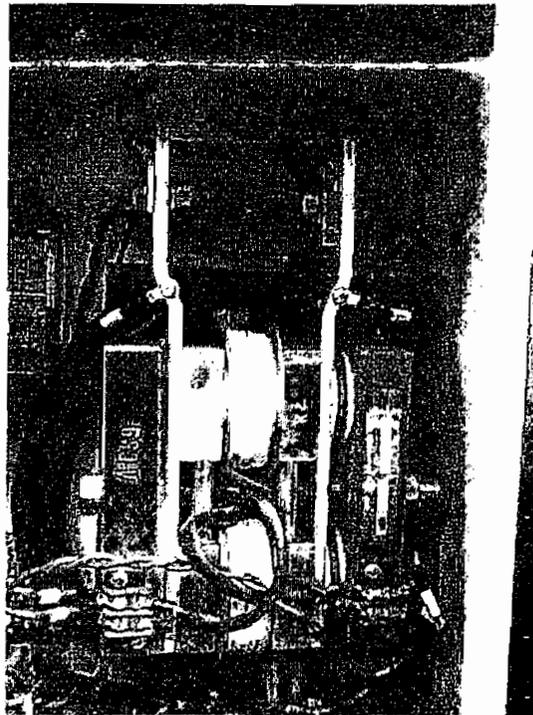


FIGURA 1.13: BLOQUE DE SCR

El disparo de los SCR se efectúa aplicando un pulso de corriente a la unión compuerta-cátodo del SCR, que tiene polarización directa cuando se desea que haya conducción. En los equipos monofásicos es aceptable disparar ambos SCR simultáneamente, pues sólo conducirá el dispositivo que tenga polaridad directa. La magnitud de los pulsos suele ser de 1 a 3 amperes, con tiempos de subida de 1 a 2 microsegundos y duración total de 100 microsegundos o menos. Gracias a la baja caída de voltaje en directo de los SCR (unos cuantos voltios) es posible controlar la conducción del transformador de soldadura prácticamente dentro de todo el intervalo de 0 a 100%.

Los SCR son propensos a disparos espurios por picos en el voltaje de línea. Por esta razón es que casi siempre se conecta una red (RC), denominada amortiguador o snuber, en paralelo con los SCR. Si están bien amortiguados, los SCR constituyen conmutadores confiables y duraderos.

1.5 CARACTERISTICAS DEL EQUIPO UTILIZADO

Soldadora de puntos del tipo Transformador Colgante, con dos pistolas de soldadura portátiles y 4 secuencias de operación independientes. Actualmente usada en el ensamblaje de carrocerías metálicas, en el modelo Vitara Básico en la ensambladora General Motors Omni Bus BB de Quito- Ecuador.

Las especificaciones técnicas de la máquina son:

SOLDADORA	
ESPECIFICACIONES	
Tipo	MEDAR MIZ
Número de fases	2
Voltaje de alimentación (VAC)	440
Voltaje aplicable (VAC)	380 - 480
Frecuencia (Hz)	60 – 50
Corriente (A)	400
Pistolas de soldar	2

SCR	
ESPECIFICACIONES	
Corriente	2500 A
PIV	2500

TRANSFORMADOR	
<i>ESPECIFICACIONES</i>	
Tipo	PTB150-446
Capacidad	150Kva
Voltaje de alimentación	400 – 440
Frecuencia (Hz)	60 – 50
Voltaje secundario	23,5V a (400V)
Relación de vueltas	17
Peso	155 kg
Agua de refrigeración	4 l/min

1.5.1 EQUIPO DE SOLDADURA

El equipo de soldadura que presenta la máquina MEDAR MIZ lo podemos apreciar en el siguiente diagrama de bloques.

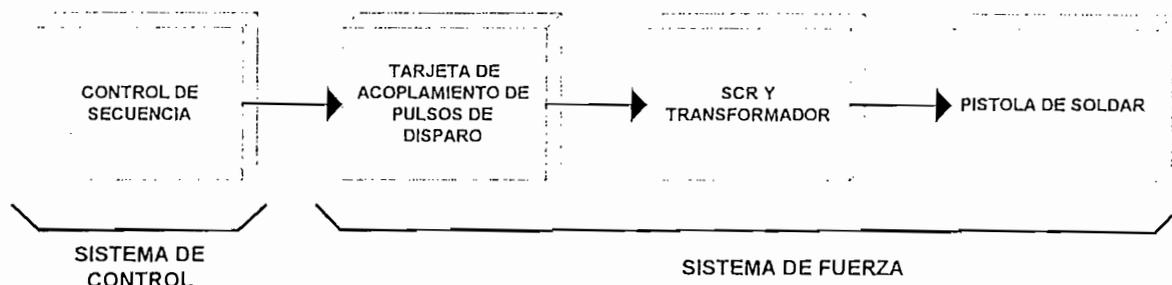


FIGURA 1.14: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL EQUIPO DE SOLDADURA DE LA SOLDADORA MEDAR MIZ

Como se puede ver el equipo de soldadura esta dividido en dos partes. Sistema de control y sistema de fuerza.

1.5.1.1 Sistema de control

Realiza el control de secuencia y a su vez da las señales para el convertor AC/AC. Actualmente está constituido por una tarjeta electrónica, basada en microcontrolador Z80, memorias y algunas compuertas digitales, con un alto grado de complejidad, por lo que su reparación es difícil. Adicionalmente el fabricante ya no produce este tipo de tarjetas. Por esta razón se decidió desarrollar un tema de tesis encaminado a resolver este problema, desarrollando

un sistema de control completamente nuevo basado en la utilización de un controlador programable, que utilice las señales que genera el sistema de fuerza existente para su funcionamiento.

1.5.1.2 Sistema de Fuerza

Esta compuesta por algunos componentes que cumplen las siguientes funciones:

1.5.1.2.1 Tarjeta de acoplamiento de pulsos de disparo

Cumple la función de acondicionar la señal del pulso de disparo y acoplarla a los SCR's. Enciende por medio de relés todas las electro válvulas que el sistema neumático necesita para activar el cilindro neumático de la pistola de soldar que cierra los electrodos.

1.5.1.2.2 Los SCR y el transformador

Generan la energía necesaria para efectuar la soldadura. El SCR controla la cantidad de corriente a aplicarse, mientras que el transformador eleva dicha corriente a valores que van entre 1 KA a 20 KA y disminuye el voltaje de entrada de 440VAC a 23.5VAC.

La unión del bloque de SCR's con el transformador de soldadura, a la línea convierten al sistema en un convertor AC / AC. El control del ángulo de disparo de los SCR's es manejado a través de un Control de Fase Directo, operado por el sistema de control de la máquina.

1.5.1.2.3 La pistola de soldar

Cumple con la función de cerrar el circuito eléctrico a través de sus electrodos por el trabajo. Aloja la botonera de control que envía las señales de inicio de las secuencias de soldadura.

CAPITULO 2.

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA SOLDADORA DE PUNTOS

Para desarrollar el sistema de control de la soldadora de puntos se requiere en primer lugar analizar las características de operación de la máquina, tanto del sistema de fuerza como los requerimientos del sistema de control. Luego se selecciona el equipo que sea capaz de generar las señales que todo el sistema requiere; seguidamente se desarrolla el programa de control con el que se opera la máquina y por último se enlaza el sistema de control desarrollado con el sistema de fuerza existente.

2.1 ANALISIS DE LAS FUNCIONES DEL EQUIPO CONTROL

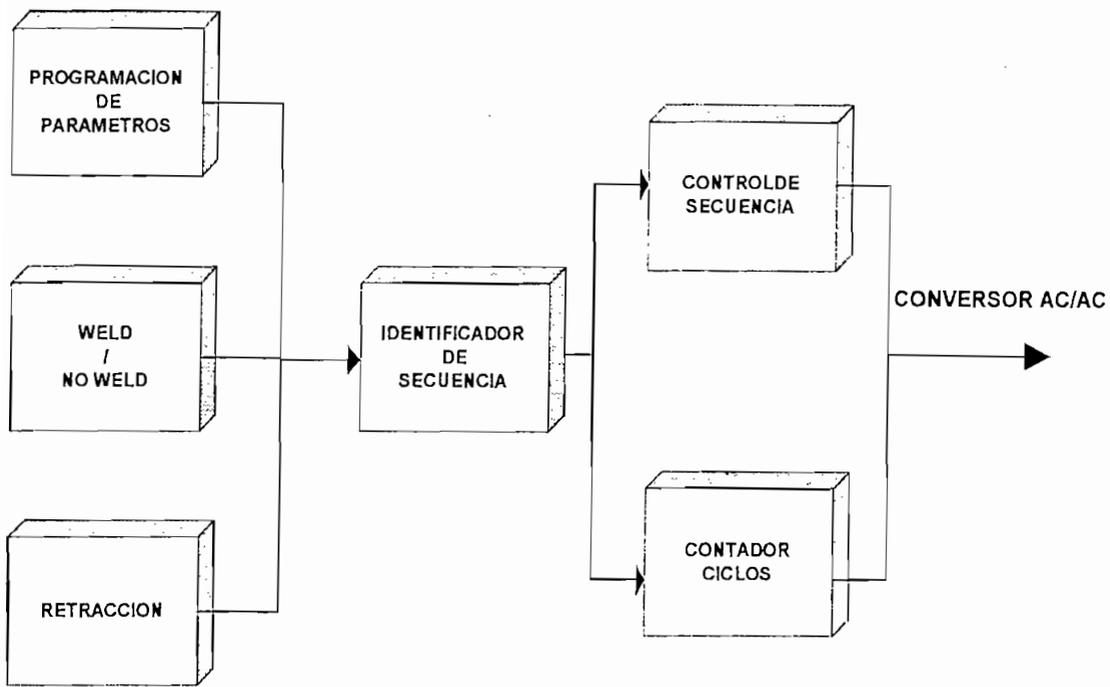
El equipo de control cumple las siguientes funciones:

- Es capaz de generar 4 secuencias de soldadura diferentes, dos por pistola, las cuales deben ser de fácil programación a través de un interfase hombre máquina.
- Genera una señal que controle el ángulo de disparo de los SCR's y las señales de control para la acción del sistema neumático de la máquina.
- Por ultimo revisa las protecciones del equipo.

Todas las funciones especificadas anteriormente son necesarias para realizar un ciclo de soldadura. A continuación se explicará de una manera detallada la secuencia que cumple el equipo de control al momento de generar un punto de soldadura.

2.1.1 FUNCIONAMIENTO

Para detallar el funcionamiento del equipo de control en el momento que se realiza un punto de soldadura, se utilizará el diagrama de bloques de la figura 2.1.



1

FIGURA 2.1: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE CONTROL

2.1.1.1 Programación de Parámetros de soldadura

Esta función permite variar los ciclos de soldadura de la máquina dependiendo de la aplicación. El ciclo de soldadura está compuesto por varios parámetros los cuales varían dependiendo del material a soldar o la cantidad de láminas metálicas a soldarse en un solo punto de soldadura. En la siguiente gráfica se puede apreciar un ciclo de soldadura completo.

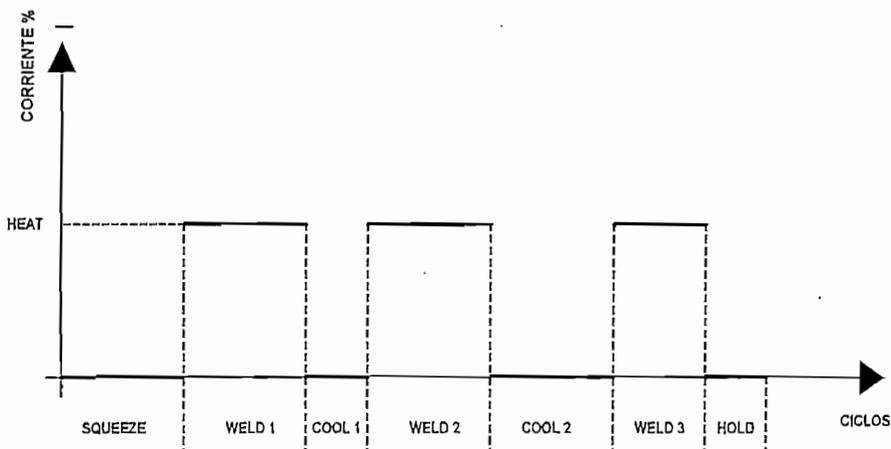


FIGURA 2.2: CICLO DE SOLDADURA COMPLETO

Este ciclo de soldadura es el más complejo que se puede programar. Está conformado por tres períodos de soldadura (weld1, weld2, weld3), dos períodos de enfriamiento (cool1, cool2), así como también el tiempo de inicio de soldadura (squeeze) y el tiempo de retención (hold). Cada uno de estos parámetros del ciclo de soldadura pueden ser cambiados a gusto del operario con solo cambiar la programación del equipo de control. Cada uno de estos parámetros son programados por ciclos que pueden variar desde 0 a 99; por ejemplo: SQUEEZE = 24 ciclos, WELD1 = 14 ciclos, COOL1 = 10 ciclos, COOL2 = 15 ciclos, etc. Cabe indicar que estos ciclos se cuentan de la línea de alimentación de la máquina; es decir, por ejemplo si una soldadora tiene una alimentación de 440 V/ 60 Hz (60 ciclos/segundo) y el parámetro WELD 1 (tiempo de soldadura 1) tiene un valor de WELD1 = 60 ciclos, esto significa que este parámetro permanecerá activado durante 60 ciclos (1 segundo). Todos los parámetros de soldadura se programan de esta manera, a excepción del parámetro HEAT, el mismo que puede ser variado desde un valor de 0% hasta un valor de 100%, e indica un valor directamente proporcional a la corriente aplicada en la soldadura; por ejemplo 20% es igual a 3000 amperios, mientras que 100% tiene un valor de 17500 amperios. Esta nomenclatura es la que se maneja en este parámetro con este tipo de máquinas.

Los ciclos de soldadura son programados dependiendo de la aplicación de la máquina, por ejemplo el ciclo de soldadura completo que consta de tres períodos de soldadura y dos de enfriamiento, es utilizado para soldar aceros o aleaciones del mismo material; mientras que para otros materiales menos resistentes se utiliza solo un ciclo de soldadura sencillo; el que consta de un solo período de aplicación de calor. Figura 2.3.

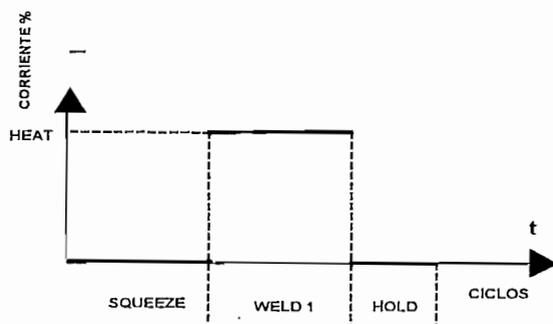


FIGURA 2.3: CICLO DE SOLDADURA SENCILLO

Es importante conocer que no todos los parámetros se pueden variar a gusto, existen dos parámetros los cuales siempre deben existir en una programación de ciclo de soldadura; estos son el SQUEEZE (tiempo de inicio de soldadura) y el HOLD (tiempo retención); debido a que su omisión provocaría un mal funcionamiento de la soldadora, debido a que siempre para empezar a aplicar corriente de soldadura, los electrodos deben estar cerrados. Si el parámetro SQUEEZE es muy corto o no existe, la aplicación de corriente empezará antes que los electrodos estén cerrando provocando la aparición de un arco, que los electrodos se queden pegados a las láminas de soldar o en el peor de los casos que los electrodos exploten. En lo referente al parámetro HOLD, después de aplicar el último pulso de corriente la máquina debe tener suficiente tiempo para abrir los electrodos sin que exista aplicación de corriente, de lo contrario también existirá la aparición del arco o la explosión de los electrodos.

2.1.1.2 Retracción

Este es un nuevo término utilizado en el desarrollo de esta tesis: la retracción es una acción sobre la pistola de soldar cuya función es abrir los electrodos a una distancia mayor que la que se tiene cuando se suelda. Cuando la retracción es activada en la pistola, el ciclo de soldadura de la misma es **bloqueado** debido a que ésta es una operación ejecutada en el momento que se requiera cambiar los electrodos de soldar cuando estos se encuentren desgastados, con lo cual se protege al operario de posibles lesiones. Otra aplicación de la retracción es su utilización para ubicar la pistola de soldar en alguna posición de difícil acceso.

2.1.1.3 Weld / No Weld

Permite cambiar el modo de trabajo de la máquina; en modo Weld la máquina realiza todo el ciclo de soldadura completo, mientras que en Modo No Weld la máquina realiza el ciclo de soldadura sin generar corriente de soldadura es decir sin activar los SCR's; este modo de operación se lo utiliza para dar mantenimiento al equipo.

2.1.1.4 Identificador de Secuencia

La máquina es capaz de manejar cuatro secuencias de operación, **dos por pistola**, las cuales pueden tener distintos parámetros de soldadura. Estas señales provienen de las botoneras ubicadas en cada pistola de soldar. Las secuencias 1 y 2 pertenecen a la pistola 1 y las secuencias 3 y 4 a la pistola 2. De aquí radica la importancia de detectar que secuencia es la operada. Hay que recalcar que solo una secuencia a la vez puede ser ejecutada. Cada pistola tiene dos secuencias de soldadura para facilitar la operación de la máquina, una secuencia por lo general es programa con poca aplicación de corriente, mientras que la otra es programada con más aplicación de corriente; esto se debe a que la misma pistola puede soldar 2 láminas (menor corriente) o 3 láminas de metal (mayor corriente) en una misma aplicación.

2.1.1.5 Contador de ciclos

Se encarga del conteo (tiempo) que tiene que ejecutarse cada parámetro de soldadura durante un ciclo de soldadura. Por ejemplo WELD = 15 ciclos, HOLD = 5 ciclos, etc.

2.1.1.6 Control de secuencia

Se encarga de la ejecución del ciclo de soldadura, es decir de los períodos de aplicación de corriente (período de soldadura), de ausencia de corriente (período de enfriamiento) y de la cantidad de corriente aplicada. Todo esto a través de la señal de control que activa y apaga a los SCR's. Y a su vez genera las señales que el sistema neumático requiere. Estas señales son las que permiten activar el cierre y apertura de los electrodos de la pistola de soldar.

Adicionalmente a estas funciones este control debe ser capaz de revisar el correcto funcionamiento de la máquina, sensando en todo momento la temperatura del equipo. Si existiría exceso de temperatura en el equipo, el control debe colocar a la máquina en modo de operación **No Weld** para evitar posibles averías.

2.2 SISTEMA DE CONTROL.

Para desarrollar el sistema de control de la soldadora, se debe considerar que el equipo debe ser capaz de generar señales y realizar todas las funciones especificadas anteriormente. Para cumplir con estos objetivos se eligió el controlador dedicado PK2100, el cual es un dispositivo compacto que tiene una variedad de entradas digitales y analógicas las que se pueden acomodar a los requerimientos de la aplicación; posee display y teclado incorporados; tiene una mezcla de 12 salidas de alta corriente las que se pueden manejar de una forma directa sin necesidad de acondicionar señales, conversor D/A, relés de estado sólido. Finalmente tiene un amigable lenguaje de programación ("DYNAMIC C").

2.2.1 CONTROLADOR PK 2100

El PK 2100 es un controlador programable, que posee 7 entradas digitales, 6 entradas universales, que pueden ser configuradas como entradas digitales o analógicas, una entrada de alta ganancia la misma que puede ser usada para monitorear una entrada de alta sensibilidad; adicionalmente al PK2100 puede conectarse directamente varios sensores y puertos periféricos sin necesidad de un acondicionador de señal intermedio. Sus 10 salidas de alta corriente pueden manejar directamente cargas inductivas como relés y solenoides. Posee 2 relés de 3 amperios de salidas. En la figura 2.4 se puede apreciar el controlador PK 2100.

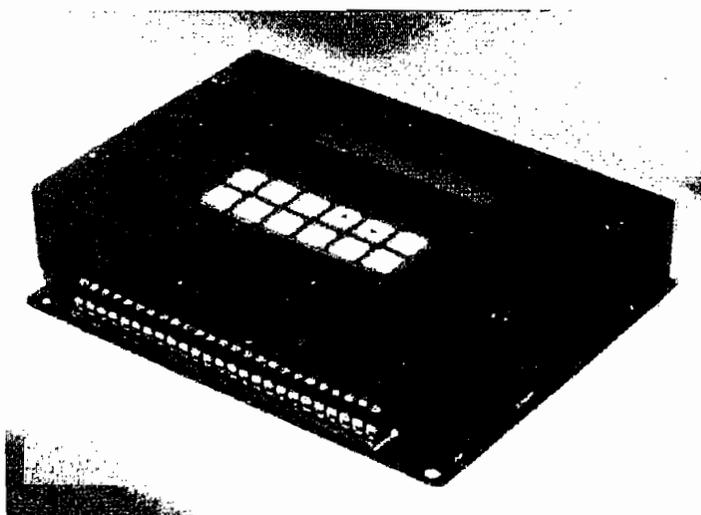


FIGURA 2.4: CONTROLADOR PROGRAMABLE PK 2100

Sus especificaciones técnicas son las siguientes:

- Entrada de voltaje, corriente 18 – 35Vdc, 220mA.
- Siete entradas digitales protegidas de – 48V a +48V, 2.5V de valor umbral.
- Diez salidas digitales de alta corriente (500 mA). Limite de carga 48V. 2 SPDT relés, 3 A - 48Vdc.
- Siete entradas universales (0 – 10 V). Una de ellas puede usarse como de alta ganancia.
- Dos salidas analógicas 0 – 10V o 4 – 20mA.
- Procesador Z180 a 6.144 Mhz
- Dos contadores en hardware y otros en software.
- Un display de cristal líquido (LDC) de 2 x 20 caracteres y un teclado de 2 x 6 teclas.
- Un puerto de expansión y un puerto RS-232 o RS-485/RS-422
- Batería de respaldo para la memoria RAM (512kbytes).
- Memoria EPROM (512 kbytes) donde se mantiene el programa y datos.
- Watchdog timer.
- Interruptor para fallas de energía.

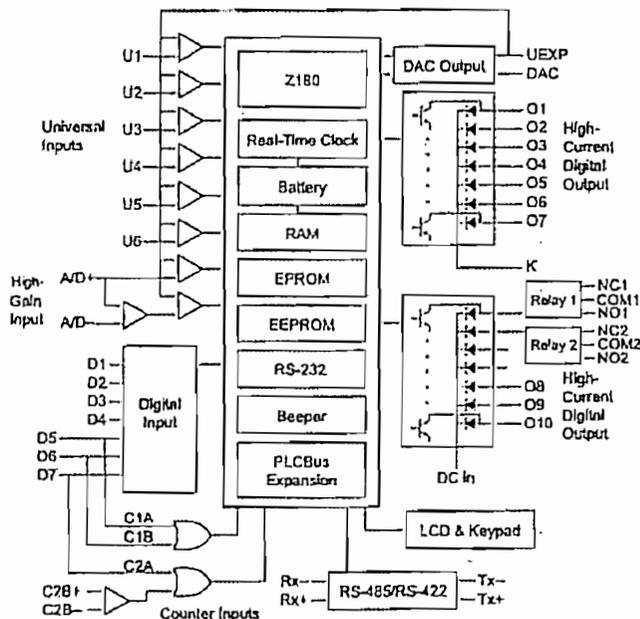


FIGURA 2.5: DIAGRAMA DE BLOQUES CONTROLADOR PROGRAMABLE PK 2100

2.2.2 SOFTWARE DYNAMIC C.

Dynamic C es un sistema de desarrollo integral, trabaja en tiempo real y ha sido desarrollado en lenguaje C. Dynamic C es el lenguaje de programación con el que se desarrollan programas (aplicaciones) para el controlador PK 2100.

2.2.2.1 Características

Dynamic C es un lenguaje de bajo nivel, lo que permite desarrollar el código de programación en una forma más versátil que con lenguaje assembler, al mismo tiempo C permite la programación en assembler cuando sea necesario. Dynamic C integra el siguiente grupo de funciones: Edición, Compilación, Encadenamiento, Carga y Depuración dentro de un programa. De hecho compilar, encadenar y cargar son una sola función, Dynamic C tiene un editor de texto interno fácil de usar. Los programas pueden ser ejecutados y depurados interactivamente a nivel de código fuente.

Debido a que el sistema de desarrollo de funciones es integrado, es posible saltar de una función a otra con la simple presión de una tecla.

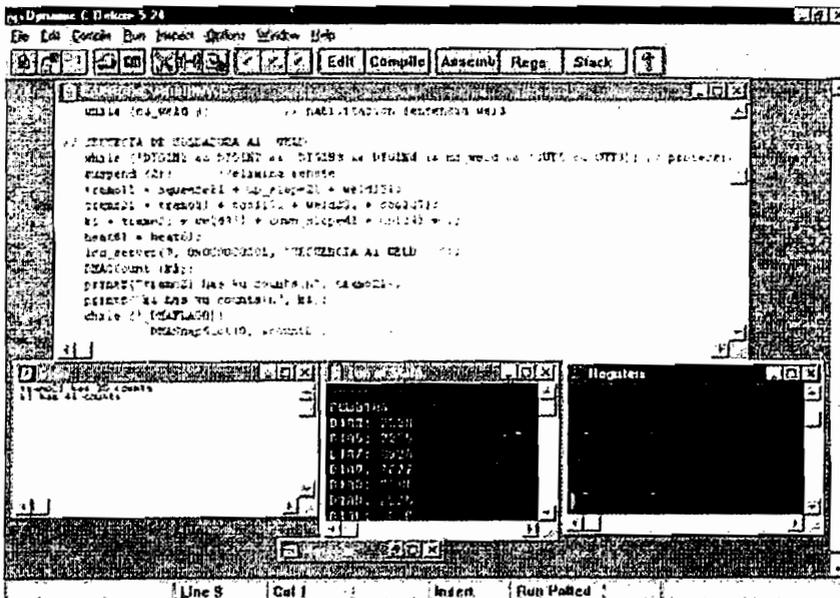


FIGURA 2.6: PROGRAMA DEL CONTROLADOR. DYNAMIC C

Para la depuración Dynamic C, provee ventanas estándar de entrada / salida, una ventana de assembler, una ventana de registro y una ventana de

monitoreo. Las ventanas de entrada / salida estándares permiten al programa cargado en un controlador imprimir mensajes sobre la pantalla de desarrollo.. La ventana de assembler despliega el código compilado. La ventana de monitoreo permite que el programador escribir y evaluar expresiones, así como también monitorear un conjunto de variables y llamar funciones. Dynamic C compila directamente del computador al controlador PK2100 el código ejecutable (*.hex) a través del puerto RS-232 del controlador. En un computador rápido Dynamic puede compilar más de 250 líneas de código por segundo, generando alrededor de 2500 bytes de código de máquina por segundo.

