

Demoboard per sistemi GPS

FT441K

Sono sempre più numerosi i dispositivi che utilizzano il GPS (Global Positioning System) per stabilire la posizione di un veicolo o di un natante o per verificarne la rotta o il percorso. In effetti il sistema satellitare è attualmente l'unico in grado di fornire con grande precisione ed in tempo reale la posizione di qualsiasi mezzo che si trovi sulla superficie terrestre o che sia in volo sopra di essa. Più di una volta in passato abbiamo utilizzato dei ricevitori GPS per realizzare dei navigatori o delle apparecchiature di localizzazione remota. Questo mese proponiamo il progetto di una demo-board con la quale prendere dimestichezza con questa tecnica ma che, al di là delle potenzialità della scheda, offre già la possibilità di visualizzare la latitudine, la longitudine, il numero dei satelliti e la velocità. Non solo teoria, dunque, ma anche pratica: ad esempio, montando la scheda sulla vostra automobile, avrete a disposizione un preciso tachimetro "satellitare" da utilizzare come tale ma anche per verificare la precisione di quelli di serie. Aggiungendo delle semplici routine e interfacciando opportunamente



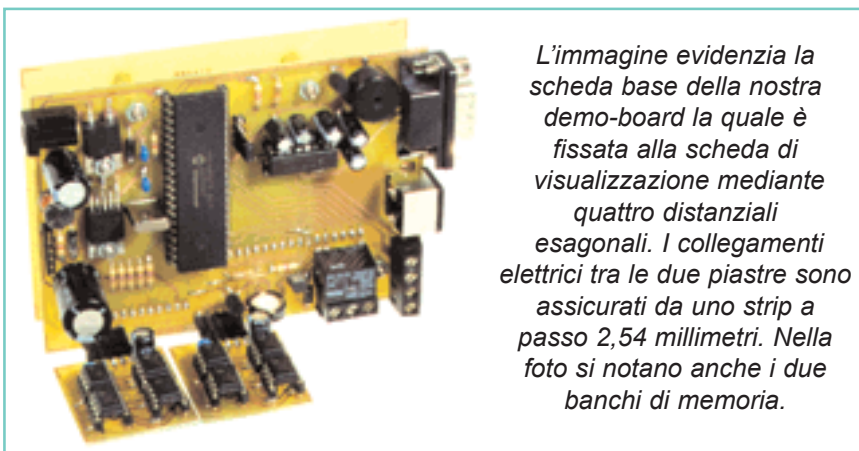
la demo-board alla vettura potremmo, ad esempio, limitare la velocità dell'auto o evitare che questa esca da una zona predefinita oppure, ancora, memorizzare il percorso effettuato. Prima di entrare nel merito del progetto è tuttavia opportuno ricordare come funziona il sistema di localizzazione satellitare. Il GPS nacque dall'esigenza del Ministero della Difesa degli Stati Uniti di seguire i propri mezzi militari sulla terraferma ed in mare con lo scopo di migliorare l'efficienza del potenziale bellico. Il sistema divenne operativo nel 1993 ed attualmente comprende 24

satelliti che ruotano in 6 orbite comprendenti ciascuna 4 unità; ogni orbita è inclinata di 55° rispetto al piano equatoriale ed è spaziata di 60 gradi rispetto a quella adiacente. I satelliti orbitano a circa 20.200 chilometri di altezza ed impiegano 12 ore per effettuare un giro completo del globo terrestre. Per la loro dislocazione sul piano orbitale terrestre è possibile ricevere i segnali di 8-12 satelliti al massimo. Per stabilire la propria posizione è necessario che un ricevitore sia in grado di decodificare i segnali provenienti come minimo da 3 satelliti; maggiore è il numero

dei satelliti ricevuti, più preciso sarà il dato ottenuto. Ciascun satellite emette due segnali radio che vengono chiamati L1 e L2: il primo ha una portante a 1575,42 MHz, mentre il secondo trasmette a 1227,60 MHz; L1 è modulato con un segnale degradato che introduce un errore di 30÷200 metri mentre L2 viene utilizzato a scopi militari ed ha una precisione di pochi centimetri. Per la verità,

da circa un anno, anche il segnale civile ha una precisione elevatissima in quanto è stato eliminato l'errore introdotto. Questo "miglioramento del servizio" (definiamolo così) è stato preso dagli USA su pressione di molti governi occidentali a loro volta "pressati" dai produttori di sistemi di navigazione satellitari che sempre più si vanno diffondendo e dalla minaccia

