

Disseny i Implementació d'un Receptor GPS per Aplicacions amb Microcontroladors

T. R. Parets i B. Alorda

Enginyeria Tècnica Industrial, Especialitat en Electrònica Industrial
 tomas.parets@gmail.com

Resum— El present document recull el resultats obtinguts en el projecte final de carrera basat en el disseny i la implantació d'un receptor de posicionament global o *Global Positioning System* (GPS) per aplicacions basades amb microcontroladors. Es descriuen tant el programari, com el maquinari dissenyat en la implementació. El receptor GPS es transforma en una plataforma que permet la programació per a múltiples aplicacions fent que la informació de posicionament sigui accessible en múltiples formats. El sistema es dissenya tant per proporcionar informació de la posició actual en temps real, com la possibilitat de realitzar traveses o seqüència de punts que són emmagatzemades a dins la memòria del sistema per després poder ser enviades a un ordinador o a un altre sistema electrònic pel seu posterior processat.

I. INTRODUCCIÓ

Avui en dia existeix una creixent demanda d'aparells que disposin d'aplicacions les quals precisen d'informació sobre posicionament geogràfic. És per aquest motiu que el receptor GPS és un element cada vegada més comú en els dissenys de sistemes electrònics. El posicionament per GPS es basa en un sistema d'orientació i navegació que mitjançant la recepció i el processament de la informació emesa per una constel·lació de 24 satèl·lits (NAVSTAR) que orbiten al voltant de la terra, com es mostra a l'esquema de la Figura 1. Aquesta distribució de satèl·lits és capaç d'establir les coordenades geoplanetàries on es troba el receptor [1].

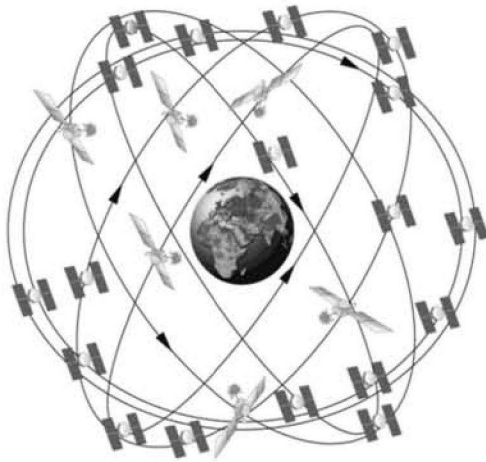


Fig. 1 Estructura general del sistema

Els receptors GPS, formats per una antena i un circuit receptor i descodificador del senyal, es comuniquen amb altres sistemes mitjançant un protocol de comunicació molt usat entre instruments d'ús marí i definit per la *National Marine Electronics Association* dels EEUU (NMEA 0183) [2]. El protocol NMEA es basa en la transmissió usant el protocol

de transmissió físic RS232 de trames de dades en codi ASCII de forma asíncrona. Aquestes trames són generades pel receptor de forma contínua sense interrupció, per tant no es tracta d'un tipus *mestre-esclau* on la informació de posicionament només sigui transmesa en el cas en que el mestre la sol·liciti. El receptor des del moment en que rep alimentació comença a enviar trames amb el format NMEA i ha de ser el sistema que llegeix les trames l'encarregat de determinar quan les trames són correctes, quines són les trames que interessin segons l'aplicació i sobretot, quina és la posició global del sistema. És per aquest motiu, que es vol dissenyar un sistema microcontrolat que sigui capaç de llegir aquestes trames i proporcioni la informació de posicionament només quan se li sigui sol·licitada o que sigui capaç d'emmagatzemar diferents traveses de ruta seguint qualche regla temporal o d'espai entre preses de posició. D'aquesta forma s'allibera al sistema principal de la tasca de llegir constantment les trames rebudes des del receptor GPS i la seva posterior interpretació.

Per a realitzar la localització GPS, la informació és emesa per cada satèl·lit en format digital. La informació emesa es distribueix en dues sèries de dades conegudes com *ALMANAQUE* i *EFEMÈRIDES* [3]. Les dades que contenen aquestes dues sèries informen sobre l'estat operatiu del satèl·lit, la seva situació orbital, data i hora juntament amb l'identificador del satèl·lit.

