

Detector Trifásico de Secuencia de Fase Basado en Microcontroladores PIC

Última Fecha de Actualización: 20 Oct. 2020, Ing. Carlos A. Narváez V. cnarvaez1957@gmail.com

Introducción

El propósito central de este trabajo es el desarrollo de un firmware para microcontroladores PIC que detecte la secuencia de fase de una instalación trifásica. Sin embargo una de las dificultades es contar con una instalación trifásica para realizar las pruebas de forma segura.

Generador de Señal Trifásica

Aunque Proteus puede generar tres señales senoidales desfasadas 0°, 120° y 240° que constituye una señal típica trifásica, el circuito que mostramos en la fig. 1, investigado por el Sr. Abu-Hafss, tiene un alto valor académico por lo que se montó en Proteus para su análisis.

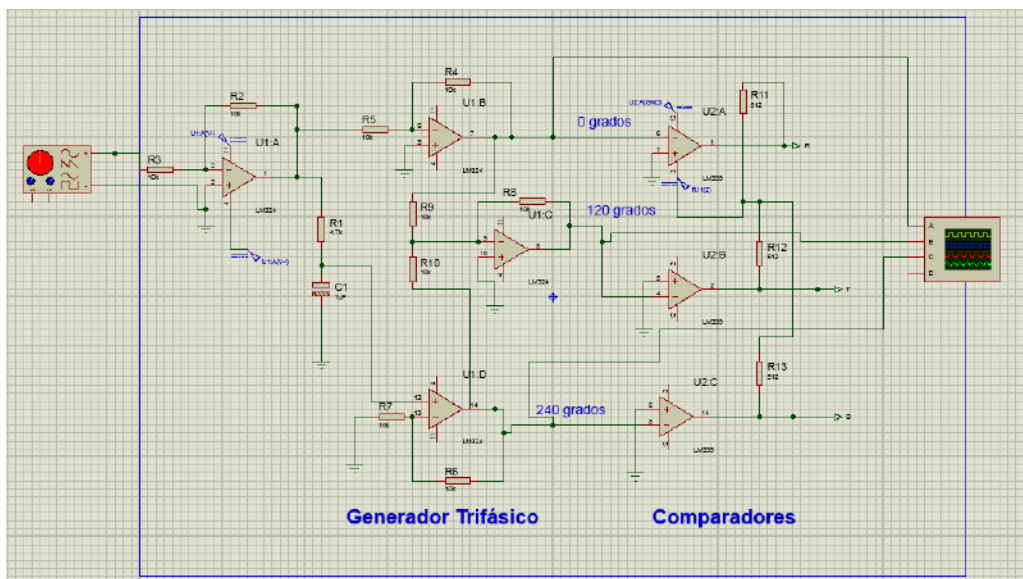


Fig. 1 Generador Trifásico y Comparadores

El circuito presentado en la fig. 1, utiliza un circuito integrado LM324. U1A constituye un amplificador inversor de ganancia unitaria en función de buffer cuya salida está desfasada 180° con respecto a la señal del generador. R1 y C1 constituye un filtro pasa bajos que proporciona un desfase de 60°, sus componentes se pueden calcular utilizando la siguiente fórmula que corresponde a la fase de un filtro pasa bajos:

$$\phi = \tan^{-1} \frac{R}{Xc} = \tan 60^\circ = 2\pi fCR = \sqrt{3}$$

$$R = \frac{\sqrt{3}}{2\pi f C} 10^6$$

Donde, R está en $K\Omega$ y C en μF .

En el caso de 60Hz, el cálculo nos arroja los valores siguientes:

C1=1 μF y R1=4.7 Ω

La señal de salida del filtro pasa bajos se hace pasar por U1D que es un amplificador no inversor por lo que su salida está desfasada en 240° . La señal de salida de U1A, se alimenta al U1B que es un amplificador inversor por lo que en su salida tenemos una señal desfasada 0° con respecto a la señal del generador. Finalmente U1C suma las señales de 0° y 240° y luego la invierte, por lo que en su salida tenemos una señal desfasada 120° . Para ver mejor todo lo anterior es recomendable realizar los diagramas vectoriales correspondientes.

La fig. 2 muestra las señales obtenidas utilizando el circuito antes mencionados. La segunda parte del circuito de la fig. 1, genera una señal cuadrada por cada cruce por cero de cada señal utilizando el comparador LM339.

