

Manual del AMSAT-UK FUNcube



AMSAT-UK

Manual del FUNcube

Publicado por AMSAT-UK

Noviembre 2013



Fotos del FUNcube: Modelo en orbita (izquierda) y modelo de Ingeniería (derecha)

El proyecto FUNcube esta siendo llevado a cabo por un equipo de menos de 10 voluntarios, todos muy experimentados por tratarse de miembros de AMSAT-UK, AMSAT-NL y otras asociaciones, y está parcialmente financiado por la Radio Communications Foundation – una organización benefica registrada.

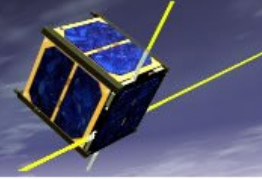
A pesar de que este manual refiere principalmente al FUNcube-1, sepa el lector que su software y hardware es similar al que se ha usado para equipar al satélite UKube-1 (esponsorizado por la UK Space Agency), el cual como un sub-sistema del mismo proveerá de casi las mismas funcionalidades.

Compilado, editado y escrito por Richard W.L. Limebear G3RWL FBIS, de la firma Innovative Solutions In Space B.V (ISIS, Holanda) y documentación de AMSAT.
Traducción al castellano por David Romero, EA4SG



FUNcube

UK Amateur Radio Educational Satellite



Contenidos

FUNcube	
Que es un CubeSat	1
Historia del proyecto y repaso general	1
Sistemas del satélite	4
Modos de operación	7
Lanzamiento y primeras operaciones	8
Operaciones del Satélite	8
Transpondedor de Radioaficionados	9
Telemetría	9
Divulgación Educativa	9
Experimento Científico de Materiales (MSE)	11
Interface grafico de usuario – Panel de mandos	12
Mensajes “Fitter”	13
El Dongle FUNcube	13
Formato de datos	13
Telemetría en tiempo real	14
Datos de orbita completa	14
Telemetría de alta resolución	14
Esquema de transmisión	15
UKube-1	15

Imagen de portada: Modelo orbital del FUNcube-1

Que es un CubeSat

(con menciones extraídas de Wikipedia)

Un CubeSat es un tipo de satélite miniatura que habitualmente tiene un volumen exacto de 1 litro (un cubo de 10cm. de lado), una masa de no mas de 1,33 kilogramos y que normalmente usa en su diseño y fabricación componentes comerciales de los conocidos como “tomados de la estantería” o commercial-off-the-shelf (COTS) en ingles.

La mayoría de CubeSats desarrollados, son proyectos educativos, pero muchas compañías comerciales ya han construido satélites de este tipo. El formato CubeSat es también muy popular entre constructores radioaficionados. El nivel de precio, mucho más asequible que los proyectos de otro tipo de satélites, ha hecho de los CubeSats una solución viable para los proyectos educativos de escuelas y universidades en todo el mundo.

Las especificaciones de los CubeSats cumplen con múltiples y exigentes objetivos de alto nivel. La simplificación de la estructura del satélite hace posible diseñar y fabricar un aparato apto y capaz, a un bajo coste. Su encapsulado de carga (Payload) es ya común y normalizado, facilitando su carga y su manejo en los cohetes lanzadera. Así se evitan los costes prohibitivos que los satélites con carga sobre plataforma, tienen en la gestión de sus puestas en orbita. Esta unificación y normalización en sus payloads repercute en una gran flexibilidad a la hora de replanificar o hacer cambios rápidos de última hora en la carga de sus cohetes-lanzadera.

El tamaño standard (10 x 10 x 10 cms) de los CubeSats básicos suele denominarse como "1U" y se refiere a un satélite unitario. Los CubeSats son escalables o modulares, pudiendo extenderse en uno de sus ejes en incrementos de una unidad 1U. De hecho ya se han fabricado y lanzado CubeSats del tipo "2U" (20×10×10 cm) y del tipo "3U" (30×10×10 cm); siendo la máxima capacidad posible de 6U. Como los CubeSats son todos de 10x10 cm (independientemente de su longitud) todos pueden ser lanzados a su orbita y desplegados en el espacio usando un sistema de despliegue común normalmente llamado POD (Picosatellite Orbital Deployer).

Historia del proyecto y repaso general

AMSAT-UK arrancó su nuevo proyecto de satélite, llamado FUNcube, en Octubre de 2009. El proyecto recibió su financiación inicial mayoritaria de parte de la UK's Radio Communications Foundation (RCF). La RCF fue capaz de proporcionar esta financiación gracias a un legado (lo suficientemente grande como para pagar el lanzamiento) de G7HIA, quien especificó que tenia que ser usado para un proyecto aereoespacial. La RCF y la organización Gift Aid también han colaborado de otras maneras alternativas.

El proyecto no es exclusivamente de AMSAT-UK porque AMSAT-UK no fue capaz de obtener la licencia de vuelo de la Agencia Espacial Británica bajo su Ley del Espacio Exterior (por razones principalmente de coste). Por eso el satélite en orbita se ha registrado como holandés en la organización ITU. Debido a esto, AMSAT-UK y

AMSAT-NL se fusionaron en este proyecto, y AMSAT-NL fabricó el modulo de RF, el modulo ASIB y, lo mas importante, firmó el contrato de lanzamiento..

El proyecto FUNcube nace con la misión de crear un CubeSat educativo, el cual tiene como objetivo ayudar a educar estudiantes en las áreas de Radio, Espacio, Física y Electrónica, fomentando su entusiasmo e interés en las mismas. También apoyará iniciativas educativas en el grupo de materias STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas).

