

HOVEDPROSJEKT:



**GPS-mottaker.**

FORFATTERE:

Elin Engelién  
Karl Otto Oppegård  
Simen André Åsberg

Dato: 23. mai 2001

## SAMMENDRAG AV HOVEDPROSJEKT

Tittel:	<u>GPS-mottaker</u>	Nr. 1:	<u>Dato:23.05.2001</u>
Deltaker(e):	<u>Simen André Åsberg</u> <u>Karl Otto Oppegård</u> <u>Elin Engelién</u>		
Veileder(e):	<u>Ole Johnny Berg</u> <u>Vegar Johansen</u>		
Oppdragsgiver:	<u>Forsvarets forskningsinstitutt</u>		
Kontaktperson:	<u>Terje Angeltveit</u>		
Stikkord (4 stk)	<u>Brukes i sivile forskningsraketter.</u>		
Antall sider: 55	Antall bilag: 8	Tilgjengelighet (åpen/konfidensiell):åpen	
Kort beskrivelse av hovedprosjektet:			
<p>Et av arbeidsområdene til Forsvarets forskningsinstitutt er klimaforskning. Til dette arbeidet brukes blant annet raketter med måleinstrumenter som skytes ut i atmosfæren.</p> <p>Hovedprosjektet går ut på å lage en GPS-mottaker til bruk i disse rakettene slik at bane og nedslagspunkt kan bestemmes.</p>			



## **Forord**

Rapporten er et resultat av prosjektdeltakernes arbeid med hovedoppgave som en del av elektroingeniørstudiet ved Høgskolen i Gjøvik, microdata/elektronikk-linjen. Under arbeidet var alle prosjektdeltakere studenter ved denne skolen.

Oppgaven er gitt av Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI); avdeling for elektronikk og er skrevet våren 2001.

Vi vil takke:

Oppdragsgiver v/Terje Angeltveit (FFI) for godt samarbeid. Han har alltid tatt seg tid til å svare på våre spørsmål og rettleidet og støttet oss i prosjektet.

Petter Anthonsen ved Minitel, Hamar, for bistand ved problemer med Microchips produkter.

Veiledere Ole Johnny Berg og Vegar Johansen. De har vært lett tilgjengelige og positivt innstilt.

Vi vil rette en spesiell takk til lab.ingeniør Arne Myhre (HIG) for all hjelp underveis med tekniske problemer og produksjon av kretskort.

Gjøvik, 23. mai 2001.

Karl Otto Opegård

Elin Engelién

Simen André Åsberg



## **Innhold**

<u>1.0</u>	<u>Innledning</u> .....	5
<u>2.0</u>	<u>Teori</u> .....	7
<u>2.1</u>	<u>Grunnleggende prinsipp for GPS</u> .....	7
<u>2.1.1</u>	<u>Inndeling av GPS-systemet</u> .....	9
<u>2.2</u>	<u>Om <math>\mu</math>-blox</u> .....	10
<u>2.3</u>	<u>Om NMEA-standarder</u> .....	12
<u>2.3.1</u>	<u>Elektriske signalkrav</u> .....	13
<u>2.3.2</u>	<u>Meldingsformat</u> .....	13
<u>2.3.3</u>	<u>NMEA-meldingene</u> .....	15
<u>2.4</u>	<u>Mikroprosessor</u> .....	18
<u>2.4.1</u>	<u>In Circuit Serial Programming™(ICSP™)</u> .....	21
<u>3.0</u>	<u>Tekniske spesifikasjoner</u> .....	22
<u>4.0</u>	<u>Implementering</u> .....	24
<u>4.1</u>	<u>Valg av GPS</u> .....	24
<u>4.2</u>	<u>Valg av grensesnitt mellom GPS-mottaker og PCM enkoder</u> .....	26
<u>4.3</u>	<u>Kretstekniske løsninger</u> .....	30
<u>5.0</u>	<u>Arbeidsmetoder</u> .....	32
<u>5.1</u>	<u>Valg av arbeidsmetoder</u> .....	32
<u>5.2</u>	<u>Valg av verktøy</u> .....	32
<u>6.0</u>	<u>Testing og resultater</u> .....	34
<u>7.0</u>	<u>Resultater og diskusjoner</u> .....	35
<u>8.0</u>	<u>Konklusjon</u> .....	37
<u>8.1</u>	<u>Tidsforsinkelser</u> .....	37
<u>8.2</u>	<u>Forslag til endringer</u> .....	38
<u>9.0</u>	<u>Litteraturliste</u> .....	39
<u>10.0</u>	<u>Vedlegg</u> .....	41



## 1.0 Innledning

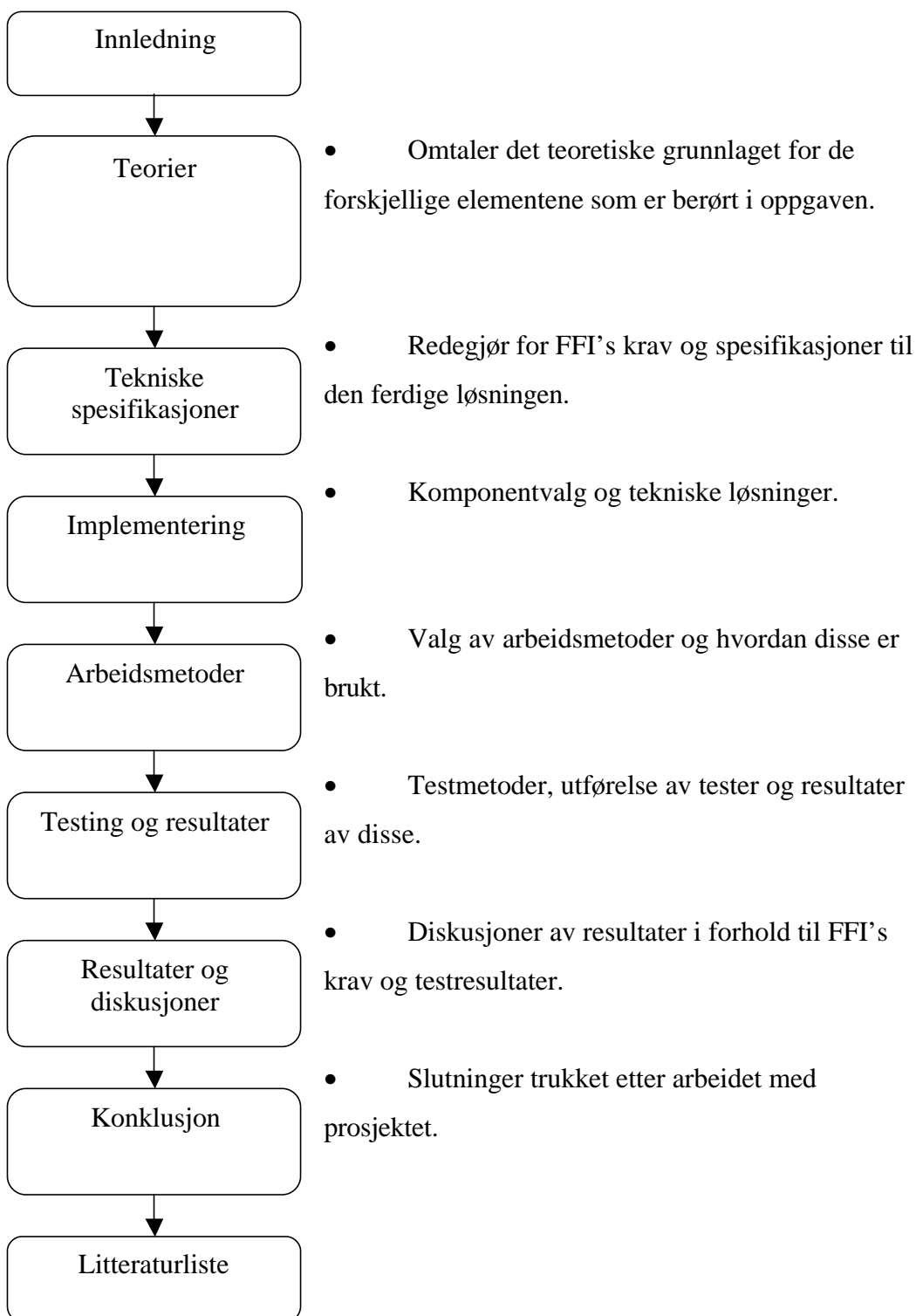
Et av arbeidsområdene ved Forsvarets Forskningsinstitutt er klimaforskning. Til dette brukes blant annet raketter med måleinstrumenter som skytes ut i atmosfæren. Etter at rakettenes ferd er over er det ønskelig å finne den igjen, og i dag bruker man radiopeiling til dette formålet.

FFI har et ønske om å forbedre det eksisterende systemet ved å montere en GPS-mottaker i raketten. Man vil da kunne følge raketten gjennom hele banen og bestemme nedslagspunktet med større nøyaktighet. FFI er derfor interessert i å finne muligheten for et system basert på GPS.

Oppgaven går ut på å legge til rette for GPS-sporing av raketten. Dette innebærer å konstruere/finne en GPS-mottaker som passer til dette formålet og å utarbeide et grensesnitt mot det eksisterende sendersystemet i raketten. Siden mottakeren skal plasseres i en liten raket, er det begrenset plass. Dette medfører at størrelse også er viktig å ta hensyn til. Antennesystem for GPS-mottakeren tilrettelegges av FFI.

I vedlegg A vises en oversikt over endel forkortelser brukt i rapporten.

Rapporten er delt opp i kapitler. Oversikten under viser hvordan de er planlagt og hvilken sammenheng de har.





## 2.0 Teori

Kapitlet tar for seg det teoretiske grunnlaget for de forskjellige elementene som er berørt i oppgaven. I stor grad er dette ny kunnskap og prinsipper prosjektgruppa har måttet tilegne seg.

### 2.1 Grunnleggende prinsipper for GPS<sup>[1]</sup>

GPS er et satellittbasert radionavigasjonssystem eid og drevet av det amerikanske forsvarsdepartementet (DoD). Systemet er basert på indirekte avstandsmåling til satellitter med kjente koordinater for å kunne finne brukerens posisjon i luften, på land og sjø. Det grunnleggende prinsippet går ut på at satellittsignalet kontinuerlig ”merkes” med tidspunktet for utsending slik at signalets tidsforbruk mellom satellitt og bruker kan måles med en mottaker som er synkronisert til samme tidsreferansesystem som satellittsignalet.

