Hacia la primera actividad espacial del Uruguay

*Por Javier Ramos, Luis Ignacio de León y Gonzalo Sotta**

Estudiantes de la Facultad de Ingeniería, en su trabajo de fin de carrera, diseñaron un sistema electrónico para administrar la energía de un satélite muy pequeño, del tipo que será construido conjuntamente entre dicha facultad y ANTEL, el Antel Sat, primer satélite uruguayo, según un acuerdo firmado entre dichas instituciones en agosto de 2011.

El Proyecto "Desarrollo del Sistema de Gestión de Energía de un Satélite" se encuentra en el marco del proyecto Laí. Este último es un proyecto educativo promovido por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (UdelaR) que busca proveer experiencia en ingeniería aplicada a los estudiantes de grado en el área de tecnologías aeroespaciales. El objetivo concreto consiste en la fabricación y operación del primer satélite experimental uruguayo del estándar Cubesat.

Cubesats

Este estándar, desarrollado por la Universidad Estatal Politécnica de California (*California Polytechnic State University*), es el resultado de una cooperación internacional de más de 40 universidades y empresas privadas trabajando en forma conjunta para el desarrollo de satélites muy pequeños que contengan cargas útiles, *payloads*, asociadas a experimentos científicos privados o gubernamentales.

La carga útil puede ser, por ejemplo, una cámara para fotografiar la Tierra, o algún nuevo diseño de circuito integrado o circuito que quiera ensayarse en el espacio, pero no queda restringido a estos ejemplos. La idea es que el Cubesat brinde la plataforma donde pueda llevarse a cabo ese ensayo o experimento bajo las condiciones del espacio exterior.

La misión primaria del estándar Cubesat es brindar la posibilidad de hacer accesible la puesta en órbita de pequeños satélites a un reducido costo a nivel institucional. Esto se logra al restringir drásticamente las dimensiones del satélite, estableciéndose para el Cubesat un volumen de 10 cm x 10 cm x 10 cm y una masa de no más de 1 kg.

Es necesario respetar estas restricciones a efectos de beneficiarse de los reducidos costos de lanzamiento, de lo contrario, si se sale fuera del estándar, los precios de lanzamiento se encarecen considerablemente.

Este tipo de experiencias han sido muy exitosas en otras universidades, y sería la primera actividad espacial en Uruguay.

Los primeros pasos del proyecto Laí consistieron en la liberación exitosa, en 2009, de cuatro globos sonda con sistemas de telemetría, instrumentación y carga científica desarrollados por estudiantes, superando los 33 km de altura. En esta primera etapa se llevaron a cabo diversos avances, como el desarrollo completo de un enlace de video, en 1200 MHz, y la adquisición de "*know-how*" acerca de los globos de gran altura como herramienta científica de propósito general.

El Proyecto "P-SAT: Desarrollo del Sistema de Gestión de Energía de un Satélite" inicia una etapa relacionada directamente con el satélite, centrándose en el módulo de gestión de energía de este ambicioso emprendimiento.

Gestión de energía

La función primaria del sistema de gestión de energía es capturar la energía solar y administrarla. Esto se realiza a través de celdas fotovoltaicas que reciben la energía directamente del Sol como también de la radiación solar reflejada, llamada albedo, transmitiéndola luego a los diversos subsistemas. Visto que el satélite no se encontrará todo el tiempo expuesto a esta fuente de energía, deberá acumularse parte de la energía capturada en una batería a efectos de volcarla a los subsistemas durante el tiempo en que el satélite se encuentre en el cono de sombra de la órbita.

La función secundaria de este sistema de gestión energética será proteger los diferentes subsistemas contra fallas que pudieran presentarse, ya sea por sobrecargas, sobretensiones o fenómenos generados por eventos espurios, llamados *Latch-UP*, que ocurren cuando una partícula subatómica de alta energía proveniente del espacio golpea al dispositivo causando errores en dispositivos lógicos como, por ejemplo, memorias.

El sistema a desarrollar, debido a que se rige por un estándar, debe cumplir estrictamente ciertos requisitos respecto a su estructura, y secuencia de encendido.

Referido a estas restricciones se tiene que los principales requisitos estructurales para el sistema son: la masa del dispositivo, que debe ser menor a 130 g, la superficie de la placa del circuito impreso, de 92 mm x 98 mm, y el volumen de la batería, 65 mm x 37 mm x 10 mm. Desde el punto de vista eléctrico, ningún dispositivo electrónico

Ensayo y caracterización de las celdas solares. Arriba: Javier Ramos; a la derecha: Gonzalo Sotta y Luis de León trabajando con las celdas; arriba y a la derecha: simulador de iluminación de los paneles solares

deberá estar activo durante el lanzamiento a efectos de prevenir cualquier interferencia con el vehículo de lanzamiento y *payloads* primarios.