A partir d'aquestes dades es determinen la posició del receptor sobre la terra mitjançant triangulació. És per això que es necessita la recepció de senyal de almenys tres satèl·lits.

El sistema que es proposa està pensat per a poder ser emprat com a receptor GPS portàtil. Aquest anirà instal·lat dins una capsula i alimentat amb bateries per a poder ser transportat. Així es podrà funcionar independentment o conjuntament amb un altre sistema més complexa al qual es connectarà com un perifèric més. Es disposarà de connexions tipus USB i SPI per a facilitar la interconnexió amb altres sistemes.

Les passes seguides en aquest projecte per arribar al disseny definitiu són:

- *Disseny de l'estructura i funcions del sistema.* S'han determinat les característiques/funcions de les que disposa el sistema per, en funció d'aquestes, determinar el número i tipus de components necessaris: perifèrics, dispositius per interactuar l'usuari amb el sistema, etc.
- *Selecció de components.* Una vegada es tenen definides les funcions, es seleccionen els components que les realitzaran. Aquesta selecció s'ha fet amb criteris d'espai dins la capsula i cost del component.

- *Disseny d'una placa de circuit imprès* pel suport/interconnexió dels diferents components.
- *Procés de soldadura*. En aquesta etapa s'han soldat tots els components que formen el sistema un darrera l'altre, realitzant les comprovacions per a verificar el correcte funcionament.
- *Desenvolupament de Drivers*. S'han realitzat les tasques de programació i verificació de les funcions per interactuar amb els perifèrics disponibles.
- *Desenvolupar una petita aplicació exemple* que emmagatzemi dades de posicionament GPS i sigui capaç de transferir-les a un PC o a un altre dispositiu electrònic connectat o bé al port SPI (Serial Peripheral Interface) o bé al port USB (Universal Serial Bus).

II. DEFINICIÓ DEL SISTEMA

A l'hora de dissenyar un sistema GPS el primer element a seleccionar és en el receptor. En aquest cas s'ha seleccionat un receptor GPS Fastrax UC322 [4] del qual, es disposa d'un entrenador, que ha permès la verificació dels requeriments proposats en el projecte, una primera introducció al llenguatge NMEA 0183 i al funcionament del circuit receptor. L'esquema del sistema complet es mostra a la Figura 1 on es poden veure altres elements a més del receptor GPS: un sistema de memòria externa, un mòdul de comunicacions per USB mitjançant una pasarel·la RS232-USB del fabricant FTDI [5] i un sistema de comunicacions amb un altre sistema extern mitjançant les especificacions del bus SPI.

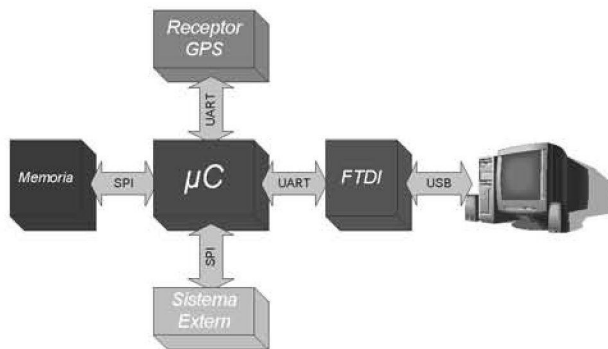


Fig. 2 Estructura general del sistema

A la Figura 2, es pot veure com el microcontrolador és l'element central del sistema dissenyat i el pont de comunicació entre els diferents perifèrics, d'aquesta manera, les trames del receptor GPS són processades i enviades de diverses formes a la resta de perifèrics. Així, el microcontrolador podria actuar tant fent tasques senzilles de traducció de protocols com tasques més complexes on s'analitzés la trama rebuda i s'aconseguís la informació de posicionament.

Les quatre funcions proposades en l'aplicació seran:

- *Passarel·la*, on es farà una captura de les trames NMEA del receptor i es transmetran a través dels ports USB/SPI.
- *Captura de posicions continua*, en aquest cas es capturaran constantment les dades de posicionament i amb intervals de temps fixats s'aniran guardant a la memòria.

- *Captura de posicions aleatòria*, en aquest cas s'aniran capturant les dades de posicionament contínuament, però només s'emmagatzemaran a la memòria quan l'usuari premi el botó.
- *Bolcat de dades*. Aquesta funció s'implementa per a transferir les dades que s'han anat emmagatzemant a la memòria tant en el mode de captura continua com en el mode aleatori via els ports USB/SPI.

