

# Retrofitting a Mini Excavator with a Digital Control System



---

**Pehr Wänggård Persson**  
**Kristoffer Ohlsson**

Division of Industrial Electrical Engineering and Automation  
Faculty of Engineering, Lund University

# Retrofitting a Mini Excavator with a Digital Control System

P. Wänggård Persson & K. Ohlsson

28 november 2014

# Sammanfattning

I början av 2013 kontaktade studenterna Danfoss Power Solutions (då Sauer-Danfoss) i Älmhult. Företaget planerade att genomföra ett Goodwill-projekt åt ARCC (Anders Rick Utbildning AB) i Ljungby. Projektets mål var att utrusta en minigrävare med ett digitalt styrsystem som ersätter delar av det mekaniska/hydrauliska styrsystemet. Minigrävaren skulle användas som utbildningsplattform då ARCC lär ut bland annat hydraulik till servicetekniker och konstruktörer av styrsystem.

Huvuddelen av studenternas arbete i projektet förväntades bestå av att utveckla och skapa den kod som styrsystemet använder. Utöver detta skulle lämplig elektronisk hårdvara väljas ut och korrekt dokumentation skapas kontinuerligt.

Projektet har utförts efter Danfoss SW-PDLP (Software Product Development and Launch Process) [5], en process för framtagning av mjukvara. Processen innehåller mallar till den dokumentation som skall genomföras under projektets gång, den styr även hur och när dessa skall göras. Processen leder projektet från första kundkontakt till sista avlämningen av färdig produkt.

Koden har skapats i Danfoss egna språk och utvecklingsmiljö PLUS+1® GUIDE [3] som använder ett grafiskt användargränssnitt och programmeringsspråk. I slutet av september 2013 sattes kundkraven tillsammans med ARCC. Maskinen skulle med hjälp av tre elektriska joystickar, en display och en mikrokontroller styra fem av de grundläggande funktionerna på minigrävaren. Framdrivning, skopa, bom, schaktblad och serviceuttag skulle kontrolleras av mikrokontrollern. Inkluderat i PLUS+1® GUIDE är ett övervakningssystem där utvecklare och användare kan skapa serviceinterface. Ett sådant interface där alla funktioner och parametrar beskrivs och görs tillgängliga skulle ingå i projektet.

Utifrån marknads-specifikationen togs en teknisk specifikation fram tillsammans med ett funktionsdiagram över systemet. Baserat på dessa dokument togs en utvecklingsplan för mjukvaran och elektriskt kopplingsdiagram fram. Under projektets gång utfördes även FMEA (Failure Mode Effect Analysis), riskanalys, design-granskning och kod-granskningar. En testspecifikation skrevs utifrån den implementerade koden och genomfördes på det ihopkopplade systemet. Efter att systemet färdigställdes togs en användarmanual fram.

I februari 2014 levererades minigrävaren med det digitala styrsystemet till ARCC. Maskinen uppfyllde de krav som specificerats i början av projektet, tillsammans med de ändringar som bestämts i samråd med ARCC.

# Abstract

At the start of 2013 Danfoss Power Solutions (formerly Sauer-Danfoss) in Älmhult was contacted by the students. They were planning a Goodwill project for ARCC (Anders Rick Utbildning AB) in Ljungby. The goal of the project was to equip a mini excavator with a digital control system that would replace part of the existing mechanical/hydraulic control system. The mini excavator would be used as an educational platform as ARCC are educating service technicians and control system designers in hydraulics, among other things.

The main part of the students work during the project was expected to be the development and implementation of the control system software. Apart from this, suitable electronic hardware was to be chosen and correct documentation made continuously.

The project has followed the Danfoss SW-PDLP (Software Product Development and Launch Process) [5]. This process contains templates for the documentation necessary during the project and it dictates when the activities that produce the documentation should be started. The process leads the developers from the first customer contact through to the final shipping of the finished product.

The software code has been created in a Danfoss proprietary environment called PLUS+1® GUIDE [3]. It uses a graphical interface together with graphical code. In late September 2013 the customer requirements were established together with ARCC. The machine should be able to control propulsion, boom and bucket, dozer and the auxiliary using three electric joysticks, a digital display and a microcontroller. PLUS+1® GUIDE includes a tool for monitoring the system where users and developers can create their own service interface. Such an interface with all of the functions and parameters described and available was to be part of the finished product.

Based on the market specification a technical specification and functional flow charts were created. Based on these documents a development plan for the software and wiring diagrams were created. During the project an FMEA (Failure Mode Effect Analysis), risk analysis, design review and code reviews were performed. A test specification was created based upon the implemented code and described tests for the complete system. When the system was complete a user manual was created.

The mini excavator was delivered to ARCC with the digital control system in February of 2014. The machine fulfilled the requirements set at the beginning of the project as well as the modifications agreed upon during the project run.



## Förord

Detta projekt är en del av ett examensarbete för civilingenjörsexamen inom maskinteknik, inriktning mekatronik. Projektet har utförts vid IEA, avdelningen för Industriell Elektroteknik och Automation vid Lunds Tekniska Högskola.

Projektet delades upp så att studenterna i stort hade samma uppgifter. Dock har Kristoffer Ohlsson varit ansvarig för design och utveckling av displaymjukvaran. Pehr Wänggård Persson var ansvarig för design och utveckling av mikrokontrollermjukvaran. Dokumentation och granskning har skett ömsesidigt.

Vi vill ta tillfället i akt att tacka alla de som har hjälpt till och gjort detta projekt möjligt.

Joel Peterson, för all den support vi fått under utvecklingen.

Thomas Palmgren, för att vi fick komma till Danfoss i Älmhult.

Ola Rick, för all den frihet vi fick under utvecklingsarbetet.

Claes Troste, för hjälpen med minigrävaren.

Mats Andersson, för det stora intresset för projektet.

Gunnar Lindstedt, för din tid.

Ulf Jeppsson, för ditt stöd.

Helpdesk Danfoss, för hjälpen då vi var färska i GUIDE.

Application Software Danfoss, för all hjälp!

# Förkortningar

---

SW-PDLP	Software Product Development and Launch Process
GUIDE	Graphical User Integrated Development Environment
DSP	Digital Signalprocessor
ARCC	Anders Rick Utbildning AB
I/O	In/Out (interface)
CAN	Controller Area Network
PWM	Pulse Width Modulation
IP	Ingress Protection Marking (International Protection Marking)
PVG	Proportional Valve Group
PVE	Proportional Valve Electrical Actuator
API	Application Programming Interface
FMEA	Failure Mode Effect Analysis
PID	Proportionell-Integrerande-Deriverande regulator
U8-U32, S8-S32	Unsigned (8, 16, 32)-bit word, Signed (8, 16, 32)-bit word
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
ROM	Read-Only Memory
RPM	Revolutions Per Minute

# Innehåll

Sammanfattning . . . . .	i
Abstract . . . . .	ii
Förord . . . . .	iii
Förkortningar . . . . .	iv
<b>1 Introduktion</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrund . . . . .	1
1.1.1 Projektet . . . . .	1
1.1.2 Utbildning . . . . .	2
1.1.3 Danfoss Power Solutions . . . . .	3
1.1.4 ARCC AB . . . . .	4
1.2 Målsättning . . . . .	4
1.2.1 Problemformulering . . . . .	4
1.2.2 Syfte . . . . .	5
1.3 Begränsningar . . . . .	6
1.3.1 Ekonomiska begränsningar . . . . .	6
1.3.2 Tekniska begränsningar . . . . .	6
1.3.3 Tidsbegränsningar . . . . .	6
<b>2 Verktyg och hårdvara</b>	<b>7</b>
2.1 Verktyg . . . . .	7
2.1.1 SW-PDLP . . . . .	7
2.1.2 PLUS+1® GUIDE . . . . .	10
2.1.3 Screen Editor . . . . .	14
2.1.4 Service Tool . . . . .	15
2.1.5 CAN-kommunikation . . . . .	15
2.2 Hårdvara . . . . .	16
2.2.1 Mikrokontroller . . . . .	16
2.2.2 Joystickar . . . . .	17
2.2.3 Display . . . . .	17
2.2.4 Ventiler och styrning . . . . .	18
2.2.5 Vinkelgivare . . . . .	20
2.2.6 Längdgivare . . . . .	20
2.2.7 Motorsensorer . . . . .	20
<b>3 Utförande</b>	<b>21</b>
3.1 Uppstart . . . . .	21

3.2	SW-PDLP . . . . .	22
3.3	Implementering . . . . .	27
3.3.1	Elschema . . . . .	27
3.3.2	Implementering av kod . . . . .	27
3.3.3	Funktioner som följer med GUIDE . . . . .	29
3.3.4	Implementering på målmaskinen . . . . .	34
3.4	Testning . . . . .	34
3.4.1	Enhetstestning . . . . .	34
3.4.2	Integrationstestning . . . . .	34
3.4.3	Systemtestning . . . . .	35
<b>4</b>	<b>Resultat</b>	<b>36</b>
4.1	SW-PDLP . . . . .	36
4.2	Implementering . . . . .	43
4.2.1	Elschema . . . . .	43
4.2.2	Implementering av kod . . . . .	43
4.2.3	Mikrokontroller . . . . .	44
4.2.4	Display . . . . .	54
<b>5</b>	<b>Slutsatser och diskussion</b>	<b>58</b>
5.1	Utvecklingsprocessen . . . . .	58
5.2	Minigrävaren . . . . .	59
<b>6</b>	<b>Källreferenser</b>	<b>60</b>
	<b>Appendix</b>	<b>61</b>
	Appendix A . . . . .	62
	Appendix B . . . . .	67
	Appendix C . . . . .	95
	Appendix D . . . . .	108
	Appendix E . . . . .	110
	Appendix F . . . . .	117
	Appendix G . . . . .	126
	Appendix H1 . . . . .	195
	Appendix H2 . . . . .	198
	Appendix I1 . . . . .	201
	Appendix I2 . . . . .	209
	Appendix I3 . . . . .	214
	Appendix I4 . . . . .	218
	Appendix I5 . . . . .	220

# Kapitel 1

## Introduktion

### 1.1 Bakgrund

Industrin för tunga maskiner står inför ett teknologiskifte. Tidigare har de flesta maskiner mer eller mindre haft enbart mekanisk styrning av hydrauliken. Men efter hand som högre krav ställs på säkerhet, smarta funktioner och utvecklingskostnader så drivs utvecklingen mer och mer mot elektriskt styrda system. Detta för med sig ett problem beträffande servicetekniker, säljare och konstruktörer. De flesta är idag antingen utbildade på mekaniska eller elektroniska system. Detta skapar ett behov av utbildning. Utbildningen ska leda till en överbryggning mellan det mekaniska och elektriska så att man får en helhetsbild av hur moderna maskiner fungerar.

#### 1.1.1 Projektet

Maskinen som projektet baserar sig på är en minigrävare av modell Kubota KX36-2 $\alpha$  (Figur 1.1). På grund av sin låga vikt och storlek kallas den hädanefter för minigrävaren. Inga nya hydrauliska funktioner läggs till vilket gör att den gamla motorn, en trecylindrig dieselmotor på 13kW med tillhörande pumpar räcker för projektet. Minigrävaren har en grävsropa på bom och ett schaktblad. De båda larvfötterna är klädda med gummi för körning i bebyggelse.

Minigrävaren skall användas som utbildningsplattform av företaget ARCC (Anders Rick Utbildning AB) som anordnar kurser för servicetekniker, montörer och systemingenjörer inom bland annat hydraulik. Minigrävarens uppgift efter projektets genomförande är att demonstrera hur digitala styrsystem kan användas för att utöka en maskins funktionalitet.

Studenternas uppgift i detta blir att utveckla och implementera det digitala styrsystemets programkod och att välja ut passande elektronisk hårdvara. Användarmanual, specifikationer och andra dokument skapas av studenterna

under projektets gång. Projektet följer Danfoss SW-PDLP (Software Product Development and Launch Process), en process som leder utvecklingen från första kundkontakt till avlämning av färdig produkt.



**Figur 1.1:** Kubota KX36-2 $\alpha$ , minigrävaren projektet baseras på.

Minigrävaren har från fabrik två stycken tvåaxliga joystickar för styrning av bommen med skopa samt vridning av hela plattformen, som vilar på larvbanden. Den har tre enaxliga spakar för framdrivningen och schaktbladet. Två pedaler styr vridning av bommen och serviceuttaget. På serviceuttaget kan man koppla hydrauliskt styrd extrautrustning istället för skopan, till exempel Rototilt.

Under projektets början byggs minigrävaren om av ARCC: ett elektriskt styrt ventilpaket kommer att sättas på maskinen utöver det gamla ventilpaketet. Den högra joysticken som styr bommen i höjdlid och skopan kommer att bytas ut mot en elektrisk tvåaxlig joystick. Spakarna för framdrivningen kommer att bytas ut mot två elektriska enaxliga joystickar. Pedalen som styr serviceuttaget kommer att tas bort tillsammans med joysticken för schaktbladet. För övervakning och, i den utsträckning det är möjligt, manipulation av systemet kommer en display med tryckknappar att monteras. Sensorer kommer att monteras för att kunna övervaka och styra schaktbladets höjd och bommens höjdbegränsning. Styrning av systemet ska behandlas av en mikrokontroller.

### 1.1.2 Utbildning

På grund av att all programmering i projektet sker i programmeringsmiljön PLUS+1® GUIDE, så krävdes en del förkunskaper för att projektet skulle flyta på redan från början. Dessa förkunskaper togs in under en introduktionskurs som Danfoss Power Solutions erbjuder sina kunder. Under kursen, som varade i fyra dagar, avhandlades grunderna i GUIDE. [4]

### 1.1.3 Danfoss Power Solutions

Danfoss Power Solutions, tidigare Sauer-Danfoss, är en division av Danfoss A/S, ett globalt företag med huvudkontor i Danmark. Danfoss Power Solutions har en relativt lång och intressant historia. [1]

#### Danfoss Fluid Power

1933 grundades Danish Refrigeration Controls and Apparatus Manufacturer i Danmark, som 1946 bytte namn till Danfoss. 1998 knöpsades Danfoss Hydraulics av och blev under namnet Danfoss Fluid Power ett eget företag skilt från kärnverksamheten.

#### Sauer-Sundstrand

1946 grundades Sundstrand Machine Tools, ett amerikabaserat företag som 1959 bytte namn till Sundstrand Corporation, vilket i början av 60-talet blev mycket populärt inom hydraulik. Samtidigt i Tyskland så grundades Sauer Getriebe som också jobbade med pumpar och hydraulikprodukter. 1987 gick företagen samman under namnet Sundstrand-Sauer, men 1989 sålde Sundstrand sina aktier och företaget bytte namn till Sauer-Sundstrand.

#### NOB Elektronik AB

1985 grundades NOB Elektronik i Älmhult. Företaget startade med tre anställda för att producera elektronik till elektriska värmeprodukter. 1987 lades grunden för vad som skulle komma att bli PLUS+1® GUIDE genom utvecklingen av  $\mu$ -Graf. En grafisk programmeringsmiljö för företagets hårdvara. Företaget expanderade och tog bland annat patent på REDCAN, redundant CAN-kommunikation (Controller Area Network). 2000 när företaget köptes upp av Sauer-Sundstrand hade det 40 anställda.

#### Sauer-Danfoss

Sauer-Danfoss bildades genom en sammanslagning av Sauer-Sundstrand och Danfoss Fluid Power som utfördes år 2000. 2004 släpptes den första versionen av PLUS+1® GUIDE, som kom att bli företagets standard programmeringsmiljö. På grund av företagets satsningar i Älmhult, byggdes 2008 en ny fabrik. Det är i denna fabrik som projektet utförts.

Anledningen för namnbytet från Sauer-Danfoss till Danfoss Power Solutions är att 2013 köpte delägarna Danfoss A/S upp de resterande aktierna i Sauer-Danfoss. Sauer-Danfoss är nu helägt av Danfoss A/S och opererar som Danfoss Power Solutions. De designar, tillverkar och säljer hydrauliska och elektriska komponenter i form av:

- Mikrokontrollrar
- Joystickar
- Displayer
- Hydraulventiler
- Hydrostatdrivningar (pumpar och motorer)
- Orbitalmotorer

Utöver detta så gör de kompletta elektrohydrauliska styrsystem till bland annat jordbruksmaskiner, skogsmaskiner och andra tunga maskiner.

### 1.1.4 ARCC AB

Anders Rick Utbildning AB är ett utbildningsföretag inom bland annat hydraulik, pneumatik och tunga fordon som är stationerat i Ljungby. De utbildar servicetekniker, montörer och konstruktörer. Företaget grundades 2010 av två tekniska officerare inom försvarsmakten. [2]

## 1.2 Målsättning

### 1.2.1 Problemformulering

Projektet går ut på att utveckla mjukvaran och kopplingsschema till en mini-grävare som ska konverteras till viss del från ett mekaniskt/hydrauliskt system till ett elektriskt styrt system. Utvecklingsprocessen ska följa Danfoss Power Solutions SW-PDLP. Funktionerna som ska implementeras är följande:

#### 1.2.1.1 Framdrivning

- Framdrivning kan ske med två enaxliga joystickar, där joystickarna styr ett band var.
- Framdrivning kan även ske med en tvåaxlig joystick, där en knapp på joysticken måste tryckas in för att aktivera detta läge.

För mer information se figur 4.3 sid. 48.

#### 1.2.1.2 Bom och skopa

- Styrning av bommens andra led (höjded) med den tvåaxliga joystickens Y-axel.
- Styrning av skoppan med den tvåaxliga joystickens X-axel.

För mer information se figur 4.1 sid. 45.

#### 1.2.1.3 Schaktblad

- Styrning av schaktbladet (upp/ned) med två knappar på den tvåaxliga joysticken.

För mer information se figur 4.4 sid. 50.



#### 1.2.1.4 Display och övervakning

- Systemövervakning och servicemöjligheter i displayen.
- Möjlighet att sätta en önskad höjd på schaktbladet i displayen (closed loop control).
- Möjlighet att sätta en maxhöjd på bommen i displayen.
- Möjlighet att sätta en önskad öppningsgrad i displayen för ventilen till serviceuttaget.
- Varningar och fel som registreras av mikrokontrollern ska visas i displayen.

För mer information se appendix G sid. 173.

#### 1.2.1.5 Service Tool

- Service Tool-sidor för att manipulera parametrar, övervaka funktioner och felsöka i systemet.

### 1.2.2 Syfte

Syftet med detta projekt är att utveckla det system som skall ersätta och utvidga minigrävarens nuvarande funktioner. Detta skall göra så att systemet lever upp till båda företagens förväntningar och passar för deras tillämpningar.

Minigrävaren kommer att användas av ARCC AB för att utbilda bland annat servicetekniker och konstruktörer. Man vill kunna visa på skillnader och likheter mellan elektriskt och mekaniskt styrda system på samma maskin. Detta har lett till behovet av en maskin som är enkel att manipulera, så att man kan visa olika situationer som elever kan felsöka. Minigrävaren ska producera information via en display om de system som är aktiva, till exempel hur styrsignalerna till ventilerna ser ut och vilka värden givarnas signaler har.

Danfoss Power Solutions vill kunna använda minigrävaren som demoexemplar för att visa vad deras produkter kan göra för nytta på en maskin som tidigare varit helt mekanisk.

## 1.3 Begränsningar

Projektets begränsningar är av olika natur, en del av dem påverkar projektets formulering medan andra påverkar projektets utförande.

### 1.3.1 Ekonomiska begränsningar

De ekonomiska begränsningarna kommer av att projektet startades som ett Goodwill-projekt. Eftersom projektet inte kommer generera någon direkt vinst så är budgeten begränsad med avseende på utrustning och mantimmar från anställda.

### 1.3.2 Tekniska begränsningar

En teknisk begränsning är vad som är möjligt att montera på minigrävaren. Maskinens små dimensioner gör det svårt att installera stora displayer och robusta givare.

Det grafiska programmeringsspråket som används med hårdvaran beskriver i huvudsak en DSP (Digital Signalprocessor). Utvecklare som är vana vid objektorienterad programmering kan känna en avsaknad av dynamik då signaler oftast måste vara entydigt definierade och med en fast typ (U8, S16 osv.).

### 1.3.3 Tidsbegränsningar

Projektet avser 60 högskolepoäng vilket motsvarar en termin med heltidsstudier för två personer. Detta gör att projektet har begränsats avseende vilka funktioner som ska implementeras. Projektet planerades med olika nivåer av prioritet på funktionerna, så att de som inte är så viktiga går att hoppa över om tiden inte räcker till.

# Kapitel 2

## Verktyg och hårdvara

### 2.1 Verktyg

Detta avsnitt beskriver de mjukvaruverktyg som använts under projektets gång.

#### 2.1.1 SW-PDLP

Software Product Development and Launch Process [5] är en struktur och guide för hur mjukvaruutveckling och ändring skall ske för att kunna säkerställa att projekt utförs konsekvent och i linje med de säkerhetskrav som ställs av kunderna. Detta verktyg skall passa för flera olika former av arbete och består därför av riktlinjer och förslag på hur arbetet skall struktureras och utvärderas under resans gång. SW-PDLP-dokumentet är bara tillgängligt för Danfoss kunder. En översiktsbild av de steg som föreslås för den aktuella projektformen ser ut såhär:

#### **Identifiering av avdelningar inom företaget och projektets påverkan på dessa**

Denna punkt är mer relevant för projektets existens, inte dess utförande.

#### **Utvärdering av krav på övergripande säkerhet**

En kund kan kräva att man säkerställer hela produktens, inte bara mjukvarans, säkra uppträdande. Detta arbete kommer i så fall att fortgå från både kundens och utvecklarens sida under hela projekttiden.

#### **Framtagning av kundbehov och projektsammanfattning**

Detta steg syftar till att ge en bild av projektets grundkomponenter, vad som skall hända, vilka som är inblandade och vad resultatet förväntas bli.

**Framtagning av utvecklingskoncept**

En grundläggande beskrivning av hur man planerar att arbeta, hur mycket personal som skall involveras och vilka andra kostnader som bedöms uppkomma.

**Framtagning av kravspecifikation**

Kundbehoven omvandlas till en kravspecifikation, ett av de dokument som ligger till grund för hela utvecklingsarbetet. Denna kravspecifikation granskas med kunden för att undvika eventuella missförstånd.

**Riskanalys – fordon**

Denna analys utförs i huvudsak av kunden på det fordon som kommer användas i styrsystemet. Detta för att bland annat kunna möjliggöra ökad säkerhet genom mjukvaran.

**Framtagning av testplan**

Denna plan beskriver hur man tänker kontrollera att systemet uppfyller de krav som kunden har ställt.

**Framtagning av arkitekturkoncept**

Ett dokument som ytligt beskriver vilken hårdvara som skall användas, hur dessa kopplas samman och hur dess funktioner behandlas i mikrokontrollern. Utifrån detta kan man till exempel se om tidigare funktionsbibliotek kan användas för att implementera vissa funktioner i detta projekt. Konceptet ligger till grund för estimeringen av insatsen.

**Estimering av insats**

För att kunna utvärdera lönsamhet och sammanställa en budget tar man fram denna prognos över hur mycket resurser projektet kommer att behöva.

**Riskanalys – projekt**

Här tittar man på de potentiella problem som kan komma att hindra eller avbryta projektet. Saker som leveransproblem och brist på kompetens analyseras och rangordnas. För de allvarligaste riskerna måste lösningsförslag tas fram.

**Koncept-FMEA (Failure Mode Effect Analysis)**

I denna analys rangordnar man fel på systemnivå efter allvarlighet, förekomst och hur svåra de är att hitta/diagnostisera. Är produkten av dessa tre faktorer för hög så bör det skapas planer för att förhindra att felen påverkar maskinens säkerhet. Vanliga fel kan vara kortslutningar, kabelbrott eller defekt kringutrustning.

**Projektplanering**

För att kunna kontrollera att projektet går framåt i den takt som planerats skapas detta underlag där de övergripande arbetsmomenten planeras in. Utifrån detta dokument kan man försäkra sig om att nödvändiga resurser finns tillgängliga när de behövs.

### **Arkitekturkonceptgranskning**

Här granskas det arkitekturkoncept som framställts tidigare tillsammans med för projektet utomstående utvecklare. Nu har man möjlighet att uppdatera sin plan för implementeringen innan för mycket kod börjar skrivas.

### **Revidering av kravspecifikation**

Då projektet varit igång en tid kan det bli problem med att uppfylla den kravspecifikation som togs fram tidigare under projektet. Andra krav kan ha lagts till eller modifierats av kunden och detta kräver att kravspecifikationen ses över och revideras. Här för mycket av kraven förändrats kanske ett nytt projekt bör startas. Här genomförs även de eventuella ändringar i kravspecifikationen som har föreslagits under arkitekturgranskningen. Det är den reviderade specifikationen som implementeringen kommer att baseras på. I någon mån fortgår detta arbete kontinuerligt under utvecklingen då funktioner kan modifieras eller läggas till av kunden under arbetet.

### **Designdokumentet**

Här skapas ett hjälpdokument som övergripande beskriver hur de olika systemen är tänkta att interagera. Ofta framställs detta som ett blockdiagram.

### **API-beskrivning**

API (Application Programming Interface) beskriver hur de olika systemen kommunicerar med varandra. Detta innefattar I/O-specifikation för pinnar och CAN-protokoll. Det bör innehålla både beskrivning av mjukvaruprotokoll och hur komponenterna är sammankopplade rent fysiskt. Beskrivningen är oerhört viktig för felsökning och som hjälp för andra utvecklare som tittar på koden.

### **Validerings- och verifikationstestspekifikation**

Den kod som implementeras måste kunna fylla de krav som hela projektet grundas på. För att ta reda på om det implementerade systemet uppfyller kundens krav och om systemet uppför sig korrekt skapar man här en testspecifikation. Specifikationen skall innehålla steg-för-steginstruktioner för de tester som krävs.

### **Mjukvaru-FMEA**

För att ta reda på om den struktur koden planeras få innebär risker för maskinens säkerhet genomförs här en FMEA. Allvarliga risker måste dokumenteras tillsammans med förslag på hur de skall byggas bort i mjukvaran.

### **Implementering**

Arbetet med att implementera koden börjar här. Är projektet stort bör man kalla till kodgranskning med jämna mellanrum.

### **Kodgranskning**

Nu granskas koden tillsammans med för projektet utomstående utvecklare för att upptäcka felaktigheter gentemot specifikationen eller undermålig/farlig kod.

### Testning

Koden testas först funktion för funktion i laboratoriemiljö och sedan i målsystemet då alla skall interagera som var tänkt.

### Användardokumentation

Slutligen produceras ett dokument som beskriver hur det är tänkt att funktionerna skall användas och vilka inställningsmöjligheter som finns. Detta dokument följer med produkten då den distribueras.

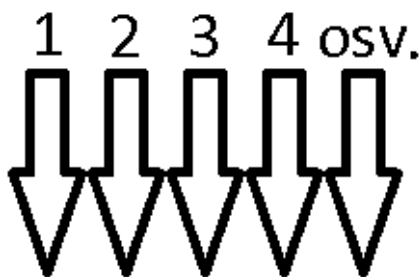
## 2.1.2 PLUS+1® GUIDE (Graphical User Integrated Development Environment) version 6.1

PLUS+1® GUIDE är en grafisk programmeringsmiljö baserad på CAD-mjukvara, utvecklat specifikt för att vara användarvänligt och lättförstått. Funktionsblock kopplas samman med binära signaler och/eller heltal. Det finns en mängd förprogrammerade generella funktioner samt funktioner specifikt framtagna för att passa företagets olika produkter.

Anledningen till att man använder en egenutvecklad programmeringsmiljö istället för ett lågnivåspråk är huvudsakligen för användarvänlighetens skull. Att skapa grafik till displayerna kan ta väldigt lång tid i exempelvis C. I GUIDE finns Screen Editor som gör det mindre komplicerat. Här läggs grafik in med förhandsgranskning och relevanta signaler kopplas till bilder, symboler och text som attribut. Detta gör att man snabbt kan få fram utkast på hur grafiken kommer att se ut och fungera, vilket i sin tur underlättar vid kommunikationen med kunden då de direkt kan ge feedback på det som utvecklaren har åstadkommit.

På grund av att programmeringsmiljön är grafisk och uppbyggd på ett relativt enkelt sätt blir det en lägre tröskel för kunder att lära sig utveckla egna program till hårdvaran.

Exekveringsordningen för en uppritad sida i GUIDE är uppifrån och nedåt samt från vänster till höger, se figur 2.1.



**Figur 2.1:** Exekveringsordningen för den grafiska koden i PLUS+1® GUIDE.

### 2.1.2.1 Complianceblock

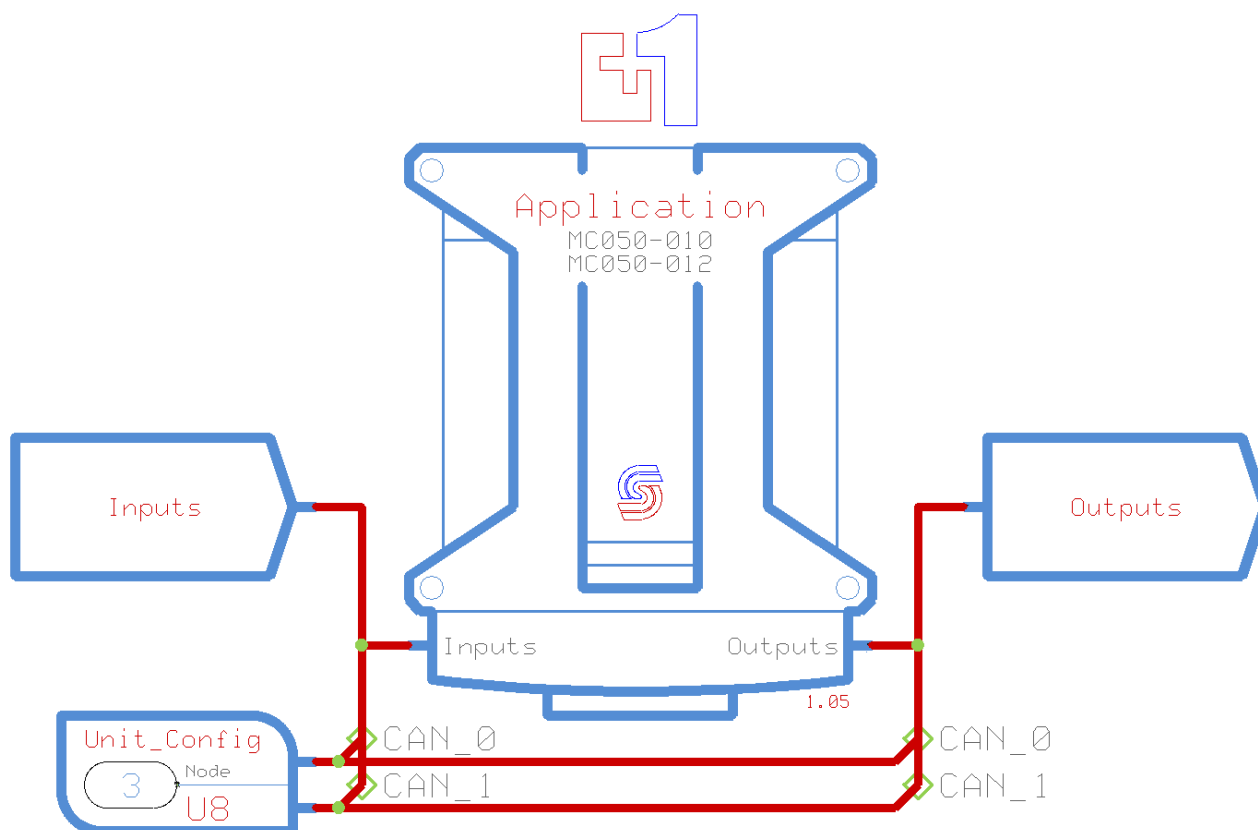
Complianceblock är små kodpaket som är framtagna för att enkelt kunna skapa ett interface mot joystickar och liknande enheter i PLUS+1®familjen. Ett typiskt block för att hantera en CAN-joystick har enhetens adress och CAN-porten som insignaler. Utsignaler blir sedan joystickens position och knapparnas läge tillsammans med status- och fel-signaler som skapas i blocket.

### 2.1.2.2 Funktionsblock

Funktionsblock är skapade på samma sätt som Complianceblock fast de är inte speciellt anpassade för att kopplas mot PLUS+1®enheter utan utför en specifik funktion, till exempel ett filter eller en PID-regulator.

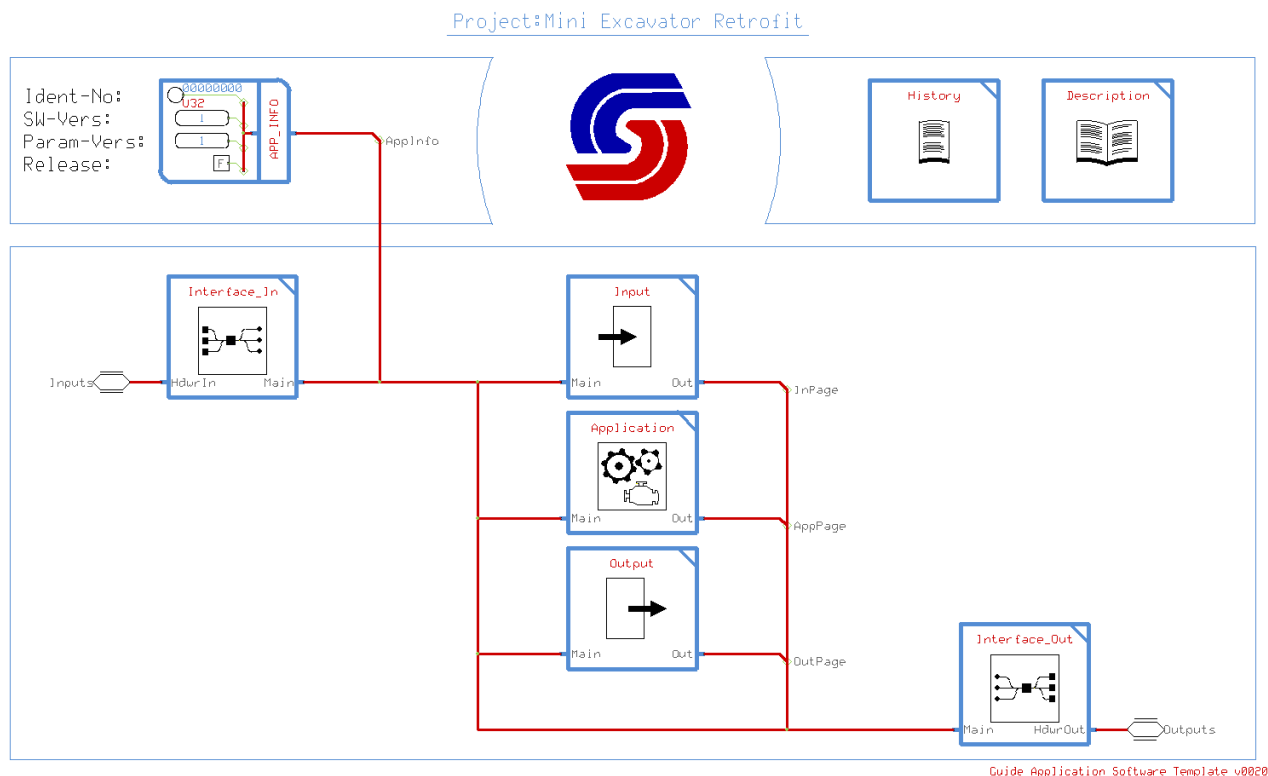
### 2.1.2.3 Templates

I PLUS+1® GUIDE finns så kallade templates eller mallar tillgängliga. Dessa finns i olika utförande och kan användas i kombination med varandra. Dels finns det hårdvarumallar som följer med hårdvaran och innehåller omdöpta hårdvarusignaler för att enklare kunna koppla mjukvaran mot hårdvarans I/O. Dels finns det mjukvarumallar framtagna som riktlinjer för hur applikationer kan struktureras då program utvecklas inom Application Software-avdelningen. Exempel på dessa mallar visas i figurerna 2.2 och 2.3 nedan.