Siden avstanden til satellitten blir funnet indirekte ved å måle tiden fra et signal sendes ut fra satellitten til det samme signalet mottas i mottakeren på bakken, vil en nøyaktig posisjonsbestemmelse avhenge av at signalets hastighet er konstant og at tidsmålingen er feilfri. Dette er i praksis ikke mulig. Signalets hastighet vil variere på vei gjennom ionosfæren og klokker som brukes til tidsmålinger vil alltid ha noe drift. Det fører til at avstanden som måles enten er litt lengre eller litt kortere enn den ”sanne” avstanden. Målt avstand kalles derfor pseudoavstand og er lik ”sann avstand” pluss et lite tillegg.

<sup>[1]</sup> fra hefte utgitt av Jon Glenn Svendsen).



## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

---

Man måler altså pseudoavstander mellom satellitt og mottaker. Disse avstandene kan bestemmes på to måter avhengig av hvilken nøyaktighet man ønsker og hvilket formål målingen skal brukes til (navigasjon, geodetiske målinger osv.). Man kan måle tiden det kodede signalet bruker for så å multiplisere den med signalets forplantningshastighet, eller signalets fase måles. I begge tilfeller utgjør satellittens og mottakerens klokke hjertet i systemet.

Den første metoden (kodemåling) krever minst fire satellitter for å kunne finne observasjonsmodellens fire ukjente størrelser: bredde, lengde, høyde og klokke drift. Derfor må det være minst fire satellitter over horisonten hvor som helst på eller i nærheten av jordens overflate 24 timer i døgnet. Metode to, fasemåling, er mer komplisert. Denne observasjonen er flertydig med et helt antall av signalets bølgelengder, slik at observasjonsmodellen må utvides med en heltalls ukjent.





### **2.1.1 Inndeling av GPS-systemet**

GPS deles vanligvis inn i tre hoveddeler: romsegmentet, kontrollsegmentet og brukersegmentet.

#### **Romsegmentet**

Dette er den delen av systemet som befinner seg utenfor jordens atmosfære, altså satellittene. Det består av 29 satellitter som går i baner 20200km over jordens overflate. Banene er tilnærmet sirkulære med 6 baneplan. Med denne konstellasjonen dekkes det meste av jordoverflaten. Satellittene har en omløpstid på 11 timer og 58 minutter. Om bord i satellittene finner vi utstyr som atomklokker (svært liten drift), radiosendere, datamaskiner og en del militært utstyr.

#### **Kontrollsegmentet**

Segmentet her består av en hovedkontrollstasjon, fem monitorstasjoner og tre bakkekontrollstasjoner. Hovedoppgavene til dette segmentet er å overvåke og predikere satellittbaner og satellittklokker, synkronisering av tid og kommunikasjon med satellittene.

#### **Brukersegmentet**

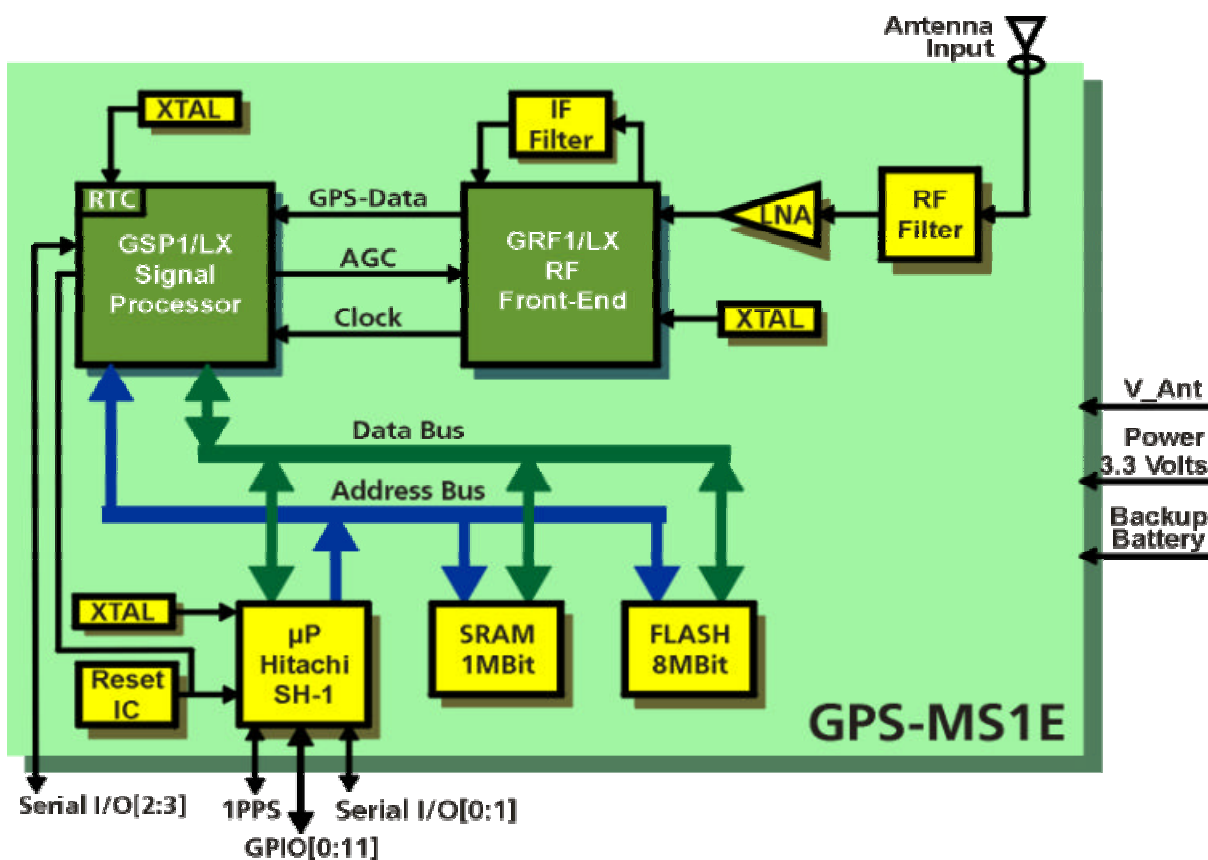
Brukersegmentet består av alle brukere med mottakere som kan nyttiggjøre seg av satellittsignalene til tidsreferanse og/eller å bestemme sin posisjon, hastighet og høyde over havet.



## 2.2 Om m-blox

$\mu$ -blox er et firma fra Sveits som lager innovative og kostnadseffektive elektroniske løsninger for en rekke anvendelser. Firmaet har erfaring med komplisert digital og RF-elektronisk systemdesign. De spesialiserer seg i design og produksjon av komplette moduler for Original Equipment Manufacturer (OEM) anvendelser. De leverer verdens minste integrerte datamaskin og GPS-produkter. GPS-produktene er konstruert med vekt på høy ytelse og minimal størrelse. Dette gjør at man kan integrere GPS i små applikasjoner. De tilbyr standard hardware med fleksible softwareløsninger.

GPS-modulen som er benyttet i dette prosjektet er GPS-MS1E. Den består av et chipsett fra SiRFstar I/LX™ som er en løsning med GRF1/LX Low Power RF Front-End IC og GSP1/LX Low Power GPS DSP med integrert sanntidsklokke. Den har også Hitachi SH-1 prosessor, 1 MBit statisk RAM, 8 Mbit Flash minne, 12 I/O-pinner til generelt bruk og 4 USART.



Figur 2.2.1. Blokkskjema for GPS-MS1E

GPS-mottakeren har 12 parallelle kanaler som benytter sendefrekvens L1 og C/A-kode. Maksimal posisjonsoppdatering er en gang i sekundet. Det er også mulig å få den med datalogger slik at man kan lagre posisjonsdata. Oppstartstiden varierer mellom cold start (60 sek), warm start (45 sek) eller hot start (<2-6 sek). Det er også lagt inn COCOM-restriksjoner som betyr at høyden må være mindre enn 18300 meter eller farten må være mindre enn 1852 km/t. Til overføring av GPS-data blir det benyttet NMEA og SiRF proprietary format og RTCM for DGPS korreksjonsdata. Driftsspenning er 3.3V og maksimalt strømforbruk 140mA. Driftstemperatur er -40 til +85 grader celsius. Fysiske mål er 30x30x7.7 millimeter og den har en vekt på 8 gram. GPS-modulen krever driftsspenning 3.3V, serielt interface og passiv/aktiv antenne for å fungere.



## 2.3 Om NMEA-standarder

Behovet for et felles grensesnitt mellom maritimt elektronisk utstyr førte til at National Marine Electronics Association (NMEA) ble dannet i 1980. NMEA er en organisasjon bestående av produsenter av slikt utstyr og den har som oppgave å utarbeide grensesnittspesifikasjoner som er standard for industrien over hele verden. Standarden definerer de elektriske signalkravene, dataoverføringsprotokoll, dataoverføringssynkronisering og spesifikke meldingsformat for en 4800 bauds seriell databuss. Hver buss har en sender, men kan ha mange mottakere. Pr. i dag er det utviklet tre ulike typer NMEA-standarder (0180, 0182 og 0183) og det vil i løpet av 2. kvartal 2001 komme en ny standard, NMEA 2000. NMEA 0183 er den mest brukte standarden i dag og siden dette grensesnittet benyttes i hovedoppgaven er det kun denne standarden som vil bli omtalt her.

NMEA 0183-standardisert utstyr har et asynkront serielt grensesnitt med parametrene:

Baud Rate: 4800 bps.  
Data bits: 8(mest signifikante bit er 0).  
Paritet: Ingen.  
Stoppbit: 1 (eller flere).

Den elektroniske innretningen beskrives enten som sender eller mottaker, men noen kan være begge deler. En sender er en hvilken som helst innretning som sender data til andre NMEA-apparater. En mottaker er en hvilken som helst innretning som mottar data fra andre NMEA-apparater. Alle data som sendes eller mottas tolkes som åtte bits ASCII.



### 2.3.1 Elektriske signalkrav

I den siste versjonen av standarden skal senderen være differensiell driverkompatibel med EIA RS-422. Dette fordi differensielle driversignaler ikke har referanse til jord og er mer immune mot støy. En mottakers inngang må være galvanisk skilt fra resten av mottakerens jordingssystem. Det er også krav om en minimum inngangsimpedans på  $500\Omega$ .

### 2.3.2 Meldingsformat

NMEA 0183 har et generelt meldingsformat som ser slik ut:

```
$aaaaa,df2,...[CR][LF]
```

Alle meldingene begynner med et \$ og avsluttes av CR (Carriage Return ) og LF (Line Feed). De fem tegnene rett etter \$ er adressefeltet. Feltet tolkes basert på type av setning. Det er tre slike typer setninger: talker sentence, query sentence og proprietary sentence.

