

6
24. 322817



UNIVERSIDAD ANAHUAC DEL SUR

Con estudios incorporados a la
Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA DE INGENIERIA

Universidad Anáhuac
del Sur

**SISTEMA AUTOMATICO DE
TEMPERATURAS PARA
ESPECTROSCOPIA DE A. C.**

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA ELECTRICA Y ELECTRONICA
p r e s e n t a
LUIS RODOLFO MECALCO DIAZ

Director de Tesis:
ING. LUIS HUMBERTO FRANCO CARDENAS

MEXICO, D. F. **TESIS CON
FALLA DE ORIGEN** 1991



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

I. - INTRODUCCION.	8
1. ESPECTROSCOPIA DE A. C.	9
II. - SELECCION DEL TEMA.	12
1. SECUENCIA DEL EXPERIMENTO.	13
2. OBJETIVO DEL TRABAJO.	14
III. - ESTUDIO DEL EQUIPO PARA LA CARACTERIZACION DE MATERIALES.	16
1. EQUIPO EXISTENTE.	17
2. EQUIPO FALTANTE.	19
3. PROGRAMAS.	20
IV. - SISTEMA AUTOMATICO DE TEMPERATURAS.	21
1. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA.	22
V. - DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA INTERFAZ.	25
1. QUE DEBE HACER.	26
2. CONVERTIDOR DE 8 A 12 BITS.	26
3. MODIFICACIONES DEL CONTROLADOR ANALOGICO.	27
4. MATERIAL QUE SE USO.	28
5. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS HECHAS A LA INTERFAZ.	34
VI. - PROGRAMACION.	37
1. DESCRIPCION DE LOS PROGRAMAS.	38
2. DESCRIPCION DE VARIABLES.	39
3. PROGRAMAS.	40
4. RESUMEN DE LOS PROGRAMAS.	44

VII. - EVALUACION Y CALIBRACION.	48
1. EVALUACION DE LA INTERFAZ.	49
2. CALIBRACION DE LA INTERFAZ.	51
3. CALIBRACION DEL FRENTE DE ENTRADA.	54
VIII. - MANUAL DEL USUARIO.	57
1. FORMA DE OPERAR.	58
2. SECUENCIA DEL PROGRAMA.	58
IX. - CONCLUSIONES.	64
X. - REFERENCIAS	66

I.- INTRODUCCION.

1 ESPECTROSCOPÍA DE A.C.

Las mediciones en A.C., o espectroscopía de impedancias, a materiales policristalinos, ferroeléctricos, ferromagnéticos y materiales monocristalinos, es una técnica muy poderosa que arroja una gran cantidad de información para poder caracterizar materiales. Esta técnica de medir propiedades eléctricas y magnéticas es una herramienta que permite darnos una mejor idea del fenómeno de polarización (eléctrica y/o magnética), de las características del grano y de la frontera del grano, así como de sus características eléctricas particulares.

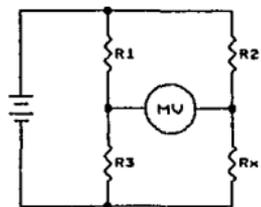
A cierta temperatura y con un intervalo de frecuencias apropiadas, es posible separar de la conductividad total cada una de las contribuciones de los parámetros físicos. Esto es, se puede observar por separado la contribución que aporta el grano, la frontera del grano, la superficie ó el electrodo. En la mayoría de los casos se puede usar un circuito eléctrico equivalente, dentro del cual, cada elemento se puede identificar como uno de éstos parámetros.

Para realizar un buen análisis de un material, se tienen que medir principalmente tres parámetros: impedancia, ángulo y frecuencia (Z , σ y f); éstas mediciones tienen que hacerse con frecuencias entre 5Hz y hasta 13MHz, a diferentes temperaturas cada una. Las mediciones en A.C. se realizan, por lo general, en un puente de Wheatstone, ya que son de los más sensibles para medir capacitancias y/o inductancias. Para poder

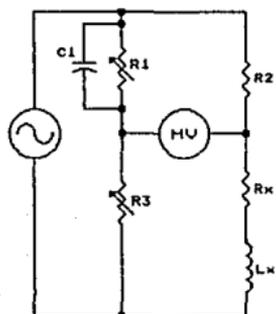
obtener la impedancia de la muestra, se tiene que variar una resistencia y una capacitancia o inductancia del puente, de tal forma que queden balanceada con la resistencia y capacitancia o inductancia aparente de la muestra. Existen muchos tipos de puentes, pero todos se basan en el mismo principio. Dentro de los principales puentes que se derivan del de Wheatstone, se encuentran el Puente de Maxwell, el Puente de Hay, el Puente de Schering y el Puente de Wien (Fig. 1).

La principal razón por la que se necesitan hacer varias mediciones a diferentes frecuencias y temperaturas, es que al balancear la R y L ó C a una determinada frecuencia, no son necesariamente la R y L ó C equivalente de la muestra, por lo que haciendo las mediciones a varias frecuencias, podemos obtener la impedancia correspondiente. Ya que se tiene determinada la impedancia de la muestra, se pueden obtener otros datos que permiten caracterizar el material.

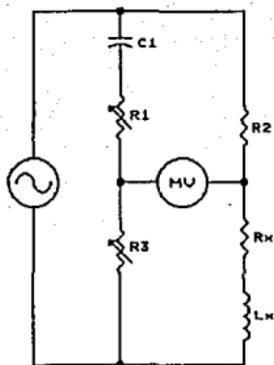
Los circuitos equivalentes que caracterizan a los materiales son del tipo RL , RC ó RLC , dependiendo de la muestra y de la técnica con que se midan. En una primera aproximación las impedancias capacitivas se obtienen cuando se usa la técnica de dos terminales (electrodos metálicos); las impedancias inductivas son obtenidas cuando se coloca una bobina alrededor de la muestra. El circuito equivalente que se usa principalmente consta de dos elementos de RC ó RL en paralelo unidos en serie con una resistencia, como se muestra en la figura 2. Al caracterizar algunos materiales que contengan silicatos, el circuito



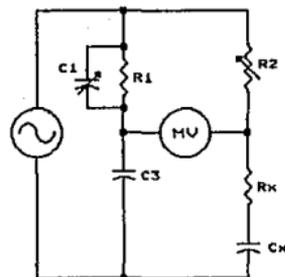
PUENTE DE WHEATSTONE



PUENTE DE MAXWELL



PUENTE DE HAY



PUENTE DE SCHERING

SISTEMA AUTOMATICO DE TEMPERATURA

Title	PUENTES	
Size	Document Number	REV
A	FIG 1	1
Date:	May 29, 1990	Sheet 1 of 1

equivalente puede tener combinaciones de RLC.

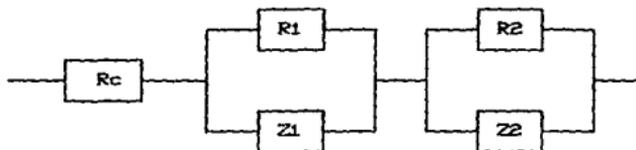


Fig. 2. Circuito equivalente para caracterización de los materiales.

Se puede observar el fenómeno de relajación eléctrica y/o magnética de muestras cerámicas, graficando la conductividad contra la frecuencia; donde el eje de la frecuencia se encuentra en forma logarítmica. Esta y otras gráficas en las que se involucre la frecuencia, son tabuladas logarítmicamente para poder tener una gran gama de frecuencias en una coordenada relativamente pequeña, además son gráficas típicas de Bode.

II.- SELECCION DEL TEMA.

1 SECUENCIA DEL EXPERIMENTO.

Dentro del Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM, se efectúan una serie de experimentos los cuales consisten en hacer caracterizaciones de propiedades eléctricas y magnéticas de los materiales por el método de espectroscopía de a.c. El proceder de éstos experimentos se describe a continuación:

a. - Una vez que la pieza a analizar se encuentra dentro del horno y todo el equipo de análisis está prendido, el operador tiene que fijar la temperatura del horno en el controlador analógico y esperar aproximadamente 20 min., para que el horno se estabilice a la temperatura definida. Durante este periodo el operador no realiza ningún otro trabajo; por lo que éste vendría siendo un tiempo mal aprovechado.

b. - Ya que se ha estabilizado el horno se tiene que correr el programa que realiza las mediciones a la muestra. Estas mediciones se realizan a través de un puente de impedancias; los datos obtenidos se almacenan en discos magnéticos para su posterior interpretación. Esta parte de adquisición y almacenamiento de datos es automática, por lo que éste es otro tiempo de hombre desperdiciado.

c. - Cuando el puente de impedancias ha terminado de realizar las mediciones, el operador tiene que elevar la temperatura del horno y esperar otros 20 min. para que se estabilice, repitiendo

los pasos anteriores hasta que el experimento haya cubierto todas las temperaturas necesarias.

Hay ocasiones que durante el tiempo de espera de estabilización del horno, el operador se aparta del equipo y regresa mucho después de los 20 min. requeridos para que el horno esté listo para realizar las mediciones. Esto sucede también durante la adquisición y almacenamiento de datos. Como se puede apreciar, existe en ocasiones, un desperdicio de energía y atraso en los experimentos; esto ocasiona una elevación en los costos de los mismos.

2. OBJETIVO DEL TRABAJO.

Los objetivos principales de este trabajo son:

a) Se pueden caracterizar materiales a temperaturas bajo cero, a temperatura ambiente y a altas temperaturas. En este trabajo se va a automatizar los experimentos que se realizan con altas temperaturas, puesto que son los más utilizados. También es posible hacer mediciones a temperatura ambiente, siempre y cuando se conozca la temperatura ambiente.

b) Dar lugar a que el operador pueda realizar otras actividades más productivas, ya que no tiene estar observando cómo el equipo realiza las mediciones ni esperar a que el horno llegue a la temperatura deseada.

c) Eliminar los tiempos muertos que se producen cuando el operador se aparta de su puesto.

d) Reducir los costos del experimento, ya que al momento de que el horno esta a punto, la computadora manda la señal para que el puente de impedancias haga su trabajo, y al terminar éste, la computadora incrementa de inmediato la temperatura.

Otra de las ventajas de la automatización del sistema, es el mejor aprovechamiento de los tiempos de uso de los equipos, puesto que se puede dejar trabajando el sistema durante la noche y realizar experimentos que requieran de mayor atención durante el día. Con esto, se puede incrementar el número de experimentos y así poder aumentar las publicaciones tanto nacionales como internacionales para dar un mayor crédito a las investigaciones en la UNAM.

III.- ESTUDIO DEL EQUIPO PARA CARACTERIZACION DE MATERIALES.