(che presto sarà una realtà) di creare un sistema europeo alternativo al GPS americano. Per la verità un sistema alternativo esiste già ed è operativo anch'esso dal 1993. Si tratta del russo GLONASS (GLObal Navigation Satellite System) il quale utilizza anch'esso (in teoria) una rete di 24 satelliti. Al contrario del sistema americano, le orbite sono solo tre con otto satelliti per orbita che percorrono una rotazione completa in 11 ore e 15 minuti; cambia anche l'inclinazione sull'equatore che è di 64,8°. Le frequenze usate sono 1602 MHz per il segnale L1 e 1246 per quello L2. Purtroppo, attualmente il sistema russo è piuttosto mal ridotto dal momento che sono operativi solamente sei satelliti; inoltre, per quanto riguarda l'utenza civile, i ricevitori per il Glonass sono praticamente



L'immagine evidenzia la scheda base della nostra demo-board la quale è fissata alla scheda di visualizzazione mediante quattro distanziali esagonali. I collegamenti elettrici tra le due piastre sono assicurati da uno strip a passo 2,54 millimetri. Nella foto si notano anche i due banchi di memoria.

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA GPS

Il GPS, sistema di radionavigazione mondiale, è stato sviluppato dal Dipartimento della Difesa degli USA ed è sotto il controllo del Comando dell'Aeronautica militare degli Stati Uniti (AFSC). Il GPS offre due livelli di servizi: il Servizio di Posizionamento Standard e quello di Posizionamento di Precisione. Il Servizio di Posizionamento Standard (SPS) è un servizio di posizionamento e temporizzazione disponibile in continuità a tutti gli utenti GPS, utilizzabile in tutto il mondo senza nessuna richiesta particolare. Questo servizio è disponibile sulla frequenza GPS L1 contenente un codice di comunicazione comune (C/A) e dei dati di navigazione. SPS ha una precisione sul rilevamento della posizione di 100 m (95%) orizzontalmente, 156 m (95%) verticalmente e sulla rilevazione del tempo (UTC) di 340 nanosecondi (95%). Il Servizio di Posizionamento di precisione (PPS) è un sistema militare di alta precisione, velocità e temporizzazione ed è disponibile solo agli utenti autorizzati. I dati del servizio PPS vengono forniti sulle frequenze GPS L1 e L2. I satelliti trasmettono su due bande di frequenza di tipo L: L1 = 1575,42 MHz e L2 = 1227,6 MHz. Sono in uso tre codice pseudo-casuali (PRN). Il codice comune di acquisizione dati (C/A) utilizza una frequenza di modulazione di 1,023 MHz, un periodo di un millisecondo (ms) ed è usato principalmente per l'acquisizione del codice P. Il codice di precisione (P) ha una frequenza di modulazione di 10,23 MHz, un periodo di sette giorni ed è il principale codice variabile di navigazione. Il codice Y è usato in sostituzione del P-code ogni qualvolta è attiva la modalità operativa anti-spoofing (A-S). Il C/A è disponibile sulla frequenza L1 ed il P-code è disponibile sia su L1 che L2. I vari satelliti trasmettono sulle stesse frequenze, L1 e L2, ma con un proprio codice di identificazione. Grazie alle caratteristiche dello spettro del segnale, il sistema è sufficientemente insensibile alle interferenze. Ciascun satellite emette un segnale di navigazione contenente gli elementi della sua orbita, informazioni sul funzionamento dell'orologio, sul sistema temporale e sul suo stato. Inoltre, è provvisto anche di un elenco che fornisce i dati approssimativi per ogni satellite. Questo permette all'utente di trovare più rapidamente tutti i satelliti dopo averne localizzato uno. La rete GPS comprende 24 satelliti operativi su 6 piani orbitali. I satelliti operano su un'orbita circolare di 20.200 Km con un angolo di inclinazione di 55 gradi con un periodo di 12 ore. La posizione perciò è la stessa ogni giorno allo stesso tempo siderale, ma i satelliti ritornano nella stessa posizione con quattro minuti di anticipo ogni giorno.