Talker sentence:

Det generelle formatet for en sendermelding er:

```
$ttsss,dfi,df2,...[CR][LF]
```

Adressefeltet for en talker sentence består av en femtegners streng rett etter \$. De to første tegnene identifiserer senderen mens de tre neste definerer det gjenstående datafeltet. Under NMEA-standarden er datafeltet unikt definert for hver setningstype.



## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

---

Query sentence:

En query sentence gjør mottakeren i stand til å spørre sender om en spesifikk melding.

Det generelle formatet for en mottakermelding er:

```
$tllQ;sss,[CR][LF]
```

De to første tegnene identifiserer mottaker, de neste to tegnene identifiserer sender som mottar forespørselen. Det femte tegnet er alltid Q og definerer meldingen som en query sentence. Feltet deretter sier hvilken type NMEA-melding som ønskes.

Proprietary sentence:

Denne setningen tillater produsenter å bruke spesielle setninger som ikke er forhåndsdefinert under NMEA-standard.

Det generelle formatet for en proprietary sentence er:

```
$PmmmA,df1,df2,...[CR][LF]
```

P forteller at dette er en proprietary-melding og at datafeltet ikke nødvendigvis korresponderer med noen godkjente setningsstrukturer. mmm er produsentens meldingskode. Det femte tegnet i adressefeltet er en bokstav og definerer den spesielle meldingstypen.

Sjekksum:

NMEA 0183-standard åpner for en valgfri sjekksum. Sjekksummen starter med et stjernetegn (\*) og er plassert rett etter det siste datafeltet. Det er et totegns felt som inneholder det heksadesimale tallet som finnes ved å XOR'ere alle karakterbytene i setningen.



### 2.3.3 NMEA-meldingene

Alle NMEA-meldinger bruker ASCII-karakterer. Senderen (f. eks. en GPS) produserer en kontinuerlig strøm av data i en rate bestemt av senderens samplingsrate. Data presenteres som en 'setning', hvor hver setning begynner med \$-tegn, har et totegn senderidentifikasjon og et tretegn setningsidentifikasjon. Datainnholdet presenteres som en serie av kommadelte felt. Hver setning kan ha opptil 82 tegn inkludert header, datafelt og en valgfri sjekksum etterfulgt av CF og LF på slutten. Hvis et felt er blankt vil alle komma som deler feltene bli stående, men det vil ikke være noe data mellom komma korresponderende til det blanke feltet.

Den GPS'en som er valgt i denne oppgaven har følgende NMEA-output-meldinger:

1. GGA      Global Positioning System Fixed Data
2. GLL      Geographic Position – Latitude/Longitude
3. GSA      GNSS DOP and Active Satellites
4. GSV      GNSS Satellites in View
5. RMC      Recommended Minimum Specific GNSS Data
6. VTG      Course Over Ground and Ground Speed

I tillegg til dette har produsenten sitt eget overføringsformat kalt Sirf Binary Protocol.



## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

Overføringsformatet som er valgt i oppgaven er GGA fordi det er den eneste NMEA-meldingen fra GPS-mottakeren som gir høyde over havet (altitude). Man velger derfor å se nærmere på denne meldingen:

GGA = Global Positioning System Fixed Data

Et eksempel på en slik melding er vist under:

```
$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.9,9.0,M,,,0000*18
```

Navn	Eksempel	Enhet	Beskrivelse
Meldings ID	\$GPGGA		GGA protokollheader
UTC Tid	161229.487		hhmmss.ss
Breddegrad	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S indikator	N		N= nord, S= sør
Lengdegrad	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W indikator	W		E=øst, W= vest
Position Fix indikator	1		Se tabell 2.2
Satellitter brukt	07		Fra 0 til 12
HDOP	1.0		Horisontalt
MSL høyde	9.0	Meter	Presisjonsavvik
Enhet	M	Meter	
Geoid separasjon		Meter	
Enhet	M	Meter	
Alder på differensiell korreksjon		Sekund	
Diff. ReferansestasjonsID	0000		Ingen felt når DGPS ikke er i bruk
Sjekksum	*18		
CR LF			Slutt på melding

Tabell 2.1. GGA dataformat.





Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

---

Verdi	Beskrivelse
0	Fix not available or invalid
1	GPS SPS Mode, fix valid
2	Differensiell GPS, SPS Mode, fix valid
3	GPS PPS Mode, fix valid

Tabell 2.2. Position Fix Indicator.

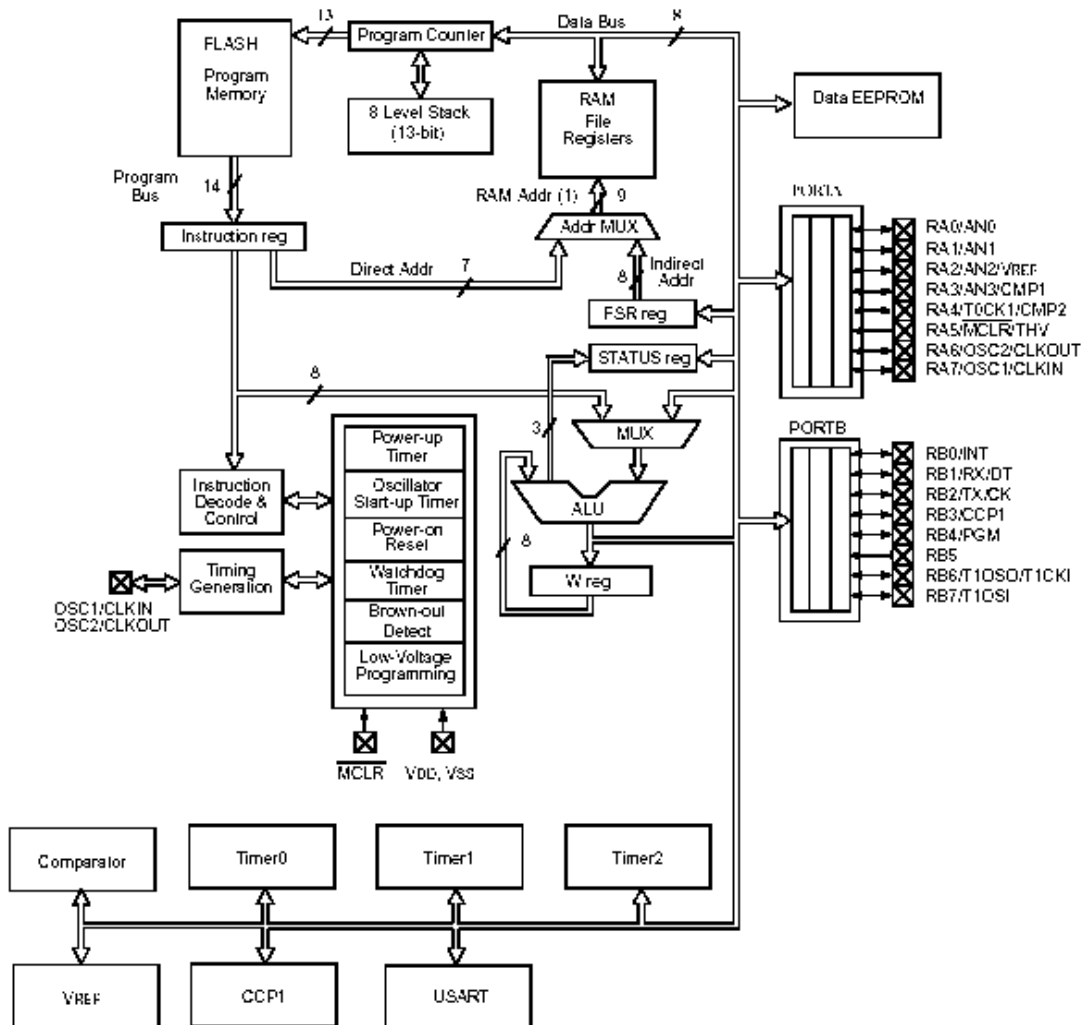


## 2.4 Mikroprosessor

Microchip er en av verdens ledende fabrikanter av bl.a. mikroprosessorer, analog/interface-kretser og minneceller. Mikroprosessorer ”PICMicro<sup>®</sup>” blir levert i mange varianter, fra de enkle 8-pins IC’er til ”tusenben”, med EPROM- eller FLASH-programminne, RAM- og EEPROM-dataminne, innebygde kommunikasjonsstandarder (f.eks. USB, SPI, USART, I<sup>2</sup>C), filtre, tellere, timere, PWM, ADC, DAC, DSP med mer. De bruker lite strøm, er fysisk sett små og kan brukes i de fleste tilfeller der egenskapene til en mikroprosessor er nødvendige.

Microchip leverer også både enkle og avanserte utviklingsverktøy, software og hardware, slik at brukeren kommer i gang uten uforholdsmessig store investeringer. På Microchips nettsider finnes alt av informasjon om deres produkter og muligheter for hjelp med spesielle problemer via e-post.

Mikroprosessoren benyttet i dette prosjektet er en PIC16F628. Dette er en CMOS-basert ”RISC” (Reduced Instruction Set Computer) CPU, med muligheter for hard- og software-interrupt, 8-lags hardware-stack og direkte, indirekte og relativ adresseringsmodi. For å programmere prosessoren i assembly trengs bare 35 instruksjoner.



Figur 2.4.1. Blokkskjema for PIC16F628.



## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

---

Noen flere egenskaper:

224 bytes RAM-dataminne,

128 bytes EEPROM dataminne,

2048x14 bit FLASH-programminne,

15 I/O-pinner med stor strømkapasitet (kan for eksempel drive LED direkte),

Analog komparatormodul med:

-to analoge komparatorer,

-programmerbar spenningsreferansemodul ( $V_{REF}$ ),

-programmerbar inngangsmultiplexing og

-komparatorutgangene er tilgjengelige eksternt,

En 16-bits teller/timer og to 8-bits tellere/timere,

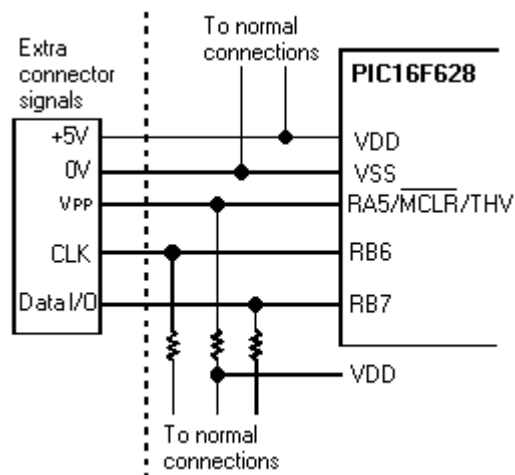
Capture/compare/PWM-modul (CCP),

Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter (USART/SCI),

Lavt effektforbruk (<2.0mA @ 5.0V, 4.0MHz).

