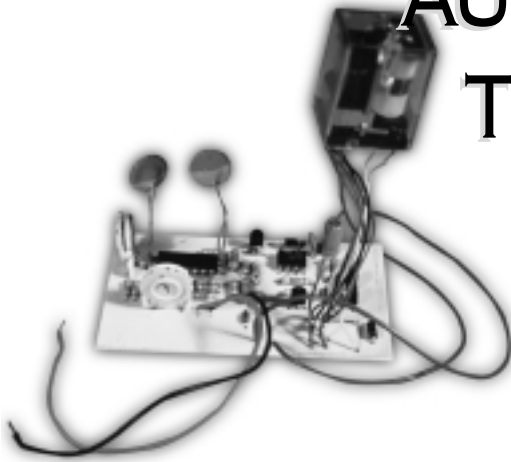


# CONTROL AUTOMATICO DE TEMPERATURA

*Oscar Montoya y Alberto Franco*



***En este artículo presentamos un circuito de control automático de temperatura, el cual, como es obvio, permite controlar la temperatura dentro de un rango más o menos constante para sistemas que así lo requieran. Aprovecharemos la oportunidad para revisar algunos aspectos de la operación de los comparadores (utilizando amplificadores operacionales) y de los termistores, que permiten convertir los cambios de temperatura en cambios de voltaje. En este proyecto utilizamos un circuito multivibrador monoestable para activar un relevador, que es el que finalmente activa o desactiva a los dispositivos externos (ventilador, calefactor etc.)***

## **Introducción**

El circuito se puede utilizar en una gran variedad de aplicaciones; entre ellas podemos mencionar el control de un ventilador común, en donde controla sus tiempos de encendido y apagado dependiendo de la temperatura ambiente. Este mecanismo se puede ajustar, incluso, en todo un sistema de aire acondicionado.

Usted podrá encontrar muchas más aplicaciones de este circuito de las que aquí podemos mencionar; lo importante es entender su operación completa, y es por ello que empezaremos explicando los bloques funcionales de manera independiente, para finalmente observar la operación general de dicho circuito.

## Diagrama a bloques del sistema de control automático de temperatura

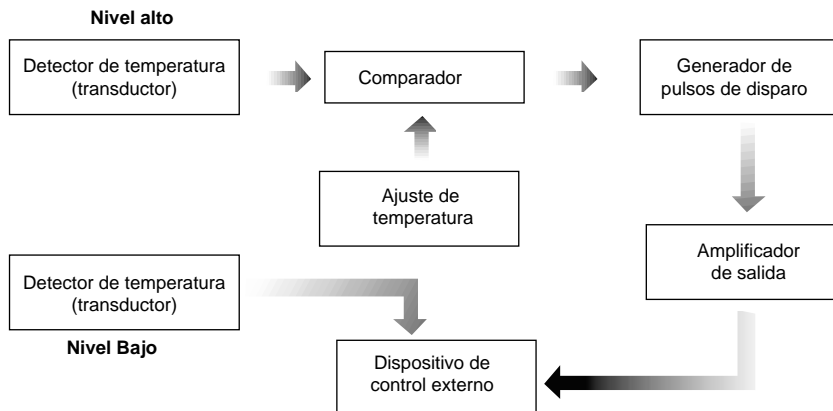


Figura 1

### Análisis de los bloques funcionales

La figura 1 muestra el diagrama a bloques del circuito de un control automático de temperatura; las partes que lo forman son:

- Detector de temperatura (nivel alto y nivel bajo).
- Comparadores.
- Referencia de temperatura (para ajuste de encendido y apagado del circuito).
- Generador de impulso para activar el control de encendido.
- Amplificador de salida (para el correcto manejo del dispositivo de control de salida).
- Dispositivo de control de salida, el cual se encarga de activar o desactivar el elemento o sistema a controlar (el ventilador por ejemplo).

### Termistores

Antes de continuar con la descripción de nuestro circuito, es importante hacer un paréntesis para describir un dispositivo en el cual es la base para hacer automático el control de temperatura: el termistor.