2.2.2.2 Módulos de soporte para el desarrollo de aplicaciones.

Son librerías desarrolladas por el fabricante del controlador, las cuales permiten de una manera muy versátil, utilizar todo el hardware y el sistema multitarea que el controlador posee, a continuación se explica las más importantes.

- **Real-Time-Kernel:** Permite que un *sistema multitarea* (preemptive multitasking) sea desarrollado a través de las librerías de funciones RTK.LIB y SRTK.LIB. Estas librerías permiten que un programa pueda ser dividido en tareas por prioridades. Estas tareas pueden ser tratadas como programas separados corriendo independientemente uno de otro. La ejecución de las tareas son entrelazadas en el tiempo, es decir que el controlador verifica cada cierto tiempo que si la tarea es requerida.
- **The five-key system:** Este sistema implementa una interfaz del usuario con el software usando el teclado del PK2100 y el display de cristal líquido.
- **Drivers Virtuales:** Es un conjunto de funciones disponibles para el controlador PK2100. El driver virtual es activado por una interrupción periódica cada 25 milisegundos, y provee ciertos servicios a la aplicación programada como son:
 - Corre en tiempo real.
 - Monitorea el conjunto de entradas y salidas.
 - Monitorea las entradas digitales y setea las salidas digitales.

- Provee algunos números de watchdog virtuales, así como también un manejador de reloj opcional para el núcleo de tiempo real, un control para un beeper audible, un driver para el teclado, un driver para el display de cristal líquido.

2.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL

Luego de haber escogido el equipo que se encargará de hacer el control de la máquina (PK2100), el desarrollo del programa que se implantara en el controlador es la parte más importante de la tesis puesto que de éste depende que la máquina trabaje correctamente y sin provocar averías. Para desarrollar el programa que opere la máquina primeramente se deben analizar las señales que recibirá (entradas) el equipo y las señales que el equipo entregara (salidas) a la máquina.

2.3.1 SEÑALES DE CONTROL

Para la determinación del número, la clase de entradas y salidas que el controlador debe manejar, se procedió a hacer un análisis de las señales que el sistema de fuerza requiere y genera; en base a esto se determinó las señales que se van a ocupar como entradas y las señales de salida que necesita el sistema.

2.3.1.1 Señales de Entrada

- 4 señales que identifican la secuencia a ejecutarse, provenientes de las dos pistolas de soldar.
- 2 señales para activar / desactivar la Retracción de las pistolas provenientes de las dos pistolas de soldar.
- 1 señal de conteo (onda cuadrada) con una frecuencia de 60Hz proveniente de la tarjeta de acoplamiento de pulsos de disparo.
- 1 señal para detectar sobre temperatura, proveniente de un sensor de temperatura.

2.3.1.2 Señales de salida.

- 2 señales para activar las válvulas de soldadura.

- 1 para habilitar y deshabilitar la tarjeta de acoplamiento de pulsos de disparo.
- 1 para colocar a la máquina en modo de operación WELD / NO WELD.
- 1 señal que permite controlar el ángulo de activado de los SCR's.
- 2 señales para activar / desactivar la Retracción de las pistolas.
- 4 señales para iniciar la secuencia de soldadura, dos por pistola.
- 1 señal audible (BEEP) para indicar sobre temperatura.

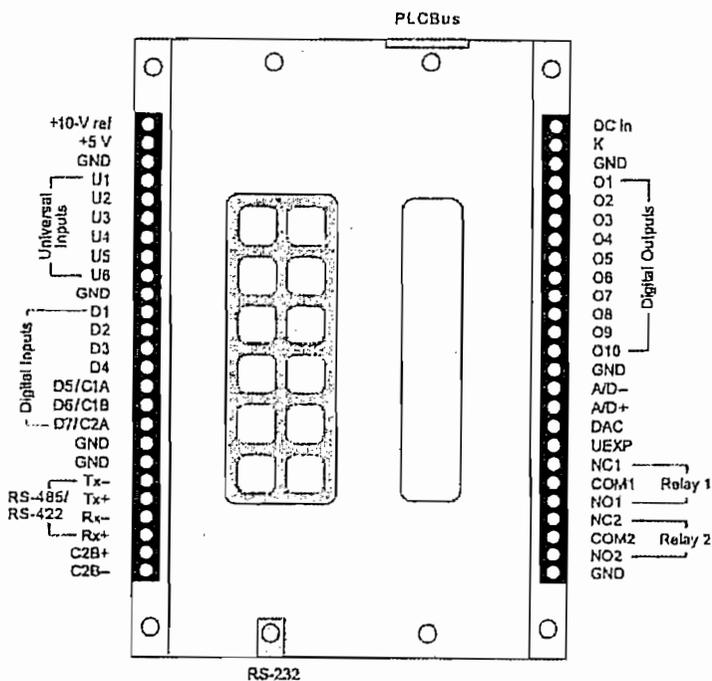


FIGURA 2.7: DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL CONTROLADOR PK 2100.

2.3.1.3 Configuración de Entradas y Salidas.

ENTRADAS	TIPO	DESCRIPCIÓN
U1	UNIVERSAL	Activación / desactivación retracción pistola 1
U2	UNIVERSAL	Activación / desactivación retracción pistola 2
U3	UNIVERSAL	Sensor de sobre temperatura
U4	UNIVERSAL	Libre
U5	UNIVERSAL	Libre
U6	UNIVERSAL	Libre
D1	DIGITAL	Secuencia 1 activada
D2	DIGITAL	Secuencia 2 activada
D3	DIGITAL	Secuencia 3 activada
D4	DIGITAL	Secuencia 4 activada
D5	DIGITAL	Contador 60 Hz
D6	DIGITAL	No usar
D7	DIGITAL	No usar

SALIDAS	TIPO	DESCRIPCION
O1	DIGITAL	Valvula de soldadura secuencia 1 y 2
O2	DIGITAL	Valvula de soldadura secuencia 3 y 4.
O3	DIGITAL	Encendido / apagado tarjeta de fuerza
O4	DIGITAL	WELD / NO WELD
O5	DIGITAL	Retracción pistola 1
O6	DIGITAL	Retracción pistola 2
O7	DIGITAL	Inicio secuencia 1
O8	DIGITAL	Inicio secuencia 2
O9	DIGITAL	Inicio secuencia 3
O10	DIGITAL	Inicio secuencia 4
DAC	ANALOGICA	Disparo de SCR
RELAY1	RELE	Libre
RELAY2	RELE	Libre

2.3.2 PROGRAMA DE CONTROL

El algoritmo de control a desarrollarse utilizará la característica que tiene el controlador de programar en un **sistema multitarea** (programas independientes). Adicionalmente la variación del ángulo de disparo (pulsos de disparo) de los SCR's se lo realizara a través de la señal que el conversor digital análogo del controlador genere; esta señal comparada externamente con una señal triangular nos permitirá obtener una señal de pulsos de control con diferente ángulo de disparo, este proceso se explicará con detalle en el capítulo 3.

Las tareas de control en las cuales se dividirá el sistema multitarea del controlador son las siguientes:

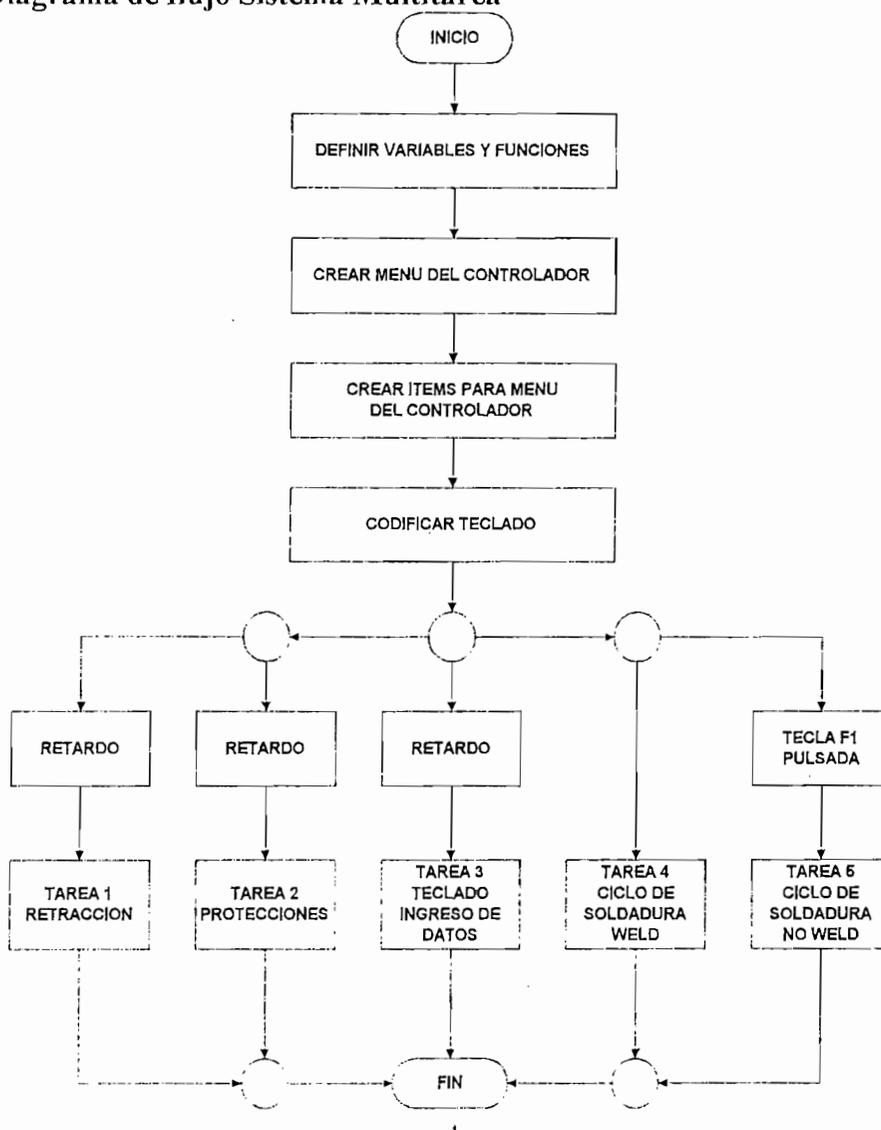
TAREAS	FUNCION	PERIODICIDAD
1	RETRACCIÓN	1000 mSeg
2	PROTECCIONES	1000 mSeg
3	TECLADO	2500 mSeg
4	CICLO DE SOLDADURA WELD	Siempre
5	CICLO DE SOLDADURA NO WELD	TECLA F1 Pulsada

El programa esta estructurado de la siguiente manera. El programa principal realiza la operación de la máquina en modo de operación WELD, mientras que las operaciones de la máquina como la retracción, el teclado y la función de protección son subrutinas que son revisadas cada cierto tiempo de

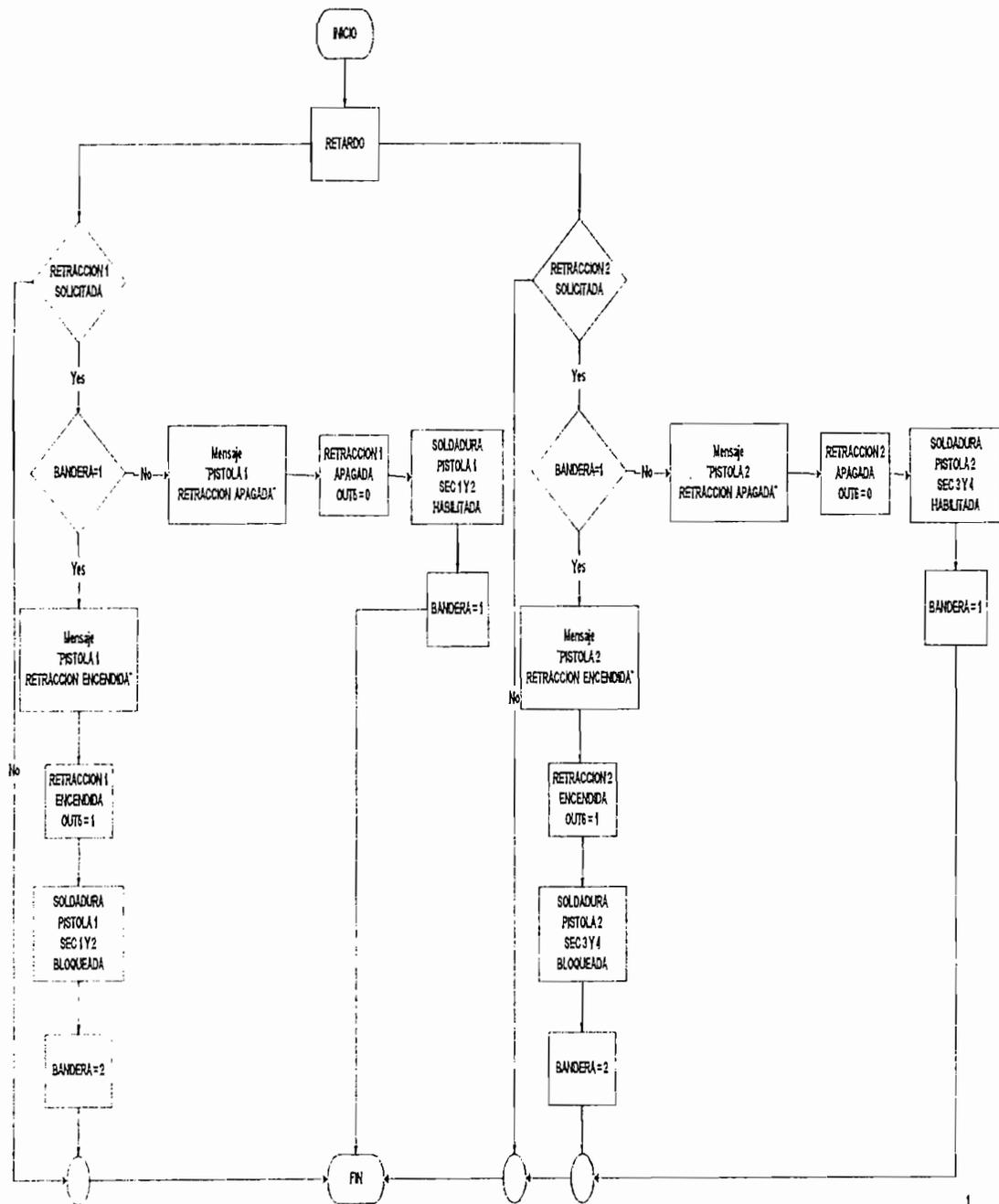
programación. Mientras que la operación de la máquina en modo NO WELD es manejado a través de una interrupción proveniente de la tecla F1.

El período de 1000 mSeg de la retracción se escogió después de realizar varias pruebas que sirvieron para verificar cual es el período de tiempo mínimo en que se utilizaba la retracción, los 1000 mSeg de la protección de sobre temperatura se escogieron después de comprobar que un ciclo de soldadura mínimo dura por lo menos un segundo, luego de lo cual es importante verificar la temperatura de la máquina. La verificación de la utilización del teclado cada 2500mSeg se escogió debido a que la utilización del teclado del controlador es muy esporádico.

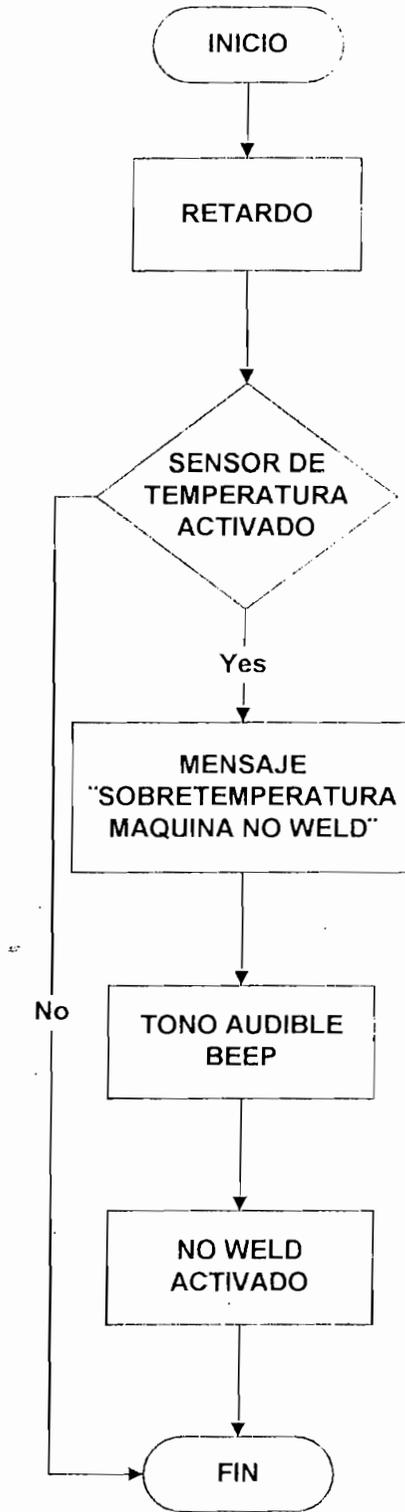
2.3.2.1 Diagrama de flujo Sistema Multitarea



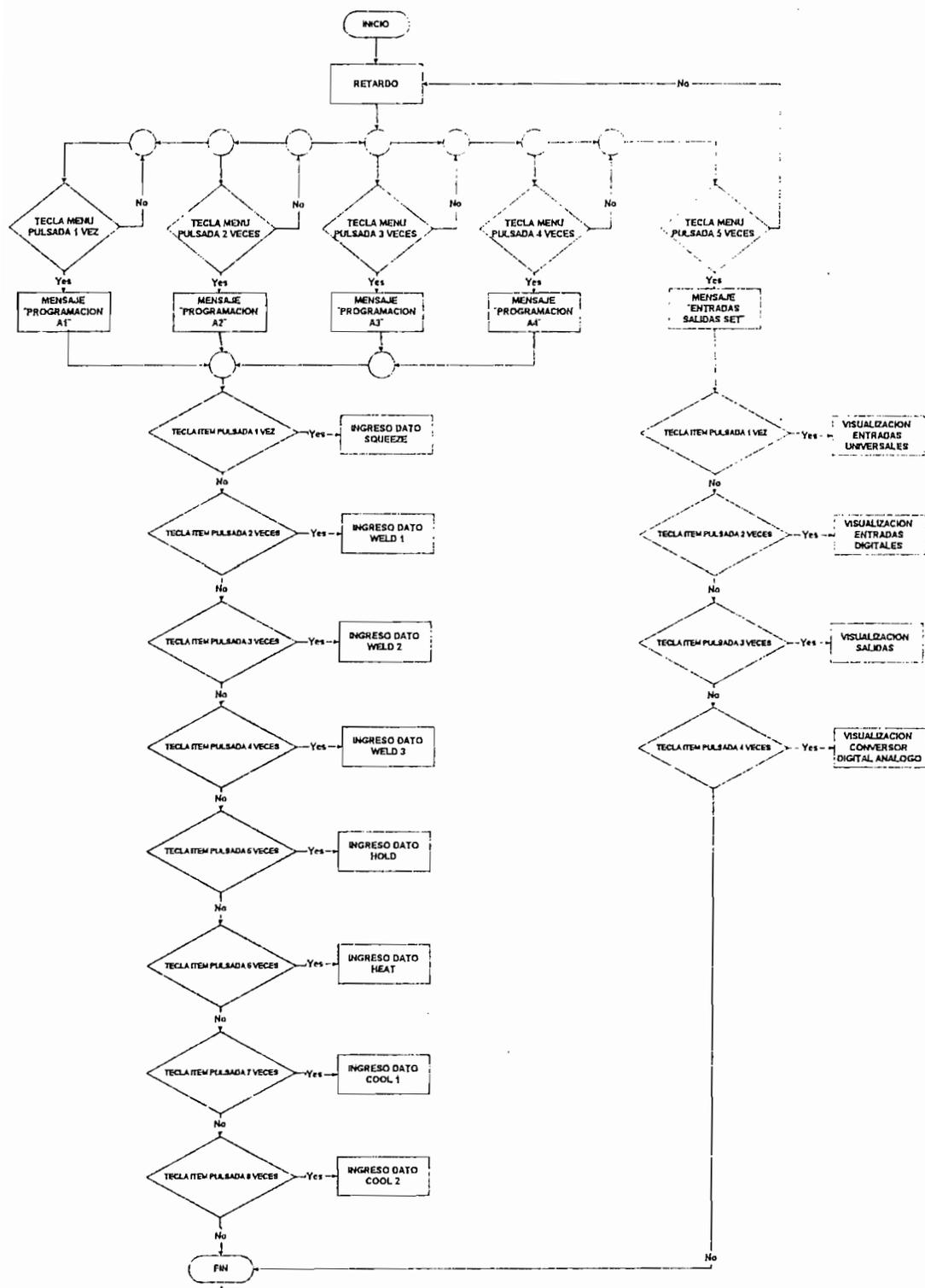
2.3.2.2 Diagrama de flujo Tarea 1 Retracción



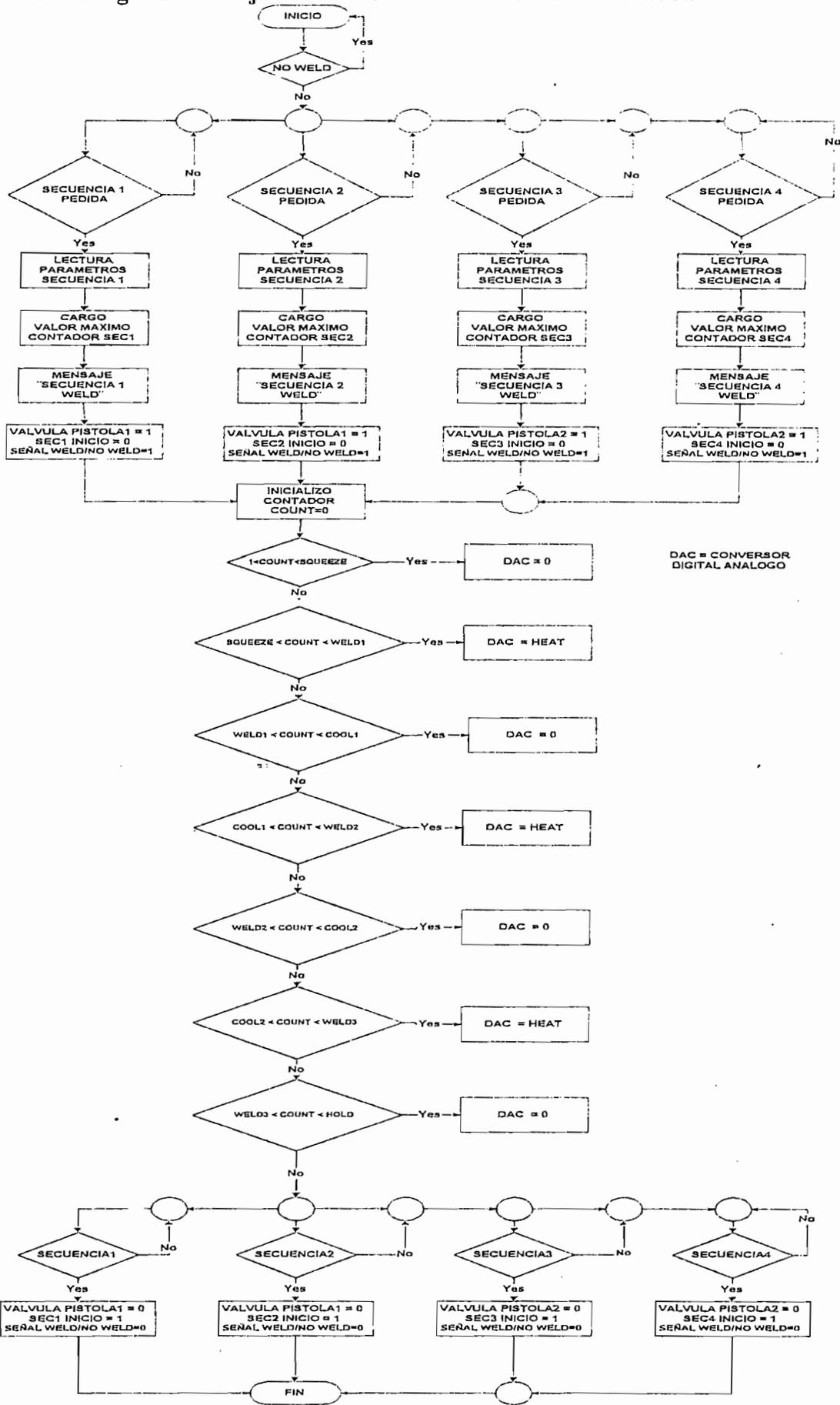
2.3.2.3 Diagrama de flujo Tarea 2 Protección Sobre temperatura



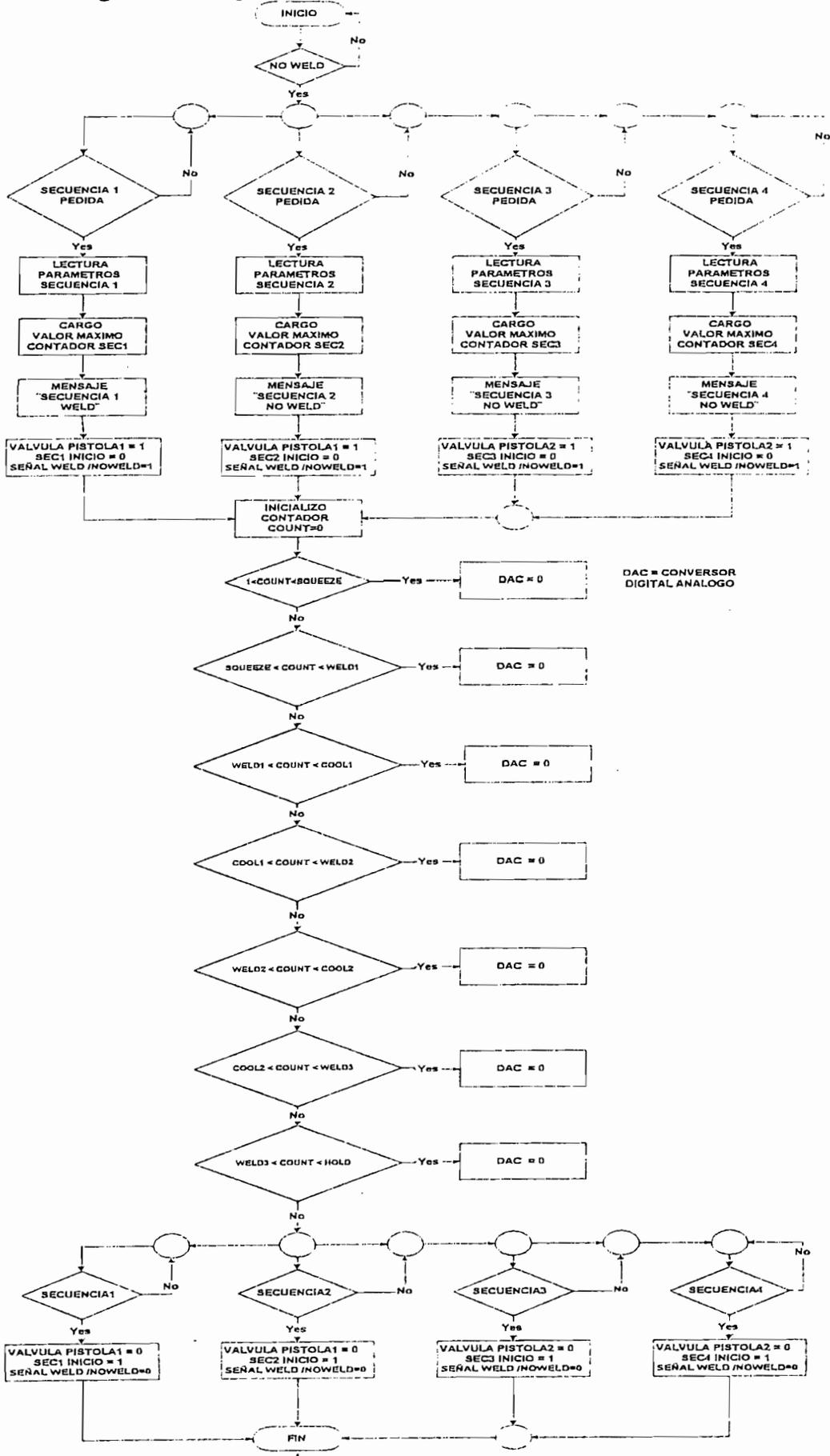
2.3.2.4 Diagrama de Flujo Tarea 3 Teclado



2.3.2.5 Diagrama de flujo Tarea 4 Ciclo de Soldadura Modo Weld



2.3.2.6 Diagrama de flujo Tarea 5 Ciclo de Soldadura Modo No Weld



CAPITULO 3.