### 2.4.1 In Circuit Serial Programming (ICSP)

Alle Microchips OTP- og FLASH RISC-mikroprosessorer er tilrettelagt for programmering etter at de er montert i kretsen. ICSP™ er Microchips egen videreutvikling av In-System Programming (ISP).



Figur 2.4.2.1. ICSP blokkskjema.

Teknikken bruker kun to I/O-pinner for seriell in- og output av data og påvirker derfor kretsens normale virkemåte lite. Dette gjør prosessorene fleksible og reduserer utviklings- og leveringstid. En 5-pins tilkobling er alt som skal til for å programmere mikroprosessorer med ICSP™, de to I/O-pinnene (data og klokke), V<sub>PP</sub> (til MCLR), jord og +V.



### 3.0 Tekniske spesifikasjoner

GPS-mottakeren skal tilpasses for bruk i en forskningsrakett og en del krav må tilfredsstilles. Rakettene er små og bruker batterier til strømforsyning. Under oppskyting og akselerasjon utsettes alt utstyr for høye temperaturer og stor g-kraft, samt at det vil være en del vibrasjoner og rystelser.

Elektronikken i raketten får spenning fra en batteripakke på 7.2V (uregulert). I tillegg er det tilgjengelig en 5V regulert spenning. GPS-mottakeren må kunne nyttiggjøre seg en av disse spenningene. Om bord finnes det også en del annet elektronisk utstyr som trekker strøm. Dette medfører at mottakerens strømforbruk bør være så lite som mulig.

Temperaturen inne i raketten kan komme opp i +100°C og utstyret som skal benyttes må kunne tåle dette. Man må velge komponenter som har størst mulig temperaturområde. FFI har annet elektronisk utstyr ombord med temperaturområde fra -40° til +85°C og dette har vist seg å fungere bra. Man må regne med en del rystelser under oppskyting og mottakeren må kunne tåle dette uten å ødelegges.

Det er viktig at GPS-mottakeren med tilhørende komponenter ikke overstiger en lengde på 92mm og en bredde på 32mm (krav til printkortstørrelsen). Videre må ingen komponenter på kortets overside overstige ca. 6mm og på kortets underside er høydebegrensningen ca. 3mm. Kortet skal kobles til et eksisterende kort i raketten. Her er det allerede en ferdig løsning med plugger. Disse tilkoblingspunktene har en bestemt plassering og andre komponenter på kortet tilpasses disse plasseringene.



## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

---

FFI vil at mest mulig av banen skal kunne følges under rakettenes oppskytning og videre ferd. Man antar at mottakeren ikke vil klare å beregne posisjon under den første delen av oppskytingen på grunn av den sterke akselerasjonen. Man bør derfor se på en mulighet til å kunne legge inn en posisjon før oppstart som sier omtrentlig hvor raketten vil befinne seg når den begynner å virke igjen, slik at GPS-mottakeren har et utgangspunkt å beregne posisjonen fra. Dette vil kunne begrense tiden før første melding sendes. Posisjonsangivelsene skal oppdateres raskest mulig, for eksempel hvert sekund.

FFI's raketter er utstyrt med PCM enkodere. GPS-mottakeren må ha et grensesnitt mot denne. Her er det seriell overføring med en datarate på 9.6 kbps. Mottakeren vil bli tildelt tidsluker for sending med ujevne mellomrom. Man må derfor ha en buffer for å lagre meldingene. FFI ønsker også at GPS-meldingene skal være av NMEA-format.

På grunn av de ekstreme forholdene på rakettenes ytterside må en antenne være spesielt tilpasset. En passiv antenne vil trolig være eneste løsning her. GPS-mottakeren bør derfor ha mulighet til å benytte en slik antenne. FFI vil selv se på ulike antenneløsninger for mottakeren.

Alle kommersielt tilgjengelige GPS-mottakere er underlagt COCOM-restriksjoner (Coordinating Committee for Multilateral Exports Controls). Det settes her begrensninger for høyde og hastighet. Mottakerne vil kun virke ved hastigheter lavere enn 1852 km/h eller høyder lavere enn 18300 meter over havet. Raketten når opp i en høyde på omtrent 120 km. Hastigheten overskrider også begrensningene. Prosjektgruppa har små muligheter til å få dispensasjon fra restriksjonene. FFI må se på problemene selv.



## 4.0 Implementering

Dette kapitlet tar for seg de valg som er gjort både når det gjelder kretstekniske løsninger og komponenter. Man har her forsøkt å grunngi de valgene som er tatt så lenge det har relevans for oppgaven.

### 4.1 Valg av GPS

Den første oppgaven i prosjektet var å finne fram til en egnet løsning for GPS-mottakeren. På markedet i dag er det utallige muligheter, alt fra ferdige moduler til kretser som settes sammen til en komplett GPS. I prosjektets oppstartfase ble mange leverandører av GPS-kretser vurdert og her nevnes en del med begrunnelse hvorfor disse ikke ble en del av den endelige løsningen.

Fra FFI kom det et ønske om at en integrert GPS-mottaker og synthesizer fra Maxim burde vurderes. Det viste seg at denne kretsen var svært dårlig dokumentert. Et annet problem var at Maxim ikke hadde egen digital signal prosessor (DSP) tilpasset mottakeren. Dette kunne føre til en del interfaceproblemer mellom prosessor og mottaker. Man valgte derfor å se på andre produsenter for å se om det fantes bedre løsninger.

Philips hadde et ferdig chipsett bestående av Front End Receiver-krets, og Baseband prosessor med korrelator, CPU og kommunikasjonsporter. Fra Philips Norge kom det informasjon om at kretsene var trukket inn fra markedet i påvente av nye produkter.

Både Sony og ST Microelectronics leverer GPS-kretser. ST Microelectronics har en løsning med RF Front End IC og prosessor med 12-kanalers korrelator, DSP hardware og CPU. Sony leverer et chipsett med GPS Down Converter og GPS LSI med korrelator, CPU, RAM, ROM, USART og ADC. De har også en 16-





## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

---

kanals GPS Receiver Modul. Den norske forhandleren av disse kretsene anbefalte at det ble benyttet komplette og ferdige GPS-moduler da det er vanskelig å konstruere gode nok filtre til RF-delen på mottakeren. Man valgte derfor å satse på ferdige moduler. Siden Sony GPS ikke lenger ville forhandles i Norge, ble den ferdige modulen herfra ikke lenger aktuell.

Sigtec Navigation har utviklet en ferdig modul basert på Mitel-kretser, men det viste seg at kretsens dimensjoner ikke passet med de oppgitte kravene i oppgaven. En ny og fysisk mindre (29 x 29 mm) krets er på trappene, men er ikke klar for salg ennå.

Valget falt til slutt på  $\mu$ -blox' modul. Denne modulen har en fysisk størrelse som gjør det mulig å få plass til den på printkortet som skal inn i raketten. I tillegg kan man velge mellom flere overføringsformat, noe som gir oppdragsgiver mulighet til å velge det formatet som er best egnet til deres bruk. Dessuten er kretsen svært godt dokumentert. Dokumentasjonen er tilgjengelig på  $\mu$ -blox' internettsider. Der finner man også software for evaluering og oppsett av GPS-mottakeren.

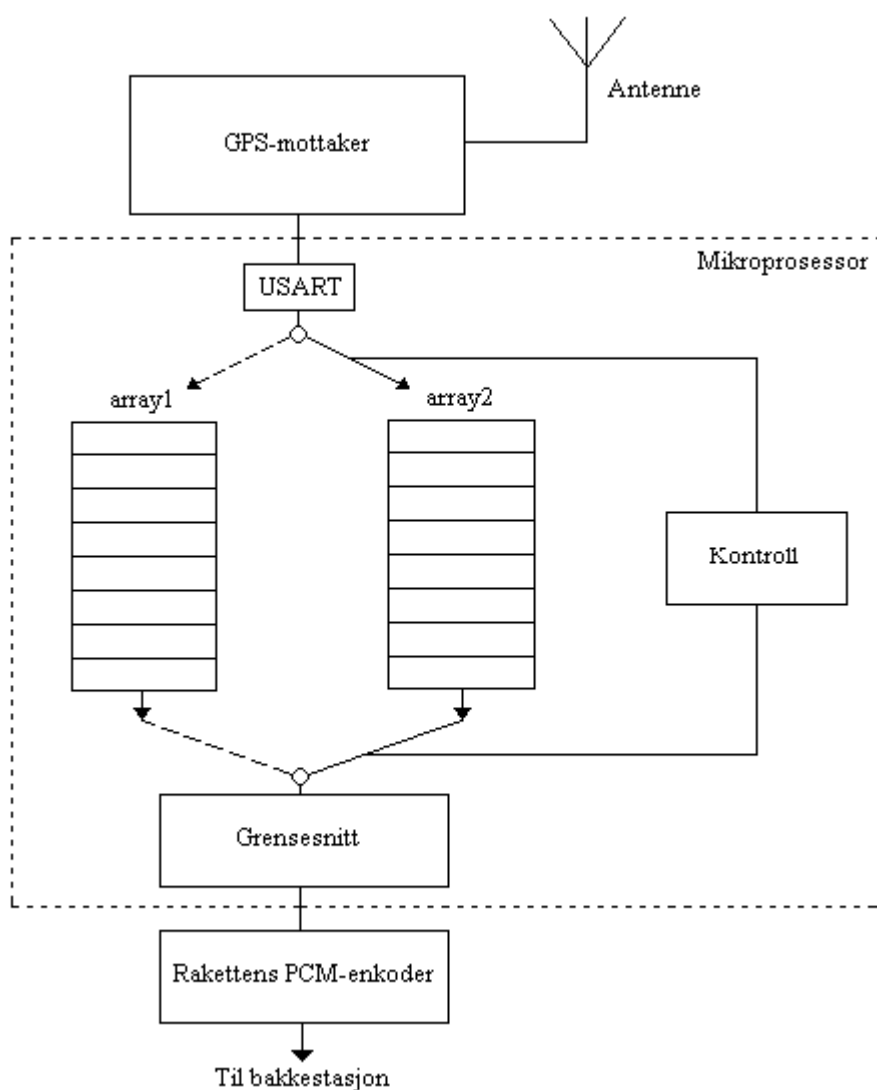


## 4.2 Valg av grensesnitt mellom GPS-mottaker og PCM enkoder

Senderen i raketten gir de forskjellige instrumentene tilgang til å sende i tidsluker. Tidslukene kan komme med ujevne mellomrom og lengden gir ikke mulighet til å sende hele GPS-meldingen i en tidsluke. Meldingen deles derfor opp og overføres del for del. GPS-mottakeren gir ut ny GPS-melding en gang per sekund og den nyeste meldingen må hele tiden tas vare på. Oppgavene som må løses er å ta i mot, mellomlagre og føre GPS-data videre til raketts sender. Grensesnittet må kunne lagre 150 byte med data i tillegg til programmet, ha en seriell kommunikasjonsport og tre I/O-porter. Vurderte løsninger er skiftregister, programmerbar logikk (PLD) og mikroprosessor.

