

Terminal transmissor localizável para uso em embarcações pesqueiras

Jean Paul Dubut¹
Raphael Dantas Ciríaco¹
Micnéias Pegado Gomes¹
José Eduardo Mantovani¹
Elias Francisco dos Santos²

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 130 - 59076-740 - Natal - RN, Brasil
jpdubut@gmail.com; raphaeldc@ymail.com;
micneias-guitar@hotmail.com; mantovaniht@hotmail.com

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
Caixa Postal 1524 - 59078-970 - Natal - RN, Brasil
eliasfsantos@live.com

Abstract. This paper describes the concept, the architecture and the technical characteristics of a localizable PTT (Platform Terminal Transmitter) in final phase of test at INPE/CRN, as well as practical solutions implemented in its construction and the preliminary results obtained. The PTT allows to retransmit for the SCDs Brazilian Satellite family (Satélites de Coleta de Dados), CBERS (China Brazil Earth Resources Satellite) and/or, optionally, for LEOs (Low Earth Orbit Satellites) of the NOAA, the geographic coordinates, speed and universal time data collected by the terminal. These positioning data are obtained through an associated GPS receiver. Physically, the localizable PTT is built on commercial O&M modules and the set consists of a compatible MECB/ARGOS transmitter module and a GPS receiver module, both integrated over a proprietary interface using a low cost microcontroller device. First designed for use in the fishing vessels tracking application at PREPS program (Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras), the localizable PTT offers, additionally, four analog inputs, one digital input and a standard RS-232 serial port for connection with external sensors. The implementation of this technology offers to users of the Brazilian Data Collection System a complete set of services as a data collection and location, with similar performances and facilities provided by the North American and European localizable PTTs. Replace, with advantage, most commercial localizable platform terminal transmitters using the ARGOS Doppler shifting frequency techniques for localization.

Palavras-chave: PTT, SCD, CBERS, GPS, ARGOS, terminal transmissor localizável.

1. Introdução

A necessidade do homem mapear suas rotas de navegação, exploração ou migração, bem como referenciar geograficamente os locais do globo terrestre por onde vem se estabelecendo, remonta a tempos longínquos. Utilizando as estrelas e os astros como referências celestes, inventando a bússola e, posteriormente, o sextante para auxiliar a navegação, aprimorando técnicas de determinação geográfica, o homem, em sua caminhada evolutiva, sempre soube encontrar as respostas necessárias para ampliar as fronteiras de sua curiosidade.

Na história contemporânea, o advento da eletrônica e a presença cada vez maior da tecnologia da informação e das telecomunicações provocaram profundas mudanças. Assim, em meados do século passado, diversos sistemas de localização e navegação baseados na transmissão de sinais, surgiram. Os sistemas Omega e Loran-C, utilizando técnicas de determinação hiperbólicas, tiveram grande importância nas décadas de 50 e 60, sobretudo na navegação marítima e aérea. Começou, então, a surgir o posicionamento auxiliado por satélites com os sistemas TRANSIT/NAVSAT desenvolvidos pela Marinha norte-americana, utilizando o princípio do efeito Doppler. Estes sistemas evoluíram rapidamente e, com base na experiência adquirida, a Força Aérea do EUA desenvolveu, na década de 70, o sistema NAVSTAR/GPS (Andrade e Blitzkow, 1990) utilizando, como princípio de determinação de

coordenadas, o tempo de propagação das ondas eletromagnéticas. Inicialmente reservado às aplicações militares, o sistema GPS (*Global Positioning System*) foi liberado, a partir dos anos 90, para as aplicações civis.

