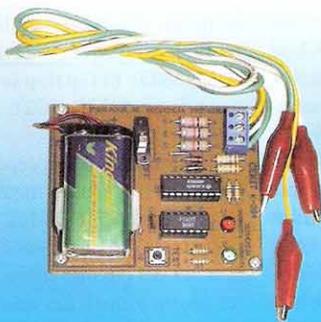


Proyecto 5

Indicador de secuencia trifásica



Cuando se conectan motores a una fuente trifásica, normalmente es esencial que la conexión de las fases se realice en la secuencia correcta. De lo contrario, los motores pueden girar en dirección opuesta a la normal, lo cual puede tener consecuencias sorprendentes y catastróficas. Para evitar que esto suceda, es conveniente disponer de algún medio que indique o permita determinar cuando una secuencia de fases dada es correcta o no. Aunque es posible utilizar un osciloscopio para esta operación, una mejor alternativa es recurrir a un **detector de secuencia de fases** como el que se describe en este proyecto.

Especificaciones y características técnicas

- * **Indicación visual del tipo de secuencia mediante dos LEDs: uno verde para secuencia «correcta» (RST, STR o TRS) y uno rojo para secuencia «incorrecta» (RTS, SRT o TSR).**
- * **Se conecta directamente a sistemas trifásicos hasta de 380V a través de caimanes u otro tipo de conectores adecuados. No requiere conexión al neutro.**
- * **Opera mediante una batería de 9V, lo cual lo hace muy seguro, compacto, confiable y fácil de usar.**

El circuito, identificado con la referencia **K-304** de **CEKIT**, se conecta directamente a las líneas de fase de un suministro trifásico y proporciona una indicación visual de la secuencia relativa de las fases en dos LEDs. Específicamente, se ilumina un LED ver-

de para indicar que el orden de las fases aplicadas al instrumento es RST, STR o RST, y un LED rojo para indicar que el orden de las mismas es RTS, SRT o RTS. En el primer caso se habla de una secuencia «**correcta**» y en el segundo de una secuencia «**incorrecta**».

Indicador de secuencia trifásica

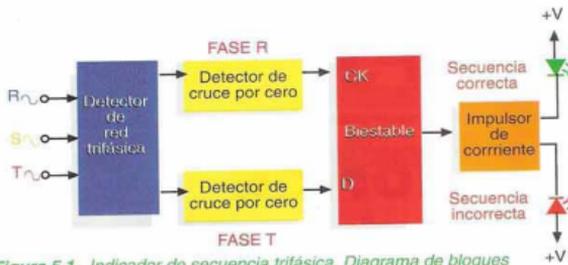


Figura 5.1. Indicador de secuencia trifásica. Diagrama de bloques

Funcionamiento

En las figuras 5.1 y 5.2 se muestran, en su orden, los diagramas de bloques y esquemático del indicador de secuencia trifásica **CEKIT K-304**. El mismo consta básicamente de un detector de fases, dos detectores de cruce por cero, un flip-flop tipo D y dos drivers de LEDs. Tanto los detectores de cruce por cero

como los drivers, están desarrollados alrededor de IC1 (**ULN2803**). El flip flop se obtiene de un **4013B** (IC2).

La detección o recepción de las fases se realiza mediante las resistencias R1-R3, conectadas en un punto común a la tierra del circuito formando un neutro virtual. La señal de reloj para el flip-flop (CLK) se

deriva de la fase aplicada a la entrada R a través de R4, D1, IC1-2 y R7. La información de datos del flip-flop (D), por su parte, se deriva de la fase aplicada a la entrada T a través de R5, D2, IC1-1 y R6. Los demás componentes cumplen funciones auxiliares. Por ejemplo, D4 indica secuencia «correcta», D3 indica secuencia «incorrecta», R8 y R9 limitan la corriente a través de los LEDs, D1 y D2 protegen los transistores IC1-2 e IC1-1, etc.