DISEÑO DEL ACONDICIONADOR DE SEÑAL DE ENLACE

En el presente capítulo se detallará todo el análisis de las señales que genera y recibe el sistema de fuerza de la máquina, así como también el diseño de la tarjeta de enlace entre el controlador y la tarjeta de acoplamiento de pulsos de disparo existente.

3.1 ANALISIS DE LAS SEÑALES DE LAS TARJETAS ADICIONALES EXISTENTES.

Para crear el programa que controla la máquina soldadora, previamente se realizó un estudio y análisis de las señales que la máquina genera y recibe. Existe una tarjeta electrónica para el acoplamiento de pulsos de disparo de los SCR's y una pequeña tarjeta de relés la cual cumple la función de detectar que secuencia fue escogida, por medio de la activación de unos relés.

3.1.1 ANALISIS DE LA TARJETA DE ACOPLAMIENTO DE PULSOS DE DISPARO.

La tarjeta de acoplamiento de pulsos de disparo está dividida en dos secciones:

- La primera que se encarga de recibir todas las señales que el controlador y la tarjeta de enlace emite, la misma que determina el ángulo de disparo de los SCR's, y envía estas señales a la juntura gate – cátodo de los mismos mediante opto acopladores.
- Y la segunda, que activa electro válvulas para manejar el sistema neumático de la máquina (cierre y apertura de electrodos de soldar).

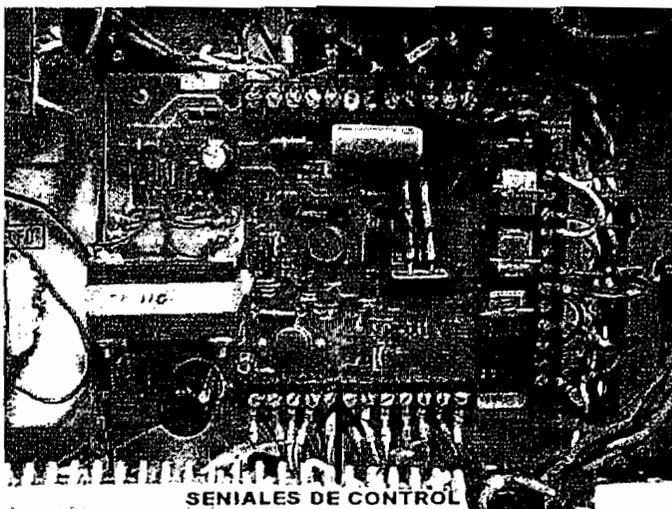


FIGURA 3.1: TARJETA DE ACOPLAMIENTO DE PULSOS DE DISPARO

Además esta tarjeta tiene las fuentes de alimentación que van hacer usadas por la tarjeta de enlace. Para entender de una mejor manera la distribución de la tarjeta de acoplamiento de pulsos de disparo a continuación se expone su estructura.

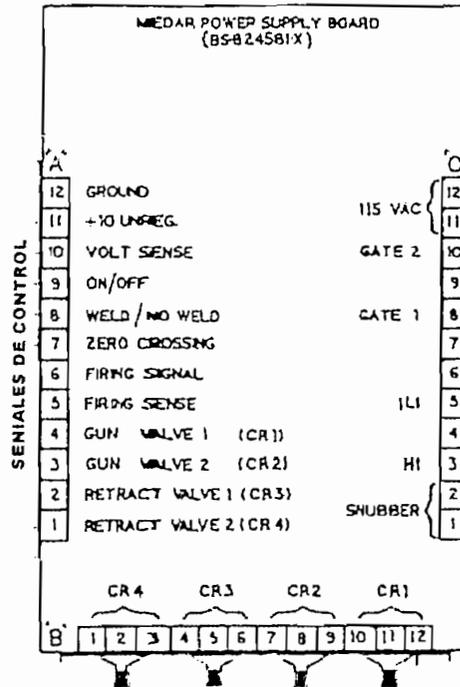


FIGURA 3.2: TARJETA DE ACOPLAMIENTO DE PULSOS DE DISPARO PINES DE CONEXIÓN

Cada uno de los pines de conexión de la tarjeta de la zona de control, emite o recibe una señal. A continuación se analiza cada una de las señales.

PIN 12) Ground: Tierra de control

PIN 11) +10 Unreg: +10 Vdc sin regular. Esta señal es usada como fuente positiva de la tarjeta de enlace.

PIN 10) Volt Sense : Es una señal rectificadas en onda completa negativa, con un pico de -12 Vdc, la cual es usada como fuente negativa de la tarjeta de enlace. A continuación se puede apreciar su forma de onda y características. Figura 3.3.

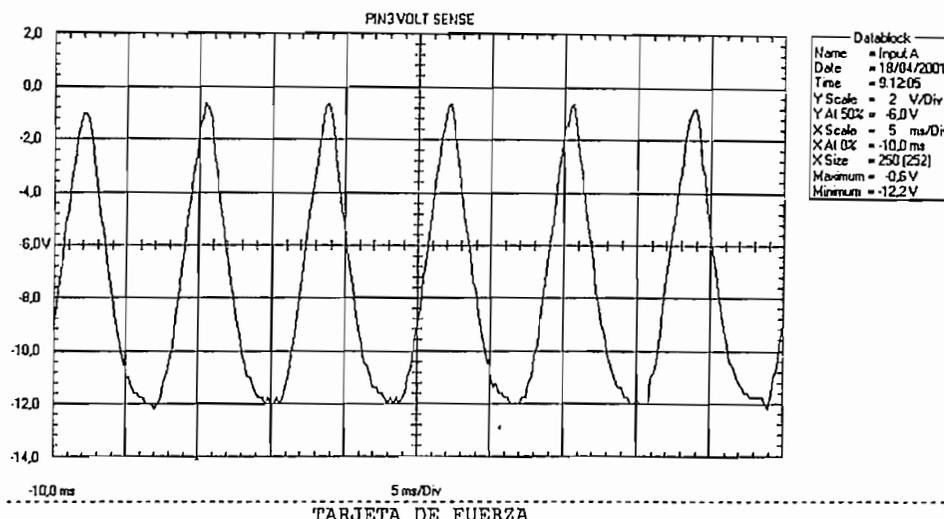


FIGURA 3.3: FORMA DE ONDA VOLT SENSE PIN 3

PIN 9) ON / OFF: Señal de habilitación de la tarjeta. Se enciende cuando se cortocircuita a tierra mediante una señal del controlador.

PIN 8) WELD / NO WELD: Cuando la máquina se encuentra en stand by se tiene +10 Vdc sin regular, mientras que en el momento de realizar un punto de soldadura esta señal baja a 0 Vdc, es decir se cortocircuita a tierra. Stand by quiere decir que la máquina esta encendida sin realizar ningún punto de soldadura.

PIN 7) ZERO CROSSING: Emite una señal cuadrada con una frecuencia de 60Hz, y un pico de voltaje de 10 Vdc. Esta señal es usada por el controlador para realizar el conteo de los ciclos de soldadura.

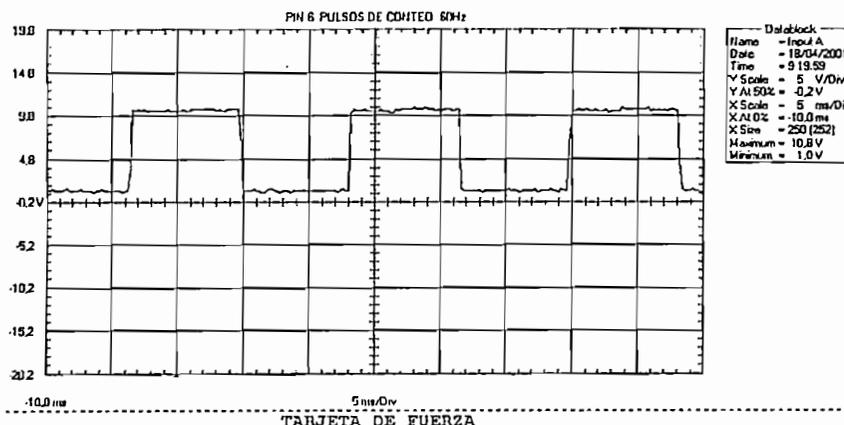


FIGURA 3.4: FORMA DE ONDA ZERO CROSSING PIN 3

PIN6) FIRING SIGNAL: Pin de ingreso de pulsos de disparo de los SCR's cuando se realiza un punto de soldadura, mientras que cuando la máquina se encuentra en stand by esta señal se pone en 10 Vdc.

- PIN5) FIRING SENSE:** Esta señal no es usada.
- PIN4) GUN VALVE 1:** Cuando la máquina se encuentra en stand by se tiene +10 Vdc sin regular, mientras que en el momento de realizar un punto de soldadura esta señal baja a 0 Vdc, activando la electro válvula que cierra los electrodos de soldar de la pistola 1.
- PIN3) GUN VALVE 2:** Cuando la máquina se encuentra en stand by se tiene +10 Vdc sin regular, mientras que en el momento de realizar un punto de soldadura esta señal baja a 0 Vdc, activando la electro válvula que cierra los electrodos de soldar de la pistola 2.
- PIN2) RETRACT VALVE 1:** Cuando la máquina se encuentra en stand by se tiene +10 Vdc sin regular, mientras que en el momento de activar la retracción de la pistola 1, esta señal baja a 0 Vdc. Activando la electro válvula de retracción 1.
- PIN1) RETRACT VALVE 2:** Cuando la máquina se encuentra en stand by se tiene +10 Vdc sin regular, mientras que en el momento de activar la retracción de la pistola 2, esta señal baja a 0 Vdc. Activando la electro válvula de retracción 2.

3.1.2 ANALISIS DE LA TARJETA DE RELÉS

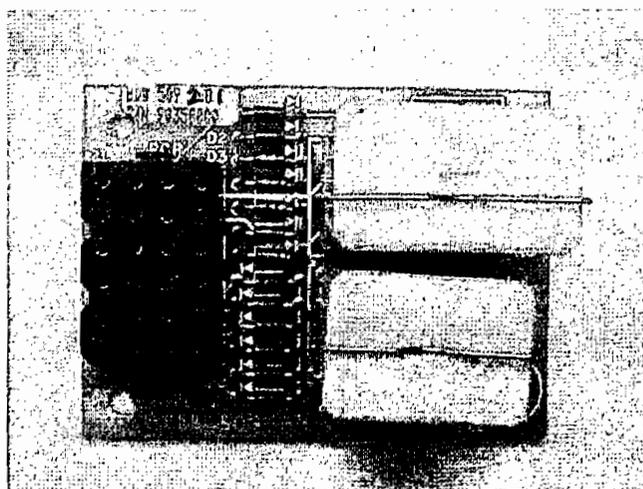


FIGURA 3.5: TARJETA DE RELES

La tarjeta de relés cumple una sola función que es la de detectar que secuencia de operación es la requerida; es decir tiene 4 señales de entrada provenientes del controlador. Cada una de ellas le indica a la tarjeta de relés que secuencia fue activada de las cuatro que existen dos por pistola. Esta señal produce que se active un relé el cual permite el paso de una segunda señal, la que produce

que se active la electro válvula, para cerrar los electrodos de la pistola de soldar. Lo que quiere decir que para la ejecución de un ciclo de soldadura deben existir siempre dos señales que activen la operación de la máquina. La falta de una de ellas produce que ciclo de soldadura no se realice. Las cuatro señales de esta tarjeta cuando la máquina se encuentra en stand by son de 10 Vdc, mientras que cuando se realiza, un punto de soldadura bajan a 0 Vdc.

3.2 DISEÑO DE LA TARJETA DE ENLACE

Como se explico en el capítulo 1 (sección 1.5.1.2.2), la cantidad de corriente aplicada en el momento de generar un punto de soldadura; es manejado por SCR's en conectados en inverso paralelo, los cuales están en serie con el transformador de soldadura, convirtiendo al sistema en un conversor AC-AC.

La función de esta tarjeta es generar una señal que controle el disparo de los SCR's, a través de un control de fase directo. La variación del ángulo de disparo será controlado por el programador PK 2100 por medio de su conversor digital análogo. Adicionalmente la tarjeta de enlace será utilizada como acondicionadora de señal entre las salidas del controlador y la tarjeta de relés, para sus cuatro señales de habilitación de la secuencia de soldadura.

3.2.1 CONSIDERACIONES DEL DISEÑO

- a) Sus fuentes de alimentación tanto negativa como positiva se obtendrá de la tarjeta de acoplamiento de pulsos de disparo.
- b) La señal de cruce por cero, será obtenida de la señal de Volt Sense.
- c) Los pulsos de disparo se conseguirán a través de la comparación de una señal diente de sierra, con una señal de DC proveniente del programador PK 2100 (conversor digital análogo).
- d) Para su utilización como acondicionador de señal entre el controlador y la tarjeta de relés, la tarjeta permitirá conectar 4 salidas del controlador a la tarjeta de relés y a 10 Vdc provenientes de la tarjeta de acoplamiento de pulsos de disparo. Estas salidas variarán su estado de 0 Vdc o 10 Vdc dependiendo del cambio de las salidas del controlador. Esta variación permitirá a la tarjeta de relés saber que secuencia fue la

requerida, en paralelo a esta señal, se conectara un led indicador el mismo que ayudara a visualizar que secuencia fue la operada. Esta sección del circuito se puede apreciar en el diagrama electrónico de la tarjeta de enlace.

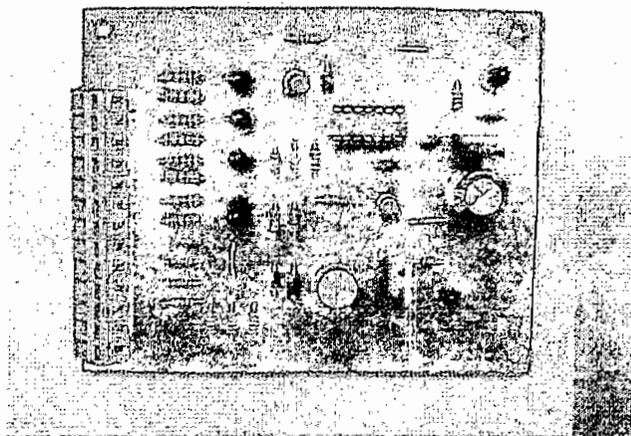


FIGURA 3.6: TARJETA DE ENLACE

3.2.1.1 Diseño señal diente de sierra.

Para diseñar la señal diente de sierra, se utilizara un amplificador operacional en configuración de integrador.

$$v_o = -\frac{1}{RC} \int v_i dt$$

Datos del diseño:

$V_o = 5 \text{ Vdc}$ Voltaje final pico.

$V_i = -1.5 \text{ Vdc}$ Voltaje inicial a integrarse.

$t = 8.3 \text{ mSeg}$ Período de integración.

Integrando la ecuación desde 0 a t tenemos:

$$v_o = -\frac{1}{RC} t$$

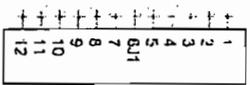
$$RC = -\frac{v_i}{v_o} t$$

$$RC = -\frac{(-1.5)}{5} * 8.5 \text{ mseg} = 0.00249$$

Los valores de R y C que más se aproximan al valor anterior son:

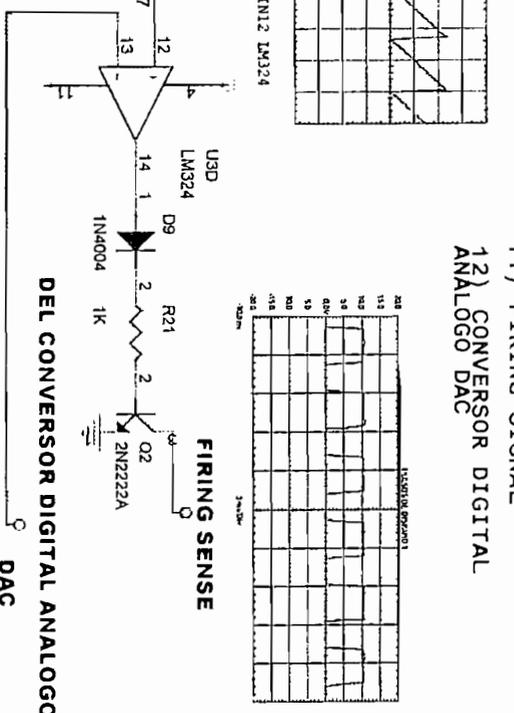
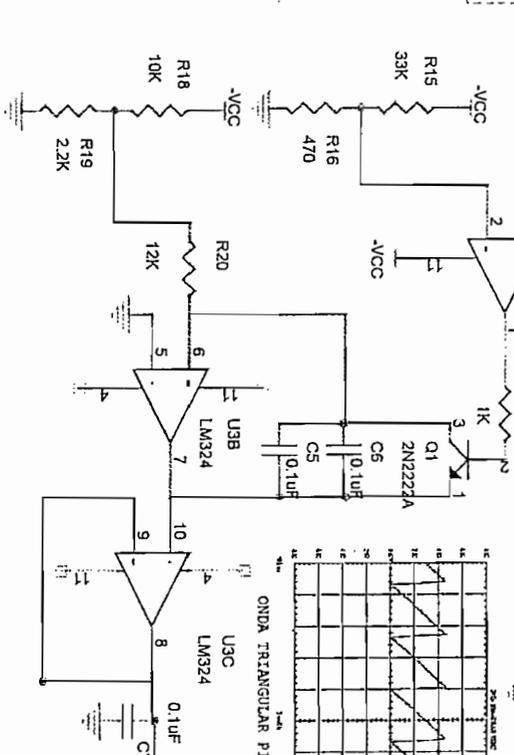
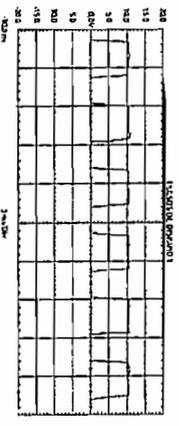
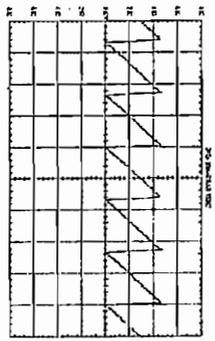
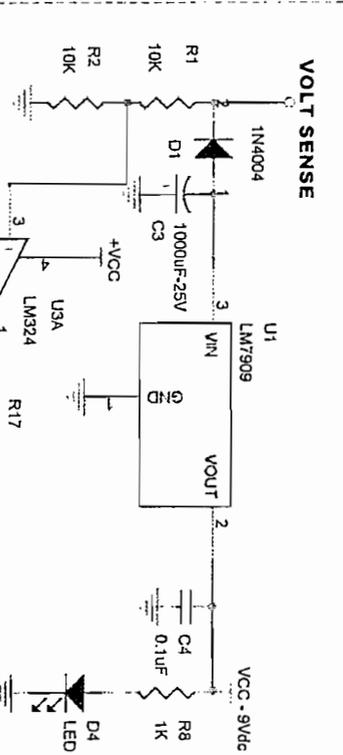
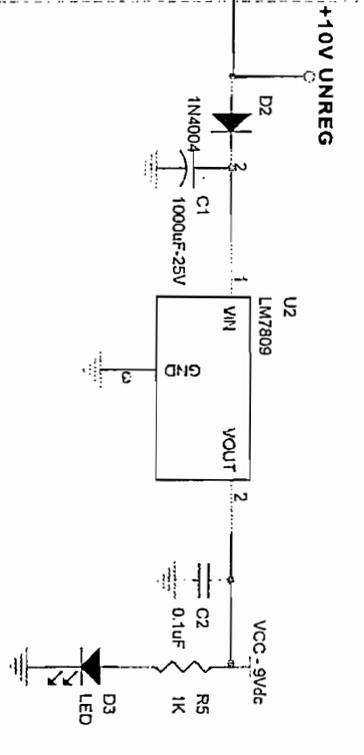
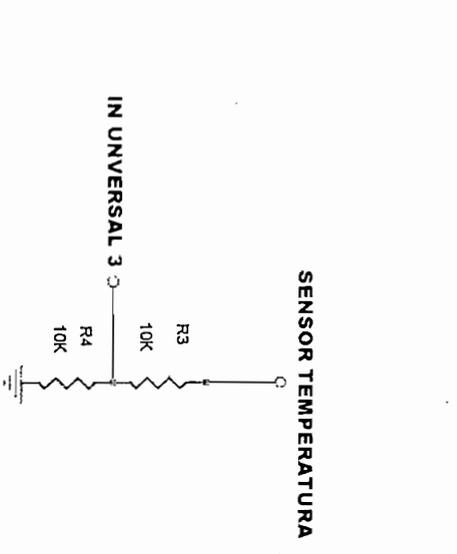
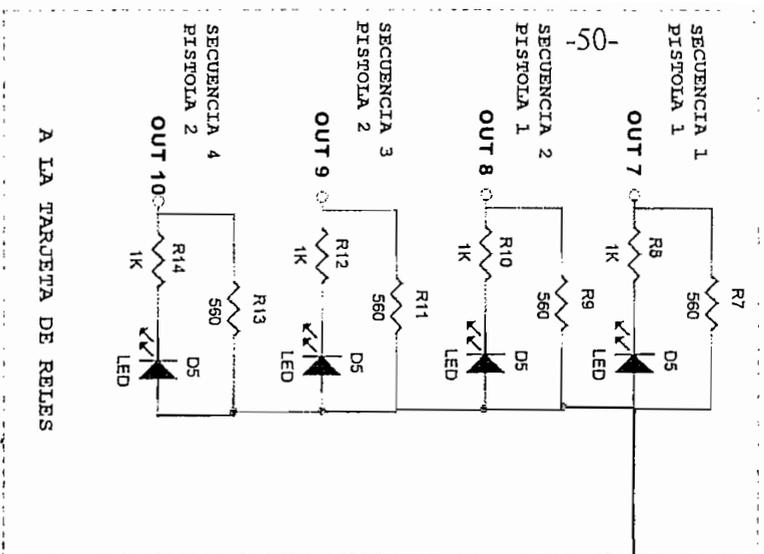
$$R = 12.2 \text{ K}\Omega \quad C = 0.2 \mu\text{F}$$

A continuación se presenta el diagrama electrónico de la tarjeta de enlace.