Hoje, devido à ampla difusão do sistema de posicionamento global GPS, as aplicações utilizando esta tecnologia são inúmeras e presentes em, praticamente, todos os segmentos da atividade humana. Quer seja no auxílio à navegação marítima, aérea ou rodoviária, no gerenciamento de frotas e rastreamento de cargas, no zoneamento topográfico municipal e rural, na pesquisa científica e até na sincronização temporal de redes de computadores em âmbito local ou mundial, o sistema GPS (Duarte e Fitzgibbon, 1988) encontra um vastíssimo campo de aplicações cujo limite de utilização se amplia a cada dia. Dentro deste leque de aplicações, situa-se o PREPS (Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite), instituído e regulamentado por meio da Instrução Normativa Interministerial n.º 2, de 04 de setembro de 2006 da SEAP/PR (Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República), MMA (Ministério do Meio Ambiente) e Marinha do Brasil (<http://www.mar.mil.br/comcontram/preps.html>). Este Programa, conforme transcrição de parte do texto da SEAP/PR, tem por finalidade o monitoramento, a gestão pesqueira e o controle das operações da frota pesqueira permissionada pela SEAP/PR, além apresentar alto potencial para melhorar a segurança dos pescadores embarcados. Tem como objetivos contribuir para as ações de segurança e salvaguarda da vida humana no mar, subsidiar os mestres de pesca orientando-os nas operações realizadas, permitir aos órgãos coordenadores do programa verificar o uso das permissões de pesca concedidas, dar apoio à fiscalização da atividade pesqueira, minimizando o conflito entre a pesca industrial e artesanal, e permitir uma avaliação da efetividade das medidas de gestão pesqueira.

O terminal transmissor localizável, também chamado de PTT e descrito neste artigo, é destinado, prioritariamente, a equipar embarcações pesqueiras, mas poderá ter o seu campo de utilização estendido a outras aplicações. O enfoque dado ao artigo é eminentemente descritivo e objetiva divulgar o produto obtido e sua aplicação no sistema Brasileiro de Coleta de Dados.

Para validar o desenvolvimento do conceito e da arquitetura do dispositivo obtido foi construído, em moldes semi-industriais, um lote de cinco terminais transmissores localizáveis equipados com receptor GPS. Esses terminais estão, atualmente, em fase de avaliação operacional de desempenho e, uma vez validados, serão entregues aos principais usuários do serviço de localização pesqueira para que possam integrá-los a seus próprios experimentos.

Posteriormente, o INPE/CRN deverá firmar parceria com uma indústria eletrônica do setor para repasse da tecnologia e fabricação seriada do equipamento.

2. Sistema brasileiro de coleta de dados

Desde a década de 90, quando foi lançado o primeiro satélite brasileiro, o INPE tem operado sistemas de coleta de dados. Com o passar dos anos, diversas redes foram implantadas, com meios próprios ou através de parcerias com outras instituições, chegando a somar mais de mil terminais transmissores. Para oferecer o suporte necessário, diversos segmentos operacionais foram desenvolvidos, os quais são sumariamente descritos a seguir.

2.1. Segmento espacial

O segmento espacial do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados é composto, atualmente, de dois satélites de órbita baixa, os SCD-1 e SCD-2, devendo ser complementado, em breve, pelo CBERS-4. Esses satélites são distribuídos em dois planos orbitais, equatorial para os SCDs, e polar para o CBERS. A carga útil desses satélites contém um *transponder* de coleta de dados que recebe os sinais emitidos pelos PTTs em terra e os retransmite, em tempo real, para as estações de recepção e rastreamento. A recepção dos PTTs, a bordo dos satélites é feita em

UHF, na faixa de 401,605 MHz a 401,665 MHz, sendo transladados e retransmitidos para a banda S, na frequência de 2.267,52 MHz.

A capacidade atual de recepção do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados (INPE, 2002) é de 500 terminais transmissores visíveis, simultaneamente, por satélite, e a combinação das órbitas determina cerca de 16 passagens úteis por dia, na faixa equatorial do país.

2.2. Segmento de rastreo e controle

O segmento de rastreo e controle (CRC) é composto pelo Centro de Controle de Satélites (CCS) de São José dos Campos, SP, e pelas Estações Terrenas de Rastreo de Cuiabá e Alcântara (INPE, 2002). O CCS é o centro de decisão das operações. Sua função principal é assegurar o desempenho dos satélites, desde a injeção em órbita até o fim de sua vida útil, analisar as telemetrias, gerar os telecomandos para acionamento das funcionalidades de bordo e executar as manobras de correção de órbita e de atitude. O CCS efetua, também, as previsões de órbitas e gera as efemérides de passagens para as estações de rastreo.

As estações de rastreo, localizadas em Cuiabá, MT e Alcântara, MA, são equipadas com antenas parabólicas de 14 metros e equipamentos de radiofrequência associados para transmitir aos satélites os telecomandos gerados pelo CCS e receber as telemetrias contendo as mensagens PTTs. A transferência de informações entre as estações de rastreo, o CCS e o SINDA (Sistema Integrado de Dados Ambientais), é realizada através de uma rede de comunicação de dados privada.

