

CONTROL DEL VOLTAJE DE SALIDA DE UN CONVERTIDOR BUCK POR MEDIO DE PWM GENERADO CON ARDUINO

Salvador Tavera Mosqueda
email: staveram1500@alumno.ipn.mx
Patricia Pérez Romero
email: promerop@ipn.mx
Ramón Silva Ortigoza
email: rsilvao@ipn.mx
José Rafael García Sánchez
email: jrags.ipn@hotmail.com
José Norberto Alba Juárez
email: jnajuarez999@gmail.com
Eduardo Hernández Márquez
email: eduardohm 1@hotmail.com

Centro de innovación y desarrollo tecnológico en
cómputo-IPN

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolla el control del voltaje de salida de un convertidor de potencia cd-cd de topología buck, el control se realiza por medio de modulación por ancho de pulso (PWM) generado por medio de la tarjeta arduino, de esta forma se logra mantener un voltaje constante a la salida del convertidor.

1. Introducción

Las fuentes conmutadas proporcionan voltajes más precisos que las fuentes lineales debido a que utilizan convertidores de potencia cd-cd, la eficiencia de la fuente dependerá directamente de la topología del convertidor. Los convertidores trabajan con una señal de conmutación de alta frecuencia, la cual se genera por medio de moduladores; siendo el modulador por ancho de pulso (PWM) el más común. Los convertidores de potencia son aplicados en una gran variedad de fuentes conmutadas, desde las fuentes de alimentación de las computadoras hasta en los equipos biomédicos que requieren una precisión excepcional en la alimentación de entrada.

El resto del trabajo está organizado de la siguiente manera. En la Sección 1 se presentan, de manera general, el funcionamiento del convertidor Buck y la selección apropiada de sus componentes. Mientras que en la Sección 2 se explica brevemente la modulación por ancho de pulso (PWM). En la Sección 3 se muestra el prototipo diseñado y, finalmente, en la Sección 4 se presentan las conclusiones.

2. Convertidor Buck o reductor

El control en los convertidores de potencia se realiza conmutando la posición del interruptor S. Así, cuando el interruptor se encuentra en la posición "1" permite la conducción de electricidad logrando que la bobina (L) y el capacitor (C) se carguen. Por otro lado, cuando el interruptor cambia a la posición "0", se interrumpe la conexión a la fuente de alimentación (E) e inicia el ciclo de descarga en L y C.

En la figura 1a se muestra el diagrama de un convertidor Buck utilizando un interruptor ideal. Mientras que en la figura 1b se muestra la misma topología de convertidor donde, ahora, se ha reemplazado dicho interruptor por un transistor.

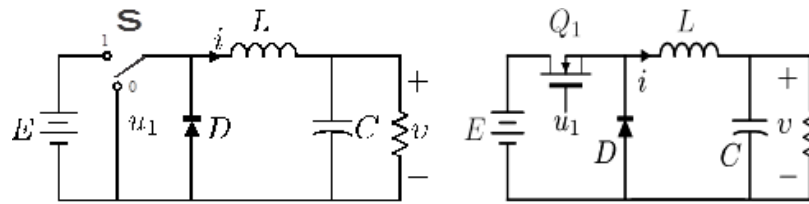


Figura 1: Convertidor cd-cd tipo Buck

Para controlar la salida de voltaje, en la compuerta del transistor (configurado como interruptor) se inyecta la señal de PWM de alta frecuencia con un ciclo de trabajo específico. Durante el ciclo de conducción, el transistor opera en la región ohmica y la corriente aumenta en la bobina, ver figura 2.

