

Analizador de Potencia de GPWM Discreto y Sintético

Cordero P. Kristel, Méndez N. Marlon, Ramírez R. Abner
Rivera P. Ismael, Ulloa S. Esteban

*Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica, 2019*

Abstract.- A power analyzer in Arduino is presented, which takes the input signals of the discrete and synthetic PWM Generators, and from the implemented modules, show the energy efficiency, RMS value and fast Fourier transformed of both signals.

Keywords: Power, Arduino, PWM, Energy efficiency, RMS, Fourier.

Resumen.- Se presenta un analizador de potencia en un Arduino, que toma las señales de entrada de los Generadores de PWM discreto y sintético, y a partir de los módulos implementados, se obtienen la eficiencia energética, valor RMS y transformada rápida de Fourier de ambas señales.

Palabras Clave: Potencia, Arduino, PWM, Eficiencia energética, RMS, Fourier.

1. Introducción

El flujo de energía de un sistema, sea en corriente alterna o continua, permite el análisis de potencia de las señales eléctricas, donde, a partir de estas es posible obtener diferentes características y funciones dependiendo de la aplicación que se desee.

En el desarrollo de este proyecto se implementa un analizador de potencia utilizando un Arduino, este toma como entrada las señales de un GPWM discreto y un GPWM sintético, conectadas a través de los ADC integrados en esta placa, y con los módulos implementados en su IDE, muestra en pantalla los valores de eficiencia energética, determina el valor RMS y también la transformada rápida de Fourier de ambas.

2. Marco Teórico

2.1. Análisis de Potencia

La potencia eléctrica se puede definir como la cantidad de energía entregada o absorbida por un sistema dentro de un tiempo determinado. Los sistemas eléctricos más avanzados permiten llevar a cabo análisis adicionales complejos, para estos casos, los analizadores de potencia son capaces de procesar los datos obtenidos de la señal para estudios en profundidad del rendimiento y la eficiencia energética, así como la transformada rápida de Fourier.

2.2. Arduino

Arduino es una plataforma de código libre, tanto de software como de hardware, basado en una placa con un micro-

controlador y diversas entradas y salidas, lo que permite el desarrollo de proyectos multidisciplinarios utilizando señales analógicas y digitales. El software de este consiste en un IDE y en un boot de arranque ejecutado dentro del microcontrolador en cuanto este se enciende.



Figura 1: Esquema de un Arduino

2.3. Eficiencia Energética

La eficiencia energética de un sistema se puede definir como la relación entre la energía que se desea obtener y la energía consumida cuando éste se encuentra funcionando. Otra forma de visualizar esta relación es como la reducción de las potencias y energías que demanda el sistema sin que afecte su funcionamiento normal.

2.4. Valor RMS

El valor RMS se utiliza principalmente para analizar formas de onda periódicas, se puede definir en español como la raíz media cuadrática de una tensión. A continuación, se muestra su ecuación matemática.

$$V^2 = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} v^2(t) dt \quad (1)$$

2.5. Transformada Rápida de Fourier

Una señal periódica puede ser representada por una suma de series de Fourier. Luego de un adecuado análisis se puede obtener una representación de la Transformada de Fourier Discreta (TFD) para señales de duración finita, la cual se muestra como una sumatoria que implica N multiplicaciones complejas. La Transformada Rápida de Fourier (FFT) consiste en un algoritmo creado para simplificar los cálculos de la TFD con el fin de lograr mayor rapidez a menor costo, esta consiste en la división del tiempo, convirtiendo la TFD en partes más simples de procesar.

3. Diseño del Analizador de Potencia

El sistema Analizador de Potencia se implementa por medio de una placa Arduino, que permite la conexión del GPWM discreto y el GPWM sintetizado con este microcontrolador. A continuación, se presenta el diseño TOP-DOWN de este sistema.

3.1. Diagrama de Primer Nivel

La figura 2 muestra el diagrama de primer nivel del sistema Analizador de Potencia, el cual toma como entradas las señales obtenidas del GPWM discreto y el sintetizado, la salida de este bloque se muestra en una pantalla LCD.

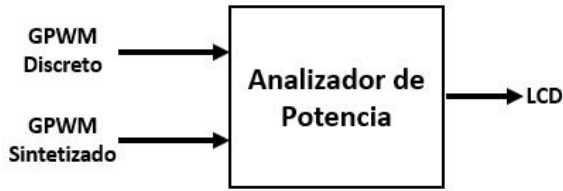


Figura 2: Diagrama Primer Nivel

3.2. Diagrama de Segundo Nivel

En la figura 3 se encuentra el diagrama de segundo nivel del sistema Analizador de Potencia, donde se toman las entradas, por medio de las terminales de ADC del Arduino, para su análisis en cada uno de los bloques programados, de los cuales se obtienen la eficiencia energética, el valor RMS y la Transformada Rápida de Fourier, para luego mostrarlas en pantalla.