III. IMPLEMENTACIÓ DEL SISTEMA

Un dels requisits considerat com important és la capacitat d'adaptació del sistema a múltiples aplicacions. Per aquest motiu es van incorporar opcions que donessin lloc al treball aïllat del sistema, però també que permetés el treball conjunt amb altres sistemes de forma senzilla. A més, es volia poder disposar de la possibilitat per desconnectar el receptor GPS i poder-lo connectar amb un altre microcontrolador per a dotar al conjunt de major potència o introduir millores posteriors. Amb tots aquests requeriments es va definir l'estructura de la Figura 3. Aquesta estructura no es va concebre en una única PCB, sinó que tot el sistema es va dividir en dues parts ben diferenciades: El receptor GPS i les seves opcions de programació, juntament amb els buffers i la selecció de modes es va implementar en una PCB que s'ha anomenat PCB_RECEPTOR, mentre que la resta de components que estaven més lligats a una possible aplicació final s'ha implementat en una segona PCB anomenada PCB_APLICACIÓ.

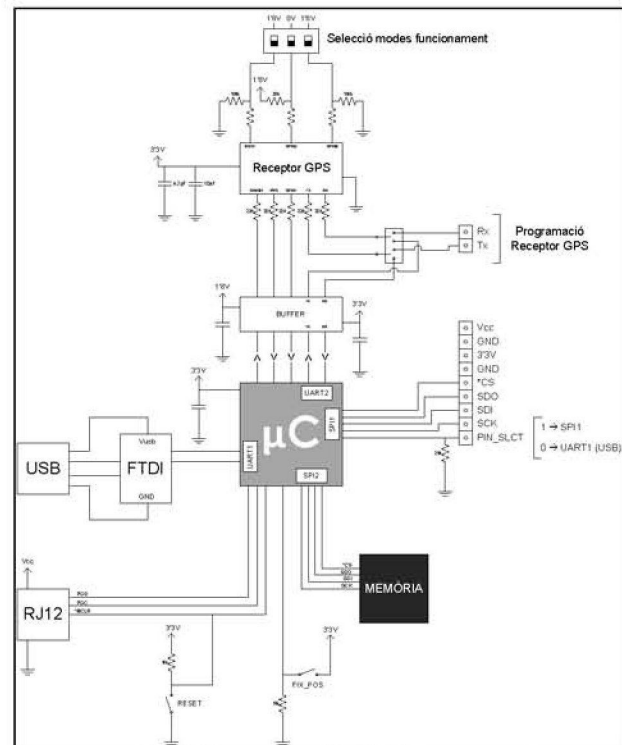


Fig. 3 Esquema complet del sistema proposat

L'esquema mostrat a la Figura 3 es va implementar usant l'eina EAGLE [6] que conté tant un entorn per disseny d'esquemàtics, com un entorn per disseny de les PCBs.

Vegem a continuació una descripció més detallada de cada un dels blocs que formen part de la implementació feta.

A. Font d'Alimentació

El sistema requereix de dos nivells d'alimentació: alimentació de 3.3v per a tots els circuits de control i d'aplicació i 1.8v pels senyals que provenen del receptor GPS. Degut a que la principal font d'alimentació del sistema és una bateria de 9V del tipus LR6, es decideix dissenyar una font d'alimentació amb una configuració en cascada (Figure 4). La primera etapa es connecta directament al pla d'alimentació de la

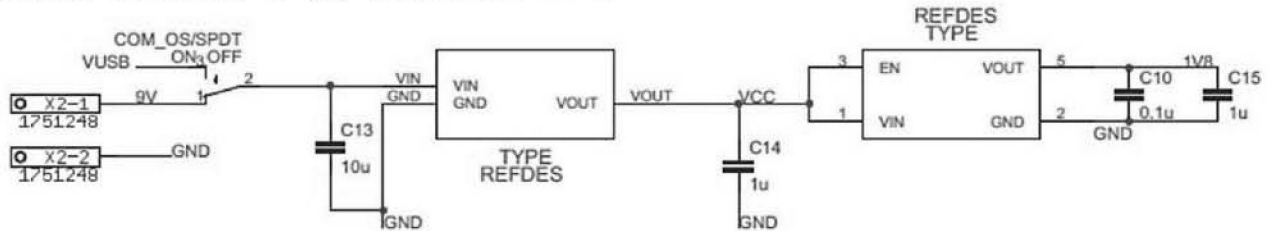


Fig. 4 Detall de l'esquema de la font d'alimentació en cascada usada per proporcionar 3.3v i 1.8v a partir d'una bateria de 9v.