**Figur 2.2:** Högsta nivå i hårdvarumallen för en mikrocontroller, sett från utvecklingsmiljön.





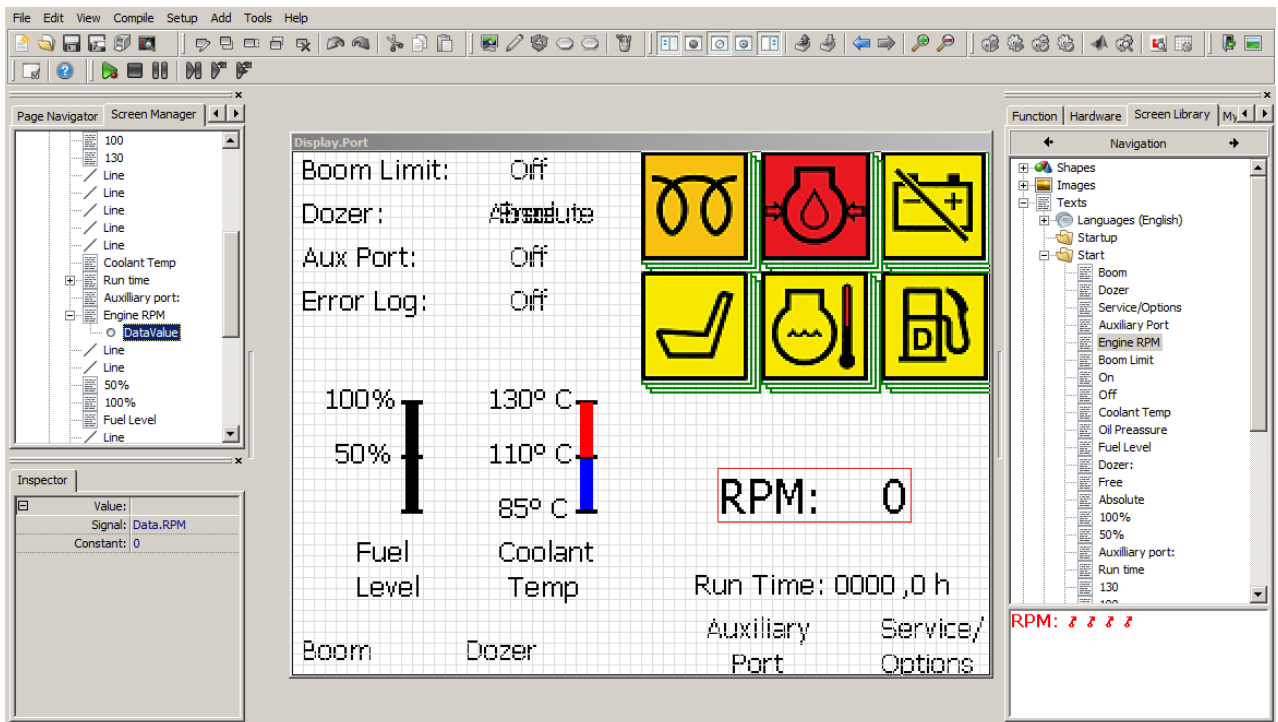
**Figur 2.3:** Högsta nivån i mjukvarumallen för mikrocontrollers, sett från utvecklingsmiljön.

#### 2.1.2.4 Riktlinjer vid programmering i PLUS+1® GUIDE

När man börjar programmera är det en fördel att utgå ifrån den design som tagits fram. Funktion för funktion tas fram och de delar som går att testa individuellt bör testas så. Detta för att undvika att olika problem överlappar varandra vilket gör felsökning onödigt svår. En fördel med GUIDE är överskådligheten. För att denna inte skall förstöras finns det riktlinjer för hur man formaterar sin kod. Programmeringsverktyget har ett fördefinierat område inom vilket det är rekommenderat att hålla sig, storleken är matchad till storleken på de komponenter som används. Målet är att slippa zooma in onödigt mycket för att förstå en sida kod. Istället bör man flytta kodpaket som hänger ihop in i nästlade sidor. Detta kan jämföras med anrop av externa funktioner i ett vanligt textbaserat språk. Raka streck är enklare att följa än streck som bryter av och går snett. Streck som går genom andra komponenter och figurer är även de svåra att tyda. Det är möjligt att bygga något som kan liknas vid fyrvägskorsningar vilka på grund av renderingen är svåra att skilja från det fallet då ett streck går över ett annat, utan att sammankopplas med det.

### 2.1.3 Screen Editor version 6.1

För att programmera displayens grafik används ett verktyg som i GUIDE kallas Screen Editor (Figur 2.4). Detta verktyg möjliggör fri placering av text och bilder. Instanser av dessa objekt binds till en skärmbild. I texten kan värden länkas från displayens arbetsminne, text och bilder kan kopplas till på/av-logik. Textobjekt kan innehålla översättningar av texten i fråga och språk kan sedan bytas genom en för enheten global parameter. Editorn stöder rotation av bilder utifrån värden ur arbetsminnet. Detta kan användas tillsammans med förflyttningar i planet då koden exekveras på hårdvaran. Text- och bildlistor kan skapas där en integer bestämmer vilken text som skall visas.

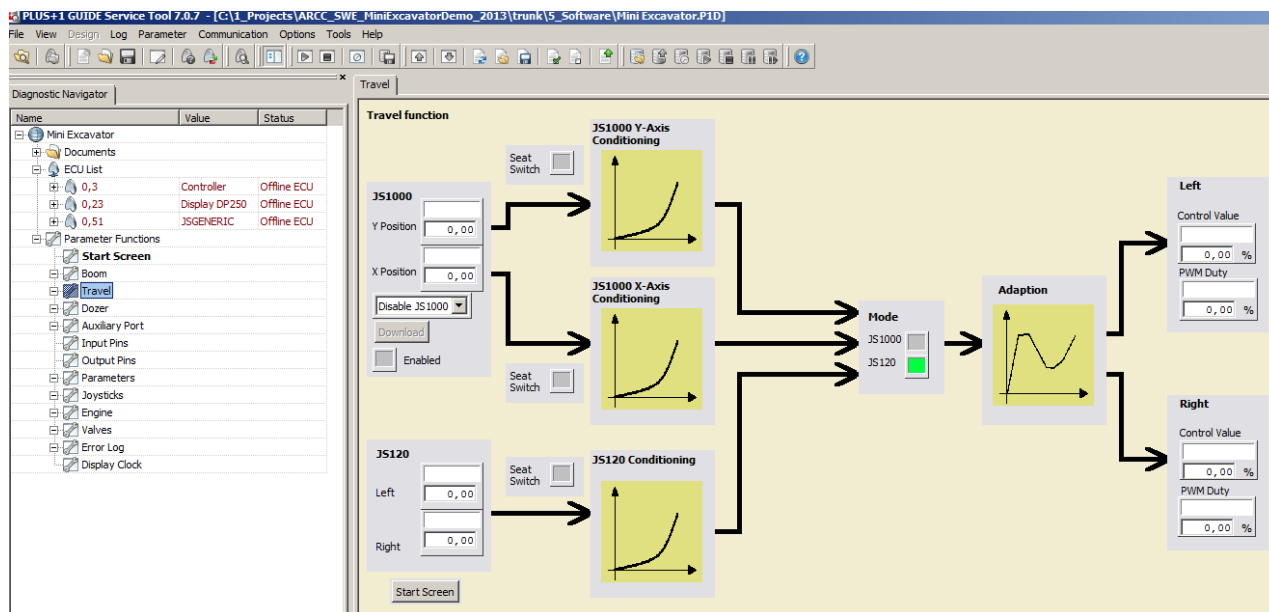


**Figur 2.4:** Screen Editor, ett verktyg för att skapa grafik till displayer. Internt i PLUS+1® GUIDE.

### 2.1.4 Service Tool

Service Tool är en applikation för Windows som möjliggör kommunikation med styrsystemet (Figur 2.5). Används normalt från en dator som kopplas in över CAN till systemet. Här kan man organisera bland annat övervakning och dialoger för inställningar. De inställningar som kan göras på hårdvaran som sådan finns tillgängliga, tillsammans med in/ut-pinnars värden och feedback. Har man lagt in titthål (s.k. "Checkpoints") i sin kod kommer man att kunna presentera dem här tillsammans med de minnesblock som definierats i koden.

Normalt sett skapar man sidor med de signaler man är intresserad av tillsammans med förklarande/instruerande grafik och text.



**Figur 2.5:** Service Tool, ett verktyg för att kommunicera med PLUS+1® -enheter med hjälp av konfigurerbara dialoger och sidor. Följer med PLUS+1® GUIDE.

### 2.1.5 CAN-kommunikation

CAN är en standard för att skicka meddelanden mellan enheter sammankopplade med en data-buss. Detta kallas ofta för en CAN-buss. Enheterna på bussen måste vara utrustade med hårdvara som är kompatibel med CAN-standarden. Bussen i sig består av två ledare hopkopplade över en resistans, så kallat termineringsmotstånd. Meddelandena som skickas består av ett ID, 11 eller 29 bitar långt beroende på behov. Efter detta kommer 0 till 8 bytes med data. ID används för att kunna välja vilka meddelanden en enhet skall ta emot från bussen. Enheten som skickar meddelandet bestämmer vilket ID det kommer ha och hur många data-bytes det skall innehålla. Det är på nivån med ID och data-bytes som alla CAN-protokoll och specifikationer skapats inom projektet. [6]

## 2.2 Hårdvara

Följande komponenter ingår alla i Danfoss PLUS+1®sortimentet, förutom vinkel-, längd-, och motorsensorerna.

Hårdvaran har inte i huvudsak valts för att passa en maskin av denna storlek optimalt, utan för att kunna visa på principer och lösningar inom teknikområdet. Minigrävaren kommer inte att användas i krävande miljöer med jord och vatten vilket möjliggör mindre robusta komponenter. Avsikten att använda minigrävaren som ett mobilt utställningsobjekt bidrar till att den mikrokontroller och display som valts är mer avancerade än vad som är nödvändigt.

### 2.2.1 Mikrokontroller

Den centrala mikrokontrollern heter MC50-10 och har 50 pinnars I/O. Dessa pinnar hyser funktioner så som:

- Två CAN-bussar
- Digital IN
- Analog IN
- Frekvens IN
- Rheostat IN
- Temperatur IN
- Digital UT
- PWM UT
- Stabiliserad +5V UT
- Dedikerad strömförsörjning till ventiler UT

Mikrokontrollern styrs av en 32-bitars DSP med klockfrekvensen 150 MHz. Enheten har ett färdigt operativsystem där det enda som är intressant att ändra för detta projekt är pinnarnas inställningar. Dessa går att ställa in med avseende på mätområde eller funktion då vissa av pinnarna är av så kallad multi-funktionstyp. Enheten kan drivas med 9-36 VDC.

Mikrokontrollern valdes för att slippa använda en separat I/O-modul då systemet visade sig behöva många ingångar. Minne och processorkraft är väl tilltagna för denna maskin men den ökade energiåtgången är försumbar när man tar det tänkta användningssättet i beaktelse.

### 2.2.2 Joystickar

Två typer av elektrisk joystick används (utöver den mekaniska), JS1000 och JS120. Y-axeln ger positiva signaler då joysticken förs framåt, X-axeln är positiv då joysticken förs till höger.

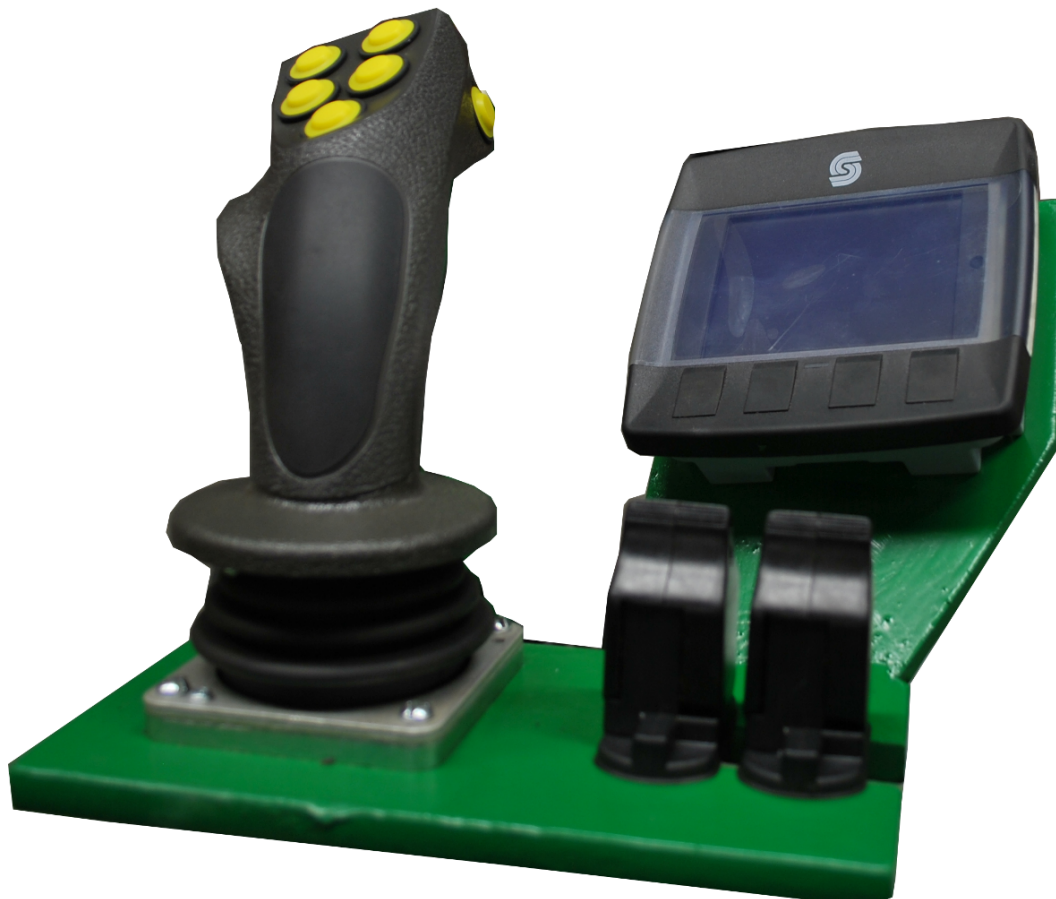
JS1000 är en tvåaxlig joystick där Hall-givare ger positionerna. Enheten går att få i många kombinationer men den som används i detta projekt har ett ergonomiskt handgrepp med 7 stycken knappar och CAN-kommunikation. Handgreppet har inte en IP-klassificering (beskriver hur tålig en komponent är mot intrång av väta, partiklar och dyl.) men på grund av maskinens användningsområde bör det inte göra någon skillnad. Joysticken valdes för att den var liten, billig och för att kunna visa hur indata kan levereras över CAN. Knapparna förenklar styrning av bland annat schaktblad och serviceporten.

JS120 är en 1-axlig joystick med potentiometer, direkt kopplad till en analog ingång på mikrokontrollern. Enheten har även brytare som leder då joysticken förs ut från sitt neutralläge. Pris och den smidiga storleken bidrog till att denna joystick valdes.

### 2.2.3 Display

Displayen heter DP250 och har en TFT-skärm (320x240 pixlar) med 15-bitars färg och 4 tryckknappar. Enheten har ett operativsystem med CAN-kommunikation och 6 ingångar av olika slag. Den har en realtidsklocka och minne särskilt reserverat för loggning av värden från arbetsminnet. Sex stycken LEDs sitter efter skärmens kortsidor. Dessa kan tändas individuellt och lyser grönt, gult eller rött i par.

Enheten valdes för att den var väl beprövad och för att den hade färgskärm. Storleken var även realistisk för minigrävaren. Antalet pinnar för I/O togs inte i beaktelse då mikrokontrollerns pinnar ansågs räcka. CAN-kommunikation var gemensamt för alla displayer som fanns tillgängliga (Figur 2.6).

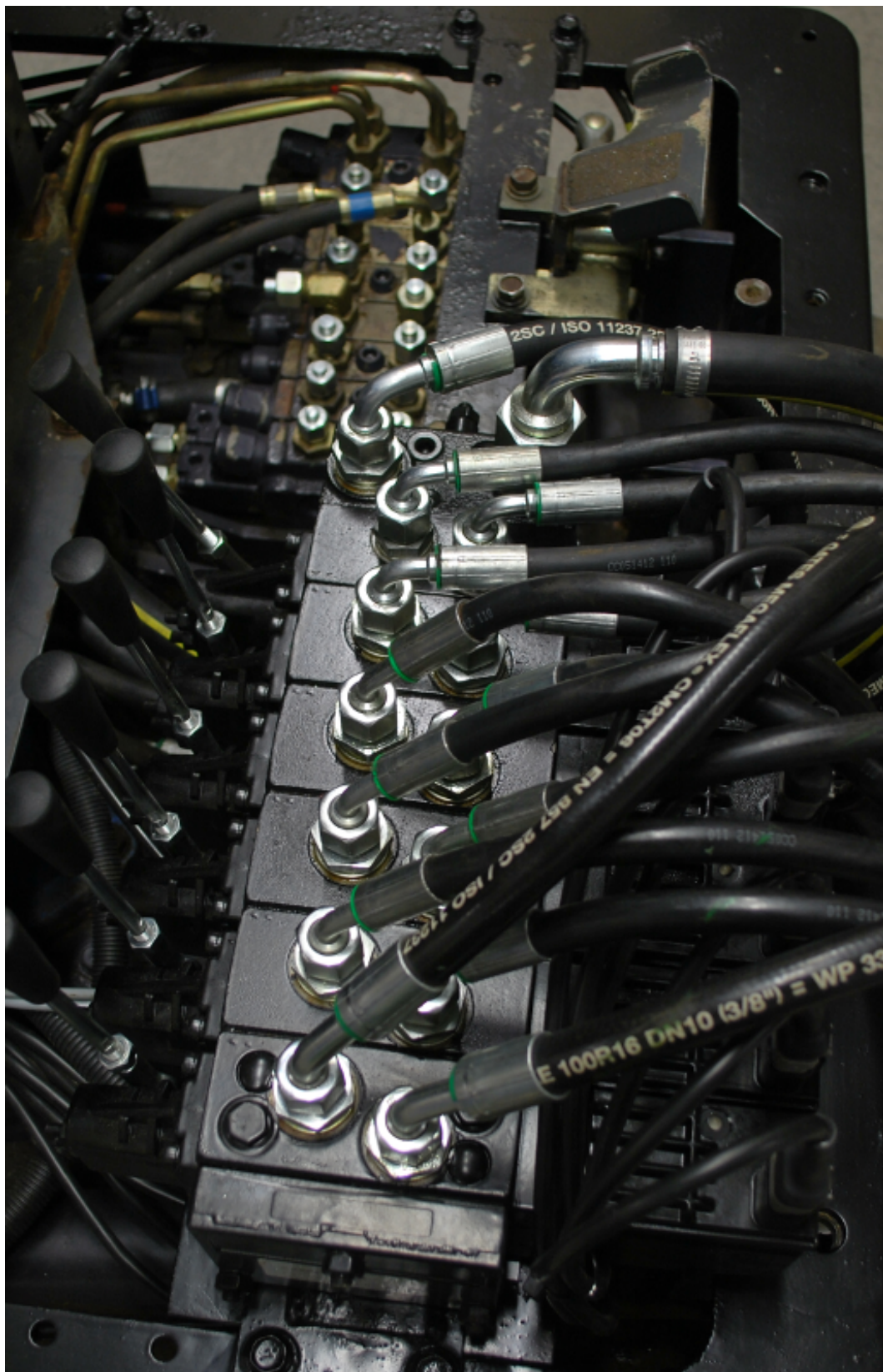


**Figur 2.6:** Minigrävarens elektroniska joystickar och display.

## 2.2.4 Ventiler och styrning

Två ventilkpaket kommer att vara monterade på maskinen, det gamla mekaniska ventilkpaketet och ett nytt paket på vilket elektriskt styrdon installerats (Figur 2.7).





**Figur 2.7:** Minigrävarens elektroniska ventilpaket, det gamla ventilpaketet i bakgrunden.

### 2.2.5 Vinkelgivare

Regal 5320 är en linjär vrid-potentiometer, direkt kopplad till mikrokontrollern. Robusthet offrades i detta fall mot pris och storlek. Givarens vinkelutslag är på 240 grader vilket räcker till då bommen kan komma att röra sig i storleksordningen 180-200 grader.

### 2.2.6 Längdgivare

Spectra Symbol SoftPot är en linjär potentiometer, direkt kopplad till mikrokontrollern. Den valdes för att den är enkel att montera och billig. Givarens glidkontakt sätts i kontakt med det resistiva materialet då ett tryck läggs på givaren. Beroende på var man lägger trycket kan man få olika mycket av potentiometerens resistansområde mellan jord och glidkontakten.

### 2.2.7 Motorsensorer

På motorn, dess kringssystem och stolen sitter givare som inte behöver bytas ut. Dessa innefattar:

- Kylarväsketemperatur
- Glödstiftsdrift
- Oljetryck - motor
- Varvtal - motor
- Bränslenivå
- Lågspänningsvarning
- Operatörsnärvaro



# Kapitel 3

## Utförande

### 3.1 Uppstart

Projektet började med ett möte mellan ARCC, Danfoss Power Solutions och studenterna. Under mötet lades grunden till kundbehoven samtidigt som förutsättningar för hårdvaruimplementeringen undersöktes. Kundbehoven beskrevs som:

- Framdrivning skall ske med elektrisk joystick. Sammanlagt tre joystickar skall kunna styra kraft till larvbanden. I läge ett används två enaxliga joystickar, i läge två används en tvåaxlig sådan. Man skall kunna skifta mellan lägena med en död-mans-grepp-knapp.
- Bommen och dess skopa skall manövreras av både en elektrisk och en mekanisk joystick. Bommens första element tillsammans med skopan skall styras elektriskt, det andra elementet blir fortsatt mekaniskt styrt.
- Schaktbladet skall kunna köras till en absolut höjd med hjälp av en PI-regulator.
- Ett serviceuttag skall kunna styras elektriskt.
- Det skall finnas möjlighet att manipulera tidsramperna på ventilernas styrsignaler och proportionalitet av joystickarnas positionssignaler.
- En display skall visa information och erbjuda inställningsmöjligheter som rör styrfunktionerna. Den skall även visa all den information som gavs om motorn i instrumentklustret innan konverteringen.
- Service Tool skall visa alla parametrar, flaggor, varningar och värden som är relevanta för maskinens drift och felsökning. Alla parametrar skall kunna ändras.
- Vissa elektriska komponenter skall kommunicera över CAN, andra med analoga signaler. Hårdvarukonfigurationen var innan mötet i stora drag fastställd från Danfoss Power Solutions sida, på grund av önskan att utnyttja minigrävaren till utställningar.

## 3.2 SW-PDLP

Denna del innehåller en redogörelse för hur SW-PDLP-dokumentets aktiviteter genomfördes.

### **Identifiering av lämpliga avdelningar inom företaget och projektets påverkan på dessa**

Vilka av företagets avdelningar som behövde inblandas för projektet var bestämt innan det startade. Projektet förväntades inte tynga andra avdelningar än Application Software nämnvärt.

### **Utvärdering av krav på övergripande säkerhet**

Minigrävaren kommer att användas i en utbildningsmiljö med reducerad hastighet på arbetsfunktionerna (hydraulflödet delas mellan två ventilpaket). Detta ledde till beslutet att säkerheten för projektet inte behövde ges särskild fokus. Istället förväntades System-FMEA-mötet hitta eventuella riskområden.

### **Framtagning av kundbehov och projektsammanfattning**

Kundbehoven dokumenterades under de första mötena med ARCC. De diskuterades kort med personal från Danfoss innan de sattes.

### **Framtagning av utvecklingskoncept**

Denna aktivitet prioriterades ned på grund av att projektet skulle genomföras som Goodwill och för att man inte förväntades belasta andra avdelningar nämnvärt. Många av de tänkta punkterna som ska ställas fram här inkluderades istället i punkten 'Estimering av insats'.

### **Framtagning av kravspecifikation**

Kravspecifikationen, eller den tekniska specifikationen, togs fram funktionsvis eftersom det var så kunden framställde sina önskemål. Till varje krav sattes ett kort namn för att enklare kunna följa upp kravens implementation senare. Tillsammans med funktionskraven finns det krav på säkerhet, även dessa namngivna för att kunna spåra dem. Sist kommer det en specifikation på hur upptäckt och hantering av fel skall se ut. Alla krav skall vara beskrivna så att de kan testas och i slutändan verifieras att vara uppfyllda i koden och systemet som stort.

Specifikationen uppdateras då kunden meddelar tilläggsfunktioner eller ändring av redan befintliga funktioner. I vanliga fall hade en för stor ändring av specifikationen inneburit en omstart av projektet. Detta för att stora ändringar kan medföra att utvecklingskostnaderna blir annorlunda. I detta projekt hade det varken varit möjligt eller relevant att börja om eftersom det fanns en tidspress och eftersom utvecklingskostnaderna redan var så låga samt näst intill oberoende av projektets innehåll. Specifikationen skapades utifrån en mall.

### **Risikanalys – fordon**

Denna analys bedömdes inte vara nödvändig på grund av maskinens skyddade användningsmiljö.

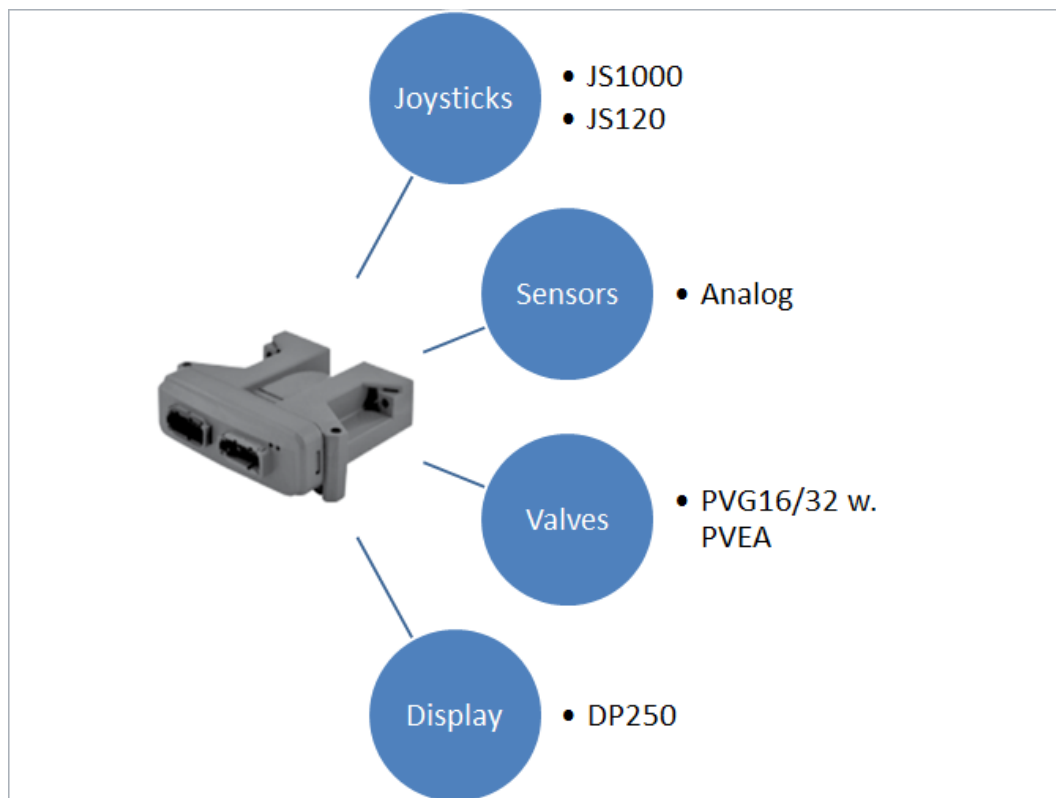
### Framtagning av testplan

I ett försök att maximera kodens korrekthet lades utvärdering och testning av funktioner på den student som inte skapat kodstycket i fråga. Detta innefattar skapande av test-specifikation utifrån funktionens krav och utförande av testet. För enkelhetens skull bakades testerna för verifikation (att koden uppför sig korrekt) och validering (att koden uppfyller den tekniska specifikationen) ihop. Testplanen ligger även till bas för hela implementeringsarbetet då denna måste göras på ett sådant sätt att tester enkelt kan genomföras. Detta innefattar bland annat väl avgränsade funktioner och rikligt med kommentarer i koden.

### Framtagning av arkitekturkoncept

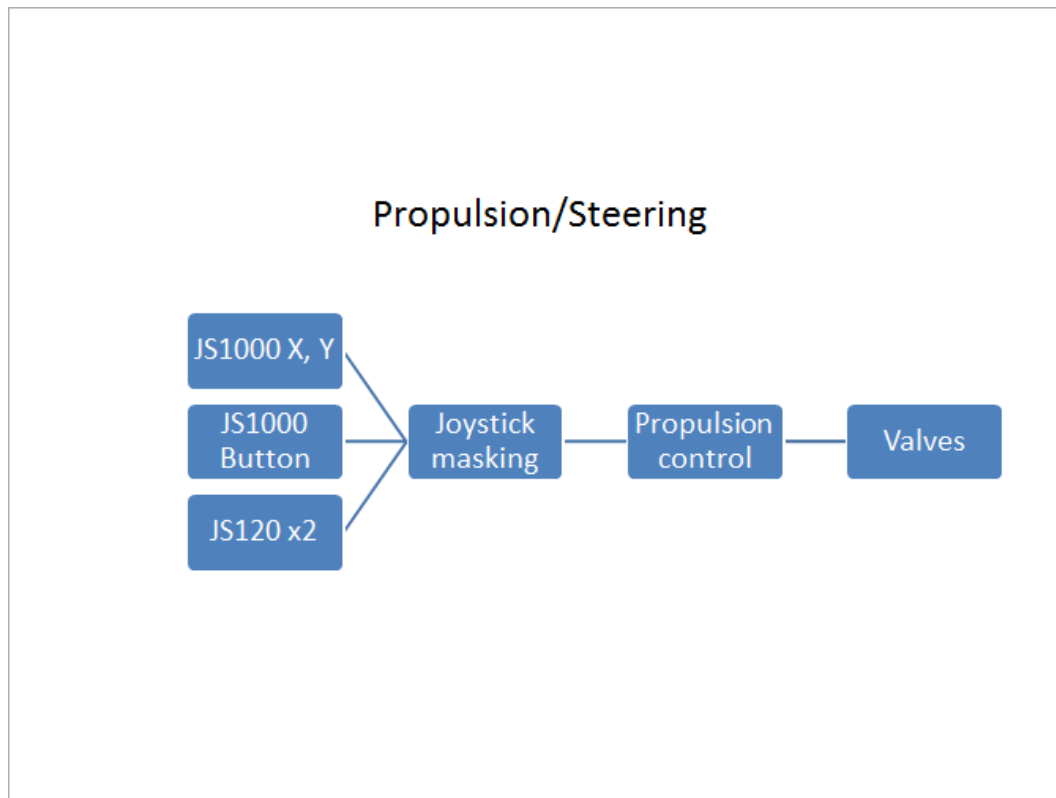
Den hårdvara som skulle användas i projektet var vid denna tidpunkt i stora drag bestämd, i grunden av Danfoss men i detalj av studenterna. Konceptet är gjort så att man för de olika arbetsfunktionerna kan se vilka hårdvara som är relevanta i det fallet (Figur 3.1). I vissa fall beskrevs även mjukvara på hög nivå för att göra beskrivningen lättförståelig (Figur 3.2). Här nedan finns ett exempel på arbetsfunktionen Propulsion/Steering, framdrivningsfunktionen.

All mjukvara antas här ligga i mikrokontrollern. Detta dokument gjordes medvetet enkelt och användes för att presentera projektet för ej insatta och som bas för mer detaljerade utvecklingsunderlag. Till exempel kan man utifrån arkitekturkonceptet utvärdera om tidigare projekt kan bidra kod till detta projekt.



**Figur 3.1:** Toppvy arkitekturkoncept. Detta koncept används tidigt i projektet under diskussioner.

Anledningen till att denna design inte skapas direkt i GUIDE-miljön är att man då riskerar tänka för mycket på hur det som ritas skall kunna kompileras istället för hur det skall hänga ihop på en högre nivå. Det kan även lätt bli överdrivet komplicerat för tidigt.



**Figur 3.2:** Framdrivningsfunktionens arkitekturkoncept. Detta koncept används tidigt i projektet under diskussioner.

### Estimering av insats

Eftersom målet med denna aktivitet är att skapa underlag för lönsamhetsanalyser och budget lades inte mycket tid här. För varje systemfunktion estimerades nedlagd tid på de olika stegen, bland annat planering, design, administration, implementering och testning. Estimeringen gjordes i en mall.

### Risikanalys – projekt

Händelser som hotar projektet dokumenteras här tillsammans med rekommenderade åtgärder och vilken person som är ansvarig. En mall låg till grund då risikanalysen dokumenterades.

### **Koncept-FMEA**

Vid denna analys försökte studenterna och två Danfoss-anställda lokalisera potentiella felkällor utifrån systemets ingående komponenter. Här analyseras inte felmoder som kan uppkomma på grund av den implementerade koden utan endast hårdvara. Systemet delades upp i fem grupper och sedan dokumenterades de felkällorna som togs upp. Dessa rangordnades efter hur ofta man uppskattar att de kan uppstå, hur enkelt det är att upptäcka att systemet är i ett felmode och hur allvarligt felmoden är. Bara felmoder över en viss kombinerad allvarlighetsgrad måste byggas bort.

### **Projektplanering**

Med hjälp av Danfoss-anställda skapades en lös planering för projektet. Om det visade sig att vissa punkter var optimistiskt satta skulle planen ändras för att kunna se om senare aktiviteter nu var möjliga att genomföra på det sätt som de planerats eller inte.

### **Arkitekturkonceptgranskning**

Denna aktivitet genomfördes inte på ett så strukturerat sätt att den blev dokumenterad. Istället fick studenterna förslag på hur man skulle kunna göra arkitekturkonceptet mer lättförståeligt och enhetligt under projektets tidigare stadium.

**Revidering av kravspecifikation** Då designarbetet gick framåt kontrollerades det att kravspecifikationen fortfarande kunde uppfyllas med det system som togs fram. Kontinuerligt uppdaterades kravspecifikationen efter önskemål från ARCC eller då studenterna såg att det fanns behov av bättre förklaringar i specifikationen.

### **Designdokumentet**

För att underlätta vid implementeringen skapades flödesdiagram för huvudfunktionerna. Dessa flödesdiagram framställdes på en nivå precis ovanför den GUIDE-kod de beskrev. Signaler till och från hårdvara behandlas i olika funktionsblock (t.ex. tidsramper, inverterare eller enable/disable-logik). Designdokumentet granskades i sin helhet tillsammans med fyra anställda utvecklare. Studenterna fick förklara hur funktionerna skulle fungera och vad de skulle åstadkomma. Utvecklarna lade sedan fram förslag på hur delar av designen kunde förbättras för att få säkrare kod eller enklare implementation. En välstrukturerad, entydig och lättförståelig design var målsättningen varför granskningen fokuserades på dessa punkter.

### **API-beskrivning**

Eftersom det till joystickarna följer med mjukvara där kommunikationen är färdig och dokumenterad så beskrivs endast kommunikationen mellan displayen och mikrokontrollern i detta dokument. De meddelanden som skickas mellan dem har definierats av studenterna, då systemets meddelanden beräknades bli få. Detta ansågs göra kommunikationen enklare att modifiera i efterhand. Meddelandena specificerades byte för byte eller bit för bit där det behövdes. För den fysiska sammankopplingen gjordes ett kopplingsschema där varje sladd som finns i systemet ritas ut mellan kontaktstyckena, med hjälp av datablad för komponenterna.

### **Validerings- och verifikationstestspekifikation**

Denna specifikation delades upp funktionsvis där den student som inte skrivit koden ställde upp testscenarion efter kravspecifikationen. Stor vikt lades vid att få med så många aspekter av funktionen som möjligt i testen. En utförlig mall användes för specifikationen.

### **Mjukvaru-FMEA**

Tidsbrist och oerfarenhet av SW-PDLP medförde att denna analys aldrig blev utförd så som specificeras i processen. Istället skedde en genomgång efter att koden implementerats där det kontrollerades att de lösningar som föreslagits i Koncept-FMEA ovan hade satts in.

### **Implementering**

Implementeringen planerades ske enligt projektplanen. Studenterna skrev mestadels funktioner på egen hand, om problem uppstod hjälptes man åt. Buggar under utvecklingsarbetet togs i huvudsak hand om av den som arbetade på funktionen i fråga. Skapandet av displaygrafik delades också upp mellan studenterna.

### **Kodgranskning**

I slutskedet av implementeringen hölls en kodgranskning för att hitta fel eller tillkrånglade sektioner i koden. En utomstående programmerare sätter sig snabbt in i koden innan granskningen börjar. Tanken är att se om utvecklaren har skapat koden på ett sätt som andra utvecklare kan förstå och att inga feltolkningar har påverkat koden.

### **Testning**

Testningen är en central del när det gäller all typ av utveckling. I detta fall så kan testningen indelas i tre olika testningssteg: enhetstestning, integrations-testning och systemtestning. De olika stegen presenteras noggrannare under avsnitt 3.4 Testning. I korta drag innebär enhetstestning testning av enskilda funktioner, detta utförs löpande under implementeringen. Integrationstestning är ett test av sammankopplade funktioner och systemtestning görs när allt kopplas samman.

### Användardokumentation

Eftersom maskinen efter konverteringen har fått sina funktioner och inställningsmöjligheter utökade behövs det en manual. Denna skrivs efter implementering och testning för att undvika onödiga korrigeringar då funktioner eventuellt skrivs om efter hand som de testas.

## 3.3 Implementering

### 3.3.1 Elschema

Eftersom minigrävaren kommer att använda många befintliga givare och inte bara CAN blir det ett förhållandevis stort kablage. Systemet innehåller 9 givare av olika slag utöver två analoga joystickar, en joystick över CAN och en display över CAN. Även 6 ventil-aktuatorer ingår. Alla dessa kopplas till kontrollenheten. Givarna och de analoga joystickarna använder olika sorters kontaktstycken, allt ifrån ingjutna ledare till öppna lödkontakter. Resten av komponenterna använder Deutsch-kontakter med olika pin-antal och form. Appendix A visar elschemat med en översiktsbild. Elschemat utgår från mikrokontrollerns pinnar, benämnda C1PXX, för att detta var det kontaktstycke med flest anslutningar samt att det kopplas på systemets centrala enhet.

### 3.3.2 Implementering av kod

Två mallar användes som grund då koden skapades, en hårdvarumall och en mjukvarumall. Båda mallarna följdes i stort, i den senare mallen togs dock oanvända delar bort efter hand. Anledningen till att använda hårdvarumallen är att applikationen inte blir lika hårdvaruberoende. Tanken är att man bara behöver ändra översättningen mellan hårdvarusignalerna och sedan skall koden kunna köras på en annan hårdvara. Två begränsningar för detta är om programvaran allokerar för många minnesceller i ROM så att den nya hårdvaran inte längre har nog med minne, eller att den nya hårdvaran har för få pinnar eller fel typ av pinnar i sin I/O.

