

# **Club** **SABER.** **ELECTRÓNICA**

Funcionamiento  
&  
Reparación de

# **HORNOS**

# **DE MICROONDAS**

**Funcionamiento general. La seguridad en la reparación de hornos de microondas. Fallas, soluciones y servicio técnico.**

**Calentamiento por Radiación Electromagnética**

**Control Electromecánico / Electrónico**

**Funcionamiento y Reparación de los Teclados**

**Iluminación de la Cavidad Principal**

**Funcionamiento y Reparación de los Display**

**Sensores de Gases, Vapor y Temperatura**

**Encendido del Magnetron**

**Fallas Comunes**

**Mediciones, Mantenimiento y Servicio**

**EL SERVICIO TECNICO A LOS HORNOS DE MICROONDAS**



# FUNCIONAMIENTO Y REPARACION DE HORNOS DE MICROONDAS

## CURSO COMPLETO TEORICO - PRACTICO

Los hornos de microondas se han popularizado tanto, que casi no existen casas en las ciudades en las que no haya uno de estos aparatos en la cocina. Hoy hallamos hornos de diferente tipo, ya sean simples o con microcontrolador, con o sin grill, de pequeña o de gran capacidad, etc.

Los lectores de Saber Electrónica están acostumbrados a leer informes de reparación de estos hornos y hasta dimos una explicación de funcionamiento y metodología de reparación y una introducción al tema en Saber N° 220 y 238, pero como el trabajo de restauración está creciendo día a día, y suponemos que no será Ud. quien se anime a "despreciar" una nueva forma de ingresos, es por eso que le proponemos que "aprenda" todo lo que necesita saber para realizar el desarme, mantenimiento y reparación de cualquier horno de microondas.

Estos dispositivos basan su funcionamiento en la generación de señales de muy alta frecuencia y potencia considerable, sabiendo que dichas señales producen una agitación en las moléculas de los alimentos produciéndose su calentamiento y cocción.

Los técnicos e ingenieros conocemos los transformadores, diodos, capacitores, resistencias y demás componentes constituyentes de un horno de microondas, entonces: ¿por qué no dedicarnos a realizar servicios técnicos a estos equipos?. Simplemente debemos conocer cómo funciona y cómo se prueba el "principal componente de estos equipos": EL MAGNETRON.

Pero, quizá la principal fuente de fallas no se encuentre en la generación de las microondas sino en el mal funcionamiento de los teclados, displays y demás elementos microcontrolados que se encuentran como accesorios para conseguir el descongelamiento programado de

un alimento o la cocción de otro. Para poder dar mantenimiento y servicio no basta simplemente con saber cómo se generan las microondas, sino que el técnico debe tener conocimientos sobre técnicas digitales y microcontroladores.

En este texto proponemos el aprendizaje en forma ordenada del funcionamiento de cada parte constituyente de un horno de microondas moderno, dando detalles funcionales de cada etapa y hasta algunas fallas típicas y los métodos seguidos para su reparación.

A modo de complemento, el lector puede bajar información de nuestra web en formato de video, cómo se testean los principales componentes a tener en cuenta ante un problema de funcionamiento de un horno. El resto de partes, tales como carcasa, cables de energía, etc, a pesar de tener su importancia, no se incluyen en él. Los componentes susceptibles de ser verificados son:

- \* MAGNETRON.
- \* DIODO DE ALTO VOLTAJE.
- \* CONDENSADOR.
- \* TERMISTOR.
- \* TRANSFORMADOR.
- \* TEMPORIZADOR.
- \* SELECTOR DE POTENCIA.
- \* PLACA DE CONTROL.
- \* PLACA ENTRADA Y FUSIBLES.
- \* LAMPARA DE ILUMINACION
- \* MOTOR ROTATORIO.
- \* VENTILADOR.
- \* SWITCHES DE PUERTA.
- \* CABLE INTERLOCK.
- \* RESISTENCIA GRILL, LAMINA DE MICA.

Esta información puede bajarla de [www.web-electronica.com.ar](http://www.web-electronica.com.ar), haciendo click en el ícono password e ingresando la clave "textohorno", seleccionando la opción: "información para socios".

# TODO SOBRE HORNOS DE MICROONDAS

# INDICE GENERAL

## DESCRIPCION DE CAPITULOS, SECCIONES Y TEMAS DESARROLLADOS

<b>Lección 1</b> . . . . .	<b>3</b>	<b>Lección 6</b> . . . . .	<b>41</b>
Introducción . . . . .	3	Introducción . . . . .	41
Energía térmica . . . . .	4	Evolución histórica de los teclados . . . . .	41
Las uniones moleculares . . . . .	5	El teclado de membrana . . . . .	42
Calentamiento por radiación electromagnética . . . . .	6	Reparación de un teclado de membrana . . . . .	44
Circuitos resonantes de microondas . . . . .	6	Teclados matriciales . . . . .	45
Apéndice 1 . . . . .	8	<b>Lección 7</b> . . . . .	<b>47</b>
Medición de sobre elevación de temperaturas en líquidos . . . . .	8	Introducción . . . . .	47
Los circuitos resonantes . . . . .	8	Iluminación de la cavidad principal . . . . .	47
<b>Lección 2</b> . . . . .	<b>11</b>	Resonantes piezoeléctricos (buzzer) . . . . .	48
Introducción . . . . .	11	El display termoiónico . . . . .	49
Leyes del movimiento de los electrones libres . . . . .	11	Circuito completo de display y teclado . . . . .	51
Estructura del magnetrón . . . . .	12	Reemplazo del display . . . . .	52
Circuito práctico de alimentación del magnetrón . . . . .	13	<b>Lección 8</b> . . . . .	<b>53</b>
El funcionamiento completo del magnetrón . . . . .	14	Introducción . . . . .	53
El control de potencia y la disipación del magnetrón . . . . .	15	Sensores de gases y vapor . . . . .	54
Fallas en un magnetrón . . . . .	16	Sensores de temperatura . . . . .	57
<b>Lección 3</b> . . . . .	<b>19</b>	<b>Lección 9</b> . . . . .	<b>59</b>
Introducción . . . . .	19	Introducción . . . . .	59
Transferencia de energía en bajas frecuencias . . . . .	19	Encendido del magnetrón, la iluminación y el ventilador . . . . .	59
Transferencia de energía media . . . . .	20	Las llaves de sensado de apertura de puerta . . . . .	62
Transferencia de energía en altas frecuencias . . . . .	21	El circuito del primario del transformador . . . . .	63
Transmisión y reflexión de los microondas . . . . .	22	Algunos casos de service . . . . .	65
El horno como una cavidad resonante con puerta . . . . .	23	<b>Lección 10</b> . . . . .	<b>67</b>
<b>Lección 4</b> . . . . .	<b>25</b>	Introducción . . . . .	67
Introducción . . . . .	25	La mortaja de aluminio . . . . .	68
Longitud de onda de los microondas . . . . .	26	La muleta (conceptos generales) . . . . .	68
Cavidad principal o guía de onda perforadas . . . . .	27	La muleta (concepto definitivo) . . . . .	69
Interruptores de seguridad . . . . .	28	La nueva electrónica . . . . .	70
Método de congelación de radiaciones . . . . .	32	El servicio técnico de hornos de microondas . . . . .	71
La construcción de la ventana . . . . .	33	<b>Lección 11</b> . . . . .	<b>73</b>
<b>Lección 5</b> . . . . .	<b>35</b>	Informe de seguridad N° 1 . . . . .	73
Introducción . . . . .	35	Informe de seguridad N° 2 . . . . .	74
El horno de microondas con control electromagnético . . . . .	36	<b>Lección 12</b> . . . . .	<b>77</b>
El horno de microondas con control electrónico . . . . .	37	3 casos de fallas y soluciones en hornos a microondas . . . . .	77

### STAFF

**Director de la Colección Club SE**

Ing. Horacio D. Vallejo

**Jefe de Redacción**

Pablo M. Dodero

**Autor de esta edición:**

Ing. Alberto Horacio Picerno

**Club Saber Electrónica es una publicación de Saber Internacional SA de CV de México y Editorial Quark SRL de Argentina**

**Editor Responsable en Argentina y México:**

Ing. Horacio D. Vallejo

**Administración Argentina:**

Teresa C. Jara

**Administración México:**

Patricia Rivero Rivero

**Comercio Exterior Argentina:**

Hilda Jara

**Comercio Exterior México:**

Margarita Rivero Rivero

**Director Club Saber Electrónica:**

**Luis Leguizamón**

**Responsable de Atención al Lector:**

Alejandro A. Vallejo

**Coordinador Internacional**

José María Nieves

**Publicidad**

Argentina: 4301-8804 - México: 5839-5277

**Staff**

Victor Ramón Rivero Rivero

Olga Vargas

Liliana Vallejo

Mariela Vallejo

Javier Isasmendi

Ramón Miño

Picerno, Alberto

Funcionamiento y reparación de hornos de microondas / Alberto Picerno ; dirigido por Horacio D. Vallejo. - 1a ed. - Buenos Aires : Quark ; México : Saber Internacional de CV, 2007.80 p. ; 28x20 cm.

ISBN 978-987-623-037-7

1. Electrónica. I. Vallejo, Horacio D., dir. II. Título

CDD 621.3

Fernando Ducach

**Áreas de Apoyo**

Teresa Ducach

Disprof

Fernando Flores

Claudio Gorgoretti

Paula Vidal

Raúl Romero

Internet: [www.webelectronica.com.ar](http://www.webelectronica.com.ar)

**Web Manager: Luis Leguizamón**

Fecha de catalogación: 22/10/2007

Club Saber Electrónica N° 39. Fecha de publicación: Marzo de 2008. Publicación mensual editada y publicada por Editorial Quark, Herrera 761 (1295) Capital Federal, Argentina (005411-43018804), en conjunto con Saber Internacional SA de CV, Av. Moctezuma N° 2, Col. Sta. Agueda, Ecatepec de Morelos, México (005255-58395277), con Certificado de Licitud del título (en trámite). Distribución en México: REI SA de CV. **Distribución en Argentina:** Capital: Carlos Cancellaro e Hijos SH, Gutenberg 3258 - Cap. 4301-4942 - Interior: Distribuidora Bertrán S.A.C. Av. Vélez Sársfield 1950 - Cap. - Distribución en **Uruguay:** Rodesol SA Ciudadela 1416 - Montevideo, 901-1184 - La Editorial no se responsabiliza por el contenido de las notas firmadas. Todos los productos o marcas que se mencionan son a los efectos de prestar un servicio al lector, y no entrañan responsabilidad de nuestra parte. Está prohibida la reproducción total o parcial del material contenido en esta revista, así como la industrialización y/o comercialización de los aparatos o ideas que aparecen en los mencionados textos, bajo pena de sanciones legales, salvo mediante autorización por escrito de la Editorial.

Revista Club Saber Electrónica, ISSN: 1668-6004



# LECCION 1

## ENERGIA TERMICA - LAS UNIONES MOLECULARES - CALENTAMIENTO POR RADIACION ELECTROMAGNETICA- CIRCUITOS RESONANTES - APENDICE

Los hornos de microondas se han popularizado a tal extremo, que prácticamente no existe casa de una gran ciudad que no tenga un horno pequeño o grande, de acuerdo al poder adquisitivo de sus dueños. El trabajo de reparación está creciendo día a día y suponemos que no será Ud. quien se anime a despreciarlo; por lo tanto, lo invitamos a seguir este curso basado en las clases presenciales del autor.

### Introducción

*¿Quién debe reparar un horno de microondas?*

Esta pregunta corre por la mente de todo usuario cuyo horno haya dejado de funcionar. En efecto, las nuevas tecnologías muchas veces se imponen con tal velocidad que crean grandes confusiones en los desprevenidos usuarios. Nosotros, los técnicos e ingenieros en electrónica no tenemos dudas: si un dispositivo contiene circuitos integrados, componentes discretos, fuente de alimentación, etc, es un equipo de nuestra incumbencia. Sin embargo, no es imprescindible tener un conocimiento total sobre todas las técnicas utilizadas en un horno de microondas para dedicarse a su reparación. Muchos fabricantes consideran a las secciones absolutamente electrónicas como el microprocesador y sus componentes asociados como un componente integral que debe

cambiarse ante una falla sin intentar su reparación; inclusive no suelen dar ninguna información sobre el contenido de la plaqueta del microprocesador. Por lo tanto, un técnico electromecánico puede dedicarse a reparar hornos de microondas y cuando el problema se encuentra en un circuito específicamente electrónico, reemplazarlo directamente o enviarlo a reparar a algún técnico especializado.

Pero que quede claro que para reparar un horno de microondas, el técnico debe tener una serie de conocimientos que deben ser adquiridos estudiando el tema con profundidad; no basta con un conocimiento superficial y algo de práctica, porque en muchos casos se debe emplear la imaginación para adaptar piezas de una marca a otra y si se comete un error, el resultado puede ser, no un daño a la propiedad sino a la salud de nuestro cliente con todas las implicaciones legales que ello trae aparejado. Un horno mal reparado puede ser una peligrosa fuente de radiación electromagnética, tal vez más peligrosa que la clásica pérdida de gas de su predecesor, porque aquí no hay olfato que nos avise del problema. La pérdida de radiación puede causar lentos cambios en la biomasa del cuerpo del usuario, sin que éste se de cuenta hasta que ya es demasiado tarde. Inclusive, una vez producido el daño, no existen tratamientos médicos probados por la experiencia, dada la penetración masiva en tan corto tiempo que ha tenido la in-

dustria productora de hornos de microondas. En la actualidad, las legislaciones de muchos países contemplan el hecho de que todo técnico que repara una cocina de gas deba poseer una matrícula habilitante. En cambio el autor no tiene conocimiento que en los países de América latina ocurra otro tanto con los técnicos responsables de reparar hornos de microondas. Suponemos que en algún momento nuestros legisladores se darán cuenta de tal falencia y crearán las correspondientes leyes.

*Un horno nuevo, o bien uno reparado por un técnico competente, ¿es un aparato seguro para la salud del usuario?*

Es absoluta y totalmente seguro; las organizaciones de defensa del consumidor de los países más desarrollados han puesto en tela de juicio esta aseveración, dado el misterio que envuelve al proceso de cocción por microondas; y no han podido encontrar nada que pueda hacer considerar al horno de microondas como un artefacto peligroso o dañino para la salud; tanto por su radiación espuria como por el proceso de cocción.

Un técnico dedicado a reparar hornos de microondas debe poseer conocimientos de muy variadas fuentes: electromecánicos (por la profusión de relés e interruptores de seguridad que contiene un horno), electrónicos digitales (dado que todo el sistema es controlado por un microprocesador), electrónicos analógicos (ya que el componente principal del horno es una válvula termoiónica), de microondas (ya que el horno contiene guías de ondas y antenas de microondas) y de física general (para comprender el concepto de la cocción y la forma de medir la potencia del horno).

Todo esto complica el trabajo del profesor y del escritor técnico, ya que es muy difícil encontrar que una sola persona domine todas estas especialidades. Un buen curso sobre hornos de microondas debe considerar un repaso sobre temas tan variados como la física general, los microprocesadores, las microondas y las válvulas termoiónicas (magnetron); si el lector posee un buen cono-

cimiento sobre alguno de los temas puede pasar por alto el correspondiente repaso y le pedimos disculpas, pero con toda seguridad existirá otro lector que lo necesita y lo considerará como algo muy interesante.

Otra dificultad, es el nivel del curso, porque va ser seguido por técnicos electromecánicos, electrónicos y mecánicos y muchas veces algunos de ellos pueden pensar que las explicaciones son innecesariamente básicas, cuando en realidad para otros son complejas y difíciles de captar. Con respecto al desarrollo de nuestros estudios, aclaramos que vamos a dedicar esta unidad didáctica a reparar algunos conceptos sobre la energía térmica y la energía electromagnética para allanar el camino hacia la explicación del funcionamiento sobre la válvula termoiónica que genera las microondas: el famoso magnetron que será analizado en la próxima unidad didáctica.

Como todos nuestros cursos, éste está desarrollado con la ayuda invaluable del laboratorio virtual Workbench Multisim para que el alumno pueda visualizar los temas con facilidad y pueda realizar las reparaciones virtuales acostumbradas. Si el alumno no posee conocimiento sobre cómo instalar, correr, armar circuitos y probarlos, puede leer el curso resumido de Workbench (totalmente gratuito) o el curso de electrónica y microprocesadores con laboratorios virtuales.

### Energía Térmica

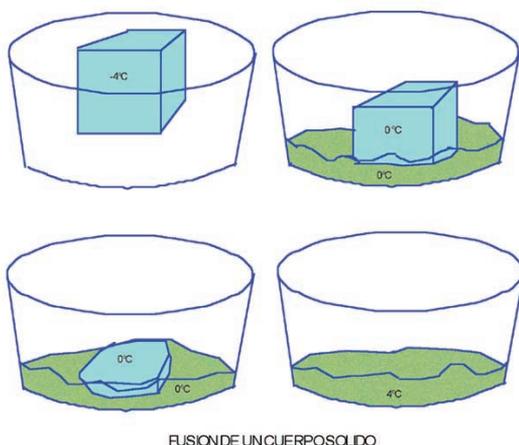
*¿Qué diferencia existe entre dos cuerpos exactamente iguales pero a diferentes temperaturas?*

A nivel macroscópico podríamos decir que ninguna, salvo que justo las temperaturas crucen la línea del cambio de estado de agregación de la substancia que constituye el cuerpo. Aclaremos este concepto, porque lo utilizaremos más adelante para medir la potencia de un horno de microondas: un cubito de hielo que se encuentra a  $-4^{\circ}\text{C}$  no se diferencia prácticamente de otro igual que se encuentre a  $-1^{\circ}\text{C}$ . Pero al llegar a los  $0^{\circ}\text{C}$  el cubito de hielo se comienza a fundir y el cuerpo cúbico se transforma en un líquido que se desparrama (no conserva su forma). Para que todo el hielo se transforme en agua, se debe entregar una energía térmica al cubito que depende de sus dimensiones; lo importante en nuestro caso es que mientras dure el cambio de estado del cuerpo, la temperatura se mantiene estable en exactamente  $0^{\circ}\text{C}$ . Cada material tiene lo que se llama calor específico y que se utiliza para calcular justamente la energía necesaria para producir el cambio de estado completo. Ver figura 1.

*¿Pero cuál es la diferencia a nivel microscópico entre los dos cubitos a  $-4$  y  $-1^{\circ}\text{C}$ ?*

La diferencia es el estado de cada molécula particular y de cada átomo dentro de la molécula. Como sabe-

Figura 1



mos, el hielo es agua en otro estado de agregación y por lo tanto está constituido por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Los átomos en un sólido están muy lejos de tener una posición fija; ellos están dotados de un movimiento llamado movimiento browniano (en honor a Brown que fue el científico que lo estudió). En un sólido las moléculas vibran alrededor de un punto de equilibrio fijo y por ello el cuerpo conserva su forma (en un líquido esos puntos de equilibrio desaparecen y el cuerpo conserva la forma del recipiente que lo contiene). A mayor temperatura mayor es el movimiento browniano y ésa es la diferencia entre los dos cubitos. A  $-273^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{K}$ ) el movimiento browniano desaparece en todas las sustancias, siendo ésa una de las constantes universales de la física. A nivel atómico también existe una diferencia; para simplificar podemos considerar que los electrones giran más rápido alrededor del núcleo siendo éste en realidad el motivo del incremento del movimiento de los átomos. Ver figura 2.

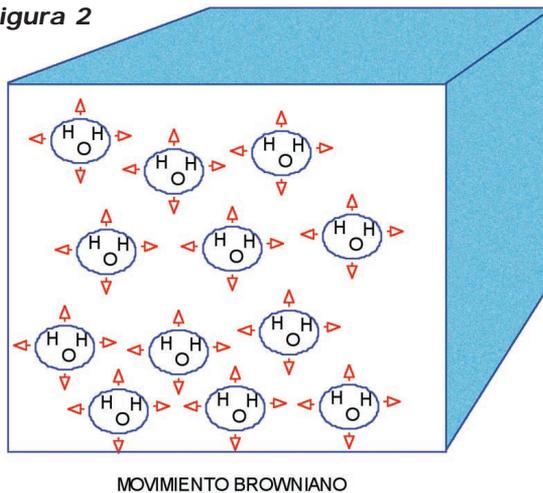
### Las Uniones Moleculares

Para que una sustancia se caliente al ser sometida a una radiación electromagnética de microondas, debemos comprender que algunas moléculas tienen una polarización eléctrica perfectamente identificada, es decir que tienen una zona negativa y otra positiva. Por lo tanto debemos estudiar cómo se unen los átomos formando moléculas.

Existen dos tipos de uniones moleculares: las uniones iónicas y las uniones covalentes. El primer caso ocurre, por ejemplo, en la sal de cocina o cloruro de sodio. El cloro posee 2 electrones en su primera capa, 4 en la segunda, 8 en la tercera y 3 en la cuarta, que están flojamente fijados al núcleo. El sodio posee 2 electrones en la primera capa, 4 en la segunda y 5 en la tercera. Al combinarse el sodio con el cloro, los electrones flojos del cloro son inmediatamente captados por el sodio, que de ese modo completa su tercera capa con ocho electrones. Así el sodio deviene negativo por exceso de tres electrones y el cloro deviene positivo por la falta de tres electrones. Es evidente que esta molécula tiene polaridad, su forma alargada (por estar construida con dos átomos) tiene una punta marcadamente negativa y otra marcadamente positiva. Esa condición es ideal para que dicha molécula interaccione con campos eléctricos y magnéticos externos. Ver figura 3.

El caso más clásico de enlaces covalentes se da en el elemento más común de la naturaleza: el agua. El agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno en disposición triangular. El oxígeno tiene dos electrones en su primera capa, 4 en la segunda y sólo dos en la tercera, que están flojamente acoplados al

Figura 2



núcleo. El hidrógeno tiene sólo un electrón, por lo que su capa exterior está ávida de un electrón más para llegar a su número estable de dos electrones. El hidrógeno cede sus dos electrones que pasan a completar la primera capa de cada uno de los átomos de hidrógeno. Evidentemente nos queda nuevamente una molécula polarizada aunque por la disposición triangular y por el hecho de que la molécula de oxígeno es más grande que las de hidrógeno, las cargas no están tan bien localizadas. Esta explicación peca por simplista porque sólo pretendemos tener una idea de los hechos; nuestro modelo no puede explicar claramente los diferentes tipos de uniones entre átomos, aunque indica claramente la formación de zonas cargadas eléctricamente. Ver figura 4.

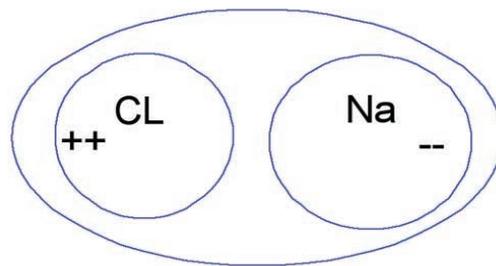


Figura 3

MOLECULA DE CLORURO DE SODIO

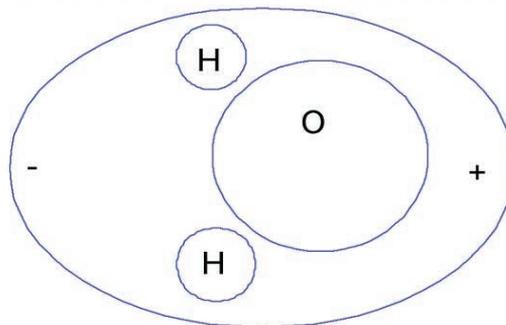
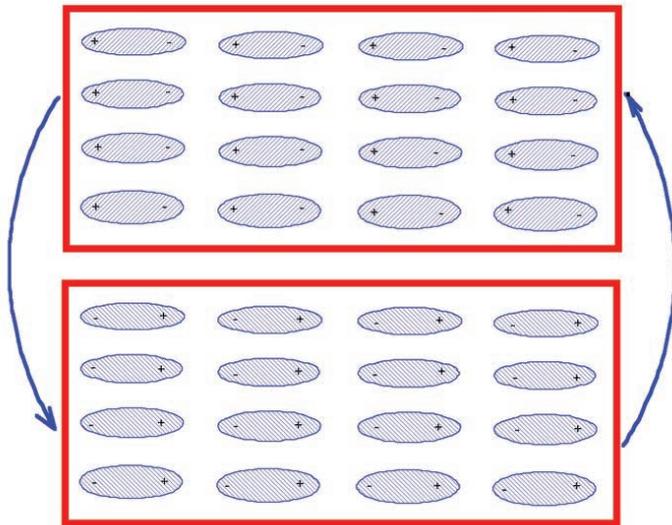


Figura 4 MOLECULA DE AGUA

Figura 5

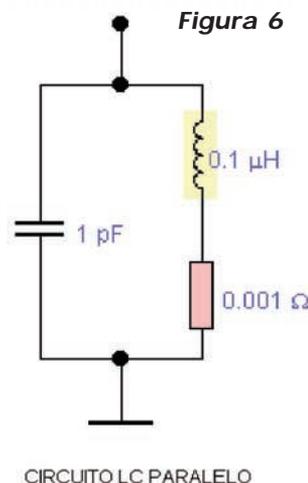


MOLECULAS DE AGUA EN UN CAMPO ELECTROMAGNETICO

Otros compuestos químicos con mayor cantidad de moléculas pueden tener aún una menor localización de cargas y, por lo tanto, sus moléculas interaccionan muy poco, o directamente no interaccionan, con los campos magnéticos y eléctricos en los cuales se hallan inmersos.

**Calentamiento por Radiación Electromagnética**

El rozamiento genera calor, eso es algo absolutamente real y comprobable por simples experimentos de escuela elemental. Cuando Ud. se lustra los zapatos, éstos se calientan por el rozamiento entre el cuero y el paño; si Ud. incrementa la presión que realiza con el paño, los zapatos se calientan más (equivale al incremento del campo electromagnético), pero si aumenta la frecuencia de oscilación del lienzo, también se genera más calor (equivale al aumento de la frecuencia del campo electromagnético).



CIRCUITO LC PARALELO

¿Y qué es el rozamiento?

Es una interacción entre las cargas eléctricas próximas del paño y del cuero; las órbitas electrónicas se modifican e inclusive puede ocurrir una transferencia de cargas entre un cuerpo y otro.

¿De qué depende que una sustancia se caliente más o menos al ser colocada en un campo electromagnético?

Depende de su composición química, es decir, si la molécula resultante tiene cargas bien localizadas, pero sobre todo depende de que la frecuencia utilizada sea la más adecuada para cada material para que se produzca el efecto de la resonancia electromagnética. Si se produce, las moléculas vibran con intensidad y la sustancia se calienta rápidamente. Si la frecuencia de resonancia es alta, la vibración ocurre mayor cantidad de veces por segundo y, por lo tanto, se genera mayor calor. Ver figura 5.

En un horno de microondas, se trata de generar un campo electromagnético de gran intensidad y de una frecuencia de 2.450MHz (2,45GHz) ya que se encontró que esta frecuencia es ideal por-

que la molécula de agua (el componente mas común de los alimentos) resuena aproximadamente en ese valor. Muchos de los lectores (los técnicos mecánicos) conocerán perfectamente el fenómeno de la resonancia mecánica, pero en la válvula magnetrón, utilizada en los hornos de microondas, ocurre un fenómeno relacionado con la resonancia eléctrica que deberemos repasar para entender su funcionamiento. Inclusive los técnicos en electrónica pueden tener dificultades de comprensión de los fenómenos que acontecen dentro del magnetrón debido a la elevada frecuencia a la que trabaja. En esas frecuencias los inductores no tienen forma de inductores bobinados y los capacitores parecen no existir. Por eso recomendamos la lectura del siguiente apartado, aún a aquellos que conocen los efectos de la resonancia en bajas frecuencias.

**Circuitos Resonantes en Microondas**

Un capacitor en paralelo con un inductor forman un circuito resonante en paralelo. En principio vamos a tratar con componentes sin pérdidas, para facilitar la comprensión del tema (en el circuito se agrega un resistor de 1MΩ, cuyo efecto puede ser despreciado y que sólo se agrega para medir la corriente por el inductor). Luego incorporaremos un resistor de valor considerable que representa las pérdidas del circuito, completando la explicación general. Ver figura 6.

**Nota:** Para que no queden dudas sobre la veracidad de los hechos, el circuito se dibujó en un programa para PC que simula un laboratorio de electrónica. Observe que se instaló una llave para cargar el capacitor con una fuente de CC de 10V para luego descargarlo

sobre el inductor al pulsar la tecla X. Se conectó un canal del osciloscopio sobre el inductor (despreciando la caída de tensión sobre el resistor) y el otro sobre el pequeño resistor en serie con L para observar la corriente circulante. Ver figura 7.

Para que comiencen los fenómenos eléctricos debemos suponer que algunos de los dos componentes tiene una energía acumulada. Podemos suponer al capacitor cargado con una determinada tensión que llamaremos V, dando lugar a un campo electrostático entre sus armaduras; o al inductor cargado con una cierta corriente dando lugar a un campo magnético a su alrededor. Por supuesto que el lector se debe encontrar más cómodo con la primer variante, ya que es conocido por todos que un capacitor acumula energía por grandes periodos de tiempo. Al inductor prácticamente no se lo considera capaz de acumular energía magnética por dos razones, la primera es porque los inductores no se pueden construir de manera que tengan pérdidas casi nulas (la resistencia del conductor siempre está presente y es considerablemente alta) y la segunda es porque para que un inductor ideal conserve su energía acumulada debe estar en cortocircuito y eso pocos lo saben. De hecho, un inductor ideal por el que se hace circular una corriente y que luego se pone en cortocircuito, se comporta de modo tal que esa corriente permanecerá circulando aún después de retirar la fuente de corriente.

Para que el lector se sienta más cómodo, supondremos que un capacitor cargado con una tensión "V" de 10V se conecta en cierto momento en paralelo con un inductor (llave hacia la izquierda y luego hacia la derecha). El capacitor no tiene más alternativas que descargarse sobre el inductor; por supuesto que no lo hará instantáneamente porque un capacitor trata de conservar su carga. El inductor, por su lado, trata de conservar estable la corriente que lo atraviesa y como por él no estaba circulando ninguna corriente, tratará de que la corriente que lo atraviesa crezca suavemente a partir de cero. Un tiempo después el capacitor habrá descargado toda su energía, de modo que la tensión sobre él será igual a cero, en ese momento la corriente por el inductor llega a su máximo valor. Podemos decir que el campo eléctrico del capacitor se transformó en un campo magnético acumulado en el inductor. Ahora es el inductor quien se encuentra con su máxima energía acumulada y encuentra un capacitor descargado conectado sobre él. Lo que ocurrirá es que la corriente forzada por el inductor, comenzará a cargar el capacitor con polaridad negativa hasta que nuevamente toda la energía se vuelva a traspasar al capacitor y así sucesivamente. Los

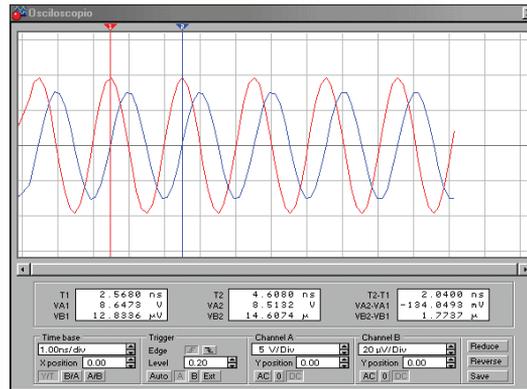
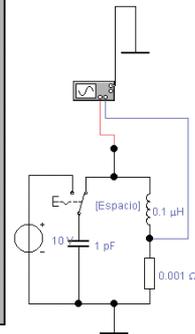


Figura 7



MEDICIONES EN EL CIRCUITO LC PARALELO

intercambios energéticos que ocurren entre ambos componentes se realizan a un ritmo que está determinado por los valores de L y C del circuito y que cumplen con la llamada ley de Thompson enunciada en la figura 8.

$$F_0 = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L \cdot C}}$$

Figura 8

Los oscilogramas que se producen con el circuito de la figura 7 permiten la medición de tiempos con toda exactitud. Para practicar le aconsejamos que verifique la ley de Thompson para un inductor de 1mHy y un capacitor de 1nF.

Cuando se trabaja en el caso real, el resistor tiene un valor considerable y los oscilogramas ya no conservan su amplitud en el tiempo. Se dice que se producen oscilaciones amortiguadas con un factor de amortiguamiento que depende del valor de R.

Cuando se construye un oscilador, se utilizan componentes activos (como por ejemplo un transistor) que recuperan la energía perdida en cada ciclo, de manera que la amplitud se mantiene estable.

Analícemos ahora el problema específico de construir un circuito resonante LC para frecuencias de microondas. Los capacitores comerciales más pequeños son de 1pF y un inductor con núcleo de aire de una sola espira, sobre un diámetro de 5mm, tiene un valor de aproximadamente 0,1μHy. Si utilizamos esos valores en nuestro laboratorio virtual podemos determinar que la frecuencia de oscilación es de aproximadamente 0,5GHz (500MHz). Pero el inductor que se ha formado es de muy pobre factor de calidad y es imposible realizar un oscilador práctico con componentes de este tipo.

Para que el inductor tenga un buen factor de calidad debemos aumentar su diámetro, pero de este modo aumenta la inductancia y baja la frecuencia de resonancia. Una solución sería colocar varios inductores en paralelo, debido a que cada inductor tiene una sola espira, da-

rían una figura geométrica que puede asimilarse a un cuerpo sólido esférico. A fines de facilitar la construcción, el cuerpo esférico puede deformarse hasta adoptar una forma cúbica vacía, con una pequeña ventana. Este cuerpo recibe el nombre de cavidad resonante. Observar la figura 9.

Como ya indicamos, los capacitores comerciales más pequeños son de 1pF pero, ¿es necesario colocar un capacitor físico en la ventana de la cavidad resonante? No, la misma geometría de la cavidad genera una capacidad distribuida que sintoniza la inductancia de la misma. La cavidad resonante, por lo tanto, puede obviar el capacitor y resonar así en una frecuencia mucho más elevada y, lo más importante, con un excelente factor de mérito (rendimiento o "Q" del circuito). De acuerdo a sus dimensiones así es su frecuencia de resonancia, una cavidad pequeña tiene una frecuencia de resonancia elevada, y una grande, una frecuencia de resonancia baja.

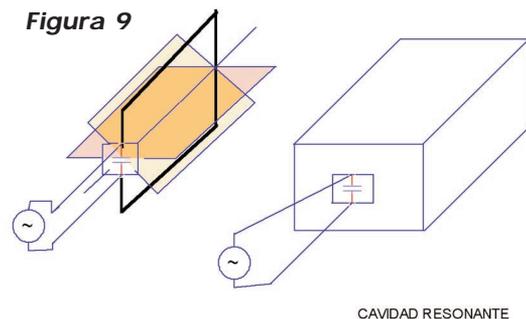
Un circuito resonante tiene una determinada impedancia de entrada (equivalente de la resistencia en CA); este parámetro es muy importante a la hora de diseñar el componente activo que forma el oscilador. Una cavidad tiene una impedancia muy pequeña que complica el diseño. Esto y la dificultad existente para construir transistores que funcionen a frecuencias mayores de 1GHz, hacen que el problema del circuito resonante y del componente activo del generador se deba resolver en forma conjunta. Así se llega al diseño de la válvula magnetrón.

## APENDICE 1 - Trabajos Prácticos

**TP1 Medición de Sobreelevación de Temperatura en Líquidos:** si el alumno va a trabajar en la reparación de hornos de microondas, necesita algún mínimo instrumental de trabajo. Un téster es la primera inversión que se aconseja y el mismo debe tener ciertas características que lo harán apto para el reparador de hornos de microondas.

Debe comprar un téster que mida capacidad y temperatura como mínimo. La medición de capacidad la utilizaremos más adelante. La posibilidad de medir temperaturas la utilizaremos en este trabajo práctico.

Tome un vaso térmico y llénelo de agua destilada (puede sacarla del agua de congelamiento de su helade-



ra). Luego haga lo mismo con otro vaso igual pero agregue sal de cocina hasta la saturación del líquido, es decir hasta que sea imposible disolver más sal.

Coloque ambos vasos en un microondas y prográmelo a 1 minuto a máxima potencia (calentamiento rápido). Retire los dos vasos y mida la temperatura del agua. Si Ud. espera encontrar que el vaso con agua salada, evidentemente buena conductora de la electricidad, esté más caliente se equivoca. Normalmente el vaso con agua destilada puede estar a una temperatura de unos 30°C por encima de la ambiente y el de agua salada a sólo 15° por encima de la ambiente.

Explicación: el efecto de la frecuencia de resonancia de cada material es más importante que el de la localización de cargas. La frecuencia del horno es más adecuada para resonar con el agua destilada que con el agua salada, ya que la sal modifica a la substancia real del experimento que es el agua.

No es necesario que un material tenga humedad para calentarse. Los materiales se calientan en función del rozamiento de sus moléculas, no sólo por la circulación de cargas eléctricas.

**TP2 Los Circuitos Resonantes:** en este trabajo práctico vamos a familiarizarnos con el laboratorio virtual Workbench Multisim 9.0, aunque los mismos circuitos pueden armarse perfectamente con el Live Wire que distribuye nuestra editorial. El trabajo práctico realiza el análisis de circuitos resonantes de alta frecuencia. El alumno ya debe saber como mínimo armar un circuito, modificarlo y probarlo, usar el osciloscopio y otros instrumentos de medición simulados.

Arme el circuito resonante de microondas de la figura 10.

Comience la simulación pulsando el ícono con el rayo rojo. El osciloscopio mostrará un oscilograma nulo con el haz en el centro de la pantalla. Pulse la barra espaciadora para que la llave se mueva hacia la izquierda y el capacitor se cargue con la tensión de la fuente de 1V. Un instante después vuelva a presionar la barra espaciadora para que la llave se vuelque hacia la derecha y observe que comenzarán las oscilaciones en la pantalla. Si no comenzaran, vuelva a insistir con la barra espaciadora hasta que comiencen.

Un instante después el frecuencímetro indicará la frecuencia de oscilación específica de la combinación de L y C utilizada, que es exactamente de 503,292MHz; es decir, aproximadamente medio GHz (recuerde que 1GHz = 1000MHz). Modifique el capacitor y el inductor y observe que la frecuencia cambiará consecuentemente. Aplique la fórmula de Thomson para verificar la teoría y confirmar la frecuencia.

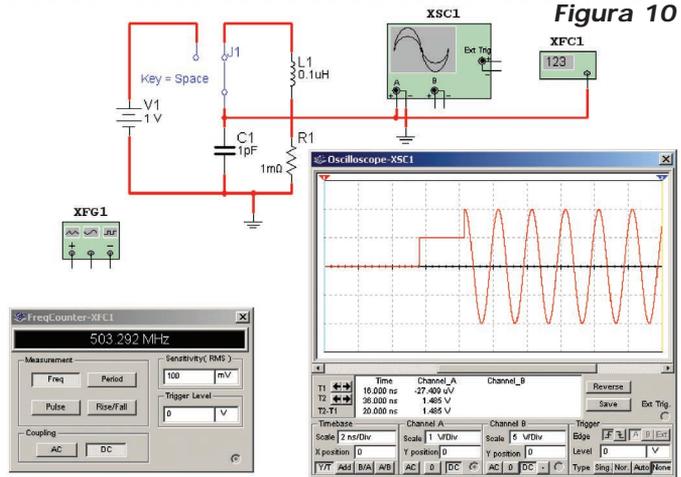
**Nota1:** para acelerar la simulación es conveniente colocar sobre la mesa de trabajo un generador de funciones y ajustar su frecuencia en 10GHz. Este instrumen-

to no necesita conexión, sólo oficia para que el osciloscopio pueda mostrar su imagen rápidamente.

**Nota2:** si el frecuencímetro no funciona, ajuste su sensibilidad (sensitivity) a 100mV y su nivel de disparo (trigger level) a 0V.

En este punto el alumno debe analizar el funcionamiento del circuito e interactuar con él. Los componentes utilizados en la simulación son ideales, es decir que no tienen pérdidas generadoras de energía térmica. La transferencia de energía entre el capacitor y el inductor se realiza en forma completa y todos los ciclos son iguales hasta el infinito. Esto no es lo que realmente ocurre. En la vida real los componentes no son puros; siempre poseen una componente resistiva de pérdida; eso significa, que las oscilaciones comienzan y un instante después comienzan a reducir su amplitud hasta que terminan desapareciendo.

Los capacitores reales están muy cerca de ser perfectos; los inductores son los que generalmente contribuyen con una mayor componente resistiva de pérdida debido a que el alambre de cobre utilizado para construirlos posee una resistencia considerable. En nuestro primer ejemplo colocamos, en serie con el inductor, un resistor muy pequeño de sólo 1MΩ que prácticamente no produce atenuación.



Cambie el valor de R1 por 10Ω. Corra la simulación y ahora observará que las oscilaciones se atenúan considerablemente un poco después de comenzar. Observe que la frecuencia de trabajo no depende del valor del resistor.

**Nota3:** es posible que el frecuencímetro deje de funcionar porque es un instrumento que requiere una señal repetitiva para su funcionamiento.

Si Ud. vuelve a operar la barra espaciadora a un ritmo constante, las oscilaciones se producen tal como ocurre realmente con la válvula magnetrón de un horno de microondas.

\*\*\*\*\*

**EXCLUSIVA COLECCION EN 2 DVD IMPERDIBLES**  
**NUEVO PRODUCTO**  
**10.000**  
**DIAGRAMAS DE EQUIPOS ELECTRONICOS**

UNA EXCLUSIVA COLECCION DE DIAGRAMAS DE EQUIPOS ELECTRONICOS EN FORMATO DIGITAL REALIZADO EN 2 DVD DE ALTA CALIDAD, CON LAS MARCAS MAS SOLICITADAS DE LATINOAMERICA: MONITORES - IMPRESORAS - TELEVISORES - FUENTES - VIDEO - MICROONDAS - FAX - CELULARES - CENTRALES TELEFONICAS - EQUIPOS DE AUDIO - STEREOS - Y MUCHO MAS!

SONY - PHILIPS  
 AIWA - SAMSUNG  
 SANYO - MOTOROLA  
 SIEMENS - EPSON  
 HEWLETT PACKARD  
 PHILCO - IC  
 ERICSSON - Y MAS!

DVD ESPECIAL CLUB SABER ELECTRONICA  
 INCLUYE 2 DISCOS CON EL VOLUMEN 1 Y VOLUMEN 2  
**10.000 DIAGRAMAS DE EQUIPOS ELECTRONICOS**  
 CELULARES - FAX - CENTRALES TELEFONICAS  
 CAMARAS DE VIDEO  
 LECTORES CD/DVD  
 MONITORES  
 AUDIO - VIDEO - TV  
 LA COLECCION QUE TODO TECNICO NECESITA!