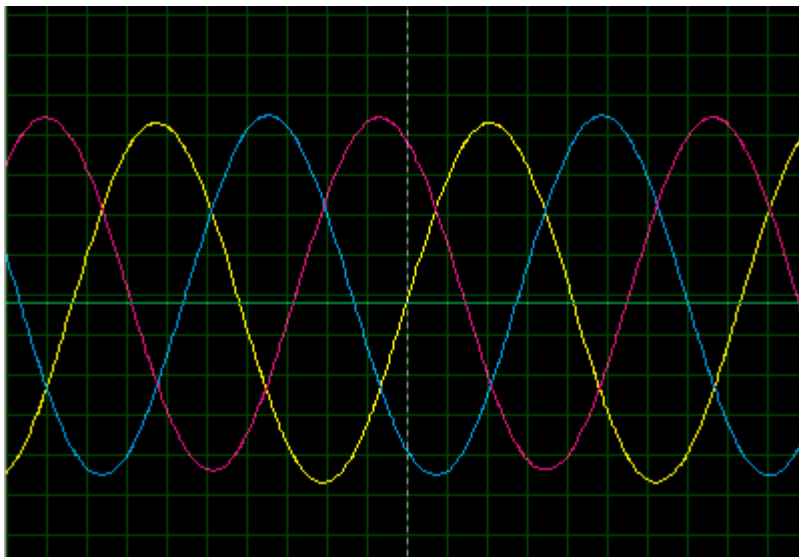


Fig. 2 Señal Trifásica Generada

Detector de Secuencia Trifásico

En la fig. 3, se muestra el circuito detector de secuencia de fase basado en un PIC16F88. Sólo se requieren dos señales de entrada que hemos denominado R y S. Un LED rojo indica una secuencia incorrecta y un LED verde la secuencia correcta.

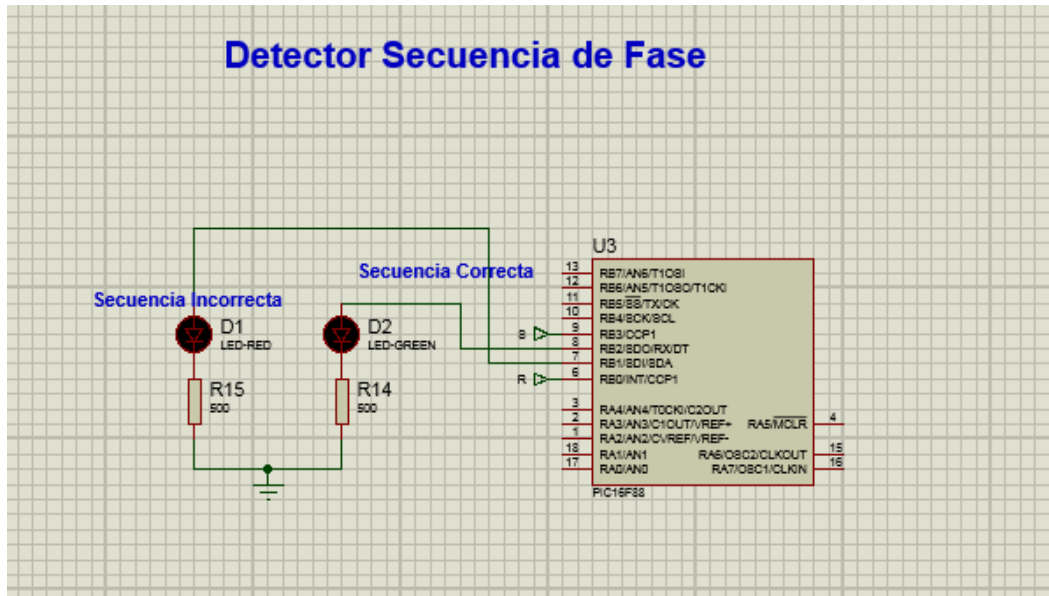


Fig. 3 Detector de Secuencia basado en PIC

Para la simulación basta con cambiar los nombres de las salidas de la fig. 1, R, S, T para verificar si la secuencia es la correcta o incorrecta.