1 EQUIPO EXISTENTE.

Dentro del Instituto de Investigaciones en Materiales CIIM, se cuenta con una microcomputadora Hewlett Packard modelo HP-85, la cual es usada como el cerebro del sistema. La computadora es la encargada de transmitir al puente todas las instrucciones necesarias para que pueda realizar las mediciones requeridas; también se encarga de recibir la información del puente y de almacenarla en discos magnéticos para su posterior interpretación.

Para almacenar la información se usa una cartuchera Hewlett Packard modelo 9121 para dos discos magnéticos de 3.5". Este tipo de discos magnéticos son usados por tener un tamaño reducido y por estar fabricados en plástico duro, evitándose así el daño a la cinta.

También se cuenta con un Analizador de Impedancias Hewlett Packard modelo HP4192A, el cual se encarga de realizar las mediciones necesarias a la muestra que se encuentra dentro del horno.

Estos tres equipos están conectados por medio de una interfaz HP-IB que se encuentra instalada en la HP-85. Sin esta interfaz no se podría hacer la comunicación entre ellos.

Para mantener la temperatura del horno se usa un controlador analógico de tipo proporcional, ya que el horno

utilizado no responde tan rápido y no es tan inestable como para usar algún otro tipo de controlador. El transductor que usa para sensar la temperatura es un termopar del tipo J; con el que se pueden sensar temperaturas bajo cero y mayores a los 1200°C. Estos controladores fueron diseñados y fabricados en el IIM y han encontrado que cubren totalmente las necesidades de control en los hornos de alta temperatura.

Con estos cuatro equipos y con la ayuda de un multimetro digital, se está trabajando actualmente para realizar los experimentos de caracterización de materiales. Para poder automatizar estos experimentos se necesita de un dispositivo que permita a la computadora comunicarse con el controlador analógico de hornos y con el propio horno. El IIM posee una unidad Adquisitora y Controladora de Datos Hewlett Packard modelo HP3421A, que se puede usar perfectamente, ya que se puede conectar a la interfaz HP-IB. Con este equipo la computadora ya puede tener comunicación con el exterior.

El Controlador Adquisitor de Datos se podría usar principalmente como un puerto de entrada y salida de la computadora. Este aparato cuenta con un puerto de salida de ocho bits, un puerto de entrada también de ocho bits y ocho canales multiplexados de entrada analógica; por éstos canales analógicos uno puede medir voltaje, resistencia, frecuencia y hasta temperaturas. Los ocho bits del puerto de salida pueden ser usados como actuadores o en forma de salida lógica digital.

2. EQUIPO FALTANTE.

Puesto que la Única salida del controlador es digital y el controlador del horno es analógico, se necesita fabricar un convertidor digital-analógico para poder unir estos dos equipos.

Se necesita que el sistema pueda verificar la temperatura que exista en el ambiente para poder determinar la temperatura relativa a la que debe estar el horno, por lo que es necesario agregar al sistema un sensor de temperatura ambiente. La temperatura relativa del horno se refiere a la temperatura a la que se encuentra el horno menos la temperatura ambiente. Es necesario manejar este término puesto que los termopares miden temperaturas sobre la del ambiente, de otra forma se tendría que usar dos termopares para poder medir la temperatura real de los hornos, además de que uno de estos termopares tendría que estar en un medio en el que la temperatura fuera de cero grados centígrados; ésto hace que el usar dos termopares sea poco efectivo.

Para que el sistema se apague al terminar el experimento se debe de adaptar un relevador y hacer el dispositivo necesario para que la computadora pueda desconectar la bobina del relevador. El relevador tiene que ser lo suficientemente grande para poder soportar todos los equipos y el horno.

3. PROGRAMAS.

Parte de los programas existentes se pueden utilizar para este trabajo. A la parte que maneja el puente de impedancias se le tendría que hacer algunas adaptaciones, y el programa principal se tendría que modificar completamente.

Se tiene que realizar un programa para que la computadora pueda mandar la temperatura a la cual debe permanecer el horno. Este software se tiene que diseñar de tal forma que pueda vigilar el incremento de temperatura del horno y así determinar el momento exacto en el que el puente de impedancias pueda realizar las mediciones.

IV.- SISTEMA AUTOMATICO DE TEMPERATURAS.

1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA.

En la figura 3 se puede apreciar el diagrama completo para la realización de caracterizaciones por el método de espectroscopía de a.c. en forma automática. Después de estudiar los equipos existentes se llegó a la conclusión que el proyecto que se presenta en este trabajo es la forma más viable y económica para poder automatizar este tipo de experimentos. Como se sabe, cada equipo debe tener una función específica, la que se describe a continuación:

a.- La microcomputadora va a seguir siendo el cerebro de todo el sistema. Esta va a almacenar en la memoria las temperaturas absolutas a las que se deben hacer las mediciones; verificará la temperatura que existe en el ambiente; mandará la temperatura relativa del horno al controlador HP3421A; checará la temperatura del horno y si es la correcta hará que el puente realice las mediciones, o bien, antes de realizar las mediciones, proporcionará un lapso de tiempo para estabilizar la temperatura; ya que tenga toda información de las mediciones, la almacenará en los discos magnéticos; si ya fueron tomadas todas las mediciones, apagará todo el sistema, incluyéndose ella misma.

b.- Al puente de impedancias no se le realizará ningún cambio, ya que solo es un instrumento de medición muy complejo. El único cambio que se realizará radica en la programación que lo maneja.

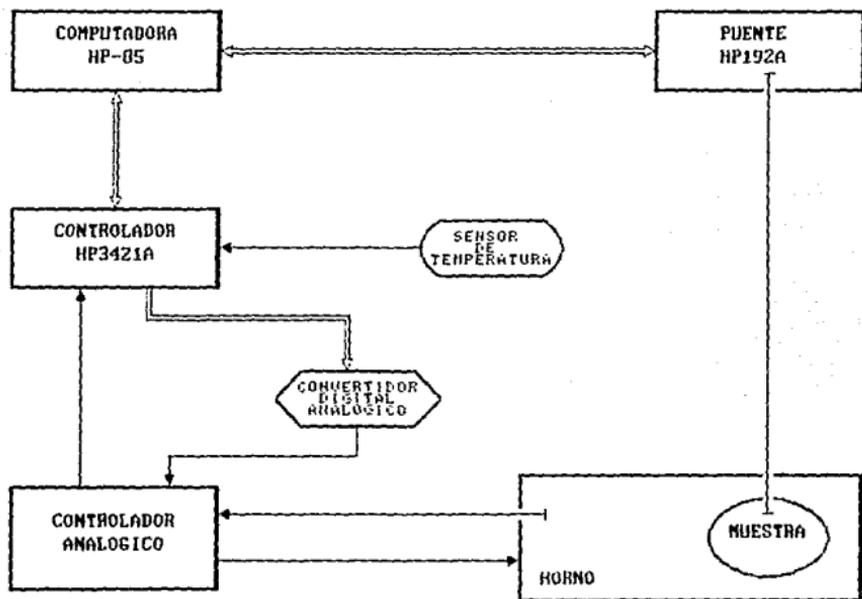


Fig. 3. Sistema Automatico de Temperatura

c. - El controlador HP3421A se usará para que la computadora pueda tener comunicación con los demás dispositivos. Por medio de este equipo la microcomputadora puede mandar al exterior la información de la temperatura relativa; esta información se encuentra en forma binaria, ya que no se puede mandar en forma analógica, puesto que, como ya habíamos mencionado, el controlador tiene un solo puerto de salida. Con este dispositivo la microcomputadora va a ser capaz de revisar la temperatura ambiente, la del horno y la de referencia, puesto que esta información se maneja en volts y los canales de entrada analógica del controlador contienen un convertidor analógico-digital.

d. - Para poder pasar la temperatura de la forma digital a la analógica, se requiere fabricar un convertidor, de esta forma el controlador del horno pueda reconocer esta referencia que le envía la HP-85.

e. - La principal razón de seguir usando el controlador analógico es que la computadora no tiene que estar vigilando el horno mientras se efectúan las mediciones en el puente. En otras palabras, cuando la computadora está pendiente de cómo se realizan las mediciones, el controlador mantiene al horno estable.

f. - El sensor de temperatura debe ser capaz de traducir la temperatura ambiente a un valor proporcional de voltaje, para que el HP3421A pueda leerla. Otra característica de este sensor es que debe ser lineal en los intervalos usuales de temperatura

ambiente, ya que de otra forma, se tendría que almacenar una tabla con los valores de la temperatura que llegue a marcar.

V.- DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA INTERFAZ.

1 QUE DEBE HACER.

El intervalo de temperatura de los experimentos de caracterización varia desde la temperatura ambiente hasta los 800°C y con una resolución aproximada de \pm un grado, con lo que haciendo los cálculos necesarios obtenemos que el convertidor que se debe de usar, debe tener por lo menos doce bits; dando como resultado, la necesidad de fabricar una interfaz que pueda convertir los ocho bits de salida del HP3421A a doce.