Skiftregister ble forkastet pga. problem med synkronisering av sendingene. Man ville være avhengig av to klokketakter, en for GPS-meldingen inn i registeret, mens man ut fra registeret får klokkepuls fra senderenheten i raketten.

Det ville også vært mulig å bruke programmerbare logiske kretser. Man valgte å se bort fra dette alternativet fordi man så for seg at det ville være like enkelt å gjøre dette ved hjelp av en mikroprosessor. Prosjektdeltakerne har erfaring med bruk av prosessorer fra tidligere prosjekter, mens bruken av PLD har vært svært liten. Det endelige valget falt derfor på en overflatemontert PIC16F628 som leveres av Microchip. Det er tilgjengelig både programvare og programmerer for prosessoren.



Figur 4.1. Komplette blokkdiagram.

Forklaring til figur 4.1:

I mikroprosessoren er det to arrayer som oppdateres annenhver gang når ny GPS-melding kommer. GPS-mottakeren sender meldingen til mikroprosessorens USART. Overføring til raketts PCM enkoder skjer gjennom boksen "Grensesnitt". Den ferskeste meldingen blir benyttet. Overføringen starter ved at PCM enkoder legger 'LOAD' høy og mikroprosessoren klokkes ut data bit for bit

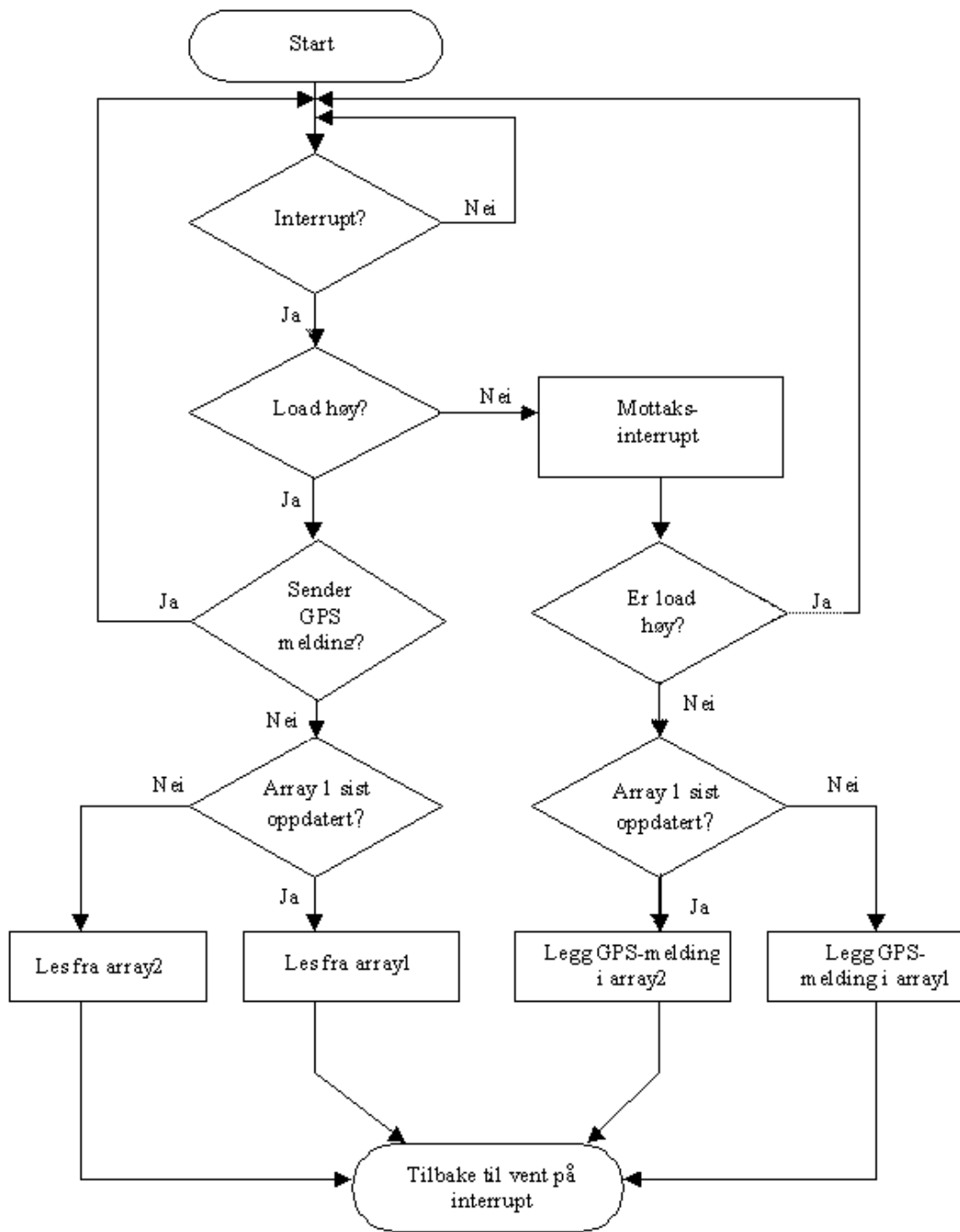


## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

---

i takt med den tilførte klokken 'CLK' så lenge 'LOAD' er høy. En forutsetning er at det blir overført et helt antall byter (karakterer) for hver gang 'LOAD' er høy.

Dataoverføring inn og ut av mikroprosessen er interruptstyrt. Mens mikroprosessen er i gang med en av oppgavene kan den ikke avbrytes før oppgaven er gjennomført. Begrensningen er gjort for å forhindre at ufullstendige meldinger lagres eller overføres. Se figur 4.2, neste side, for flytskjema.



Figur 4.2. Flytskjema, mikroprosessorrutine.



### 4.3 Kretstekniske løsninger

GPS-mottakeren krever spenningsforsyning på min. 3.0V og maks. 3.4V. I raketten er det tilgjengelig spenningsnivåer på regulert 5V og uregulert 7.2V. En spenningsregulator er derfor nødvendig. FFI anbefalte LM317A til dette formålet. Nøyaktighet på utspenningen er 1%, driftstemperaturområde fra -40° til +125°C (øvre grense er avhengig av belastning) og min. utstrøm er 1.5A. Den tilfredstiller våre krav med god margin og krever få ytre komponenter. Kretsen er koblet opp etter anbefaling i datablad.

Mikroprosessen og GPS-mottakeren har forskjellig drivspenning og kretsene kommuniserer innbyrdes via serieporter (USART). RX\_-inngangene på GPS-mottakeren er ikke 5V-tolerante, maks. spenning er  $V_{CC} + 0.3V$ . Problemet løses vha. motstandene R3 og R4 (se vedlegg B). RX\_0 får nå en spenning på 3.2V og det ligger innenfor spesifiserte krav.

Kretskortet tilkobles eksisterende elektronikk i raketten vha. fire 20-pins connectorer. Connectorene fører fram +7.2V, +5V og 0V til kretskortet. Den ene connectoren overfører også signalene (data, klokke og 'LOAD') for sending av data fra mikroprosessen til rakettens sender.

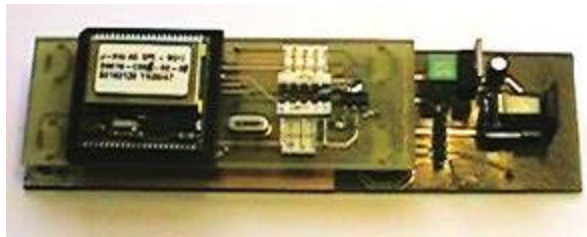
En pinnetilkobling er montert for ICSP™-programmering av mikroprosessen. En av GPS-mottakerens USART er ført til en annen pinnetilkobling. Her kan "Firmware update" utføres. Ved omprogrammering er det også mulig å hente loggede data ut fra GPS-mottakeren her.

## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

---

Overflatemonterte komponenter er i størst mulig grad benyttet på grunn av plassbegrensninger.

Det er også konstruert et enkelt kort for testing av mikroprosessen. Kortet er tilrettelagt for testing vha. PC, en annen mikroprosessor eller lignende.



Figur 4.2. GPS-mottakeren på testkortet.



## **5.0 Arbeidsmetoder**

Kapitlet tar for seg hvilke veier som er valgt for å nå målet og da med tanke på arbeidsmetoder og verktøy som er blitt benyttet.

### **5.1 Valg av arbeidsmetoder**

Når det gjelder arbeidsmetodene er det viktig å nevne at gruppe-medlemmene har valgt å dele på oppgavene. Prosjektet er for stort til at alt kan gjøres i fellesskap, men hvert prosjektmedlem har allikevel hatt en viss oversikt over prosjektet slik at medlemmene har gitt hverandre innspill, råd og vink. Prosjektarbeidet har vært planlagt etter den tid som har vært tilgjengelig. Man har hatt faste møter hver mandag for å planlegge framdriften og drøfte mulige løsninger og oppnådde resultater. Ukeplaner og arbeidsoppgaver har blitt satt opp. Gruppe-medlemmene har jobbet med å finne en egnet GPS og planlagt printkort. Deretter har oppgaven blitt delt opp hvor den ene delen har vært konstruksjon og produksjon av print- og testkort, mens den andre delen har tatt for seg interfaceløsning mellom GPS-mottaker og PCM enkodere.

### **5.2 Valg av verktøy**

PC er blitt benyttet til det meste av de arbeidsoppgaver som er utført. E-post og telefon er blitt brukt til å kommunisere med oppdragsgiver og leverandører. Internett har vært en av de viktigste informasjonskildene når det gjaldt å finne informasjon om GPS, leverandører av chipsett og andre komponenter.

