



Este documento describe los requisitos hardware que debe cumplir la placa del subsistema MCU (ordenador de a bordo) para el satélite EASAT2. Los requisitos software son descritos en un documento aparte.

Esta especificación incluye algunos aspectos que serían más propios del documento de diseño del módulo, pero se hace así al ser requisitos que han sido determinados por el software del MCU (requisitos de conexiones internas) o porque realmente son características imprescindibles del diseño que debe llevarse a cabo a partir de esta especificación.

Esta especificación es provisional hasta tener definido el módulo de Radiofrecuencia, ya que su diseño e interfaz afectan de forma importante a aspectos del módulo MCU, sobre todo en cuanto a requisitos de conectividad entre los módulos.

Historial de cambios del documento

En este apartado se recoge el historial de cambios del documento.

05/03/2017: Cambios respecto al borrador 3

- En la sección de requisitos de conexión internos, se corrige la descripción del requisito **REQ.GLO.MCU.5** para considerar una lógica de tensión regulada. En la misma sección se especifican los pines a los que se conectan los siguientes elementos: 1 LED rojo, 1 LED verde, la salida de la señal morse y el buzzer. En la misma sección, se modifica el requisito **REQ.GLO.MCU.3**, cambiando la señal PWD al pin RB0.
- En la sección de requisitos de interfaz con otros módulos, se recalca la importancia de la línea DIS y se añade un componente para protegerla en caso de fallo de la MCU. En la misma sección, en el módulo de transmisión, se añade la línea RF_IN.

09/10/2016: Cambios respecto al borrador 2

- En la sección de requisitos de interfaz con otros módulos, módulo MPPT se indica que las entradas SOL y PWD son un voltaje proporcional a la corriente medida, no necesitándose por tanto convertirlas a tensión.
- En la sección de requisitos de conexión internos, se corrigen las descripciones de los requisitos **REQ.INT.MCU.1**, **REQ.INT.MCU.2** y **REQ.INT.MCU.3** para tener en cuenta lo anterior. En la misma sección, se indica para el requisito **REQ.INT.MCU.4** se indica que el termómetro digital irá conectado a la entrada RA3.

01/10/2016: Cambios respecto al borrador 1

- Se elimina la línea BAT ya que las líneas VDD y BAT son la misma. El sistema MCU debe medir la tensión de batería directamente desde la línea de tensión VDD proporcionada por el subsistema MPPT.
- Se establece un tamaño para el PCB de 4x4 cm frente a los 4.5x4.5 cm de la versión anterior.

Aspectos pendientes de esta especificación

Aquí se detallan aspectos de la especificación que están pendientes de definir y que deberán ser abordados en próximas revisiones del documento.

- Interfaz definitivo con el módulo de Radiofrecuencia (dependiente de la solución que se escoja, lo cual incluirá protocolos de comunicación específicos con el módulo de RF).
- Características mecánicas (definición de conectores con otros módulos y orificios para fijación a la estructura).

Introducción al subsistema MCU

El subsistema MCU constituye el llamado ordenador de a bordo. Su función es comprobar el subsistema MPPT midiendo el nivel de voltaje de la batería y la intensidad de corriente generada por los paneles y generar una baliza que informe de los valores, aparte de identificar al satélite con su indicativo. Para ello genera una señal audio codificada en morse que es entregada al módulo de transmisión su envío en forma de modulación FM.

Requisitos globales

El módulo de ordenador de a bordo (MCU) cumplirá los siguientes requisitos generales:

- **REQ.GLO.MCU.1** Implementación con componentes SMD
- **REQ.GLO.MCU.2** Utilización del MCU 18F45K22 de Microchip
- **REQ.GLO.MCU.3** Posibilidad de programación externa
- **REQ.GLO.MCU.4** Utilización de cristal o circuito resonador a 2 Mhz
- **REQ.GLO.MCU.5** Lógica funcionando a una tensión regulada de 3V.
- **REQ.GLO.MCU.6** La placa será operativa con un rango de tensión 2.3V a 5.5V
- **REQ.GLO.MCU.7** Utilización del watchdog MAX6369 con un tiempo de comprobación de 1 minuto
- **REQ.GLO.MCU.8** Utilización del termómetro digital DS18B20