2. CONVERTIDOR DE 8 A 12 BITS.

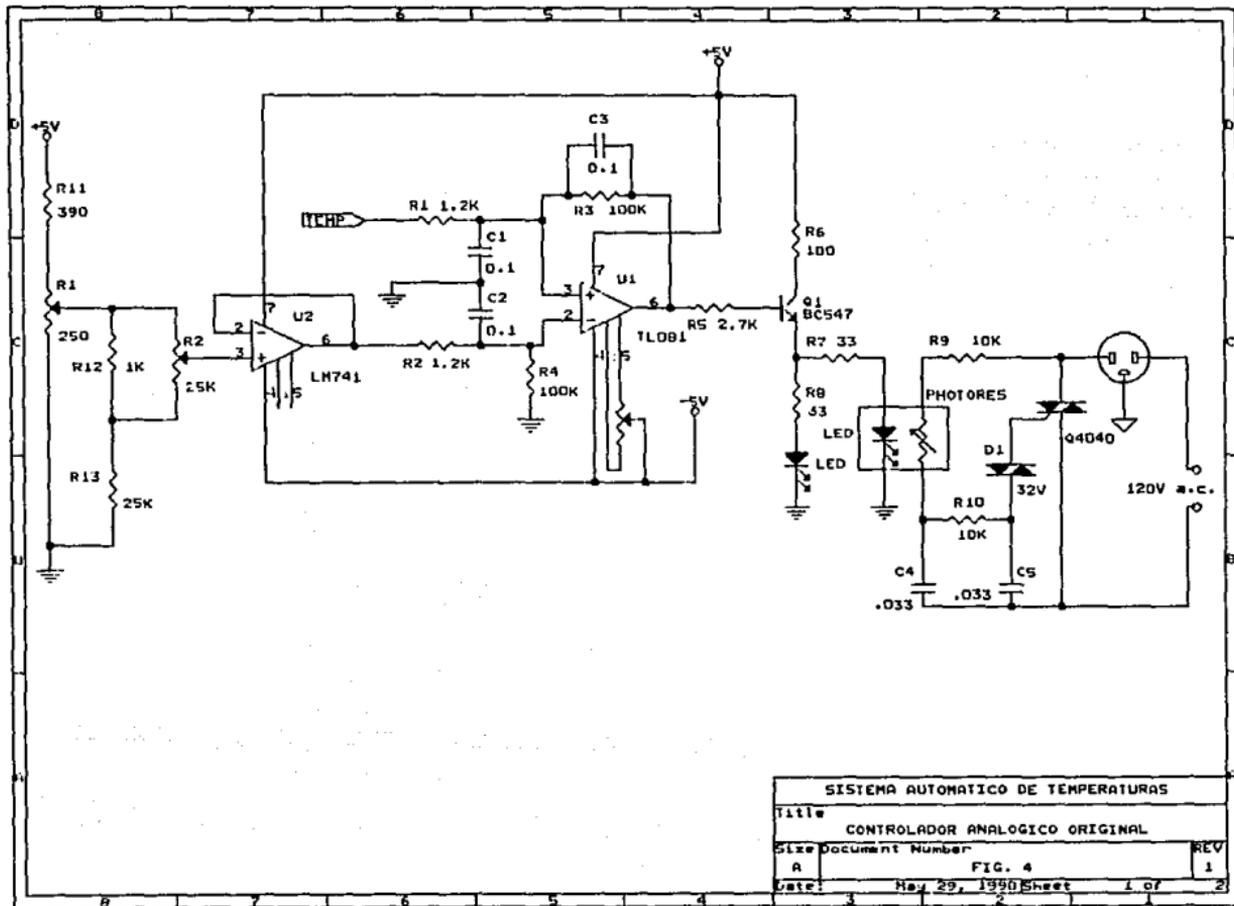
Los ocho bits del controlador se deben repartir de tal forma que puedan controlar el encendido y apagado del horno, debe desconectar todo el sistema, y debe mandar la información correcta al convertidor digital-analógico de 12 bits. Se observó que la mejor manera de lograr esto, era utilizando 4 de estos 8 bits como datos de la temperatura de referencia, tres como dirección y el último bit se tendrá como reserva para alguna otra necesidad; esto es, se va a realizar una especie de control de flujo de cuatro bits, controlando su dirección con tres bits. Los tres bits que se usarán como dirección, van a manejar un demultiplexor de 3 a 8; con esto, podemos manejar ocho diferentes circuitos. Este bus de cuatro bits llegará a tres diferentes circuitos integrados (CI) que almacenan temporalmente la información; de esta forma se mandará primero los cuatro bits más significativos y se disparará el reloj del primer CI con el

demultiplexor de 3 a 8; a continuación se mandarán los siguientes cuatro bits disparándose el reloj del siguiente CI con otro canal del demultiplexor; y por último se mandan los cuatro bits menos significativos, repitiendo el mismo procedimiento para el reloj del último CI. No encontrando otra solución para lograr el objetivo y observando que con este arreglo se satisfacía completamente lo requerido, se prosiguió a su realización.

3. MODIFICACIONES DEL CONTROLADOR ANALÓGICO.

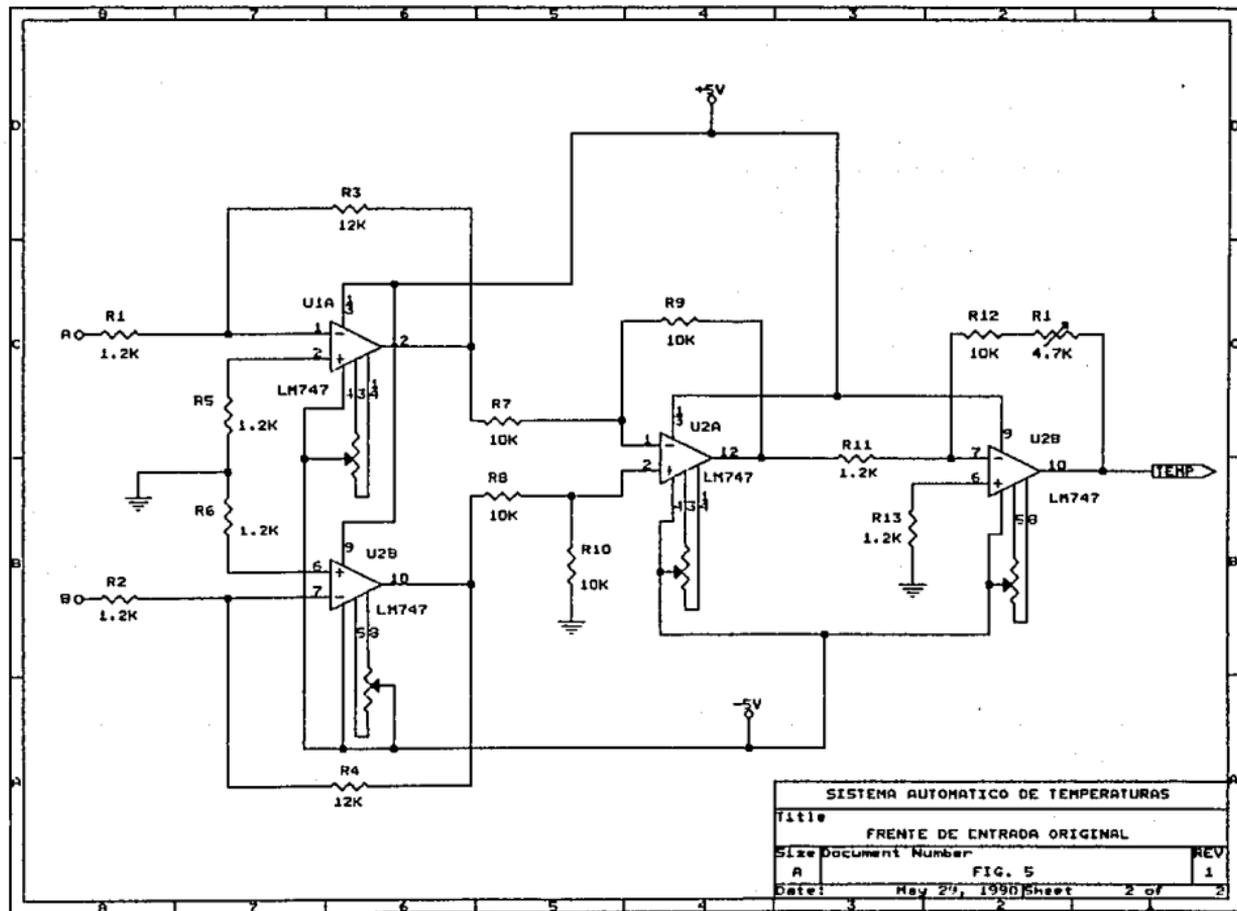
Se le tuvieron que hacer modificaciones al controlador analógico para poder conectarlo a la interfaz. Al disparador del horno se le tuvo que agregar un circuito para mantener el horno apagado aunque la señal de encendido estuviera presente. Esto se hizo para que el horno no se estuviera encendiendo y apagando durante el ciclo de búsqueda de la temperatura relativa. En la figura 4 se puede observar el controlador analógico proporcional original.

Se tuvo que eliminar la fuente de voltaje de referencia puesto que el convertidor digital-analógico es la que ahora da este voltaje. Al frente de entrada del termopar se le agregaron una serie de filtros para eliminar el ruido del ambiente (Fig. 5), porque en el diseño original no aparecía ninguno. En las figuras 6 y 7 se muestra el controlador y frente de entrada con las modificaciones ya hechas.



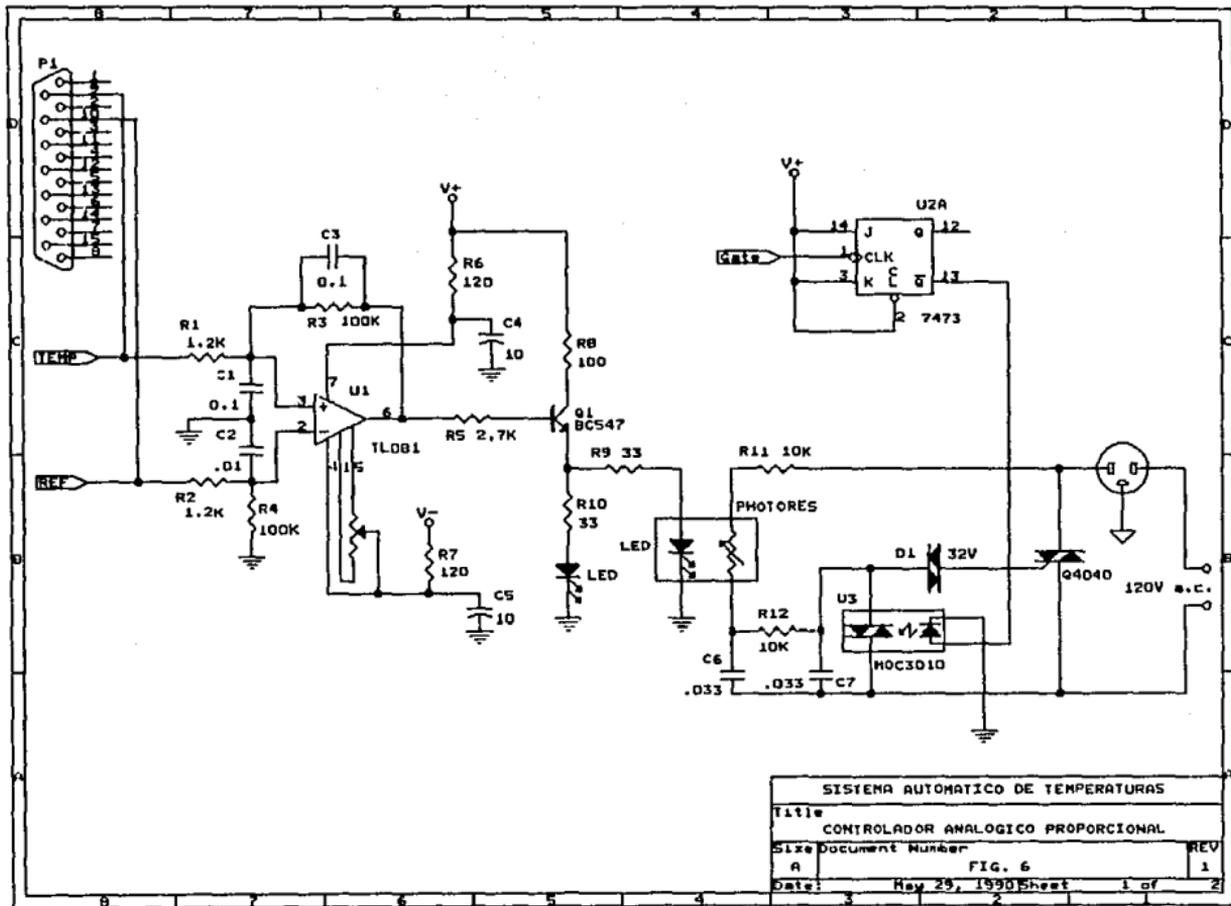
SISTEMA AUTOMATICO DE TEMPERATURAS

Title	CONTROLADOR ANALOGICO ORIGINAL	
Size Document Number	FIG. 4	REV 1
Date:	Mar. 29, 1990	Sheet 1 of 2