Oppdragsgiver hadde et ønske om at kretskortutlegget skulle lages i tegneprogrammet OrCad. FFI sendte footprints og komponentpakker laget i dette programmet. Etter noe tid med forsøk på å lære å bruke programmet ble det





## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

---

bestemt at tegninger og kretskortutlegg heller skulle gjøres i Proteus. Dette fordi gruppe-medlemmene er bedre kjent med å bruke Proteus og man ville da kunne spare noe tid.

Til å lage program til mikroprosessen ble det benyttet MPLab fra Microchip. I MPLab er det C-kompilator, CC5X fra J. Knudsen Data, som ble benyttet til å kompilere C-programmet. Microcip PICSTART Plus Development Programmer brukes til å sende programmet til mikroprosessen.

GPS-mottakeren ble testet i et "Evaluation Kit", GPS-E1, som leveres av  $\mu$ -blox. Med dette leveres det software som presenterer GPS-data på flere forskjellige måter.

$\mu$ -Center er det nyeste programmet for Evaluation Kit'et og det ligger tilgjengelig på  $\mu$ -blox' internettside og er en klar forbedring fra programmet som fulgte med Evaluation Kit'et.

Til produksjon av kretskort ble skolens utstyr benyttet.



## 6.0 Testing og resultater

Testing av det ferdige produktet er planlagt å foregå med enkle midler. To signalgeneratorer og et oscilloskop kobles til mikroprosessen.

Signalgeneratorene simulerer 'LOAD'- og klokkesignalet, og data avleses med oscilloskopet. Bitstrømmen på oscilloskopet må kodes om til ASCII-tegn manuelt.

En annen mulighet som bør nevnes er å bruke en annen mikroprosessor til testing. Mikroprosessen programmeres med et forholdsvis enkelt program og kan da simulere alle nødvendige signaler.

Under programmering av prosessen oppsto det en del problemer. Man var ikke i stand til å få lastet programmet inn i prosessen. Dette kan skyldes flere ting. Både MPLAB og PICSTART Plus programmereren måtte oppgraderes med ny software. I tillegg er prosessen som er valgt ny på markedet. Feilen kan ligge i prosessen eller i et av oppgraderingsverktøyene. Prosessen ble byttet ut med en identisk uten at dette gjorde noen forskjell. Det ble også satt inn en annen type prosessor og denne lot seg programmeres, men man har ikke rukket å teste kretsen med den nye prosessen da dette krever en del omkoblinger. Prosjektgruppa vil jobbe videre med dette etter innlevering av rapporten for å prøve å ha noe ferdig til presentasjonen.



## 7.0 Resultater og diskusjoner

Ved hjelp av LM317A omformes 5V-spenningen til 3.2V slik at GPS-mottakeren får rett spenningstilførsel. Beregnet maksimalt effektforbruk for kretsen er 0.75W. Alle komponenter tilhørende GPS-mottakeren har temperaturområde  $-40^{\circ}$  til  $+85^{\circ}\text{C}$  eller bedre. Det er usikkert om kretsen vil virke mens rakettmotoren brenner pga. akselerasjon den da blir utsatt for. Brenntiden er omtrent 2.5 sekunder og det er bare en liten del av raketts ferd, så det betyr lite. Ved å benytte overflatemonterte eller lavprofil komponenter i størst mulig grad har kretskortets dimensjoner holdt seg innenfor spesifiserte grenser. GPS-mottakeren kan sende ut nye posisjonsdata opp til en gang i sekundet. Man har også mulighet for å kunne angi en omtrentlig posisjon hvor raketten befinner seg. Det kan legges inn ved hjelp av Evaluation Kit'et som følger med GPS-mottakeren.

Mikroprosessen har en klokkehastighet på 20 MHz og det sikrer at både mottak og sending av data kan foregå med gode tidsmarginer. RAM datakapasiteten er på 228 kbyte og det overskrider minimumskravet. Kretsen kunne greid seg godt med en lavere klokkehastighet og dermed noe billigere mikroprosessor, men i og med at prosessoren er en gratis vareprøve falt valget på den raskeste. Prisforskjellen er så liten at det er lite å spare ved innkjøp i små kvanta.

Antennevalg skal foretas av FFI. Haigh-Farr er en aktuell produsent og deres antenner forhandles i Norge av ACAL, samme leverandør som av  $\mu$ -blox' produkter.

En for oss uoverkommelig barriere er COCOM-restriksjonene. Restriksjonene er til for å forhindre at GPS-mottakeren brukes i krigs- eller terrorhandlinger i for eksempel krysserraketter. Skal man få opphevet disse må  $\mu$ -blox ha en type offisiell erklæring om at misbruk ikke vil skje. I tillegg må man ha et "Software



## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

---

Customization Kit”, GPS-SCK, fra  $\mu$ -blox for å kunne omprogrammere GPS-mottakerens innebygde prosessor. Med dette kitet er også muligheten for å kunne bruke denne prosessoren til flere oppgaver tilstede. Den har noe ressurser til overs som kanskje kan ta hele jobben med dataoverføring til PCM-enkoderen. Kitet koster i overkant av 20.000 kroner.



## 8.0 Konklusjon

Gjennom arbeidet med oppgaven har prosjektgruppa måttet tilegne seg mye ny kunnskap og erfaring med både teoretiske og praktiske problemstillinger. De fleste faglige problemer har vært nye også for skolens ressurspersoner.

### 8.1 Tidsforsinkelser

I prosjektets planleggingsfase forutså man ikke alle de problemene som etter hvert har dukket opp. Spesielt har det vært problemer med dårlig/treg informasjon og lange leveringstider. Det har ført til forsinkelser i forhold til tidsplan satt opp i forprosjektet, se Gantt-skjema vedlegg H. Man vil her prøve å grunngi noen årsaker til forsinkelsene.

Det gikk lang tid innen en egnet GPS-mottaker ble funnet på grunn av vanskeligheter med å finne produsenter og forhandlere. Flere kretser har blitt vurdert og forkastet grunnet forskjellige forhold. Det kan være for eksempel fysisk størrelse, at kretsen er ute av produksjon eller ikke har norske forhandlere. Ca. medio februar ble bestemmelsen tatt om å satse på  $\mu$ -blox' GPS-MS1E.

Misforståelser angående interfacet mot raketten PCM-enkoder har også ført til ekstra tidsforsinkelser. Man var her i tvil om overføringen skulle være seriell eller parallell. Dette ble ikke avklart før månedsskiftet mars/april.

Etter oppdragsgivers ønske ble krets- og skjemategning først påbegynt med tegneprogrammet OrCad. Programmet ble installert den 12. mars. Ingen av prosjektmedlemmene var kjent med programmet fra før og brukte en del tid til å sette seg inn i det. Etter hvert vurderte man at tidsforbruket ble for stort og det ble bestemt at Proteus skulle brukes i stedet for OrCad. Proteus er kjent i gruppa fra



tidligere bruk. Tilkobling av GPS-mottakeren til eksisterende elektronikk i raketten går via spesielle connectorer. Nødvendige tegninger over pinnekonfigurasjon ble sendt fra FFI i slutten av mars. Printkortet ble derfor ferdig senere enn planlagt.

I tillegg har det blitt forsinkelser med levering av komponenter. GPS-mottakeren ble levert den 22. mars, en måned etter at bestillingen var bekreftet.

Leveringstiden var på forhånd satt til to uker. Vareprøvene på mikroprosessorene ble bestilt uke 14 og kom fire uker senere.

## 8.2 Forslag til endringer

I etterhånd av prosjektet ser man at noe kunne vært gjort på en annen måte. Dette gjelder både kretstekniske og andre løsninger.

Alle komponentene på kretskortet bør få 3.3V drivspenning. Man ville da unngått problemet med spenningsdelingen på serieinterfacet mellom GPS-mottakeren og mikroprosessen. Se kap. 4.3. Rakettsens PCM-enkoder får ingen problemer med de signalnivåene dette gir.

Kretsen burde vært koblet opp på et testbrett før kretskortet ble produsert. Man kunne da testet kretsen før endelige valg av kretstekniske løsninger og komponenter. Det krever imidlertid at alle komponentene måtte vært tilgjengelige på et langt tidligere tidspunkt.

I og med at man ikke har funnet ut av problemene med programmering av mikroprosessen (se kap.6), bør man vurdere å benytte en annen velprøvd prosessor. Et alternativ er PIC16F873. Prosessen 16F628 er ny på markedet.



## 9.0 Litteraturliste

Jon Glenn Svendsen. 1998: *Global Position System – en innføring i systemets virkemåte*

[www.bmea.org](http://www.bmea.org):

Tony Johns. BRITISH MARINE ELECTRONICS ASSOCIATION: *Are Your instruments Speaking The Same Language? Tony Johns explains the 'ins and 'outs of interfacing*

[www.software-developers.co](http://www.software-developers.co):

*NMEA 0183, NMEA 0183 Description*

[www.u-blox.ch](http://www.u-blox.ch):

*μ-blox GPS-MS1E GPS Receiver Module based on SiRFstar I/LX™, Datasheet*

*Protocol Specification - μ-blox GPS-MS1 and GPS-PS1*

*USER'S MANUAL: Datalogging Option V2.0 for μ-blox GPS Receiver Module*

*μ-Center User's Guide: μ-Center GPS Evaluation Software*

[www.microchip.com](http://www.microchip.com)

Microchip Technology Inc. 1999: *PIC16F62X FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers, datasheet*

Microchip Technology Inc. 2000: *In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) Guide*



Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

---

[www.bknd.com](http://www.bknd.com)

B Knudsen Data. 2000: *CC5X USER'S MANUAL: C Compiler for the PICmicro Devices Version 3.1*

[www.national.com](http://www.national.com)

National Semiconductors: *LM117/LM317A/LM317 3-Terminal Adjustable Regulator, datasheet*





## 10.0 Vedlegg

### Vedlegg A:

Forkortelser brukt i rapporten	42
--------------------------------	----

### Vedlegg B:

Skjemategning GPS-mottakerkrets	44
---------------------------------	----

### Vedlegg C:

Skjemategning testkort	45
------------------------	----

### Vedlegg D:

Utdrag datablad GPS-MS1E	47
--------------------------	----

### Vedlegg E:

Utdrag datablad Evaluation Kit	48
--------------------------------	----

### Vedlegg F:

Programkode mikroprosessor	50
----------------------------	----

### Vedlegg G:

Utdrag datablad PIC16F628	53
---------------------------	----

### Vedlegg H:

Ganttskjema	55
-------------	----



## Vedlegg A

Forkortelser brukt i rapporten:

ADC – Analog/Digital Converter

bps – bits per sekund

COCOM – Coordinating Committee for Multilateral Exports Controls

CPU – Central Processing Unit

CR – Carriage Return

DAC – Digital/Analog Converter

DGPS – Differential Global Positioning System

DoD – Department of Defence (Amerikanske forsvarsdepartementet)