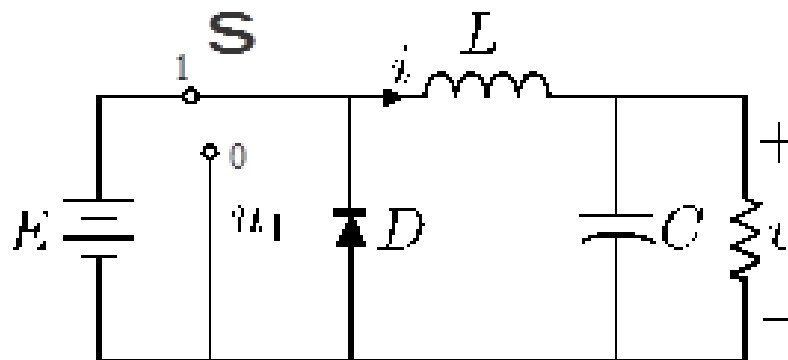


Figura 2: Diagrama cuando el transistor se encuentra en estado activo

Mientras que en el ciclo bajo de la señal de PWM, el transistor se encuentra en la región de corte y la corriente en la bobina disminuye [1], ver figura 3.

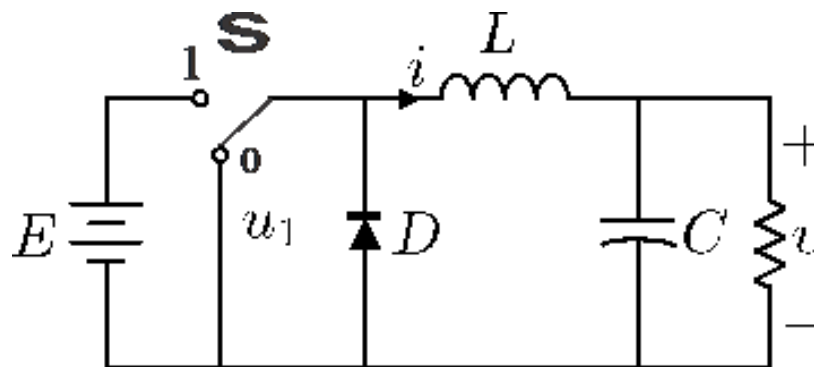


Figura 3: Diagrama cuando el transistor se encuentra desactivado

En la metodología descrita a continuación se muestran las ecuaciones para obtener los valores de los componentes: bobina y capacitor, donde se hace la suposición de que todos los elementos son ideales y no tienen pérdidas, cabe mencionar que se pueden encontrar otras metodologías en diversas referencias bibliográficas. El conocimiento de los parámetros E , I_{max} , I_{min} , v , f , propuestos por el diseñador, son esenciales para la obtención de mencionados valores.

1) Teniendo los parámetros que requerimos del convertidor, lo primero que se calcula es el ciclo de trabajo de la señal del PWM:

$$D = \frac{V}{E}$$

2) Se calcula el valor del inductor, al resultado se debe incrementar 25 % para asegurar un funcionamiento correcto.

$$L_c = \frac{(1-D)v}{2fI_{max}}$$

$$L = L_c + 25\%$$

3) Se determina el valor del capacitor

$$C > \frac{(1-D)v}{8Lf^2\Delta_v}$$

Donde Δ_v es el valor de rizado máximo que deseamos, por ejemplo < 50m V y C es el valor nominal comercial superior inmediato al resultado.

3. Tarjeta arduino

Arduino es una plataforma creada bajo la filosofía "open source". La programación se lleva a cabo mediante su propio software, la tarjeta cuenta con entradas y salidas tanto analógicas como digitales, algunas de ellas tienen aplicaciones específicas como lo es la generación del PWM, utilizando la biblioteca PWM.h (disponible en <https://goo.gl/nLmd1x>), se puede manipular la frecuencia de trabajo de una manera sencilla. De manera general la modulación por ancho de pulso es una técnica que logra producir el efecto de una señal analógica sobre una carga, a partir de la variación de la frecuencia y ciclo de trabajo de una señal digital. El ciclo de trabajo describe la cantidad de tiempo que la señal está en un estado lógico alto, como un porcentaje del tiempo total que esta toma para completar un ciclo completo [2]. Cabe mencionar que una vez especificada la frecuencia del PWM, esta no se modifica al variar el ciclo de trabajo, ver figura 4.