Mjukvarumallen kan ge utvecklaren en genväg till en bra övre struktur på sin kod. Mallen gör även att alla program som använder den får en likadan övergripande struktur vilket hjälper den som börjar granska koden.

Implementeringen baserades hela tiden på den arkitekturdesign som utfördes tidigare. Efter att mallarna lagts in i koden lades det tid på att omvandla de signaler som tas emot från joystickar och sensorer. Målet var att bara föra vidare signaler som är filtrerade, kombinerade och felhanterade till huvudfunktionerna.

Då huvudfunktionerna var den bäst beskrivna delen av designdokumentet var målsättningen att följa detta dokument så mycket som möjligt. I de fallen då

designen inte räckte till fick stycken läggas till under tiden koden implementerades. Detta gällde även för de detaljer som förändras efter kontakt med kunden.

Eftersom specifikationen för ventilerna var känd tidigt skapades kod för att styra och kalibrera ventildrivarna tidigt.

Med minigrävarens mått som grund kunde en algoritm för att beräkna höjden skapas. Värden som inte fanns till hands antogs innan mätning på maskinen var möjlig.

### 3.3.2.1 Parametrar

Många av funktionerna har inställningsmöjligheter som definieras genom parametrar. Parametrar sparas i EEPROM vilket exemplifieras av komponenten Non Volatile Memory.

Detta block behöver minst tre signaler. På signalen "In" läggs det värde som skall behandlas. "In-Enable" flyttar detta värdet till den plats där andra program kan läsa det. "Write" skriver ner det värde som ligger på den läsbara platsen till enhetens fysiska minne. I den mjukvarumall som används finns det en speciell sida avsedd för parametrar. Beslutet togs att lägga alla parametrar som studenterna hade kontroll över i denna sida för att få mer städad kod och bättre möjligheter att modifiera parameterfunktionerna.

### 3.3.2.2 CAN-protokoll

I styrsystemet används två olika CAN-protokoll, ett fördefinierat (J1939) för JS1000-joysticken och ett som gjordes för just detta systemets krav. Färdiga programblock användes för att tolka de meddelanden som sänds från joysticken. Utsignalerna från detta programblock resulterar i binära signaler – knapptryckningar – och axel-positioner i procent.

Det andra protokollet använder färdigbyggda block som accepterar och levererar 8 stycken 8-bitars värden. Varje block har en adress som sätts på det meddelande som skickas ut på bussen. Den enhet som skall ta emot meddelandet har ett motsvarande block anpassat för mottagning med samma adress. I detta styrsystem finns det bara två enheter som kommunicerar med detta protokoll: mikrokontrollern och displayen. Mikrokontrollern skickar information från sensorer och arbetsfunktioner, displayen skickar nya värden och dess Write-signaler. Detta protokoll togs fram genom en stor mängd iterationer efter hand som studenterna blev mer och mer bekanta med hårdvaran och programmeringsspråket, i huvudsak hanteringen av parametrar. En fullständig specifikation uppdaterades kontinuerligt och var till stor hjälp under iterationerna.

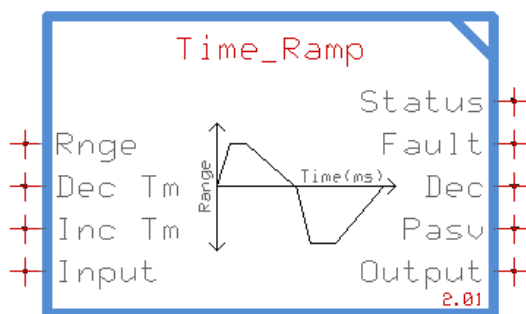


### 3.3.3 Funktioner som följer med GUIDE

Utöver till exempel logik, matematik, omkopplare, bit/byte-operationer, flip-flops och jämförelser finns det ett antal mer eller mindre avancerade funktioner med i GUIDE. De är uppbyggda av grundkomponenter och är inte alltid fullkomligt transparenta. De formar ett bibliotek av kodsnuttar som förenklar kodskapandet. Här följer en lista med de funktionsblock som använts i projektet.

#### 3.3.3.1 Tidsramp

Tidsrampen (Figur 3.3) sätter en övre gräns på hur fort en signal kan ändras. Tiden för ökning och minskning kan ändras separat. Ökning och minskning tolkas absolut. Alltså ökar signalen då den färdas ut från nollan, oberoende av riktning. Dessa block användes i slutet av varje huvudfunktion för att jämna ut snabba förändringar i styrsignalen till ventilerna.



**Figur 3.3:** Tidsrampens funktionsblock.

#### 3.3.3.2 Frekvens till RPM-block

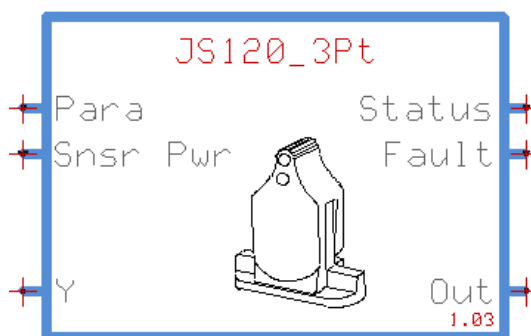
Varvtalet på motorn mäts av en ljusdriven pulsgivare. Dess pulståg omvandlas av den enkla färdiga funktionen Frekvens till RPM (Revolutions Per Minute) (Figur 3.4). Ingångarna består av frekvenssignalen och ett värde för hur många pulser ett varv motsvarar. Utgången är varv per minut.



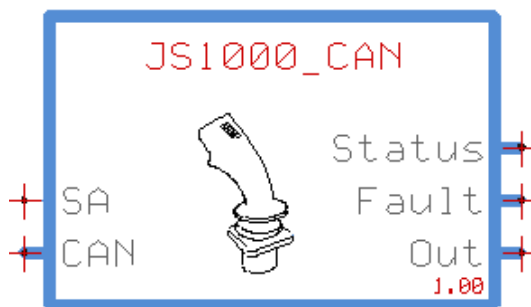
**Figur 3.4:** Frekvens till RPM, funktionsblock.

### 3.3.3.3 Joystickblock

För joystickar ur PLUS+1® -sortimentet finns det färdiga Complianceblock (Figur 3.5 och 3.6) som tar hand om CAN-kommunikation och felhantering då det handlar om CAN-komponenter (JS1000). I detta projekt ingår även joystickar som ger analoga signaler (JS120). Funktionsblocken till dessa innefattar i huvudsak kalibreringsfunktionalitet. Utsignalerna från dessa två block består av Y- och/eller X-position i procent samt binära signaler för eventuella knappar. Båda blocken presenterar fel- och statusregister för kommunikationen. Blocket till JS1000 ger även felmeddelanden för alla dess knappar och axlar samt felmeddelande för CAN time-out.



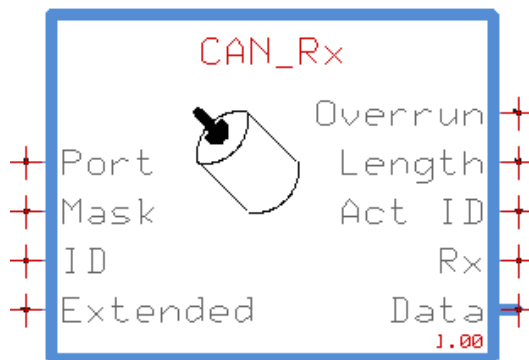
Figur 3.5: Joystick JS120, complianceblock.



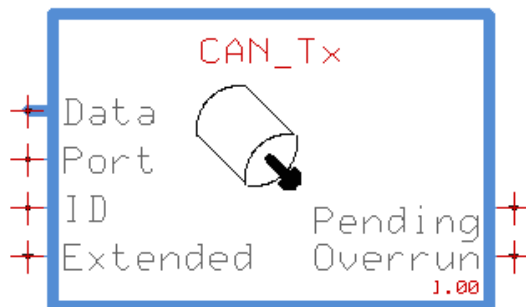
Figur 3.6: Joystick JS1000, complianceblock.

## 3.3.3.4 CAN

De funktionsblock för CAN-kommunikation (Figur 3.7 och 3.8) som använts kräver meddelande-ID och returnerar de senaste 8 byten i en byte-vektor. Då man tar emot meddelanden går det att lägga en så kallad mask på meddelande-ID vilket möjliggör mottagande av flera meddelanden med snarlika ID, i en serie till exempel. I efterhand har en timeout-driven säkerhetsfunktion lagts in. Efter att meddelanden uteblivit längre än en(1) period för det snabbaste meddelandet byts utvärdena ut mot värden som är säkra. Dessa värden är inte alltid identiska med 0 utan har valts för att undvika osäkert beteende hos funktionerna som använder värdena.



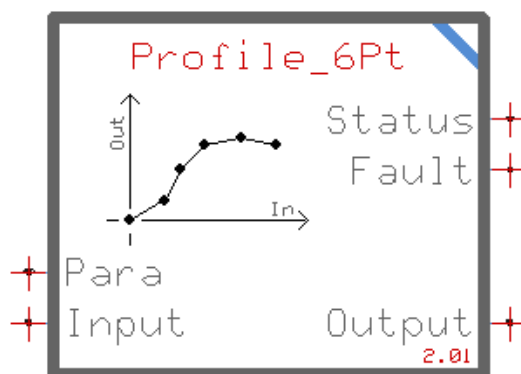
**Figur 3.7:** CAN-mottagning, funktionsblock.



**Figur 3.8:** CAN-sändare, funktionsblock.

### 3.3.3.5 Omskalningsfunktion (6-punkt)

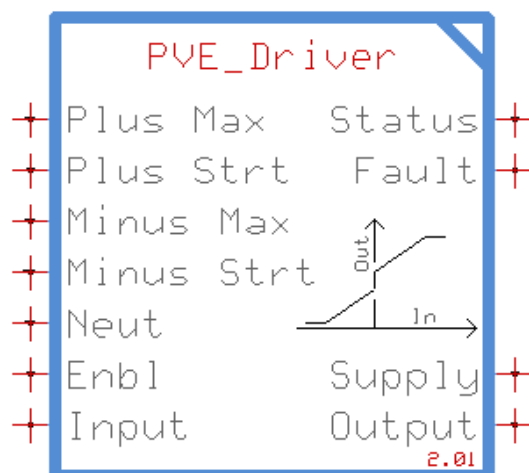
Funktionen för omskalning (Figur 3.9) översätter en insignal till en interpolerad kurva i 1:a kvadranten av ett kartesiskt koordinatsystem. Kurvan utgörs av sex punkter. Kurvan är begränsad till att vara strikt stigande för stigande insignal. För att ge ökat stöd för negativa insignaler lades en extern funktion till som speglar kurvan över både X och Y, till 3:e kvadranten, då insignalen är negativ. Dessa funktionsblock används för att göra det möjligt att ändra proportionaliteten på joystickarnas positionssignaler. I vissa fall önskas olika egenskaper då joysticken förs på ett håll eller ett annat. I de fallen lades en extra omskalningsfunktion till bredvid vilken hanterade den andra riktningen.



Figur 3.9: Proportionalitetskurva, funktionsblock.

### 3.3.3.6 Ventildrivare

Funktionsblocket som omvandlar en styrsignal i procent till en kalibrerad PWM-signal kallas ventildrivaren (Figur 3.10). En hydraulisk ventil har ett visst mekaniskt dödband som kan kalibreras bort genom att låta styrsignalen hoppa ut från neutralläget istället för att vara proportionell hela vägen. Detta hopp kan skilja sig lite för olika exemplar av samma ventiltyp, så de kalibreras individuellt med hjälp av detta funktionsblock. Blocket används till alla sex utgående ventilsignaler.



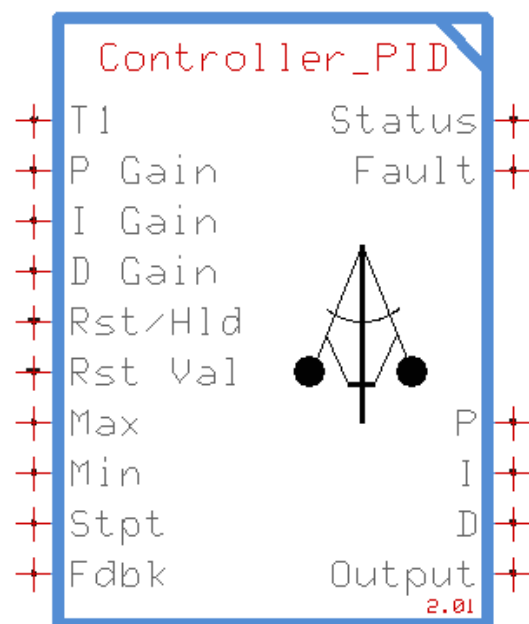
**Figur 3.10:** Ventildrivare, funktionsblock.

### 3.3.3.7 PID-regulator

För att styra den absoluta höjddjusteringen av schaktbladet användes ett färdigt PID-regulatorblock (Figur 3.11). Funktionalitet som utnyttjas är:

- Konfigurering av proportional- och integraldel
- Ställbar begränsning av regulatorns utsignal genom parametrar
- Nollställning av integralsumma

Derivatadelen av PID-regulatorn används ej.



**Figur 3.11:** PID-regulator, funktionsblock.

### 3.3.4 Implementering på målmaskinen

Arbetet började med att programmera mikrokontroller och display med den senaste mjukvaran och undersöka vad som fungerade direkt och vad som behövde justeras eller ändras. Systemet arbetades igenom funktionsvis och de fel som uppenbarades korrigerades innan felsökningen fortsatte. Efter att de initiala testerna var klara startades motorn och alla arbetsfunktioner kördes. I samband med detta utfördes de tester som skapats i verifikations- och valideringstestspezifikationen.

## 3.4 Testning

För att kunna verifiera att den kod som är skapad gör det som är tänkt måste kontinuerliga tester utföras. Dessa tester har olika nivåer beroende på vad som testas och när. För en detaljerad beskrivning av de viktigaste testerna se Appendix B.

### 3.4.1 Enhetstestning

Med enhetstestning menas isolerade tester på kodbitar. Storleken på dessa kodbitar varierar beroende på mängden återanvänd kod som använts, men brukar bestå av en funktion. Målsättningen är att dessa funktioner skall ha korrekt beteende var för sig. Detta testas genom att mata funktionen med indata och sedan kontrollera att den funktionen producerar stämmer överens med den tänkta funktionspezifikationen. I GUIDE kan man använda sig av så kallade Checkpoints för att läsa ut data från de funktionsinterna signaler utvecklaren har tillgång till. Man kan även lägga till ingångar för signaler som bara kan ställas genom Service Tool. Detta gör att testningen inte görs helt och hållet på en 'Black Box', även om vissa av de funktionsblock som följer med GUIDE i princip är 'Black Boxes'. Enhetstestning utförs kontinuerligt under utvecklingen av koden.

### 3.4.2 Integrationstestning

Integrationstestning är steg två i testningen. Då flera separat testade funktioner kopplas samman för att utföra mer komplexa uppgifter krävs det att denna sammankoppling testas. Eftersom detta är en fortsättning på enhetstestningen utförs integrationstesterna på i stort sett samma vis.

### 3.4.3 Systemtestning

Systemtestning är det tredje och sista steget i testningen. Detta utförs när integrationstestningen har visat att sammankopplade funktioner fungerar tillsammans. Systemtestningen sker då hela systemet kopplats samman med målmaskinen och alla funktioner som ska finnas arbetas igenom för att avslöja eventuella kompatibilitetsproblem mellan funktionerna och maskinen. Vid behov isoleras här återigen funktioner för att se vilket steg i systemet som skapar eventuella problem.

# Kapitel 4

## Resultat

### 4.1 SW-PDLP

Denna del innehåller resultatet av de aktiviteter SW-PDLP-dokumentet beskriver.

#### **Identifikation av avdelningar inom företaget och projektets påverkan på dessa**

Här inkluderades som huvudspelare endast studenterna och Joel Pettersson (Application Engineer, Danfoss). Det ansågs att resten av Application Software-avdelningen skulle påverkas av projektet, dock inte i lika hög grad.

#### **Utvärdering av krav på övergripande säkerhet**

Eftersom maskinen kommer att användas inom utbildning och med reducerat arbetstryck bestämdes det att projektet inte kommer sträva efter att uppfylla de säkerhetsnivåer som krävs för att koden skall kunna certifieras för säkerhet.

#### **Framtagning av kundbehov och projektsammanfattning**

Dessa punkter representerar ARCCs planering och mål från möten under sommar och tidig höst 2013.

- ARCC skapar ett hydraulschema för det nya ventilkpaketet.
- Studenterna skapar ett kopplingsschema till november 2013.
- Minigrävarens utrustning bör se ut så här efter modifikationerna:
  - Två stora joystickar skall sitta på maskinen, den vänstra originaljoysticken behålls och den högra byts ut mot en elektrisk joystick. Denna kommer att vara en Sauer-Danfoss JS1000 med ergonomiskt handtag och proportionell rulle för att styra schaktbladet. Den vänstra originaljoystickens funktion (Y-axel: stickan - bommens andra led, X-axel: chassierotation) förändras inte, den högra joystickens funktioner (Y-axel: bommens första led, X-axel: skopan) tas över av JS1000.
  - Framdrivning sker med ett par Sauer-Danfoss JS120. Det ska även



gå att köra larvbanden med JS1000-joysticken. En knapp byter mellan dessa lägen.

- En display-enhet skall finnas på maskinen.
- Minigrävarens dubbelverkande serviceuttag skall kopplas till en elektriskt styrd ventil. Uttaget skall kunna användas till flödesmätningar och öppningen på ventilen skall kunna ställas in på displayen.
- Schaktbladet skall kunna köras upp och ner och höjden skall mätas med en lägesgivare. Denna höjd skall visas på displayen.
- För att kunna bedriva utbildning skall det finnas tre olika Service Tool-filer. Basfilen skall tillåta övervakning, nästa fil skall bygga vidare på basfilen och även tillåta ändring av vissa icke-kritiska parametrar. Den sista filen skall innehålla alla inställningsmöjligheter och all information som systemet har att erbjuda.
- Målsättningen är att ha minigrävaren klar i december 2013.

### **Framtagning av utvecklingskoncept**

På grund av aktivitetens låga prioritet i projektet skapades aldrig ett utvecklingskoncept.

### **Framtagning av kravspecifikation**

Specifikationen innehåller 17 funktionskrav tillsammans med 8 krav på säkerhet. De delades upp för att enklare kunna verifiera kraven. Den delen av specifikationen som handlar om displayens funktionalitet blev aldrig väldefinierad. Detta medförde en risk att fel funktioner implementerades. Se Appendix C för kravspecifikationen.

### **Risikanalys – fordon**

Det tänkta användningsområdet ledde till att ingen övergripande riskanalys gjordes av ARCC.

### **Framtagning av utvärderingsplan**

Denna plan slogs ihop med valideringstestspecifikationen nedan. Där slogs det fast att den ena studenten skall testa den andras funktioner och vice versa.

### **Framtagning av arkitekturkoncept**

Här skapades ett övergripande signalschema över arbetsfunktionerna, deras ingångar och utgångar. Här gjordes det en ansträngning att namnge alla de joysticksignaler som var planerade att användas i funktionerna. Dessa representerar funktionernas ingångar. Utgångarna är de hydrauliska ventilerna där alla involverade signaler har namngetts. Displayenheten ligger avsidet med sin CAN-kommunikation som inte var specificerad vid tillfället.

### Estimering av insats

Denna estimering genomfördes som en övning då resultatet inte skulle påverka projektets budget nämnvärt. Estimeringen antydde att den totala arbetstiden för projektet borde nå motsvarande 9 arbetsdagar var för studenterna. De stora posterna var framdrivning, bom samt display. Utan tidigare erfarenhet visade det sig vara svårt att sätta kvalificerade siffror på dessa poster. Då mycket av förarbetet redan skett utan att använd tid registrerats, blev det svårt att i slutändan verifiera estimeringen.

### Risikanalys – projekt

Här hittades sex stycken risker för projektets fortlevnad. Endast en av dessa risker blev ett problem. De sensorer som specificerades av en annan avdelning inom Danfoss var inte lämpade att använda på minigrävaren. Lösningen på problemet visade sig bli den som föreslogs i risikanalysen, det vill säga att köpa de nödvändiga komponenterna från en annan leverantör istället.

Här nedan följer de risker som dokumenterades.

- Utvecklarna (studenterna) kan inte fullfölja projektet vilket leder till att anställda måste driva projektet vidare. Detta ger en radikalt ökad kostnad för projektet. I detta fall var Danfoss ansvariga.
- Den valda mikrokontrollern har en I/O som är för liten för eventuella förändringar i systemet. Lösningen i detta fall innefattar en så kallad I/O-modul. Denna modul kopplas med CAN till mikrokontrollern vilket ger denna tillgång till I/O-modulens I/O. Ansvariga för detta var studenterna.
- Det finns inte tillräckligt många knappar på joystickens JS1000 för att styra de funktioner som behöver det. Detta hade kunnat lösas genom att styra vissa funktioner genom displayen. Ansvariga för detta var studenterna.
- Om projektet skulle löpa för länge riskerar det att påverka Danfoss anställdas betalande projekt mer än vad som har estimerats. För detta problem finns ingen smidig lösning förutom att trappa ned stödet till projektet då det drar ut på tiden vilket verkar kontraproduktivt. En radikal lösning hade varit att avbryta projektet då det har pågått för länge. Ansvariga för detta var Danfoss.
- I det fallet då vissa hårdvarukomponenter inte anländer från de delar av Danfoss som tillverkar dem var planen att köpa in motsvarande komponenter från andra platser. Detta ansågs vara en reell risk då de flesta av komponenterna skickades som sponsrat material. Ansvariga för detta var studenterna.
- Om minigrävaren inte färdigställs i tid av ARCC var lösningen helt enkelt att försöka pressa dem till att färdigställa maskinen. Ansvariga för detta var Danfoss.

**System-FMEA (Failure Mode Effect Analysis)**

Efter denna analys hittades:

- Felkällor för de analoga joystickarna, JS120
  - Öppen krets, kortslutning till jord eller referensspänning/matningsspänning och fel kalibrering.
- Föreslagna lösningar
  - Endast ett av dessa potentiella fel ansågs behöva läggas tid på. I specifikationen fanns det redan med kontroll av den signal joysticken skapar och säkerhet för kalibreringsfel. Om referensspänningen skulle börja sjunka signalerar detta en joystickrörelse vilket kan få maskinen att röra sig utan användarens vetskap. Därför föreslogs det även att denna spänning övervakas genom att jämföras med ett fast börvärde.
- Felkällor för givarna
  - Öppen krets, kortslutning till jord eller referensspänning/matningsspänning.
- Föreslagna lösningar
  - Endast ett av dessa potentiella fel ansågs det behöva läggas tid på. I specifikationen fanns det redan med kontroll av den signal givarna skapar. Om referensspänningen skulle börja sjunka signalerar detta en ändring i givarens signal vilket kan få maskinen att röra sig utan användarens vetskap. Därför föreslogs det även att denna spänning övervakas genom att jämföras med ett fast börvärde.
- Felkällor för CAN-joysticken, JS1000
  - CAN-signal försvinner.
- Föreslagna lösningar
  - Buffertarna i CAN-drivarens hårdvara innehåller alltid det senaste meddelandet som tagits emot. Detta medför att om kommunikationen upphör kommer inaktuella data att presenteras för mikrokontrollern. För att lösa detta föreslogs en time-out för att upptäcka bortfall av CAN-signal och därefter skifta in säkra tal på CAN-bussen i mjukvaran. En annan möjlighet kunde vara att med hjälp av en felsignal stänga av de funktioner som använde datan. Det första alternativet valdes för att det var mer generellt och enklare att implementera.
- Felkällor vid styrning av ventilerna
  - Styrsignalen bryts, kortsluts mot jord/matningsspänning. Ventilstyrningens matning bryts, kortsluts mot jord/matningsspänning.
- Föreslagna lösningar
  - Alla dessa fel upptäcks av ventilens integrerade styrenhet.
  - Ett potentiellt fel togs inte upp i FMEA. Om styrsignalen kortsluts med referensspänningen (+5V) ger detta en liten negativ styrsignal som inte går att upptäcka utan positionsåterkoppling på ventilerna, något som saknas på fem av de sex ventiler som används.

- Felkällor för displayen
  - I displayen presenteras varningsinformation om motorn. Om bildskärmen går sönder eller slutar uppdatera kommer dessa varningar inte fram till operatören.
  - Om CAN-bussen är brusig kan det hända att en bit feltolkas. Detta leder till att fel värde tolkas av mikrokontrollern.
- Föreslagna lösningar
  - Felsignaler som visas på displayen tändar även LED-lampor i displaychassiet. Oljetrycksvarningen slår på maskinens tuta om varningen är aktiv för länge då motorn är igång.
  - Det värde som matas in genom displayen uppdateras och skickas tillbaka till displayen så att operatören kan se vad resultatet av ändringen blev. Att exakt samma bit skulle skifta tillbaka en gång till på vägen tillbaka anses långsökt.

Se Appendix D för detaljerad FMEA.

### Projektplanering

Första versionen av projektplanen såg ut såhär:

- Vecka 0: Kurs i PLUS+1® GUIDE
- Vecka 1-2: Förarbete (design, specifikation, elschema osv.).
- Vecka 3: Fortsatt arbete på specifikation tillsammans med kodskrivning.
- Vecka 4-6: Kodskrivning tillsammans med utveckling av testspecifikation.
- Vecka 7: Testning av systemet.
- Vecka 8: Uppstart på maskinen.
- Vecka 9: Rättning av koden.
- Vecka 10: Uppstart försök 2.
- Vecka 11-12: Rapportskrivande.

Denna projektplan modifierades efter samtal med andra utvecklare enligt följande

- Vecka 6-10: Kodskrivning tillsammans med utveckling av testspecifikation.
- Vecka 11: Uppstart och rättning av kod.
- Vecka 12: Uppstart försök 2 och rättning av kod.

Denna plan höll dock inte utan ytterligare testning och utveckling av systemet behövdes. Planen var även ogiltig utifrån examensarbetets innehållskrav sett. Vecka 17 blev den sista versionen av mjukvaran nedladdad till maskinen. Efter det har rapporten tagits fram. Huvuddelen av projektet blev alltså ungefär en månad längre än vad som planerades i början. Detta överensstämmer med de krav som ställs på examensarbetets omfattning.

### **Arkitekturgranskning**

Under denna granskning hittades många ritningstekniska saker som kunde förbättras för ökad läsbarhet i arkitekturdokumentet. Vissa block kunde kombineras eller rationaliseras bort. Konkreta saker som föreslogs var att ta bort en tidsramp som var tänkt att läggas på PID-regulatorns utgång och att be operatören om bekräftelse genom displayen innan PID-regulatorn började reglera.

### **Revidering av kravspecifikation**

Kravspecifikationen hade uppdaterats kontinuerligt under projektet och ansågs vid denna tid komplett, det fanns inga förändringar som motiverade att projektet backade vid detta steg.

### **Designdokumentet**

Denna aktivitet genererade ett blockdiagram som i stort skulle representera den färdiga kodens form då den ligger till grund för implementeringen. Varje huvudfunktion tillägnades en separat sida. Kombineringen av signalerna i framdrivningsfunktionen fick förklaras ytterligare och hamnade på en egen sida. På en sida förklarades även kort signalhornets funktion. På grund av bristande erfarenhet skapades inget blockdiagram för den kod som skall ligga på displayen, endast grundläggande beskrivning av det tänkta utseendet gjordes. Se Appendix E för designdokumentet.

### **API-beskrivning**

Kopplingen mellan systemets olika hårdvara beskrevs i huvudsak i tabellform. För de fysiska kopplingarna specificerades pin-namn, typ (analog in, digital ut osv.) och namnet som signalen får i mikrokontrollern. För CAN-protokollet ställdes de signaler som skickas mellan displayen och mikrokontrollern upp med namn, källa och en kort beskrivning. Denna lista blir en referens till den mer specifika beskrivningen av protokollet. Här visas hur signalerna paketeras i olika 64-bitars meddelanden tillsammans med datatyp. Se Appendix F.

### **Validerings- och verifikationsstest-specifikation**

Kompletta instruktioner för att testa huruvida huvudfunktionerna uppför sig rätt och uppfyller kraven. De flesta testen använder Service Tool där det skapades testsidor för de tester som drog nytta av det. 22 separata testsekvenser skapades där följande specificerades:

- Vilka kundkrav testet avser pröva.
- Vilka enheter och vilka pinnar på dessa som ingår i testet.
- En sammanfattning av syftet med testet
- En detaljerad beskrivning på hur testet skall genomföras. Varje relevant steg har kriterier som bestämmer om testet godkänner funktionen eller inte. Se Appendix C för testspecifikationen.

### Implementering

Storleken på ett GUIDE-projekt är svårt att jämföra med ett projekt som innehåller textbaserad kod. En anledning till detta är att man i GUIDE inte kan producera instanser av funktioner (klasser) på samma sätt som i objektorienterade språk. Man får istället lägga dessa parallellt i koden. Hela projektet, med mikrokontroller och displaykod, omfattar 845 plus 285 sidor vilket ger två binära filer på 320 KB respektive 1200 KB. Även dessa är missvisande eftersom den binära filen för displayen innehåller de bildelement som skall visas i den. Detta drar upp storleken rejält. Se Appendix I för bilder på koden.

### Kodgranskning

Under granskningen hittade förutom rittekniska och namngivningsfel onödigt mycket kod på vissa sidor. Därför rekommenderades det att flytta vissa bitar av koden ner en nivå, in i egna sidor. Detta innefattade även vissa signaler som kunde grupperas och paketeras i en passande buss istället. Detta ger oftast en mer överskådlig kod i de fallen man kan separera koden på ett bra sätt.

Deltagarna kom även fram till följande oegentligheter.

- Det fanns fortfarande ofiltrerade signaler inne i arbetsfunktionerna, alltså signaler som inte var på formatet -100
- Det fattades förklarande text för de matematiska uträkningar som gjordes på höjdsensorerna.
- En fullständig omdesign av minnesfunktionen föreslogs. Tidigare låg varje minnesblock som separata och okopplade objekt. Genom att paketera minnesblocket tillsammans med den logik som behövs kunde man använda dem som instanser av varandra för enklare uppdatering av koden i dem. Eftersom det inte går att specificera datatyp för minnesblocket genom en signal var man tvungen att göra en version för varje använd datatyp. I övrigt var blocken identiska.
- I koden togs inga åtgärder om CAN-bussen skulle försvinna. Därför föreslogs det att värden som ansågs säkra skulle skiftas in då inga meddelanden längre kommer från displayen.
- Utöver detta föreslogs ett stort antal rittekniska åtgärder tillsammans med åtgärder för mer lättförståeliga funktioner.

### Testning

I början av implementeringen fanns det tillgång till de flesta hårdvarukomponenter som skulle vara med i systemet. Det som saknades var höjdsensorerna. Först efter att det mesta av koden var implementerad fanns det tillfälle att testa den på målsystemet, minigrävaren fanns nu hos Danfoss i Älmhult. Den testspecifikation som togs fram förut arbetades nu igenom av studenterna. Alla de tester som specificerats kunde efter olika stora kodningsinsatser bockas av. Det största problemet som uppdagades under denna tid var svårigheten att få arbetsfunktionerna jämna i sin gång, ett subjektivt krav.

### **Användardokumentation**

En användarmanual skapades efter testningen och börjar med att beskriva hur systemet är uppbyggt i stora drag. Sedan presenteras kort hur Service Tool används. Nästa avsnitt handlar om hur alla de sidor som finns i Service Tool-filen fungerar. Här beskrivs varje sida för sig och ger detaljerade instruktioner på hur man interagerar med systemet genom Service Tool. Därefter beskrivs varje sida i displayen på ett liknande sätt.

Displayens sidor beskrevs var och en för sig med bilder som i de flesta fallen är självförklarande annars lades även förklarande text tillsammans med pilar och liknande till. Instruktioner för maskinens arbetsfunktioner förklarades funktionsvis med bland annat schematiska bilder och steg-för-steginstruktioner. Instruktionsmanualen finns i Appendix G.

## **4.2 Implementering**

Denna del innehåller resultatet av implementeringen.

### **4.2.1 Elschema**

Det elschema (Appendix A) studenterna tog fram användes vid installationen av det nya systemets komponenter på minigrävaren. Det innefattade alla komponenter och kopplingar.

### **4.2.2 Implementering av kod**

Flödet mellan In-pinne och Ut-pinne kan i stora drag beskrivas så här: Först döps pinnens namn om till den signal den representerar. Signalen tolkas sedan om från ett analogt värde till den storhet som skall användas i applikationen. Här ingår bland annat rpm, liter, felsignaler eller grader Celsius.

Exempel på denna struktur är hanteringen av de signaler som kommer från JS120-joystickarna. En spänningsnivå och en binär signal per joystick plus referensspänningen kontrolleras och kombineras för att ge en position av joysticken till framdrivningsfunktionen. Denna funktionalitet lades utanför huvudfunktionerna för att ge en överskådligare och mer modulär kod. Översättningen av de två höjdgivarna lades även utanför på detta sätt.

Ett annat exempel är ansträngningen för att få en enhetlig hantering av CAN-kommunikationen, som lades utanför huvudfunktionerna. En buss med alla signaler utfiltrerade från CAN-timeout hanteras och finns sedan tillgängliga för funktioner och minnesceller. En fördel med detta är att utvecklaren snabbare

kan jämföra det implementerade protokollet mot specifikationen. Då CAN-meddelandena består av åtta bytes och innehåller värden som skall till många olika funktioner blir timeout-hantering förenklad med denna struktur.

Ett undantag är CAN-hantering av JS1000 joystick som sköts i det så kallade Compliance-blocket, beläget tillsammans med JS120-hantering som beskrivs ovan. Att bryta mönstret ansågs vara en liten kostnad gentemot den beprövade koden som ligger i Compliance-blocket.

CAN-kommunikationen mellan displayen och mikrokontrollern sker kontinuerligt, både periodiskt och händelsedrivet. För en specifikation av CAN-protokollet, se Appendix H.1 och H.2.

Eftersom alla huvudfunktioner styr hydrauliska ventiler beräknas först ett styrvärde för dessa utifrån sensorsignaler, joysticksignaler, felsignaler och sparade data. Detta värde skalas sedan om efter inställbara kurvor. Eftersom värdet i de flesta fallen är proportionellt med joystickens position kan man se skalningsfaktorn som en känslighetsfaktor för joystick. Sist begränsas styrvärdets derivata genom att lägga gränser på hur fort värdet kan ändras, en begränsande tidsramp. Tidsrampens primära mål är att minska maskinens ryckighet och i vissa extremfall motverka tryckspikar i hydraulsystemet. Styrvärdets sista destination är ventildrivaren, funktionsblocket som omvandlar signalen i procent till en PWM-signal ämnad för ventilernas styrelektronik.

### 4.2.3 Mikrokontroller

Mikrokontrollerns huvudsakliga uppgifter är att hantera nedanstående funktioner, vad gäller beräkningar, parametrar och säkerhet. Nedan beskrivs de funktioner som implementerats i mikrokontrollern. Funktionerna innefattar kontroll av bom, skopa, framdrivning, schaktblad, serviceuttag samt parameterhantering.



#### 4.2.3.1 Bom och skopa



**Figur 4.1:** Minigrävarens bom och skopa.

Funktionen är uppdelad i två kretsar: en för bommens största element och en för skopan (Figur 4.1), styrda av JS1000-joystickens Y- respektive X-position. De två kretsarna skapar signaler till en ventil var, därav uppdelningen.

#### **Insignaler:**

- JS1000
  - X-position
  - Y-position
  - Trigger-knapp
  - Neutralflagga (sann om X- och Y-position är noll).
- Vinkelgivare
  - Vinkel
  - Felstatus
  - Kalibreringsstatus
- Operatörsnärvaro
- Fel från ventiler
- Parametrar
  - Höjdbegränsning i mm
    - \* Denna parameter mäts i millimeter för att få en bra relativ upplösning.
  - Höjdbegränsning aktivflagga
  - JS1000 multifunktionsflagga

- \* Denna parameter bestämmer om JS1000 även kan användas till framdrivning eller endast till bom/skopa.
- Tidsrampparametrar
- Proportionalitetsparametrar
  - \* I detta fall speglas inte proportionaliteten för att gälla negativa insignaler. Istället finns det två separata grupper parametrar för positiva respektive negativa insignaler. Detta underlättar då det krävs olika stora ventilöppningar beroende på bommens färdriktning. Detta beror på bommens vikt.

### Utsignaler:

- Styrsignaler till ventildrivblock.
- Felsignaler från tidsramp och proportionalitetsfunktioner, för felsökning av mjukvara.

### Joystickens positioner (styrinsignalerna) släcks ned i dessa fall:

- Trigger-knappen aktiveras (joystickens styr då istället framdrivningen, bytet sker då joystickens återgått till neutralläget).
- Operatörsnärvarosignalen blir låg.
- Operatörsnärvarosignalen skiftar läge då joystickens är ur neutralläget (joystickens skall återgå till neutralläget för att fortsätta).
- Ventilerna rapporterar fel.

Joystickens signaler förblir noll tills dess att joystickens fysiskt har återförts till neutralläget, förutsatt att den inte är i nedsläckningsläget. Ett specialfall är då höjdbegränsningen är aktiverad och bommen är vid eller över denna gräns. Då begränsas joystickens signaler till att bara kunna föra bommen nedåt.

