

NFA-grillen

Solenergidrevet automatisert pølsegrill

Peter Sveistrup

Master i teknisk kybernetikk
Oppgaven levert: Juni 2010
Hovedveileder: Øyvind Stavadahl, ITK

Oppgavetekst

Målet er å produsere en morsom og funksjonell solgrill basert på et parabolspeil, med bl.a. motorisert automatisk innretning mot sola ("heliostat"). Planen er å donere grillen til TV-aksjonen 2010 for auksjonering i regi av Norsk forening for automatisering (NFA). På denne måten ønsker vi å støtte en god sak og samtidig sette lyset på Automatisering som en viktig komponent innen miljøvennlig teknologi, u-hjelp m.m.

1. Gi en oversikt over instrumentering og andre komponenter for solbasert posisjonering og energiproduksjon, og diskuter deres fordeler og ulemper i den foreliggende problemstillingen.

2. Gjør begrunnede valg av teknolog, og beskriv en foretrukket realisering av solgrillen. Løsningen skal være uavhengig av ekstern energitilførsel ut over sollys, skal omfatte minst én motorisert funksjon.

3. Realiser og test systemet beskrevet i forrige punkt så langt tiden tillater det. Delsystemer (f. eks. mekaniske løsninger) kan settes bort til underleverandører. Det skal skrives en brukerveiledning som gjør det mulig for ikke-kybernetikere å bruke grillen.

Oppgaven gitt: 25. januar 2010

Hovedveileder: Øyvind Stavadahl, ITK

Sammendrag

Norsk Forening for Automatisering endret i 2009 sin visjon til “Gjøre automatisering til et hovedtema i det offentlige rom.” Formålet med NFA-grillen er å fremme visjonen om å gjøre automatisering til et hovedtema i det offentlige rom. Det skal foregå ved å lage en automatisert pølsegrill som skal doneres til TV-aksjonen.

Oppgaven ledet frem til et ferdig produkt med dertilhørende valg av delsystem og teknologier. For å forsikre et best mulig resultat ble det utført en litteraturstudie i forkant av det praktiske arbeidet.

Arbeidet er utført ved hjelp av to “underleverandører”, Arbeidsgruppe 6 i Ekspertene i Team-landsbyen “Byggelandsbyen” og verkstedet ved Institutt for teknisk kybernetikk. Ekspertene i Team-gruppa leverte reflektoren til grillen og verkstedet bidro med maskineringen av selve grillen.

Det ble innhentet ekspertise fra Forskningscenteret for Miljøvennlig Energi for solcelleteknologi, ved Institutt for energiteknikk for produksjon av spesialtilpasset solcellepanel til å produsere strøm til å drive aktuatorer og elektronikk.

Som solfølgingsmetode ble det valgt å bruke GPS for å innhente posisjons- og tidsdata. Disse ble deretter brukt i en algoritme, SOLPOS utviklet av NREL, til å beregne solvektoren. For å vite grillens orientering ble et tilkompensert kompass med innebygget aksellerometer benyttet. Referansedata fra SOLPOS-algoritmen og måledata fra kompasset ble deretter benyttet i en reguleringsprosedyre som ved hjelp av to aktuatorer retter grillen mot sola.

Det resulterende produktet fungerte etter formålet og oppnådde en nøyaktighet på 0,8 grader som er innefor kravet som ble satt til én grad.

Forord

Prosessen med å skrive denne oppgaven har gitt meg muligheten til å sette meg inn i et fagfelt jeg finner veldig interessant. Jeg har lært mye om produktutvikling og alt arbeidet det medfører.

Jeg vil benytte anledningen til å takke alle som har hjulpet meg med å gjennomføre denne masteroppgaven, Andreas K., Andreas L.C., Roald og Jonathan for faglig og sportslig støtte, Per, Terje og Glenn på verkstedet for fantastisk hjelp med produksjonen, Øyvind for fantastisk veiledning og sist men ikke minst Ragnhild for hennes støttende ord og kjærighet.

Nomenclature

ADC Analog til digital konverter

FME Forskningscenter for Miljøvennlig Energi

IFE Institutt for energiteknikk

NFA Norsk Forening for Automatisering

NREL National Renewable Energy Laboratory

PWM Pulse With Modulation

SOLPOS Solar Position and Intensity

SPA Solar Position Algorithm

UART Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART)

Bus Bar Kontaktpunker for lodding av ledere på solcellewafer

EiT Ekspert i Team

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Norsk Forening for Automatisering	1
1.2	Litteraturstudie	1
1.3	Kravspesifikasjon	14
1.4	Fordelig av arbeid	15
1.5	Eierskap	15
1.6	Tidsdisponering/Hvordan arbeidet gikk fram	15
1.7	Strukturering av rapporten	16
2	Teori	17
2.1	UART	17
2.2	NMEA 0183	17
2.3	Solposisjon	17
2.4	Heliostat	18
2.5	H-bro	20
2.6	Solcelle	20
3	Designvalg	23
3.1	Mekanisk design	23
3.2	Solfølgingsmetode	27
3.3	Elektronisk design	31
3.4	Brukerinteraksjon	33
4	Metode	35
4.1	Produksjon av solcellepanel	35
4.2	Produksjon av kretskort	38
4.3	Produksjon av ramme til grill	38
4.4	Produksjon av reflektor	38
4.5	Softwareutvikling	39
5	Dokumentasjon	41
5.1	Systemoppbygging	41
5.2	Software	41
6	Resultater	45
6.1	Mekanikk	45
6.2	Elektronikk	45

6.3	Software	48
6.4	Solcellepaneler	49
7	Diskusjon	51
7.1	Valg av solfølgingsprinsipp	51
7.2	Mekanikk	51
7.3	Reflektor og EiT	52
7.4	Elektronikk	52
7.5	Software	53
7.6	Solcellepaneler	53
8	Konklusjon	55
A	Skjemategninger	60
B	Regnskap	62
C	Ganntdiagram	64
D	Tekniske spesifikasjoner	65
D.1	GPS	65
D.2	Kompass	66
D.3	Motordriver	67
D.4	Motorer	68
D.5	LCD	69
D.6	Mikrokontroller	70
E	Solpos dokumentasjon	71

1 Innledning

“One must not believe, despite the silence of modern writings, that the idea of using solar heat for mechanical operations is recent. On the contrary, one must recognize that this idea is very ancient and its slow development across the centuries it has given birth to various curious devices.”

— Augustin Bernard Mouchot, Universal Exposition, Paris (1878).

1.1 Norsk Forening for Automatisering

Norsk Forening for Automatisering (NFA) endret i 2009 sin visjon til “Gjøre automatisering til et hovedtema i det offentlige rom.” Formålet med NFA-grillen er å fremme visjonen om å gjøre automatisering til et hovedtema i det offentlige rom. Det skal foregå ved å lage en automatisert pølsegrill som skal doneres til TV-aksjonen.

Oppgaven ledet frem til et ferdig produkt med dertilhørende valg av delsystem og teknologier. For å forsikre et best mulig resultat ble det utført en litteraturstudie i forkant av påbegynningen av det praktiske arbeidet.

Arbeidet er utført ved hjelp to “underleverandører”, Arbeidsgruppe 6 i Eksperter i Team(EiT)-landsbyen “Byggerlandsbyen” og verkstedet ved institutt for teknisk kybernetikk. EiT-gruppa leverte reflektoren til grillen og verkstedet bidro med maskineringen av selve grillen.

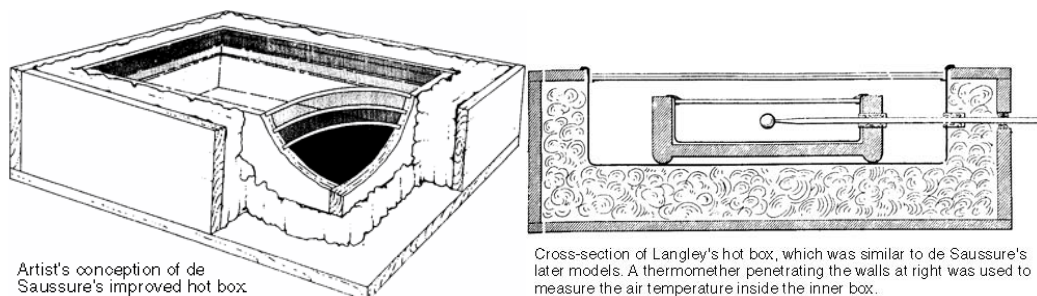
I tillegg til disse ble det innhentet ekspertise fra Forskningscenteret for Miljøvennlig Energi (FME) for solcelleteknologi ved Institutt for energiteknikk (IFE) for produksjon av spesialtilpasset solcellepanel.

1.2 Litteraturstudie

Jordkloden mottar kontinuerlig 174 petawatt med energi fra sola hvorav 30 % reflekteres bort i atmosfæren [6]. Disse enorme energimengdene dekker menneskers energibehov for all overskuelig framtid. Måter å høste energien på har variert fra de veldig simple til de komplekse systemer. I denne litteraturstudien presenteres historie, prinsipper og allerede utviklede konsepter.

Solanvendelser i historisk perspektiv

Horace de Saussure konstruerte den første solovnen i 1767. Denne bestod av en boks med trippelt glass for isolasjon. Høyeste temperatur oppnådd var 110 °C. Ved å frakte boksen til 1480 meters høyde i de sveitsiske alpene hvor temperaturen var vesentlig lavere enn ved havnivå beviste han at omliggende temperatur spilte liten rolle for temperaturen inni boksen.¹

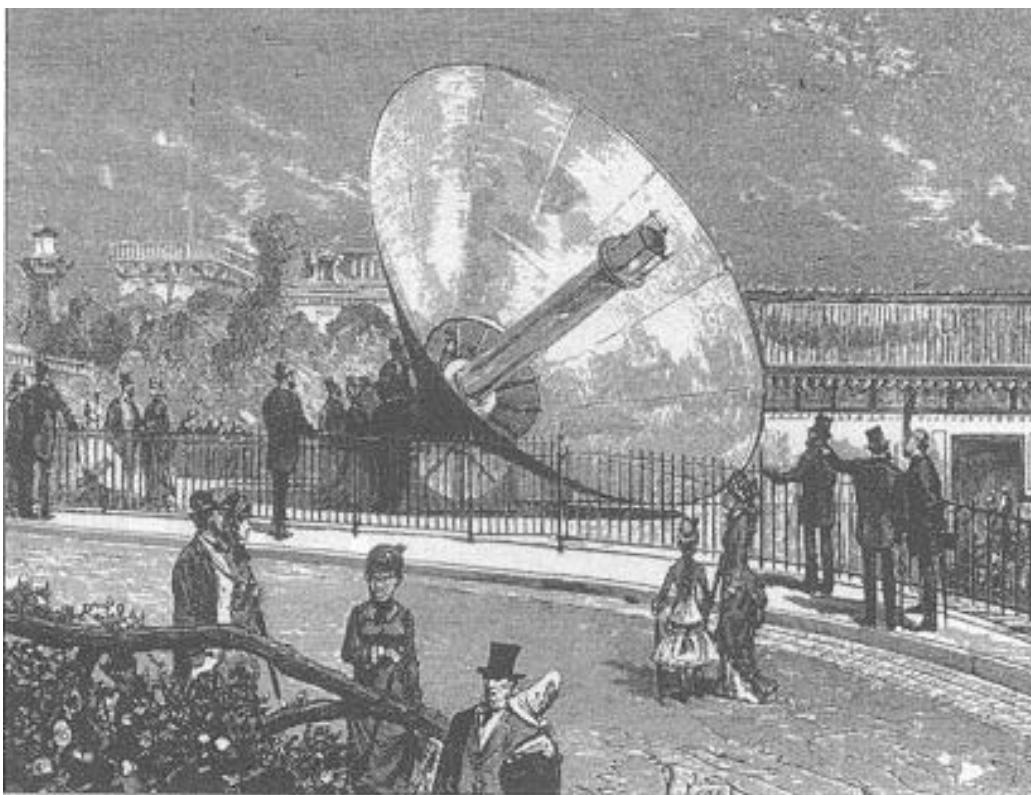


Figur 1: Solovn konstruert av Saussure i 1767.

Kilde: <http://www.solarcooking.org/saussure.htm>

¹http://en.wikipedia.org/wiki/Horace_de_Saussure, <http://www.solarcooking.org/saussure.htm>
19. juni 2010, 19:57

Augustin Mouchot, oppfinner av verdens første soldrevne motor, drevet av en traub-reflektor [2]. Denne ble presentert for keiser Napoleon III i Paris 1866. Etter videreutvikling og overgang til parabolisk reflektor vant han en gullmedalje for oppfinnelsen under verdensutstillingen i Paris i 1878, vist i figur 2.



Figur 2: Solgenerator presentert ved verdensutstillingen i Paris i 1878.

Clarence Kemp patenterte den første kommersielle varmtvannsberederen i 1891, kalt Climax solar heater². Varmeren var en suksess med mer enn 1600 solgte enheter innen 1900, flesteparten i California som har rik tilgang på sol.



Figur 3: Climax solar-water heater, patentert i 1891 av Clarence Kemp.

Anvendelser av solly

Det er to hovedkategorier for anvendelse av solly; termisk og fotoelektrisk. Disse kan benyttes i direkte solly eller med konsentrert lys ved hjelp av en konsentrator.

Fotoelektrisk. I fotoelektriske systemer (eng. photo voltaic) omdannes innfallende solly direkte til elektrisitet. Dette skjer i en såkalt fotoelektrisk prosess som opptrer når et metall gir fra seg elektroner under påvirkning av lys. Solceller benyttes til dette formålet, typisk produsert av krystallinsk silisium.

En av ulempene med fotoelektrisk anvendelse av lys er den relativt lave virkningsgraden på solceller, dvs. hvor mye av den innkommende energien som omdannes til strøm. Denne bedres gradvis som følge av forskningsinnsatsen på området, men typisk virkningsgrad for kommersielle solceller er likevel ikke mer enn ca. 16 % for multikrystallinsk silisium og 18 % for monokrystallinske celler. Pr. juni 2010 er den høyeste virkningsgraden oppnådd

²<http://margotbworldnews.com/archives/2009/Oct/Oct30/waterheater.html> 19. juni 2010, 19:57

i kommersiell sammenheng, SunPowers monokrystallinske celler på 22 %³.

Termisk Termisk anvendelse av sollys er den mest utbredte formen for energihøsting fra sola. Anvendelsesområder varierer fra oppvarming av vann til destruksjon av farlig avfall og produksjon av drivstoff⁴.



(a)

(b)

Figur 4: (a) Parabolreflektor med påmontert sterling motor, SBP i Spania. (b) Soldrevet smelteovn i Odeillo i Pyrénées-Orientales som kan oppnå temperaturer opp mot 3800 grader. Kilde: Sandia National Laboratory.

Konsentrerende systemer⁵. For å øke den totale effekten brukes konsentrerende systemer som på billig måte kan føre til større effektuttak.

Systemene deles ofte inn i:

Concentrated solar thermal (CST), hvor man konsentrerer lys for termisk utnyttelse. Dette er den vanligste anvendelsen av konsentrerende systemer siden overoppheting sjelden er et problem.

³<http://investors.sunpowercorp.com/releasedetail.cfm?releaseid=309613> 19. juni 2010, 19:57

⁴<http://www.portfolio.com/business-news/2010/01/29/sundrop-fuels-looks-to-combine-sun-wood-chips-for-gas/> 19. juni 2010, 19:57

⁵http://en.wikipedia.org/wiki/Concentrating_solar 19. juni 2010, 19:57

Concentrated photovoltaics (CPV), hvor sollyset konsentreres før det benyttes i en photovoltaisk prosess. Denne anvendelsen er ofte komplisert siden solceller blir ødelagt ved for høye temperaturer, og aktiv kjøling med temperaturkontroll er nødvendig.

Concentrating photovoltaics and thermal (CPT) er en sammenføring av de to foregående alternativene. Her brukes konsentrasjon for både termisk- og photovoltaisk utnyttelse. Typisk oppsett vil være solcellepaneler med vannkjøling, hvor spillvarmen fra kjølingen brukes til oppvarming av hus eller varmt tapp vann.

Typer reflektorer Det finnes mange forskjellige design for reflektorer. Valg av system kan avhenge av bruksområde, tilgjengelig plass, pris og materialvalg.

De mest brukte fasongene for reflektorer er:

1. Fresnel-reflektor
2. Trau-reflektor⁶
3. Paraboloide-reflektor

Overflaten på disse kan enten bestå av et buet/krummet stykke eller mosaikk av mindre flate elementer. Mosaikk, som er billigere, er ofte brukt ved store reflektorer hvor presisjon ikke er kritisk.

Linser istedenfor reflektorer kan linser benyttes. Disse kan variere i utførelse i mer eller mindre samme grad som reflektorer.

Fresnel linse kan for eksempel benyttes, denne fungerer på samme måte som fresnel-reflektoren ved at den har riller som hver bryter lyset mot ett punkt.

Kommersielle griller

Kyoto Box Kyoto Box er en solovn laget av polypropylen med et akryl glasslokk, noe som gir en svært rimelig produksjonskostnad. Den kan brukes

⁶http://en.wikipedia.org/wiki/Parabolic_trough 19. juni 2010, 19:57

til koking av vann, baking og sterilisering av drikkevann. Kyoto Box vant i 2009 prisen “Financial Time Climate Change Challenge” og den er tiltenkt u-land med rikelig tilgang på sol hvor urent vann, avskoging og forurensning er et problem.

Helios Grill er en designstudie av Sean McGreevy som demonstrerer morgendagens solgrill. Det er lagt vekt på design, smart oppbevaring og lett tilgang til kokeredskapet ved å vende reflektoren i motsatt retning.

Biogri solar barbecue. Dette er en typisk solgrill med traue-reflektor og grillspyd⁷.

Eg Solar produserer en sol-koker med Paraboloidal reflektor⁸.

