

## PLATAFORMA TERMINAL TRANSMISORA PARA EL SISTEMA DCS

Ing. Gerardo E. Sager, Ing. Hugo E. Lorente, Sr. Mauricio Hernandez, Ing. José M. Juárez,  
Ing. Jorge A. Carlotto

Grupo de Investigación y Desarrollo en Comunicaciones Digitales *GrIDComD*  
Calle 48 y 116 2do Piso 1900 La Plata.  
ger@ing.unlp.edu.ar

### Introducción

En este trabajo se describe el desarrollo de una Plataforma Terminal Transmisora (PTT) destinada a ser utilizada con el Sistema DCS (Data Collection System) cuyo receptor está embarcado en el satélite SAC-D/Aquarius.

Si bien este satélite actualmente no está operativo, el diseño de la PTT, permite su utilización en sistemas compatibles como ARGOS y el Sistema de Coleta de Datos (SCD) de Brasil.

Se describirán las características y requerimientos de las PTT, algunos aspectos que fueron tenidos en cuenta durante el desarrollo, las interfaces de usuario y de administración del mismo, resultados obtenidos y algunas aplicaciones donde fueron utilizadas.

### Requerimientos

Las plataformas desarrolladas, deben cumplir con los requerimientos impuestos por los sistemas DCS, ARGOS I y SCD, los cuales solamente difieren en sus frecuencias de operación. Un resumen de estos requerimientos se lista en la tabla 1 a continuación.

Tabla 1

Requerimientos del Sistema		DCS	SCD	ARGOS I
Frecuencia de operación	Medido con precisión $\pm 10^{-8}$	$401.540 \text{ MHz} \leq f_0 \leq 401.560 \text{ MHz}$	401.65MHz	$401.630 \text{ MHz} \leq f_0 \leq 401.680 \text{ MHz}$
Modulación	Desviación de fase	$\pm 1.1 \text{ rd} \pm 0.1 \text{ rd.}$		
	Tiempo de transición de modulación	$100\mu\text{s} \leq R \leq 250\mu\text{s.}$		
	Simetría de la señal de modulación	$\leq 1 \%$		
Potencia Transmitida	En Modo Transmisión	$\leq 34.8 \text{ dBm (3 W)}$		
	Fuera de Modo Transmisión	$\leq -10 \text{ dBm.}$		
	Variación durante la transmisión	$\leq 1 \text{ dB.}$		
	Tiempo de Subida , Tiempo de Bajada	$\leq 5 \text{ ms}$		

Por otra parte los mensajes a transmitir, deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- Duración de la portadora pura 160 ms +/- 2.5 ms. Medido con precisión de +/- 0.4 ms
- Duración de la transmisión: 360 ms +/- 5 ms a 920 ms +/-12 ms en pasos de 80 ms +/- 1 ms. Medido con precisión de  $\pm 0.5$  ms C
- Período de repetición y distribución uniforme alrededor de este período de repetición. Tr desde 60 a 300s Tr +/- 10%. Medido con precisión de +/- 1 sec
- Bit rate: 400 Hz  $\pm 1$  %. Medido con precisión de  $\pm 0.1\%$
- Preambulo 24 bits "FFFE2F" en hexadecimal .
- Longitud de Mensaje: 4 bits para indicar longitudes desde 32 a 256 bits en pasos de 32 bits
- Identificación 20 bits or 28 bits

También deben cumplir con requerimientos funcionales y no funcionales dados por las condiciones de utilización

Entre los requerimientos funcionales podemos mencionar:

- Temperatura de operación (Top)  $-20^{\circ}\text{C} \leq \text{Top} \leq 55^{\circ}\text{C}$ .
- Tensión de Alimentación (Val)  $8\text{V} \leq \text{Va} \leq 15\text{V}$ .
- Protección contra inversión de Polaridad.
- Conector de RF tipo SMA.
- Posibilidad de montaje en riel DIN para utilizar en caja con grado de Protección IP54.

Como requerimientos no funcionales podemos mencionar que la tecnología que se utilice para su implementación debe ser accesible para la industria nacional, debiendo importarse solamente los componentes electrónicos necesarios, para esto se decidió realizar la implementación sobre una placa de circuito impreso de dos capas con agujeros metalizados (PTH "Plated Thru Hole") y utilizar componentes de montaje superficial con tamaño mínimo 0805.