Una vez explicado el funcionamiento del convertidor Buck y de la modulación por ancho de pulso (PWM), se presenta en la sección 3 el código utilizado en arduino y el diseño del convertidor.

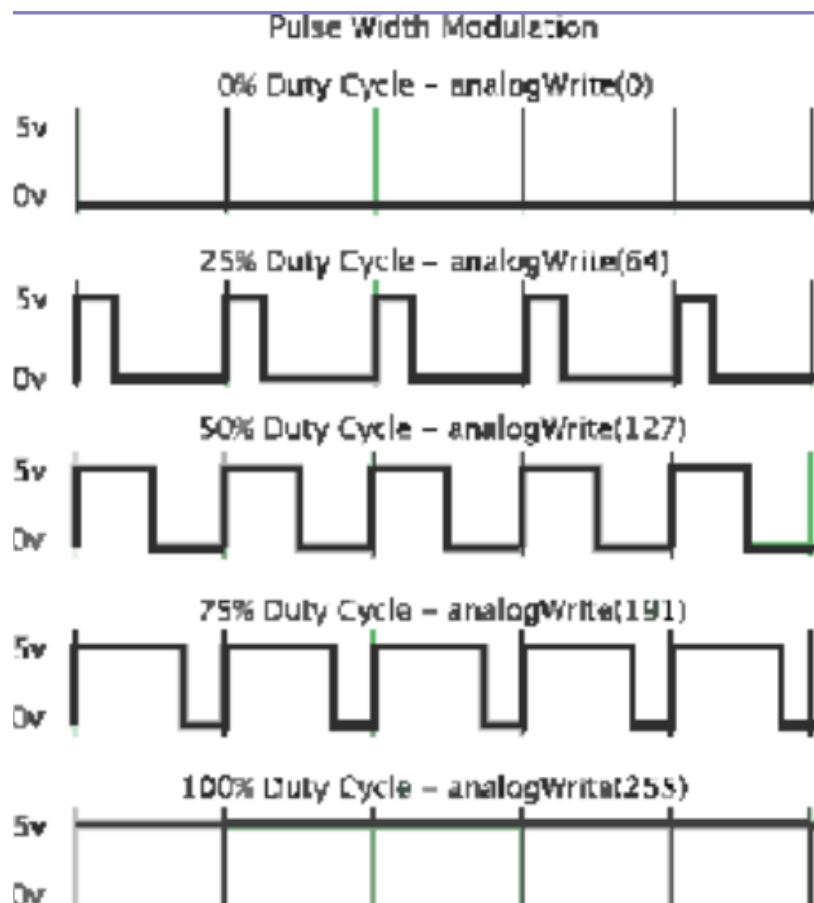


Figura 4: Señal de PWM con diferentes ciclos de trabajo

4. Prototipo

El código fuente utilizado para implementar el PWM es el mostrado en la figura 5, con la finalidad de variar el PWM en caso de requerir un voltaje diferente a la salida del convertidor, se está utilizando una entrada analógica "A0", basta con inyectar una variación de voltaje por medio de un potenciómetro para lograr modificar el ciclo de trabajo, el archivo con el código fuente se encuentra disponible en <https://1drv.ms/f/s!ArMMMe3NPWXmgbFF3nkSU0MIwtNoBA>.

Los diseños del PCB se realizaron en el software EAGLE, también incluidos en el link de descarga antes mencionado. En la figura 6 se muestra el diagrama eléctrico para un voltaje de salida de 5V a partir de un voltaje de entrada de 12V, los valores obtenidos fueron los siguientes: $L=150\text{H}$, $C=2.2\text{F}$, para una frecuencia del PWM de 150kHz.

```
#include<PWM.h>
int32_t frequency= 150000;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  InitTimersSafe();
  bool success = SetPinFrequencySafe(12, frequency);
  if(success){
    pinMode(13,OUTPUT);
    digitalWrite(13,HIGH);
  }
}

void loop() {
  int sensorValue=analogRead(A0);
  sensorValue= map(sensorValue, 0, 1023, 0, 50);
  pwmWrite(12, sensorValue);
  int salidax=analogRead(A1);
  Serial.print("sensorValue:");
  Serial.print(sensorValue);
  Serial.println();
}
```

Figura 5: Código fuente utilizado para generar un PWM

Si existiera una falla en la etapa de potencia, la tarjeta arduino estaría expuesta a posibles daños, es por eso que se ha colocado un optoacoplador NTE3087 para asegurar su integridad aislando completamente la potencia de la parte digital. Finalmente, en la figura 7, se muestra el prototipo realizado.