Por otra parte, para el correcto funcionamiento de los componentes electrónicos, conforme a las especificaciones de los fabricantes, deben estar dentro de un rango de temperaturas entre -40°C y 70°C para operar correctamente, mientras que para las baterías de Litio polímero este rango se reduce al entorno de entre 0ºC a 50ºC.

El producto final debe tener una eficiencia de conversión de energía mayor a un 90%, ya que de otra manera se perdería demasiada energía, la cual es escasa y muy valiosa.

La tensión de salida del sistema de gestión de energía para alimentar los otros subsistemas se fijó en 3.3 V +/- 1% (elegida para optimizar la eficiencia del sistema) en los puertos de conexión (bocas de alimentación), tolerando una corriente 20 mA a 200 mA. Finalmente, desde el punto de vista del control de fallas, el sistema debe actuar para proteger a los demás subsistemas al detectar sobrecarga, cortocircuito y *Latch-UP*.

Tareas desarrolladas:

Después de analizar teóricamente la situación del satélite y las opciones para utilizar la energía solar, se comenzó a realizar modelados térmicos para definir en qué rango de temperaturas estaría la electrónica en el espacio, y simular las condiciones de luz para determinar los períodos de carga de la batería y la cantidad de paneles solares a utilizar.

El calor es generado tanto dentro del satélite, por los dispositivos electrónicos, como por el entorno, principalmente a causa de la radiación solar. Por otra parte, el calor perdido por el satélite es transferido por radiación al espacio profundo.

El balance entre calor ganado y perdido determinará la temperatura final del satélite. A efectos de controlar la temperatura del satélite, se debe procurar tener control sobre el flujo de calor absorbido y emitido. Este control se realiza básicamente modificando la absorbancia y emitancia, lográndose dicha variación al utilizar diversos tipos y colores de recubrimiento de las superficies del CubeSat como ser aluminio pulido (color brillante) o recubierto con Kapton (material más opaco de alta estabilidad térmica).

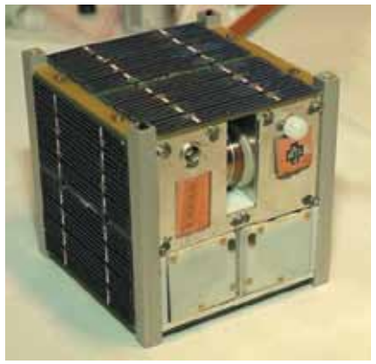
Las simulaciones fueron realizadas con el afán de determinar si en el rango de temperaturas estimadas como posibles a las que las distintas partes del Cubesat (armazón de aluminio, circuitos internos y batería) estarán sometidas durante su órbita, los distintos componentes funcionarían correctamente.

El resultado de la simulación indicó que la electrónica se someterá a un rango de temperaturas de -30°C a 60°C y las baterías a uno de 2,2ºC a 4,5ºC. Comparando estos resultados con las especificaciones de los fabricantes tenemos que las temperaturas a tolerar por los distintos componentes se encuentran dentro de sus respectivos rangos de funcionamiento.

En realidad el satélite en sí está expuesto a cambios de temperatura mucho mayores, por estar sometido a grandes flujos de calor durante el día y a prácticamente la ausencia de éste durante el eclipse, o sea el tiempo que está a la sombra de la Tierra, con el agregado de una

temperatura externa que alcanza los -270.3°C (2.7K)

Del punto de vista energético, la potencia, es decir la energía que fluye por unidad de tiempo, que se obtiene de los paneles solares, depende del ángulo con que incide la luz en su superficie. Una vez obtenidos los valores promedio de potencia procedente de las celdas solares (a través de la simulación y verificados experimentalmente) se determinó la energía acumulada al completarse un ciclo de la órbita.



Satélite Cubesats desarrollado por estudiantes noruegos. Foto de Bjorn Pederson. Licencia WIKI

Para almacenar la energía captada por los paneles se optó por la tecnología de baterías Litio-Ion dada su alta capacidad de almacenamiento en un reducido volumen.

Los paneles solares, dado un determinado nivel de iluminación, tienen un valor de tensión en el que su rendimiento es máximo. Para lograr estar en ese punto óptimo de performance se implementa un algoritmo, es decir un conjunto preestablecido de instrucciones bien definidas, ordenadas y finitas que permite realizar una actividad, en este caso de seguimiento del punto de máxima potencia, MPPT (*Maximum Power Point Tracking*), el cual adapta la carga para que la tensión de esta última y su corriente sean tales que, dado un nivel de iluminación, se extraiga la máxima potencia de los paneles.

El *software* fue dividido en funciones separando la estructura de ejecución en dos partes, una rutina principal y rutinas específicas para desarrollar diversas tareas. Luego de diseñado el sistema, procedimos a su montaje, comprando para ello los circuitos integrados, celdas solares y baterías.