2.3. Segmento de processamento e disseminação dos dados

Interligado em rede com o CCS, o SINDA, situado no Centro Regional do Nordeste (CRN/INPE), em Natal, RN (INPE, 2014), processa as mensagens PTTs recebidas pelas estações terrenas de rastreo. Essas mensagens são decodificadas, processadas segundo as curvas de calibração fornecidas pelos usuários e validadas para serem, em seguida, armazenadas e disponibilizadas no banco de dados da missão.

A disseminação dos dados processados, para os usuários cadastrados, é feita via FTP ou, por consulta direta, através da rede Internet. O tempo médio de processamento é de 15 minutos, contado a partir do recebimento dos arquivos das mensagens PTTs.

Com base na utilização de programas e algoritmos específicos, aplicados no tratamento das mensagens de localização GPS e dos sensores associados, é possível definir contornos de proteção e acionar alarmes em função dos níveis de vigilância estabelecidos, notadamente para a segurança das embarcações pesqueiras.

2.4. Estrutura e conteúdo da mensagem

Uma estrutura idêntica à das mensagens ARGOS (CNES, 1988) foi adotada no sistema brasileiro de coleta de dados, de forma a assegurar a compatibilidade plena entre os sistemas.

As mensagens PTTs são transmitidas, periodicamente, segundo um ciclo de recorrência programável podendo variar entre 100 s e 300 s. O acesso aos satélites é feito de forma aleatória e a possibilidade de colisão entre mensagens provenientes de outros terminais transmissores é grandemente reduzida em função da decorrelação temporal existente entre os períodos programados nos diversos terminais. Por outro lado, a instabilidade natural dos osciladores de temporização reduz, também, a possibilidade de colisão, e o desvio de frequência Doppler embutido na portadora do sinal emitido pelos terminais transmissores contribui para a separação dessas mensagens, na recepção.

A duração total da mensagem PTT pode variar de 360 ms a 920 ms, dependendo da quantidade de sensores utilizados. O formato da mensagem inclui sempre, no início, um período de transmissão sem modulação de 160 ms, precedendo o envio dos dados. Este curto período de transmissão sem modulação é utilizado para a sincronização dos receptores a

bordo dos satélites e ajuste dos parâmetros de retransmissão das mensagens. Os dados das mensagens PTTs são transmitidos à taxa fixa de 400 bps.

Cada terminal transmissor, operando no sistema de coleta de dados, possui um número de identificação único. Na origem, este número era codificado por um conjunto de 14 bits de identificação mais 6 bits para a detecção de erros (CRC), permitindo assim identificar 16.384 terminais. Com o crescimento no sistema da quantidade de terminais em uso, houve necessidade de estender a faixa de numeração para 32.768 terminais, preservando, contudo, a compatibilidade entre as faixas de identificação existentes. O artifício utilizado foi reduzir o CRC de 6 para 5 bits e aumentar o campo de codificação de 14 para 15 bits.

Mais recentemente, com a necessidade de estender ainda mais a faixa de números de identificação (IDs) existente, os novos PTTs passaram utilizar um sistema de codificação com 28 bits. Isto se tornou possível associando o primeiro byte do campo reservado aos sensores como forma de decuplar a numeração disponível.

Os dados GPS, recebidos pelo módulo receptor e enviados à interface de aquisição e controle por meio da comunicação serial RS-232, são fornecidos no padrão NMEA-0183. Este padrão codifica cada caractere no formato ASCII, ou seja, cada caractere com o comprimento de um byte. No mais, os blocos de dados enviados são encapsulados por vários cabeçalhos que indexam e rotulam os pacotes. Contudo, o pacote de dados encapsulado pelo cabeçalho GGA, correspondendo à informação de localização GPS a ser transmitida, excede em muito o espaço disponibilizado pelo buffer do módulo transmissor satélite e necessita, portanto, de truncamento e compactação prévios. O truncamento é aplicado sobre o dígito menos significativo das mensagens GPS de longitude e latitude, o que degrada a precisão de localização em cerca de 25 metros.