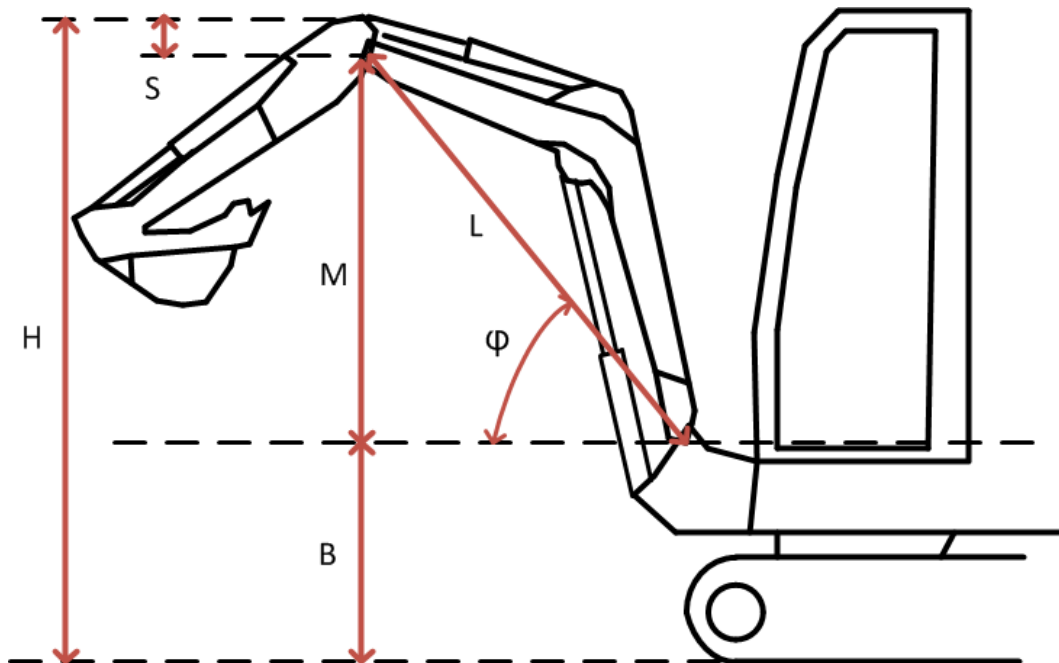
Om sensorn har ett fel eller kalibreringsfel stannar bommen helt, användaren måste stänga av begränsningen för att kunna köra vidare. Denna avaktivering inkluderar inte skopans rörelse.

Nästa steg för positionssignalen är en proportionalitetsfunktion där joystickens karaktär ändras efter de parametrar operatören satt. På detta läggs en tidsramp, likaså parameterstyrd.

Det sista steget är omkopplaren för höjdbegränsningen. Höjden räknas ut på bommens första del och tar inte med stickan. Då schaktbladet körs ner i marken höjs maskinen i den änden. Detta resulterar i att bommen höjs motsvarande. Dessa fall är inte med i beräkningen på grund av att funktionen endast är implementerad som en demonstration och inte för att fylla ett praktiskt behov.

Möjligheten att omsätta den potentiometer som sitter på bommens signal till en vinkel kräver att man med hjälp av gradskiva jämför potentiometerens vred mot den signal som mikrokontrollern tar emot. För att undvika att varierande lastförhållanden på kretsen som reglerar referensspänning påverkar resultatet omvandlas givarsignalen till en procentsats av referensspänningen.

I figur 4.2 visas det som låg till grund då ekvationen för höjdberäkningen implementerades.



**Figur 4.2:** Härledning för uträkning av bommens höjd.

Höjden beräknas genom följande ekvationer:

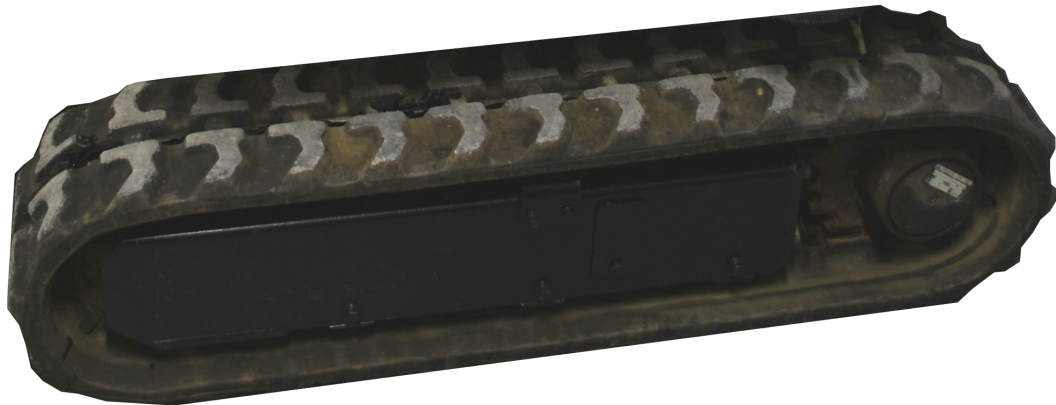
$$\varphi = \theta_{max} + (\theta - \theta_{calib})$$

$$M = \sin(\varphi) * L$$

$$H = M + B + S$$

$\theta_{max}$  är den vinkel som mäts upp på maskinen när bommen körs till extremläget närmast hytten ( $\varphi = \theta_{max}$  i det fallet).  $\theta$  är den absoluta vinkel som vinkelgivaren skickar till mikrokontrollern. Den minskar då bommen körs nedåt/framåt.  $\theta_{calib}$  är den absoluta vinkel som mätningarna utgår från efter kalibrering (i samma punkt som max uppmätts).  $L$ ,  $B$  och  $S$  är fasta mått för maskinen. Anledningen till att en aritmetisk metod valdes är för att det var relativt enkelt att definiera ekvationerna i detta fall. I Appendix I.1 finns kodexempel från denna funktion.

### 4.2.3.2 Framdrivning



**Figur 4.3:** Minigrävarens ena larvband.

Framdrivningsfunktionen (Figur 4.3) börjar med att de två joystickalternativen (JS1000 eller JS120) aktiveras respektive släcks ned, proportionaliteten ändras (X och Y för JS1000, Y för JS120) och leds sedan in i en kombinerande funktion. Denna skapar styrsignaler för vänster och höger larvband som sedan behandlas med tidsramper. Målet är att kunna få samma framdrivning oberoende av vilket joystickalternativ man använder.

#### I JS1000-fallet:

- Maskinen går rakt fram då joysticken förs framåt, och vice versa.
- Maskinen svänger åt höger/vänster då joysticken förs framåt/bakåt och sedan åt det håll man vill svänga.
- Maskinen snurrar runt sitt centrum om joysticken förs längst till vänster/höger.

#### I JS120-fallet:

- Maskinen går rakt fram då båda joystickarna förs lika mycket framåt, och vice versa.
- Maskinen svänger till höger/vänster då motstående joystick har ett större utslag i den aktuella riktningen.
- Maskinen snurrar runt sitt centrum då joystickarna förs på motsatt håll.

#### Insignaler:

- JS1000
  - X-position
  - Y-position
  - Trigger-knapp
  - Neutralflagga
- JS120
  - Y-positioner

- Neutralflagga
- Operatörsnärvaro
- Fel från ventiler
- Parametrar
  - JS1000 multifunktionsflagga
  - Tidsrampsparametrar
  - Proportionalitetsparametrar

**Utsignaler:**

- Kontrollsignaler till ventildrivarblock.
- Felsignaler från tidsramp och proportionalitetsfunktioner, för felsökning av mjukvara.

**JS1000-joystickens positioner (styrinsignalerna) släcks ned i dessa fall:**

- Trigger-knappen släpps (joystickens styr då istället bom/skopa, bytet sker då joystickens återgått till neutralläget).
- Operatörsnärvarosignalen blir låg.
- Operatörsnärvarosignalen skiftar läge då joystickens är ur neutralläget (joystickens skall återgå till neutralläget för att fortsätta).
- Ventilerna rapporterar fel.
- Multifunktionsflaggan som tillåter framdrivning med JS1000 går låg (framdrivningssätt byts när alla tre joystickar är i neutralläget).

**JS120-joystickarnas positioner (styrinsignalerna) släcks ned i dessa fall:**

- Trigger-knappen aktiveras (innan styrläget kan bytas måste joystickarna föras till neutralläget).
- Operatörsnärvarosignalen skiftar läge då joystickarna är ur neutralläget (joystickarna skall återgå till neutralläget för att fortsätta).
- Ventilerna rapporterar fel.

I Appendix I.2 finns kodexempel från denna funktion.

### 4.2.3.3 Schaktblad



**Figur 4.4:** Minigrävarens schaktblad.

I schaktbladsfunktionen (Figur 4.4) ligger först en PI-regulatorfunktion. Till nästa funktionsblock matas styrsignalen från regulatorn och signalerna från två knappar på JS1000 joysticken in. Beroende på minnesflaggan för schaktbladets styrsätt skickas antingen knappsignalen till tidsrampen och sedan till ventil-drivaren, eller så skickas regulatorns utsignal direkt till ventil-drivaren. Om användaren trycker på en av Upp/Ned-knapparna då regulatorläget är på aktiveras istället knappstyrningsläget, för ökad säkerhet.

#### **Insignaler:**

- JS1000
  - Upp/Ned-knappar
- Höjdgivarsignaler
  - Position och givarfel

- Parametrar
  - Målet och regulatorparametrar
  - Styrsetsflagga (knappstyrning eller regulator)
  - Ventilöppning vid knappstyrning i procent
  - Tidsrampsparametrar
- Felsignal från ventilen

**Utsignaler:**

- Fel och status för:
  - Tidsrampfunktionen
  - Regulatorn
- Styrsignaler till ventildrivarblock

**Regulatorfunktionen inaktiveras (felet och integralsumman sätts till noll) då:**

- Minnesflaggan för knappstyrning av schaktbladet går hög.
- En av Upp/Ner-knapparna trycks in (regulatorn återaktiveras genom displayen/Service Tool).
- Operatörsnärvarosignalen går låg.
- Höjdgivaren rapporterar ett fel.

För att kunna mäta bladets höjd absolut omvandlas först givarens signal till procent av mätområdet. Dessa procent omvandlas i sin tur till en höjd med hjälp av ett litet register (en 6-punktskurva). Datapunkterna till detta register samlas in genom att mäta höjden på bladet och jämföra med motsvarande signal. Anledningen till att denna grova numeriska metod användes var att det mekaniska systemet blev komplicerat att ställa upp ekvationer för, bland annat på grund av begränsade möjligheter att välja plats för en givare. I Appendix I.3 finns kodexempel från denna funktion.

**4.2.3.4 Serviceuttag**

Denna funktion består av ingångsmaskning, en tidsramp och en Av/På-funktion. Ingångsmaskningen väljer mellan +/- [Ventilöppning vid knappstyrning]-värdet och [Ventilöppning vid statisk körning]-värdet. Trycks någon av knapparna ned skickas knappstyrningsvärdet med tecken till ventildrivarblocket. Om båda knapparna trycks ned skickas 0. Om ingen av dem trycks ned skickas värdet för statisk körning. Detta värde definieras i displayen.

**Insignaler:**

- JS1000-knappar
  - Plus-öppning
  - Minus-öppning
- Parametrar:
  - Ventilöppning vid knappstyrning
  - Ventilöppning vid statisk körning
- Felsignal för ventilen

**Utsignaler:**

- Styrsignaler till ventildrivarblock
- Felsignaler från tidsrampfunktionen

I Appendix I.4 finns kodexempel från denna funktion.

**4.2.3.5 Parametrar och dess funktionsblock**

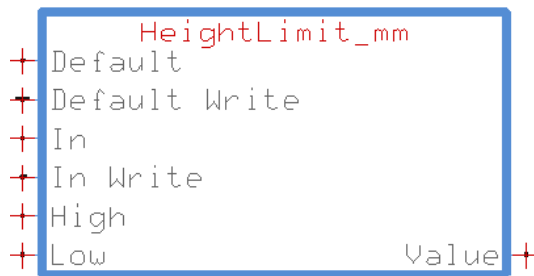
För att kommunicera med ROM-minnet byggdes ett generellt minnesinterface som ett funktionsblock (Figur 4.5). En komponent med default-funktion användes i blocket. Utgången på detta block består av ett värde. Typen på detta värde bestäms genom att konfigurera komponenten, något som inte kan göras då koden är nedladdad till mikrokontrollern.

**Ingångarna är följande:**

- Defaultvärde och dess aktiveringsflagga (flyttar värdet till utgången vid positiv flank).
- Invärde och dess aktiveringsflagga (flyttar värdet till utgången vid positiv flank).
- Läsflagga (flyttar värdet i minnet till utgången).
- Skrivflagga (skriver värdet på utgången till minnet).

Utöver dessa lades funktionalitet till för att begränsa parametrarnas storlek då programmet körs. Användaren kan i vanliga fall ladda ner de värden som stöds av datatypen, något som inte ansågs vara säkert. Dessa övre och undre gränser sattes i koden under programmeringen. Gränserna valdes så att de matchar de funktioner där parametrarna skall användas. Defaultvärdet sattes till det som ansågs ge högst säkerhet.





**Figur 4.5:** Ett exempel på minnesblock.

I Appendix I.5 visas innehållet i detta funktionsblock.

### Säkerhet

I koden implementeras det ett antal säkerhetsfunktioner som beror på både direkta analoga signaler och kombinationer av dem.

#### 4.2.3.6 Operatörsnärvaro

Operatörsnärvarons övervakningsfunktion består av en omkopplare som känner av huruvida operatören sitter i stolen och har möjligheten att stänga av de flesta arbetsfunktionerna. För att undvika hackig gång finns det en fördröjning då operatören lämnar sätet. Denna tid ställs in genom Service Tool. När operatören sätter sig måste alla signaler från joystickar återgå till neutrala lägen innan funktionen de påverkar går att använda igen.

#### 4.2.3.7 Ventilfel

Ventilerna har en utsignal som går hög då ett fel registreras i ventilens aktuator. Denna signal förhindrar användaren från att styra ventilerna genom att stänga av styrsignaler enligt beskrivningarna ovan. Aktuatorn rapporterar vid tre olika fel:

- Styrsignalens storlek: Fel om den befinner sig utanför 25 % - 75 % av matningsspänningen.
- Övervakning av den interna positionsgivaren.
- Jämförelse mellan styrsignal och faktiskt är-värde: Fel om de inte stämmer överens inom 25 % av slaglängden.

#### 4.2.3.8 Höjdbegränsning

Om den vinkelgivare som ligger till grund för höjdbegränsningsfunktionen till bommen skulle gå sönder måste operatören stänga av funktionen manuellt för att kunna fortsätta köra bommen uppåt. En ytterligare säkerhetsfunktion för bom och skopa är funktionsseparation (se nedan, 4.2.3.12).

### 4.2.3.9 Framdrivning

En säkerhetsfunktion för framdrivningen är funktionsseparation (se nedan, 4.2.3.12).

#### 4.2.3.10 Schaktblad

När man genom displayen ändrar från knappstyrt blad till Closed Loop Control visas ett meddelande med information om rörelseriktning och sträcka. Detta meddelande måste bekräftas innan bladet börjar röra sig. Detta meddelande är där för att schaktbladet inte ska börja röra sig utan att operatören vet om det.

#### 4.2.3.11 Serviceuttag

Genom att trycka på en av Plus/Minus-knapparna på JS1000-joysticken kan användaren skriva över det eventuella styrvärde som finns för denna ventil. Om användaren trycker in båda knapparna stänger ventilen. Släpps knapparna återgår ventilen till den statiska öppningen.

#### 4.2.3.12 Funktionsseparation – Bom, Framdrivning

För att undvika att JS1000-joysticken agerar ingång till mer än en funktion samtidigt, så har en knapp på joysticken dedikerats som funktionsväljare, Trigger-knappen. När man trycker på knappen så kan joysticken användas för framdrivning, samtidigt som bomrörelsen blir inaktiverad och vice versa. Knappen är ett död-mans-grepp, den måste hållas inne medan man kör. Om knappen släpps när man kör larvbanden med den måste man returnera joysticken till neutralläget innan man trycker in knappen igen för att köra vidare. För att få tillgång till bomfunktionen måste joysticken föras till neutralläget efter att knappen släppts.

## 4.2.4 Display

Displayens uppgift är att visa information om maskinen och dialoger för att övervaka och konfigurera arbetsfunktionerna. Varningar och statusmeddelanden visas också i den. Förstasidan består av motorinformation och arbetsfunktionernas lägen. Menysystemet tar användaren vidare till bom-, schaktblads- och auxiliära hydraulportsdialogerna. Det går även att komma till en inställningssida där bland annat status och fel-sidorna finns tillgängliga. Rendering av grafik samsas med de vanliga instruktionerna i programloopen vilket leder till att den exekveringstid som är inställd från början inte alltid är lång nog.

Om alla program inte hinner köra klart innan exekveringstiden är över ger detta en effekt liknande så kallat 'lag', grafiken ritas väldigt långsamt. Eftersom displayen inte utför några tidskritiska uträkningar ökades den maximala exekveringstiden tills problemen försvann. Alla displayens sidor finns beskrivna i användarmanualen, Appendix G

#### 4.2.4.1 Bomdialogen

I bomdialogen presenteras för operatören nivån på den aktuella höjdbegränsningen. Detta värde skickas från mikrokontrollerns parameterminne. Nästa värde är bommens nuvarande höjd, värdet kommer direkt från mikrokontrollern. Operatören kan sätta en annan höjdbegränsning och slå Av/På begränsningen.

#### 4.2.4.2 Schaktbladsdialogen

I schaktbladsdialogen visas först en lista med så kallade presets, undansparade och ändringsbara värden för inställning av schaktbladet. Dessa implementeras som minnesblock, samma typ som i mikrokontrollern. Till höger om listan visas bladets nuvarande höjd, så som mikrokontrollern ser den. Under den siffran visas det höjdmål PI-regulatorn har. Operatören ändrar detta mål genom att gå in i en av de fyra presets:en genom menyvalet till vänster. Här kan man antingen ändra det sparade värdet eller applicera det på regulator-målet. Menyvalet till höger om mitten byter mellan knapp-styrning och regulator-styrning av bladet.

#### 4.2.4.3 Serviceuttagsdialogen

Dialogen till serviceuttaget består av tre komponenter: aktuellt utslag på ventilen, ändringsmeny för detta värde och Av/På-knapp för ventilen. Det aktuella utslaget är ett börvärde uträknat från kontrollvärdet som operatören själv sätter i ändringsmenyn.

#### 4.2.4.4 Inställningsdialogen

##### Status

De statusmeddelanden som är relevanta för operatören eller servicepersonalen tas emot från mikrokontrollern och visas på Status-sidan.

##### De innefattar:

- Styrning med JS1000 är inte tillgänglig
- JS120 är inte kalibrerad korrekt
- Bomsensorn är inte kalibrerad korrekt
- Schaktbladssensorn är inte kalibrerad korrekt

##### Fel

De felmeddelanden som är relevanta för operatören eller servicepersonalen tas emot från mikrokontrollern och visas på Fel-sidan.

##### De innefattar:

- Kontakt till JS1000 saknas
- JS120, fel
- Bomsensorn, fel
- Schaktbladssensorn, fel
- Kontakt till CAN saknas
- Generatoren laddar inte batteriet
- Kylarvätskan är för varm
- Oljetrycket är för lågt
- Bomventil, fel
- Skopventil, fel
- Vänster framdrivningsventil, fel
- Höger framdrivningsventil, fel
- Schaktbladsventil, fel
- Serviceventil, fel
- Referensspänning, fel

##### Inställningar

Inställningssidan innehåller de inställningar som är möjliga att utföra genom displayen, beskrivna nedan.

##### Språk

En kompromiss mellan den internationella målsättningen på Danfoss Power Solutions och den huvudsakliga användningsmiljön ledde till att både engelska och svenska implementerades i displayen. Hantering av flera språk stöds av utvecklingsmiljön och GUIDE-språket.

### **Kalibrering**

De två givarna för höjdmätningar och bränslenivågivaren kalibreras på Kalibreringssidan. Höjden vid ändlägena för schaktbladet och bommen har mätts upp. Dessa värden läggs in som aktuella efter kalibreringen.

Tillverkarens data för bränslenivågivaren stämde inte överens med verkligheten absolut sett, endast relativt. Därför behöver även denna givare kalibreras. Formeln för nivån blir: Full tank: R Ohm, tom tank: R + 110 Ohm. Givaren kalibreras vid full tank vilket ger resistansen R.

### **JS1000 funktionsväljare Av/På**

Möjligheten att välja mellan de olika funktionslägena för JS1000-joysticken går att stänga av. I det fallet kan JS1000-joysticken endast styra bommen och skopan, oberoende av läget på den knapp som bestämmer funktionsläget.

### **Knappkänslighet**

För att undvika ryckig gång eller onödigt långa tidsramper kan maximal ventilöppning ställas in då knapparna på JS1000-joysticken används för att styra ventilerna. Signalen som skapas av knapparna begränsas till ett fönster runt nollan (t.ex.  $\pm 30\%$ ). Detta används av funktionerna för schaktbladet och serviceuttaget.

### **Applikationslogg**

Det finns möjlighet att logga alla fel som övervakas med hjälp av en applikationslogg. I loggen skrivs de fel som är aktiva vid tidpunkten då ett fel inträffar eller försvinner. Detta gör att skrivningarna hålls till ett minimum och därmed fylls inte minnet av en meningslös logg. Applikationsloggen implementerades med 16 MB minne och en cirkulär struktur, vilket innebär att den skriver över sig själv om minnet skulle fyllas.

### **Realtidsklocka**

Den display som installerats på grävaren innehåller en realtidsklocka. För att applikationsloggen ska ha tillgång till aktuellt datum och tid, implementerades möjligheten att ställa klockan i displayen och i Service Tool.

# Kapitel 5

## Slutsatser och diskussion

### 5.1 Utvecklingsprocessen

Det studenterna tar med sig från projektet är följande:

- Det är viktigt att tidigt försäkra sig om att kund och utvecklare är överens om hur kraven skall tolkas.
- Under ett projekt på denna skalan skadar det inte att ha ytterligare möten i mitten av utvecklingen där koden granskas av andra utvecklare.
- Vänta inte för länge med att ordna saker Du inte har kontroll över såsom beställning av hårdvara eller bokning av lokaler.

Utvecklingen av CAN-kommunikationen visade sig bli en iterativ process då protokollet fick modifieras allt eftersom funktionerna de försedde med data testades och ändrades. Anledningen till detta är att studenterna valde att utveckla de kommunicerande funktionerna direkt för sin respektive målhardvara med all korrekt kringutrustning. Hade man istället implementerat dem på samma enhet hade CAN-protokollet kunnat simuleras och sedan snabbt översatts till det slutgiltiga formatet.

Eftersom projektets kravspecifikation innehöll många poster som inte var kritiska för resultatet utan snarare skulle genomföras i mån av tid blir nivån för ett lyckat projekt lite lägre än för motsvarande projekt där tiden skall faktureras. I stort är studenterna och Danfoss nöjda med projektets resultat. ARCC är initiiellt nöjda men vill prova maskinen under längre tid för att ge en slutgiltig bedömning. Alla kärnfunktioner har implementerats. Vissa av de mer subjektiva önskemålen, så som joystickarnas känsla, blev inte lika bra som studenterna och ARCC hoppades på.

Studenterna uppskattar den struktur som kommer på köpet då SW-PDLP används. Utan någon erfarenhet av den blir dock resultatet lätt att aktiviteterna utförs endast för att kunna bocka av dem. Mer fokus skulle lagts på att förstå aktiviteternas syfte och mål. Med den tidsplan som fanns hade de största och viktigaste aktiviteternas bakgrunder kunnat undersökts noggrannare.

Sättet projektet utfördes på gav studenterna möjlighet att få en ganska god förståelse för de flesta av SW-PDLP-aktiviteterna. Hade projektet istället begränsats ytterligare för att kunna hinna med ett utökat säkerhetsarbete och mer formella tester hade innehållet för studenterna blivit snävare och djupare.

## 5.2 Minigrävaren

Monteringen av de enaxliga joystickarna resulterade i att maskinen blev svårkörd, när joystickarna används. Istället borde de monterats en på var sida om stolen. Detta var dock ej möjligt inom gränserna för kostnader och tid. Utöver detta hade maskinen en tendens att uppföra sig ryckigt då de enaxliga joystickarna används. Detta kan bero på att det är lite glapp i framdrivning vilket gör att förarens hand skakar vilket ger oönskade joystickrörelser. Detta självförstärktes och resulterade i ryckig drift då man önskade farter i mellanregistret.

Minnet till applikationsloggen sattes statiskt till 16 MB. Detta medförde att radering och nedladdning av loggen tar lång tid. Ett sätt att förbättra detta hade varit att lägga minnets storlek i en parameter så att den kan ändras efter behov. Service Tool-sidorna som skapades gjordes endast på engelska och med ett ganska litet typsnitt. En av sakerna som kunde lagts mer tid på var att öka typsnittets storlek vilket hade ökat läsbarheten på små skärmar och utomhus.

Målet att använda två vinkelsensorer för att aritmetiskt beräkna höjd på bom och schaktblad blev bara en realitet i bommens fall. Anledningen till att schaktbladets höjd inte implementerades på detta sättet var att det var svårt att montera en vinkelgivare samt att systemet för att översätta denna vinkel till en höjd hade blivit komplicerat. Schaktbladets korta rörelseområde gjorde även att metoden med linjär sensor och uppslagning ur en tabell med empiriska värden fungerade bra nog.

Displayens kommunikation, felrapportering och fellagring blev lyckade. Mer tid hade kunnat läggas på att förenkla menyerna och på att förstora typsnittet.

# Kapitel 6

## Källreferenser

- [1]. Danfoss Power Solutions History (2014-11-11 13:00)  
<http://powersolutions.danfoss.com/about-us/our-business/our-history/>
- [2]. ARCC historia (2014-06-13 11:00)  
[http://www.arcc.se/arcc\\_omoss.php?action=historia](http://www.arcc.se/arcc_omoss.php?action=historia)
- [3]. PLUS+1® GUIDE User Manual (2014-11-08 11:00)  
<http://files.danfoss.com/documents/10100824.pdf>
- [4]. Fundamentals of PLUS+1® GUIDE programming (2014-11-08 11:00)  
<http://files.danfoss.com/documents/11071869.pdf>
- [5]. Sauer-Danfoss announces Tüv-Nord-Certified safety courses (2014-11-11 12:00)  
<http://www.automation.com/automation-news/training/sauer-danfoss-announces-tv-nord-certified-safety-courses>
- [6]. CAN in Automation: Controller Area Network (2014-11-27 16:00)  
<http://www.can-cia.org/index.php?id=systemdesign-can>



# Appendix

Appendix är indexerade från A till I. Detta specificeras i överkant av sidan där det är möjligt.

## Innehåll

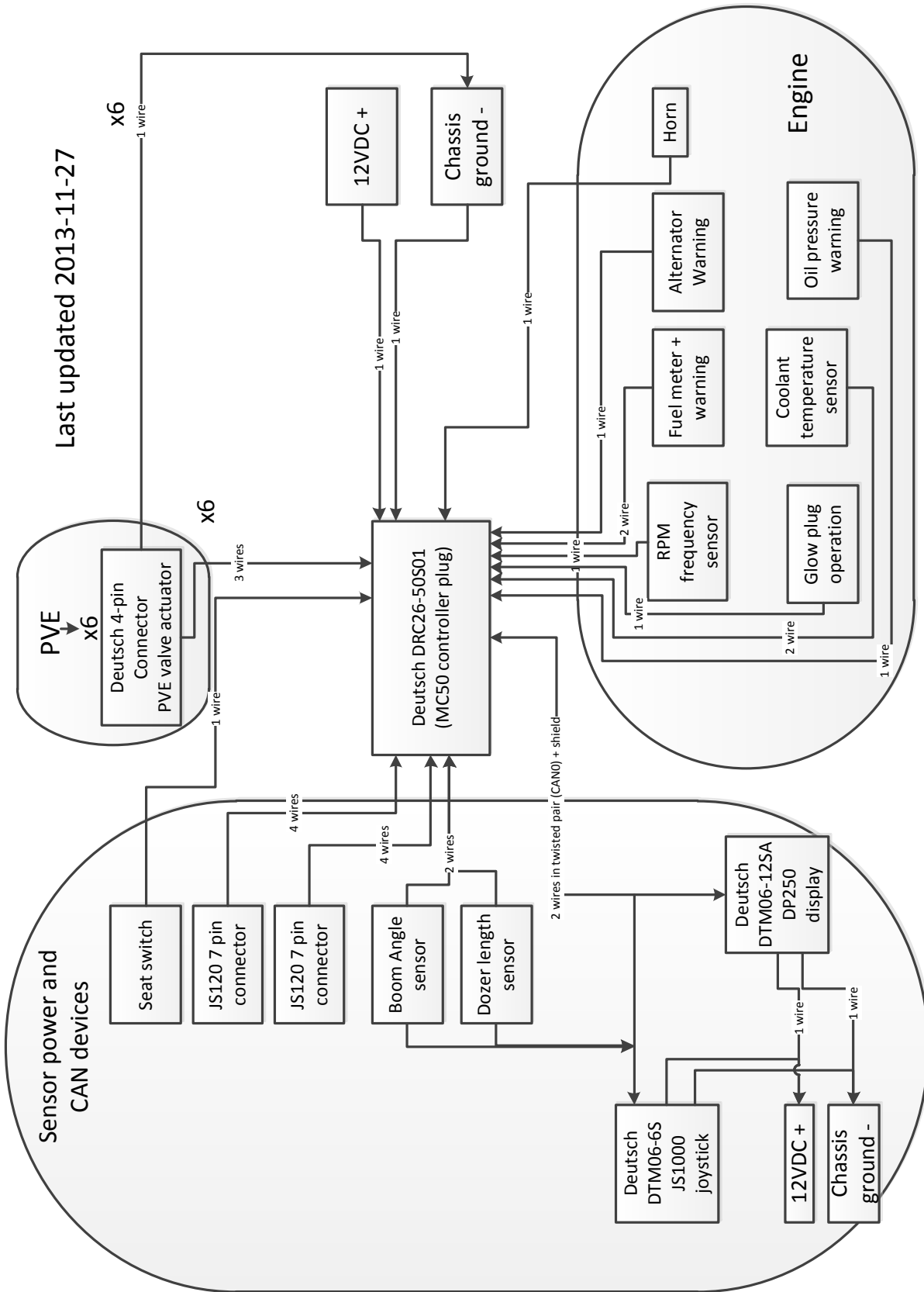
---

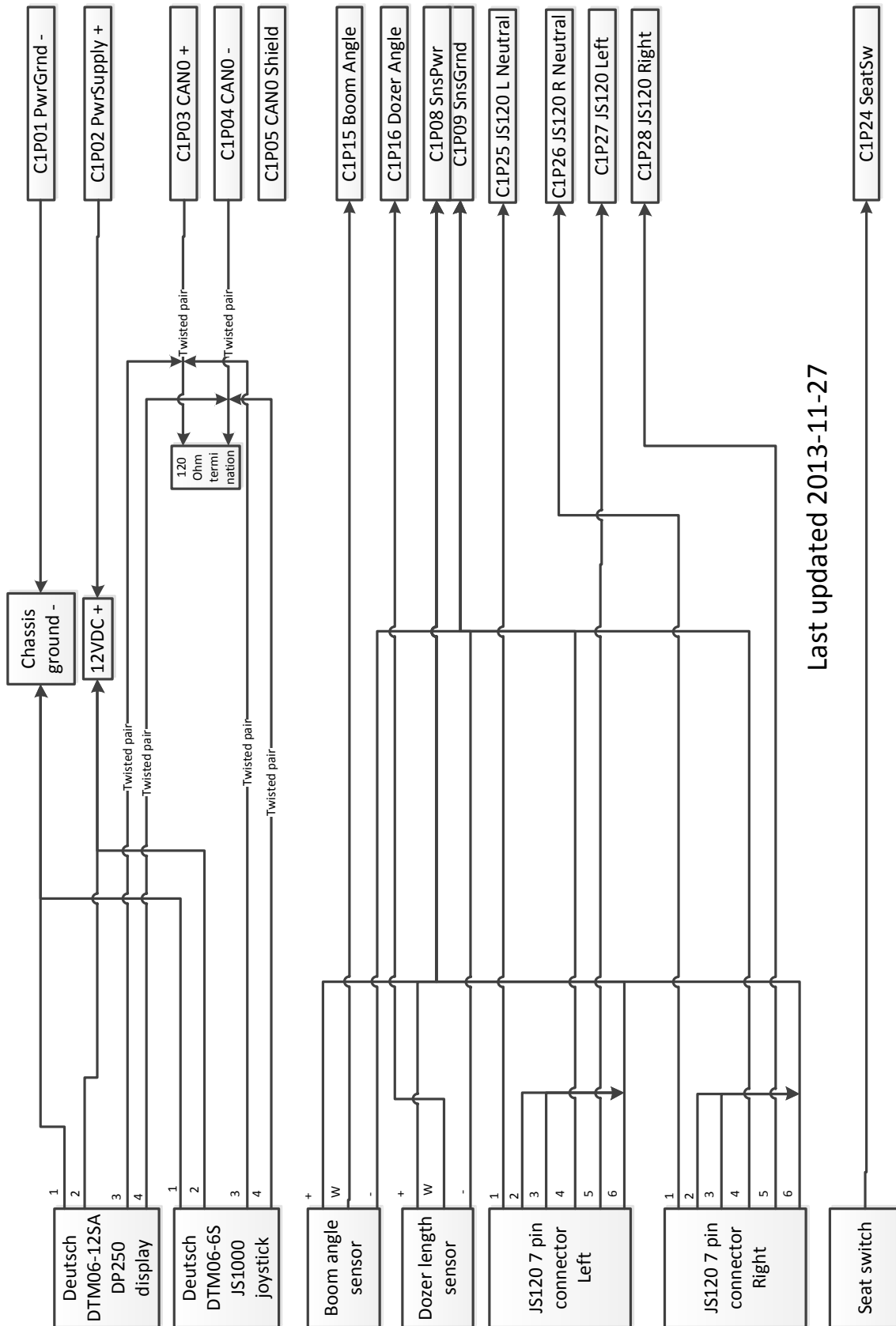
A	Kopplingschema
B	Testspecifikation och rapport
C	Teknisk specifikation
D	System-FMEA
E	Designdokument
F	IO-appendix till teknisk specifikation
G	Användarmanualen
H.1	CAN-protokoll, Rx
H.2	CAN-protokoll, Tx
I.1	Kod: Bom och skopa
I.2	Kod: Framdrivning
I.3	Kod: Schaktblad
I.4	Kod: Serviceport
I.5	Kod: Parametrar

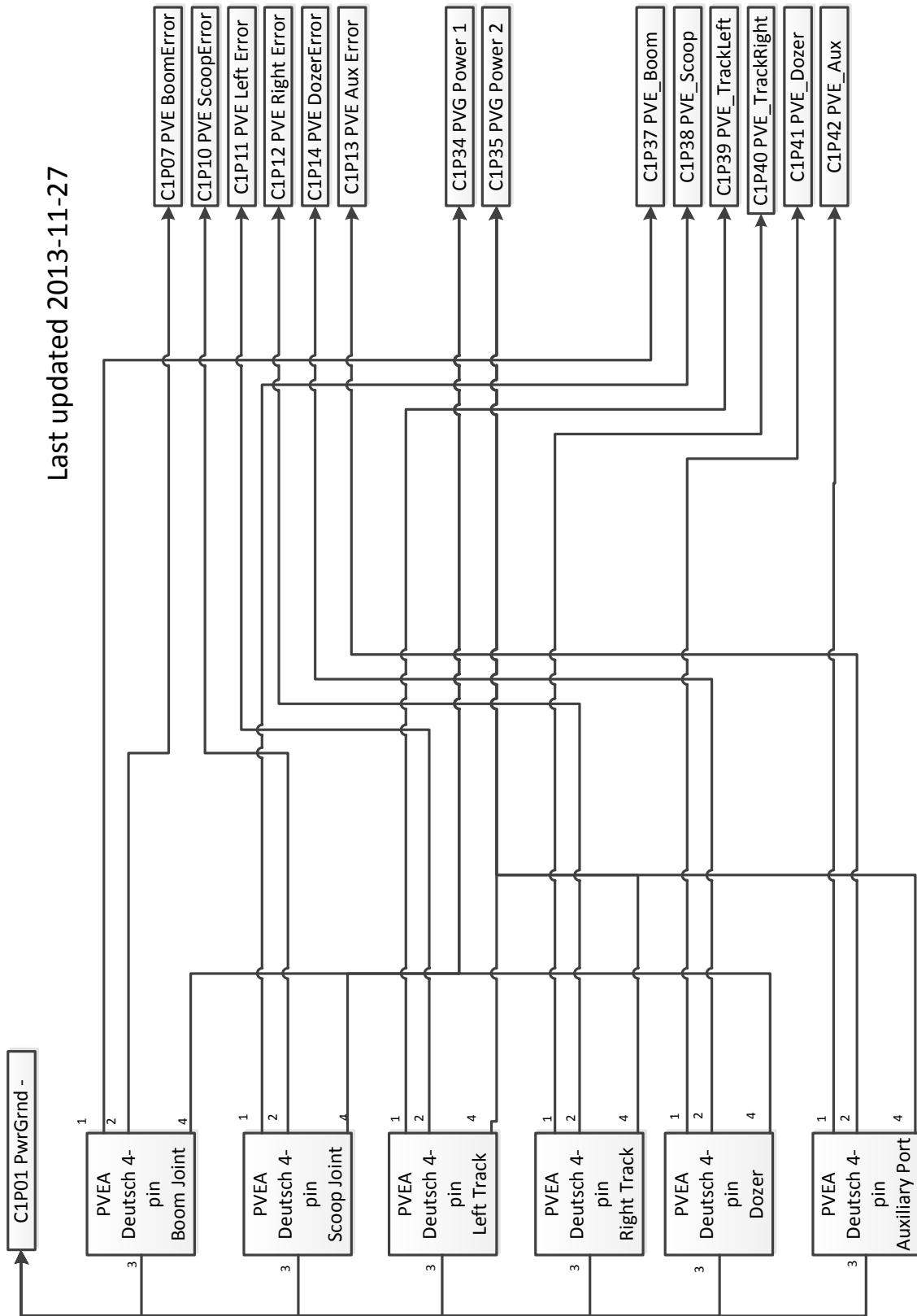
## Appendix A

Detta appendix innehåller kopplingsschemat i denna ordningen:

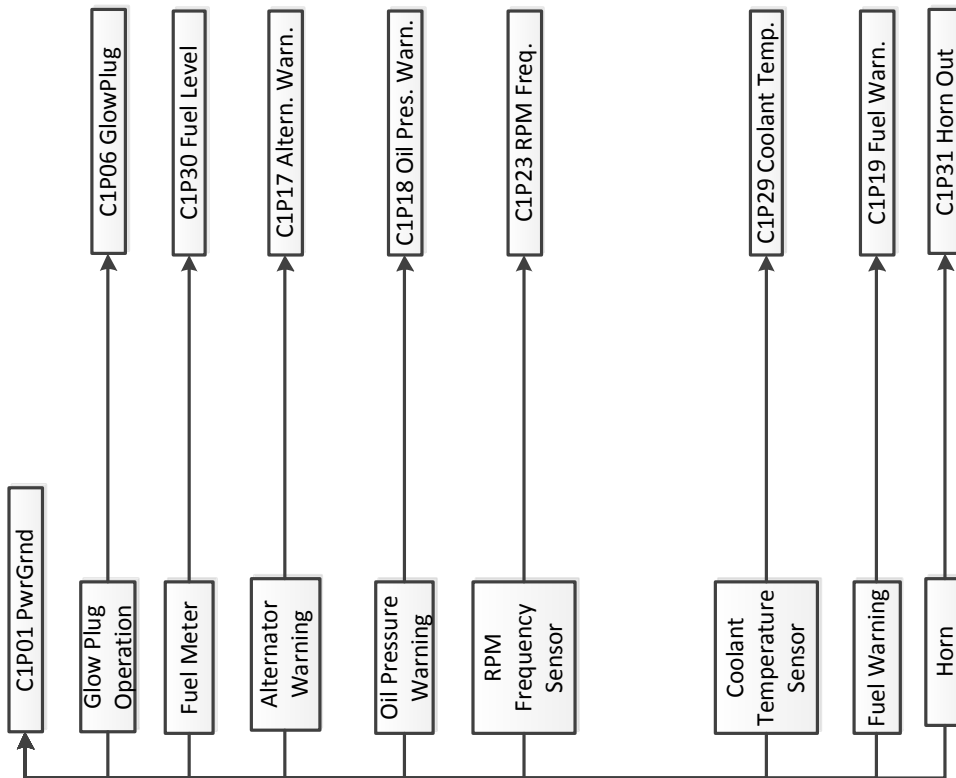
- Översikt
- Sensor power and CAN devices
- PVE
- Engine







Last updated 2013-11-27



## Appendix B

Detta appendix innehåller testspecifikationen och testrapporten.