**POR SOLO \$150**  
 VALOR REAL \$500

POR CADA \$100 LLEVA DE REGALO UNA EDICION DE SABER ELECTRONICA A ELECCION

ENCUENTRE CLUB SABER ELECTRONICA Y TODOS SUS PRODUCTOS  
 MEXICO D.F. - REPUBLICA DEL SALVADOR N° 26 - LOCAL 1 - COL. CENTRO  
 TEL.: (0155) 5510 - 8602 / kitaura@prodigy.net.mx

**Club SABER ELECTRONICA**

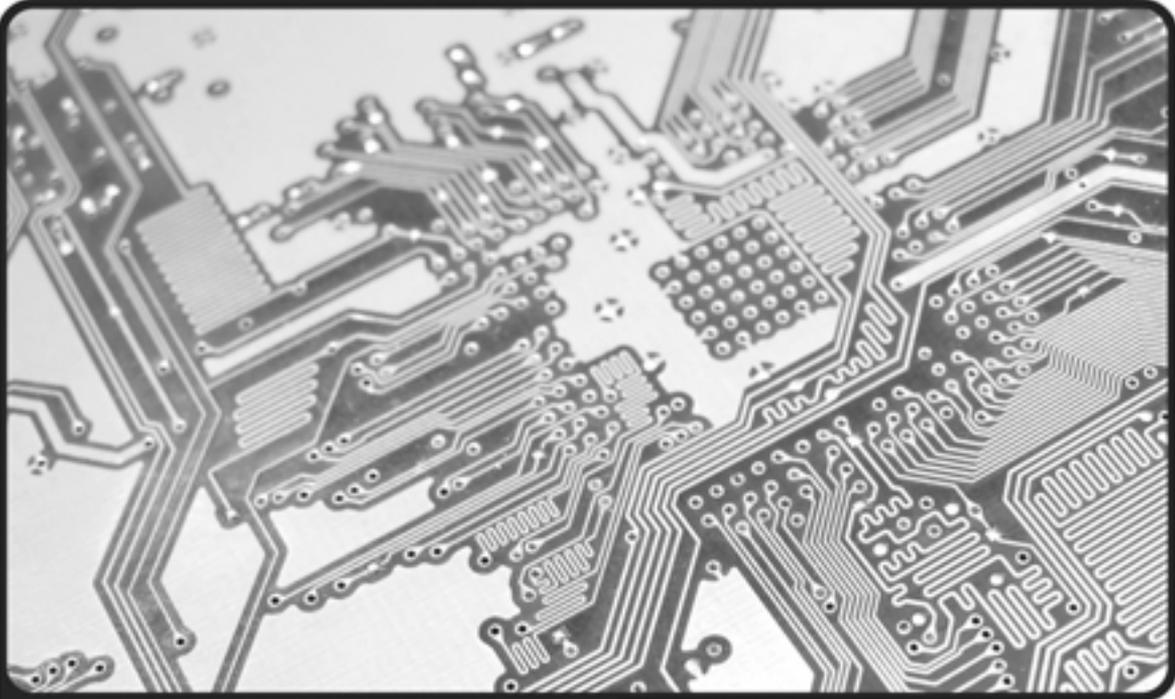
**¡LLEVE 24 TOMOS!**

TECNICAS DIGITALES  
 MANUAL DEL RADIOAFICIONADO  
 MONTAJES PRACTICOS-1  
 MANTENIMIENTO DE REPRODUCTORES DE CD  
 PLEY LOGICA  
 REPRODUCTORES DE CD  
 PROF. CON MICROCONTROLADORES PIC/PC/ATL  
 REPARACION DE TELEVISORES I  
 ENCICLOPEDIA DE ELECTRONICA BASICA-1  
 ENCICLOPEDIA DE ELECTRONICA BASICA-2  
 APRENDIENDO COLOR EN TELEVISION-1  
 MONTAJES PRACTICOS-2  
 APRENDIENDO COLOR EN TELEVISION-2  
 CURSO PRACTICO DE AUDIO  
 APRENDIENDO TV COLOR EN TELEVISION-3  
 TODO SOBRE MICROCONTROLADORES PIC/ATL  
 APRENDIENDO TV COLOR EN TELEVISION-4  
 CURSO DE AUTOMATAS PROGRAMABLES DIPLE  
 FUENTES PULSADAS EN CARA Y REVERSO  
 CURSO DE PICS PARA TELEVISORES Y AFILIADOS  
 TELEFONIA CELULAR  
 MANTENIMIENTO DE OSCILOSCOPIOS  
 SERVICIO DE EQUIPOS ELECTRONICOS  
 MICROCONTROLADORES PIC

VALOR REAL \$720  
**TODO POR \$320**  
 POR CADA \$100 LLEVA DE REGALO UNA EDICION DE SABER ELECTRONICA A ELECCION

ENCUENTRE CLUB SABER ELECTRONICA Y TODOS SUS PRODUCTOS  
 MEXICO D.F. - REPUBLICA DEL SALVADOR N° 26 - LOCAL 1 - COL. CENTRO  
 TEL.: (0155) 5510 - 8602 / kitaura@prodigy.net.mx

CENTRO JAPONES



## LECCION 2

### **LEYES DEL MOVIMIENTO DE LOS ELECTRONES LIBRES - ESTRUCTURA DEL MAGNETRON - CIRCUITO PRACTICO DE ALIMENTACION DEL MAGNETRON EL FUNCIONAMIENTO COMPLETO DEL MAGNETRON - EL CONTROL DE POTENCIA Y LA DISIPACION DEL MAGNETRON - FALLAS EN UN MAGNETRON**

#### *Introducción*

Una válvula “magnetron” es un dispositivo termoiónico que genera microondas con sólo aplicarle una tensión de fuente y otra de filamento. Su utilización primaria es la excitación de antena de un radar. En la actualidad este dispositivo se ha adaptado a un nuevo uso y forma parte de los hornos de microondas, o tal vez podríamos decir que es la parte más importante de un horno de microondas. En efecto, el resto del dispositivo sirve para controlar, alimentar y guiar las ondas generadas en el magnetron; otras secciones sirven para que la emisión sea segura para el usuario o para proteger al “magnetron”.

Como vemos, todo gira alrededor de la válvula “magnetron” y es por lo tanto imprescindible conocer su funcionamiento con todo detalle. Dentro de un “magnetron” coexisten diferentes técnicas electrónicas que ya repasamos en la lección anterior.

Por ejemplo, conocemos que los circuitos resonantes de microondas ya no consisten en el clásico

inductor y capacitor. Ellos fueron abandonados y reemplazados por lo que llamamos una cavidad resonante. El magnetron posee una serie de cavidades que son las responsables de la sintonía de la válvula.

También posee un cátodo termoiónico de emisión directa y un ánodo, ya que se trata de una válvula diodo (sólo tiene dos electrodos). El magnetron funciona en el interior del campo generado por dos potentes imanes de ferrita; por lo tanto, deberemos conocer las leyes del movimiento de los electrones sometidos a la presencia de campos magnéticos y eléctricos a un mismo tiempo.

#### ***Leyes del Movimiento de los Electrones Libres***

Estudiaremos aquí cómo se desplazan los electrones en presencia de un campo eléctrico y luego cómo lo hacen en presencia de un campo eléctrico y de otro magnético considerados a ambos confluentes al mismo tiempo sobre el electrón.

En la figura 1 mostramos un electrón libre sometido a un campo eléctrico. La trayectoria será una simple línea recta. El electrón se verá atraído por la placa positiva y su velocidad se irá incrementando según las leyes de la física clásica en función de la masa del electrón y de la tensión aplicada a las placas. Si en un punto de la trayectoria, pero sin interceptarla, se coloca una pequeña placa extra se observará que cuando el electrón libre pasa cerca, se induce una corriente eléctrica debida a la repulsión de los electrones que ella contiene.

Mientras el electrón está detenido no genera ningún campo magnético, pero apenas comienza a moverse debe ser considerado como cualquier otra carga eléctrica en movimiento (como por ejemplo las que circulan por un conductor) y por lo tanto se debe considerar que generará un campo magnético circular a su alrededor. Ver figura 2.

Si el electrón es sometido a la presencia de un campo eléctrico y otro magnético a un mismo tiempo, tendrá una trayectoria curva cuyo radio depende de la intensidad de ambos campos. Ver fig. 3.

En la figura se supone que el campo eléctrico es perpendicular al magnético y que el electrón libre se mueve desde arriba del plano del papel ha-

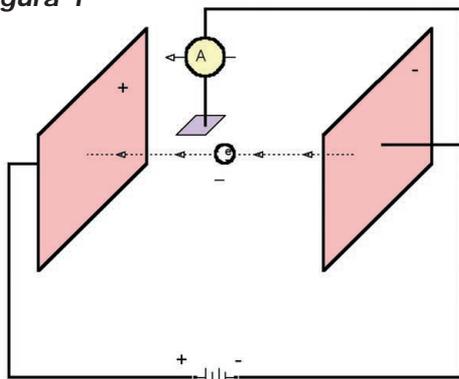
cia abajo. Esa trayectoria recta se ve curvada por la interacción del campo magnético del imán y el del propio electrón libre en movimiento. La curvatura depende tanto del campo eléctrico (que determina la velocidad del electrón y por lo tanto la intensidad de su campo magnético) como del campo magnético producido por el imán.

### Estructura del Magnetron

Un magnetron es un diodo termoiónico de calentamiento directo. Tiene simetría cilíndrica con el filamento/cátodo formando el eje del cilindro y la placa como superficie exterior. Si dejamos para más adelante la ubicación de las cavidades resonantes, se puede considerar que tiene una estructura como la de la figura 4.

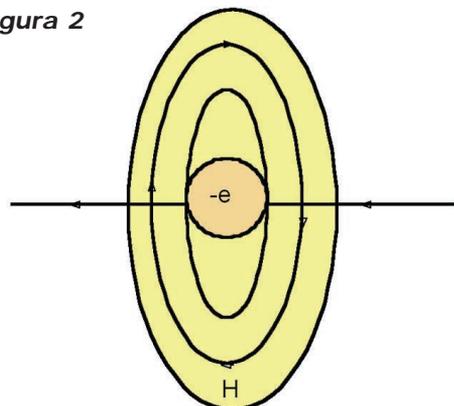
Los electrones abandonarán el filamento/cátodo debido a la elevada temperatura de éste, producida por la batería de filamento Bf (de pequeña tensión). Luego se verán fuertemente atraídos por el ánodo que está conectado al positivo de la fuente de alta tensión. La trayectoria de los electrones será radial con centro en el filamento/cátodo y todo

Figura 1



TRAYECTORIA DE UN ELECTRON EN UN CAMPO ELECTRICO

Figura 2



CAMPO MAGNETICO GENERADO POR UN ELECTRON EN MOVIMIENTO

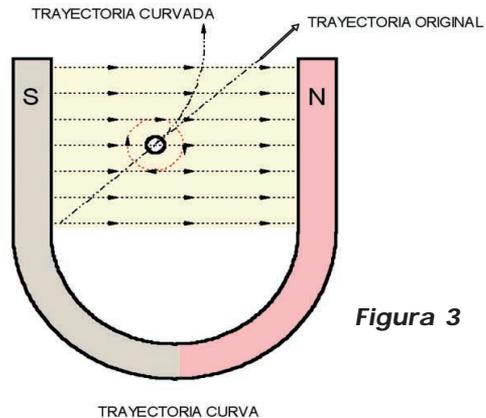


Figura 3

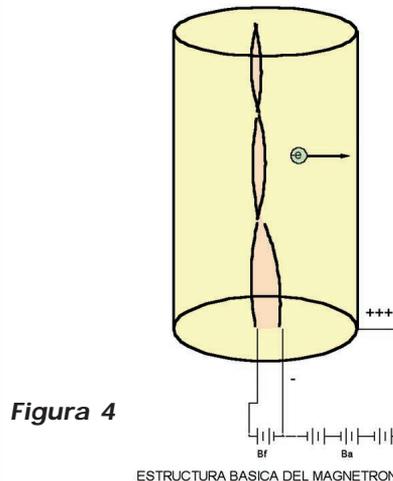


Figura 4

ESTRUCTURA BASICA DEL MAGNETRON

a lo largo de éste. En la figura 5 mostramos un corte horizontal de la válvula.

Evidentemente, con la polaridad elegida, circulará una corriente continua invariable por el interior del diodo, que se cierra externamente por la fuente de alta tensión. El valor de esta corriente se establece en función de la tensión del ánodo y las dimensiones del cátodo y el ánodo.

### Circuito Práctico de Alimentación del Magnetron

En un horno de microondas real se utiliza la red de alimentación domiciliaria para alimentar al magnetron. La alimentación se realiza con un transformador que provee tanto la tensión de filamento, como la alta tensión para el ánodo. El filamento puede alimentarse con CA, pero el ánodo se alimentará con una tensión alterna pulsante debido a un cambio con respecto al circuito clásico de un rectificador. Ver figura 6.

Observe que el diodo rectificador está conectado a masa y el capacitor de filtro está entre el diodo y el transformador. En un rectificador clásico el capacitor y el diodo también están conectados en serie, pero es el capacitor quien está a masa. La nueva disposición se llama dobladora de tensión, porque como se puede observar en la misma figura, el oscilograma se encuentra todo por debajo del eje de 0V. Observe que el diodo está conectado de tal modo que la tensión sobre él no puede nunca ser positiva. Si la tensión pretende aumentar por arriba de cero, el diodo conduce y carga al capacitor C1. Un tiempo después C1 estará a plena carga, igual al valor de pico de la tensión del secundario. Esa tensión continua se sumará a la obtenida en el secundario, para visualizar cómo es la tensión sobre la carga (filamento/cátodo del magnetron). En la figura 7 mostramos una ampliación del osciloscopio virtual en donde pueden leerse las tensiones mínima y máxima negativa de la tensión de cátodo.

Considere dos cosas muy importantes de la ten-

sión que alimenta al magnetron. Una es que el magnetron se alimenta por el cátodo/filamento con una tensión negativa y la otra es que esta tensión está muy lejos de ser una continua pura. Prácticamente podemos decir que la alta tensión para el magnetron cambia entre 0 y 4kV a un ritmo de 50Hz. El hecho de alimentar al magnetron con tensión negativa no es casual. Ocurre que por cons-

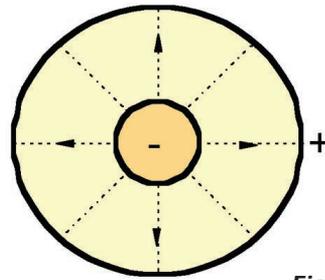


Figura 5

VISTA EN CORTE

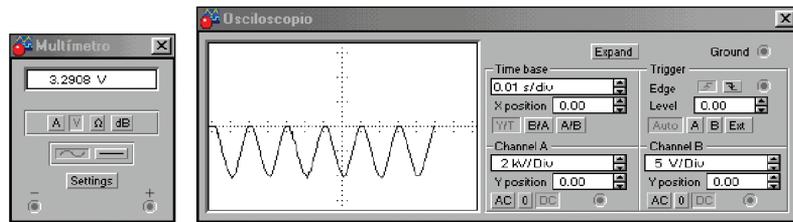
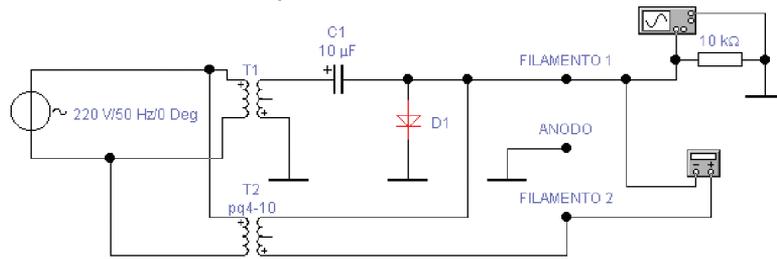


Figura 6

CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN REAL DEL MAGNETRON

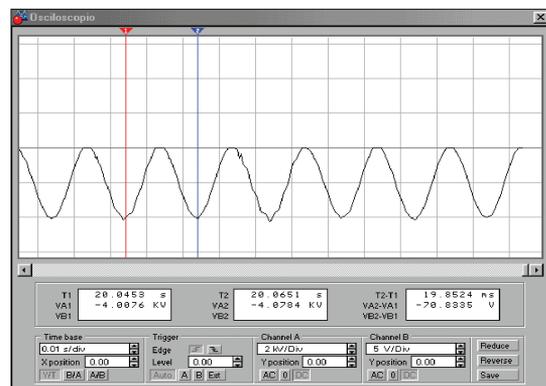
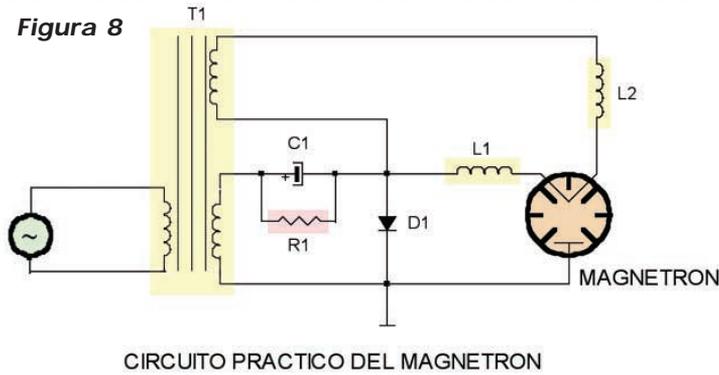


Figura 7

OSCILOGRAMA DE TENSION DE CATODO

Figura 8



CIRCUITO PRACTICO DEL MAGNETRON

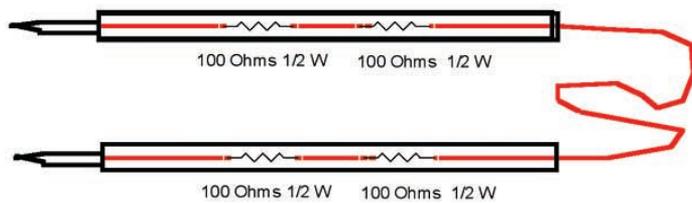


Figura 9

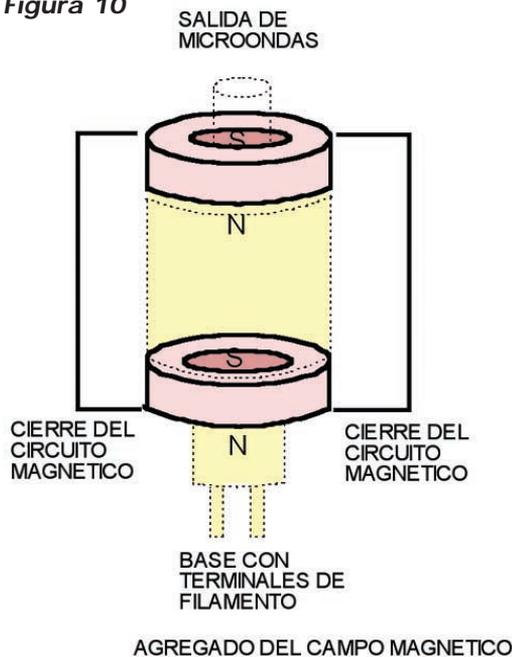
DESCARGADOR DE CAPACITORES

trucción el ánodo debe estar conectado a masa obligatoriamente, ya que la válvula necesita un disipador aleateado y además se conecta a una guía de onda que está galvánicamente unida a masa. Por otro lado, es lo mismo colocar una tensión positiva al ánodo que una tensión negativa al cátodo.

En el circuito mostrado, el filamento se caldea con CA por otro transformador aislado de masa. En realidad, se utiliza un solo transformador con un

secundario aislado de 3,2V eficaces. En la figura 8 dibujamos el circuito completo de la alimentación del magnetron, incluyendo el agregado de tres componentes de protección. Los componentes agregados son dos inductores de baja inductancia conectados en serie con el filamento; su función es evitar que las microondas abandonen el blindaje del magnetron y generen radiaciones residuales espurias que produzcan interferencias en radios y televisores. El tercer componente agregado es un resistor de seguridad de alta resistencia (y especial para alta tensión) conectado sobre el capacitor a los efectos de descargarlo cuando se apaga el equipo. De cualquier modo, aconsejamos al reparador que siempre descargue el capacitor antes de acercar sus manos al mismo, ya que el resistor de seguridad podría estar abierto. Es habitual que los reparadores descarguen el capacitor utilizando un destornillador; esto no es aconsejable porque el mismo tiene un límite de corriente pico que puede ser superado ampliamente operando de ese modo. Lo más conveniente es realizar un loop descargador con dos puntas para tésler y cuatro resistores de  $100\Omega \times 1/2W$  en serie. Ver figura 9.

Figura 10



### El Funcionamiento Completo del Magnetron

Hasta ahora sólo consideramos el funcionamiento del magnetron sin incluir las cavidades resonantes ni el intenso campo magnético superpuesto. En este apartado vamos a considerar al magnetron completo, indicando cómo se producen las microondas.

El agregado de dos imanes anulares por arriba y por debajo de la válvula genera un campo magnético paralelo al eje del cilindro que conforma la válvula. Ver figura 10.

En la figura podemos observar la válvula en líneas de puntos y los imanes de ferrite por arriba y por abajo de la misma. Dentro del cilindro punteado central se encuentran las cavidades resonantes y el filamento/cátodo (dispuesto verticalmente). El circuito magnético se cierra por el exterior mediante un chasis de chapa de hierro con forma rectangular. Por la parte superior de ese chasis sobresa-

le un pequeño cilindro metálico llamado colimador, que opera como excitación de la guía de onda que lleva la energía de microondas al compartimento principal del horno. Por debajo sobresale otro cilindro aislante de cerámica que forma la base de la válvula y que presenta dos lengüetas metálicas que operan como conexión del filamento/cátodo.

En estas condiciones, los electrones emitidos por el filamento describen una curva en su camino hacia las cavidades resonantes que forman el ánodo. De acuerdo a la tensión que tenga el cátodo en un determinado momento, esa curva puede ser un círculo cerrado que no toque el ánodo, o puede ser una curva abierta que sí lo toque. Además, cuando se forma un círculo, éste tiene un diámetro variable (recuerde que la tensión negativa del cátodo varía entre 0 y 4.000 volt a un ritmo de 50Hz). Ver figura 11.

La excitación de las cavidades se produce en los cuatro casos, el caso uno es por contacto directo, en los otros casos es por el fenómeno de la inducción de cargas, que es menor cuando la trayectoria es de menor radio. Las cavidades resonantes se excitan y terminan generando circulación de cargas a la frecuencia para la cual fueron calculadas, que como sabemos es de 2.450MHz. Esto induce tensiones en el borde interior de las aletas que terminan modulando la trayectoria de los electrones, de forma que las trayectorias circulares se deforman adoptando una forma que podemos apreciar en la figura 12.

En estas condiciones tenemos una copiosa generación de microondas, pero dentro del magnetrón. Para extraer la energía se utiliza una plaquita metálica que se ubica dentro de una de las cavidades y se prolonga hasta el casquillo superior conduciendo las microondas. Esta plaquita funciona como una antena y su dimensión está calculada con toda precisión para que realice su función acopladora con un mínimo de pérdidas.

### **El Control de Potencia y la Disipación del Magnetrón**

Como toda válvula de potencia de RF, el magnetrón se calienta y la energía térmica excedente debe ser retirada para que no se fundan los materiales que la forman (en general antes de llegar a la fusión se producen fisuras en el cuerpo del ánodo, que es metálico, ingresando aire a la válvula con lo que el filamento se funde inmediatamente).

La energía térmica excedente se retira mediante un disipador de aletas de aluminio, que se cal-

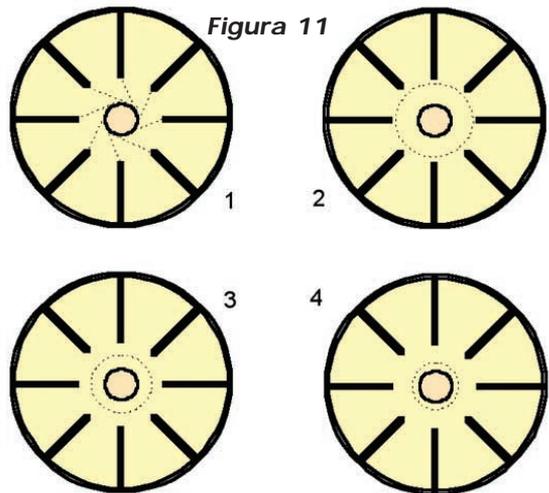


Figura 11

TRAYECTORIAS DE LOS ELECTRONES

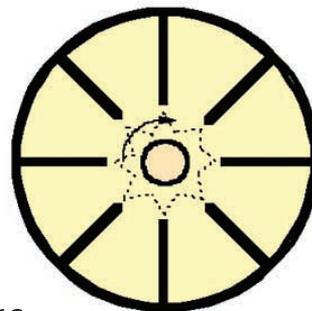


Figura 12

DEFORMACION DE LAS TRAYECTORIAS DE LOS ELECTRONES

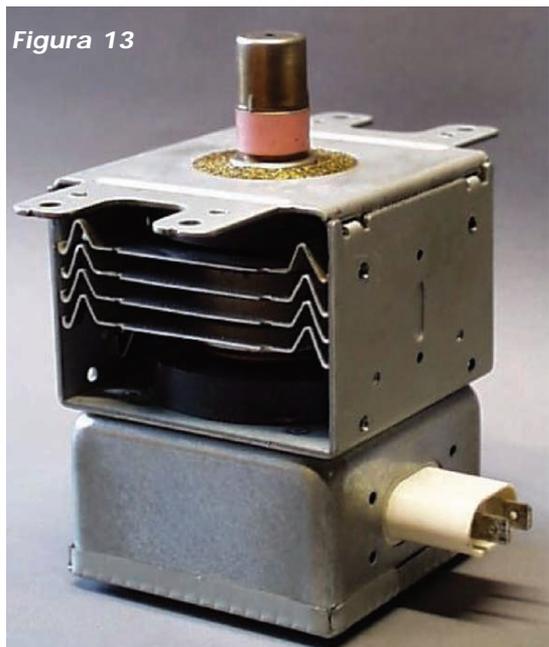


Figura 13

za ajustadamente sobre el cuerpo metálico de la válvula. Para que el lector tenga una idea de cómo es la válvula completa con sus disipadores, imanes y chasis, le mostramos en la figura 13 uno de los magnetrones más comunes de plaza.

Como una medida de seguridad suele utilizarse un interruptor térmico acoplado al disipador. Este componente puede estar basado en un termistor (en los hornos más modernos) o en un interruptor de láminas bimetálicas en los más antiguos. En ambos casos cuando la temperatura del disipador supera un determinado valor, se abre el dispositivo de control que alimenta el primario del transformador de alimentación, cortándose de esta manera la emisión de microondas.

Más adelante, cuando analicemos el funcionamiento del microprocesador o del mecanismo de control, volveremos a explicar este procedimiento con más detalles.

El magnetrón no tiene posibilidades de modificar su potencia de salida. En efecto, su creación como generador de microondas para radares, lleva implícito su funcionamiento pulsado. El radar emite un corto pulso y pasa a recepción; el corto tiempo existente entre la emisión y la detección permite determinar la distancia que recorrieron las ondas reflejadas. En un horno de microondas, la potencia promedio entregada se modifica conectando y desconectando la fuente de alta tensión. En la inmensa mayoría de los hornos, esto se realiza por intermedio de un relé que corta la alimentación del primario del transformador de alimentación principal. El comando de este relé se realiza indirectamente por el microprocesador a través de un transistor.

tamente por el microprocesador a través de un transistor.

### Fallas en un Magnetron

A pesar de la robustez del dispositivo, un magnetrón puede presentar diferentes tipos de fallas. Los problemas en la red de alimentación pueden provocar fallas en el magnetrón, a saber: filamento cortado (cuando la red tiene exceso de tensión por un tiempo considerable) baja emisión (cuando el filamento funcionó un largo período de tiempo con baja tensión de alimentación).

La primera de las fallas es fácilmente detectable midiendo la continuidad del filamento luego de desconectar por lo menos una de las patas correspondientes. La segunda de las fallas suele ser detectada por el usuario indicando que el horno tarda en calentar; antes cocinaba un pollo en el tiempo indicado por el manual y ahora debo dejarlo más tiempo. El técnico deberá realizar la prueba de potencia emitida para asegurarse que el horno trabaje a la potencia indicada por el fabricante. Esta prueba se realiza con equipo muy económico (un simple termómetro) y el técnico deberá recurrir a ella no sólo cuando el cliente se queja de baja emisión, sino cada vez que se realiza un trabajo importante sobre un horno. Más adelante le indicaremos el método de prueba con todo detalle.

Otras de las fallas comunes producidas sobre el magnetrón es debida al mal uso del horno. Considere al horno como un generador, una línea de transmisión y una carga resistiva; recuerde que está trabajando en frecuencias muy elevadas. En estas frecuencias, la línea de transmisión es una guía de onda formada por el propio chasis de la cocina que guía las ondas hasta una cavidad resonante con puerta que es el espacio de cocción. Ver figura 14.

### ¿Dónde está la carga resistiva?

La carga resistiva es la comida que el usuario coloca para calentar. Si el usuario no coloca comida o pone muy poca y predispone el horno para un tiempo largo y una potencia elevada, la carga resistiva no existe o es muy pequeña. Como las microondas no se disipan, éstas vuelven por la guía de onda hasta el magnetrón y lo dañan por sobrecalentamiento. La mayoría de los daños se suelen producir en el casquillo emisor de microondas, que se calienta y se perfora distorsionando aún más el patrón de emisión y acelerando el daño hasta que puede quedar totalmente perforado como comido por un roedor. Ver la figura 15.

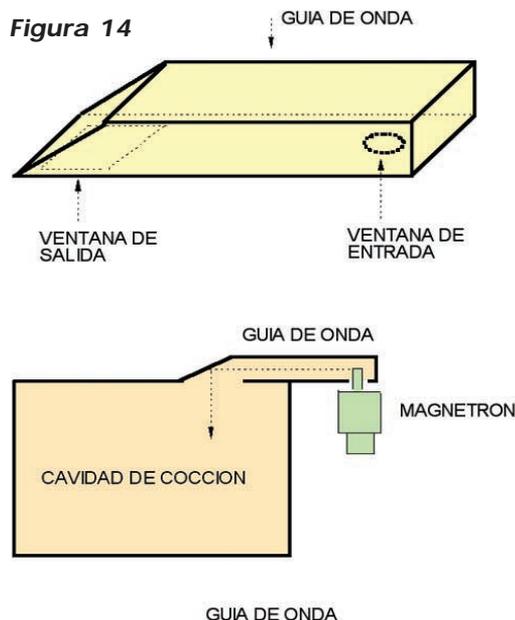


Figura 14





## LECCION 3

### **TRANSFERENCIA DE ENERGIA EN FRECUENCIAS BAJAS - MEDIAS - ALTAS TRANSMISION Y REFLEXION DE LAS MICROONDAS EL HORNO COMO UNA CAVIDAD RESONANTE CON PUERTA**

#### *Introducción*

La forma de transferir y transformar la energía eléctrica depende, fundamentalmente, de la frecuencia de la misma. Para frecuencias iguales a cero (CC) o a 50Hz se busca un tipo de circuito en donde lo que importa es que todas las cargas estén correctamente excitadas con la tensión de red. Cuando se trabaja con frecuencias más elevadas se suele trabajar de acuerdo con el teorema de la máxima transferencia de energía, que implica que toda la energía generada en la fuente se disipe en la carga. El último caso es el que se da en nuestro dispositivo "Horno de microondas" cuando se lo utiliza correctamente, es decir, con una carga adaptada que puede interpretarse como "un adecuado trozo húmedo de alimento para cocinar o para calentar".

Para entender los principios del calentamiento por microondas, vamos a realizar un análisis de los circuitos en baja frecuencia (50Hz), en frecuencias medias (1MHz) y en altas frecuencias (2GHz). Los tres casos son similares pero diferentes sobre todo cuando se analiza la línea de transmisión involucrada. En el primer caso se utilizan líneas paralelas de baja resistencia de dos o de tres conductores (red monofásica o trifásica), en el se-

gundo caso se emplean líneas de transmisión planas o coaxiales y en el tercer caso guías de onda.

Ya en posesión de los principios de funcionamiento de los circuitos de baja, media y alta frecuencia queda por analizar la manera de contener las ondas electromagnéticas para que no causen daño al operar el horno y cómo contener el alimento a calentar antes de introducirlo en el horno. Este problema, que llamamos el problema de los contenedores, será analizado en detalle. Uno de los mayores problemas que se presentan al utilizar los hornos de microondas es porque la comida a calentar no se presenta en los envases adecuados.

Por último, veremos el circuito práctico a las frecuencias de microondas de un horno clásico y cómo se altera por el mal uso, dando lugar a que se produzcan fallas reiteradas que podrían evitarse fácilmente leyendo las instrucciones de uso del horno.

#### *Transferencia de Energía en Bajas Frecuencias*

El ejemplo más claro de transferencia de energía, desde una usina generadora hasta un domicilio, puede

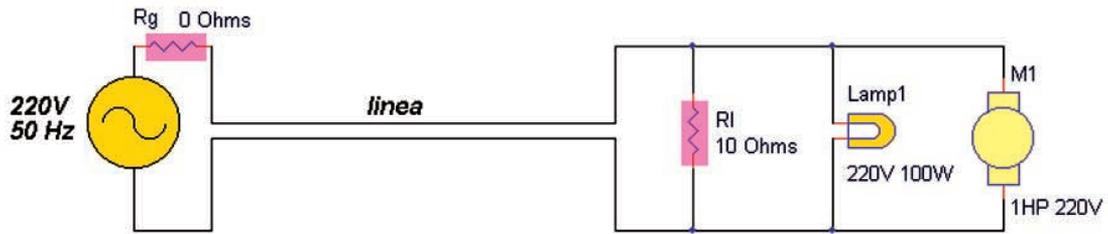


Figura 1 - La red de distribución de energía eléctrica.

observarse en la figura 1, donde se conectan 3 cargas diferentes sobre la misma línea.

El lector observará que la energía se transfiere desde el generador a la carga, de modo tal que la tensión de la red sea siempre de 220V eficaces (o de 110V según las zonas).

Esto implica que el resistor que representa a la impedancia interna del generador se debe minimizar todo lo que se pueda. Inclusive la característica de la línea es que debe tener una resistencia mínima, en lo posible nula, para evitar que las cargas produzcan una caída de tensión significativa sobre ellas.

Este circuito no respeta el conocido teorema de la máxima transferencia de energía, que no puede aplicarse porque requiere que el generador tenga una resistencia interna mensurable.

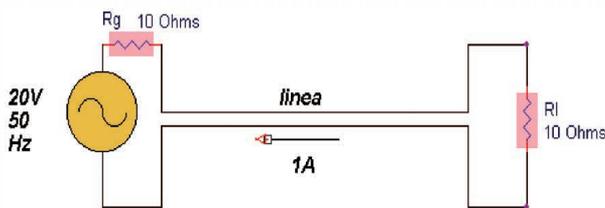
En circuitos de dispositivos electrónicos, en cambio, los generadores equivalentes tienen resistencias internas finitas y el teorema cobra un valor significativo. El teorema nos indica que un generador con una resistencia interna  $R_i$  transfiere la máxima energía a la carga cuando

la carga  $R_l$  tiene un valor idéntico a la resistencia interna del generador. Ver figura 2.

Un sencillo cálculo permite determinar que cuando la resistencia de carga iguala a la del generador la potencia en la carga es la mitad de la potencia generada; la otra mitad se disipa en la resistencia interna del generador. Si el lector lo desea, puede probar cambiando el valor de la carga por cualquier otro y calculando la potencia disipada en la carga. Por ejemplo, para una resistencia de carga de  $20\Omega$  circulará una corriente de  $20/30 = 0,66A$  y la potencia disipada en la carga será de  $P_{carga} = I^2 \cdot R = 0,444 \times 20 = 8,88W$ . Dejamos al lector que, de modo similar, calcule la potencia disipada en la carga para un valor de  $5\Omega$  para que observe que la máxima potencia en la carga sólo ocurre con  $R_l = 10\Omega$ .

*¿Siempre se cumplen las leyes fundamentales de la electricidad y de la física en general?*

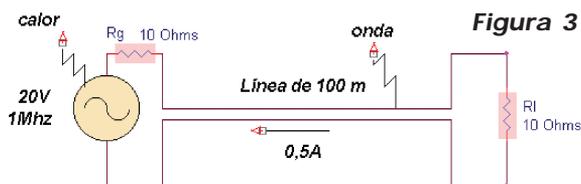
Sí, las leyes de Kirchoff, Ohm y de conservación de la energía siempre se cumplen aunque existen experimentos que parecen demostrar lo contrario. Ocurre que cuando se comienza a aumentar la frecuencia de trabajo, de modo tal que la inversa de la frecuencia multiplicada por la velocidad de propagación de las ondas (fórmula que permite determinar la longitud de onda de una transmisión electromagnética) se hace comparable con la longitud de la línea, ocurren fenómenos de irradiación y la energía se emite en forma de radiación electromagnética y parece que desapareciera. Pero no es así, se puede decir que la ley de la conservación de la energía siempre se cumple y lo que se genera se transfiere a la carga, se transforma en calor irradiado por la línea o el generador, o es emitido como energía electromagnética. Ver figura 3.



$$P_{carga} = V \cdot I = 10 \cdot 1 = 10W$$

$$P_{gen} = V \cdot I = 20 \cdot 1 = 20W$$

Figura 2 - Teorema de máxima transferencia



Longitud de onda  $L = 300 \text{ m}$   
 $L = C/f$  con velocidad de las ondas =  $300.000.000 \text{ m/s}$

$$P_{carga} = V \cdot I = 10 \cdot 1 = 5W$$

$$P_{gen} = V \cdot I = 20 \cdot 1 = 20W$$

### Transferencia de Energía en Frecuencias Medias

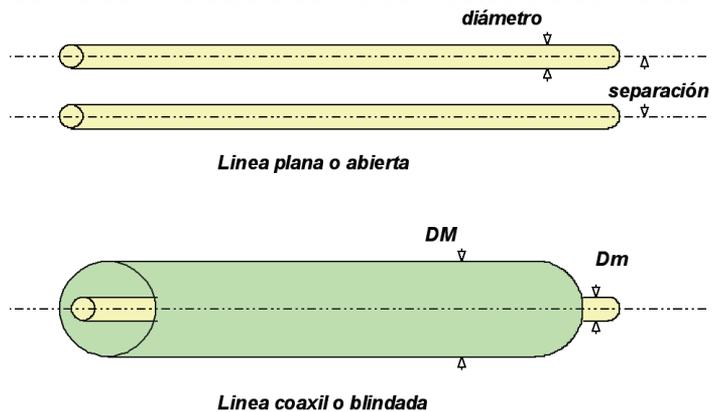
Para transferir la energía desde un generador a una carga, a frecuencias considerablemente altas, se deben cumplir algunas premisas que no se consideran cuando se trabaja a frecuencias de au-

dio, dado que la irradiación de energía por los cables es despreciable. La primer premisa es que la línea debe tener dimensiones adecuadas. En efecto, la separación entre los conductores debe ser constante así como el diámetro de los mismos, ya que es sumamente importante la capacidad por metro y la inductancia por metro del par (la resistencia por metro también es importante ya que caracteriza a las pérdidas de la línea de transmisión). Estos factores y la geometría de la línea determinan la llamada "impedancia característica de la línea o  $Z_0$ " que debe coincidir con la impedancia de la carga y la impedancia interna del generador para asegurar que la energía no sea irradiada por la línea y llegue intacta a la carga a pesar de que la línea tenga longitudes cercanas a la longitud de onda. En la figura 4 se pueden observar las dos líneas más comunes que se utilizan en la electrónica: la plana o abierta y la coaxial o blindada.

En la gama de frecuencias que estamos considerando, si se desea evitar las irradiaciones en la línea de transmisión, la carga debe ser igual a la resistencia interna del generador y a la impedancia característica de la línea de transmisión. En este caso se dice que el sistema está adaptado y, para el uso más común, la energía del transmisor llega a la antena con las mínimas pérdidas posibles.

*¿Por qué razón, en un sistema adaptado, la línea no emite?*

Porque toda la energía generada se disipa en la carga debido al cumplimiento de la ley de la máxima transferencia de energía. Si la carga no está adaptada, hay energía que no se gasta y, por lo tanto, se genera una onda reflejada que retorna hasta el transmisor. La onda directa y la reflejada viajan por la misma línea y, por supuesto, tienen la misma frecuencia, dando lugar a ondas estacionarias que hacen que ciertos puntos de la línea tengan energía máxima y otros energía mínima. El lector recordará la experiencia de las ondas estáticas que se generan en una palangana llena de agua al tirar una piedra en su centro. En este caso, parte de la energía de movimiento de las moléculas de agua rebota en el borde de la palangana e interfiere con la onda emisora que generó la piedra en su caída. El autor recuerda esa experiencia, pero algo más compleja, realizada en la universidad. En este caso se utilizaba un recipiente cilíndrico de acero perfectamente nivelado y se realizaba una primer experiencia con un nivel bastante inferior al borde, luego se incrementaba sucesivamente el nivel para



**Figura 4 - Líneas de transmisión más comunes.**

que la onda llegara a sobrepasar el borde asimilando la experiencia a diferentes estados de la carga. Claramente se apreciaba que cuando el agua en reposo llegaba a ras del recipiente (carga adaptada) no existía onda reflejada y no se generaban ondas estacionarias.

La línea de transmisión, aparte de las características eléctricas, debe tener ciertas características mecánicas que aseguren su robustez. Esto implica que los conductores deben estar unidos entre sí desde el punto de vista mecánico pero aislados eléctricamente. Esto completa el dispositivo real uniendo los conductores con un aislante de plástico para formar un cable mecánicamente estable.

Las características del dieléctrico y la resistencia de los conductores fijan el nivel de pérdidas del cable a una dada frecuencia (un cable de altas pérdidas transforma toda la energía de la fuente en calor irradiado al ambiente). En principio las pérdidas aumentan con la frecuencia, de modo tal que cuando se llega a frecuencias del orden de los 800MHz el cable se transforma en un medio poco hábil para conducir la energía.

En la práctica existen cables planos y coaxiales de impedancia característica estándar como ser 50 Ohm o 75 Ohm, valores que se corresponden con la impedancia de la antena monopolo irradiante o con la del dipolo plegado. El transmisor se adaptará a este nivel de impedancia mediante el transformador de salida y por último se utilizará una línea de transmisión adecuada a los niveles de impedancia y potencia sin perder de vista las características de atenuación de la misma.