El termistor es un tipo de semiconductor de dos terminales que funciona como un transductor de tipo temperatura-resistencia (el transductor es un dispositivo que convierte fenómenos

físicos, como presión, temperatura, luz etc., en señales eléctricas). Es realmente muy sencillo y fácil de aplicar; y aunque no es tan popular como otros dispositivos semiconductores, es igual de eficiente si se le sabe utilizar.

Este componente tiene una amplia gama de aplicaciones que abarca desde el control y la medición de temperatura, hasta la regulación de circuitos electrónicos, como en el caso que tratamos. Para comprender mejor cómo se logra el control por medio de este dispositivo, haremos las siguientes consideraciones:

- 1) La corriente que circula por cualquier conductor está afectada, de uno u otro modo, por la temperatura.
- 2) Así, en un voltaje determinado, la corriente que circula por algún conductor a una temperatura de por ejemplo 100 grados centígrados, será apenas tres cuartas partes de la corriente que fluiría por el mismo conductor a 25 grados centígrados.
- 3) Con esto podemos afirmar que un aumento de 75 grados centígrados, origina un incremento de 1:3 veces la resistencia del conductor.
- 4) Debido a esto, todo material conductor tiene una constante llamada "coeficiente de temperatura de resistencia", que indica qué tanto cambia la resistencia del material con la variación de la temperatura.

Una de las formas en que se puede utilizar un termistor es como divisor de voltaje, ya que la variación de voltaje es inmediata con la variación de la resistencia del termistor; y es precisamente este principio el que se utiliza en este proyecto.

Como ya comentamos, este dispositivo es relativamente sencillo. La resistencia varía en un valor conocido (dato proporcionado por el fabricante). La mayoría de los termistores tienen un “coeficiente negativo de temperatura” (NTC: *negative temperature coefficient*), pero también hay los que tienen “coeficiente positivo de temperatura” (PTC).

Aun cuando el termistor se considera como una resistencia, lo que lo distingue de estos dispositivos es el material del cual está hecho.

Las resistencias normalmente contienen carbón, mientras que los termistores están hechos a partir de elementos como el cobalto, níquel, etc.

Para utilizar este tipo de componentes y poder incorporarlos en nuestro circuito, debemos conocer las características del termistor que marca el fabricante. Esto no siempre es posible, debido a que en los sitios donde se venden estos componentes, o no tienen estas hojas, o los vendedores no se toman la molestia de buscar entre sus catálogos la información; así que es mejor tomar un camino alternativo.

En la figura 2 se muestra el símbolo del termistor en sus dos posibilidades, las de caldeo indirecto y de caldeo directo; estos últimos son los que encontramos normalmente en el mercado.

### Características del termistor

- Resistencia en frío. Indica la resistencia medida a una temperatura ambiente normal (25 grados centígrados por ejemplo). Pero si se va a trabajar a una temperatura distinta, entonces deberá medirse la resistencia que presenta este dispositivo a esa temperatura.
- Resistencia en caliente. Podemos determinar esta resistencia al generar una variación de temperatura mediante algún elemento calefactor. Para un dispositivo NTC, la resistencia en

### Símbolo de un termistor

Se le llama “de caldeo directo”, porque la temperatura que incide sobre el termistor es la del medio ambiente. Se le llama “de caldeo indirecto”, porque el caldeo (aplicación de calor) es producido principalmente por un elemento calefactor eléctrico incorporado dentro del termistor.

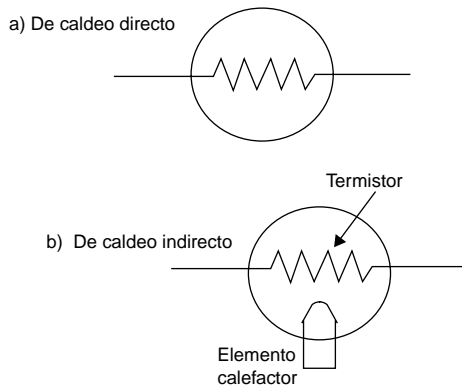


Figura 2

caliente es menor que la resistencia en frío, mientras que para un elemento PTC, la resistencia en caliente es mayor que la resistencia en frío.