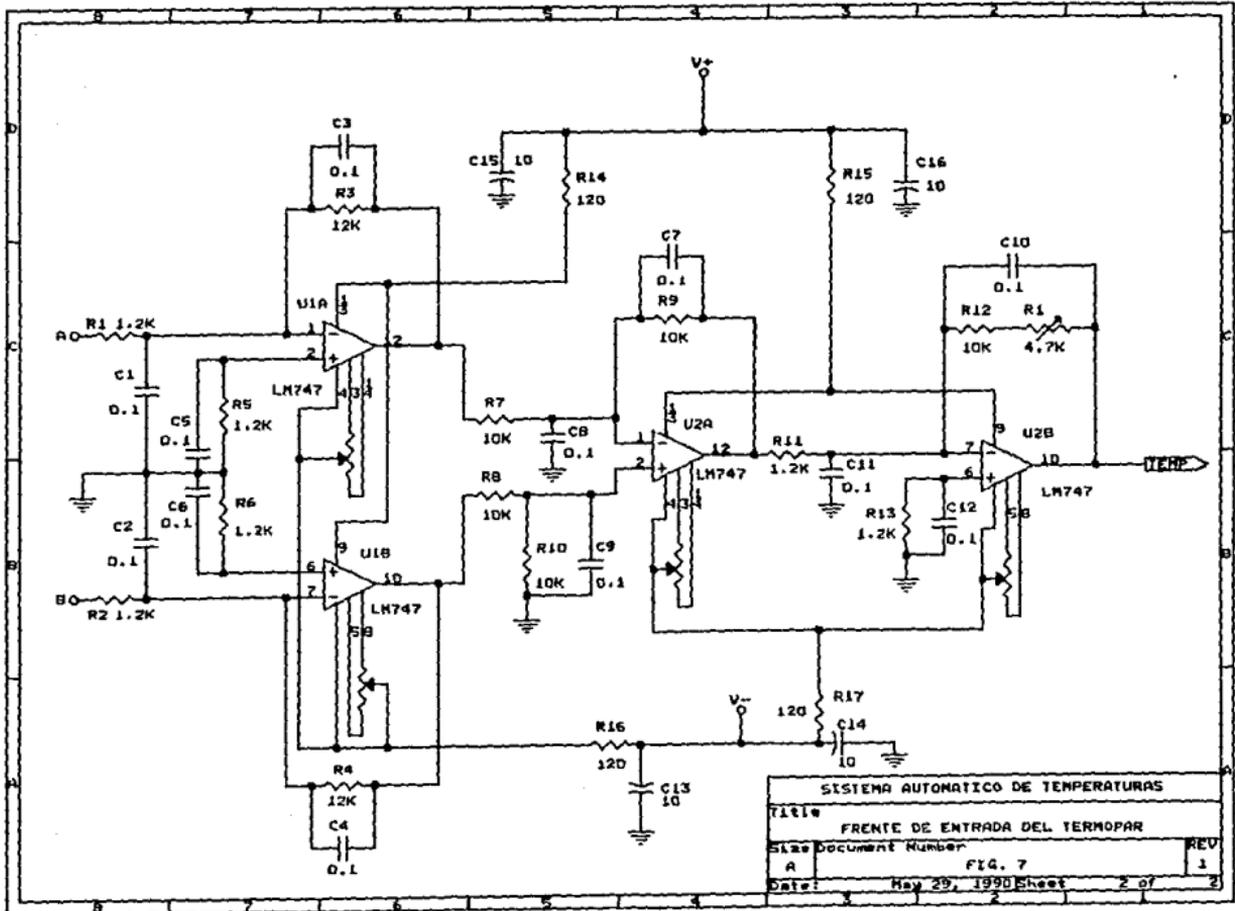


SISTEMA AUTOMATICO DE TEMPERATURAS

Title	FRENTE DE ENTRADA ORIGINAL	
Size	Document Number	REV
A	FIG. 5	1
Date:	May 2 ^o , 1990	Sheet 2 of 2



SISTEMA AUTOMATICO DE TEMPERATURAS		
Title		
CONTROLADOR ANALOGICO PROPORCIONAL		
Size Document Number		
A	FIG. 6	REV 1
Date:	May 29, 1990	Sheet 1 of 2



SISTEMA AUTOMATICO DE TEMPERATURAS	
Title	
FRONTE DE ENTRADA DEL TERMOPAR	
Size Document Number	
A	FIG. 7
Date:	May 29, 1998 Sheet 2 of 2

La fuente de poder se tuvo que cambiar completamente ya que la original no era capaz de soportar al controlador y a la interfaz (Fig. 8). La fuente que se utilizó puede manejar hasta dos amperes y puede proporcionar voltajes desde $\pm 1.5V$ hasta $\pm 32V$. Otra ventaja de esta fuente es que el regulador, tanto de la parte positiva como de la negativa, están en un solo integrado; de esta forma la deriva de los operacionales se elimina en gran porcentaje.

4. MATERIAL QUE SE USÓ.

Para la elaboración de esta interfaz, de la fuente de poder y del nuevo controlador de hornos se trató de usar al máximo componentes que existían en el IIM.

Para poder usar el controlador HP3421A con circuitos lógicos, es necesario colocar una compuerta NAND a cada bit del puerto de salida. En cada uno de estos bits de salida del HP3421A hay un transistor de tipo FET (Fig. 9), puesto que de esta forma, el controlador puede manejar otro tipo de dispositivos, como por ejemplo un relevador; ésta es la razón por la que es necesario colocar compuertas NAND.

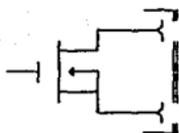
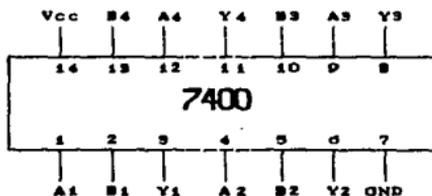


Fig. 9. Transistor tipo FET del HP5421A

El 7400 fué el circuito integrado que se usó como compuerta, por lo que se tendrán que usar dos 7400 para poder cubrir los ocho bits de salida.

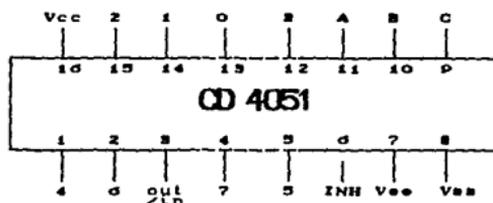


ENTRADAS		SALIDA
A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Fig. 10. Circuito integrado 7400 y tabla de verdad.

El circuito integrado que se usará para la demultiplexación de 3 a 8 es el CD4051. El CD4051 es un multiplexor/demultiplexor de ocho canales que están controlados

por tres entradas (A, B y C), y una entrada de inhibición. Estas tres señales binarias encienden una de las ocho salidas.

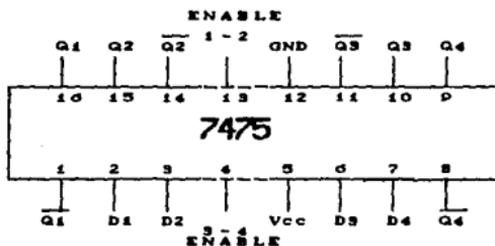


ESTADOS DE ENTRADA				SALIDA "ON"
INHIBIT	C	B	A	CANAL
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	X	X	X	NINGUNA

Fig. 11. Circuito integrado CD4051 y tabla de verdad.

Para detener un tercio de la información de doce bits, se tendrían que usar tres circuitos integrados que puedan almacenar temporalmente ésta información. Los CI que se usarán son los 7475; los cuales son ideales para el almacenamiento temporal de información entre la unidad de proceso y la unidad a la cual se le debe presentar la información. La información que se presenta en la entrada (D) es transferida a la salida (Q) cuando el pin de habilitado está en su nivel alto, la salida (Q)

será igual a la información de entrada tanto tiempo como el pin de habilitado se mantenga en su nivel alto. Cuando éste pin se dirija a su nivel bajo, la información de la entrada es retenida en la salida (Q) hasta que la entrada de habilitación regrese a su nivel alto.



ENTRADAS		SALIDAS	
D	ENABLE	Q	\bar{Q}
0	1	0	1
1	1	1	0
X	0	Q _o	\bar{Q}_o

Fig. 12. Circuito integrado 7475 y tabla de verdad.

La configuración del CD4051 está hecha de tal forma que al encenderse un canal, se va a un nivel bajo. Acabamos de señalar que es necesario un nivel alto para que el CI 7475 deje pasar la información de entrada a la salida, por lo que es necesario que se utilice un negador para cada circuito. Para este propósito se usará un 74LS04 que es precisamente un circuito integrado que contiene seis compuertas negadoras.



ENTRADA	SALIDA
0	1
1	0

Fig. 13. Circuito integrado 74LS04.

Como convertidor digital-analógico se usará un DAC1222. Este circuito integrado contiene una escala de $R - 2R$ de resistencia que divide la corriente de referencia y que provee al circuito con una excelente característica de deriva por temperatura. Las entradas digitales son compatibles con los niveles lógicos DTL y TTL así como los niveles CMOS. Esta parte, combinada con una fuente de voltaje de referencia y un amplificador externo, puede ser usado como un convertidor D/A estándar.



$$V_{OUT} = -V_{REF} \times C \left(\frac{A1}{2} + \frac{A2}{4} + \frac{A3}{8} + \dots + \frac{A12}{4096} \right)$$

Fig. 14. Circuito integrado DAC1222.

Como ya se sabe, los convertidores digitales analógicos trabajan con corriente y no con voltaje, por lo que es necesario añadirle un convertidor de corriente a voltaje. Esto se logra con un amplificador operacional. En la fórmula anterior se puede observar que el voltaje de salida es negativo con respecto al de referencia, por lo que además del convertidor de corriente a voltaje, hay que adjuntar un operacional que invierta el voltaje de salida. En un circuito integrado LM747 vienen dos amplificadores operacionales 741, por lo que éste circuito es el que se usará para este proyecto.