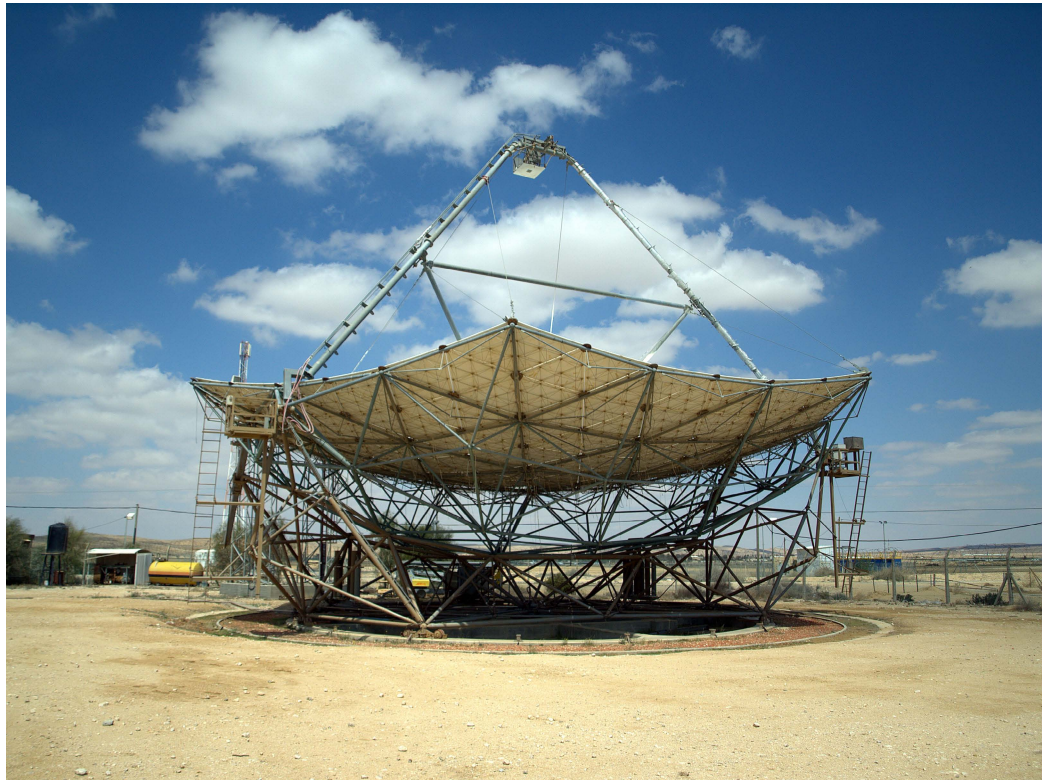
⁷<http://www.biogri.com/en/index.php> 20. juni 15:51

⁸<http://www.eg-solar.de/english/> 20. juni 15:52



(a)

(b)



(c)

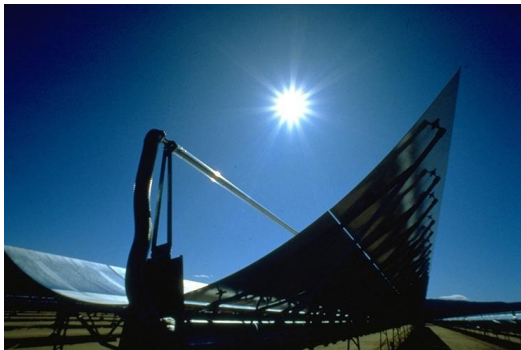
Figur 5: Ulike reflektorer. (a) Fresnel reflektor. Kilde: German Aerospace Center. (b) & (c) Paraboloidal- og trau-reflektor i Negev ørkenen, Israel. Kilde: Ben-Gurion National Solar Energy Center.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figur 6: Forskjellige typer konsentrerende reflektorer.

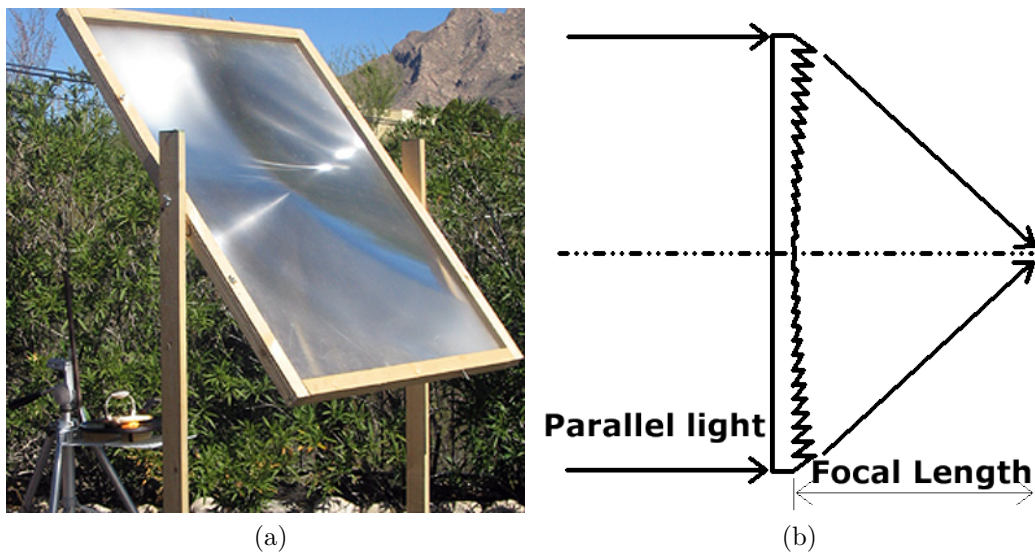
(a) Solucar PS10, verdens første kommersielle solkraftverk i Sevilla, Spania.

Kilde: <http://www.flickr.com/people/74424373@N00>.

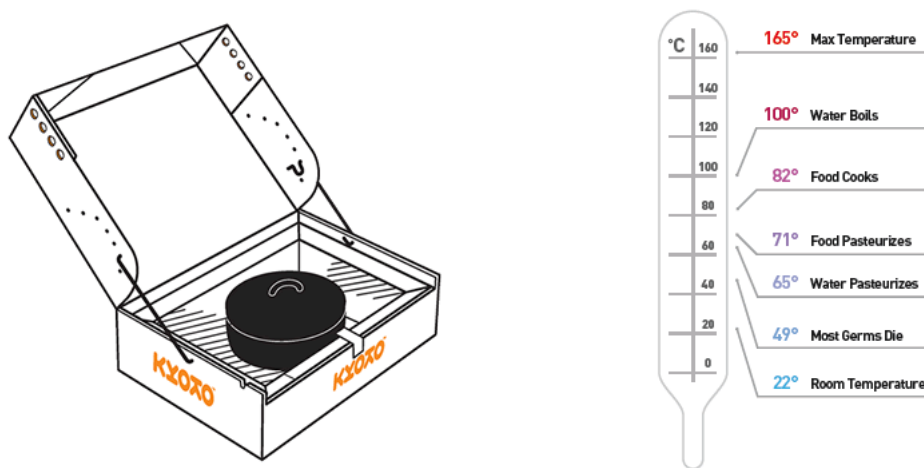
(b) Fresnel reflektorer i Nevada Solar One kraftverket. Kilde: Ausra media department.

(c) Parabolsk reflektor, her ved Kramer junction Solar Electric Generating Station i California. Kilde: Sandia National Laboratory.

(d) Parabol med sterling motor i brennpunkt, Plataforma Solar de Almeria i Spania. Kilde: Sandia National Laboratory.



Figur 7: (a) Fresnel-linse grill laget av Bruce Joseph, Tuscon AZ USA. Klide: <http://www.solarcooker-at-cantinawest.com/fresnel-lens-solar-grill.html>. (b) Prinsipp fresnel linse. Kilde: www.ntkj.co.jp/product_fresnel_solar_en.html



Figur 8: Kyoto Box. Kilde: Kyoto Enegy.



(a)



(b)



(c)

Figur 9: Helios Grill, Designer: Sean McGreevy. Kilde: <http://www.tuvie.com/helios-grill-transforms-sunlight-into-heat-to-grill-your-food/> 20. juni 14:23



Figur 10: Biogri solgrill. Kilde: Biogri.



Figur 11: Eg Solar, her demonstrert i Zimbabwe. Kilde: Eg solar.

Heliostat

For å oppnå optimalt effekt ved bruk av solcellepaneler og sollys-reflektorer er det fordelaktig å rette reflektoren i solretningen, dette kalles en heliostat. Dette kan gjøres på forskjellige måter avhengig av ønsket presisjon og kompleksitet. Variabler som årstid, tid på dagen og geografisk plassering vil påvirke valget av hvilken innretning som vil være best.

Konsentrationsinnretninger, ved for eksempel refleksjon, er avhengig av at det solpåvirkelige elementet er nært eller i brennpunktet for å oppnå noen effekt i det hele tatt. Det krever da en mer presis posisjonering. Paneler som utnytter direkte innfallende sollys vil være mindre kritiske med hensyn på dette. Passive metoder, som anti-refleksbehandling, gir god effekt.

Monteringsinnretninger Reflektoren monteres med forskjellige monteringsinnretninger avhengig av ønsket bevegelighet, geografisk lokasjon, kostnad og bruksområde.

Horisontal Ved horisontal innfestning kan reflektoren roteres parallelt med jordrotasjonen. Dette gjør det mulig å følge solen over himmelen i løpet av en dag, men vil kun gi perfektfølging av solen ved ekvator.

Konstruksjonen enkelhet gjør den billig og robust og er ofte brukt til solcellepaneler.

Polar Ved polar montering monteres reflektoren med en akse parallell med jordrotasjonen og en akse normalt på denne, gående fra nord til sør.

Systemer med en eller flere frihetsgrader brukes til posisjonering. Enkelte følger kun horisontal bevegelse, og andre kun vertikal bevegelse. En kombinasjon av disse, polar bevegelse, er også mulig. Dette referansesystemet gir mulighet til fullstendig tracking.

Andre former for heliostater er Altitude-azimut, Two-axis mount og Chronological tracker.

1.3 Kravspesifikasjon

Målet med denne oppgaven er å lage en komplett helautomatisk pøsegrill drevet av sollys. For å sikre et ønsket resultat og lette arbeidet underveis ble en kravspesifikasjon satt opp. Denne bestod av absolutte krav gitt av oppgavebeskrivelsen for masteroppgaven, i tillegg til egne krav utarbeidet i samarbeid med veileder.

Funksjonelle krav

Soldrevet Grillen skal utelukkende drives av solenergi. Til steking skal termisk energi benyttes direkte fra sollys. Til elektronikk og aktuatorer skal elektrisk energi omdannet fra sollys benyttes.

Automatisk innretning mot sola Grillen skal automatisk innrette seg (vende seg) mot solretningen, både i horisontal og vertikal retning. Denne skal ha en nøyaktighet innenfor 1 grad for å sikre riktig posisjonering av brennpunktet.

Fysiske krav

Aktuatorer For å oppfylle kravet om automatisk innretning mot sola skal det benyttes minimum to aktuatorer.

Holdbarhet Grillen skal være funksjonell og kunne brukes uten at den forringes i slik grad at det går ut over funksjonaliteten. Den trenger dog ikke være mer solid enn at den tåler vanlig tiltenkt bruk og påkjenninger.

Design Sol-grillen skal være funksjonabel men den skal også være attraktiv å se på. Et bra design er derfor ønsket slik at sol-grillen kan bringe budskapet om ren energi og automatisering fram.

Wow-faktor Grillen skal fremme automatisering som fagfelt og må derfor være fengende teknologisk og funksjonsmessig.

Brukergrensesnitt Grillen skal ha så lite menneskeinteraksjon som praktisk mulig. Det som ikke kan automatiseres skal ha så enkel som mulig betjening og være selvforklarende.

1.4 Fordelig av arbeid

Arbeidet ble fordelt mellom undertegnede, “EiT-gruppe 6” og mekanisk verksted ved Institutt for teknisk kybernetikk. EiT gruppe 6 ble engasjert som følge av omfanget på arbeidet med å utvikle det komplette systemet. Beslutningen ble tatt i samråd med veileder, Øyvind Stavdahl, Førstemanuensis ved Institutt for teknisk kybernetikk, og landsbyleder for EiT-landsbyen “Byggerlandsbyen” Sverre Hendseth, Førstemanuensis ved Institutt for teknisk kybernetikk. Oppgaven de skulle utføre var å designe, samt ferdigstille, en sol-reflektor til grillen. Arbeidet ble ledet av undertegnede.

EiT-gruppe 6

EiT er et 7.5 studiepoengsfag med ca. 5 timers arbeidsbelastning pr. uke. EiT-gruppen som ble engasjert er sammensatt av seks studenter med studiebakgrunn fra Produktutvikling og produksjon, Elektronikk og Teknisk kybernetikk [4].

Arbeidet ble ledet og fulgt tett av undertegnede.

EiT-gruppa fikk i starten av semesteret utdelt en konkret oppgave om å designe og ferdigstille en solreflektor. De ble bedt om å levere tre forslag med prototype for evaluering. Evalueringen ble utført av undertegnede i samråd med veileder.

Mekanisk verksted ved Institutt for teknisk kybernetikk

Maskinering og produksjon av grillens mekaniske deler ble utført av Mekanisk verksted ved Institutt for teknisk kybernetikk. De ble også konsultert ved mekaniske designavgjørelser.

1.5 Eierskap

NFA Solgrill vil ved ferdigstillelse overleveres NFA.

1.6 Tidsdisponering/Hvordan arbeidet gikk fram

Oppgaven ble skrevet over et tidsrom på 20 uker, med start 25. januar og levering 21. juni. Det ble tatt en uke påskeferie i april.

En framdriftsplan i form av et Gantt-diagram ble utarbeidet før arbeidet satte i gang, og ble kontinuerlig oppdatert og endret. Den endelige planen som viser faktisk tidsdisponering er vist i figur 35 som ligger i vedlegg C.

1.7 Strukturering av rapporten

Litterære referanser er sitert med tall i firkantklammer og listet bakerst i rapporten. Internett-referanser er markert med fotonoter nederst på siden med datering og klokkeslett for tidspunkt informasjonen ble hentet.

Opgaven har følgende seksjoner;

Teori: Her presenteres relevant teori for resten av oppgaven. Begreper, prinsipper og teknologier forklares.

Designvalg: I denne seksjonen presenteres forskjellige alternative løsninger på problemene presenter i kravspesifikasjonen. Valg som blir tatt er begrunnet og forklart.

Metode: I metodeseksjonen presenteres metoder for å produsere delene brukt i produktet, samt hvilke verktøy og hvilken versjon av disse som er benyttet.

Dokumentasjon: Her dokumenteres virkemåte og utvikling av de konseptene som ble valgt i designvalg-seksjonen.

Resultater: Presentasjon av resultater og virkemåter for det ferdige produktet fremlegges.

Diskusjon: I denne seksjonen diskuteres resultatet oppnådd basert på valgene gjort i designprosessen og resultatene som ble oppnådd.

Konklusjon: I konklusjonen trekkes konklusjoner basert på resultater, diskusjon og hvorvidt kravspesifikasjonen ble oppfylt.

Vedlegg: I vedlegget er alle relevante vedlegg, som diagrammer, dokumentasjoner og spesifikasjoner.

2 Teori

I denne seksjonen vil nødvendige begreper og teori presenteres. Disse forventes kjent gjennom resten av rapporten.

2.1 UART

Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART) [1] er en seriell digital kommunikasjonsprotokoll. Det er forskjellige underkategorier av UART, som for eksempel RS-232 og TTL hvor hovedforskjellen er spenningsnivået de operer på. RS-232 opererer med to spenningsnivåer på $\pm 3-15V$ for hhv. null og en, hvor TTL opererer med 0V for null og 3-5V for en.

Antall ledere varierer fra standard til standard, men minimum er én sender-, en mottaker-, felles jord- og spenningsreferanse-leder.

Hastigheten på kommunikasjonen bestemmes av klokkehastigheten på kommunikasjonskanalen, baud rate, vanligvis 4800 eller 9200 bit pr. sekund. Denne er asynkron av klokkehastigheten til enhetene, UART er dermed en såkalt asynkron kommunikasjonsstandard. Denne er kritisk for å unngå kommunikasjonsfeil.

UART brukes i NFA-grillen som kommunikasjonsprotokoll mellom GPS, kompass, LCD-display og mikrokontroller.

2.2 NMEA 0183

NMEA 0183 er en elektronisk og elektrisk standard for kommunikasjon mellom marin elektronikk definert av National Marine Electronics Association⁹.

Protokollen består av karakterer sendt med definerte kontroll og deklarasjonstegn. En NMEA 0183 beskjed begynner med \$GP og ender med en "carrige return". En beskjed kan for eksempel se slik ut:

```
$GPGSV,3,1,12,20,00,000,,10,00,000,,25,00,000,,27,00,000,*79
```

NMEA 0183 brukes av GPS-en som benyttes i prosjektet.

2.3 Solposisjon

Solposisjonen angis ved hjelp av to vinkler, elevasjon og asimut. Elevasjon er det vi i dagligtale referer til som høyde på himmelen og asimut er vinkel i horisontal retning.

⁹<http://www.nmea.org/> 19 juni 2010, 20:03

Elevasjon

Elevasjon kan rimelig nøyaktig regnes ut ved følgende formel¹⁰:

$$\sin \theta_s = \cos h \cos \delta \cos \Phi + \sin \delta \sin \Phi$$

hvor

- θ_s er sol-elevasjon.
- h er time-vinkelen 0-360 grader i stjernetid.
- δ er sol deklinasjon, breddegrad i himmelkoordinater.
- Φ er lokal breddegrad.

