

## **Diseño e Implementación de un sistemas de alimentación eficiente y robusto para suministro de energía de un Picosatelite tipo cubesat.**

**Miguel Ariza T.<sup>1</sup>, Ivan Luna C.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Sergio Arboleda, Bogota, Colombia, miguel.ariza@usa.edu.co

<sup>2</sup>Universidad Sergio Arboleda, Bogota, Colombia, ivan.luna@usa.edu.co

*This this document describes to the process of design and implementation of an efficient and robust electronic system for the provision of energy of picosatelite academic Cubesat type. The raised design tries to contribute to solve the problems of feeding of power in satellite applications that presen the electronic systems of high complexity, particularly in the rank of picosatélites, whose limitations in weight and dimensions demand special considerations in their design and construction to obtain the best efficiency and trustworthiness in extreme conditions.*

### **INTRODUCCIÓN**

Las tendencias actuales de Ingeniería Electrónica en temas como miniaturización y eficiencia permiten desarrollar productos tecnológicos cada vez más complejos en el área de la Ingeniería Aeroespacial, ciencia que se ha desarrollado rápidamente durante los últimos años. Este desarrollo conlleva la posibilidad de investigar en varias área relativas al conocimiento del entorno de la Ingeniería Electrónica, como sistemas de estabilización satelital, de telecomunicaciones y, particularmente, de alimentación eléctrica.

Proponer y validar nuevos sistemas de alimentación eléctrica para picosatélites aporta un avance significativo en el campo de las aplicaciones aeroespaciales y lograr realizarlos reviste gran importancia en este sector, puesto que puede garantizar el funcionamiento de estos satélites una vez puestos en orbita, hecho que permitirá extender su vida útil.

El sistema de potencia se enfoca hacia la microelectrónica y se orienta hacia la concepción de soluciones de alta complejidad en problemas reales, en los cuales la Ingeniería Electrónica se encuentra confrontada en las condiciones extremas del espacio. El resultado de este proyecto proporciona un acercamiento al conocimiento científico relacionado con la Ingeniería Electrónica del entorno aeroespacial y podrá ser transferido a otros sectores de investigación y desarrollo ingenieril, en particular a los que están relacionados con las aplicaciones electrónicas portátiles.

### **MARCO DE REFERENCIA**

Los picosatélites tipo Cubesat son pequeños satélites cúbicos, utilizados como medio de experimentación en diferentes áreas del entorno aeroespacial. Este tipo de satélite tiene unas dimensiones máximas de 10cm x 10cm x 10cm y un peso que no debe exceder 1 Kg.

Un sistema electrónico de potencia para un picosatélite de este tipo debe cumplir como mínimo con los siguientes requerimientos:

- Disponer de una fuente primaria de energía (baterías).
- Contar con un sistema de recarga de energía para la fuente primaria, utilizando la energía solar.
- Mantener los niveles de voltaje adecuados para el funcionamiento de los circuitos del sistema, aun ante cambios bruscos en las condiciones físicas del espacio.
- Contar con sistemas confiables de protección contra cortocircuitos o sobrecargas.

Un sistema electrónico de potencia específico para picosatélites se divide en dos módulos principales:

- Una fuente regulada que se encarga de convertir el voltaje proporcionado por las baterías en voltajes adecuados para la alimentación de los dispositivos electrónicos utilizados.
- Un sistema cargador de batería que se encargue de convertir la energía solar disponible en el espacio en energía eléctrica adecuada para recargas de las baterías.

Fuentes reguladas: Existen dos tipos de fuentes de alimentación reguladas, las lineales y las conmutadas:

- En un regulador lineal, se usa una caída de voltaje resistiva para lograr un voltaje estable menor que el voltaje de la fuente, el cual pierde el excedente de energía en forma de calor.
- En un regulador conmutado, la reducción de voltaje se realiza por medio de un elemento acumulador de energía (ejemplo: una inductancia) que acumula energía proveniente de la fuente de voltaje para luego descargarla hacia la carga en forma controlada por medio de un interruptor, lo cual resulta con una eficiencia mayor y una menor disipación de energía en forma calórica.

## DESARROLLO DE LA APLICACION

### Convertidores SEPIC:

Una revisión de las ecuaciones permite entender el funcionamiento de los convertidores Sepic, calcular el valor de los componentes y predecir su desempeño. Para tal fin, se revisará el funcionamiento de la topología Boost, la cual es la base del convertidor Sepic.