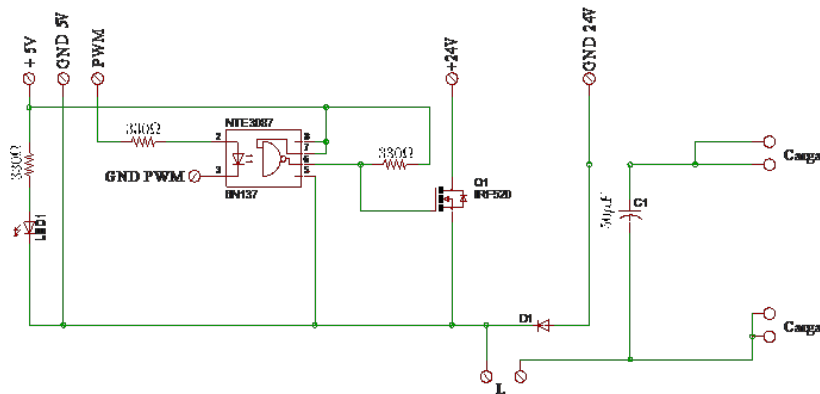
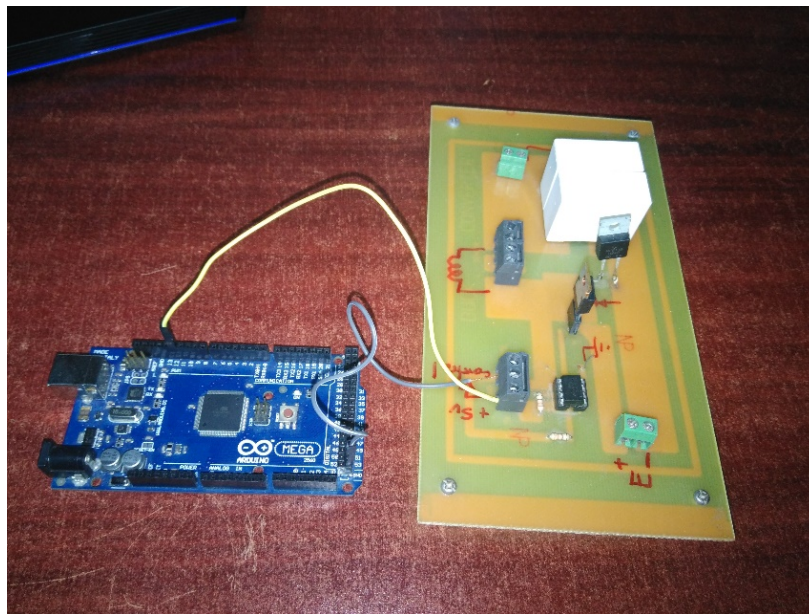


Figura 6: Diagrama eléctrico del convertidor Buck



5. Conclusiones

Una vez realizado el diseño del prototipo se puede tener la seguridad que el voltaje de alimentación que se proveerá a un dispositivo será preciso y sin variaciones de voltaje, siendo muy superior a las fuentes lineales convencionales, esta precisión permite tener la confianza de utilizar convertidores cd-cd en diversas áreas de aplicación, como puede ser en robótica o en equipo biomédico, solo por mencionar algunos.

6. Referencias

[1] R. Silva-Ortigoza, "Metodologías de control automático en electrónica de potencia," Tesis de Doctorado, Dept. Mecatrónica, Cinvestav, México, DF, 2006.

[2] <https://goo.gl/6zDdNU>