

Capítulo 2

Características de las Primeras Tarjetas de Comunicaciones Inalámbricas de SATEDU

2.1 Introducción

Un satélite necesita comunicarse con su estación terrena para recibir comandos y para reportarle telemetría, como se vio en el primer capítulo esta tarea la realiza el Subsistema de Comando y Telemetría, el cual tiene la equivalencia en SATEDU con el Subsistema de Sensores para la telemetría y con el Subsistema de Comunicaciones Inalámbricas para la transmisión de datos.

Este subsistema es fundamental para que la operación de SATEDU se realice sin necesidad de cables externos, además de darle el atributo de portabilidad.

Este capítulo se dedica a mostrar la arquitectura, software y las funciones de una manera general para las dos tarjetas de comunicaciones de RF que constituyen al Subsistema de Comunicaciones Inalámbricas actual de SATEDU así como un análisis de sus ventajas, desventajas y las oportunidades que hay para mejorar el subsistema, figura 2.1.

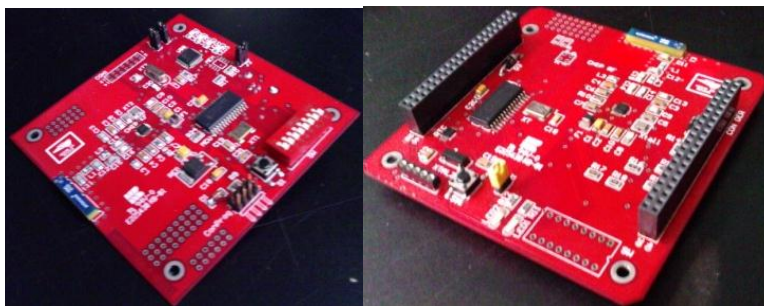


Figura 2.1 Subsistema de Comunicaciones Inalámbricas.

2.2 Arquitectura de la Tarjeta de RF

Como se dijo en el primer capítulo este subsistema se compone por dos tarjetas una conectada a una computadora personal y otra conectada a SATEDU, ambas tarjetas son muy similares excepto que la tarjeta conectada a la computadora tiene un transductor para conectarse con la computadora por medio de un puerto USB ya que la mayoría de equipos que están en el mercado hoy en día no cuentan con puertos seriales disponibles, otra diferencia es que la tarjeta conectada a SATEDU tiene conectores de costilla.

Las dos tarjetas de RF tienen básicamente la misma arquitectura, ambas tienen el microcontrolador PIC18F2321, el transceptor CC2500, una antena de RF de Antenova MICA 2.4 GHz, un oscilador de 10 MHz y un switch de selección de frecuencia. Las diferencias radican en que la tarjeta conectada a la PC tiene un convertidor de USB a Serial FT232BL, en tanto que la tarjeta conectada a SATEDU tiene un reloj en tiempo real Max6902.

El PIC18F2321 es de Microchip, es un microcontrolador de 8 bits, capaz de realizar hasta 10 millones instrucciones por segundo con un reloj de 40 MHz, es eficiente en compiladores en lenguaje C lo que facilita su programación; entre las características que tiene se pueden resaltar:

- Tiene un puerto de comunicaciones Serial síncrono y asíncrono.
- Trabaja en un rango de temperatura de -45°C a 85°C.
- WatchDogTimer con tiempo extendido.
- Múltiples opciones de Oscilador como osciladores de cristal, RC o un oscilador interno.
- Modulo MSSP (Master Synchronous Serial Port).
- Modulo HLVD (High Level Voltage Detection).
- Modulo CCP (Capture / Compare / PWM).
- 8 Kbytes de memoria flash.
- 512 bytes de memoria RAM.
- 256 bytes de memoria EEPROM.
- 25 entradas o salidas.
- Un temporizador de 8 bits y tres temporizadores de 16 bits.
- Convertidor analógico digital de 10 bits.

El transceptor CC2500 es un circuito integrado que trabaja en un rango de frecuencia de 2400 MHz a 2483.5 MHz que es una banda para aplicaciones industriales, científicas y médicas. Está diseñado para aplicaciones de bajo consumo de potencia y en distancias cortas, entre las características que tiene se pueden resaltar:

- Soporta modulación en amplitud, frecuencia y fase.
- Puede alcanzar tasas de transmisión de hasta 500 mil símbolos por segundo.
- Se controla por medio del BUS SPI.
- Modo de espera para un bajo consumo de energía.

