



Escola Politècnica Superior
de Castelldefels

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



TECNOLÓGICO
DE MONTERREY.



TRABAJO FINAL DE CARRERA

TÍTULO DEL TFC: Diseño de dispositivo de seguimiento vehicular por GPS

TITULACIÓN: Ingeniería Técnica Aeronáutica, especialidad aeronavegación

AUTOR: David García García

DIRECTOR: Hugo López Ramírez

FECHA: 25 de Enero de 2008

TÍTULO DEL TFC: Diseño de dispositivo de seguimiento vehicular por GPS

TITULACIÓN: Ingeniería Técnica Aeronáutica, especialidad aeronavegación

AUTOR: David García García

DIRECTOR: Hugo López Ramírez

FECHA: 25 de Enero de 2008

Resumen

Este documento presenta un resumen del proyecto de desarrollo de una aplicación de seguimiento vehicular por GPS realizado para la empresa IROX IT S.A de C.V. Se hace una presentación a grandes rasgos de todo el proceso llevado a cabo para dar solución a un problema de costes de subcontratación de servicios de posicionamiento que termina con el desarrollo de un componente de hardware basado en un módulo de comunicaciones integrado, el GE863-GPS de la empresa Italiana Telit. Se incluyen diseños eléctricos y procedimientos de modo muy resumido, y finalmente las características del módulo desarrollado. El proyecto se realiza en el marco de un convenio de colaboración entre el Instituto Tecnológico de Monterrey y la Universidad Politécnica de Cataluña.

Abstract

This document offers an overview of a vehicle tracking application developed as a R&D project for the Mexican company Irox It. It presents a quick look of the process followed to try to cope with the need of the company to reduce the costs derived of using third party hardware and data infrastructure to obtain vehicle position data. The project ended up with a design of a device based in the communications module GE863 developed by the Italian company Telit. Electrical designs are included, along with full schematics and circuitry functionality descriptions. This project was done under a collaboration agreement between the Instituto Tecnológico de Monterrey and the Universidad Politécnica de Cataluña.

Índice

1. Definición del proyecto	11
1.0 Preámbulo	11
1.1 Objetivos e introducción	11
2. Evaluación de Tecnologías Disponibles	12
2.0 Objetivos	12
2.1 Metodología del análisis	12
2.2 Resultados del análisis	12
3. Diseño eléctrico	15
3.0 Metodología	15
3.1 Alimentación y Batería	16
3.1.1 Requerimientos y recomendaciones del fabricante	16
3.1.2 Definición del diseño	16
3.1.3 Batería	17
3.1.3.1 Breve descripción del circuito	17
3.1.3.2 Elementos característicos	17
3.1.3.3 Puertos	17
3.1.3.4 Partes de Interfaz	17
3.1.3.5 Diagrama eléctrico	18
3.1.4 Alimentación	19
3.1.4.1 Breve descripción del circuito	19
3.1.4.2 Elementos característicos	19
3.1.4.3 Puertos	19
3.1.4.4 Partes de Interfaz	20
3.1.4.5 Diagrama eléctrico	21
3.2 Encendido, apagado y monitorización de estado	22
3.2.1 Requerimientos y recomendaciones del fabricante	22
3.2.2 Definición del diseño	22
3.2.3 Encendido , Apagado y LED status	23
3.2.3.1 Breve descripción del circuito	23
3.2.3.2 Elementos característicos	23
3.2.3.3 Puertos	24
3.2.3.4 Partes de Interfaz	24
3.2.3.5 Diagrama eléctrico	25
3.2.4 Reinicio	26
3.2.4.1 Breve descripción del circuito	26
3.2.4.2 Elementos característicos	26

3.2.4.3 Puertos	26
3.2.4.4 Partes de Interfaz	26
3.2.4.5 Diagrama eléctrico	27
3.3 Tarjeta SIM	
3.3.1 Requerimientos y recomendaciones del fabricante	28
3.3.2 Definición del diseño	28
3.3.3 Tarjeta SIM	29
3.3.3.1 Breve descripción del circuito	29
3.3.3.2 Elementos característicos	29
3.3.3.3 Puertos	29
3.3.3.4 Partes de Interfaz	29
3.3.3.5 Diagrama eléctrico	30
3.4 Antena GSM y GPS	31
3.4.1 Requerimientos y recomendaciones del fabricante	31
3.4.2 Definición del diseño	33
3.4.3 Antenas GSM y GPS	33
3.4.3.1 Breve descripción del circuito	33
3.4.3.2 Elementos característicos	33
3.4.3.3 Puertos	34
3.4.3.4 Partes de Interfaz	34
3.4.3.5 Diagrama eléctrico	35
3.5 DAC y ADC	36
3.5.1 Requerimientos y recomendaciones del fabricante	36
3.5.2 Definición del diseño	37
3.5.3 DAC y ADC	37
3.5.3.1 Breve descripción del circuito	37
3.5.3.2 Elementos característicos	37
3.5.3.3 Puertos	37
3.5.3.4 Partes de Interfaz	37
3.5.3.5 Diagrama eléctrico	38
3.6 Puertos de Comunicación	39
3.6.1 Requerimientos y recomendaciones del fabricante	39
3.6.2 Definición del diseño	41
3.6.3 RS232 MODEM Serial 1	41
3.6.3.1 Breve descripción del circuito	41
3.6.3.2 Elementos característicos	42
3.6.3.3 Puertos	42
3.6.3.4 Partes de Interfaz	42
3.6.3.5 Diagrama eléctrico	43

3.6.4	RS232 Serial Port B NMEA	44
3.6.4.1	Breve descripción del circuito	44
3.6.4.2	Elementos característicos	44
3.6.4.3	Puertos	44
3.6.4.4	Partes de Interfaz	44
3.6.4.5	Diagrama eléctrico	45
3.7	Entrada/Salida digital	46
3.7.1	Requerimientos y recomendaciones del fabricante	46
3.7.2	Definición del diseño	47
3.7.3	Entrada/Salida digital	47
3.7.3.1	Breve descripción del circuito	47
3.7.3.2	Elementos característicos	47
3.7.3.3	Puertos	47
3.7.3.4	Partes de Interfaz	47
3.7.3.5	Diagrama eléctrico	48
3.8	Propagación encendido, apagado y reinicio	49
3.8.1	Requerimientos y recomendaciones del fabricante	49
3.8.2	Definición del diseño	49
3.8.3	Entrada/Salida digital	49
3.8.3.1	Breve descripción del circuito	49
3.8.3.2	Elementos característicos	49
3.8.3.3	Puertos	49
3.8.3.4	Partes de Interfaz	49
3.8.3.5	Diagrama eléctrico	50
4.	Resumen de las pruebas eléctricas de los circuitos	51
4.0	Alimentación	51
4.1	Autoencendido	51
5.	Implementación de los circuitos	53
5.0	Introducción	53
5.1	Socket	53
5.2	Implementación del socket	54
5.3	Montaje del socket	55
5.4	Placa básica	57
5.5	Encapsulado	58
6.	Bibliografía	59

1 Definición del proyecto

1.0 Preámbulo

El proyecto se desarrolla para la empresa IROX I.T. S.A. de C.V., empresa de reciente formación y que aún desarrolla sus actividades en las instalaciones de la incubadora de empresas del Tecnológico de Monterrey.

Con experiencia en el desarrollo de aplicaciones para seguimiento de vehículos por GPS, se ha visto obligada en todos sus desarrollos a subcontratar la infraestructura de hardware en las aplicaciones que desarrolla. Con el objetivo de reducir costes y eliminar la dependencia del proveedor de la infraestructura, este proyecto pretende encontrar una solución de hardware que se adapte a las necesidades de la empresa.

Actualmente el producto de posicionamiento de Irox IT depende de un tercero que proporciona todo el hardware y redes de datos de modo que el software de la empresa se encarga exclusivamente de procesar estos datos proporcionados por otra empresa.

Los costes de operar de esta manera son muy altos, además de la poca flexibilidad que ofrecen y la dependencia que se crea con respecto a la empresa proveedora de toda la infraestructura de posicionamiento.

1.1 Objetivos e introducción

Se define como objetivo del proyecto el buscar una solución tecnológica que permita a la empresa independizarse de los proveedores de servicios integrales de posicionamiento con el objetivo de controlar y reducir costes en vistas a una posible comercialización a mayor escala de este tipo de servicios.

Se pretende crear un producto asequible y de bajo coste de fabricación, pero con flexibilidad para crecer a lo largo del tiempo y de adaptarse a las necesidades de los clientes.

El proyecto comienza con un análisis de las opciones que hay en el mercado para subsanar el déficit de la empresa y termina con el diseño de un dispositivo de hardware propietario desarrollado en torno a un chip (GE863) que integra capacidades GSM y GPS. Como resultado del proyecto se obtienen dos prototipos: uno de desarrollo para poder hacer pruebas con nuevas aplicaciones y que no está dotado de encapsulamiento, y otro basado en el hardware de desarrollo del GE863 en el que se ha probado el diseño del encapsulamiento.

2 Evaluación de tecnologías disponibles

2.0 Objetivos

Este apartado pretende investigar qué tecnologías de las que hay disponibles en el mercado son las más adecuadas para resolver el problema ante el que nos encontramos evaluando los siguientes criterios:

- **Adecuación a las aplicaciones:** debe poder usarse desde el simple seguimiento de una flota de motos hasta un sistema completo de navegación personal. Debemos tener en cuenta principalmente tres factores: tamaño, consumo y peso.

- **Capacidad de explotación modular:** el producto debe poder ajustarse a las necesidades de cada cliente con facilidad y a un coste relativamente bajo.

- **Coste:** Es importante que los costes se correspondan con la construcción modular. El módulo básico tiene que ser relativamente barato como para permitir su explotación de forma competitiva en aplicaciones sencillas.

- **Flexibilidad para implementar cambios:** tiene que ser fácil adaptar nuevas tecnologías al sistema.

2.1 Metodología del análisis

Se ha utilizado Internet como canal único para investigar componentes y tecnologías. En algunos casos los precios se han obtenido mediante solicitudes a los proveedores. Primero se ha hecho una evaluación de las tecnologías que pueden ser útiles para el proyecto de forma independiente y después se han propuesto soluciones tecnológicas integrales, evaluando cada una de ellas según los criterios establecidos.

2.2 Resultado del análisis

Durante la investigación se han encontrado cuatro posibles soluciones de hardware genéricas cuyas características, ventajas y desventajas se detallan a continuación:

1. **Sistemas propietarios:** Son sistemas de hardware integrales que ya están desarrollados y listos para ser explotados. Además, el hardware no se comercializa solo sino que, con el objetivo de aumentar beneficios, la compañía explotadora también obliga a contratar servicios de redes de datos que son de su propiedad. Esta solución es idéntica a la que ahora se está utilizando. La gran desventaja de esta opción es la dependencia del proveedor tanto a nivel económico como tecnológico.

2. **Integración de hardware genérico:** El avance actual de las tecnologías GPS y de redes de datos permite integrar hardware genérico a través de una computadora personal de forma sencilla y sin complicaciones de desarrollo. La ventaja de esta solución es que no hay que desarrollar hardware, no obstante tiene como grandes desventajas el tamaño de la aplicación, que no es nada adecuado al no ser un sistema especializado. Además el coste tampoco se adapta a las necesidades ya que estos sistemas están orientados al usuario particular por lo que tienen un precio "de lujo".

3. **Hardware prefabricado:** Hay en el mercado módems GPRS con receptor GPS integrado listos para añadir tarjeta SIM y ser utilizados. En muchos casos el coste de estos dispositivos es muy elevado y además superan las necesidades reales que en estos momentos se quieren cubrir.

4. **Desarrollo de hardware propietario:** Aunque el coste de desarrollo es relativamente elevado, desarrollar hardware a medida sale mucho más económico a largo plazo y a nivel de explotación. Además nos da un control total sobre el producto final y nos permite adecuarlo mejor a las necesidades actuales del servicio.

La Figura 1 muestra, de forma resumida, una comparativa de las características más significativas de cada una de estas soluciones normalizadas en una escala del 0 al 100. Es importante destacar que los datos de esta figura son una estimación subjetiva en base a los resultados de la investigación y no son una representación de un conjunto de datos concreto.

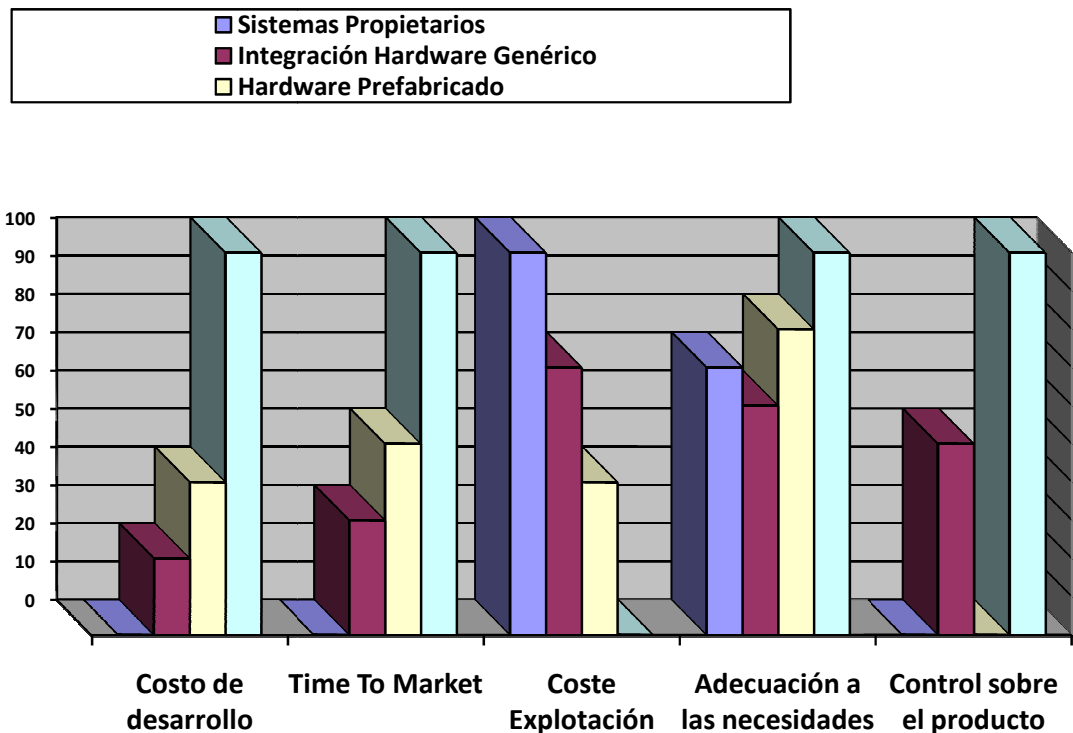


Figura 1 – Factores determinantes en la elección de la solución tecnológica

Se ha evaluado como mejor opción el desarrollo de un componente de hardware basado en el módulo GSM/GPRS/GPS GE863 que ofrezca funcionalidades básicas de posicionamiento, actuación y telemetría.