B. Detector Nivell Bateria

Per a poder detectar la condició de nivell de la bateria baixa s'empra un detector de tensió, més concretament un TC54 de la casa MICROCHIP. Aquest detector disposa de tres pins, veure Figura 5. Un primer pin és el d'entrada. Aquest pin es connecta al node anomenat Vcc sortida del primer regulador de tensió.

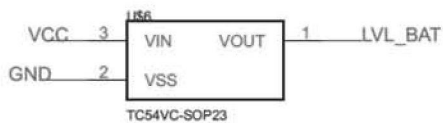


Fig. 5 Esquemàtic del circuit detector Nivell Bateria

El pin de sortida del detector va connectat directament al pin RC4 del PIC com es mostra a la Figura 6 amb l'etiqueta LVL_BAT. Aquest senyal s'activarà quan la bateria es trobi amb càrrega baixa.

C. Microcontrolador

El microcontrolador elegit és el PIC18F46J50. La principal característica d'aquest model és que disposa de dos ports RS232 i una matriu interna de reconexió de pins que permet connectar qualsevol pin exterior amb gairebé qualsevol perifèric intern.

Els perifèrics usats en el disseny són:

- 1) *EUSART*: La comunicació amb el receptor GPS es realitza amb un port de comunicació asíncron UART. Aprofitant un dels dos ports EUSART dels que disposa el PIC es realitzarà la comunicació.
- 2) *MSSP (Master Synchronous Serial Port)*: Com en el cas dels ports EUSART, els dos ports SPI disponibles en el PIC estan controlats per un mòdul hardware intern anomenat MSSP. Aquest perifèric intern s'emprarà en el disseny proposat per a comunicar amb la memòria externa i oferir l'accés a un port extern SPI per part d'un altre sistema.

PCB_APLICACIÓ, d'aquesta manera es fa arribar el voltatge de 3.3V (Vcc) a tots els components.

Després del primer regulador, es connecta un segon regulador amb sortida a 1.8V que proporciona l'alimentació requerida a la PCB_RECEPTOR. A més, i per mantenir les tensions de sortida estables, s'afegeixen una sèrie de capacitats, d'entrada i sortida, per tal de minimitzar senyals de renou sobre l'alimentació. La Figura 4 mostra amb detall l'esquema seguit per a implementar aquesta alimentació en cascada.

- 3) *RESET*: El mateix PIC disposa d'un pin (*MCLR) que implementa aquesta funció. Aquest pin és actiu per nivell baix. Per a tenir la possibilitat de resetejar el PIC en el moment desitjat es preveu un polsador que força el nivell baix al pin *MCLR. Dit polsador va connectat mitjançant una resistència de pull-up per forçar el nivell alt al pin sempre i quan no es premi el polsador.
- 4) *FIX_POS*: Es disposa d'un polsador d'usuari per a poder interactuar el sistema. Aquest polsador s'ha proposat amb la funció de fixar posicions GPS a la memòria en el moment en que es premi. Encara que també pot ésser emprat per altres funcions, només cal que es programi tal com es desitja.
- 5) *Encoder*: A més d'aquest darrer polsador, per a poder interactuar amb el PIC es té també un *encoder*. Aquest *encoder* permet seleccionar el mode en el qual es vol que funcioni el PIC. Els diferents modes s'estableixen en el codi i són configurables.
- 6) *LED*: Com a mètode per a visualitzar l'estat o mode en que es troba funcionant el PIC s'empra un LED. Aquest està connectat a un pin de sortida del PIC. Així es poden elegir diferents freqüències d'intermitència per a distingir entre un mode o altre. Per a limitar el corrent que passa per aquest LED es col·loca una resistència en sèrie com es mostra a la Figura 6.
- 7) *Programació*: Per a programar el PIC és necessari dissenyar algun tipus de connector per tal de poder emprar el programador. En aquest cas es programa en llenguatge C i s'utilitza un ICD-U64 de la firma CCS [7]. El programador ICD-U64 disposa d'un connector del tipus RJ11. Es dissenya un adaptador que permeti passar del connector RJ11 a un tipus de connector que es pugui ubicar a sobre la placa. Degut a que el connector RJ11 femella que es necessita ocupa molt

d'espai a sobre la PCB, s'opta per emprar un altre tipus de connector i fabricar un adaptador per estalviar espai, facilitar la col·locació de la resta de components a

sobre la PCB i aconseguir utilitzar una caps de perfil baix per a tot el sistema.