Este transceptor puede confirmar si el canal a utilizar se encuentra libre y también tiene un indicador de la calidad del enlace establecido.

La antena de RF de Antenova MICA 2.4 GHz está diseñada para trabajar en un rango de frecuencia entre 2.4 GHz y 2.5 GHz, entre sus características se puede resaltar que:

- Utiliza polarización lineal.
- Impedancia de acoplamiento de 50 ohms.
- Opera entre un rango de temperatura que va de -40°C a 85°C.
- Pesa 0.5 gramos.
- Tiene forma de un paralelepípedo de 20.5 x 3.6 x 3.3 milímetros.
- Ganancia promedio de 1.9 dBi.
- Eficiencia promedio de 65%.

El oscilador de 10 MHz es un oscilador de cristal que utiliza el microcontrolador. El switch de selección de frecuencia está conectado al microcontrolador para hacer de manera manual el cambio de canal de transmisión con la posibilidad de seleccionar entre 255 canales diferentes.

El convertidor de USB a Serial FT232BL se utiliza debido a que las computadoras portátiles que se venden hoy en día no tienen puertos seriales. Este convertidor, crea un puerto serie virtual en la computadora, algunas de sus características son:

- Configuración del puerto serie síncrono y asíncrono.
- Buffer de recepción de 384 bytes.
- Buffer de transmisión de 128 bytes.
- Interfaz para niveles lógicos de 5 Volts y 3.3 Volts.
- Compatible con USB 1.1 y USB 2.0.
- Tiene un oscilador de 6 MHz.

El reloj en tiempo real Max6902 puede proveer año, mes, día del mes, día de la semana, hora, minutos y segundos. Se conecta con el PIC por medio de un puerto SPI. Se integró a SATEDU para que se le puedan programar tareas de manera preestablecida.

En la figura 2.2 se muestra la forma en que se conectan los componentes de la tarjeta de RF de la PC:

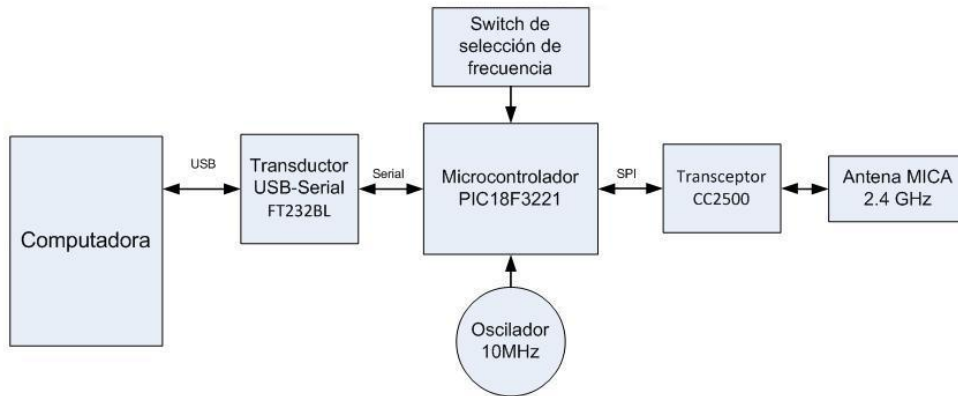


Figura 2.2 Diagrama de bloques de la tarjeta conectada a la PC.

La tarjeta que se conecta a la computadora, figura 2.3, obtiene su energía por medio del puerto USB, el microcontrolador se alimenta con 5 Volts, en tanto que el regulador de 3.3 Volts se usa para alimentar el transceptor CC2500.