El módulo GE863 tiene capacidades GPS y GPRS integradas en un chip de apenas 4cm X 4cm. El coste es mucho inferior al resto de opciones estudiadas y además nos permite la opción de adaptar la implementación final a nuestras necesidades de forma totalmente personalizada.

Una de las grandes ventajas de este módulo es la gran flexibilidad que ofrece a la hora de implementar productos de muy diferentes características basados en un mismo hardware ya que, además de modem y receptor GPS, funciona también como procesador de software integrando un intérprete Python.

Como características importantes del módulo podemos destacar:

- Incorporación del algoritmo de carga de baterías Li-ion
- Entradas/Salidas digitales
- Convertidor DAC y ADC
- Intérprete Python
- Receptor GPS
- GSM y GPRS
- Capa inferior del software ya implementada en el módulo (pila TCP/IP)
- Tecnología 'Easy GPRS' para facilitar la conexión del módulo a internet
- Salidas y entradas de audio para aplicaciones de comunicación vía GSM
- Muy bajo coste para el gran número de funcionalidades que ofrece

3 Diseño Eléctrico

3.0 Metodología

En el presente apartado se presentan los diseños eléctricos de los sistemas que van a permitir el funcionamiento del módulo Telit.

Para el modelaje eléctrico se ha utilizado la aplicación ORCAD Layout que, en combinación con ORCAD Pspice, permite simular el comportamiento eléctrico para comprobar la correcta funcionalidad de cada uno de los sistemas.

Para cada sistema eléctrico se han definido los siguientes sub-apartados:

- **Requerimientos y recomendación del fabricante:** Características mínimas que debe cumplir el sistema según la documentación del módulo Telit.
- **Definición del diseño:** Breve resumen de las funcionalidades y características a nivel funcional del sistema propuesto.
- **Descripción del circuito:** Resumen descriptivo del circuito a nivel eléctrico.
- **Elementos característicos:** Detalles que se han considerado importantes en la solución propuesta.
- **Descripción de puertos:** Descripción de las conexiones de los puertos del diagrama eléctrico.
- **Partes de interfaz:** Partes del circuito cuyo posicionamiento no es arbitrario ya que deben, por ejemplo, estar al alcance para poder interactuar con el usuario.
- **Diagrama eléctrico:** Diagrama eléctrico del sistema.

3.1 Alimentación y batería

3.1.1 Requerimientos y recomendaciones del fabricante

Módulo Telit	
Voltaje Nominal	3.8 V
Voltaje Máximo	4.2 V
Rango de Voltaje Admitido	3.4 V – 4.2 V

	GE863-GPS (3 990 250 660)	GE863-GPS (3 990 250 690)
Corriente de Operación	70 mA \pm 20%, incluyendo 50 mA para el hardware GPS y 20 mA para la antena LNA.	55mA, incluyendo 35mA para el hardware GPS y 20 mA para la antena LNA.

- La salida nominal de voltaje es de 3.8V así que una batería de 3.7V Li-ion es ideal para alimentar al módulo Telit.
- No debemos usar un tipo de baterías que no sean Li-Ion (Ni/Cd o Ni/Mh) ya que su voltaje puede superar al permitido por el módulo Telit y dañarlo.
- Un condensador de 100Uf puede usarse para absorber los picos de corriente. Este condensador debe admitir, como mínimo, 10V.
- Un diodo de protección tiene que conectarse cerca de la entrada para proteger al módulo de inversiones de polaridad cuando se conecta la batería.
- La capacidad de la batería debe ser de, como mínimo, 500mAh para poder aguantar los picos de corriente de 2A. Capacidad sugerida por el fabricante de 1000mAh.

3.1.2 Definición del diseño

- La interfaz externa del sistema de alimentación será un conector polarizado tipo para cargador de batería de teléfono.
- El sistema irá equipado siempre con una batería para funcionar, y un sistema protector evitara que el circuito de carga se active sin tener una batería colocada lo que podría dañar severamente el módulo. Se utilizará una combinación de fusible y diodo para proteger al módulo de la batería ya que las baterías de Li-ion dan carga de manera muy estable.

- Un limitador de corriente se encargará de dar una intensidad adecuada para la carga de las baterías y así evitar un sobrecalentamiento del módulo. Cargando una batería de 1000mAh con 400mA máximo nos aseguramos de que no habrá un calentamiento excesivo y las baterías podrán ser capaces de disipar sin dificultad la temperatura que generen al cargarse.

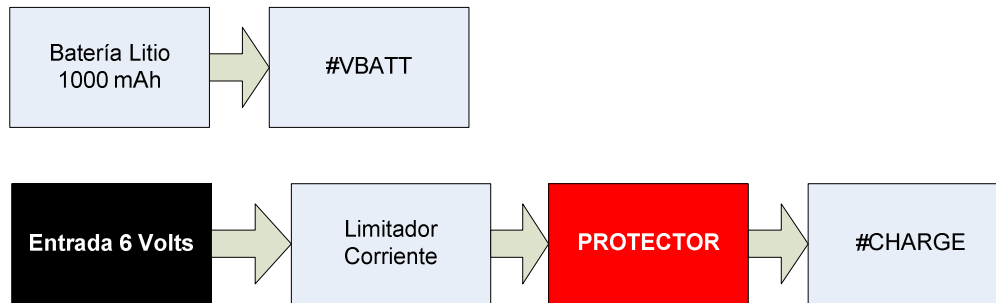


Figura 2 - Esquema conceptual del sistema de alimentación y carga

3.1.3 Batería

3.1.3.1 Breve descripción del circuito

El objetivo de este circuito es proteger al sistema de inversiones de polaridad (baterías mal colocadas) y de posibles fallos de la batería. Un diodo se encarga de los cambios de polaridad y un fusible evita posibles excesos de corriente en caso de fallo de la batería o de uso de baterías incorrectas (Cadmio, Mercurio, etc.) que puedan dañar al sistema.

3.1.3.2 Elementos característicos del circuito

- Fusible de 2.5A – 5V.
- Capacidad recomendada de 1000mAh de la batería.
- Solo usar batería Li-ion 3.7V nominal.

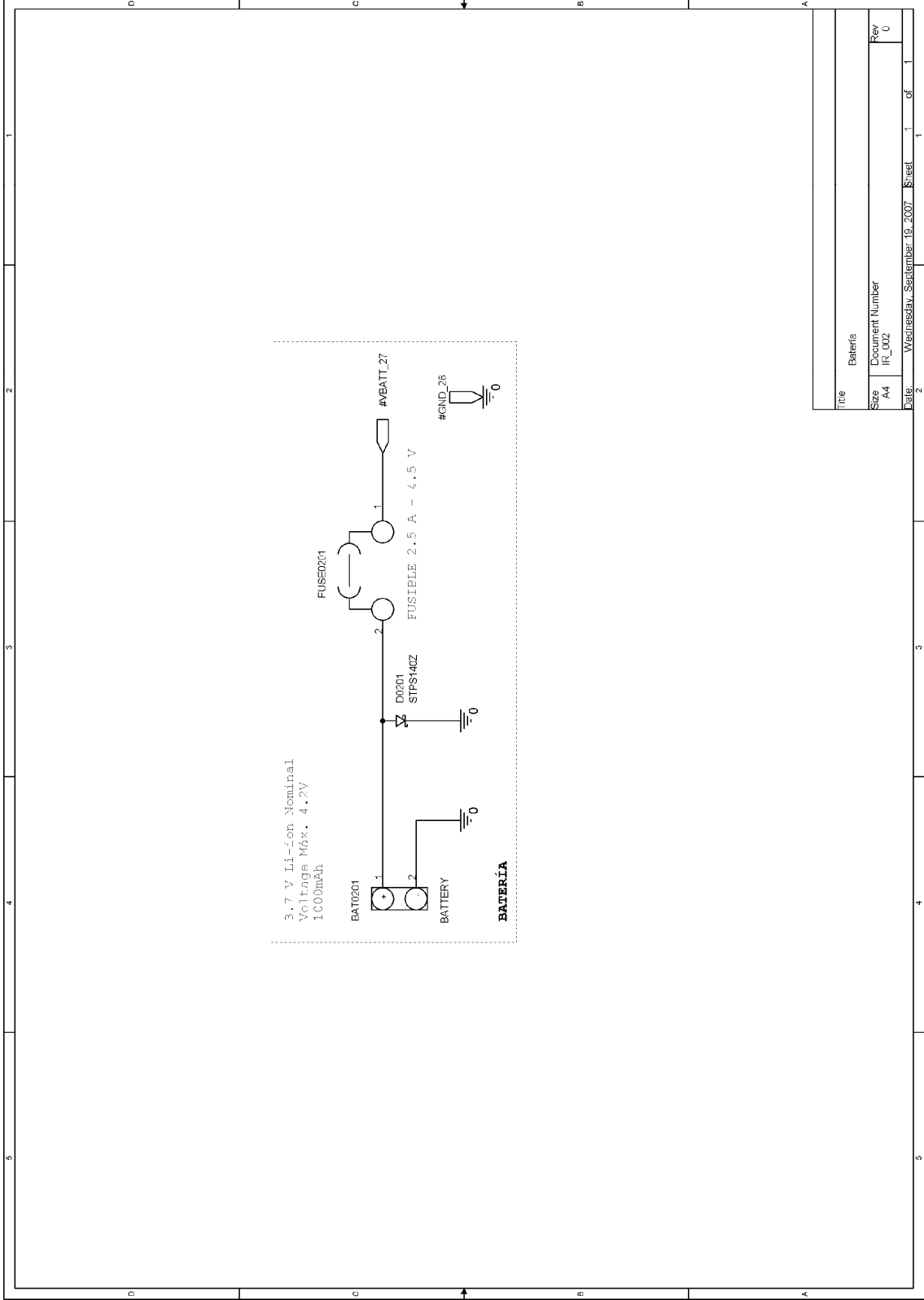
3.1.3.3 Descripción de puertos

- #VBATT_27 – Conexión directa al terminal VBATT del módulo Telit.
- #GND_28 – Toma de tierra.

3.1.3.4 Partes de interfaz

- (BAT001) Conector para batería tipo doble PIN (Conector Interno).

3.1.3.5 Diagrama eléctrico



Title		Bateria
Size	Document Number	Rev
A4	IR_002	0
Date:	Wednesday, September 19, 2007	Sheet 1 of 1

3.1.4 Alimentación

3.1.4.1 Breve descripción del circuito

Este circuito se encarga de proporcionar un voltaje regulado de 6V al módulo TELIT para cargar las baterías. Se puede alimentar al circuito con voltajes de entre 1.5V y 14V. No se debe conectar directamente a las baterías de un vehículo ya que éstas pueden alcanzar picos de hasta 16V. La primera parte del circuito es un regulador de voltaje que nos da una salida constante de 6V y limitada a 3A. En una segunda fase limitamos la corriente a 0.5A: ideal para una carga adecuada de unas baterías LI-ion de 1000mAh sin que éstas se calienten excesivamente.

3.1.4.2 Elementos característicos del circuito

- Dos entradas, una principal y otra para alimentar la carga desde el puerto USB (5V).
- El regulador no lineal LM2621 nos limita la corriente de entrada a 3A y desconecta el sistema en caso de alcanzar una temperatura superior a 160° C.
- El voltaje de salida del primer bloque del circuito puede ajustarse variando el valor de la resistencia R0101 atendiendo a la siguiente fórmula:
 - $R0101 = R0102 / [(V_{salida} / 1.24) - 1]$
- Un LED (D0104) indica la presencia de corriente de carga (cargador conectado).
- El elemento SW0101 es un sistema mecánico de protección para evitar que se conecte el cargador si no hay baterías puestas. El interruptor SW0101 queda cortocircuitado cuando el sistema tiene la batería puesta.
- Componente J0101 es un conector tipo Mini JACK para una entrada de 1.5 a 14V.
- El circuito limitador de corriente nos permite evitar problemas de disipación en la batería. Los valores del circuito de diseño limitan la corriente a 470mA, permitiendo la carga de baterías de hasta 1000mAh sin problemas de calentamiento. El voltaje del circuito que alimenta al limitador de corriente no debe superar en ningún caso los 8v siendo un valor de 6.2V el ideal para permitirnos compensar la ligera caída de voltaje que tiene lugar en el circuito limitador de corriente.
- Los cables de conexión de las baterías deben ser lo más cortos posible.

3.1.4.3 Descripción de puertos

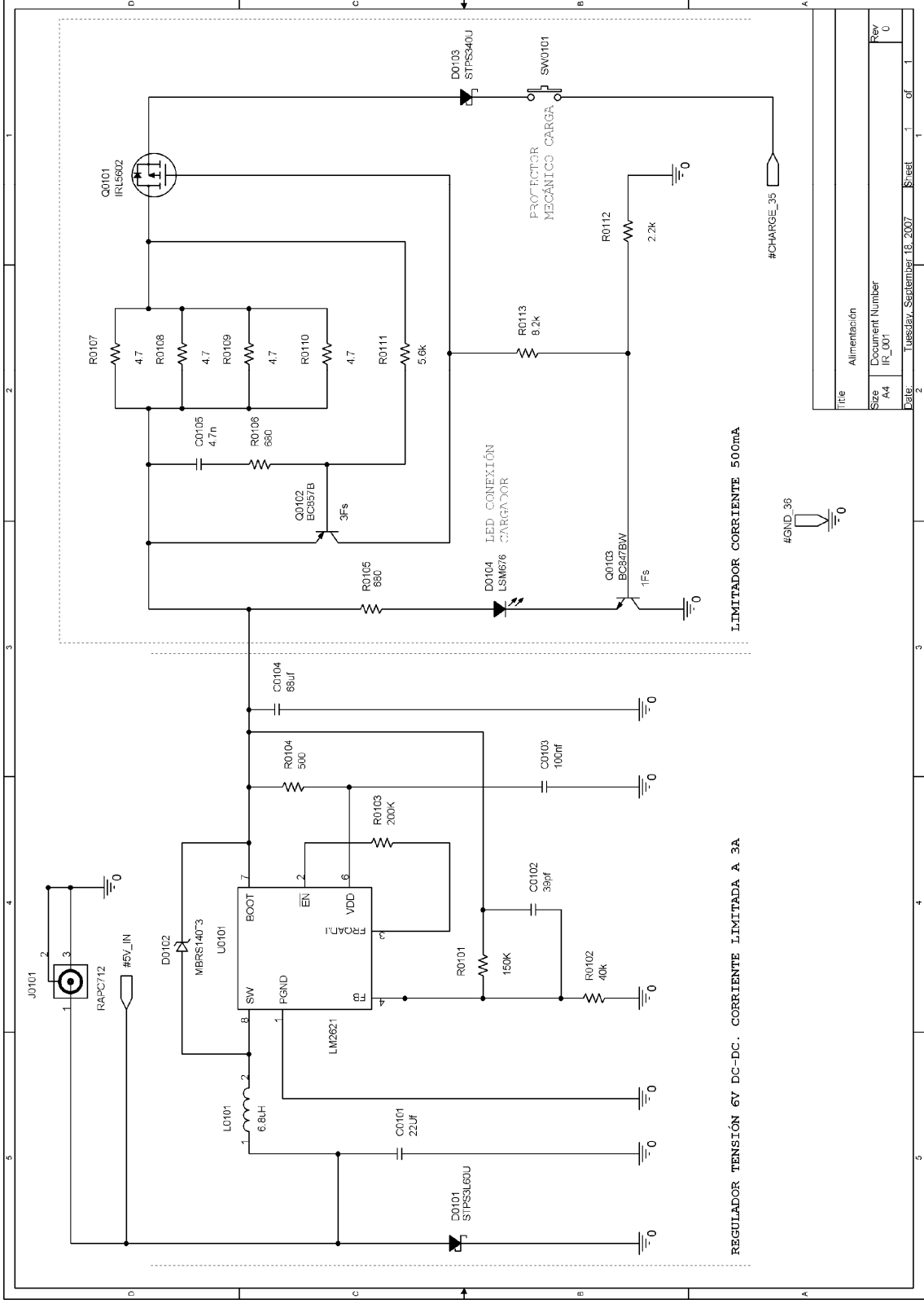
- #5V_IN – Entrada de 5V del puerto USB.