Asimut

Asimut er vinkelen langs horisonten i horisontalkoordinater og måles i vinkler på 0-360 grader. Det er flere formler for utregning av asimut, noen eksempler er:

$$\sin \phi_s = \frac{-\sin h \cos \delta}{\cos \theta_s}$$

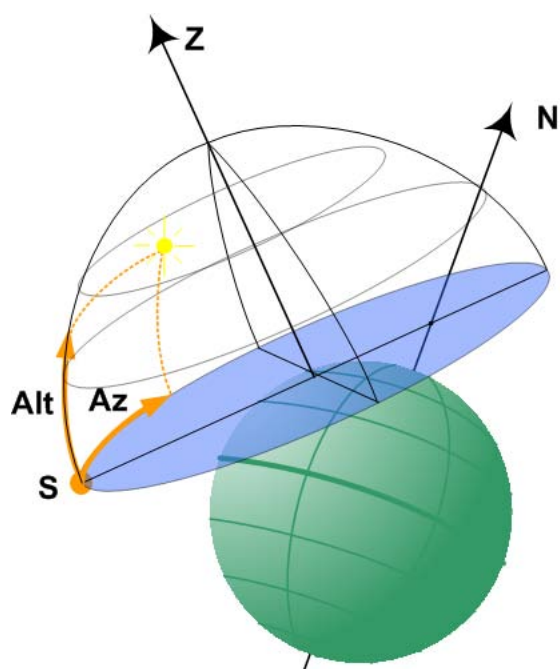
$$\cos \phi_s = \frac{\cos h \cos \delta \sin \Phi - \sin \delta \cos \Phi}{\cos \theta_s}$$

$$\cos \phi_s = \frac{\sin \theta_s \sin \Phi - \sin \delta}{\cos \theta_s \cos \Phi}$$

2.4 Heliostat

En heliostat er en innretning som følger solens bevegelse over himmelen gjennom dagen. Ordet heliostat, sammensatt av helios, det greske ordet for sol og stat for stasjonær, gjenspeiler dets betydning. En heliostat er ofte utstyrt med et speil slik at det kan reflektere sollyset til et fastsatt punkt.

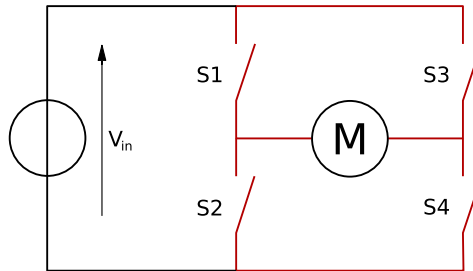
¹⁰http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_elevation_angle 18. juni 2010, 11:22



Figur 12: Illustrasjon av elevasjons- og asimutvinkel, her markert som “Alt” og “Az”. Distribuert under Wikimedia Common lisens.

2.5 H-bro

En h-bro er en elektrisk krets som gjør det mulig å påføre en spenning i begge retninger over en last. Dette gjøres ved fire brytere, som oftest transistorer. Navnet h-bro kommer av det karakteristiske H-utseende på kretsen.



Figur 13: H-bro. Distribuert under Wikimedia Common lisens.

Ved å sette bryterne i figur 13 til posisjonene angitt i tabell 1 vil man kunne styre en motor.

S1	S1	S3	S4	Virkning
1	0	0	1	Motor går i høyre-retning
0	1	1	0	Motor går i venstre-retning
0	0	0	0	Motoren går fritt
0	1	0	1	Motoren bremses
1	0	1	0	Motoren bremses

Tabell 1: Operasjonstabell for motor montert i h-bro. S1-4 refererer til figur 13 . 0 og 1 angir hhv. åpnet og lukket posisjon av bryteren.

Det er viktig å ikke lukke S1 og S2 eller S3 og S4 samtidig, da man dermed oppnår kortslutting av kilden.

2.6 Solcelle

Solcellen omdanner sollys til elektrisitet ved hjelp av den fotoelektriske effekten som oppstår når et halvleder-element belyses. Effektiviteten av en solcelle bestemmes av flere faktorer.

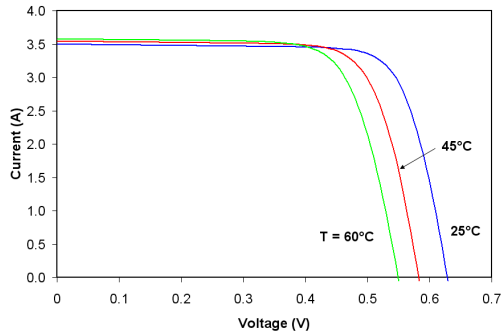
IV-kurve

En solcelles effektivitet måles ved hjelp av en IV-kurve, hvor I står for strøm og V for spenning. Denne kurven angir hvor mye strøm en celle kan levere ved gitt spenning, og vice versa.

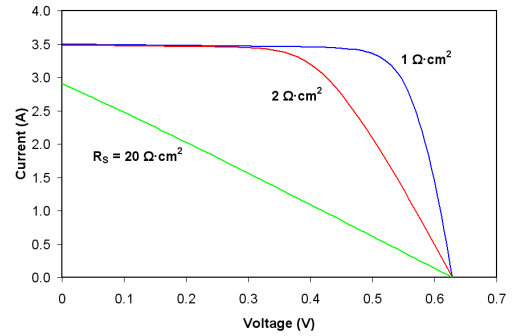
Serie-motstand angir motstanden som er mellom elektrodene på cellen og den tilkoblede leder.

Shunt-motstand angir motstanden mellom den positive og den negative lederen (for og bakside) av en celle.

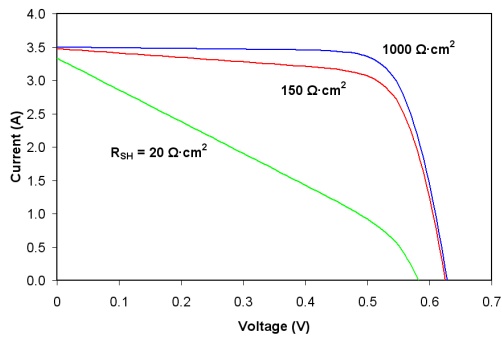
Bus-bar er et kontaktpunkt laget for å lodde på ledere til cellen. Disse er ofte laget av sølv og printes på waferen for så å bakes fast med varme.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figur 14: Effektivitet påvirket av forskjellige faktorer. (a): Temeperatur. (b): Serie-motstand. (c): Shunt-motstand. (d): Bus-barer for loding

3 Designvalg

Før produksjonen av grillen ble igangsatt, ble alle deler og funksjonalitet designet utifra kravspesifikasjonen, fysiske begrensninger, anbefalinger fra verkstedet, litteratur, samt personlige preferanser. Flere alternative idéer ble utviklet og vurdert opp mot hverandre, før det til slutt ble tatt en beslutning.

3.1 Mekanisk design

Det ble tidlig klart at to bevegelige deler var nødvendig for å oppnå en ønsket bevegelighet, hhv. bevegelse i horisontal og vertikal retning. Valg av type reflektor og innfestning var også nødvendig.

Valg av reflektor

For å oppnå stor nok effekt til å kunne steke en pølse er man avhengig av å konsentrere sollyset, og til dette formålet kan man i prinsippet bruke to metoder, en reflektor eller en linse. Vekten og kostbarheten til en linse gjorde at det alternativet ikke ble vurdert videre, og det gjenstod kun valg av type reflektor.

For at reflektoren skal konsentrere lyset i et punkt må den være parabolisk. Hvis den er parabolisk i både x- og y-retning får man en parabolisk skål og brennpunktet blir ett eneste punkt. Hvis man derimot kun har parabolisk form i x-retning og strekker denne ut i y-retning ender man opp med en traurefektor som har brennpunkt som en strek. Fordelen med dette designet når man skal grille en pølse, er at man slipper å flytte pølsa i y-retning siden den blir varmet av brennpunktet formet som en strek i pølsas lengderetning. Dette ble ansett som en fordel og samtidig en enklere konstruksjon å bygge og valget falt dermed på en traurefektor.

Det er i hovedsak to typer utforming av reflektorer, Fresnel- og konvensjonell paraboloidisk. Fresnelreflektoren er en vanlig parabolisk reflektor som er delt inn i mindre deler og plassert etter hverandre i planet. Ved å gjøre dette kan man spare plass, men man vil også miste litt effekt pga. skyggelegging.

EiT-gruppa fikk oppgaven med å designe denne traurefektoren og fikk selv bestemme materialvalg og utforming, men det ble gitt krav om å utvikle minst tre forskjellige alternativer og lage prototyper av disse for vurdering. Resultatet ble følgende tre design, alle konvensjonelle traurefektorer.

1. Traurefektor med spalter av speil

2. Traurefektor av polert aluminium
3. Traurefektor i komposittmateriale overflatebehandlet med en metalliseringsprosess av aluminium.

I og med at komposittmaterialet ble antatt som både sterkest og lettest, til tross for at det var det dyreste alternativet, falt valget på dette. Det ble også bestemt at reflektoren skal deles på midten og at den skulle kunne klappes sammen til en hvileposisjon. Et system for dette med hengsler ble utviklet og tegnet i CAD. Mer om prosessen rundt produksjon av reflektoren finnes i [3].

Aktuatorvalg

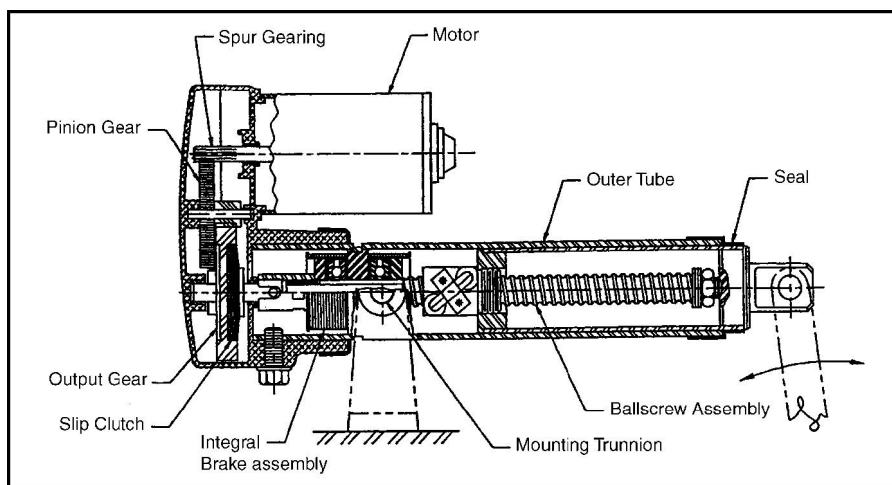
For å oppnå kravet om heliostatisk posisjonering var valg av aktuatorløsning nødvendig. Aktuatorvalg er både et mekanisk og et elektronisk valg, men det mekaniske aspektet er den viktige faktoren for valget og det vil derfor bli behandlet her.

Asimut: Siden rotasjonsbevegelse for regulering av asimutvinkel må foregå i horisontalt plan, var valget ganske enkelt og falt dermed på en opplagret rotasjon i asimut.

Elevasjon: Det ble utviklet to konsepter for elevasjonsaktuator, lineær- eller rotasjonsaktuator. Med en lineærregulator har man et begrenset bevegelsesområde, noe man unngår ved å ha en rotasjonsaktuator. Dette kan være både en fordel og en ulempe, men siden EiT-gruppa gikk for en reflektorløsning som er delt på midten og kan klappes sammen er det en fordel at denne kan kjøres til en hvileposisjon hvor den kan slås sammen, mye på samme måte som en paraply. Det er derfor nødvendig med gange på 180 grader, 45 grader for solfølging i tillegg til å kunne kjøre den til hvileposisjon i -90 grader (rett ned).

Løsning 1: Lineæraktuator. En lineæraktuator montert i toppen av reflektor og opphengsling i bunn. Fordelen med denne konstruksjonen er at det gir en veldig solid konstruksjon med innfestning i begge ytterpunktene av reflektoren. Ulempen derimot, er at det blir en veldig massiv konstruksjon som både vil kreve en stor base å stå på, i tillegg til at lineæraktuatorer er tunge

i seg selv. Etter å ha sjekket priser og tilgjengelighet på lineæraktuatorer kom det fram at det var en veldig vanskelig oppgave. Siden hydrauliske og pneumatiske aktuatore er utelukket pga. alle praktiske formål gjenstår det bare elektriske lineæraktuatorer. De fleste av disse er produsert nettopp for antenneposisjonering, men er ment for mye tyngre konstruksjoner. Å oppnå ønskelig vandring med en lineæraktuator er vanskelig utifra fysiske begrensinger, de er også veldig kostbare.



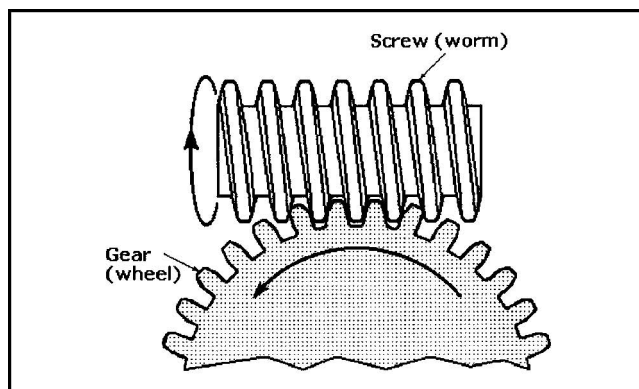
Figur 15: Lineær aktuator. Kilde: [5].

Løsning 2: Rotasjonsaktuator. Ved å la aktuatoren rotere rundt en aksling fastmontert i ramma kan man oppnå ønskelig vandring. Denne type konstruksjon kan også bli veldig kompakt, noe som ble sett på som en stor fordel. Utfordringen er å få det solid nok, i tillegg til at det kreves en aktuator som takler momentet som oppstår hvis reflektorens massepunkt er usentrert. Ved å ha opplagret innfestning av aksling i tillegg til en høy utveksling på giret til motoren, kan man oppnå et resultat med høyt nok moment i tillegg til at det ikke tilfører unødvendig mye friksjon. Sentrering av tyngdepunktet til massen på akslingen er kritisk for at momentet ikke blir for stort. Det er flere alternativer for rotasjonspunktet for reflektoren, men det er mest hensiktsmessig å ha det så nært massesenteret som mulig.

Det vil naturligvis bli et visst stillstandsmoment, og dette må ikke oversette aktuatorens stillstandsmoment, ellers vil akslingen rotere uønsket og man må kompensere for dette med et pådrag, noe som vil føre til stort energifor-

bruk. En løsning på dette er å utstyre aktuatoren med et snekkegir, det vil låse når det roteres fra lastsiden [5]. Denne løsningen er billig.

Valget falt til slutt på løsning 2 med en motor med snekkegir. Det viste seg senere at motoren som ble bestilt ikke hadde snekkegir, selv om leverandøren forsikret om dette. Men den hadde heldigvis stort nok stillstandsmoment.



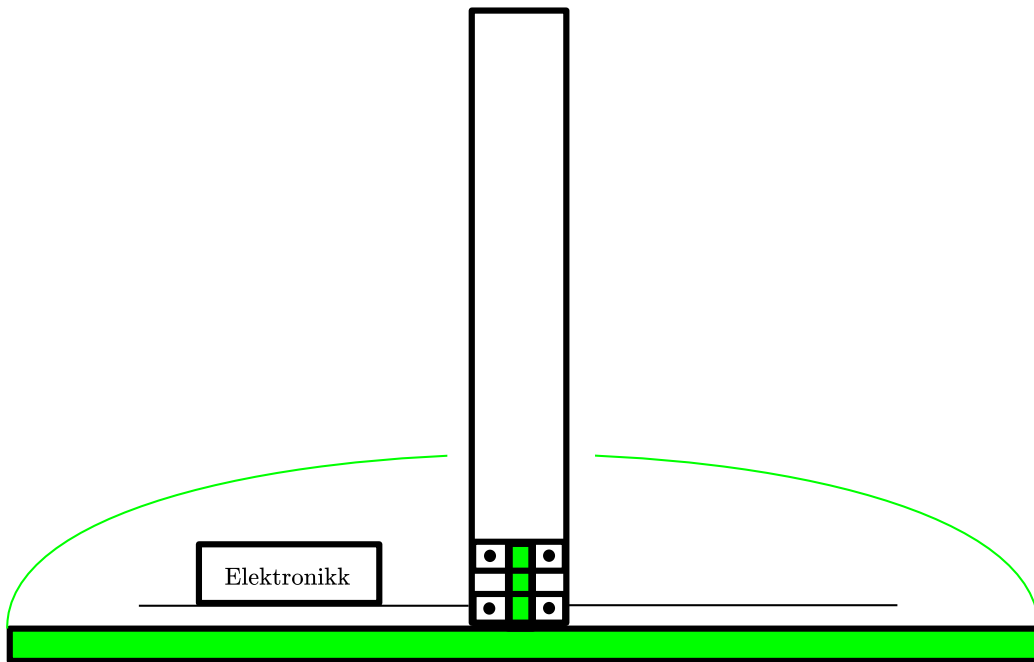
Figur 16: Snekegir. Kilde: [5].

Fot

Som beskrevet i kravspesifikasjonen er det viktig at grillen er holdbar og samtidig funksjonell, at den er pen å se på er også ønskelig. For å oppnå et ønsket design ble forskjellige alternative løsninger prøvd ut. Det som tidlig ble klart var at alle bevegelige deler i asimut-retning måtte rotere sammen for å unngå at ledninger tvinnes. Sleperinger eller lignende ble sett på som uaktuelt pga. slitasje, signalforstyrrelse og kompleksitet.

En fotløsning ble ansett som smart. Veileder i prosjektet, Førstemanuensis, Øyvind Stavdahl, foreslo å utforme denne foten som en kuppel, med toppen av en varmtvannsbereder som deksel. Dette ble ansett som et smart valg, både funksjonelt og kostnadmessig siden det var relativt lett å få tak i en slik varmtvannsbereder siden det er en produsent av slike, Lauguna fabrikker, i Trondheim.

Det ble i samråd med det mekaniske verkstedet ved instituttet besluttet å lage en innfestning mellom bunnplata og kuppelen og resten av systemet med en opplagring, vist i figur 17.



Figur 17: Oppbygging av fot, alt grønt er fysisk sammenkoblet, plate med elektronikk roterer med stang

Pølseholder

I brennpunktet hvor pølsa skal grilles må det være en innretning til å legge denne i. Det ble bestemt at en utskiftbar løsning ville være det beste alternativet. Grillspyd og rennestekepanne ble bestemt som to løsninger som kan benyttes.

3.2 Solfølgingsmetode

For å oppnå heliostatisk posisjonering var passende elektronikk for å utføre oppgaven nødvendig. Dette kan gjøres på en rekke måter. Det ble utredet flere alternative løsninger som blir presentert, evaluert og rangert i dette underkapittelet.