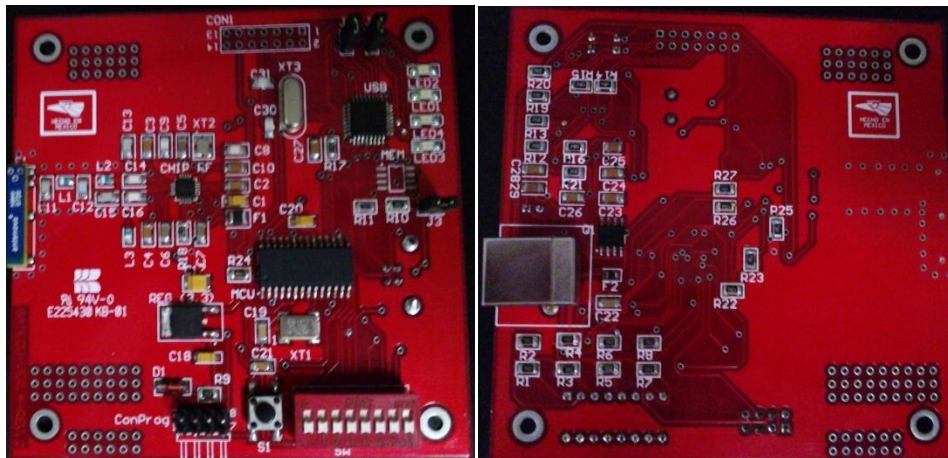


Figura 2.3 Imagen de la tarjeta de RF conectada a la PC (ambas caras).

En la figura 2.4 se muestra la forma en la que se conectan los componentes de la tarjeta de RF conectada a SATEDU:

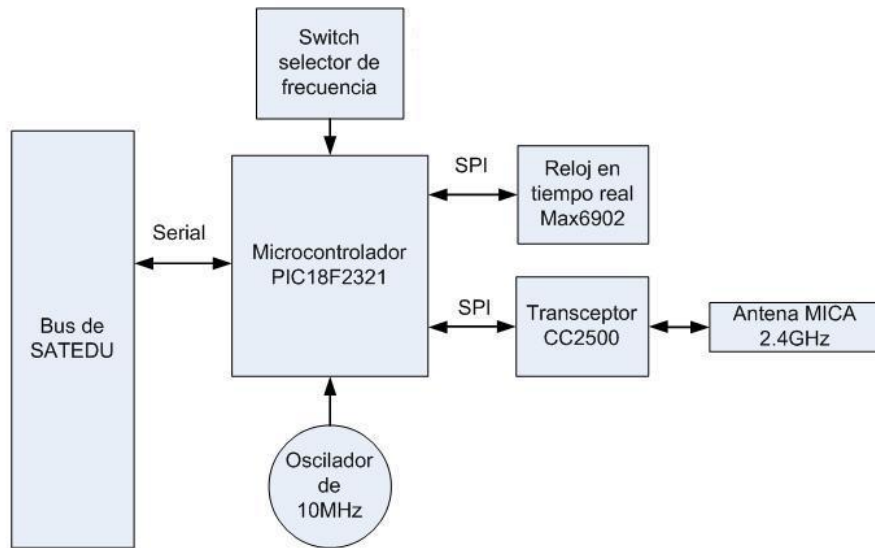


Figura 2.4 Diagrama de bloques de la tarjeta de RF conectada a SATEDU.

La tarjeta conectada a SATEDU, figura 2.5, obtiene su energía del voltaje suministrado al bus de SATEDU por el subsistema de potencia. El reloj en tiempo real y el transceptor CC2500 necesitan una alimentación de 3.3 Volts y el microcontrolador necesita 5 Volts.