- #CHARGE – Conexión directa al terminal CHARGE del módulo Telit.
- #GND_36 – Toma de Tierra.

3.1.4.4 Partes de interfaz

- Conector para cargador (entrada de 1.5V a 12V) J0101
- LED indicador carga (D0104)
- Protector mecánico de carga (SW0101)

3.1.4.5 Diagrama eléctrico



REGULADOR TENSIÓN 6V DC-DC. CORRIENTE LIMITADA A 3A.

LIMITADOR CORRIENTE 500mA

Title		Alimentación
Size	Document Number	IR_001
Rev		0

3.2 Encendido, apagado y monitorización de estado

3.2.1 Requerimientos y recomendaciones del fabricante

Para encender el terminal central es necesario, además de proporcionar corriente de 3.8V al módulo, enviar una señal de encendido. Puesto que en aplicaciones críticas nos interesará no tener que enviar esta señal de forma manual tenemos que implementar un circuito auxiliar que cumpla esta función.

El encendido se realiza a través del puerto ON/OFF que debemos conectar a masa durante un periodo de aproximadamente un segundo.

El apagado del terminal se puede hacer:

- Mediante comando software (apagado normal).
- Señal ON/OFF durante un segundo (apagado normal).
- Señal reinicio prolongada (apagado forzado) durante 200 milisegundos mínimo.

Un terminal del módulo principal se activa con una corriente de 2.8V cuando éste está encendido para poder monitorizar su estado.

3.2.2 Definición

- Este sistema incorpora un circuito de monitorización de encendido que se encarga de, en función del estado de un interruptor, hacer intentos sucesivos de apagado o encendido sobre el módulo.
- No es necesario proteger al circuito de monitorización de encendido ya que la corriente llega totalmente regulada desde la fuente principal.

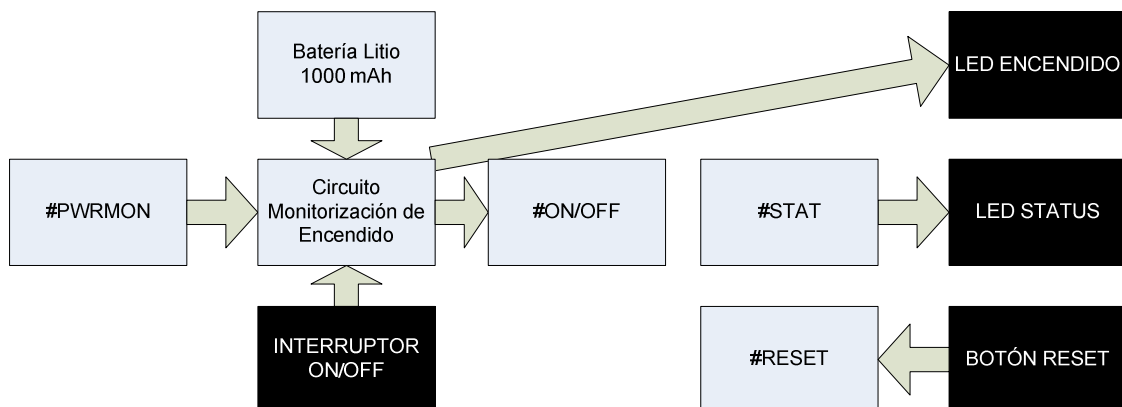


Figura 3 – Diagrama conceptual del sistema de control de encendido

3.2.3 Encendido, Apagado y LED status

3.2.3.1 Breve descripción del circuito

Para evitar tener que intervenir físicamente en aquellas aplicaciones "remotas" en las que el terminal no es de fácil acceso, este circuito se encarga de encender o apagar el terminal en función del estado de un interruptor exterior que tiene 2 posiciones posibles: encendido y apagado.

El primer bloque del circuito decide en que estados se debe o no activar el circuito de generación de pulsos. Con cada pulso se estimula el circuito de encendido y apagado. Un sistema anexo se encarga de monitorizar mediante un LED todo el proceso atendiendo a los siguientes estados:

LED Status	Estado del terminal
Apagado permanentemente	Apagado
Parpadeo rápido (Periodo 1s, tono 0.5s)	Buscando red/ no registrado/ apagándose
Parpadeo lento (Periodo 3s, tono 0.3s)	Registrado en la red y servicio completo
Parpadeo muy lento (Periodo 1.5s, tono 1.2s) con interruptor principal en ON	El sistema intenta arrancar
Parpadeo muy lento (Periodo 1.5s, tono 1.2s) con interruptor principal en OFF	El sistema intenta apagarse

3.2.3.2 Elementos característicos del circuito

El tiempo de pulso y la distancia entre pulsos del circuito de generación de pulsos puede ajustarse modificando los valores de R0301 y R0302 atendiendo a las siguientes fórmulas:

- $R0301 = T_{\text{separación}} / (0.7 \times C7)$
- $R0302 = [T_{\text{pulso}} / (0.7 \times C7)] - R0301$

En simulación mediante SPICE y con los valores del diagrama eléctrico para los elementos del circuito obtenemos una gráfica de pulsos como la de la figura 1.1. Estos pulsos pueden usarse para controlar la base de un transistor y así simular el proceso de presionado del botón de encendido.

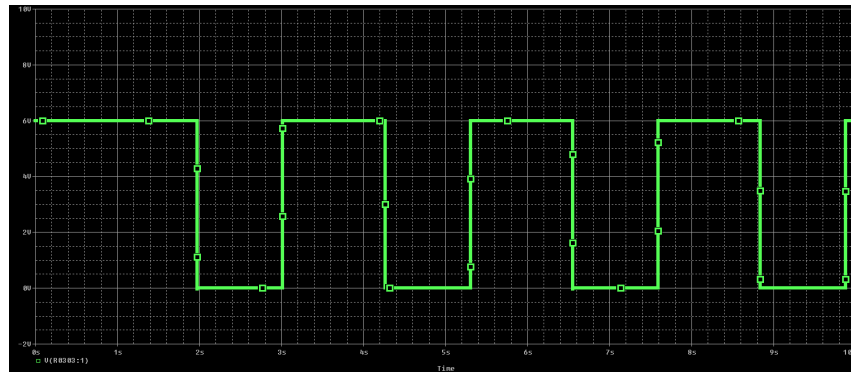


Figura 4 – Simulación de pulsos generados en el sistema de auto-encendido

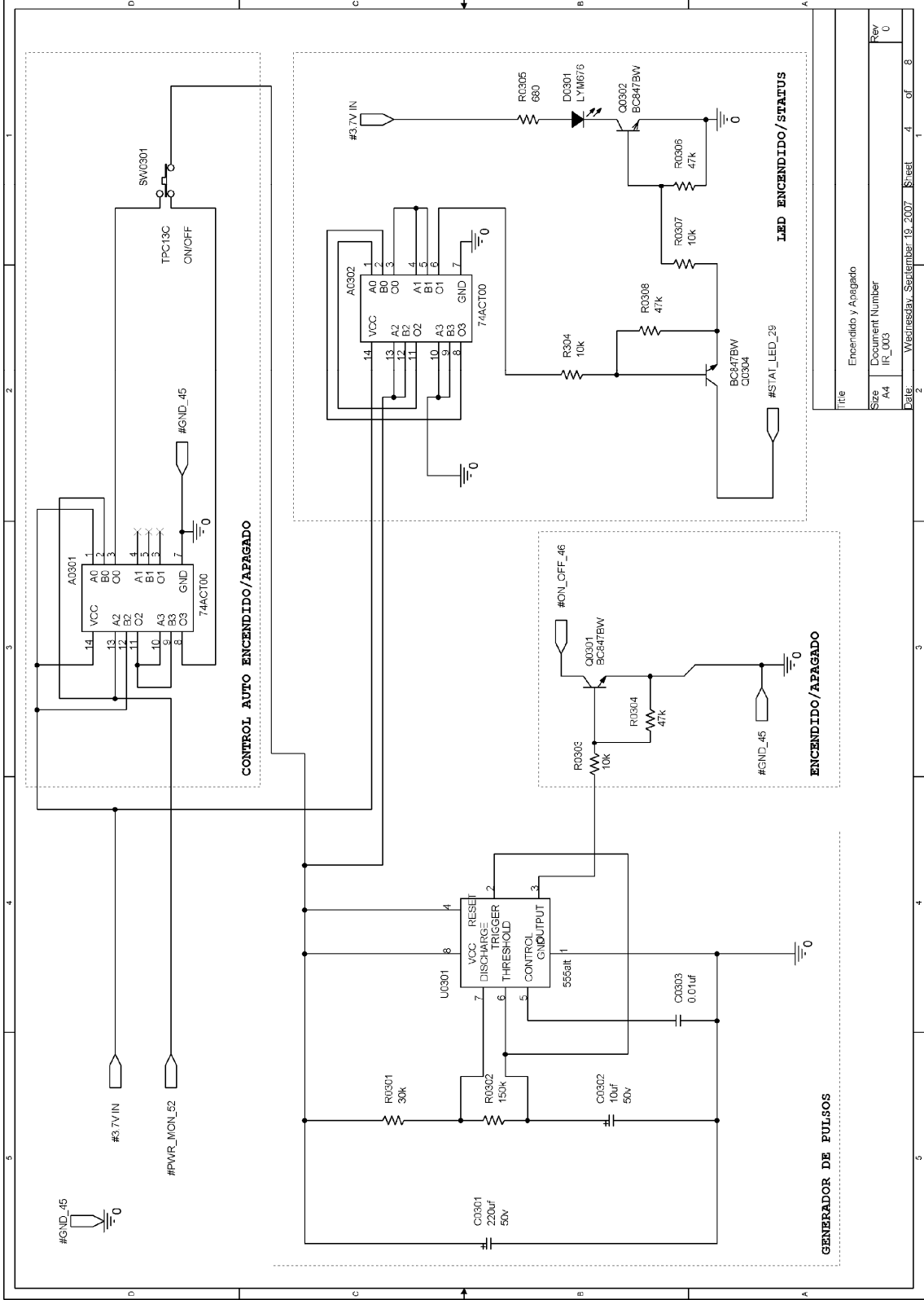
3.2.3.3 Descripción de puertos

- #3.7V IN – Entrada de corriente directamente de la batería.
- #PWR_MON_52 – Conexión al puerto PWR_MON del módulo Telit.
- #ON_OFF – Conexión al puerto ON del módulo Telit.
- #STAT_LED_29 – Conexión directa al puerto de status del módulo Telit.
- #GND_45 – Toma de Tierra.

3.2.3.4 Partes de interfaz

- Interruptor principal de encendido y apagado (SW0301)
- LED de encendido (D0102)

3.2.3.5 Diagrama eléctrico

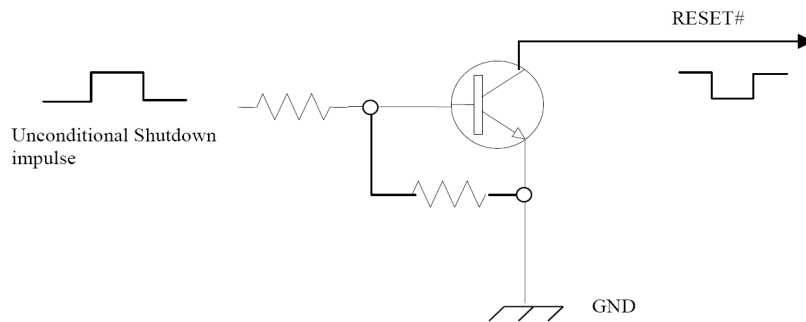


Title		Encendido y Apagado	
Size	Document Number	Rev	
A4	IR_003	0	
Date:	Version:	Sheet	of
18. 2007	1	4	8

3.2.4 Reinicio

3.2.4.1 Breve descripción del circuito

Implementación del botón de reinicio. Para apagar el módulo de forma incondicional hay que mantener pulsado el botón reinicio durante al menos 200 milisegundos. El pulsador conecta a masa el puerto #RESET cuando está cortocircuitado.



3.2.4.2 Elementos característicos del circuito

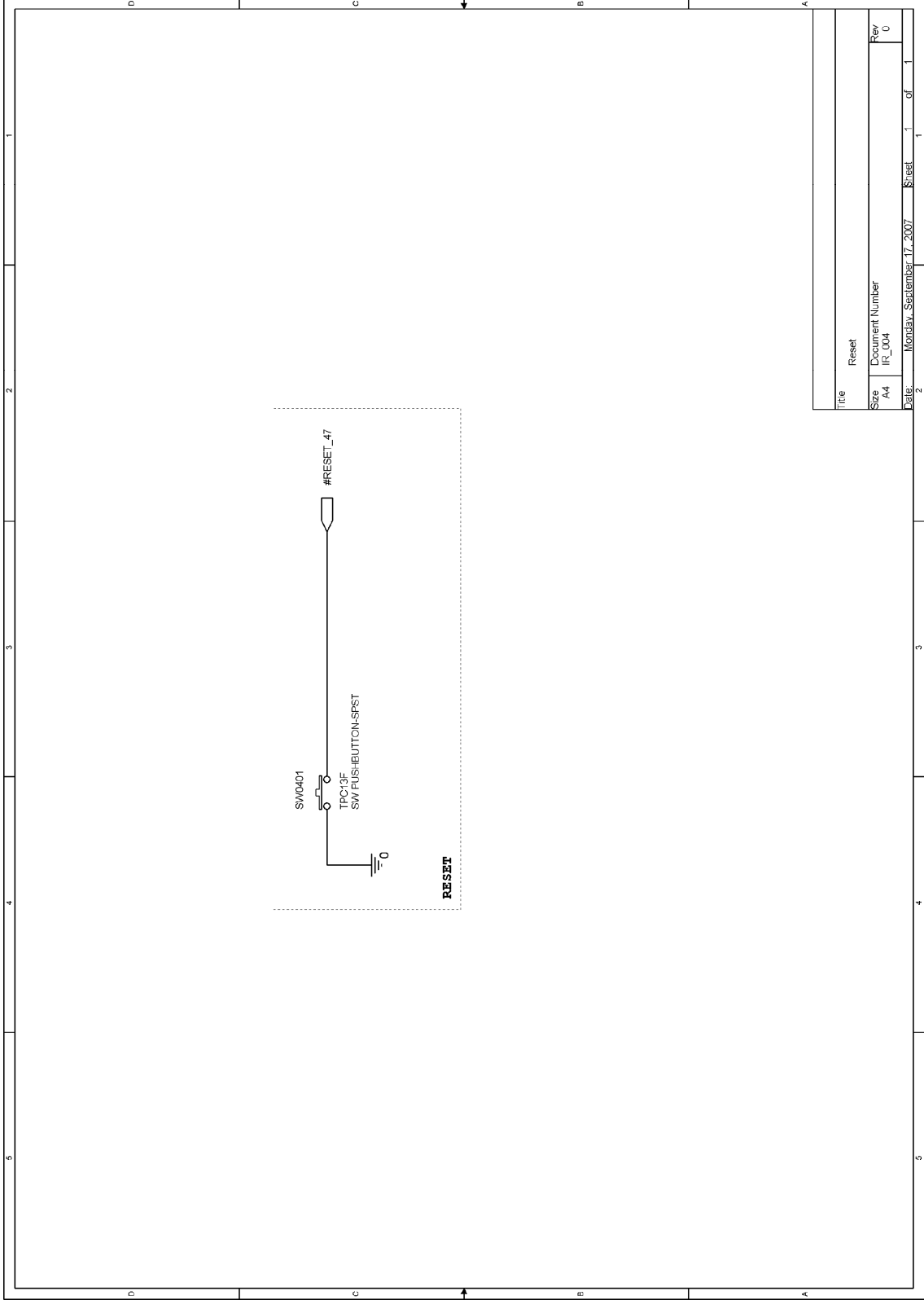
3.2.4.3 Descripción de puertos

- #RESET_47 – Se conecta directamente al puerto RESET del módulo Telit.