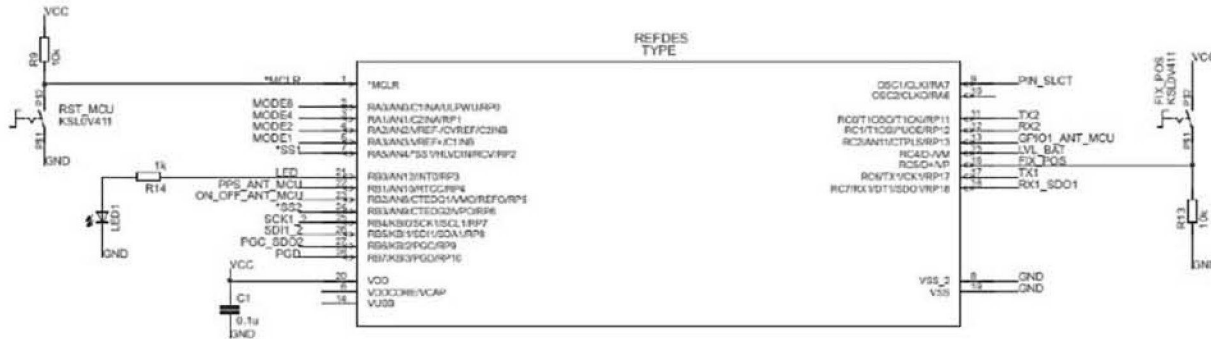


Fig. 6 Esquemàtic Microcontrolador

D. Buffer

El *buffer* es troba ubicat entre el PIC i el receptor GPS. Les tensions de funcionament del receptor GPS són diferents a les de la resta de components del sistema i té la funció de convertir els nivells de tensió dels senyals del PIC i del receptor GPS.

E. Receptor

El receptor que s'ha seleccionat per a integrar dins el present projecte està format per un transductor i una circuiteria que es capaç de processar la informació rebuda per tal de transmetre-la a través del port UART en format NMEA. La Figura 6 mostra un esquema de interconnexió del receptor usat i dels senyals que es connecten amb el microcontrolador.

S'haurà d'emprar un dels ports EUSART del PIC i 4 pins per a poder interactuar entre el PIC i el receptor. A més del port UART del receptor es disposa d'una entrada que activarà o desactivarà el receptor (pin ON_OFF) i, en el cas en que no es precisi de la recepció de dades de geoposicionament, tenir l'opció d'aturar el receptor per tal d'estalviar energia.

Els senyals GPIO6 i GPIO2 permeten seleccionar el mode de funcionament del receptor. Es disposa de tres mètodes de funcionament tal com es mostra a la Taula 1.

En aquesta implementació, s'ha decidit utilitzar el format NMEA amb una velocitat de 57.600 bauds, encara que aquesta velocitat i mode de funcionament es podran seleccionar mitjançant un *switch* disponible sobre la PCB_RECEPTOR.

TAULA I
MODES DE FUNCIONAMENT DEL RECEPTOR

Configuració	1	2	3
GPIO6 input	low	high	low
GPIO2 input	low	low	high
Protocol	NMEA 3.01	SiRF binary	NMEA 3.01
Baud	4800,n,8,1	57600,n,8,1	57600,n,8,1

F. Memòria

La memòria seleccionada és del tipus *EEPROM* i s'accedeix a ella mitjançant un bus *SPI*. Concretament es

tracta d'una 25LC256 de la casa MICROCHIP [8]. Per seleccionar la memòria s'ha tingut en compta el format i longitud de les dades que s'emmagatzemaran. Cada dada referent a la posició està representada per una sèrie de caràcters. Aquests caràcters ocupen una longitud total de 32 bytes. El nombre posicions màxim a desar s'ha fixat a 1.000. Així doncs, es pot determinar que el nombre màxim de bytes d'una ruta de 1.000 punts serà de 32.000 bytes que en bits equival a 256kbits.