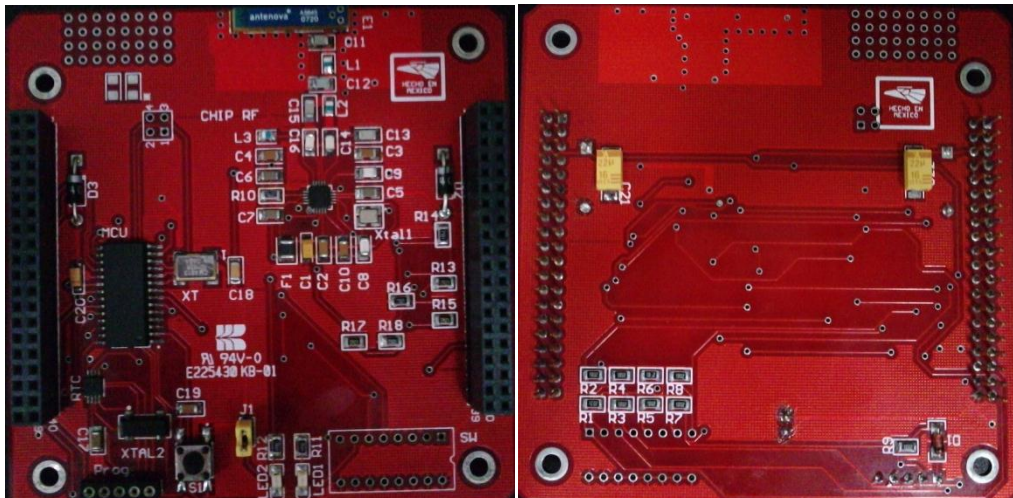


Figura 2.5 Imagen de la tarjeta de RF conectada a SATEDU (ambas caras).

Adicionalmente a los circuitos mostrados en los diagramas de bloques, cada tarjeta necesita de otros componentes pasivos como resistencias y capacitores, también las tarjetas tienen diodos para proteger los circuitos mostrados en las figuras anteriores.

2.3 Software operativo de la Tarjeta de RF

Todos los comandos que se envían a SATEDU son generados por el software de la estación terrena. En este caso, el Subsistema de Comunicaciones Inalámbricas es el encargado de llevar tal información desde la computadora hasta SATEDU, figura 2.6.

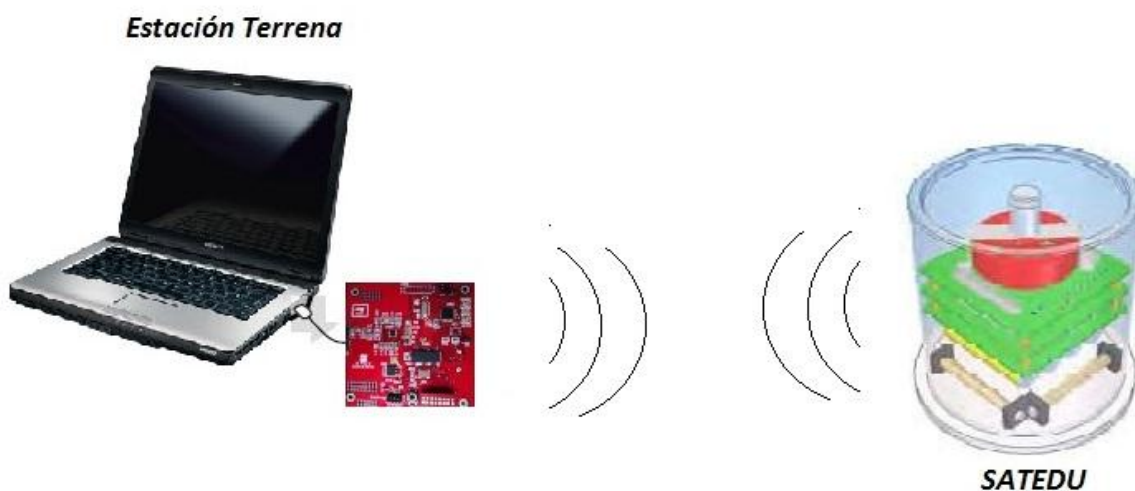


Figura 2.6 Comunicación entre SATEDU y la Estación Terrena.

Para el buen funcionamiento del transceptor CC2500 es necesario el microcontrolador y el software en el microcontrolador el cual es el mismo tanto para la tarjeta conectada a SATEDU como para la tarjeta conectada en la computadora, ya que aun no se implementa la utilización del reloj en tiempo real.

El software se desarrollo en lenguaje C y para la compilación se utilizó el compilador C18 de Microchip en MPLAB, la configuración del transceptor CC2500 es muy larga y tediosa ya que se tienen que configurar muchos registros para esta tarea se utilizó el programa smartRF studio que configura los registros de los dispositivos del tipo CCXXXX, el programa entrega un archivo *.c con las configuraciones de los registros.