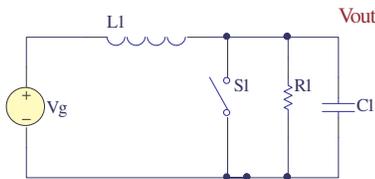


Figura 1: Convertidor elevador (BOOST)

El funcionamiento se basa en la carga y descarga de un elemento almacenador de energía: el interruptor se cierra durante  $T_{on}$ , almacenando durante este tiempo energía magnética acumulada en la inductancia  $L$ . Luego, el interruptor se abre durante  $T_{off}$ , dejando como único camino de descarga de la energía almacenada en la inductancia al condensador de salida  $C$  y a la carga  $R$ .  $C$  filtra el pulso de corriente, generado por  $L1$ ,  $V_{out}$  es siempre mayor que  $V_g$ .

La topología Sepic remueve la limitación de tener siempre voltajes de salida mayores que los de entrada. Insertando un nuevo condensador  $C_p$  entre  $L1$  y  $C$ , este último bloquea la componente DC entre la entrada y la salida. Complementado con un segundo inductor  $L2$  conectado a tierra,  $L2$  puede estar separado de  $L1$  o pueden compartir el mismo núcleo, dependiendo de la aplicación.

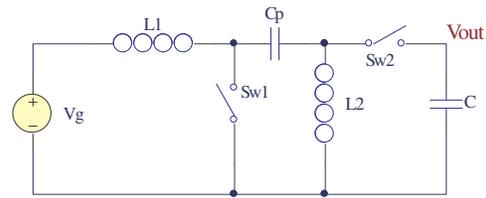


Figura 2: Convertidor SEPIC

Aunque el circuito tiene muy pocos elementos, las ecuaciones no son tan simples como podría pensarse y se deben hacer varias aproximaciones lógicas. En beneficio de la demostración, supondremos que los valores de rizo de corriente y voltaje son muy pequeños con respecto a las componentes en DC y que no hay caídas de voltaje en DC a través de ninguna de las inductancias del circuito; ignoremos sus resistencias parásitas.

Entonces:  $C_p$  ve un voltaje en DC de  $V_{in}$  en un Terminal (a través de  $L1$ ) y tierra en el otro (a través de  $L2$ ); por tanto:

$$V_{cp} = V_{in}$$

Llamamos  $T$  al periodo de la señal de control;  $d$ , la porción de  $T$  para la cual  $Sw$  está cerrado; y  $1-d$ , la parte restante del periodo.

Como el voltaje promedio a través de  $L1$  es igual a cero, el voltaje visto por  $L1$  durante  $T_{on}$  es exactamente compensado por el voltaje visto durante  $T_{off}$ ; entonces:

$$dT_{Vin} = (1-d)T(V_{out} + V_{cp} - V_{in}) = (1-d)T(V_{out})$$

$$\text{Como } V_{cp} = V_{in} \\ (V_{out}) / V_{in} = d / (1-d)$$

$$V_{out} = V_{in} d / (1-d)$$

Se puede comprobar de lo anterior que  $V_{ot}$  puede ser mayor o menor que  $V_{in}$  dependiendo del valor de  $d$ .

El propósito del condensador de salida  $C$  es promediar los pulsos de corriente suministrados por  $D1$  durante  $T_{off}$ , pero siendo muy bruscas las transiciones de corriente, el condensador seleccionado debe ser de alto desempeño y con un bajo ESR

### Sistemas de control:

El esquema más conocido de control de los convertidores está basado en PWM. Los convertidores controlados con PWM, mantienen una frecuencia constante de conmutación variando el ancho del pulso. Esta

característica de frecuencia constante es importante, puesto que el ruido generado por un convertidor puede interferir con los otros procesos en el sistema. Restringir el ruido a una sola frecuencia conocida permitirá eliminar este problema.

Las frecuencias de conmutación de los convertidores se encuentran en el rango de 20 K hasta 1 M. Aunque el uso de frecuencias es por debajo de 100K, presenta baja eficiencia, mientras que las frecuencias más altas permiten reducir las inductancias y los condensadores en tamaño y valor, lo cual es una prioridad en aplicaciones de las que queremos hacer en el campo de esta investigación.