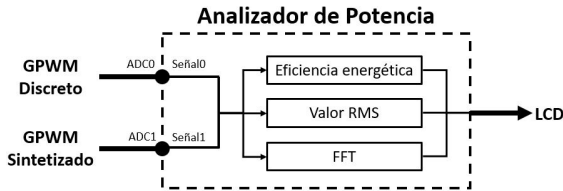


Figura 3: Diagrama Segundo Nivel

4. Análisis de Resultados

Para la implementación de los módulos del Analizador de Potencia se utiliza la IDE de código libre de Arduino, con la cual se programan las funciones de cada uno a partir de las señales de entrada de cada GPWM. Estos toman las tensiones y formas de onda de ambas entradas para su análisis y comparación.

El módulo implementado para obtener la eficiencia energética de las entradas

del sistema toma las tensiones de entrada y compara los porcentajes del ciclo de trabajo de cada GPWM, configurados al mismo valor, con el fin de mostrar cada uno en pantalla.



Figura 4: Ciclo de trabajo en pantalla

La siguiente figura muestra el código utilizado para la creación del módulo que calcula el valor RMS de las tensiones de entrada del sistema.

```
// tension RMS
//-----
float v = (analogRead(A0) * v1) / 1024.0;
float v2 = v / (r2 / (r1 + r2));
float vr = (analogRead(A2) * v1) / 1024.0;
float vr2 = vr / (r2 / (r1 + r2));

if (counter == 200){
  counter = 0;
  total=(total/200);
  total2=(total2/200);
  lcd.print("Vrms 1: ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(sqrt(vs)/6.28);
  lcd.print("V");
  delay(1500);
  lcd.clear();
  //
  if ((v2/10)>=1){
    vs=vs+v;
    total++;
  }
}
```

Figura 5: Código para módulo RMS

Se obtiene valores de la tensión RMS de cada Generador de PWM y se muestran en pantalla, tal como se observa en la figura 6, estos varían según el ciclo de trabajo de cada entrada. En este caso, se

observa que para un ciclo de trabajo de 10 % establecido en la FPGA, se obtiene 1V en valor RMS.



Figura 6: Valor RMS mostrado en pantalla

Para el módulo que obtiene la Transformada Rápida de Fourier se analiza principalmente la forma de onda en ciertos instantes de tiempo, en la siguiente figura se muestra el código desarrollado para esta función.

```

/*SAMPLING*/
for(int i=0; i<SAMPLES; i++)
{
    microseconds = micros(); //Overflows after around 70 minutes!

    vReal[i] = analogRead(0);
    vImag[i] = 0;

    while(micros() < (microseconds + sampling_period_us)){
    }
}

/*FFT*/
FFT.Windowing(vReal, SAMPLES, FFT_WIN_TYP_HAMMING, FFT_FORWARD);
FFT.Compute(vReal, vImag, SAMPLES, FFT_FORWARD);
FFT.ComplexToMagnitude(vReal, vImag, SAMPLES);
double peak = FFT.MajorPeak(vReal, SAMPLES, SAMPLING_FREQUENCY);

/*PRINT RESULTS*/
//Serial.println(peak); //Print out what frequency is the most dominant.
for(int i=0; i<(SAMPLES/2); i++)
{
    //View all these three lines in serial terminal to see which frequencies has which amplitudes*/
    //Serial.print((i * 1.0 * SAMPLING_FREQUENCY) / SAMPLES, 1);
    //Serial.print(" ");
    Serial.println(vReal[i], 1); //View only this line in serial plotter to visualize the bins
}

```

Figura 7: Código para FFT

A partir de esta función se puede obtener la gráfica en tiempo real de la Transformada Rápida de Fourier, en la figura 8 se observa una muestra de la forma de onda de esta transformada para una de las entradas.

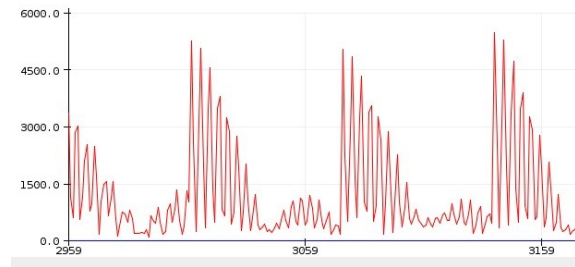


Figura 8: FFT de la señal de entrada

5. Conclusiones

La placa Arduino, al poseer los pueros necesarios y ser simple de programar, se vuelve sumamente útil para la interconexión de sistemas, tanto analógico como digitales, y facilita el análisis de estos.

Un analizador de potencia proporciona información específica que permite llevar a cabo estudios en profundidad de la eficiencia, el rendimiento y el posible alcance de sistemas avanzados.

La Transformada Rápida de Fourier simplifica el análisis de señales al reducir las iteraciones de la Transformada de Fourier Discreta y el tiempo de cálculo, esto beneficia sus aplicaciones relacionadas con el procesamiento de señales.

6. Referencias Bibliográficas

- [1] ARDUINO. (2019). Introduction to Arduino. Recuperado de <https://www.arduino.cc>
- [2] Circutor. (2015). Qué es la eficiencia energética eléctrica. Recuperado de <http://circutor.es>

[3] EcuRed. (2013). Potencia Eléctrica. Recuperado de <https://www.ecured.cu>

[4] HBM. (s.f.). Definición de un analizador de potencia. Recuperado de <https://www.hbm.com>

[5] Schmidt, A. (2013). FFT: Transformada Rápida de Fourier. Universidad Nacional del Sur. Recuperado de <http://lcr.uns.edu.ar>