En la figura 2.7 se puede ver el diagrama de flujo del programa instalado en el microcontrolador:

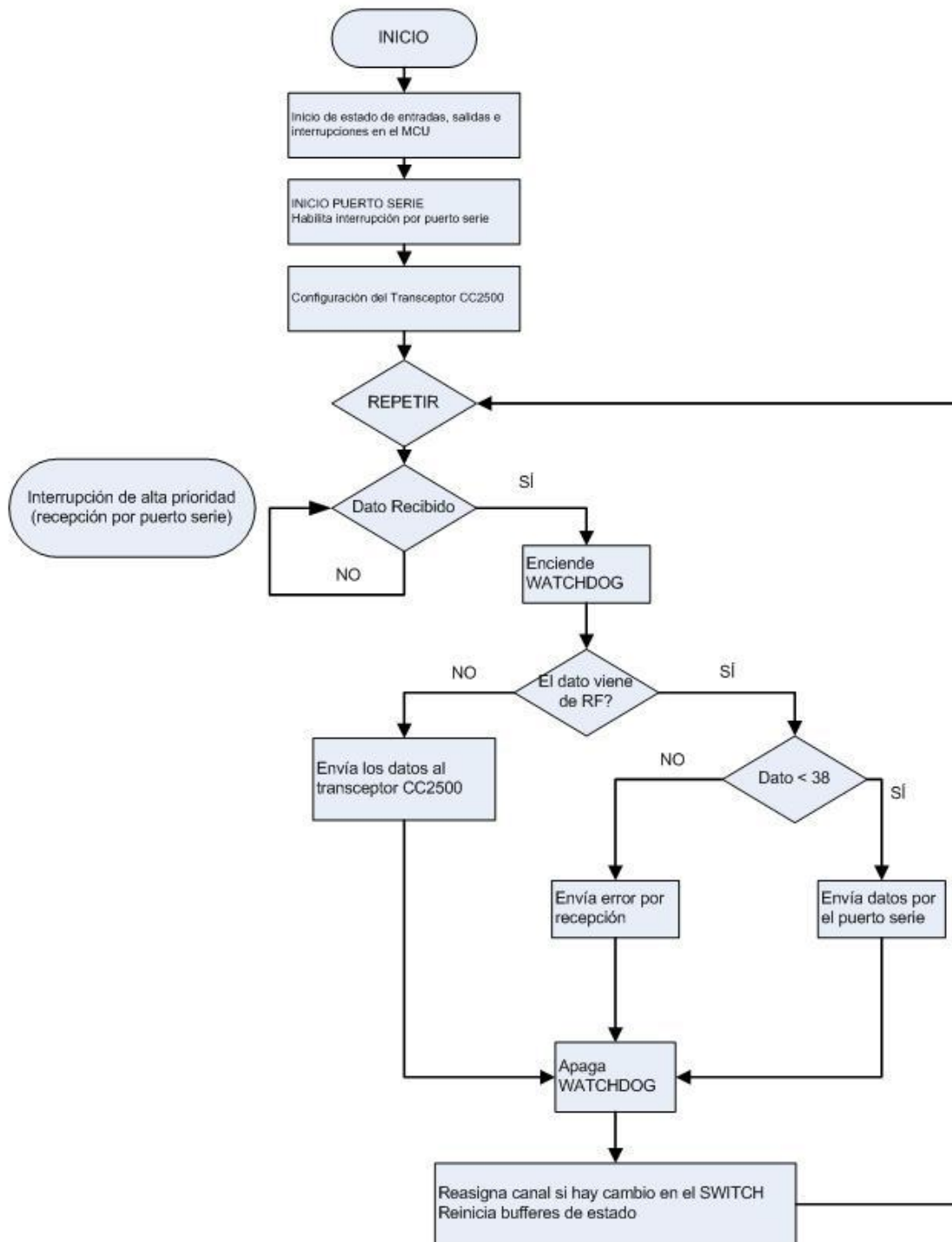


Figura 2.7 Diagrama de flujo del programa en el PIC18F2321.