Passiv regulering ved konstant gange

Ved å anta at jordrotasjonen er den signifikante komponenten i solens forflytning over himmelen, noe som innenfor et såpass kort tidsrom som en dag er tilfellet, kan man unngå avansert regulering i det hele og store. Måten man kan gjøre dette på er å sette opp en innfestning med aske parallell med jordaksen og rotere reflektoren med konstant hastighet i motsatt retning av jordrotasjonen.

Ulempen med denne løsningen er at den krever manuell justering ved oppstart hver eneste gang systemet skal settes i bruk. En annen ulempe med denne løsningen er at man ikke oppnår to-akse regulering og siden traurefektoren skal være montert med parabelåpningen i horisontal retning, er man avhengig av regulering av elevasjon i tillegg til asimut. Dette ekskluderer denne løsningen. Simplisiteten med denne metoden derimot, kan sees på som en stor fordel med tanke på utvikling og vedlikehold, det vil derfor være et godt alternativ for en billig innretning.

Fotodiodeløsning

Man kan ved hjelp av fotoelektriske dioder detekttere sollys og dermed sola. Dette kan gjøres med en, eller flere fotodioder. Fotoresistorer er også mulig å bruke til samme formål.

Ved bruk av en fotodiode alene kan man montere denne i bunnen av et rør, slik at dioden kun vil bli belyst av direkte sollys når det peker rett imot sola. Denne metoden er ganske ømfintlig for forstyrrelser siden terskelverdien for belysning må settes til en konstant, og den derfor vil være vanskelig å bruke ved svakt overskyet- og delvis overskyet vær. Refleksjoner fra bygninger med glassfasade eller vinduer vil også gi falske optimum.

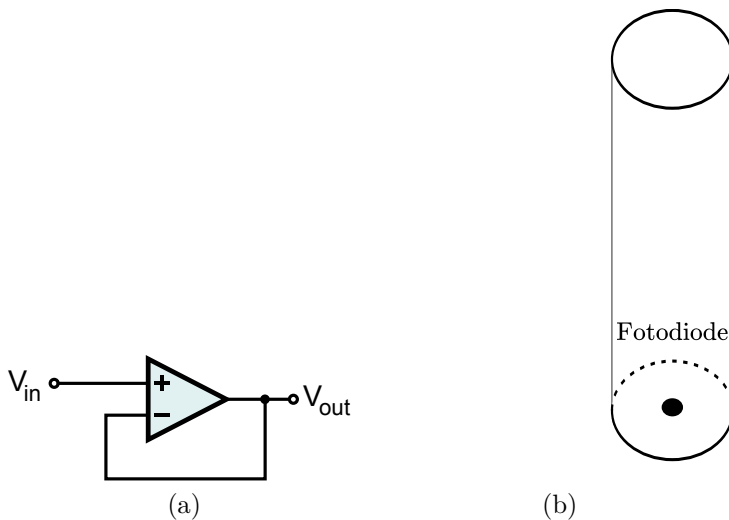
Hvis man derimot tar i bruk flere fotodioder og måler spenningsdifferansen mellom de oppnår man et mer robust system siden det vil fungere ved forskjellige strålingsintensiteter. Oppsettet av disse må være slik at de skilles fra hverandre med en skillevegg slik at den fotodioden som er på solsiden av veggen genererer en større spenning. For å oppnå to-akse solfølgning med et slik system er man avhengig av fire fotodioder, to stk. til elevasjonsregulering og to stk. til asimutregulering.

Siden diodene genererer svært små spenninger ved belysning, og strømmen er så liten at man ikke kan måle denne direkte uten av spenningen faller, trenger man litt ekstra elektronikk. Ved å bruke en spenningsfølger, ved hjelp

av en operasjonsforsterker, kan man måle spenningen uten å trekke strøm av betydning.

Man kan i utgangspunktet lage et helt passivt system uten mikrokontroller ved å forsterke denne spenningen og bruke den til pådrag på en motor ved hjelp av litt støtte-elektronikk. I de fleste tilfeller benytter man seg av en mikrokontroller, og man er da avhengig av å digitalisere det analoge signalet. Dette gjøres ved en analog til digital konverter (ADC). Atmels Atmega128 mikrokontroller har innebygd ADC.

Kostnadsnivået for fotodioløsningen er svært lavt.



Figur 18: (a): Spenningsfølger. (b): Fotodiode montert i bunnen av sylinder.

Kalkulering av solretning ved hjelp av posisjon og tid

I motsetning til fotodioløsningen som er en lukket sløyfe-regulering vil beregning av solvektoren hjelp av posisjon og tid være en åpen sløyfe-regulering. Denne vektoren må da igjen brukes som referanse i et reguleringssystem for elevasjon og asimut.

En slik løsning vil trenge en del avansert instrumentering for tids- og posisjonsmålinger. Ved å benytte seg av en GPS vil man få både posisjon og tidsdata. Hvis man vil at asimutreguleringen skal være automatisk, slik at man ikke skal trenge å justere asimut ved oppstart manuelt, må man i tillegg ha et kompass for asimutavlesing. Fordelen med en slik løsning, i tillegg til

at den er veldig teknisk kul, er at den er uavhengig av eksterne forstyrrelser. For at kompasset skal kunne registrere rett asimut-vinkel uavhengig av elevasjonsvinkel, trenger man tiltkompensering. Kompass generelt er ganske utsatt for støy av ferromagnetisk materialer, som stål og jern. For å unngå feilmålinger på grunn av slike forstyrrelser som følge av materialer i grillens konstruksjon er det viktig å plassere kompasset så langt unna slike materialer som mulig. Man kan i tillegg til dette kalibrere kompasset slik at det tar høyde for slike lokale forstyrrelser.

Tiltkompenserte kompass inneholder akselerometere. Disse kan leses av separat og brukes som elevasjonsmålinger, slik at man slipper å ha slike målinger på motorene.

GPS-er har i det siste blitt veldig billige, fra rundt 300 kr og oppover. Tiltkompenserte kompass derimot, har en mye mindre brukergruppe og dermed mange færre solgte enheter. Dette drive prisen opp, og man må i dag ut med 2500kr for et tiltkompensert kompass. Det vil da bli levert ferdig med kalibreringsrutiner og smarte løsninger som seriell kommunikasjon over UART.

Oppsummering og konklusjon av solfølgingsmetode

Med bakgrunn i kravspesifikasjonen ønske om lav brukerinteraksjon, wow-faktor og robust operasjon, falt valget på regulering ved hjelp av GPS og kompass. Dette er det mest utfordrende av alternativene, noe som byr på mange forskjellige utfordringer innen elektronikk, programmering og mekanikk. I tabell 2 er egenskaper for de to løsningene presentert og rangert.

	Fotodioder	GPS og kompass
Kostnad	<i>lav</i>	<i>høy</i>
Robusthet mot forstyrrelser	<i>medium</i>	<i>høy</i>
Grad av høyteknologi	<i>lav</i>	<i>høy</i>
Kompleksitet	<i>lav</i>	<i>høy</i>
Oppstartstid	<i>lav</i>	<i>medium</i>
Reguleringshastighet	<i>medium</i>	<i>høy</i>
Wow-faktor	<i>lav-medium</i>	<i>høy</i>

Tabell 2: Sammenligning av nøkkelfaktorer for solfølging

3.3 Elektronisk design

Når valg av solfølgingsmetode var gjennomført og nødvendig hardware var bestemt, ble det elektroniske systemet designet. Den overordnede elektronikken for å styre aktuatorer og valg av type motorer var en av tingene som ble besluttet.

Motorstype

Valget av motorstype sto mellom likestrømsmotor med børster, steppermotorer eller børsteløse likestrømsmotorer.

Børsteløs likestrømsmotor har fordelen med at de er effektive, men de har så og si ingen stillstandsmoment. De er også ganske kostbare, og de krever en ganske komplisert styremekanisme.

Steppermotorer har fordelen av relativt høyt stillstandsmoment, noe som kommer godt med når man skal holde igjen en masse uten å ha et pådrag. Steppermotorer styres som oftest av en ferdiglaget styringskrets som man sender en steppuls og en direksjons-anvisning i form av et binært strømsignal til. Priser på steppermotorer er midt på treet, men med kontroller blir det litt dyrere enn neste alternativ.

Likestrømsmotor med børster (DC-motor) har den store fordelen at de er veldig enkle å kontrollere, man trenger kun å sette på en spenning for å få rotasjon, og snu spenningen for å snu rotasjonen. I teorien kan man variere spenningen og dermed variere hastigheten, men siden momentet er proporsjonalt med spenningen vil man da slite ved lave spenninger. Dette løses ved å bruke Pulse With Modulation (PWM.) Til dette formålet er det vanlig å bruke en H-bro til å variere pulsbredden og dermed hastigheten. Valget falt på DC-motorer siden de er lette å få tak i forskjellige størrelser og med diverse ferdigmonterte girbokser. For å gjøre reguleringen av motorene enklere ble det kjøpt inn to motorkontrollere med innebygde sikkerhetskretser. I tillegg til å være veldig enkle å bruke, var de mye billigere i innkjøp enn enkeltkomponenter som ville ha gjort samme jobben.

Solposisjons-utregningsalgoritme

Ved hjelp av geometri og astronomi kan man beregne solas posisjon på himmelen gitt posisjon og tid. Til dette formålet ble en solposisjons-algoritme utviklet av National Renewable Energy Laboratory (NREL) brukt. NREL har utviklet to algoritmer for utregning av solvektoren, Solar Position and Intensity (SOLPOS) utgitt i 1998 og Solar Position Algorithm (SPA) utgitt i 2003. SOLPOS har en usikkerhet på 0,1 grader og er gyldig for datoer fram til 2050 i motsetning til SPA som kun har en usikkerhet på +/- 0,0003 grader og en valid for fra år -2000 til år 6000.

I motsetning til SPA som bruker double presisjon flyttallsoperasjoner i utregningen bruker SOLPOS kun single presisjon. I og med at mikrokontrolleren brukt i dette prosjektet, Atmega128 ikke støtter double presisjon flyttallsoperasjoner og at utregningene ikke trenger å gjelde for år etter 2050 ble SOLPOS algoritmen benyttet. Det er lite sannsynlig at grillen fortsatt er i bruk etter år 2050. Og man vil da mest sannsynlig ha mer avansert hardware tilgjengelig i en liten nok utførelse. Man kan i dag også finne mikrokontrollere som støtter double presisjon, men det anses som unødvendig for dette formålet

SOLPOS algoritmen er tilgjengeliggjort under åpen lisens og kan brukes fritt, men uten noen form for garanti. Dokumentasjonen til algoritmen ligger i vedlegg E.

Batteri

For å kunne drive systemet ved svak sol eller ved forbigående skydekke trengs et batteri. Dette batteriet vil også sørge for nødvendig strøm i korte perioder hvor mer strøm enn det solcellene klarer å levere trengs.

Valg at batteri er en utfordrende oppgave, siden det er to forskjellige spenningsnivåer systemet kjører på, et nivå for elektronikken, 3.3 V, og et nivå for motorene, 6-24 V.

Dette kan løses på følgende måter:

1. Bruke to batterier, et for elektronikk og et for motorer
2. Bruke et batteri med høyere spenning som driver motorer og spenningsregulator for elektronikk
3. Bruke et batteri til elektronikk og koble motorene direkte til solcellepaneler uten batteri

Alle løsningene byr på utfordringer og innebærer forskjellige ulemper.

Alternativ 1 vil føre til at man må ha et mye mer komplekst system og vil kreve mer strøm siden det er tap ved lading av batterier.

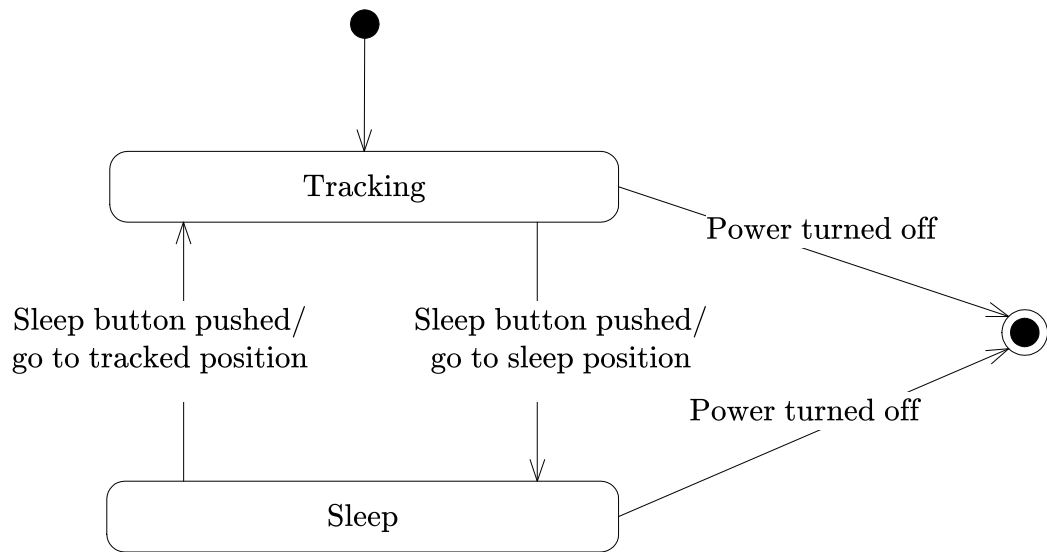
Alternativ 2 byr på utfordringer siden det er vanskelig å finne batterier med høyere spenning enn 4.2 V, som ikke krever spesielle ladere som må kobles inn og ut manuelt.

Det siste alternativet, nummer 3, vil som en bieffekt føre til at grillen ikke vil kunne bevege seg når det ikke er tilstrekkelig sol på solcellepanelene. Det er ikke et aktuelt problem, da effekten i et slikt tilfelle ikke vil være tilskrekkelig for grilling heller. Man må derimot rette grillen mot solen når man starter for å få den til å begynne grillingen. Dette kan føre til problemer hvis man monterer solcellepanelene i en posisjon som ikke vender mot sola i hvileposisjon.

For å kunne gjøre et valg her er testing nødvendig, og det ble dermed lagt opp til at man kunne bruke alle løsningene, uten at det skulle komme i konflikt med noe annet i systemet.

3.4 Brukerinteraksjon

Grillen skal i hovedsak være selvgående og ikke trenge noen interaksjon for å fungere. Det er imidlertid nødvendig med en mulighet for å slå den av og på, i tillegg til å gi beskjed om at den skal gå til hvileposisjon. Funksjonene har virkemåte som beskrevet i tilstandsdiagrammet vist i figur 19.



Figur 19: Flytdiagram over operasjonsmodus og brukerinteraksjon

4 Metode

I denne seksjonen presenteres metodene brukt under produksjon og utvikling av komponenter og software.

4.1 Produksjon av solcellepanel

Panelet ble produsert ved IFE på Kjeller. Det ble produsert 2 paneler med 13 celler hver, hvorav et med mono- og et med multi-krystallinske celler.

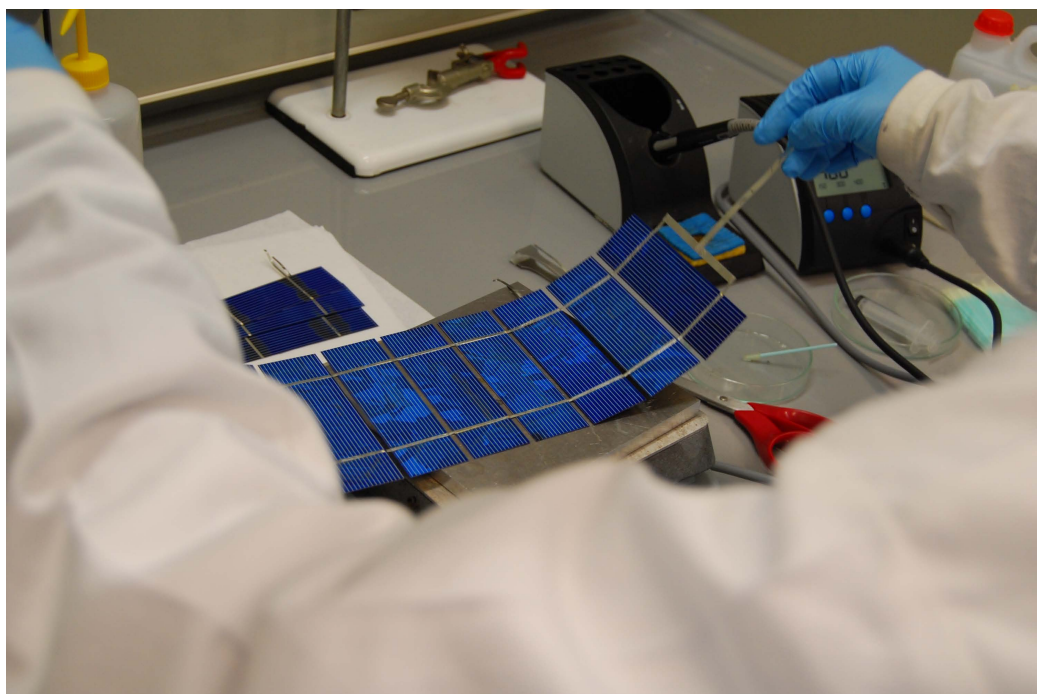
Cellene ble framstilt ved å kutte 12,5x12,5cm store wafere i mindre biter på 4x12.5cm. Kuttingen ble gjort med laser. Deretter ble de loddet sammen i serie med tinnbelagte kobberbånd på cellenes bus barer. For å få kobberbånd- lederene til å feste seg enklere ble flussmiddel brukt. Residualene ble senere vasket bort ved å dusje cellene i aceton, uten å gnikke på de for å unngå å fjerne/ødelegge overflatebehandlingen.

De monokrystallinske cellene hadde ikke bus barer på baksiden og måtte derfor festes ved å smøre sølvpasta på kobberbåndene og tape de fast til baksiden av den etterfølgende cellen.