Requisitos funcionales

El módulo cumplirá los siguientes requisitos de funcionalidad:

- **REQ.FUN.MCU.1.** El MCU indicará a la placa que va a realizar una transmisión de baliza utilizando una línea. La señal para la transmisión será generada por el propio MCU de forma software, consistiendo en una onda cuadrada de 1 Khz. Esta onda cuadrada debe ser suavizada a una onda sinusoidal antes de entregarse al módulo de transmisión
- **REQ.FUN.MCU.2** La placa permitirá ser programada externamente (incorporará los terminales necesarios para poder programar el PIC externamente).
- **REQ.FUN.MCU.3** En caso de que el MCU no se encuentre operativo, bien por encontrarse en reset continuo por el watchdog, bien por tensión de alimentación demasiado baja o porque hubiera resultado dañado, no debe afectar al

funcionamiento de resto de subsistemas (no deberá poner a activa la línea de transmisión, por ejemplo).

Requisitos de interfaz con otros módulos

Este módulo tiene las siguientes conexiones de interfaz:

Módulo MPPT

- Entrada - Línea VDD de tensión (2.3 a 5.5V)
- Entrada - Línea GND
- Entrada - Línea SOL donde medir intensidad corriente solar (analógica). Esta entrada consiste en un voltaje proporcional a la intensidad de corriente, conectándose por tanto directamente a un ADC del MCU.
- Entrada - Línea PWD donde medir intensidad del consumo (analógica). Al igual que la entrada SOL, esta entrada consiste en un voltaje proporcional a la intensidad de corriente medida, conectándose directamente a una entrada de ADC del MCU.
- Salida – Línea DIS que indica al módulo MPPT que se va a medir la tensión de batería (digital a nivel alto). Al ser esta línea de carácter crítico, se evitará que esta línea quede a nivel alto en caso de que se produzca un error en la MCU. Se pondrá un condensador de valor 100 nF para evitarlo.

Módulo de transmisión

Las líneas de interfaz con el módulo de transmisiones son las siguientes:

- Salida – Línea ENA que indica que el módulo va a realizar una transmisión de baliza (digital a nivel alto)
- Salida – Línea BEA con la señal de 1 Khz de la baliza (señal de audio) (analógica)
- Salida – Línea GND (masa común)
- Salida – AGC – Línea analógica desde el DAC al módulo de RF para controlar el nivel de ganancia
- Entrada – Línea RF_IN desde módulo RF. Esta línea es analógica. Permitirá medir el nivel de la señal para controlar la ganancia, así como el nivel de squelch.

Módulo externo para programación

Para que el MCU pueda ser programado una vez soldado en la placa se deberá implementar la siguiente interfaz externa:

- Entrada – Línea PGD desde programador
- Entrada – Línea PGC desde programador
- Entrada – Línea VPP desde programador
- Entrada – Línea GND (masa común)

Requisitos de conexión internos

El módulo cumplirá los siguientes requisitos de conexión interna:

- **REQ.INT.MCU.1** La entrada VDD procedente del módulo MPPT será conectada al ADC0 del MCU (entrada RA0/AN0). Al ser un voltaje no necesita adaptación. En esta línea leerá el MCU el voltaje de la batería. Para hacerlo se conectará un divisor resistivo con las siguientes resistencias: $R1 = 4K7$, $R2 = 10 K // 100 nF$. R1 conectado a la tensión de alimentación, R2 a masa.
- **REQ.INT.MCU.2** La entrada SOL procedente del módulo MPPT será conectada al ADC1 del MCU (entrada RA1/AN1). Al ser un voltaje no necesita adaptación. En esta línea leerá el MCU el valor de corriente los paneles solares. Se debe utilizar una protección zener de 2.7V para evitar que haya más de este voltaje a la entrada del MCU.
- **REQ.INT.MCU.3** La entrada PWD procedente del módulo MPPT será conectada al ADC2 del MCU (entrada RB0/AN12). Al ser un voltaje no necesita adaptación. En esta línea leerá el MCU el valor de corriente de la batería (el consumo). Se debe utilizar una protección zener de 2.7V para evitar que haya más de este voltaje a la entrada del MCU.
- **REQ.INT.MCU.4** La entrada digital RA3 del MCU se utilizará para leer el valor del termómetro digital DS18B20 mediante protocolo One Wire.
- **REQ.INT.MCU.5** El resonador irá conectado en las entradas RA6 y RA7
- **REQ.INT.MCU.6** La línea de reset MCLR del MCU irá conectada al Watchdog
- **REQ.INT.MCU.7** Una de las salidas digitales (RD5) será entrada del Watchdog
- **REQ.INT.MCU.8** Se dispondrá de un LED rojo conectado a una de las salidas del MCU para poder realizar pruebas e irá conectado a la salida RD1 del MCU. El LED será activo a nivel alto del MCU.
- **REQ.INT.MCU.9** La placa prototipo de desarrollo (no para la versión de vuelo) dispondrá de un buzzer piezoeléctrico conectado la salida RD2 del MCU para poder realizar pruebas de la baliza. El buzzer aceptará ondas cuadradas de 1 Khz y será activo a nivel alto del MCU.
- **REQ.INT.MCU.10** La señal BEA irá conectada a la salida digital RD3 del MCU.
- **REQ.INT.MCU.11** Se dispondrá de un LED verde conectado a la salida RD4 del MCU para pruebas de debug / timer.
- **REQ.INT.MCU.12** La entrada analógica desde el módulo de RF (señal RF_IN) irá conectada a RA5 (AN4), pero esta señal será multiplicada analógicamente por 20 utilizando un amplificador operacional.
- **REQ.INT.MCU.13** La línea AGC que es salida analógica (DAC) con el módulo de RF se corresponde con el pin RA2.

A continuación se detalla la lista total de interconexiones del circuito integrado:

Tabla 1. Conexiones del MCU

Número de Pin (PDIP)	Número de Pin (TSSOP)	Nombre	Descripción
1	18	MCLR	Watchdog
2	19	RA0	VDD (desde MPPT) para medir voltaje bat.
3	20	RA1	SOL (desde MPPT) para medir int. paneles
4	21	RA2	AGC (DAC de 5 bits) a módulo de RF
5	22	RA3	Termómetro digital
7	23	RA4	Sin conectar
8	24	RA5	Entrada RF_IN desde módulo de RF (con amplificador operacional entre medias).
9	25	RE0	Sin conectar
10	26	RE1	Sin conectar
11	27	RE2	Sin conectar
12	28	VDD	Alimentación - Salida del regulador
13	29	VSS	Masa (GND)
14	30	RA7	Resonador
15	31	RA6	Resonador
16	32	RC0	Sin conectar
17	35	RC1	Sin conectar
18	36	RC2	Sin conectar
19	37	RC3	Sin conectar
20	38	RD0	Sin conectar
21	39	RD1	LED rojo
22	40	RD2	Buzzer (solo placa desarrollo)
23	41	RD3	Señal BEA (señal morse en audio)
24	42	RC4	Sin conectar
25	43	RC5	Sin conectar
26	44	RC6	Sin conectar
27	1	RC7	Sin conectar
28	2	RD4	LED verde
29	3	RD5	Salida hacia el watchdog
30	4	RD6	Sin conectar
31	5	RD7	Sin conectar
32	6	VSS	Masa (GND)
33	7	VDD	Alimentación - Salida del regulador
34	8	RB0	Entrada PWD (consumo de batería)
35	9	RB1	Sin conectar
36	10	RB2	Sin conectar
37	11	RB3	Sin conectar
38	14	RB4	Sin conectar
39	15	RB5	Sin conectar
40	17	RB7/PGD	Línea de programación externa
41	16	RA6/PGC	Línea de programación externa
-	12	NC	Sin conectar
-	13	NC	Sin conectar
-	33	NC	Sin conectar
-	34	NC	Sin conectar



Requisitos mecánicos

Se deberán observar los siguientes requisitos mecánicos

- **REQ.MEC.MCU.1** La placa tendrá unas dimensiones de 4 cm x 4 cm
- **REQ.MEC.MCU.2** La placa tendrá 4 orificios en las esquinas para su agarre a la estructura con tornillos. Falta concretar las medidas exactas.
- **REQ.MEC.MCU.3** Las conexiones de interfaz irán situadas juntas en uno de los lados de la placa

Última revisión Félix Páez Pavón EA4GQS e Ignacio de Mendizábal 5 de Marzo de 2017.