Los profesores pueden visitar la pagina web www.esa.int/Education/Teachers_Corner

El FUNcube-1 volará como una unidad independiente del tipo CubeSat 1U y el FUNcube-2 formará parte de la astronave UKube-1 del tipo 3U. El diseño del satélite buscar usar en la medida de lo posible componentes y sub-sistemas ya existentes en el mercado, para reducir su complejidad, su tiempo de desarrollo/fabricación, así como minimizar al mínimo el riesgo financiero de la misión. Uno de los objetivos primarios del proyecto es enviar desde el satélite a la Tierra, telemetría que pueda ser recibida fácilmente por escuelas y colegios y usada para propósitos educativos. Cuando el satélite no se encuentra en su Modo Educativo, se conmuta y pasa a ser un repetidor-transpondedor para su uso por radioaficionados.

La audiencia principal que se busca, por tanto, es grupos de estudiantes de primaria y secundaria, con la idea de que proyecten el desarrollo de una sencilla y económica Estación de Control terrestre, operativa en frecuencias VHF dentro de la banda del servicio de satélites de radioaficionados.

Esta estación de control, se basaría en un simple dispositivo receptor tipo USB, que llamaremos “dongle”, el cual recibe las señales directamente del satélite y transfiere los datos a un software grafico para ordenadores con S.O. Windows especialmente desarrollado para este cometido. La antena mínima que se necesita puede ser un simple monopolo o dipolo para la banda de VHF.



Dongle USB

La telemetría entregara la siguiente información:

- Temperaturas a bordo – interiores y exteriores
- Tensiones y corrientes entre las placas solares y la batería
- Otros datos operativos del satélite en vuelo
- Temperaturas de unas piezas/chapas metálicas montadas en el satélite, con diferentes acabados, y usadas para una misión demostrativa llamada Experimento de “Leslie´s Cube”, que es un típico experimento escolar sobre como los objetos emiten calor.

Otras oportunidades y objetivos educativos que ofrece el proyecto incluyen lo siguiente:

- “Datos de Orbita Completa” para demostraciones y estudios de comportamiento del satélite en fases de iluminación y eclipse
- Demostraciones más avanzadas relacionadas con patrones de radiación de antenas y nivel de radiación solar. También seria posible trabajar en estudios a largo plazo del efecto de la radiación en la microelectrónica y otros aspectos similares.

- Integración del proyecto en planes de estudio de asignaturas como matemáticas o física de niveles de primaria o secundaria
- Demostraciones de contactos vía radio en colegios
- Demostraciones con la versión “demo” del FUNcube en colegios
- Participación de universitarios en proyectos y estudios avanzados
- Mensajes de texto (Similares a tweets) desde el espacio

El proyecto FUNcube también incluye el desarrollo de un software a medida (el llamado Panel de Mandos o Dashboard) que posibilita la visualización de los datos de telemetría. Este software ha sido desarrollado en colaboración con profesores y estará disponible en diferentes “sabores” para acomodarlo a las todo tipo de audiencias y usuarios. También será capaz de reflejar visualmente la altura de la aeronave, velocidades de rotación, etc.

Además de la visualización de la telemetría, desde el mismo PC se puede realizar un seguimiento sobre mapa en tiempo real de la posición del satélite, permitiendo predicciones de paso sobre, por ejemplo, la ubicación de un colegio (Se requerirá un programa aparte para este cometido).



Mapa de seguimiento

El satélite también permitirá el envío y difusión (de manera indirecta a través de un gestor) de mensajes cortos de texto para por ejemplo dar saludos, y pueden ser usados por los colegios. También habrá un sistema de transferencia de los datos recibidos por una estación de control a la base de datos central del proyecto FUNcube. Estos datos recibidos y almacenados en la base de datos central serán públicos y accesibles a todo el mundo para que puedan visualizarse y analizarse

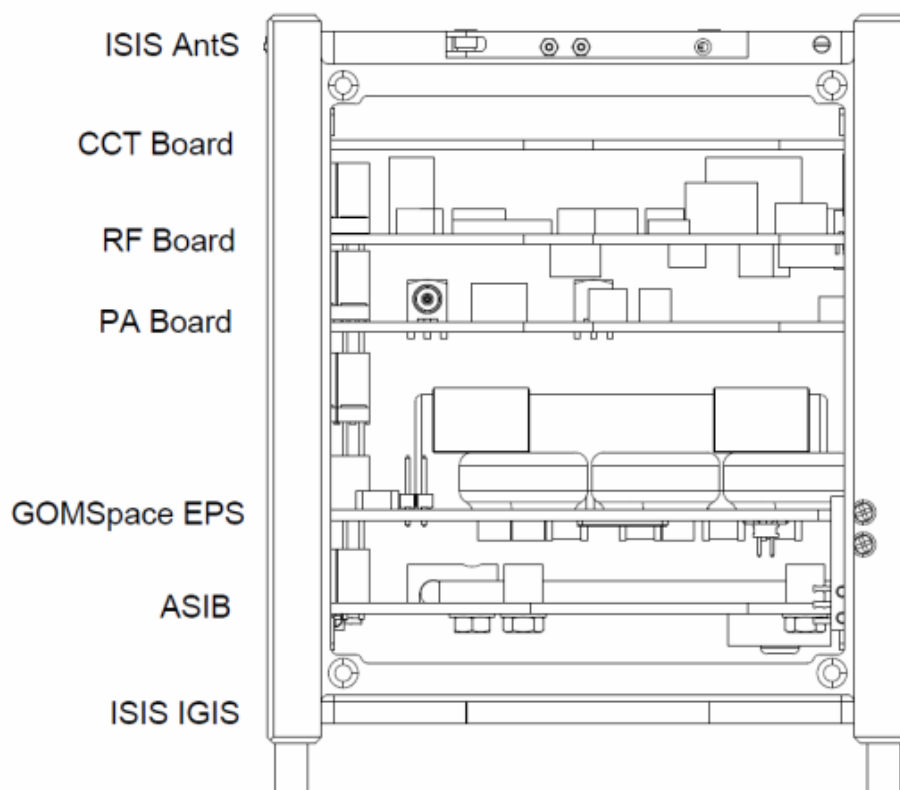
Será factible organizar competiciones entre diferentes escuelas o centros educativos, por ejemplo para ver quien adquiere más cantidad de telemetría en un determinado periodo de tiempo, o quien realiza mejor análisis de la telemetría del satélite o reportes de “lecciones aprendidas/superadas” dentro del proyecto. Dentro de esta

opción se podría competir por edades e incluso fijar algún tipo de premio o recompensa.