### **Transferencia de Energía en Altas Frecuencias**

Cuando se trabaja en frecuencias superiores al Gigahertz (1.000MHz), se utilizan las llamadas guías de onda. Una guía de onda es un caño de cobre plateado

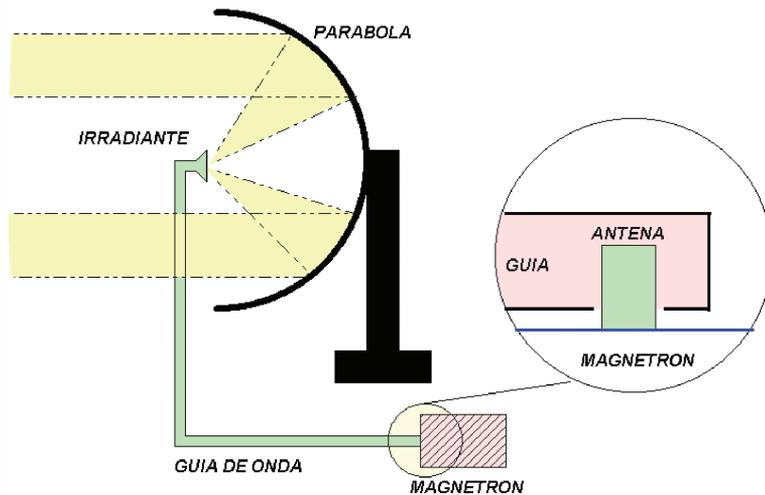


Figura 5 - Sistema de transmisión de radar.

o aluminio de sección circular o rectangular con dimensiones precisas en función de la frecuencia a transmitir. Las paredes laterales emiten ondas que se reflejan generando un patrón interno de ondas estacionarias; parece que las paredes guiaran a las ondas y de allí el nombre de guía de onda dado al dispositivo.

En principio y por razones didácticas se puede considerar que la antena está directamente conectada al transmisor y la guía de onda conduce la energía hasta el lugar adecuado para ser irradiada (por ejemplo el foco de un reflector parabólico de un radar). Ver figura 5.

Observe que la antena es un electrodo acoplador existente entre una cavidad resonante del magnetrón y el interior de la guía de onda. En la otra punta de la guía sólo existe un embudo que ilumina a la parábola. El término "iluminar" se emplea en un concepto amplio, ya que la energía luminosa no es más que una energía electromagnética de una frecuencia muy superior a las mi-

croondas pero exactamente del mismo tipo. En ambas energías (microondas y luminosa) se producen los mismos fenómenos de reflexión y refracción. En la misma figura se puede observar cómo la parábola metálica refleja la luz, concentrándola en un haz de rayos paralelos.

Si el lector se pregunta cómo se hace para que el agua de lluvia no penetre en la guía de onda, le aclaramos que se usa una tapa de material aislante (mica o plástico) que intercepta el agua y permite el paso de las microondas.

En un horno de microondas la energía no debe ser irradiada. En un horno ideal toda la energía debe disiparse en el alimento que se encuentra en la cavidad resonante principal del horno. La guía sólo acopla la antena del magnetrón al compartimento del horno, como veremos en la última parte de este artículo.

### Transmisión y Reflexión de las Microondas (Los Envases)

La comida a cocinar debe estar contenida en algún tipo de contenedor descartable o permanente (envase o utensillo de cocina). Pero las características especiales del método de cocción requiere la utilización de dispositivos adecuados que deben contener los líquidos y sólidos calientes y ser totalmente transparentes a las microondas. Esta cualidad es compartida por algunos ma-

teriales plásticos de bajo coeficiente dieléctrico y los vidrios térmicos. Aclaramos que los materiales plásticos del tipo del polyester no se consideran adecuados por tener un coeficiente dieléctrico muy elevado que distorsiona los campos eléctricos de las microondas. El ambiente del horno debe separarse de la guía de onda para evitar que los gases producidos en la cocción lleguen hasta el magnetrón y se depositen sobre la antena y la misma guía como restos grasos que con el paso del tiempo y el calor se queman generando residuos de carbón. La separación queda a cargo de una

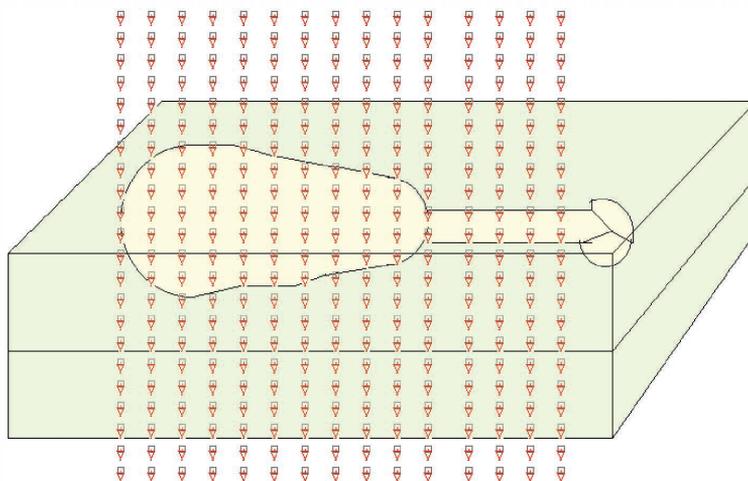


Figura 6 - Envase transparente a las microondas.

ventana moldeada de plástico de bajo coeficiente dieléctrico o una lámina de mica especial de unos tres milímetros de espesor. La mica es un mineral que suele presentarse en una forma muy impura (con depósitos metálicos); para nuestro uso la mica debe estar libre de impurezas metálicas ya que éstas son conductoras de la electricidad y se calentarán hasta fundirse en presencia de las microondas. Ver figura 6.

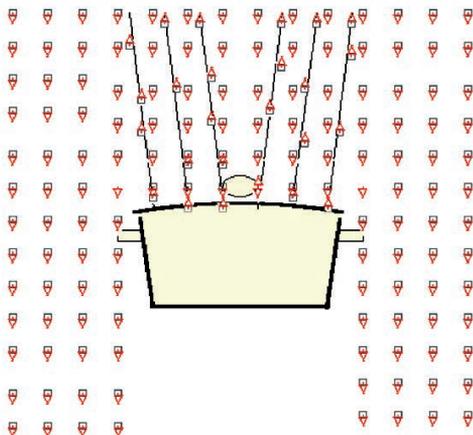
El caso contrario a la transparencia total es la reflexión total. Es un caso equivalente a la reflexión en un espejo para la óptica. Para que las microondas se reflejen deben incidir sobre una superficie metálica muy conductora, generándose sobre la misma corrientes eléctricas inducidas de elevadas magnitudes. En realidad, lo que ocurre es que esas corrientes generan campos electromagnéticos iguales a los incidentes pero de diferente dirección. Si la superficie metálica es muy conductora, el campo emergente tiene la misma amplitud que el incidente y se dice que hay reflexión total. Ver figura 7.

Un caso particular ocurre cuando se utilizan folios de plástico metalizados o láminas finas de aluminio. En este caso se debe producir reflexión, pero las corrientes circulantes hacen calentar y fundir los folios, produciéndose peligrosas llamas en el interior del horno.

En la mayoría de los casos, el campo emergente es menor que el incidente, cosa que implica que cierta energía se transfirió al cuerpo conductor. Esto ocurre en el alimento durante la cocción debido a que el mismo está hidratado y es relativamente un buen conductor. En una palabra, que el alimento no es ni aislador ni conductor sino un caso intermedio, podríamos decir que es semitransparente para las microondas.

*¿Cómo se verifica el proceso de la transferencia de energía de microondas desde el magnetrón hasta la comida?*

Más adelante vamos a indicar el procedimiento exacto, pero por ahora sepa que se trata de una medi-



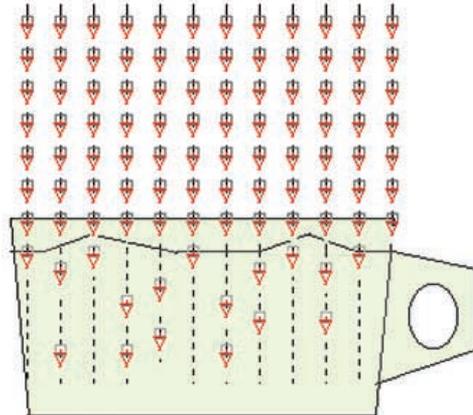
**Figura 7 - La reflexión total de las microondas en recipientes metálicos.**

ción de temperatura sobre 2 litros de agua ubicados en un recipiente para microondas luego de un tiempo determinado de horneado al máximo. La medición nos da una idea integral del proceso de cocción. Si no se llega a la temperatura adecuada, la falla puede estar en el generador (el magnetrón), la guía de onda (incluidas las aspas dispersoras y la ventana de mica o plástico) o la cavidad principal del horno.

### **El Horno Como una Cavidad Resonante con Puerta**

En la figura 9 se puede observar, en forma esquemática, la forma de un horno de microondas. Analice esta estructura con gran detenimiento porque en ella nos basaremos para futuras explicaciones.

Observe que toda la estructura está integrada con el gabinete del horno incluyendo la guía de onda. En el extremo derecho de la guía se encuentra el magnetrón, que está montado directamente de la guía con la antena (también llamada colimador) asomada en el interior de la guía. Ese elemento irradia señales que son guiadas en línea recta hasta el plano inclinado del final de la guía, desde donde se reflejan hacia el interior de la cavidad principal penetrando a través de la ventana de mica. Inmediatamente, en la entrada de la cavidad principal, se encuentran las aspas deflectoras que giran cambiando la distribución interna de energía de microondas. Sin este dispositivo se generarían puntos calientes en el alimento que no se cocinaría en forma pareja. La energía de microondas termina atravesando el alimento en forma de torbellino y aún así en muchos hornos modernos, el alimento puede colocarse sobre una bandeja motorizada que mejora aún más la distribución del calor; este sistema llamado "carrusel" llega en muchos hornos económicos a reemplazar completamente a las aspas deflectoras giratorias. En una palabra, los hornos más



**Figura 8 - La transferencia de la microonda al alimento.**

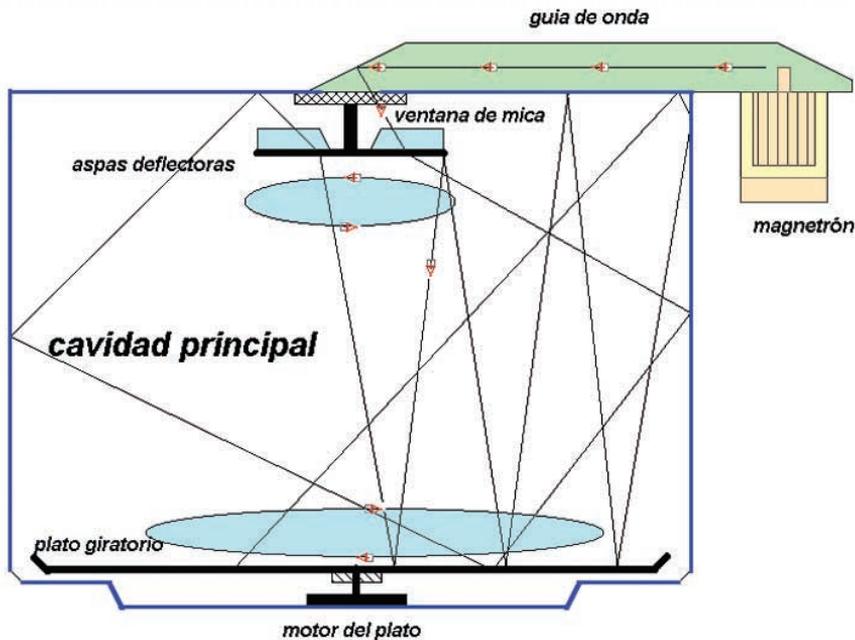


Figura 9 - Componentes básicos del horno.

es el mismo, se lo puede considerar como un circuito resonante paralelo con un resistor de pérdidas (la comida a calentar). Los materiales utilizados son el acero inoxidable, el aluminio y el plástico inyectado pintado con una pintura muy conductora de la electricidad. Sin embargo, los hornos de mejor calidad utilizan el acero porcelanizado dada su gran duración ya que no es atacado por los restos grasos de la comida y sobre todo por su facilidad de limpieza, ya que admite el uso de espumas limpiadoras ácidas o básicas.

completos tienen los dos sistemas que se complementan entre sí. Algunos más económicos sólo tienen las aspas y los hay inclusive que no tienen aspas y tienen carrusel.

Inclusive existen algunos hornos que no tienen guía de onda, ya que la antena ingresa a la cavidad principal debido al montaje especial del magnetrón.

La cavidad principal puede estar construida de diferentes modos y además puede construirse con diferentes materiales, pero su principio de funcionamiento siempre

**Conclusiones**

En este capítulo nos dedicamos a explicar cómo es la cavidad resonante principal de un horno, cómo se concentran y dispersan las microondas y cómo se guían desde el generador (la válvula magnetrón) hasta la carga (el alimento a ser cocinado). \*\*\*\*\*

**La electrónica es parte de su vida,  
y nuestra vida es la electrónica**

**ENCUENTRE EN EL CENTRO JAPONES  
TODOS LOS PRODUCTOS DE  
ELECTRÓNICA & SERVICIO, FUSIMEX  
Y CLUB SABER ELECTRONICA**

**REVISTAS  
LIBROS  
ENCICLOPEDIAS  
CDs MULTIMEDIA  
KITS EDUCATIVOS  
VIDEOS EXCLUSIVOS**

**LA MEJOR VARIEDAD Y ATENCION  
PARA TECNICOS, ESTUDIANTES Y HOBBYSTAS**

**CENTRO JAPONES**

MEXICO D.F. - REP. DEL SALVADOR N° 26 - LOC. 1 - COL. CENTRO - TEL: (0155) 5510-8602 / kitaura@prodigy.net.mx

**LECCION 4****LONGITUD DE ONDA DE LAS MICROONDAS - CAVIDAD PRINCIPAL O GUIA DE ONDA PERFORADAS - INTERRUPTORES DE SEGURIDAD - METODO DE CANCELACION DE RADIACIONES - LA CONSTRUCCION DE LA VENTANA****Introducción**

Un horno de microondas tiene que calentar el alimento en un espacio cerrado (y sintonizado) para las microondas por dos importantes razones: A) para que las ondas no se pierdan generando una reducción importante del rendimiento y B) para evitar radiaciones espurias que, como todas las radiaciones ionizantes, son productoras (o por lo menos contribuyen como factores de riesgo) de distintos tipos de cáncer, sobre todo de la piel.

Aunque parezca extraño, es más fácil lograr la hermeticidad a las microondas que lograr hermeticidad atmosférica. Por ejemplo, para que una puerta de heladera pueda considerarse sellada se requieren superficies de contacto de burlete magnético que sean prácticamente perfectas ya que sus protuberancias deben tener una escala molecular para evitar que se escape el aire frío del interior.

En un horno de microondas, esto no ocurre, ya que las microondas tienen una dimensión considerable relacionada con la longitud de onda de propagación en el aire. Luego, en el segundo apartado, veremos que agujeros de 2 cm no permiten que salgan las

microondas (son invisibles para las microondas). Esto no le debe resultar curioso al lector, ya que todos los días utilizamos recipientes de vidrio perfectamente tangibles y capaces de contener líquidos y sólidos y que sin embargo permiten el paso de la radiación electromagnética visible (luz) sin la más mínima distorsión.

La reparación de las cavidades principales es más un trabajo de hojalatería que de electrónica, pero los técnicos en electrónica ya están acostumbrados a encarar temas que si bien están relacionados con su profesión no son en modo alguno su actividad principal; como ejemplo, podemos poner a los mecanismos, ya que casi no existen equipos de electrónica que no posean una sección mecánica. Además, las secciones mecánicas son siempre las que presentan una mayor cantidad de fallas y, por lo tanto, debemos aprender a repararlas más que a las etapas electrónicas, cuyo índice de fallas es siempre menor. En nuestro caso significa que vamos a tener que utilizar algunas herramientas especiales que no se utilizan en la técnica electrónica normal como, por ejemplo, soldadores de 150W (de los que antes se utilizaban para soldar al chasis en los viejos equipos valvulares).

**Longitud de Onda de las Microondas**

En este curso indicamos que la frecuencia de emisión de un horno corresponde con la frecuencia de resonancia de la molécula de agua (o sea de 2450MHz). Esto no es realmente así ya que el horno, en la práctica, emite en una gama de frecuencias. La señal de un horno se parece enormemente a una señal de un generador barredor. Comienza en la gama de VHF banda alta, pasa por la gama de las UHF y termina en las microondas. La razón de esto la debemos buscar en la multiplicidad de alimentos que ingresan en el microondas; una sola frecuencia no daría la necesaria seguridad de excitar plenamente al alimento. Por eso se prefiere una gama amplia. Ver figura 1.

En este gráfico se pueden observar las frecuencias de emisión de un horno de microondas, relacionadas con todas las demás frecuencias del espectro electromagnético, incluyendo la luz visible y los rayos penetrantes de las radiaciones ionizantes (X y gamma).

Recuerde que la fuente de alimentación del magnetrón no es una tensión continua sino una tensión pulsante al ritmo de los 50Hz de la red. El magnetrón está construido, para oscilar a la frecuencia de 2.450MHz con una tensión algo inferior a la del pico de fuente. Con tensiones superiores, oscila a frecuencias mayores y con tensiones inferiores a frecuencias inferiores. Recuerde que los electrones circulan en círculos con diámetros que dependen de la tensión de fuente y generan corrientes por inducción en la puerta de alimentación de las cavidades.

*¿Por qué decimos entonces que nuestro magnetrón está cortado para 2.450MHz?*

Porque las cavidades están cortadas para esa frecuencia y en ella la energía generada es máxima. Esto no implica que se generen otras frecuencias, como las de VHF y UHF de TV pero con menor rendimiento,

de modo que sólo generen una mínima interferencia si los filtros de línea funcionan adecuadamente. Observe el solapado entre las frecuencias de TV y la energía generada por el horno de microondas.

Observe que las microondas están por debajo de la luz visible. Las radiaciones más peligrosas son siempre de frecuencias superiores a la luz visible por su alto grado de penetración, disociación e ionización de los tejidos humanos. A la frecuencia del horno de microondas el peligro es mucho menor dada la menor penetración; el problema no está relacionado sólo con la frecuencia, también importa la potencia de la radiación y allí el horno se destaca por su elevada potencia, ya que si no fuera así no podría cocinar los alimentos. Por lo tanto, aún a una frecuencia poco peligrosa, se deben tener enormes precauciones en lo que respecta a evitar la radiación directa del horno.

Esto significa que un horno de microondas es un dispositivo potencialmente peligroso en la medida que no se hayan adoptado importantes medidas de seguridad que mantienen a las radiaciones espurias en un nivel bajo aceptable por las normas.

El horno posee protecciones para evitar el uso inadecuado: por ejemplo, es absolutamente imposible encender el magnetrón cuando la puerta está levemente abierta. Y el sistema que detecta esta anomalía tiene seguridad triple que corta la tensión del transformador de alta tensión del magnetrón.

Cuando un sistema tiene una protección tan completa, el técnico de service se transforma en un elemento vital de seguridad ya que no sólo debe comprobar que el dispositivo realice su función de hornear, sino que debe comprobar que lo haga dentro de las máximas medidas de seguridad. Recuerde que si se comprueba negligencia de su parte, y el cliente sufre una enfermedad incurable puede, ser enjuiciado sin más trámite. Por lo tanto: jamás anule los sistemas de protección de puerta abierta, ni siquiera en forma transitoria, ya que existen medios más seguros de verificación de fallas. Verifique que los interruptores de seguridad funcionen correctamente aunque acabe de cambiarlos por otros de probada calidad y adecuada procedencia.

Si encuentra algún sistema anulado, u observa que la radiación es superior a la normal, su obligación es comunicárselo fehacientemente al cliente para que tome las medidas del caso con su anterior reparador y, sobre todo, para que se someta a una verificación médica. Deslinda responsabilidades.

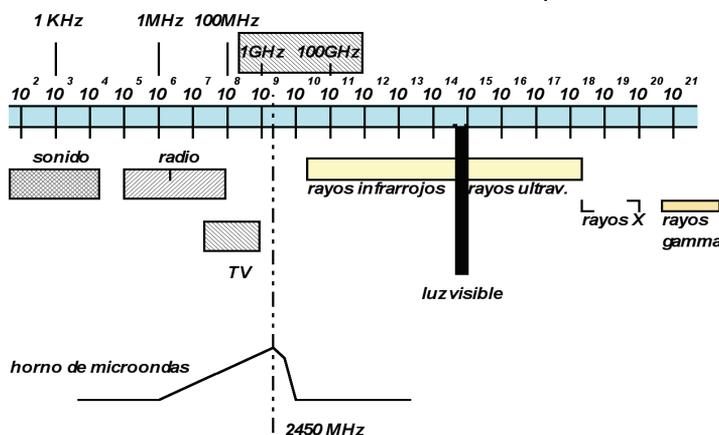


FIG.4.2.1 IRRADIACION DE UN HORNO DE MICROONDAS

Figura 1 - Irradiación de un horno de microondas

### **Cavidad Principal o Guía de Onda Perforadas**

Un horno, perforado por la oxidación localizada en un punto de la cavidad principal, es una falla sumamente común y explicaremos la razón de que se produzca dicha falla. Por lo general, la misma está localizada en los alrededores de la guía de onda o adentro mismo de la guía, incluyendo a la antena del magnetrón. El problema se presenta, en general, por la falta de un mantenimiento preventivo. El horno debe funcionar impecablemente limpio. En caso de que Ud. observe restos de alimentos (sobre todo grasos), debe proceder a su limpieza inmediata antes de encenderlo y aconsejarle a su cliente que haga lo propio. La limpieza debe realizarse con un trapo mojado en alcohol medicinal (no se deben usar limpia hornos en aerosol ya que su formulación no contempla el cuidado de los componentes electrónicos). También se puede utilizar alcohol isopropílico que tiene un mayor poder limpiador de las grasas, pero recuerde que sus gases producen intoxicación. Por lo tanto, después de la limpieza, debe dejar el horno abierto por una hora para que se evadan completamente los vapores.

Si el horno es encendido con restos de comidas sobre la superficie interior de la cavidad principal, ocurrirá lo siguiente: esos restos se van carbonizando poco a poco hasta que se hacen conductores de la electricidad, momento en que se sobrecalientan e inclusive producen llamas. En ese punto, la superficie de la chapa queda desprotegida y un tiempo después el óxido atraviesa todo el metal, produciéndose la perforación de la chapa. El proceso es lento, pero si Ud. ve un punto de óxido, seguramente en algunos meses estará la chapa perforada, porque sobre el punto de óxido se produce sobrecalentamiento que ocasiona a su vez una mayor oxidación. El proceso es degenerativo y pronto acaba con la chapa.

Es lógico que el lugar que se ataca primero esté en los alrededores de la guía de onda, o dentro mismo de la guía, porque allí las concentraciones de energía de microondas son mayores y las corrientes circulantes por la chapa también.

Si observamos atentamente, veremos que en la mayoría de los hornos la guía de onda está realizada con un caño rectangular de acero o directamente con una pieza soldada a punto sobre el techo del horno (con la chapa del horno formando la cara inferior de la guía).

Observamos que esta guía superpuesta a la caja misma del horno, en muchos casos tiene tres paredes, la superior y las dos laterales, la inferior es el mismo compartimento del horno. En caso de que se produzca una falla dentro de la guía de onda, se deberá cambiar el gabinete completo del horno. En el mo-

mento actual los fabricantes traen todos los repuestos correspondientes a un horno, entre ellos el gabinete, que incluye la cavidad principal. De esta manera, es muy difícil que un técnico tenga que ponerse a reparar un gabinete. Hace unos años esto no era así, se reparaban manualmente como trabajo de hojalatería. Aún en la actualidad nos encontraremos con hornos que no tienen un representante técnico en el país; en este caso, no hallaremos repuestos y deberemos repararlo al viejo estilo, es decir manualmente.

Las picaduras de una cavidad, no pueden repararse de ninguna manera con algún sistema de reparación del tipo de la utilizada para la chapa de un automóvil. La razón es que las masillas epoxídicas utilizadas no proveen la necesaria conductividad eléctrica. La única manera de reparar una cavidad, implica un soldador de elevada potencia entre 100 y 150W, con el cual depositaremos estaño sobre la picadura. Previamente, procederemos a una limpieza total del óxido, hasta llegar a la chapa de hierro, utilizando papel de lija y un juego de limas de matricero de diferentes tamaños. Si Ud. trabaja frecuentemente con hornos, le recomendamos, para realizar esta tarea de limpieza, la utilización de mechas de material abrasivo (piedras de esmeril), que pueden colocarse en el mandril de un taladro eléctrico. Luego se cortará alguna chapa de cobre o de bronce de un tamaño mayor al de la picadura. Se apoyará la chapa y se soldará con el estaño. Luego se debe lijar la superficie con una lija al agua hasta que quede perfectamente lisa y nivelada. Posteriormente se debe proceder a pintar la superficie reparada con una pintura en aerosol especial para el interior de hornos de microondas y que se consigue en las casas especializadas.

Este método de reparación puede inclusive extenderse a las reparaciones de las antenas de la válvula magnetrón, aunque vale aclarar que la reparación puede ser sólo transitoria y aconsejable cuando el cliente decide no gastar el dinero que implica comprar un magnetrón nuevo (**Nota:** el metal de algunas antenas no es soldable). También vale para el caso de que no se consiga el repuesto. Esta válvula puede ser uno de los elementos que más fallan y se las puede reparar debido a que son de chapa de cobre o de bronce relativamente fina que puede ser estañada y pulida. En principio, al lector le puede sorprender que se produzca una alteración en un lugar donde la grasa del horno no debería llegar. Ocurre que sobre la ventana de mica se producen depósitos grasos al igual que en cualquier otra parte del horno. Estos depósitos se calientan y se carbonizan, y de la carbonización, tendremos un punto muy caliente y mayor carbonización que además está ubicada en un lugar donde las microondas atraviesan directamente. El efecto es realimentable y pueden producir elevaciones de tempera-

tura tan altas que la mica no la puede soportar y se pica. Es evidente que en este caso, no sólo se debe reparar el sector que está picado sino que se debe reemplazar la mica por otra de similares características para evitar que se vuelva a producir el mismo inconveniente. La mica puede comprarse cortada para cada modelo de horno o se puede comprar una plancha para reparar diferentes hornos. Se corta con una tijera de sastré dándole a la pieza cortada un tamaño idéntico al original. La plancha utilizada debe ser de un mineral que no contenga incrustaciones de restos metálicos.

Cuando se deba reparar una guía de onda soldada a punto o remachada en el techo de la cavidad, se deberá primero desarmar la guía de onda. Para eso, con un taladro eléctrico y una mecha de acero rápido, se debe desgastar la cabeza de cada uno de los remaches o el punto de soldadura, posteriormente se repara la guía interiormente y luego se la vuelve a remachar o soldar a punto donde corresponda. Las caras enfrentadas de la guía y del techo del horno se deben limpiar y estañar antes de proceder a remachar la guía para minimizar la resistencia de contacto y se deben realizar tantos puntos como existían originalmente (o utilizar la misma cantidad de remaches) para no incrementar el cierre de corriente a través del cuerpo de la guía.

### Interruptores de Seguridad

Un horno de microondas tiene tres interruptores llamados: primario, secundario y de seguridad. Ya hemos mencionado que la cavidad del horno está formado por paredes de un material que refleja las emisiones de microondas; impidiendo de este modo la salida de las mismas fuera del horno. Sin embargo, si el aparato funcionara con la puerta abierta, toda la radiación sería emitida hacia el exterior con efectos peligrosos para el usuario. Para garantizar que el aparato funcione solamente con la puerta cerrada, están los interruptores de seguridad que operan con la apertura de la puerta. Su operación se describe con referencia a la figura 2.

En la figura podemos observar el circuito primario correspondiente a la fuente de alimentación del magnetrón. El horno está conectado a los 220V 50Hz o a los 110V 50Hz, según la tensión de red de su zona. Luego existe un fusible que protege a todo el horno y a continuación y en serie los interruptores primario y secundario. El interruptor de seguridad está conectado en paralelo con la tensión de red. Se puede observar que en la condición de seguridad normal que se ve en la figura, este interruptor está abierto y, por lo tanto, no deriva ninguna corriente por él. Los interruptores en serie están cerrados en la condición normal, permitiendo que la corriente llegue al resto del circuito.

A continuación existe un relé, llamado relé del magnetrón, que se encarga de alimentar al mismo ya que corta la tensión por el primario del transformador de alta tensión. Ocurre que un magnetrón no se puede controlar de forma analógica, es decir que es difícil conseguir una atenuación suave y controlada de las ondas que produce el magnetrón. Si uno quiere regular la cantidad de energía de microondas que le llega al alimento, la única posibilidad que existe es la alimentación pulsada. Por ejemplo, esto se utiliza mucho cuando no se pretende cocinar el alimento sino descongelarlo. Los pulsos que cierran el relé son producidos por el microprocesador que controla al sistema.

Además del manejo pulsado, este relé se controla por un sistema de seguridad que opera con la temperatura de las aletas de refrigeración del magnetrón. Es decir que el magnetrón es como cualquier otro generador de electricidad. Cuando el rendimiento empeora por una mala carga, el mismo se calienta y si llega a una temperatura peligrosa, puede sufrir daños y deberá ser cambiado. Para evitarlo, se coloca un par bimetálico o un disyuntor térmico sobre las aletas del magnetrón. Cuando la temperatura llega a un nivel peligroso, el disyuntor se abre y el magnetrón se queda sin alimentación o si se trabaja con un par bimetálico la señal del par se aplica al micro que controla el relé del magnetrón. Es decir que siempre tenemos un solo un interruptor de la energía que le llega al magnetrón y sobre él se opera tanto como medida de seguridad de calentamiento como para reducir la poten-

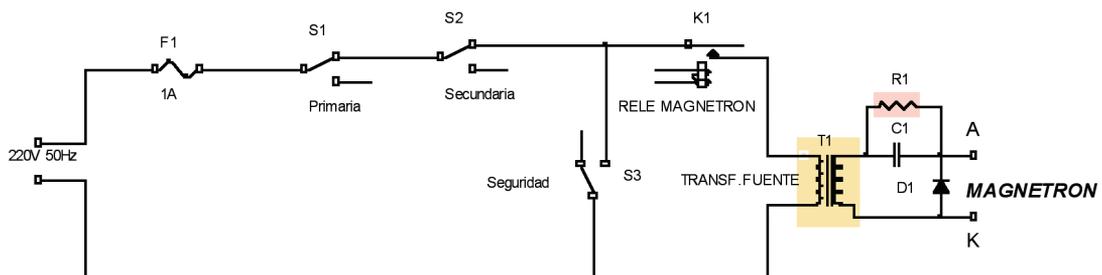
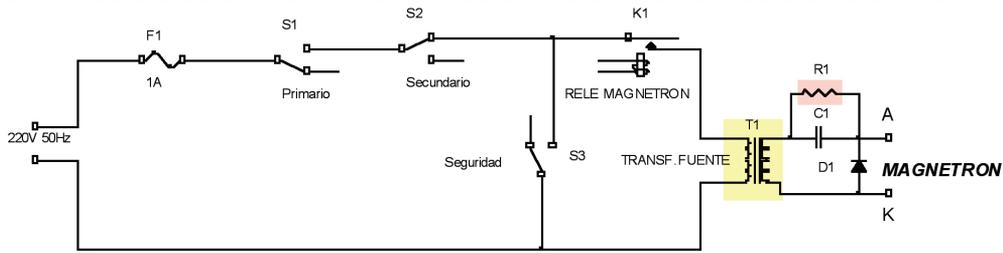
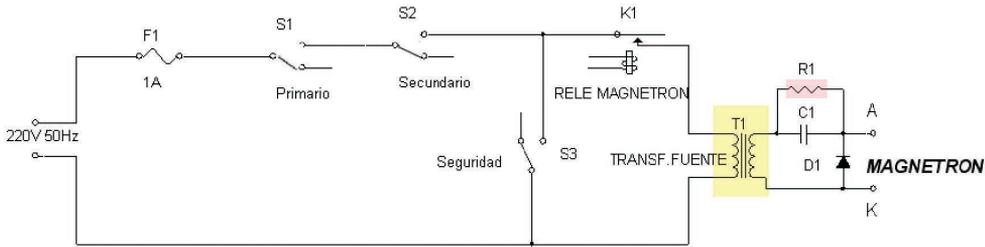


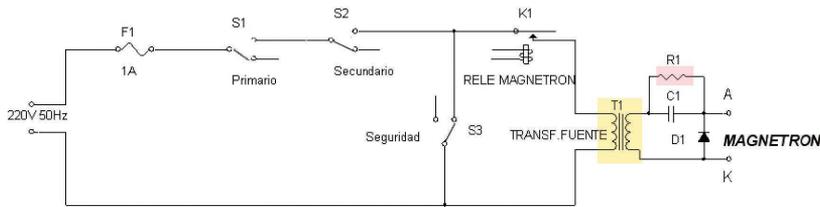
Figura 2 - Circuito de seguridad normal.



**Figura 3 - Circuito de seguridad protegido por S1.**



**Figura 4 - Circuito de seguridad protegido por S1 y S2.**



**Figura 5 - Circuito de seguridad protegido por S1, S2 y S3.**

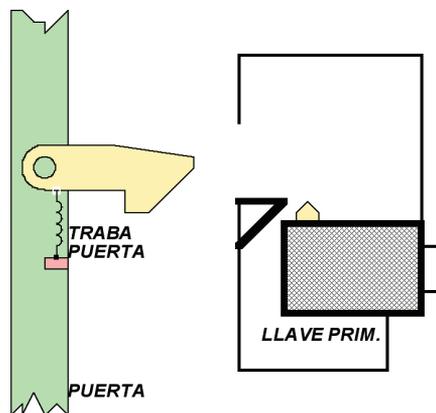
cia promedio irradiada. En los circuitos con disyuntor térmico éste se encuentra conectado en serie con el relé.

En la figura 3 podemos observar lo que ocurre cuando uno de los interruptores, (el primario) queda abierto cuando la puerta está mal cerrada. En esta condición se puede observar que no circula corriente por el circuito primario aunque el relé del magnetrón se cierre adecuadamente. Esta condición ocurre porque el relé primario S1 se cierra solamente cuando el gancho de la puerta opera el interruptor y lo mantiene perfectamente cerrado.

Una condición similar se observa en la figura 4. Allí se puede observar cómo los interruptores S1 y S2 están abiertos, la puerta está algo más abierta que en la condición anterior. En esta condición hay una doble protección y no llegará energía al transformador primario.

En la figura 5 podemos observar cómo opera la protección triple. Aquí cuando la puerta está abierta, el interruptor de seguridad S3 se cierra manteniendo un cortocircuito sobre el primario del transformador. Si por cualquier razón S1 y S2 se cerraran en cualquier momento y con la puerta abierta, se produciría

un cortocircuito que haría quemar el fusible F1 y el magnetrón jamás llegaría a alimentarse. Es decir que éste es un caso extremo de seguridad, donde posteriormente el horno requerirá un servicio técnico. Observe el lector que los interruptores S1, S2 y S3 no operan al mismo tiempo. Todos ellos actúan de acuerdo a la posición de la puerta. Es evidente que el S3 no debe cerrarse jamás cuando la puerta está cerra-



**Figura 6 - Llave S1 con puerta abierta.**

da y, por lo tanto, S1 y S2 también lo están. En principio parece superfluo usar dos llaves en serie. Pero el lector debe recordar que esas dos llaves se van a operar con dos diferentes ganchos de la puerta del horno. En efecto, por razones mecánicas existen dos piezas de traba o ganchos de la puerta del horno y por segu-

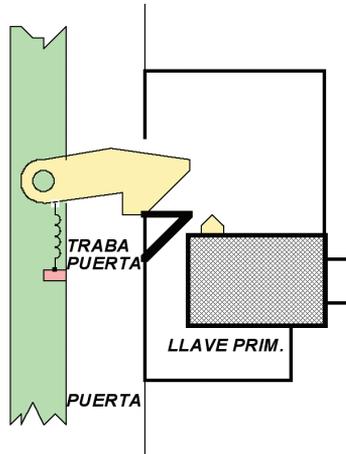


Figura 7 - S1 con puerta en tránsito.

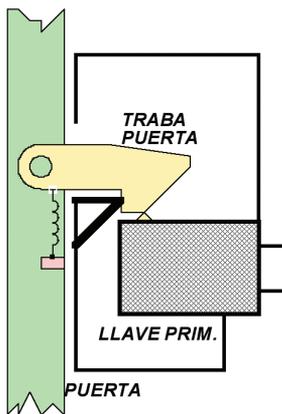


Figura 8 - S1 con puerta cerrada.

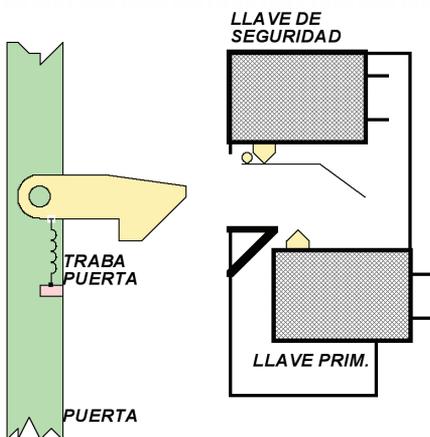


Figura 9 - Segunda traba de puerta abierta

ridad cada una de las trabas opera una de las llaves. En las figuras 6, 7 y 8 se puede observar cómo es el proceso de cierre de la puerta y la operación de la llave S1 correspondiente. Observe que le mostramos primero la puerta abierta, luego en tránsito y después cerrada. En la posición cerrada, la traba de puerta opera al switch S1 y la llave se cierra, permitiendo que la corriente pueda fluir para encender al magnetrón.

En las figuras 9, 10 y 11 podemos observar el funcionamiento de la segunda traba de puerta; en este caso, hay dos llaves que están funcionando sobre la misma traba o gancho de puerta. Por un lado tenemos la llave secundaria y por otro la llave de seguridad. Observe que cuando la puerta está abierta, la llave de seguridad está cerrada. Cuando la puerta comienza a cerrarse la llave de seguridad se abre, antes de que la llave secundaria sea operada. Es decir que cuando la llave secundaria se opera cerrándose y enviando corriente al circuito, la llave de seguridad ya estaba abierta desde hace un instante.

El lector se preguntará por qué razón se ha colo-

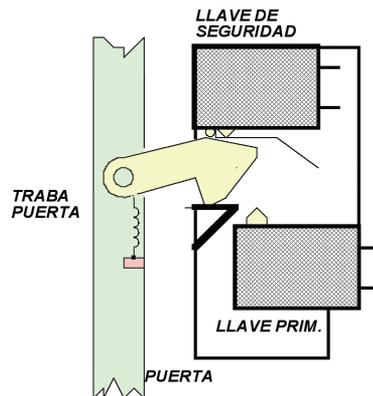


Figura 10 - Segunda traba de puerta en tránsito.

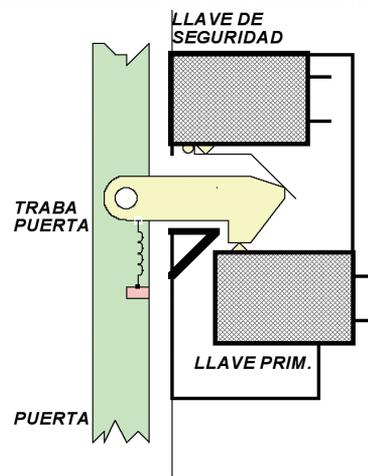


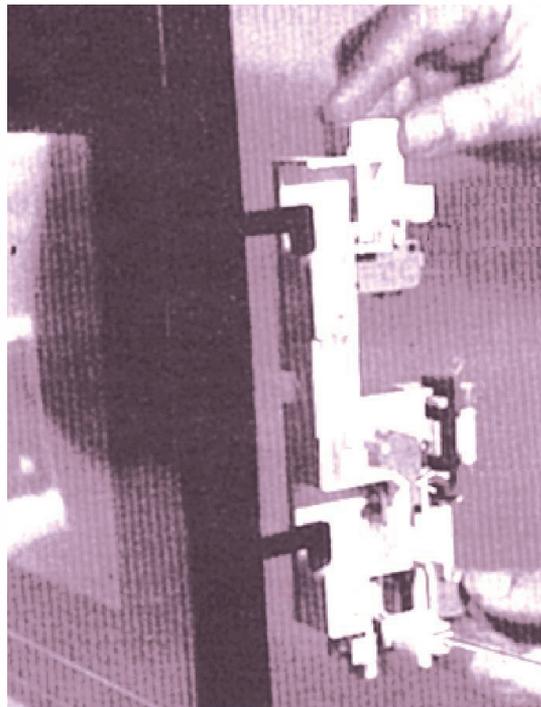
Figura 11 - Segunda traba de puerta cerrada.

cado un sistema tan complejo en el sistema de seguridad. En principio, podríamos considerar que la colocación de una sola llave primaria o secundaria no es suficiente, dado que podría estar rota una traba o gancho de puerta. Si analizamos las posibles fallas de las llaves, nos encontramos que si la llave primaria se encuentra permanentemente en cortocircuito, podríamos perder toda la seguridad. Pero, en este caso la duplicación de esta llave hace que el horno siga protegiendo la salud del usuario ya que solamente con que funcione una de las dos llaves el sistema funciona. Y si quedaran trabadas ambas, el sistema queda protegido por la llave de seguridad que al operar quema el fusible.

Por último, en la figura 12, se puede observar el subchasis de llaves de un horno de microondas típico. Observe cómo en el mismo subchasis de plástico están montadas las tres llaves, primaria, secundaria y de seguridad, y observe cómo las trabas de puerta ingresan en el lugar donde se encuentran las llaves. Este es el sistema de seguridad que evita que el horno funcione cuando la puerta esté abierta, pero con esto no evitamos absolutamente la peligrosidad intrínseca de un horno; además debemos garantizar que cuando la puerta esté cerrada no haya fuga de radiación y ése es el tema del próximo apartado.