3.2.4.4 Partes de interfaz

- Botón tipo pulsador con estado normal de circuito abierto (SW0401).

3.2.4.5 Diagrama eléctrico



Title		Reset
Size	Document Number	Rev
A4	IR_004	0
Date:	Monday, September 17, 2007	Sheet 1 of 1

3.3 Tarjeta SIM

3.3.1 Requerimientos y recomendaciones del fabricante

El fabricante no hace ningún tipo de recomendación para este circuito pero sí menciona cuidar las conexiones a masa de la tarjeta.

3.3.2 Definición

Hay tres tipos principales de interfaz para tarjetas SIM. La figura 5 muestra un esquemático de los conectores de seis pines.

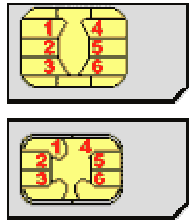


Fig. 5 Interfaz 6 conectores SIM

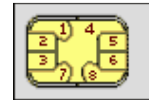


Fig. 6 Interfaz 8 conectores SIM

El segundo tercer de interfaz está descrito en la norma ISO 7816 y se utiliza comúnmente en aplicaciones de telefonía móvil. La figura 6 muestra un esquemático de este tipo de interfaz.

La siguiente tabla describe la función de cada uno de los conectores de la tarjeta SIM.

Pin	Nombre	Descripción
1	VCC	Alimentación de +5V utiliza
2	RESET	Permite reiniciar la tarjeta
3	CLOCK	Señal de reloj externa utilizada opcionalmente por la tarjeta
4	GND	Voltaje de referencia (toma de tierra)
5	Vpp	Programación y borrado de la memoria no volátil que incluye la tarjeta
6	I/O	Bus de datos seria para comunicarse con la tarjeta (I/O)
7,8	N/C	Sin uso

Los conectores 7 y 8 se utilizan para detectar si la tarjeta ha sido insertada en el socket. Los dos conectores se cortocircuitan cuando la tarjeta está insertada de modo que con un sencillo circuito podemos detectar si la tarjeta ha sido introducida. En nuestro caso conectaremos una de las dos patillas a masa y la otra a un puerto del módulo Telit específicamente diseñado para detectar si la tarjeta ha sido insertada.

3.3.3 Tarjeta SIM

3.3.3.1 Breve descripción del circuito

Circuito que interconecta el soporte para tarjetas SIM con el módulo Telit. Las tomas de tierra se protegen con condensadores no polarizados ya que, al tener la aplicación elementos de potencia como son las antenas, podría llegar hasta la tarjeta parte de esta potencia a través del plano de masa afectando al correcto funcionamiento de la tarjeta.

3.3.3.2 Elementos característicos del circuito

- Todos los condensadores tienen que tener capacidad para aguantar hasta 50V.
- Soporte para tarjeta SIM es de tipo interno (teléfono móvil).

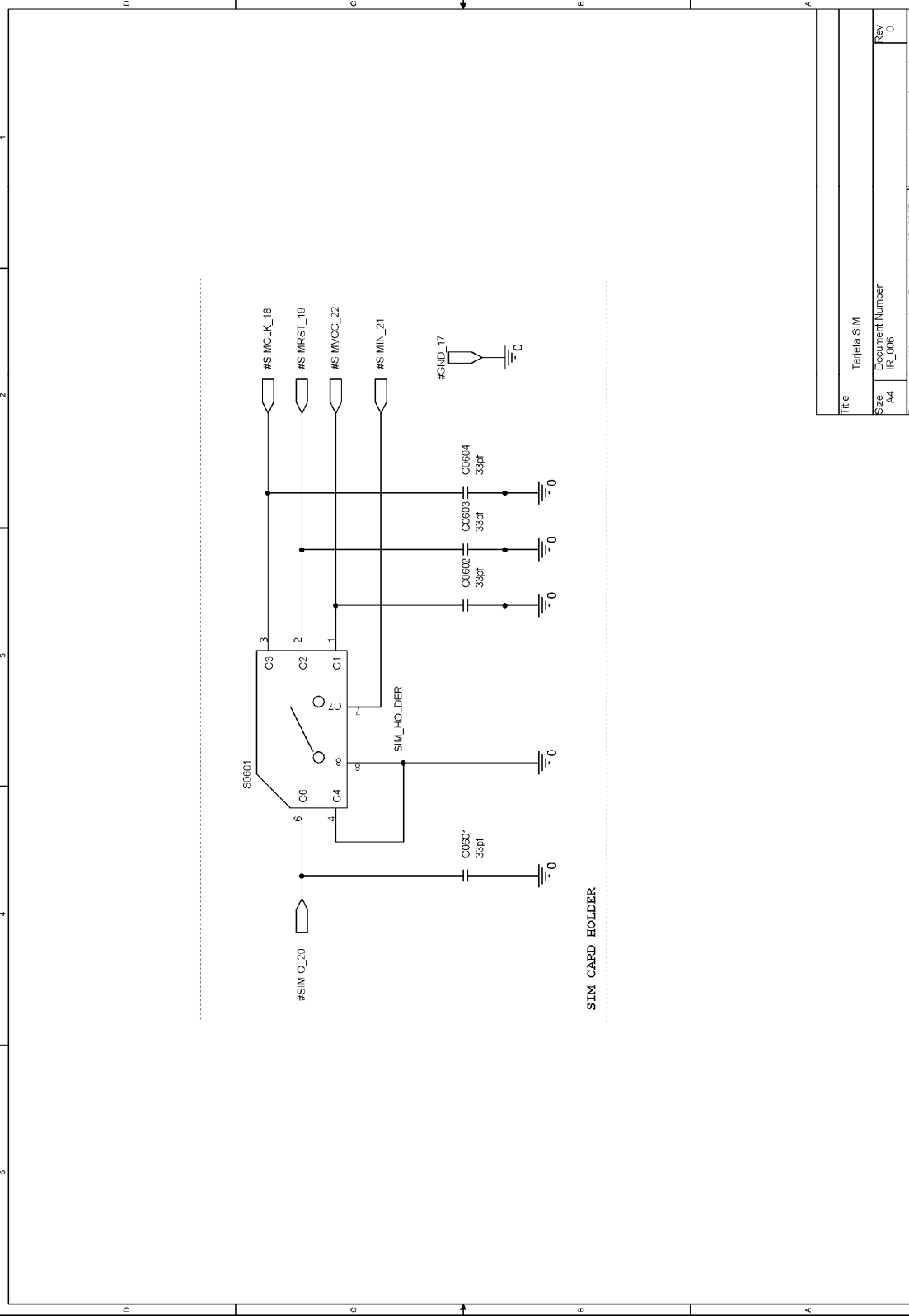
3.3.3.3 Descripción de puertos

- #SIMIO_20 – Directo al puerto SIMIO del módulo Telit.
- #SIMCLK_18 – Directo al puerto SIMIO del módulo Telit.
- #SIMRST_19 – Directo al puerto SIMIO del módulo Telit.
- #SIMVCC_22 – Directo al puerto SIMIO del módulo Telit.
- #SIMIN_21 – Directo al puerto SIMIO del módulo Telit.
- #GND_17 – Toma de Tierra.

3.3.3.4 Partes de interfaz

- Socket para tarjeta SIM tipo teléfono móvil de 8 conectores.

3.3.3.5 Diagrama eléctrico



Title	Targete SIM
Size	A4
Document Number	IR_006
Rev	0
Date	Wednesday, September 19, 2007
Sheet	1 of 1

3.4 Antena GSM y GPS

3.4.1 Requerimientos y recomendaciones del fabricante

Antena GSM

El conector de antena y la distribución de la línea de transmisión en la PCB son uno de los elementos más importantes en el diseño de cualquier dispositivo de radiofrecuencia.

Características de la antena	
Frecuencia	Dependiendo de la banda de frecuencia ofrecida por el operador para el servicio GSM
Ancho de Banda	70 Mhz en GSM850, 80Mhz en GSM900, 170Mhz en DCS y 140Mhz en PCS
Ganancia	< 3dBi
Impedancia	50 ohm
Potencia	< 2 W pico
VSWR máximo	<= 10:1
VSWR recomendado	<= 2:1

Requerimientos de la línea de transmisión en la PCB	
Impedancia	50 ohm
Atenuación Máxima	0.3 dB
No se permiten acoplamientos con otras señales	
El plano de masa de la antena debe ser equipotencial con los planos de masa del módulo	
Telit	

Directrices:

- Las antenas deben instalarse, como mínimo, a una distancia de 20cm de cualquier persona.
- Hay que intentar que la antena no esté próxima a otros sistemas o antenas RF aunque no trabajen a frecuencias similares.
- Asegurarse de que la impedancia de la antena es de 50ohm.
- Intentar mantener la línea de transmisión en la PCB lo más corta posible para cumplir con el límite de atenuación de 0.3dB.
- Intentar, si es posible, dejar una capa completa de la PCB para hacer de plano de masa.
- Cercar (costados, arriba y abajo) la línea de transmisión en la PCB con planos de masa y evitar que cualquier otra línea la encare directamente.
- La masa que cerca la línea de transmisión debe conectarse a masa real como mínimo cada 2mm.

- Mantener elementos que produzcan ruido electromagnético lo más alejados posibles de la línea de transmisión (regulador de tensión y generador de pulsos).
- Mantener la línea de transmisión lejos de las líneas de alimentación del módulo.
- Se puede llegar a cubrir la línea de transmisión con un elemento metálico para evitar interferencias y mejorar la calidad de la señal.
- La antena no debe instalarse dentro de cajas metálicas.

Antena GPS

El módulo Telit no incorpora un amplificador de bajo ruido por lo que es importante el uso de antenas activas para la recepción GPS.

Características de la antena	
Frecuencia	1575.42 MHz (GPS L1)
Ancho de Banda	+ - 1.023 MHz
Ganancia	1.5 dBi < Ganancia < 4.5 dBi
Impedancia	50 ohm
Amplificación	Típico 25dB (máx. 27dB)
Voltaje alimentación	De 3V a 5V
Consumo corriente	20mA (40 mA máx.)

Requerimientos de la línea de transmisión en la PCB	
Impedancia	50 ohm
Atenuación Máxima	0.3 dB
No se permiten acoplamientos con otras señales	
El plano de masa de la antena debe ser equipotencial con los planos de masa del módulo Telit	

El módulo incorpora un circuito de alimentación para la antena con las siguientes características:

- Voltaje de alimentación referido a VBATT (la antena debe admitir voltajes desde 3.4V hasta 4.2V).
- Circuito de medida de corriente (accesible mediante comandos AT).
- Circuito de medida de voltaje (accesible mediante comandos AT).
- Circuito de protección para cortocircuitos de antena (consumos \geq 40mA).

Directrices de diseño:

- En antenas lineales debe haber un mínimo de 15dB de ganancia.
- Para antenas de parche un valor entre 12dB y 26 dB.

- La antena debe admitir voltajes de alimentación de entre 3.4V y 4.2V. Hay que intentar que la antena no esté próxima a otros sistemas o antenas RF aunque no trabajen a frecuencias similares.
- Asegurarse de que la impedancia de la antena es de 50ohm.
- Intentar mantener la línea de transmisión en la PCB lo más corta posible.
- La línea de transmisión debe ser lo más uniforme posible, evitando curvas o cambios bruscos de dirección.
- Intentar, si es posible, dejar una capa completa de la PCB para hacer de plano de masa.
- Cercar (costados, arriba y abajo) la línea de transmisión en la PCB con planos de masa y evitar que cualquier otra línea la encare directamente.
- La masa que cerca la línea de transmisión debe conectarse a masa real como mínimo cada 2mm.
- Mantener elementos que produzcan ruido electromagnético lo más alejados posibles de la línea de transmisión (regulador de tensión y generador de pulsos).
- Mantener la línea de transmisión lejos de las líneas de alimentación del módulo.
- Se puede llegar a cubrir la línea de transmisión con un elemento metálico para evitar interferencias y mejorar la calidad de la señal.
- La antena no debe instalarse dentro de cajas metálicas.

3.4.2 Definición

3.4.3 Antenas GSM y GPS

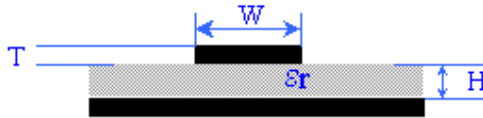
3.4.3.1 Breve descripción del circuito

Líneas de transmisión de las antenas sobre la placa de circuito integrado cuidando la impedancia. Se usan conectores estándar SMA para ambas antenas.

3.4.3.2 Elementos característicos del circuito

Para una correcta transferencia de la señal recibida por la antena al circuito es importante controlar con mucho cuidado la impedancia de la línea de transmisión que hay en la placa. Las fórmulas de la norma IPC-D-317^a se han utilizado para el cálculo de la impedancia de la línea.