A pesar de medir tan solo 10x10x10 cm. y con una masa de menos de 1kg. el uso de modernos componentes han permitido el diseño de un satélite muy sofisticado. El FUNcube-1 es el primer CubeSat diseñado para beneficiar a grupos de edades jóvenes y será el primer CubeSat del Reino Unido en alcanzar el espacio. Se ha anticipado que tanto el FUNcube-1 como el FUNcube-2 (integrado en el UKube-1) serán lanzados en Órbita Baja Sincrónica al Sol, a una altura entre 600 y 800 kms. usando alguna de las múltiples oportunidades de lanzamiento previstas para Cubesats.

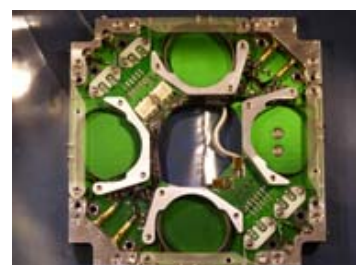
En ese tipo de órbita, el satélite pasará a diario por cada país tres veces en horario matinal y tres veces en horario vespertino (Hora local). Fuera de los horarios lectivos y durante los fines de semana FUNcube quedará disponible a la comunidad de radioaficionados para que experimenten con sus comunicaciones.

Sistemas del Satélite



Sistema de antena AntS (ISIS)

El FUNcube-1 monta un dipolo de 145 MHz. y otro dipolo de 435 MHz., ambos suministrados por ISIS. Los elementos de las antenas actuales están hechos de un material similar al usado en las cintas métricas metálicas, de manera que cuando el satélite es lanzado en órbita,



estas se despliegan y se estiran para alcanzar su posición de trabajo. El despliegue de las antenas se realiza fundiendo un hilo-alambre tipo fusible montando sobre un circuito de resistencias las cuales se calientan al envío de un comando de control. Cuando el alambre se funde, libera una cubierta de protección permitiendo que las antenas se desplieguen. El despliegue de antenas se realizara de una en una aproximadamente 10 minutos después de que el satélite sea expulsado al espacio por el sistema lanzador ISIPOD; esto es así para estar seguros de que al hacerlo habrá suficiente distancia con el resto de cargas lanzadas y que en su despliegue no golpearan con nada.

Modulo de RF (AMSAT)

El modulo de RF realiza las siguientes funciones:

- Recepción FM de un canal simple en la banda del servicio de satélites de radioaficionados de 435MHz y demodulación a una señal de audio la cual es entregada al modulo CCT para la decodificación de comandos.
- Modulación de la telemetría en modo BPSK. Este modulo toma el audio del modulo CCT, lo modula, convirtiéndolo en una señal de la banda de 145MHz, y finalmente eleva la señal para que por ultimo sea amplificada por el modulo PA
- Receptor y AGC para el transpondedor lineal invertido, que convierte señales de 435 MHz. a 145 MHz. con un ancho de banda de 20KHz.



Modulo PA (Amplificador de 2m) (AMSAT)

El modulo amplificador de potencia incrementa el nivel de potencia de las señales de la baliza y del transpondedor. Las señales en 145MHz, llegan desde el modulo de RF con una potencia máxima de 30mW o +15dBm. El bajo nivel de estas señales es amplificado a 400mW (+26dBm) antes de ser lanzadas a la antena de transmisión. El amplificador de RF es de etapa simple y clase AB, usando un MOSFET de potencia Mitsubishi RD02MUS1. El amplificador usa la tensión no-regulada de batería, la cual, en un uso normal, variará de 6.8 a 8.2 Voltios. A continuación del amplificador se encuentra un filtro pasabajos el cual elimina frecuencias mas allá de los 160MHz. El filtro incluye trampas que añaden una atenuación adicional al tercer armónico, ya que este se encuentra muy cercano a las frecuencias de entrada de comando y del transpondedor en UHF.



Además del amplificador de RF, el modulo PA contiene cuatro sensores que recogen datos para la telemetría del satélite. Estos sensores son:

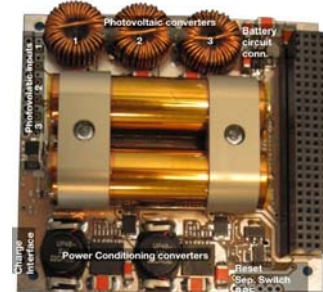
- Corriente de alimentación al transistor del PA (mA)
- Temperatura del transistor de potencia del amplificador (grados C°)
- Potencia de RF entregada (mW)
- Potencia de RF reflejada (mW)

La temperatura del modulo PA cambiará durante los tramos iluminados de la orbita, debido a la iluminación del sol. De igual manera que durante los tramos de eclipse, la temperatura descenderá al fluir su energía a las superficies mas externas del satélite, que

la radiaran después al espacio. La temperatura del transistor del PA también fluctuará dependiendo del número de usos y transmisiones del transpondedor. Cuando vuele sobre los océanos y las regiones polares, el uso de este será más esporádico, mientras que cuando se encuentre en zonas continentales con mayor densidad de población, el transpondedor será usado con mas continuidad, causando incremento en su temperatura.