La técnica de control de PWM mantiene una frecuencia de conmutación constante, pero varía la relación entre el ciclo de carga y el de descarga, como parámetro de operación variable, y por tanto, como la frecuencia de conmutación es fija, el espectro de ruido es relativamente angosto, permitiendo que un simple filtro pasa bajo, o atrapa banda, elimine gran cantidad de este ruido.

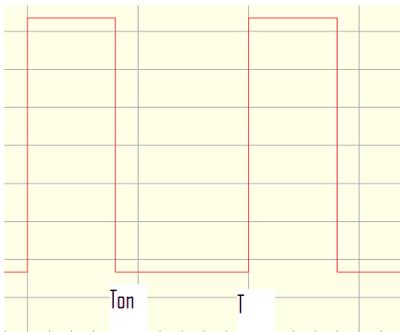


Figura 3: PWM

Por ser la selección de la inductancia uno de los puntos críticos en el diseño de una fuente conmutada, se requiere que está sea lo suficientemente alta en inductancia, pero lo más pequeña en dimensiones. Se requiere también que cumpla con la especificación de corriente pico y que esté diseñada para trabajar a la frecuencia de conmutación. Las inductancias se pueden conseguir en tecnologías de inserción y de montaje superficial, de las cuales la de mejor desempeño es la de montaje superficial.

La capacidad de entrada reduciendo la corriente pico proveniente de la fuente de entrada y eliminando el ruido producidos por los otros elementos del sistema, se trabajará experimentalmente con condensadores cerámicos o de tantalio, los que respondan a frecuencias cercanas a las de la conmutación. Por razón de estabilidad, se requiere que la capacidad de salida cumpla

con los requerimientos mínimos de ESR (Equivalent Series Resistor) para no comprometer la eficiencia del sistema.

El método más común de control es PWM, método que toma una muestra del voltaje de salida y lo resta de un voltaje de referencia para establecer un voltaje de error. Dicho voltaje de error es comparado con una señal de rampa. La salida del comparador es una señal digital variando el tiempo en alto, lo que mantiene la frecuencia constante y se encarga de operar el interruptor de potencia.

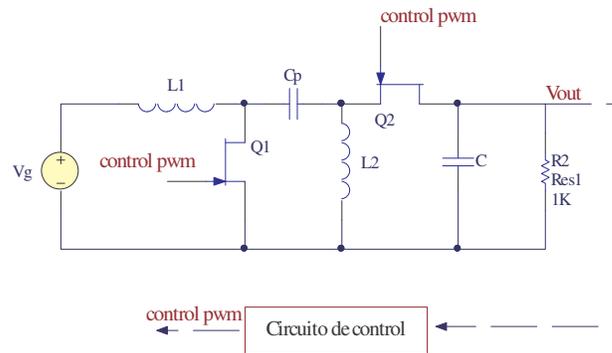


Figura 4 Circuito de control

Cuando el voltaje de salida del circuito cambia y hace que el voltaje de error también cambia y hace que la señal de referencia del comparador también cambie. Por tanto, el ancho del pulso (PWM) altera proporcionalmente el error, hasta reducirlo a cero.

## REFERENCIAS

D Kassakian, John G., Martin F. Schlecht, and George C. Verghese: Principles of Power Electronics. Edition Addison-Wesley, 1991  
 Kenjo, Takashi: Power Electronics for the Microprocessor Age. Edition Oxford University Press, 1990. 349 p.  
 Kislovski, Andre S: Introduction to Dynamic Analysis of Switching DC-DC Converters. Edition BWV Engineering, 3048 Bern, Switzerland, 1985, about 400 pages.  
 Krein, Philip T: Elements of Power Electronics, Edition New York: Oxford University Press, 1998. xviii, 766 p.  
 Kularatna, Nihal: Power Electronics Design Handbook, Edition Boston: Newnes, 1998. xix, 300 p.

[http://powerelectronics.com/mag/power\\_consider\\_sepia\\_topology](http://powerelectronics.com/mag/power_consider_sepia_topology)

*Fifth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2007)*  
*“Developing Entrepreneurial Engineers for the Sustainable Growth of Latin America and the Caribbean:*  
*Education, Innovation, Technology and Practice”*  
*29 May – 1 June 2007, Tampico, México.*

<http://www.cubesatkit.org>

<http://cubesat.ece.uiuc.edu>

<http://www.ewh.ieee.org/soc/icss/dlp/lectures/Tse-DLP2.pdf>

<http://www.space.t.u-tokyo.ac.jp/gs/en/schedule.aspx?sat=6&date=20060112>