PINES DE CONEXION

- 1) Y 2) GND
- 3) +10 UNREG
- 4) VOLT SENSE
- 5) SENSOR TEMPERATURA
- 6) IN UNIVERSAL 3
- 7) OUT 7
- 8) OUT 8
- 9) OUT 9
- 10) OUT 10
- 11) FIRING SIGNAL
- 12) CONVERTOR DIGITAL ANALOGO DAC



3.2.2 ANALISIS DE LAS SEÑALES DE LA TARJETA DE ENLACE

1) Señal para la creación del cruce por cero. Se obtiene utilizando un amplificador operacional (U3A) como comparador, a la entrada positiva le llega un valor de - 0.6Vcd. Mientras que a la entrada positiva le llega la señal volt sense dividida para dos.

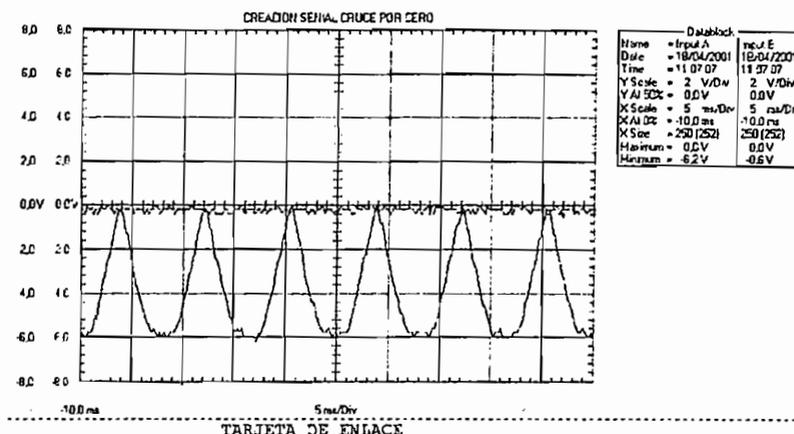


FIGURA 3.7: CREACIÓN CRUCE POR CERO. TARJETA DE ENLACE

2) La comparación de estas 2 señales, permite que el amplificador operacional operando como comparador genere la señal que activa la base de Q1, cada cruce por cero.

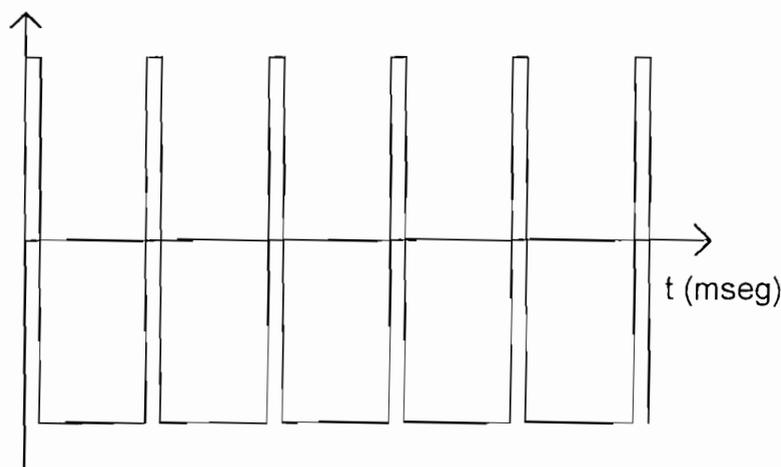


FIGURA 3.8: SEÑAL DE DISPARO BASE Q1. DETECCIÓN CRUCE POR CERO.

3) La señal anterior conjuntamente con el operacional trabajando como integrador nos genera una onda triangular de 5 Vdc de pico (entrada positiva U3D); esta señal comparada con una de Vdc (entrada negativa U3D) generada por el conversor digital análogo del controlador nos genera los pulsos de control (firing signal) con diferentes ángulos de disparo para los SCR's.

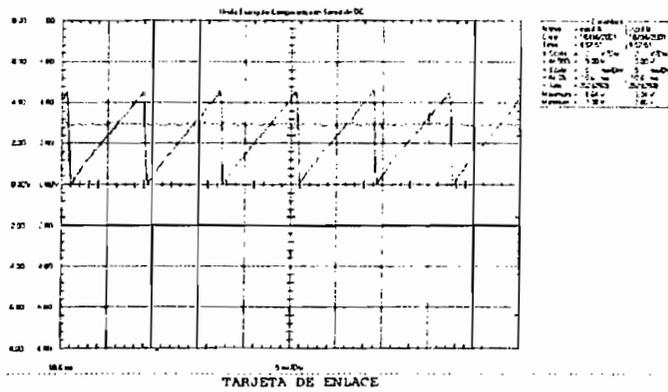


FIGURA 3.9: ONDA TRIANGULAR COMPARADA CON SEÑAL DE DC (DAC).

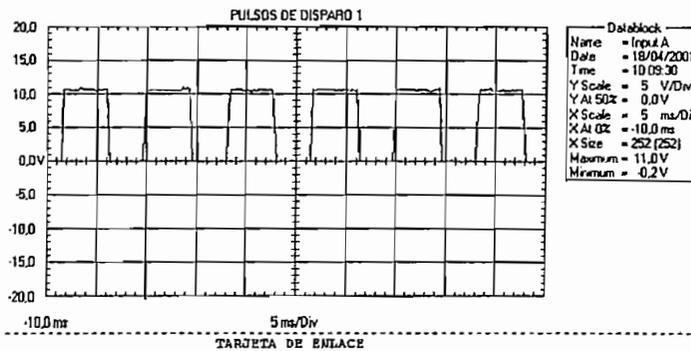


FIGURA 3.10: PULSOS DE DISPARO (FIRING SIGNAL).

4) La variación de la señal de Vdc producida por el cambio de programación del controlador (parámetro Heat), produce la variación del ángulo de disparo de los SCR's.

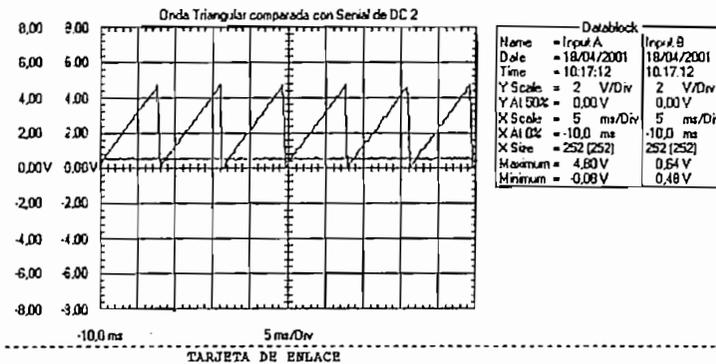


FIGURA 3.11: ONDA TRIANGULAR COMPARADA CON MENOR VALOR DE SEÑAL DE DC 2.

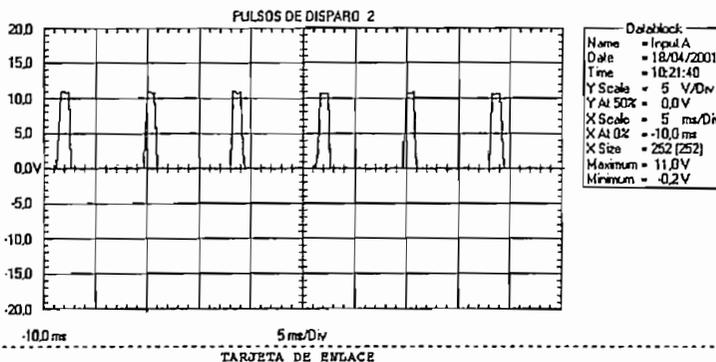


FIGURA 3.12: PULSOS DE DISPARO 2 (FIRING SIGNAL).

A continuación se puede apreciar el circuito impreso de la tarjeta de enlace, así como también la ubicación de cada uno de sus elementos.

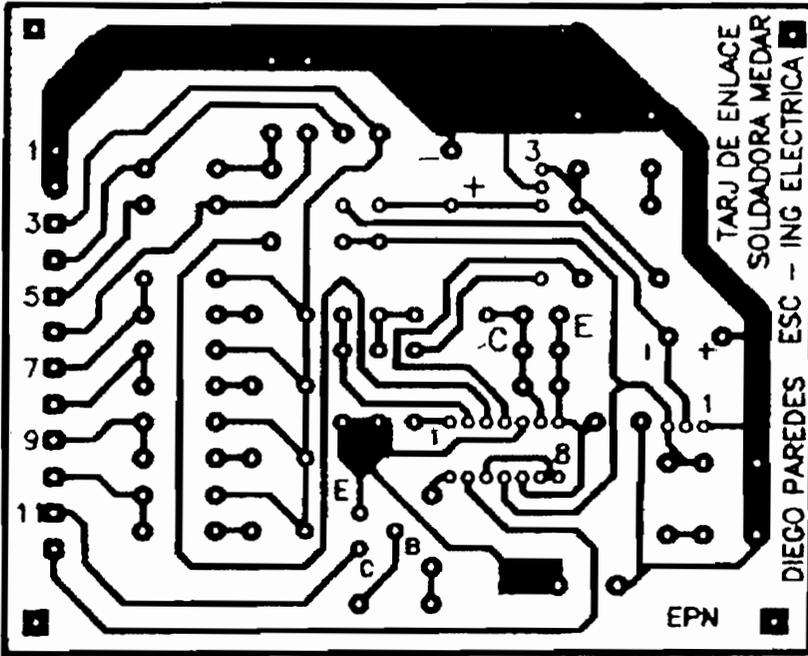


FIGURA 3.13: CIRCUITO IMPRESO TARJETA DE ENLACE

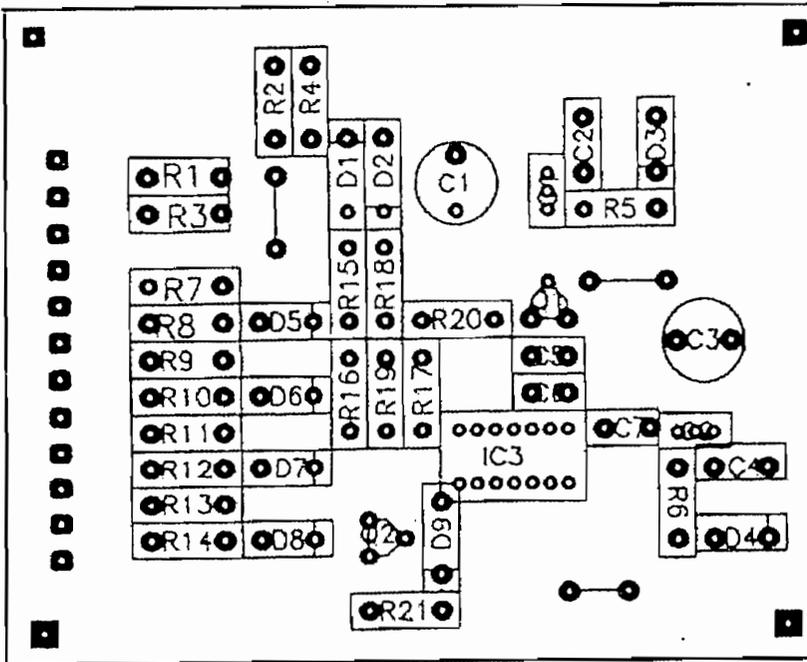


FIGURA 3.14: UBICACIÓN DE ELEMENTOS TARJETA DE ENLACE.

3.3 RESUMEN DEL SISTEMA DE CONTROL DESARROLLADO

El sistema de control completo esta compuesto por el controlador PK2100, la tarjeta de enlace, la tarjeta de relés y por la tarjeta de acoplamiento de pulsos de disparo, las dos ultimas existentes en la máquina y a las cuales no se les ha hecho modificación alguna.

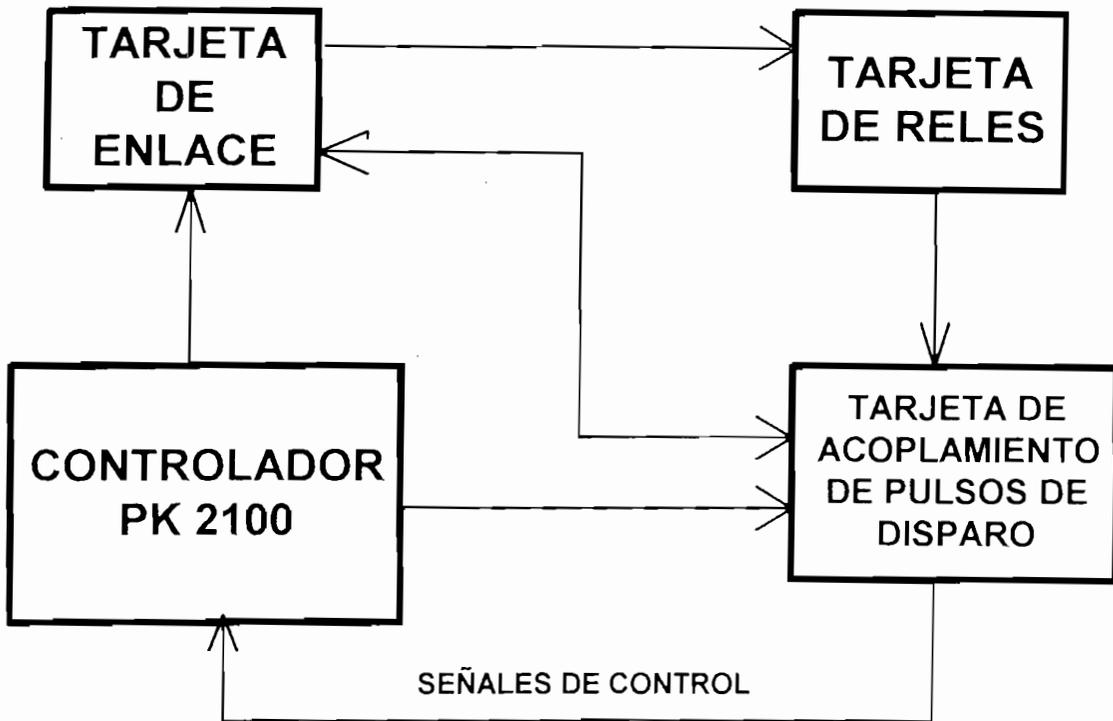


FIGURA 3.15: SISTEMA DE CONTROL DESARROLLADO

Como se puede apreciar existe un intercambio constante de señales de todos los elementos que conforman el sistema de control desarrollado con el sistema de señales de disparo y relés. El controlador PK 2100 es el cerebro que maneja todo el sistema, mientras que la tarjeta de enlace cumple la función de generar los pulsos de disparo de los SCR's de acuerdo a las ordenes que genera el controlador y acondicionar las señales que requiere la tarjeta de relés. De la tarjeta de acoplamiento de pulsos de disparo se utiliza la fuente de poder para la tarjeta de enlace y se encarga de generar la señal de conteo para la ejecución de los parámetros de soldadura y la señal base para el cruce por cero.

CAPITULO 4.

PRUEBAS Y RESULTADOS

Durante el desarrollo del programa de control y el montaje del equipo fue necesario realizar algunas pruebas, para verificar el correcto funcionamiento de la máquina. A continuación se detallarán algunas de ellas con sus respectivos resultados.

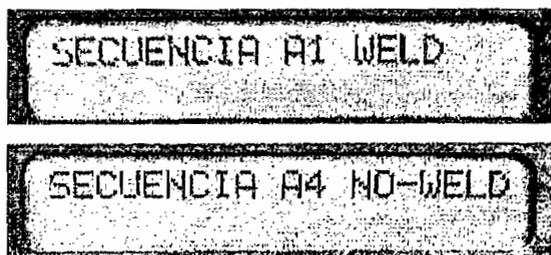
4.1 DISPLAY Y TECLADO.

La programación del teclado y el display fue el inicio del desarrollo del programa de control de la soldadora. El controlador consta de un display de cristal líquido (LDC) de 2 x 20 caracteres y un teclado de 2 x 6 teclas.



FIGURA 4.1: DISPLAY Y TECLADO PK 2100

El manejo del teclado y el display se lo desarrollo de una manera que sea lo más versátil posible para del usuario, el display especifica cada acción de la máquina es decir; si la máquina realiza el ciclo de soldadura de la secuencia 1, inmediatamente el display indica que operación esta efectuando; esta visualización se repite de igual manera con las otras operaciones de la máquina, como son retracción, modo de operación WELD / NO WELD, sobre temperatura, etc. Figura 4.2.



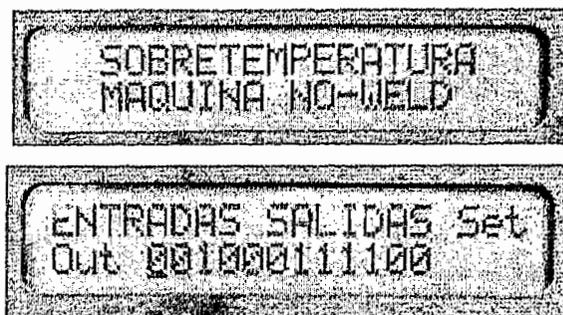


FIGURA 4.2: MENSAJES DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

El teclado cumple la función de permitir la programación de los parámetros de soldadura, seleccionar el modo de operación de máquina WELD / NO WELD y a su vez habilitar o deshabilitar el sistema de fuerza de la máquina. Adicionalmente a las funciones anteriores a través de una tecla HELP, permite visualizar que significa cada parámetro de programación.

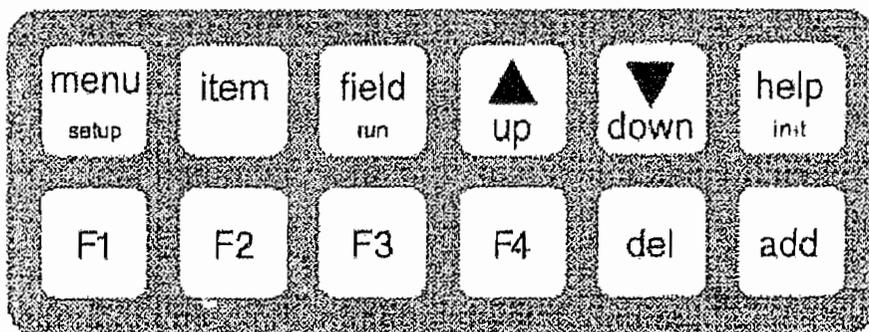


FIGURA 4.3: TECLADO CONTROLADOR PK 2100

4.1.1 FUNCIONES DE LAS TECLAS.

MENU: Selecciona la secuencia de operación a programar y permite visualizar los estados de entradas y salidas del controlador. Ejemplo:

- PROGRAMACION A1
- PROGRAMACION A2
- PROGRAMACION A3
- PROGRAMACION A4
- ENTRADAS Y SALIDAS SET

ITEM : Luego de seleccionar la secuencia de programación permite seleccionar que parámetro de programación es el seleccionado. Ejemplo:

- SQUEEZE
- WELD 1

WELD 2

WELD 3

HOLD

HEAT

COOL 1

COOL 2

Adicionalmente cumple la función de permitir visualizar los estados de las entradas y salidas controlador, cuando el controlador este en la función de visualización de sus entradas y salidas.

FIELD – UP – DOWN: Permite variar el valor del parámetro de programación.

F1: Modo de operación NO WELD.

F2: Modo de operación WELD.

F3: Habilidad tarjeta de acoplamiento de pulsos de disparo.

F4: Deshabilitación tarjeta de acoplamiento de pulsos de disparo.

HELP: Visualiza que significa cada parámetro de programación del ciclo de soldadura.

DEL – ADD: No se utilizan.

NOTA : Para inicializar el display es necesario pulsar la tecla MENU.

4.2 CICLO DE SOLDADURA

Las pruebas del ciclo de soldadura se dividieron en tres secciones; (1) Comprobar que la programación de los parámetros coincida con el comportamiento de la máquina. (2) Revisar la retracción y protección de sobre temperatura. (3) Comprobar la variación de la corriente aplicada por medio del cambio de programación del parámetro HEAT.

4.2.1 PROGRAMACION DE PARÁMETROS

La comprobación de la variación de los parámetros de programación se la realizó a través de la visualización, del tiempo de encendido de los leds indicadores de secuencia de la tarjeta de enlace.

Por ejemplo si la programación de los parámetros de la secuencia 1 es la siguiente: SQUEEZE = 20 ciclos, WELD 1 = 20 ciclos, WELD 2 = 0 ciclos, WELD 3 = 0 ciclos, COOL 1 = 0 ciclos, COOL 2 = 0 ciclos, HOLD = 10 ciclos y

HEAT = 50 %; el led indicador permanecerá encendido durante 50 ciclos que es el total de ciclos que dura la ejecución de todos los parámetros de un ciclo de soldadura de la secuencia 1, adicionalmente con solo tocar el cable de fuerza de la soldadora se puede sentir la aplicación de corriente durante el ciclo de soldado. Cabe indicar que los ciclos de conteo pertenecen a la línea de alimentación 440V / 60 Hz.

Sí se varía los parámetros de soldadura anteriores por los siguientes: SQUEEZE = 20 ciclos, WELD 1 = 20 ciclos, WELD 2 = 15 ciclos, WELD 3 = 15 ciclos, COOL 1 = 10 ciclos, COOL 2 = 10 ciclos, HOLD = 10 ciclos y HEAT = 50 %; el led indicador permanecerá encendido durante 100 ciclos que es el total de ciclos que dura la ejecución de todos los parámetros de un ciclo de soldadura de la secuencia 1, es decir el doble de tiempo de la programación anterior, adicionalmente al tocar el cable de fuerza de la soldadora se puede sentir la aplicación de corriente durante tres períodos distintos del ciclo de soldado. Lo descrito anteriormente comprueba la variación de parámetros de programación.

Cada parámetro de soldadura puede variar desde 0 ciclos hasta 99 ciclos, sin embargo en la práctica existen unos valores mínimos que se deben programar para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina.

- **Squeeze** = 15 ciclos. Tiempo de inicio de soldadura, durante este tiempo los electrodos de soldar se cierran; un valor inferior a 15 producirá que los electrodos queden pegados a las láminas de soldar.
- **Weld 1,2 y 3** = 5 ciclos. Tiempo de soldadura, un valor inferior a 5 ciclos es imperceptible en las láminas de soldar; en la práctica produce que los puntos de soldadura se abran con facilidad.
- **Cool 1,2** = 2 ciclos. Tiempo de enfriamiento, en la practica un valor inferior a 2 ciclos; es despreciable produciéndose que el pulso de soldadura sea casi continuo.

- **Hold** = 4 ciclos. Tiempo de retención. Durante este tiempo los electrodos de soldar permanecen cerrados después de la aplicación del ultimo pulso de corriente; en la práctica un valor inferior a 4 ciclos produce que los electrodos se queden pegados a las láminas de soldar después de la finalización del ciclo de soldadura.

4.2.2 RETRACCION Y SOBRE TEMPERATURA

La prueba de retracción consistió en comprobar que si la retracción de la pistola 1 está encendida, las secuencias de soldadura pertenecientes a esta pistola (secuencia 1 y 2) estén bloqueadas; es decir que si son pulsados los botones de estas secuencias la máquina no responde. Mientras que las secuencias de operación de la pistola 2 (secuencia 3 y 4) son operables.

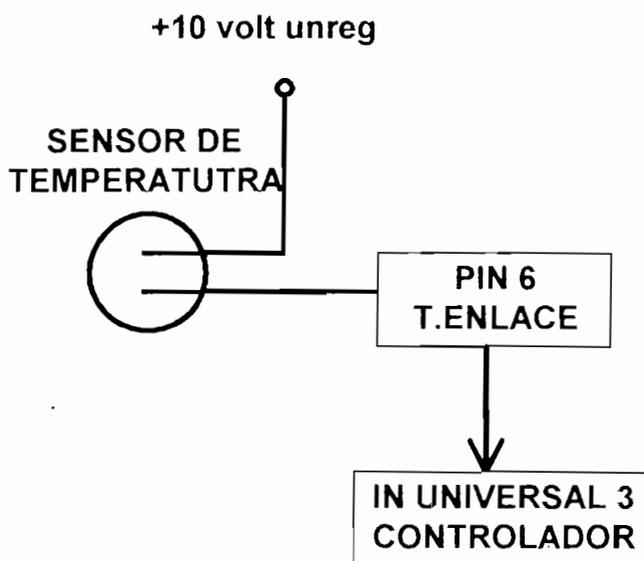


FIGURA 4.4: CONEXIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA

La prueba de sobre temperatura consistió en comprobar el correcto funcionamiento del sensor de temperatura ubicado, en el bloque de SCR's. Este sensor es un ON - OFF el cual al detectar un exceso de temperatura en el bloque de SCR's se abre, lo que es detectado por la entrada universal 3 del controlador produciendo inmediatamente que la máquina se ponga en modo de operación NO WELD.

4.2.3 VARIACION DE LA CORRIENTE DE SOLDADURA

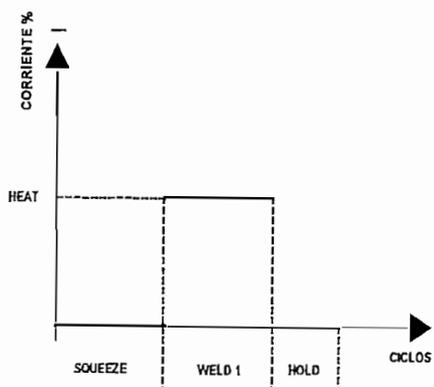
La variación de la corriente de soldadura esta ligada directamente a la variación del parámetro HEAT. Para la comprobación de esta variación se utilizará un Medidor de Corriente con capacidad para medir hasta 20000 amperios. Adicionalmente este medidor tiene la capacidad de medir cuantos ciclos de aplicación de corriente pasaron durante la ejecución de un punto de soldadura.

Se realizaron tres mediciones diferentes; una de ellas con un solo período de aplicación de corriente WELD 1, la segunda con dos períodos de aplicación de corriente WELD1 Y WELD 2; la medición final con tres períodos de aplicación de corriente WELD 1, WELD 2 y WELD 3.