Sistema de potencia EPS (GOMSpace - Dinamarca)

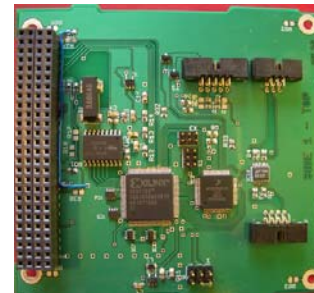
Esta unidad completamente comercial usa un microcontrolador que ofrece la máxima capacidad de control, medida y registro de tensiones, corrientes y temperaturas del sistema, así como habilita el control del usuario. La batería usa tecnología litio-ion; la capacidad de la batería de doble celda es de 2600mA/h a una tensión nominal de 7.6 Voltios.



Este tipo de alimentador es capaz de entregar potencia directamente desde los paneles solares en el caso de que, después de una temporada en el espacio, la batería ya no sea capaz de mantener su carga. Así se lograra que el satélite opere en condiciones exclusivas de orbita iluminada en caso de fallo en sus baterías. Esto era un requerimiento inicial desde el comienzo de la misión.

Modulo de Comando, Control & Telemetría (AMSAT)

El modulo CCT (Comando, Control & Telemetría) es uno de los circuitos diseñado y fabricado por los miembros de AMSAT del equipo de desarrollo del FUNcube. Su función es controlar lo que hace el satélite en tiempo real, por ejemplo:



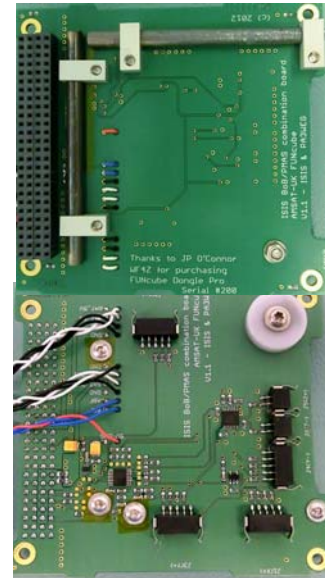
- Conmutación automática del satélite del “modo educacional” al “modo aficionado”.
- Recogida de lecturas de los mas de 30 sensores montados en el satélite, por ejemplo temperaturas, tensiones de batería, corrientes, etc., y convertirlas en telemetría lista para ser enviada a Tierra a través de la baliza de transmisión.
- Obtener y almacenar datos por orbita completa del Experimento Científico sobre Materiales (El antes mencionado Experimento de Leslie’s Cube) para demostrar las variaciones en el comportamiento térmico de los materiales dependiendo del acabado superficial que tengan, tanto en condiciones de vacio, como cuando sufren variaciones de temperatura (Por ejemplo en las transiciones de iluminación a eclipse y viceversa).
- Monitorizar la tensión de la batería principal, y conmutar el satélite al modo de baja potencia si la tensión de dicha batería baja por debajo de cierto nivel predefinido.
- Procesar la telemetría y aplicar el código de corrección de errores (Forward Error Correction FEC) para que las estaciones de control en la Tierra puedan recibirla correctamente.
- Comunicar con el resto de módulos del satélite a través de un bus llamado I2C.

- Este circuito también contiene una conexión con el sistema de control de antenas, para comandar la orden de despliegue de las mismas tras la puesta en órbita.
- Este módulo ha sido diseñado para trabajar con mínima potencia (consumo medio de potencia de 15mW, con picos de 33mW), y cuando no el microprocesador no es necesario en la operación del satélite, se puede auto-conmutar a un modo de ahorro de energía.

Modulo interface especial AMSAT (AMSAT & ISIS)

Se encarga del control pasivo de posicionamiento del satélite, de algunas tareas-puente entre módulos y de mediciones de corriente y tensión adicionales.

Tiene un sistema de posicionamiento magnético que consiste en dos varillas de histéresis (mostradas en la imagen superior) y un imán permanente (el objeto blanco y circular de la imagen inferior). Las varillas de histéresis moderan magnéticamente las velocidades angulares de dos de los ejes de rotación del satélite, y el imán permanente tiende a alinear el tercer eje a lo largo de la dirección del campo magnético de la Tierra.



Las tareas-puente que realiza son para los siguientes componentes: cinco sensores solares (los que no están mirando en dirección -X); cuatro sensores de temperatura de paneles solares (los que no están mirando en direcciones +/- Z); dos sensores del bus de tensión; y el bus de corriente de los 3.3v.

Paneles Solares (AMSAT)

Los paneles ya vienen equipados con sensores de sol y de temperatura y usan tecnología de triple-unión GaAs, con una cubierta de cristal de resistencia a la radiación mejorada. Cada panel entrega 2.3w a 3V (eficiencia de 28%). Aunque la eficiencia de estos paneles se deteriorara con el tiempo, esperamos que su comportamiento sea lo suficientemente eficaz durante muchos años en el rango de temperaturas de entre -40°C y +125°C.

Modulo IGIS (ISIS)

Este circuito es la base del cubo y es un producto standard de la firma ISIS. Proporciona un conector para la carga de la batería antes del vuelo y habilita que el vital conector “ABF” (Add Before Flight o “Conectar antes del vuelo”) pueda ser enchufado en el lugar del lanzamiento. Sin esta conexión, el satélite nunca podrá trabajar.

Modos de Operación

- Solo recepción – todos los transmisores están apagados, escucha comandos desde la estación de control en la Tierra, requerido por la ITU (International Telecommunications Union)
- Modo Seguro – Solo opera la baliza y a baja potencia

- Modo Educativo – Solo opera la baliza a alta potencia. Planificado para que se active cuando el satélite este iluminado
- Modo Radioaficionado – Opera la baliza a baja potencia y además el transpondedor a plena potencia. Planificado para que se active cuando el satélite este en eclipse

Lanzamiento y Primeras Operaciones

El FUNCube-1 deberá de ser lanzado desde Rusia a finales de Noviembre de 2013 en una órbita a 600 kms. sincrónica al sol. Las antenas necesarias, los dongles FUNCube, el software y la información de apoyo y soporte esperamos poder hacerla llegar a los colegios, a un bajo coste, breve tiempo después. Los primeros días de vuelo del satélite serán monitorizados desde la estación de radio de la Sociedad Nacional de Radio de la Gran Bretaña, ubicada en Bletchley Park, al norte de Londres.