El prototipo fue realizado de forma modular para poder encontrar posibles fallas de forma más sencilla. Todos los circuitos impresos diseñados y fabricados se realizaron utilizando soldadura de superficie (SMD) con tamaños de encapsulados de los elementos pasivos no menores a 0603 (1,6 mm × 0,8 mm). No se pudo trabajar con componentes más pequeños por sus complicaciones a la hora de soldar, dado que las soldaduras fueron realizadas manualmente.

Baterías de Litio Polímero 1700 mAh - 3.7 V

Los resultados de esta investigación tienen aplicación directa en otras áreas de producción e innovación, como ser energías renovables (donde se requieren sistemas eficientes), dispositivos de bajo consumo con alta eficiencia energética, áreas de redes de sensores (grupo de sensores con ciertas capacidades sensitivas y de comunicación inalámbrica los cuales permiten formar redes *ad hoc* sin infraestructura física preestablecida ni administración central), sistemas médicos implantables (por ejemplo marcapasos), electrificación rural, sistemas autónomos (sistemas desconectados de la red eléctrica) en condiciones ambientales rigurosas, sistemas de alta disponibilidad energética, es decir que aseguran un cierto grado absoluto de continuidad operacional durante un período de medición dado.

Conclusiones:

El sistema de protección contra *Latch-UP*, cortocircuitos y sobrecargas, los cuales se ubican en los puertos (bocas de alimentación), funcionó correctamente.

La modularización del diseño, en el cual se priorizó la reducción de los módulos y el diseño final mostraron que es posible construir en un circuito impreso de 92 x 98 mm de 4 capas, el sistema de gestión de energía. Respecto a su masa, también requisito de diseño, incluyendo la redundancia (es decir la duplicación de ciertas partes críticas del sistema), baterías y paneles solares, es del orden de 130 g, cumpliéndose con esta restricción.

El prototipo desarrollado servirá como base para tener en relativamente poco tiempo el primer satélite uruguayo en órbita.

Este tipo de desarrollos es posible en Uruguay. Sin embargo es de destacar que los mismos requieren, no solo de un sólido apoyo técnico, sino también de una base económica que permita la compra de componentes y creación de instalaciones con las condiciones y equipamiento necesarios para poder ensayar los dispositivos.

Grandes problemas a la hora de comprar materiales en el extranjero se sumaron a las dificultades inherentes del propio proyecto. A todas las compras le realizamos un procedimiento de exoneración impositiva (correspondiente por tratarse de un proyecto académico) y retiro anticipado de mercadería en Aduana tras haber sido retenida. Estos requisitos burocráticos conllevan a que un producto que en unos cuatro días está en el país tarde dos semanas en ser liberado. La innovación en electrónica en Uruguay está muy enlentecida por este aspecto, traer componentes para hacer prototipos e innovación es muy costoso y engorroso.

***Javier Ramos, Luis Ignacio de León y Gonzalo Sotta** son estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica y forman parte del plantel docente del Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería (IIE) de la Universidad de la República.*

AMEREX
SISTEMAS ANTIRROBO

PRESENTISMO POR HUELLA DACTILAR
$330 más iva por mes!!
Desarrollado para micro y pequeñas empresas
Esté en todos lados y en todo momento,
Desde cualquier lugar…

- Sepa AHORA la asistencia de su personal en cada empresa, desde su celular.
- Acceda a Registro actual e histórico de Días/Horas de entradas, salidas, y descansos.
- Incluye reporte en formato Excel.

CERCOS ELÉCTRICOS
(domésticos e industriales)
Un Cerco Eléctrico protege cm a cm el perímetro de la propiedad.
Sin falsos disparos por lluvia o vegetación, gracias a un circuito electrónico nacional desarrollado por Amerex, que permite también la supervisión del perímetro ***SIN*** alto voltaje.

- Conexión a Central de Alarma,
- Operación a Control Remoto,
- Discador telefónico,
- Encendido de iluminación.
- Habilitados por el Ministerio del Interior

MALETINES ANTIRROBO
de fabricación nacional, con alto voltaje ***NO LETAL***
presente en manijas y cuerpo, y sirena.

- Poseen disparo a Control Remoto, para frustrar asalto/rapiñas o arrebato.
- Para el cierre, los maletines cuentan con 2 cerrojos de combinación de 3 dígitos,
- Programables y re-programables en forma indistinta y cuantas veces se requiera.

Amerex S.A. es una **industria nacional** exportadora, **nacida en 1973, HABILITADA** por el Ministerio del Interior como empresa fabricante de productos de seguridad. Desarrolla, fabrica, y comercializa, sistemas de seguridad orientados a detectar y frustrar de forma inmediata acciones delictivas contra bienes y valores (moderno concepto de autoprotección, que se procura hoy). Se trata de lograr el objetivo en el acto, de forma pacífica y priorizando la integridad física de todas las personas.

10% Descuento con la mención de esta publicación

AMEREX S.A. Cerrito 261 Montevideo CP11000 Uruguay - Telefax. 2915 8887 – 2916 9658
Sitio Web: www.amerexseguridad.com - Email: info@amerexseguridad.com