- Resistencia en función de la temperatura. Es la característica que presenta normalmente el fabricante, en forma de una gráfica como la mostrada en la figura 3.

Figura 3

Gráfica característica típica de resistencia-temperatura en un termistor NTC.

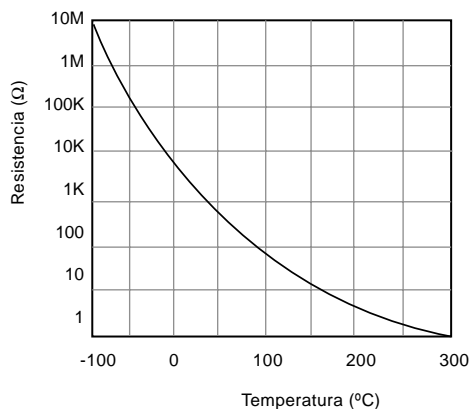


Diagrama esquemático general

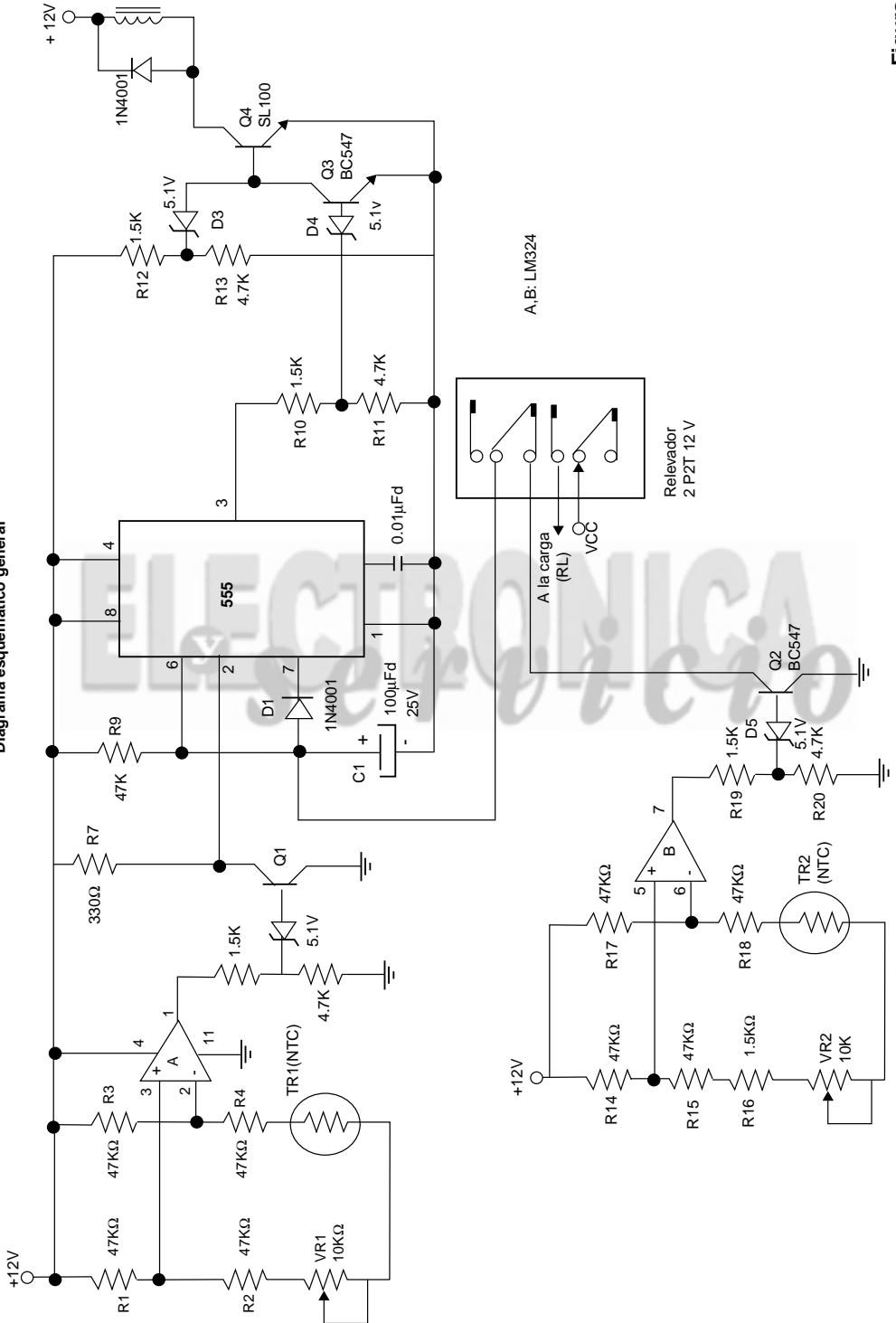


Figura 4

## Operación del circuito

Con las ideas básicas sobre la operación de los elementos ya descritos podemos analizar de manera completa el circuito.

En la figura 4 se muestra el circuito propuesto para el control automático de temperatura, donde podemos identificar con facilidad los diferentes bloques que se proponen en el diagrama que se presentó antes. Este circuito requiere de una alimentación de 12 volts regulados (esto se puede lograr mediante un regulador 7812).

La primera etapa del circuito, constituida por los divisores de voltaje formados por las resistencias de R1 a R4; por el potenciómetro VR1 y el termistor, componen el detector de temperatura. En la figura 5A se muestra esta etapa aislada junto con el comparador para una mejor comprensión.

Como podemos apreciar, las resistencias R1 a R4 son del mismo valor, dejando la posible variación en el valor de salida (hacia los comparadores) al potenciómetro y al termistor.

El potenciómetro VR1 sirve, como se podrá dar cuenta, para ajustar el valor de referencia para que el termistor funcione con temperatura en frío. Este valor del potenciómetro es susceptible de cambio, ya que el termistor puede tener un

valor en frío tal, que el potenciómetro no alcance a compensar este valor de resistencia.