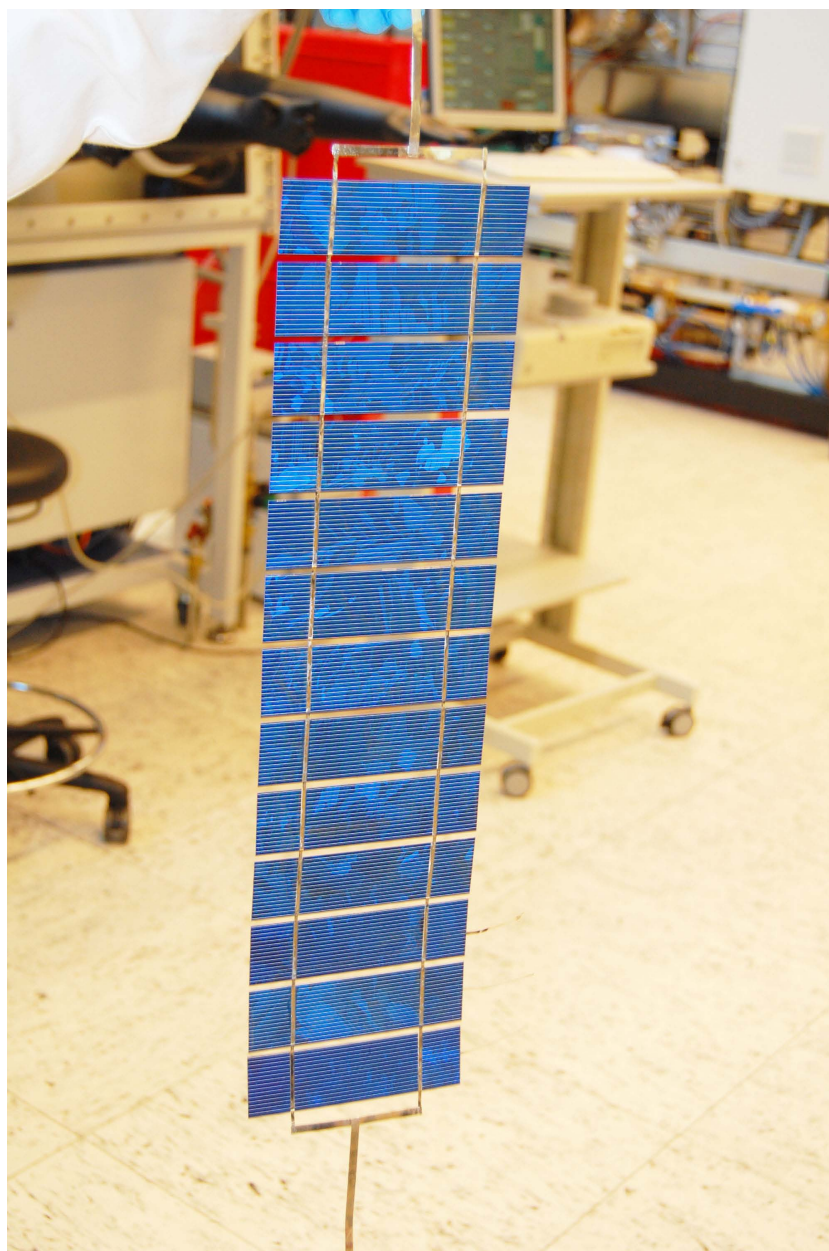
Når alle cellene var loddet sammen og endekontakter var påloddet, ble de lagt mellom to lag plastikk med lav smeltetemperatur, et på hver side, og en 2.5mm glassplate og en hvit plastfilm. Deretter ble hele sandwichen, illustrert i figur 20, bakt under vakuum i en laminator hvor varmen førte til at plastikken nærmest cellene smeltet og omsluttet de.



Figur 20: Tverrsnitt av sandwich med glass, plastmateriale og wafere.



Figur 21: Celler loddet sammen klare til vasking med aceton.



Figur 22: Ferdigvaskede celler klare til laminering.

4.2 Produksjon av kretskort

Utleggene til kretskortene ble tegnet i programmet Eagle versjon 5.0.0.0 for Windows fra Cadsoft, for deretter å bli printet på gjennomsiktig folie, en for forsiden og en for baksiden. Ved hjelp av fotograving¹¹ ble det uønskede kobberet fjernet fra kortet ved hjelp av kjemikalier.

De fleste komponentene var overflatemonterte og ble varmluftsloddet på det egenproduserte kretskortet med loddetinn-pasta.

4.3 Produksjon av ramme til grill

Selve stålstrukturen av grillen ble produsert av mekanisk verksted ved Institutt for teknisk kybernetikk. konstruksjonen består av rustfritt stål og aluminium samt noen plastdeler. Sammenføyninger er gjort med skruer, sveising og varmlodding.

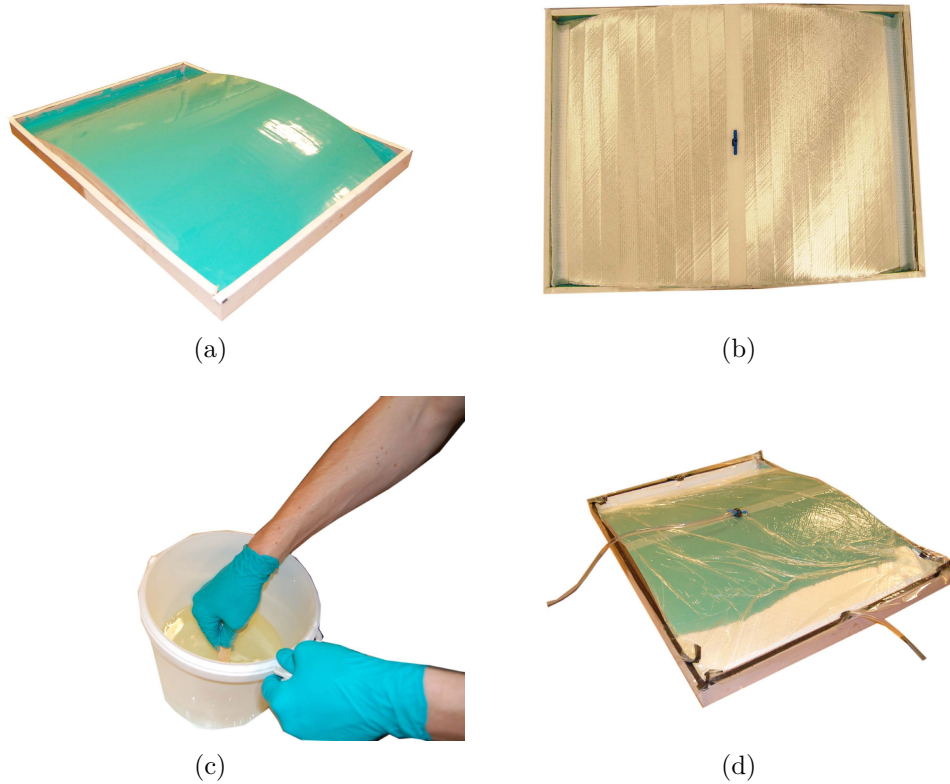


Figur 23: Fot ferdig produsert.

4.4 Produksjon av reflektor

Reflektoren ble produsert av glassfiber og støpt i en form utformet med CNC-maskin. Mer om prosessen finnes i [3].

¹¹http://en.wikipedia.org/wiki/Printed_circuit_board#Patterning_.28etching.29 19. juni 2010, 19:40



Figur 24: Produksjon av reflektor i glassfiber. (a): Form med gel-coat for støping av reflektor. (b): Glassfiber klar med kran for injeksjon av epoxy. (c): Blanding av epoxy. (d): Epoxy injiseres ved hjelp av vakuum ut i kantene.

4.5 Softwareutvikling

All kode ble skrevet i AVR Studio versjon 4.18 med WinAVR-20100110. Følgende objekter ble linket: libprintf_float.a og libm.a med følgende “linkerflagg” aktivert: “-Wl, -u, vfprintf” og “-lm”. Disse objektene og bibliotekene må være aktivert for å kunne printe float verdier med printf-rutinen over UART.

5 Dokumentasjon

5.1 Systemoppbygging

Systemet er modulbasert hvorav motorstyringskort og mikrokontroller-kort er selvprodusert. I tillegg til de to er det et breakout kort til kompasset. Disse tre modulene er sammenkoblet med telefonkabel og modularpluggen. Pluggene er kodet slik at de ikke kan feilkobles.

Mikrokontroller-kort

Mikrokontroller-kretskortet huser mikrokontrolleren, spenningsregulator og GPS. Dette kortet er montert i en plastboks for beskyttelse. Modularpluggen for tilkobling av kompass og motordriverkort er sidemontert, og er tilgjengelige fra utsiden av boksen. Denne boksen har også to phonopluggen for tilkobling av hvilemodus-knapp og av/på-bryter. Det er lagt ut pinner til LCD-display.

Motordriverkort

Motorkontroller-kretsene er montert på et eget kretskort med en 6 pins modularplugg for kommunikasjon med mikrokontrollerkortet og en 6-polet skruklemme-kontakt for spenningsforsyning, og to motortilkoblinger. Som spesifisert i datablad for motordriveren skal det benyttes en avkoblingskondensator på minst 1mF, siden det var uvisst hvilken formfaktor som var tilgjengelig fra leverandøren, ble det lagt opp utlegg for flere typer.

Skjemategning over motorkortet ligger i vedlegg A.

5.2 Software

Programflyten er basert på interrupt fra GPS og kompass, meldingene lagres i et ringbuffer, og et flagg settes slik at de behandles i neste kjøring av main-metoden. Når det er mottatt en feilfri komplett melding fra GPS, etter at den har fått fiks på posisjonen, starter solutregningsalgoritmen.

Algoritmen utføres i følgende steg:

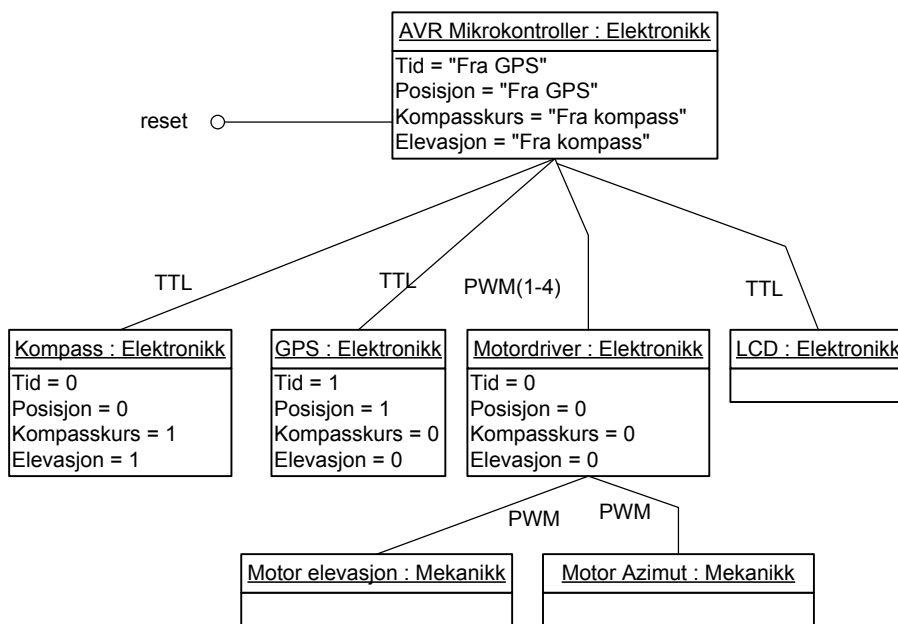
1. Posisjon hentes fra GPS-strukt.
2. Tid hentes fra GPS-strukt.

3. Kalkulering av solvektor basert på 1 og 2.
4. Sjekk av feilvariable på pkt. 3.
5. Sjekk om vi har en offset mellom grillens posisjonering og ønsket posisjonering. Hvis det er tilfellet, startes reguleringsinterrupt.
6. Printing av verdier til LCD.

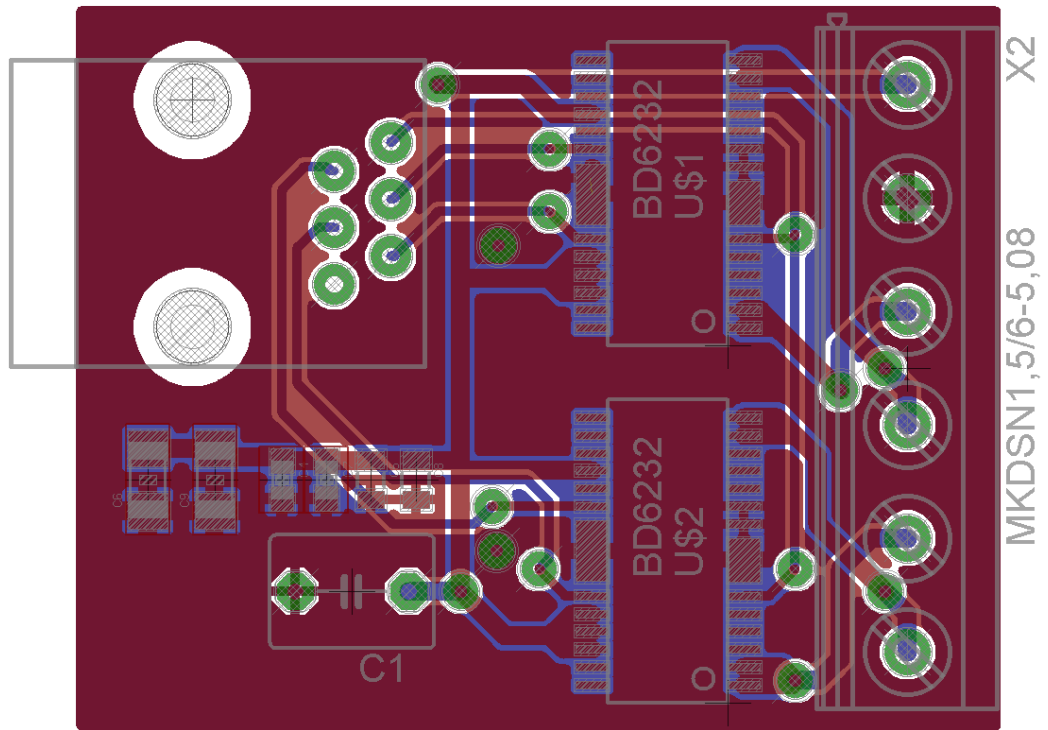
Reguleringsinterruptet kjøres som følger:

1. Hvis sleep-variabelen ikke er sann, settes referansen til verdien utregnet av SOLPOS-algoritmen, ellers settes referansen til hvileposisjon på -90 grader.
2. Pådraget settes til lest verdi fra kompass minus referanseverdi fra SOLPOS.
3. Et switch-case begynner der et konstant pådrag settes på motoren i riktig retning for en liten periode, og det ventes en liten periode for å la målingene stabilisere seg. Dette gjentas til avviket mellom målt og ønsket posisjon er mindre enn en satt verdi, og pådraget settes til null og interruptet terminerer.

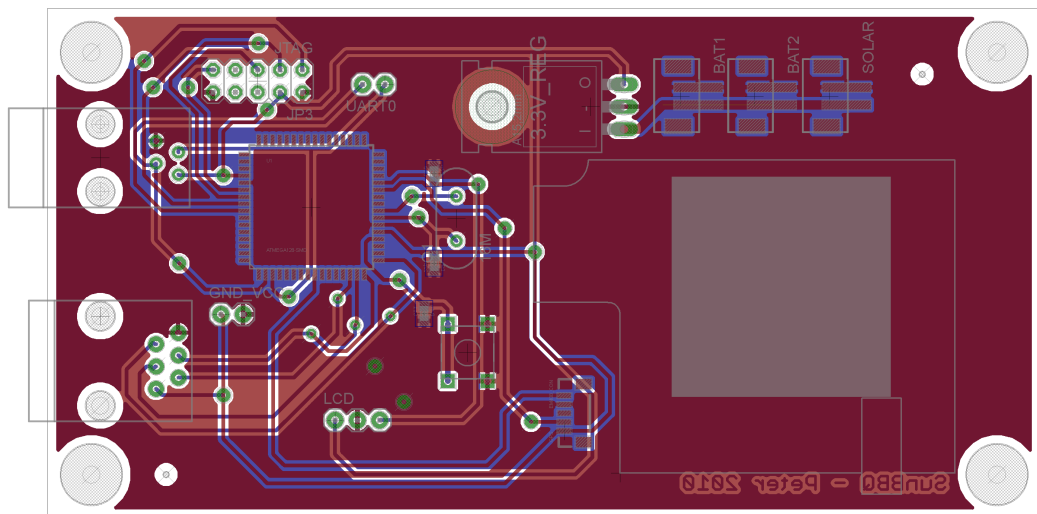
Pådraget settes til en konstant som følge av at motorene trenger en viss spenning for å overvinne stillstandsmomentet.



Figur 25: Elektrisk grensesnitt. Komplet system



Figur 26: Layout over motordriverkort.



Figur 27: Layout over mikrokontrollerkort.

6 Resultater

I denne seksjonen presenteres resultatene for løsningene valgt i designvalgseksjonen. Der fysiske parametere ikke var mulig å måle, beskrives virkemåte og tilfredsstillende av denne. Bilder av de ferdige løsningene er også inkludert. Tekniske detaljer rundt komponentene er listet og oppsummert i vedlegg D, og datablader ligger på den medfølgende CD-en.

6.1 Mekanikk

Mesteparten av mekanikken ble produsert ved Mekanisk verksted ved Institutt for teknisk kybernetikk, bortsett fra reflektoren som ble produsert av EiT-gruppa og sendt til Sverige for metallisering.