La rete di controllo terrestre è formato da cinque postazioni (Hawaii, Kwajalein, Isola dell'Ascensione, Diego Garcia, Colorado Springs), tre antenne terrestri (Isola dell'Ascensione, Diego Garcia, Kwajalein), ed un a stazione master (MCS) a Falcon AFB in Colorado. La stazione master individua tutti i satelliti in vista memorizzando i vari dati. Queste informazioni sono elaborate dall' MCS per determinare le orbite dei satelliti e aggiornare i dati di navigazione. L'aggiornamento delle informazioni è trasmesso ad ogni satellite tramite le antenne di terra. La stazione di monitoraggio è stata determinata rispettando inizialmente il sistema geodetico mondiale del 1972 denominato anche WGS-72 ma ora viene utilizzato il WGS-84.

introvabili per cui questo sistema di fatto non è utilizzabile. Molto diverso (si spera) sarà il sistema europeo Galileo al quale è stato dato il via definitivo nella recente conferenza dei leader UE a Barcellona (vedi riquadro). Questo sistema dovrebbe essere molto simile al GPS americano ma, a differenza di questo, sarà gestito da organizzazioni civili, senza alcun controllo da parte dei

antenna; confronta quindi il codice temporale (clock) emesso dal satellite con quello generato localmente in base alle indicazioni di tutti gli altri con i quali è collegato. Lo scostamento temporale tra i due segnali di clock moltiplicato per la velocità della luce indica la distanza apparente (la chiamiamo così perché in pratica è tutta relativa ed il calcolo è basato su parametri in continuo aggiornamento ma non

presto detta: ogni apparecchio è collegato con un minimo di 3 e tutti i satelliti che formano la "costellazione GPS" dispongono ciascuno di ben 4 orologi atomici (al Cesio) estremamente precisi, che a loro volta ricevono contemporaneamente e periodicamente sullo stesso canale un segnale di sincronismo per rimetterli in passo con quello del centro di controllo GPS posto a terra (a Colorado Spring, negli USA). Il ricevitore dispone di un proprio orologio, decisamente meno preciso di quello atomico, ma comunque affidabile perché molto stabile, e soprattutto perché in ogni momento può ricevere i segnali temporali dagli altri satelliti a parte quello con il quale si collega per il calcolo del tempo. Siccome tutti i dispositivi orbitanti hanno la stessa ora, il ricevitore conosce anche l'ora del satellite sul quale va a fare il calcolo, e quando questo gli invia i dati contenenti l'ora di trasmissione, ricava la differenza tra i due tempi (è solitamente piccolissima, dell'ordine dei centesimi di secondo) in modo da avere l'indicazione, sia pure non impeccabile, del tempo trascorso dalla partenza del segnale dallo spazio all'arrivo sull'antenna. Chiaro? Se ancora non lo è basta un semplice esempio: supponiamo che un satellite mandi una stringa di dati che contenga l'ora, e che dica "sono le 12, 2 minuti, 3 secondi e 10 centesimi; l'orologio del ricevitore è stato sincronizzato con la precedente trasmissione di quel satellite o con i segnali degli altri che riceve contemporaneamente, ed ha una precisione sufficiente