MAKING MODERN LIVING POSSIBLE



Test Specification and Report  
**Master Thesis**  
**Danfoss Power**  
**Solutions/ARCC Demo**



[powersolutions.danfoss.com](https://powersolutions.danfoss.com) **PLUS** 





<b>Test Spec. and Report</b>	<b>Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo Excavator</b>		
<b>Master Document:</b>	<b>Software Test Specification And Report</b>		
Standard No.:	<b>MET-0022.2</b>	Revision level: A Revision No. : 1.0	Revision date : 2013-04-12 Baseline : 4.0
Category:	MES Template		
Author:	Thomas Waschkowski/Peter Haeggaard		
Process owners/ Reviewers:	SSS Leadership Team SSS ZERO! D Best Practice Team		
Approved by: (Process owner)	SSS Leadership Team SSS ZERO! D Best Practice Team		Date: 2013-04-09




---

**Test Spec. and Report**                      **Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**

---

**Contents**

1	Purpose of the Document.....	4
1.1	How to read.....	4
2	Test Specification Unit/Module Level.....	5
2.1	Propel.....	5
2.1.1	Traceability .....	5
2.1.2	Environment.....	5
2.1.3	TC010-01: Propel Seat Switch behavior. ....	5
2.1.4	TC010-02: Propel Adaption and Conditioning; Parameter response. ....	6
2.1.5	TC011-01: JS120 Propulsion.....	7
2.1.6	TC012-01: JS1000 Propulsion. ....	8
2.2	Boom.....	8
2.2.1	Traceability .....	9
2.2.2	Environment.....	9
2.2.3	TC020-01: Boom Seat Switch behavior .....	9
2.2.4	TC020-02: Boom Adaption and Conditioning; Parameter response. ....	10
2.2.5	TC020-03: Boom-Propel function overlap .....	10
2.2.6	TC021-01: Boom Second Joint. ....	11
2.2.7	TC022-01: Boom Fourth Joint. ....	12
2.2.8	TC023-01: Boom Height Restriction.....	12
2.3	Scraper.....	13
2.3.1	Traceability .....	13
2.3.2	Environment.....	13
2.3.3	TC030-01: Scraper Seat Switch .....	14
2.3.4	TC030-02: Scraper Adaption and Conditioning; Parameter response.....	14
2.3.5	TC031-01: Scraper Closed Loop Control.....	15
2.4	Display .....	16
2.4.1	Traceability .....	16
2.4.2	Environment.....	16
2.4.3	TC041-01: General Information Dialogue .....	16
2.4.4	TC042-01: Boom Height Restriction Dialogue.....	17
2.4.5	TC043-01: Scraper Control Dialogue.....	17
2.4.6	TC044-01: Auxiliary Hydraulic Port Dialogue.....	18
2.4.7	TC100-01: Status.....	19
2.4.8	TC100-02: Faults .....	20
2.4.9	TC100-03: Options.....	21
2.5	Auxiliary Hydraulic Port.....	23
2.5.1	Traceability .....	23
2.5.2	Environment.....	23
2.5.3	TC050-01: Auxiliary Hydraulic Port behavior.....	23
2.6	Signal Horn .....	24
2.6.1	Traceability .....	24
2.6.2	Environment.....	24
2.6.3	TC070-01: Signal Horn behavior .....	24
2.7	Sensor Power.....	25
2.7.1	Traceability .....	25
2.7.2	Environment.....	25
2.7.3	TC080-01: Sensor Power Reference Voltage .....	25
3	Detailed Test Report.....	26
4	References.....	27
5	Change Log.....	27



---

**1 Purpose of the Document**

This document is a template for the specification of tests to be performed, the procedure for the tests as well as reporting on success/failure of the tests. The test specifications may be broken up into separate documents for unit/module tests, integration tests, qualification/customer/system tests etc. The layout of the document is the same regardless of the type of test i.e. it is intended both for verification and validation test.

**1.1 How to read**

This document assumes knowledge about MES-0022 Software Test and MET-0022.1 Software Verification And Validation Plan.

A Software Verification And Validation Plan is its pre-requisite.

The template is specified in order to assist in the verification and validation of requirements at all levels. Therefore there may be a need to adapt the template slightly depending on the type of test to specify, execute and report either by adding more information. E.g. the traceability matrix on the unit/module level could be put on a higher level to handle all test cases and columns could be added/removed. As long as the objective that it should be possible to trace between the requirements and the verification/validation on all levels are met.

The template is originally designed to accommodate the need for functional safety projects performed according to IEC 61508 up to SIL 3.



**2 Test Specification Unit/Module Level**

These are the tests that are performed on the level of each unit/module. The level of the unit/module can vary but in general the interference borders between different unit/modules are not tested and the tests are most of the time performed in a controlled ideal environment.

**2.1 Propel**

This function interprets joystick inputs and engages two valves to move the travel tracks.

**2.1.1 Traceability**

Function name	Requirement ID: (for the unit/module)	Test case ID:
Propel Seat Switch	SF4	TC010-01
Propel Parameters	REQ010, REQ060	TC010-02
JS120 Propulsion	REQ011, SF1	TC011-01
JS1000 Propulsion	REQ012, SF2	TC012-01

**2.1.2 Environment**

- Seat Switch (pin 19)
- JS1000 joystick (X-Y-axes, trigger button) (CAN0)
- JS120 joysticks (Y-axes) (pin 27-30)
- PVE valve actuators (pin 39,40,10,11) (only pins are pertinent to test)
- MC50-010/12 Controller

**2.1.3 TC010-01: Propel Seat Switch behavior.**

**2.1.3.1 Purpose**

The operator presence is monitored by a seat switch. The work functions shall not be allowed to displace the valves out of their neutral states if the seat switch has been inactive for more than a configurable grace period.

**2.1.3.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Travel-tab. Turn on the unit and make sure that the JS1000, the JS120s and Seat Switch are connected to the MC50.

**2.1.3.3 Procedure**

With the Seat Switch disengaged and the parameter for JS1000 Propel Mode high, engage the joysticks fully (JS1000 input requires the trigger button being depressed in this case) in turn. For each joystick engaged; engage the Seat Switch. Disengage the Seat Switch and repeat for the next axis/joystick. Return all joysticks to neutral and engage the Seat Switch. Engage each axis/joystick in turn. Hold each axis/joystick in turn while disengaging the Seat Switch, hold the axis/joystick until the Valve Control signal goes low.

**2.1.3.4 Pass/Fail criteria**

Pass: No Valve Control signal leaves 0 when the joysticks are moved while the Seat Switch is low. No Valve Control signal leaves 0 when a joystick is held high and the Seat Switch is engaged. The Valve Control signals move when the Seat Switch has been engaged beforehand. Disengaging the Seat Switch while a joystick is high causes the Valve Control signal to drop after a time (Seat Switch Delay (ms)).

Fail: A Valve Control signal leaves 0 when the joysticks are moved while the Seat Switch is low. A Valve Control signal leaves 0 when a joystick is held high and the Seat Switch is engaged. The Valve Control signals do not move when the Seat Switch has been engaged beforehand. Disengaging the Seat Switch while a joystick is high does not cause the Valve Control signal to drop after a time (Seat Switch Delay (ms)).

**2.1.4 TC010-02: Propel Adaption and Conditioning; Parameter response.****2.1.4.1 Purpose**

This test will make sure that the parameters connected to the time ramps and joystick 6pt blocks produce a correct response. It will also test the JS1000 Propel Mode parameter.

**2.1.4.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Travel-tab. Turn on the unit and make sure that the JS1000, the JS120s and Seat Switch are connected to the MC50.

**2.1.4.3 Procedure**

1. Set the two Adaption time-parameters to 0. The Range remains 100%.
2. Set the six Conditioning parameter-pairs in an arbitrary manner.
3. Set the JS1000 Propel Mode parameter high.
4. Open the sub-tab TC010-02 and observe the behavior of the JS1000 axes.
5. If both of axes are engaged simultaneously the result will be cumulative and not always easily interpreted.
6. Restore the 6Pt parameters to Default.
7. Set the Adaption time-parameters to, for example, 4000ms Increase and 2000ms Decrease. The Range parameter should remain 100%.
8. In the TC010-02 sub-tab: observe the time it takes for the Valve Control signal to reach 100/0% when the inputs signal is hastily moved to and held at 100/0%. Do the same for -100%/0%.
9. Set all of the parameters to Default.
10. Set the JS1000 Propel Mode parameter low.
11. Move the JS1000 around with the trigger depressed.

**2.1.4.4 Pass/Fail criteria**

Pass: For a continuous increase in X or Y axis position: The shape of the 6Pt parameter curve is proportionally the same as the one displayed in the oscilloscope (albeit inversed left-right for the X-axis.).

For point 6,7,8: The time it takes for the Valve Control to rise/fall is the same as in the Adaption time-parameters set. Point 11: No Control Valve signal out of Travel.




---

**Test Spec. and Report**
**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**


---

Fail: For a continuous increase in X or Y axis position: The shape of the 6Pt parameter curve is not proportionally the same as the one displayed in the oscilloscope.

For point 6,7,8: The time it takes for the Valve Control to rise/fall is mixed/not the same as the Adaption time-parameters set. Point 11: The Control Valve signal leaves the neutral in the Travel page.

**2.1.5 TC011-01: JS120 Propulsion.**
**2.1.5.1 Purpose**

This test will show if the JS120 joysticks engages the necessary valves correctly.

**2.1.5.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Joystick-tab. Turn on the unit and make sure that the JS1000, JS120s and Seat Switch are connected to the MC50. Set all Parameters to Default. Disengage the Seat Switch.

**2.1.5.3 Procedure**

1. Engage the two JS120 to their two stops.
2. Remove connections to pins C1P29 and C1P30.
3. Engage one JS120, fully, in one direction.
4. Reconnect the corresponding connection.
5. Return the joystick to neutral.
6. Repeat step 3.
7. Cycle power
8. Repeat 3-7 for the other JS120.
9. Engage the Seat Switch.
10. Navigate to the Travel-tab.
11. Engage each JS120, in turn, to the two stops.
12. Engage the JS1000 trigger button.
13. Engage each JS120, in turn, to the two stops.
14. Set the JS1000Active Parameter to F.
15. Release and engage the JS1000 trigger button.
16. Repeat step 13.

**2.1.5.4 Pass/Fail criteria**

Pass:

Step 1 produces 100/-100% signals, left for left, right for right.

Step 3 latches a fault after 200 ms.

Step 4 and 6 produce no signal out from the Joystick.

Step 11 produces a 75% PWM duty value for the 100% position of the joystick (left for left, right for right). It also produces 25% PWM duty for the -100% joystick position.

Step 13 produces no PWM duty values for any JS120 movement.

Step 16 produces PWM duty when the joystick is engaged.

Fail:

Step 1 does not produce 100/-100% signals, the signals are crossed left to right or one joystick controls both signals.

Step 3 produces no fault.




---

**Test Spec. and Report**
**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**


---



---

Step 4 or 6 produces a signal out from the Joystick.  
 Step 11 produces less than/more than 75% PWM duty value for the 100% position of the joystick. It does not produce 25% PWM duty for the -100% joystick position.  
 Joystick Signal to PWM-route is crossed or one joystick controls both.  
 Step 13 produces a PWM duty value for any JS120 movement.  
 Step 16 produces no PWM duty when the joystick is engaged.

**2.1.6 TC012-01: JS1000 Propulsion.**
**2.1.6.1 Purpose**

This test will show if the JS1000 Joystick controls the valves in a correct manner.

**2.1.6.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Travel-tab. Turn on the unit and make sure that the JS1000 and Seat Switch are connected to the MC50. Set all Parameters to Default. Disengage the Seat Switch.

**2.1.6.3 Procedure**

1. Set the JS1000Active parameter to F.
2. Engage the JS1000 in two axes.
3. Engage the trigger button.
4. Repeat step 2.
5. Release the trigger button.
6. Set the JS1000Active parameter to T.
7. Repeat steps 2-4.
8. Engage the Seat Switch.
9. Repeat 1-7.

**2.1.6.4 Pass/Fail criteria**

Pass:  
 Steps 2, 4, 7:2 and 7:4 yield no control value.  
 Steps 9:2 and 9:4 yield no control value.  
 Step 9:7:2 yields no control value.  
 Step 9:7:4 yields a control value.  
 There is no control value when the Joystick is in the Neutral position.

Fail:  
 Steps 2, 4, 7:2 and 7:4 yield a control value.  
 Steps 9:2 and 9:4 yield a control value.  
 Step 9:7:2 yields a control value.  
 Step 9:7:4 yields no control value.  
 There is a control value when the Joystick is in the Neutral position.

**2.2 Boom**

This function interprets the signals from the JS1000 joystick as well as an angular position sensor. These are combined to actuate two valves, controlling the second boom joint and the scoop joint. A height limit is enforced based on the sensor signal and a configurable height value for the boom.



**2.2.1 Traceability**

Function name	Requirement ID: (for the unit/module)	Test case ID:
Boom Seat Switch	SF4	TC020-01
Boom Parameters	REQ020, REQ060	TC020-02
Boom-Propel Overlap	SF6	TC020-03
Boom Second Joint	REQ021	TC021-01
Boom Fourth Joint	REQ022	TC022-01
Boom Height Restriction	REQ023, SF3, SF5	TC023-01

**2.2.2 Environment**

Seat Switch (pin 19)  
 JS1000 joystick (X-Y-axes, trigger button) (CAN0)  
 PVE valve actuators (pin 37,38,6,7) (only pins are pertinent to test)  
 Angle Sensor (pin 16)  
 MC50-010/12 Controller

**2.2.3 TC020-01: Boom Seat Switch behavior**

**2.2.3.1 Purpose**

The operator presence is monitored by a seat switch. The work functions shall not be allowed to displace the valves out of their neutral states if the seat switch has been inactive for more than a configurable grace period.

**2.2.3.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Boom-tab. Turn on the unit and make sure that the JS1000 and Seat Switch are connected to the MC50.

**2.2.3.3 Procedure**

With the Seat Switch disengaged engage each JS1000 axis fully (do not depress the JS1000 trigger button) in turn. For each axis engaged; engage the Seat Switch. Disengage the Seat Switch and repeat for the next axis. Return all axes to neutral and engage the Seat Switch. Engage each axis in turn. Hold each axis in turn while disengaging the Seat Switch, hold the axis until the Valve Control signal goes low.

**2.2.3.4 Pass/Fail criteria**

Pass: No Valve Control signal leaves 0 when the axes are moved while the Seat Switch is low. No Valve Control signal leaves 0 when an axis is held high and the Seat Switch is engaged. The Valve Control signals move when the Seat Switch has been engaged beforehand. Disengaging the Seat Switch while an axis is high causes the Valve Control signal to drop after a time (Seat Switch Delay (ms)).

Fail: A Valve Control signal leaves 0 when the axes are moved while the Seat Switch is low. A Valve Control signal leaves 0 when an axis is held high and the Seat Switch is engaged. The Valve Control signals do not move when the Seat Switch has been engaged beforehand. Disengaging the Seat Switch while an axis is





high does not cause the Valve Control signal to drop after a time (Seat Switch Delay (ms)).

#### **2.2.4 TC020-02: Boom Adaption and Conditioning; Parameter response.**

##### **2.2.4.1 Purpose**

This test will make sure that the parameters connected to the time ramps and joystick 6pt blocks produce a correct response.

##### **2.2.4.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Boom-tab. Turn on the unit and make sure that the JS1000 and Seat Switch are connected to the MC50. Make sure that the Height Limit function is turned off.

##### **2.2.4.3 Procedure**

1. Set the four Adaption time-parameters to 0. The Range remains 100%
2. Set the six Conditioning parameter-pairs in an arbitrary manner.
3. Open the sub-tab TC020-02 and observe the behavior of the JS1000 axes.
4. Restore the 6Pt parameters to Default.
5. Set the Adaption time-parameters to, for example, 4000ms Increase and 2000ms Decrease. The Range parameter should remain 100%.
6. In the TC020-02 sub-tab: observe the time it takes for the Valve Control signal to reach 100/0% when the inputs signal is hastily moved to and held at 100/0%. Do the same for -100%/0%.

##### **2.2.4.4 Pass/Fail criteria**

Pass: For a continuous increase in X or Y axis position: The shape of the 6Pt parameter curve is proportionally the same as the one displayed in the oscilloscope. For point 6: The time it takes for the Valve Control to rise/fall is the same as in the Adaption time-parameters set.

Fail: For a continuous increase in X or Y axis position: The shape of the 6Pt parameter curve is not proportionally the same as the one displayed in the oscilloscope. For point 6: The time it takes for the Valve Control to rise/fall is mixed/not the same as the Adaption time-parameters set.

#### **2.2.5 TC020-03: Boom-Propel function overlap**

##### **2.2.5.1 Purpose**

This test scenario makes sure that the JS1000 only controls one function at a time.

##### **2.2.5.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Boom-tab. Turn on the unit and make sure that the JS1000 and Seat Switch are connected to the MC50. Make sure that the Height Limit function is turned off. Set all values to default.


**2.2.5.3 Procedure**

1. Engage the Seat Switch.
2. Move the JS1000 through its axes.
3. Engage the JS1000 trigger button.
4. Repeat step 2.
5. Navigate to the Travel-tab.
6. Repeat step 2.
7. Release the JS1000 trigger button.
8. Repeat step 2.

**2.2.5.4 Pass/Fail criteria**

Pass:

- Step 2 yields a control value.
- Step 4 yields no control value.
- Step 6 yields a control value.
- Step 8 yields no control value.

Fail:

- Step 2 yields no control value.
- Step 4 yields a control value.
- Step 6 yields no control value.
- Step 8 yields a control value.

**2.2.6 TC021-01: Boom Second Joint.**
**2.2.6.1 Purpose**

This test makes sure that the second boom joint (or simply: boom) moves when it is supposed to.

**2.2.6.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Boom-tab. Turn on the unit and make sure that the JS1000 and Seat Switch are connected to the MC50. Make sure that the Height Limit function is turned off.

**2.2.6.3 Procedure**

1. Move the JS1000 front to back.
2. Engage the Seat Switch.
3. Repeat step 1.

**2.2.6.4 Pass/Fail criteria**

Pass:

- Step 1 produces no control value.
- Step 3 produces a positive control value when the JS1000 is moved to the front, and vice versa.

Fail:

- Step 1 produces a control value.




---

**Test Spec. and Report**
**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**


---

Step 3 produces negative control value when the JS1000 is moved to the front, or vice versa. There is no control value. The control value of the Scoop valve leaves 0.

**2.2.7 TC022-01: Boom Fourth Joint.**
**2.2.7.1 Purpose**

This test makes sure that the fourth boom joint (or simply: scoop) moves when it is supposed to.

**2.2.7.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Boom-tab. Turn on the unit and make sure that the JS1000 and Seat Switch are connected to the MC50.

**2.2.7.3 Procedure**

1. Move the JS1000 left to right.
2. Engage the Seat Switch.
3. Repeat step 1.

**2.2.7.4 Pass/Fail criteria**

Pass:

Step 1 produces no control value.

Step 3 produces a positive control value when the JS1000 is moved to the right, and vice versa.

Fail:

Step 1 produces a control value.

Step 3 produces negative control value when the JS1000 is moved to the right, or vice versa. There is no control value. The control value of the Boom valve leaves 0.

**2.2.8 TC023-01: Boom Height Restriction.**
**2.2.8.1 Purpose**

This test will make sure that the controller reacts correctly to the measurements and handles the joystick signals accordingly.

**2.2.8.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Boom-tab. Turn on the unit and make sure that the JS1000 and Seat Switch are connected to the MC50. Also connect a pot to the BoomAngle input. Set all parameters to default. Make sure that the Height Limit is deactivated, and that the Seat Switch is engaged.

**2.2.8.3 Procedure**

1. Move the JS1000 front to back, and left to right.
2. Enter the Calibration dialogue.
3. Move the pot so that the angle is outside of the calibration interval.
4. Calibrate the sensor and return to the Boom-tab.
5. Activate the Height Limit.



**Test Spec. and Report**

**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo Excavator**

6. Move the pot so that the boom height is 500mm.
7. Set the Height Limit parameter to 1000mm.
8. Repeat step 1.
9. Set the Height Limit parameter to 0mm.
10. Repeat step 1.
11. Repeat step 2.
12. Move the pot so that the angle is within the calibration interval.
13. Repeat step 4.
14. Repeat steps 7-10.
15. Move the pot to one of its stops.
16. Repeat steps 7-10.

**2.2.8.4 Pass/Fail criteria**

**Pass:**

- Step 1 produces a control value for the boom and scoop valves.
- Steps 8 and 10 produce a control value for the boom valve only when the joystick is moved forwards.
- Step 14:8 produces a control value for both valves.
- Step 14:10 produces a control value for the boom valve only when the joystick is moved forwards.
- Step 16 there is no boom control value.

**Fail:**

- Step 1 produces no control values for the boom and/or scoop valves.
- Steps 8 and 10 produce a control value for the boom valve and/or no control value for the scoop valve.
- Step 14:8 does not produce control values for both valves.
- Step 14:10 produces a control value for the boom valve irrespective of the direction of the joystick. A control value is produced when the joystick is moved backwards.
- No control value is produced at all. No control value for the scoop valve.
- Step 16 there is a boom control value.

**2.3 Scraper**

The Scraper function sees two buttons and an angle sensor. These buttons move a valve to a configurable opening. The angle sensor is the input to a closed loop control function which strives to set the Scraper blade to a configurable height.

**2.3.1 Traceability**

Function name	Requirement ID: (for the unit/module)	Test case ID:
Scraper Seat Switch	SF4	TC030-01
Scraper Parameters	REQ030	TC030-02
Scraper Closed Loop Control	REQ031	TC031-01

**2.3.2 Environment**

- Seat Switch (pin 19)
- JS1000 joystick (Up/Down buttons) (CAN0)
- PVE valve actuators (pin 41,14) (only pins are pertinent to test)




---

**Test Spec. and Report**
**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**


---

Angle Sensor (pin 18)  
MC50-010/12 Controller

### **2.3.3 TC030-01: Scraper Seat Switch**

#### **2.3.3.1 Purpose**

The operator presence is monitored by a seat switch. The work functions shall not be allowed to displace the valves out of their neutral states if the seat switch has been inactive for more than a configurable grace period

#### **2.3.3.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Dozer-tab. Turn on the unit and make sure that the JS1000 and Seat Switch are connected to the MC50.

#### **2.3.3.3 Procedure**

With the Seat Switch disengaged press the buttons on the JS1000 to move the Scraper up and down in turn. For each button pressed; engage the Seat Switch. Disengage the Seat Switch and repeat for the next button. Release all buttons and engage the Seat Switch. Press each button in turn. Hold each button in turn while disengaging the Seat Switch, hold the button until the Valve Control signal goes low.

#### **2.3.3.4 Pass/Fail criteria**

Pass: No Valve Control signal leaves 0 when the axes are moved while the Seat Switch is low. No Valve Control signal leaves 0 when an axis is held high and the Seat Switch is engaged. The Valve Control signals move when the Seat Switch has been engaged beforehand. Disengaging the Seat Switch while an axis is high causes the Valve Control signal to drop after a time (Seat Switch Delay (ms)).

Fail: A Valve Control signal leaves 0 when the axes are moved while the Seat Switch is low. A Valve Control signal leaves 0 when an axis is held high and the Seat Switch is engaged. The Valve Control signals do not move when the Seat Switch has been engaged beforehand. Disengaging the Seat Switch while an axis is high does not cause the Valve Control signal to drop after a time (Seat Switch Delay (ms)).

### **2.3.4 TC030-02: Scraper Adaption and Conditioning; Parameter response**

#### **2.3.4.1 Purpose**

This test will make sure that the parameters connected to the time ramps and joystick 6pt blocks produce a correct response.

#### **2.3.4.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Dozer-tab. Turn on the unit and make sure that the JS1000 and Seat Switch are connected to the MC50. Make sure that the free adjustment mode is turned on.



#### **2.3.4.3 Procedure**

1. Set the two Adaption time-parameters to 0 and the range to 100%.
2. Set the button limiter to 100%.
3. Engage the seat switch.
4. Start the engine.
5. Press and hold the buttons to move the scraper up and down.
6. Change the button limiter in an arbitrary fashion.
7. Observe how the control value depends on the button limiter.
8. Set the Adaption time-parameters to, for example, 4000ms Increase and 2000ms Decrease. The Range parameter should remain 100%.
9. Observe the time it takes for the Valve Control signal to reach 100/0% when the buttons are pressed and held.

#### **2.3.4.4 Pass/Fail criteria**

Pass: The time it takes for the Valve Control to rise/fall is the same as in the Adaption time-parameters set. The button limiter scales the control signal by the limiter value.

Fail: The time it takes for the Valve Control to rise/fall is mixed/not the same as the Adaption time-parameters set. The button limiter does not scale the control signal with the limiter value.

### **2.3.5 TC031-01: Scraper Closed Loop Control**

#### **2.3.5.1 Purpose**

This test will make sure that the closed loop control system work as intended. That the control system starts and stops when it is supposed to and that the system reacts correctly to parameter changes.

#### **2.3.5.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Dozer-tab. Turn on the unit and make sure that the JS1000 and Seat Switch are connected to the MC50. Set all Dozer values to default. Make sure that the absolute adjustment mode is turned on. Make sure that the floor surface can take some abuse.

#### **2.3.5.3 Procedure**

1. Calibrate the dozer height sensor.
2. Start the engine.
3. Change the target height to 175mm/-175mm respectively.
4. Observe the behavior of the blade.
5. Press (and do not hold) one of the Up/Down for the Dozer on the JS1000 while the blade is in motion.

#### **2.3.5.4 Pass/Fail criteria**

Pass: The blade travels to the target height and stops if one of the Up/Down buttons are pressed.




---

**Test Spec. and Report**
**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**


---

Fail: The blade does not travel, or travels in the wrong direction. It misses its target or does not stop when an Up/Down button gets pressed.

## 2.4 Display

### 2.4.1 Traceability

Function name	Requirement ID: (for the unit/module)	Test case ID:
General Information Dialogue	REQ041	TC041-01
Boom Height Restriction Dialogue	REQ042, SF8	TC042-01
Scraper Control Dialogue	REQ043, SF8	TC043-01
Auxiliary Hydraulic Port Dialogue	REQ044, SF8	TC044-01
Status	N/A	TC100-01
Faults	SF8	TC100-02
Options	N/A	TC100-03

### 2.4.2 Environment

MC50-010  
DP250

### 2.4.3 TC041-01: General Information Dialogue

#### 2.4.3.1 Purpose

Ensure that the information displayed is the information collected by the controller.

#### 2.4.3.2 Setup/Prerequisites

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Engine-tab. Turn on the unit and make sure that the DP250 is connected to the MC50. To test the RPM, hardcode this value, or connect the software signal to a pot/ the JS1000.

#### 2.4.3.3 Procedure

1. Put 12V on MC50 pins C1:P12, P14, P22, P25 and P26.
2. Compare the numbers, levels and symbols between the Engine-tab with the default page of the display. The Height Limit, Free Adjust and Auxiliary Port states will not be compared in this step.
3. Navigate to the Boom-tab.
4. Compare the state of the Height Limit with that of the display.
5. Navigate to the Dozer-tab.
6. Compare the state of the Buttons signal (=Free Adjust) to the one on the display.
7. Navigate to the Auxiliary Port-tab.




---

**Test Spec. and Report**
**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**


---

8. Compare the state of the Enabled signal to the display.
9. Remove the 12V from the pins in step 1.
10. Repeat 2-8.

**2.4.3.4 Pass/Fail criteria**

Pass:  
All values and symbols are in the same state.

Fail:  
Not all values and symbols are in the same state.

**2.4.4 TC042-01: Boom Height Restriction Dialogue**
**2.4.4.1 Purpose**

To ensure that the functionality and presented information is correct.

**2.4.4.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Boom-tab in the Service tool and the Boom page in the display. Turn on the unit and make sure that the DP250 is connected to the MC50.

**2.4.4.3 Procedure**

1. Toggle the enable.
2. Press back.
3. Reenter the boom page.
4. Change the Height Limit.

**2.4.4.4 Pass/Fail criteria**

Pass:  
Step 1, 2: The Height Limit On/Off flag toggles correctly, both in the display and in the service tool page.  
Step 4: The Height Limit change is visible on the boom page and the service tool page.

Fail:  
Step 1, 2: The Height Limit On/Off flag does not toggle in all of the pages.  
Step 4: The Height Limit shows the old limit on one or more of the pages.

**2.4.5 TC043-01: Scraper Control Dialogue**
**2.4.5.1 Purpose**

To ensure that the functionality and presented information is correct.

**2.4.5.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Dozer-tab in the Service tool and the Dozer page in the display. Turn on the unit and make sure that the DP250 is connected to the MC50. Connect the Dozer sensor to the controller.



**2.4.5.3 Procedure**

1. Observe the difference between the current height and the target.
2. Press the Free Adjust toggle, if any warnings appear, take note of the contents and accept.
3. Press back.
4. Reenter the Dozer dialogue.
5. Press the Down button until the arrow loops around to the first Preset.
6. Press Open.
7. Press Change and alter it to something other than the old target.
8. Press Back.
9. Press Open.
10. Press Use.

**2.4.5.4 Pass/Fail criteria**

## Pass:

Step 1, 2: The difference between the current height and the target correspond to the distance displayed in the warning.

Step 3: The Dozer light is set to Absolute at the Start Page level.

Step 5: The target stays the same as the arrow traverses the list.

Step 8: The target stays the same as before.

Step 10: The target assumes the chosen number.

## Fail:

Step 1, 2: The difference between the current height and the target is not the same as the distance displayed in the warning.

Step 3: The Dozer light is set to Absolute at the Start Page level.

Step 5: The target stays the same as the arrow traverses the list.

Step 8: The target stays the same as before.

Step 10: The target assumes the chosen number.

**2.4.6 TC044-01: Auxiliary Hydraulic Port Dialogue****2.4.6.1 Purpose**

To ensure that commands are transmitted and displayed correctly.

**2.4.6.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Auxiliary Port-tab in the Service tool and the Auxiliary Port page in the display. Turn on the unit and make sure that the DP250 is connected to the MC50.

**2.4.6.3 Procedure**

1. Press back.
2. Reenter the Auxiliary Port page.
3. Press On/Off.
4. Repeat steps 1-2.
5. Press Change and set the value to something new.
6. In the service tool page, press the On/Off button.
7. In the service tool page, enter a value different from the current value.
8. Press download in the service tool.

**2.4.6.4 Pass/Fail criteria**

Pass:

Step 1: The Auxiliary Port light shows Off.

Step 2: The On/Off light shows Off.

Step 4: Steps 1 and 2 but reversed.

Step 5: The control value changes accordingly.

Step 8: The information on the display corresponds to that of the service tool.

Fail:

Step 1: The Auxiliary Port light shows On.

Step 2: The On/Off light shows On.

Step 4: Steps 1 and 2 but reversed.

Step 5: The control value does not change, or changes to another number, not the one entered.

Step 8: The information on the display is not the same as that entered into the service tool.

**2.4.7 TC100-01: Status****2.4.7.1 Purpose**

Ensure that the messages appear as designed.

**2.4.7.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Joysticks/JS120 Parameters-page. Turn on the unit and make sure that the DP250, JS120 and JS1000 are connected to the MC50. Make sure that the Boom and Dozer sensors are connected to the MC50.

Navigate to the Service/Options/Status page in the Display.

**2.4.7.3 Procedure**

1. Set one of the JS120 calibration parameters (High/Mid/Low) to 0%.
2. Calibrate the JS120 from the Service Tool Joysticks page.
3. Repeat steps 1-2 for all of the 6 parameters.
4. Position the Boom and Dozer blade on the floor.
5. Navigate to the Boom sensor calibration page in the Service Tool.
6. Calibrate the Boom sensor.
7. Navigate to the Dozer sensor calibration page in the Service Tool.
8. Calibrate the Dozer sensor.
9. Position the Boom and Dozer in their rearmost/topmost positions.
10. Calibrate the Boom and Dozer sensor again.

**2.4.7.4 Pass/Fail criteria**

Pass:

Step 1: The JS120 Calibration Faulty light goes on.

Step 2: The JS120 Calibration Faulty light goes off.

Step 5: Step 8: The Boom Sensor Calibration Faulty light goes on.

Step 10: The Dozer Sensor Calibration Faulty light goes on.

Step 12: The Boom and Dozer Sensor Calibration Faulty lights go off.




---

**Test Spec. and Report**
**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**


---

Fail:

Step 1: The JS120 Calibration Faulty light remains off.

Step 2: The JS120 Calibration Faulty light goes/remains on.

Step 8: The Boom Sensor Calibration Faulty light remains off.

Step 10: The Dozer Sensor Calibration Faulty light remains off.

Step 12: The Boom and Dozer Sensor Calibration Faulty lights goes/remains on.

### 2.4.8 TC100-02: Faults

#### 2.4.8.1 Purpose

Ensure that the messages appear as designed.

#### 2.4.8.2 Setup/Prerequisites

Turn on the unit and make sure that the DP250 is connected to the MC50. Make sure that the JS1000, JS120 and PVEs are connected to the MC50.

Navigate to the Service/Options/Faults page in the Display. Set the Grace-Time parameter to 1 second.

#### 2.4.8.3 Procedure

1. Disconnect the JS1000.
2. Reconnect the JS1000.
3. Disconnect the left JS120.
4. Reconnect the left JS120.
5. Disconnect the right JS120.
6. Reconnect the right JS120.
7. Disconnect the Boom sensor.
8. Reconnect the Boom sensor.
9. Disconnect the Dozer sensor.
10. Reconnect the Dozer sensor.
11. Disconnect the DP250 from the CAN.
12. Reconnect the DP250 from the CAN.
13. Disconnect the lead from the alternator.
14. Start the engine.
15. Stop the engine.
16. Reconnect the alternator lead.
17. The valve actuators are grouped (boom, scoop, dozer and left track, right track, aux). For the valve being tested; activate another function in the group and when the lights on the actuator group turn on: pull the mechanical lever on the valve under testing. Hold it for >1s.
18. Repeat step 17 for all 6 PVEs.
19. Remove the fuse positioned in the top right corner of the fuse box when viewed from the front of the machine.
20. Start the engine for 5 seconds, with the throttle in the lowest (most forward) position.
21. Stop the engine.
22. Short pin 29 on the MC50 to ground.