Con algunos cálculos sencillos podemos determinar, por ejemplo, si aumenta la resistencia del potenciómetro, el voltaje de referencia aumenta; por el contrario, si la resistencia disminuye, también lo hace el voltaje de referencia (figura 5B).

El termistor tiene un coeficiente negativo de resistencia, lo cual indica que a mayor temperatura, menor resistencia. Con esto podemos concluir que si aumenta la temperatura, disminuye la resistencia y el voltaje de referencia y si, por el contrario, disminuye la temperatura, la resistencia aumentará provocando también un incremento en el voltaje de referencia (terminal negativa del comparador).

Inicialmente este circuito se encuentra a temperatura normal (ambiente de operación normal, por ejemplo, 20 grados centígrados); la salida de los comparadores es cero, esto es, tiene un nivel de salida BAJO. Al momento en que se incrementa la temperatura, los valores en la entrada de los comparadores varían, sobre todo en las entradas de referencia negativas que son las que están conectadas a los termistores. Esta variación de temperatura provoca una conmutación en la salida del comparador (el intervalo

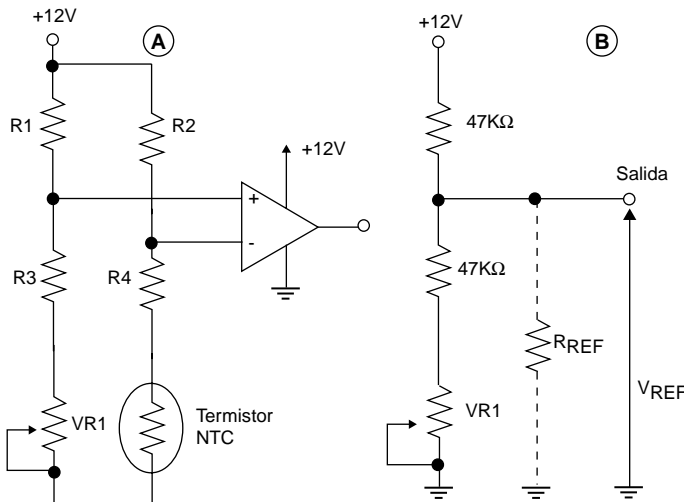


Figura 5

$$\begin{aligned} \text{Si } V_{R1} &= 10\text{K}\Omega \\ i &= \frac{12\text{V}}{47\text{K} + 47\text{K} + 10\text{K}} = \frac{12\text{V}}{104\text{K}\Omega} \\ V_{REF} &= iR_{REF} = \left(\frac{12\text{V}}{104\text{K}\Omega}\right) (57\text{K}\Omega) \\ V_{REF} &\approx 6.58\text{V} \\ \text{Si } V_{R1} &= \emptyset\Omega \\ V_{REF} &= 6\text{V} \\ R_{REF} &= \text{Resistencia equivalente de referencia} \\ R_{REF} &= 47\text{K}\Omega + VR1 \end{aligned}$$