Reflektor

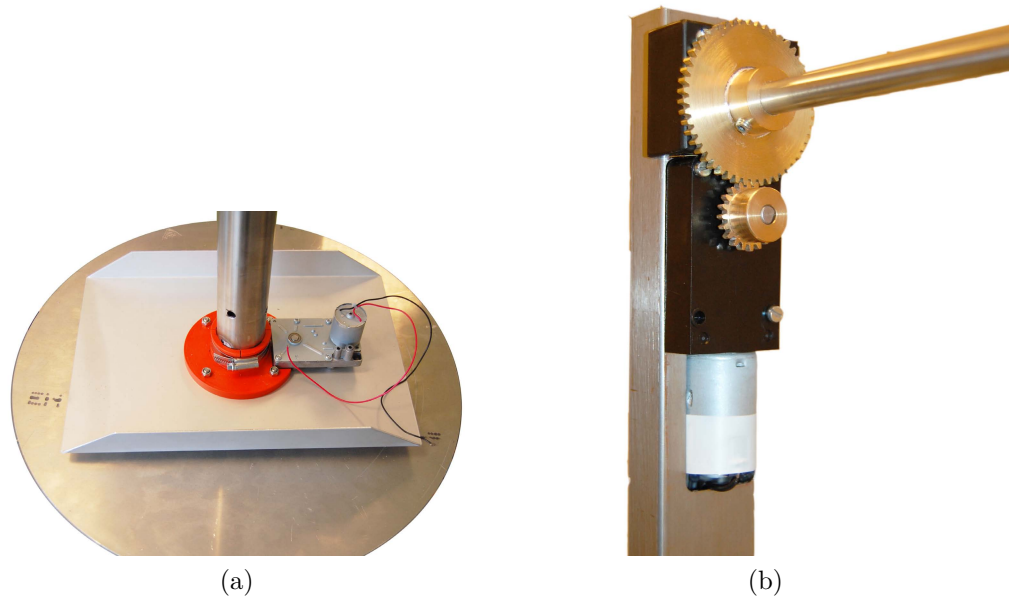
Valget av traureflektor viste seg å være bra med tanke på konstruksjon av resten av grillen. Det gjorde at oppheng til pølse og resten av grillen ble lett å gjennomføre. Selve reflektoren ble ikke klar til innlevering av rapporten på grunn av forsinkelser fra EiT-gruppa sin side og firmaet som skulle utføre metalliseringen i Sverige. Det gjenstår derfor å få testet brennpunktets utbredning og om dette er godt nok.

Aktuatorer

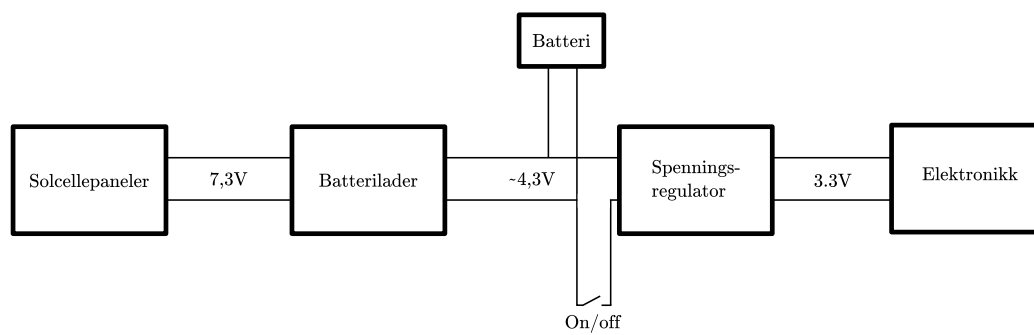
Det ble anskaffet to aktuatorer, presentert i vedlegg D.4. Aktuatoren til asimut-regulering har en utveksling på 500:1 og er derfor saktegående og lett å regulere, elevasjonsaktuatoren derimot hadde litt lavere utveksling på ca. 79:1 og var litt vanskeligere å regulere på grunn av rask gange. Motorene krevde en spenning på minimum 5V for å starte. Dette førte til at de måtte kobles rett til solcellepanelet, som leverer 7.3V.

6.2 Elektronikk

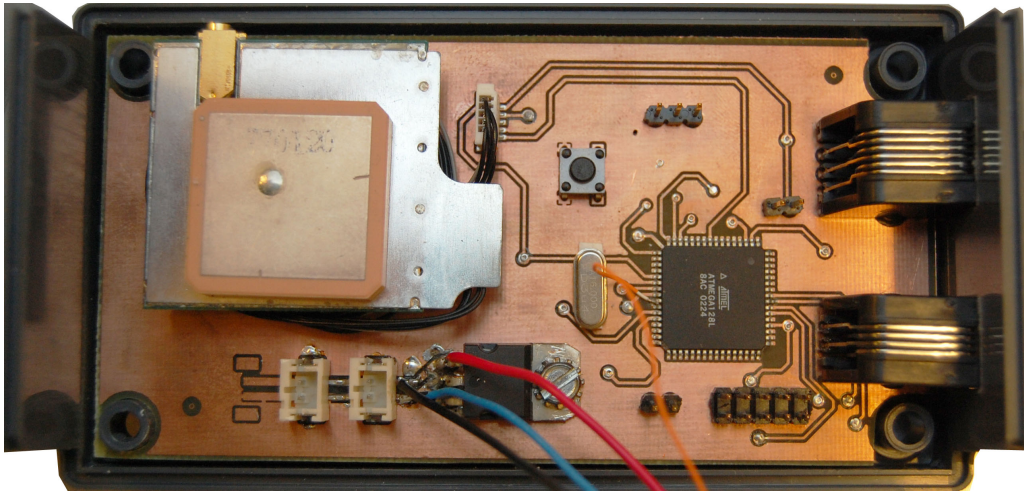
Elektronikken er selvprodusert og designet. Det ble laget to kretskort, et mikrokontrollerkort til mikrokontrolleren og GPS, samt et motordriverkort med motordrivere.



Figur 28: (a): Asimutaktuator. (b): Elevasjonsaktuator.



Figur 29: Koblingsskjema av spenningsforsyning.



Figur 30: Mikrokontrollerkort montert i boks for beskyttelse.

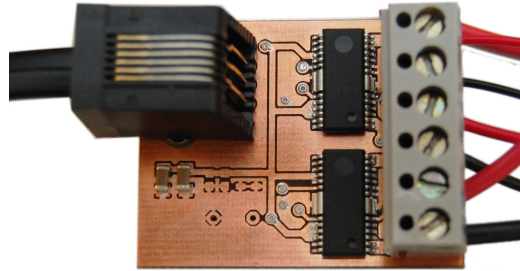
Mikrokontrollerkort

Mikrokontrollerkortet huser mikrokontrolleren som utfører alt regnearbeidet på grillen. Denne er sammenkoblet til GPS, kompass og LCD display med UART. Det er også lagt ut pinner for tilkobling av JTAG for omprogrammering og debugging av kode på mikrokontrolleren. Utleget for kortet er presentert på skjematetegningen i vedlegg A.

Det er lagt ut phonokontakter for on/off-bryter

Motordriverkort

Motordriverkortet består av to motordrivere, skruklemmer til forsyningsspenning og to motorer. Kontrollerene har en oppgitt maksstrøm hver på 2A, noe som viste seg å være nok til å drive motorene. Kortet er utstyrt med modularplugg for tilkobling til mikrokontrollerkortet. Styresignalene består av fire styringssignaler, PWM, og jord- og spenningsreferanse. Disse styresignalene er generelle, man kan derfor bytte ut motordriverkortet med en annen type teknologi (steppermotorer, børsteløs DC-motorer el. lign) uten å måtte endre noe mer enn software på mikrokontrollerkortet.



Figur 31: Motorderiverkort med to stk. motordrivere.

Batteri

Det ble brukt et en-celle Lithium-Ion batteri med en spenning på 4,2V fulladet og 3,5V utladet. Dette ble koblet som vist i figur 29. Dette lades av laderen som er tilkoblet solcellepanelet. Siden on/off-bryteren er plassert på innsiden spenningsregulatorsiden av batteriet, vil det kunne lades uten at man trenger å ha systemet påslått.

Kompass

Kompasset viste seg å være vanskelig å kalibrere innendørs med elektromagnetiske forstyrrelser, men ved å kjøre kalibreringsrutinene utendørs ble tilfredsstillende resultat oppnådd. Til denne operasjonen ble det produsert en egen plugg bestående av et ferdigutviklet USB til UART driverkort og en modularplugg. Denne plugges i PC-ens USB-port og kompasset i modularpluggen, for så å kunne konfigurere kompasset direkte uten å måtte demontere det fra grillen.

6.3 Software

Solfølgingsalgoritme

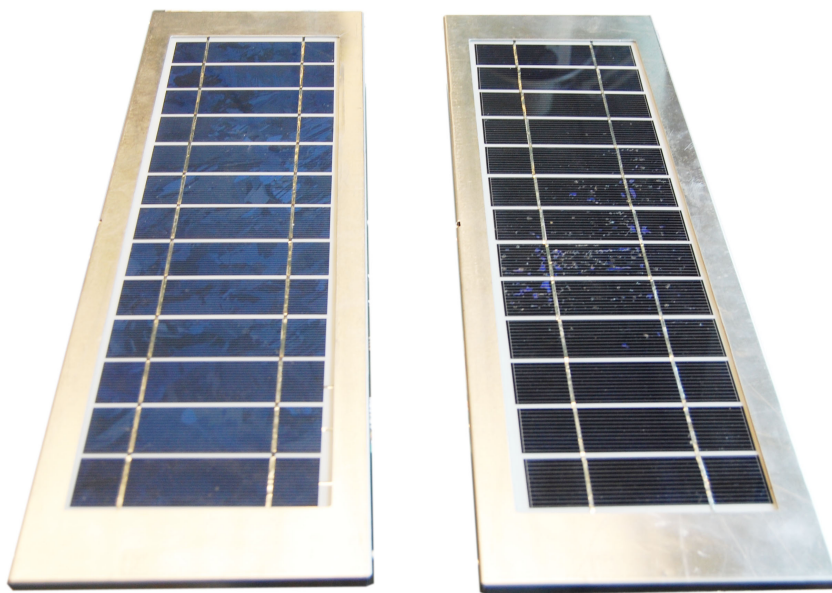
Solfølgingsalgoritmen SOLPOS ga gode konsekvente resultater gjennom hele testingen. Det var nødvendig å konvertere dataene fra GPS til riktig datatype for å bruke algoritmen.

Regulering

Reguleringsalgoritmen ble satt til å starte ved avvik fra referanse på 0,4 grader, dette fører til et dødbånd på 0,8 grader som er godt innenfor feilmarginen i kravspesifikasjonen på 1 grad.

6.4 Solcellepaneler

Det ble produsert to solcellepaneler, begge leverte ca 1A strøm ved 7,3 V. De kan derfor kobles i parallell for å få dobbelt strømstyrke, eller serie for dobbel spenning.



Figur 32: Komplette solcellepaneler

7 Diskusjon

Prosjektet startet fra scratch med kun en kort beskrivelse av en soldrevet pølsegrill med få krav til utforming og funksjon. Det var dermed åpent for å utvikle et produkt helt fra tegnebrettet til ferdigstillelse.

7.1 Valg av solfølgingsprinsipp

Valget av solfølgingsmetode basert på posisjon og tid viste seg å være både utfordrende og spennende. Selv om det mest sannsynlig hadde vært enklere å bruke en sensorløsning, ville det ikke gitt en like entydig posisjonering og konstant respons. Hvilken nøyaktighet som ville vært mulig å oppnå ved en fotodiodeløsning er vanskelig å predikere, men følsomhet for forstyrrelser hadde vært større. Skift på sensorer, lokale høylys, falske optimum, osv. kunne skapt problemer.

En nøyaktighet i elevasjonsregulering på 0,8 grader ble oppnådd ved GPS-løsningen, noe som må anses som svært vellykket. Kompasset, som den dyreste enkeltkomponenten i systemet, viste seg å fungere, men ba på utfordringer ved initialisering og kalibrering. Siden asimutreguleringen ikke er like kritisk som elevasjon fordi reflektoren er montert på tvers med brennpunktet utstrekkt i horisontal retning, fører ikke unøyaktigheter i asimut til nevneverdig tap av energi ved grilling.

Et alternativ til kompass kan være å bruke kun aksellerometer til måling av elevasjonsvinkel og heller la brukeren posisjonere grillen mot solen selv ved oppstart for å angi asimut-initialposisjon. Dette vil føre til en kostnadsreduksjon på over 2000 kr, og vil være et hurt alternativ ved kommersialisering. GPS-en er billig i innkjøp og fungerte meget tilfredsstillende.

7.2 Mekanikk

Siden mesteparten av det mekaniske arbeidet ble utført ved det mekaniske verkstedet ved instituttet, var kommunikasjon og formidling av idéer viktig for at misforståelser ikke skulle oppstå. Dette gikk for det meste bra, men noen tilbakemeldinger fra verkstedet uttrykte mangel på presis nok informasjon og tegninger. Dette kunne vært forbedret ved å ha laget bedre og mer detaljerte tekniske tegninger.

7.3 Reflektor og EiT

Utforming og produksjon av reflektoren ble satt ut til “EiT-gruppe 6” ved “Byggerlandsbyen”. Dette førte til at undertegnede slapp å produsere denne, men heller fungerte som en koordinator for gruppa. De ble informert om at de selv kunne bestemme hvor lista skulle ligge utifra ambisjonsnivå. De var tidlig tydelige på at de ville lage noe fysisk, ikke bare designe. To av gruppedeltakerne går på Produktutvikling og produksjon og de hadde derfor erfaring med komposittmaterialer og tilgang på verksted. Dette var nok hovedgrunnen til at valget deres falt på å produsere en reflektor i komposittmateriale.

Progresjonen med arbeidet var i starten ganske sakte siden EiT har mange andre obligatoriske øvelser og de kun hadde en dag i uken de møttes. Dette førte etter hvert til noen forsinkelser og i tillegg til noen uhell i produksjonen ble det til slutt ganske store forsinkelser.

Siden resten av arbeidet har vært uavhengig av reflektoren, har det ikke ført til nevneverdige problemer for framgangen på resten av produksjonen av grillen. En tidligere deadline, i tillegg til at man hadde krevd mer arbeid i starten av semesteret hadde nok avverget disse forsinkelsene, men dette er erfaringer det er vanskelig å ta lærdom uten å ha gjort en slik feil selv. Gruppa ble tidlig i semesteret fortalt at det ofte blir mindre tid enn man forventer, og at uforutsette problem oppstår, noe undertegnede har god erfaring med fra deltagelse i Eurobot på samme EiT-landsby som også er en oppgave som krever mye arbeid.

Til tross for disse forsinkelse har EiT-gruppa jobbet godt, vist god innsats og vært positive.

7.4 Elektronikk

Elektronikken ble produsert på “syrrerrommet” i kjelleren på instituttet. Valget av å produsere kortene selv, framfor å bestille de fra profesjonelle laboratorier har vist seg å fungere bra. Det var ikke behov for å lage flere versjoner av kortet, men hadde det vært tilfellet og man hadde bestilt kort fra produsent ville dette ført til unødvendige utgifter og tidsforsinkelser. Kretsene som ble produsert var relativt simple, og var derfor raskt produsert.

Det ble utført noe feilsøking etter montering og lodding, men det meste fungerte med en gang. Dette skyldes nok mye at det ble valgt enkle og velutprøvde løsninger. Det ble for eksempel benyttet et LCD-display med ferdigimplementert driver for seriell kommunikasjon. Dette førte til at det bare

var å koble til strøm og en leder med meldingssignal.

Aktuatorene var det litt problemer å få tak i da det er svært få leverandører som leverer i så små kvanta og fysisk størrelse. Etter å ha ringt rundt til mange leverandører ble det til slutt funnet en velegnet aktuator til elevasjonsreguleringen med passende girkasse.

Det kan nevnes at motordriverkretsene fungerte utmerket og var svært enkle å bruke. Disse kostet veldig lite og hadde ferdigimplementerte sikkerhetsskretser rundt H-broa som gjør at de ikke kan gå i stykker ved feil påtrykking av spenning.

7.5 Software

I software ble det benyttet ferdige løsninger der det var tilgjengelig. Solposisjoneringsalgoritmen fra NREL var enkel å tilpasse systemet og fungerte svært tilfredsstillende. Det ble også benyttet ferdigutviklet kode for håndtering av GPS-meldinger og parsing av disse. Det er henvist til kilden og det ble ikke endret noe kode i kildene.

Selve programflyten ble skrevet fra scratch, men var veldig enkel å utvikle. Programmet utføres i henhold til beskrivelsen i underseksjon 5.2.

7.6 Solcellepaneler

Produksjonen av solcellepanelene ble utført med hjelp av IFE på Kjeller. De var veldig positive til prosjektet, men så helst at undertegnede selv kom til dem og deltok i produksjonen siden det innebar en del arbeid å lodde sammen solcellene. Dette besøket var veldig lærerikt og artig. De ansatte på IFE var veldig hjelpelige og hyggelige, og produksjonen av panelene gikk veldig greit for seg.

Først ble cellene kuttet opp i mindre biter med laser, for så å loddes sammen. Det viste seg at de første cellene som var kuttet ikke hadde bus-barer på baksiden for lodding av ledninger, og det ble derfor besluttet å lage et ekstra panel med noen andre celler som hadde slike bus-barer. De opprinnelige cellene var monokrystallinske og erstatningscellene multikrystallinske. I teorien er de monokrystallinske cellene mer effektive, men det viste seg til slutt at panelet produsert med multikrystallinske celler faktisk hadde bedre effekt. Dette kan skyldes flere faktorer, som at cellene var litt større og at de ble loddet på en annen måte.

Siden de monokrystallinske cellene ikke hadde bus-barer på baksiden var det ikke mulig å lodde de fast til hverandre. I stedet for lodding ble en eksperimentell løsning utviklet av undertegnede og en stipendiat ved IFE benyttet. Den innebar å feste lederne ved hjelp av vanlig tape og sølvpasta for kontakt. Siden cellene er belagt med aluminium på baksiden fungerte dette bra.

Under lamineringsprosessen av de monokrystallinske panelet ble det gjort noen feil, slik at det ble noen luftbobler i panelet. Disse ble ansett som såpass små at det ikke ville påvirke effektiviteten nevneverdig.

8 Konklusjon

Det har i denne masteroppgaven blitt designet, utviklet og produsert et komplett konsept for pølsegrillig kun ved hjelp av sollys. Arbeidet ble utført på oppdrag av NFA (Norsk forening for automatisering), og ble ved ferdigstilling overlevert de for senere å auksjoneres bort på TV-aksjonen. Dette bidrar til å fremme NFAs visjon om å “gjøre automatisering til et hovedtema i det offentlige rom.”