4.2.3.1 Mediciones con un período de aplicación de corriente

Un período de aplicación de corriente consiste en que durante la ejecución de un ciclo de soldadura, se aplica un solo pulso de corriente (WELD 1). A continuación se presenta una tabla con los parámetros de soldadura programados y otra tabla con la variación de la corriente aplicada a la soldadura vs la variación del parámetro heat.

PARAMETROS DE SOLDADURA	
SQUEEZE	20 ciclos
WELD 1	15 ciclos
WELD 2	0 ciclos
WELD 3	0 ciclos
HOLD	5 ciclos
COOL 1	0 ciclos
COOL 2	0 ciclos
TOTAL	40 ciclos



HEAT vs CORRIENTE	
HEAT	CORRIENTE (KA)
25%	3,03
30%	4,1
35%	5,3
40%	5,57
45%	7,53
50%	9,12
55%	10,6
60%	11,35
65%	12,19
70%	13,46
75%	13,96
80%	14,8
85%	15,42
90%	15,45
95%	16,6
100%	17

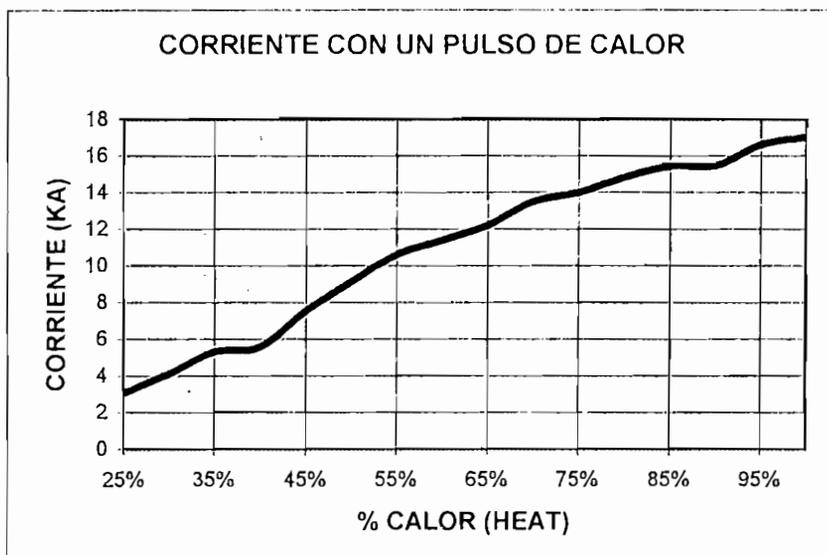
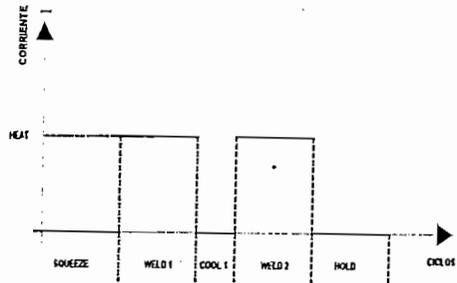


FIGURA 4.5: GRÁFICA DE CORRIENTE EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE CALOR APLICADO CON UN SOLO PULSO DE SOLDADURA.

4.2.3.2 Mediciones con dos períodos de aplicación de corriente

La ejecución de un ciclo de soldadura con dos pulsos de corriente, conlleva a tener un tiempo de enfriamiento (COOL 1) intermedio entre dos pulsos de soldadura (WELD 1 y 2). A continuación se presenta una tabla con los parámetros de soldadura programados y otra adicional con los datos de la variación de corriente aplicada a la soldadura vs el parámetro heat.

PARAMETROS DE SOLDADURA	
SQUEEZE	20 ciclos
WELD 1	10 ciclos
WELD 2	10 ciclos
WELD 3	0 ciclos
HOLD	5 ciclos
COOL 1	10 ciclos
COOL 2	10 ciclos
TOTAL	65 ciclos



HEAT vs CORRIENTE	
HEAT	CORRIENTE (KA)
25%	3,02
30%	3,98
35%	5,26
40%	7,08
45%	7,8
50%	9,68
55%	10,96
60%	11,96
65%	12,83
70%	13,67
75%	14,32
80%	15,46
85%	15,68
90%	15,9
95%	16,3
100%	16,9

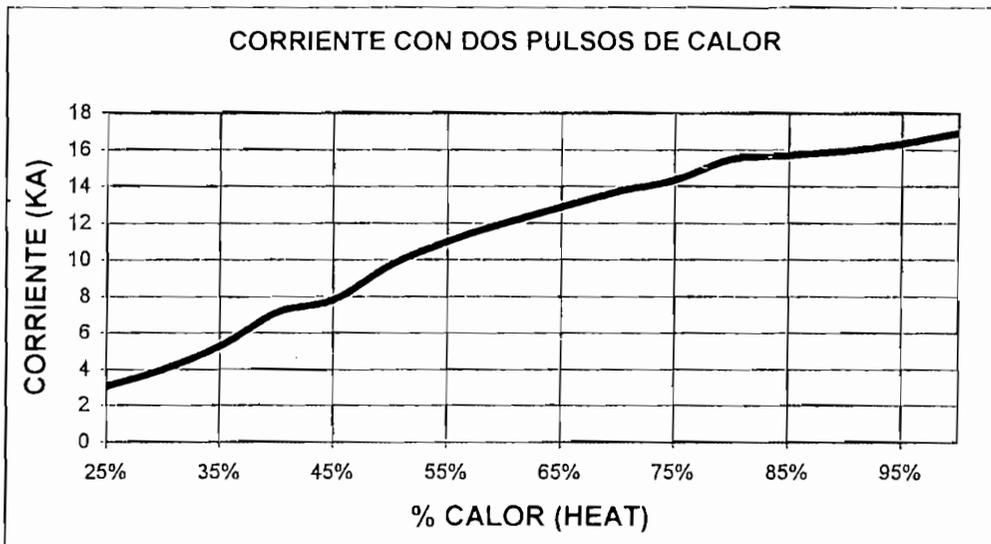
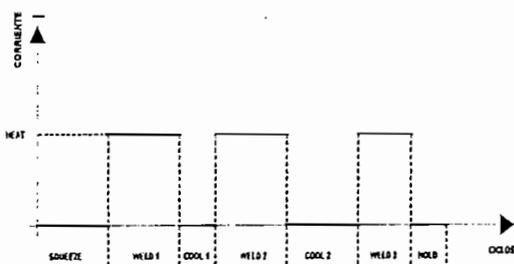


FIGURA 4.6: GRÁFICA DE CORRIENTE EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE CALOR APLICADO CON DOS PULSOS DE SOLDADURA.

4.2.3.3 Mediciones con tres períodos de aplicación de corriente

La aplicación de tres pulsos de corriente en un solo ciclo de soldadura, tiene tres períodos de soldadura (WELD 1, 2 y 3) y dos períodos de enfriamiento (COOL 1 y 2) intermedios entre estos. Las tablas de datos indicadas muestran la programación de los parámetros de soldadura y la variación de la corriente aplicada a la soldadura vs el parámetro heat.

PARAMETROS DE SOLDADURA	
SQUEEZE	20 ciclos
WELD 1	10 ciclos
WELD 2	10 ciclos
WELD 3	10 ciclos
HOLD	10 ciclos
COOL 1	10 ciclos
COOL 2	10 ciclos
TOTAL	80 ciclos



HEAT vs CORRIENTE	
HEAT	CORRIENTE (KA)
25%	2,98
30%	3,96
35%	5,17
40%	6,92
45%	7,69
50%	9,28
55%	10,67
60%	11,78
65%	12,48
70%	13,86
75%	14,49
80%	15,37
85%	15,76
90%	16
95%	16,5
100%	17

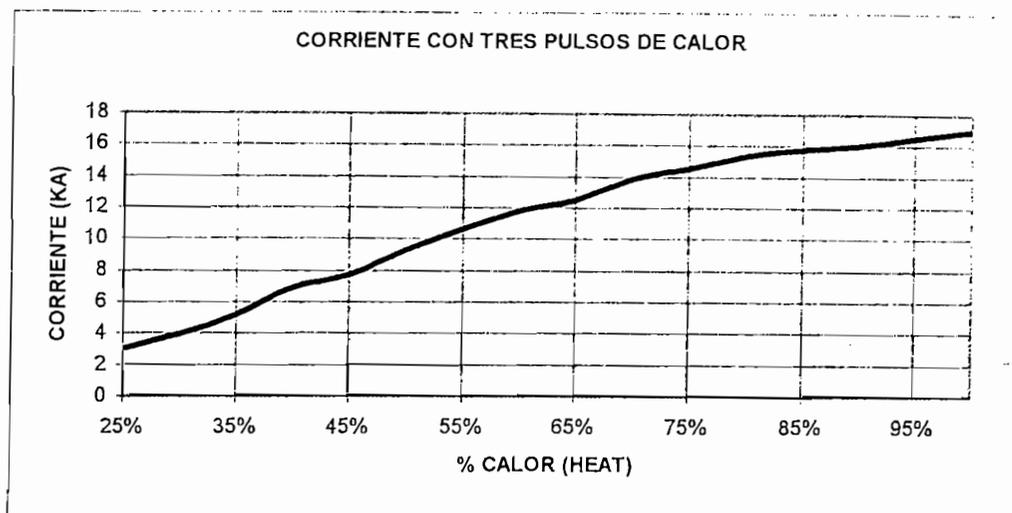


FIGURA 4.7: GRAFICA DE CORRIENTE EN FUNCION DE EL PORCENTAJE DE CALOR APLICADO CON TRES PULSOS DE SOLDADURA.

4.3 ANALISIS DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos en las gráficas anteriores se puede apreciar que existe un crecimiento casi lineal de la corriente, en función del calor aplicado (HEAT). Cabe indicar el parámetro de programación HEAT es un valor que puede ser variado desde 0 % hasta 100%. La lectura de corriente tiene su valor inicial cuando se tiene 25 % de calor (HEAT) aplicado, esto se debe a que desde este valor el medidor de corriente proporciona una medida de corriente diferente de cero para la soldadura. Los valores picos de corriente son 3 KA con 25 % de HEAT y 17 KA con 100 % de HEAT.

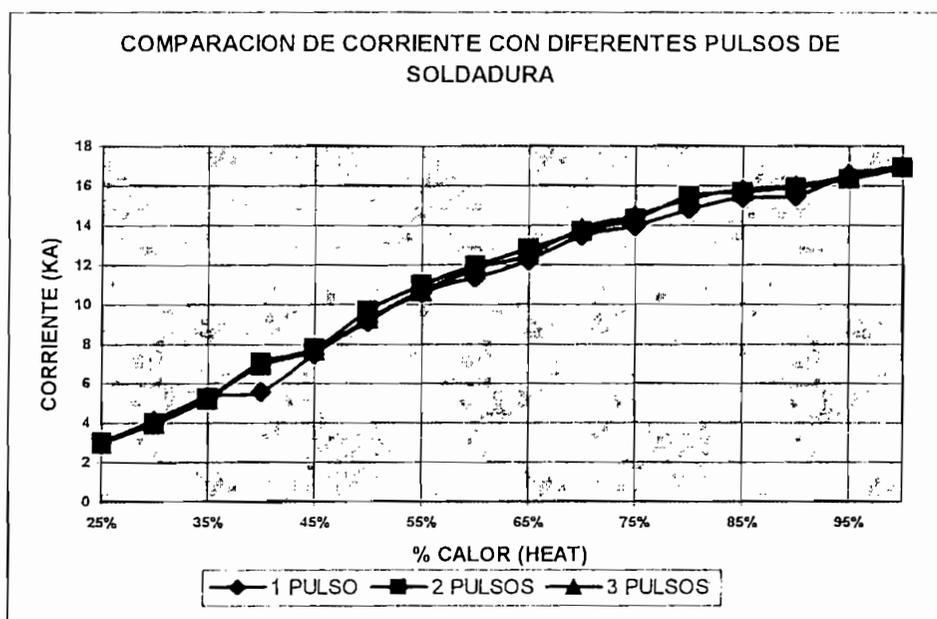


FIGURA 4.8: GRAFICA DE CORRIENTE EN FUNCION DEL PORCENTAJE DE CALOR APLICADO CON UNO, DOS Y TRES PULSOS DE SOLDADURA.

Adicionalmente a lo expuesto se observa que no existe una diferencia sustancial en la corriente medida cuando se aplican uno, dos o tres pulsos de calor (WELD 1, WELD 2 Y WELD 3) en la soldadura. Figura 4.8.

La diferencia de la aplicación de corriente con uno, dos o tres pulsos de calor se aprecia directamente en la creación del pulso de soldadura; un pulso de corriente se utiliza para soldar materiales delgados, mientras que dos y tres ciclos de corriente aplicados en el mismo punto de soldadura se utiliza para soldar metales gruesos o varias capas de diferentes tipos de metal al mismo tiempo. La calibración del tiempo de soldado (WELD) y la cantidad de corriente aplicada a un punto de soldadura (HEAT), marca la diferencia entre tener un punto de suelda correcto y un punto con exceso de calor. Figura 4.9.

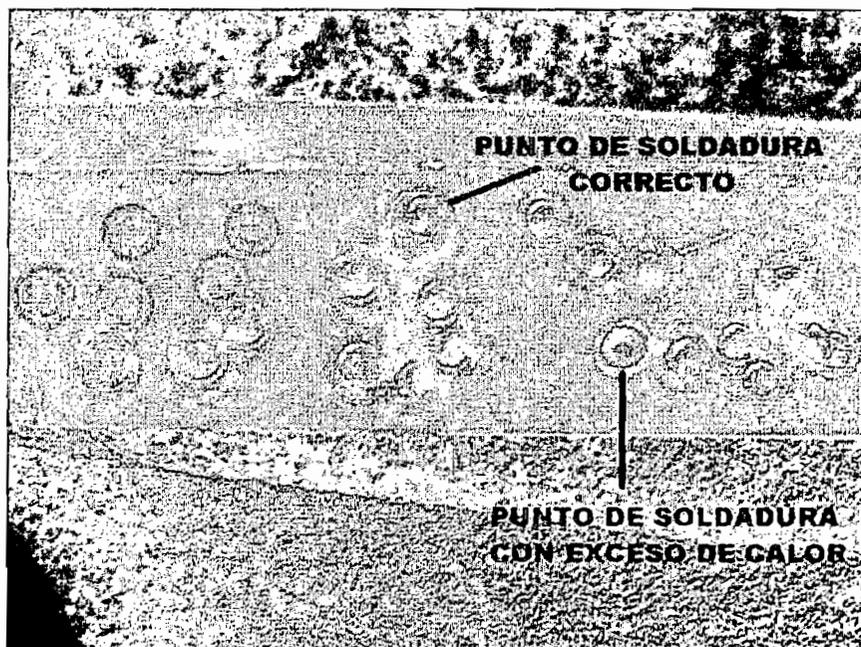
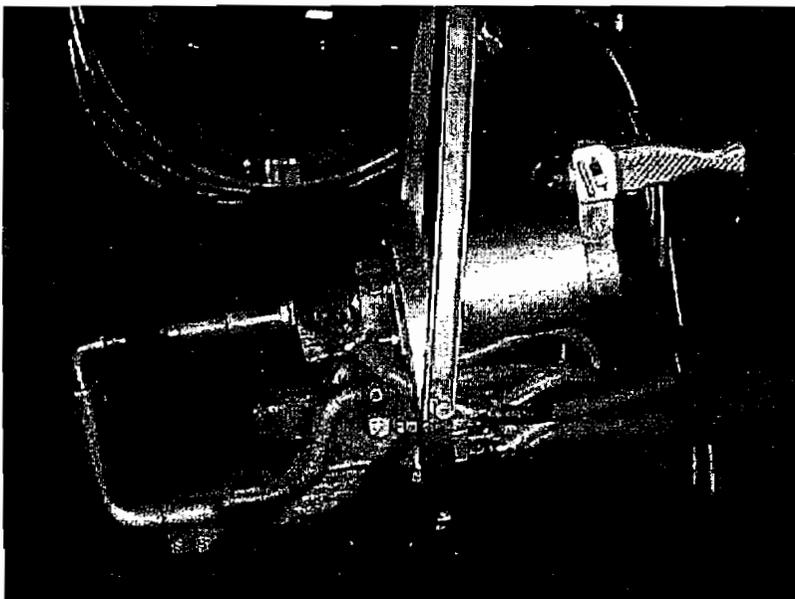
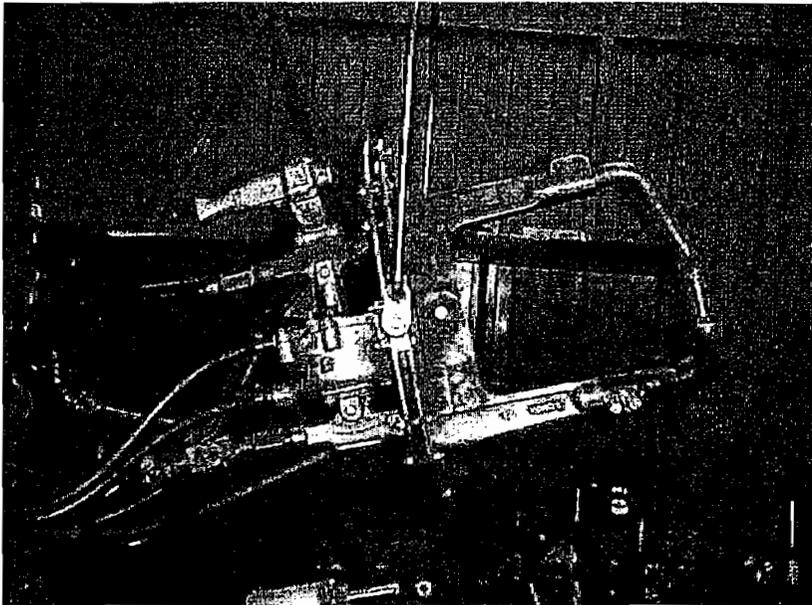


FIGURA 4.9: PUNTOS DE SOLDADURA CON DIFERENTES VALORES DE CALOR (HEAT) APLICADOS.

En lo referente a la programación de los parámetros de soldadura de cada una de las secuencias, se pudo apreciar que el parámetro SQUEEZE (tiempo de inicio del ciclo de soldadura) es un valor muy importante para la creación de un buen punto de soldadura; esto se debe a que si el valor de Squeeze es muy corto, al momento de realizarse un punto de soldadura existe la aparición de un arco en los electrodos de soldar y en otras ocasiones los electrodos de soldar explotan al momento de unirse. Es por ello que debe aplicarse la corriente de soldadura solo cuando los electrodos de soldar estén perfectamente cerrados,

lo que se consigue con el tiempo de SQUEEZE. Lo mismo ocurre cuando el parámetro HOLD (tiempo final del ciclo de soldadura sin presencia de corriente) tiene un tiempo de aplicación muy corto. Por esta razón estos valores (SQUEEZE y HOLD) deben ser lo suficientemente grandes para evitar estos contratiempos; pero si estos tiempos de programación son muy grandes se tendría un ciclo de soldadura lento.

La diferente programación de los parámetros de soldadura varía dependiendo de la aplicación y del tipo de pistola de soldar que se pueda tener, ya que existe una gran variedad de pistolas en el mercado, con diferentes formas. En la siguiente figura se pueden apreciar tres de ellas.



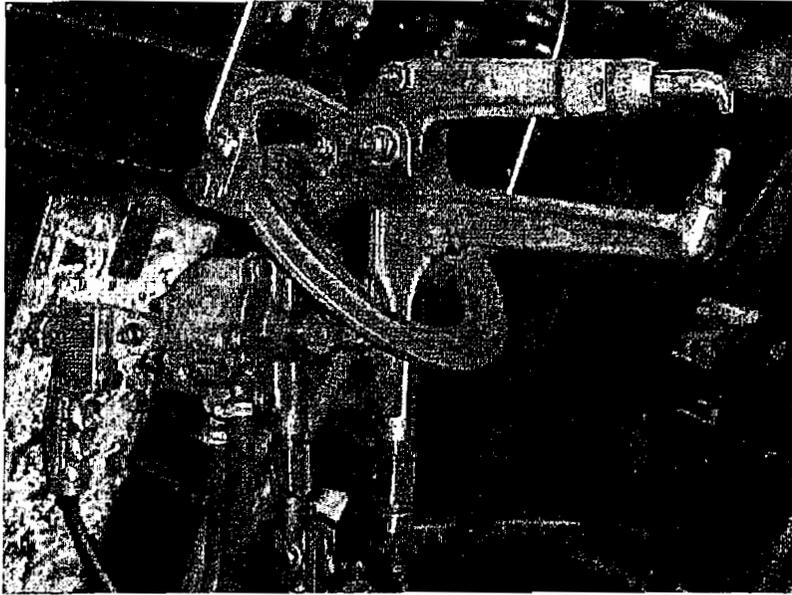


FIGURA 4.10: PISTOLAS DE SOLDAR CON DIFERENTES FORMAS Y APLICACIONES.

En la figura 4.11a se puede apreciar al controlador programable PK 2100 instalado en la parte frontal de la máquina soldadora Medar Miz'r a controlarse; mientras que en la figura 4.11b se puede observar el tablero de conexiones interno. Actualmente está soldadura esta operando con el nuevo control y es usada para soldar laterales de carrocería del modelo Vitara 3 puertas y componentes de carrocería de pisos del modelo Rodeo.

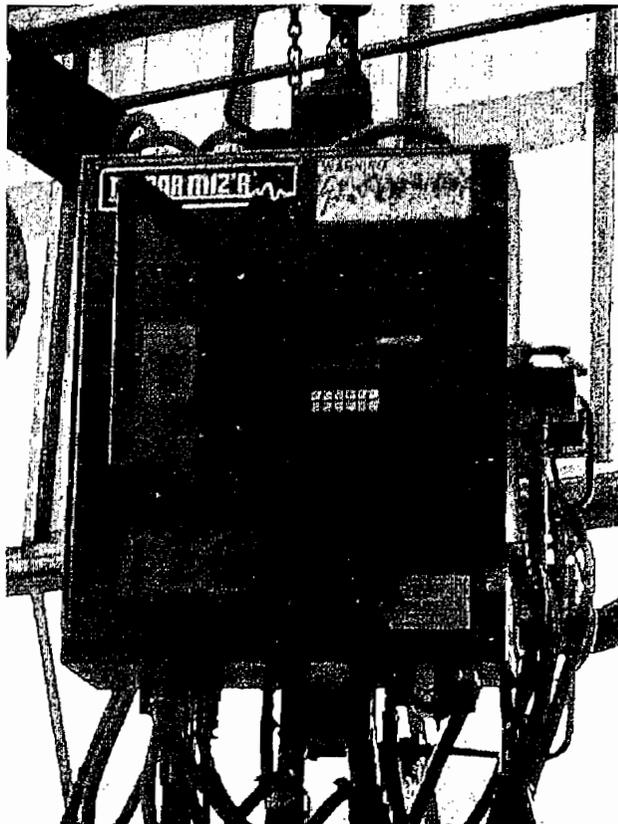


FIGURA 4.11: a) CONTROLADOR PK 2100 INSTALADO EN LA PARTE FRONTAL DE LA MÁQUINA

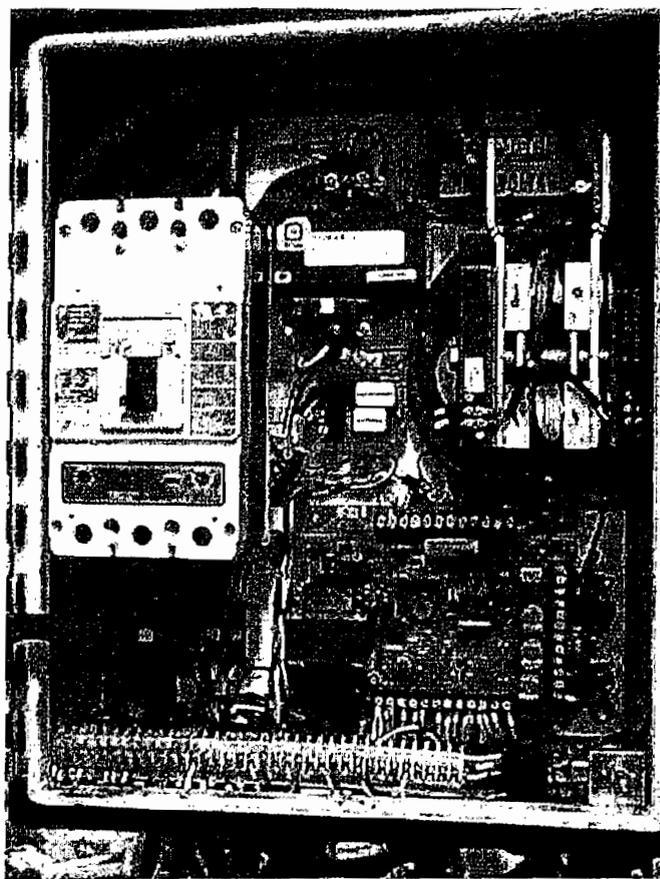


FIGURA 4.11: B) TABLERO INTERNO DE LA MÁQUINA SOLDADORA MEDAR MIZ'R

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El principal objetivo de este proyecto fue desarrollar un sistema que permita controlar la operación de una soldadora de puntos, manteniendo su sistema de fuerza invariable. Para ello se utilizó un controlador programable PK 2100 como cerebro del sistema y para éste se desarrolló un programa en lenguaje de programación Dynamic C, el cual nos permitió controlar la máquina y cumplir el objetivo planteado.
- Al culminar el trabajo se puede concluir que el Programa Dynamic C es un lenguaje de programación sencillo, que brinda al usuario una herramienta poderosa para el manejo de los recursos del controlador PK2100 como son: Display, teclado, entradas y salidas.
- La facilidad que presenta el controlador de la visualización en todo momento de la función que esta desarrollando la soldadora, es una herramienta muy útil para que el operador de la máquina conozca que operación esta realizando la soldadora en cualquier instante.
- La versatilidad del manejo del teclado del controlador permite en una manera muy amigable variar los parámetros de programación de cada una de las secuencias de soldadura. Adicionalmente la función de la tecla HELP permite al operador saber que significa cada parámetro de programación del ciclo de soldadura, con lo que se tiene una herramienta de gran ayuda para la programación del equipo.
- En lo referente al funcionamiento de la máquina se pudo apreciar el normal funcionamiento de la misma, debido a que en ningún momento existió un recalentamiento de los elementos generadores del calor de

soldadura como son los SCR's y el transformador, aun después de trabajar ocho horas seguidas.