para que se dé la conmutación se ajusta con el potenciómetro VR1).

La siguiente etapa utiliza la salida del comparador para trasladar esta conmutación hacia el monoestable (figura 6).

#### Etapa de disparo del monoestable

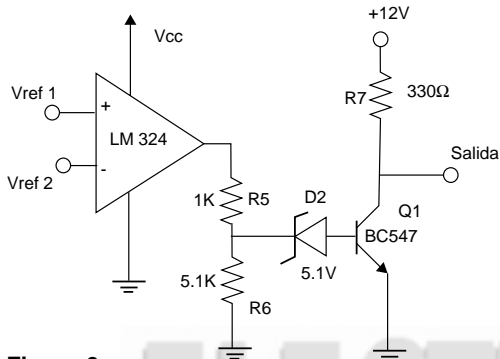


Figura 6

Cuando la salida del comparador es BAJA, el diodo zener no se polariza, por lo que el transistor Q1 está apagado manteniendo la salida de la etapa en estado ALTO (1 lógico).

Por el contrario, si la salida del comparador es ALTA, el diodo zener se polariza, con lo que provoca que el transistor llegue a su estado de saturación y por lo tanto de conducción.

Esta configuración del transistor es un inversor; debido a esto, la salida es virtualmente conectada a tierra, así que ésta tiene un estado BAJO (0 lógico).

El diodo zener se utiliza para garantizar que el transistor se mantenga en los estados de saturación y corte, es decir, para estar en función de encendido y apagado.

Esta salida, como ya analizamos, es la salida inversa del comparador; es la que activa al circuito monoestable hecho con un temporizador 555 (figura 7). La forma en que está conectado este circuito hace que no sólo dependa de la constante de tiempo normal en este tipo de circuitos ( $T = 1.1 \times R9 \times C1$ ), sino que también dependa del estado en que se encuentra el comparador B (terminal 7 de LM324). Inicialmente,

cuando el circuito está encendido con la temperatura normal, las salidas de los comparadores A y B, así como la salida del monoestable, son BAJAS. Con esto, el transistor T3 está apagado y provoca que T4 esté encendido; por lo tanto, la carga está conectada a la fuente de alimentación.