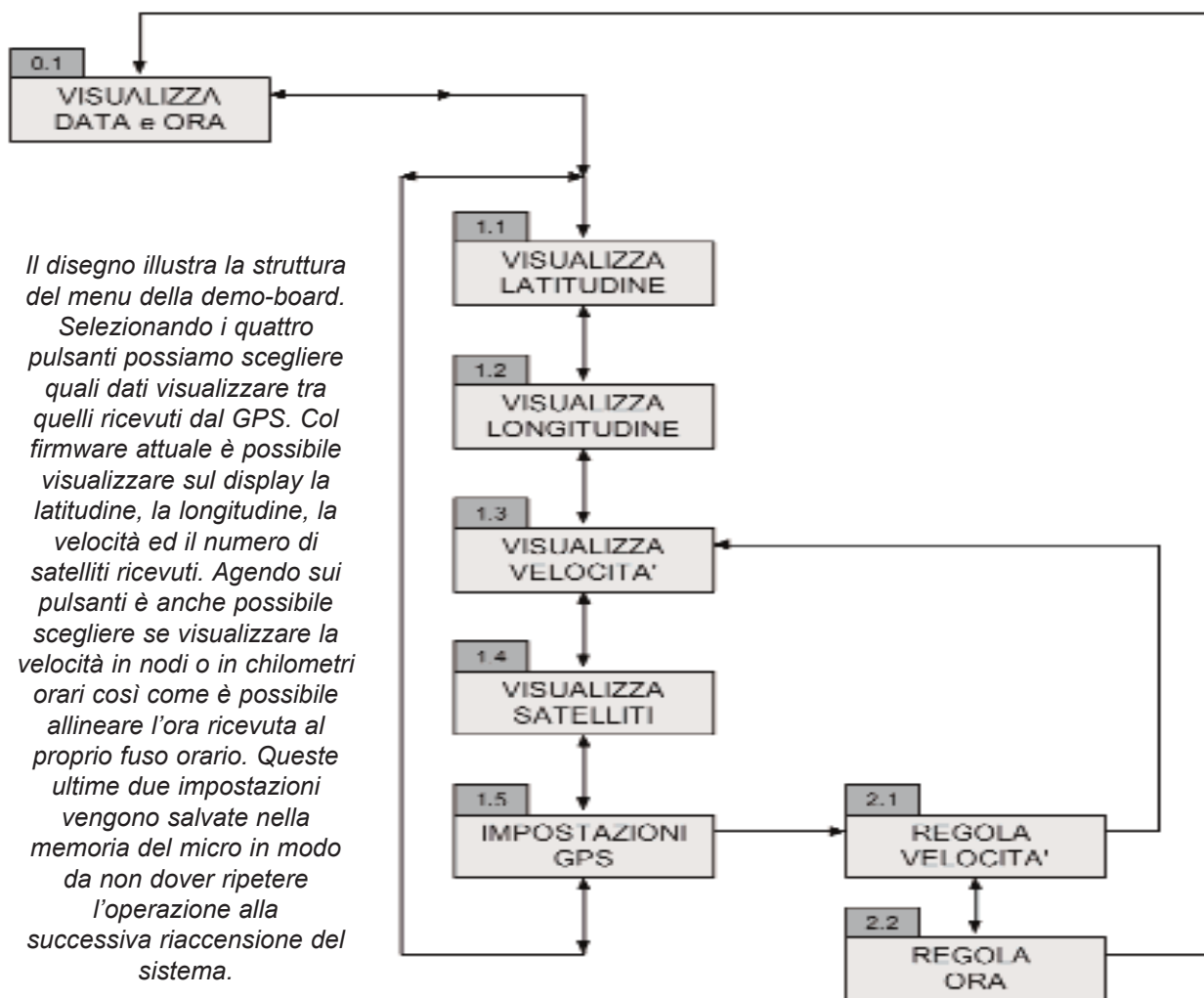


Il GPS900, uno dei due ricevitori utilizzati per le prove con la demo-board. Questo apparato, a differenza del GPS-25, dispone di un'antenna incorporata.

militari. Ma vediamo in dettaglio il principio di funzionamento di questi sistemi. Per l'identificazione di un punto si utilizzano appositi ricevitori che incorporano un microprocessore molto potente al quale è affidato il compito di elaborare i dati in arrivo dai satelliti, quindi di confrontarli per poter calcolare la distanza da essi e dunque la propria posizione, fermo restando che quando il ricevitore si collega con un satellite questi gli comunica la propria posizione aggiornata insieme a tutti gli altri dati. Per misurare la distanza istantanea da un satellite, un ricevitore GPS calcola il tempo impiegato dal segnale per viaggiare da questo alla sua

assoluti) tra l'antenna ricevente ed il satellite. Praticamente il ricevitore GPS calcola quanto tempo impiega il segnale radio, che viaggia notoriamente alla velocità della luce (300000 Km/sec.) a percorrere il tratto satellite-antenna RX, quindi nota la velocità ed il tempo, secondo la fisica si ricava la distanza, ovvero lo spazio percorso con la semplice formula $s = vt$ dove "v" è la velocità e "t" il tempo. Se, ad esempio, il segnale radio impiega 0,08 secondi, la distanza tra il satellite ed il ricevitore è di 24000 Km (0,08 x 300.000). Detto questo resta da spiegare come fa il ricevente a sapere quando è stato trasmesso il segnale; la cosa è