- La alarma sonora que produce el controlador al detectar exceso de temperatura en los SCR's y a su vez el cambio automáticamente de modo de operación de la máquina a Modo NO WELD, protege a la soldadura de posibles averías las cuales se pueden producir por exceso de calor en el sistema de refrigeración de la máquina.
- La característica que tiene el programa del controlador de manejar la retracción de las pistolas de soldar de una manera independiente al ciclo de soldadura, permite la operación normal de una pistola de la máquina, sin importar que la otra pistola este con la retracción activada. Cabe indicar que la retracción es una función adicional de las máquinas soldadoras de puntos que debe ser pedido al fabricante para su instalación.
- El programa desarrollado en el controlador adicionalmente a la protección de sobre temperatura que presenta, protege al equipo contra pulsaciones no deseadas es decir si un botón del mango de control de la pistola se queda pulsado (trabado), el ciclo de soldadura se ejecuta una sola vez. Con esto se quiere decir que después de activar un ciclo de soldadura es necesario volver a pulsar el botón para iniciar el ciclo de soldadura nuevamente.
- La característica de programación de parámetros de soldadura que presenta el controlador de tener hasta tres períodos de aplicación de corriente, permite tener puntos de soldadura deseados (redondos-uniformes-sin exceso de calor) para cualquier tipo de aplicación; desde materiales como el aluminio a materiales con aceros o aleaciones de acero.

- La programación del controlador permite apagar el sistema de fuerza de la máquina desde su teclado, lo cual es de gran ayuda para dar mantenimiento al equipo o para cambiar los electrodos de soldar. Adicionalmente a través del teclado es posible cambiar el modo de operación de la soldadora de punto de modo de operación WELD al modo de operación NO WELD.
- La protección que tienen las entradas tanto digitales como universales de (-48 -- +48V), como la gran capacidad de manejo de corriente de sus salidas (300mA), permitieron conectar las salidas como entradas del equipo en forma directa sin necesidad de acondicionar sus señales.
- La utilización como sistema de control de la soldadora modelo Medar Miz'r que es la máquina a la cual esta conectado el controlador, no es el único modelo de máquina a la cual puede ser conectado el equipo. Haciendo un estudio de las entradas y salidas de cualquier otro tipo de soldadora el controlador puede ser conectado solo con ligeros cambios en el programa original. Estos cambios deberían ser solo de activación de salidas que deberán manejar la aplicación de corriente por SCR's.
- La variación del calor (parámetro HEAT) en la programación del ciclo de soldadura que está ligado directamente con la cantidad de corriente aplicada tiene una regulación desde 0 % hasta 100 %; esta regulación tiene esa simbología debido a que en esta manera se regula este parámetro de programación casi en todas las máquinas de este tipo independientemente de la capacidad máxima de corriente que pueda circular por los electrodos de soldar.

- Este sistema de control fue probado para controlar una máquina dosificadora de alimentos, ya que tiene un funcionamiento similar a la de una soldadora de puntos, especialmente debido a que trabaja con diferentes períodos de funcionamiento, como tiempo de inicio y fin de corte de funda, tiempo de inicio y fin de sellado, tiempo de marcado de etiqueta, etc. Alcanzando un funcionamiento correcto y confiable.

5.2 RECOMENDACIONES

- A pesar que el fabricante del controlador PK2100 presenta como una característica del equipo su alta tolerancia a variaciones de voltaje (su voltaje nominal de alimentación de 24Vdc, pero admite variaciones de tensión desde 18Vdc hasta 35Vdc), sería conveniente colocar un regulador de voltaje UPS para su alimentación debido a que la línea de alimentación de la máquina soldadora a la cual está conectado el controlador está sobresaturada con equipos que tienen un gran consumo de corriente.
- Para el controlador PK2100 se puede desarrollar una rutina para comunicación, usando protocolo modbus. De esta manera, el controlador PK2100 puede ser utilizado en la implementación de sistemas SCADA con la ayuda del programa Lookout National Instrument.
- Con el fin de mejorar las características que tiene el control implementado para el manejo de la soldadora, se podría desarrollar la comunicación serial que tiene el equipo tanto en formato RS-232 como en formato RS-485 con otro equipo de la misma familia o con un computador de cualquier tipo, con el fin de poder analizar desde un punto remoto el comportamiento de la máquina y cambiar con facilidad la programación de los parámetros de soldadura.

- Esta tesis fue encaminada a desarrollar un sistema de control que opere la soldadora Medar Miz'r, manteniendo el sistema de fuerza original. Un tema de tesis complementario podría ser desarrollar todo el sistema de fuerza de la máquina, así como también hacer un estudio de la clase de protecciones que debería tener este equipo. Con el desarrollo de esta nueva tesis básicamente se tendría desarrollado el tablero de una soldadora de puntos con tecnología nacional, y lo único que requeriría para su funcionamiento sería conectar el transformador de soldadura y la pistola de soldar; la ventaja de tener tecnología nacional es reducir costos de operación, mantenimiento y la posibilidad de desarrollo de nueva tecnología.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) Integrated C Development System, "DYNAMIC C 5.X Technical Reference", Z-World, USA ,1998.
- 2) Integrated C Development System, "DYNAMIC C 5.X Function Reference", Z-World, USA, 1998.
- 3) Integrated C Development System, "DYNAMIC C 5.X Application Frameworks", Z-World, USA,1998.
- 4) Z-World, "PK2100 C-Programmable Controller User's Manual", USA,1998.
- 5) Miz'r Programmable Resistance Weld Control, "Operators Manual", USA, 1985.
- 6) Henry Horwtz, "Soldadura Aplicaciones y Práctica", Alfa Omega, 1990, cap 7, p. 155-160.
- 7) American Welding Society, "Manual de Soldadura", Prentice Hall Hispanoamericana SA, USA ,Tomo II, cap 17 y cap 19.
- 8) Robert F. Coughlin – Frederick F. Driscoll, "Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales", Prentice Hall Hispanoamericana SA, México, 1995, p. cap 6, 163 - 167.

DIRECCIONES DE INTERNET

- [http:// www.zworld.com](http://www.zworld.com)

ANEXO 1

MANUAL DE USUARIO

A.1 DESCRIPCION GENERAL

El sistema de control desarrollado como un dispositivo de control para la máquina Soldadora de Puntos Medar Miz'r, esta compuesto por un controlador programable PK 2100 y una tarjeta electrónica como enlace. Este equipo se encarga de accionar todas las funciones de la máquina, activa todas las señales necesarias para crear un punto de suelda, permite la programación de los parámetros de soldadura de 4 secuencias de programación diferentes (dos por pistola), controla la retracción de la pistola de soldar y por ultimo revisa las protecciones del equipo.

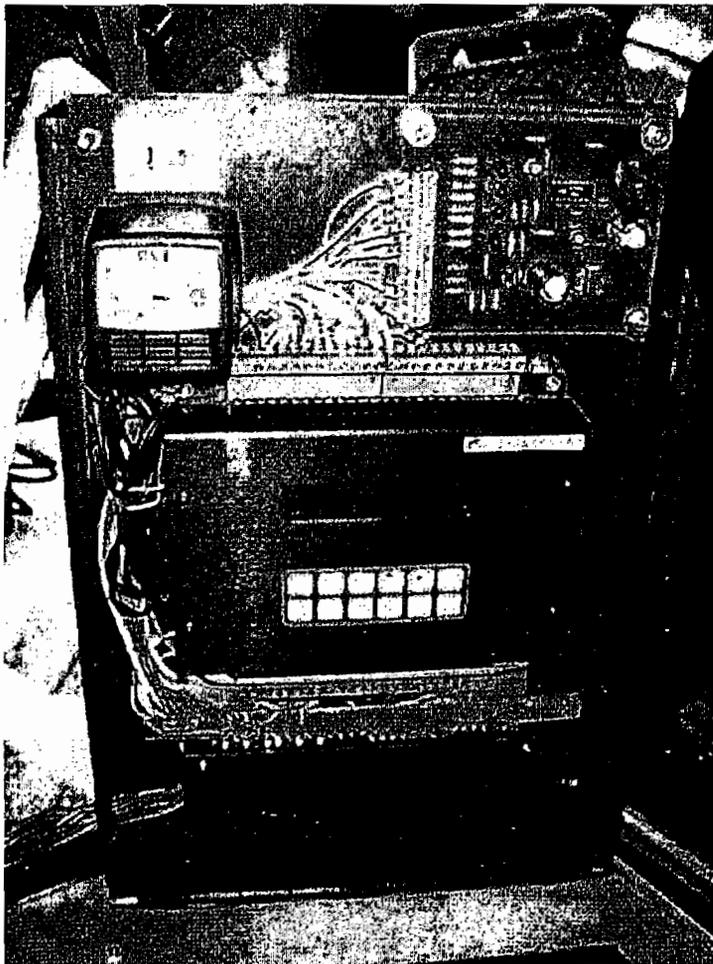


FIGURA A.1: MODULO DE CONTROL SOLDADORA DE PUNTOS

A.2 FUNCIONES DEL EQUIPO

Este equipo de control cumple las siguientes funciones:

- Maneja 4 secuencias de programación diferentes dos por pistola, las cuales son de fácil programación a través de su teclado.

- Controla la retracción de cada pistola de soldar.
- Permite operara la máquina en modo de operación WELD y NO WELD.
- Habilita y deshabilita el sistema de fuerza de la máquina a través de teclado.
- Revisa la protección de sobre temperatura del equipo.
- Visualiza en su pantalla que función desempeña la máquina.

A continuación se explica con detalle todas las funciones del equipo de control.

A.2.1 PROGRAMACION DE LOS PARÁMETROS DE SOLDADURA

Durante la ejecución de un ciclo de soldadura existen algunos parámetros de soldadura que deben ser ejecutados, para alcanzar un punto de soldadura deseado. El equipo de control, es capaz de manejarlos a través de su programación a continuación se presenta una lista de todos los parámetros de soldadura existentes y su función. Cada uno de estos parámetros pueden ser variados de 0 ciclos hasta 99 ciclos, estos ciclos son contados de la línea de alimentación de la máquina 440 / 60Hz.

- **Tiempo de Compresión (SQUEEZE):** Es el tiempo comprendido entre la aplicación inicial de la presión del electrodo sobre la pieza de trabajo, y la primera aplicación de la corriente; este lapso es para asegurar que los electrodos hagan contacto con el trabajo y ejerzan la fuerza máxima antes de aplicar la corriente de soldadura.
- **Tres Tiempos de soldadura (WELD 1, 2 y 3):** El tiempo durante el cual se aplica corriente constante de soldadura al trabajo.
- **Corriente de soldadura (HEAT):** Es la cantidad de corriente que circula en un punto de soldadura, en un intervalo de tiempo predeterminado (weld). La variación de este parámetro va desde 0% hasta 100%, 0% es el valor mínimo de corriente que puede manejar la máquina, mientras que 100% es el valor máximo de corriente que puede operar la soldadora.

- **Dos tiempos de enfriamiento (COOL1 y 2):** Tiempo durante el cual no se aplica corriente de soldadura al trabajo. Produce soldaduras con la resistencia mecánica deseada en aceros de aleación endurecibles. Se lo utiliza para consolidar la pepita de soldadura cuando se sueldan metales muy resistentes o varias láminas metálicas al mismo tiempo.
- **Tiempo de retención (HOLD):** Tiempo en el cual se sigue aplicando presión en el punto de soldadura, después de haber cesado el paso de corriente de soldar; durante este tiempo, el punto de soldadura se solidifica y enfría hasta adquirir suficiente resistencia mecánica.

La aplicación combinada de todos estos parámetros de soldadura nos conlleva a tener tres diferentes ciclos de soldadura diferentes, con uno, dos o tres períodos de aplicación de corriente. A continuación se puede apreciar cada uno de los ciclos de soldadura que el equipo de control puede manejar.

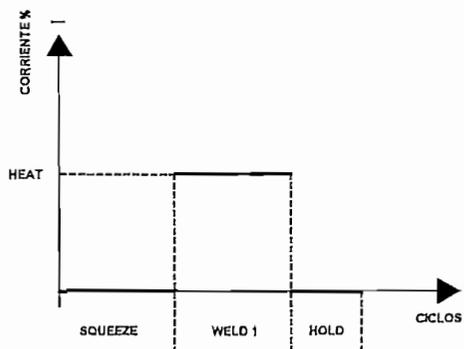


FIGURA A.2: CICLO DE SOLDADURA CON UN PULSO DE APLICACIÓN DE CORRIENTE

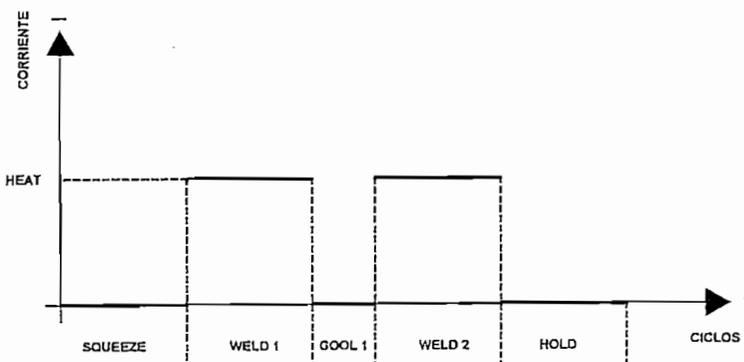


FIGURA A.3: CICLO DE SOLDADURA CON DOS PULSOS DE APLICACIÓN DE CORRIENTE

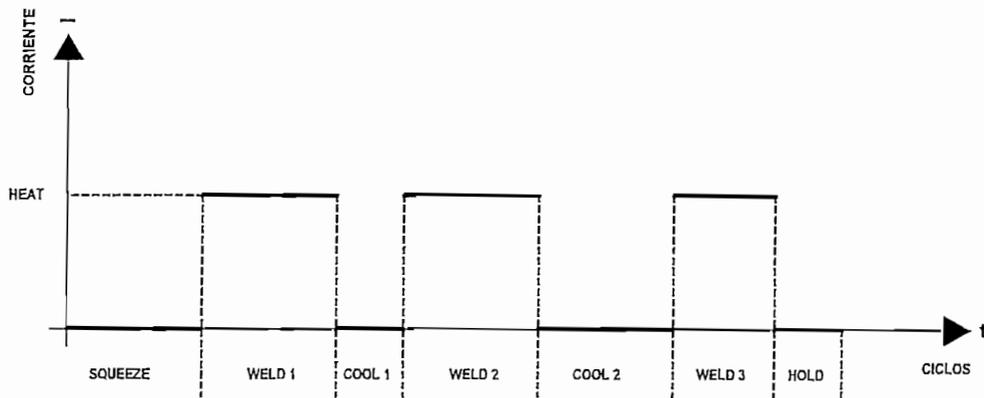


FIGURA A.4: CICLO DE SOLDADURA CON TRES PULSOS DE APLICACIÓN DE CORRIENTE

Los diferentes tipos de programación de parámetros que el sistema de control desarrollado puede manejar depende de la aplicación y el tipo de material a hacer soldado. Por lo general un pulso de aplicación de corriente se utiliza para soldar dos y hasta tres láminas metálicas de hasta 4mm de grosor al mismo tiempo, mientras que dos y tres pulsos de aplicación de corriente se utilizan para soldar varias láminas metálicas al mismo tiempo, o para soldar láminas metálicas con un espesor mayor a 5mm.

A.2.2 RETRACCION DE LA PISTOLA DE SOLDAR

La retracción es una acción sobre la pistola de soldar cuya función es abrir los electrodos a una distancia mayor que la que se tiene cuando se suelda. Cuando la retracción es activada en la pistola, el ciclo de soldadura de la misma es **bloqueado** debido a que ésta es una operación ejecutada en el momento que se requiera cambiar los electrodos de soldar, cuando estos se encuentren desgastados, con lo cual se protege al operario de posibles lesiones. Otra aplicación de la retracción es su utilización para ubicar la pistola de soldar en alguna posición de difícil acceso.

A.2.3 MODO DE OPERACIÓN WELD / NO WELD

Permite cambiar el modo de trabajo de la máquina; en modo Weld la máquina realiza todo el ciclo de soldadura completo, mientras que en Modo No Weld la máquina realiza el ciclo de soldadura sin generar corriente de soldadura es

decir sin activar los SCR's este modo de operación se lo utiliza para dar mantenimiento al equipo. El cambio de modo de operación se realiza a través del teclado.

A.2.4 HABILITACION Y DESABILITACION DEL SISTEMA DE FUERZA

La habilitación y deshabilitación del sistema de fuerza de la soldadora, es una función que permite habilitar o deshabilitar el sistema de fuerza de la máquina sin desconectar la alimentación principal de la misma manteniendo encendido el sistema de control, con el fin de chequear los voltajes de las conexiones eléctricas de la máquina sin el peligro que se ejecute un ciclo de soldadura, también es utilizado para cambiar los electrodos de soldar.

A.2.5 PROTECCION DE SOBRE TEMPERATURA

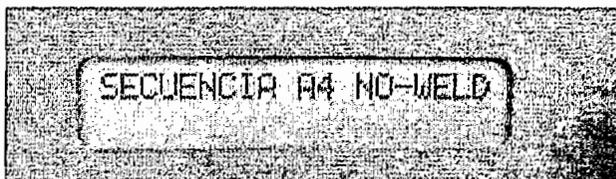
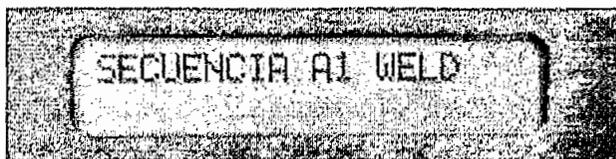
La protección de sobre temperatura es la función que tiene el equipo de control, que permite sensar en todo momento la refrigeración de la máquina, si la máquina eleva repentinamente su temperatura, el equipo de control inmediatamente coloca a la máquina en modo de operación NO WELD y adicionalmente indica a través de su pantalla que existe sobre temperatura. Después de haber sido detectada la sobre temperatura en la máquina para volver al modo WELD de operación es necesario pulsar la tecla F2.

A.2.6 VISUALIZACION EN PANTALLA DE LAS FUNCIONES DE LA MÁQUINA

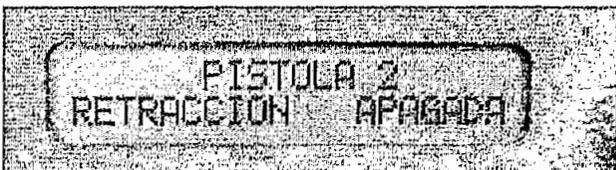
La visualización en pantalla de la función que está desarrollando la máquina, permite al operador conocer de una manera muy versátil que acción esta desempeñando la máquina en ese instante.

Los mensajes que se pueden visualizar son los siguientes:

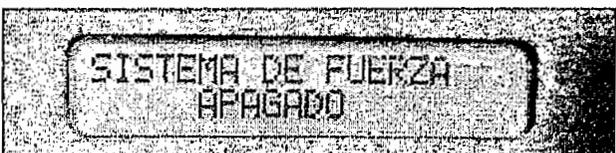
- Que secuencia de soldadura es la ejecutada y el modo de operación (A1, A2, A3 o A4). Ejemplo:



- La retracción de que pistola es la ejecutada.



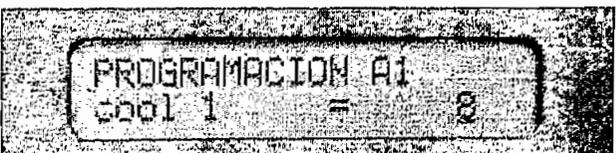
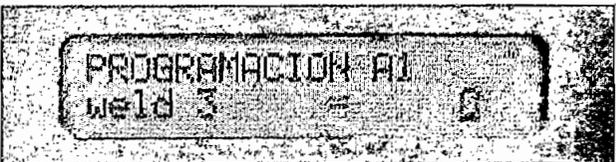
- Visualiza si esta encendido o apagado el sistema de fuerza de la máquina.



- Visualiza si la máquina tiene exceso de temperatura y su modo de operación.



- Visualiza que parámetro de programación esta siendo variado y a que secuencia pertenece.



A.3 MANEJO DEL TECLADO

Para la programación de los distintos parámetros de soldadura, para el cambio del modo de operación, para el encendido y apagado del sistema de fuerza de la máquina, se utiliza el teclado del equipo de control. El equipo de control consta de un teclado de 2 x 6 teclas por medio de los cuales se puede apreciar en todo momento que función esta realizando la soldadora.

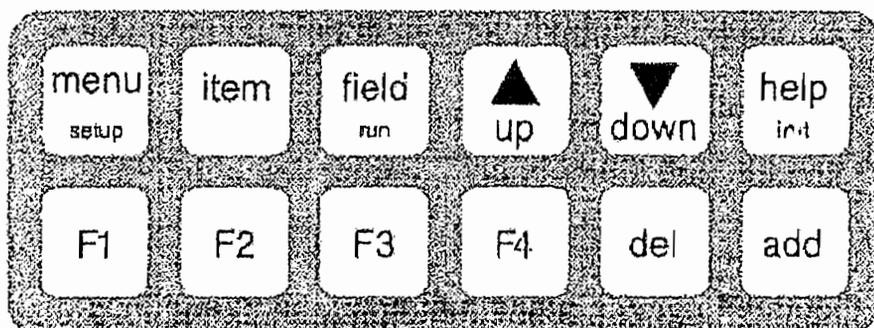


FIGURA A.5: TECLADO DEL EQUIPO DE CONTROL

A.3.1 FUNCIONES DE LAS TECLAS.

MENU : Selecciona la secuencia de operación a programar y permite visualizar los estados de entradas y salidas del controlador. Ejemplo:

PROGRAMACION A1
PROGRAMACION A2
PROGRAMACION A3
PROGRAMACION A4
ENTRADAS Y SALIDAS SET

ITEM : Luego de seleccionar la secuencia de programación permite seleccionar que parámetro de programación es el seleccionado. Ejemplo:

SQUEEZE
WELD 1
WELD 2
WELD 3
HOLD
HEAT
COOL 1
COOL 2

Adicionalmente cumple la función de permitir visualizar los estados de las entradas y salidas controlador, cuando el controlador este en la función de visualización de sus entradas y salidas.

FIELD : Coloca al cursor en la posición deseada para variar el valor de parámetro seleccionado.

UP – DOWN : Permite variar el valor del parámetro de programación seleccionado. Up aumenta el valor y Down decrementa el valor.

F1 : Modo de operación NO WELD.

F2 : Modo de operación WELD.

F3 : Habilita el sistema de fuerza de la soldadora.

F4 : Deshabilita el sistema de fuerza de la soldadora.

HELP : Visualiza el significado de cada parámetro de programación del ciclo de soldadura escogido.

DEL – ADD : No se utilizan.

NOTA : Para inicializar el display es necesario pulsar la tecla MENU.

A.4 OPERACIÓN DEL EQUIPO DE CONTROL

1. Accionar el interruptor principal de la máquina, con esto se habilita la soldadora y se enciende el controlador, en modo de operación WELD.
2. Pulsar la tecla menú.
3. Programar los parámetros de soldadura (Squeeze, weld1, weld2, weld3, cool1, cool2 y hold), para cada secuencia (A1, A2 de la pistola 1 y A3, A4 de la pistola 2). Cabe indicar que no es necesario programar los parámetros de soldadura del equipo, puesto que estos valores quedan grabados en memoria.
4. Pulsar Menú para grabar los valores.
5. Escoger la secuencia a utilizar en la botonera de la pistola de soldar, para realizar el punto de suelda.

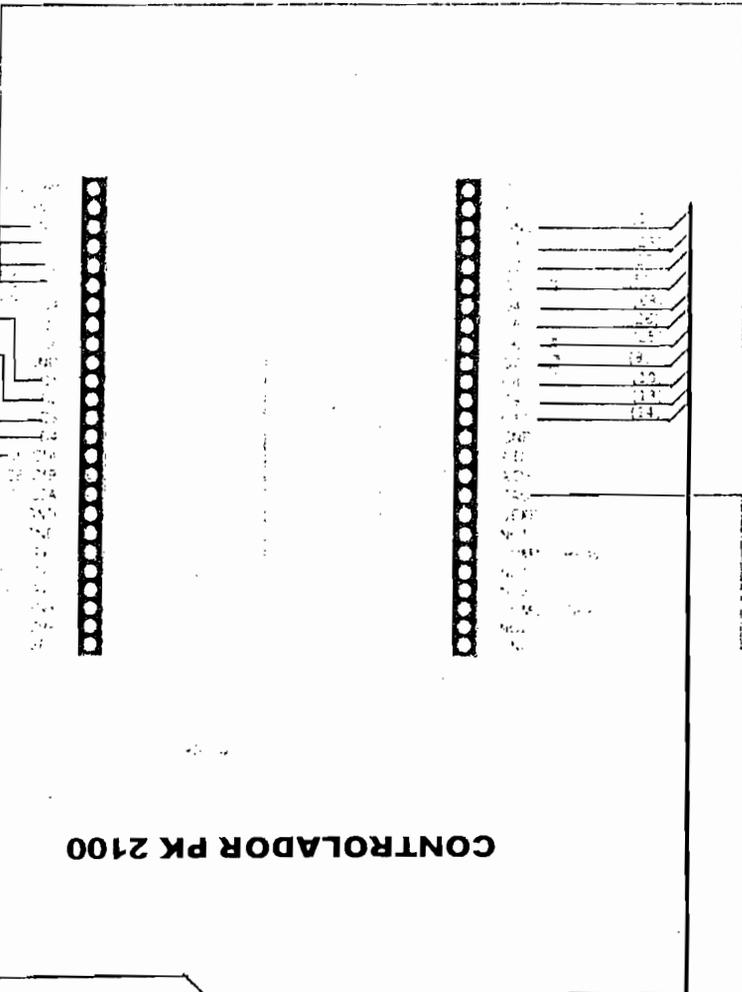
A.5 CONEXIÓN DEL EQUIPO DE CONTROL

El equipo de control esta compuesto por un controlador programable modelo PK 2100 y una tarjeta electrónica llamada de enlace. La conexión del equipo se la hace directamente a los terminales existentes en el tablero de conexiones interno de la máquina.