Estas fórmulas dan una precisión de aproximadamente un 5% en el cálculo de impedancias sobre placas tipo RF4.



$$Z_o = \frac{87}{\sqrt{\epsilon_r + 1.41}} \ln\left(\frac{5.98H}{0.8W + T}\right) \text{ ohms} \quad C_o = \frac{0.67(\epsilon_r + 1.41)}{\ln\left(\frac{5.98H}{0.8w + t}\right)} \text{ pF/inch}$$

$$t_{pd} = 1.016 \sqrt{0.475 \epsilon_r + 0.67} \text{ ns/ft} \quad L_o = C_o Z_o^2$$

$$0.1 < \frac{W}{H} < 3.0, \quad 1 < \epsilon_r < 15$$

capacitive load modify:

$$k_{parallel} = \sqrt{1 + \frac{C_d}{C_o l}} \quad Z_c = Z_o / k \quad T'_{pd} = T_{pd} k$$

Utilizando que

Constante dieléctrica PCB (ϵ_r) = 4.2

Anchura de la línea de transmisión = 1.5 mm

Grosor de la línea (T) = 0.035 mm

Grosor del dieléctrico (H) = 0.794 mm

Obtenemos un impedancia de línea de **50.7 Ohm**.

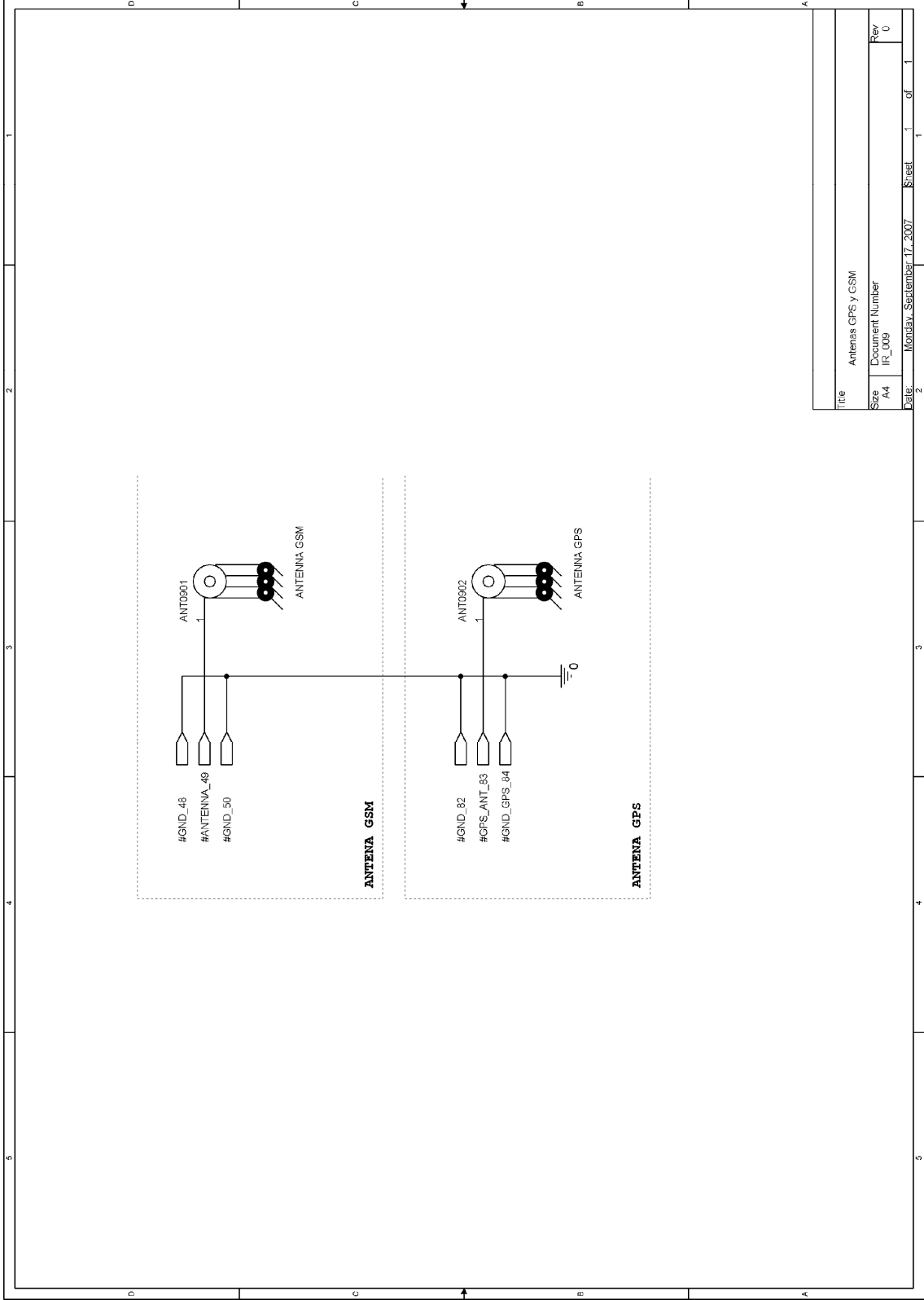
3.4.3.3 Descripción de puertos

- #ANTENNA_49 – Positivo de la antena GSM.
- #GND_48 – Toma de tierra.
- #GND_50 – Toma de tierra.
- #GPS_ANT_83 – Positivo de la antena GPS.
- #GND_82 – Toma de tierra.
- #GND_84 – Toma de tierra.

3.4.3.4 Partes de interfaz

- Conector SMA para antena GSM.
- Conector SMA para antena GPS.

3.4.3.5 Diagrama eléctrico



Title		Antenas GPS y GSM	
Size	Document Number	Rev	
A4	IR_009	0	
Date:	Monday, September 17, 2007	Sheet	1 of 1

3.5. DAC Y ADC

3.5.1 Requerimientos y recomendaciones del fabricante

Convertidor DAC

El módulo Telit incorpora un convertidor digital-analógico que puede ser útil a la hora de implementar funcionalidades adicionales para el módulo como actuadores.

La señal analógica de salida está disponible en el conector número 63 del módulo Telit.

El DAC integrado es un convertidor de 10 bits, capaz de generar valores analógicos en base a una entrada de 1023 posibles valores. No obstante, es imprescindible implementar un filtro paso bajo en la salida analógica.

	Mínimo	Máximo	Unidades
Rango Voltaje (filtrado)	0	2.6	Volts
Rango	0	1023	--

La precisión es de 10 bits por lo que si consideramos el voltaje máximo como 2V, el voltaje integrado puede calcularse con la fórmula:

-
$$\text{Voltaje Salida} = 2 * \text{Valor} / 1023$$

La línea de salida DAC_OUT debe ser integrada con un filtro paso banda de baja frecuencia para obtener un voltaje analógico.

Convertidor ADC

El módulo Telit incorpora un convertidor analógico-digital. La línea de entrada analógica está disponible en la patilla número 23 del módulo.

El convertidor integrado tiene 11 bits de resolución. Puede leer voltajes en el rango de 0V a 2V y convertirlos en palabras de 11 bits.

	Mínimo	Máximo	Unidades
Rango Voltaje entrada	0	2	Volts
Conversión AD	-	11	Bits
Resolución	-	<1	mV

3.5.2 Definición

3.5.3 DAC y ADC

3.5.3.1 Breve descripción del circuito

La entrada analógica se conecta directamente a la patilla ADC ya que la integración de señal se hace por software mientras que, en la salida, debemos integrar eléctricamente el pulso emitido para compensar posibles desajustes y ruido en la línea.

3.5.3.2 Elementos característicos del circuito

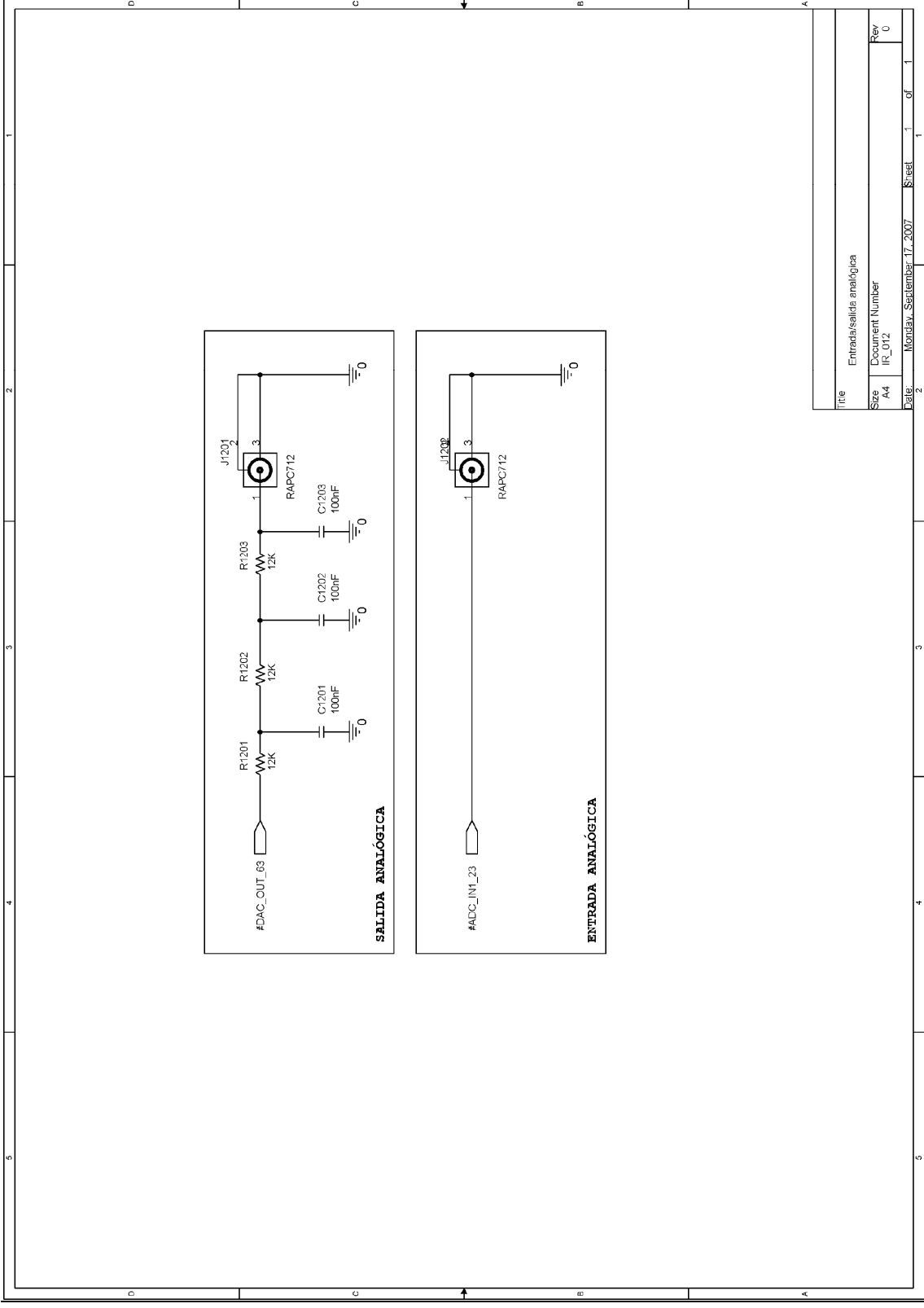
3.5.3.3 Descripción de puertos

- #DAC_OUT_63 – Salida señal analógica.
- #ADC_IN_23 – Entrada señal analógica.

3.5.3.4 Partes de interfaz

- Conector tipo Jack entrada analógica.
- Conector tipo Jack salida analógica.

3.5.3.5 Diagrama eléctrico



Title		Entrada/salida analógica	
Size	Document Number	Rev	
A4	IR_D12	0	
Date:	Monday, September 17, 2007	Sheet	1 of 1

3.6 Puertos de comunicación

3.6.1 Requerimientos y recomendaciones del fabricante

El módulo Telit tiene 4 puertos de serie disponibles:

- Puerto 1 MODEM serie
- Puerto 2 MODEM serie (Control GPS)
- Puerto A GPS (SIRF BINARY)
- Puerto B GPS (NMEA)

1. Hay que **evitar que los puertos de comunicación digitales reciban niveles lógicos de 3.8V** ya que, aunque se trata de valores dentro del rango admitido pueden estresar al módulo al encontrarse en el límite superior del margen y acabar produciendo daños a la larga.

2. Para reprogramar el firmware el puerto de serie en el módulo Telit debe estar disponible para la traducción a RS232 **y el elemento de control debe ponerse en estado latente, desconectado o en modo pasarela en el momento en que tiene lugar la reprogramación.** Solo los pines TXD, RXD, GND Y ON/OFF son necesarios para la reprogramación.

Puerto 1 MODEM serie

- Puerto UART de +2.8V.
- Tiene las 7 señales estándar RS232.
- Difiere del PC-RS232 en la polaridad y niveles por lo que hay que implementar un traductor de niveles.
- TXD y RXD están referidos a la aplicación del usuario.
- Se pueden utilizar solo las líneas TXD y RXD para establecer un canal de comunicación pero requiere programar un protocolo de comunicación vía hardware.

Absolute Maximum Ratings -Not Functional

Parameter	Min	Max
Input level on any digital pad when on	-0.3V	+3.6V
Input voltage on analog pads when on	-0.3V	+3.0 V

Operating Range - Interface levels (2.8V CMOS)

Level	Min	Max
Input high level V_{IH}	2.1V	3.3V
Input low level V_{IL}	0V	0.5V
Output high level V_{OH}	2.2V	3.0V
Output low level V_{OL}	0V	0.35V

The signals of the GE863-GPS serial port are:

RS232 Pin Number	Signal	GE863-GPS Pad Number	Name	Usage
1	DCD - dcd_uart	42	Data Carrier Detect	Output from the GE863-GPS that indicates the carrier presence
2	RXD - tx_uart	38	Transmit line *see Note	Output transmit line of GE863-GPS UART
3	TXD - rx_uart	37	Receive line *see Note	Input receive of the GE863-GPS UART
4	DTR - dtr_uart	39	Data Terminal Ready	Input to the GE863-GPS that controls the DTE READY condition
5	GND	8-17-28-36-45-48-50-56	Ground	ground
6	DSR - dsr_uart	43	Data Set Ready	Output from the GE863-GPS that indicates the module is ready
7	RTS - rts_uart	40	Request to Send	Input to the GE863-GPS that controls the Hardware flow control
8	CTS - cts_uart	41	Clear to Send	Output from the GE863-GPS that controls the Hardware flow control
9	RI - ri_uart	44	Ring Indicator	Output from the GE863-GPS that indicates the incoming call condition

1. Las líneas TXD, DTR y RTS necesitan un pull-up externo.
2. El puerto #PWRMON puede alimentar hasta un total de 7 resistencia pull-up de 47ohms.

Puerto 2 MODEM serie (Control GPS)

Este puerto se utiliza para control el sistema GPS desde la parte GSM del módulo Telit.

Está disponible en los pines:

PIN #	NAME	DESCRIPTION	TYPE
25	TX_TRACE	TX Data for GPS control	CMOS 2.8V
26	RX_TRACE	RX Data for GPS control	CMOS 2.8V

La implementación típica requiere conectar estos pines al Puerto A GPS (SIRF BINARY)

PIN #	NAME		NAME	PIN#
25	TX_TRACE	↔	RX_GPS_BIN	78
26	RX_TRACE	↔	TX_GPS_BIN	80

Puerto A GPS (SIRF BINARY)

Este puerto permite obtener los datos de navegación GPS en formato SIRF BINARY.