La idea básica detrás del funcionamiento del circuito se ilustra en la figura 5.3. En este diagrama, (a) corresponde a la secuencia normal de las fases RST en un sistema trifásico, y (b) a la señal de reloj resultante cuan-

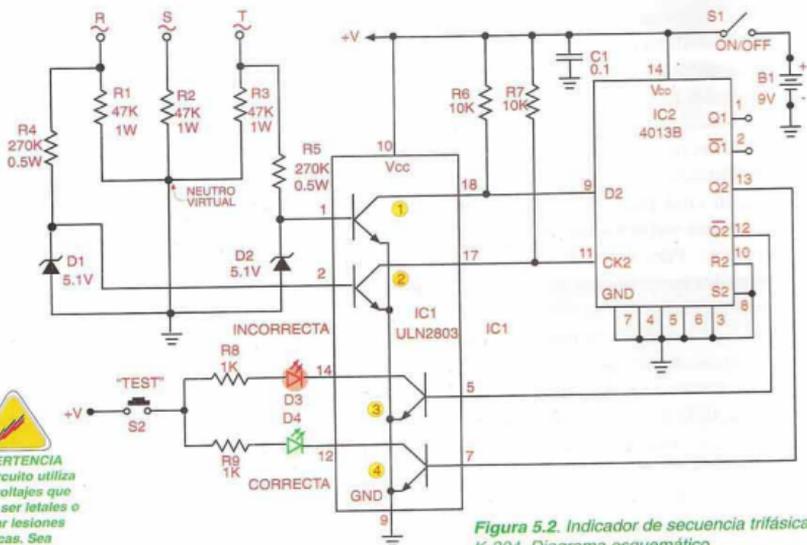


Figura 5.2. Indicador de secuencia trifásica K-304. Diagrama esquemático

ADVERTENCIA
Este circuito utiliza altos voltajes que pueden ser letales o causar lesiones físicas. Sea cuidadoso

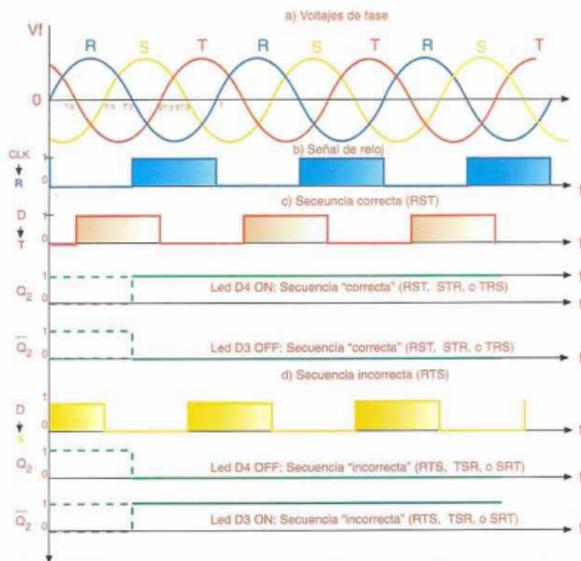


Figura 5.3. Diagrama de tiempos del método de detección de secuencia de fases

do se aplica la fase R a la entrada R. En (c) se indican los estados resultantes de la entrada D, la salida Q y la salida \overline{Q} del flip flop cuando la secuencia es del tipo RST (correcta), es decir se aplica la fase R a la entrada R y la fase T a la entrada T. En (d) se indican los estados resultantes de las mismas cuando la secuencia es del tipo RTS (incorrecta), es decir se permutan las fases S y T, quedando aplicada la fase S a la entrada T.

Como puede verse, en los puntos de cruce por cero de una fase, digamos R, la siguiente (S) es positiva y la tercera (T) es negativa. Esta condición es relativamente fácil de detectar creando un neutro artificial como se ha hecho en el circui-

to. Note que únicamente son necesarias dos de las tres fases para la medición. En nuestro caso, en cada cruce por cero de positivo a negativo de la fase aplicada a la entrada R, el flip flop recibe un pulso de reloj y acepta como dato un $\underline{1}$ ó un $\underline{0}$, dependiendo de la polaridad de la fase aplicada a la entrada T.

Si la secuencia de fases es correcta (RST, STR o TRS), la entrada T es negativa en este punto. Esto significa que el transistor IC1-1 se bloquea y por tanto se aplica un $\underline{1}$ lógico a la entrada D del flip-flop. Por tanto, mientras se mantenga esta secuencia, la salida Q del mismo es un $\underline{1}$ lógico y el transistor IC1-4 conduce. Como resulta-

do, se ilumina el LED D4 (verde), indicando que la secuencia es correcta.

Si la secuencia de fases no es correcta (RTS, SRT o TSR), IC1-1 conducirá en cada cruce por cero de positivo a negativo de la fase aplicada a la entrada T, en este caso S. Puesto que la señal de reloj sigue siendo derivada de la fase R, la entrada D se encontrará siempre en **bajo** cuando aparece la señal de reloj.

Por tanto, mientras se mantenga esta condición, la salida \overline{Q} del flip-flop es un $\underline{1}$ lógico y el transistor IC1-3 conduce. Como resultado, D3 (rojo) se ilumina, indicando que la secuencia es incorrecta. En ambos casos, el otro LED (D3 o D4) permanece desenergizado. Se asume que tanto S1 como S2 están cerrados.