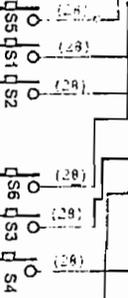
A continuación se presenta el diagrama de conexión del equipo de control:

TARJETA DE ENLACE

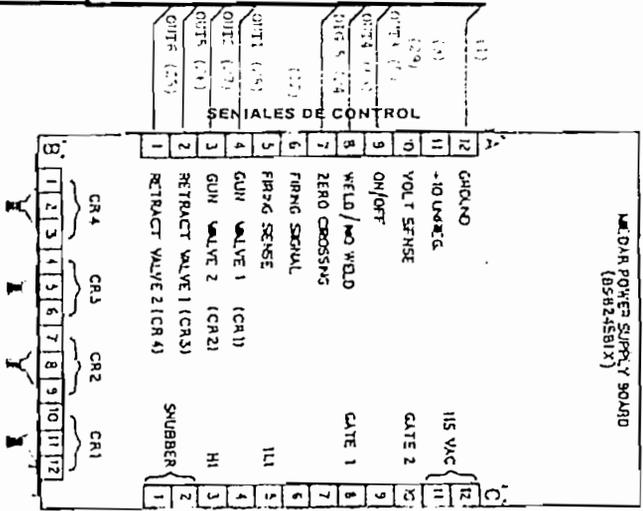
1	GND
2	GND
3	+10 Vdc UNREG
4	VOLT SENSE
5	SENSOR TEMPERATURA
6	IN UNIVERSAL 3
7	OUT 7
8	OUT 8
9	OUT 9
10	OUT 10
11	FIRING SIGNAL
12	CONV. DIGITAL ANALOGO DAC



CONTROLADOR PK 2100



- S1 = SECUENCIA DE SOLDADURA A1 PISTOLA IZQUIERDA
- S2 = SECUENCIA DE SOLDADURA A2 PISTOLA IZQUIERDA
- S3 = SECUENCIA DE SOLDADURA A3 PISTOLA DERECHA
- S4 = SECUENCIA DE SOLDADURA A4 PISTOLA DERECHA



TARJETA DE RELES

9	OUT7 (8)
10	OUT8 (10)
13	OUT9 (13)
14	OUT10 (14)

NOTA: () SIGNIFICA NUMERO DE CABLE

TIPO: _____
DIAGRAMA DE CONEXION

ANEXO 2

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL CONTROLADOR PROGRAMABLE PK 2100



C-Programmable Controller

PK2100 Series

Introduction

The PK2100 Series of C-programmable controllers is based on the Zilog Z180 microprocessor. The PK2100 includes analog, digital, serial, and high-current switching interfaces. The standard PK2100 includes a rugged enclosure with 2x20 LCD and 2x6 tactile keypad.

With the PK2100 Series you can detect contact closures, count pulses, measure temperature, speed and pressure, control motor speed, control proportional valves, switch fairly large currents, and drive solenoids and external relays directly.

The PK2100 has a PLCBus™ expansion port, allowing you to connect several Z-World expansion boards (such as the XP8100 or XP8300) if you need extra I/O. You can build networks of controllers and communicate with modems. With Dynamic C software and the PK2100's LCD and keypad, you can easily build operator interfaces.

The following PK2100 Series controllers are available:

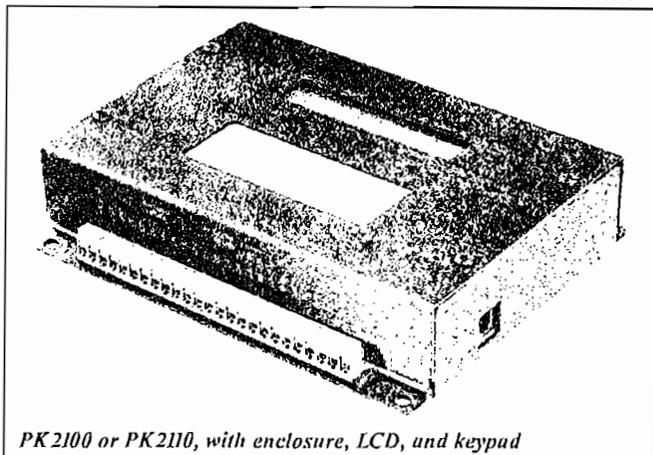
PK2100	With enclosure, 2x20 LCD, and 2x6 keypad. Operates at 24V nominal.
PK2110	With enclosure, 2x20 LCD, and 2x6 keypad. Operates at 12V nominal.
PK2120	No enclosure, LCD, or keypad. Operates at 24V nominal.
PK2130	No enclosure, LCD, or keypad. Operates at 12V nominal.

The following PK2100 Series options are available:

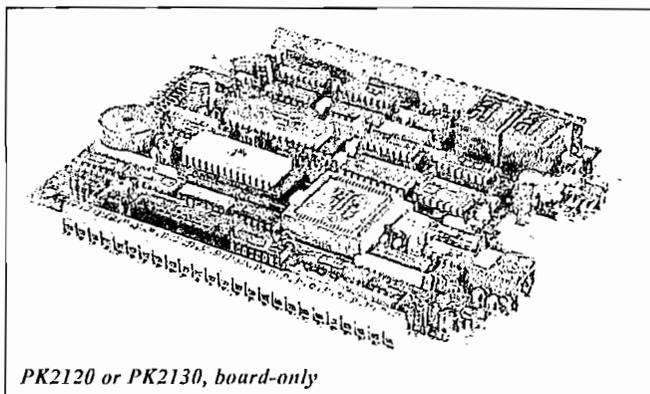
- 9.216 MHz clock upgrade. (6.144 MHz standard)
- 128K flash (32K EPROM standard)
- 128K or 512K RAM (32K standard)
- Backlit LCD (with PK2100 or PK2110)

Specifications

Board Size	5.5" × 6.82" × 0.78".
Enclosure Size	5.5" × 7.0" × 1.6".
Operating Temp.	-40°C to +70°C. With LCD, 0°C to 50°C.
Humidity	5% to 95% non-condensing.
Input Power	18-35VDC, 220 mA, linear supply [24V]
Processor	Z180
Clock	6.144 MHz [9.216 MHz optional]
Power Consumption	5.5W



PK2100 or PK2110, with enclosure, LCD, and keypad



PK2120 or PK2130, board-only

Features

- Battery-backed static RAM, up to 512K bytes.
- EPROM, up to 512K bytes, or flash memory to 256K bytes.
- Battery-backed real-time clock (RTC).
- Lithium backup battery, rated at 560 mA-hours. Since the RTC and full 512K RAM draw about 16 µA, the battery will sustain the RTC and RAM for about 4 years [35,000 hours].
- Watchdog timer.
- Power failure warning interrupt.
- EEPROM, standard 512 bytes. Holds calibration constants for the (2) DAC channels, among other data.
- LCD. The standard screen has 2 lines of 20 characters. Other displays can be installed on special order.
- Keypad, 2 rows of 6 keys, for a total of 12 keys. The internal interface provides for possible expansion to 24 keys using a 4 row x 6 column matrix.
- Beeper with high- and low-volume.

References

Please refer to

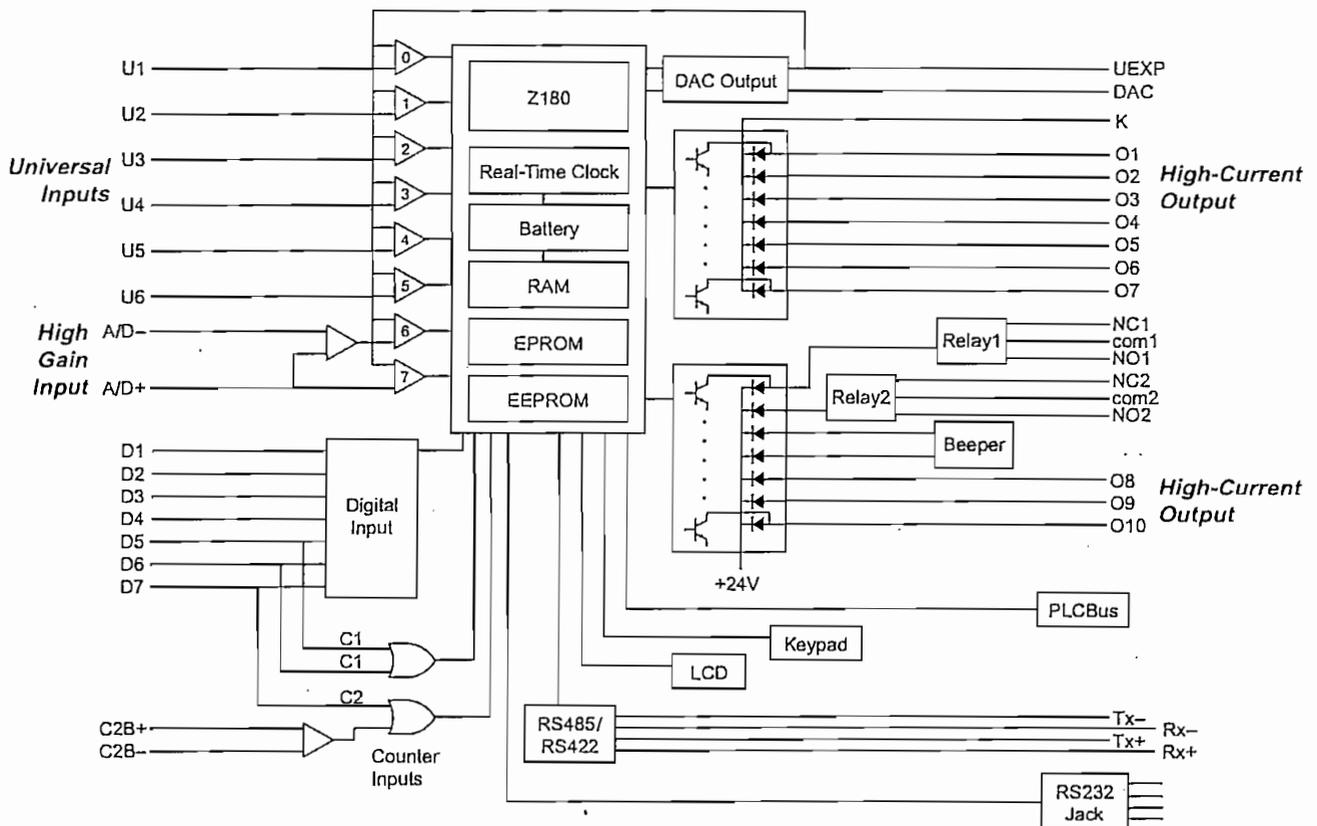
- Z-World PK2100 schematic
- Z-World PLCBus data sheet
- Z-World Dynamic C data sheet
- Zilog Z180 MPU User's Manual
- Zilog Z180 Serial Communication Controllers
- Zilog Z80 Microprocessor Family User's Manual

- Serial I/O 6
- LCD 7
- Keypad 7
- Beeper 7
- I/O Map 7
- EEPROM 8
- Heatsinking 9
- Expansion Bus 9
- Power Failure Interrupts 9
- 12-Volt Version 9
- Programming with Dynamic C 9
- Parts List 10
- Jumpers and Headers 11
- Dimensions 12

Contents

- Introduction 1
- Specifications 1
- Features 1
- The Interface 3
- The Terminals 3
- Using the PK2100 4
- Real-Time Clock 6

Figure 1. PK2100 Block Diagram



The Interface

The PK2100 Series controller has the following as its interface:

Six universal inputs. Universal inputs can be used as (A) digital inputs. With a single threshold (in software or hardware) the input channel yields a digital 1 when the input voltage is above threshold and 0 otherwise.

(B) digital inputs with two thresholds. Z-World software returns a digital 1 when the input voltage is above a high threshold, a 0 when voltage is below a low threshold, and reports 'no change' otherwise. It is a simple and logical extension to write software that handles several thresholds. Thus, the universal inputs can be used as...

(C) analog inputs (with Z-World software).

The universal inputs accept 0–10V with 10-bit resolution, and are protected against overloads in the range ± 48 volts.

One high-sensitivity (high-gain) differential analog input. Normally, the high-gain input range is 0–1 volt, but you can change resistors (R5, R11, RP5) on the operational amplifier. It has 10-bit resolution.

If you don't use the high-gain channel, a seventh universal input is available.

Seven protected digital inputs, with a 2.5 volt threshold. Three of the inputs also function as counter inputs.

Two counter channels capable of counting pulses at up to 600 kHz or more. The counter inputs can also be used to measure pulse width and other pulse timing characteristics. The counters use DMA hardware.

Two on-board relays, rated for 3A at 48V, with NO, NC, and COM terminals for each. You can install MOVs to protect relay contacts.

Ten high-current outputs suitable for driving relays or solenoids. These outputs can sink approximately up to 500 mA at voltages up to 48V (when used individually) subject to total heat dissipation restrictions for the driver chips (1.25W).

One analog output (DAC) which can be either a 0–10V voltage output or 0–20 mA current output. A second analog voltage output (UEXP), normally used by software to drive the universal inputs, is available when the universal inputs have a fixed hardware threshold. The DACs have 10-bit resolution.

An RS422/RS485 serial port and an RS232 serial port with two handshaking lines operate at up to 38,400 baud. A second RS232 port can be configured as a substitute for the RS485 port by changing board jumpers. It has no handshaking lines.

A 26-pin expansion bus (PLCBus™) for Z-World PLCBus devices or customer-designed devices. Refer to the PLCBus data sheet.

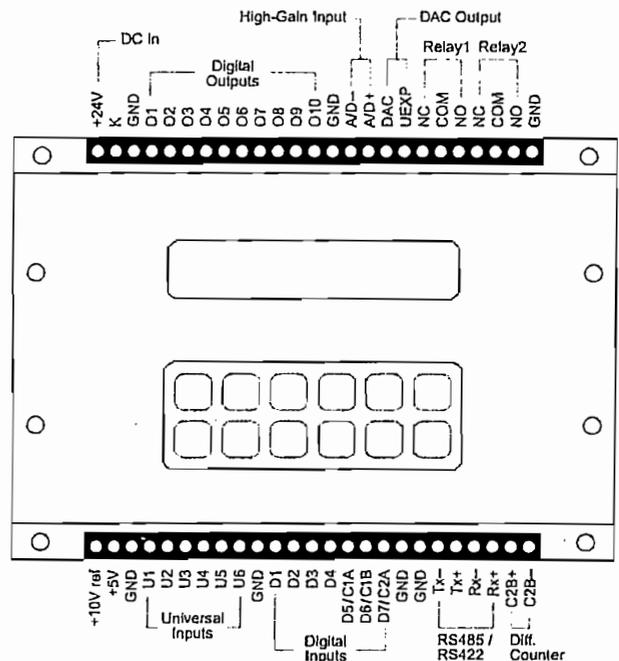
The Terminals

There are 50 screw terminals used for input, output, and power connections. There are two connectors on the sides of the unit: RJ12 "phone jack" for the RS232 port, and a 26-pin connector for the expansion bus.

The signal names of the screw connectors are shown below.

Signal	Meaning
+10V Ref	Output from U11, analog reference voltage.
+5V	Output from 5V regulator
GND	Ground
U1–U6	Universal inputs
D1–D7	Digital inputs
C1A, C1B	Counter 1 inputs
C2A	Counter 2 input
C2B+, C2B–	Counter 2 inputs, differential
TX–, TX+	RS485 Transmit
RX–, RX+	RS485 receive
+24V	External power
K	Protection for high-current outputs O1–O7
O1–O10	High-current outputs
A/D–	Negative side of high-gain input
A/D+	(1) Positive side of high-gain input, or (2) the seventh universal input
DAC	DAC output, 0–20 mA or 0–10 volts.
UEXP	Internal DAC, output is 0–10V.
NC, COM, NO	Relay contacts for relays 1 and 2

Figure 2. PK2100 Signals



For 12-volt versions of the PK2100,

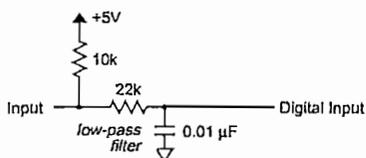
- The connector labeled "+10V ref" is +7 volts.
- The connector labeled "+24V" is +12 volts.
- DAC output (either channel) is not 0–10V, but 0–7V.
- Universal input range (any) is not 0–10V, but 0–7V.
- The high-gain channel is not 0–1V, but 0–0.7V.
- Relay coil voltage is 12V. Relay rating is 5A/120V.

positive and negative inputs will be exactly 1 and will not depend on a balance between resistors, making the output 5 volts when both differential inputs are 5 volts.

If the gain is increased, it becomes necessary to use an operational amplifier with a more stable offset voltage than the LM324, which has considerable drift over temperature. The Linear Technology LM1014 is suitable for gains up to 100 or more. The negative input has a low input impedance compared to the positive input (when H7 is removed). If R5 is decreased to increase the gain, this impedance becomes even lower. When a bridge is used, the finite impedance of the negative input has the effect of changing the gain slightly.

Digital Inputs

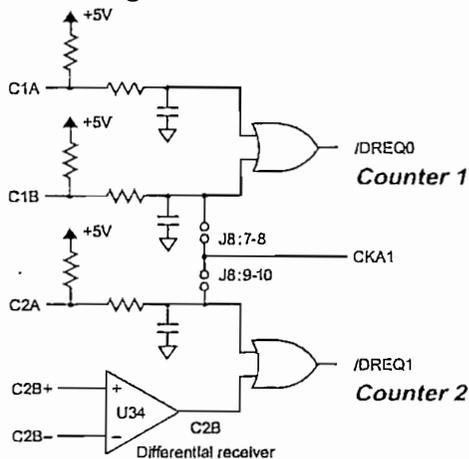
The 7 digital inputs accept an input voltage with a digital threshold at approximately 2.5 volts. The inputs are protected against overload over the range of -48 to +48 volts.



These inputs are convenient for detecting contact closures or sensing devices with open collector transistor outputs. Logic level outputs can also be detected if they are supplied from CMOS logic outputs which are guaranteed to swing to at least 3.5 volts. Three of the digital inputs (D5-D7) also function as inputs to the high speed counters.

Counter Inputs

Three of the digital inputs also serve as counter inputs. There is, in addition, a special differential counter input. The counter inputs are arranged as shown here:



The counters sense negative edges. The differential receiver input can be used as a digital input by attaching one side of it to the desired threshold voltage. It can be used as a true differential input for such devices as inductive pickups. It has a common mode voltage range from -12 to +12 volts with an input hysteresis of 50 millivolts. An internal jumper can connect the signal CKA1 which is controlled by the serial port hardware. It can be set to various speeds from 600 kHz down to 300 Hz.

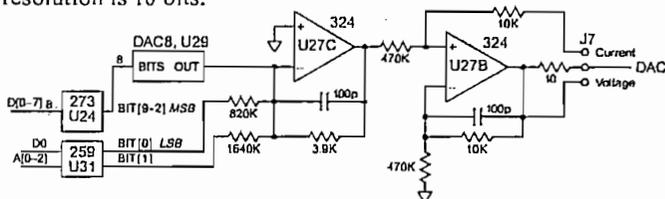
The counters use the DMA channels of the Z180. The maximum counting speed is approximately 600 kHz. The DMA channel can be programmed to store a byte from an I/O port to memory for each count, if desired. This byte can be the least significant byte of the internal programmable counter (PRT) which allows the count edge to be localized in time. This feature can also determine the exact time, within a few microseconds, at which an event occurs by programming the DMA channel to store one byte and then interrupt. The interrupt routine can read the most significant part of the PRT counter and any software extension of this counter. In general, the maximum count is 65,536 which can be extended by software to larger counts if the counting speed is not higher than about 10 kHz.

The capabilities of the counter are summarized as follows:

- 1 Measure the time at which a negative edge occurs with a precision of a few microseconds. The measurement can be repeated hundreds of times per second. A minimum time must occur between successive events to allow for interrupt processing.
- 2 Measure the width of a pulse by counting (up to 65,536) at a rates from 600 kHz to 300 Hz.
- 3 Count negative-going edges for each two channels. The maximum count for high-speed counting (5 kHz to 600 kHz) is 65,536. For low speed counting, the maximum count not limited by hardware.

Analog Output

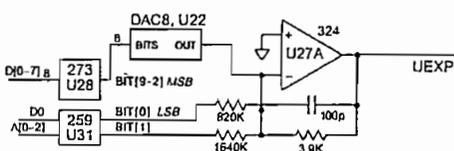
One analog output (named DAC) is provided. The output can be either a 0-10V (connect jumper J7:2-3) voltage output or a 0-20 mA current output (connect J7:1-2) suitable for driving 4-20 mA current loops. It will drive 20 mA up to 470 ohms. The resolution is 10 bits.



An 8-bit DAC chip, a network of resistors, and LM324 op-amps produce the output. Software writes the 10-bit output value to three registers:

DAC	UEXP	Which bits
0x90	0x88	Bits 9-2
0xA2	0xA0	Bit 1
0xA3	0xA1	Bit 0

Another 10-bit analog output channel (UEXP) is available if it is not used to provide reference voltage for the universal inputs. It produces 0-10V with 10-bit resolution.

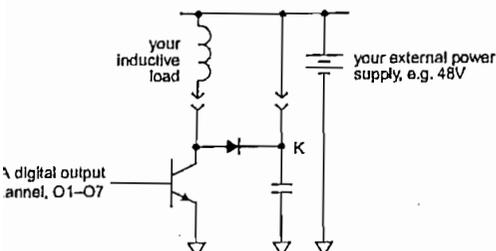


Note that UEXP is not identical to the first DAC channel.

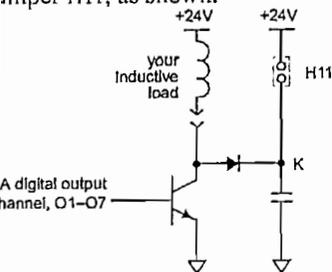
High-Current Switching Outputs

There are 10 high-current outputs O1–O10 available at external terminals. Seven of the outputs belong to one high-current driver (U26) and three belong to another (U35).

Outputs O1–O7 use a common connector (“K”) for the protective diodes. All loads connected to the same driver chip must use the same power supply so the diodes can return inductive spikes to the same power supply.



If you use the PK2100’s on-board power supply (+24V or +12V nominal) for your load, you should route K to it by connecting jumper H11, as shown:



The diodes for outputs O8–O10 use the on-board power supply directly.

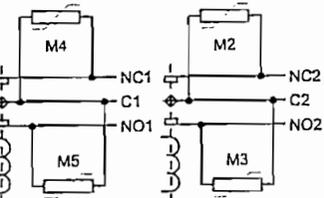
The driver used is the ULN2003 (Texas Instruments). Each driver chip can dissipate a maximum of 1.25 watts when the ambient temperature is 60°C. Each output consumes power, depending on the current, as follows:

100 mA	0.10 watt
200 mA	0.25 watt
350 mA	0.50 watt.

This limits the maximum current to approximately 150 mA per output if all outputs are turned on at the same time continuously. The maximum current for any single output is 500 mA.

Relay Outputs

There are two SPDT relays rated at 3A, 48 volts. The three contacts for each relay have terminals (NC, NO, COM on the terminal strips). You have the option to install MOVs on the board to protect the relay contacts.

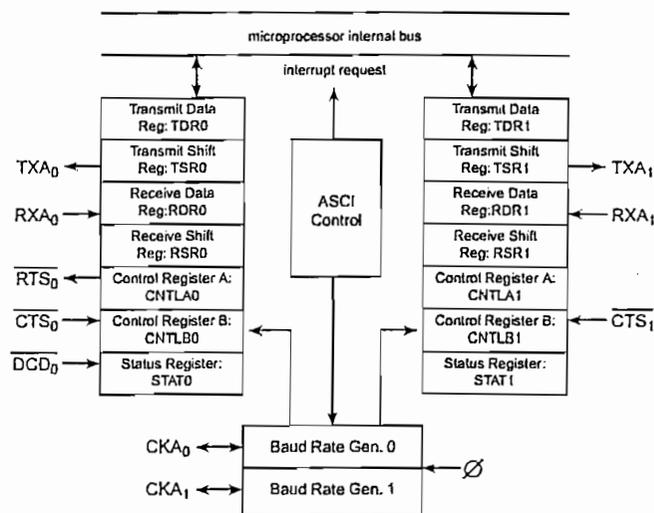


Battery-Backed Real-Time Clock

The real-time clock stores a representation of time and date, and runs independently. The RTC can be programmed to interrupt the processor periodically through the INT2 interrupt line. Please refer to the Toshiba TC8250 data book for detail.

The Serial Ports

The Z180 has two independent, full-duplex asynchronous serial channels, with a separate baud rate generator for each channel. The baud rate can be divided down from the microprocessor clock, or from an external clock for either or both channels.



The serial ports have a multiprocessor communications feature that can be enabled. When enabled, an extra bit is included in the transmitted character (where the parity bit would normally go). Receiving processors can be programmed to ignore all received characters except those with the extra multiprocessing bits enabled. This provides a 1-byte attention message that can wake up a processor without the processor having to monitor (intelligently) all traffic on a shared communications link.

The serial ports can be polled or interrupt-driven. Normal serial options are available: 7 or 8 data bits, 1 or 2 stop bits, odd, even or no parity, and parity, overrun, and framing error detection.

Port 0

Port 0 is RS232; its connector is the RJ12 jack. It has CTS and RTS handshaking lines. Port 0 is constrained by hardware to have the CTS (clear to send) pulled low by the RS232 device with which it is communicating.