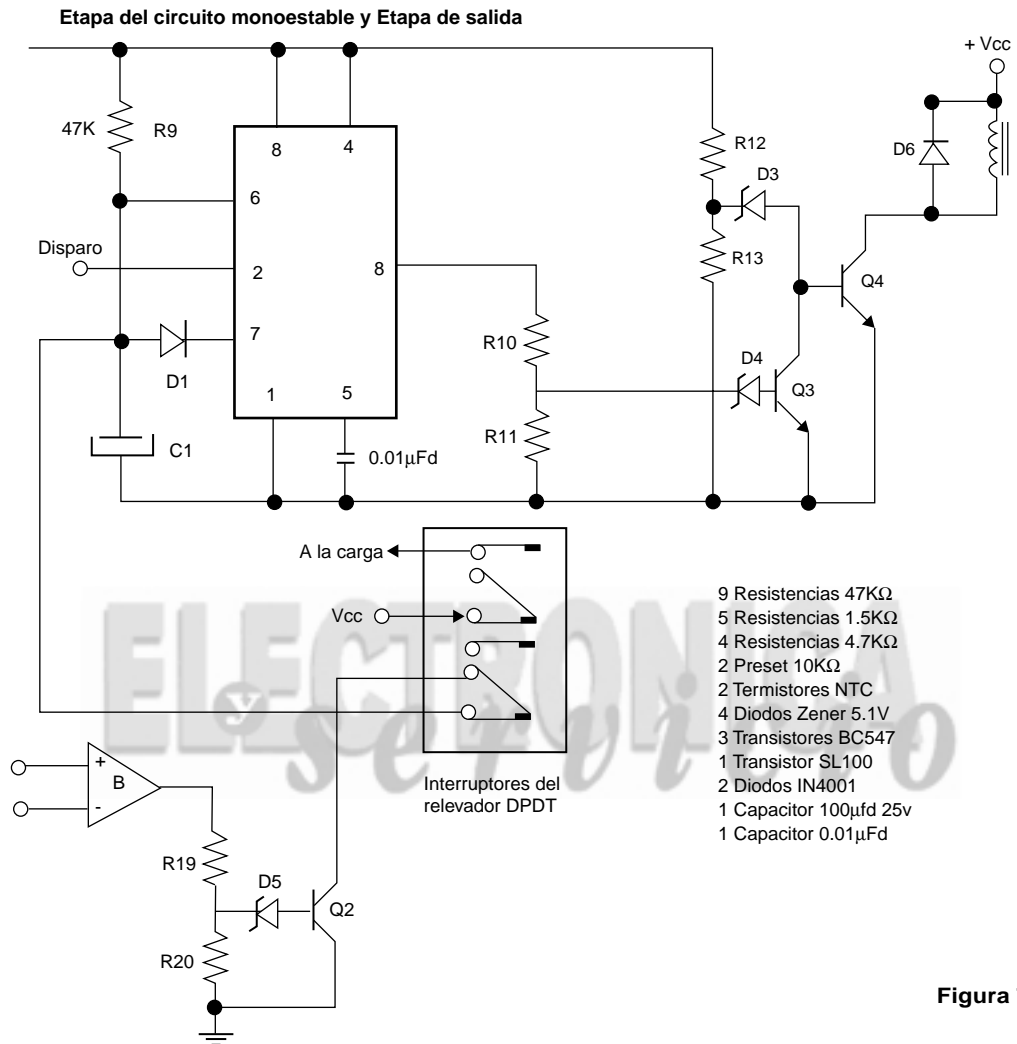
Al incrementarse la temperatura se genera un disparo en el monoestable que proviene desde el comparador vía Q1. La salida del monoestable (terminal 3 del 555), tiene entonces un nivel ALTO, lo que resulta en una conducción del transistor Q3 y provoca que Q4 esté en corte. En este momento los interruptores se abren, por lo que el relevador desconecta la carga de la fuente de alimentación. El circuito monoestable mantiene ese estado y tiene salida sólo cuando la temperatura cae por debajo del nivel bajo de temperatura determinado por el comparador B, el cual debe cambiar a BAJO y nuevamente encender la carga (conectar a la fuente de alimentación).

Es importante insistir que el primer comparador se ajusta (mediante VR1) para la temperatura en la que el dispositivo a controlar (un ventilador, por ejemplo) está conectado. Al incrementar este nivel de temperatura, el dispositivo se desconecta.

La carga se vuelve a conectar hasta que la temperatura cae a un nivel de temperatura de reinicio determinada (ajustada) por el comparador B.

En la figura 8 se presenta el diseño de la tablilla de circuito impreso, tanto del lado de los componentes como del lado de la soldadura. Aquí es importante mencionar que puede variar este diseño en lo que se refiere al relevador, ya que en ocasiones se encuentran relevadores con diferentes asignaciones de terminales; pero creemos que no será difícil resolver esta situación por nuestro lector. Todos los demás elementos se colocan en la posición indicada, y sólo se debe tener cuidado con la polaridad de diodos y capacitores, así como con la disposición de los transistores. Los termistores no tienen polaridad, ya que se comportan como una resistencia.

Finalmente, debe tener cuidado con la colocación de los *chips*. La forma en que se marcan en la figura es la "posición frontal", es decir la



**Figura 7**

terminal 1 del *chip* se encuentra en la parte inferior izquierda del rectángulo marcado para el respectivo circuito. Físicamente se observa un punto a la altura de la terminal 1, viendo el *chip* desde arriba.