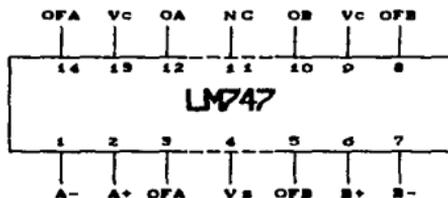


Fig. 15. Circuito integrado LM747.

Para el voltaje de referencia del DAC1222 se usará el

regulador de voltaje LM723 ya que se ha visto que es el que tiene menos variaciones de voltaje con respecto a la temperatura ambiente. Este circuito puede manejar una corriente de hasta 150mA, pero colocándole un transistor externo, puede aumentar esta corriente. El LM723 puede ser usado también como regulador tipo shunt, como regulador de corriente o como controlador de temperatura.

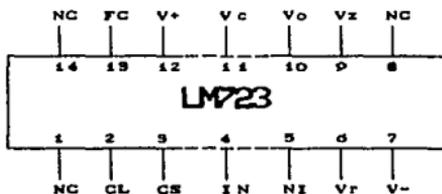


Fig. 10. Circuito integrado LM723.

Además de estos circuitos se usaron capacitores, resistencias, presets y otros materiales necesarios para la construcción de esta interfaz.

5. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS HECHAS A LA INTERFAZ

Las pruebas que se realizaron a la interfaz fueron las siguientes: se probó que la información correspondiente a cada almacén temporal llegue correctamente; que el voltaje de referencia fuera el correcto; y que la conversión a voltaje fuera la correcta. A continuación se presentan los resultados y las decisiones y/o cambios que se realizaron.

Como ya se había mencionado, los cuatro bits menos significativos serían utilizados como un tercio de la información completa y los tres bits siguientes serían usados como direccionamiento, éstos tres bits son utilizados para seleccionar, por medio del CI CD4051, al circuito que deba almacenar temporalmente la información; así podíamos tener un bit de reserva para poder usarlo en un momento dado.

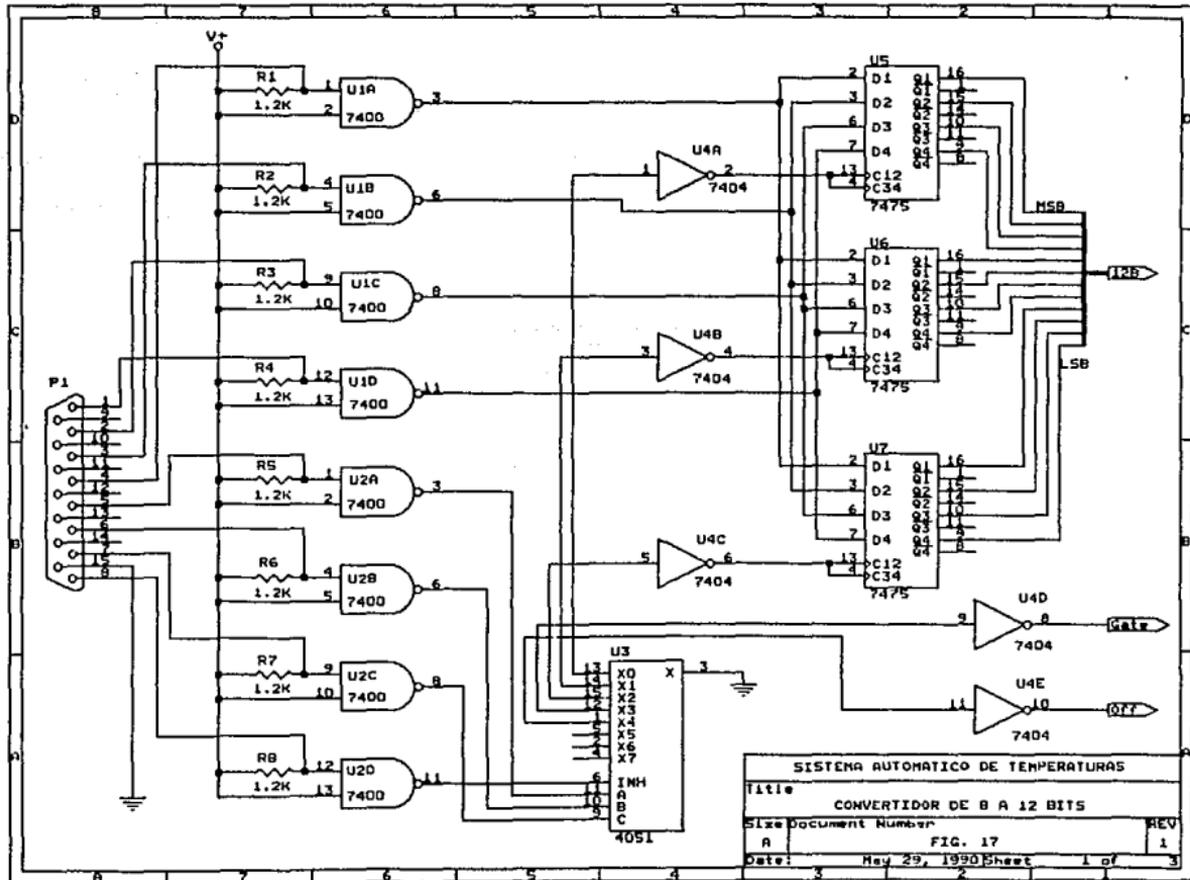
Al tratar de mandar la información junto con la dirección se tuvieron algunos problemas, ya que, en algunas ocasiones, la dirección llegaba unos instantes antes que la información, por lo que eran erróneos los datos que llegaban al convertidor. Para solucionar ese problema se tuvo que hacer uso del bit más significativo del HP3421A. Con esto se va a poder "retener" momentáneamente la información de dirección; esto se logra conectando este bit al pín de inhibición de las salidas del CD4051. De esta forma, al mandar la información de la temperatura y la dirección, solamente llega al almacén temporal su información correspondiente, mientras que la dirección se retiene en el demultiplexor. Un instante después se desconecta el pín de inhibición y la dirección pasa a través del CD4051 y llega al circuito correspondiente.

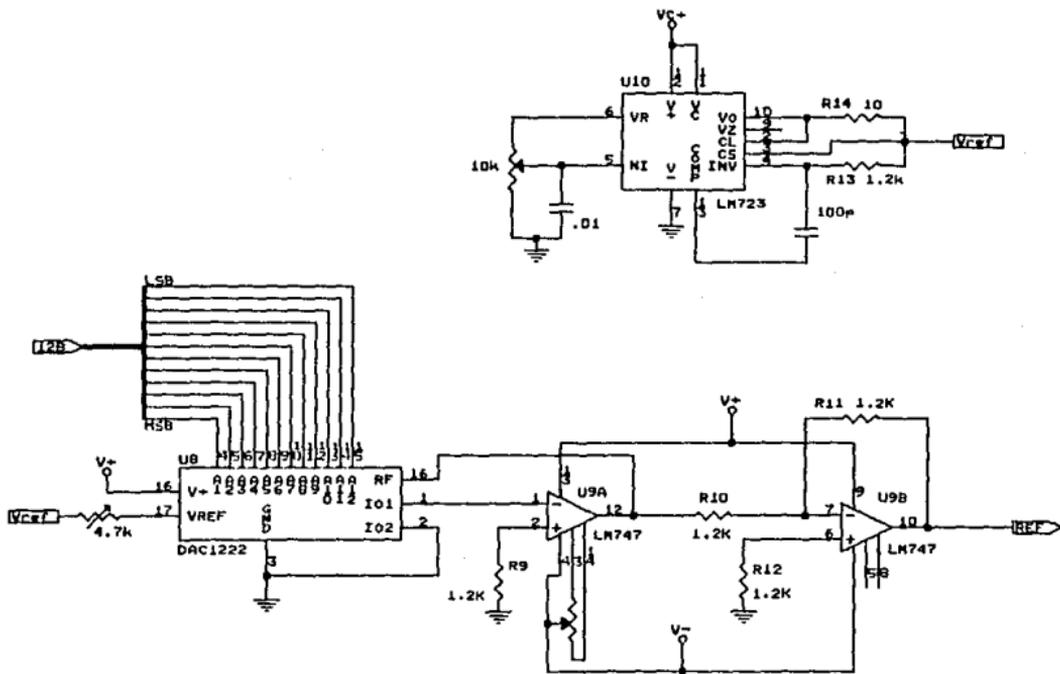
Para no tener problemas de que la fuente de referencia no tuviera el voltaje requerido, se escogió la opción de hacerla variable; de esta forma se puede ajustar al voltaje necesario para que el convertidor digital-analógico funcione correctamente.

Una vez que se solucionaron los problemas anteriores se realizaron pruebas para determinar cuál era la mejor forma de calcular la información digital de la temperatura. Primero se pensó en realizar los cálculos por el método de mínimos cuadrados dentro del programa, pero al mandar la información y hacer la conversión se observó que en ocasiones la señal de la temperatura estaba muy alejada de la deseada. La causa de esto es que el voltaje de referencia no coincide con el valor de voltaje que se utilizó en el programa, además de que la temperatura ambiente afecta a los operacionales. La mejor forma de solucionar este problema fue utilizando el mismo método de mínimos cuadrados, pero en lugar de comparar la magnitud de la temperatura en el programa, se compara con la salida que proporciona el convertidor. De esta forma, aunque el voltaje de referencia no sea exactamente el indicado y la temperatura desvíe la señal de los operacionales, la comparación de la temperatura a la que se quiere mantener el horno, se va a realizar con la que el convertidor está mandando al controlador. Con esto se reduce en gran parte los errores en la calibración.

Al realizar las pruebas con este método se encontró que el error máximo fue de $\pm 3^{\circ}\text{C}$, que viene siendo un valor casi despreciable en temperaturas de 200°C ; que son las temperaturas que por lo general se manejan para los experimentos.

En las figuras 17, 18 y 19 se muestra en su totalidad la interfaz descrita anteriormente.





SISTEMA AUTOMATICO DE TEMPERATURAS	
Title CONVERTIDOR D/A Y VOLTAJE DE REFERENCIA	
Size Document Number A	REV 1
FIG. 18	
Date: May 29, 1990	Sheet 2 of 3

VI.- PROGRAMACION.

1. DESCRIPCIÓN DE LOS PROGRAMAS.

Se realizaron tres programas para poder manejar todo el experimento. El programa principal "Main" es el que se tiene que correr para poder dar comienzo al experimento.

Este programa es el que almacena los datos del experimento y lleva la secuencia del mismo. Aquí se dan las instrucciones necesarias para que en el momento en que se haya concluido el experimento, se apague todo el sistema. Desde éste programa se corren los otros dos programas, "Temp" y "Puen". Se hicieron tres programas por ser la memoria de la computadora muy chica y también para poder apreciar mejor la programación.