La struttura dei menu



per tenere il passo con quelli atomici "in orbita" senza dare apprezzabili scostamenti almeno per qualche ora. Se, quando il ricevitore GPS riceve in antenna il segnale con l'orario il suo orologio interno dice che sono le 12, 2', 3" e 20/100, significa che da quando il satellite l'ha inviato sono trascorsi 10/100, cioè 0,1 secondi; riprendendo la formula scritta poc'anzi vediamo che la distanza è pari a 30.000 Km. Ovviamente il tempo di trasferimento del segnale conterrà un piccolo errore dovuto a fattori atmosferici,

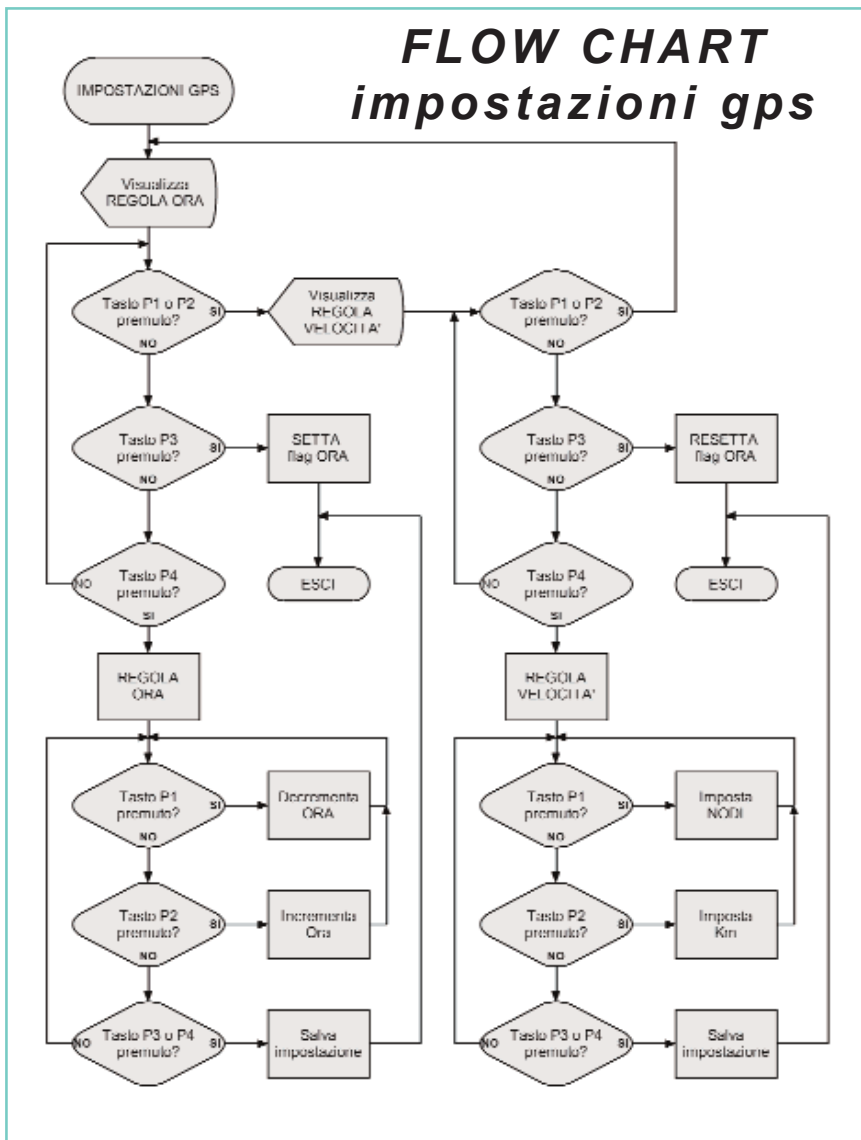
nonché allo spostamento dei satelliti rispetto all'orbita teorica, spostamento che tuttavia viene rilevato a terra dal centro di controllo e comunicato di volta in volta via radio al satellite che ne è soggetto. Una volta eseguito il calcolo della distanza da almeno 3 satelliti, e ricevuti da essi anche i segnali indicanti le loro posizioni aggiornate, il ricevitore elabora i valori fino a determinare la posizione del punto di incontro delle linee immaginarie tracciate da essi e lunghe ciascuna quanto la rispettiva distanza; determina allora la posizione goniometrica,