## Diseño e implementación de hardware

### 1. Diseño electrónico

Con base en los requerimientos mencionados se decidió realizar un diseño electrónico de la Plataforma que consta principalmente de tres secciones, como se aprecia en la Fig. 1.

- Una sección analógica de Radio Frecuencia que incluye una etapa generadora de señal, una etapa excitadora y una etapa de potencia, con una red de adaptación al elemento irradiante.
- Una sección digital que permite la interfaz con adquirentes de datos, control del sistema, y modulación de la señal transmitida.
- Una sección de alimentación, bajo el control de la etapa digital, que permite obtener un sistema con bajo consumo.

#### a) Sección de Radio Frecuencia

La sección generadora de señal, se basa en un TCXVCO (Oscilador a cristal, compensado en temperatura y de frecuencia variable) que a su vez sirve como frecuencia de referencia para un sintetizador programable, que permite a su vez obtener la frecuencia de transmisión deseada. El manejo de la tensión de control de este TCVCXO, también permite obtener la modulación de fase necesaria para la transmisión de los datos digitales.

La etapa excitadora permite que la señal alcance el nivel necesario para que la etapa de potencia llegue a entregar la potencia de diseño que se ha fijado en 1 W (30 dBm)

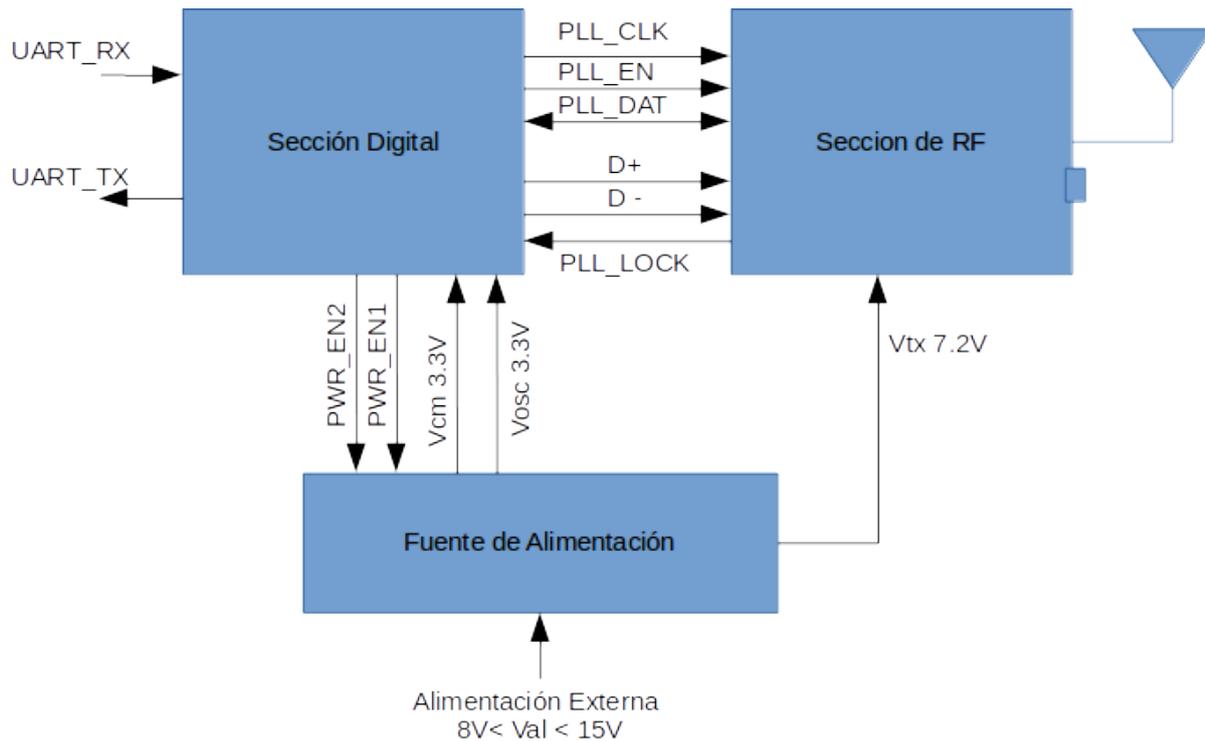


Figura 1

#### b) Sección Digital.

Esta sección está basada en un microprocesador de 8 bits de la familia HCS08 en un encapsulado de 20 terminales tipo TSSOP. Este posee modos de bajo consumo, una UART integrada, posibilidad de generación de señales PWM, oscilador a cristal de 32.768 KHz, interfaz SCI y tres puertos GPIO. Todas estas características se utilizan en el diseño planteado. Algunas de las tareas que realiza el microprocesador son:

- Control de la fuente de alimentación.
- Recepción e interpretación de comandos recibidos a través de la UART y generación de respuestas.
- Formato de mensajes a transmitir, incluyendo la generación de checksums, y almacenamiento temporario.
- Almacenamiento de parámetros de configuración en una memoria EEPROM serie, controlada por una interfaz SCI.
- Generación mediante PWM de las señales necesarias para la modulación
- Configuración de interfaces UART y generación de señales de configuración para el sintetizador.
- Medición de tiempo para la transmisión de los mensajes a intervalos preconfigurados.
- Manejo de un modo de administración que permite la configuración de parámetros únicos de la estación como ID, intervalo de repetición y frecuencia de operación. En este modo además se pueden utilizar comandos especiales para ensayo y calibración de la plataforma.

#### c) Fuente de Alimentación.

La fuente de alimentación provee tres alimentaciones distintas a partir de la entrada de alimentación externa. Una de las alimentaciones provee 3.3 V regulados destinados al funcionamiento del microprocesador. Esta alimentación se mantiene siempre activa, ya que se pueden utilizar los modos de bajo consumo del microprocesador. Otra de las alimentaciones, de 3V regulados se dedica exclusivamente para proveer tensión al

TCVCXO, lo que optimiza la estabilidad en frecuencia del mismo, la activación de esta fuente se realiza bajo control del microprocesador solo cuando debe realizarse la transmisión de un mensaje. Por último, se tiene una alimentación de 7.2V regulados, destinada a proveer tensión a la etapa de RF, tanto excitadora como de potencia. La alimentación de 7.2 V debido a la necesidad de provisión de potencia está implementada como fuente switching, mientras que las de 3.3V y la de 3V están implementadas mediante reguladores lineales.

## 2. Diseño mecánico.

Teniendo en cuenta que la PTT debe ser lo suficientemente robusta, se ha realizado un diseño mecánico que permite una fácil instalación aún por parte de personas sin conocimientos técnicos detallados.

## 3. Diseño térmico

Asimismo se ha tenido en cuenta que las Plataformas podrían ser instaladas en ambientes extremos como desiertos, montañas, glaciares, etc, por lo que se ha prestado especial atención a los componentes e interfaces térmicas. A tal fin se ha maximizado el área de plano de tierra de la placa e circuito impreso, y se han perforado múltiples vías para vincular térmicamente los elementos que deben disipar calor con dicho plano, previendo que el gabinete y el montaje mecánico del gabinete actúen en conjunto como disipador térmico. Para que el circuito funcione a bajas temperaturas satisfactoriamente se han seleccionado componentes adecuados para ese fin.

## Diseño e implementación de software

### 1. Modos de Operación

El software prevee dos modos de operación, Modo normal y Modo Administración

#### a) Modo Normal

En este modo, una de las tareas es la adquisición de comandos, la cual se dispara a través de una interrupción producida cuando se recibe un carácter en la UART.

Otra de las tareas es la activación de la transmisión. Como esta tarea genera la modulación de los datos a ser transmitidos en una secuencia precisa y restringida en tiempo, deshabilita todas las demás tareas. Esto no es un gran problema, ya que previamente se genera un mensaje (BUSY) que se transmite por la UART, mediante el cual un dispositivo externo que envíe comandos puede determinar que la tarea de adquisición de comandos no estará activa hasta que la plataforma envíe otro mensaje (FREE). La tarea de transmisión de datos es configurable para producir transmisiones espaciadas desde 2 segundos hasta 300 segundos entre sí, o bien bajo comando externo.