Los primeros datos keplerianos esperados tras el lanzamiento son:

Satellite: FUNCUBE-1 (AO-73)
 Catalog number: 99991
 Epoch time: 13325.309563080
 Element set: 1
 Inclination: 97.7956 deg
 RA of node: 38.2570 deg
 Eccentricity: 0.0059925
 Arg of perigee: 198.5190 deg
 Mean anomaly: 336.5388 deg
 Mean motion: 14.77841394 rev/day
 Decay rate: 0.00000106
 Epoch rev: 1



Cohete lanzador Dnepr desde Yasny, Rusia, 4º trimestre de 2013

Operaciones del Satélite

Durante las horas nocturnas locales (cuando el satélite esta en eclipse) el sistema conmutara a Modo Radioaficionado: Recibe en UHF (435.150 – 435.130 MHz.) y transmite en VHF (145.950 – 145.970 MHz. además de telemetría a baja potencia). Cuando este iluminado, el satélite estará en Modo Educativo, transmitiendo telemetría a plena potencia en 145.935 MHz en modo BPSK a 1200 bps. Esta planificación en la conmutación de los modos de operación puede ser cambiada por la Estación de Control en Tierra. El satélite tiene un sistema para detectar cuando esta en oscuridad (eclipsado por la Tierra), y entonces conmuta de manera autónoma y automática del Modo Educativo (Solo telemetría a alta potencia) al Modo Radioaficionado (Telemetría a baja potencia y transpondedor de Radioaficionados a plena potencia).

El transpondedor de radioaficionados (parte del Modulo de RF) puede ser usado para hacer demostraciones de comunicaciones vía satélite en colegios y a estudiantes de todas las edades. Los estudiantes podrán escuchar señales provenientes de radioaficionados cuando el satélite este sobrevolando sobre ellos.

El Transpondedor de Radioaficionados (AMSAT)

Transpondedor invertido Modo UV

- Potencia de emisión de 300mW PEP, con telemetría a 30mW en 145.935 MHz
- Rango de AGC 43dB
- Modo educacional : Telemetría BPSK a 300mW
- Modo Radioaficionado : Telemetría BPSK a 30mW además de transpondedor de radio a plena potencia
- El satélite puede cambiar de modo educacional a modo radioaficionado al pasar de iluminado a eclipse y viceversa

Subida al transpondedor 435.150 a 435.130 MHz.

Bajada del transpondedor 145.950 a 145.970 MHz.

Baliza de telemetría 145.935 MHz.

Todas las frecuencias han sido coordinadas con la IARU (International Amateur Radio Union).

Telemetría

- BPSK a 1200 bps BPSK con corrección de errores y 54 canales.
- Telemetría mandada en tramas de 24 x 5 segs. a lo largo de periodos de 2min.
- Datos de Orbita Completa muestreados cada 60 segs. y almacenados durante 104 min.
- Datos “rápidos” muestreados en intervalos de 1 seg. durante intervalos de 60 segs.
- Mensajes de texto para difusión, de 9 x 200 caracteres; capacidad de almacenamiento en memoria de 27 mensajes
- 4.3 segundos de datos mas 0.7 segundos de tono BPSK no modulado.
(Un sonido muy particular para que pueda ser fácilmente reconocible “a oído”.)

Muchos sensores generan una tensión representativa al equivalente de la corriente, temperatura o potencia medida. Esta tensión se convierte de analógica a digital a través de unos conversores A/D.

Todas las ecuaciones de calibración de la telemetría están en la pagina web de FUNcube <http://funcube.org.uk> . La nave también transmite secuencias de números de 24 bits y un identificador del satélite de 2 bit que permite al software de las estaciones terrestres identificar al satélite y enrutar la telemetría recibida al almacén de datos del proyecto FUNcube.

Divulgación Educativa

El propósito del proyecto FUNcube es suministrar una señal directamente desde un satélite en el espacio que pueda ser fácilmente recibida en escuelas y centros educativos. La audiencia que se busca es principalmente estudiantes de primer y segundo niveles educativos. La información sera mostrada en un formato atractivo y fomentara estimulo y motivación a los estudiantes para interesarse en todas las materias del grupo STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) ligadas y presentes en este proyecto.

Además de construir el satélite actual, el equipo ha desarrollado lo que sería una simple y económica “estación de control terrestre”. Tan solo se necesita una pequeña antena, preferiblemente ubicada en el exterior, conectada a un Dongle USB especial de FUNcube. Este dongle, recibirá las señales directamente desde el satélite y transferirá los datos a un software gráfico especialmente desarrollado para este cometido (llamado Dashboard o Panel de Mandos) que corre en cualquier PC con S.O. Windows.

En niveles educativos más bajos (Primaria), seríamos capaces de mostrar y trabajar con los siguientes temas:

- Radiación solar – el poder del sol
- Conceptos como planetas, orbitas, fuerzas de atracción y eclipses
- El sentido de las baterías para los tramos de orbita en oscuridad
- Tamaños – La Estación Espacial Internacional ISS es grande (Como cinco autocares) – El FUNcube es muy pequeño (Un cubo de 10cms.)
- Geografía – naciones, lugares, climatología, etc.

En niveles educativos mas altos (Secundaria) prevemos ser capaces de mostrar y trabajar sobre los siguientes temas:

- Temperaturas a bordo – internas y externas
- Tensiones y corrientes que fluyen entre la batería y los paneles solares
- Temperaturas de unas piezas/chapas metálicas montadas en el satélite, con diferentes acabados, y usadas para una misión demostrativa llamada Experimento de “Leslie’s Cube.
- Visualización de la velocidad de rotación y giro usando graficas de las tensiones y corrientes de los paneles solares
- El efecto de el imán instalado en el satélite para alinearlo con el eje del campo magnético de la Tierra.