#### 2.4.8.4 Pass/Fail criteria

Pass:

Steps 1-14: The corresponding fault light turns on as the component is disconnected, the horn sounds for step 14.



Step 17: The fault light of the valve being tested turns on after the corresponding lever has been held for the required time (>750ms).

Step 20: The Oil Pressure low warning and fault light turns on, the horn sounds.

Step 22: The Coolant temperature high fault light turns on.

Fail:

Steps 1-14: The corresponding fault light does not turn on as the component is disconnected, the horn does not sound for step 14.

Step 17: The fault light of the valve being tested does not turn on after the corresponding lever has been held for the required time (>750ms).

Step 20: The Oil Pressure low warning and fault light does not turn on, the horn does not sound.

Step 22: The Coolant temperature high fault light does not turn on.

## 2.4.9 TC100-03: Options

### 2.4.9.1 Purpose

Ensure that the options alter the parameters as designed.

### 2.4.9.2 Setup/Prerequisites

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Parameters/Parameter List-page. Turn on the unit and make sure that the DP250 is connected to the MC50. Navigate to the Service/Options/Options page in the Display.

### 2.4.9.3 Procedure

1. Write down the values of the following parameters:  
     Para\_Language\_Language\_NV (step 3)  
     Para\_Sensor\_Joint2SensorCalibrationOffset\_deg (step 4)  
     Para\_Sensor\_ScraperSensorCalibrationOffset\_percent (step 4)  
     Para\_Sensor\_FuelTankFull\_Ohm (step 4)  
     Para\_Propel\_JS1000PropelEnabled (step 5)  
     Para\_AuxValveCap\_NV (step 6)  
     Para\_Dozer\_ValveCap\_NV (step 6)
2. Enter the Change language page and change the Language. Press back.
3. Enter the Calibrate sensors page.
4. Calibrate the three sensors (with the Boom and Dozer blade in their ground positions). Go back to the Options page again.
5. Enter the JS1000 propel mode page. Change the propel mode.
6. Enter the Button speed page. Change the speeds.
7. Enter the Error log page.
8. Erase the log.
9. Press On/Off until the log starts.
10. Disconnect the JS1000 joystick.
11. Reconnect the JS1000 joystick.
12. Enter the Service Tool page Error Log.
13. Download the error log.
14. Erase the error log.
15. Download the error log.
16. Go back to the Options page in the Display.
17. Enter the Adjust the clock page.
18. Change all of the dates and times.



---

**Test Spec. and Report****Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**

---

**2.4.9.4 Pass/Fail criteria**

Pass:

Step 2: The parameter now differs from the one written down.

Step 4: The parameters now differ from the ones written down.

Step 5: The parameter now differs from the one written down.

Step 6: The parameters now differ from the ones written down.

Step 13: The log contains at least two time-stamps. One with the JS1000 fault and the following time-stamp without the JS1000 fault.

Step 15: The log is empty.

Step 18: The dates and times adjust properly and continue going forward.

Fail:

Step 2: The parameter does not differ from the one written down.

Step 4: The parameters do not differ from the ones written down.

Step 5: The parameter does not differ from the one written down.

Step 6: The parameters do not differ from the ones written down.

Step 13: The log contains less than two time-stamps or none regarding the JS1000 fault.

Step 15: The log contains time-stamps and perhaps logged faults.

Step 18: The dates and times do not adjust properly or do not go forward after changing them.



**2.5 Auxiliary Hydraulic Port**

**2.5.1 Traceability**

Function name	Requirement ID: (for the unit/module)	Test case ID:
Auxiliary Hydraulic Port	REQ050	TC050-01

**2.5.2 Environment**

Seat Switch (pin 19)  
 JS1000 joystick (Plus/Minus buttons) (CAN0)  
 PVE valve actuator (pin 42,13)  
 MC50-010/12 Controller

**2.5.3 TC050-01: Auxiliary Hydraulic Port behavior**

**2.5.3.1 Purpose**

The purpose of this test is to ensure that the output on the valve corresponds to the control value of the auxiliary port.

**2.5.3.2 Setup/Prerequisites**

Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Auxiliary port-tab. Turn on the unit and make sure that the JS1000 is connected to the MC50.

**2.5.3.3 Procedure**

1. Press the On/Off button until the light turns green.
2. Go through the complete range from -100% to 100% either by using the slider or by typing it in as a parameter.
3. Observe how the PWM Duty depends on the control value.
4. Set the Button Limiter to 50%.
5. Press the JS1000 Plus button.
6. Press the JS1000 Minus Button.

**2.5.3.4 Pass/Fail criteria**

Pass: The PWM Duty of the valve corresponds to the output signal. The PWM Duty is capped at 25% and 75%, which means that when the output signal is 100%/-100% the PWM Duty is 25%/75%. Pressing the Plus/Minus buttons results in a output signal of 50%/-50%.

Fail: The PWM Duty of the valve doesn't correspond to the output signal. The PWM Duty is capped at 25% and 75%, which means that when the output signal is 100%/-100% the PWM Duty is 25%/75%. Pressing the Plus/Minus buttons results in no output signal or something other than 50%/-50%.




---

**Test Spec. and Report**
**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**


---

## 2.6 Signal Horn

### 2.6.1 Traceability

Function name	Requirement ID: (for the unit/module)	Test case ID:
Horn	REQ070	TC070-01

### 2.6.2 Environment

JS1000 joystick (Horn button) (CAN0)  
MC50-010/12 Controller  
Pin 31.

### 2.6.3 TC070-01: Signal Horn behavior

#### 2.6.3.1 Purpose

The purpose of this test is to verify that the signal horn operates as intended.

#### 2.6.3.2 Setup/Prerequisites

Turn on the ignition.

#### 2.6.3.3 Procedure

1. Press the Horn button on the JS1000 joystick (button 6).
2. Turn the machine off

#### 2.6.3.4 Pass/Fail criteria

Pass: The horn sounds.

Fail: The horn does not sound.




---

**Test Spec. and Report**
**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**


---

## 2.7 Sensor Power

### 2.7.1 Traceability

Function name	Requirement ID: (for the unit/module)	Test case ID:
Sensor Power Reference Voltage	SF7	TC080-01

### 2.7.2 Environment

JS1000 joystick (Up/Down buttons, Y-axis) (CAN0)  
MC50-010/12 Controller

### 2.7.3 TC080-01: Sensor Power Reference Voltage

#### 2.7.3.1 Purpose

The purpose of this test is to verify that the functions dependent on Sensor Power shut down when the voltage goes out of bounds.

#### 2.7.3.2 Setup/Prerequisites

Change the 5000 value to 2000 in the microcontroller project code (TOP!Application!Input!Error\_Handle!Sensor\_Power). Compile and program the hardware. Start the Guide Service tool on the PC, load Mini Excavator.P1D. Navigate to the Boom-tab. Turn on the unit and make sure that the JS1000 is connected to the MC50.

#### 2.7.3.3 Procedure

1. Cycle the power to the system.
2. Move the JS1000 forwards and backwards.
3. Navigate to the Dozer-tab.
4. Set a regulator target != the current position.
5. Enable the regulator.

#### 2.7.3.4 Pass/Fail criteria

Pass: There are no control values issued by the procedures.

Fail: There are control values issued by the procedures.






---

**Test Spec. and Report**
**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**


---

**3 Detailed Test Report**

The table below is an example of information needed in a test result report. The exact format can vary depending on the automated test tool support. There may be additional information needed or on occasion some information in this table is not necessary. The test report may combine all the different test results of all test cases performed such as unit/module test, integration test, system test and functional safety test or it can be separated in different reports.

SW version under test:		HW unit identification:			
Test Case ID:	Pass/Fail/NA	Test performed date: (YYYY-MM-DD)	Test performed by:	Automatic/Semi-automatic/Manual	Comments
TC010-01	Pass	2014-02-03	Kristoffer Ohlsson	M	
TC010-02	Pass	2014-02-03	Kristoffer Ohlsson	M	
TC011-01	Pass	2014-02-03	Kristoffer Ohlsson	M	
TC012-01	Pass	2014-02-03	Kristoffer Ohlsson	M	
TC020-01	Pass	2014-02-03	Kristoffer Ohlsson	M	
TC020-02	Pass	2014-02-03	Kristoffer Ohlsson	M	
TC020-03	Pass	2014-02-03	Kristoffer Ohlsson	M	
TC022-01	Pass	2014-02-03	Kristoffer Ohlsson	M	
TC023-01	Pass	2014-02-03	Kristoffer Ohlsson	M	
TC030-01	Pass	2014-02-03	Kristoffer Ohlsson	M	
TC030-02	Pass	2014-02-03	Kristoffer Ohlsson	M	
TC031-01	Pass	2014-02-05	Kristoffer Ohlsson	M	
TC041-01	Pass	2014-02-04	Pehr Wänggård Persson	M	Cannot test the RPM sensor
TC042-01	Pass	2014-02-04	Pehr Wänggård Persson	M	
TC043-01	Pass	2014-02-04	Pehr Wänggård Persson	M	
TC044-01	Pass	2014-02-04	Pehr Wänggård Persson	M	
TC100-01	Pass	2014-02-04	Pehr Wänggård Persson	M	
TC100-02	Pass	2014-02-04	Pehr Wänggård Persson	M	
TC100-03	Pass	2014-02-04	Pehr Wänggård Persson	M	
TC050-01	Pass	2014-02-05	Kristoffer Ohlsson	M	
TC070-01	Pass	2014-02-04	Kristoffer Ohlsson	M	
TC080-01	Pass	2014-02-13	Pehr Wänggård Persson	M	



---

**Test Spec. and Report****Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**

---

**4 References**

Note	Document Name	Comment
1	MES-0022 Software Test	
2	MET-0022.1 Software Verification And Validation Plan	

**5 Change Log**

Date	Revision	Editor	Comment
01.01.2012	MES0022.2 A0.1	Peter Haegggaard	Initial version based on Test Specification and Report and PVED_CLS Software Test Specs.

## Appendix C

Detta appendix innehåller den tekniska specifikationen.

MAKING MODERN LIVING POSSIBLE



Technical Specification

# Master Thesis Danfoss Power Solutions/ARCC Demo



[www.powersolutions.danfoss.com](http://www.powersolutions.danfoss.com)




---

Technical Specification	Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo Excavator
-------------------------	---

---

Revisions

Revision History

Table of Revisions

Date	Page	Changed	ECO No.	Rev.
2013-09-25	-	Inception, from template	Pehr WP, Kristoffer O	
2013-10-02	All	First draft	Pehr WP, Kristoffer O	
2013-10-09	All	New template	Pehr WP	
2013-10-11	10	Removed error handling on Seat Switch. Nothing to measure on a 2-pole switch.	Pehr, Kristoffer	
2013-10-18	10	Added use of Auto. Calib. block.	Pehr	
2013-10-21	9, 11	Added Display Corruption and Sensor Power monitoring.	Pehr	
2013-10-23	5, 6	Removed the proportionality part from the BoomJoint2/4 paragraphs. Replaced with 6Pt configurability. Added one customizable Scraper level. Removed configurability through the display from REQ010. AuxPort: PVEA to PVEH.	Pehr	

© 2014 Danfoss A/S. All rights reserved

All trademarks in this material are properties of their respective owners.  
PLUS+1, GUIDE and Sauer-Danfoss are trademarks of Danfoss A/S.




---

<b>Technical Specification</b>	<b>Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo Excavator</b>
--------------------------------	---

---

**Contents**

<b>User Requirements</b>	<b>4</b>
Introduction.....	4
Description.....	4
REQ010 Propel.....	4
REQ020 Boom Operation.....	4
REQ030 Scraper (AD_Scraper_mV).....	5
REQ040 Display.....	5
REQ050 Auxiliary Hydraulic Port.....	5
REQ060 Service Tool interface.....	5
REQ070 Horn (B_Horn).....	6
<b>Appendix A: Safety Requirements</b>	<b>7</b>
SF1: Propulsion Joystick or Signal Failure.....	7
SF2: Boom Joystick or Signal Failure.....	7
SF3: Height Sensor Failure.....	7
SF4: Seat Switch.....	7
SF5: Boom Height Restrictions.....	8
SF6: Function Overlap Failure.....	8
SF7: Reference Voltage Failure.....	8
SF8: Display Corruption.....	8
<b>Fault Detection and Reaction</b>	<b>9</b>
Input Fault Detection.....	9
Joystick Neutral JS1000 (B_JS1000Neutral, JS1000Y & JS1000X).....	9
Joystick Neutral JS120 (B_JS120LNeutral, B_JS120RNeutral, AD_JS120L_mV & AD_JS120R_mV).....	9
Joystick JS1000 (JS1000Y & JS1000X).....	9
Joystick JS120 (AD_JS120L_mV & AD_JS120R_mV).....	9
Sensors.....	10
Boom Restriction Reaction (AD_BoomAngle2_mV).....	10
Display Corruption.....	10
Output Fault Detection.....	10
Propulsion Output.....	10
Boom Output.....	10
Scraper Output.....	10
Auxiliary Port Output.....	11
Sensor Power Output Pin.....	11



Technical Specification	Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo Excavator
<b>User Requirements</b>	
<b>Introduction</b>	A mini excavator will be retrofitted with a digital control system and peripherals to better serve in training of service personnel. Service Tool pages will enable configurability and easier diagnostics.
<b>Description</b>	<p data-bbox="517 613 1343 826"><b>REQ010 Propel</b> Tracks propel and steer the vehicle. Two proportional valves control one track each. These valves will be controlled by one PWM pin on the controller each. The PWM signal will stem from filtered (for fault handling and dead zone) joystick directional signals (JS1000Y, JS1000X, AD_JS120L_mV &amp; AD_JS120R_mV) with time-ramps on both negative and positive flanks. The parameters for these filtering functions will be configurable through the service tool. Three joysticks are connected, sending digital and analog signals to the controller. The signal width of the JS1000 is -10.000 - 10.000 (-100,00% - 100,00%) and is conveyed via CAN, thus forcing us to relay on the joysticks own error reporting. For the JS120 joystick the signal width is 10% - 90% of the supply voltage (Sensor Power). Two modes of propulsion will exist, determined by a grip-switch signal (B_JS1000Propelling).</p> <p data-bbox="517 848 1318 960"><b>REQ011 JS120 Propulsion (AD_JS120L_mV, AD_JS120R_mV &amp; B_JS1000Propelling)</b> This mode is the default. It uses two JS120 joysticks to feed the controller. Each joystick controls one track, the left hand joystick (AD_JS120L_mV) controls the left track and vice versa. Track speed is proportional to joystick movement. Pushing a joystick forwards will result in forward motion of its track, and vice versa. The neutral joystick position will leave the tracks still.</p> <p data-bbox="517 983 1343 1173"><b>REQ012 JS1000 Propulsion (JS1000Y, JS1000X &amp; B_JS1000Propelling)</b> This mode is enabled by holding a grip switch (B_JS1000Propelling), feeding the JS1000 signals into the controller. During this time, the two boom joints controlled by this joystick will be still and the JS120 signals will not be handled. These signals are sent over the CAN0 bus. Moving the joystick forward will result in forward motion of the vehicle, moving it left will result in the vehicle turning left, and so on. If the joystick is in its leftmost position; the vehicle will turn about itself to the left, and to the right if in the rightmost position. The neutral joystick position will leave the tracks still. When the grip switch is released, the propulsion mode reverts to 'JS120 Propulsion'. The ability to control the two boom joints will return. The 'JS1000 Propulsion'-function can be disabled with a parameter.</p> <p data-bbox="517 1218 1343 1375"><b>REQ020 Boom Operation</b> The boom consists of two beam elements and one scoop. These all have hydraulic piston-actuated joints between them. There is a joint that connects the boom elements to the vehicle; hydraulically actuated as well. Two of the actuators are managed by the controller with PWM controlled PVEA valves. The PWM signals will stem from joystick directional signals (JS1000Y, JS1000X) with time-ramps on both acceleration and deceleration. This function is enabled after the JS1000 grip-switch (B_JS1000Propelling) has been released.</p> <p data-bbox="517 1397 1343 1464"><b>Boom First Joint</b> This joint is actuated by a mechanically operated valve and no measurements are made on it. It swivels in the horizontal plane.</p> <p data-bbox="517 1487 1343 1576"><b>REQ021 Boom Second Joint (JS1000Y)</b> This joint is parallel to the ground plane and perpendicular to the first boom element. Moving the JS1000 forwards will result in the actuators contracting, sending the boom down, and vice versa. The proportionality of the movement will be configurable.</p> <p data-bbox="517 1599 1343 1646"><b>Boom Third Joint</b> This joint is parallel to the second joint. It is actuated by a mechanically operated valve. The joint angle will not be measured.</p>



Technical Specification	Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo Excavator
<p><b>REQ022 Boom Fourth Joint (JS1000X)</b> This joint is parallel to the third joint. Moving the JS1000 left will result in the actuators extending (folding the scoop inwards) and vice versa. The proportionality of the movement will be configurable. No measurements are made on this joint.</p>	
<p><b>REQ023 Boom Height Restriction (AD_BoomAngle2_mV)</b> An angular position sensor (AD_BoomAngle2_mV) will be fastened to the second boom joint. The physical properties of the boom and vehicle are then used to calculate the highest point of the first boom element, relative the ground plane. This will serve as input to the boom height restriction function. This function will deny any command from the JS1000 that takes the boom above the set height. This function will be toggled and configured from the display and service tool pages. The offset from the ground will be among the configurable parameters.</p>	
<p><b>REQ030 Scraper (AD_Scraper_mV)</b> The scraper is actuated by a hydraulic piston connected to a PVEA valve. This valve is controlled by a PWM signal from the controller. The level of the scraper relative the ground plane will be calculated using a linear position sensor (AD_Scraper_mV) mounted on the piston. This level will be displayed on the display. There will be a default level (the top position for the scraper) and 2 configurable levels. This level can be set absolutely, by pressing buttons on the display. It will also be possible to set the level 'on the fly' by holding the buttons for B_ScraperUp and B_ScraperDown on the JS1000 joystick. The position can then be saved with the display dialogue.</p>	
<p><b>REQ031 Scraper Closed Loop Control</b> Absolute position control of the scraper uses a closed loop control function. A height in "cm above ground" is selected and submitted to the controller. Height numbers out of range for the scraper will not be selectable.</p>	
<p><b>REQ040 Display</b> The display will present errors and warnings to the operator. It will display a menu system for switching between the following dialogues (and their sub-dialogues);</p>	
<p><b>REQ041 General Information Dialogue</b> The status of the engine; coolant temperature, total run time, fuel level, RPM, oil pressure warning, alternator warning, glow plug operation and fuel level warning will be displayed.</p>	
<p><b>REQ042 Boom Height Restriction Dialogue</b> The current height restriction and height restriction selection dialogue will be displayed here.</p>	
<p><b>REQ043 Scraper Control Dialogue</b> The current height and absolute height selection dialogue will be displayed here.</p>	
<p><b>REQ044 Auxiliary Hydraulic Port Dialogue</b> The auxiliary hydraulic port control dialogue will be displayed here.</p>	
<p><b>REQ050 Auxiliary Hydraulic Port</b> The auxiliary hydraulic port will be fed by a PVEH actuated valve controlled by a PWM signal from the controller. It will be possible to set a fix position of the valve from the display.</p>	
<p><b>REQ060 Service Tool interface</b> A Service Tool file will be created. It will have a detailed view of the parameters and systems of the vehicle. The interface will have several pages. The first page will be a front page welcoming the user. The user can then navigate between pages to view and alter application related parameters, depending on the current file.</p>	





---

Technical Specification	Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo Excavator
-------------------------	---

---

#### Parameters

These parameters will be displayed and configurable in pages with figures to present context:

- Joystick calibration parameters for JS1000 and JS120
- Scraper height settings and offset
- Boom maximum height settings and offset
- Time-ramp parameters
- Propulsion 6-point parameters

#### User Diagnostics

The service tool pages will be constructed to guide the user through diagnosing faults and errors. For the first service tool file there will be as many physical/external control values displayed as possible.

#### REQ070 Horn (B\_Horn)

The signal horn of the vehicle will be fed by a pin on the controller (B\_HornOut).

When the button for the signal B\_Horn is pressed (on the JS1000 joystick), the B\_HornOut pin is enabled.




---

Technical Specification	Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo Excavator
-------------------------	---

---

#### Appendix A: Safety Requirements

##### SF1: Propulsion Joystick or Signal Failure

The excavator must not move when the joystick(s) currently governing propulsion is (are) in the neutral position. This is detected by a neutral switch in the joystick and the position signals. If a mismatch between the signals is detected the joystick must be considered to be in the neutral position.

##### Fault Detection

The fault detection and reaction for this safety function are described in the "Fault Detection and Reaction" section below.

##### SF2: Boom Joystick or Signal Failure

The boom must not move when the joystick is in the neutral position. This is detected by both the neutral switch in the joystick and the position signal. If a mismatch between the two signals is detected the joystick must be considered to be in neutral.

##### Fault Detection

The fault detection and the reaction for this safety function are described in the "Fault Detection and Reaction" section below.

##### SF3: Height Sensor Failure

The height sensors will be operating between a band (specified by its mounting) of the sensor supply voltage to be able to notice if the sensors circuitry fails. A failure will show as a signal out of bounds. This must be handled in the software.

##### Detail

When a sensor breaks down, or becomes unplugged, it will not be possible to use the function where this specific sensor provides a critical measurement. If the sensor on the boom fails; the operator will not be able to use the boom with the height restriction activated. If the sensor on the dozer fails; the absolute height setting will not work.

##### Fault Detection

The fault detection and the reaction for this safety function are described in the "Fault Detection and Reaction" section below.

##### SF4: Seat Switch

The operator presence is detected by a digital seat switch which is normally closed, i.e. when the driver is seated the input is high and when the driver is not seated the input is low.

##### Detail

It should not be possible to activate the work functions while the driver is unseated. If a joystick is engaged and the seat switch goes high, the output signal (from the controller) must remain neutral until the input is returned to neutral.

##### Work functions:

1. Propulsion
2. Boom operation
3. Scraper operation

To accommodate a light operator and bumpy travel; a delay of 2 seconds is placed on the Seat Switch negative flank.

##### Fault Detection

The fault detection and the reaction for this safety function are described in the "Fault Detection and Reaction" section below.



Technical Specification	Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo Excavator
<b>SF5: Boom Height Restrictions</b>	It cannot be possible to extend the boom beyond the set restriction when this function is active. This restriction will be evaluated and reacted upon each cycle of the controller.
Fault Detection	The fault detection and the reaction for this safety function are described in the "Fault Detection and Reaction" section below.
<b>SF6: Function Overlap Failure</b>	If the propulsion is in the 'JS1000 Propulsion'-mode; the boom joints controlled by the JS1000 joystick must not move. When the 'JS1000 Propulsion' is inactive (i.e. when the JS1000 controls the boom) the tracks must not move when the JS1000 joystick is moved.
<b>SF7: Reference Voltage Failure</b>	If the stabilized +5Vdc Sensor Power signal connects to a powerful source or sink, there is a chance that voltage measurements can cause some data types to roll over. If this Sensor Power voltage is outside of its predefined window of operation the input from sensors powered by this pin must be disabled.
Fault Detection	The fault detection and the reaction for this safety function are described in the "Fault Detection and Reaction" section below.
<b>SF8: Display Corruption</b>	If the values selected in the Display Dialogues are not the same as those actually registered by the controller, unexpected behavior of the vehicle is possible. If this happens the operator must be made aware of this.
In the case of display failure; certain important messages will go unnoticed (for example engine oil pressure warnings). If an important warning has not been acknowledged within a configurable period, the vehicle signal horn will be left on until the failure has been fixed.	
Fault Detection	The fault detection and the reaction for this safety function are described in the "Fault Detection and Reaction" section below.



Technical Specification	Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo Excavator
-------------------------	---

## Fault Detection and Reaction

### Input Fault Detection

Joystick Neutral JS1000 (B\_JS1000Neutral, JS1000Y & JS1000X)

In order to detect that the joystick is in the neutral position the joystick directional signals (JS1000Y & JS1000X) are combined with a neutral position switch (B\_JS1000Neutral). The neutral position switch signalizes that the joystick is in the neutral position with a low signal, and with a high signal if the joystick is out of the neutral position. The signals must be compared in the software, in the case of a mismatch the system should act as if the joystick is in the neutral position.

#### FR010:

If there is a mismatch longer than 300ms a fault must be generated. When a fault is detected the fault must be latched until restart of the vehicle and the system must act as if the joystick is in the neutral position.

Joystick Neutral JS120 (B\_JS120LNeutral, B\_JS120RNeutral, AD\_JS120L\_mV & AD\_JS120R\_mV)

In order to detect that the joysticks are in the neutral position the analog joystick signals (AD\_JS120L\_mV & AD\_JS120R\_mV) are combined with their respective neutral position switches (B\_JS120LNeutral & B\_JS120RNeutral). The neutral position switch signalizes that the joystick is in the neutral position with a low signal, and with a high signal if the joystick is out of the neutral position. The joystick signal must be compared with the switch signal in the software, in the case of a mismatch the system should act as if the joystick is in the neutral position.

#### FR020:

If there is a mismatch longer than 300ms a fault must be generated. When a fault is detected the fault must be latched until restart of the vehicle and the system must act as if the joystick is in the neutral position.

Joystick JS1000 (JS1000Y & JS1000X)

The joystick position is measured as an analog signal and converted into a CAN message ranging from 0 to 1000.

The system must detect whether the joystick sensor is calibrated correctly or not.

#### FR030:

If the signal is outside its range for longer than 200ms a fault must be generated. When a fault is detected the fault must be latched until restart of the vehicle and the system must act as if the joystick is in the neutral position.

#### FR040:

When the joystick is not calibrated correctly the system must act as if the joystick is in the neutral position until the calibration has been correctly performed.

#### FR045:

The joystick will send CAN messages with a set interval. When there have been no messages for three times the period time, a fault must be reported and all functions that use the JS1000 position must return to their neutral position.

Joystick JS120 (AD\_JS120L\_mV & AD\_JS120R\_mV)

The joystick position is measured as an analog signal ranging from 10-90% of the sensor supply voltage (SnsrPwr).

The system will detect whether the joystick sensor is calibrated correctly by using the Automatic Calibration function block.

#### FR050:

If the signal is outside its range for longer than 200ms a fault must be generated. When a fault is detected the fault must be latched until restart of the vehicle and the system must act as if the joystick is in the neutral position.



Technical Specification	Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo Excavator
	<p><b>FR060:</b> When the joystick is not calibrated correctly the system must act as if the joystick is in the neutral position until the calibration has been correctly performed.</p> <p>Sensors The sensors will operate between 30%-70% of the sensor supply voltage. The signals must be monitored and faults need to be detected and handled.</p> <p><b>FR080:</b> If the sensor signal is out of its range for longer than 300ms a fault must be generated. When a fault is detected the fault must be latched until restart of the vehicle and the function where the sensor is will be restricted. In the case of the Boom Height Restriction function, turning said function off will clear the effect of the error.</p> <p>Boom Restriction Reaction (AD_BoomAngle2_mV) The distance between the current height of the boom and the restriction will be calculated every cycle. This distance, when zero or less than zero, will cause the signal prompting further extension of the boom to be zero. If the sensor critical to this measurement should fail, the function will block the signal in the same manner as described before. Disabling this function will allow full operation of the boom.</p> <p>Display Corruption If a mismatch occurs between the message that the operator sees on the display and the value received in the controller, this must be reported.</p> <p><b>FR105:</b> The value just received in the controller from the display must be fed back into the display for comparison. If the value fed back does not match the value sent, the operator must be made aware.</p> <p><b>Output Fault Detection</b></p> <p>Propulsion Output The Propulsion output is controlled with a PVEA valve with fault diagnostic (B_PVEAErrorLeftTrack &amp; B_PVEAErrorRightTrack). A fault on the output is indicated by a high status signal.</p> <p><b>FR110:</b> When the status signal (B_PVEAErrorLeftTrack &amp; B_PVEAErrorRightTrack) indicates a fault a fault must be generated. When an output fault is detected the fault must be latched until restart of the vehicle.</p> <p>Boom Output The Boom output is controlled with a PVEA valve with fault diagnostic (B_PVEAErrorBoomJoint2 &amp; B_PVEAErrorBoomJoint4). A fault on the output is indicated by a high status signal.</p> <p><b>FR120:</b> When the status signal (B_PVEAErrorBoomJoint2 &amp; B_PVEAErrorBoomJoint4) indicates a fault a fault must be generated. When an output fault is detected the fault must be latched until restart of the vehicle.</p> <p>Scraper Output The Scraper output is controlled with a PVEA valve with fault diagnostic (AD_PVEAErrorScraper_mV). A fault on the output is indicated by a +5V signal.</p>



---

Technical Specification	Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo Excavator
-------------------------	---

---

**FR130:**

When the status signal (AD\_PVEAErrorScraper\_mV) indicates a fault a fault must be generated. When an output fault is detected the fault must be latched until restart of the vehicle.

**Auxiliary Port Output**

The Auxiliary Port output is controlled with a PVEA valve with fault diagnostic (B\_PVEAErrorAuxiliaryPort). A fault on the output is indicated by a high status signal.

**FR140:**

When the status signal (B\_PVEAErrorAuxiliaryPort) indicates a fault a fault must be generated. When an output fault is detected the fault must be latched until restart of the vehicle.

**Sensor Power Output Pin**

The Sensor Power actual voltage is reported as an input to the controller, measured in mV.

**FR150:**

If the actual voltage reported from the Sensor Power output pin is not within the window 4800-5200 mV, all sensors powered by this pin must be ignored, and a fault will be reported if this value remains outside of bounds for more than 300ms.

**Products we offer:**

- Bent Axis Motors
- Closed Circuit Axial Piston Pumps and Motors
- Displays
- Electrohydraulic Power Steering
- Electrohydraulics
- Hydraulic Power Steering
- Integrated Systems
- Joysticks and Control Handles
- Microcontrollers and Software
- Open Circuit Axial Piston Pumps
- Orbital Motors
- PLUS+1® GUIDE
- Proportional Valves
- Sensors
- Steering
- Transit Mixer Drives

**Danfoss Power Solutions** is a global manufacturer and supplier of high-quality hydraulic and electronic components. We specialize in providing state-of-the-art technology and solutions that excel in the harsh operating conditions of the mobile off-highway market. Building on our extensive applications expertise, we work closely with our customers to ensure exceptional performance for a broad range of off-highway vehicles.

We help OEMs around the world speed up system development, reduce costs and bring vehicles to market faster.

Danfoss Power Solutions – Your Strongest Partner in Mobile Hydraulics.

Go to [www.powersolutions.danfoss.com](http://www.powersolutions.danfoss.com) for further product information.

Wherever off-highway vehicles are at work, so is Danfoss.

We offer expert worldwide support for our customers, ensuring the best possible solutions for outstanding performance. And with an extensive network of Global Service Partners, we also provide comprehensive global service for all of our components.

Please contact the Danfoss Power Solution representative nearest you.

**Comatrol**

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

**Schwarz Müller-Inverter**

[www.schwarzmueller-inverter.com](http://www.schwarzmueller-inverter.com)

**Turolla**

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

**Valmova**

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

**Hydro-Gear**

[www.hydro-gear.com](http://www.hydro-gear.com)

**Daikin-Sauer-Danfoss**

[www.daikin-sauer-danfoss.com](http://www.daikin-sauer-danfoss.com)

Local address:

**Danfoss****Power Solutions AB**

Teknikgatan 1  
343 34, Älmhult  
Sweden

Phone: +46 476 569 00

**Danfoss**  
**Power Solutions US Company**  
2800 East 13th Street  
Ames, IA 50010, USA  
Phone: +1 515 239 6000

**Danfoss**  
**Power Solutions GmbH & Co. OHG**  
Krokamp 35  
D-24539 Neumünster, Germany  
Phone: +49 4321 871 0

**Danfoss**  
**Power Solutions ApS**  
Nordborgvej 81  
DK-6430 Nordborg, Denmark  
Phone: +45 7488 2222

**Danfoss**  
**Power Solutions**  
22F, Block C, Yishan Rd  
Shanghai 200233, China  
Phone: +86 21 3418 5200

Danfoss can accept no responsibility for possible errors in catalogues, brochures and other printed material. Danfoss reserves the right to alter its products without notice. This also applies to products already on order provided that such alterations can be made without substantial changes being necessary in specifications already agreed. All trademarks in this material are property of the respective companies. Danfoss and the Danfoss logotype are trademarks of Danfoss A/S. All rights reserved.