A compactação da mensagem GPS é então realizada pela interface de aquisição e controle que converte as informações de posição, codificadas em ASCII, para um número binário inteiro. Este artifício permite reduzir grandemente o comprimento original da mensagem e codificar a informação de posição sobre um bloco de 6 bytes.

Para prevenir possíveis erros na transmissão da mensagem compactada para o satélite, é introduzido um código CRC de checagem de erro sobre um bloco complementar de 2 bytes. A geração do CRC é calculada por um algoritmo residente no programa do microcontrolador. O CRC é obtido dividindo o número binário de 6 bytes, correspondendo à informação de posição, pelo polinômio gerador. O resto da divisão produz o CRC *checksum*, inserido nos 2 bytes complementares da mensagem PTT a ser transmitida. O polinômio gerador utilizado é o CRC-16 da Microchip Technology Inc. (MICROCHIP, 2010), representado pela equação polinomial: $P(X)=X^{16}+X^{15}+X^2+1$.

Na recepção, para a decodificação e verificação da mensagem de posição, procede-se de forma inversa. Divide-se a mensagem PTT, incluído o CRC calculado, pelo mesmo polinômio gerador usado na transmissão. Se o resultado da divisão tiver como resto zero, então a mensagem foi transmitida e recebida corretamente, sem erros. Caso contrário, se o resto não for zero, houve algum erro durante a transmissão ou recepção da mensagem. Neste último caso, a mensagem deverá ser desprezada e aguardar a recepção da próxima transmissão.

A interface interna do módulo transmissor satélite possibilita, também, a conexão de sensores externos dos tipos analógico, digital serial e de pulsos. Esta interface permite que sejam transferidos até 192 bits de dados para o buffer do módulo transmissor satélite.

3. Terminal transmissor localizável

3.1. Descrição funcional

O terminal transmissor localizável é construído com base em módulos comerciais O&M, integrados sobre uma interface proprietário usando um dispositivo microcontrolador de baixo custo. Os dados de posicionamento GPS são recolhidos sobre a porta serial RS-232

Ambos os módulos O&M utilizados possuem uma interface de comunicação serial RS-232 que permite recolher e transferir os dados coletados, bem como configurar seus próprios parâmetros funcionais.

O módulo interface de aquisição e controle é arquitetado sobre um dispositivo microcontrolador de tecnologia RISC, da família PIC 16F628A, da Microchip Technology Inc. (MICROCHIP, 2010). Este dispositivo, de baixo custo, possui uma memória interna *flash* de programa de 2 kbytes, memória RAM de 224 bytes, memória EEPROM de 128 bytes, *watchdog* de supervisão, além de oferecer 3 temporizadores, sendo 2 de 8 bits e 1 de 16 bits, e uma USART de comunicação serial. Possui, também, um modo de baixo consumo *sleep* que congela a execução do programa principal e permite reduzir o consumo de energia elétrica a valores extremamente baixos. Este modo é ativado pelo programa de controle de passagens e efemérides de satélites que, além de manter a interface de aquisição e controle adormecida, desenergiza o módulo receptor GPS e o módulo transmissor satélite, mantendo ativo apenas as funções vitais do terminal localizável.

Os dados de posicionamento GPS são recolhidos sobre a porta de comunicação serial RS-232 do módulo Receptor GPS A-2100, e são processados e formatados pela interface de aquisição e controle INTERSAT antes de serem injetados na porta serial do módulo transmissor satelital HAL-2.

Da mensagem GPS coletada, apenas os dados referentes à posição geográfica, latitude e longitude, são processados. Os demais dados presentes na mensagem GPS, tais como, hora UTC e velocidade, não são extraídos, pois não apresentam interesse para a aplicação. Os dados de posição, recolhidos no padrão NMEA-0183, são descapsulados do cabeçalho GGA, agrupados, truncados e convertidos em um número binário único de 6 bytes. Um CRC de 2 bytes, para a verificação de erro, é calculado por uma rotina residente no programa principal, e inserido na mensagem GPS a ser transmitida. A mensagem GPS completa forma, então, um bloco de 8 bytes ou, sejam, 64 bits.