Otros objetivos y oportunidades educativas ofrecidas por el proyecto incluyen:

- “Datos de Orbita Completa” para demostraciones y estudios sobre fases de iluminación/eclipse
- Integración del proyecto a planes de estudio de asignaturas como matemáticas o física de niveles de primaria o secundaria
- Demostraciones de contactos vía radio en colegios
- Demostraciones más avanzadas relacionadas con patrones de radiación de antenas y nivel de radiación solar. También sería posible trabajar en estudios a largo plazo del efecto de la radiación en la microelectrónica y otros aspectos similares.

El satélite también permitirá el envío y difusión (de manera indirecta a través de un gestor) de mensajes cortos de texto para por ejemplo dar saludos, y pueden ser usados por los colegios. También habrá un sistema de transferencia de los datos recibidos por una estación de control a la base de datos central del proyecto FUNcube. Estos datos recibidos y almacenados en la base de datos central serán públicos y accesibles a todo el mundo para que puedan visualizarse y analizarse.

Experimento Científico de Materiales (MSE)

Este experimento examina cómo la energía en forma de calor se irradia hacia el espacio a partir de materiales con diferentes acabados superficiales. En el laboratorio de ciencias de la escuela aprendemos sobre las transferencias de energía térmica de un material caliente a un material frío por convección, conducción o radiación. Mientras que la conducción en sólidos y la convección en gases o líquidos se puede demostrar fácilmente, la demostración del clásico Cubo de Leslie puede resultar poco convincente para demostrar la transferencia de energía por radiación, ya que conducción y convección ocurren al mismo tiempo



Cubo de Leslie

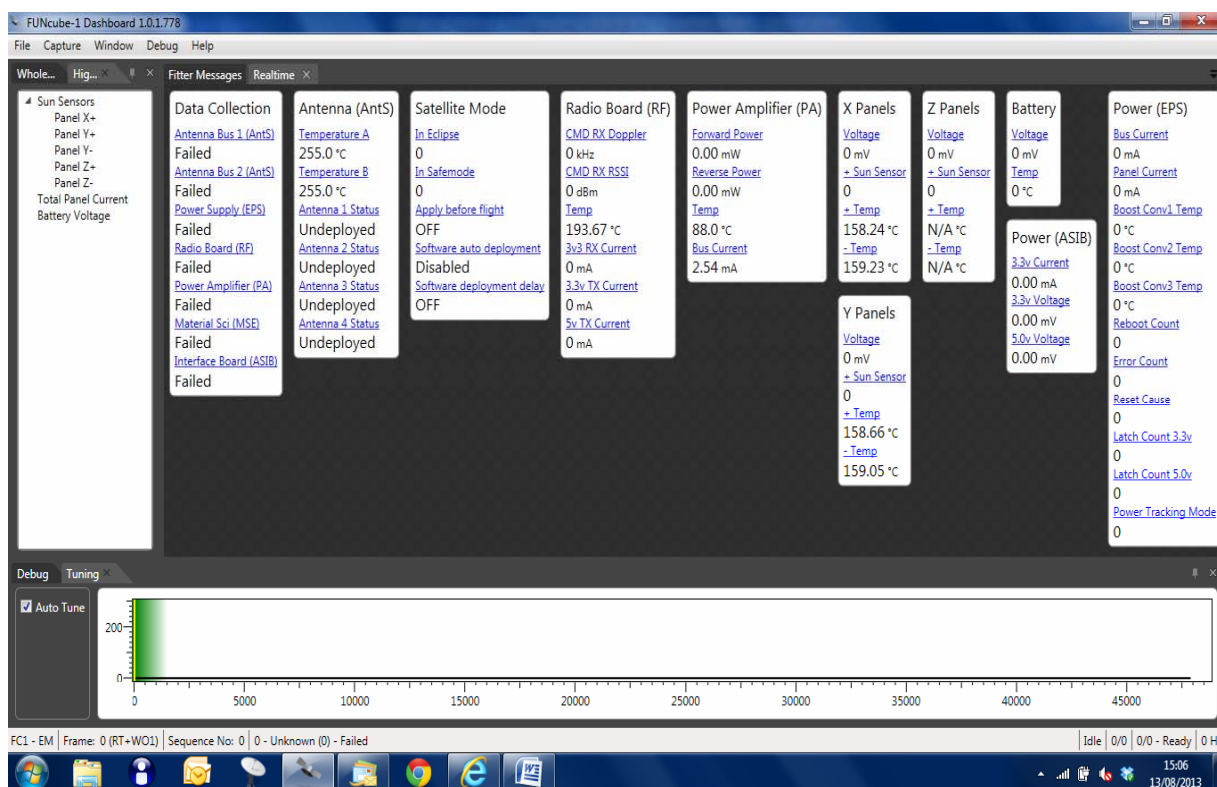
El FUNcube-1 tiene dos barras de aluminio montadas sobre la superficie externa de los paneles solares. Una muestra es de anodizado negro mate, el otro tiene un acabado de cromo pulido. Ambas muestras de 70 x 4 x 3 mm están térmicamente aisladas, e incluyen termistores para medir su temperatura. Como el satélite pasa parte de su órbita iluminado, la energía del sol se absorbe en ambas muestras de metal que causan un aumento en la temperatura.

La diferencia en el aumento de la temperatura entre las dos muestras no es fácil de predecir ya que no sólo depende de los atributos conocidos de masa, acabado de la superficie, capacidad de calor específico y el área de superficie, sino también de varias variables desconocidas – por ejemplo la tasa de rotación del satélite, la altura y el ángulo de ataque de la luz del sol. Sin embargo, cuando el satélite pasa de estar iluminado por la luz solar a estar en eclipse, la energía se pierde de ambas muestras por radiación.