En "Temp" es donde se busca la temperatura relativa del horno. Se manda al convertidor cada uno de los doce bits por separado, empezando del más significativo. Si la conversión que realiza el circuito es mayor a la referencia deseada, lo apaga y manda al siguiente; si es menor, lo deja encendido y manda el siguiente bit hasta completar los doce. En una subrutina se va verificando que arreglo de doce bits es el que se acerca más a la referencia deseada para que el experimento sea lo más preciso posible.

"Puen" es el programa que maneja al puente de impedancias. Este programa tiene almacenadas las frecuencias a las cuales el puente tiene que realizar las mediciones. Una vez que se le han mandado las instrucciones necesarias y el puente

haya realizado las mediciones, el programa recibe la información del puente y la almacena en los discos magnéticos.

2. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.

A continuación se describe cada una de las variables que se usaron en los programas.

Variable	Descripción
I, J, K	Control de ciclos.
N\$	Nombre principal de archivos.
N1\$	Nombre completo de archivo.
V\$	Nivel de voltaje.
TC(15)	Temperaturas de muestreo.
T0	Total de temperaturas.
T1	Temperatura más baja.
T2	Temperatura más alta.
T3	Incremento de temperaturas.
BC(12)	Bits del convertidor.
B1(12)	Bits más cercanos a la referencia.
B2	Suma de cada 4 bits.
R	Referencia ideal.
R1	Referencia real.
R3	Diferencia entre referencia real e ideal.
A	Temperatura ambiente.

H	Temperatura relativa del horno.
H1	Temperatura del horno.
F\$	Comando de frecuencias del puente.
V1\$	Comando nivel de voltaje.
Z	Dato obtenido del puente.
AO	Dato obtenido del puente.
FO	Dato obtenido del puente.

3. PROGRAMAS.

Programa "Main":

```

10 CLEAR @ DISP "*****"
20 DISP "Programa para manejo automatico"
30 DISP "del HP4192A"
40 GOSUB 430 @ ! BORRA Kx
50 ON KEY# 1, "ENTRADA" GOTO 100
60 ON KEY# 4, "EMPIEZA" GOTO 240
70 KEY LABEL @ DIM T(16)
80 GOTO 80
90 ! *****
100 ! RUTINA DE ENTRADA
110 CLEAR @ DISP "Entrada de datos" @ GOSUB 430 @ ! BORRA Kx
120 DISP "Nombre del archivo" @ INPUT N$
130 DISP "Nivel de voltaje Centre.005y1)" @ INPUT V$
140 DISP "15 muestreos como maximo"
150 DISP "Cual es la temperatura minima" @ INPUT T1
160 DISP "Cual es la maxima" @ INPUT T2
170 DISP "Cual es el incremento" @ INPUT T3
180 ! CICLO DE ARREGLO DE TEMP.
190 TO=0
200 FOR I=T1 TO T2 STEP T3
210 TO=TO+1 @ T(TO)=I @ IF TO=15 THEN I=T2
220 NEXT I

```

```

230 GOTO 10
240 ! *****
250 ! INICIO DE MUESTREOS
260 FOR I=1 TO T0
270 CLEAR @ DISP "Ciclo de muestreos"
280 DISP @ DISP "Muestreo:"; I; "/"; T0
290 DISP "Temperatura de muestreo:"; TCI)
300 WAIT 4000
310 ! ***LLAMA A TEMP***
320 CALL "TEMP" (TCI), I) @ SCRATCHSUB "TEMP"
330 DISP "Horno a temperatura deseada"
340 ! ***LLAMA A PUEN***
350 CALL "PUEN" (N$, V$, I) @ SCRATCHSUB "PUEN"
360 DISP "Medicion adquirida y almacenada" @ WAIT 1000
370 NEXT I
380 CLEAR @ DISP "EXPERIMENTO TERMINADO"
390 WAIT 5000
400 OUTPUT 706; "WRT1, 64"
410 OUTPUT 706; "WRT1, 128"
420 END
430 ! *****
440 ! RUTINA DE BORRAR Kx
450 OFF KEY# 1 @ OFF KEY# 4
460 RETURN

```

Programa "Temp":

```

10 SUB "TEMP" (T, I)
20 ! SUB PUESTA A PUNTO EL HORNO
30 CLEAR @ DISP "Un momento por favor"
40 OUTPUT 706; "WRT1, 128" @ DIM B(12), BI(12)
50 IF I=1 THEN GOTO 70
60 B2=48 @ GOSUB 510 @ ! APAGA EL HORNO
70 FOR J=0 TO 11 @ B(J)=0 @ NEXT J
80 FOR J=0 TO 11 @ BI(J)=0 @ NEXT J
90 R2=2000 @ GOSUB 390 @ ! OUT REF
100 OUTPUT 706; "DCV3" @ ENTER 706; A @ A=INT(A*100-273+0.5)
110 ALPHA 1, 1 @ CLEAR @ DISP "Buscando temperatura deseada"

```

```

120 R=T-A @ ! CALCULO TMP. RELATIVA
130 FOR J=11 TO 0 STEP -1
140 BCJ)=1
150 GOSUB 390 @ ! OUT REF
160 OUTPUT 706; "DCV2" @ ENTER 706; R1 @ R1=INTCR1*1000+0.5D
170 ALPHA 3,1 @ DISP @ DISP "Referencia :"; R
180 DISP "Horno :"; R1
190 IF R=R1 THEN GOTO 270
200 GOSUB 550 @ ! GUARDA DATO
210 IF R<R1 THEN BCJ)=0
220 NEXT J
230 IF R1>R+6 OR R1<R-6 THEN GOTO 70
240 FOR J=0 TO 11 @ BCJ)=B1(CJ) @ NEXT J
250 GOSUB 390 @ ! OUT REF
260 OUTPUT 706; "DCV2" @ ENTER 706; R1 @ R1=INTCR1*1000+0.5D
270 B2=48 @ GOSUB 510 @ ! ENCIENDE EL HORNO
280 ALPHA 1, 1 @ CLEAR @ DISP "Temperatura de ref.:"; R1
290 ALPHA 3, 1 @ DISP "Temperatura ambiente:"; A
300 ALPHA 5, 1 @ DISP "Temperatura relativa del horno:"
310 ! *****CILCO DE ESPERA*****
320 OUTPUT 706; "DCV4" @ ENTER 706; H @ H=INTCH*1000+.5D @ ! IN
    HORNO
330 ALPHA 5, 35 @ DISP H @ WAIT 5000
340 IF H>R-4 AND H<R+4 THEN GOTO 360 @ ! TIEMPO DE ESPERA
350 GOTO 310
360 ! *****TIEMPO DE ESPERA*****
370 FOR J=1 TO 360 @ WAIT 5000 @ NEXT J
380 SUBEND
390 ! *****OUT REF*****
400 B2=0
410 FOR K=11 TO 8 STEP -1 @ B2=B2+2^(K-8)*BCK) @ NEXT K
420 GOSUB 500 @ ! OUT
430 B2=16
440 FOR K=7 TO 4 STEP -1 @ B2=B2+2^(K-4)*BCK) @ NEXT K
450 GOSUB 500 @ ! OUT
460 B2=32
470 FOR K=3 TO 0 STEP -1 @ B2=B2+2^K*BCK) @ NEXT K
480 GOSUB 500 @ ! OUT

```

```

490 RETURN
500 ! ****OUT****
510 OUTPUT 706; "WRT1,"; B2+128
520 OUTPUT 706; "WRT1,"; B2
530 OUTPUT 706; "WRT1,"; B2+128
540 RETURN
550 ! ****GUARDA DATO****
560 R3=ABSCR-R1)
570 IF R2<R3 THEN GOTO 600
580 FOR K=0 TO 11 @ B1(K)=BCK) @ NEXT K
590 R2=R3
600 RETURN

```

Programa "Puen":

```

10 SUB "PUEN" (N$, V$, I)
20 ! SUB MANEJO DEL PUENTE
30 ALPHA 1, 1 @ CLEAR @ DISP "Realizando mediciones"
40 OUTPUT 706; "DCV4, 3" @ ENTER 706; H, A
50 H=INTCH*1000+0.5) @ A=INTCA*100-273+0.5)
60 H1=H+A
70 ALPHA 3, 1 @ DISP "El horno se encuentra a "; H1; "grados"
80 N1$=N$&VAL$(I)&".DRIVE1"
90 DISP N1$
100 CREAT N1$, 50, 50
110 ASSIGN #1 TO N1$
120 PRINT #1; N$&VAL$(I), VAL$(H1)
130 CREAT 717 @ OUTPUT 717; V1$
140 F$="FRO.001EN" @ V1$="OL1.000EN" @ ! COMANDOS DEL PUENTE
150 V1$(3, 7)=V$ @ OUTPUT 717; V1$
160 OUTPUT 717; "V1"
170 RESTORE
180 FOR J=1 TO 94
190 OUTPUT 717; "A1B1T3F1" @ ! RUTINA DE LECTURA Z Y angulo
200 READ F$(3, 7) @ ! LEE FRECUENCIA A LA QUE VA A MEDIR
210 OUTPUT 717; F$
220 OUTPUT 717; "EX" @ ! EJECUTA LA MEDICION
230 ENTER 717; Z, A0, FO @ ! LEE DATOS DEL PUENTE

```

```

240 Z=Z/1000
250 PRINT #1; Z, A0, FO
260 NEXT J
270 ASSIGN #1 TO *
280 DATA .005, .012, .015, .017, .02, .023, .027, .03, .035, .04,
      .05, .06, .07, .08, .09
290 DATA .1, .12, .15, .17, .2, .23, .27, .3, .35, .4, .5, .6,
      .7, .8, .9
300 DATA 1, 1.2, 1.5, 1.7, 2, 2.3, 2.7, 3, 3.5, 4, 5, 6, 7, 8, 9
310 DATA 10, 12, 15, 17, 20, 23, 27, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80,
      90
320 DATA 100, 120, 150, 170, 200, 230, 270, 300, 350, 400, 500,
      600, 700, 800, 900
330 DATA 1000, 1200, 1500, 1700, 2000, 2300, 2700, 3000, 3500,
      4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000
340 DATA 10000, 11000, 12000, 13000
350 SUBEND

```

4. RESUMEN DE LOS PROGRAMAS.

Programa principal "Main":

Líneas	Descripción
10-80	Inicio y presentación del programa.
90-170	Rutina que almacena los datos del experimento.
180-230	En este ciclo se almacenan las temperaturas relativas; de la temperatura mínima hasta la máxima con el incremento indicado. Solo almacena 15 temperaturas.
240-370	Ciclo de mediciones a temperaturas definidas.
310-330	Llama al subprograma "Temp" y cuando éste

termina lo borra de la memoria.

340-360 Llama al subprograma "Puen" y cuando finaliza lo borra de la memoria.

380-420 Fin del programa y del experimento. Apaga todo el equipo.