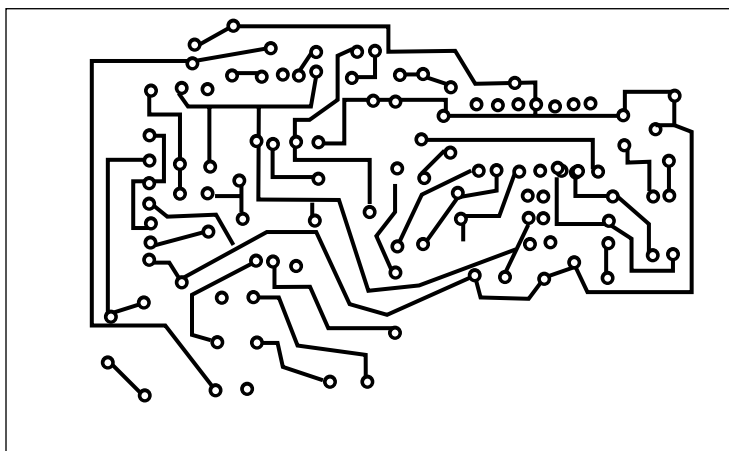
## Aplicaciones

El circuito que acaba de analizarse podemos conectarlo, por ejemplo, en algún sistema de calefacción que debe mantener la temperatura am-

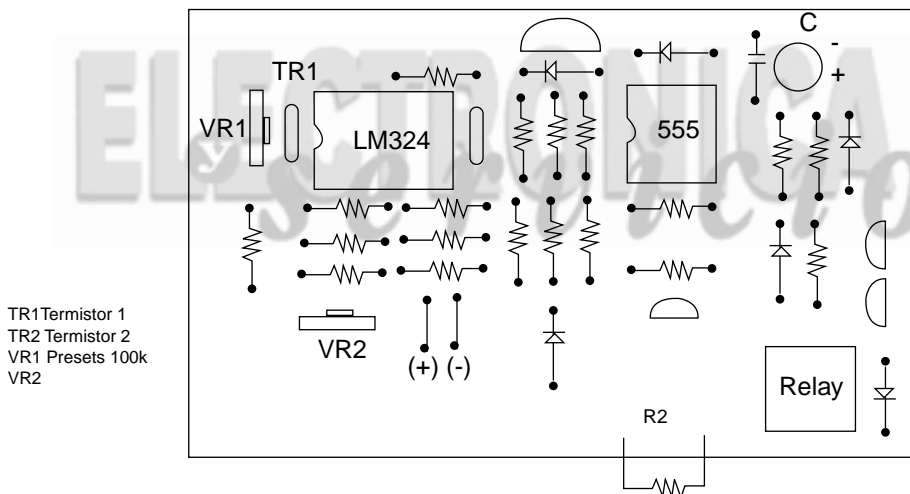
biente dentro de un intervalo bien definido de temperatura.

Además, si se requiere, en lugar de controlar algún dispositivo calefactor, se puede conectar algún tipo de alarma, incluso con el mismo relevador. Así construimos una alarma contra incendios.

En realidad, es cuestión de adaptar este circuito a las necesidades específicas, ya que es muy estable gracias a los componentes y configuraciones utilizadas.



Impreso (lado componentes)



También, para despertar su curiosidad, hemos de decirle que mediante termistores se pueden construir tanto termómetros como medidores de flujo de algún líquido (incluso gases). ¿Y por qué no un trabajo un poco más detallado pero no menos eficiente?: se pueden usar como compensadores para la polarización de transistores, sobre todo de potencia, los cuales modifican sus características con la variación de temperatura, de ahí la importancia de compensar en la polarización.

En realidad, estos circuitos los encontramos con mucha frecuencia, pero la mayoría de las veces pasan desapercibidos. Basados en este diseño podemos hallar un número ilimitado de aplicaciones con ciertas variaciones que no cambiarán su configuración principal. El análisis basado en bloques funcionales o etapas permite tanto la comprensión más clara, como la posibilidad de sustituir alguna de estas etapas de acuerdo con a las necesidades específicas de alguna otra aplicación.