## Appendix D

Detta appendix innehåller System-FMEA dokumentet med följande förkortningar:

---

SEV	Severity, 0-10
OCC	Occurance, 0-10
DET	Detection, 0-10
RPN	Risk Priority Number = SEV * OCC * DET

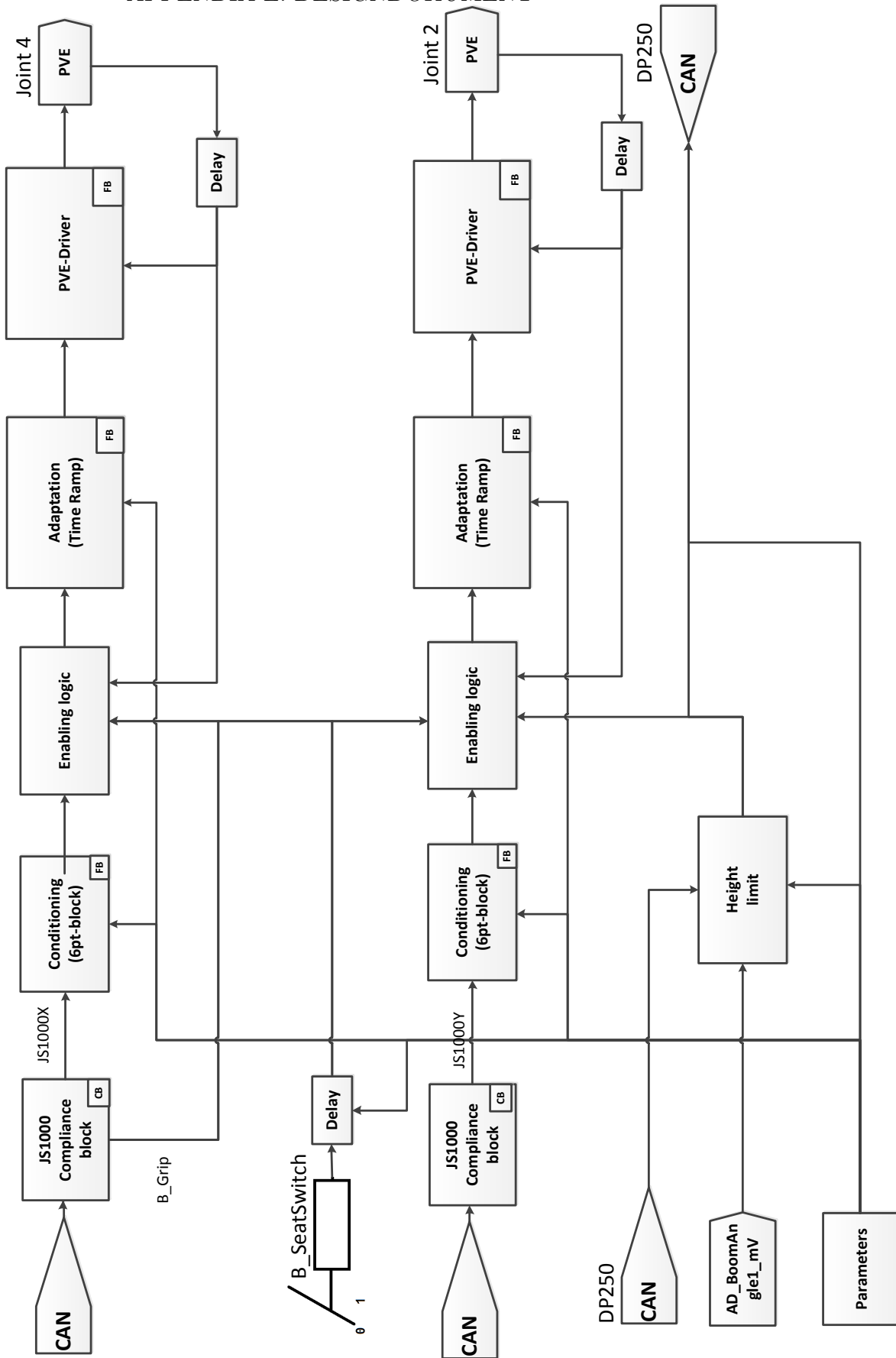


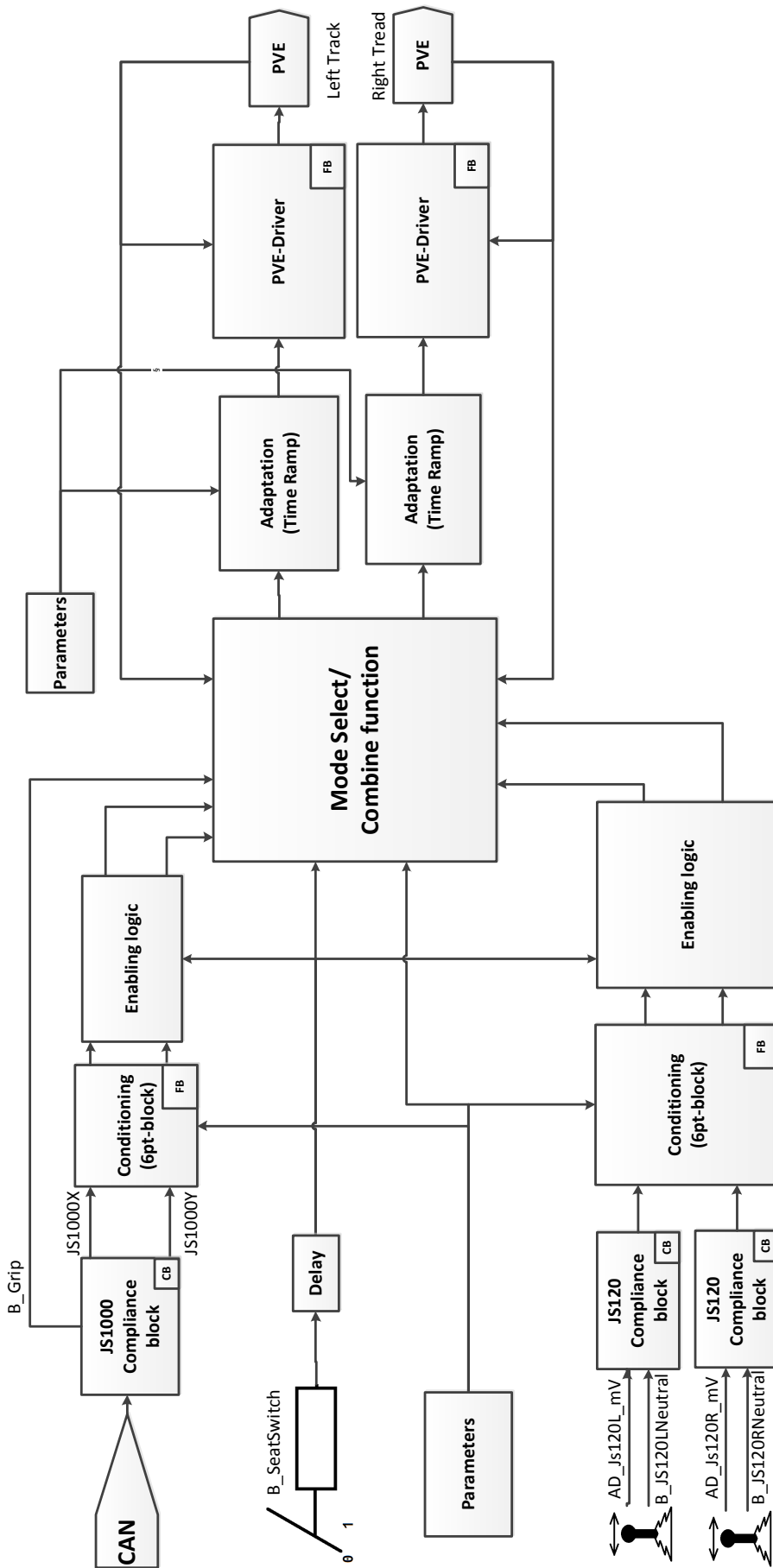
FMEA date: 10.10.2013																	
Appendix D										Engineer responsible: Kristoffer Ohlsson							
Application: Mini Excavator										Facilitator: Joel Pettersson							
Participants: Pehr, Kristoffer										R.P.N.s over 100: 5				R.P.N.s over 100: 0			
SYSTEM FUNCTION	POTENTIAL FAILURE MODES	POTENTIAL EFFECTS OF FAILURE ON END PRODUCT & END USER	S E V	POTENTIAL CAUSE OF FAILURE	O C C	IN-PLACE AND SCHED. CAUSE PREVENTIONS OR DETECTION	D E T	R P N	RECOMMENDED ACTIONs	ACTIONs RESPONSIB LE	RESULTS						
											ACTIONs TAKEN	S E V	O C C	D E T	R P N		
JS120 Joystick (Analogue)	Incorrect input	Unexpected movement/no movement	9	Open Circuit Joystick	4	Voltage monitor with neutral switches, safe mode.	2	72				9	4	2	72		
	Incorrect input	Unexpected movement/no movement	9	Short Circuit to Bat+/-	4	Signal voltage range monitoring.	4	144	Sensor power level monitoring.	Developer	Added to the specification and impl. In code (reviewed)	9	4	2	72		
	Incorrect output	Unexpected movement/no movement	9	Short Circuit to Bat+/-, Open Circuit	4	Voltage (joystick signal) monitor in SW with error detection and safe mode	2	72				9	4	2	72		
	Incorrect output	Unexpected movement/no movement	9	Joystick calibration faulty.	2	Handled by Automatic Calibration function block.	2	36				9	2	2	36		
JS1000 Joystick (CAN)	Incorrect input	Unexpected movement/no movement	8	Open Circuit, Short to Bat+/-	4		8	256	CAN monitor; message intervals. Time-out after 3xP.	Developer	Added to the specification and impl. In code (reviewed)	8	4	2	64		
	Incorrect output	Unexpected movement/no movement	8	CAN signal loss.	4		8	256	CAN monitor; message intervals. Time-out after 3xP.	Developer	Added to the specification and impl. In code (reviewed)	8	4	2	64		
PVG control	Incorrect input	Unexpected movement/no movement	9	Open Circuit; Signal PVG	4	PVG invalid signal handling	2	72				9	4	2	72		
	Incorrect input	Unexpected movement/no movement	9	Open Circuit Ground/Supply PVG	4	PVG invalid signal handling	2	72				9	4	2	72		
	Incorrect input	Unexpected movement/no movement	9	Short Circuit Bat+/- PVG	4	PVG invalid signal handling	2	72				9	4	2	72		
Display operation	Display not updating	Feedback to operator reduced	6	Missing Connector Contact/Short Circuit/CAN lost	4		6	144	Backup with physical indicators (warning light), engage horn if serious warnings go unchecked long enough.	Customer/Developer	Added to the specification and impl. In code (reviewed)	6	4	4	96		
	Display CAN Message Corruption	Wrong parameter values stored.	6	Noisy CAN bus	2		8	96	Compare stored data with expected in Display.	Developer	Present actual stored value on the display (min/max filtering in controller) (reviewed)	6	2	2	24		
Analogue sensors	Incorrect input	Unexpected movement/no movement	9	Open Circuit	4	Signal voltage range monitoring.	2	72				9	4	2	72		
	Incorrect input	Unexpected movement/no movement	9	Short Circuit to Bat+/-	4	Signal voltage range monitoring.	4	144	Sensor power level monitoring.	Developer	Added to the specification and impl. In code (reviewed)	9	4	2	72		
	Incorrect output	Unexpected movement/no movement	9	Short Circuit to Bat+/-, Open Circuit	4	Signal voltage range monitoring.	2	72				9	4	2	72		

## Appendix E

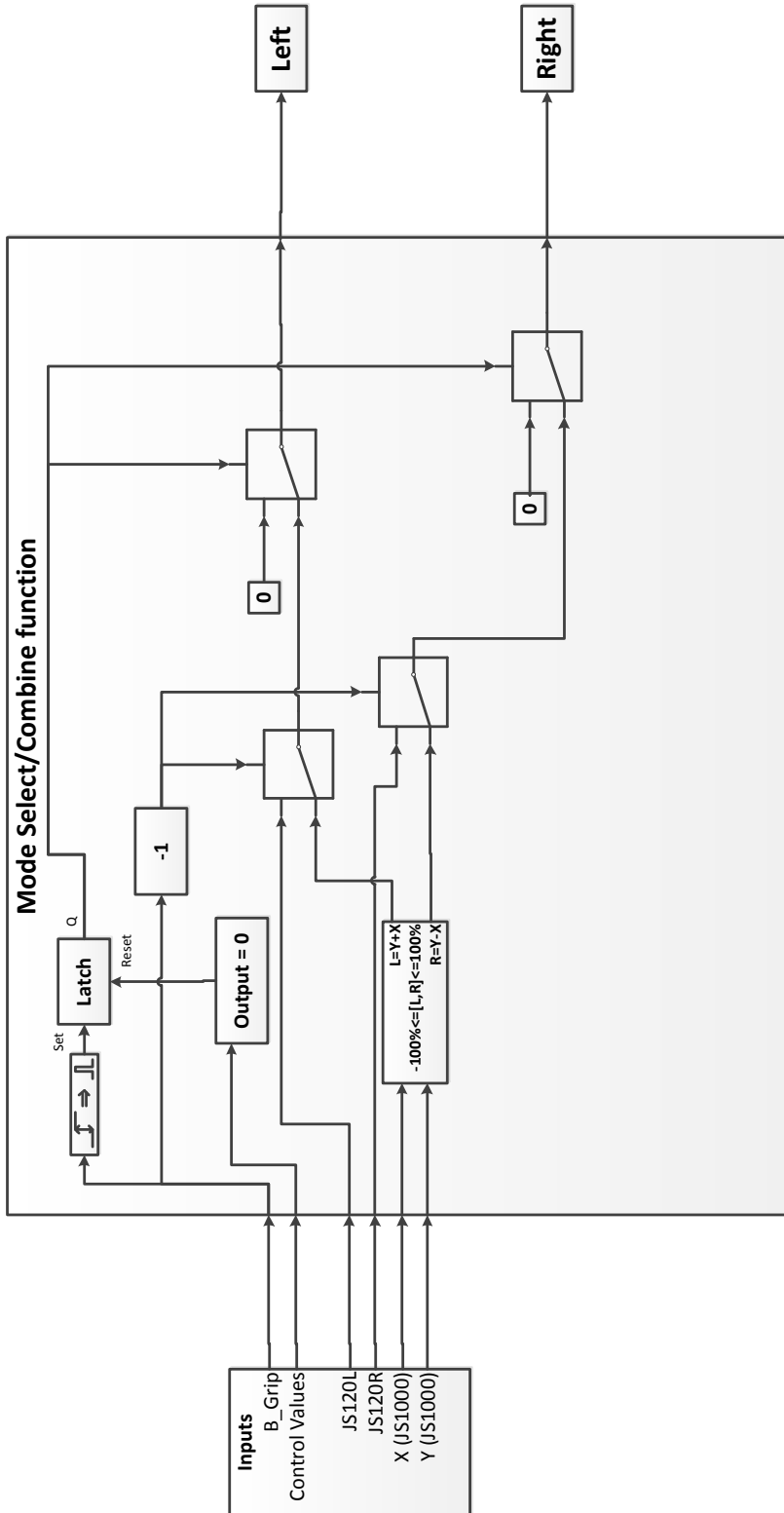
Detta appendix innehåller designdokumenten i denna ordningen:

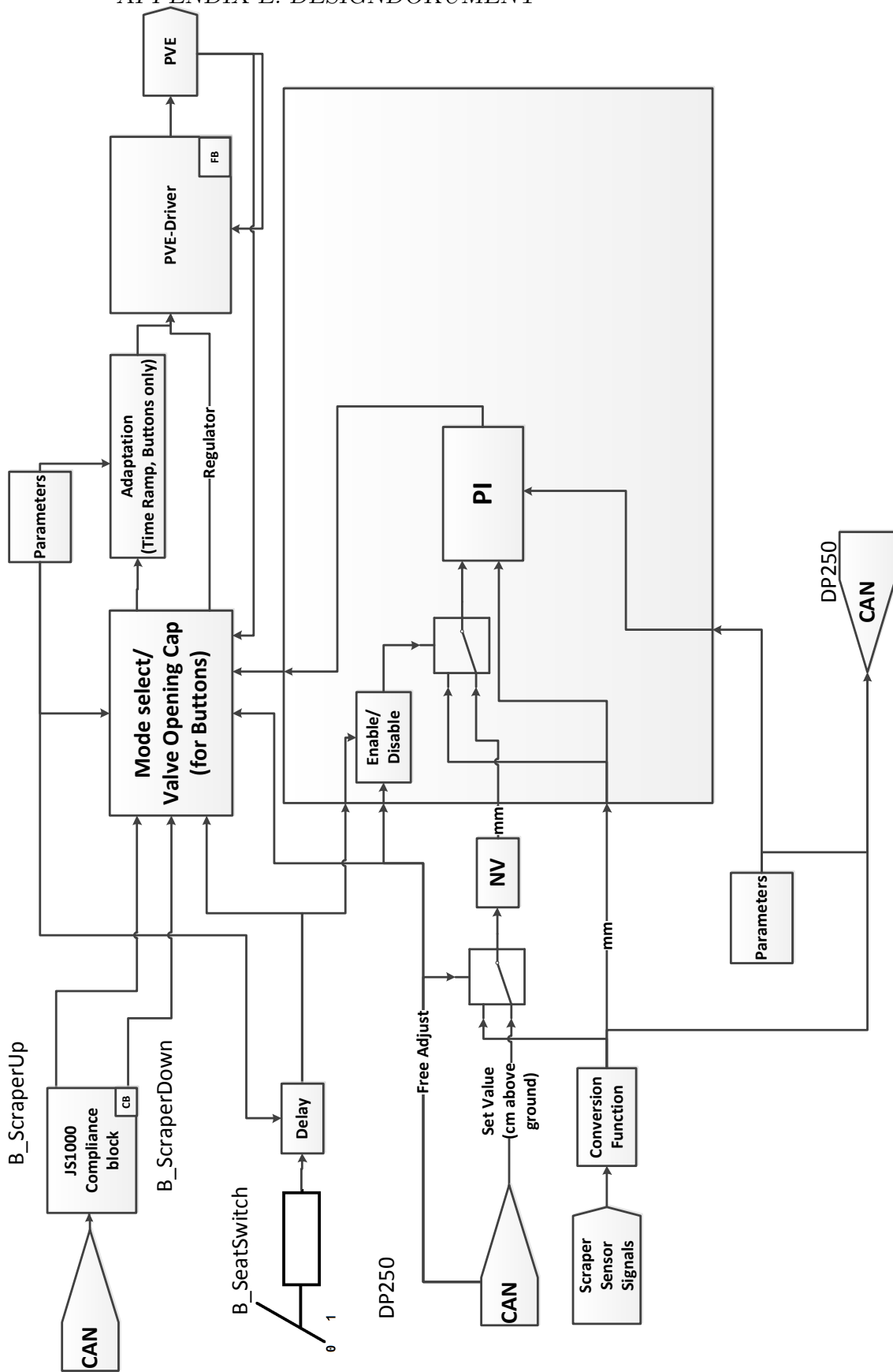
- Bom och skopa
- Framdrivning
- Framdrivning: Mode Select
- Schaktblad
- Serviceport
- Signalhorn

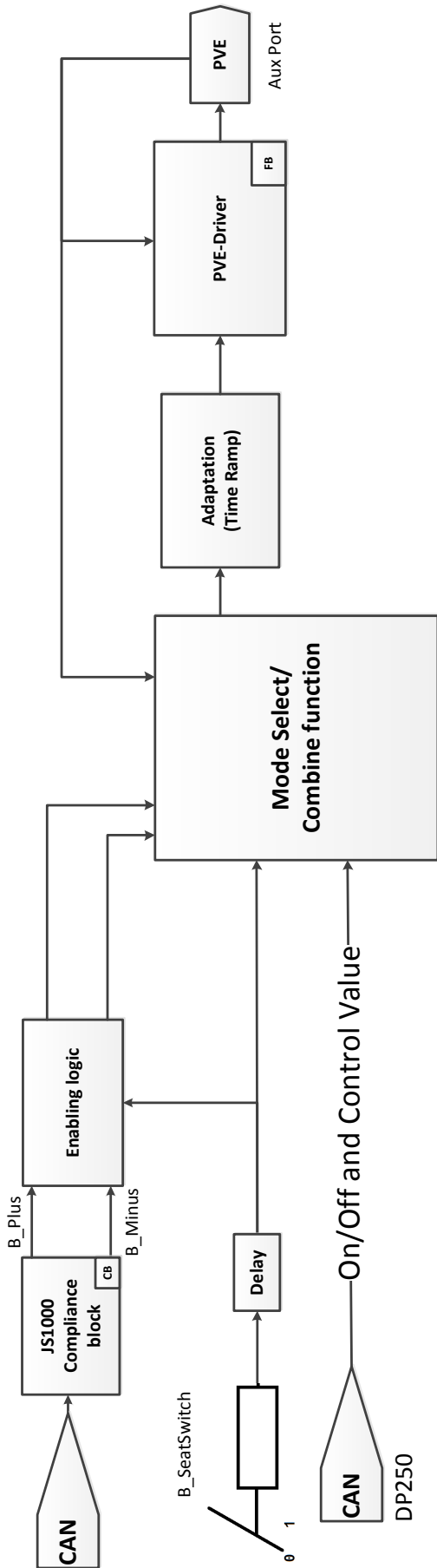


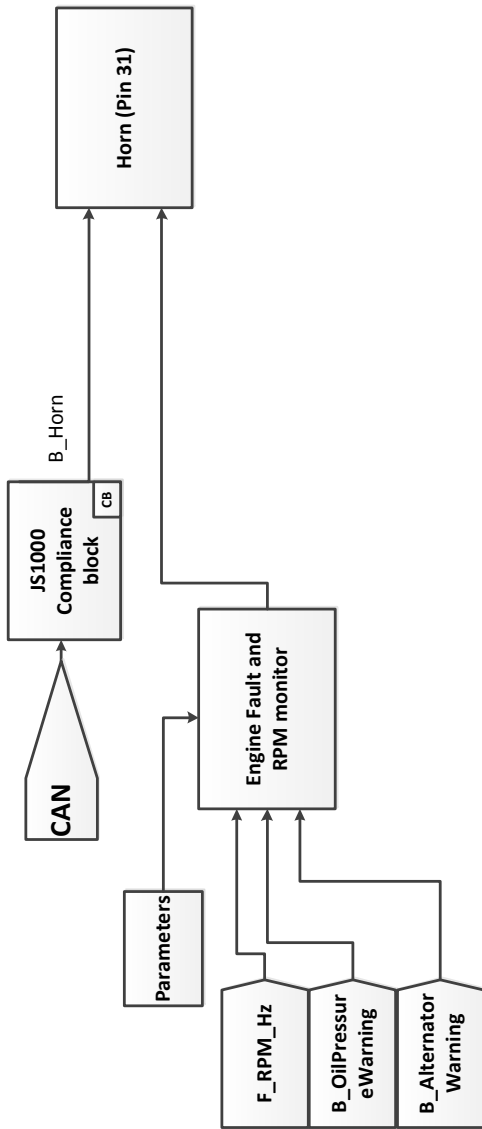


Every flank of B\_Grip causes the latch to output a high signal. If Current\_L and Current\_R are =0, the latch is forced down.











## **Appendix F**

Detta appendix innehåller den tekniska specifikationens I/O-appendix.

MAKING MODERN LIVING POSSIBLE



Technical Specification IO Appendix

Master Thesis

# Danfoss Power Solutions/ARCC Demo





Technical  
Specification IO  
Appendix

Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator

## Revisions

### Revision History

Table of Revisions

Date	Page	Changed	ECO No.	Rev.
25 Sep, 2013	-	Created	Pehr	
8 Oct, 2013	4	All signals added	Pehr	
11 Oct, 2013	5	Added Display IO and CAN IO	Pehr	
14 Oct. 2013	4	Changed PVEAStatus to PVEAError	Pehr	
24Oct, 2013	6,7	Changed CAN IO in accordance with CAN Protocol Specification.xlsx	Pehr	
13 Nov. 2013	6,7	Adjusted in accordance to CAN Prot. Spec. .xlsx.	Pehr	
21 Nov. 2013	4	Switched PVEA_Error_Scraper and GlowPlug around. Removed Coolant Warning signal.	Pehr	
30 Jun. 2014	6	Removed ACX104C1152 IO.	Pehr	

© 2014 Danfoss A/S. All rights reserved

All trademarks in this material are properties of their respective owners.  
PLUS+1, GUIDE and Sauer-Danfoss are trademarks of Danfoss A/S.



---

**Technical  
Specification IO  
Appendix**

**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**

---

**Contents**

<b>List of IO</b>	<b>4</b>
Table 1, list of MC50 physical pin IO configuration.....	4
Table 2, list of Display physical pin IO configuration. ....	5
Table 3, list of JS1000 physical pin IO configuration. ....	5
Table 4, list of JS120 physical pin IO configuration. ....	5
Table 6, list of CAN0-borne IO. See also CAN Protocol Specification.xlsx .....	7


**Technical  
Specification IO  
Appendix**
**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**
**List of IO**

See table 1 for MC50 physical pin IO configuration.  
See table 2 for DP250 physical pin IO configuration  
See table 3 for JS1000 physical pin IO configuration  
See table 4 for JS120 physical pin IO configuration  
See table 5 for ACX104C1152 physical pin IO configuration  
See table 6 for CAN0-borne IO.

PIN	Config	Description	PIN	Config	Description
C1P01	<b>Power ground -</b>	To chassis	C1P26	<b>DIN/AIN</b>	B_JS120RNeutral (PULL DOWN)
C1P02	<b>Power supply +</b>	12V, to battery	C1P27	<b>AIN/Tmp/Rheo</b>	AD_JS120L_mV
C1P03	<b>CAN0+</b>	CAN0+	C1P28	<b>AIN/Tmp/Rheo</b>	AD_JS120R_mV
C1P04	<b>CAN0-</b>	CAN0-	C1P29	<b>AIN/Tmp/Rheo</b>	AD_CoolantTemp_Ohm
C1P05	<b>AIN/CAN Shield</b>	CAN Shield	C1P30	<b>AIN/Tmp/Rheo</b>	AD_FuelLevel_Ohm
C1P06	<b>DIN</b>	B_GlowPlug (PULL UP)	C1P31	<b>DOUT</b>	B_HornOut
C1P07	<b>DIN</b>	B_PVEAErrorBoomJoint2 (PULL DOWN)	C1P32	DOUT	-
C1P08	<b>SnsPwr +5Vdc</b>	Sensors, JS120 etc.	C1P33	DOUT	-
C1P09	<b>SnsGrnd -</b>	Sensors, JS120 etc.	C1P34	<b>DOUT/PVG Pwr</b>	PVGPower1_Enable
C1P10	<b>DIN</b>	B_PVEAErrorBoomJoint4 (PULL DOWN)	C1P35	<b>DOUT/PVG Pwr</b>	PVGPower2_Enable
C1P11	<b>DIN</b>	B_PVEAErrorTrackLeft (PULL DOWN)	C1P36	DOUT/PVG Pwr	-
C1P12	<b>DIN</b>	B_PVEAErrorTrackRight (PULL DOWN)	C1P37	<b>DOUT/PWM</b>	PVE_Joint2
C1P13	<b>DIN</b>	B_PVEAErrorAuxiliaryPort (PULL DOWN)	C1P38	<b>DOUT/PWM</b>	PVE_Joint4
C1P14	<b>DIN/AIN</b>	AD_PVEAErrorScraper_mV	C1P39	<b>DOUT/PWM</b>	PVE_TreadLeft
C1P15	<b>DIN/AIN</b>	AD_BoomAngle2_mV	C1P40	<b>DOUT/PWM</b>	PVE_TreadRight
C1P16	<b>DIN/AIN</b>	AD_Scraper_mV	C1P41	<b>DOUT/PWM</b>	PVE_Scraper
C1P17	<b>DIN/AIN</b>	B_AlternatorWarning (PULL UP)	C1P42	<b>DOUT/PWM</b>	PVE_Aux
C1P18	<b>DIN/AIN/FrqIN</b>	B_OilPressureWarning (PULL UP)	C1P43	DOUT/PWM	-
C1P19	<b>DIN/AIN/FrqIN</b>	B_FuelWarning (PULL UP)	C1P44	DOUT/PWM	-
C1P20	CAN1+	-	C1P45	DOUT/PWM	-
C1P21	CAN1-	-	C1P46	DOUT/PWM	-
C1P22	AIN/CAN1 Shield	-	C1P47	Power supply +	-
C1P23	<b>DIN/AIN/FrqIN</b>	F_RPM_Hz	C1P48	Power supply +	-
C1P24	<b>DIN/AIN/FrqIN</b>	B_SeatSwitch (PULL UP)	C1P49	Power supply +	-
C1P25	<b>DIN/AIN/FrqIN</b>	B_JS120LNeutral (PULL DOWN)	C1P50	Power supply +	-

**Table 1, list of MC50 physical pin IO configuration.**


**Technical  
Specification IO  
Appendix**
**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**

PIN	Config	Description
C1P01	<b>Power ground -</b>	To chassis
C1P02	<b>Power supply +</b>	12V, to battery
C1P03	<b>CAN0+</b>	CAN0
C1P04	<b>CAN0-</b>	CAN0
C1P05	AIN/CAN Shield	-
C1P06	DIN/AIN	-
C1P07	DIN/AIN	-
C1P08	DIN/AIN	-
C1P09	DIN/AIN	-
C1P10	DIN/AIN/FrqIN/ Rheo/4-20mA IN	-
C1P11	DIN/AIN/FrqIN/ Rheo/4-20mA IN	-
C1P12	-	-

Table 2, list of Display physical pin IO configuration.

PIN	Config	Description
C1P01	<b>Power ground -</b>	To chassis
C1P02	<b>Power supply +</b>	12V, to battery
C1P03	<b>CAN0+</b>	CAN0
C1P04	<b>CAN0-</b>	CAN0
C1P05	CAN Shield	-
C1P06	-	-

Table 3, list of JS1000 physical pin IO configuration.

PIN	Config	Description
C1P01	<b>Direction switch common</b>	Sensor Power +
C1P02	<b>Direction switch +Y</b>	MC50 pin 29/30
C1P03	<b>Direction switch - Y</b>	MC50 pin 29/30
C1P04	<b>Power ground -</b>	Ground -
C1P05	<b>Output voltage</b>	MC50 pin 27/28
C1P06	<b>Power supply +</b>	Sensor Power +
C1P07	Center tap	-

Table 4, list of JS120 physical pin IO configuration.


**Technical  
Specification IO  
Appendix**
**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**

Signal name	Source	Description
<b>Rx (for the controller)</b>		
JS1000Y	JS1000 Y direction	Controls propulsion and boom joint 1
JS1000X	JS1000 X direction	Controls propulsion and boom joint 4
B_Mode	JS1000 grip switch 7	Toggle between propulsion modes
B_ScraperDown	JS1000 front switch 1	Scraper down
B_ScraperUp	JS1000 front switch 2	Scraper up
B_Horn	JS1000 front switch 3	Horn
-	JS1000 front switch 4	-
-	JS1000 front switch 5	-
-	JS1000 side switch 6	-
NewHeightLimit	Display Boom Dialogue	Chosen limit value. S16
HeightLimitWrite	Display Boom Dialogue	Write signal for NV-memory
HeightLimitActive	Display Boom Dialogue	Height Limit Enabler
HeightLimitActiveWrite	Display Boom Dialogue	Write signal for NV-memory
BoomSensorCalibrateEnable	Display Boom Dialogue	Calibration flag for sensor
JS1000PropelActive	Display Settings Dialogue	Enables JS1000 track control
JS1000PropelActiveWrite	Display Settings Dialogue	Write signal for NV-memory
NewScraperValue	Display Scraper Dialogue	The value for PI-reg. S8
ScraperValueWrite	Display Scraper Dialogue	Write signal for NV-memory
NewScraperPreset	Display Scraper Dialogue	Preset value. S16 Sent with an address:
ScraperPresetWrite	Display Scraper Dialogue	Write signal for NV-memory
ScraperPresetPointer	Display Scraper Dialogue	Points to the preset to be altered. 3 bit
FreeAdjust	Display Scraper Dialogue	Enables the Up/Down buttons on JS1000
FreeAdjustWrite	Display Scraper Dialogue	Write signal for NV-memory
ScraperSensorCalibrateEnable	Display Scraper Dialogue	Calibration flag for sensor.
NewScraperValveCap	Display Scraper Dialogue	Valve actuation limiter. U8
ScraperValveCapWrite	Display Scraper Dialogue	Write signal for NV-memory
NewAuxControl	Display Aux Dialogue	Aux port control value, S8
AuxControlWrite	Display Aux Dialogue	Write signal for NV-memory
AuxEnable	Display Aux Dialogue	On/Off flag for the Aux port
CoolantWarning (Response)	Display Pop Up Dialogue	Warning acknowledged by operator
AlternatorWarning (Response)	Display Pop Up Dialogue	Warning acknowledged by operator
<b>Tx (for the controller)</b>		
BoomHeight	Controller measurement	Current value. S16
HeightLimit	Controller NV-mem	Feedback. S16
HeightRestrictionMode	Controller NV-mem	Feedback, high if Height Limit on
BoomSensorFaulty	Sensor status	High if faulty
BoomSensorCalibrationStatus	Sensor status	High if uncalibrated
ScraperHeight	Controller measurement	Current value. S8
ScraperValue	Controller NV-mem	Feedback. S8


**Technical  
Specification IO  
Appendix**
**Master Thesis: Danfoss Power Solutions/ARCC Demo  
Excavator**

ScraperPreset	Controller NV-mem	Feedback. S8
ScraperAdjustmentMode	Controller NV-mem	Feedback, high if regulator off
RegulatorErrorValue	Scraper PID-regulator	Regulator 'e'. S8
ScraperSensorFaulty	Sensor status	High if faulty
ScraperSensorCalibrationStatus	Sensor status	High if uncalibrated
ScraperValveCap	Controller NV-mem	Feedback. U8
JS1000PropelMode	Controller NV-mem	High if JS1000 can Propel
AuxControl	Controller NV-mem	Feedback. S8
AuxMode	Display Scraper Dialogue	Feedback, High = valve active
JS120Faulty	Joystick compliance block	High if faulty
JS1000Faulty	Joystick compliance block	High if faulty
JS120Status	Joystick compliance block	High if status messages
JS1000Status	Joystick compliance block	High if status messages
Valve6..1Faulty	Valve feedback (6 bits)	High if faulty
Valve6..1Status	Valve drivers (6 bits)	High if status messages
RPM	Controller measurement	Current value. U16
CoolantTemp	Controller measurement	Current value. U8
RunTime	Controller measurement	Current value. U32
FuelLevel	Controller measurement	Current value. U8
OilPressure	Controller measurement	High if light is on
CoolantWarning	Controller measurement	High if light is on
GlowPlug	Controller measurement	High if light is on
AlternatorWarning	Controller measurement	High if light is on
FuelLevelWarning	Controller measurement	High if light is on

**Table 6, list of CAN0-borne IO. See also CAN Protocol Specification.xlsx**



**Products we offer:**

- Bent Axis Motors
- Closed Circuit Axial Piston Pumps and Motors
- Displays
- Electrohydraulic Power Steering
- Electrohydraulics
- Hydraulic Power Steering
- Integrated Systems
- Joysticks and Control Handles
- Microcontrollers and Software
- Open Circuit Axial Piston Pumps
- Orbital Motors
- PLUS+1® GUIDE
- Proportional Valves
- Sensors
- Steering
- Transit Mixer Drives

**Danfoss Power Solutions** is a global manufacturer and supplier of high-quality hydraulic and electronic components. We specialize in providing state-of-the-art technology and solutions that excel in the harsh operating conditions of the mobile off-highway market. Building on our extensive applications expertise, we work closely with our customers to ensure exceptional performance for a broad range of off-highway vehicles.

We help OEMs around the world speed up system development, reduce costs and bring vehicles to market faster.

Danfoss Power Solutions – Your Strongest Partner in Mobile Hydraulics.

**Go to [www.powersolutions.danfoss.com](http://www.powersolutions.danfoss.com) for further product information.**

Wherever off-highway vehicles are at work, so is Danfoss.

We offer expert worldwide support for our customers, ensuring the best possible solutions for outstanding performance. And with an extensive network of Global Service Partners, we also provide comprehensive global service for all of our components.

Please contact the Danfoss Power Solution representative nearest you.

**Comatrol**

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

**Schwarz Müller-Inverter**

[www.schwarzmueller-inverter.com](http://www.schwarzmueller-inverter.com)

**Turolla**

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

**Valmova**

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

**Hydro-Gear**

[www.hydro-gear.com](http://www.hydro-gear.com)

**Daikin-Sauer-Danfoss**

[www.daijin-sauer-danfoss.com](http://www.daijin-sauer-danfoss.com)

Local address:

**Danfoss  
Power Solutions AB**  
Teknikgatan 1  
343 34, Älmhult  
Sweden

Phone: +46 476 569 00

**Danfoss****Power Solutions US Company**

2800 East 13th Street  
Ames, IA 50010, USA  
Phone: +1 515 239 6000

**Danfoss****Power Solutions GmbH & Co. OHG**

Krokamp 35  
D-24539 Neumünster, Germany  
Phone: +49 4321 871 0

**Danfoss****Power Solutions ApS**

Nordborgvej 81  
DK-6430 Nordborg, Denmark  
Phone: +45 7488 2222

**Danfoss****Power Solutions**

22F, Block C, Yishan Rd  
Shanghai 200233, China  
Phone: +86 21 3418 5200

Danfoss can accept no responsibility for possible errors in catalogues, brochures and other printed material. Danfoss reserves the right to alter its products without notice. This also applies to products already on order provided that such alterations can be made without sub sequential changes being necessary in specifications already agreed. All trademarks in this material are property of the respective companies. Danfoss and the Danfoss logotype are trademarks of Danfoss A/S. All rights reserved.

## Appendix G

Detta appendix innehåller användarmanualen för minigrävaren.

MAKING MODERN LIVING POSSIBLE



User Manual

# Mini Excavator PLUS+1® Retrofit



[powersolutions.danfoss.com](http://powersolutions.danfoss.com)




---

**User Manual**
**Mini Excavator PLUS+1® Retrofit**


---

## Revisions

### Revision History

*Table of Revisions*

Date	Page	Changed	ECO No.	Rev.
6-2-2014	-	Created		

© 2014, Sauer-Danfoss

Sauer-Danfoss can accept no responsibility for possible errors in catalogs, brochures and other printed material. Sauer-Danfoss reserves the right to alter its products without prior notice. This also applies to products already ordered provides that such alterations can be made without affecting agreed specifications. All trademarks in this material are properties of the respective owners. Sauer-Danfoss, the Sauer-Danfoss logotype, the Sauer-Danfoss S-icon, PLUS+1™, what really matters is inside® and Know-How in Motion™ are trademarks of the Sauer-Danfoss Group.



## Contents

<b>Overview</b>		<b>5</b>
	General.....	5
	Description .....	6
	Theory of Operation .....	7
	Error Conditions .....	8
	Table of Errors and System Reactions.....	8
<b>General Usage</b>		<b>9</b>
	Boom.....	9
	Propel.....	9
	Dozer.....	9
	Auxiliary Hydraulic port .....	9
<b>Introduction</b>		<b>10</b>
	General.....	10
	Service Tool Features .....	10
	Connecting the Computer with the Service Tool .....	10
	Requirements of the Computer to Run the PLUS+1 GUIDE Service Tool.....	11
	USB Gateway .....	11
	Starting the Service Tool Software .....	12
	The Windows.....	13
	The Diagnostic Navigator .....	13
	The Work Area .....	13
	The Status Line .....	13
	General.....	14
	Download of Application Software .....	14
	Download of Application Software (continued) .....	16
<b>Service and Diagnostic Screens</b>		<b>17</b>
	General.....	17
	Diagnostic Navigator .....	17
<b>Service Tool Screens</b>		<b>18</b>
	Start Screen.....	18
	Boom.....	19
	Calibration .....	20
	Conditioning .....	21
	Adaption .....	22
	Travel .....	23
	Conditioning .....	24
	Adaption .....	25
	Dozer.....	26
	Calibration .....	27
	Adaption .....	28
	Regulator Parameters .....	29
	Auxiliary Hydraulic port .....	30
	Adaption .....	31
	Input Pins .....	32
	Output Pins .....	33
	Parameters.....	34
	Parameter List.....	35



User Manual	Mini Excavator PLUS+1® Retrofit
	Defaults Page ..... 36
	Joysticks ..... 37
	JS120 Calibration ..... 38
	JS120 Calibration Parameters ..... 39
	Dead Band Parameters ..... 40
	Engine ..... 41
	Fuel Level Sensor Calibration ..... 42
	Valves ..... 43
	Valve Driver Parameters ..... 44
	Error Log ..... 45
	Display Clock ..... 46
<b>Display pages</b>	<b>47</b>
	Start page ..... 47
	Boom page ..... 48
	Set boom restriction height page ..... 49
	Dozer page ..... 50
	Presets page ..... 51
	Change preset value page ..... 52
	Adjustment mode page ..... 53
	Auxiliary Port page ..... 54
	Change control value ..... 55
	Service/Options page ..... 56
	Status page ..... 57
	Faults ..... 58
	Options page ..... 60
	Language page ..... 61
	Calibrate the sensors page ..... 62
	Sensor Calibration page ..... 63
	JS1000 Propel Mode page ..... 64
	Button sensitivity page ..... 65
	Button sensitivity value page ..... 66
	Error log page ..... 67
	Set the clock page ..... 68



## Overview

### General

This Kubota kx36-2α has been retrofitted with a digital control system. The functions controlled by this system include: Propulsion, Boom height (not the Stick), Scoop and the Dozer blade.

This change requires new hardware: A dual axis joystick with push buttons, two single axis joysticks, a microcontroller and two potentiometers.

Additionally, a digital display allows the operator to view vehicle data and adjust function parameters. The Service Tool explained below gives more detailed options in this area.