Firmware Detector de Secuencia de Fase

El firmware se desarrolló utilizando CCS c para un Microcontrolador PIC16F88, corriendo a 4Mhz. El firmware trabaja totalmente usando interrupciones por lo que el microcontrolador puede aprovecharse para otras funciones. Una primera interrupción capta la señal R en su cruce por cero y en flanco de subida poniendo a cero el timer1, la segunda capta la señal que sigue en su flanco de subida y de acuerdo al valor del timer1 se determina si la secuencia es correcta o incorrecta. Se estableció un tiempo máximo de 6 ms para que la secuencia sea correcta y un tiempo máximo de 12 ms para que la secuencia sea incorrecta.

```

/*****
*      3_Phase Sequence Detector Version: 1.0
*      PIC16F88
*      Octubre, 2020
*****/
#include <16f88.h>
#define delay(clock=4000000)
#define fast_io(A)
#define fast_io(B)
//////// Fuses: LP,XT,HS,EC_IO,NOWDT,WDT,NOPUT,PUT,MCLR,NOMCLR,BROWNOUT
//////// Fuses: NOBROWNOUT,LVP,NOLVP,CPD,NOCPPD,WRT,NOWRT,DEBUG,NODEBUG,CCPB0
//////// Fuses: CCPB3,PROTECT,NOPROTECT,INTRC,INTRC_IO,RC,RC_IO,FCMEN
//////// Fuses: NOFCMEN,IESO,NOIESO
#define fuses XT,PUT,BROWNOUT,NOPROTECT,NOLVP,CCPB3

#define zero_ram
#define byte PORTA = 0x05
#define byte PORTB = 0x06

#define bit LED1 = PORTB.1 //Rojo Secuencia Incorrecta
#define bit LED2 = PORTB.2 //Verde Secuencia correcta

```

```

#byte ANSEL = 0x9b
#byte TMR1L = 0xE /* definitions for Timer1 module */
#byte TMR1H = 0xF

#define ALL_OUT 0
#define ALL_IN 0xff

/*****
* Variables Globales
*****/
int16 t;
/*****
* Interrupcion EXT
* Usada para detectar flanco de subida de señal R
*****/
#INT_EXT
void EX_isr()
{
    set_timer1(0);
}
/*****
* Interrupcion CCP1
* Usada para detectar tiempo que ocurre en flanco de subida de señal S
* De acuerdo tiempo transcurrida se sabe si la secuencia es correcta o incorrecta
*****/
#INT_CCP1
void CCP1_isr()
{
    t=CCP_1;
    if(t>0 && t<6000) { //Secuencia Correcta (t en us)
        LED2=1;
        LED1=0;
    }
    if(t>6000 && t<12000) { // Secuencia Incorrecta (t en us)
        LED2=0;
        LED1=1;
    }
}

/*****
* Programa Principal
*****/
void main()
{
    setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_1); // tick= 1useg a 4Mhz
    setup_ccp1(CCP_CAPTURE_RE);
    set_tris_b(0x9);

    LED1=0;
    LED2=0;

    enable_interrupts(INT_EXT);
    ext_int_edge(0,L_TO_H);
    enable_interrupts(INT_CCP1);
    enable_interrupts(GLOBAL);

    while(1);
}

```

Resultados

Las simulaciones hechas con Proteus demostraron el funcionamiento correcto del algoritmo aquí planteado. Se utilizaron las diferentes combinaciones de fase siendo los resultados positivos en todos los casos.

Conclusiones

En este trabajo se desarrolló un firmware para el microcontrolador PIC16F88 para la detección de secuencia de fase de una señal trifásica. El algoritmo es simple y utiliza interrupciones para tal fin, dejando libre el microcontrolador para otras funciones tales como: detección de falta de fase, protección contra nivel de tensión bajo o alto, etc. El prototipo puede ser ampliado para incluir corrección automática de secuencia de fase incorrecta [1].

Referencias

- 1.- Mub Bilal & Amin Dara. Phase Sequence Online Correction Based on Pic Technique. International Journal of Advances in Applied Sciences. Vol. 6, No. 1, March 2017.
- 2.- Anwarul Islam Sifat, Milon Uddin, Md. Nazmul Islam Sarkar & Muhammad Navid Anjum Aadit, Micro-Controller Based 3-Phase Sequence Indicator. Conference Paper, May 2016.