Aquí nos queda por analizar cómo se repara el sistema de seguridad. El autor considera que el método más conveniente es utilizando la famosa lámpara serie hasta que se determine que el circuito no tiene ninguna anomalía. En cuanto al nivel de potencia de la lámpara, lo aconsejable es usar dos lámparas de 150W como mínimo conectadas en paralelo (mejor sería utilizar 500W en total). Si encuentra el fusible quemado, reemplácelo por uno idéntico y conecte el horno a la lámpara serie. Si la lámpara serie se ilumina a pleno con el horno cerrado, significa que existe un cortocircuito en el circuito primario del transformador de alta tensión antes del relé. Es posible que la falla no tenga relación con el sistema de seguridad, ya que existe una fuente conectada en paralelo a la que ya conocemos. Esta otra fuente es la de baja tensión y puede desconectarla quitando el fusible correspondiente o levantando alguna conexión. Si la falla continúa, entonces significa que el problema se encuentra en nuestro circuito de seguridad o en el cable de entrada. Vuelva a conectar la fuente de baja tensión y busque alguna posibilidad de cortocircuito entre los dos polos de la alimentación anteriores al relé.

Si la lámpara serie está apagada abra la puerta. Si se enciende a pleno, la lámpara serie significa que los dos interruptores (primario y secundario) están en cortocircuito, lo que es una condición muy poco probable. Si continúa apagada, se enciende la luz interior del horno y si el display está encendido significa



**Figura 12 - Fotografía del subchasis de llave.**

que puede pasar a la siguiente prueba. Haga un corto con un cable con clips cocodrilo, anulando los interruptores primario y secundario. Al abrir la puerta la lámpara serie se encenderá, al cerrarla se apagará. Haga lo mismo pero con un corto solo sobre el interruptor primario; la lámpara serie no debe encenderse con la puerta abierta. Haga la misma prueba con un corto sobre el interruptor secundario, la lámpara serie no debe encenderse. Si en algunas de las dos pruebas anteriores se enciende la serie es porque el interruptor no cortocircuitado está fallado.

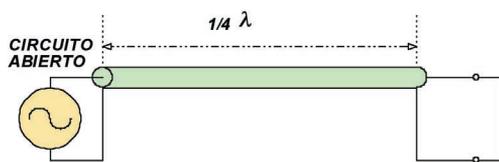
Coloque un recipiente térmico con un litro de agua en el interior y cierre la puerta. La luz interior se debe apagar. Pulse el interruptor general; se debe encender nuevamente la luz interior y el display estará de algún modo invitándolo a ordenar alguna acción. Este modo depende de la marca y modelo de horno, pero en general se trata de un guiño permanente. Predisponga el horno en calentamiento rápido (algunos fabricantes lo llaman cocción instantánea) con una duración de 2 minutos y pulse comenzar. Mientras transcurren los dos minutos, observe que el interior del horno se volvió a iluminar y que no se escucha el ruido del relé porque con este seteo el horno trabaja en forma continua; en otras predisposiciones, como el descongelamiento, el relé enciende por un corto tiempo, se apaga por un tiempo similar, y así sucesivamente.

A los dos minutos sonará la alarma de fin de cocción y se apagará la luz interior indicando que puede abrir la puerta. El agua debe estar tibia (50 °C) apro-

ximadamente. Con todas estas pruebas completamos un primer control del horno que está muy lejos de ser exhaustivo. Este es el primer control que realizamos y se irá completando a medida que avance el curso.

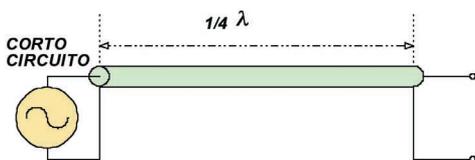
**Método de Cancelación de Radiaciones**

Observemos el horno de microondas, que debe ser una cavidad perfectamente hermética y cerrada, pero obviamente la tapa frontal tiene que poder abrirse para introducir la comida. Esto involucra que la puerta tiene que tener un cierre perfecto que coincida con las paredes del gabinete. Si pretendiéramos conseguir un contacto perfecto entre la puerta frontal y el gabinete, sería imposible debido a la suciedad que depositan los alimentos en el borde de contacto de la puerta con el horno. El método utilizado por el total de los fabricantes utiliza alguna de las características de las líneas de transmisión que, por supuesto, tienen su equivalente en las guías de onda. Por ejemplo, las características de una línea que tenga un cuarto de longitud de onda a la frecuencia a cancelar, tiene interesantes propiedades. Por ejemplo si a una línea de un cuarto se la pone en cortocircuito entre los terminales de entrada se observa un circuito abierto. Se produce el circuito totalmente inverso al enumerado, es decir que si la carga de la línea de un cuarto es un circuito abierto el generador va a observar la entrada de la línea como un perfecto corto circuito. Estas dos características se producen debido a la generación de ondas estacionarias sobre la línea de un cuarto. Observe que en ambos casos la línea está totalmente desbalanceada. Esto pareciera no tener utilidad en el horno de microondas, pero con un criterio de diseño adecuado se puede conseguir que el solapado de la puerta



$\lambda = c/f$

Figura 13 - Línea de 1/4 de longitud de onda.



$\lambda = c/f$

Figura 14 - Línea de 1/4 de longitud de onda.

frontal del horno tenga una longitud de onda con un largo de un cuarto de lambda, de manera tal que para el interior la cavidad resonante que forma esta tapa resulte un perfecto cortocircuito a pesar de que realmente sobre la salida se generó un circuito abierto. Ver figuras 13 y 14.

El lector que conoce del tema de la transmisión de señales de radio seguramente debe haber entendido perfectamente lo anterior. Aquellos que no están en el tema probablemente tengan dudas al respecto, pero el autor sólo desea expresar que una tapa de horno de microondas es un exquisito exponente de un diseño que combina varias técnicas al mismo tiempo y que debe ser respetada por el reparador evitando modificaciones y reemplazos no autorizados.

En la figura 15 podemos observar los detalles de construcción de la puerta. En principio, podemos observar que existe un vidrio cubierto por una rejilla metálica interna que no permite el paso de las ondas la cual, será analizada en la sección siguiente. El conjunto vidrio rejilla queda tomado entre el marco interno y el externo de la puerta, es por este lugar por donde existe la posibilidad de una fuga de microondas; para evitarla se coloca una guía de onda con una longitud de un cuarto de lambda de manera tal que aunque la salida de la guía no está cerrada, esta guía de onda se comporta como si fuera un cortocircuito para el generador, que en este caso es la cavidad principal del horno. De cualquier manera recordemos que la longitud de onda no corresponde a un valor fijo, por lo tanto podría existir alguna fuga; para evitarlo se coloca el sello de polipropileno, que es un material con un elevado coeficiente dieléctrico. Esto hace que sobre la abertura de salida haya una pequeña tensión de microondas y, por lo tanto, una mínima irradiación. El reparador deberá observar el estado de integridad

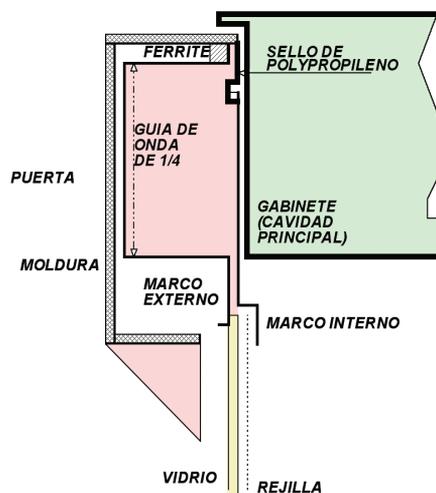


Figura 15 - Detalle del marco de la puerta.



**Figura 16**

de todos estos elementos, sobre todo deberá verificar que la guía de onda no este perforada. Por último deberá observar la existencia de la rejilla interior que acompaña el vidrio.

**La Construcción de la Ventana**

Es evidente que la puerta de un horno de microondas no requiere una ventana de observación. Sin embargo, ya que los hornos de gas tienen ventana, es costumbre que los fabricantes agreguen una ventana para ver cómo se cocina el alimento de los hornos de microondas.

Considere que una rejilla de pequeños agujeros se comporta como si fuera una chapa maciza y continua de hierro. La razón la podemos observar en la figura 16.

Cuando una microonda quiere atravesar este sector de rejilla genera en los alrededores de los agujeros una corriente a la frecuencia de las microondas.

Esta corriente es a su vez un generador de nuevas microondas que tienen una amplitud igual a las anteriores. Esto hace que por detrás de la rejilla, el campo magnético se haga nulo debido a la cancelación entre ambas fuentes de irradiación.

Un agujero en la rejilla de un tamaño elevado puede generar una peligrosa irradiación de microondas. Se aconseja observar con mucho detenimiento toda la superficie de la misma, y cambiarla si ésta está deteriorada.

Si el usuario tiene dificultades para observar a través de la ventana, primero intente limpiarla, y si continúan los problemas, observe el estado de la lámpara interna y su alojamiento, ya que una reducida iluminación afecta la observación.

**Conclusiones**

En esta lección hicimos un examen riguroso y completo de toda la cavidad principal de un horno de microondas. En esta cavidad es donde se realizan todas las operaciones de cocción del alimento y por lo tanto la integridad de la misma debe ser controlada y reparada si fuera necesario.

Puede estar seguro que el mínimo deterioro observado el día de hoy puede significar, mañana, un deterioro mucho más difícil de reparar. Hasta ahora analizamos el circuito del magnetrón y la cavidad principal del horno.

\*\*\*\*\*

**EXCLUSIVO MATERIAL EDUCATIVO DE PRIMER NIVEL INCLUYE 1 CD MULTIMEDIA, 1 TOMO CLUB SE Y 4 REVISTAS**

**CD MULTIMEDIA**  
**TODO SOBRE PLCs:** Contiene un curso completo de PLC compuesto por 3 selecciones. Un curso de sistemas de control. Un tutorial de PLC. Un tutorial de robótica. Los libros, sistemas de seguridad y alarmas guía práctica de instalación en formato digital. 3 presentaciones Power Point. Abundantes notas extraídas de ediciones de Saber Electrónica referentes a robótica, automatismos, sistemas de control, etc.

**TOMO "CLUB SE"**  
**CURSO DE AUTOMATAS PROGRAMABLES Y PLC:** Controles automáticos. Estructura de los controladores PLC. Los algoritmos de control. Simulación de procesos de control. Sistemas de control basados en PC. Partes básicas de un paquete de software. La estación de trabajo de un automatista. Diseño y montaje de un modelo de simulador de temperatura para PLC. Diseño del software para PLC en Basic y Lab View.

**4 REVISTAS "SE"**  
 ADEMÁS LLEVA 4 REVISTAS SABER ELECTRONICA EDICION INTERNACIONAL A ELECCION

**SOLO \$100**

**ESTA PROMOCION VIGENTE UNICAMENTE POR EL MES CORRESPONDIENTE A LA REVISTA PROMOCIONES VALIDAS HASTA AGOTAR STOCK - APLICAN RESTRICCIONES**

**PIDALO EN LA SEDE CENTRAL DE SABER INTERNACIONAL**

SEDE CENTRAL DE SABER INTERNACIONAL, S.A. de C.V.: Av. de los Maestros 4a. Cerrada N° 2 (entrando por la Av. 30-30 frente al "Maleconero", al costado de la Escuela UPEI). Col. Sta. Agueda, Ecatepec, Méx. TELÉFONO: (0155) 5839 5277, 7277. FAX: 5839 5077 CORREO ELECTRONICO: ventas@saberinternacional.com.mx

**CIENTOS DE NOTAS, PROYECTOS Y CURSOS COMPILADOS LLEVA LOS 8 ANUARIOS DIGITALIZADOS EN CD MULTIMEDIA**

**CDS MULTIMEDIA**

12º AÑO DE SABER ELECTRONICA  
 13º AÑO DE SABER ELECTRONICA  
 14º AÑO DE SABER ELECTRONICA  
 15º AÑO DE SABER ELECTRONICA  
 16º AÑO DE SABER ELECTRONICA  
 17º AÑO DE SABER ELECTRONICA  
 18º AÑO DE SABER ELECTRONICA  
 19º AÑO DE SABER ELECTRONICA

**CONTENIDO DE LOS CDS**

El conjunto de los 8 CDs multimedia contiene todo lo publicado en las 3 ediciones de Saber Electrónica desde Junio de 1998 a Julio de 2006.

Cada anuario contiene más de 150 notas completas y abundante información adicional. Se incluyen las notas publicadas en las ediciones Andina, Argentina, Mexicana e Internacional.

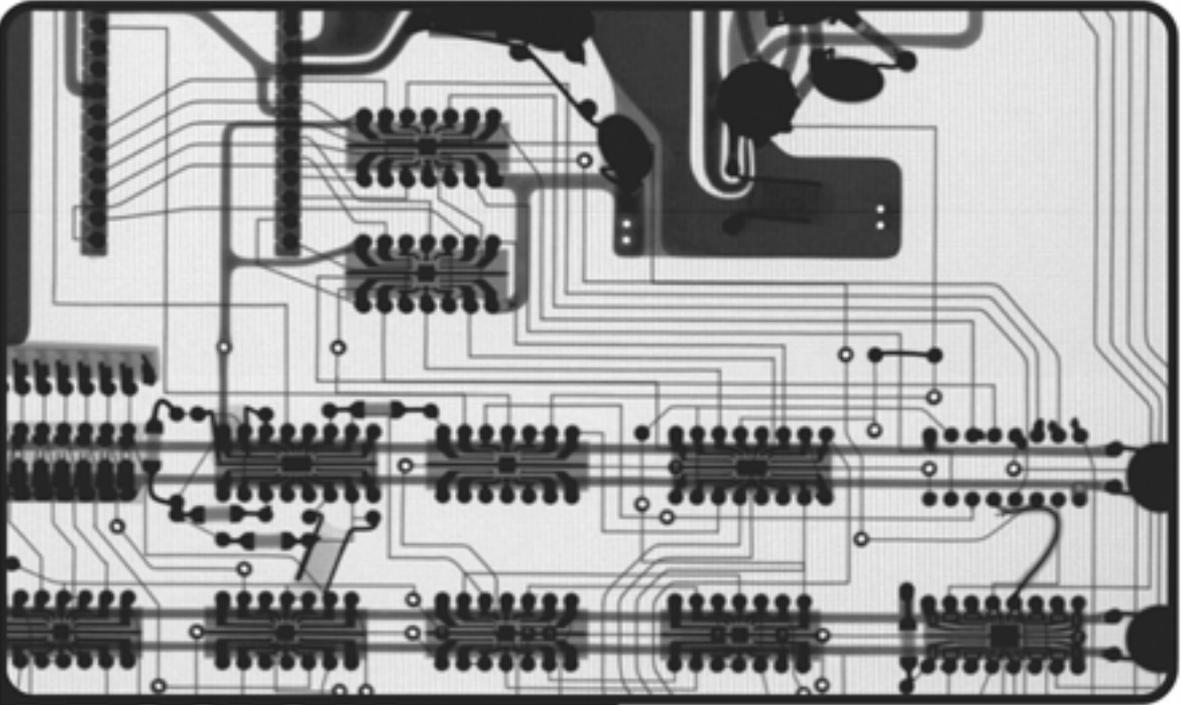
**LLEVA MAS DE 1200 NOTAS DIGITALES!**

**SOLO \$340**

**ESTA PROMOCION VIGENTE UNICAMENTE POR EL MES CORRESPONDIENTE A LA REVISTA PROMOCIONES VALIDAS HASTA AGOTAR STOCK - APLICAN RESTRICCIONES**

**PIDALO EN LA SEDE CENTRAL DE SABER INTERNACIONAL**

SEDE CENTRAL DE SABER INTERNACIONAL, S.A. de C.V.: Av. de los Maestros 4a. Cerrada N° 2 (entrando por la Av. 30-30 frente al "Maleconero", al costado de la Escuela UPEI). Col. Sta. Agueda, Ecatepec, Méx. TELÉFONO: (0155) 5839 5277, 7277. FAX: 5839 5077 CORREO ELECTRONICO: ventas@saberinternacional.com.mx



## LECCION 5

### EL HORNO DE MICROONDAS CON CONTROL ELECTROMECHANICO EL HORNO DE MICROONDAS CON CONTROL ELECTRONICO

#### *Introducción*

Todos los dispositivos electrónicos actuales responden a un diagrama genérico parecido que es, a su vez, una variante del viejo criterio de diseño que decía que un dispositivo electrónico es una sección de control con llaves mecánicas y una sección controlada por ella. En este caso el que piensa es el usuario (piensa qué llave apretar en cierto momento para conseguir un determinado resultado). El conjunto de llaves de control manejadas por un usuario podría asimilarse a un microprocesador mecánico e, inclusive, existe la posibilidad de grabar ese programa mecánico hasta cierto punto.

El horno de microondas, tal como se lo conoció en sus principios, seguía un criterio similar al de los lavavajillas con programas almacenados. En el caso del horno se guardaban mecánicamente en un sistema de relojería los diferentes programas a utilizar. En principio parecería que un horno de microondas debería tener sólo la posibilidad de cocinar alimentos crudos, pero realmente no es así. Un horno moderno de alto precio, cocina rápidamente, cocina lentamente, dora, calienta líquidos, recalienta comidas, deshíela comidas congeladas y, en algunos casos, entibia productos horneados previamente.

Para cada tipo de uso existe un programa adecua-

do. Los hornos electromecánicos suelen tener una variedad menor de prestaciones, que generalmente consisten en un encendido a potencia plena, media o mínima y un temporizador de apagado. El usuario debe saber qué potencia y durante cuánto tiempo debe aplicarla al alimento para lograr la función deseada. Por ejemplo la cocción rápida o calentamiento de bebidas se realizará a plena potencia (tiempo de actividad de la válvula magnetrón del 100% o encendido permanente) durante algunos minutos que dependerán del peso y el volumen del alimento. El descongelamiento se consigue con energía baja durante media hora o más que se consigue con tiempos de actividad del magnetrón del orden del 10% (por ejemplo con encendidos de 10 segundos y períodos inactivos de 100 segundos). La cocción lenta de carnes rojas o blancas se realiza con potencia media y períodos largos de 15 a 30 minutos. Para recalentar carnes previamente cocinadas se utiliza plena potencia por tres a cinco minutos, etc, etc.

Cuando el horno tiene un microprocesador, las funciones pueden operarse automáticamente. Es decir que el usuario no necesita saber que para calentar un pollo se requiere potencia media por 30 minutos; simplemente elige el botón con el dibujo de un pollo y el horno se programa sólo por 30 minutos de potencia me-

dia. Por supuesto que si el usuario desea elegir la potencia y el tiempo en forma directa siempre tendrá la posibilidad de realizarlo a través de una serie de pulsadores y observando el display.

### El Horno de Microondas con Control Electromecánico

El circuito del magnetrón y de las llaves de seguridad es siempre el mismo para cualquier horno, salvo por diferencias no significativas. Lo que varía es la sección de control, que en un horno viejo se basa en dispositivos electromecánicos y en uno moderno en un microprocesador. En esta sección analizaremos todos esos viejos dispositivos electromecánicos, o por lo menos algunos de ellos, ya que a pesar de todo se siguen empleando en hornos de muy bajo costo.

Un temporizador mecánico a cuerda es un dispositivo simple y eficaz. Cuando Ud. programa el tiempo, simplemente avanza una perilla hasta el tiempo deseado cargando una cuerda. Al soltar la perilla, la cuerda tensada pretende que la misma vuelva al cero, pero se encuentra con una leva que se trava sobre una rueda dentada que le prohíbe el retorno rápido. En efecto, hasta que esa leva no se desplaza la perilla no retorna, pero sólo lo hace diente por diente en acción retardada. Este sistema es tan antiguo que formaba parte de los viejos relojes de péndulo. Con él se pueden conseguir temporizaciones del orden de una hora sin mayores complicaciones.

Cuando la perilla retorna a cero, el magnetrón se apaga definitivamente. En realidad unos 3 segundos

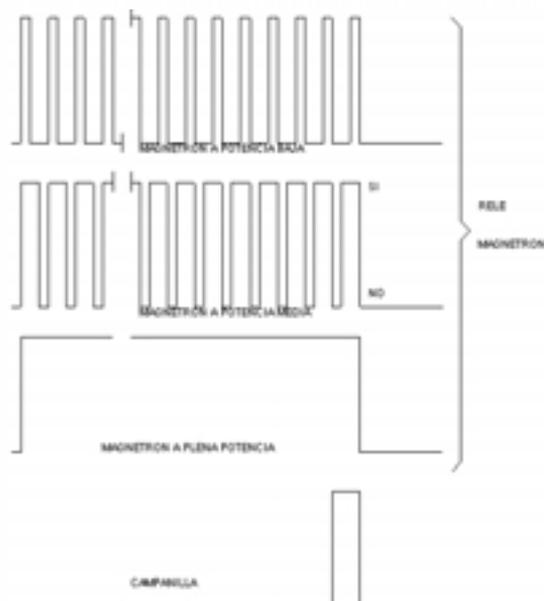


Figura 1 - Potencia PWM del Magnetrón.

antes comienza a sonar una campanilla para avisarle al usuario que su comida esta listá. El badajo de esa campanilla se energiza desde la misma cuerda del temporizador.

Además de los dispositivos nombrados siempre se necesita un biestable que genere una señal del tipo PWM (Pulse Width Modulation o modulación por ancho de pulso) que sirve para regular la potencia del magnetrón. En los controles mecánicos, este dispositivo suele formar parte del mecanismo del temporizador, tomando la misma energía de la cuerda.

Entre los tres sistemas se manejan dos dispositivos de salida, por un lado la campanilla previa al corte y por otro lado un contacto que cierra el relé de energización del magnetrón. Estas señales de salida se pueden observar en la figura 1.

En realidad, el magnetrón se debe apagar por tres motivos, a saber: A) porque cumplió un ciclo PWM alto, B) porque terminó la temporización y C) porque se sobrecalentó y si no se apaga, se funde. El caso C es, evidentemente, un caso de falla y el reconocimiento de la misma se realiza con un fusistor adherido a una aleta disipadora del magnetrón o con una llave térmica similar a las de las heladeras o las planchas que funciona por curvamiento de una placa bimetalica. Ver figura 2.

Esta llave térmica se conecta en serie con uno de los cables de alimentación de red y corta el funcionamiento total del horno hasta que el par bimetalico se

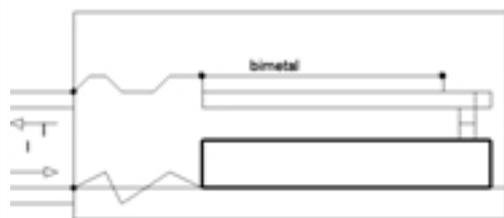


Figura 2 - Llave térmica.

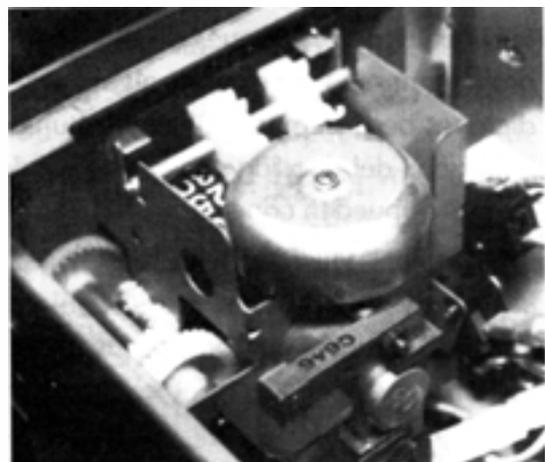
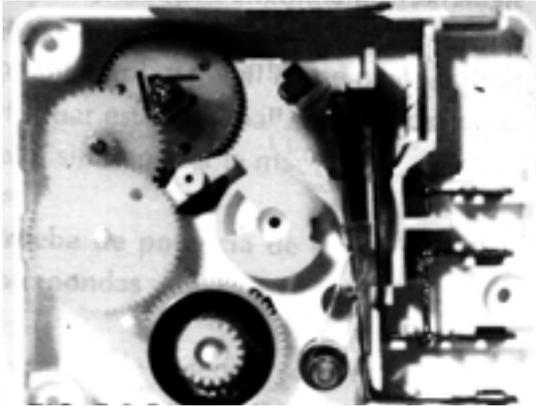


Figura 3 - Detalle de la campanilla.



**Figura 5 - Detalle del temporizador.**

enfríe completamente y se recupere el funcionamiento o se vuelva a cortar si el problema subsiste.

Algunos fabricantes utilizan pares bimetalicos con contactos aislados que operan cortando el relé del magnetrón. Cualquiera sea el caso, el magnetrón se apaga por completo hasta que se enfríe. Un horno electromecánico posee algo que podríamos llamar mi-

croprocesador mecánico que es una llave rotativa o una botonera que selecciona la función del horno. En las figuras 3 y 4 se observan detalles de la campanilla y del temporizador.

En la figura 5 se puede observar una perspectiva del armado y cableado de la sección de magnetrón que es aclaratoria del tema.

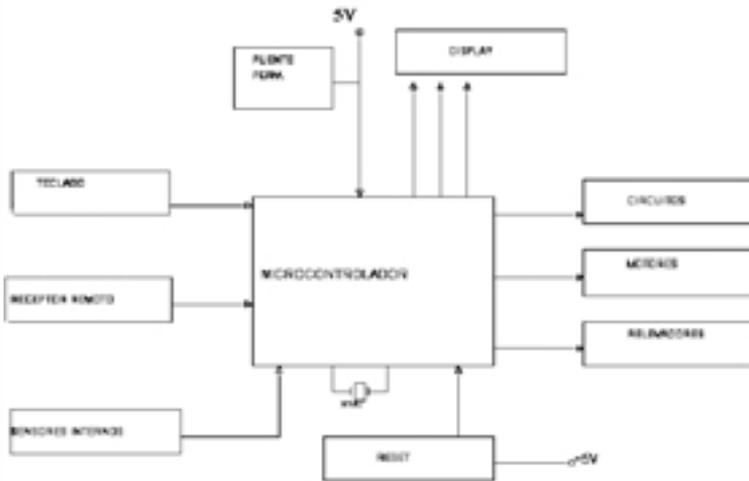
**El Horno de Microondas con Control Electrónico**

Nada quita que una misma sección de magnetrón se maneje con un procesador electromecánico en algunos modelos y con un procesador electrónico en otros. Cuando se utiliza un control electrónico, se debe observar si se trata de un sistema por programa almacenado o es un diseño de compuertas lógicas. Actualmente casi todos los sistemas son por programa almacenado, es decir que tienen un microprocesador y una memoria, aunque la gran mayoría de los equipos no tienen memoria externa y utilizan la propia memoria del micro.

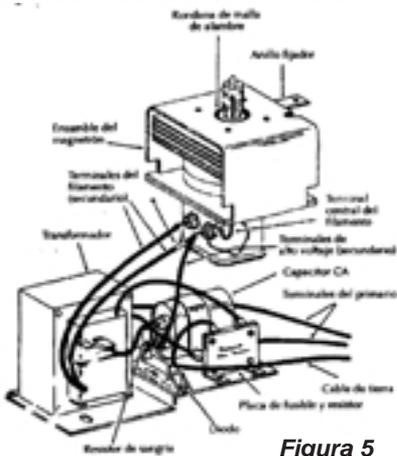
En cuanto a la disposición utilizada, la misma puede observarse en la figura 6.

Observe que el circuito puede dividirse entre entradas, salidas, display y periféricos, entre los que destacamos a la fuente permanente de 5V, el cristal y el circuito de reset. Sobre estos periféricos daremos un amplio panorama ya que son susceptibles de fallar y confunden al reparador que presupone quemado al micro.

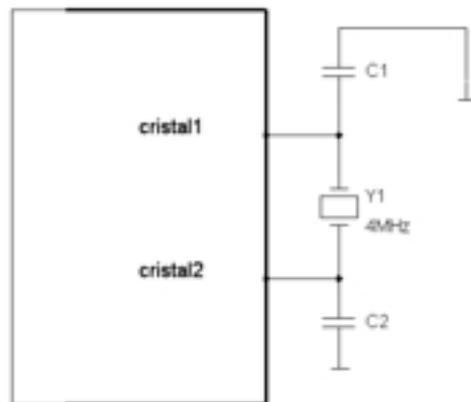
El cristal es el periférico más importante porque marca el ritmo de trabajo del micro (genera el clock o reloj interno). En efecto, el micro es un dispositivo recurrente



**Figura 6 - Microprocesador.**



**Figura 5**



**Figura 7 - Sección del clock.**

que lee las indicaciones del programa, sentencia por sentencia. Si el cristal falla, no hay lectura y el micro parece totalmente muerto. Por lo tanto, verifique primero la oscilación del cristal con un osciloscopio con punta divisora por 10, para no cargar al circuito. Por lo general se obtienen indicaciones superiores a 1V de onda senoidal a una frecuencia que es la indicada sobre el cristal.

#### ¿Siempre se usa un cristal como clock?

No, muchos hornos utilizan un filtro cerámico que es más barato aunque no tan preciso; realmente sería suficiente que el tiempo de cocción tenga una precisión del orden del 1%. Un filtro cerámico asegura una precisión de 0,01%, por lo que podemos considerarlo adecuado para la función de clock. Pero al reparador le interesa las variantes que pueda presentar el circuito con cristal o con filtro cerámico y éstas son realmente pocas. En ambos casos, el circuito se completa con capacitores cerámicos conectados a masa desde cada patita de clock. Con cristal esos capacitores son del orden de los 20pF para frecuencias de 4MHz o similares y aumentan a unos 47pF cuando se trabaja con filtro cerámico. El filtro cerámico suele poseer más actividad que el cristal; por eso, en muchos circuitos se conecta un resistor sobre ellos. Ver figura 7.

El reset complementa la acción del reloj. El mismo hecho de la recurrencia nos indica que la lectura del programa debe realizarse siempre partiendo de la sentencia 1 y avanzando renglón por renglón sin saltar ninguno. Esto presupone el uso de contadores que se incrementan en una unidad cada vez que se lee una sentencia. Esos contadores deben colocarse en cero cada vez que se enciende el micro y eso se hace con el reset automático. Si el reset no opera, el programa puede empezar por cualquier lado y no sería extraño que ingrese en un lazo infinito (vulgarmente, que se cuelgue). Ver figura 8.

Como se puede observar, el reset es un circuito integrado específico que sólo tiene una pata de entrada otra de salida y la masa. La entrada se conecta a la

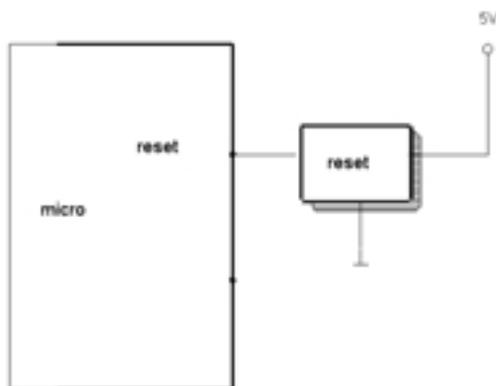


Figura 8 - Sección del reset.

fuente del micro y la función del circuito de reset consiste en demorar la salida por algunas milésimas de segundo de modo que el micro tenga fuente pero no tenga tensión en la entrada de reset hasta unos instantes después.

Algunos equipos cuentan con un reset manual para que lo opere el usuario en caso de duda. Se trata de un pulsador generalmente en una posición escondida del frente o que debe ser operado con un mondadientes o un pequeño palillo. Si este pulsador se opera durante el funcionamiento normal, el terminal de reset se conecta a masa, el equipo se detiene y comienza el programa nuevamente como si el horno recién se enchufara. La mayoría de los hornos no tiene pulsador mecánico de encendido. Cuando se conectan a la red de canalización se enciende el display invitando a realizar alguna función en ese momento ya funcionó el reset, porque en caso contrario el horno no realizaría ninguna función.

La prueba del circuito de reset consiste en conectar, momentáneamente, la pata de reset a masa con un resistor de 100 Ohm. Si el funcionamiento se recupera inmediatamente después, significa que el circuito de reset no opera. Si no lo hace, se debe medir la tensión del terminal. Si tiene 5V, significa que el problema no está en el reset. Si tiene menos de 4V, significa que el circuito de reset tiene una fuga a masa.

El lector debe estar pensando desde dónde se obtiene la tensión de 5V, porque habíamos asegurado que el horno no funcionaba si la puerta se abría. En efecto, el horno tiene dos fuentes de tensión. Una de baja que suele generar 5V y 12V que aparecen cuando el horno se conecta a la red y que no se corta al abrir la puerta y otra de alta que alimenta al magnetrón y que se corta al abrir la puerta. Cada una tiene su propio transformador siendo el más pequeño el de baja tensión y el más grande el del alta. El magnetrón no requiere tensión regulada porque por su principio de funcionamiento sabemos que es poco sensible a las variaciones de la misma. En cambio, las tensiones bajas suelen estar provistas de sendos reguladores que proveen una tensión casi constante, aun con redes de hasta 180V.

La fuente de un micro es realmente muy especial, aunque parezca sumamente común. La razón es que un micro tiene un consumo sumamente variable y por pulsos, cosa que no tiene ningún otro circuito electrónico. Esto implica que los electrolíticos que se utilizan sobre la salida de 5V deben ser especiales de baja inductancia y aun así se acostumbra a colocar en paralelo un capacitor cerámico de alta capacidad (0,1µF) y a veces dos de diferentes capacidades para filtrar toda las frecuencias de los picos de consumo.

Cuando un micro genera fallas aleatorias, debe sospecharse de los filtros de fuente (electrolíticos y ce-

rámicos) aunque la medición con el téster digital indique exactamente 5V (o en algunos casos otras tensiones nominales indicadas en el circuito).

La precisión de la tensión de fuente es también muy importante. Cuando el valor nominal es de 5V se puede aceptar una tolerancia máxima que va desde 4,75V a 5,25V, salvo indicación en contrario marcada en el circuito.

*¿Cuál es la función final de un microprocesador de un horno de microondas?*

Generar tensiones de salida en función de la pulsación del teclado. Esas tensiones pueden ser inmediatas o demoradas en el tiempo, pero a una acción le sucederá otra porque ésa es la función del micro.

Podríamos considerarlo como una compuerta lógica con una tabla de verdad hecha a medida con un programa almacenado.

La costumbre es que, en la jerga de los técnicos informáticos, a los terminales por donde ingresa la información desde el teclado al micro se los llame puerto de entrada y los terminales por donde sale la información se los llame puerto de salida. Considere como un puerto a un manajo de terminales asimilados a una dada función. Para su trabajo de reparador es suficiente con saber que los terminales de entrada traen información de teclado. Solamente los hornos más modernos tienen un puerto externo de comunicaciones que sirve para su control a distancia mediante un bus cableado o inalámbrico existente en los edificios inteligentes y al cual se puede, inclusive, acceder desde el teléfono celular mediante una interface adecuada. En este último

caso se tendrá un puerto de entrada serie además del paralelo en donde las informaciones se envían en una sucesión de unos y ceros equivalentes a la entrada paralelo en donde todos los datos se encuentran presentes al mismo tiempo.

Un horno moderno puede tener unas 30 teclas de entrada de información. Esta cantidad es suficientemente alta como para tener que recurrir a algún sistema economizador de entradas del tipo multiplexador o del tipo analógico por matriz de resistores. Por ejemplo, una disposición clásica funciona como una matriz de 8 salidas multiplexadas por cuatro entradas de pulsos. El principio de funcionamiento consiste en excitar las salidas en sucesión de modo que sólo se encuentre una sola alta en cada instante. Los pulsadores o teclas enviarán esas salidas a una y sólo a una entrada, dando lugar a un pulso de entrada que según su fase y ubicación en el puerto de entrada determinará una y sólo una tecla apretada. Ver figura 9.

Observe que con sólo 8 patas de salida (8 columnas) y 4 de entrada (4 filas) se consigue determinar 32 entradas distintas y sólo se utilizan  $8+4 = 12$  patas del micro. Esta economía no parece tener sentido dado el incremento de complejidad del micro; pero recuerde que la complejidad se resuelve fácilmente por el método de fabricación por matrices fotográficas, en tanto que cada pata aumenta el tamaño del micro y lo encarece porque cada pata extra debe conectarse al chip por medio de un hilo de oro que se suelda con una máquina robotizada y tanto el hilo de oro como las horas-robot son los elementos caros del proceso.

Una vez ingresada la información, el micro la pro-

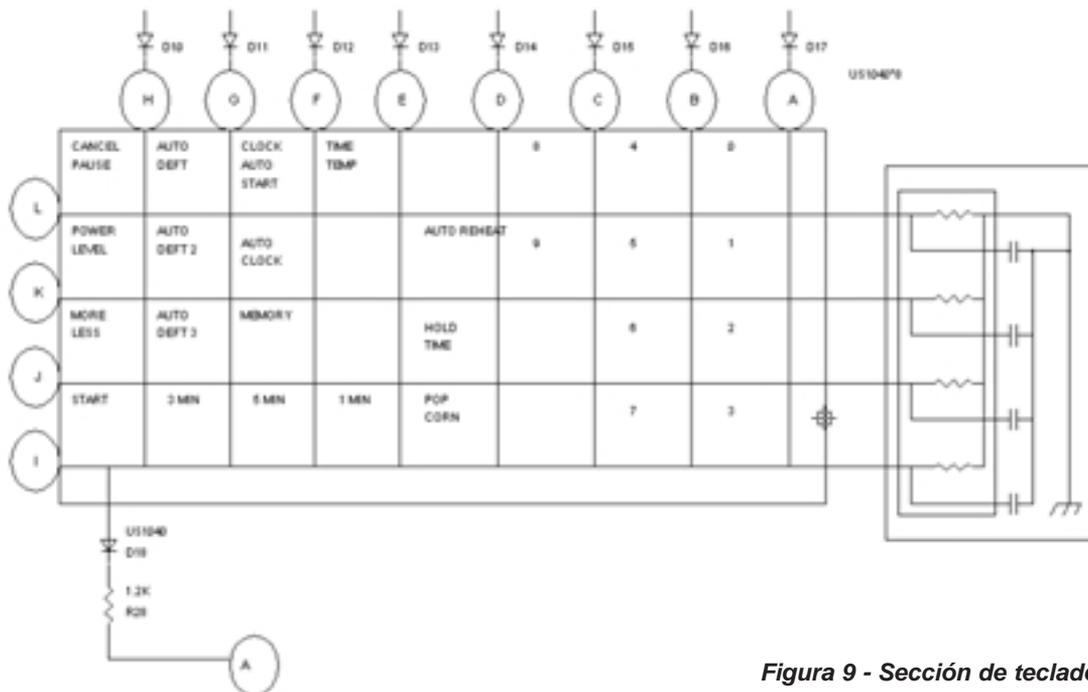


Figura 9 - Sección de teclado.

cesa hasta generar una salida directa o demorada. En todo caso la información se presentará en dos tipos de salida. Las salidas más importantes son las que irán a nuestro circuito de control para realizar la correspondiente acción sobre el encendido del magnetrón a través de un relé o a controlar el buzzer (chicharra) con un oscilador controlado por tensión. Algunos hornos poseen motores doradores o giradores de bandeja que se controlan independientemente del magnetrón. En esos casos es posible que exista una salida, un circuito electrónico y un relé independiente para ese motor especial.

El control de la lámpara del horno suele ser común a otras etapas del horno pero puede también tener su propio relé por razones de seguridad.

Otro grupo de salidas está destinado al control del display, que generalmente es del tipo termiónico.

El display se divide por lo general en 8 sectores iluminados en rápida sucesión por el micro. Al mismo tiempo y con un sistema multiplexado de salida, se ilumina un determinado segmento común a todos los sectores. El resultado es el encendido biunívoco de un determinado segmento en un determinado sector inconfundible del display. Como el mismo sistema de barrido se utiliza para el puerto de entrada, lo más común es que ambos sistema utilicen el mismo puerto de barrido para economizar patas.

Por último, los micros modernos tienen un sistema diseñado para que los microcortes de energía no los desprogramen.

Este sistema se llama estado de SLEEP porque el micro pasa a un estado de letargo apagando el display y las salidas. En ese estado, el consumo de energía de la fuente de 5V es mucho menor y el micro se mantiene con los últimos datos cargados por períodos del orden de los varios segundos hasta que retorne la energía. Este sistema es muy conveniente para un co-

rrecto funcionamiento del horno pero debe ser controlado en caso de service ya que su mal funcionamiento deja aletargado permanentemente al micro, de modo tal que muchos reparadores lo consideran muerto y lo cambian infructuosamente.

Cada fabricante tiene su propio criterio a la hora de determinar cómo controla la sobret temperatura del magnetrón. Pero en algunos casos se utiliza una sonda térmica sobre una entrada analógica o binaria especial. Esa entrada se considerará además de las clásicas vistas hasta aquí.

### **Conclusiones**

En esta lección realizamos una completa introducción a los sistemas de control de un horno de microondas. Mencionamos los antiguos sistemas electromecánicos, sobre todo porque ellos son un importante apoyo a la hora de comprender el sistema de los modernos hornos con microprocesador. Si Ud. ya conoce los principios de funcionamiento de un magnetrón, la disposición mecánica de la cavidad principal y la guía de onda y ahora el sistema de control significa que ya progresó enormemente en el conocimiento sobre un horno de microondas. Más adelante analizaremos en detalle para qué sirve cada componente del control de un horno de microondas con microprocesador e indicaremos algunos criterios para ordenar la reparación de los mismos. Si algún lector desea profundizar los conocimientos sobre microprocesadores dirigidos puede hacerlo a través de un libro de la colección "Saber Electrónica" se trata de "El rey micro" y es una agradable descripción en forma de novela sobre el funcionamiento de un microprocesador moderno, de modo que Ud. aprenderá en un tono jocoso casi sin darse cuenta de que está estudiando.

\*\*\*\*\*

**LECCION 6****EVOLUCION HISTORICA DE LOS TECLADOS - EL TECLADO DE MEMBRANA  
REPARACION DE UN TECLADO DE MEMBRANA - TECLADOS MATRICIALES****Introducción**

Las fallas en el teclado suelen ser frustrantes para el técnico reparador de hornos de microondas, porque son fácilmente diagnosticables (un solo botón pulsador que no opera es una indicación directa de una falla en esa tecla). La frustración ocurre cuando se pretende reparar el teclado o reemplazarlo por uno nuevo.

Algunos teclados directamente no se consiguen y otros tienen un costo prohibitivo, producto de maniobras comerciales de empresas que se dedican a la importación de componentes pero que también realizan reparaciones a clientes particulares y al gremio. Por ejemplo, no es extraño que una botonera se comercialice a 90 dólares (usamos esta moneda porque esta obra se comercializa en distintos países y el dólar sirve como referencia en cualquier lugar) de precio de mostrador cuando un horno completo (de procedencia coreana y comprado en un supermercado) cuesta 150 dólares. Si le sumamos una ganancia razonable para el reparador de sólo 30 dólares, la reparación tiene casi el mismo precio que un horno de microondas nuevo. En conclusión, el cliente huye despavorido al conocer el presupuesto y lo hace en dirección al comerciante que importa y repara; éste termina pasando un

presupuesto total de 80 dólares, quedándose con el trabajo y el cliente. El autor asegura que las cifras dadas corresponden a un caso absolutamente real que le tocó vivir. Estas maniobras deben ser debidamente denunciadas a las autoridades competentes, pero en tanto éstas tomen las medidas correspondientes, es casi una obligación moral del reparador arruinarle el negocio a los comerciantes inescrupulosos procediendo a reparar los teclados que puedan ser reparados. Este artículo es una clara muestra del ingenio de nuestros reparadores (alumnos del autor que aportaron ideas originales y muchas horas de trabajo para encontrar adecuadas técnicas de reparación).