La configuración por defecto del puerto es 57600bps, 8, n, 1

Está disponible en los pines:

PIN #	NAME	DESCRIPTION	TYPE
78	RX_GPS_BIN	GPS RX Data (Sif Binary)	CMOS 2.8V
80	TX_GPS_BIN	GPS TX Data (Sif Binary)	CMOS 2.8V

Puerto B GPS (NMEA)

Este puerto permite obtener los datos de navegación GPS en formato NMEA 0183.

La configuración por defecto del puerto es 4800bps, 8, n, 1

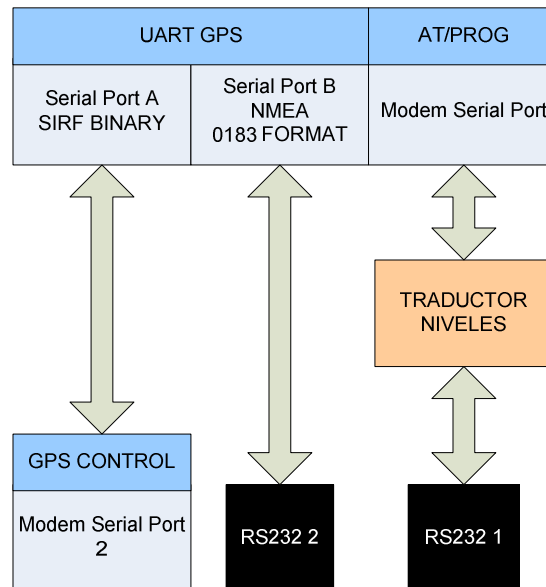
Está disponible en los pines:

PIN #	NAME	DESCRIPTION	TYPE
68	TX_GPS	GPS TX Data (NMEA)	CMOS 2.8V
73	RX_GPS	GPS RX Data (NMEA)	CMOS 2.8V

3.6.2 Definición

El sistema tendrá dos puertos RS232. Uno de ellos da acceso al *Puerto 1 MODEM* serie mientras que el otro al *Puerto B GPS*.

Los puertos *Puerto 2 MODEM serie* y *Puerto A GPS* están interconectados entre sí.



3.6.3 RS232 MODEM Serial 1

3.6.3.1 Breve descripción del circuito

El circuito tiene una fuente para regular la alimentación de un traductor de niveles que permite la comunicación entre el puerto de serie integrado en el módulo TELIT y el puerto de serie de un computador personal. Básicamente se trata de un convertidor de niveles eléctricos para hacer que coincidan con los de la interfaz de computador.

3.6.3.2 Elementos característicos del circuito

Un regulador de voltaje se encarga de alimentar al traductor de niveles con 3V. Las líneas de recepción tienen pull-up' s de 47ohm para cumplir con los requisitos de niveles de voltaje.

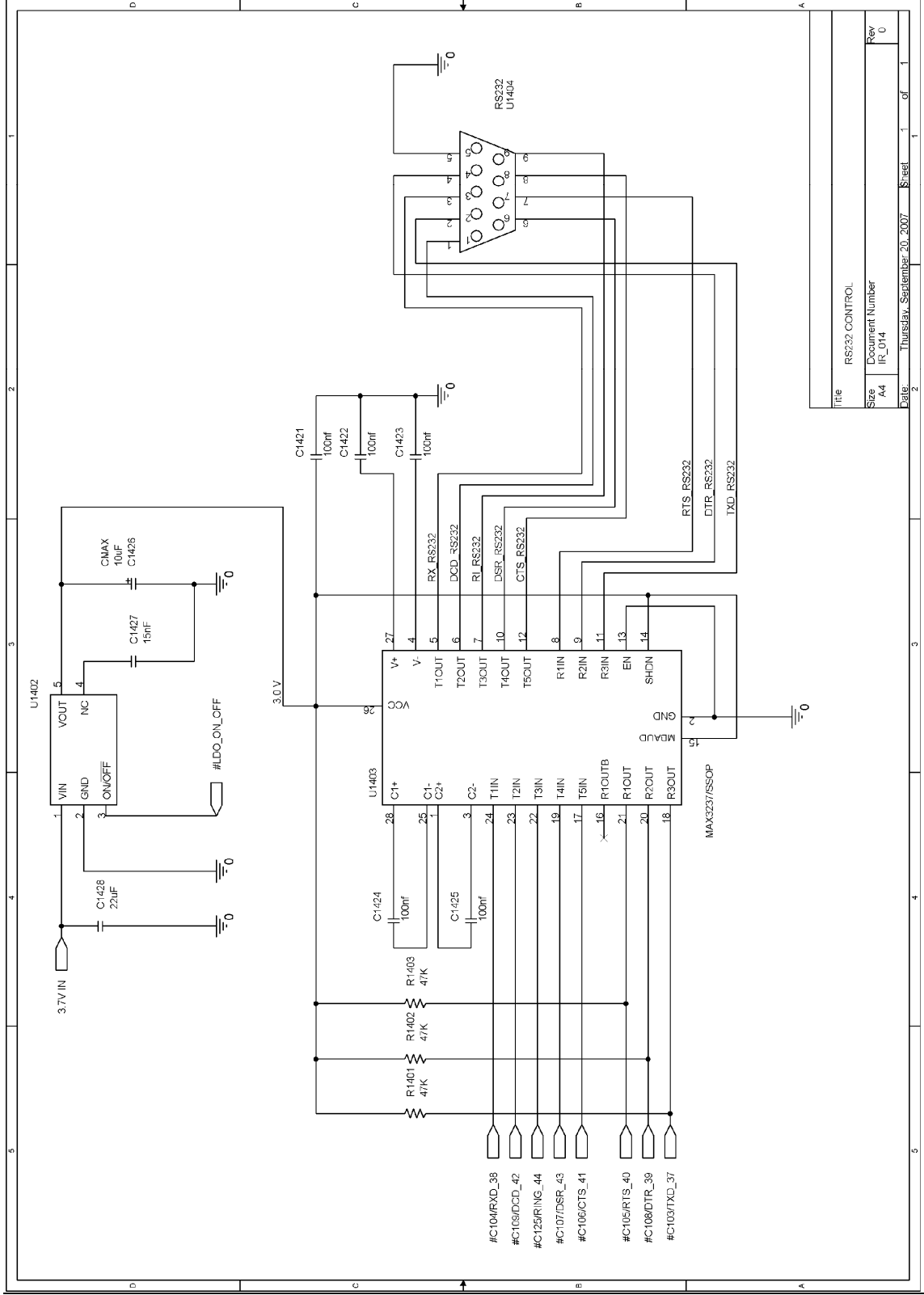
3.6.3.3 Descripción de puertos

- #RXD_28, CDC_42, RING_44, DCR_43, CTS_41, RTS_40, DTR_39, TXD_37 – Implementación de control de flujo por hardware.

3.6.3.4 Partes de interfaz

- Conector RS232 para el envío de comandos AT

3.6.3.5 Diagrama eléctrico



Title		RS232 CONTROL
Size	Document Number	IR_D14
Rev		0
Date:	Thursday, September 20, 2007	Sheet 1 of 1

3.6.4 RS232 Serial Port B NMEA

3.6.4.1 Breve descripción del circuito

A diferencia del módem Serial 1, este puerto de comunicación no necesita traducción de niveles, y dado el número limitado de conexiones todo el protocolo de comunicación se debe implementar a nivel de software. Esto limita enormemente la velocidad de transmisión de datos para este puerto de comunicación, aunque tiene como ventaja el reducir notablemente el número de conexiones necesarias pasando de las 10 líneas del protocolo completo a solo 3 líneas de comunicación.

La implementación con tres líneas permite utilizar tanto una interfaz RS232 como el estándar USB, mucho más común y extendido.

3.6.4.2 Elementos característicos del circuito

Aunque se han implementado las líneas de transmisión y recepción en el esquemático, bastaría con conectar la línea de transmisión para escuchar la salida sin procesar del GPS ya que no se establece (dada la utilidad del puerto) comunicación bidireccional en ningún momento.

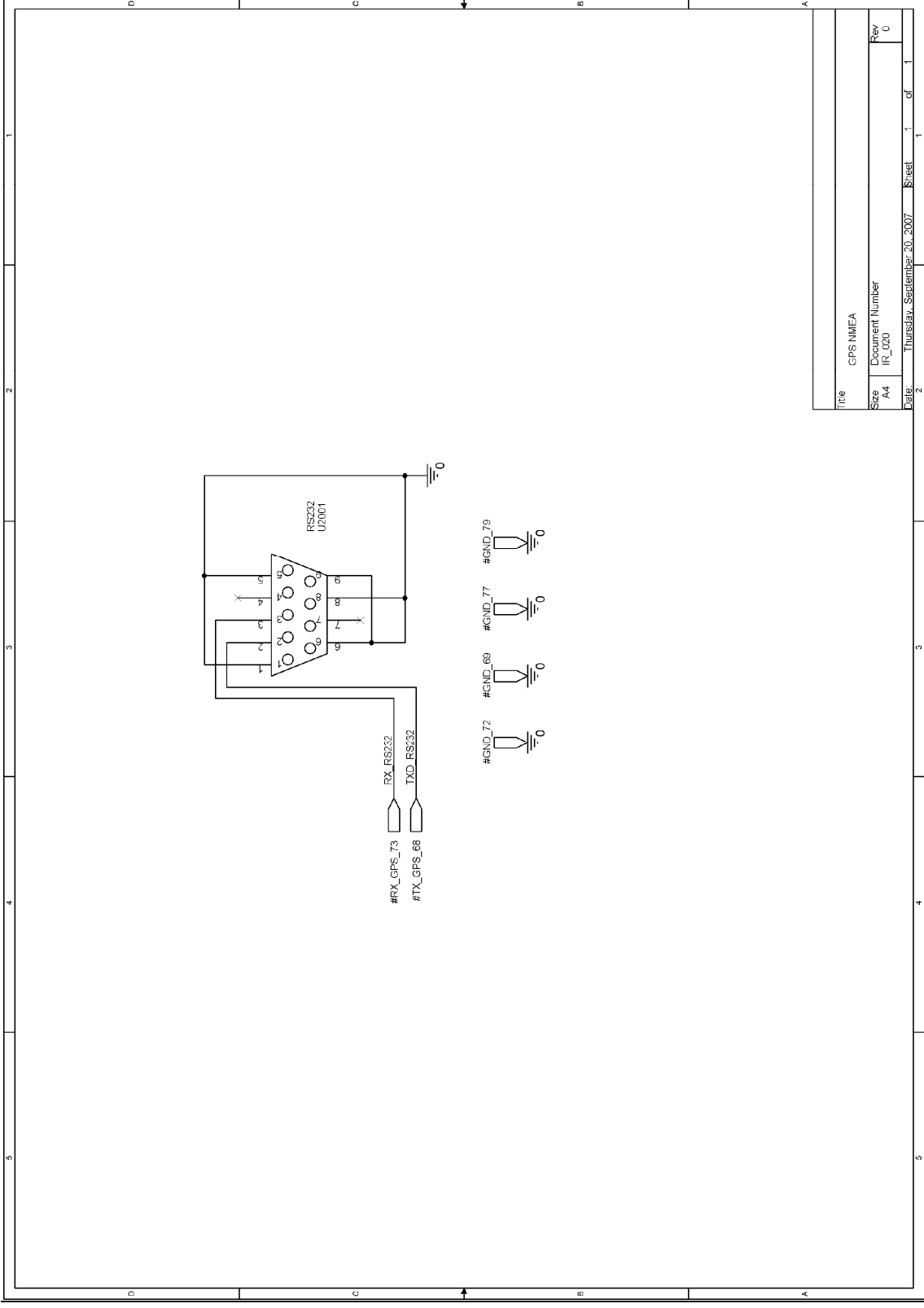
3.6.4.3 Descripción de puertos

- TX_GPS_68 – Transmisión de las frases de posicionamiento sin procesar.
- RX_GPS_73 – Canal de recepción del modem de control del GPS para el control de flujo de datos.

3.6.4.4 Partes de interfaz

- Conector RS232 para la salida sin procesar del receptor GPS.

3.6.4.5 Diagrama eléctrico



Title		GPS NMIFA
Size	Document Number	IR_020
Rev		0
Date:	Thursday, September 20, 2007	Sheet 1 of 1

3.7 Entrada/salida digital

3.7.1 Requerimientos y recomendaciones del fabricante

El módulo GE863 dispone de una serie de puertos de entrada y salida (GPIO) de carácter general y que son totalmente configurables. Todos los puertos GPIO del terminal Telit se comunican usando CMOS de 2.8V.

Resumen de Puertos disponibles en el módulo Telit:

Ball	Signal	I/O	Function	Type	Input / output current	Default State	ON_OFF state	State during Reset	Note
34	GPIO1	I/O	GPIO01 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	LOW		
33	GPIO2	I/O	GPIO02 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	LOW		Alternate function (JDR)
55	GPIO3	I/O	GPIO03 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	HIGH	HIGH	47K Pull Up
32	GPIO4	I/O	GPIO04 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	HIGH	HIGH	4.7K Pull Up Alternate function (RF Transmission Control)
53	GPIO5	I/O	GPIO05 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	LOW		Alternate function (RFTXMON)
54	GPIO6	I/O	GPIO06 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	fig. 01	HIGH	Alternate function (ALARM)
51	GPIO7	I/O	GPIO07 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	LOW		Alternate function (BUZZER)
6	GPIO8	I/O	GPIO08 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	LOW		
5	GPIO9	I/O	GPIO09 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	LOW		
4	GPIO10	I/O	GPIO10 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	LOW		
3	GPIO11	I/O	GPIO11 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	HIGH	HIGH	4.7K Pull Up
2	GPIO12	I/O	GPIO12 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	HIGH	HIGH	47K Pull Up
1	GPIO13	I/O	GPIO13 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	LOW		
60	GPIO14	I/O	GPIO14 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	LOW		
71	GPIO15	I/O	GPIO15 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	LOW		
64	GPIO16	I/O	GPIO16 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	LOW		
59	GPIO17	I/O	GPIO17 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	LOW		
76	GPIO18	I/O	GPIO18 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	LOW		

The following table shows the logic level specifications used in the [GE863-GPS](#) interface circuits:

Absolute Maximum Ratings -Not Functional

Parameter	Min	Max
Input level on any digital pin when on	-0.3V	+3.6V
Input voltage on analog pins when on	-0.3V	+3.0 V

Operating Range - Interface levels (2.8V CMOS)

Level	Min	Max
Input high level	2.1V	3.3V
Input low level	0V	0.5V
Output high level	2.2V	3.0V
Output low level	0V	0.35V

For 2,0V signals:

Operating Range - Interface levels (2.0V CMOS)

Level	Min	Max
Input high level	1.6V	3.3V
Input low level	0V	0.4V
Output high level	1,65V	2.2V
Output low level	0V	0.35V

3.7.2 Definición

3.7.3 Entrada/salida digital

3.7.3.1 Breve descripción del circuito

Interfaz entre los puertos de E/S digital y el exterior. El módulo cuenta con dos tipos de puertos diferentes motivo por el cual algunos de los puertos de E/S llevan un circuito de levantamiento de voltaje mediante una resistencia en serie con una fuente de voltaje que esté al nivel del protocolo de comunicación (2.7Volts en este caso).