Las temperaturas se muestrean una vez cada 60 segundos y se almacenan en la memoria del satélite. Cuando el FUNcube pasa por encima de una estación de tierra, transmite datos de los últimos 104 minutos a través de la telemetría. Como el tiempo necesario para completar una órbita es de aproximadamente 94 minutos, los datos incluyen siempre la última transición de iluminación a eclipse y viceversa. Los datos se pueden representar como un gráfico utilizando el software "Dashboard", y se muestra cómo se absorbe y se emite la energía desde las muestras a diferentes velocidades.

Además de las muestras del experimento MSE en los paneles solares, dos de las aristas verticales de aluminio de la estructura del satélite se han fabricado con una cara en acabado plateado-pulido (cubierto con una fina película de kapton antes del lanzamiento) mientras que las otras están acabadas en negro mate. Este detalle puede verse en la fotografía de la portada de este manual. También puede observarse ligeramente las barras de aluminio del experimento en las dos caras de la derecha del panel solar superior. Adicionalmente se han incluido sensores de temperatura en las estructuras del cubo mencionadas que van atornilladas entre sí, permitiendo la conducción de energía calorífica entre las diferentes aristas. Por lo tanto, también tiene que haber una diferencia en la velocidad de intercambio de calor medible entre todas ellas.

Interface gráfico de usuario – El Panel de Mandos o Dashboard



Pantalla principal del programa Dashboard

El Interface Gráfico de Usuario (GUI) es el software que estará disponible gratuitamente para todo aquel que este interesado en él (tanto colegios como usuarios individuales). Correrá en ordenadores con sistema operativo Windows y permitirá al usuario realizar funciones tales como la visualización de la telemetría. El programa acepta audio tanto del Dongle FUNcube como de una radio receptora en SSB a través de la entrada de audio de la tarjeta de sonido y correctamente configurado puede, al mismo tiempo que recibe, trasladar la telemetría a la Base de Datos del proyecto (<https://warehouse.funcube.org.uk>) vía Internet. De esta manera podremos reunir telemetría desde todos los lugares del mundo. Estos datos serán públicos para que cualquiera pueda analizarlos. El programa Dashboard también puede mostrar datos recibidos y salvados con anterioridad a través de ficheros de audio tipo .wav , ficheros IQ wav o grabaciones desde ficheros .FUNcubebin.

AMSAT ofrecerá libremente el núcleo del software, el cual quedara disponible bajo una licencia de Creative Commons antes del lanzamiento del satélite para buscar posibles colaboradores que pueden contactarnos para mayor información. Una versión ligeramente diferente de este Dashboard será desarrollada para proporcionar las mismas funcionalidades para el FUNcube-2 (FC2) que será un sub-sistema parte del satélite UKube-1. El programa Dashboard ha sido probado múltiples ordenadores con diferentes versiones de Windows, desde XP hasta Windows 8. El programa sigue en continuo desarrollo. Para descargar el programa, visitar la web: <http://funcube.org.uk/working-documents/funcube-telemetry-dashboard>

En el momento de hacer este documento (Octubre 2013) el programa no esta disponible todavía para Linux y Mac pero hay varios proyectos progresando de cara a proporcionar decodificadores para estas plataformas.

Mensajes “Fitter”

¿Qué es un mensaje “Fitter”? “Fitter” es un juego de palabras derivado de “Twitter”. Por lo tanto es como enviar “tweets” pero a través del FUNcube.

Estos mensajes son textos cortos (de 200 caracteres como máximo) que pueden ser enviados al satélite por las Estaciones de Control autorizadas, y que pueden ser transmitidos en la telemetría del FUNcube en múltiples ocasiones (En ciclos de 5 minutos más o menos). Los mensajes serán repetidos hasta que se reemplacen por otros nuevos.

Un ejemplo de mensaje “Fitter” podría ser algo así:

Saludos al Colegio XXX, en el cual estaremos haciendo una demostración el día XXX. ¡Esperamos que recibáis este mensaje OK! *(sitio para un poco mas de texto)*

El espacio de memoria reservado permite almacenar un total de nueve mensajes de este tipo (con un total de 1800 caracteres).

El Dongle FUNcube

El Dongle FUNcube es un receptor SDR encapsulado en una llave USB, el cual recibirá señales directas del satélite y transferirá los datos al programa en el PC. La antena se conecta al dongle a través de un conector SMA y el dongle se encarga del resto del proceso. De hecho, el dongle es capaz de recibir muchas mas frecuencias que la del satélite cuando este conectado a otros programas. Esta diseñado y construido por los expertos de AMSAT-UK y las ventas de este producto irán destinadas y al beneficio del proyecto FUNcube. La cobertura básica va de al menos 150 KHz hasta 240MHz y de 420MHz hasta 1.9GHz. Esta formado por mas de 200 componentes electrónicos incluyendo hardware para filtros tipo “Front-End” y componentes para alimentar un previo a través de la salida de antena. En el momento de publicar este documento la última versión de este dispositivo es la denominada FUNcube Dongle Pro+ y cualquier buscador de Internet llevará a las páginas más relevantes sobre este producto de manera sencilla.



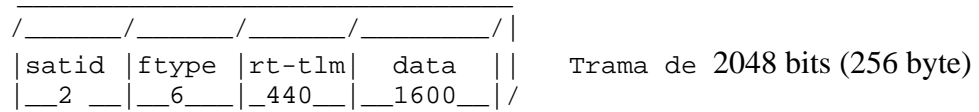
Formato de Datos

Resumen General

El punto de partida inicial era usar el modo BPSK a 1200bps con convolución y block coding basado en el probado modelo de telemetría FEC del satélite AMSAT AO-40, modificándolo en lo que fuera necesario. Si comenzamos con una trama de datos con base de 256 bytes (2048 bits), una vez que haya pasado a través de un par de codificadores RS (160,128), el distorsionador o scrambler, el codificador de convolución y el entrelazador o interleaver, tenemos un total de 5200 bits para transmitir. Así, ignorando el preámbulo y el cierre de la trama, cada paquete de datos necesitara de 4,3 segundos para ser transmitido en su totalidad.