Em seguida, a interface de aquisição e controle recolhe os dados presentes na entrada de sensores externos, os transfere para a memória de dados e os agrupa à mensagem GPS, sem qualquer processamento. Esses dados são segmentados em blocos de 32 bits, programáveis de 1 a 6, totalizando de 32 a 192 bits. A nova mensagem PTT formada é transferida ao transmissor satélite pela sua interface de comunicação serial RS-232, mediante requisição direta do mesmo.

O acesso à USART do microcontrolador é compartilhada por multiplexação entre os módulos localizador GPS e transmissor satelital. Esta função, controlada pelo programa residente, é implementada, fisicamente, por um circuito periférico que duplica a via de acesso à USART. A adaptação dos níveis lógicos, entre multiplexador e módulos, é assegurada por circuitos integrados específicos. A comunicação da interface de aquisição e controle com o módulo receptor GPS é feita a uma taxa de 4800 Bauds e, com o módulo transmissor satelital, à taxa de 9600 Bauds.

O software de controle do terminal satelital localizável foi desenvolvido em linguagem C e compilado em ambiente MPLAB, da Microchip. O arquivo do programa desenvolvido ocupa cerca de 1,96 kbytes da memória *flash*.

A alimentação do terminal transmissor localizável é provida por uma bateria selada, do tipo chumbo-ácido, com tensão nominal de 12 volts e capacidade de 4 Ah. As conexões com as antenas do receptor GPS e do transmissor satélite são feitas por conectores miniaturas do tipo SMA e a conexão com os sensores externos é provida por um conector circular tropicalizado de 19 vias.

Fisicamente, o terminal satelital localizável é acondicionado em um gabinete de material plástico moldado, medindo 200 mm x 140 mm x 60 mm, oferecendo grau de proteção IP 65.

3.3. Principais características

Apresentam-se, na Tabela 1, as principais características técnicas do terminal transmissor localizável. Os valores relacionados representam dados preliminares que poderão ser eventualmente modificados em função da evolução do produto.

Tabela 1. Principais características do terminal transmissor localizável.

Módulo GPS (A2100 da VINCOTECH/MAESTRO)	
Geral	Frequência L1; código C/A; 48 canais
Ganho antena	35 dB nom.
Precisão de localização	25 m
Precisão de velocidade	0,1 m/s
Tempo de aquisição	Partida “fria” <35s; partida “quente” <1s
Interface de comunicação	Serial RS232
Protocolo de comunicação	NMEA 0183 (ASCII)
Taxa de transferência dados	4800 bps
Módulo transmissor PTT (HAL-2 da ELTA)	
Frequência	SCDs 401,62 MHz/ARGOS 401,65 MHz
Potência de transmissão	2 W nom.
Período de recorrência	90 a 300 s
Padrão de transmissão	Protocolo MECB/ARGOS compatível
Duração transmissão	920 ms max.
Mensagem sensores	192 bits max.
Interface de comunicação	Serial RS232
Taxa de transferência dados	9600 bps
Módulo interface de aquisição e controle (INTERSAT do INPE)	
Tecnologia	Microcontrolador tipo PIC 16F628
Padrão de formatação	Protocolo MECB/ARGOS compatível
Comprimento mensagem GPS	64 bits sendo:48 bits dados + 16 bits CRC
Comprimento mensagem Data	32 a 192 bits
Comprimento total mensagem	256 bits max.
Interface de comunicação	Serial RS232
Taxa de transferência dados	9600 bps com HAL-2; 4800 bps com GPS
Gerais	
Volume do sistema integrado	<2 litros, bateria inclusa
Massa do sistema integrado	<500g, bateria não inclusa
Temperatura de operação	-40°C a +65°C
Umidade	<95%, não condensada
Acondicionamento e proteção	IP 65
Alimentação	12 V _{DC} nom., negativo à massa
Consumo	Standby <1W; transmissão <5W

3.4. Vista do terminal

A Figura 2 apresenta uma vista do terminal transmissor localizável integrado no seu gabinete, em condições de utilização.



Figura 2. Vista do terminal transmissor localizável.

4. Resultados preliminares

A operação do terminal transmissor localizável, ainda que em fase preliminar de avaliação, mostrou a versatilidade apresentada pelo equipamento na obtenção das posições geográficas. Em especial, é possível observar a consistência dos dados obtidos para posições

coletadas em sequências repetidas e sucessivas. Estas posições podem ser plotadas e visualizadas em mapa usando o aplicativo GOOGLE MAPS, de Google.