Los comandos habilitados en modo normal permiten distintas configuraciones, como habilitar/deshabilitar la transmisión repetitiva, cargar/borrar un nuevo dato a transmitir, seleccionar conmutar entre dos mensajes distintos a ser transmitidos, cambiar la identificación de plataforma, etc

#### b) Modo Administración

En este modo se pueden configurar algunos parámetros de la plataforma que no es conveniente modificar durante el funcionamiento normal, como el baud rate de la UART, período de repetición de la transmisión, Número de serie, frecuencia de transmisión, entre otros.

El procedimiento para ingresar en modo administración involucra la conexión y desconexión de un jumper durante un cierto período de tiempo a partir del reset, de manera que no pueda ingresarse a este modo accidentalmente por error de operación y habilita un conjunto de comandos privilegiados no accesibles en modo normal, que a permiten operaciones destinadas a realizar ensayos y calibración de la plataforma

## Funcionamiento de la Plataforma

Luego del reset, se verifica si se ha realizado la secuencia de operaciones destinada a entrar al modo Administración. Si este es el caso, la tarea de adquisición de comandos queda a la espera de los mismos y reacciona según el comando recibido.

En caso contrario se entra al funcionamiento normal, donde luego de proceder a la inicialización de los distintos periféricos, y si está habilitada la transmisión periódica de datos, se verifica un timer que le indica el instante de transmisión. Cuando se alcanza dicho instante, se emite un mensaje BUSY por la UART y se genera la secuencia de señales que dará lugar a la transmisión, la cual puede tener una duración comprendida entre 360ms y 920ms dependiendo de la cantidad de datos útiles a transmitir (32 a 256 bits). Una vez finalizada la transmisión, se reinicia el timer y se envía el mensaje FREE por la UART, quedando el receptor en condiciones de recibir nuevos comandos. Cabe destacar que cuando no se generan las señales a transmitir, el único elemento que consume energía es el microprocesador, ya que el resto de las fuentes se hallan deshabilitadas.

Un punto de interés es la implementación del modulador que se describe a continuación.

## Funcionamiento del modulador

Es necesaria la generación de una señal de tipo Manchester (biphase L) con desviaciones de fase de  $\pm 1.1$  radianes. Asimismo es necesaria la generación de una portadora sin modular durante un lapso de 160ms.

Para obtener las desviaciones de fase necesarias, se opera sobre la frecuencia del VCTCXO. Genéricamente puede considerarse que una variación tipo pulso en la frecuencia de referencia, produce una rampa de fase que se estabiliza en un valor fijo una vez finalizado el pulso. De esta manera, si la rampa es lo suficientemente rápida, lo que equivale a un pulso lo suficientemente angosto, la variación de fase puede aproximarse como un escalón. Eligiendo adecuadamente los tiempos y las frecuencias involucradas, se puede llegar a la especificación de  $\pm 1.1$  rad como variación de fase. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de lo expuesto

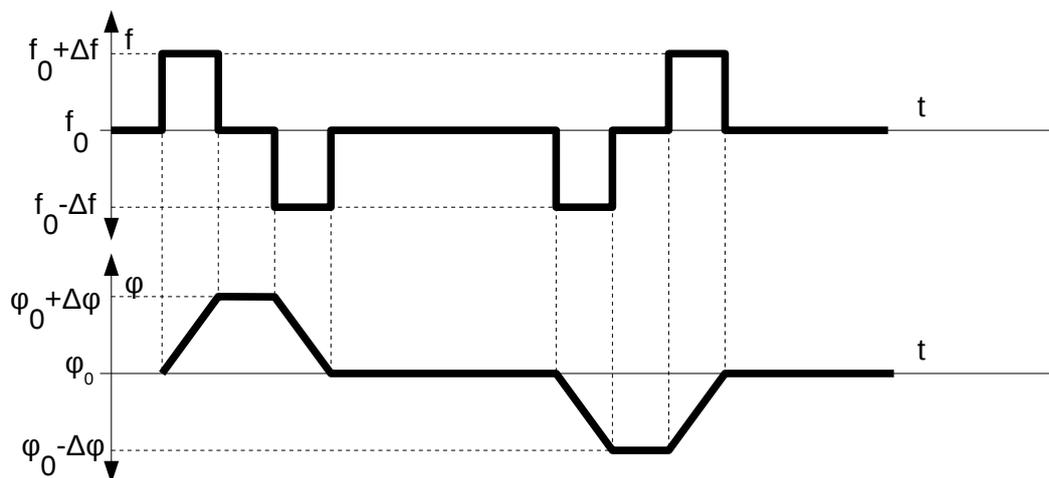


Figura 2

Para poder lograr las desviaciones de frecuencia necesarias, se proveen tres tensiones diferentes al VCTCXO, a través de un multiplexor analógico, de manera tal que proporcionen las tensiones necesarias para producir tres frecuencias distintas:  $f_0$ ,  $f_0 + \Delta f$  y  $f_0 - \Delta f$ .