3.7.3.2 Elementos característicos del circuito

Dos de las E/S necesitan un pull-up externo para poder funcionar que jalen, a través de resistencias de 47K Ohm del puerto #52POWER_MON que, según el fabricante, puede alimentar hasta 7 pull'ups.

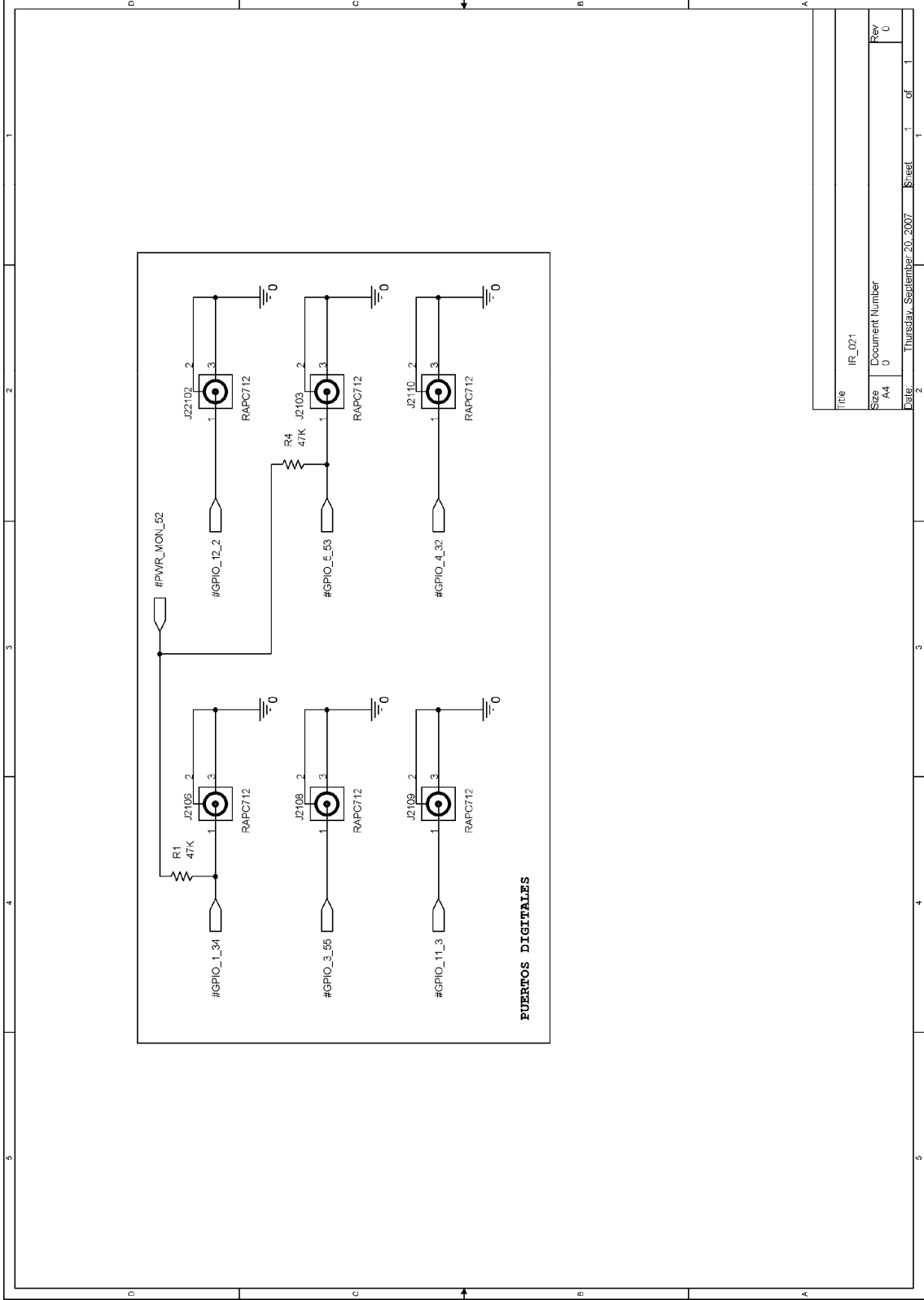
3.7.3.3 Descripción de puertos

- #PWR_MON_52 – Puerto de monitorización de encendido con salida constante de 2.7V cuando el módulo Telit está encendido.
- #GPIO_N – Puertos configurables como entrada o salida de información digital.

3.7.3.4 Partes de interfaz

- 6 Conectores para JACK

3.7.3.5 Diagrama eléctrico



Title		IR_021
Size	Document Number	
A4	0	
Rev	0	
Date:	Thursday, September 20, 2007	Sheet 1 of 1

3.8 Propagación Encendido/Apagado y Reinicio

3.8.1 Requerimientos y recomendaciones del fabricante

Este circuito no está propuesto en los manuales del fabricante pero se ha considerado interesante su diseño pues permite evitar la paralización del sistema por algún elemento que deje de responder debido a un mal funcionamiento de software. En estos caso se procede al reinicio del módulo GE863, pero también es necesario que al mismo tiempo se reinicien algunos sistemas anexos. El circuito se encarga de propagar los eventos de reinicio del módulo principal a otros sistemas.

3.8.2 Definición

3.8.3 Propagación encendido/apagado y reinicio

3.8.3.1 Breve descripción del circuito

Algunos componentes, especialmente aquellos utilizados para traducir niveles USB o aquellos que se alimentan directamente de la batería (3.7V) necesitan encenderse/apagarse y reiniciarse a la par del módulo central.

Este circuito se encarga de escuchar los eventos de reinicio y encendido/apagado con el objetivo de propagar estos eventos a aquellos elementos que se alimentan directamente de la batería.

3.8.3.2 Elementos característicos del circuito

El circuito se alimenta de los 3.7V de las baterías y , a través de una serie de transistores, se encarga de propagar los eventos de apagado, encendido y reinicio a aquellos componentes que lo requieren.

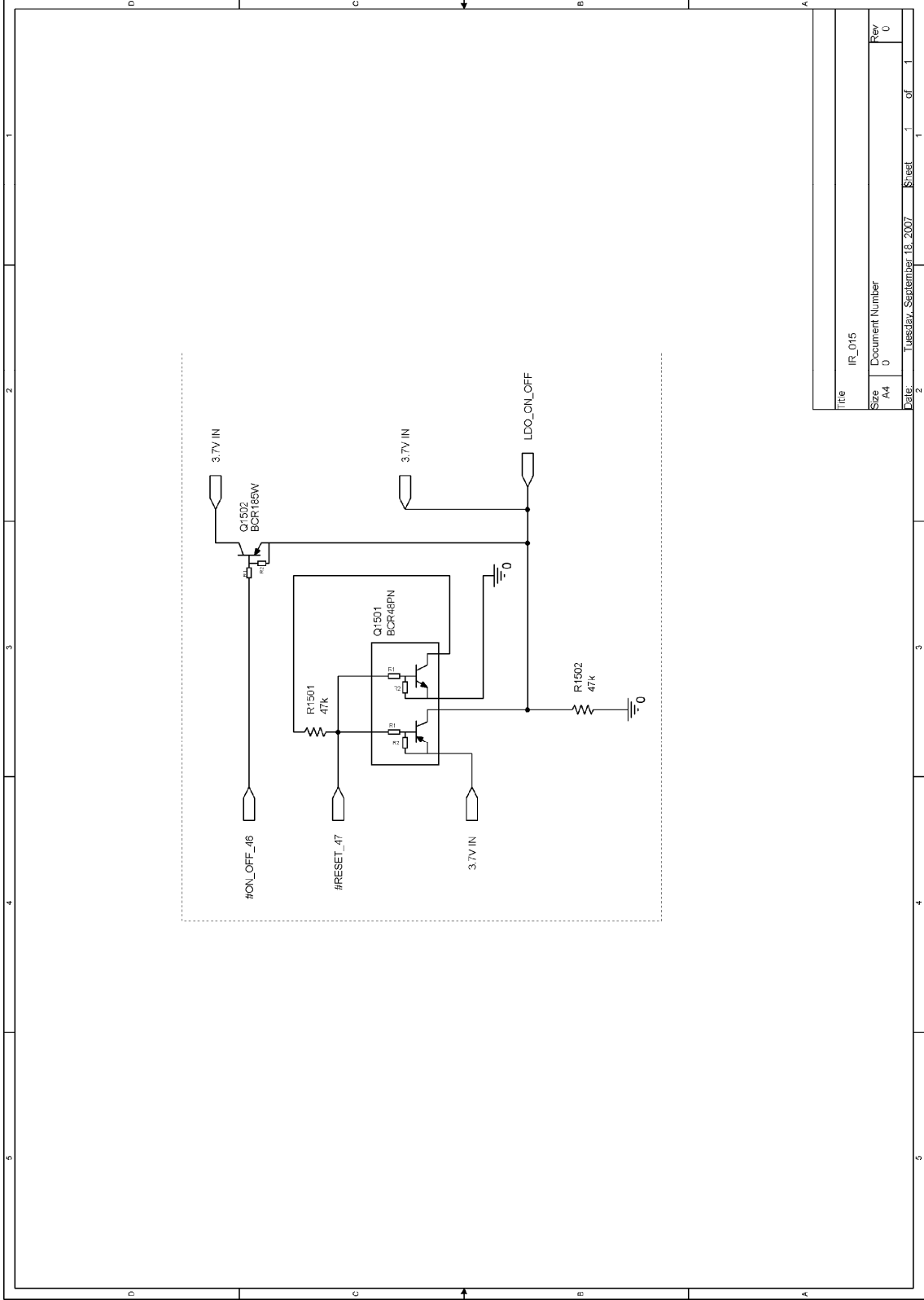
3.8.3.3 Descripción de puertos

- #ON_OFF – Puerto de encendido del módulo Telit.
- #RESET – Puerto de reinicio del módulo Telit.
- #3.7V IN – Conexión directa a los terminales de la batería
- #LDO_ON_OFF – Salida para conectar los componentes que necesitan reiniciarse a la par del módulo Telit.

3.8.3.4 Partes de interfaz

Este circuito no cuenta con elementos externos de interacción con el usuario.

3.8.3.5 Diagrama eléctrico



Title IR_015

Size A4

Document Number 0

Rev 0

Date: Tuesday, September 18, 2007 Sheet 1 of 1

4 Resumen de las Pruebas eléctricas de los circuitos

4.0 Alimentación

Para mantener el sistema de alimentación lo más flexible posible se ha decidido que el regulador de voltaje será un elemento externo para poder así optar por un transformador adecuado en función de la fuente disponible en una aplicación concreta. El limitador de corriente se mantiene como fuente única, dejándose la regulación del voltaje a un elemento externo.

A pesar de este hecho se ha implementado un sistema de pruebas con los dos circuitos para comprobar que su diseño era correcto. El regulador de voltaje ha demostrado funcionar perfectamente en el rango de 2V a 6V ya que debemos notar que el sistema diseñado es de tipo STEP-UP.

El limitador de corriente funciona también perfectamente, con el inconveniente de que debido al proceso de fabricación las líneas de la placa tienen numerosas pérdidas por lo que es excesiva su función limitadora, dejando solo pasar un máximo de 150mA. Achacamos este problema no a un fallo de diseño sino a imperfecciones en el sistema de fabricación del banco de pruebas.

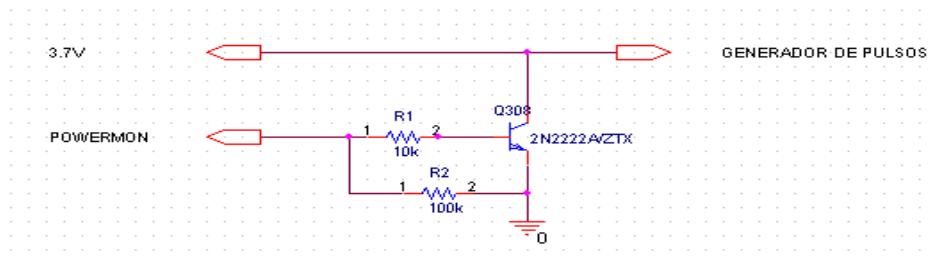
4.1 Autoencendido

El sistema de autoencendido sí ha presentado numerosos problemas de diseño que a continuación se comentan, y se proponen cambios para subsanarlos.

Para empezar, todo el sistema de lógica que hay en la primera parte del circuito está diseñado para funcionar a 6V por lo que la fuente de este sistema no puede ser los terminales VBATT de 3.7 sino los terminales CHARGE de 6V.

Otro problema que ha aparecido durante el montaje es que se han utilizado las salidas lógicas de forma directa para alimentar al generador de pulsos, pero no se ha tenido en cuenta que el nivel lógico inferior es de 3.5V y no de 0V con lo que el generador de pulsos sigue funcionando igualmente y de forma independiente a los niveles lógicos de salida.

Se propone un circuito alternativo para el control del generador de pulsos basado en una combinación de transistores.



El circuito propuesto es mucho más ventajoso que el anterior ya que tiene un menor número de componentes y es mucho más sencillo y económico. La única desventaja es que solo se implementa un circuito lógico tipo NAND por lo que el solo sirve para encendido automático, no para un apagado automático.

Finalmente se ha detectado que las fugas de corriente que hay en el transistor que jala del terminal ON (Q0301) hacen que colector y emisor estén siempre abiertos. Se han tenido que ajustar los valores de las resistencias R0303 Y R0304 para evitar fugas que activen involuntariamente el interruptor emulado por el transistor.

5 Implementación de los circuitos

5.0 Introducción

Debido a los altos costos de fabricación de placas para prototipos (los bancos de pruebas se han hecho sobre placas caseras) se ha optado por simplificar el sistema al máximo en la primera versión del prototipo. Puesto que el coste de fabricación de las placas prototipo es muy alto hay que disminuir al máximo las posibles fuentes de error implementando solo aquellos sistemas que son necesarios para ofrecer funciones de posicionamiento.

Se ha diseñado un socket para el módulo principal ya que éste solo acepta un proceso de reflujo y no se puede volver a soldar. Mediante el desarrollo de este socket se pretende dar flexibilidad a la aplicación permitiendo en un futuro aprovechar otra vez los módulos Telit en nuevas versiones del hardware. Es importante destacar que el módulo Telit representa aproximadamente un 75% del coste de fabricación del producto por lo que es interesante que pueda ser un componente reutilizable en futuros desarrollos.

5.1 Socket

El socket que se ha diseñado implementa sobre la placa los sistemas que deben ser incluidos para un funcionamiento mínimo del módulo: conectores de antena, líneas de transmisión y soporte para tarjeta SIM.