DSP – Digital Signal Processor

EIA – Electronic Industries Association

GGA – Global Positioning System Fixed Data

GLL – Geographic Position - Latitude/Longitude

GPS – Global Positioning System

GSA – GNSS DOP and Active Satellites

GSV – GNSS Satellites in View

HDOP – Horizontal Dilution of Precision

I<sup>2</sup>C – Inter Integrated Circuit bus

ISCP<sup>TM</sup> – In Circuit Serial Programming

ISP – In System Programming

LF – Line Feed

LSI – Large-scale Integration

MSL – Height Above Sea Level

NMEA – National Marine Electronics Association

OEM – Original Equipment Manufacturer

OTP – One Time Programmable

PCM – Pulse Code Modulation

PLD – Programmable Logic Device



## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

---

PPS mode – Precise Positioning Service

PWM – Pulse Width Modulation

RISC – Reduced Instruction Set Computer

RMC – Recommended Minimum Specific GNSS Data

RTCM – Radio Technical Commission for Maritime Services

SCI – Serial Communications Interface

SPI – Serial Peripheral Interface

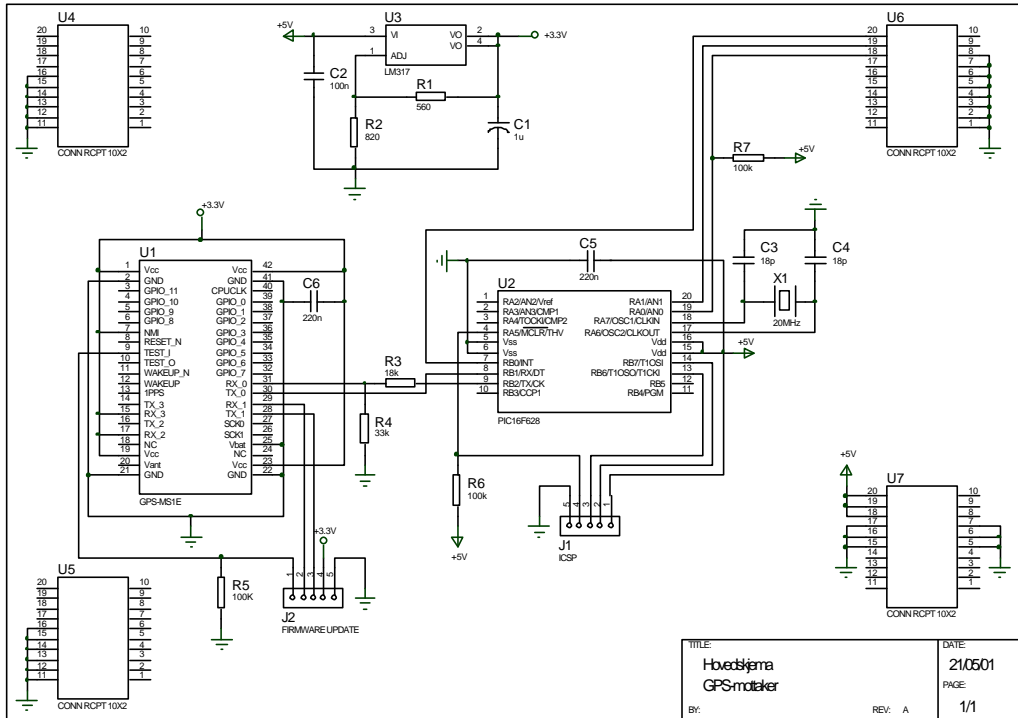
SPS – Standard Positioning System

USART – Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter

USB – Universal Standard Bus

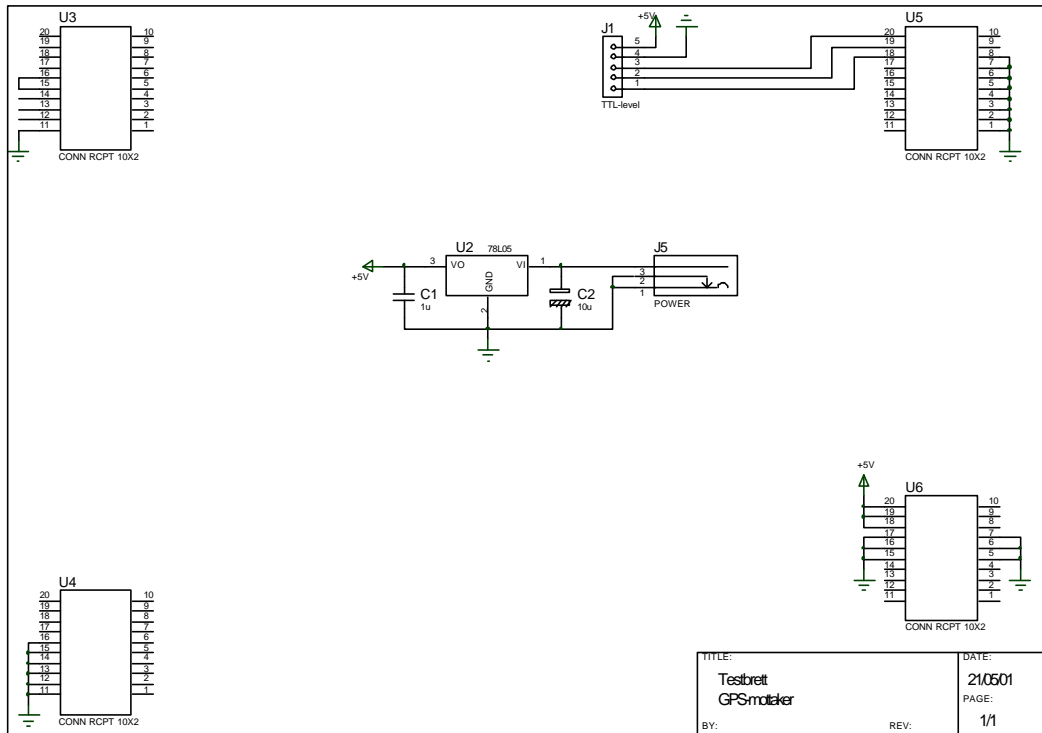
VTG – Course Over Ground and Ground Speed

**Vedlegg B**



Skjemategning GPS-mottakerkrets.

Vedlegg C



Skjemategning testkort.

## Vedlegg D

### GPS-MS1E GPS Receiver Module

#### General Overview

■ **GPS-MS1E** is a fully self contained receiver module for GPS, fitting onto the footprint of a PLCC84 package (30 mm x 30 mm).

■ The GPS-MS1E supports a very broad range of GPS-enabled products that will satisfy the needs of a diverse market for reliable, usable and affordable GPS positioning and navigation services. It's unique combination of small size, minimal power consumption, excellent GPS performance and maximum flexibility makes the **GPS-MS1E** very attractive for mobile GPS applications. In automotive applications, the SiRFstar(tm) architecture supports advanced tracking capabilities through fast recovery times combined with reliable operation in "urban canyons" and areas of dense foliage.

■ The GPS-MS1E is available with enhanced functionality. Such as an integrated datalogger and a AT command interface for direct connection to a GSM modem. This speeds up your design cycles and enables you to design highly integrated systems with a minimum amount of external components.

#### New Features

The GPS-MS1E has an additional crystal on, that allows to shut off the RF sections separately from the digital part. This allows to operate the GPS-MS1E in a 3 stage Power Save Mode, which further reduces power consumption.

The GPS-MS1E is compatible to the GPS-MS1, and can be used as a 1:1 replacement.



#### ■ **Features**

- 12 Channel parallel
- L1, C/A code
- 3.3V Operation
- Low Power Operation
- 4 serial ports
- Small size, light weight
- Fast start-up times
- SW Enhancements

#### ■ **Datasheets**

#### ■ **SW Enhancements**

#### ■ **Ordering information**

GPS-MS1E OEM receiver Module  
**GPS-MS1E**

GPS-MS1E with integrated datalogger  
**GPS-MS1E-DL**

GPS-MS1E with AT command set  
**available soon**



## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

---

### Key GPS-MS1E Features:

#### ■ Full Implementation of the SiRFstar/LX(tm) Architecture:

- GRF1/LX Low Power RF Front-End IC
- GSP1/LX Low Power GPS DSP with Integrated Real Time Clock
- Hitachi SH-1 CPU
- 1 MBit Static RAM
- 8 MBit FLASH Memory
- Support of SiRFstar/LX Power Management Modes
  - Trickle Power Mode
  - Push-to-Fix Mode
- Support of Differential GPS
  - RTCM Input

#### ■ External Requirements:

- 3.3 Volt Power Supply
- Backup Battery for Real Time Clock
- Serial Interface
- Passive Antenna or Active Antenna
- Antenna bias voltage regulator (with Active Antenna)

#### ■ GPS-MS1 Technical Specifications:

■ GPS Chip Set	SiRFstar/LX(tm) (GSP1/LX & GRF1/LX)
■ Receiver	L1, C/A Code
■ Channels	12 (parallel)
■ Max. Position Update Rate	1/second
■ Start-Up Times (TTFF)	Cold Start (avg.)
	60 sec
	Warm Start (avg.)
	45 sec
	Hot Start (avg.)
	< 2-6 sec
■ Reacquisition Time	0.1 sec
■ Operation limits	Altitude < 60 000 ft (18 300 m) (COCOM restriction)
	Velocity < 1 000 kn (1 852 km/h)(COCOM restriction)
	Either limit may be exceeded but not both.
■ Interface	RF Interface
	M/A-Com SSMT Coaxial Connector

## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

Data Interface  
 4 Serial Ports  
 12 General Purpose I/Os (4 are configurable as interrupts inputs)

■ Data Protocols            NMEA & SiRF Proprietary Format for GPS-Data  
                                       RTCM for DGPS Correction Data  
 ■ Operating Voltage        3.3 Volts (3.0 - 3.4 V)  
 ■ Power Consumption      Continuous Mode  
                                       140 mA

Power Save Mode  
 50 mA (@ 1s up-date)  
 10 mA (@ 8s up-date)

■ Operating Temp            -40/+85 C  
 ■ Mechanical Specs         Dimensions  
                                       30 mm x 30 mm x 7.7 mm

Weight  
 8 g

Footprint  
 PLCC84 Package with 42 leads on two sides

### Vedlegg E

#### Key GPS-E1 Features:

The Evaluation Kit includes:

GPS-E1 housing,  
 containing:

[GPS-MS1E](#) or [GPS-PS1E](#)