Una vez que empieza la ejecución del programa, éste espera a recibir algún dato. Si la recepción se hace por medio del puerto serie entra la interrupción. El diagrama de flujo de la interrupción se muestra en la figura 2.8:

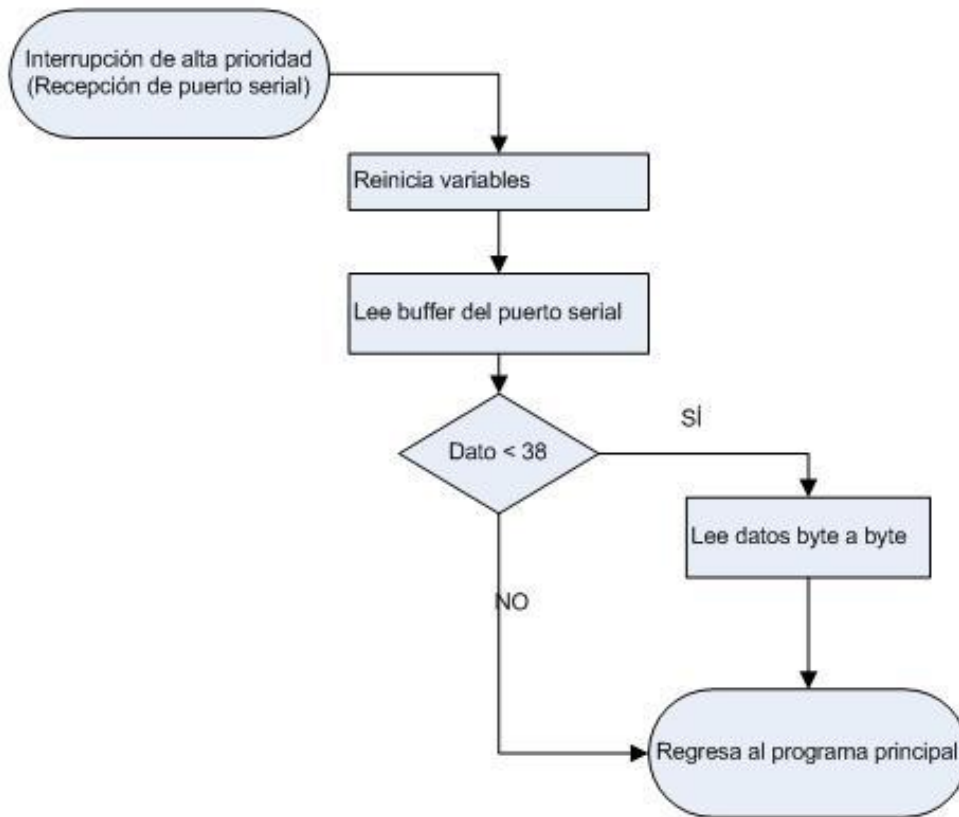


Figura 2.8 Diagrama de flujo de la interrupción por puerto serie.

Una vez que recibe algún dato se enciende el Wach Dog timer, este temporizador es un elemento muy importante en cualquier microcontrolador ya que en el momento que se desborda realiza una acción correctiva dado que se presentó una falla en la ejecución del programa, en este programa la acción correctiva es la de reiniciar el microcontrolador.

Otro aspecto que vale la pena comentar es que en ambos diagramas se indica que los datos tienen que ser menores a 38 bytes, esto es debido a que la trama que utiliza el transceptor CC2500 tiene una longitud máxima debido a su buffer FIFO (first in first out), este buffer es de 64 bytes pero no todos son para datos ya que también incluye unos bytes de preámbulo, palabra de sincronía, longitud de datos, y comprobación de redundancia cíclica.

2.4 Operación de la Tarjeta de Comunicaciones de RF

La función que tienen estas dos tarjetas es la de enviar los comandos que se generan en la computadora que simula la estación terrena a la computadora de vuelo de SATEDU, además de enviar la telemetría generada en SATEDU a la estación terrena.

Para enviar un comando primero se genera éste en la interfaz de estación terrena y después este se manda por un puerto COM a la tarjeta de RF conectada a la PC. Esta a su vez envía la información por medio del PIC y del chip de RF a la tarjeta de RF en SATEDU, esta tarjeta recibe la información y la envía a la computadora de vuelo para que esta distribuya la información entre los subsistemas.