Utviklingen av grillen ble utført av undertegnede, men produksjon av det mekaniske og reflektoren ble utført av hhv. Mekanisk verksted ved Institutt for teknisk kybernetikk og EiT-gruppe 6 i Byggelandsbyen. Denne oppdelingen av arbeidet viste seg å være vellykket, og sett bort i fra noen forsinkelser, ble alt arbeid utført i tide og med høy kvalitet.

Valget om å bruke posisjons- og tidsdata framfor optiske sensorer førte til et robust system som vil fungere så lenge det er strøm tilgjengelig. Forskyrrelser som skyer el. lign. vil ikke påvirke posisjoneringsalgoritmen.

Systemet ble oppdelt i flere undersystemer som ble testet hver for seg. Denne modulariteten førte til at arbeidet hele tiden kunne fortsette siden modulene kunne testes hver for seg, og at en forsinkelse ved en av de ikke gikk utover resten av systemets progresjon av nevneverdig grad. Den fører også til at videreutvikling av systemet kan gjøres uten å måtte skifte ut alle delene.

Forbindelsen mellom enhetene med modularplugg og telefonkabel førte til enkel sammenslåing av systemet i tillegg til at koding av pluggene fører til at muligheten for feilkoblinger er minimal.

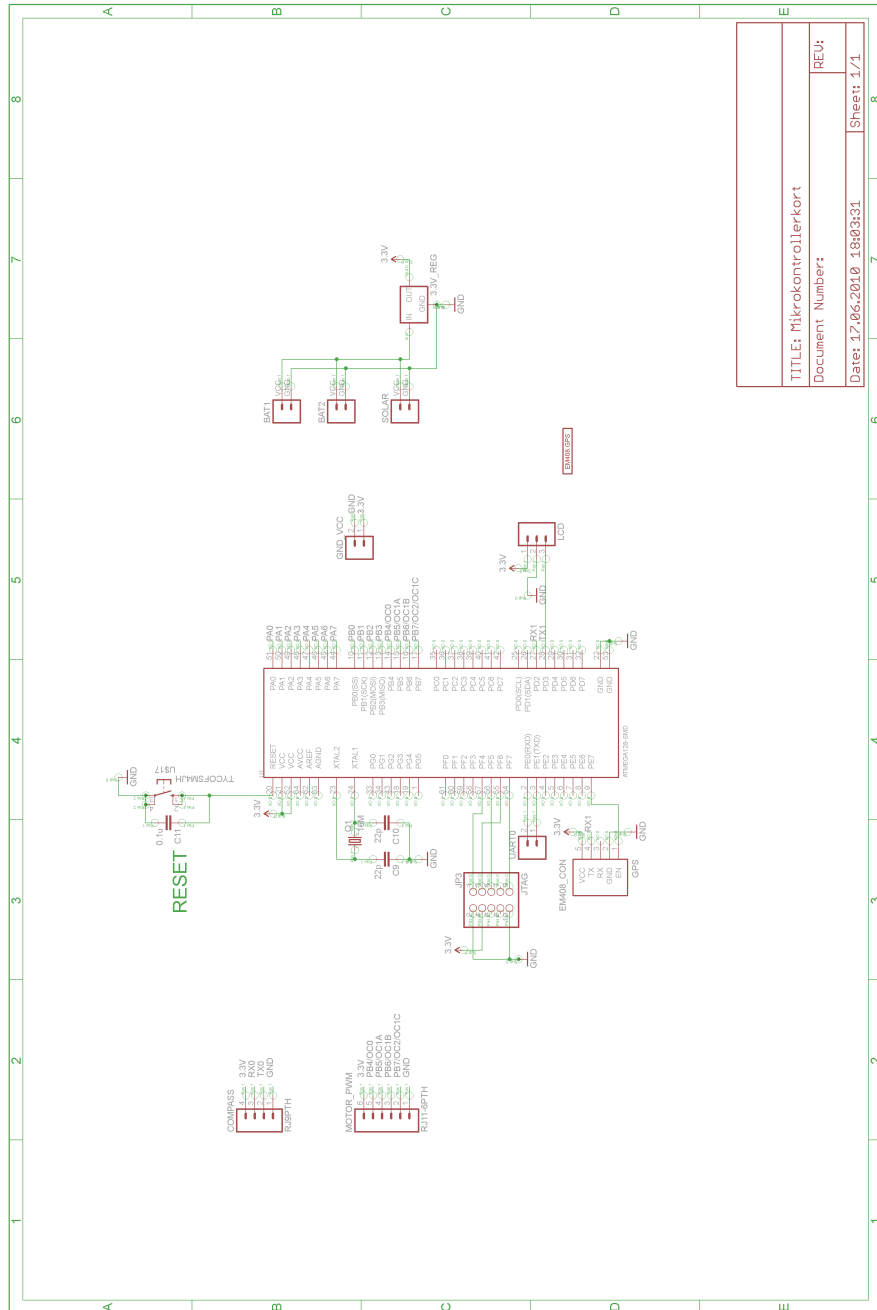
Valg av aktuatorer, GPS, kompass og annen hardware viste seg å fungere bra, samhandlingen mellom disse fungerte også tilfredsstillende.

Respons og nøyaktighet falt godt innenfor kravspesifikasjonen, noe som anses som et vellykket resultat.

Referanser

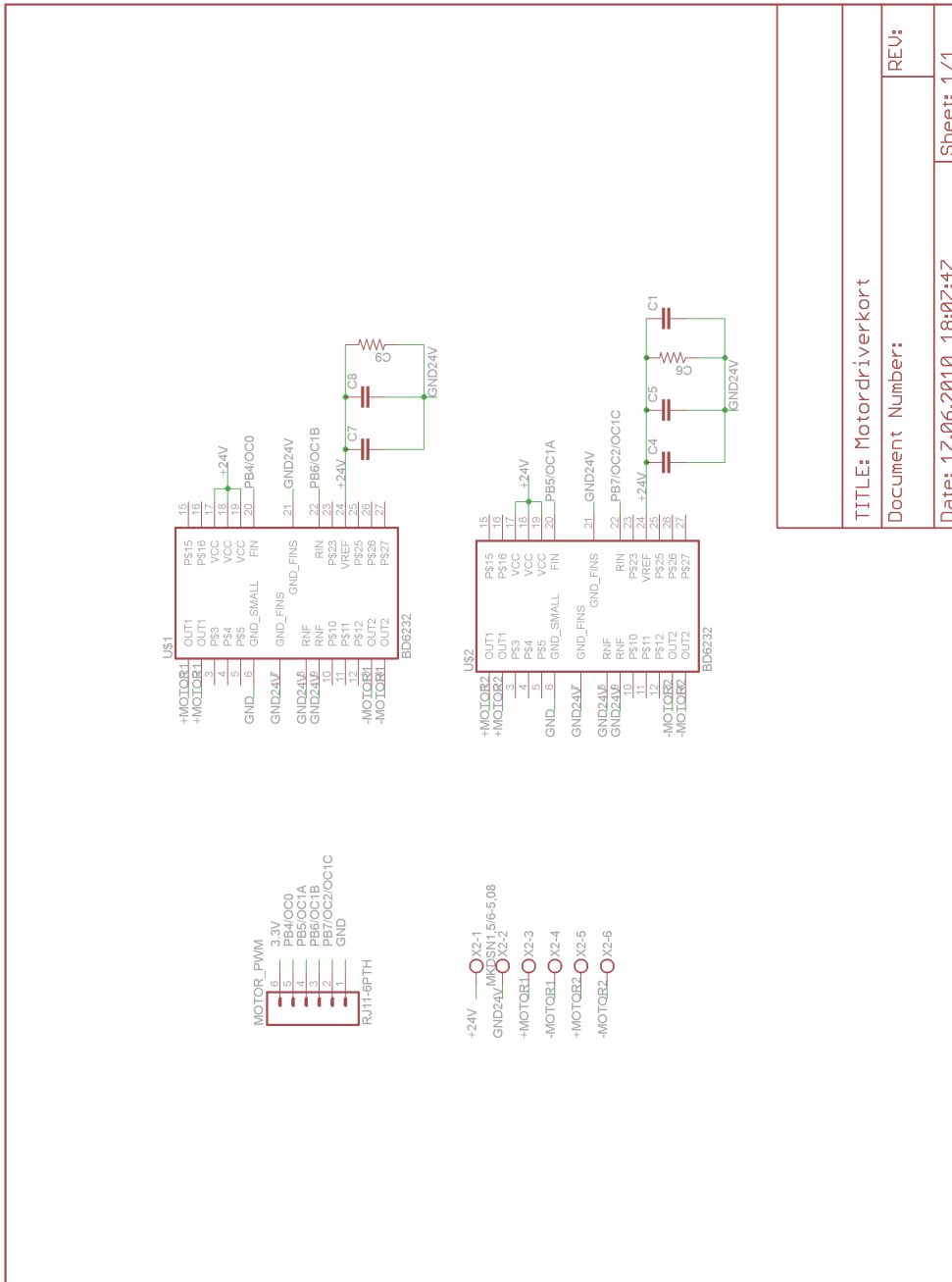
- [1] John Catsoulis. Designing embedded hardware, 2005. 17
- [2] Jeffrey Gordon. Solar energy: the state of the art : ises position papers, c2001. 3
- [3] Andreas Kråkenes, Tor Lindqvist, Magnus Namork, and Arve Sinnerud. Fagrapport for gruppe solgrill-reflektor. 2010. 24, 38
- [4] Andreas Kråkenes, Tor Lindqvist, Magnus Namork, and Arve Sinnerud. Prosesrapport for gruppe solgrill-reflektor. 2010. 15
- [5] Neil Sclater and Nicholas P. Chironis. Mechanisms and mechanical devices sourcebook, c2007. 25, 26
- [6] Vaclav Smil. General energetics: energy in the biosphere and civilization, c1991. 1

A Skjemategninger



TITLE: Mikrokontrollerkort	
Document Number:	REV:
Dater: 17.06.2010 18:03:31	Sheet: 1/1

Figur 33: Skjemategning av mikrokontrollerkort



Figur 34: Skjemategning av motordriverkort

B Regnskap

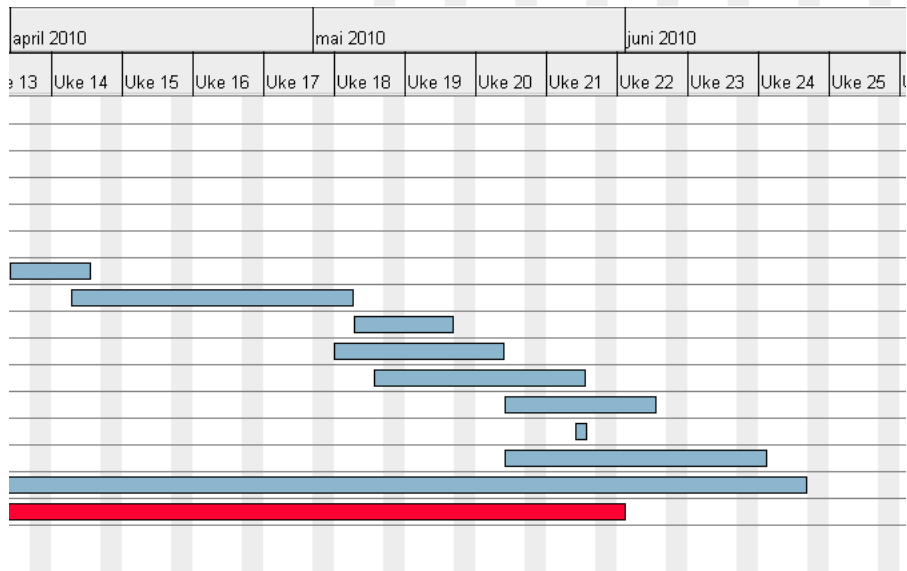
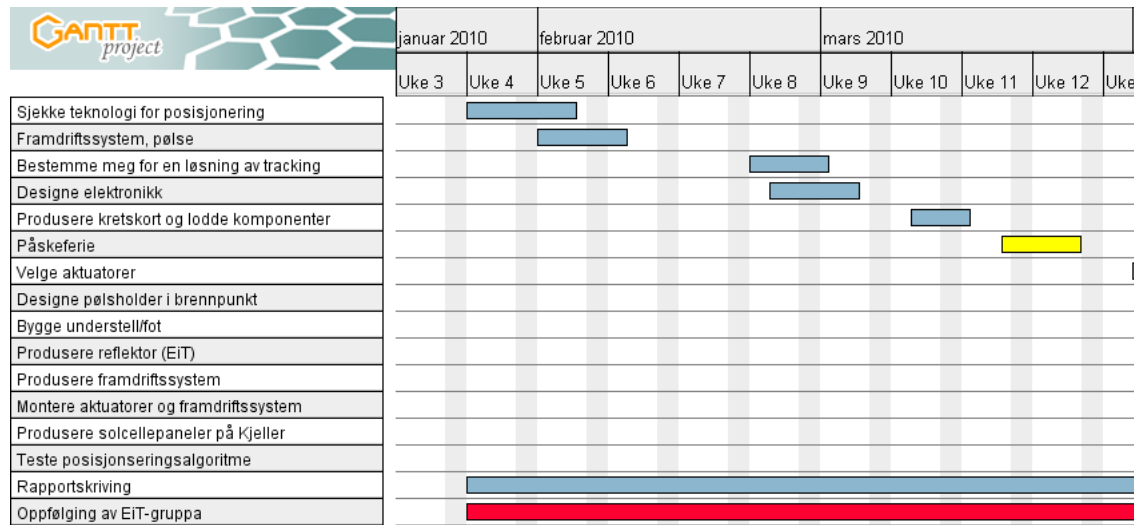
Regnskap solgrill

Beskrivelse	Leverandør	Pris	Antall	Moms+gebyr	Total pris	Faktureret
Solcelle, GPS, Kompass +div	Sparkfun	2791,5	1	783	3574,5	ITK
Fot-bue-disk	Lauguna	400	1		400	ITK
Div kabler + LCD display	Sparkfun	366,33	1		366,33	ITK
Motor azimuth	Elfa	381	1		381	ITK
Motordriver	Farnell	37,32	2		74,64	ITK
Motor elevasjon	Aratron	250	1		250	
				SUM	5046,47	

Reflektor (estimat)	EiT	7924	1		7924	NFA
---------------------	-----	------	---	--	------	-----

SUM tot. med EiT 12970,47

C Gantt diagram



Figur 35: Gantt diagram

D Tekniske spesifikasjoner

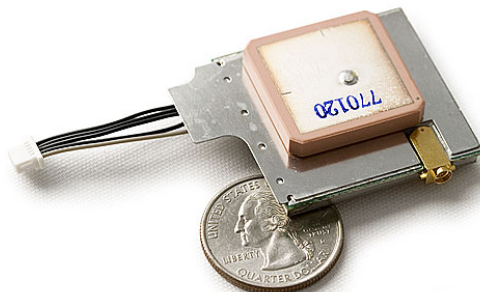
Deler ble bestilt utifra krav som kom fram i designprosessen. De ble i hovedsak bestilt fra tre leverandører; Sparkfun, Farnell og Elfa hvor de so siste intituttet har avtaler med. Den ene motoren, DMN29BA-002, ble bestilt fra Aratron.

D.1 GPS

EM-408 GPS modulen fra USGlobalSat har SiRF StarIII chipsetet. Kompasset har en innebygget patch antenne i tillegg til en MMCX connector for tilkobling av ekstern antenne. GPSen bruker seriell TTL kommunikasjon med resten av systemet. GPSen ble bestilt fra Sparkfun.

Tekniske nøkkelspesifikasjoner;

- 20-Kanals mottaker
- Ekstremt høy sensitivitet: -159dBm
- 10m Posisjonsnøyaktighet
- Hot Start: 8s
- Warm Start: 38s
- Cold Start: 42s
- Strømforbruk: 75mA at 3.3V
- Vekt: 20g
- Output: NMEA 0183 og SiRF binary protocol



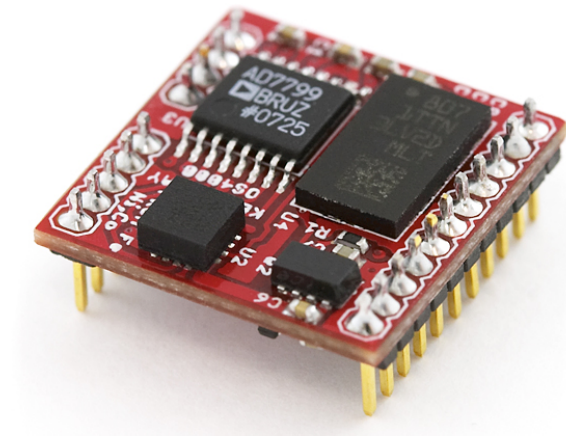
Figur 36: USGlobalSat EM-408 GPS

D.2 Kompass

Kompasset er et til-kompensert høy-oppløst, tre-akse, digitalt kompass fra Ocean Server Inc. Azimutnøyaktigheten er på 0.5 grader RMS med 0.1 graders oppløsning. Raskeste frekvens støttet er 40Hz. Kommunikasjon foregår serielt via TTL grensesnitt. Både hard- og soft-iron feilkalibrering er mulig. Kompasset ble bestilt fra Sparkfun.

Parametere tilgjengelig er:

- Azimuth
- Pitch Angle
- Roll Angle
- Temperature
- Depth (feet)
- Magnetic Vector Length
- 3 axis Magnetic Field readings, x,y,z
- Acceleration Vector Length
- 3 axis Acceleration Readings, x,y,z 1
- 2 axis Gyro Output, X,y



Figur 37: Ocean Server 4000 kompass

D.3 Motordriver

Til å drive motorene brukes en Rohm BD 6232 H-bro motordriver for DC børstemotorer. Motordriverne ble bestilt fra Farnell.