430-460 Subrutina que borra las teclas de funciones.

Programa de puesta a punto del horno "Temp":

Líneas	Descripción
10-30	Inicio del programa.
40	Manda la señal a la pata de inhibición y dimensiona las variables de los bits.
50	Verifica si es la primera medición.
60-80	Apaga el horno (a partir de la segunda medición) y borra los bits.
90	Asigna el valor de 2000 a R2 y llama a la subrutina "out ref".
100	Mide la temperatura ambiente.
120	Calcula la temperatura relativa del horno.
130-220	Ciclo de búsqueda de la temperatura relativa.
140-150	Enciende el bit correspondiente (comenzando por el más significativo) y llama a la subrutina "out ref".
160-180	Mide el voltaje del DAC y despliega la temperatura que marca y la que debería marcar.
190-210	Si es la temperatura correcta termina el ciclo, de otra forma llama a la rutina que

guarda la información mas cercana y apaga el bit que encendió.

230-260	Si la temperatura no esta dentro del rango de ± 5 grados, regresa a la línea 70. Recupera la información de la temperatura más cercana y llama a la subrutina "out ref".
270	Enciende el horno.
280-300	Despliega información.
310-350	Ciclo de observación de estabilización del horno.
360-370	Ciclo de espera
380	Fin del subprograma "Temp"
390-490	Subrutina que organiza los datos y la dirección de los mismos.
500-540	Subrutina que saca los datos y la dirección.
550-600	Subrutina que guarda la información de la temperatura más cercana.

Programa para manejar el puente de impedancias "Puen":

Líneas	Descripción
10-30	Inicio del programa.
40-70	Mide la temperatura relativa del horno y la del ambiente, desplegando la temperatura real del horno.
80-120	Organiza el nombre del archivo, lo crea en el disco y almacena el nombre del archivo y la temperatura del horno.
130-170	Manda las primeras instrucciones al puente y

coloca el puntero de los datos de las
frecuencias al principio.

180-260 Ciclo de mediciones a diferentes frecuencias.

190-240 Manda instrucciones al puente para que
realice las mediciones y recibe los datos
obtenidos.

250 Almacena los datos en el disco.

270 Cierra el archivo.

280-340 Datos de las frecuencias a las cuales se
realizan las mediciones.

350 Fin del subprograma "Puen".

VII.- EVALUACION Y CALIBRACION.

1 EVALUACIÓN DE LA INTERFAZ.

Si tomamos un experimento en el que se usará un horno con una lámpara de 500W, siendo la temperatura mínima la del ambiente, una temperatura máxima de 250°C con un rango de 50 grados, se tendrían seis lecturas. El puente de impedancias tarda aproximadamente 1.5 min. en tomar las lecturas y almacenarlas; el horno, con estas características y con este rango, se estabiliza en 3 min.; la computadora tarda alrededor de medio minuto en encontrar la temperatura de referencia del horno. Esto hace que el experimento se realice en media hora aproximadamente.

Anteriormente este mismo experimento se tardaba en realizar, dependiendo de la atención que prestara el operador hacia éste, en aproximadamente en 43 min. Esto nos indica que con la interfaz tenemos un ahorro en tiempo de alrededor del 40% y un 100% de ahorro en gastos de honorarios del operador. En un experimento como este, no sería de gran importancia que se tardara algunos minutos más, pero en experimentos que requieran un mayor número de muestreos, si conviene la utilización de la interfaz.

En la siguiente tabla se muestra el costo aproximado de la interfaz. La tabla incluye el costo del controlador analógico, el frente de entrada, la fuente de poder y del dispositivo de apagado.

<u>CONCEPTO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>PRECIO</u>	<u>TOTAL</u>
CI XR4194	1	\$3,000.00	\$3,000.00
CI 7400	2	\$2,000.00	\$4,000.00
CI CD4051	1	\$1,800.00	\$1,800.00
CI 74LS04	1	\$2,500.00	\$2,500.00
CI 7475	3	\$1,800.00	\$5,400.00
CI DAC1222	1	\$37,000.00	\$37,000.00
CI LM723	1	\$3,200.00	\$3,200.00
CI LM747	3	\$800.00	\$2,400.00
CI MOC3030	1	\$1,500.00	\$1,500.00
CI LM335	1	\$7,000.00	\$7,000.00
BASES PARA SOLDAR	15	\$600.00	\$9,000.00
RESISTENCIAS	52	\$50.00	\$2,600.00
PRESET	6	\$500.00	\$3,000.00
TRIM-POT	5	\$5,000.00	\$25,000.00
CAP. 2200uF	2	\$850.00	\$1,700.00
CAP. 470uF	2	\$550.00	\$1,100.00
CAP. 10uF	10	\$450.00	\$4,500.00
CAP. 0.1uF	30	\$300.00	\$9,000.00
CAP. 0.001uF	2	\$300.00	\$600.00
DIODOS 1N4004	10	\$800.00	\$8,000.00
TRANSISTOR MJE2985	1	\$7,500.00	\$7,500.00
TRANSISTOR BC547	1	\$500.00	\$500.00
TRANSISTOR TIP142	1	\$7,500.00	\$7,500.00
SCR Q4040	1	\$50,000.00	\$50,000.00
LED	3	\$100.00	\$300.00
FOTORESISTENCIA	1	\$3,500.00	\$3,500.00
TRANS. 12V 2A	1	\$3,400.00	\$3,400.00

<u>CONCEPTO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>PRECIO</u>	<u>TOTAL</u>
TRANS. 24V 1A	1	\$2,800.00	\$2,800.00
BORNES	2	\$800.00	\$1,600.00
CONECTOR DB15 H	1	\$1,500.00	\$1,500.00
CONECTOR DB15 M	1	\$1,500.00	\$1,500.00
CABLE PLANO	1.5	\$800.00	\$1,200
PORTAFUSIBLE	2	\$500.00	\$1,000.00
SWITCH TRIPLE	1	\$4,000.00	\$4,000.00
CONECTOR AC H	1	\$4,800.00	\$4,800.00
DISIPADOR DE CALOR	1	\$3,700.00	\$3,700.00
CABLE Y ALAMBRE	4	\$200.00	\$800.00
P. FENOLICA 30*30	1	\$3,200.00	\$3,200.00
			=====

T O T A L -----> \$233,500.00
 =====

2. CALIBRACION DE LA INTERFAZ.

La calibración de la interfaz se tiene que realizar con el controlador-adquisitor de datos y con el programa de calibración que se realizó.

Una vez conectada la interfaz al controlador se tiene que correr el programa de calibración y seguir las instrucciones del programa. Son tres los puntos que hay que calibrar; en primer lugar se tiene que mandar una temperatura relativa de cero y medir que la señal que proporciona convertidor sea lo más cercano

a cero volts, esto se hace para eliminar la deriva del operacional; el siguiente paso es medir el mismo punto pero la señal que se manda al convertidor es la de la temperatura máxima, por lo tanto la señal que se lea del convertidor tiene que ser la temperatura máxima relativa a la cual va a permanecer el horno, en este caso será de 1500°C. El último punto a calibrar es el de la temperatura ambiente; una vez que se sabe cuál es la temperatura que existe en el ambiente, se procede a ajustar el dispositivo hasta que marque la temperatura existente.

La interfaz se podría calibrar con un multímetro, pero es mas preciso con el HP3421A. A continuación se muestra el programa para calibrar la interfaz:

```
10 ALPHA 1, 1 @ CLEAR @ ALPHA 6, 1 @ DISP "*****"
20 DISP "PROGRAMA PARA CALIBRAR EL"
30 DISP "CONVERTIDOR ANALOGICO-DIGITAL"
40 DISP "*****"
50 WAIT 4000
60 OUTPUT 706; "WRT1, 128"
70 ALPHA 1, 1 @ CLEAR @ DISP "Gire el trim-pot de ajuste"
80 DISP "hasta que el voltaje sea lo mas"
90 DISP "cercano a cero volts."
100 ON KEY #1, "AJUSTADO" GOTO 210 @ KEY LABEL
110 O=0 @ GOSUB 460
120 O=16 @ GOSUB 460
130 O=32 @ GOSUB 460
140 ALPHA 6, 1 @ DISP "Voltaje:"
150 OUTPUT 706; "DCV2"
160 ENTER 706; T
170 T=INT(T*1000+0.5)
180 ALPHA 6, 10 @ DISP T
190 WAIT 2000
```

```

200 GOTO 150
210 ALPHA 1, 1 @ CLEAR @ DISP "Gire el preset de referencia"
220 DISP "hasta que el voltaje sea lo"
230 DISP "mas cercano a dos." @ ON KEY #1, "AJUSTADO" GOTO 340
240 KEY LABEL @ T=T*1000
250 O=15 @ GOSUB 460
260 O=31 @ GOSUB 460
270 O=47 @ GOSUB 460
280 ALPHA 6, 1 @ DISP "Voltaje:"
290 OUTPUT 706; "DCV2"
300 ENTER 706; T
310 ALPHA 6, 10 @ DISP T
320 WAIT 2000
330 GOTO 290
340 ALPHA 1, 1 @ CLEAR @ DISP "Ajuste el preset de temperatura"
350 DISP "ambiente hasta que marque la"
360 DISP "que hayen el ambiente."
370 ON KEY #1, "AJUSTADO" GOTO 440 @ ALPHA 6, 1 @ DISP "Temp.:" @
    KEY LABEL
380 OUTPUT 706; "DCV3"
390 ENTER 706; T
400 T=T*100-273
410 ALPHA 6, 8 @ DISP T
420 WAIT 2000
430 GOTO 380
440 ALPHA 1, 1 @ CLEAR @ ALPHA 6, 5 @ DISP "SISTEMA CALIBRADO"
450 END
460 OUTPUT 706; "WRT1."; O+128
470 OUTPUT 706; "WRT1."; O
480 OUTPUT 706; "WRT1."; O+128
490 RETURN

```

A continuación se describe el programa para calibrar la interfaz "Calib":

Línea	Descripción
10-50	Inicio y presentación del programa.
60	Manda la señal a la pata de inhibición.
110-130	Apaga todos los bits del DAC.
150-200	Ciclo de observación del voltaje que convierte el DAC.
250-270	Enciende todos los bits del DAC.
290-330	Ciclo de observación del voltaje que convierte el DAC.
380-430	Ciclo de observación de la temperatura ambiente que proporciona el sensor.
450	Fin del programa "Calib"
480-490	Subrutina que manda los datos y dirección al controlador HP3421A.

3. CALIBRACION DEL FRENTE DE ENTRADA.

La calibración del frente de entrada tiene que ser lo mas exacta posible, ya que este dispositivo es el que nos indica la temperatura relativa del horno. Por lo que con una mala calibración del frente tendremos una lectura errónea y los experimentos tendrán un grado de error alto.