En el caso de envío de telemetría se emplea el mismo proceso solo que en sentido inverso. Cabe señalar que por sus componentes la distancia máxima que puede haber entre SATEDU y la computadora es de 10 metros.

Para operar las tarjetas lo primero que se debe de hacer es conectar la tarjeta de RF de la computadora por medio del cable USB y conectar la tarjeta de RF de SATEDU. Una vez que se genera un comando con el software de estación terrena la información pasa por diferentes interfaces de comunicaciones:

- Primero los datos que salen del puerto USB se pasan a un formato serial asíncrono para que llegue el PIC.
- Una vez en el PIC los datos pasan del formato serial asíncrono a un formato SPI síncrono para interactuar con el transceptor CC2500.
- El transceptor CC2500 convierte estos datos a una forma de onda a una frecuencia de 2.4 GHz, con una modulación FSK.
- La información es recibida por el transceptor CC2500 en SATEDU y la forma de onda pasa de un formato SPI síncrono para ser entregada al PIC.
- El PIC convierte el formato SPI síncrono a formato serial asíncrono y entrega los datos a la computadora de vuelo.

Para el envío de telemetría se hace el mismo proceso pero en sentido inverso.

Con estas dos tarjetas se validaron las operaciones inalámbricas de:

- La transmisión de comandos entre la estación terrena (computadora) y el satélite (SATEDU).
- Recepción de telemetría básica en la estación terrena.
- Control de la rueda inercial de SATEDU.
- Visualización virtual de la posición de SATEDU en 3D en tiempo real de acuerdo a la orientación indicada por los sensores de navegación inercial.

2.5 Ventajas y Desventajas de la Tarjeta RF

Las ventajas que presenta el actual Subsistema de Comunicaciones Inalámbrico de SATEDU son las siguientes:

- No necesita que la computadora tenga un puerto serie disponible ya que se puede conectar por medio de un puerto USB.
- No cualquier dispositivo se puede comunicar con SATEDU por lo que es un sistema seguro ya que cada computadora que desee conectarse con él necesita una tarjeta de RF propietaria.
- Para transmitir tiene 255 canales disponibles lo que permitiría en algún momento tener varios satélites educativos funcionando en el mismo laboratorio sin interferencia entre ellos ya que cada uno trabajaría en una frecuencia diferente.
- El microcontrolador hace a este sistema versátil y flexible.

Una desventaja que tiene es que aunque cuenta con 255 canales disponibles es un poco laboriosa la configuración del sistema ya que se tienen que configurar muchos registros del transceptor CC2500 en software antes de poder ocupar cualquier canal de transmisión. Otra desventaja es que no se puede conectar con dispositivos que no cuenten con un puerto USB.

La función de las tarjetas es dar portabilidad a SATEDU esto se cumplió perfectamente debido a que con la tarjeta de RF de la computadora se puede conectar a cualquier laptop o PC, pero hoy en día existen dispositivos más pequeños que tienen capacidades de procesamiento similares a las de una computadora como los llamados teléfonos inteligentes y PDA's. SATEDU no puede conectarse con este tipo de dispositivos.

La oportunidad de mejora es actualizar el Subsistema de Comunicaciones Inalámbricas para que SATEDU se pueda conectar con dispositivos como teléfonos inteligentes y PDA's, sin perder la conectividad con computadoras.

En este sentido la propuesta que se hace y desarrolla en esta tesis, es la utilización del estándar Bluetooth para la comunicación entre la computadora y SATEDU debido a que esto daría la posibilidad en un futuro de controlar a SATEDU por medio de cualquier dispositivo que posea Bluetooth, esto daría una mayor conectividad al simulador satelital, que abre la puerta a simulaciones de otro tipo y desarrollo de nuevos experimentos como localización satelital por medio de dispositivos móviles o telesalud.

Bibliografía:

- Dr. Esaú Vicente Vivas, "Sistema portátil para entrenamiento de recursos humanos en tecnología de satélites pequeños primera fase". Proyecto 52297 de CONACYT, Instituto de Ingeniería, UNAM. México D.F. Mayo de 2008.