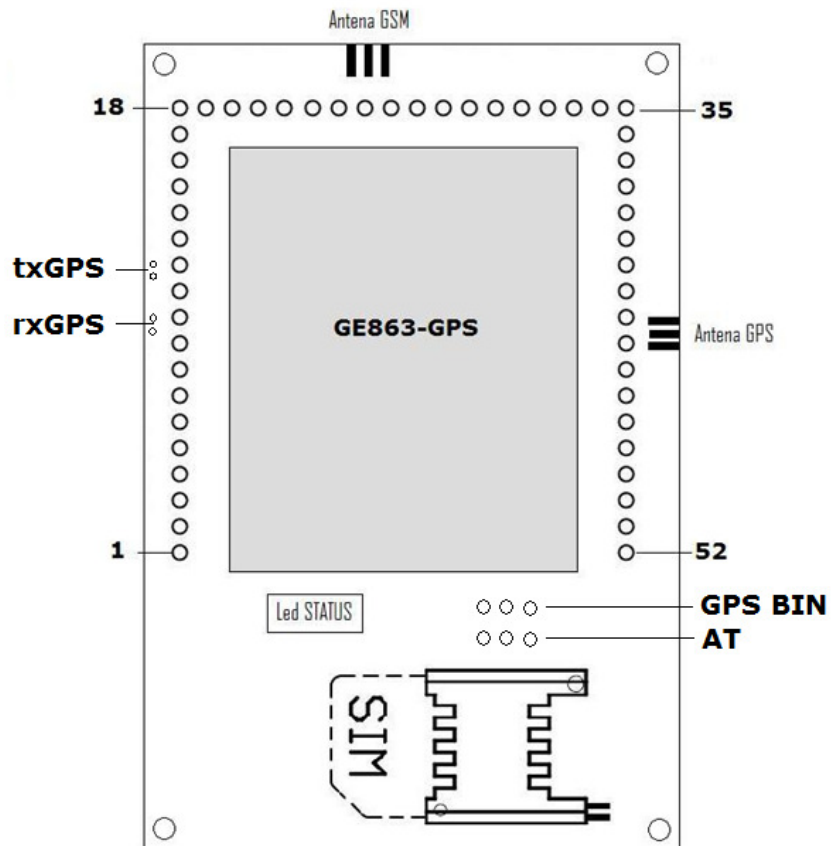
La placa del socket es una placa de dos capas, sin plano de masa ni de alimentación. Para compensar la falta de planos en la recepción de la señal de antena se debe forrar la línea de transmisión en la placa con material conductor conectado a masa. Para ello, se han rodeado las líneas de transmisión con tomas de tierra con el objetivo de poder implementar un encasillado para la antena.

A continuación se detallan las características del módulo que quedan disponibles en la placa y aquellas que han sido capadas.

Funcionalidad	Disponible en socket
Puertos SIM	NO DISPONIBLE (ya implementado en socket)
Audio E/S	NO DISPONIBLE
ADC/DAC	COMPLETO
E/S DIGITAL	LIMITADO
ANTENAS	NO DISPONIBLE (ya implementado en socket)
RESET	COMPLETO
ALIMENTACION	COMPLETO
STATUS	NO DISPONIBLE (ya implementado en socket)

5.2 Implementación del socket

En las dos figuras de este apartado podemos ver la distribución física de los componentes de la placa del socket y la descripción de cada una de las patillas del socket. Podemos observar en la primera figura la posición de las patillas del socket y su numeración. También la distribución de las líneas de antena y la envolvente de toma de tierra. En el costado izquierdo hay dos jumpers que permiten interconectar el módem del GPS con el del módulo GSM para permitir su interacción. Se han dejado disponibles también dos puertos (GPS BIN y AT) para poder depurar el módulo, pero hay que tener cuidado ya que no cuentan con un circuito de traducción de niveles y, aunque pueden utilizarse tal y como están en la placa el módulo podría dañarse con un uso prolongado de estos puertos si no se implementa de forma externa la conversión de niveles eléctricos.



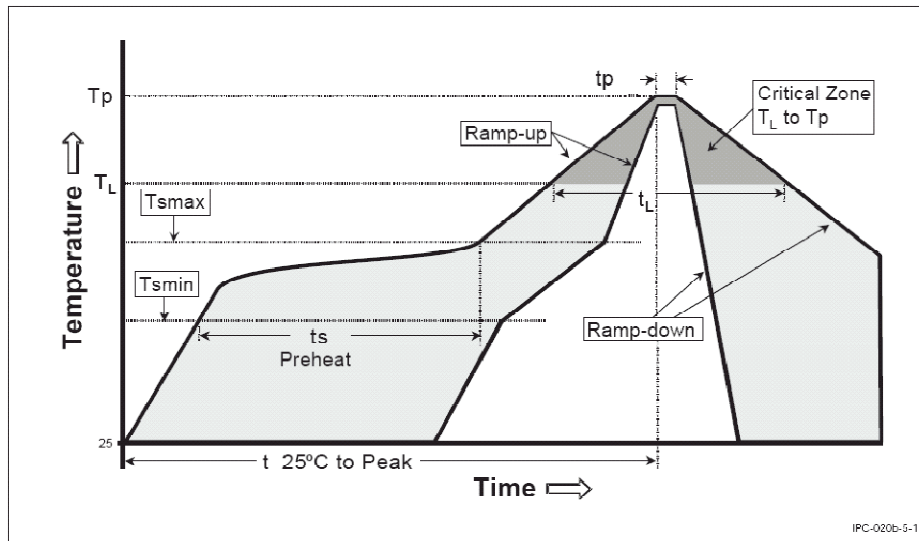
Distribución de las patillas de conexión y de componentes clave en el socket

U?			
1			52
2	VBATT	35CHARGE	51
3	GND	31VAUX1	50
4	GND	32GPIO4	49
5	VBATT	35CHARGE	48
6	TX_TRACE	36GND	47
7	NC	79GND	46
8	RX_TRACE	45GND	45
9	NC	84GND_GPS	44
10	VRTC	NC	43
11	DAC_OUT	NC	42
12	ADC_IN1	NC	41
13	82GND	37C103/TXD	40
14	NC	38C104/RXD	39
15	8GND	39C108/DTR	38
16	69GND	40C105/RTS	37
17	5GPIO9	41C106/CTS	36
18	3GPIO11	42C109/DCD	35
19	NC	43C107/DSR	34
20	77GND	44C125/RING	33
21	68TX_GPS	46ON_OFF*	32
22	56GND	47RESET*	31
23	55GPIO3	48GND	30
24	54GPIO6	NC	29
25	52PWARMON	NC	28
26	67GND	50GND	27
	73RX_GPS	72GND	

Descripción de las patillas disponibles en el socket

5.3 Montaje del Socket

El módulo principal debe soldarse a la placa mediante un proceso de reflujo especificado por el fabricante según la siguiente gráfica.



La soldadura incorporada en el módulo sigue un proceso libre de plomo por lo que las temperaturas de trabajo son más altas de lo habitual, debemos pues tener esto en cuenta en la manufactura de la placa pues ésta debe ser capaz de resistir las temperaturas del proceso de reflujo. Por motivos de coste y resistencia a temperatura se ha elegido material FR4 para las

placas. Es importante tener en cuenta que los estándares FR4 no permiten el control de impedancias en el proceso de manufactura por lo que la impedancia de las líneas debe calcularse en tiempo de diseño. Este tipo de material para placas es aceptable para señales que llegan hasta los 2Ghz siendo a partir de esta frecuencia un problema las pérdidas de línea y la propagación electromagnética de ruido entre líneas. La siguiente tabla muestra un resumen de las características de este tipo de placas.

<i>Propiedad</i>	<i>Valor</i>
Constante dieléctrica	4.70 Max, 4.35 @ 500 MHz, 4.34 @ 1 GHz
Factor de disipación	0.02 @1 MHz, 0.01 @ 1 GHz
Fortaleza dieléctrica	20 MV/m
Resistencia superficial (min.)	$2 \times 10^5 \text{ M}\Omega$
Resistencia volumétrica (min.)	$8 \times 10^7 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$
Grosor típico	1.25 mm - 2.54 mm
Dureza típica (modulo de Young)	17 GPa
Densidad	1.91 kg/L
Temperatura de inicio de cristalización	110 – 230 °C

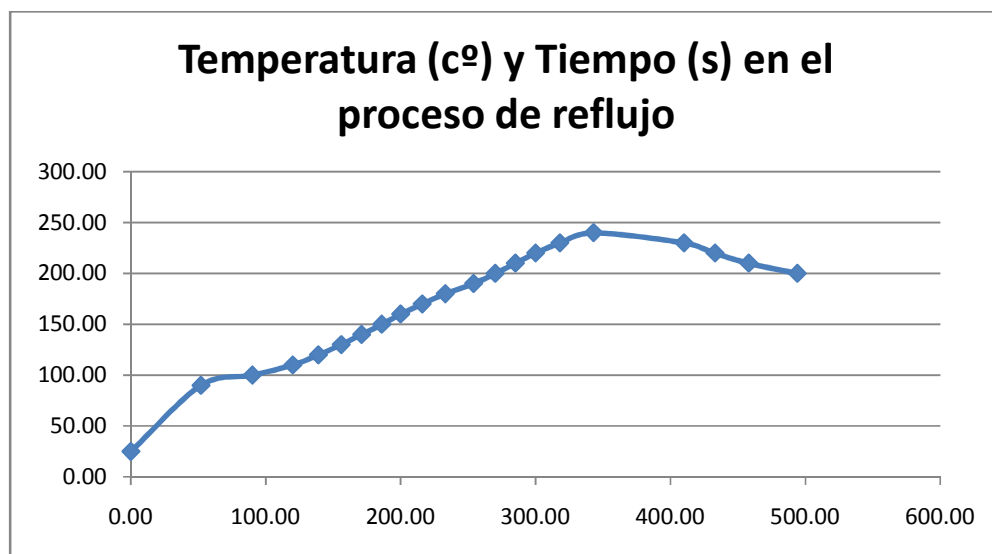
En la siguiente tabla proporcionada por el fabricante del módulo Telit se explica con detalle los límites del gráfico del proceso de reflujo anteriormente presentado en este apartado.

Profile Feature	Pb-Free Assembly
Average ramp-up rate (T_L to T_p)	3°C/second max
Preheat:	
– Temperature Min (T_{smin})	150°C
– Temperature Max (T_{smax})	200°C
– Time (min to max) (t_s)	60-180 seconds
T_{smax} to T_L:	
– Ramp-up Rate	3°C/second max
Time maintained above:	
– Temperature (T_L)	217°C
– Time (t_L)	60-150 seconds
Peak Temperature (T_p):	245 +0/-5°C
Time within 5°C of actual Peak Temperature (t_p)	10-30 seconds
Ramp-down Rate	6°C/second max.
Time 25°C to Peak Temperature	8 minutes max.

Todas las temperaturas de la tabla están referidas a la parte superior del empaquetamiento del circuito. Se debe emplear un catalizador de soldadura libre de plomo para mejorar la calidad de la misma, convenientemente una aleación de Ni y Ag.

Una vez soldado el modulo principal, el resto de componentes del socket se incorporan de forma tradicional mediante soldadura de plomo.

Para la construcción del prototipo se ha utilizado un horno no específico que ha sido modificado para ajustar su curva de calor a la necesaria para el proceso de reflujo. Se fue incorporando aislante térmico y reflector de aluminio al horno de forma iterativa realizando sucesivas pruebas de calor hasta obtener la curva de la siguiente figura:



Observamos como el tiempo de escalado entre 150 Cº y 200 Cº es de 84 segundos lo que queda dentro del intervalo 60s-150s.

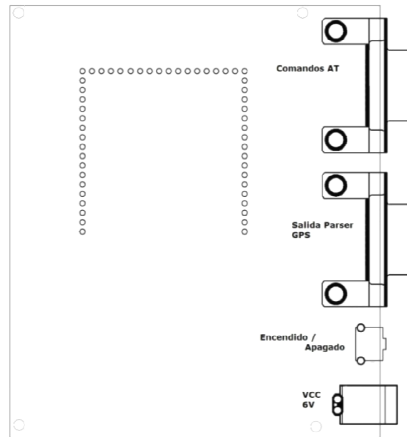
Los gradientes a lo largo de la curva no superan $\Delta 1C^\circ/s$ lo que nos mantienen bastante por debajo del límite de $3^\circ c/s$ de límite.

El tiempo por encima de TL es de 217 segundos y el tiempo de pico de 92 segundos. Obviamente estos valores quedan muy por encima de los límites de seguridad pero hay que hacer notar que las mediciones a partir de la temperatura de pico no son nada fiables ya que el sistema de medición utilizado demostró tener tendencia a retener el calor, no siendo nada receptivo a los cambios de temperatura en sentido descendiente.

5.4 Placa básica

Para la primera implementación del sistema la placa que acomoda el socket simplemente incluye circuitos de regulación de corriente y dos puertos RS232, uno para el control del procesador mediante comandos AT y el otro para la extracción en tiempo real de frases NMEA desde el dispositivo GPS integrado en el módulo. Con el objetivo de minimizar la posibilidad de fallos en el

diseño y abaratar costos se han limitado las funcionalidades ya que se ha establecido como finalidad de las primeras unidades el servir para ofrecer servicios de posicionamiento y levantamiento de mapas exclusivamente.



Esquemático de posición de conectores de la placa básica

5.5 Encapsulado

Por motivos de disponibilidad y costes el encapsulado de la placa básica se fabricará de poliestireno de choque por ser un material económico, disponible y fácil de trabajar. El fabricar las cajas de forma personalizada permite mantener el tamaño muy reducido ya que las cajas prefabricadas que hay disponibles en el mercado no ofrecen las características necesarias para la aplicación: no se adaptan al tamaño de los circuitos y los procesos que deben seguir para acomodar las conexiones no son estándar por lo que la calidad final del producto es muy baja.

El empaque está fabricado con poliestireno de choque de 4mm para el exterior y reforzado interiormente con láminas de acrílico y PVC.

En la siguiente figura podemos ver una maqueta del diseño del encapsulado que se fabricó a mano con objetos demostrativos para este proyecto.



6. Bibliografía

- [1] Norma ISO 7816 - Electronic identification cards.
- [2] Hojas de especificaciones y aplicaciones recomendadas de los siguientes componentes: 1N4004, 74ACT00, 74F02, 93LCS56, BC847BW, BC857B, BCR185W, FT2232L, FXLP34, IRL5602, L5973D, LM2621, LP2980, MX3222, NE555, NX1255GB, STPS140Z, STPS340U, TUSB2036VF.
- [3] Complete PCB Design Using OrCad Capture and Layout, Kraig Mitzner. Libro formato electrónico.
- [4] Norma IPC-D-317 - Design Guidelines for Electronic Packaging.
- [5] Microvias for Low Cost High Density Interconnect. Auth. John Lau & Ricky Lee. Ed. McGraw Hill Professional. Junio 2001.
- [7] Documentos desarrollo Telit:
- **Telit EVK2 User Guide** Rev.6- 24/05/07
 - **AT Commands Reference Guide** Rev. 2 - 16/03/07
 - **GE863-GPS Hardware User Guide** 1vv0300714 Rev.6 - 22/06/07
 - **GE863-GPS Software User Guide** 1vv0300724 Rev. 3 - 05/07/07
 - **Easy Script in Python** 80000ST10020a Rev.3 - 24/05/07
 - **CMUX User Guide** 0268ST10299A Rev. 0 - 13/10/06
 - **Easy GPRS User Guide** 80000ST10028 Rev. 1 - 14/03/07