**Evolución Histórica de los Teclados**

No nos cansaremos de repetir que un equipo actual con microprocesador siempre tiene una estructura del tipo teclado, control, y periféricos. Esa estructura es común a videos, reproductores de CD, televisores, hornos, etc, etc. El primer elemento de la cadena es el teclado y es el que genera el control sobre el equipo de acuerdo a los deseos del usuario. Los primeros equipos con microprocesadores tenían pocos pulsadores de entrada pero el estado del arte fue modificán-

dose progresivamente hasta llegar en el momento actual a equipos con más de 50 pulsadores de función (se destacan en este aspecto los centros musicales).

Originalmente los teclados de los hornos de microondas eran similares a los de un centro musical o un TV. Simplemente se trataba de plaquetas de circuitos impresos con pulsadores miniatura montados sobre ellas (en la jerga se los conoce como sapitos por el leve "click" que realizan al operar). Los pulsadores se operaban mediante teclas de plástico que atravesaban un frente del mismo material. Este frente tenía impreso los iconos o el texto con las funciones de la tecla.

Esta disposición tan utilizada, es sin embargo, muy poco práctica, muy cara y con un gran trabajo de armado manual o robotizado de alta precisión. Tiene además una gran cantidad de soldaduras que lo hacen poco confiable y por sobre todas las cosas un grave problema para soportar el ambiente de trabajo caluroso, húmedo y con un gran contenido de vapores grasosos existentes en la cocina de una casa. Simplemente los contactos de los pulsadores y el circuito impreso terminan bañados en grasa y provocando innumerable cantidad de fallas.

Una disposición muy económica es imposible de utilizar debido al mismo problema ambiental. Nos referimos a los pulsadores de goma conductora, tan utilizados en los controles remotos de TV y video. Estos teclados son económicos y muy fáciles de armar porque sólo requieren apoyar la pieza de goma sobre el circuito impreso y luego montar ambos sobre el panel frontal con la impresión de iconos o textos.

El sistema más utilizado es el llamado teclado de membrana, que posee una relativa hermeticidad y puede ser armado con máquinas robotizadas de baja precisión. Prácticamente todos los hornos modernos lo utilizan por su bajo precio, excelente durabilidad y buena presentación estética, que sólo requiere una matriz de impresión gráfica para diferenciar un horno de otro de diferentes modelos o marcas.

Por todo esto, dejaremos de lado mayores explicaciones sobre otros tipos de teclado para centrarnos en aquél que reina entre los hornos de microondas.

### El Teclado de Membrana

Comencemos analizando la zona del teclado correspondiente a una tecla particular para luego estudiar como se interconectan diferentes teclas entre sí. En la figura 1 se puede observar un corte transversal de la zona de una tecla.

Observe que el dispositivo está construido con 3 folios plásticos que contienen diferentes partes del pulsador. El folio 1 es el panel frontal de acceso al usuario que contiene un frente con impresión gráfica de plástico elástico. El mismo tiene, a su vez, una impresión en la cara interna, pero en este caso con tinta metalizada, con forma de circuito impreso que interconecta las diferentes teclas y las conecta además al flex que comunica el teclado con el micro. El folio 2 o folio intermedio es una placa de plástico duro con un troquel rectangular coincidente con cada tecla. Sirve para mantener alejados los folios 1 y 3 pero enfrentados libremente en la zona de la tecla. Por último, el folio 3 tiene una impresión con tinta metalizada. Esta impresión tiene forma de ventanitas con líneas horizontales y sólo toman las zonas de cada tecla en particular. Estas ventanitas están totalmente aisladas de las correspondientes a otras teclas; sólo completan el contacto de cada tecla frontal.

En la figura 2 se puede observar una fotografía del circuito impreso que existe en el respaldo del folio 1 y que se continúa en el flex.

Observe que se producen una buena cantidad de cruces, que sin embargo, están totalmente aislados ya que ocurren en dos capas distintas de impresión, separadas por una pintura aislante. En la figura 3 se puede observar un detalle de uno de los cruces que nos servirá para explicar la construcción de este circui-

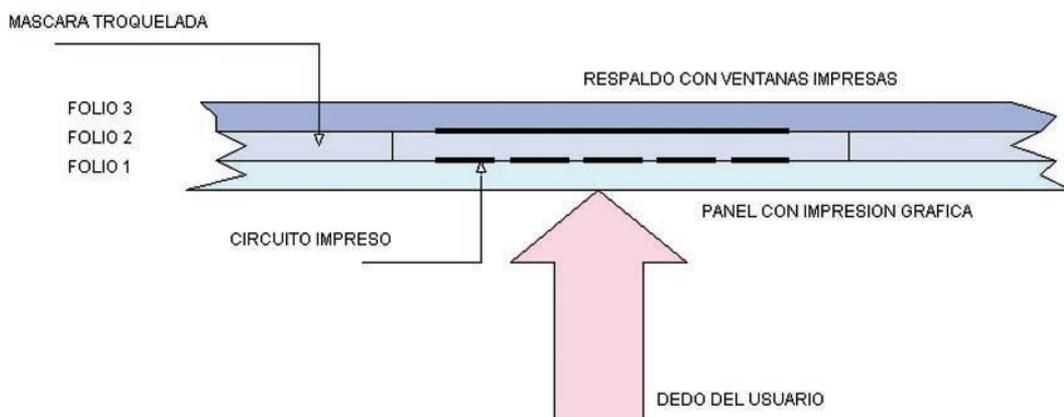


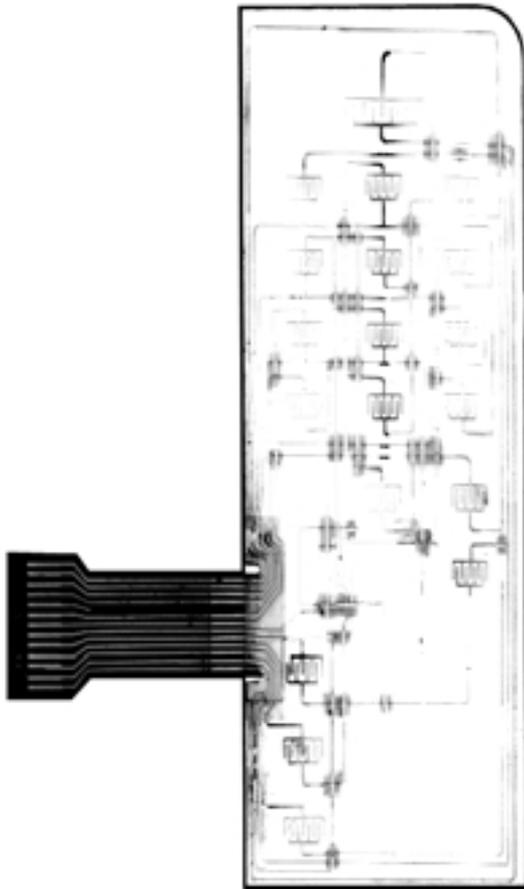
Figura 1

to impreso flexible de una sola capa pero con posibilidad de realizar cruces de pistas.

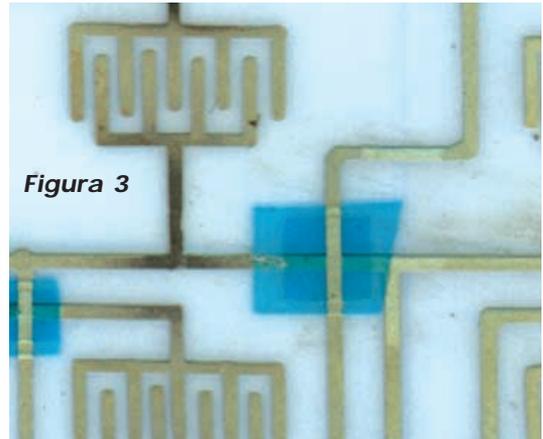
La base celeste de plástico se imprime primero con tinta metálica con un dibujo como el que mostramos en la figura 4. A continuación se realiza una impresión con tinta aislante de color azul agua (figura 5) que prepara el terreno para una tercera impresión que se realiza nuevamente con tinta metálica (figura 6) y que nosotros marcamos en rojo para diferenciarla del primer circuito marcado en gris metálico.

El lector debe observar todos los procesos que se realizan para fabricar un circuito impreso, con tal de no tener que realizar puentes con alambre y soldadura. El circuito impreso, tal como queda, es perfectamente funcional incluyendo sus cables flexibles de conexión que terminan en un conector de borde. En el conector la tinta metálica está sobreimpresa con tinta de carbón para que soporte la presión de los contactos del conector hembra que interconecta el teclado con el micro.

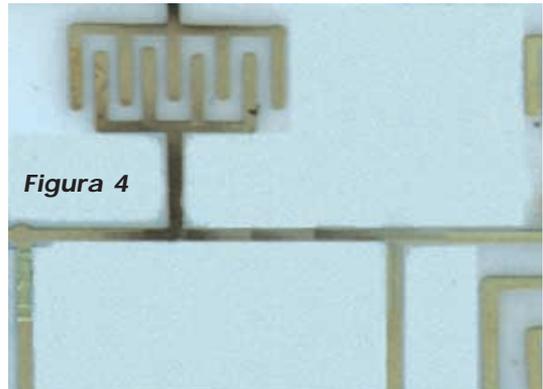
Esta placa frontal elástica es la que le da el nombre al dispositivo, ya que al encontrarse tensa sobre un marco de plástico rígido (que a su vez esta pega-



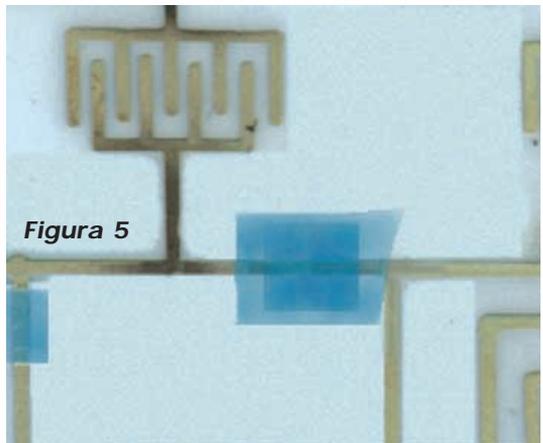
**Figura 2 - Cruces en el teclado de membrana.**



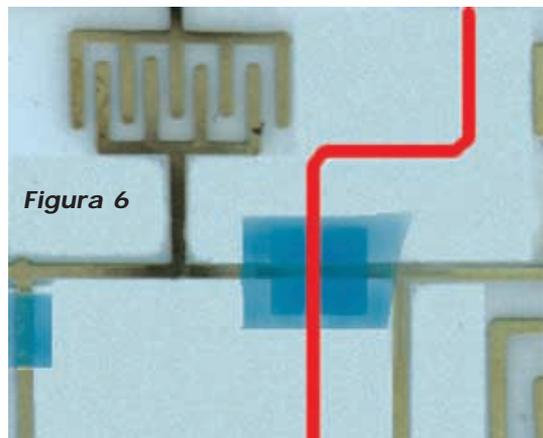
**Figura 3**



**Figura 4**



**Figura 5**



**Figura 6**

do sobre otro plástico rígido que forma el fondo conductor de los contactos) genera lo que se da en llamar una membrana o parche (por la similitud con el parche de un instrumento de percusión).

### Reparación de un Teclado de Membrana

Lo primero es asegurarse de realizar un diagnóstico correcto. Como ya dijimos, la falla de una sola tecla siempre nos indica un problema en el teclado. Se podría suponer que una falla en el periférico a controlar podría confundirse con una falla en el pulsador correspondiente; pero esa posibilidad no existe, ya que siempre que se pulsa una tecla se produce un efecto en el display que es independiente del dispositivo periférico, e inclusive se efectúa una señalización sonora en casi todos los casos que nos indica que la tecla operó.

Si el problema es que se debe realizar excesiva presión sobre una tecla y aún así el contacto no es franco, significa que existe seguramente un desgaste de la impresión de tinta metálica del circuito impreso o del respaldo. Controle bien todas las teclas antes de proceder a la reparación. Si la falla es franca sobre un conjunto de teclas, sobre todo en una fila o columna, la falla puede estar tanto en el teclado como en el flex o en el microprocesador. En el apartado siguiente nos extendemos sobre la disposición matricial del teclado.

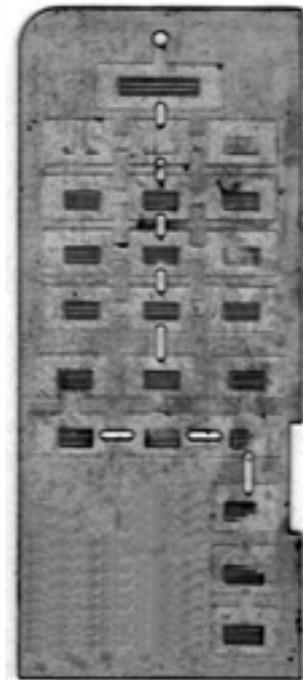


Figura 7

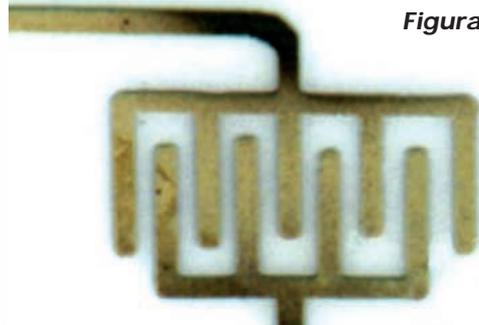


Figura 8

Si Ud. determina fehacientemente que el problema está en el teclado de membrana, debe proceder a despegar los diferentes folios para proceder al control de las impresiones metálicas. Aquí el secreto está en trabajar meticulosamente y sin apresuramiento. En principio, trate de despegar los folios sin utilizar solventes que actúen sobre el adhesivo porque si el solvente es efectivo para ablandar el adhesivo también lo será para ablandar la tinta metálica. Los adhesivos empleados son del tipo de contacto, es decir que no se secan nunca y, por lo tanto, es muy probable que pueda despegar el folio flexible del marco rígido formado por los otros dos folios. Antes de usar solventes es preferible utilizar un secador de cabello para ablandar el adhesivo.

Si el adhesivo se resiste, puede utilizar thinner para ablandarlo, pero trate de no tocar las impresiones metálicas hasta que los folios estén secos porque se pueden borrar las pistas. En lo posible, retire el adhesivo viejo completamente, por frotación con una goma de lápiz. El adhesivo se adhiere sobre sí mismo, formando bolitas oscuras que pueden retirarse cuando forma un volumen adecuado. En presencia de los dos o tres folios despegados Ud. estará en condiciones de proceder a reparar las fallas del entintado metálico. En la figura 7 se puede observar el marco rígido con el respaldo de los contactos que completan el folio 1 que observamos en la anterior figura 2.

Para que un contacto falle debe existir un problema en alguna de las dos impresiones de tinta metálica o las mismas deben estar sucias con grasitud. Observe en la figura 8 un detalle de la impresión en el folio 1 que nos indica que el problema no se encuentra allí, ya que la misma tiene bordes bien netos y los trazos están llenos de tinta metálica.

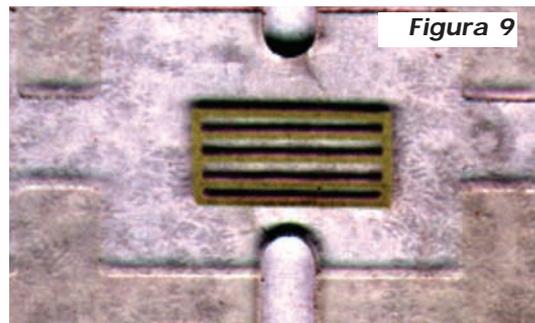


Figura 9

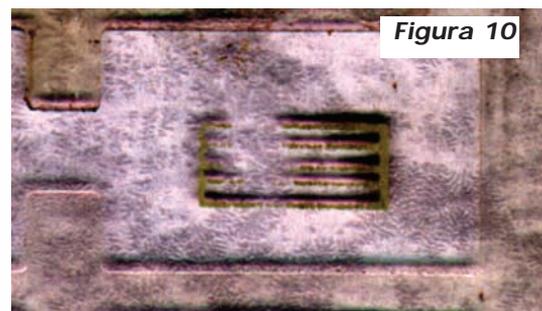


Figura 10

En la figura 9 se observa un detalle de un contacto del folio 3 en buenas condiciones en tanto que en la figura 10 se observa el contacto fallado que generaba el problema de nuestro equipo.

La reparación de este contacto gastado se puede encarar de varios y diferentes modos. En principio, se puede intentar un reentintado con pintura metálica. El inconveniente de este método es que la tinta suele quedar muy poco adherida al plástico y la reparación tiene poca duración. Mucho más efectivo y durable es pegar un papel metálico sobre el respaldo. Ese papel puede sacarse de un envase de cigarrillos o chocolate y se lo pega con adhesivo de contacto. Un material más adecuado para la reparación es el papel España (bronce estañado), que suele conseguirse en las buenas ferreterías industriales.

En muchos casos y dada la dificultad que existe para separar los folios sin romper el circuito impreso, se recomienda separarlos parcialmente en la zona del contacto fallado, pegar el papel metálico y volver a pegar con todo cuidado.

Antes de abrir los folios, se puede realizar un intento de limpieza de los contactos. Si Ud. observa con cuidado, verá que en el folio 3 existen ranuras dispuestas de un modo muy particular. En efecto, observe que las ranuras permiten la salida de aire del los compartimentos de contacto (zona existente en el troquelado del folio 2 en donde se producen los contactos). Las ranuras sirven para permitir la salida del aire de la zona troquelada cuando se arma el dispositivo. Si dichas ranuras no existieran la membrana quedaría cerrando un espacio lleno de aire y las diferencias de presión atmosférica y calentamiento podrían separar los contactos o juntarlos sin el esfuerzo del dedo del usuario.

Está claro que no existe una ranura por contacto. En efecto cada ranura abre directamente dos zonas herméticas pero las teclas periféricas tiene un troquelado que las pone en contactos con las centrales de modo que cada ranura sirve para evacuar el aire de 6 compartimentos estancos.

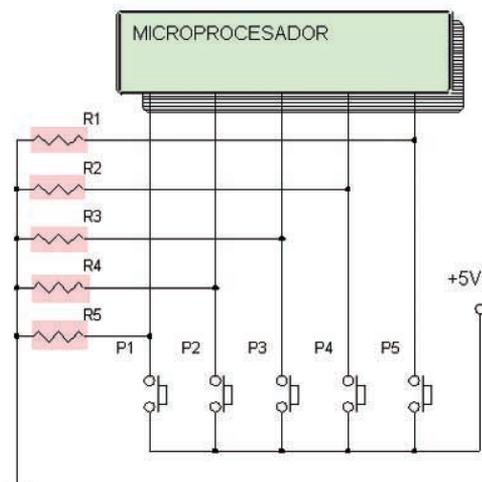
Si por la ranura entra el aire, es posible que ingrese también un líquido desengrasante con una jeringa hipodérmica. Todo ello con intención de limpiar los contactos. Como desengrasante se aconseja la utilización del tetracloruro de carbono (el mismo líquido que se utiliza en las granadas contra incendio).

Por último, si el contacto no tiene posibilidad de reparación, se puede calar el folio 3 con un "high-cuter" o un bisturí y colocar un sapito de TV pegado con adhesivo de contacto. Las conexiones de este sapito pueden ser realizadas directamente al circuito impreso del microprocesador, único lugar donde se puede usar soldadura de estaño/plomo.

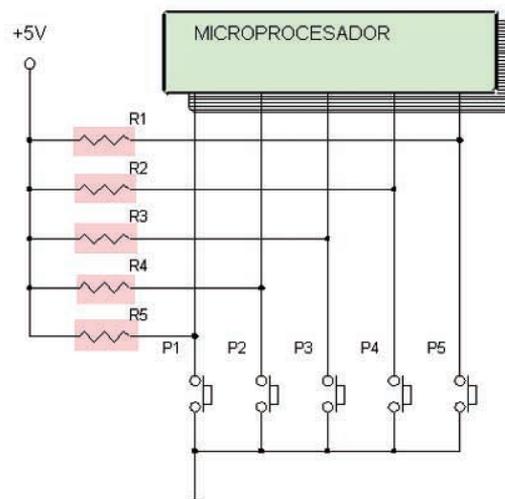
### Teclados Matriciales

Un horno suele tener algo más de 20 teclas de predisposición. Pero un puerto de entrada con tal cantidad de teclas es prohibitivo por su costo. Se impone la utilización de algún sistema que ahorre patas del microprocesador y el más difundido es el sistema matricial de entrada.

Apretar un botón es generar un estado alto en una pata particular de un conjunto de entradas predisuestas todas en un estado bajo con resistores. También puede utilizarse lógica inversa haciendo que todas las entradas estén en alto y que los pulsadores bajen el estado de las patas correspondientes. Ver figura



LOGICA POSITIVA



LOGICA NEGATIVA

Figura 11

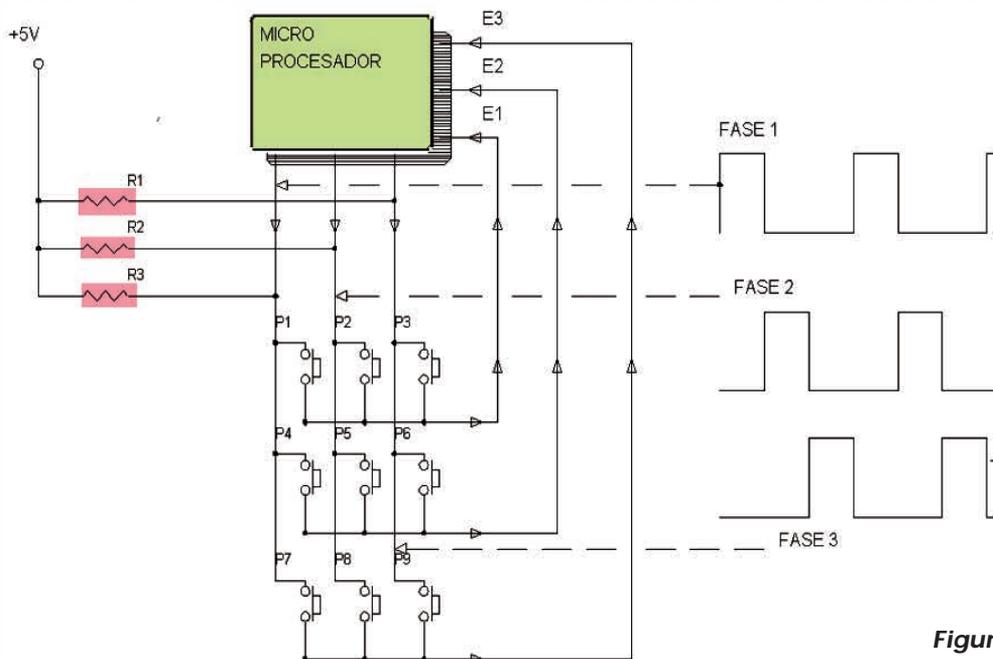


Figura 12

ra 11 para un sistema de 5 pulsadores de entrada utilizado como ejemplo.

En el sistema matricial, las teclas se disponen en forma de fila y columna y son excitadas con señales de clock con fase rotativa. En la figura 12 se puede observar una matriz de nueve teclas dispuestas en forma de tres columnas por tres filas, excitadas por columnas y con entrada de fila.

Analicemos cómo hace la lógica del micro para reconocer que se apretó una determinada tecla. En principio, debemos considerar que dentro del micro hay un puerto de entrada virtual (de nueve posiciones o bits en nuestro caso) que podemos llamar RA1, RA2, RA3,.....RA9. Cuando no se opera ninguna tecla, todos los bits de ese puerto son iguales a cero. Si se aprieta la tecla 3, el micro reconoce que ingresa una señal por la entrada 1, pero aún le queda por determinar si la tecla apretada es la 1, la 2 o la 3. Como el mismo micro genera las tres fases de clock no tiene inconveniente en comparar la fase de la señal que ingresa con estas tres señales y de allí determinar con exactitud qué tecla fue apretada. Una vez que la lógica del micro determina fehacientemente la tecla, sólo le queda levantar el correspondiente bit del puerto de entrada virtual.

Cómo puede saber Ud. si el micro genera las tres fases como corresponde. Es muy simple y no se requiere ningún instrumento especial. Las mismas señales de clock de triple fase se utilizan para excitar al display en un modo multiplexado que estudiaremos con precisión más adelante. Por ahora nos basta con saber que la falta de una de las fases ocasiona el apagado de toda una zona del display (un dígito). Por lo tanto,.

con observar si todos los dígitos están encendidos se sabe que existen todas las fases (en realidad suele haber cinco y no tres como en nuestro ejemplo).

Si Ud. tiene el display totalmente encendido y existe un grupo de teclas que no se pueden operar, es simplemente porque alguna de las fases no llega hasta el teclado (problema de columna) o porque está cortada alguna pista correspondiente a una de las filas (problema de fila). El punto más probable de falla es el conector del flex, que tanto conecta las columnas como las filas. Mueva el conector en un recorrido oscilante para afianzar el contacto y vuelva a probar el teclado completo. No abuse del conector de borde del flex, se trata de un conector que sólo admite pocas conexiones y desconexiones porque el carbón que refuerza los contactos es blando (con el fin de reducir la resistencia de contacto) y se gasta con rapidez.

**Conclusiones**

En esta lección le brindamos una gran cantidad de información de índole práctica que le permitirá encarar la reparación de hornos de microondas con gran solvencia. No es común que en las empresas dedicadas a este quehacer se pongan a reparar teclados o resuelvan problemas internos de la plaqueta de control. En estos lugares especializados son muy capaces de cambiar una plaqueta de micro simplemente por una mala soldadura. Nosotros, en cambio, estamos encarando el tema de los hornos con mucha mayor seriedad y pretendemos enseñarle cómo se reparan a nivel de componente y no de plaqueta.

\*\*\*\*\*

**LECCION 7**
**ILUMINACION DE LA CAVIDAD PRINCIPAL - RESONADORES PIEZOELECTRICOS  
 DISPLAY TERMOIONICO - CIRCUITO COMPLETO DE DISPLAY Y TECLADO  
 REEMPLAZO DEL DISPLAY**
**Introducción**

*¿Qué es un display de un horno de microondas?*

Es una de las interfaces de retorno de la información desde el horno hacia el usuario. El horno recibe información del usuario a través del teclado y de la apertura de la puerta de la cavidad principal, y entrega información de tipo acústica y visual indicativa de la operación del teclado y del proceso de cocción.

Una de las informaciones de salida es el propio alimento que se está cocinando. Este alimento puede ser observado a través de la ventana frontal del horno, ya que la cavidad se ilumina con una lámpara incandescente. El plafón o artefacto de esta lámpara es especial y será tratado en esta lección.

Otra de las informaciones es la acústica, generalmente proveniente de un resonador acústico del tipo a cristal piezoeléctrico y que será tratado en esta misma lección en un apartado especial.

Las señales acústicas se generan cuando se pulsa una tecla para informar al usuario que la presión de su dedo cumplió el cometido de introducir un dato en el microprocesador. Luego, cuando el microprocesador está terminando con la función programada, se

genera alguna señal acústica del tipo alarma para que el usuario abra la cavidad principal del horno y saque la comida ya cocida, descongelada, etc.

La información de salida más importante es la visual que proviene del display. Existen tres tipos diferentes de displays; los de leds, los de cuarzo líquido y los termoiónicos.

Los últimos son por mucho los más utilizados en los hornos de microondas (casi nos animamos a decir que los únicos que se utilizan) y por lo tanto son los que vamos a tratar aquí. Además está decir, que en el display se puede observar el progreso de las operaciones programadas por el usuario y la finalización de las mismas.

**Iluminación de la Cavidad Principal**

El dispositivo de iluminación no es más que una simple lámpara incandescente, cuyo encendido se produce por un relé. Este relé está manejado por el microprocesador en función de dos señales: la señal de apertura de puerta y la señal de magnetrón encendido.

Lo más importante es la estructura del plafón o artefacto de la lámpara. El plafón está adjunto a la cavidad principal pero fuera de la misma. En efecto, si la lámpara estuviera inmersa en el intenso campo electromagnético del interior de la cavidad principal, se podrían producir arcos, y un arco, es como un cortocircuito: en una palabra, que es como si momentáneamente el gabinete quedara conectado directamente a la red con el consiguiente peligro para el usuario.

*¿Cómo se resuelve entonces el problema?*

Simplemente la lámpara se ubica en un compartimento estanco para las microondas y para los vapores de los alimentos, pero que tiene una ventana transparente a la luz para que ilumine la cavidad principal. Este compartimento se basa en el mismo principio que la tapa frontal del horno, una ventana metálica con perforaciones de 2 mm permite el paso de la luz pero detiene las microondas. Se coloca además una lámina de mica pura para evitar que los gases de la cocción lleguen hasta la lámpara y el problema está resuelto en forma económica y efectiva. En la figura 1 se puede observar una de las soluciones del problema que es muy utilizada en los hornos modernos.

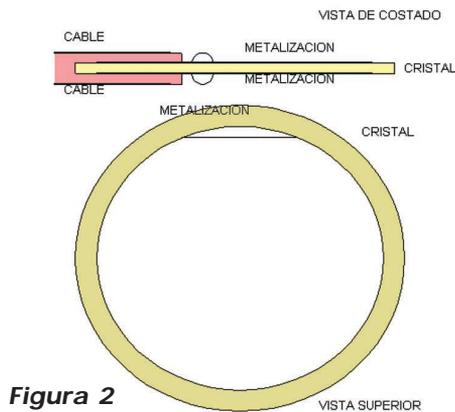


Figura 2

Observe que para cambiar la lámpara se debe sacar el gabinete ya que el acceso no existe por el lado de la cavidad. En algunos modelos el diseño incluye una ventana metálica con tapa ubicada en el techo del gabinete para cambiar la lámpara sin sacar el gabinete. Demás esta decir, que la ventana de mica debe mantenerse absolutamente limpia para evitar circulaciones de corrientes y carbonizaciones superficiales que produzcan arcos. Dado que el plafón suele tener dimensiones mínimas se debe evitar por todo los medios la colocación de lámparas de mayor potencia que la original.

**Resonadores Piezoeléctricos (Buzzer)**

Existen dos tipos de resonadores piezoeléctricos: los autooscilantes y los pasivos. Los autooscilantes tienen tres terminales y como su nombre lo indica oscilan a una frecuencia audible cuando son excitados con la correspondiente tensión de fuente. Los pasivos pueden considerarse simplemente como pequeños parlantes piezoeléctricos.

El fenómeno de la piezoelectricidad, fue estudiado por Rochelle. El observó que algunas sustancias cristalinas generaban electricidad cuando eran sometidas a un esfuerzo mecánico; o producían una deformación mecánica cristal cuando se les aplicaba una tensión eléctrica. En nuestro caso se utiliza la segunda propiedad, para provocar una deformación de una oblea de cristal generando de ese modo un sonido audible. Ver figura 2.

El funcionamiento del dispositivo es sencillo. Cuando se aplica tensión de audio a los cables, el resonador acústico genera tensiones mecánicas internas que doblan la oblea, generando una presión en el aire circundante que llega hasta el oído. Este finalmente lo transforma en sensación acústica. Un circuito representativo puede observarse en la figura 3 en donde di-

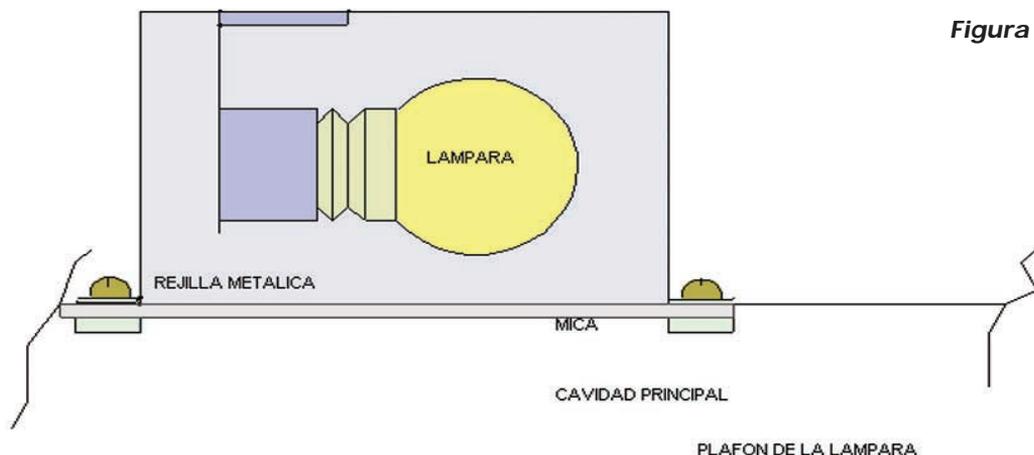


Figura 1

bujamos un sector de los periféricos del micro correspondientes al horno Samsung MW8610T.

Observe que el micro genera una señal cuadrada de 1000Hz con 5V de amplitud que se aplica a un atenuador resistivo y de allí a la base de un transistor amplificador. En el circuito de colector se conecta el zumbador en paralelo con un resistor de 1kΩ. El zumbador es prácticamente un circuito abierto; por lo tanto se incluye el resistor R30 para que sobre él se genere una tensión que excite al zumbador. Podemos decir que en este circuito el oscilador de audio es el propio microprocesador.

Realmente el propio zumbador puede transformarse en un oscilador, dejando al micro la simple tarea de generar un estado alto fijo cuando se requiere un tono de alarma. En este caso, el circuito zumbador se debe considerar como un oscilador; o por lo menos como el componente desde donde se obtiene la realimentación positiva, sintonizada en la frecuencia de la oscilación. Este tipo de zumbador se denomina activo, aunque en realidad necesita un transistor externo para funcionar como oscilador. Ver figura 4.

El cuadradito dentro de la zona metalizada opera realmente como un generador piezoeléctrico. El resto

de la oblea, opera como el zumbador pasivo deformándose al aplicarle tensión eléctrica. En ese momento, el pequeño cuadradito aislado genera una tensión, que debidamente amplificada se puede utilizar para la realimentación del dispositivo.

*¿A qué frecuencia oscilará este dispositivo?*

A una frecuencia determinada por las características mecánicas de la oblea; a saber la elasticidad y la masa. De este modo se ahorran componentes caros para determinar la frecuencia y el circuito se transforma en algo sumamente simple, tal como mostramos en la figura 5.

Cuando la llave interna del micro se abre, el circuito está en condiciones de oscilar porque las conexiones del resonador se buscan para que provean realimentación positiva. La frecuencia prácticamente no depende de los componentes y la determina el fabricante del resonador buscando valores del orden de los 2500Hz por su penetración en ambientes muy ruidosos.

### El Display Termoiónico

Un gran cantidad de fallas se deben a un funcionamiento defectuoso del display. Los reparadores improvisados suelen cambiar la plaqueta del micro completa ante la menor falla del mismo. Nosotros le enseñaremos a determinar el componente fallado con toda exactitud y le daremos las indicaciones sobre el modo de reemplazarlo cuando sea necesario. Es cierto que existen algunas plaquetas de control dañadas que no tienen una solución económica, pero también es cierto que son muy poco numerosas y que casi todas se pueden reparar y además existen hornos de origen ignoto que no tienen representante

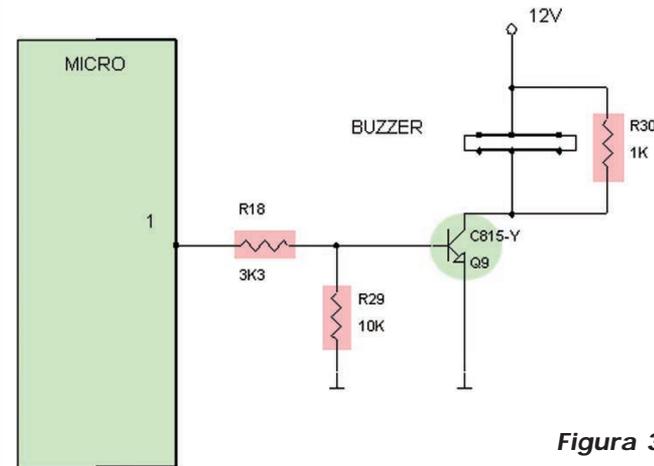


Figura 3

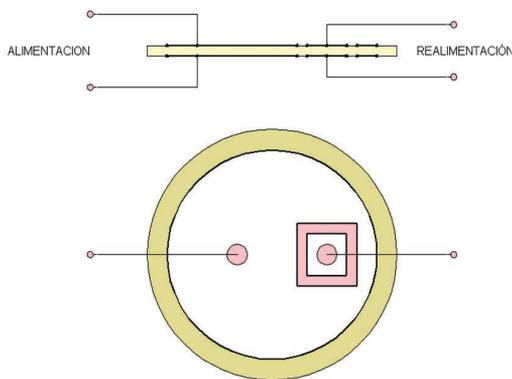


Figura 4

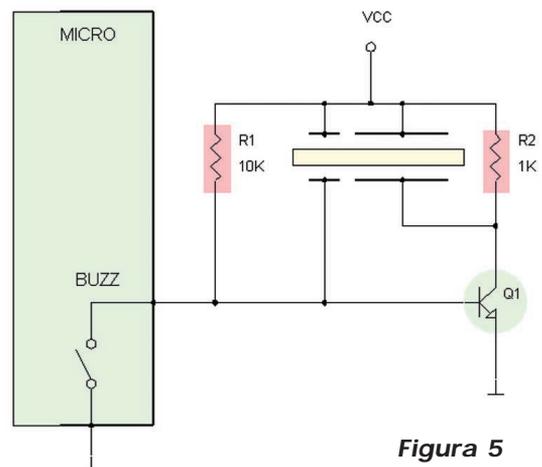


Figura 5

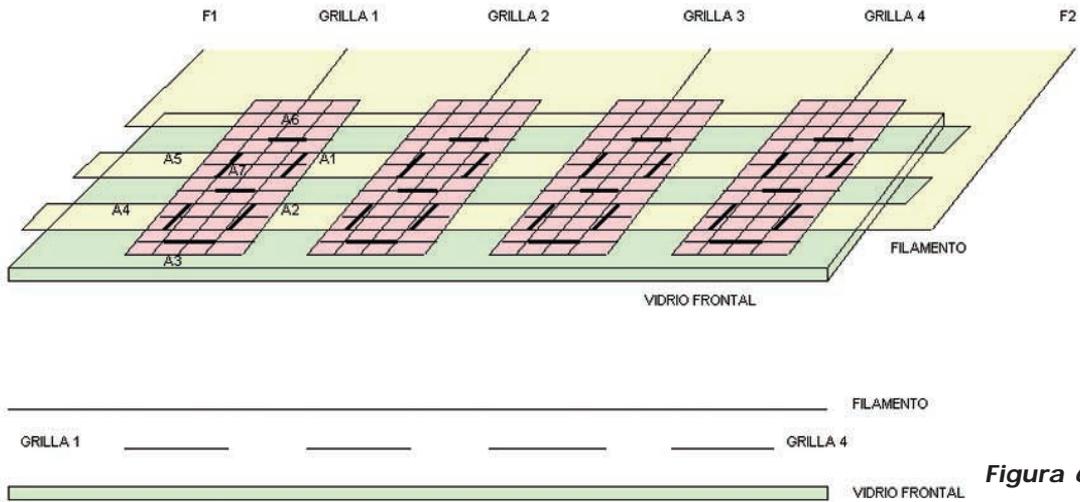


Figura 6

local y por lo tanto no existe la posibilidad de cambiar la plaqueta de control completa. Por todo esto, suponemos que serán bienvenidos todos los datos que daremos a continuación.

Un display termiónico se puede considerar como un triodo de calentamiento directo multiplexado, es decir de múltiples ánodos y rejillas y un solo cátodo. Además el triodo cambia su simetría cilíndrica clásica por una forma plana. Inclusive estos ánodos múltiples son especiales, porque deben generar luz cuando son excitados con los electrones emitidos por el cátodo. En realidad, lo único que tienen de especiales es un recubrimiento de fósforo blanco y el hecho de ser de un metal tan fino que son transparentes. El vidrio frontal

del display contiene tantas placas transparentes como segmentos tiene el display y sobre ellas existen depósitos de fósforo allí donde se desea que exista emisión de luz. En la figura 6 mostramos un ejemplo con 4 sectores destinados a generar números de 7 segmentos muy utilizado en hornos. Observe esta construcción con detalle. Sobre el vidrio frontal están dibujados los segmentos de fósforo sobre una metalización transparente. Los segmentos homónimos de cada zona se interconectan entre sí y todos se conectan a una patita del dispositivo por medio de un circuito impreso metalizado semi transparente. Es decir que tendremos un ánodo formado por todos los segmentos "A1" otro por todos los "A2" y así sucesivamente hasta el "A7".

Es decir que el display tendrá una patita que llamaremos A1, otra A2, etc, hasta la A7, que posteriormente se interconectan con el microprocesador. Cuando se desea encender el segmento A3 de cualquier zona, el microprocesador conecta esta pata momentáneamente a la fuente de 5V. Para que sólo se encienda un segmento, en una sola zona, el microprocesador controla también la tensión aplicada a cada grilla de modo de aplicar una tensión negativa con respecto al cátodo en las zonas donde los segmentos homónimos deben estar apagados; y una igual a la de cátodo en la única zona donde debe estar encendido. Para que encienda un dado segmento, por lo tanto, se debe cumplir que la zona tenga potencial igual entre el cátodo y la grilla y el ánodo debe estar conectado a +5V.

Para simplificar el trabajo del microprocesador, las cuatro grillas se encienden en una rápida sucesión con la misma señal que realizaba el barrido de filas o columnas del sistema de multiplexación de teclado.