ovvero le coordinate di longitudine (orizzontale, East-West) e di latitudine (verticale, North-South) con notevole precisione, esprimendole in gradi, primi, secondi, e centesimi, ovvero in forma sessagesimale (multipli di 60). Come già accennato, l'elaboratore solitamente provvede ad escludere preventivamente il secondo punto ricavabile dalla trilaterazione, quando esso appaia irreali in base ai dati sulla struttura terrestre che deve avere in memoria. L'incertezza sparisce quando la posizione

viene determinata utilizzando almeno quattro satelliti, in quanto nota la distanza da 4 punti dei quali si conosce la posizione, è possibile determinare dove sta un punto incognito, dato che l'unione delle quattro linee non può che avvenire in un solo punto, mentre con 3 sole può avvenire in due differenti. All'uscita del ricevitore GPS abbiamo dunque una stringa di dati contenenti numerose informazioni, stringa che viene trasferita con un protocollo specifico denominato NME 0183 e con una velocità che può variare tra 1200 e

19.200 bit al secondo. Dopo questa lunga ma necessaria introduzione, veniamo al progetto presentato in queste pagine. Come abbiamo detto poc'anzi, il software attualmente implementato nel microcontrollore che gestisce la demo-board, è in grado di svolgere una serie di importanti funzioni ma le risorse hardware disponibili consentono sicuramente di ampliare ed espandere le prestazioni di questo circuito. Il progetto è stato sviluppato facendo uso di due tra i più diffusi ricevitori GPS: il modello GPS-25 della

Garmin ed il GPS900 con "core" SIRF. Entrambi utilizzano il protocollo di comunicazione NMEA 0183 utilizzato dalla demo-board per colloquiare col ricevitore GPS. Ciò significa che al nostro circuito può essere collegato qualsiasi altro modello di ricevitore purché utilizzi questo protocollo. Eventualmente il problema potrebbe essere dato dalla velocità di trasmissione dei dati; a ciò tuttavia provvede il firmware del micro che all'accensione effettua un autobaud rate testando la velocità di trasmissione del GPS collegato e settandosi di conseguenza. Il sistema può essere suddiviso in tre differenti blocchi funzionali: a) la scheda di elaborazione dati e gestione degli I/O (ingresso GPS, buzzer, relè, ecc.); b) l'interfaccia utente che comprende un display a 2 x16 caratteri, 4 pulsanti e 5 led; c) il modulo di espansione composto da 4 memorie 24LC256. Il "cuore" del circuito è sicuramente l'integrato PIC16F877 nel quale è implementato il software che gestisce l'intera demo-board. Tra le caratteristiche principali di questo progetto segnaliamo la possibilità di programmazione "in circuit" (utilizzando i programmatori descritti nei fascicoli 40 e 62 di *Electronica In* e disponibili in kit con i codici FT284 e FT386) e la possibilità di collegare direttamente entrambi i ricevitori GPS. Per il GPS900 è disponibile sia il connettore DB9 per il collegamento seriale che la presa PS2 dalla quale riceve alimentazione mentre per il Garmin GPS-25 abbiamo previsto una morsettiera a 4 poli attraverso la quale "viaggiano" i