Voltage Regulator

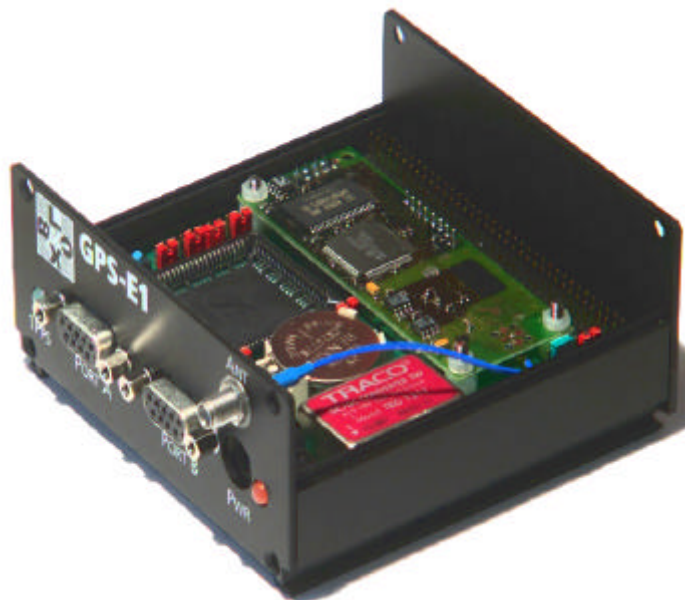
Double Serial Line Driver  
 and Connector

2 DB9 Serial Connectors

Battery (900 mAh) to  
 deliver Lifetime Battery  
 Backup

GPS patch antenna with  
 SMA Connector for RF-  
 Input and 4.5 m coaxial  
 cable

100-240 VAC power  
 supply adapter



GPS-E1, housing a GPS-PS1E receiver

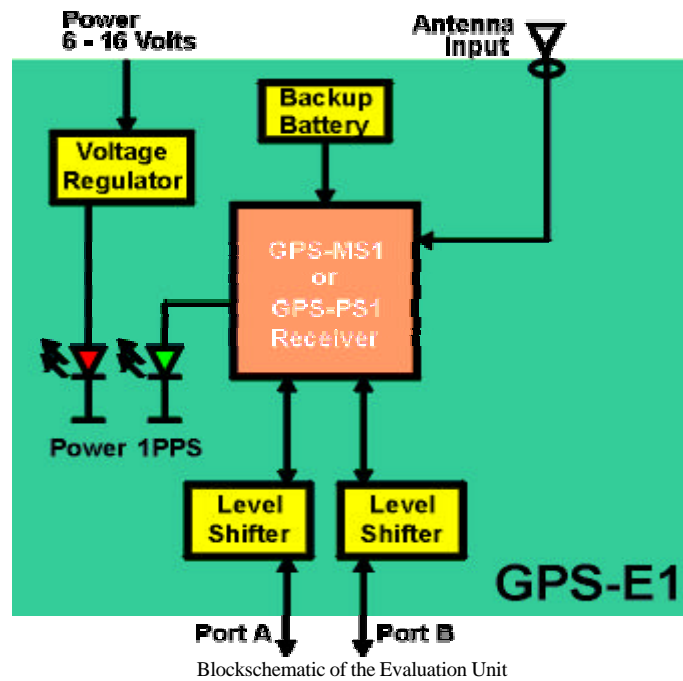


## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

Evaluation software running under Windows 95 or Windows NT (CD)

Manual, describing: interfaces, jumper positions, and test points usage of the Software

SiRF Binary Protocol Specification



### Evaluation Software

The Evaluation Software runs under Windows 9x and Windows NT. It parses the data output of all  $\mu$ -blox GPS receivers and visualises it.

- **Map View** shows the trace of the position fixes
- **Tracking View** displays the satellites in a polar plot orientation
- **Signal Level View** the C/No of each satellite in the last 5 seconds
- all other receiver data can be displayed in various text windows
- Logging of receiver output data to a file is also supported.



## Vedlegg F

### Programkode for mikroprosessen

```
#include "16f628.h"
#include "int16cxx.h"

#pragma bit load @ PORTB.0
#pragma bit data @ PORTA.0
#pragma bit clk @ PORTA.1

#pragma config |= 0x3FFF
#pragma config &=0x3F22

#pragma rambank 1
char array2[72];

#pragma rambank 0
char array1[72];

bit a, i;
char gps, l;
uns16 j, k;

void sende(void);
void lagre(void);

#pragma origin = 0x4

interrupt int_server(void)
{
    int_save_registers
    if(INTF) //Positiv edge on 'load'.
        sende();
    if(RCIF) //Data from GPS ready in rec.reg.
        lagre();
    int_restore_registers
}

void main(void)
{
    clearRAM();

    SPBRG = 0x81; //Baudrate,9.6kbps med 20MHz Xtal.
    TXSTA = 0x04; //Enable transmission, 8 bits.
    RCSTA = 0x90; //Receive register enables.
    TRISA = 0xFE; //Konfigurerer inn- og utganger.
    TRISB = 0xF9; // ---"---
    OPTION.6 = 1; //Interrupt on rising edge, RB0.
    OPTION.7 = 0; //Enabler pull-up B-innganger.

    PEIE = 1; //Enable all perifere interrupt.
    GIE = 1; //Enable all global interrupt.
```



## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

---

```
INTF = 0; //Reset interrupt flag bit.
RCIE = 1; //Enable receive interrupt.

while(1)

void sende(void) //Sender et helt antall byte synkront
{ //med 'clk' uten start- eller stoppbit
while (load) //så lenge 'load' er høy.
{
if (i == 0)
gps = array2[k];
else
gps = array1[k];
while (l <= 7) //Sender en 'char', 8 bit.
{
if (a == 0 && clk == 1)
//Flankedeteksjon...
{
data = gps.0;
gps = rr(gps); //Rotates 'gps'.
a = 1;
l++;
}
if (a == 1 && clk == 0)
a = 0;
}
l = 0;
if (gps == 0x0A) //Siste tegn er 'LF'.
{
k = 0;
break;
}
else
k++;
}
INTF=0; //Reset interrupt flag bit.
}

void lagre(void)
{
INTE = 0; //Disable extern interrupt(RB0).
if (i == 0)
{
array1[j] = RCREG; //Legger inn en karakter.
j++;
if (array1[j -1] == 0x0A)//Finner siste tegn (LF).
{
if (k == 0) //Sperrer for oppdatering av
i = 1; //array2 dersom den leses av.
j = 0;
INTE = 1; //Enable extern interrupt(RB0).
}
}
else
```



## Hovedprosjekt våren 2001: GPS-mottaker

---

```
{
array2[j] = RCREG;      //Legger inn en karakter.
j++;
if (array2[j -1] == 0x0A)//Finner siste tegn (LF).
{
if (k == 0)           //Sperrer for oppdatering av
i = 0;               //array1 dersom den leses av.
j = 0;
INTE = 1;           //Enable extern interrupt(RB0).
}
}
}
```

Vedlegg G



# PIC16F62X

## FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers

**Devices included in this data sheet:**

- PIC16F627      • PIC16F628

Referred to collectively as PIC16F62X .

**High Performance RISC CPU:**

- Only 35 instructions to learn
- All single-cycle instructions (200 ns), except for program branches which are two-cycle
- Operating speed:
  - DC - 20 MHz clock input
  - DC - 200 ns instruction cycle

Device	Memory		
	FLASH Program	RAM Data	EEPROM Data
PIC16F627	1024 x 14	224 x 8	128 x 8
PIC16F628	2048 x 14	224 x 8	128 x 8

- Interrupt capability
- 16 special function hardware registers
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative addressing modes

**Peripheral Features:**

- 15 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
  - Two analog comparators
  - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
  - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
  - Comparator outputs are externally accessible
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with external crystal/clock capability
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM (CCP) module
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter USART/SCI
- 16 Bytes of common RAM

**Special Microcontroller Features:**

- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Brown-out Detect (BOD)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Multiplexed MCLR-pin
- Programmable weak pull-ups on PORTB
- Programmable code protection
- Low voltage programming
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
  - FLASH configuration bits for oscillator options
  - ER (External Resistor) oscillator
    - Reduced part count
  - Dual speed INTRC
    - Lower current consumption
  - EC External Clock input
  - XT oscillator mode
  - HS oscillator mode
  - LP oscillator mode
- Serial in-circuit programming (via two pins)
- Four user programmable ID locations

**CMOS Technology:**

- Low-power, high-speed CMOS FLASH technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range
  - PIC16F627 - 3.0V to 5.5V
  - PIC16F628 - 3.0V to 5.5V
  - PIC16LF627 - 2.0V to 5.5V
  - PIC16LF628 - 2.0V to 5.5V
- Commercial, industrial and extended temperature range
- Low power consumption
  - < 2.0 mA @ 5.0V, 4.0 MHz
  - 15 µA typical @ 3.0V, 32 kHz
  - < 1.0 µA typical standby current @ 3.0V



## PIC16F62X

### 17.0 ELECTRICAL SPECIFICATIONS

#### Absolute Maximum Ratings †

Ambient temperature under bias .....	-40 to +125°C
Storage temperature .....	-65°C to +150°C
Voltage on VDD with respect to VSS .....	-0.3 to +6.5V
Voltage on MCLR and RA4 with respect to VSS .....	-0.3 to +14V
Voltage on all other pins with respect to VSS .....	-0.3V to VDD + 0.3V
Total power dissipation (Note 1) .....	800 mW
Maximum current out of VSS pin .....	300 mA
Maximum current into VDD pin .....	250 mA
Input clamp current, I <sub>IK</sub> (V <sub>I</sub> < 0 or V <sub>I</sub> > VDD) .....	± 20 mA
Output clamp current, I <sub>OK</sub> (V <sub>O</sub> < 0 or V <sub>O</sub> > VDD) .....	± 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin .....	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin .....	25 mA
Maximum current sunk by PORTA and PORTB .....	200 mA
Maximum current sourced by PORTA and PORTB .....	200 mA

**Note 1:** Power dissipation is calculated as follows:  $P_{dis} = V_{DD} \times \{I_{DD} - \sum I_{OH}\} + \sum \{(V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum (V_{OL} \times I_{OL})$

† **NOTICE:** Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

**Note:** Voltage spikes below VSS at the MCLR pin, inducing currents greater than 80 mA, may cause latch-up. Thus, a series resistor of 50-100Ω should be used when applying a "low" level to the MCLR pin rather than pulling this pin directly to VSS.

## Vedlegg H

Gantt-skjema, fremdriftsplan.