En la figura 7 dibujamos un solo triodo equivalente, conectado al microprocesador para que

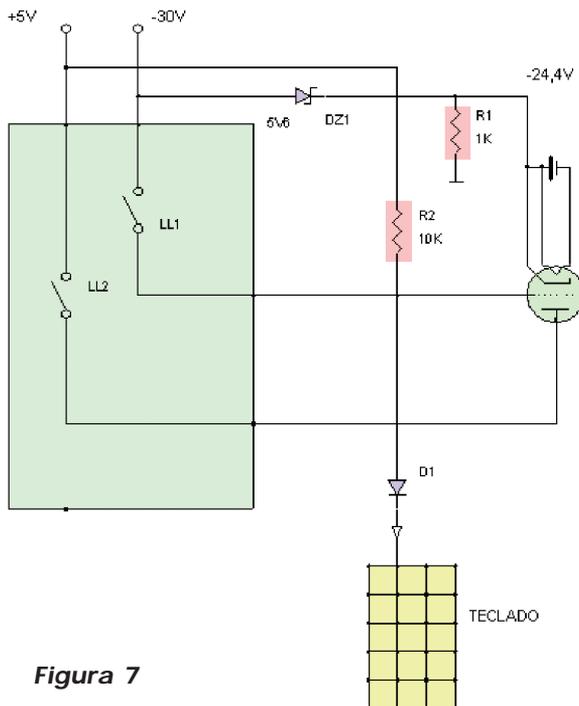


Figura 7

el lector entienda cómo es la polarización y la circulación de corriente por el display.

Observe que realmente la principal fuente de polarización es una fuente de -24,4V conectada al filamento cátodo. Esta fuente es, en realidad, una fuente secundaria obtenida de otra de 30V conectada al microprocesador y que sirve para conectar las grillas a un potencial negativo, con respecto al cátodo, cuando se desea cortar al triodo (sector totalmente apagado). Como la reja está conectada a los 5 volt con el resistor R2, cuando la llave LL1 está abierta, la reja tiene un potencial de +5V permitiendo el paso de los electrones (y acelerándolos inclusive).

Cuando los electrones superan la reja encuentran un ánodo, que si está conectado a los +5V por estar la llave LL2 cerrada, permite la circulación de electrones excitando el fósforo.

Observe que dado que las rejillas tienen potencial positivo, es necesario conectar el ánodo también a un potencial positivo que refuerza los -30V del cátodo. Si sólo se conectaran a masa los electrones emitidos por el cátodo, buscarían el electrodo más positivo para irse por él, en ese caso la grilla.

Observe la simplicidad del circuito y sobre todo la utilidad ya que se combinan perfectamente el barrido del teclado con el multiplexado en el tiempo del display. El término multiplexado en el tiempo significa que los dígitos del display nunca están encendidos todos al mismo tiempo. Se encienden en secuencia, a

una velocidad de repetición tal que engañan al ojo y le hacen creer que están permanentemente encendidos.

### Circuito Completo de Display y Teclado

En la figura 8 mostramos un circuito completo de display y teclado que nos va a servir para indicar cómo se repara esta sección del horno que tantas dificultades le trae al técnico reparador.

Ante cualquier falla de tipo general, como por ejemplo un display totalmente apagado, comience por medir las tensiones de fuente de 5V y de -30V. Luego debe medir la tensión negativa reducida por el diodo zener y por último, la tensión alterna de filamento. Observe que el bobinado del transformador de poder debe estar aislado de masa porque en unos de sus extremos se aplica la tensión de cátodo de -24,6V. Entre las dos patas de filamento se encuentra la tensión alterna de 3,6V que se mide con el téster en CA.

Luego es conveniente apagar la luz del taller y observar atentamente el frente del display. De este modo se puede observar la existencia de 3 o 4 líneas de color rojo cereza que nos indican que el filamento está encendido y que por lo tanto no está cortado.

Si el problema persiste, después de las observaciones indicadas, significa que la falla está a nivel de

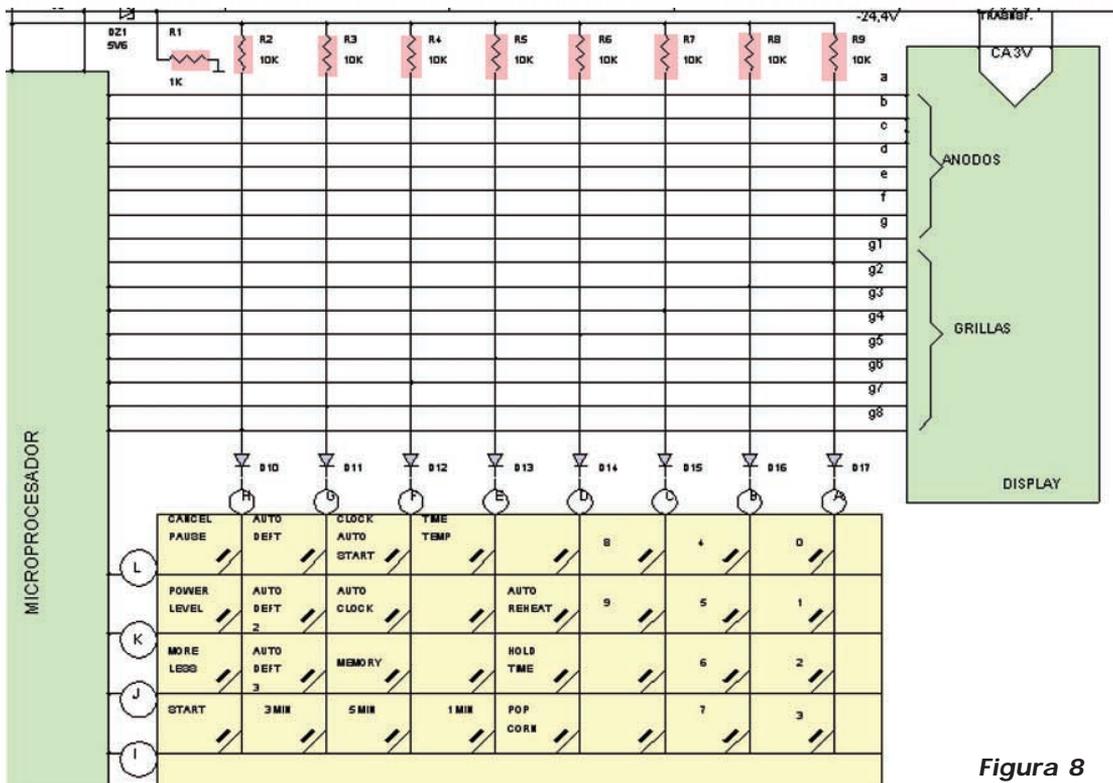


Figura 8

las conexiones de grilla o de ánodo. En general cuando existe un problema en esas señales, se suelen producir fallas de algunos segmentos pero nunca de todos al mismo tiempo. Por ejemplo, si no enciende el dígito correspondiente a la grilla 1, debe revisar el oscilograma correspondiente. Podría ocurrir que el microprocesador no levantara esa pata hasta los 5V en ningún momento, por alguna falla interna. Si esto ocurre, esa grilla está siempre negativa y por lo tanto sus segmentos no se iluminan.

Aproveche que la misma señal se utiliza para el teclado y observe si funcionan las teclas 0, 1, 2, y 3. Si no funcionan, ya sabe que la señal no existe sin realizar pruebas con el osciloscopio. En cambio, si todos los dígitos encienden y los números del 0 al 3 no, significa que el diodo D17 está abierto.

Si faltan segmentos homónimos en todos los dígitos, debe buscar una pista de ánodo cortada entre el micro y el display y si no opera toda una fila de teclas busque una pista cortada entre el teclado y el micro. Si no encuentra ninguna falla en el circuito, es muy probable que el display esté agotado aunque esa falla se debe haber manifestado progresivamente y nunca en forma intempestiva. De cualquier modo, siempre se puede probar el display en el mismo circuito. Simplemente desconecte una grilla y un ánodo cualquiera. Reconecte la grilla al diodo zener y el ánodo a los 5V; el segmento correspondiente se debe encender. De este modo se pueden probar todos y cada uno de los segmentos de un display, aunque queda claro que si se enciende uno significa que el display no está agotado y cualquiera debería encender.

### Reemplazo del Display

*¿Qué se puede hacer cuando se agota un display termoiónico?*

En principio debe estar seguro de haber realizado todas las pruebas correctamente, porque el display es un componente caro y difícil de conseguir. Controle nuevamente la tensión negativa del cátodo filamento. Si la fuente no tiene suficiente tensión negativa, los electrones chocan contra el fósforo a baja velocidad y no generan luz. Esto es gradual pero no es directamente proporcional; existe una tensión mínima por debajo de la cual no hay ninguna iluminación (tensión de codo) y que superada levemente produce un brillo tenue. Si bien se puede producir una falla en la fuente de 30V, lo más común es que falle la fuente de 24,4V, que se obtiene a partir de la de 30 por intermedio de un diodo zener y un resistor (y a veces un capacitor electrolítico de filtro). Otro problema puede ser la baja tensión de red. En efecto, la fuente de tensión negativa, por lo general no es una fuente regula-

da; simplemente se trata de un diodo conectado a un secundario del transformador de alimentación y un electrolítico, si la red cae la tensión rectificadora también lo hace y si la fuente no tiene buen rendimiento por alguna falla del diodo o el capacitor, el display se apaga directamente. Realice la prueba de las tensiones de fuente con una adecuada carga sobre la fuente de tensión negativa. Aconsejamos el uso de un resistor que drene una corriente de fuente de por lo menos 30mA (sobre una fuente de 30V significa un resistor de 1k $\Omega$ ). La tensión negativa no debe caer con una carga de este tipo.

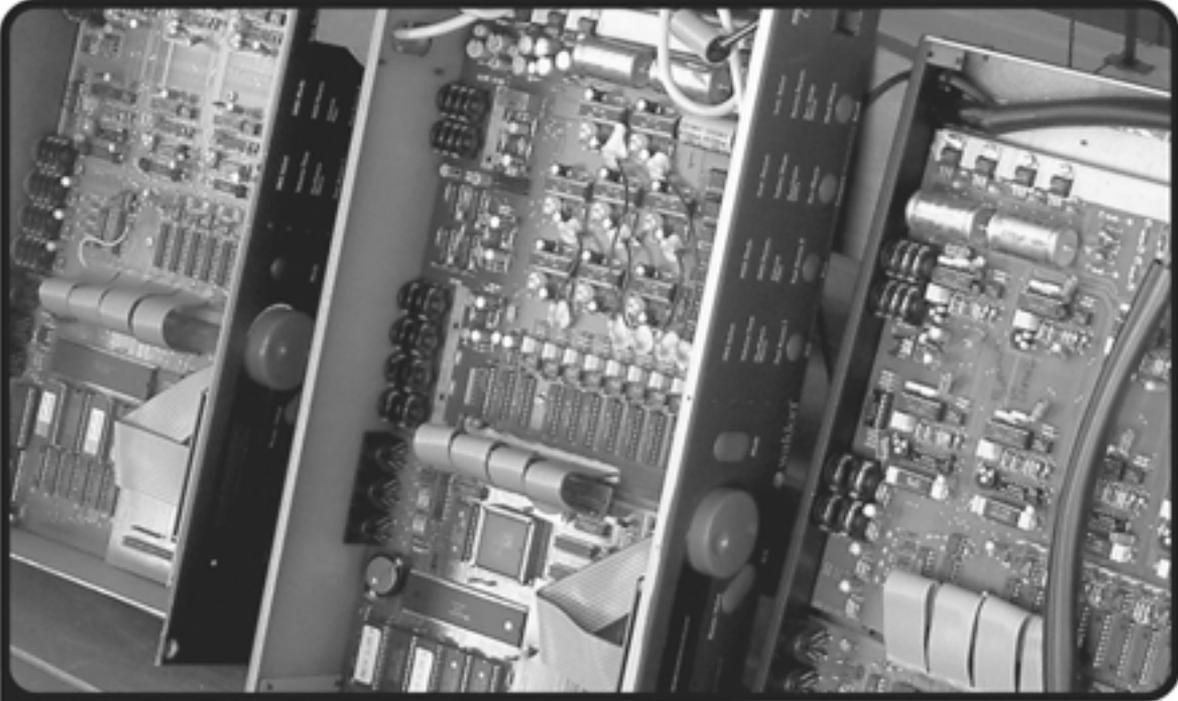
También debería verificarse la tensión de 5V para asegurarse que los ánodos tengan la tensión correcta, pero como es la misma tensión que alimenta al micro, podemos asegurar que si el mismo funciona correctamente es porque la tensión es buena. De cualquier modo no está demás medirla.

Por último indicamos que un display agotado se determina fehacientemente aumentando levemente la tensión de filamento. Si el filamento tiene resistores en serie de compensación, pruebe cortocircuitarlos momentáneamente; si el brillo aumenta el display está agotado. En efecto, el brillo no depende de la tensión de filamento; si todo está bien el filamento emite más electrones de lo necesario de modo que el sobrante forma una nube alrededor del filamento cátodo. El triodo extrae electrones de la nube sin agotarla (sólo reduce su grosor). Si el display está agotado la nube no se forma y entonces sí, el brillo depende de la tensión de filamento. Después de esta última prueba, Ud. puede estar seguro de que el display está agotado. Sólo queda cambiarlo por otro exactamente igual, cosa que no siempre es posible por el costo o porque no existe en los negocios del ramo. Antes de decirle al cliente que el problema no tiene solución, le recomendamos forzar el funcionamiento del display incrementado permanentemente la tensión del filamento o la tensión negativa de cátodo. Pero eso sí, cométele a su cliente que la solución adoptada puede no ser demasiado durable.

### Conclusiones

Hemos tratado el tema de la comunicación entre el horno y el usuario. Prácticamente se habló sobre todo el funcionamiento de los displays termoiónicos tan en boga en la actualidad. Ud. aprendió cómo funciona y cómo se repara, e inclusive como se puede estirar relativamente su vida útil.

Más adelante, continuaremos con el análisis de los circuitos periféricos del microprocesador. En este caso le toca el turno al puerto de salida y su relación con el funcionamiento del magnetron. \*\*\*\*\*



## LECCION 8

### **SENSORES DE GASES Y VAPOR - SENSORES DE TEMPERATURA**

#### *Introducción*

Al autor le gusta considerar al microprocesador como una compuerta gigante e inteligente. En efecto, el micro no hace más que analizar entradas y generar las salidas correspondientes en función de esas entradas. Sólo que la función transferencia puede llegar a ser muy compleja ya que el programa de trabajo realiza operaciones aritméticas y lógicas muy avanzadas.

Alguien que no conoce el funcionamiento de un horno, puede suponer que las entradas más importantes son las órdenes del usuario. Sin embargo no es así; un horno es un dispositivo moderno que puede analizar esas entradas y avisarle al usuario que está cometiendo un error de ingreso. Si quiere hacer una prueba tome un horno y trate de programar el reloj de tiempo real con la hora 25:67. Cuando ingrese el 7 la máquina lo tomará, pero en cuanto intente ingresar el 6, recibirá un sonido indicativo de error y el dígito no ingresará.

Más complejo para un horno, es determinar si una comida puede llegar a carbonizarse o un líquido a hervir. En efecto, para poder supervisar un calentamiento el horno debería saber, qué comida se introduce en él y en qué cantidad. Eso por el momento es

muy caro (pero no es imposible) ya que se debe realizar un análisis espectrográfico de la comida para reconocer su constitución; aún así no está demasiado lejano el día en que simplemente colocaremos la comida en el horno y él la pesará y analizará para calcular con toda exactitud el tiempo de cocción y la potencia elegida.

Por el momento, sólo existe la posibilidad de utilizar sensores de gases, rocío, humedad, vapor de agua y temperatura que nos indican si la cocción de la comida o el calentamiento de un líquido se está realizando en forma correcta o si se debe interrumpir porque el alimento se está carbonizando o el líquido está hirviendo.

Estas señales de supervisión, son tanto o más importantes que las señales del usuario y debemos analizarlas con todo cuidado, porque una falla en ellas puede hacer que el horno se detenga a poco de arrancar al interpretar que el alimento se está carbonizando o el líquido está hirviendo.

Tan importante como las señales del medio ambiente (de la cavidad principal de horno) son las señales que indican si los diferentes dispositivos del mismo están funcionando dentro de su régimen normal de trabajo. Por ejemplo, la temperatura de las aletas de refrigeración del magnetrón, son un excelente indi-

cadador de un correcto funcionamiento de todo el sistema. Si existiera una desadaptación de la carga (poco o mucho alimento) o un problema en la guía de onda (agujeros u obstrucciones) se producirían ondas reflejadas de desadaptación que llevarían al magnetrón a que trabaje fuera de su zona de temperatura segura. Si colocamos algún dispositivo que detecte cuando la temperatura excede un determinado valor y lo conectamos directamente al puerto de entrada del microprocesador, podremos desconectar el magnetrón a tiempo para evitar que se dañe.

También son importantes las señales de seguridad. Debemos evitar por todos los medios que un horno funcione con la puerta abierta. Como ya sabemos, la puerta tiene un interruptor de seguridad primario, un secundario e inclusive un terciario que operan en forma directa (sin depender del microprocesador). Pero aún así, casi todos los fabricantes suman un cuarto dispositivo que opera a través de microprocesador evitando que se cierre el relé del magnetrón si la puerta se encuentra abierta.

**Sensores de Gases y Vapor**

Por lo general, el reparador no llega a saber con exactitud qué es lo que detecta un determinado sensor gaseoso (llamamos así en forma genérica a los sensores de gases o de vapor de agua, ya que el vapor de agua también es un gas). En efecto, todos tienen una forma externa parecida, un diagrama de conexiones similar y muchas veces realmente se trata de sensores multifunción. Primero analicemos con más detalle su función y su lugar en el equipo, para luego determinar cómo se prueban y qué circuito exterior requieren para su funcionamiento.

La idea es que el sensor analice el ambiente de la cavidad principal del horno en búsqueda de moléculas de vapor de agua, para determinar que un líquido hirvió. O de moléculas compuestas de carbono para determinar que un alimento se está carbonizando. Los sensores tienen partes metálicas, por lo tanto no pueden ser colocados en el interior de la cavidad porque se producirían arcos y por otro lado suelen generar bajas señales que son amplificadas internamente y las microondas generarían interferencias indeseables imposibles de supe-

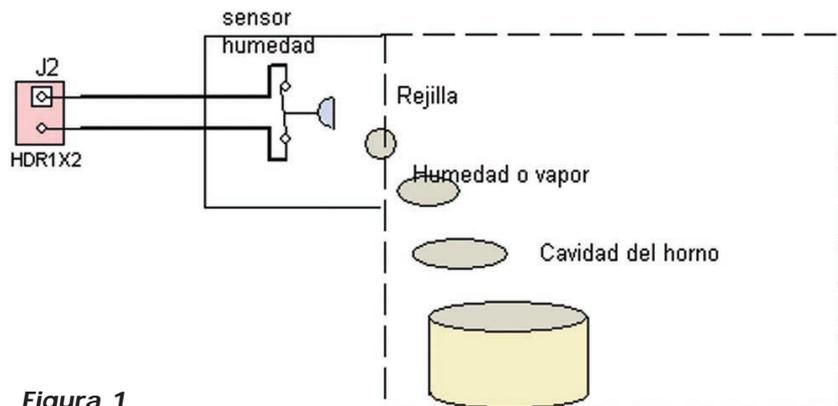
rar, que inutilizarían el funcionamiento de las señales deseadas.

Se recurre entonces a un artificio conocido, porque fue usado para iluminar el interior de la cavidad principal (ver figura 1). Se trata de generar un buche en la cavidad que esté aislado electromagnéticamente, pero que reciba las moléculas gaseosas en forma lo más directa posible. Inclusive, en muchos hornos de precio medio, se usa el plafón de la lámpara y el sensor gaseoso pero prescindiendo de la mica separadora. Esta disposición no es muy recomendable porque el calor de la lámpara tiende a secar el ambiente (y en consecuencia puede afectar la sensibilidad de la detección) y porque los restos grasosos del alimento, ensucian la lámpara debido a que se debe prescindir de la ventana de mica.

Para ser precisos, vamos a indicar los tres criterios que priman en los fabricantes de hornos. Los que fabrican los hornos más baratos, directamente prescinden de este sensor dado que es caro en sí mismo y en sus periféricos (que incluyen al buche metálico o plástico). Los de precio medio, lo utilizan colocado en el



**Figura 2 - Sensor gaseoso con manguera de cable y conector**



**Figura 1**

plafón de la lámpara. Y los más caros prevén un compartimento especial que se suele llamar buche del sensor gaseoso.

La forma más común de sensor gaseoso, se puede observar en la figura 2. Este sensor forma parte del horno BGH, QUICK, CHEEF y se encuentra montado en un buche de plástico en el lateral izquierdo del horno (alejado de la zona del magnetrón para evitar las interferencias de este).

Observe que se trata de un sensor de cuatro terminales. Generalmente, uno de estos cables es la conexión de masa, otro es la fuente y el cable enmallado se destina a la salida de señal que suele ser de tipo diferencial para reducir la captación de interferencias.

Las salidas o entradas diferenciales son muy utilizadas en la actualidad (en donde muchos circuitos se resuelven utilizando amplificadores operacionales que por definición tienen entrada diferencial). La salida de estos dispositivos está referida a masa y es proporcional a la diferencia de potencial entre sus entradas y no, como era habitual, al potencial con respecto a masa. Más aun, el diseñador se cuida muy bien de que el dispositivo no tenga respuesta a aquellas señales que se aplican a los dos terminales de entrada al mismo tiempo (como por ejemplo una interferencia electromagnética).

En el caso de los detectores de gases se debe cuidar, con las mayores precauciones, algunos detalles que parecen no tener importancia, pero que son sumamente importantes para el funcionamiento del horno. En la figura 3, mostramos dos disposiciones de conexión del sensor gaseoso. En la parte superior se observa que el sensor remoto se conecta por un simple cable al control; en la parte inferior vemos como la misma conexión se puede realizar con un cable bifilar trenzado en forma diferencial.

En el circuito superior, no tenemos ninguna protección contra interferencias. El único cable de conexión está sumergido en una intensa radiación de microondas y transmite a la sección de control una suma de señal e interferencia. En el dibujo inferior, el cable es doble y trenzado; cada uno de los conductores está sumergido en el mismo e intenso campo de radiación. Se puede presuponer que am-

bos recogerán una misma o parecida interferencia. Como el amplificador del control no responde, o responde muy poco a las señales referidas a masa (rechazo de modo común), en la salida del amplificador de control tendremos una señal con muy poco contenido de interferencia.

Observe que todo se basa en que ambos cables captan la misma interferencia y esto presupone que ambos deberían pasar por los mismos puntos del dispositivo. Como esto es imposible (dos objetos no pueden ocupar el mismo espacio) existirá una señal diferencial de interferencia, pero muy pequeña, en tanto que los cables no se separen. Por esta razón, en muchos hornos se utilizan cables bifilares blindados como el que mostramos en la fotografía. De este modo los cables no se pueden separar, pero aún así, se deben tener precauciones con referencia al lugar por donde pasa el cable. Observe bien antes de desarmar el horno y vuelva a ubicar los cables tal y como estaban colocados en fábrica.

Nos toca ahora develar el misterio de la construcción y del circuito del sensor. Sobre la construcción es poco lo que hay que decir. Se trata de un par de amplificadores operacionales conectados en una disposición de salida balanceada, el primero de los cuales

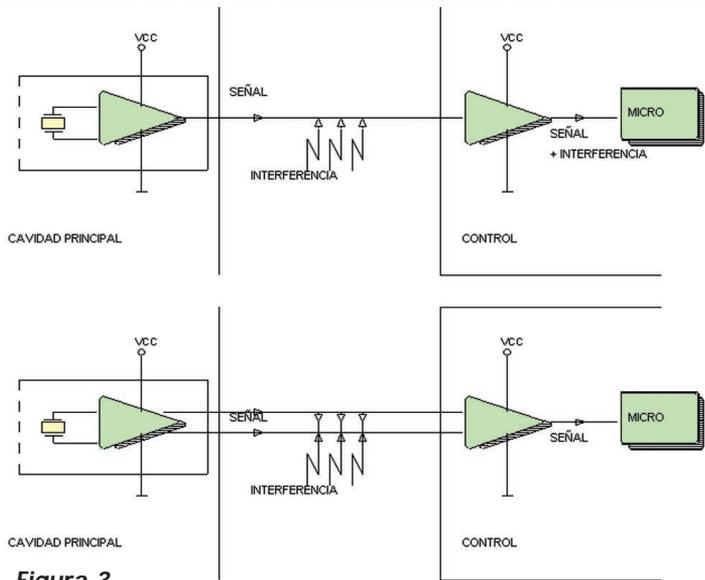


Figura 3

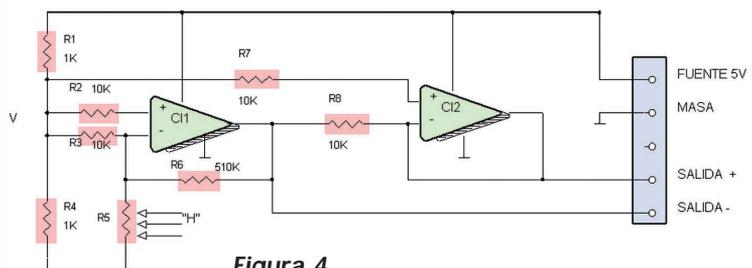


Figura 4

tiene un resistor de realimentación cuya resistencia varía con el medio ambiente donde se encuentra sumergido. Ver figura 4.

En el primer operacional, se puede observar una disposición amplificadora clásica con una ganancia de 50 veces, dada por la relación  $(R6-R3) \% R3 = (510k\Omega-10k\Omega) \% 10k\Omega = 50$  veces. A la disposición clásica se le agrega el resistor R5 a masa, que opera como generador de señal gaseosa. Si no hay gases presentes, este resistor tiene una resistencia infinita y tanto la salida - como la salida + tienen el mismo potencial de 2,5V.

Cuando el sensor está en presencia de gases, el resistor tiene una resistencia finita y reduce el potencial de la entrada - generando una corriente hacia masa. Esa señal negativa en la entrada inversora genera una salida que se reduce 50 veces más que la entrada. Por ejemplo cuando el resistor variable tiene 820 Kohms la tensión en la entrada negativa se reduce en aproximadamente 20mV y la salida se reduce en consecuencia de  $20mV \times 50 = 1V$  llegando a un valor con respecto a masa de 1,5V. El segundo operacional, toma la señal del primero y la invierte sin modificar su amplitud. Si Ud. aplica la fórmula de la ganancia, considerando que el resistor de realimentación es igual a cero, nos quedaría la siguiente división  $(0 - R8) / R8 = -1$ . El signo nos indica que se trata de un amplificador inversor, la ganancia unitaria nos indica que no amplifica ni atenúa, sólo repite la señal de entrada sobre la salida con la fase invertida en 180 grados. Esto significa que la salida del dispositivo sensor de gases es del tipo diferencial por los motivos que a continuación enumeramos. Siguiendo con el cálculo que usamos de ejemplo, la señal de entrada hace que la salida - se reduzca; pero esa señal de salida introducida como entrada del inversor aparece como un aumento de la salida + de 2,5V a 3,5V.

Nosotros no podemos introducirnos en el dispositivo para realizar reparaciones, pero todo lo que estudiamos nos permite encontrar un método de prueba

seguro y sencillo ya que no es común que un reparador tenga sensores de repuesto para todos los hornos.

*¿Qué falla produce un sensor de gases defectuoso?*

Puede producir más de una falla: si no responde a la excitación gaseosa el horno puede hervir agua sin detenerse; pero también puede ocurrir que genere una salida aun sin excitación (es la falla más común) y entonces el horno arranca y se detiene de inmediato. En un buen diseño aparece alguna indicación en el display que nos avisa porque se abortó la cocción o calentamiento (por ejemplo: hervido "boiled" o hervor "boiling" o rocío "dew" o simplemente un guiño permanente del display).

Lo primero es medir la tensión de fuente con el sensor conectado. No hay un valor estándar para esta tensión, pero por lo general la tensión utilizada es de 5V, 9V o 12V. Muchos diseñadores suelen construir una fuente especial para este uso, evitando de ese modo los errores de fuente común con el micro, que genera mucho ruido digital.

Si la fuente tiene la tensión normal, significa que probablemente se trate de un error de sensado. Desconecte el sensor y conéctelo a un circuito de prueba con una fuente de igual valor al leído, luego conecte un téster digital entre masa y la salida -; deberá indicar un valor aproximadamente igual a la mitad de la tensión de fuente. Luego mida la salida +, deberá indicar un valor igual. Ahora acerque el sensor al pico de una pava con agua hirviendo, mientras mide la tensión diferencial entre las salidas - y +. Deberá notar una fuerte variación de uno o dos voltios dependiendo de la cercanía entre el pico de la pava y el sensor. Si la prueba sin la pava de agua hirviendo, da una diferencia importante de tensión entre las dos salidas, puede deberse a que el sensor está saturado de vapor (puede intentar una recuperación calentándolo con un secador de pelo). Si el sensor no se recupera, o si no hay variación de salida con el vapor de la pava, sig-

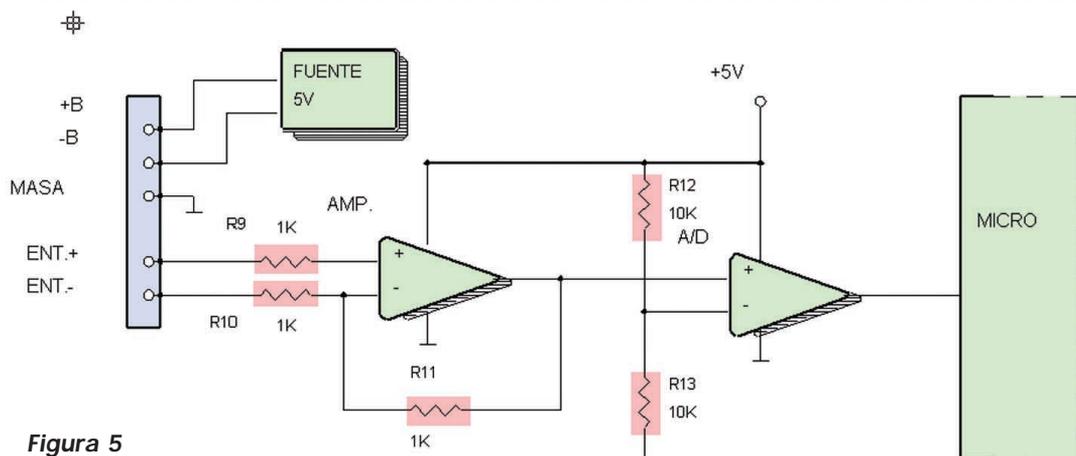


Figura 5

nifica que se debe comprar un nuevo sensor gaseoso. Que la prueba del sensor indique un buen funcionamiento, no significa que todo el circuito del detector está en correcto estado. La señal del sensor suele ser analógica (continuamente variable entre 0 y la tensión de fuente) y la entrada del microprocesador suele ser digital (0 o 5V). En estos casos se debe incluir un conversor A/D rudimentario que se realiza con un comparador de tensión integrado (como el LM393 o similar). Ver figura 5.

La primer etapa, construida con un amplificador operacional común, sirve para transformar la señal balanceada a dos hilos, en una señal sobre un hilo referido a masa. La segunda etapa es un conversor A/D de 1 bit, construido con un comparador diferencial.

El divisor de la entrada - programa la tensión de comparación (en este caso de 2,5V). Todas las tensiones de entrada superiores a 2,5V generan un uno en la salida. Todas las tensiones inferiores a 2,5V generan un cero en la salida. De esto modo la salida analógica de la primera etapa se transforma en una salida digital que ingresa al micro por una entrada del puerto paralelo de entrada.

La prueba de esta segunda sección, se puede realizar de diferentes modos. Uno de estos modos es utilizar el sensor colocado cerca de la pava y medir la tensión de salida CI3. Si varía significa que la primer etapa funciona. Posteriormente se mide la salida de CI4 observando que pase de 0 a 5V cuando se acerca el sensor a la pava. Si se produce el cambio y no se produce la indicación en el display significa que la pata de entrada del micro está defectuosa.

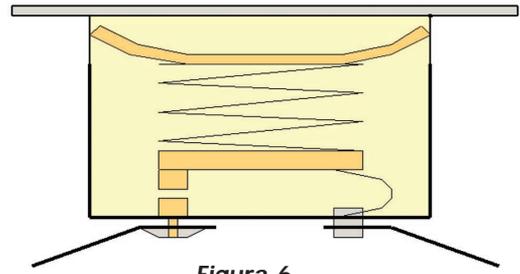


Figura 6

## Sensores de Temperatura

La temperatura de un cuerpo se puede sensar de diferentes modos en función de los requerimientos. Por ejemplo, se puede requerir la información de la temperatura de un cuerpo para ser analizada en un microprocesador. La temperatura se sensa con un detector lineal y se envía como una tensión comprendidas entre 0 y 5V a una pata del puerto de entrada del micro. El micro transforma a esa tensión en una señal digital, utilizando un conversor A/D incluido y luego estudia el comportamiento de la temperatura analizando las señales binarias correspondientes a lo que capta el sensor, tal como si fueran números.

Por lo general, en la mayoría de los equipos electrónicos para el hogar no se necesita conocer en detalle cómo varía la temperatura. Sólo se requiere saber cuando un componente sobrepasa una dada temperatura (en este caso no se requiere un sistema de medición tan complejo). En los hornos se acostumbra a utilizar unos dispositivos electromecánicos muy económicos llamados disyuntores térmicos, llaves térmicas o simplemente "térmicas" que se basan en la dilatación diferencial de dos láminas metálicas montadas como una membrana en un marco rígido.

Estos disyuntores no nacieron con los hornos de microondas; existen desde que existen las planchas automáticas y son usados también en automotores, heladeras, etc, etc. en la figura 6 se puede observar un dibujo de uno de estos disyuntores basados en la dilatación de los metales.

La parte superior de la térmica se pone en contacto íntimo con el dispositivo a controlar. Los contactos infe-

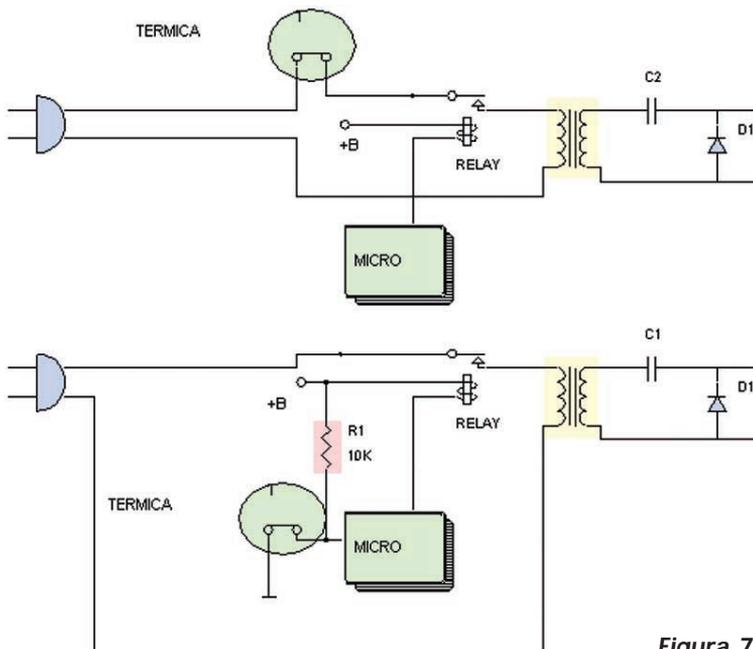


Figura 7

riosos están normalmente cerrados, pero cuando aumenta la temperatura se produce un efecto de dilatación diferencial de la lámina curva superior y los contactos se cierran a través del resorte. Un descenso de temperatura en esa condición no abre el dispositivo. Esto ocurre merced a un efecto de histéresis térmica de las láminas; de modo que la temperatura tiene que descender bastante para que los contactos se vuelvan a cerrar. Podrían fabricarse térmicas de funcionamiento inverso al mencionado (es decir normal abierta, pero en este caso la condición de funcionamiento seguro no se cumple, porque unos simples contactos sucios hacen que se pierda la protección. Con los contactos normal abierto el sistema puede quedar sobreprotegido cuando los contactos están sucios. Es decir que se apague el magnetrón a la temperatura ambiente apenas comienza a funcionar el horno. Cabe mencionar que muchos fabricantes prefieren utilizar las térmicas como control directo sin pasar por el micro. Por ejemplo, en la figura 7, se puede observar un circuito clásico en donde la térmica se encuentra en la alimentación del primario del transformador de alta tensión y otro donde la señal de la térmica se envía al micro. En estos casos se requieren contactos más robustos para que soporten la elevada corriente que circula por allí.

Con referencia a las reparaciones del sector de térmicas, sólo indicaremos cómo se debe probar el funcionamiento de las mismas.

En principio, si una térmica está abierta por cualquier razón (generalmente por contactos torcidos) el horno comienza a funcionar y se detiene en un instante si el control es indirecto. Si el control es directo, nunca comienza a funcionar directamente. En cambio, si está en corto permanente (generalmente por los contactos picados) no se produce la protección. Para comprobar si funciona, se puede retirar la térmica de su

alojamiento para posteriormente apoyar la zona de aluminio en un soldador eléctrico de 35W. En aproximadamente un minuto se apagará el magnetrón, indicando que la térmica cortó.

También es posible retirar la térmica por completo y medirla con un téster utilizado como óhmetro. Con la térmica fría se observará que exista continuidad en los contactos; luego se la apoya en el soldador y en un minuto aproximadamente se escucha un click y el óhmetro pasa a indicar aislación.

En algunos hornos se utilizan dos térmicas. Una sobre el disipador del magnetrón y otra en el buche del sensor de humedad, para descubrir sobrecalecimientos e incendios en la cavidad principal.

### **Conclusiones**

Continuando con los periféricos del microprocesador, en este artículo analizamos las entradas correspondientes a los sensores de sobrecalentamiento y gases. Explicamos sencillas técnicas para controlar los sensores y los circuitos anexos. En la próxima lección explicaremos cómo funcionan los circuitos de salida del micro destinados a encender los relés de iluminación y del magnetrón. Explicaremos además algunas técnicas de service empleadas para reparar microprocesadores, o para utilizarlos a pesar de que presenten problemas en los puertos de entrada o salida. Si, leyó bien, cuando no se consiguen repuestos o éstos son muy caros, se pueden emplear lo que el autor llama circuitos muletos.

Son agregados al circuito original que permiten utilizar microprocesadores que están fallados. También existen algunas misteriosas técnicas que permiten recuperar micros que parecen estar totalmente muertos por descargas eléctricas.

\*\*\*\*\*

**Que la electrónica no lo supere,  
consulte al Centro Japonés**

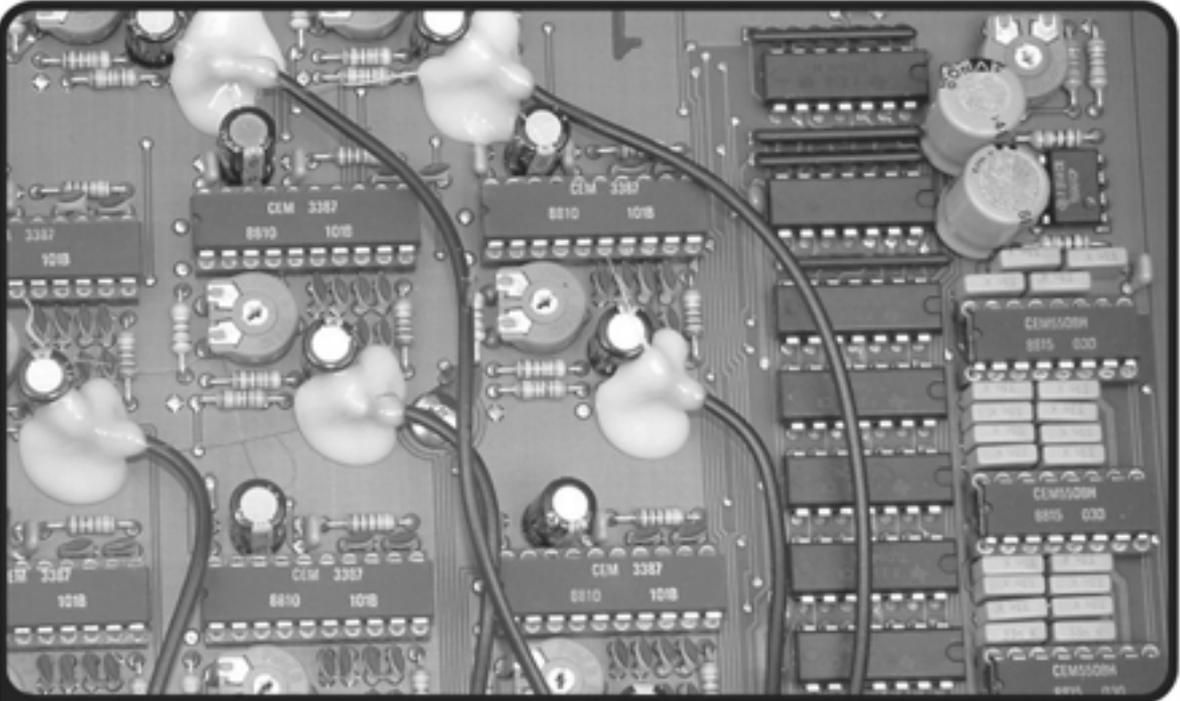
**ENCUENTRE EN EL CENTRO JAPONÉS  
TODOS LOS PRODUCTOS DE  
ELECTRONICA & SERVICIO, FUSIMEX  
Y CLUB SABER ELECTRONICA**

**REVISTAS  
LIBROS  
ENCICLOPEDIAS  
CDs MULTIMEDIA  
KITS EDUCATIVOS  
VIDEOS EXCLUSIVOS**

**LA MEJOR VARIEDAD Y ATENCION  
PARA TECNICOS, ESTUDIANTES Y HOBBYISTAS**

**CENTRO JAPONÉS**

MEXICO D.F. - REP. DEL SALVADOR N° 26 - LOC. 1 - COL. CENTRO - TEL: (0155) 5510-8602 / [kitaara@prodigy.net.mx](mailto:kitaara@prodigy.net.mx)



## LECCION 9

### ENCENDIDO DEL MAGNETRON / LA ILUMINACION / EL VENTILADOR LLAVES DE SENSADO DE APERTURA DE PUERTA - CIRCUITO DEL PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR - ALGUNOS CASOS DE SERVICE

Nuestro microprocesador está ya en condiciones de funcionar porque tiene todos los datos de entrada e inclusive sabemos cómo escribe en el display. Pero para operar sobre el horno, requiere algunos componentes que realicen una adecuada interfaz.