Es voldrà una velocitat d'accés a la memòria elevada, ja que, les dades enviades pel receptor GPS, es transferiran amb una velocitat màxima de 57.600 bauds d'aquesta manera no es podrà perdre informació del receptor GPS. Per aconseguir-ho es farà servir el perifèric intern MSSP que s'ocuparà de transmetre les dades a la memòria mentre la CPU dedica l'atenció a analitzar les trames NMEA.

G. FTDI

El PIC seleccionat disposa d'un mòdul de comunicació destinat exclusivament a les comunicacions USB. El motiu per el qual no s'ha emprat aquest mòdul i s'ha fet servir un mòdul extern al PIC és degut a la flexibilitat i facilitat que ens permetia aquest mòdul FTDI extern al PIC i permetre alliberar a la CPU de la gestió de la comunicació USB.

Emprant només dos pins del PIC, una com a senyal de transmissió de dades i l'altre com a recepció, s'aconsegueix establir una comunicació sèrie asíncrona amb el mòdul FTDI i aquest realitza les funcions de gestió de l'enviament USB. Així es descarrega el PIC del volum de dades que hauria de processar per a gestionar aquesta comunicació USB directament.

IV. FABRICACIÓ DEL SISTEMA RECEPTOR

Una vegada es tenen definits tots el components que aniran a sobre la PCB així com també les interconnexions que hi haurà entre aquests, s'ha passat a realitzar la tasca de localització i encaminament per a la qual s'ha emprat l'editor de plaques del mateix programa EAGLE.

El sistema complet es distribueix en dues PCB: la PCB_RECEPTOR i la PCB_APLICACIÓ. La implementació definitiva de les dues plaques es mostra a les Figures 7 i 8 on a la dreta es mostren les cares de la PCB_RECEPTOR i a l'esquerra es mostren les cares de la PCB_APLICACIÓ. A la

cara superior de la PCB_RECEPTOR de la Figura 7 es pot identificar el receptor GPS amb les resistències i capacitats recomanades pel fabricant.

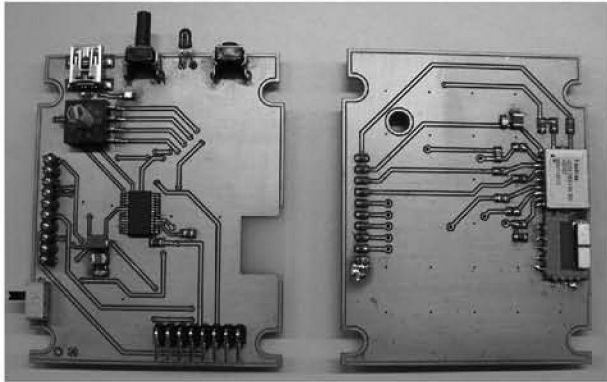


Fig. 7 Cares superiors de les dues PCBs

Sobre la capa superior de la PCB_APLICACIÓ s'hi han localitzat el connector de programació, l'encoder, els botons d'usuari i de reset, el led, la pasarel·la FTDI i el connector mini-USB per a la connexió amb el PC.

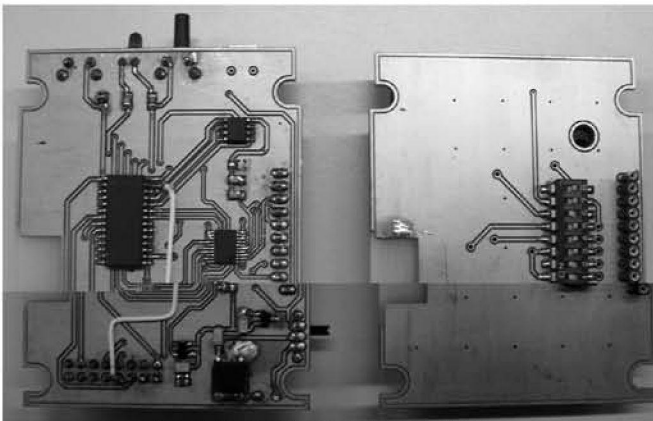


Fig. 8 Cares inferiors de les dues PCBs

A la capa interior de la PCB_RECEPTOR mostrada a la Figura 8 s'hi identifica el selector dels modes de funcionament del receptor GPS. Mentre que a la cara inferior de la PCB_APLICACIÓ es veuen el microcontrolador usat, la memòria EEPROM, el sistema d'alimentació i el circuit de buffers. Una vegada muntades les dues PCBs s'han dut a terme una sèrie de processos de comprovació del correcte funcionament de cada un dels elements per separat.