Para calibrar el frente se tienen que seguir los siguientes pasos:

a.- El frente de entrada no tiene que estar montado en la interfaz para su calibración. Una vez que se ha conectado a la fuente de poder se tiene que cortocircuitar la entrada del termopar. Se tiene que medir el voltaje entre la salida del operacional y tierra, y girar el trimpot correspondiente hasta que el voltaje sea lo más cercano a cero. Se coloca el multímetro en la salida del otro operacional y se ajusta a que el voltaje que se mide sea muy cercano a cero volts. Estas dos operaciones se tienen que realizar varias veces puesto que al estar en un mismo integrado, al ajustar un operacional, afecta la deriva del otro.

b.- Se tiene que retirar el primer circuito integrado y colocar el otro circuito en su lugar. Ya que se han aterrizado ambas entradas de los dos operacionales se giran los trimpots correspondientes hasta que el voltaje de salida de ambos operacionales sea casi cero volts.

c.- Ya que se han colocado ambos circuitos se vuelven a cortocircuitar ambas entradas del termopar para un ajuste a cero de la salida del frente. Si el voltaje de salida no es cero, revise de nuevo las salidas de cada operacional de tal forma que la salida del frente sea cercana a cero.

d.- El frente de entrada no es del todo lineal, así que se tiene que ajustar a la mitad del intervalo de temperatura a la cual se va a trabajar. En este caso se calibró a una temperatura de 600°C. Se tiene que observar la tabla del termopar que se va a

usar y ver que voltaje es el que se produce a una temperatura de 600°C. Con una fuente de precisión se tiene que colocar el voltaje encontrado a la entrada del termopar y girar el preset hasta que el voltaje a la salida del frente sea de .06 Volts.

VIII.- MANUAL DEL USUARIO.

1 FORMA DE OPERAR.

Para poder realizar un experimento en forma automática se tienen que seguir los siguientes pasos:

- a.- Prenda la interfaz y el eliminador de picos.
- b.- Presione el botón del relevador hasta que la bobina quede energizada y mantenga al relevador conectado.
- c.- Encienda la microcomputadora, el puente, la disketera y el controlador adquisitor de datos.
- d.- Inserte los discos magnéticos en la disketera. En el drive 0 coloque el disco magnético del programa y en el drive 1 el disco para almacenar los resultados.
- e.- Cargue el programa principal y ejecútelo.

Una vez que haya terminado de realizar las mediciones, el sistema se apagará automáticamente. Posteriormente puede revisar los resultados para su interpretación.

2. SECUENCIA DEL PROGRAMA.

Al correr el programa principal "Main" aparecerán los mensajes que a continuación se describirán.

de 0.5V y los datos del experimento se almacenarán con el prefijo "TES"; esto es, los datos de la primera medición se almacenarán con el nombre se "TES1.DRIVE1", los datos de la temperatura de 80°C con el nombre de "TES2.DRIVE1" y por último, los datos de la medición de 90°C con "TES3.DRIVE1".

Al terminar de ingresar los datos la computadora regresara a la pantalla de presentación. Para poder dar comienzo al experimento se tiene que presionar la tecla de "EMPIEZA" ; de aquí en adelante la microcomputadora se encargará de llevar todo el experimento y de apagar todo el sistema al final del mismo.

Si durante la ejecución del programa se llega a presionar alguna tecla, el experimento se detendrá y solamente podrá continuar si se presiona la tecla .

En el momento de dar comienzo al experimento aparecerá en la pantalla el estado del mismo. Se podrá observar cuál es la medición que se va a realizar, cuántas mediciones son y a qué temperatura se debe realizar (Fig. 22).

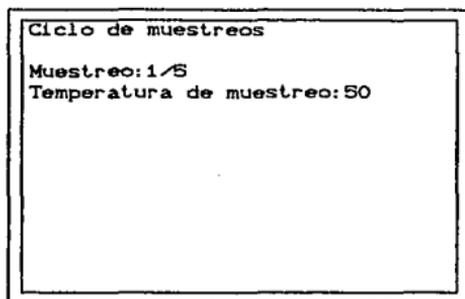


Fig. 22.

A continuación la computadora buscará cuál es la temperatura relativa más cercana que puede mandar el convertidor. Esta búsqueda se podrá observar en el monitor de la computadora.

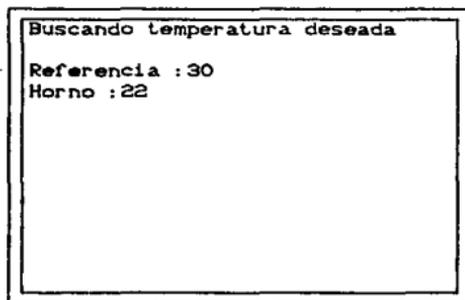


Fig. 23.

La temperatura de referencia es la temperatura a la cual debe de llegar el convertidor digital-analógico y la temperatura horno es la señal que manda el DAC al horno, pero durante este período, el horno se encuentra apagado (Fig. 23.)

Ya que ha encontrado la temperatura más próxima, la computadora mandará la señal al horno y esperará hasta que llegue a la temperatura indicada.

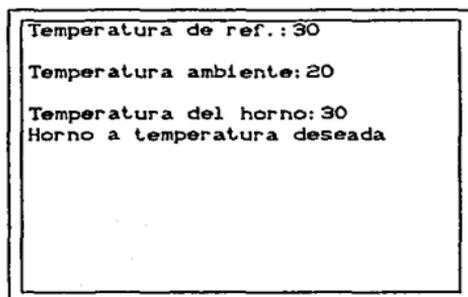


Fig. 24.

En el monitor se podrá observar como el horno va alcanzando la temperatura indicada. Aquí se muestra la temperatura relativa a la que debe llegar el horno, la temperatura ambiente y la temperatura relativa que tiene el horno (Fig. 24).

En el momento que el horno llega a su temperatura relativa, aparecerá en la pantalla el mensaje "Horno a temperatura deseada". A partir de este momento la computadora esperará 20 min. para después iniciar las mediciones.

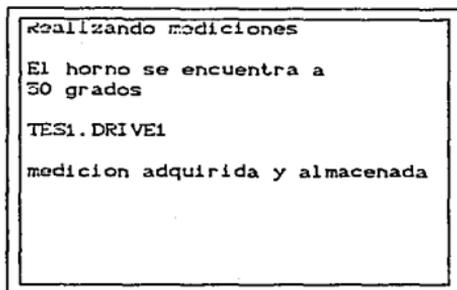


Fig. 25.

Cuando se inicia la medición aparecerá en la pantalla el mensaje anterior. Los resultados se almacenarán con el nombre que aparece en la pantalla, así como la temperatura absoluta a la cual se realizó la medición. Al terminar la medición aparecerá el mensaje "medición adquirida y almacenada" (Fig. 25).

Si la medición que se realizó fue la última, aparecerá en la pantalla el mensaje de "EXPERIMENTO TERMINADO" (Fig. 26) y la computadora procederá a apagar todos los aparatos.



Fig. 26.

IX.- CONCLUSIONES.

El objetivo de realizar este trabajo es que en el Instituto de Investigaciones en Materiales se tenían que automatizar los experimentos de espectroscopia de impedancias, ya que existía la necesidad de optimizar el número de usuarios, no solo dentro del Departamento de Materiales Metálicos y Cerámicos, sino también de otros departamentos del IMM y hasta de otras dependencias de la UNAM.

Con la elaboración de este trabajo se peden hacer experimentos en los que no solo la temperatura es la variable más importante, sino que tambien el tiempo es un factor que se deba tomar en consideración. En estos casos el operador tendría que estar de tiempo completo en la evaluación del experimento, ademas que siempre habría el riesgo del error humano.

Puesto que ya se han realizado varios experimentos con la interfaz, los objetivos del trabajo quedan, al parecer, totalmente cubiertos. No hay prueba más difícil, que la prueba del uso. Esta interfaz solo puede trabajar en rangos de temperatura desde la ambiental hasta una máxima de 1500°C, puesto que es la temperatura que puede soportar el termopar.

Una de las ventajas de usar la interfaz, es que con la mano de obra que se ahorra, el costo de esta interfaz se paga en poco tiempo.

Por otra parte, es muy difícil comercializar esta interfaz, ya que se utilizaron aparatos que pertenecen al IIM

desde hace tiempo; además, otros son demasiado caros y muy específicos.

Existe la posibilidad de usar otros equipos más modernos, como una computadora personal; también se podrían eliminar otros aparatos; pero a la interfaz se le tendrían que agregar algunos dispositivos y a la computadora se le tendría que colocar una tarjeta IEEE-488 para que pudiera comunicarse con el puente de impedancias. Aunque en este caso se use para la investigación, la interfaz puede utilizarse industrialmente en tratamientos térmicos o en algunos procesos en el que el tiempo y la temperatura sean factores importantes; aun más, con las modificaciones necesarias, ésta interfaz puede utilizarse en procesos de automatización, el cual podría ser otro trabajo muy interesante.

X.- REFERENCIAS.

1. "Non-destructive Method for Evaluation of Permanent Magnets"
S. Patiffo, E. Amano y R. Valenzuela.
Proceedings of the 3d. International Symposium on Ceramic
Materials and Components for Engines. Editor. V.J. Tennery
American Ceramic Society (1989). pags 1141-1140.

2. "A Model for Magnetics Hysteresis Loop of Amorphous Ribbons"
L.F. Magaffa, E. Amano y R. Valenzuela.
Proceedings of the 5th International Conference on Ferrites.
Bombay, India. (1989) Vol. 2 pags 813-810.

3. "Curie-Weiss Behavior in Polycrystalline Barium Titanate
from A.C. Measurements"
R. Flores-Ramirez, A. Huanosta, E. Amano, R. Valenzuela and
A.R. West.
Ferroelectrics. (1989) Vol. 99 pags 193-201.

4. "Domain Wall Relaxation in Amorphous Ribbons"
E. Amano, R. Valenzuela, J.T.S. Irvine y A.R. West
Journal of Applied Physics. (1990) Vol. 67.

5. "Computer AC Measurements, Analysis and Simulation of
Electrical and Magnetic Properties"
E. Amano and R. Valenzuela
Proceeding of the First International Ceramic Sciences and
Technology Congress.
California, U.S.A.
American Ceramic Society (1989) (Comatica).

6. "Characterisation of Magnetic Materials by Impedance Spectroscopy"

J.T.S. Irvine, E. Amano, A. Huanosta, R. Valenzuela, and A.R. West

Proceedings of the 7th International Conference on Solid State.

Ionics, Japan. (En prensa).

7. Linear Databook 1

National Semiconductor Corporation

1988 Edition

8. Linear Databook 2

National Semiconductor Corporation

1988 Edition

9. LS/TTL Logic Databook

National Semiconductor Corporation

1987 Edition