#### Introducción

Como ya saben nuestros lectores, el micro es el rey y los reyes no realizan funciones operativas; ellos escuchan informes y ordenan en consecuencia. Los vasallos se encargan de cumplir con esas órdenes. En este artículo vamos a analizar las interfaces encargadas de encender el magnetrón, el ventilador y la iluminación de la cavidad principal.

Al mismo tiempo vamos a analizar el ingreso de las informaciones correspondientes al sensado de apertura y cualquier otra función de la condición de la puerta con destino al microprocesador.

Como complemento vamos a considerar algunos services que nos ayuden a entender el funcionamiento del horno con referencia al encendido del magne-

trón, el ventilador y la iluminación. En este caso vamos a aclarar el caso muy especial de un fusible que aparecía quemado sin ninguna explicación evidente.

*¿Y si el resultado de las mediciones indica que la falla está en el micro?*

Se puede hacer algo para repararlo o se lo debe cambiar. Aunque parezca una locura vamos a dar algunos métodos para reparar micros o para adaptar el circuito a un micro dañado. Por supuesto que si Ud. puede conseguir el repuesto de un micro y a un precio accesible nuestra recomendación es el cambio; ahora si le piden 100 U\$S por un micro o si directamente no se consigue, no dude en emplear algunas de nuestras alternativas.

#### **Encendido del Magnetron, la Iluminación y el Ventilador**

El encendido del magnetrón se realiza en la totalidad de los casos por alimentación con corriente alterna del primario del transformador de alta tensión. En realidad sería mas fácil interrumpir el circuito del

secundario porque allí tenemos una tensión continua (en realidad una continua pulsante) que se podría interrumpir con un simple transistor. Pero dado que se manejan tensiones superiores a los 2.000V todos los fabricantes prefieren utilizar un corte sobre el circuito del primario.

Ahora bien, el circuito primario es recorrido por una corriente alterna y entonces no se puede utilizar un transistor para realizar el corte. Por lo general, todos los fabricantes se vuelcan a la utilización de un relé aunque existe la posibilidad de utilizar un optotriac (es un triac excitado desde un led infrarrojo interno, también se lo puede considerar como una combinación de triac con optoacoplador).

Analicemos la lógica de encendido. Cuando el magnetrón está encendido deben estar encendidos la iluminación, el ventilador del mismo, el rotador electromagnético de la salida de la guía de onda (si existiera), el rotador del plato (si existiera) y el display. Cuando la puerta está abierta debe estar encendida la iluminación y el display.

Cuando el usuario está programando las funciones o el horno está a la espera la iluminación, la ventilación y la rotación deben estar apagadas y sólo debe estar encendido el display.

De estas consideraciones se puede realizar una tabla de verdad que nos permita diseñar la lógica del horno y que se puede observar en la tabla 1.

De aquí concluimos que el display se debe encender apenas se conecta el horno a la red de canalización domiciliaria, lo que incluye alimentar el microprocesador encargado de excitar al display. El magnetrón, el rotador y el ventilador pueden estar conecta-

dos sobre el mismo circuito porque se emplean al unísono. La iluminación debe operarse separadamente del encendido del magnetrón. Un posible circuito básico está indicado en la figura 1.

Tenga en cuenta que el relé se encarga tanto del encendido permanente como del encendido por pulsos, adecuado para el trabajo con potencia menor a la máxima. Observe que los motores de ventilación y rotación están conectado sobre el primario del transformador de alta tensión que se controla con un relé. Con otro relé independiente se controla la lampara de iluminación y directamente desde la red se alimenta el transformador de baja tensión que alimenta el display.

El micro, por lo general, no está en condiciones de manejar un relé debido a que suelen necesitar mas de 5V para su funcionamiento óptimo. Y aunque se pudieran fabricar nunca dejarían de ser una carga inductiva peligrosa para manejarla en forma directa con el micro. Desde todo punto de vista es conveniente manejar la carga del relé con un transistor que opere como separador.

La operación de una carga inductiva no es simple. Cuando el transistor opera se producen pulsos de sobre tensión que pueden superar la tensión colector emisor máxima permitida y dañar irremediamente el dispositivo. Como ejemplo utilizamos un laboratorio virtual para levantar los oscilogramas correspondiente a un caso práctico que se puede observar en la figura 2.

Observe que la tensión de fuente es de 12 V sin embargo cuando el transistor se corta la tensión de colector sube hasta una valor de 120V. Analicemos el circuito para entender como se genera esta tensión.

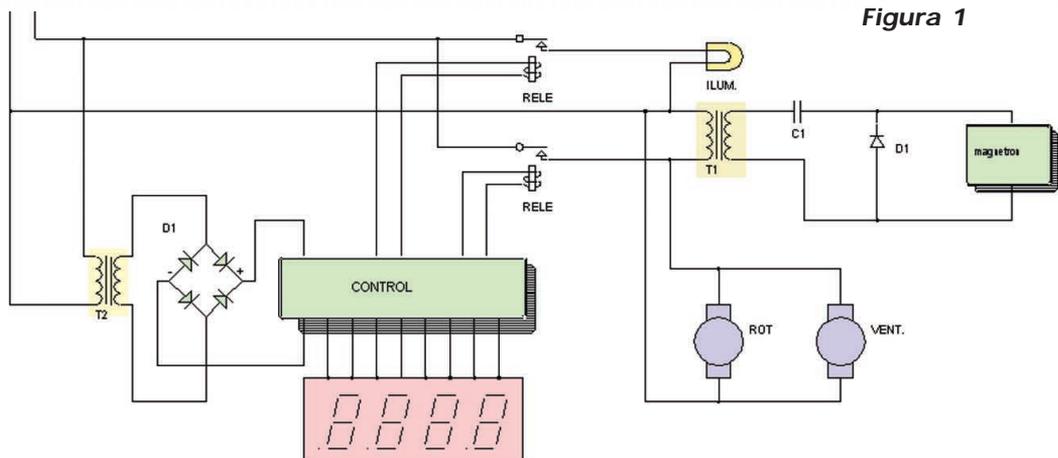


Figura 1

Condición	Magnetrón	Iluminación	Ventilación	Rotación
Cocinando	Funcionando	Encendida	Encendida	Activada
Esperando	Apagado	Apagada	Apagada	Apagada
Puerta abierta	Apagado	Encendida	Apagada	Apagada

Tabla 1 - NOTA: no incluimos el display que siempre está encendido

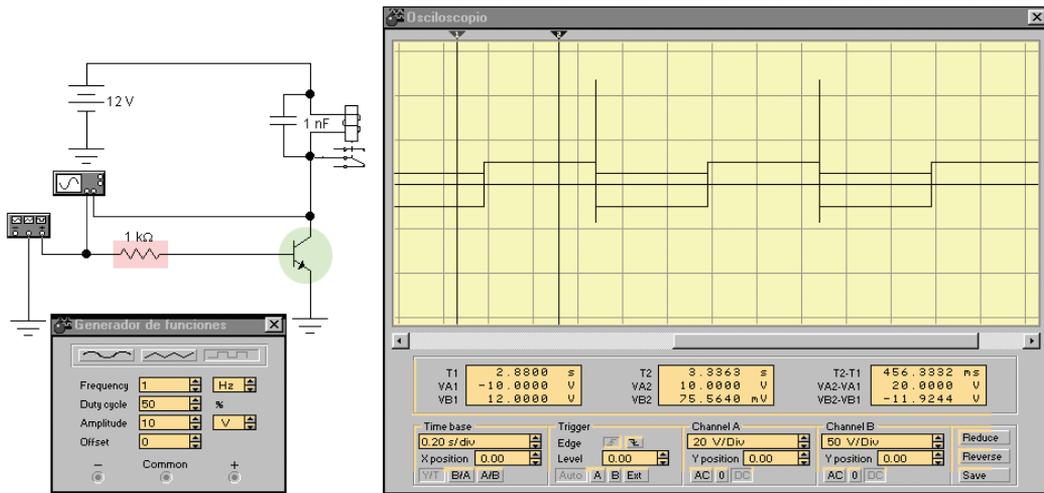


Figura 2 - Excitación de relé en workbench.

Cuando el transistor conduce, la corriente de colector se incrementa gradualmente ya que en un inductor los cambios de corriente no pueden ser instantáneos; la variación de la corriente depende del valor de inductancia del relé. Si el transistor conduce durante suficiente tiempo la corriente queda limitada por la resistencia del bobinado y ya no crece. En el inductor se acumula energía en forma de campo magnético (de modo similar a un capacitor que se carga acumulando energía en forma de campo eléctrico).

Cuando el transistor se abre con una orden aplicada a la base, la energía debe intercambiarse de algún modo.

Como el inductor sólo tiene la capacidad distribuida del bobinado para descargar su energía se produce un intercambio LC que sigue las leyes clásicas de la electrónica. Esas leyes indican que el campo mag-

nético comienza a reducirse porque el capacitor se carga incrementando su campo eléctrico. Esta carga depende del valor de capacidad y de la inductancia y en nuestro caso llega a generar una tensión de 120V que puede llegar a quemar al transistor por sobretensión CE.

El agregado de un diodo sobre el inductor nos permite limitar esa tensión a un máximo igual a la tensión de fuente salvo un pequeño pico que apenas la supera. Esta disposición y el correspondiente oscilograma se puede observar en la figura 3.

En la figura 4 se puede observar un circuito practico que forma parte del circuito del horno Tamashi MI-2077 A o el MI-2108 S muy difundido en Latinoamérica con diferentes marcas locales o con su marca original.

En realidad, se utilizan dos circuitos de relé (uno

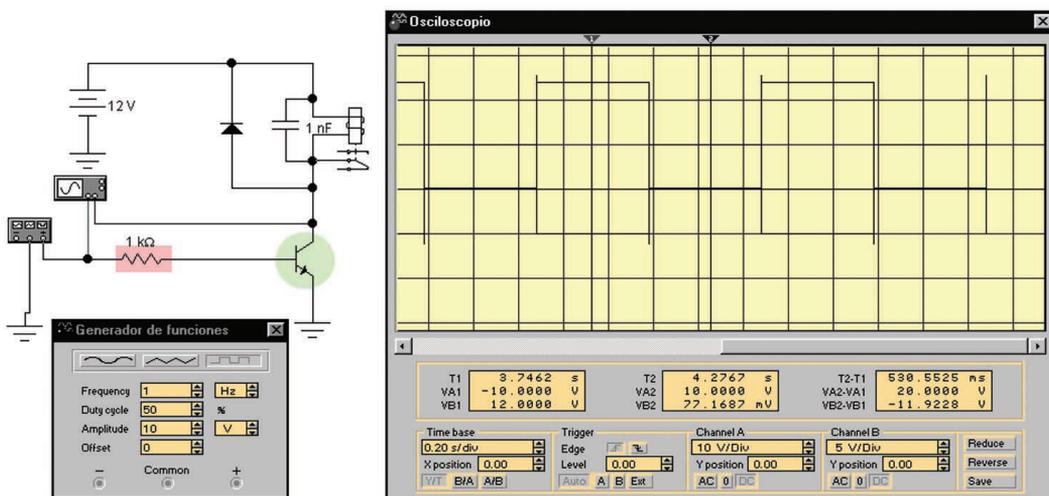


Figura 3

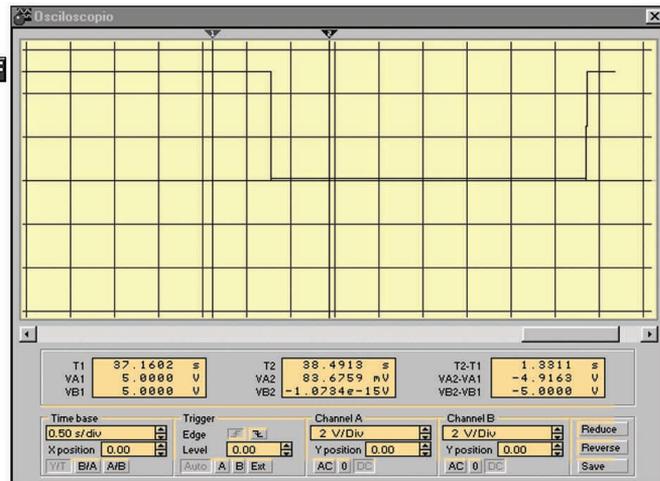
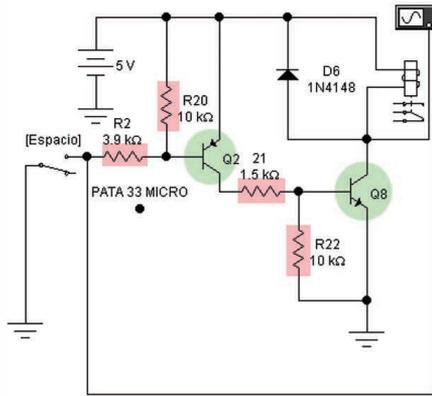


Figura 4

para cortar la tensión de primario del transformador de alta tensión y el otro para la iluminación).

Los circuitos son exactamente iguales por lo que sólo dibujamos uno.

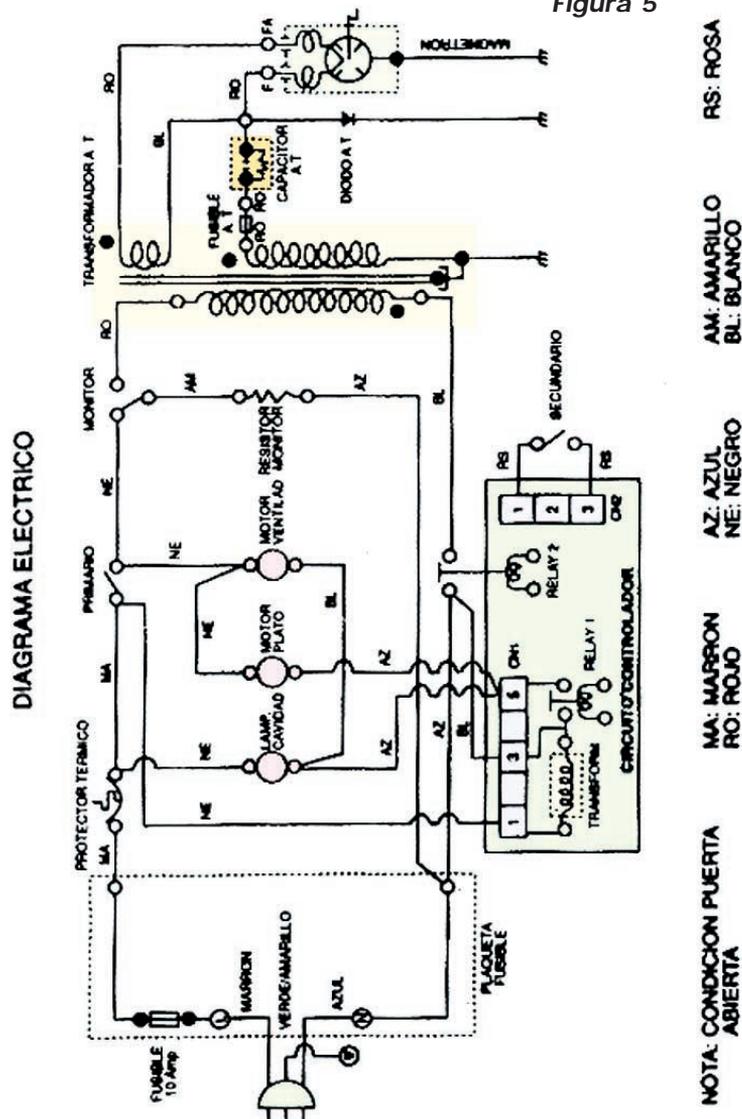
El transistor Q2 opera como inversor ya que la señal del micro es baja para el relé operado. En estas condiciones con la pata 33 a potencial de masa Q2 conduce y su colector se levanta haciendo conducir a Q8 para que el relé quede operado.

### Las Llaves de Sensado de Apertura de Puerta

Las llaves de seguridad principales de la puerta no utilizan al micro. Pero además de ellas es común utilizar otros pulsadores para que le indiquen al micro el estado de la condición de puerta abierta o cerrada. El micro necesita esta información independientemente de la seguridad para saber si debe operar la iluminación y el encendido del magnetrón.

Por supuesto que la operación del magnetrón es también un tema de seguridad pero la misma es independiente del relé.

Figura 5



Queremos decir que aunque el micro se equivoque y opere el relé del magnetrón con la puerta abierta, el primario del transformador no recibe tensión porque la llave de seguridad primaria y la secundaria no están operadas. Es habitual que existan dos pulsadores para indicar la posición de puerta abierta y cerrada al micro. Es decir que uno de los pulsadores se cierra cuando la puerta se abre y el otro se cierra cuando la puerta se cierra, inclusive en algunos casos es una sola llave inversora la que realiza esa función. Nosotros preferimos explicar las cosas con ejemplos concretos. En el ya nombrado horno Tamashi existen dos llaves llamadas DOOR SW D1 y DOOR SW D2 (de door = puerta) que realizan esta función de un modo muy particular. Una de las llaves (la que se cierra con la puerta cerrada) tiene un ingreso directo por el puerto de entrada del micro, en tanto que la otra se lee por el sistema de barrido de fila y columna como si fuera un pulsador más del teclado. Ver figura 5.

No importa el modo de ingresar el dato sobre la puerta, lo importante es que ingrese. Una vez en el interior del micro éste lo utiliza para generar un resultado lógico. El ingreso por fila y columna sirve para encender la iluminación siempre que se abre la puerta; el ingreso directo sirve para autorizar el encendido del magnetrón es decir que podemos considerar que si funcionaron todos los sistemas de seguridad, la puerta está cerrada y se cargó algún programa lógi-

co desde el teclado (por ejemplo un tiempo de 30 segundos a una potencia plena) la tecla de comienzo está operativa y su pulsado arranca con la cocción. Al mismo tiempo se enciende la iluminación, el ventilador del magnetrón y el rotador. Si en cambio no hay ninguna programación o la puerta está abierta, la tecla de comienzo está inoperante.

Habiendo analizado ya los llamados circuitos lógicos, debemos estudiar ahora las disposiciones circuitales de control, también llamados actuadores (la palabra actuador engloba a aquellos componentes que controlados por el micro en forma directa o a través de transistores u otras ayudas y que operan modificando las condiciones del circuito a controlar; por ejemplo nuestros relés son actuadores).

### El Circuito del Primario del Transformador

En la figura 6 se pueden observar los circuitos primarios más utilizados. Observe que prácticamente hay una sola variación entre diferentes fabricantes y es el punto donde se conecta la llamada llave terciaria o de seguridad. Nosotros ya analizamos los circuitos de seguridad, pero son tan importantes que es conveniente repasar su funcionamiento. En cualquier caso, el funcionamiento es siempre el mismo para los dos circuitos y se puede resumir del modo siguiente:

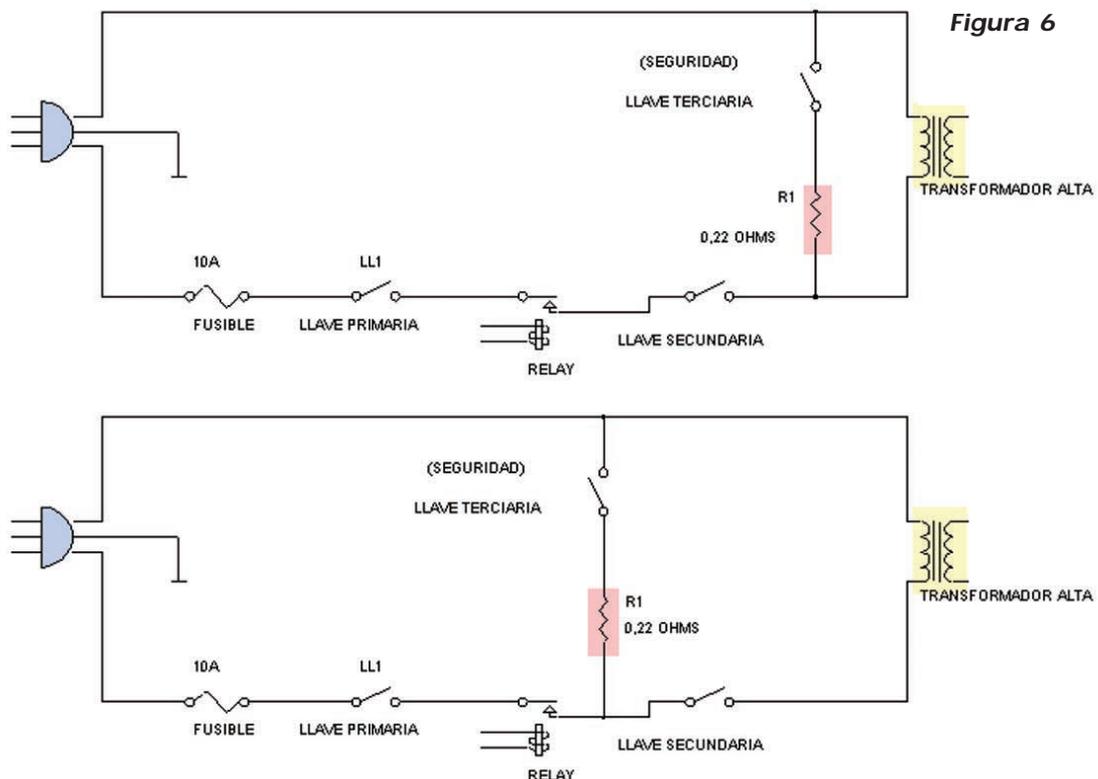


Figura 6

# DIAGRAMA ELECTRICO DEL HORNO BGH QUIK CGEFF

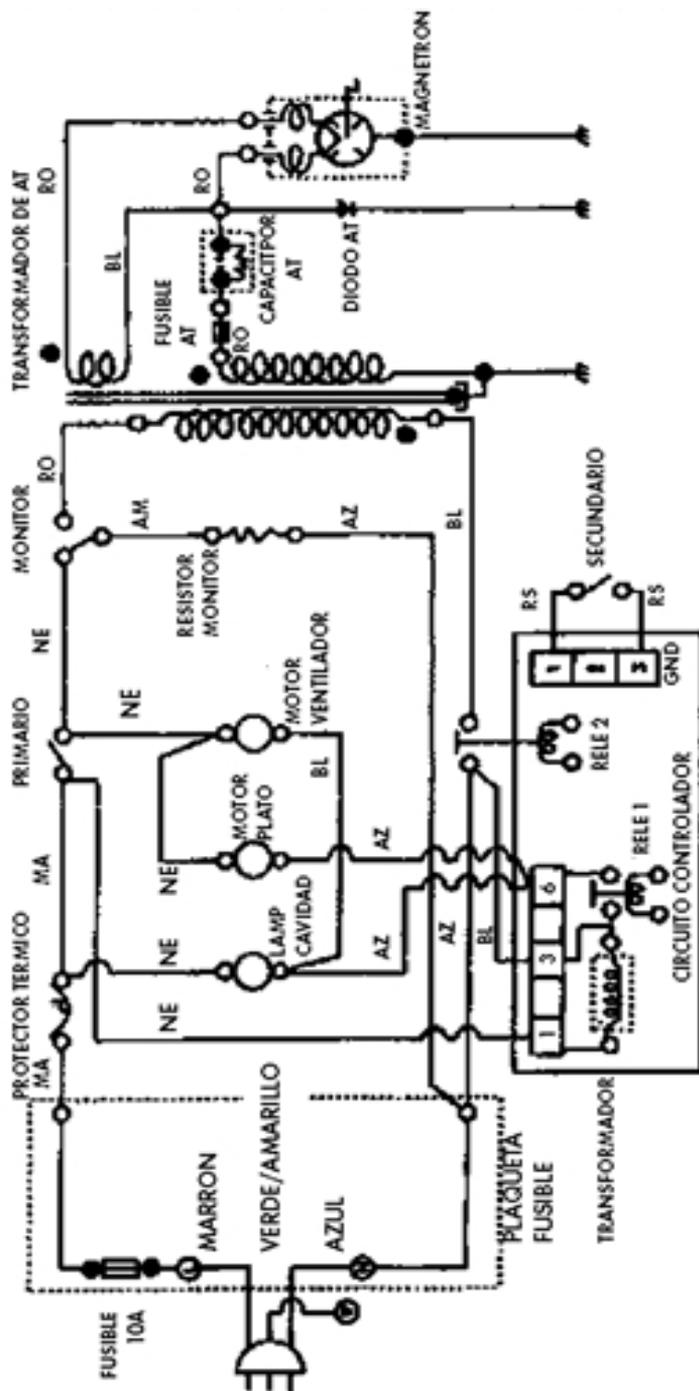


Figura 7

MA: MARRON      RO: ROJO  
 BL: BLANCO      RS: ROSA  
 NE: NEGRO

las llaves primaria y secundaria se mantienen abiertas cuando la puerta está abierta y por lo tanto no hay posibilidades de alimentar el transformador de alta tensión aún con el relé operado. En la condición de puerta abierta la llave terciaria o de seguridad está cerrada, pero no circula corriente por el fusible debido a las llaves primaria y secundaria que están abiertas, de cualquier modo queda también abierto el relé. Si ambas llaves fallan, quedándose pegadas el cierre de la

llave terciaria, generaría una sobrecorriente determinada por el resistor R1 que quema el fusible; sin embargo los contactos del relé deberían estar cerrados para que esto ocurra, es decir que deberían ocurrir tres fallas al mismo tiempo (luego veremos que en algunos hornos el relé queda fuera del circuito y el fusible se quema cuando se pegan los contactos primario y secundario). El horno queda inoperante y el usuario tendrá que llevarlo al service.

El sistema está previsto en realidad para descubrir puertas abiertas a medias. Es decir, si el usuario no cierra bien la puerta ésta queda entornada y hay peligro de escape de radiación electromagnética. En esa condición si las llaves primaria y secundaria están cerradas, todo depende de la terciaria. Si no se llegó a abrir el primario del transformador queda en cortocircuito y cuando el relé se cierra se quema el fusible. En el circuito superior ocurre lo mismo sólo que podría ser que la llave secundaria haya quedado abierta y el fusible se salve.

### **Algunos Casos de Service**

En nuestro laboratorio la broma clásica es decir que los fusibles ya no se queman como antes. Esto significa que ya no existen servicios simples (como cambiar un fusible) y que todo implica pensar y trabajar mucho. Todos los hornos que ingresan al laboratorio son reparados por el que suscribe y he aquí que un día abro un horno que no funcionaba absolutamente para nada y encuentro el fusible principal quemado.

Dos de los técnicos se acercaron y comenzaron a bromear: Ingeniero, seguramente que si le pone otro fusible se va a quemar y también el micro y el magnetrón. Le respondí que si uno trabaja bien se puede proteger el equipo de los cortocircuitos. En efecto, yo nunca conecto los equipos directamente a la red luego de reemplazar algún componente. Siempre utilizo una serie, preparada sobre todo para probar fuentes conmutadas de TV. Es un calefactor de la viejas estufas eléctricas con pantalla parabólica. Es un resistor que disipa 500W al alimentarlo con 220V y muy fácil de usar porque tiene una base con rosca Edison. Con ese tablerito, si el equipo está en corto se enciende el resistor y el fusible se salva y lo que es más importante, se suelen salvar los conmutadores de potencia (transistores, tiristores, etc).

Así las cosas, cambié el fusible de 10A y conecté el horno a la serie. El display se encendió normalmente. Programé un tiempo de 1 minuto abrí la puerta (la iluminación se encendió) y coloqué tres recipientes de plástico con de litro de agua cada uno. Cerré la puerta (la iluminación se apagó) y apreté comenzar. Se escuchó el encendido del ventilador del magnetrón y se volvió a encender la iluminación. Luego de 1 minuto sonó el bip y se apagó la iluminación. Abrí la puerta y observé la temperatura del agua con la mano, estaba tibia casi caliente, cosa que se considera normal.

Conecté el horno directo a la red y realicé otra serie de pruebas con idéntico resultado.

Es decir todo estaba normal. Abrí y cerré la puerta varias veces y programé varios tiempos con diferentes potencias que se ejecutaron correctamente. Luego

de todas estas pruebas dí el trabajo por terminado suponiendo que el fusible se quemó por razones desconocidas pero momentáneas, que ya no existían.

El cliente usó el horno por una semana y me le trajo de reclamo porque no funcionaba. Le pregunté en qué operación se había roto, pero no lo sabía. Lo probé y tenía el fusible quemado. Mis ayudantes se rieron como correspondía pero yo les dije que no se preocuparan que había cobrado lo suficiente como para poder atender el reclamo sin perder dinero.

Cambié el fusible nuevamente y realicé mil pruebas pero no se quemó. No me quedaba otra posibilidad que volver a entregarlo, pero esta vez con la recomendación de que me anotaran en que operación se quemó el fusible. Por suerte el cliente era un amigo dispuesto a colaborar.

Una semana después volvió con el horno en las mismas condiciones.

Pero me dijo que dejó de funcionar al cerrar la puerta y que además saltó la térmica de la casa cuando cerró la puerta.

Observando el circuito noté que la disposición del primario no era la clásica. En efecto, la llave terciaria no estaba conectada después del relé del magnetrón, sino antes. Es decir que todo estaba como en la figura 7. En este circuito, si la llave primaria se cierra antes de que la llave monitor (otro nombre que se le da a la llave terciaria) se ubique hacia arriba, se produce un exceso de corriente que quema el fusible.

En principio me pregunté si no se podría hacer un cambio circuital ubicando el cable azul del resistor monitor sobre el primario del transformador. Pero un cesudo análisis me indicó que si el fabricante lo puso de ese modo, es porque los contactos del relé no admiten la corriente de falla.

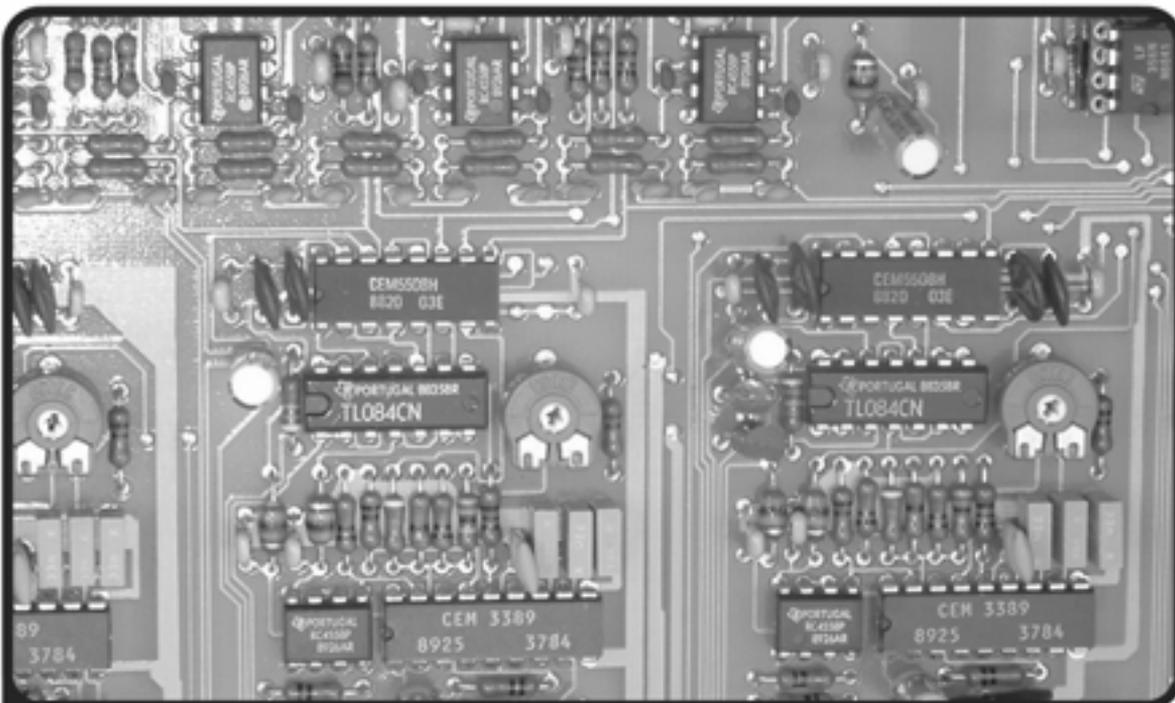
Por lo tanto comencé a analizar por qué las llaves no operaban en la secuencia correcta.

La única explicación posible era un juego en el montaje de la llave monitor. Pero antes de modificar el anclaje traté de hacer una comprobación desconectando el resistor monitor y conectando en su lugar una lámpara incandescente de 220V 25W. Abriendo y cerrando la puerta observé que a veces el filamento se ponía rojizo por un mínimo instante de tiempo. Si cerraba la puerta con suavidad ese tiempo se incrementaba, hasta que logré encender la lámpara a pleno en una posición de la puerta casi cerrada.

Ahora sí, verificada la falla, sólo quedaba mover el anclaje de la llave monitor para que la lámpara no se encendiera y fue muy simple conseguirlo.

Entregué el horno asegurándole a mi amigo que el fusible no se volvería a quemar y aparentemente se cumplió la promesa, porque esa reparación ya lleva un año de concretada.

\*\*\*\*\*



## LECCION 10

### LA MORTAJA DE ALUMINIO - LA MULETA - LA NUEVA ELECTRONICA EL SERVICIO TECNICO DE HORNOS DE MICROONDAS

#### Introducción

El microprocesador es uno de los componentes más costosos del horno luego del transformador de alimentación y el magnetrón (en realidad, no debería superar un costo de 15 dólares, que es el valor internacional de un micro pequeño, pero muchos servicios técnicos autorizados llegan a pedir 100 dólares o más). De allí que cuando se hace necesario cambiarlo es casi seguro que el usuario se niegue a aceptar un presupuesto de 150 dólares, ya que un horno de los que se consiguen en supermercados (de marca desconocida y procedencia más desconocida aún) puede adquirirse a un valor de 180 dólares.

Según los cánones clásicos un microprocesador fallado no puede repararse dada su construcción monolítica. Eso que parece una verdad no es un absoluto. En efecto, en el momento actual en que los microprocesadores se construyen con transistores MOSFET los técnicos descubrieron un método que puede recuperar algunos micros dados por definitivamente muertos. Un poco en broma y otro poco en serio, a ese método (que describiremos más adelante) se lo bautizó como la mortaja de aluminio y vale la pena emplearlo dado que no implica costo alguno salvo la compra

de alguna golosina. También existen métodos que, sin reparar al micro, permiten su uso con deficiencias. En estos casos un circuito exterior al micro lo adapta para que siga cumpliendo su tarea aún fallado. En la jerga se los conoce como una muleta, porque el micro se apoya en ellos para cumplir con su función, que él solo ya no puede realizar.

Muchas veces el micro no puede realizar una serie de tareas pero realiza otras perfectamente bien. En esos casos se puede colocar algún micro programable para realizar esas tareas que el micro defectuoso no realiza. Este procedimiento (cada vez más frecuente) es, a no dudarlo, el futuro de nuestra profesión. En efecto, los microprocesadores programables de pequeño tamaño tienen una enorme aplicación en la reparación aunque no fueron diseñados para eso, de modo tal que sus fabricantes se muestran sorprendidos cuando se le comenta el uso que le damos en estas pampas a sus dispositivos. Actualmente son suficientemente fáciles de programar como para que cualquier técnico capacitado los programe con ayuda de programas ensambladores. Basta con conocer el más común de los lenguajes, el Basic, que se enseña en la escuela secundaria y tener un programa ensamblador que genere el código de máquina para pro-



**Figura 1 - Mortaja de aluminio.**

gramar un micro de Microchip o de Motorola, cuyo precio parte de 1 dólar.

El autor de esta obra piensa que un técnico actual ya está una buena parte de su tiempo sentado delante de una PC bajando información, simulando circuitos o dibujando circuitos impresos. Pero dentro de unos años prácticamente va realizar todas sus tareas desde la PC, incluyendo la reparación de programas o la modificación de dispositivos programables.

### **La Mortaja de Aluminio**

Los micros actuales usan tecnología MOSFET. En ella muchas veces los campos electrostáticos y electromagnéticos externos afectan la carga de una compuerta aislada, de modo que deja de trabajar alguna sección del microprocesador.

Muchas veces el circuito externo del micro no permite la descarga de esa compuerta; pero si lo ayudamos poniendo todas las patas a masa (por supuesto luego de desconectar el horno de la red de canalización) a veces se logra el milagro de que el micro recupera su funcionamiento normal. No es común que eso ocurra, pero vale pena probarlo.

No se puede predecir si una falla es curable, pero con un poco de suerte y algo de trabajo se puede lograr un considerable ahorro de dinero. Simplemente suelde alambres desde cada pata del micro a masa. Deje al micro en esa condición por un par de días, luego retire los alambres agregados y pruebe. Si el micro no se recuperó en lo que podríamos denominar "tratamiento in situ" todavía nos queda una alternativa más en lo que podríamos denominar tratamiento con internación.

Desuédelo con todo cuidado, envuélvalo en papel de aluminio con sus patas apoyadas sobre el mismo, ponga un objeto pesado encima para que el aluminio

cortocircuite las patas a través de una espuma de goma y deje ese paquete armado por un par de días. De este modo Ud. se asegura un campo electrostático nulo dentro del chip y eso puede obrar el milagro buscado. Ver la figura 1.

Una de las ventajas del método, es que si no tiene papel metalizado ya tiene una excelente excusa para comprar alguna barra de riquísimo chocolate.

Este tipo de procedimiento suele ser empleable sobre todo cuando el micro parece congelado a pesar de que funciona el oscilador del clock a cristal. La falla, por lo general se produce luego de que se escucha un arco de alta tensión con la consiguiente generación de intensos campos magnéticos y eléctricos en el interior del horno.

### **La Muleta (Conceptos Generales)**

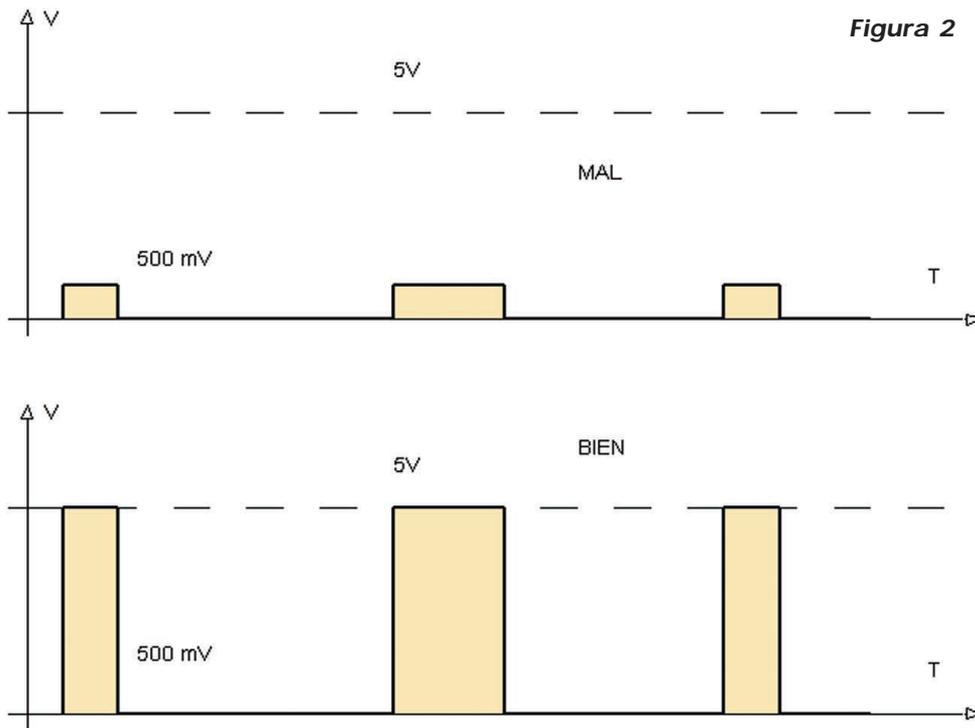
Los puertos de salida suelen ser susceptibles de fallar, simplemente porque tiene una pista de circuito impreso o un cable directamente conectado a sus patas. Este cable opera de antena para los arcos cercanos y puede generar tensiones sobre las patitas del puerto de salida, que superen la tensión de ruptura.

En los buenos hornos cada patilla del puerto de salida está protegida con un resistor en serie de alrededor de  $1k\Omega$  y un capacitor a masa de aproximadamente  $220pF$  (además de la protección interna con diodos sobre cada pata que tienen los buenos microprocesadores). Pero en aquellos hornos llamados de "Supermercado" con ignotas marcas de fantasía, no se suele encontrar protección alguna y es muy probable que los arcos irradiados provoquen fallas catastróficas.

Si el usuario tiene suerte, es posible que el puerto no quede totalmente muerto. Es decir que una verificación cuidadosa de la salida suele indicar que la salida del puerto no llega a potencial de masa o a potencial de 5V, pero varía y tiene los datos, sólo que a niveles incorrectos.

Como el lector ya debe haber adivinado, todo consiste en cortar la conexión de la pata y agregar un circuito ideado a propósito para amplificar la señal y llegar a los niveles adecuados de trabajo; luego todo es cosa de tener suerte porque nunca se sabe si la señal que sale seguirá saliendo permanentemente o el problema sólo fue un anuncio de un mal mayor y el microprocesador al poco tiempo dará su estertor final y dejará de funcionar definitivamente.

Hable con el cliente y avísele lo más claramente posible sobre esa posibilidad; pero dígame que no se puede adoptar otro criterio porque el repuesto no existe o es demasiado caro.



**La Muleta (Concepto Definitivo)**

No existe un circuito único para la muleta. Todo depende de cómo haya quedado la señal de salida. Ud. deberá medir cuidadosamente la señal de salida y dibujarla en una hoja. Esa es su fuente de señal y deberá cambiarla a otra señal de salida que seguramente debe cambiar de 0 a 5V. Dibújela debajo de la otra. En la figura 2 dibujamos un caso muy común que tomaremos como ejemplo: cuando la salida no sube más que unos pocos mV.

Lo primero que debemos averiguar es si se trata de un problema en el circuito de carga o en el de generación. Desconecte la carga teniendo en cuenta que la mayoría de las salidas de los micros son a colector abierto, es decir que requieren un resistor a +B llamado de Pull-up del orden de 1 a 10kΩ. Ver la figura 3.

Observe que no se haya desconectado el resistor de pull-up al desconectar la carga. En todo caso puede reemplazarlo con un resistor externo al circuito para probar. Si se recupera la amplitud correcta al desconectar la carga, el problema no está en el micro sino en el circuito receptor de la señal del micro. Controle si puede conseguir el repuesto y si tiene un valor aceptable.

Si la señal no sube es porque el

problema está en el microprocesador. Y necesitamos reforzarla con un transistor. Aquí el problema se resume a detectar el nivel máximo; si este nivel supera una barrera el problema es simple de resolver y se debe armar un circuito como el de la figura 4.