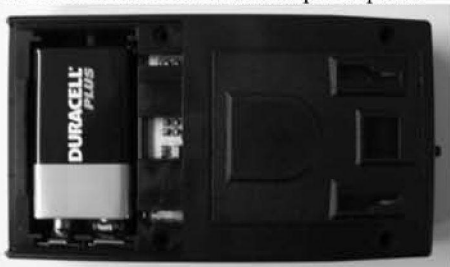


Fig. 9 Fotografia on es pot identificar la bateria i les PCBs situades dins la capsa. A la cara de la dreta sobresurt el botí d'usuari.

El sistema acabat es presenta en una capsa portàtil on tots els connectors i botons són accessibles des de l'exterior com es mostra a la Figura 9.

V. PROGRAMACIÓ

Com a eina de programació s'ha decidit emprar el compilador CCS, (PIC C Compiler) [7]. Aquest compilador ha estat seleccionat per oferir la possibilitat de poder programar en llenguatge C. El programa principal s'ha estructurat en tres seccions. En primer lloc s'ha configurat el PIC ajustant la velocitat del rellotge, l'activació o no del *watchdog*, el tipus d'interrupcions actives, els valors de configuració dels perifèrics, etc. A continuació s'han definit els comportaments de cadascun dels ports de comunicació així com també els diferents pins d'entrada i sortida del PIC. Recordem que aquest model de PIC disposa d'una matriu interna de connexió que permet configurar els perifèrics interns amb diverses configuracions de pins d'entrada/sortida.

Finalment, s'ha dissenyat l'estructura principal del programa tal com es mostra a la Figura 10.

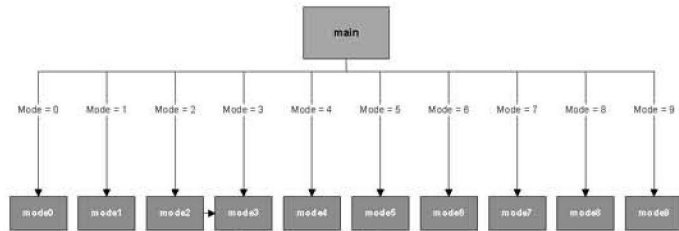


Fig. 10 Cares inferiors PCBs

Aquesta secció s'encarrega de fer una lectura de l'encoder (recordem que aquest dispositiu permet indicar el mode en el qual l'usuari vol que el sistema treballi) i, en funció del valor que s'ha llegit fer una cridada a un dels deu subprogrames anomenats *mode0...9* a la Figura 10.

En l'aplicació desenvolupada en aquest projecte s'han definit 4 modes amb les següents funcions:

- *mode0*, funció passarel·la. El PIC s'encarrega de rebre les dades del receptor GPS i enviar-les, directament i sense processar, cap a un PC connectat al port USB. La Figura 11 mostra una captura de pantalla amb les dades llegides pel port USB de l'ordinador en aquest mode i el traçat identificat amb el programa VisualGPS [9]. Així a la dreta de la Figura 11 apareixen el llistat de les diferents trames NMEA rebudes, cada línia és una trama diferent amb les dades que contenen. La gràfica de barres que apareix al costat esquerra superior mostra els identificadors dels satèl·lits que detecta el receptor i la qualitat del seu senyal. Quan més alta sigui la barra millor és la qualitat del senyal rebut. La gràfica polar en fons negre mostra la constel·lació de satèl·lits que veu el receptor com si s'estàs mirant al cel. A la zona central del programa es pot veure la traça històrica de punts validats que s'han aconseguit així el perfil d'altura d'aquesta ruta. Tota aquesta informació la proporcionen les diferents trames NMEA a mesura que el receptor GPS és capaç de calcular-les. Els programes com visualGPS (s'ha triat aquest programa en concret per tenir una llicència gratuïta) són capaços d'interpretar les trames NMEA directament i com es mostra a la Figura 11, aquest mode s'ha testejat amb aquest tipus de programa amb èxit.