Según la transición necesaria, dos señales digitales provistas por el microcontrolador, seleccionan una de las tres tensiones, durante un tiempo que se controla mediante el generador PWM.

## Resultados.

Se procedió a realizar prototipos de cada una de las secciones para poder validar el diseño, y luego se diseñó la placa de circuito impreso doble faz. Luego de armado el circuito se ajustaron las tensiones de modulación mediante sendos potenciómetros multivuelta, y se ajustó la etapa de salida para obtener máxima potencia aprovechando los comandos de calibración del modo administrador

Se realizó una prueba exhaustiva de los comandos de software en modo normal, verificando la funcionalidad.

También se realizaron ensayos a las temperaturas extremas de  $-20^{\circ}\text{C}$  y  $55^{\circ}\text{C}$  para verificar que el VCO del sintetizador cubriera el rango necesario de frecuencia en esas condiciones. Por último se conectó a una antena transmisora y se verificó la recepción de las transmisiones por parte del receptor DCS embarcado a bordo del satélite SAC-D Aquarius. En la Figura 3 se muestran fotografías de la plataforma dentro y fuera de su caja.

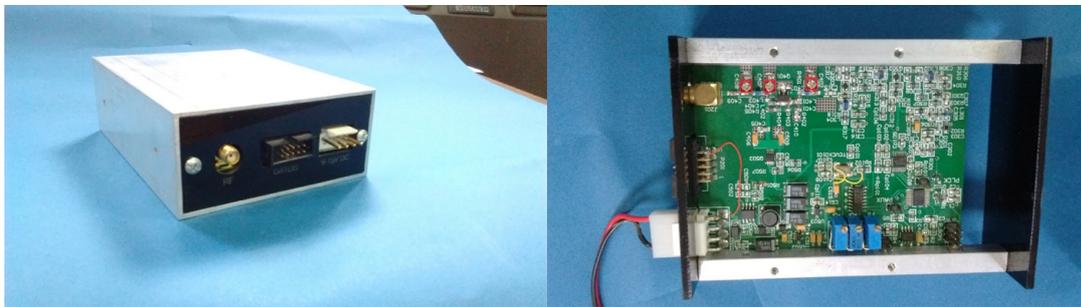


Figura 3

## Conclusiones.

Se han implementado 12 plataformas, bajo un convenio con la Comisión Nacional de Actividades Espaciales, las que fueron distribuidas por la CoNAE a distintos organismos para que realicen prueba de transmisión de variables ambientales, pudiéndose destacar la instalación de una de ellas en el Glaciar Gordon, próximo a la base Marambio en la campaña antártica 2013. Esta estación transmitió datos de temperatura y humedad entre febrero y junio de 2013, habiendo cesado su transmisión por la caída de la antena debido a la rigurosidad del clima.

Como perspectivas a futuro se ha seguido trabajando en el tema con los siguientes objetivos:

- Migración a un microprocesador más potente que permita también la adquisición de datos ambientales sin necesidad de un adquisidor externo.
- Realización de un receptor de mano para verificar la instalación de las plataformas.
- Adecuación de una interfaz con estaciones meteorológicas estándar.
- Desarrollo de un sistema de ensayo y calibración automático o semiautomático

## Bibliografía

CNES "Certification of PTT and PMT" AS3-SP-516-2281-CNES Ed.2

Yamaguti W., Orlando V., Pereira S. "Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais: Status e planos futuros" XIV Simposio Brasileiro de sensoramiento Remoto, Natal, Brasil 2009

Sager, G. Lorente, H, Mercado, G, "SAC-D Data Collection System—Instrument. Interface Control Document as built" CONAE Document: SD-335-0077-ver6. May 15, 2009