Apresenta-se, na Tabela 2, resultados parciais de localização obtidos para o PTT em teste, ID 31126. Dados completos de localização podem ser obtidos via Internet, no site do SINDA, (<http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/index.php>).

Tabela 2. Dados de posição do PTT 31126.

DADOS DOS ÚLTIMOS 15 DIAS PCD 31126 - ESTAÇÃO: Posicionamento Barco 3/RN

DataHora (GMT)	Latitude (decimal)	Longitude (decimal)
2014-11-07 16:37:00		
2014-11-07 14:48:00	-5.66194444444444	-36.6022222222222
2014-11-07 11:44:00	-5.72277777777778	-36.1741666666667
2014-11-07 04:41:00	-5.83638888888889	-35.2069444444444
2014-11-07 04:38:00	-5.83638888888889	-35.2066666666667
2014-11-06 16:09:00	-5.83638888888889	-35.2066666666667
2014-11-06 16:06:00	-5.83638888888889	-35.2066666666667
2014-11-06 16:02:00	-5.83638888888889	-35.2066666666667
2014-11-06 12:35:00	-5.83638888888889	-35.2066666666667
2014-11-06 12:31:00	-5.83638888888889	-35.2066666666667
2014-11-06 07:11:00	-5.83638888888889	-35.2066666666667
2014-11-05 21:46:00	-5.83638888888889	-35.2066666666667
2014-11-05 18:44:00	-5.83638888888889	-35.2066666666667
2014-11-05 13:20:00	-5.83638888888889	-35.2066666666667
2014-11-05 08:02:00	-5.83638888888889	-35.2069444444444
2014-11-04 19:04:00	-5.79722222222222	-35.2183333333333
2014-11-04 15:55:00	-5.83638888888889	-35.2066666666667
2014-11-04 14:10:00	-5.83638888888889	-35.2066666666667
2014-11-04 13:39:00	-5.83638888888889	-35.2066666666667

5. Conclusões

A arquitetura empregada no terminal transmissor localizável, baseada na utilização de módulos O&M com comunicação serial RS-232, revelou-se ser bastante simples e versátil, por possibilitar o uso de módulos comerciais padrões com a consequente obtenção de um equipamento de baixo custo.

Foi possível, também, verificar a segurança introduzida pela inclusão de CRC na mensagem GPS transmitida pelo terminal, resultando na qualidade e consistência dos dados recebidos. Com isto, será possível, no futuro, dispensar o contrato anual de serviços de localização com o CLS-ARGOS e operar, exclusivamente, o sistema de coleta de dados com os satélites brasileiros.

Esses pontos, tendo sido plenamente atendidos, justificam por si só o desenvolvimento empreendido.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao MCTI/CNPq/AEB pelo apoio financeiro recebido para o desenvolvimento deste projeto.

7. Referências

- Andrade, J.B.; Blitzkow D. NAVSTAR/GPS - Uma nova era para o posicionamento, CPGCG, UFP, Campina Grande, 1990.
- Duarte, S.J.; Fitzgibbon, K.T. NAVSTAR Global Positioning System. Minicurso. 7º Congresso Brasileiro de Automática. São José dos Campos, 1988.
- Marinha do Brasil. Página Internet: <http://www.mar.mil.br/comcontram/preps.html>. Brasil, 2014.
- INPE. Dados sobre a capacidade do segmento de coleta de dados – Páginas Internet. São José dos Campos, 2002.
- INPE. Segmento de controle da MECB – Páginas Internet. São José dos Campos, 2002.
- INPE. Páginas Internet: <http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/index.php>. Natal, 2014.
- CNES. ARGOS Platform Terminal Transmitter – General Specifications and Certification”, Notice de Certification. Toulouse, 1988.
- MICROCHIP Technology Inc. CRC Generating and Checking, AN-730. Chandler, 2002.
- MAESTRO Wireless Solutions. A-2100A SiRFstarIV GPS Module. Datasheet. Hong Kong, 2014.
- ELTA. High Accuracy Locator HAL2. Datasheet. Blagnac, 2010.
- MICROCHIP Technology Inc. PIC 16F628. Datasheet. Chandler, 2010.