Observe que existen dos valores indeterminados que deben ajustarse en forma práctica, porque dependen de la falla presentada por el micro. Uno es el resistor colocado en paralelo con el de Pull-up y el otro es el de excitación del transistor de abajo. Comience con el resistor R3 en 1kΩ y ajuste el valor de R4 para lograr la máxima tensión de salida del micro. En esa condición observe si la salida de la muleta con la carga conectada llega al valor de 5V. Si llega, todo está bien, si no llega debe ajustar R3 a un valor menor.

Por lo general este circuito suele resolver a todos

**Figura 3**

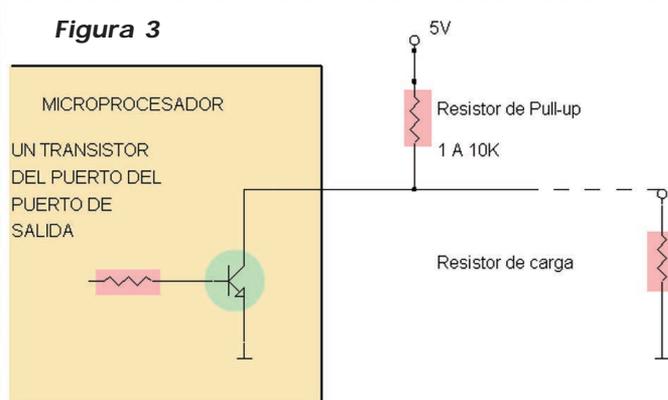


Figura 4

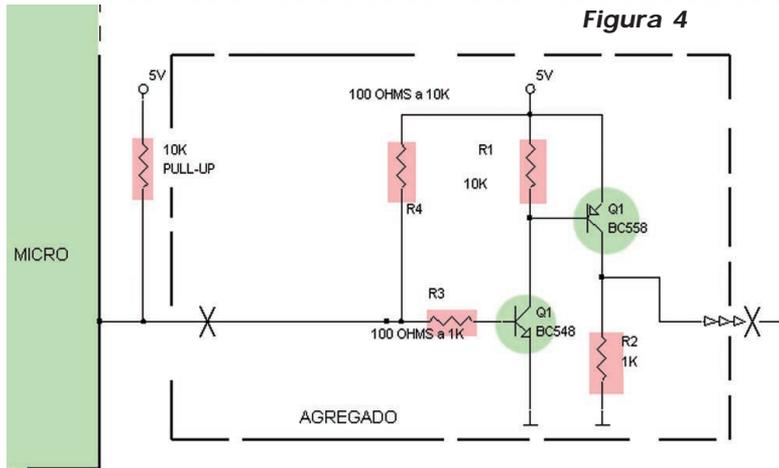


Figura 5

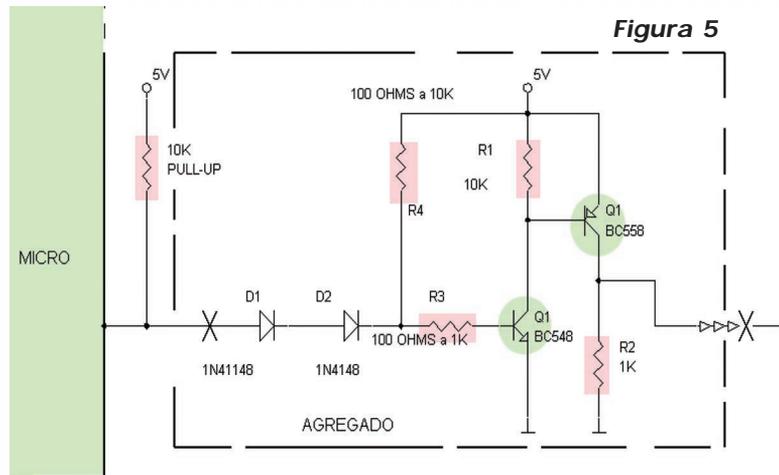
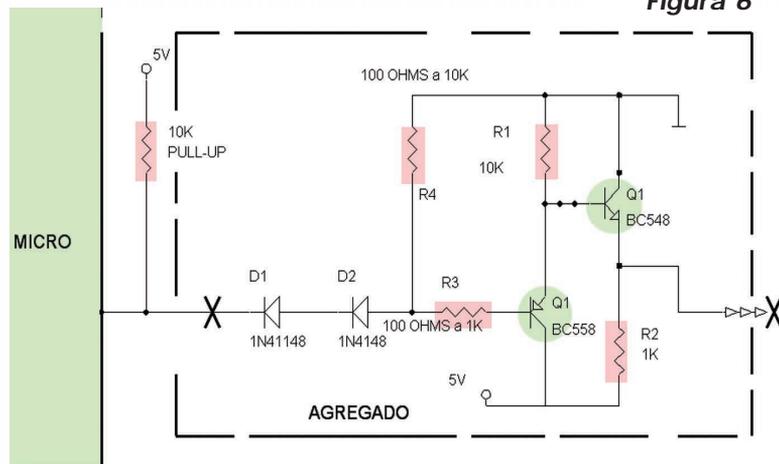


Figura 6



los problemas de tensión baja pero mayor a una barrera. Si la tensión baja es inferior a 1 barrera, se debe realizar un cambio en el circuito agregando diodos que levanten la entrada. Ver la figura 5.

Con este agregado la tensión de entrada subirá hasta un nivel aceptable para hacer conducir al pri-

mer transistor, es decir que si la variación en la salida del micro supera los 100 mV es posible siempre recuperarla y convertirla en una señal de 5V. No siempre se necesitan los dos diodos, en muchos casos sólo se debe agregar uno.

El circuito anterior se utiliza cuando la salida no supera unos pocos milivolt, pero qué ocurre si se presenta el caso inverso de una salida que está siempre prácticamente al valor de fuente. En ese caso se debe utilizar el circuito complementario del anterior, el que se puede observar en la figura 6.

Busque el circuito adecuado, corte el impreso e insértelo para aumentar el nivel de señal; ésa es la idea y suele funcionar muy bien regresando a la vida muchos equipos que ya habían sido dados por muertos definitivamente.

Si la salida es menor a 100mV ya se debe pensar en utilizar amplificadores diferenciales. El circuito no es general y deberá inventarse uno para cada necesidad de acuerdo a los valores de continua y de alterna de la señal.

### La Nueva Electrónica

Si falta el pulso de salida y el microprocesador no se consigue ¿significa que el equipo no tiene ninguna posibilidad de reparación de ningún tipo?. No, existe aún un último recurso que apenas ha sido explorado, pero que a

no dudarlo es el modo de reparación del futuro: los microprocesadores programables del tipo PIC (de microchip), del tipo HC (de Motorola) o muchos otros que aparecen a diario.

Se trata de unos pequeños microprocesadores de bajo costo, que pueden ser programados para que

realicen las funciones que nuestro micro ha dejado de realizar. Inclusive, es ya común encontrarlos como equipo de origen en muchos electrodomésticos de la actualidad en su versión no regrabables.

En efecto, el mismo dispositivo se fabrica en dos versiones. Regrabable y con memoria permanente del tipo de matriz de fusibles. La primera se utiliza para depurar la programación durante el diseño del programa y cuando el programa está totalmente depurado se generan los micros de producción en un chip que sólo admite una grabación (y que por supuesto es mucho más barato). Las versiones regrabables no cuestan demasiado; estamos hablando de valores del orden de los 10 dólares como mucho. En fin, un valor perfectamente compatible con el valor de una reparación que puede estimarse en el orden de los 60 dólares.

#### *¿Cuál es el problema?*

El problema es el programa; ya sea que se trate de crear una muleta o de reemplazar un micro se necesita un programa. Pero a diferencia del envío de un CI, un programa se puede enviar por email de Internet o por FAX, ya que sólo es un conjunto de palabras o un archivo de datos editado con un editor de palabras (por ejemplo el Word).

Este es un problema más de comercialización que de otro tipo. En efecto, existiendo los medios técnicos que permiten difundir un programa, el fabricante del dispositivo fallado no puede negarse a entregarlo porque está faltando lo que en la Argentina se llama "ley de protección al consumidor". Por esta ley el comerciante que vende un producto, la fábrica que lo hace o el importador que lo trae, tiene una obligación primaria con el comprador y debe solucionar todos los problemas técnicos del dispositivo vendido durante el término de 5 años. Y lo deben hacer sin lucrar con la falla; después del periodo de garantía sólo tienen derecho a salvar los gastos.

Ud. me va a decir que todo eso es simple teoría y que en la práctica los servicios técnicos oficiales esquilman a los técnicos, a los clientes y a todo aquel que se acerca a su mostrador. Y si uno le pide el programa del micro se le van a reír en la cara poniendo cara de "no se de que se trata". Sí, en efecto eso es lo que ocurre en el momento actual, pero esperemos que con el tiempo y la práctica en otros países que siempre utilizamos como ejemplo, se logre una conducta de los servicios técnicos que honren la marca tal como ocurría cuando los productos se fabricaban en el país y como ocurre aun con algunas marcas prestigiosas.

#### *¿Pero que se puede hacer sin el programa?*

Se puede hacer mucho, en efecto la programación de esos microprocesadores no es algo muy complicado. Por lo general sólo emplean un set de herramientas de programación muy pequeño y fácil de aprender (microchips emplea 36 instrucciones) y además se puede programar en algún lenguaje conocido internacionalmente como el "C" o el "BASIC" y luego utilizar programas ensambladores que generan el código de máquina a partir de ellos.

Ud. me va a decir que inventar un programa sólo para hacer una reparación no es algo muy económico. Y es cierto, pero el programa le queda para todos los equipos que repare posteriormente y si lo hizo Ud., puede comercializarlo libremente sin que el fabricante del equipo dañado puede establecerle ninguna demanda. Mejor aún, el programa que Ud. coloca en un micro no se puede leer por ningún medio si así se lo indica al micro cuando lo programa. Es decir que nadie se lo puede robar.

Suponemos que con el tiempo esos programas se venderán en las cooperativas de técnicos (tal como ocurre en la actualidad con los planos y circuitos) pero con la enorme ventaja de que pueden trasladarse por email sin mayores problemas (se trata de archivos de muy poco tamaño cuya transmisión puede durar segundos apenas).

El autor opina que la "Nueva electrónica", sin dudar que ésa es la electrónica de los próximos tiempos, tendrá componentes periféricos y muchos programas hasta que finalmente se llegará al superchip que sirva tanto para hacer un TV como una cafetera cambiando sólo el programa de trabajo. En ese momento su trabajo de reparador se trocará por el de programador y sus instrumentos de prueba serán nada más que la PC. Para que Ud. no tenga la amarga sorpresa de quedarse sin empleo, debe entender que lo que mencionamos aquí no pertenece a la ciencia ficción. Existe en la realidad y en el primero mundo se lo emplea como algo de todos los días. Por supuesto que aun no existe el superchip que lo haga todo. Pero ya existen combinaciones de microprocesadores con circuitos analógicos (amplificadores de audio, de RF, demoduladores de FM de AM, amplificadores de RF, etc, etc que permite generar receptores, transmisores, conversores, etc. solo con programación.

El mejor consejo que le puedo dar, es que se amigue con las computadoras y tenga con ellas una relación temprana porque mañana puede ser tarde. Si no tiene conocimientos de computación y de programación le espera un largo camino pero que seguramente será muy interesante y productivo.

### **El Servicio Técnico de Hornos de Microondas**

Así llegamos al final de nuestro curso de reparación de hornos de microondas. Sabemos que le acabamos de entregar algo que no es común en nuestro mercado. Le dimos información práctica sin soslayar la necesaria teoría y sólo nos falta darle los consejos finales para que Ud. pueda reparar hornos sin inconvenientes.

Algo que los profesores suelen dejar sin aclarar es ¿cuánto se debe cobrar por un trabajo?. Aquí debemos ser realistas, históricamente se cobraba 70 U\$S más el costo de materiales por cualquier reparación (aunque sólo involucrara el cambio de un fusible). Actualmente esa ganancia fija fue reducida a valores de 40 a 50 U\$S, dados los problemas económicos endémicos que sufren los países de América Latina. En la mayoría de los casos, el costo de materiales es muy bajo y se lo absorbe en el precio fijo, de modo que el desembolso total del cliente ronda los 45 U\$S en promedio a lo que se deben sumar los impuestos. No crea que es mucho; cuando cargue los gastos de iluminación, aclimatación, telefonía, alquiler del local y el costo del capital congelado en forma de instrumental y repuestos, las ganancias mensuales se diluyen rápidamente.

El cliente siempre busca, precio y cumplimiento de los plazos. El trato personal y la vistosidad del local son importantes pero secundarios. Si por alguna razón se atrasa en las entregas, no deje de comunicarse telefónicamente con el cliente explicando la situación. No hay nada peor que un cliente que va a retirar y no encuentra el trabajo terminado. Los criterios de comercialización que se manejan en América latina no tiene nada que ver con los tan difundidos en

EEUU. Allí un cliente determina la compra con sus ojos y aquí con sus bolsillos.

Recuerde que su seguridad es lo más importante. Ud. está trabajando con equipos que generan tensiones y corrientes elevadas capaces de causar la muerte por electrocución de una persona o por lo menos serios daños por ionización de los tejidos.

Para trabajar con toda seguridad Ud. debe operar el horno totalmente desconectado de la red y asegurándose de que el capacitor de alta tensión esté descargado. No confíe en el resistor de descarga que trae el equipo.

Es posible que se abra con el uso o que algún técnico inescrupuloso lo deje desconectado, ya que no es un componente imprescindible para el funcionamiento. Construya el descargador que le indicáramos oportunamente y utilícelo sin dudar.

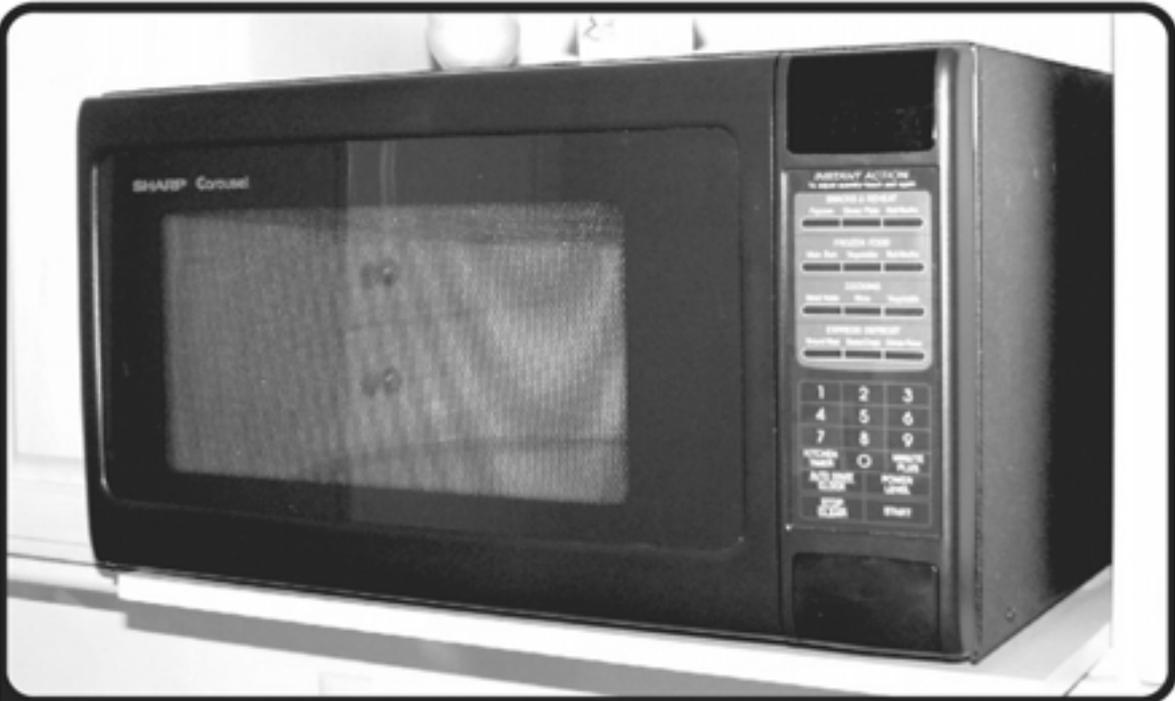
Su taller de reparaciones no debe ser lujoso pero debe ser limpio. Un cliente por lo general no puede juzgar su capacidad técnica, pero puede hacerlo perfectamente con la limpieza del lugar y extrapolar la conclusión del aspecto a la idoneidad.

Respete los reclamos antes que cualquier otro trabajo remunerado. Un cliente puede aceptar que una reparación falle, pero tiene derecho a exigir que se lo atienda de inmediato porque ya pagó y no obtuvo el correspondiente beneficio por ese pago.

Construya un archivo prolijo de las reparaciones efectuadas en su taller, no sólo para controlar la duración de la garantía (normalmente de 3 meses) sino para tener acceso a una guía rápida de fallas. Recuerde que las fallas suelen ser repetitivas y un buen archivo le va a ahorrar mucho tiempo de análisis.

Tenga bien en claro la dirección y el número de teléfono de su cliente por eventuales mudanzas de su comercio.

\*\*\*\*\*



## LECCION 11

### LA SEGURIDAD EN LA REPARACION DE HORNOS MICROONDAS

#### Informe de Seguridad N° 1

En los hornos de microondas se utiliza una válvula magnetrón con tensiones continuas pulsantes del orden de los 4kV. La fuente de alimentación admite cargas muy importantes, ya que el magnetrón requiere potencias del orden de 1kW para calentar adecuadamente las comidas. Por todo esto, no existe equipo más peligroso para la vida del técnico reparador que un horno de microondas.

Me imagino que algún lector estará pensando: no es cierto, en un TV se trabaja con tensiones de 30kV y yo recibí varias descargas y aún estoy vivo. Es totalmente cierto, pero la fuente de alta tensión de un TV color soporta corrientes de tan sólo 1,5mA y eso involucra potencias del orden de los 50W.

Entre una silla eléctrica y un hornos de microondas la diferencia fundamental está sólo en el anclaje del reo a

la silla. Los niveles de corriente y tensión no son tan diferentes. En una palabra que con 1kW de 4kV Ud. se puede morir instantáneamente si la descarga atraviesa órganos vitales de su cuerpo, como el corazón o el cerebro.

#### ¿Cuál es la mejor protección en estos casos?

La mejor protección es estar atento a lo que hace. Nosotros le vamos a dar algunos elementos de seguridad, pero si Ud. no está trabajando con todos sus sentidos puestos en el trabajo, no hay protección posible.

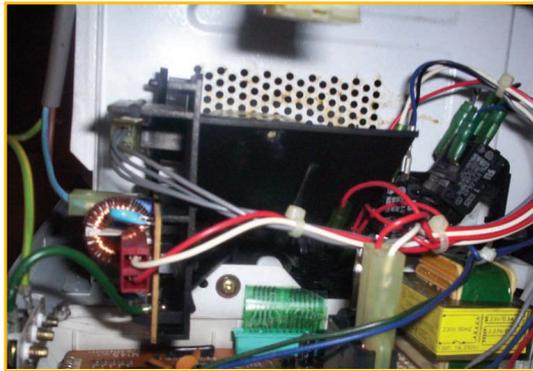
Cuando se trabaja en máquinas peligrosas, se utiliza el sistema de ocupar ambas manos, apretando dos pulsadores por donde pasan los dos polos de la red. Pero en nuestro caso se requiere de una mano libre, por lo general la derecha para operar el frente del horno.

Un sistema de seguridad para horno tiene



un pulsador fijo en la parte inferior de la mesada, de modo que no se pueda pulsar accidentalmente con algo que se apoye sobre él y otro móvil con suficiente largo para mantenerlo en la palma de la mano y presionarlo con el pulgar y al mismo tiempo poder ope-

rar el panel de mando con el índice. Si se pretende llevar la mano adentro del horno, el largo del cable no lo permite. Cuando ambos pulsadores están sueltos puede trabajar tranquilamente, si es que toma la precaución de descargar el capacitor de alta tensión. Pero eso lo explicamos en el siguiente informe.



### Informe de Seguridad N° 2

Un horno puede acumular tensión de 4kV en su capacitor de alta tensión, cuando no funciona adecuadamente.

Por lo tanto, puede ser un equipo peligroso aún desconectado de la red. Para que sea un equipo seguro debe desconectarlo de la red y dejar que se descargue el capacitor, cosa que ocurre en un par de segundos (por las dudas deje pasar 10 ó 20 segundos antes de tocar nada de su interior).

Pero el capacitor se descarga con un resistor especial para alta tensión que tiene conectado en paralelo. Si ese resistor falta y el magnetrón no funciona, el capacitor queda cargado. Por eso lo mejor es no confiarse y descargarlo haciendo puente sobre sus terminales con dos robustos destornilladores con mango de plástico (controlar que los mangos no tengan rajaduras y tengan un diámetro de por lo menos 25mm).

El capacitor es muy fácil de ubicar por su tamaño y sus características. Tiene una base de unos 3 x 6 cm y una altura de unos 10 cm con bordes levemente redondeados y está marcada su capacidad y su tensión, que es siempre del orden de los 3500V. Se lo puede ubicar al lado del transformador de poder montado sobre el chasis del equipo.

Ahora que el capacitor está descargado y el equipo está desconectado de la red puede tocar todo el interior del equipo a mano desnuda, sin peligro de recibir descargas.

Esquema:  
- Horno desconectado  
- Puerta cerrada

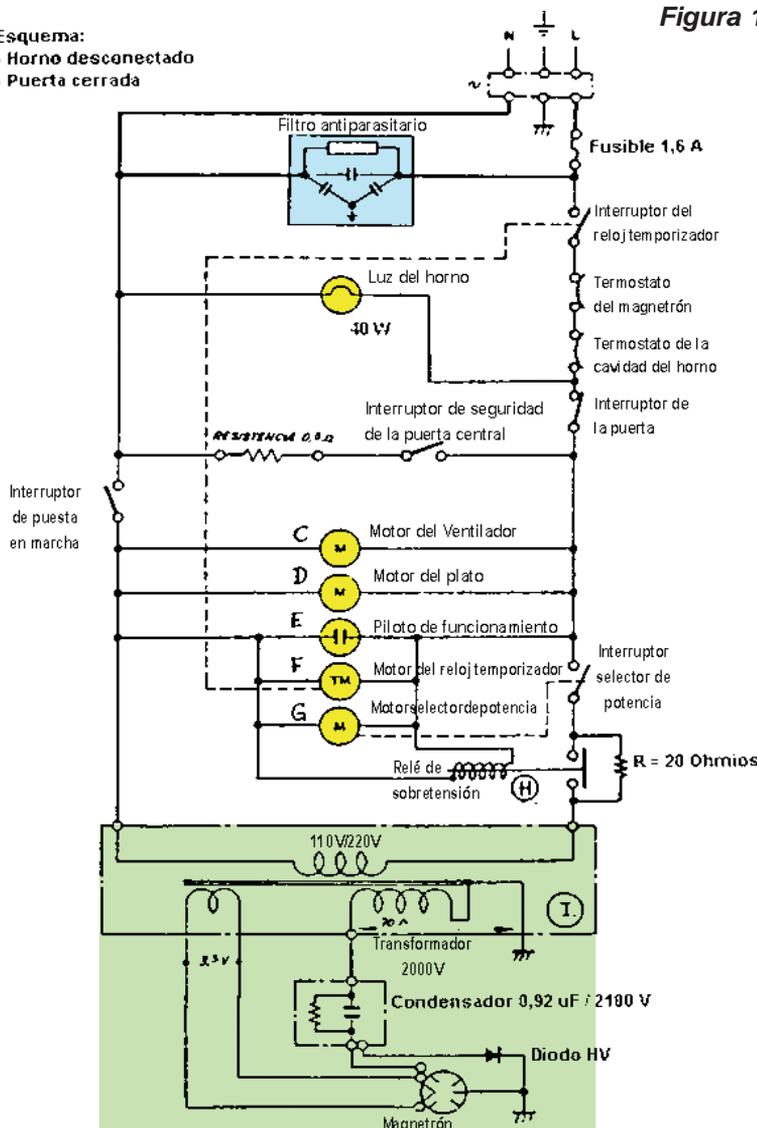
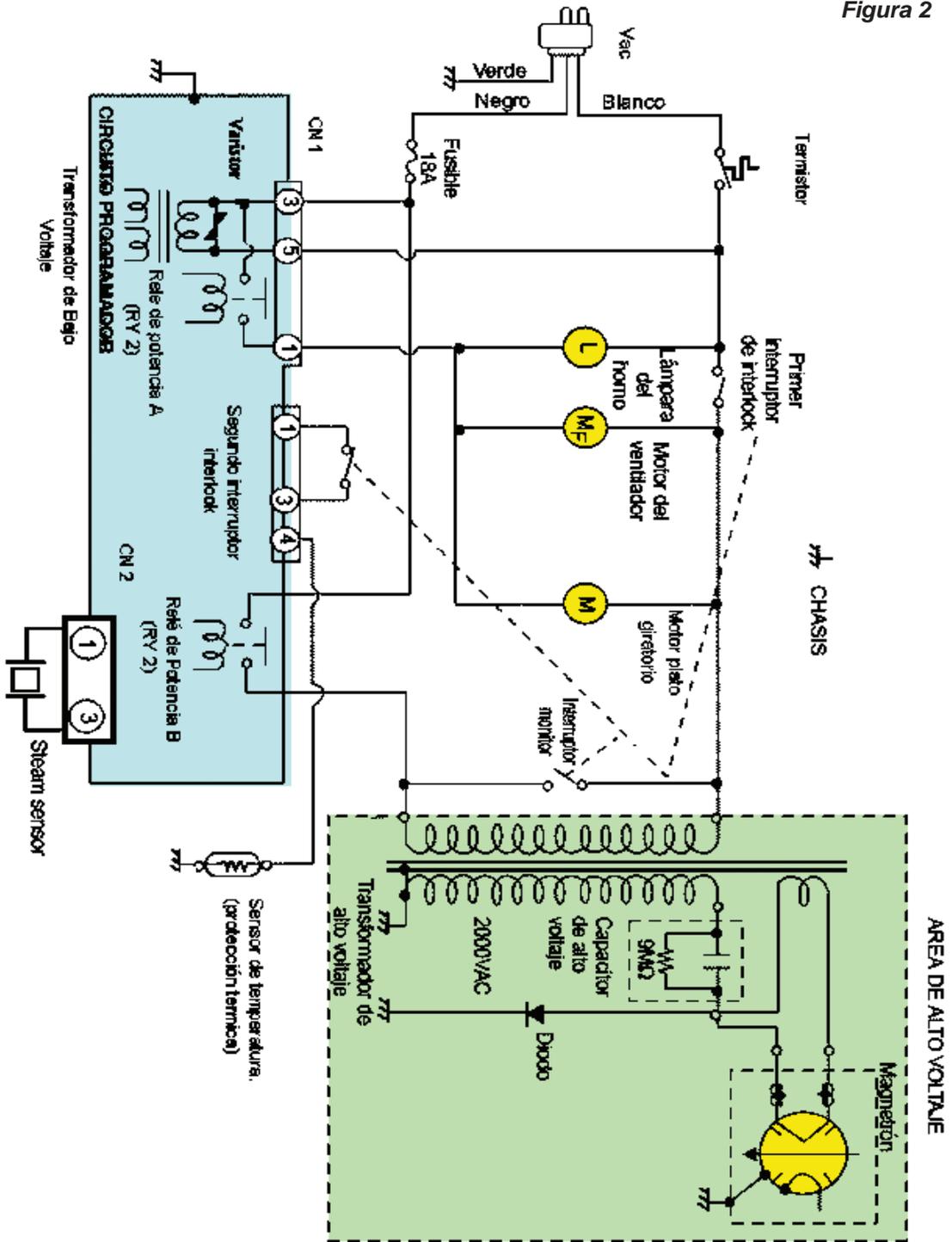


Figura 1

Figura 2

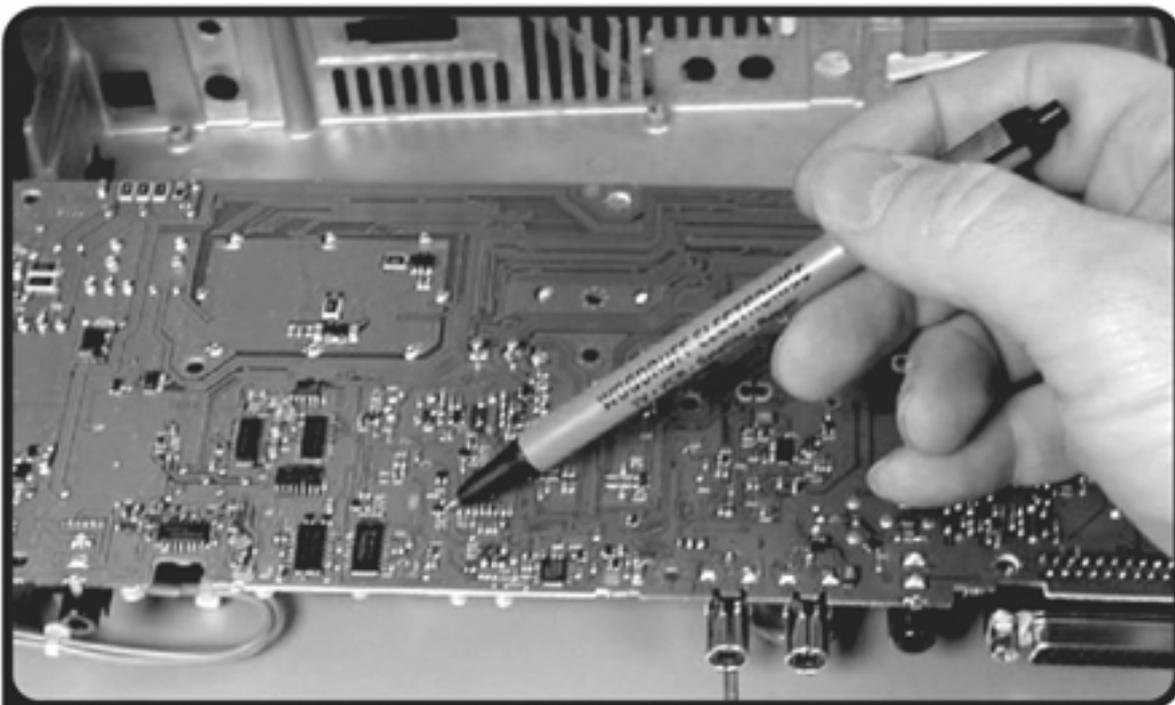


Le sugerimos que tenga en cuenta lo expuesto en estos informes de seguridad, ya que de no tomar los recaudos necesarios se expone a sufrir accidentes cuyas consecuencias pueden ser catastróficas. A los fines didácticos, en las figuras 1 y 2 se reproducen dos diagramas de hornos a microondas comerciales.

Cabe aclarar que los hornos de microondas actuales poseen circuitos electrónicos elaborados que inclu-

yen microcontroladores que efectúan tareas específicas. Una fuga de microondas sobre los circuitos electrónicos pueden ocasionar la inutilización inmediata del sistema electrónico, razón por la cual el técnico debe saber perfectamente cómo verificar que dicha fuga no se produzca. En la próxima lección veremos algunas fallas que suelen presentarse en los hornos de microondas.

\*\*\*\*\*



## LECCION 12

### FALLAS Y SOLUCIONES EN HORNOS MICROONDAS

**B**rindamos algunas fallas clásicas que suelen presentarse en hornos de microondas y explicamos los pasos seguidos para su localización y reparación. Es importante destacar que, a diferencia de otros equipos de consumo, las soluciones halladas suelen aplicarse a la mayoría de marcas y modelos, razón por la cual aconsejamos que lean los informes dados para que puedan ser utilizados para la localización de averías de cualquier equipo con síntomas similares.

#### Caso 1

**SINTOMA:** *No calienta un vaso de agua en un minuto*

**DIAGNOSTICO:** Se prevee que el primario del transformador de poder está cortado, o que hay problemas en las llaves de seguridad, en los fusibles, etc.

**COMENTARIOS:** Un horno, como cualquier otro dispositivo moderno con microprocesador, se puede dividir en dos grandes bloques; bloque de control y bloque de operación. El bloque de control es el micro con sus componentes asociados, y el bloque de operación es el magnetrón con sus componentes asociados.

*¿Cómo se subdivide una falla tan general y con qué instrumento?*

Si Ud. es un técnico electromecánico seguramente conoce las bondades del medio de medición más simple que un técnico pueda utilizar: "la lámpara de prueba". Si Ud. es un técnico en electrónica, seguramente no contará con este probador entre su equipamiento. Lo importante es que lo primero que se debe medir es la tensión del primario del transformador de poder, es decir 220V o 110V de acuerdo a su país. Y no es conveniente utilizar el téster para hacer esta medición, porque su alta impedancia puede provocar mediciones incorrectas cuando un transformador de poder tiene el primario cortado. Conecte la lámpara de prueba sobre el primario del transformador de poder y opere el horno como para calentamiento rápido de 1 minuto. Si el display marca el minuto y comienza a contar se puede asegurar que el micro funciona. Al mismo tiempo, se debe escuchar el cierre del relé que alimenta el primario del transformador, aunque muchas veces el encendido del ventilador genera tanto ruido que no se llega a escuchar. En el mismo momento en que comienza el conteo, la lámpara de prueba se debe encender. Si no enciende, se puede asegurar que el problema está en el bloque de operación.

*¿Qué hay en el camino entre la red de energía y el transformador?*

Por lo general, hay dos o tres llaves automáticas de seguridad que detectan si la puerta está abierta. Estas llaves están montadas en el borde lateral de la puerta al lado del panel de control. También está el relé principal que corta la alimentación del primario cuando el tiempo se agota.

Desconecte el horno de la red y revise las llaves con el óhmetro mientras abre y cierra la puerta. Por lo general se trata de dos pulsadores y de un inversor. Luego revise el bobinado primario del transformador y los fusibles si existieran.

Si no encuentra nada deberá consultar el circuito y poner el téster como óhmetro sobre el cable de entrada, cerrar la puerta, cortocircuitar los contactos del relé y con éstos en corto ir cortocircuitando el circuito del primario, punto por punto para ver donde está abierto.

Si al cortocircuitar los contactos del relé, el circuito se cierra el problema puede estar en el relé o en el circuito que excita su bobina. Observe de qué valor de tensión es su bobina y conecte una fuente de ese voltaje sobre ella escuchando a ver si se produce el cierre; en ese momento, controle el contacto cerrado con el óhmetro.

#### **Caso 2:**

**SINTOMA:** *Cuando se selecciona la opción de calentamiento rápido, funciona bien, pero en tiempos mayores de un minuto se apaga el horno antes de tiempo, inclusive el display.*

**DIAGNÓSTICO:** El motor de la turbina del magnetrón puede estar dañado o hay fallas en el relé de la turbina o en los circuitos asociados.

**COMENTARIOS:** En el mismo momento en que se aplica tensión al primario del transformador de poder, se cierra el relé de una turbina que refrigera al magnetrón. Si Ud. no escucha la turbina o no la ve girar, es conveniente que detenga el funcionamiento del horno, desconectándolo de la red o soltando los pulsadores de seguridad de la mesa de prueba.

El magnetrón puede fundirse si no opera el mecanismo de seguridad contra exceso de temperatura que esta montado sobre su disipador de calor. El sensor de temperatura es a su vez, el actuador que corta la alimentación del primario del transformador. Se trata de un pequeño cilindro de plástico atornillado al disipador que contiene un par bimetálico que se abre al aumentar la temperatura a valores peligrosos.

Si la turbina no funciona, verifique de que tipo de turbina se trata. Las hay de 220V. de alterna y de baja tensión de continua.

Si es un modelo de continua aplíquela la tensión de trabajo con una fuente externa. Si no gira, o lo hace lentamente, sumérjala en un recipiente con alcohol sin cortarle la alimentación, ayúdela a girar con la mano hasta que comience a girar y se limpien sus contactos. Séquela y vuelva a conectarla. Si es de alterna no tiene contactos que puedan fallar y no se deben sumergir en alcohol con la tensión conectada. Limpie los bujes con alcohol si ve que la hélice no gira libremente.

Si tiene rulemanes los puede lubricar con aceite si tiene bujes de bronce sinterizado no necesita lubricación.

Si al cortocircuitar los contactos del relé y conectar el horno a la red la turbina comienza a girar, el problema puede estar en el relé o en el circuito que excita su bobina.

Desconecte el horno de la red, observe de qué tensión es su bobina y conecte una fuente de ese valor sobre ella escuchando a ver si se produce el cierre, en ese momento controle el contacto cerrado con el óhmetro.

Si la turbina gira correctamente, pero el horno se corta, puede ser que el sensor de sobretemperatura del magnetrón funcione incorrectamente. Reemplácelo por otro del mismo tipo.

#### **Caso 3:**

**Síntoma:** *Calienta poco*

**DIAGNÓSTICO:** Generalmente el problema está en el magnetrón y se lo debe reemplazar.

**COMENTARIOS:** En estos casos, el problema es: *¿Cómo determinar si el horno está realmente calentando poco?* Analizando el problema, parece que se necesita imprescindiblemente un medidor de intensidad de campo en la gama de las microondas. Ese medidor existe pero es de una sofisticación tal que un reparador nunca lo podría pagar.

*Y entonces, ¿cómo determino la potencia de un horno?*

Muy simple: un horno sirve para calentar alimentos. Utilicemos una comida patrón a ser calentada y probemos los hornos por comparación, observando cómo se calienta esa comida en un determinado tiempo. Un sencillo cálculo nos permite decir cuál es la potencia aplicada en Watt.

Esta medición, que puede ser comparativa o abso-

luta, es tan importante que se transformó en una medición universalmente aceptada. El objeto a calentar más común de todos, el agua corriente y dado el tamaño promedio de los hornos se acepta que un volumen lógico para realizar la prueba sea un recipiente térmico de 1 litro. El medidor de temperatura es también el más común de todos, un termómetro de vidrio de 0 a 100 °C que puede ser de mercurio (preciso pero caro) o de alcohol (aceptablemente preciso y barato). También se puede usar el termómetro de termocupla que acompaña a los buenos téster digitales.

Tome una botella de 1 litro y llénela de agua corriente. Tome varios vasitos de telgopor o plástico y distribúyalos por el interior del horno y llénelos con el litro de agua completo. Mida la temperatura del agua de un vasito que llamaremos T1. Cierre el horno (el termómetro no se coloca adentro) y encienda el horno en calentamiento rápido por dos minutos. En esa condición, el horno trabaja a máxima potencia automáticamente.

Cuando el temporizador complete su trabajo, abra el horno y mida la temperatura de todos los vasitos con el termómetro y anote el valor en un papel.

Observe que la diferencia entre vasito y vasito no sea muy grande (lo cual indicaría que el horno no distribuye bien las microondas).

Saque el valor promedio de temperatura de todos los vasos que llamaremos T2.

Calcule la temperatura promedio (average en Inglés) con la formula  $T2-T1$  dividido por 2, que será cer-

cana a los 8 a 10°C, si el horno funciona bien. Si quiere calcular la potencia del horno, multiplique ese valor por 70 y listo. Si la temperatura promedio es de 10°C, la potencia del horno es 700W.

A esto yo lo llamo una prueba BBB: buena, bonita y barata.

Y si cuando el usuario venga a retirar su horno, Ud. le puede decir que le midió la potencia efectiva y fué de 700W, con lo cual lo impresiona positivamente.

*¿Qué debemos tener en cuenta?*

Recuerde que la potencia depende de la tensión de red porque el horno no tiene fuente regulada. Por lo tanto, mida la tensión de red antes de hacer la prueba, o mejor aún mientras la está realizando, sobre el mismo toma donde conectó el horno o sobre el toma de la mesa de seguridad que le indicamos construir (una instalación eléctrica con conductores finos puede no ser adecuada para un consumo tan grande).

*Si la red cae un 10%, ¿en cuánto se afecta la medición de potencia?*

No se afecta linealmente. Como la potencia es la tensión al cuadrado dividida la resistencia, la medición se afecta cuadráticamente, es decir que la potencia decae un 20%.

Yo aconsejo hacer el cálculo de la potencia para hacer un trabajo bien profesional. Pero acepto que hay reparadores que no le gusta hacer cálculos matemáticos. Digamos que son vagos especializados en

## **Mediciones Básicas en un Horno de Microondas**

**El Diodo:** Este componente se mide con un multímetro analógico. Si no tiene fugas estará bien (no debe conducir ni en una polarización ni en la otra, pues estos diodos en realidad son dos semiconductores puestos en serie y en oposición). Por lo general, cuando este diodo se quema se pone en cortocircuito.

**El Condensador de Alta Tensión:** Es un capacitor común, por lo que se mide por los métodos tradicionales; con un multímetro no debe tener continuidad en cualquier polarización y si tengo un aparato que tenga Rx10K, en esa posición la aguja debe deflexionar indicando carga.

Cuando se deteriora, suele abrirse y una de las caras del capacitor se pone a masa, lo cual se puede detectar con el téster, ya que medirá con-

tinuidad o baja resistencia entre una placa y la carcasa.

**El Transformador de Alta Tensión:** Es un transformador normal de 110V ó 220 V pero con la característica que su salida es de 5kV aproximadamente. Se lo mide por los métodos tradicionales.

**El Magnetron:** Para probarlo tiene que hacer dos tipos de medida con el componente desconectado del circuito. La primera medida es la de filamentos. El magnetron sólo tiene dos conexiones, y ambas llevan por una parte la tensión de filamentos y por otra parte la alta tensión. Los filamentos deben dar una medida inferior a  $2\Omega$ . La otra medida que hay que hacer consiste en verificar si tiene cortocircuito el magnetron. Para ello mida entre los filamentos y el chasis del magnetron, si hay baja resistencia se debe sustituir el componente.

cosas matemáticas o matevagos. Si Ud. es un matevago puede hacer vasitos de potencia. Esto significa lo siguiente:

*“Si un litro de agua (1000 cm cúbicos) se calienta 9 grados cuando el horno tiene 900W, 900 cm cúbicos se calentarán 10 °C en el mismo tiempo, es decir si pongo un vaso con 900 cm cúbicos de agua que estaba a 20 °C se calentará hasta 30 °C” ,*

Entonces se pueden tener vasos con una escala en

Vatios y con el termómetro sólo tengo que observar que la temperatura cambie exactamente 10°C. Si cambia más, pongo un poco más de agua y vuelvo a medir. Si cambia menos saco un poco de agua del vaso.

Como sólo se puede hacer una prueba cada dos minutos, para hacer 5 tanteos se tardará 10 minutos. Y todo por no hacer una cuenta. Gracias por su atención y lo felicitamos por su nueva profesión. \*\*\*\*\*