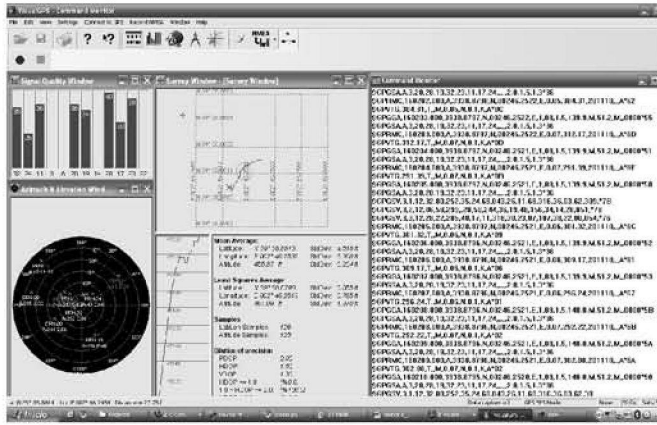


Fig. 11 Captura de dades en mode 0

- *mode1*, aquest segon mode emmagatzema, a la memòria EEPROM, les dades de posicionament vàlides amb intervals de temps predefinitos. Les dades desades dins la EEPROM són localitzacions geogràfiques vàlides. És a dir, s'espera a que el receptor GPS obtingui una posició vàlida i només es desen localitzacions correctes.
- *mode2*, ofereix un funcionament semblant al *mode1* però en aquest cas es guarden les dades de posicionament cada vegada que es premi el polsador del sistema. En aquest mode és l'usuari qui indica cada quan es desa una posició validada a la EEPROM.
- *mode3*, aquest mode s'empra per a fer el bolcat de dades. Es connecta el sistema a un PC a través del port USB i quan es prem el polsador d'usuari es fa un bolcat de totes les posicions que hi ha emmagatzemades a la memòria del sistema. La Figura 12 mostra una voltat realitzat en un experiment usant aquest mode.



Fig. 12 Cares inferiors PCBs

VI. CONCLUSIONS

S'ha aconseguit desenvolupar un sistema GPS que com a apimpcipal avanatge presenta la possibilitat d'integrar-se en molts altres sistemes que no disposin d'aquest tipus de receptor. D'aquesta manera s'aconsegueixen augmentar les prestacions d'aquests tipus de sistemes.

A més hi ha la possibilitat de reprogramar el dispositiu receptor, ja que s'ha mantingut una connexió de programació

que aconseguiria adaptar el receptor GPS a les característiques del nou sistema.

La flexibilitat que ofereix al sistema a l'hora de modificar el programari del PIC no es troba en molts altres dispositius que es puguin trobar al mercat, d'aquesta manera es crea una sistema únic que pot ésser exportat a diferents àmbits d'aplicació com puguin ésser automoció, electrònica de consum, etc.

REFERÈNCIES

- [1] <http://www.navstarinc.com> (on-line 2011)
- [2] <http://www.nmea.org> (on-line 2011)
- [3] <http://www.gps.gov> (on-line 2011)
- [4] <http://www.fastraxgps.com/products/gpsantennamodules/300series/uc322/> (on-line 2011)
- [5] <http://www.ftdi-chip.com> (on-line 2011)
- [6] <http://www.eagle.org> (on-line 2011)
- [7] <http://www.ccs-info.com> (on-line 2011)
- [8] <http://www.microchip.com/25LC256> (on-line 2011)
- [9] <http://www.visualGPS.org> (on-line 2011)



Tomàs R. Parets Fiol va realitzar aquest treball com a projecte final de carrera de la titulació d'enginyeria tècnica industrial especialitat electrònica industrial. Té el títol de postgrau d'especialista universitari en domòtica i gestió energètica. Ha rebut el certificat de KNK partner en instal·lacions domòtiques i actualment ocupa un lloc tècnic a I2M en el departament tècnic.

Bartomeu Alorda. Enginyer de Telecomunicacions (UPC, 2000) i Doctor en Física (UIB, 2005). És professor del Departament de Física a la Universitat de les Illes Balears en el grup de recerca de Sistemes Electrònics.