Tekniske detaljer:

- PWM kontroll: 20kHz til 100kHz
- Lavt standby strømtrekk
- Fire beskyttelseskretser: OCP, OVP, TSD og UVLO
- Spenning: 3-36V
- Strøm: max 2A

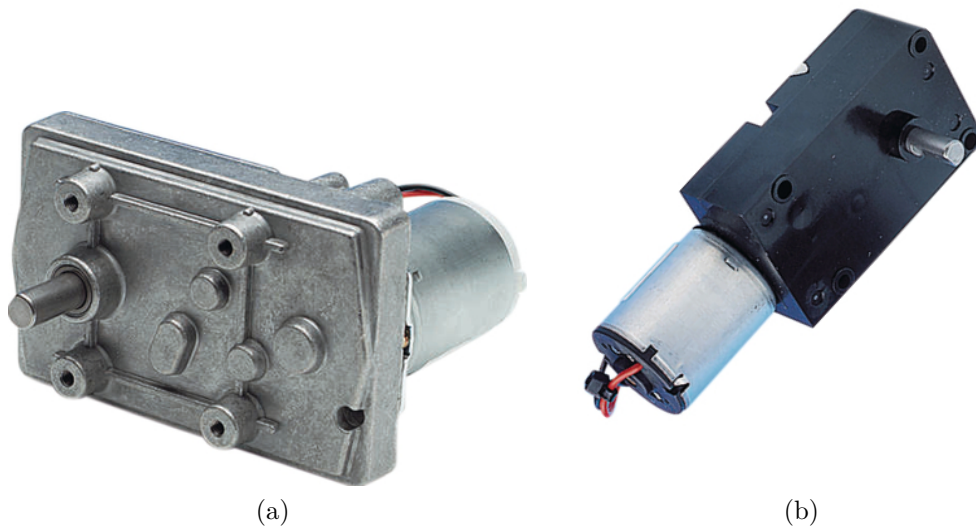


Figur 38: Rohm BD6232 motordriver

D.4 Motorer

DME34B5C500B er en DC børstemotor med tannhjulsgirkasse med en utveksling på 500:1. Momentet er oppgitt til 1Nm, nominell strøm er 380mA (ved 24V) og nominell spenning er 6-24V. Denne ble bestilt fra Elfa.

DMN29BA-002 er i likhet mer den andre motoren er DC børstemotor med girkasse med en utveksling på 78,9:1. Momoentet er oppgitt til 0,19Nm og nominell strøm og spenning er på hhv. 420mA og 12V. Denne ble bestilt fra Aratron.

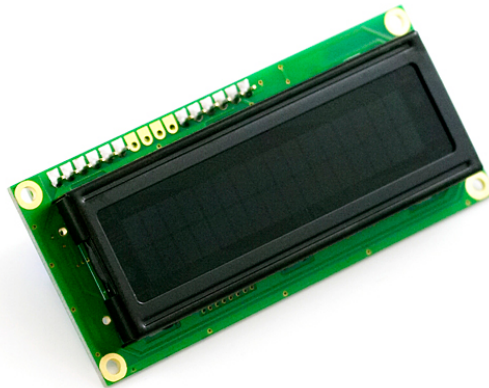


Figur 39: Motorer fra Japan Servo Co., Ltd.: (a): DME34B5C500B (b): DMN29BA-002

D.5 LCD

Et serielt aktivert LCD display med 16x2 karakterer med hvit skrift på svart bakgrunn. Diplayet bruker ST7066/HD44780 parallelt interface. For å ta hånd om den parallele kommunikasjonen til diplayet og den serielle med resten av systemet har det en “backpack” basert rundt en PIC16LF88 mikrokontroller som tar TTL serial input og printer karakterene det mottar på LCD displayet. Firmwaren støtter en hel del forhåndsdefinerte spesialkommandoer for å kontrollere displayet, f.eks for å slette innholdet på skjermen, stikke kontrast og bakrunnsbelysnings-intensitet og mulighet til å skru av displayet helt.

Diplayet støtter TTL kommunikasjon med baud standardhastigheter fra 2400 til 38400bps. Power, jord og RX pinner er lagt ut på 3.5mm skuterminaler. 3.3v senningskilde er påkrevd. Displayet ble bestilt fra Sparkfun.



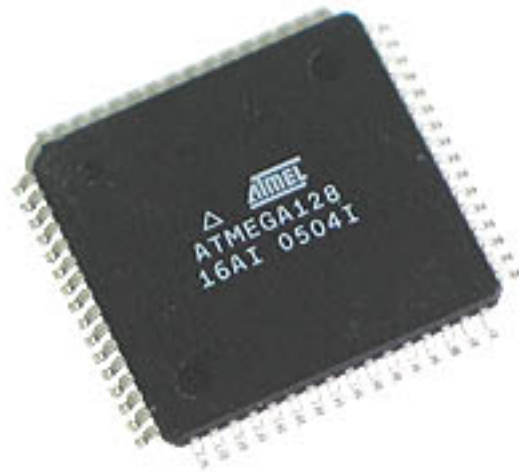
Figur 40: 16x2 karakterers serielt aktivert LCD display

D.6 Mikrokontroller

ATmega128L er en lav-effekts CMOS 8-bit mikrokontroller basert på “AVR enhanced RISC” arkitekturen. Maks ytelse er 1 MIPS per MHz som følge av en-sykelinstruksjoner. ATmega128L skiller seg fra ATmega128 ved at den støtter driftsspening på 2,7 til 5,5V i motsetning til 4,5 til 5,5V. Mikrokontrolleren kjører på maks 16MHz med ekstern oscillator og JTAG interface sørger for enkel “On Chip Debugging”. Mikrokontrolleren ble sponset av Omega Verksted.

Tekniske spesifikasjoner:

- USART, 2-wire interface (kompatibelt med I2C enheter)
- Internal RC oscillator
- “self programming”
- Interrupts 34, hvorav 8 eksterne pinner
- Brown-out Detection
- Power-on Reset
- Pulse Width Modulator



Figur 41: Atmel ATmega128L mikrokontroller

E Solpos dokumentasjon



NREL's SOLPOS 2.0: Documentation

SOLPOS.C

Distributed by the National Renewable Energy Laboratory
Center for Renewable Energy Resources
Renewable Resource Data Center
February 2000

NOTICE

This report was prepared as an account of work sponsored by an agency of the United States government. Neither the United States government nor any agency thereof, nor any of their employees, makes any warranty, express or implied, or assumes a legal liability or responsibility for the accuracy, completeness, or usefulness of any information, apparatus, product, or process disclosed, or represents that its use would not infringe privately owned rights. Reference herein to any specific commercial product, process or service by trade name, trademark, manufacturer, or otherwise does not necessarily constitute or imply its endorsement, recommendation or favoring by the United States government or any agency thereof. The view and opinions of authors expressed herein do not necessarily state or reflect those of the United States government or any agency thereof.

This C function calculates the apparent solar position and intensity (theoretical maximum solar energy) based on the date, time, and location on Earth. The software has been tested on a variety of platforms, but as noted above, is not guaranteed to work on yours. It is provided here as a convenience.

This document provides only a general overview of the software functionality. The accompanying sample program [stest00.c](#) provides additional information by example on how the function is set up and called from an application program. That program serves as the only tutorial for the use of S_solpos.

The module contains three functions:

S_solpos	Performs calculations
S_init	Initializes S_solpos
S_decode	Decodes the return value from S_solpos

To obtain references for the algorithms see the [REFERENCES](#) section below. Comments in the source code specify references for each function.

```
=====
S_solpos    (computes solar position and intensity from time and place)

INPUTS:     (via posdata struct defined in solpos00.h)
            year, daynum, hour, minute, second, latitude, longitude, timezone, interval
OPTIONAL:   (via posdata struct)
            month, day, press, temp, tilt, aspect, function
OUTPUTS:    EVERY variable in the struct posdata (defined in solpos00.h)

S_init      (optional initialization for all input parameters in the posdata struct)

INPUTS:     struct posdata*
OUTPUTS:    struct posdata*
            Initializes the required S_solpos INPUTS above to out-of-bounds conditions, forcing the user to supply the
            parameters; initializes the OPTIONAL S_solpos inputs above to nominal values. See listing below for default
            values provided by S_init.

S_decode    (optional utility for decoding the S_solpos return code)

INPUTS:     long int S_solpos return value, struct posdata*
OUTPUTS:    Text to stderr
-----
```

ALPHABETICAL LIST OF COMMON VARIABLES

The I/O column contains a letter code:

I: INPUT variable

O: OUTPUT variable

T: TRANSITIONAL variable used in the algorithm, of interest only to the solar radiation modelers and available to you because you may be one of them.

The FUNCTION column indicates which sub-function within solpos must be switched on using the "function" parameter to calculate the target output variable. All function codes are defined in the solpos00.h file. The default S_ALL mask calculates all output variables. Multiple function masks may be ORed to create a composite function switch. For example, (S_TST | S_SBCF) will force the calculation of the shadow band correction factor as well as all variables required for S_TST (true solar time). Specifying only the functions necessary for required output variables might allow solpos to execute more quickly.

The S_DOY mask works as a toggle between the input date represented as a day of year number (daynum) and an input date represented by month and day of month. To set the switch (to use daynum input), the mask is ORed with the function variable; to clear the switch (to use month and day input), the mask is inverted and ANDed.

For example:

```
pdat->function |= S_DOY /* (sets daynum input) */
pdat->function &= ~S_DOY /* (sets month and day input) */
```

Whichever date form is used, S_solpos will calculate and return the variable(s) of the other form. See the sample program [stest00.c](#) for other examples.

VARIABLE	I/O	Function	Description

/**** INTEGERS			
****/			
int day	I/O:	S_DOY	Day of month (May 27 = 27, etc.) solpos will CALCULATE this by default, or will optionally require it as input depending on the setting of the S_DOY function switch.
int daynum	I/O:	S_DOY	Day number (day of year; Feb 1 = 32) solpos REQUIRES this by default, but will optionally calculate it from year, month, and day depending on the setting of the S_DOY function switch.
int function	I:		Bit-oriented switch to choose function) for desired output..
int hour	I:		Hour of day, 0 - 24. (Time 24:00:00 is treated internally as time 00:00:00 of the following day.)
int interval	I:		Interval of a measurement period in seconds. Forces solpos to use the time and date from the interval midpoint. The INPUT time (hour, minute, and second) is assumed to be the END of the measurement interval.
int minute	I:		Minute of hour, 0 - 59.
int month	I/O:	S_DOY	Month number (Jan = 1, Feb = 2, etc.) solpos will CALCULATE this by default or will optionally require it as input depending on the setting of the S_DOY function switch.
int second	I:		Second of minute, 0 - 59.
int year	I:		4-digit year (2-digit years NOT allowed)

```

/**** FLOATS
****/

float amass O: S_AMASS Relative optical airmass
float ampres O: S_AMASS Pressure-corrected airmass
float aspect I: Azimuth of panel surface
(direction it faces)
N=0, E=90, S=180,
W=270, DEFAULT = 180

float azim O: S_SOLAZM Solar azimuth angle:
N=0, E=90, S=180,W=270

float cosinc O: S_TILT Cosine of solar incidence
angle on panel
float coszen O: S_REFRAC Cosine of refraction
corrected solar zenith
angle
float dayang T: S_GEOM Day angle
(daynum*360/year-length)
degrees
float declin T: S_GEOM Declination--zenith angle
of solar noon
at equator, degrees
NORTH

float eclong T: S_GEOM Ecliptic longitude,
degrees
float ecobli T: S_GEOM Obliquity of ecliptic
float ectime T: S_GEOM Time of ecliptic
calculations
float elevetr O: S_REFRAC Solar elevation, no
atmospheric
correction (= ETR)
float elevref O: S_REFRAC Solar elevation angle,
degrees from
horizon, refracted

float eqntim T: S_TST Equation of time (TST -
LMT), minutes
float erv T: S_GEOM Earth radius vector
(multiplied to solar
constant)
float etr O: S_ETR Extraterrestrial (top-of-
atmosphere)
W/sq m global
horizontal solar
irradiance
float etrn O: S_ETR Extraterrestrial (top-of-
atmosphere)
W/sq m direct normal
solar irradiance
float etrtilt O: S_TILT Extraterrestrial (top-of-
atmosphere)
W/sq m global
irradiance on a tilted
surface
float gmst T: S_GEOM Greenwich mean sidereal
time, hours
float hrang T: S_GEOM Hour angle--hour of sun
from solar noon
degrees WEST
float julday T: S_GEOM Julian Day of 1 JAN 2000
minusn
2,400,000 days (in
order to regain single
precision)
float latitude I: Latitude, degrees north
(south negative)
float longitude I: Longitude, degrees east
(west negative)
float lmst T: S_GEOM Local mean sidereal time,
degrees

```



```

-
S_SSHA      --  --  --  --  --  --  --  --
S_SBCF      --  --  X  X  X  --  --  --
S_TILT      X  X  --  --  --  X  X  X
S_TST       --  --  --  --  --  --  --  --
S_ZENETR    --  --  --  --  --  --  --  --

```

The `S_init` function provides nominal values for the above inputs. The values are listed below (note that time and location variables are initialized out of bounds to force the user to provide valid inputs):

```

day         = -99      /* undefined */
daynum      = -999     /* undefined */
hour        = -99      /* undefined */
minute      = -99      /* undefined */
month       = -99      /* undefined */
second      = -99      /* undefined */
year        = -99      /* undefined */
interval    = 0        /* instantaneous */
aspect      = 180.0    /* south */
latitude    = -99.0    /* undefined */
longitude   = -999.0   /* undefined */
press       = 1013.0   /* standard pressure */
solcon      = 1367.0   /* NREL uses this */
temp        = 15.0     /* Temperature of the standard atmosphere */
tilt        = 0.0      /* horizontal */
timezone    = -99.0    /* undefined */
sbwid       = 7.6      /* Eppley shadowband */
sbrad       = 31.7     /* Eppley shadowband */
sbsky       = 0.04     /* Eppley shadowband */
function    = S_ALL    /* calculate ALL output parameters */

```

Certain conditions exist during which some of the output variables are undefined or cannot be calculated. In these cases, the variables are returned with flag values indicating such. In other cases, the variables may return a realistic, though invalid, value. These variables and the flag values or invalid conditions are listed below:

```

amass       -1.0 at zenetr angles greater than 93.0 degrees
ampress     -1.0 at zenetr angles greater than 93.0 degrees<
azim        invalid at zenetr angle 0.0 or latitude +/-90.0 or at night
elevetr     limited to -9 degrees at night
etr         0.0 at night
etrn        0.0 at night
etrtilt     0.0 when cosinc is less than 0
prime       invalid at zenetr angles greater than 93.0 degrees
sretr      +/- 2999.0 during periods of 24 hour sunup or sundown
ssetr      +/- 2999.0 during periods of 24 hour sunup or sundown
ssha       invalid at the North and South Poles
unprime     invalid at zenetr angles greater than 93.0 degrees
zenetr     limited to 99.0 degrees at night

```

`S_solpos` returns a long integer error code. Each bit position in the long int represents an error in the range of a particular input parameter. The `S_decode` function in `solpos.c` examines the return code for errors and can be used as is or as a template for building an application-specific function.

The bit positions for each error are defined in `solpos00.h`, and are listed below. (Bit positions are from least significant to most significant.)

```

/*          Code          Bit          Parameter          Range          */
=====
enum {S_YEAR_ERROR,      /* 0  year          1950 - 2050 */
      S_MONTH_ERROR,    /* 1  month         1 - 12 */
      S_DAY_ERROR,      /* 2  day-of-month  1 - 31 */
      S_DOY_ERROR,      /* 3  day-of-year   1 - 366 */
      S_HOUR_ERROR,     /* 4  hour          0 - 24 */
      S_MINUTE_ERROR,   /* 5  minute        0 - 59 */
      S_SECOND_ERROR,   /* 6  second        0 - 59 */
      S_TZONE_ERROR,    /* 7  time zone     -12 - 12 */
      S_INTRVL_ERROR,   /* 8  interval (seconds) 0 - 28800 */
      S_LAT_ERROR,      /* 9  latitude      -90 - 90 */
      S_LON_ERROR,      /* 10 longitude     -180 - 180 */
}

```

```

S_TEMP_ERROR,      /* 11  temperature (deg. C)   -100 - 100  */
S_PRESS_ERROR,     /* 12  pressure (millibars)    0 - 2000  */
S_TILT_ERROR,      /* 13  tilt                    -90 - 90   */
S_ASPECT_ERROR,    /* 14  aspect                  -360 - 360 */
S_SBWID_ERROR,     /* 15  shadow band width (cm)  1 - 100   */
S_SBRAD_ERROR,     /* 16  shadow band radius (cm) 1 - 100   */
S_SBSKY_ERROR};   /* 17  shadow band sky factor  -1 - 1    */

```

REFERENCES

ASTRONOMICAL SOLAR POSITION:

Michalsky, J. 1988. The Astronomical Almanac's algorithm for approximate solar position (1950-2050). *Solar Energy* 40 (3), 227-235.

Michalsky, J. 1988. ERRATA: The astronomical almanac's algorithm for approximate solar position (1950-2050). *Solar Energy* 41 (1), 113.

DISTANCE FROM SUN TO EARTH

Spencer, J. W. 1971. Fourier series representation of the position of the sun. *Search* 2 (5), 172.

NOTE: This paper gives solar position algorithms as well, but the Michalsky/Almanac algorithm above is more accurate.

ATMOSPHERIC REFRACTION CORRECTION

Zimmerman, John C. 1981. Sun-pointing programs and their accuracy. SAND81-0761, Experimental Systems Operation Division 4721, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM.

SHADOW BAND CORRECTION FACTOR

Drummond, A. J. 1956. A contribution to absolute pyrheliometry. *Q. J. R. Meteorol.* 2 Soc. 82, 481-493..

RELATIVE OPTICAL AIR MASS

Kasten, F. and Young, A. 1989. Revised optical air mass tables and approximation formula. *Applied Optics* 28 (22), 4735-4738.

RENORMALIZATION OF KT ("PRIME")

Perez, R., P. Ineichen, Seals, R., & Zelenka, A. 1990. Making full use of the clearness index for parameterizing hourly insolation conditions. *Solar Energy* 45 (2), 111-114.

SOLAR POSITION RELATIVE TO EARTH

Iqbal, M. 1983. *An Introduction to Solar Radiation*. Academic Press, NY.

NOTE: The 1983 edition contains typographic errors in coefficients of some equations. Further, many algorithms given in this book are no longer the best. However, this book gives a complete overview of the issues and methods of measuring and modeling solar radiation