If the device with which the port is communicating does not support CTS and RTS, the CTS and RTS lines on the PK2100 side can be tied together to make communication possible.

Port 1

Port 1 is RS485 normally, with transmit and receive lines on the screw terminals. You can use port 1 as an RS232 port, but it has no CTS/RTS handshaking.

Baud Rates

The Z180 serial ports can generate standard baud rates. When the clock is 6.144 MHz, rates range from 150 to 38.4 kHz. When the clock is 9.216 MHz, rates range from 75 Hz to 19.2 kHz.

LCD

The 2x20 LCD used with the PK2100 can come from one of several vendors. All the LCDs are identical in operation, electrical connections, and dimension. They may differ in timing.

An LCD can take up to 1600 μs to carry out an operation. Therefore it provides a busy flag, which you may read at address LCDRD (0xD0). It is an error to send other commands or data to an LCD while it is busy.

To communicate with the LCD, send commands to address LCDWR (0xD8). Command values are built into the command. To write data to the LCD, use address LCDWR+1. To read data from the LCD, except for the busy flag, use address LCDRD+1.

Refer to any of the LCD manufacturers' data sheets for information regarding LCD operations.

The LCD connector is a 2x7 header, P2.

Keypad

To read the 2x6 matrix keypad, you "drive" the row or rows you wish to sample, then read the columns. Any or all keys may be sensed.

There are four keypad "rows" at addresses KEYR1–KEYR4 (0x86, 0x81, 0x85, 0x87 respectively) and six keypad columns readable as bits 2–7 of DREG1 (0x81).

The PK2100 can address four keypad rows, but presently there is support only for 2 keypad rows.

Jumper block J4 uses keypad signals (/KH2, and KV1–KV3) for operation mode settings.

Beeper

The on-board beeper has two volume levels. Alternately send 1 then 0 to make it oscillate. Write to BEEPH (0x83) for high volume. Write to BEEPL (0x98) for low volume.

I/O Map

The internal Z180 I/O registers occupy the first 64 (0x40) addresses of the I/O space. Refer to the *Z180 MPU User's Manual*.

The following I/O addresses control the PK2100 devices which are external to the Z180 processor.

Write Registers

Addr	Bit	Symbol	Function
0x80	0	SDA_W	EEPROM data, write.
0x81	0	KEYR2	Keypad drive row 2. Open collector, "1" drives low.
0x82	0	ENB485	Enable RS485 channel
0x83	0	BEEPH	Beeper, high-voltage drive. "1" drives beeper.
0x84	0	SCL	EEPROM clock.

0x85	0	KEYR3	Keypad drive row 3. Open collector. "1" drives low.
0x86	0	KEYR1	Keypad drive row 1. Open collector. "1" drives low.
0x87	0	KEYR4	Keypad drive row 4. Open collector. "1" drives low. Also, tenth high-current output (DRV10) if key row not used.
0x88	0–7	UEXP	Internal DAC, bits 9–2. See also UEXPA and UEXPB below.
0x90	0–7	DAC	External DAC, bits 9–2. See also DACA and DACB below.
0x98	0	BEEPL	Beeper, low-voltage drive drive. "1" drives the beeper.
0x99	0	DRV1	Digital output 1. "1" drives output.
0x9A	0	DRV2	Digital output 2. "1" drives output.
0x9B	0	DRV3	Digital output 3. "1" drives output.
0x9C	0	DRV4	Digital output 4. "1" drives output.
0x9D	0	DRV5	Digital output 5. "1" drives output.
0x9E	0	DRV6	Digital output 6. "1" drives output.
0x9F	0	DRV7	Digital output 7. "1" drives output.
0xA0	0	UEXPA	Internal DAC, bit 1.
0xA1	0	UEXPB	Internal DAC, bit 0.
0xA2	0	DACA	External DAC, bit 1.
0xA2	0	DACB	External DAC, bit 0.
0xA4	0	DRV8	Digital output 8. "1" drives output
0xA5	0	DRV9	Digital output 9. "1" drives output
0xA6	0	RLY1	"1" enables relay 1.
0xA7	0	RLY2	"1" enables relay 2.
0xC8	0–7	BUSADRO	Expansion bus, first address byte
0xCA	0–7	BUSADR1	Expansion bus, second address byte
0xCC	0–7	BUSADR2	Expansion bus, third address byte
0xCE	0–7	BUSWR	Expansion bus write to port
0xD8	0–7	LCDWR	LCD write register, control
0xD9	0–7	LCDWR+1	LCD write register, data
0xE0	0–3	RTRV	Real time clock, read/write data registers
0xF0	0–3	RTALE	Real time clock, write address latch

Read Registers

Addr	Bit	Symbol	Function
0x80	0–7	UINP	Bits 0–6 are universal inputs 0–5 and the high-gain analog input (bit 6). Bit 7 is PR, a user-programmable jumper (J8 pins 11-12) and is low when the jumper is installed.
0x81	0–7	DREG1	Bit 0 is EEPROM data bit. Bit 1 is NMI interrupt line (power fail line). Bits 2–7 are keypad columns 0–5.
0x88	0–7	DREG2	Bits 0–6 are digital inputs 0–6. Bit 7 is the universal input channel fed through AD+ (or universal input channel 8).
0x98	—	WDOG	Reading this location "hits" the watchdog timer.
0xC0	0–7	BUSRD0	First read, data port of expansion bus
0xC2	0–7	BUSRD1	Second read, data port of expansion bus
0xC4	0–7	—	Unused bus read address
0xC6	—	BUSRESET	Read this location to reset all devices on the expansion bus.
0xD0	0–7	LCDRD	LCD read register, control
0xD1	0–7	LCDRD+1	LCD read register, data

Interrupt Vectors

Most of the interrupt vectors can be altered under program control. These are the suggested and default vectors:

addr	Name	Description
0x00	INT1_VEC	Expansion bus attention INT1 vector.
0x02	INT2_VEC	INT2 vector, can be jumpered to output of the real-time clock for periodic interrupt.
0x04	PRT0_VEC	PRT timer channel 0
0x06	PRT1_VEC	PRT timer channel 1
0x08	DMA0_VEC	DMA channel 0
0x0A	DMA1_VEC	DMA channel 1
0x0C	CSIO_VEC	Clocked serial I/O
0x0E	SER0_VEC	Asynchronous Serial Channel 0
0x10	SER1_VEC	Asynchronous Serial Channel 1

Jump Vectors

Instead of loading the address of the interrupt routine from the interrupt vector, the following interrupts cause a jump directly to the address of the vector, which will contain a jump instruction to the interrupt routine. For example,

0x66	non-maskable power-failure interrupt
0x08	INT ₀ , mode 0
0x38	INT ₀ , mode 1

Interrupt Priorities from Highest to Lowest

Internal Trap (Illegal Instruction)		
External	NMI	(non maskable interrupt, power failure)
External	INT0	(non-maskable, level 0)
External	INT1	(non-maskable, level 1, expansion bus attention line)
External	INT2	(non-maskable, level 2)
Internal	PRT timer channel 0	
Internal	PRT timer channel 1	
Internal	DMA channel 0	
Internal	DMA channel 1	
Internal	Clocked serial I/O	
Internal	Serial Port 0	
Internal	Serial Port 1	

EEPROM

The parameters given here apply to the standard 24-volt PK2100. See *The 12-Volt PK2100* (page 9) for changes relating to the 12-volt version.

addr.	Definition
0x000	Startup Mode. If 1, enter programming mode. If 8, execute loaded program at startup.
0x001	Baud rate in units of 1200 baud.
0x100	Unit "serial number." BCD time/date with the following format: second, minutes, hours, day, month, year.
0x106	Required power voltage. This value is 24 for standard PK2100s and 12 for the 12-volt version.
0x107	Software test version (times 10). For version 1.2, this is 12.
0x108	Microprocessor clock speed in units of 1200 Hz (16-bits). For 6.144 MHz clock speed, this value is 5120.
0x10C	Bus address for networking. 16 bits.

0x10E	Analog voltage reference units of 1 millivolt. 16 bits. 10300 for 10.300 volts.
0x110	Excitation resistor values for universal inputs 1-6. These are the pull-up resistors to the +10V reference. Six integers in units of 0.5 ohm. 6600 for 3.3K resistors.
0x11C	Pull-down resistor values for universal inputs 1-6. Six integers in units of 0.5 ohm. 9400 (4.7K ohms).
0x128	4-20 mA load resistor. Resistance in units of 1/2 ohm. The nominal value is 780 (2 counts/ohm x 390 ohms). This represents the combined resistance of the load resistor and the pull-down resistor in parallel.
0x12A	Reserved
0x130	11 values relating to internal DAC. First value is output voltage when nominal output is zero. Additional values are output voltage increment (above offset) when input value is 1, 2, 4... 256, 512. Stored as integers expressed in 0.5 millivolt units.
0x146	11 values relating to external DAC. First value is output voltage when nominal output is zero. Additional values are output voltage increment (above offset) when input value is 1, 2, 4... 256, 512. Stored as integers expressed in 1/2 millivolt units.
0x15C	For the standard PK2100, this is current in units of 0.001 mA corresponding to voltage output of 2.000V when is set for 0-20 mA output into nominal 392 ohm load resistor. Typically, near 4000. For the 12-volt PK2100, the output range is 0-15 mA.
0x15E	For the standard PK2100, this is current in units of 0.001 mA corresponding to voltage output of 10.000 volts when is set for 0-20 mA output into nominal 392 ohm load resistor. For the 12-volt PK2100, the output range is 0-15 mA.
0x160	With shorting jumper H7 <i>connected</i> , these are 16-bit numbers <i>a0</i> and <i>a1</i> high-gain plus-side inputs in the gain formula $y = a1 \times (x1 + a0)$ with the minus side grounded. If the minus side is not grounded, the formula is $y = a1 \times (x1 + a0) - b1 \times x2.$ where <i>b1</i> is the minus-side gain and can be computed from the calibration constants stored at location 0x164. The value <i>y</i> is the output of the high-gain amplifier read with universal input channel 7. The value <i>x1</i> is the plus-side input read with universal input channel 8 and <i>x2</i> is the minus-side input. The coefficient <i>a0</i> is signed and is in units of 0.01 mV. The coefficient <i>a1</i> is the unsigned dimensionless gain expressed in units such that a gain of 10 is equal to 2000.
0x164	With shorting jumper H7 <i>removed</i> , these are 16-bit numbers <i>a0</i> and <i>a1</i> high gain plus-side input in the gain formula $y = a1 \times (x1 + a0)$ with the minus side grounded. If the minus side is not grounded, the formula is $y = a1 \times (x1 + a0) - b1 \times x2.$ where <i>b1</i> is the minus-side gain and can be computed as <i>a1</i> -1.
0x168	Reserved
0x16A	Resistance of excitation resistor for high-gain plus input in ohms. Nominal value 10K. An unsigned integer.
0x16C	Long coefficient relating speed of microprocessor clock relative to speed of real-time clock. Nominal value is 107,374,182 which is 1/40 of a second microprocessor clock time on the scale where 2 ³² is 1 second. This requires 4 bytes of EEPROM, stored least byte first.

Heat Sinking

PK2100 Series controller has two power supply regulators. The aluminum enclosure provides the heat sink. In the board-only version, the mounting rails provide the heat sink. The +5V regulator dissipates the most heat and transfers heat to the case side rails via two mounting "pem" nuts. Maximum heat dissipation by this regulator is 10W when the ambient temperature is 50°C. If an attempt is made to dissipate more heat because of combination of high input voltage or excessive current drawn from the +5V supply, the regulator will shut down protectively. Power dissipation is given by the formula:

$$P = (V_{IN} - 5) \times (I + 0.15)$$

V_{IN} = input voltage

I = current, in amperes, drawn from +5V supply by external accessories on bus or from VCC terminal.

Environmental Temperature Constraints

No special precautions are necessary over the range of -50°C (32-122°F). For operation at temperatures much below 0°C, the PK2100 should be equipped with a low temperature LCD which is specified for operation down to -20°C. The heating effect of the power dissipated by the unit (about 5 watts) may be sufficient to keep the temperature above 0°C, depending on the insulating capability of the enclosure used. The LCD storage temperature is 20°C lower than its operating temperature, which may protect the LCD in case the power should fail, removing the heat source. The LCD unit is specified for a maximum operating temperature of 50°C. Except for the LCD, which fades at higher temperatures, the PK2100 can be expected to operate at 60°C, or more, without problem.

Expansion Bus

The PLCBus™ is a general purpose expansion bus for Z-World controllers. Z-World currently sells the following expansion devices. The list may change:

Device	Description
EP8100	Several options of 16 or 32 protected digital I/O lines. Some versions have optical isolation.
EP8200	16 "universal inputs," 6 high-current switching outputs
EP8300	Six SPDT power relays
EP8400	Contains eight DIP relays, each SPST, NO.
EP8500	11 12-bit A/D converters (4 with signal conditioning)
EP8600	2 DACs
EP8700	1 full-duplex RS232 channel
EP8800	Stepper motor controller (based on PCL-AK)

Multiple expansion boards may be daisy-chained together and connected to a Z-World controller to form an extended system. For details, refer to the PLCBus data sheet.

Power Failure Interrupts

The following events occur when power fails:

The power-failure NMI (non-maskable interrupt) is triggered when the unregulated DC input voltage falls below approximately 15.6 volts (subject to the voltage divider R9/R33). [7.8V on 12V systems]

- 2 A system reset is triggered when the regulated +5V supply falls below 4.5 volts. The reset remains enabled as the voltage falls further. At some point, the chip select for the SRAM is forced high (for standby mode). The time/date clock and SRAM are switched to the lithium backup battery when VCC falls below the battery voltage of approximately 3 volts.

The 12-Volt PK2100

The following are changes for the 12-volt PK2100. Note that R40 and U12 are absent on the 12V board, and R9 is 14K, not 22K. The 12V board has 12V relays, nominally 5A, 120V.

Subsystem	Effect
External DAC	The external DAC voltage output (when J7 connects pins 2-3) is reduced to 0-7 volts. The current output (J7 connects pins 1-2) is now 0-15 mA.
Internal DAC	The internal DAC voltage output (UEXP) is reduced to 0-7 volts. This directly affects the universal input channels, since the incoming value is compared against the UEXP output.
Universal Inputs	Because of the change in the internal DAC (UEXP) output, the universal input channels read a nominal range of 0-7V.
High-Gain Input	The effective input range to 0-700 mV.

EEPROM changes for the 12V system

Addr	Meaning
0x106	Required power. This value is 12 for the 12-volt version.
0x15C	For the 12-volt PK2100, this is current in units of 0.001 mA corresponding to voltage output of 2.000V.
0x15E	For the 12-volt PK2100, this is current in units of 0.001 mA corresponding to voltage output of 10.000 volts.

Other EEPROM values remain unchanged.

Reference Voltage

The reference voltage (marked +10V on the terminal connector) is nominally +7 volts. This affects all subsystems using this value as a reference, as described below.

Programming

Developers program a PK2100 Series controller by connecting it to the serial port of an IBM PC running Z-World's Dynamic C development system. Serial communication for programming takes place at 19,200 baud or at 38,400 baud. While a program is undergoing development, the controller normally remains connected to the PC and Dynamic C.

Once program development is complete, the completed program can reside in one of the following places:

- Battery-backed RAM.
- ROM which is written on a separate ROM programmer and then substituted for the standard Z-World ROM.
- Flash memory which may be programmed or reprogrammed without removing it from the controller.

Programmers generally use Dynamic C function libraries. Dynamic C libraries support direct I/O and virtual I/O (which is easier but slightly less efficient). The virtual driver is a system function that monitors the PK2100 I/O lines, every 25 millisec-

nds. The programmer reads and writes to virtual registers *as variables*, and does not contend with the hardware details.

Initial PK2100 Setup

When the PK2100 powers up, it consults its board jumpers, the keypad if any, and the contents of the EEPROM to determine its mode of operation. The modes of operation are the following:

• Run a program stored in battery-backed RAM.

• Prepare for Dynamic C programming at 19.2K baud using the RS232 port ("phone" jack).

• Prepare for Dynamic C programming at 38.4K baud using the RS232 port.

If your controller has a keypad, you can use it to select the operation mode. Hold down the menu/setup key and one other key simultaneously (field/run, up/pgm 19.2, or down/pgm 38.4). The unit will beep to acknowledge the change of operating mode. In unusual instances, you might also need to cycle power while holding the key combination.

If the keypad is not available, or you want to override the keypad, use the jumper block J4.

Connecting the PK2100 to your PC & Dynamic C

Connect the red-tagged lead from your 24V (or 12V) power-supply to the +24V screw connector. Connect the other power supply lead to the GND screw connector.

• Plug the serial programming cable into the PK2100 jack and connect it to a PC serial port.

• Plug the PK2100's power supply into a wall socket. Start Dynamic C.

Software Drivers

Z-World software includes the functions listed here.

Digital Input/Output

```
void up_setout( int channel, int value )
void up_digin( int channel )
```

Analog Output

```
void up_dacal( int value )
void up_dacout( int rawval )
void up_expout( int rawval )
void up_dac420( int current )
```

Analog Input

```
void up_adcal( int channel )
void up_in420()
void up_adrd( int channel )
void up_adctest( int channel, int testval )
void up_uncal( int calval )
void up_docal( int calval )
float up_higain( int mode )
```

High Speed DMA Counter

```
void DMA0Count( uint count )
void DMA1Count( uint count )
uint DMASnapShot( byte channel, uint *counter )
```

EEPROM Read / Write

- int ee_rd(int address)
- int ee_wr(int address, char data)
- int eei_rd(int address)

Flash EPROM Write

- int WriteFlash(ulong addr, char* buf, int num)

Parts List

Listed are major parts. Resistors, capacitors and other small parts may be found on the schematic.

B3	Battery, 3V, 560 mA-H
BZ1	Buzzer
H1	1x9 Header, .100"
H4	1x6 Header, .100"
H5	1x8 Header, .100"
H6	2x6 Header, .100"
H7	1x9 Header, .100"
H8	2x3 Header, .100"
H9	1x9 Header, .100"
H11	2x1 Header, .100"
J1	1x14 Header, .100"
J3	1x3 Header, .100"
J4	1x8 Header, .100"
J7	1x9 Header, .100"
J8	2x7 Header, .100"
J9	1x3 Header, .100"
J11	1x3 Header, .100"
JP1	Phone Jack RJ12
JP2	Terminal strip 25x
JP3	Terminal Strip 25x
K1	Keypad flex connector
P1	2x13 Header for PLCBus
P2	2x7 Header, .100"
SW1	2x1 Header, .100"
U1	EEPROM and socket, 32K
U2	SRAM, 32K, 70ns
U3	Octal 3-state transceiver, 74HC245
U4	Octal 3-state transceiver, 74HC245
U5	EEPROM, 512, 24C04
U6	PAL (for PK2100)
U7	Dual decoder 2:4, 74HC139
U8	Quad 2:1 mux, 74HC257
U9	Quad 2:1 mux, 74HC257
U10	Watchdog, 691
U11	Adjustable Reg, 723, 150mA
U12	Linear Reg, 7805, 15V, TO-220
U13	Switching Reg, 7662
U14	8-bit addressable latch, 74HC259
U15	Real-Time Clock, Toshiba 8250
U16	Z180
U17	Hex inverter, open drain, 74HC05
U18	Quad 2-in OR, 74HC32
U19	Quad 2-in OR, 74HC32
U20	Linear Reg, 7805, 5V, TO-220
U21	Comparator, 339
U22	8-bit DAC

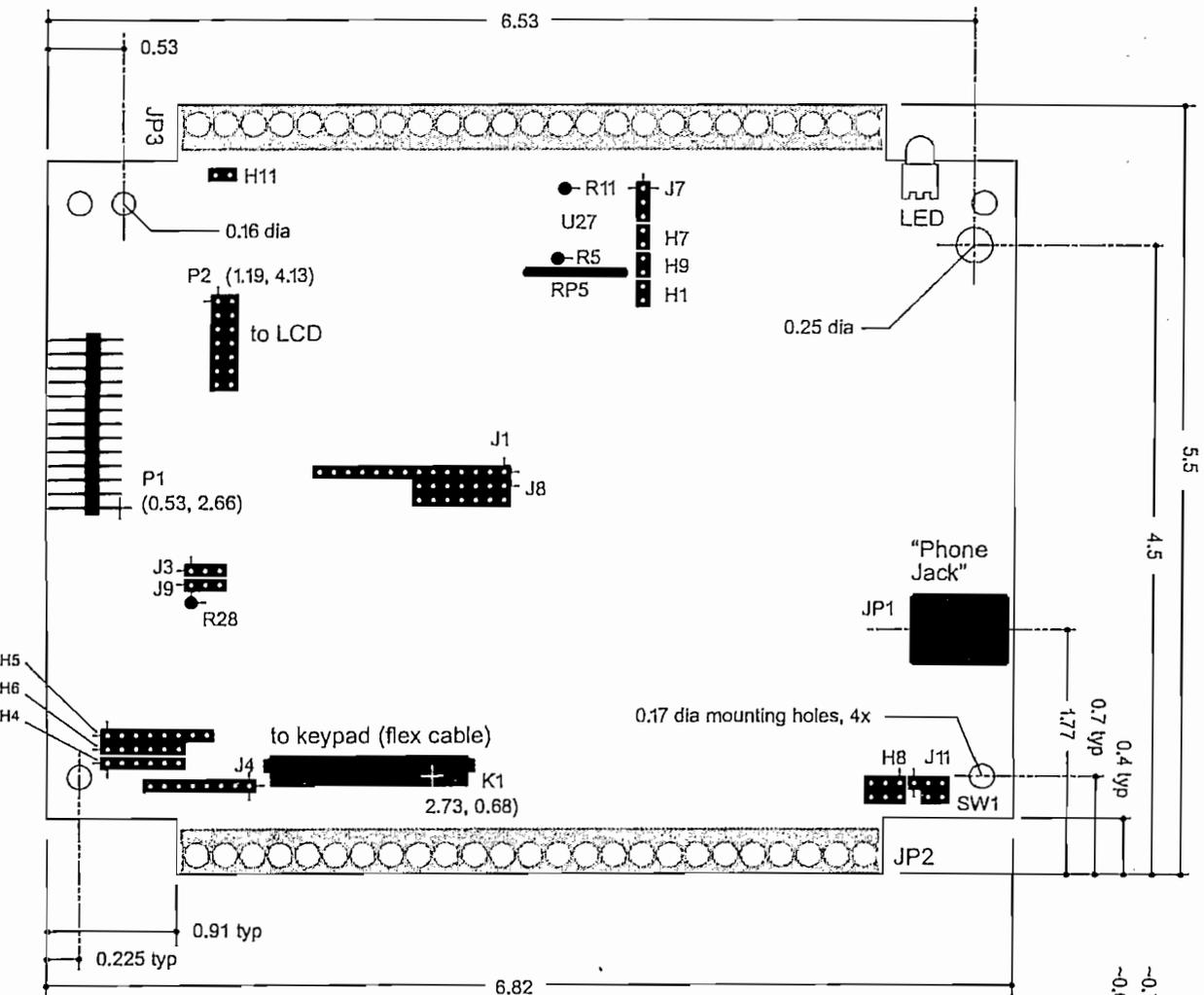
- | | | | |
|---|---|-----|--|
| 7 | Connect 2-3 for voltage output on the DAC channel (factory setting). Connect 1-2 for 20 mA current output. | 2-3 | Factory setting, where the internal DAC is connected to the comparators used for the universal inputs. |
| 8 | 1-2 Enable switching power supply | J11 | 1-2 Connect to enable CTS on the RS232 port (0). |
| | 3-4 Connects timer output T0 to processor /INT2. Can generate periodic interrupts. | 2-3 | Connect to use the CTS line as a board reset line. CTS high will reset the PK2100 board. |
| | 5-6 Connects universal input 1 to processor /INT0. <i>Not recommended.</i> | | |
| | 7-8 Connect processor I/O CKA1 to digital input 6. | | |
| | 9-10 Connect processor I/O CKA1 to digital input 7. | | |
| | 11-12 Processor-readable jumper. By convention, install whenever 13-14 is installed. | | |
| | 13-14 Install jumper to enable watchdog timer. | | |
| 3 | 1-2 Protect EEPROM against writes at addresses 256-511. This is the factory setting. | | |
| | 2-3 Allow EEPROM writes at addresses 256-511. | | |
| 9 | 1-2 The comparators used for the universal inputs are connected to the voltage divider RR which has a value of 1.6 volts. This causes the universal inputs to have a threshold fixed at this value. | | |

Board Dimensions

The drawing below shows board dimensions, mounting hole locations and sizes, all the jumpers and headers, pin 1 positions for important headers, and the positions of resistors that affect the universal inputs and the high-gain input. Mounting holes are (0.225, 0.7) from the extreme corners of the board. Resistors R5, R11, and resistor pack RP5 affect the high-gain channel. Resistor R28 (5.1 kΩ) is part of a resistor divider that gives the optional fixed hardware reference voltage for the universal inputs.

Maximum height of components above the board is 0.65" approximately. Overall height is 0.78" approximately.

Figure 5. Board Dimensions



Figures 5–8 below show the important headers.

Enclosure Dimensions

Figure 9 below shows the size of the aluminum enclosure and the location of the PLCBus port and phone jack.

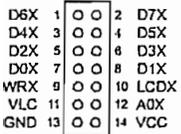


Figure 5. P2, .CD Connector

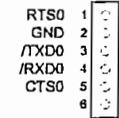


Figure 6. JPI, Phone Jack

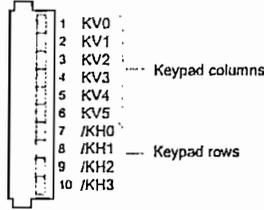


Figure 7. K1, Keypad Connector

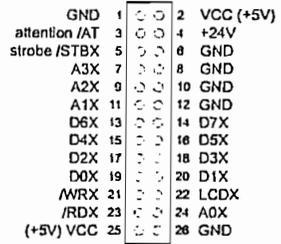


Figure 8. P1, PLCBus connector

Figure 9. Enclosure Dimensions