Construcción y prueba

En la figura 5.4 se muestra la guía de localización de componentes del indicador de secuencia trifásica CEKIT K-304 sobre la tarjeta de circuito impreso del mismo. La lista completa de materiales necesarios se relaciona en un recuadro. La instalación de las partes se realiza en la forma usual, teniendo particular precaución con la orientación de los diodos, los LEDs y los circuitos integrados, y la conexión de la batería. En las figuras 5.5 y 5.6 se indica la forma de utilizar el equipo. Tengan en cuenta que aquí se manejan altos voltajes. Por lo tanto, sea muy cuidadoso.

Indicador de secuencia trifásica

Lista de materiales

Indicador de secuencia trifásica K-304

Referencia	Descripción
Circuitos integrados	
IC1	Arreglo de transistores ULN2803 (1)
IC2	Flip-Flop tipo D doble CD4013B (1)
Resistencias fijas al 5%	
R1 - R3	47K, 1W (3)
R4, R5	270K, 1/2W (2)
R6, R7	10K, 1/4W (2)
R8, R9	1K, 1/4W (2)
Condensadores fijos	
C1	0.1 μ F/50V, cerámico (1)
Semiconductores	
D1, D2	Diodos Zener, 5.1V/1W (2)
D3, D4	Diodos LED, 5mm, rojo y verde (2)
Accesorios	
S1	Interruptor de corredera, pequeño (1)
S2	Pulsador de 4 pines para PCB, pequeño (1)
PCB1	Circuito impreso CEKIT K-304 (1)
IC1	Base para circuito integrado de 18 pines (1)
IC2	Base para circuito integrado de 14 pines (1)
Conector de tornillo de tres pines (1)	
Conector para batería de 9V (1)	
Socket para batería de 9V (1)	
Caimanes grandes, rojos (3)	
Lámina de acrílico de 85mm x 70mm x 2.5mm (1)	
Cable No 20, amarillo (30cm)	
Cable No 20, verde (30cm)	
Cable No 20, blanco (30cm)	
Tornillos de 1/8" x 1/4", con sus tuercas (2)	
Tornillos de 1/8" x 1/2", con sus tuercas (4)	

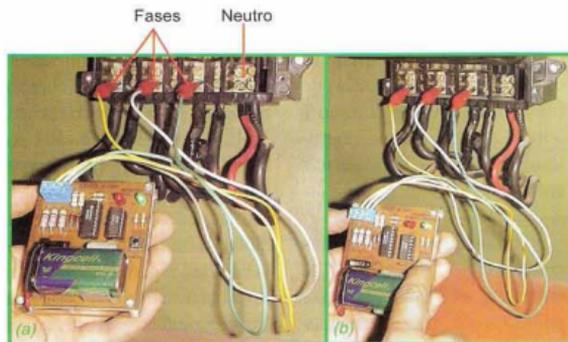


Figura 5.6. El indicador de secuencia trifásica **CEKIT K-304** es muy fácil de usar. Simplemente sitúe S1 en ON, conecte las puntas de prueba, terminadas en caimanes u otro tipo de conector apropiado, a las fases del suministro trifásico (a), pulse el botón de prueba (test) y automáticamente se iluminará el led verde o rojo para indicar que las fases siguen un orden correcto o incorrecto. (b). No se necesita tener acceso al neutro de la instalación puesto que el circuito crea internamente un neutro artificial de referencia.

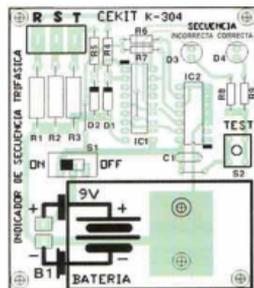


Figura 5.4. Indicador de secuencia trifásica. Guía de localización de componentes. Todo el sistema, incluyendo la batería, los interruptores general y de prueba, y el conector de acceso, están montados en una misma tarjeta de circuito impreso, lo cual lo hace muy compacto y funcional.



Figura 5.5. Antes de comenzar a ensamblar, asegúrese de tener todos los materiales necesarios. La alimentación de la etapa de control la provee una batería de 9V.

Importante

Este circuito maneja altos voltajes que pueden ser potencialmente letales. Para mayor seguridad, se recomienda montar el mismo en una caja aislante (plástica). Por ningún motivo sustituya la batería por una fuente de alimentación derivada del suministro de AC. Podría causar un cortocircuito.