Cada trama consiste en un identificador de satélite de 2-bit y un identificador del tipo de trama de 6-bit, después 440 bits de datos en tiempo real, seguidos de 1600 bits de datos obtenidos de los componentes del satélite. El tamaño de trama requerido es de

2048 bits (256 bytes). Esto satisface la restricción de 2.048 bits por trama, y con ello el objetivo transmitir un paquete de datos cada cinco segundos.



Sat Id o Identificador de satélite

Los dos primeros bits son el identificador del satélite. Hemos definido:

[0][0] = FUNcube 1

[0][1] = FUNcube 2 montado en el UKube-1

[1][0] = No usado

[1][1] = Protocolo Extendido (Busca en otra posición la identificación del satélite)

Ftype o Tipo de trama

Los siguientes 6 bits se transmiten con el bit más significativo primero (MSB) e indicaran el tipo de trama dentro de los tres disponibles que va a enviar. También indica el número secuencial de la trama que a transmitir dentro de la transmisión total de un paquete.

Principales tipos de tramas:

- Datos de Orbita Completa (tipo = WO)
- Datos en Alta Resolución (tipo = HR)
- Mensajes “Fitter” (tipo = FM)

RT-TLM o Telemetría en Tiempo Real

Aunque no es un tipo de trama en sí mismo (ya que se incluye en todas las tramas) la información en tiempo real envía el estado de todos los canales de los módulos EPS, RF, PA, de los sistemas de antenas y del software del satélite. Se obtienen estos datos cada 5 segundos.

Datos de Orbita Completa

Esta es la parte científica, cuya intención es la de proporcionar toda la información requerida para el Experimento Científico de Materiales. Los datos se muestrean una vez por minuto durante 104 minutos. El objetivo principal de los datos son las cuatro lecturas de temperatura analógica muestreados en resolución completa de 12 bits. Esto, junto con las lecturas de tensión y temperatura de los paneles solares deberían de ser datos suficientes para conducir el experimento. También se incluyen la tensión de la batería, la corriente del sistema y la corriente recogida por las placas solares. Estos serán un buen indicador del estado de potencia total del satélite a lo largo de una órbita completa.

Telemetría en Alta Resolución

El propósito de los datos de alta resolución es ser capaz de vigilar la velocidad de rotación del satélite. Esto se puede calcular viendo la salida de cada panel solar con una relativamente alta frecuencia de muestreo. Así, los datos recogidos son los sensores solares, junto con las corrientes de los paneles solares y de la batería, muestreados una vez por segundo durante un minuto.

Esquema de Transmisión

La estrategia de obtención de datos arriba mencionada resultará en:

- 12 tramas de Orbita Completa
- 3 tramas en Alta Resolución
- 9 tramas de Mensajes “Fitter”

UKube-1

El primer proyecto de satélite llevado a cabo por la recientemente creada Agencia Espacial del Reino Unido será el UKube-1, que esta siendo desarrollado conjuntamente y en colaboración por pequeñas y medianas empresas, así como Universidades.

El UKube-1 será un Cubesat del tipo 3-U y esperamos que sea lanzado en orbita baja a comienzos de 2014.

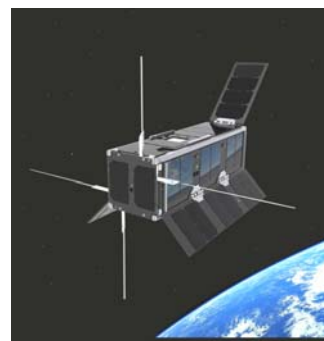


Imagen: © Clyde Space Ltd

Este satélite portara en su carga tres experimentos diferentes y AMSAT ha suministrado diferentes módulos usados en el FUNcube. Estos formarán la Extensión Educativa que forma parte de los requisitos de la misión UKube-1 y también proporcionará un sistema de comunicaciones redundante para el satélite.

El Experimento Científico de Materiales del UKube-1 consiste en cuatro piezas – dos como las del FUNcube-1 y otras dos hechas de titanio, una simplemente pulida y la otra con recubrimiento metálico negro por el método PVD (Deposición Física en Fase Vapor).

Ademas de la carga util del FUNcube, la otra radio UHF/VHF radio que será usada en el UKube-1 también tiene un modo de operación “loop back” disponible para su uso una vez finalizada la misión principal. Este modo entregara a los radioaficionados para su uso, un transpondedor monocanal con entrada en FM y salida en DSB.

Para evitar confusión con el satélite FUNcube-1 existente, se están usando los términos “FUNcube-2 sobre UKube-1” para describir esta parte del proyecto FUNcube.

Subida al transpondedor: De 435.080 a 435.060 MHz.

Bajada del transpondedor: De 145.930 a 145.950 MHz.

Baliza de telemetría: En 145.915 MHz.



AMSAT-UK

Quien quiera ser miembro de AMSAT-UK puede conocer mas de nosotros visitando nuestra página web en <http://www.amsat-uk.org> donde puede encontrar los objetivos de nuestra organización, acceder a nuestro comité y a nuestra revista Oscar News, así como hacerse socio online.

AMSAT-UK, "Badgers", Letton Close, Blandford, Dorset DT11 7SS, UK
Telefono: (+44) (0)1258 453959; Fax (+44) (0)1258 453959
E-mail: Jim Heck, G3WGM, g3wgm@amsat.org