dati e l'alimentazione. Per la comunicazione tra il GPS e il micro è stato previsto un convertitore RS232/TTL che fa capo all'integrato U2. L'uscita TTL del modulo GPS-25 fa capo alla porta RB1 del micro, mentre i dati del GPS900 vengono inviati alla porta RB0. Per poter gestire entrambi i GPS utilizzando una sola porta del microcontrollore, sono stati previsti due jumper, J1 e J2. Il primo permette di collegare assieme le porte RB2 e RB3; tali porte permettono di inviare dei dati ai due localizzatori. Il secondo permette di collegare assieme le porte RB1 e RB2 in modo da leggere con una sola porta i dati ricevuti sia da un GPS che dall'altro. La retroilluminazione del display può essere pilotata direttamente dal micro attraverso la porta RA2 e quindi il transistor T1. Inoltre il micro gestisce direttamente anche il buzzer BZ1 (collegato alla porta RA3) ed il relè RL1 pilotato da T3 ovvero da RA4. Per la gestione dei pulsanti, collegati alle porte RB4 ÷ RB7, viene utilizzato il pull-up interno del PIC16F877 in modo che la loro pressione provochi il passaggio dallo stato alto a quello basso. Alla porta RB7 corrisponde anche il segnale SCK necessario alla programmazione, mentre l'SDT fa capo alla porta RB6. La gestione dei due banchi di memoria (MEM1 e MEM2) presenta una interessante particolarità. Ogni modulo utilizza 4 memorie 24LC256 che vengono indirizzate attraverso i relativi pin 1, 2, 3. Di questi solo i pin 1 e 2 vengono gestiti all'interno di ogni singola schedina permettendo di indirizzare diversamente fino a 4

integrati. Il piedino 3 (punto C) di ogni chip viene portato all'esterno in modo che se viene inserito nell'alloggiamento della MEM1 verrà posto a massa, mentre se inserito nello strip dedicato alla MEM2 viene posto a +5V. Questo consente di ottenere 2 banchi di memoria identici ma che possono essere indirizzati dal micro in modo diverso attraverso la linea clock (RE1) collegata all'SCL di tutti i chip e la linea dati (RE2) collegata all'SDA. Occupiamoci ora del software col quale è stato programmato il micro U1. Il programma consente di gestire i dati dei GPS indipendentemente dalla velocità di comunicazione dei moduli in quanto all'accensione (con una routine di autobaud rate) il sistema testa la velocità del GPS e si adegua ad essa. A tal fine è necessario chiudere il jumper J2. (può essere collegato solamente un GPS alla volta!). Il test sulla velocità parte da 4800 (configurazione di default del GPS25), passa a 9600 (configurazione di default del GPS900), e prosegue con 19200, 1200 e 2400 baud. Se la routine non rileva alcun dato, (indipendentemente dalla velocità), sul display appare la scritta "COLLEGARE GPS". Una volta rilevato il GPS si passa alla "schermata" principale in cui viene visualizzato sulla prima riga la qualità di ricezione ("SAT RILEVATI" - "SAT NON RILEVATI") e sulla seconda la data e l'ora (es: "03/05 - 15:02:25"). I pulsanti P1 e P2 permettono di accedere al menù principale e di selezionare la voce desiderata:

1.1 VISUALIZZA LATITUDINE

1.2 VISUALIZZA LONGITUDINE

1.3 VISUALIZZA VELOCITA'

1.4 VISUALIZZA SATELLITI

1.5 IMPOSTAZIONI GPS

1.6 IMPOSTAZIONI Global P.S.

Accedendo al menu 1.5 vengono presentati le seguenti possibilità:

2.1 REGOLA ORA

2.2 REGOLA VELOCITA'

La prima scelta permette di adattare l'ora al proprio fuso orario.

Successivamente si passa alla schermata principale. Il secondo menu ci permette di selezionare il formato della velocità visualizzato dal menu 1.3. I formati disponibili sono in Nodi o in Km/h. Successivamente si passa alla visualizzazione della velocità. Entrambe le regolazioni vengono salvate nella memoria del micro in modo che ad una successiva accensione vengano ripristinate le scelte fatte. Il menu 1.6 permette di mantenere attivo la retroilluminazione del display. Normalmente, infatti, il display viene acceso solamente quando viene premuto un tasto per essere spento poco dopo con una dissolvenza automatica. Completa il circuito un alimentatore swiching che, partendo dai 12 volt di ingresso, eroga i 5 volt stabilizzati necessari al funzionamento di tutti gli integrati e dei ricevitori GPS collegati alla demo-board.

**L'articolo completo
del progetto è stato
pubblicato su:**

**Elettronica In n. 70
Giugno 2002**