---

**User Manual****Mini Excavator PLUS+1® Retrofit**

---

**Description**

The hardware

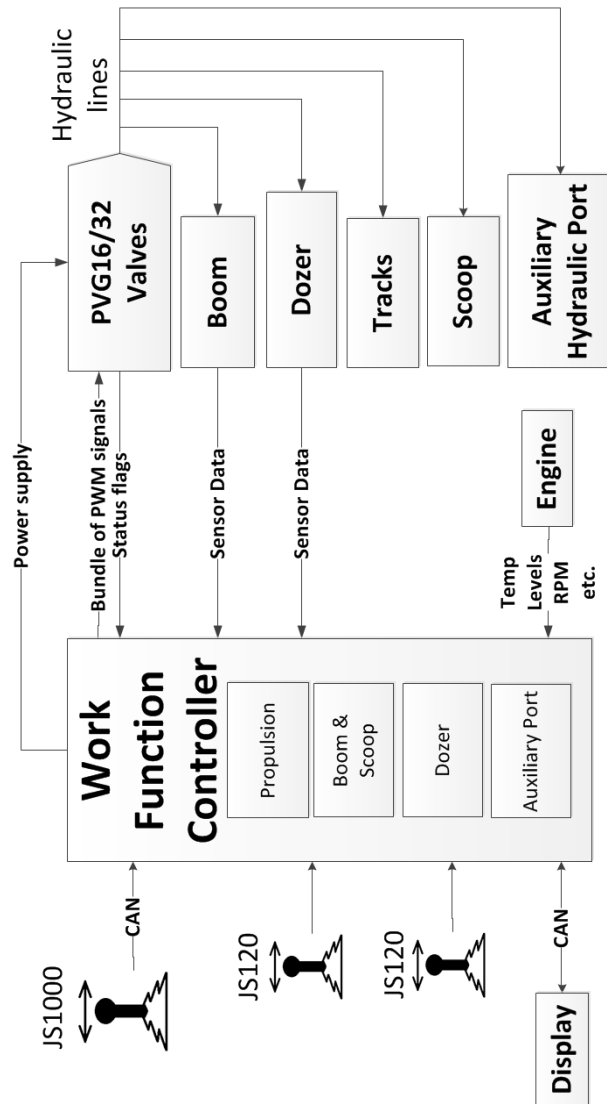
Microcontroller: PLUS+1 MC50-10, a 50 pin ECU.  
Display: PLUS+1 DP250, a 320x240 pixels TFT 15 bit color display.  
Dual axis joystick: PLUS+1 JS1000, a dual axis joystick with 7 buttons.  
Single axis joystick: PLUS+1 JS120, a single axis joystick.  
Valve actuators: PLUS+1 PVEA/H, electrically controlled actuation.  
Valves: PLUS+1 PVG16/32, proportional hydraulic valves.  
Boom height sensor: A rotational potentiometer.  
Dozer height sensor: A linear potentiometer.





Theory of Operation

Block Diagram Overview






---

**User Manual**
**Mini Excavator PLUS+1® Retrofit**


---

**Error Conditions**

Possible errors include loss of connection and signals out of range. These errors are displayed in the display and the Service Tool.

**Table of Errors and System Reactions**

Description	Action
Connection to JS1000 faulty	Boom, Scoop and JS1000 Propel functions disabled. Auxiliary port and Dozer blade button control disabled.
Connection to JS120 faulty	JS120 Propel function disabled.
Boom height sensor faulty	Boom function disabled while Boom Height Restriction is enabled.
Dozer height sensor faulty	Dozer absolute control function disabled
CAN connection faulty	Functions controlled by the display enter safe mode.
Alternator voltage low	None
Coolant overheating	Signal horn will be engaged if this fault is left unacknowledged.
Oil pressure low	Signal horn will be engaged if this fault is left unacknowledged.
Boom valve faulty	Boom function disabled
Scoop valve faulty	Scoop function disabled
Left track valve faulty	Propulsion function disabled
Right track valve faulty	Propulsion function disabled
Dozer valve faulty	Dozer function disabled
Auxiliary hydraulic port valve faulty	Auxiliary hydraulic port function disabled
Sensor voltage faulty	Connection to JS120 faulty, Boom height sensor faulty and Dozer height sensor faulty.



## General Usage

### Boom

The boom and scoop are controlled by the JS1000 joystick, positioned on the right hand side of the operator. Moving the joystick forwards results in a downward motion of the boom, and vice versa. Moving the joystick to the right opens the scoop, and vice versa. A height limit can be imposed through the Display. This limit measures the height of the boom at the start of the stick (the height of the stick is not included in the calculated height or limit).

### Propel

The propulsion function can be controlled by both the JS120 joysticks and the JS1000 joystick. The former is the default. Moving one of the JS120 joysticks forwards results in a forward motion of the track on the same side. Pressing the trigger button on the JS1000 joystick disables the JS120 joysticks and enables the JS1000 joystick to control propulsion. Moving the joystick forward results in forward motion of both tracks. Moving it to the left or right causes the machine to turn on the spot in that direction. This feature can be disabled through the display or Service Tool.

### Dozer

The dozer blade is controlled by two buttons on the JS1000 joystick or a regulator circuit in the controller. These modes are selected in the display or Service Tool.

### Auxiliary Hydraulic port

The Auxiliary Hydraulic port is controlled by two buttons on the JS1000 joystick or a set valve opening configurable in the display or Service Tool.



## Introduction

### General

The Sauer-Danfoss PLUS+1™ GIUDE Service Tool provides, in conjunction with standard computers a communication software to handle the Sauer-Danfoss control electronic on the production line and in special field service cases.

---

All screens shown in this document are examples. The actual data may be different.

---

### Service Tool Features

- Download the application software
- Adjust system parameters
- Display run time information
- Real time logging function
- System data storage on the hard disk

---

**Realize that the PLUS+1 GUIDE Service Tool allows you to make severe changes to the system! If you are not authorized to make changes, do not make changes.**

---

### Connecting the Computer with the Service Tool

Plug the USB connector of the gateway to a free USB port of the PC. All required drivers are included in the Service Tool installation.  
Connect the SUB-D connector to the SUB-D socket at the machine.





## Introduction

### Requirements of the Computer to Run the PLUS+1 GUIDE Service Tool

To run the Sauer-Danfoss PLUS+1 GUIDE Service Tool a standard personal computer (PC) or laptop/notebook is required with a free USB port.

System requirements for using the program:

PLUS+1 Service Tool Minimum System Requirements
1.0 GHz processor
Microsoft® Windows® XP
Local administrator access on used PC
1 GB of system memory
125 MB of available hard disk space
1024 x 768 or higher resolution graphics card/monitor with 16 bit colour
USB 2.0 for use with CAN/USB gateway
Access to e-mail for license registration
Adobe Acrobat Reader v7.0 or higher

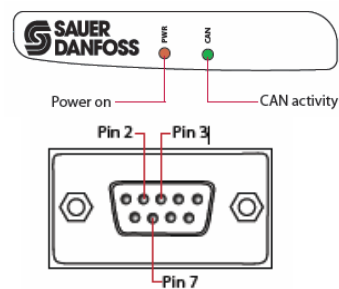
For more information, take a look in the Service Tool help.

### USB Gateway

The standard communication interface between the computer and the digital controller is the CG150 gateway.



Pin	Function
1	-
2	CAN -
3	Shield/Ground
4	-
5	-
6	-
7	CAN +
8	-
9	-

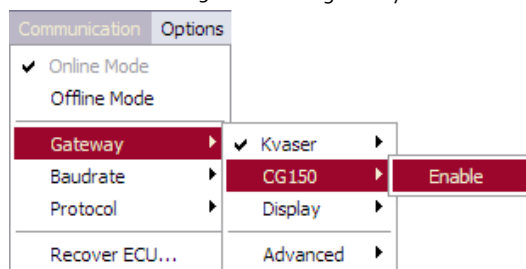




## Introduction

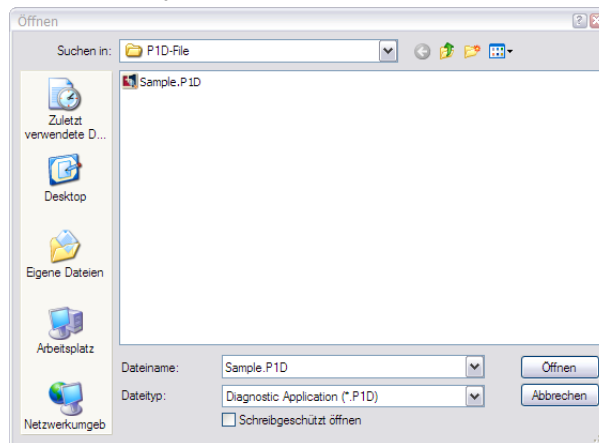
### Starting the Service Tool Software


1. Connect the gateway to a USB port of the PC. The installation process starts automatically.
2. Connect the computer to the digital controller with the CG150 gateway.
3. Start the Service Tool.
4. The CG150 appears as standard gateway. If not, go to the communication dialog and set the CG150 as current gateway.



5. Select and load a Service Application.

Use Menu **File Open...** or use the button 



6. If the system is set to auto scan, the bus is scanned automatically, otherwise scan the bus manually by using the  button.

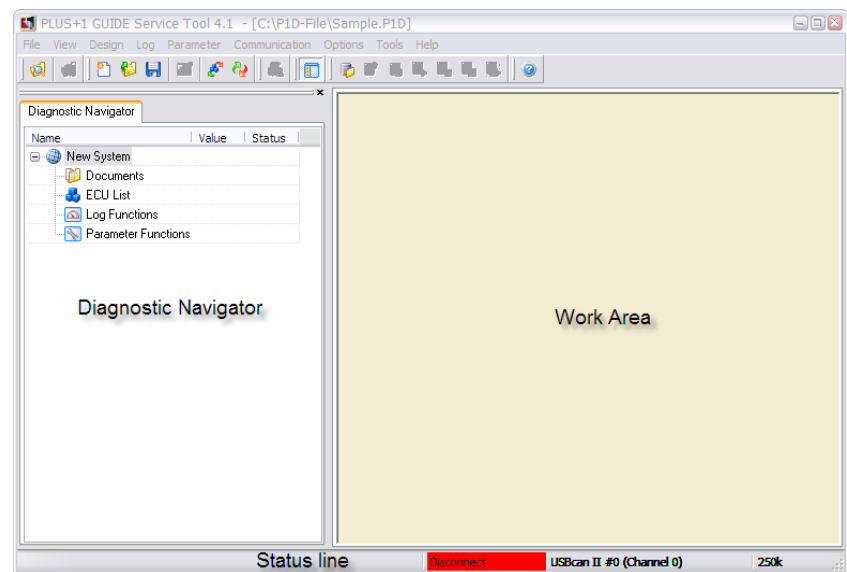
7. The system is ready for diagnosis.



## Introduction

### The Windows

The screen of the Service Tool is divided in several windows.



#### The Diagnostic Navigator

This tab shows a tree view of all hardware and software applications within the Service Tool.

#### The Work Area

The area where all Service Tool functions are performed.

#### The Status Line

Controller Connection Status

Displays coloured controller connection status:

**Green**—Controller connected

**Light Green**—Logging

**Yellow**— searching for connection

**Red**— Controller disconnected or Gateway error.

Log Frequency Status

Displays the required and actual log frequency settings in the application.



## Introduction

### General

Start and stop the logging with the start and stop buttons in the menu line

 or F5 and  or F6 .


---

For more information about logging, log to disk, log period etc. take a look into the Service Tool user manual.

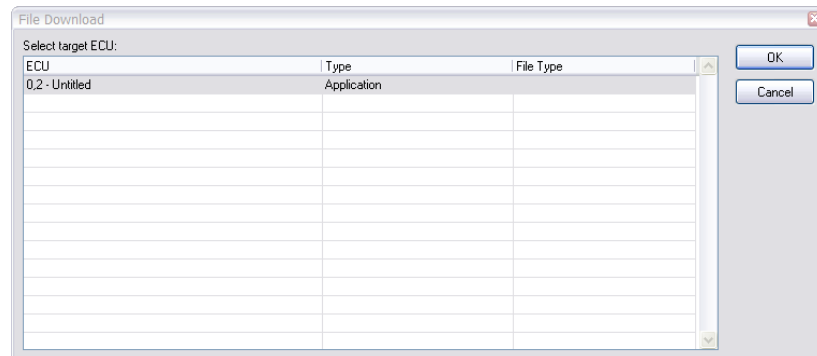
---

### Download of Application Software

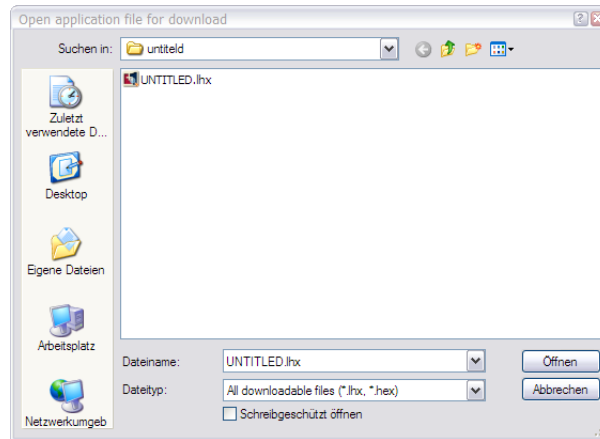
It is possible to reprogram the Digital System with the Service Tool. Use the menu

**File | File Download...** or the  button. Select the controller to which the software should be downloaded. Select the application LHX file and press download.

*Select controller*





*Select Ihx-File*



## Introduction

### Download of Application Software (continued)

#### Start download

**0,2 - Untitled File Download**  
ECU: 0,2  
File : C:\Plus+1\_Projects\Local Projects\MyTests\untitled\UNTITLED.lhx 2009-02-09 11:49:36 (TimeKey 2009-02-09 11:49:31)  
Size: 00390h  
Max: 20000h

#### HEX-File Download Screen

**0,2 - Untitled File Download**  
ECU: 0,2  
File : C:\Plus+1\_Projects\Local Projects\MyTests\untitled\UNTITLED.lhx 2009-02-09 11:49:36 (TimeKey 2009-02-09 11:49:31)  
Size: 00390h  
Max: 20000h



Time elapsed: 00:08

**⚠ WARNING! ⚠**

**Do not disconnect target system  
until download is complete.**

After the successful download of the LHX-file the digital system starts operating.



## Service and Diagnostic Screens

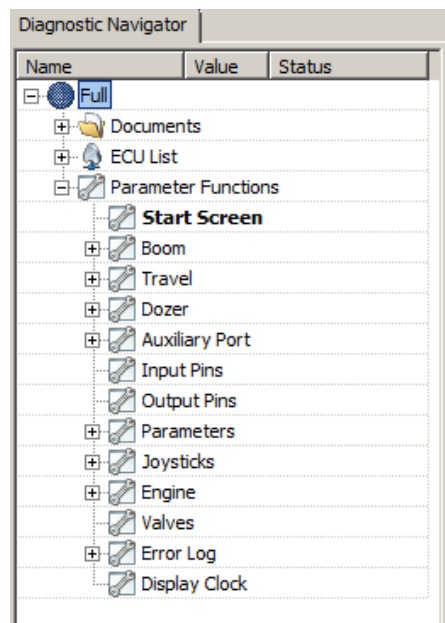
### General

The PLUS+1 GUIDE Service Tool has 2 basics functions:

1. **Log Functions**  
Not used for this application
2. **Parameter Functions**

### Diagnostic Navigator

The diagnostic navigator is an overview like a table of contents from the project.



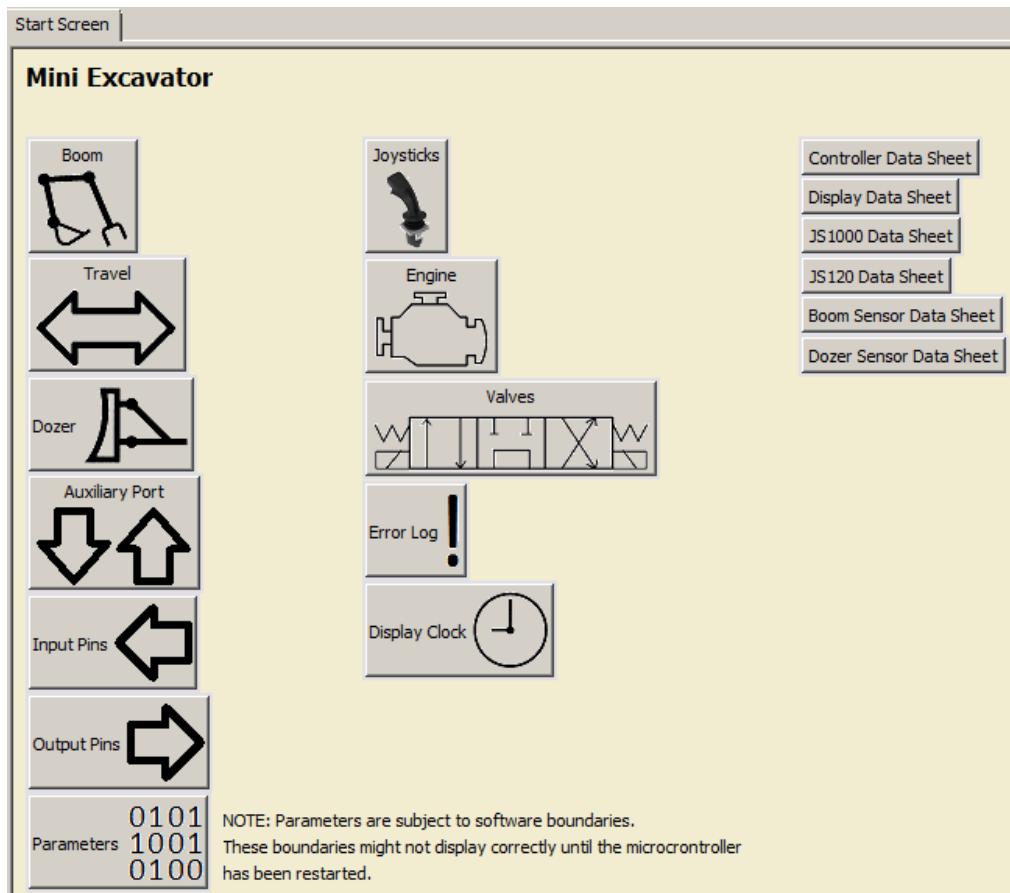
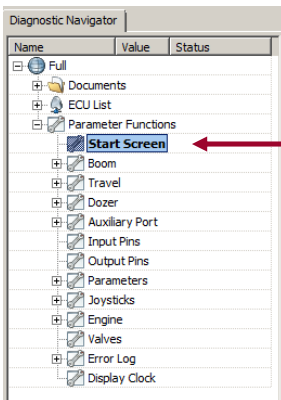
**NOTE:** When adjusting parameters with the Service Tool, the software boundaries of downloaded values will not be correctly displayed on your PC until the microcontroller has been restarted. Failure to restart the microcontroller after adjusting parameters might produce seemingly unpredictable results. The working values in the microcontroller are safe, however.



Service Tool Screens

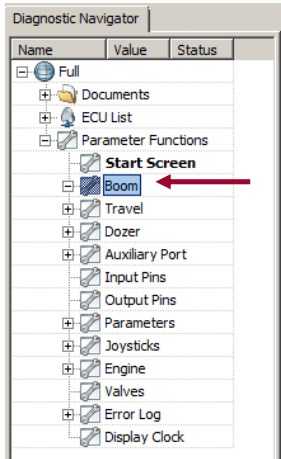
Start Screen

After clicking on 'Start Screen' a button index of the functions involved is shown. The first two column of buttons lead to the Parameter Function pages specified on the buttons in question. The third column buttons leads to the data sheets for the hardware involved.





**Boom**



This Function page handles the Boom and Scoop work functions. The page contains links to sub-pages (shown below).

If a new Height Limit (acceptable values: 0 to 3000 mm) has been set, the Download button must be pressed in order for the value to be sent to the microcontroller. The selector that enables/disables this function also requires the Download button to be pressed after altering it.



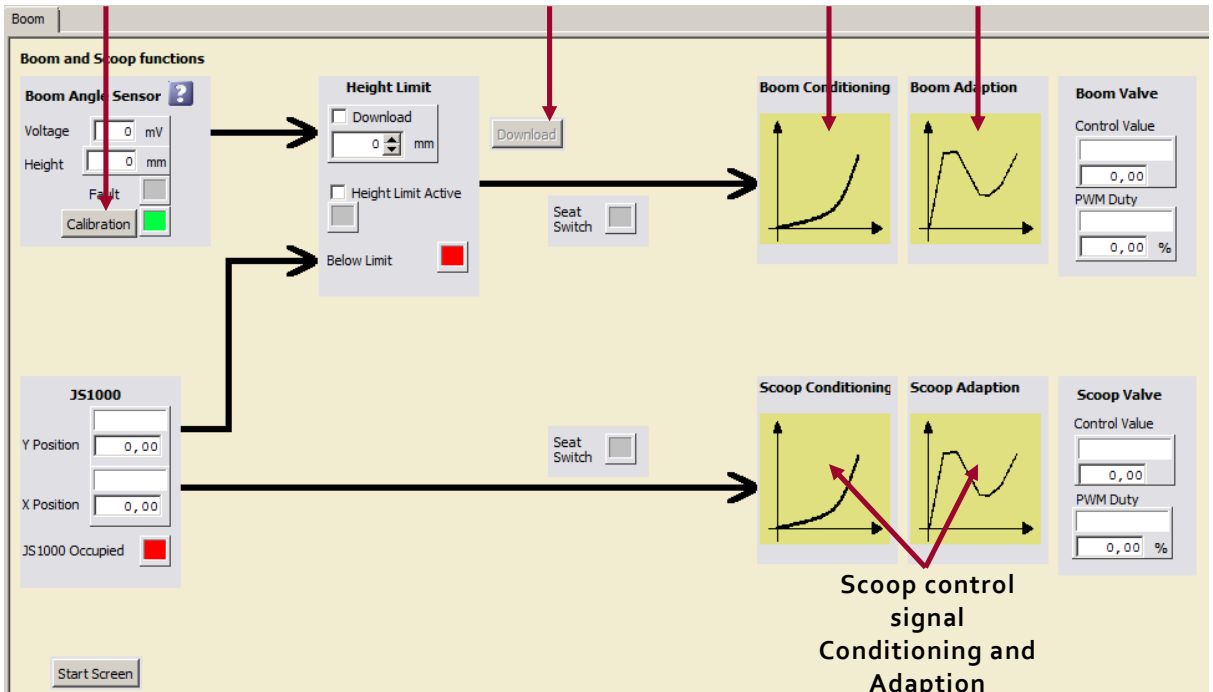
To alter the proportionality of the joystick input, enter the Conditioning pages by clicking on the brown panels (see below).

To alter the control signals time ramps enter the Adaption pages by pressing the corresponding brown panels (see below).

**Sensor Calibration**

**Download button**

**Boom control signal Conditioning and Adaption**



**Scoop control signal Conditioning and Adaption**

**Calibration**

Press the '**Calibration**' button.  
Follow the instructions to calibrate the Boom height sensor. The sensor is a rotary potentiometer. The software will only recognize angles within a prespecified band as valid.

Calibrate

**Calibration procedures:**

1. Position the boom in its most rearward position.
2. Press the 'Calibrate Sensor' button.
3. If the calibration status turns red the boom was not in its most upright position, or the sensor was unplugged or mounted wrong.

Calibrate Sensor

Status

Abs. Angle  deg

Back



Conditioning

Press either the *'Boom Conditioning'* or *'Scoop Conditioning'* panel, they are almost the same. The Boom has two different pages, one for upward and one for downward motion.

These pages enable the user to configure the proportionality of the joystick input for the Boom functions. This is done by dragging 6 data points in a diagram.

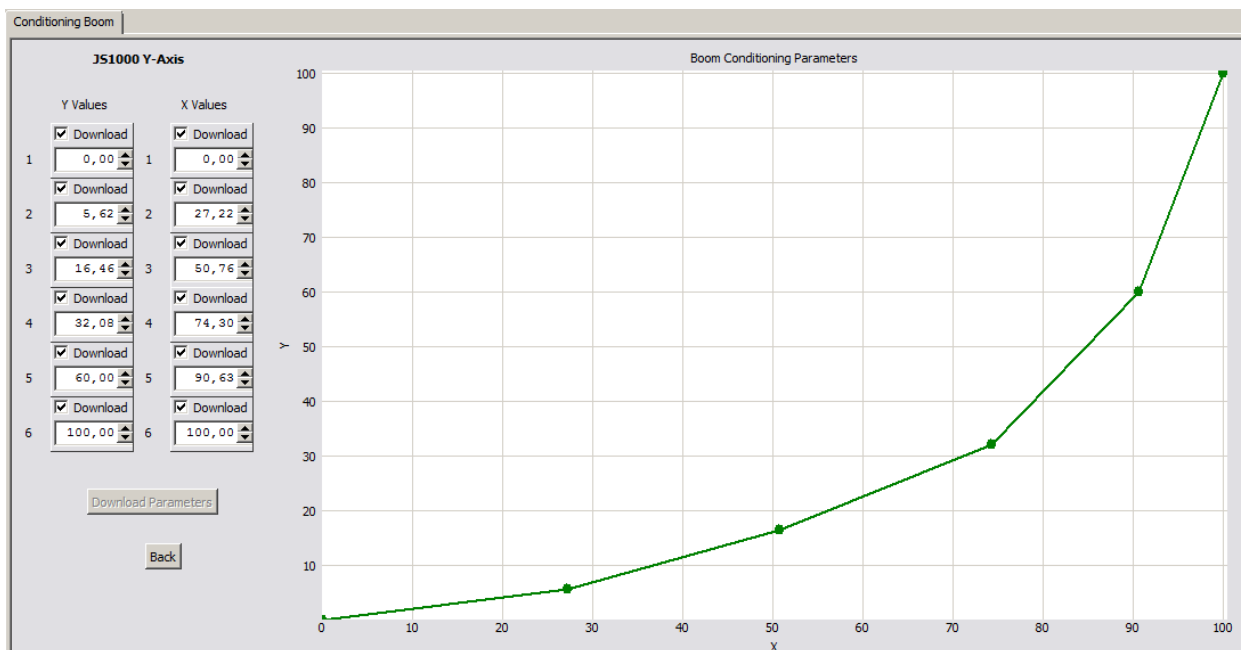
The Y-axis represents the resulting signal fed back into the Boom/Scoop function.

The X-axis represents the input positions from the joystick. The resulting proportionality curve must increase in both Y and X from origo. Acceptable values range from 0,00% to 100,00%.

An alternative method of setting the curve is to fill out the table on the left with the desired values.

The proportionality for negative joystick input is simply mirrored around both Y- and X-axes.

When the desired shape has been completed press the Download Parameters button to send the values to the microcontroller.





## Adaption

Press the '**Boom Adaption**' or '**Scoop Adaption**' panel, they are analogous. These pages enable the user to configure the time ramps of the Boom/Scoop function control outputs. This is done by altering 3 values.

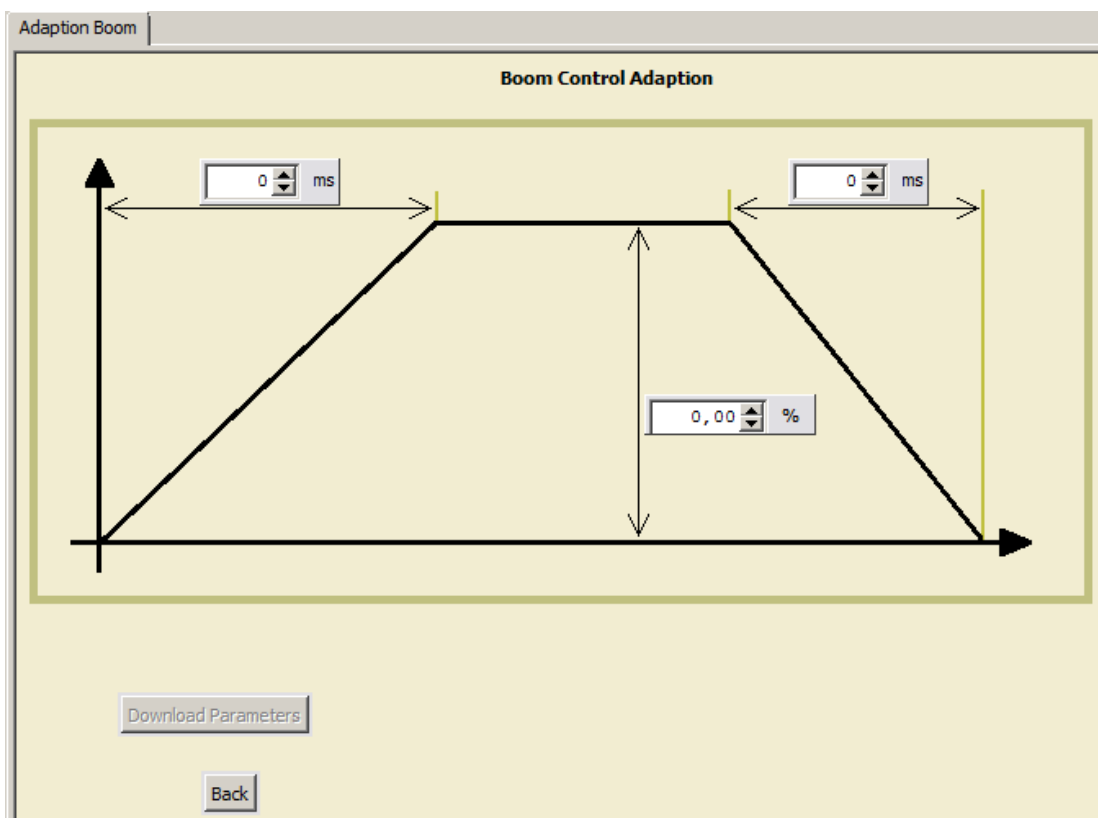
The first value is the range that the calculations will be based upon. 50,00% represents a fourth of the total absolute control value range (-100,00% to 100,00%). This value can only be set between 0,00% and 100,00%.

The second value is the minimum time it takes for the signal to ramp the distance of the first value, away from the zero-line. This value can be set between 0 and 65535 ms.

The third value is the same as the second but for when the signal ramps towards the zero-line. This value can be set between 0 and 65535 ms.

The input signal is ramped as an absolute value. In other words: The signal will be seen as decreasing as it approaches the zero-line and increasing as it moves away from the zero-line.

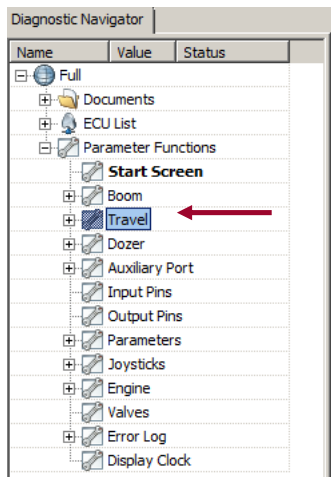
When the desired values have been entered press the Download Parameters button to send the values to the microcontroller.







Travel



This Function page handles the Travel work function. The page contains links to sub-pages (shown below).

If JS1000 has been enabled/disabled in this function, the Download button must be pressed in order for the value to be sent to the microcontroller.

To alter the proportionality of the joysticks inputs enter the Conditioning pages by clicking on the brown panels (see below).

To alter the control signal time ramp enter the Adaption pages by pressing the corresponding brown panel (see below).

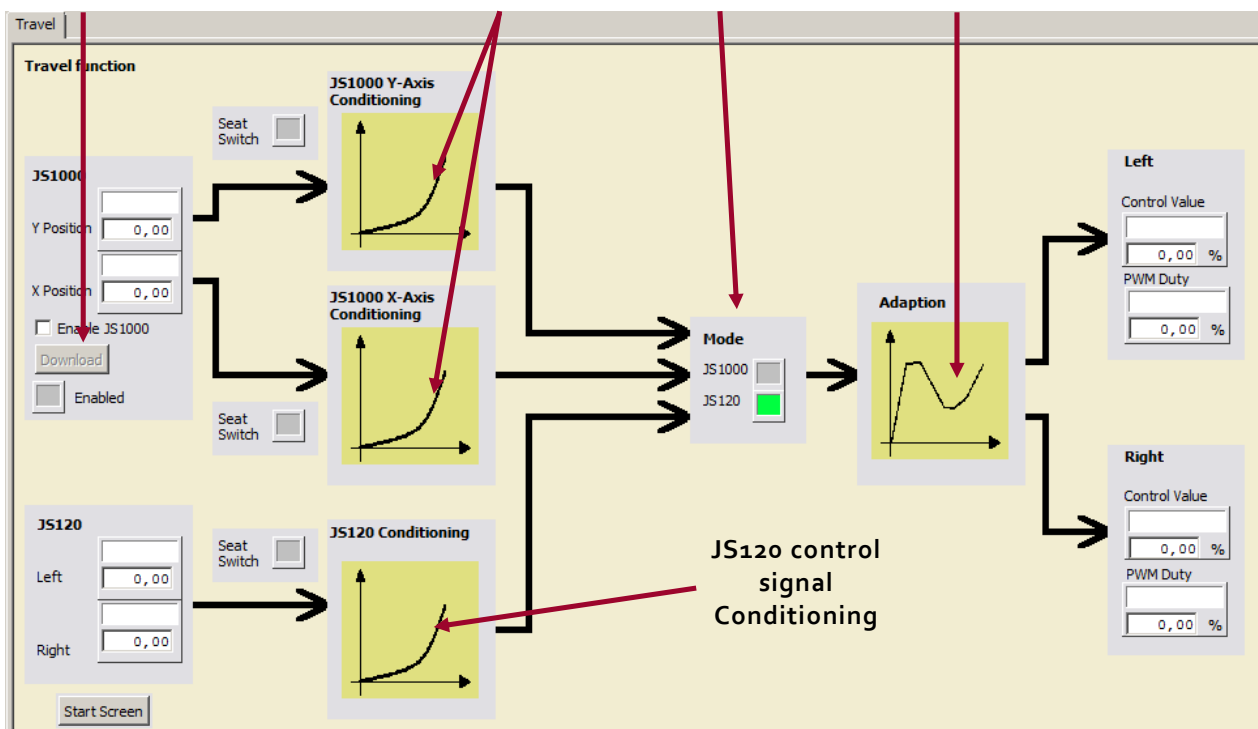
The Mode (changes input between the joysticks) is controlled with the Trigger button on the JS1000 joystick. If this button has no effect, make sure that the JS1000 shows as Enabled in the leftmost pane.

Download button

JS1000 control signal Conditioning

Mode

Travel control signal Adaption





**User Manual      Mini Excavator PLUS+1® Retrofit**

**Conditioning**

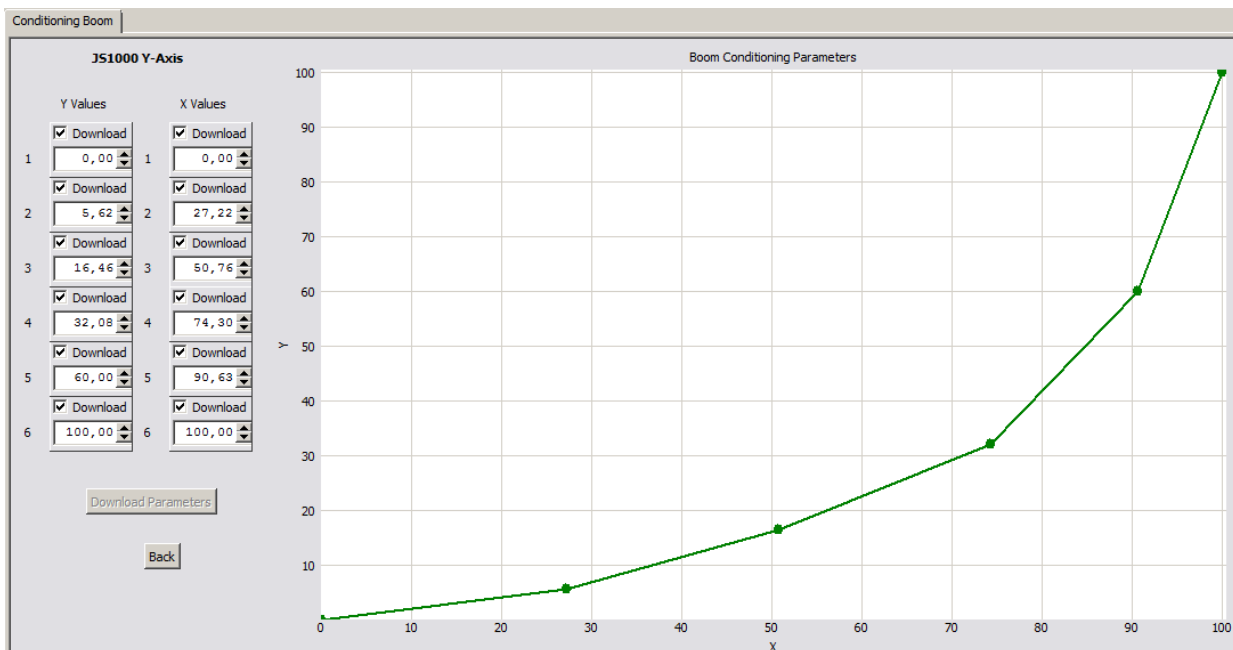
Press one of the '*JS1000 Y-axis Conditioning*', '*JS1000 X-axis Conditioning*' or '*JS120 Conditioning*' panels, they are analogous.

These pages enable the user to configure the proportionality of the joystick input for the Travel function. This is done by dragging 6 data points in a diagram. The Y-axis represents the resulting signal fed back into the Travel function. The X-axis represents the input positions from the joystick. The resulting proportionality curve must increase in both Y and X from origo. Acceptable values range from 0,00% to 100,00%.

An alternative method of setting the curve is to fill out the table on the left with the desired values.

The proportionality for negative joystick input is simply mirrored around both Y- and X-axes.

When the desired shape has been completed press the Download Parameters button to send the values to the microcontroller.





## Adaption

Press the '**Adaption**' panel.

This page enables the user to configure the time ramp of the Travel function control outputs. This is done by altering 3 values.

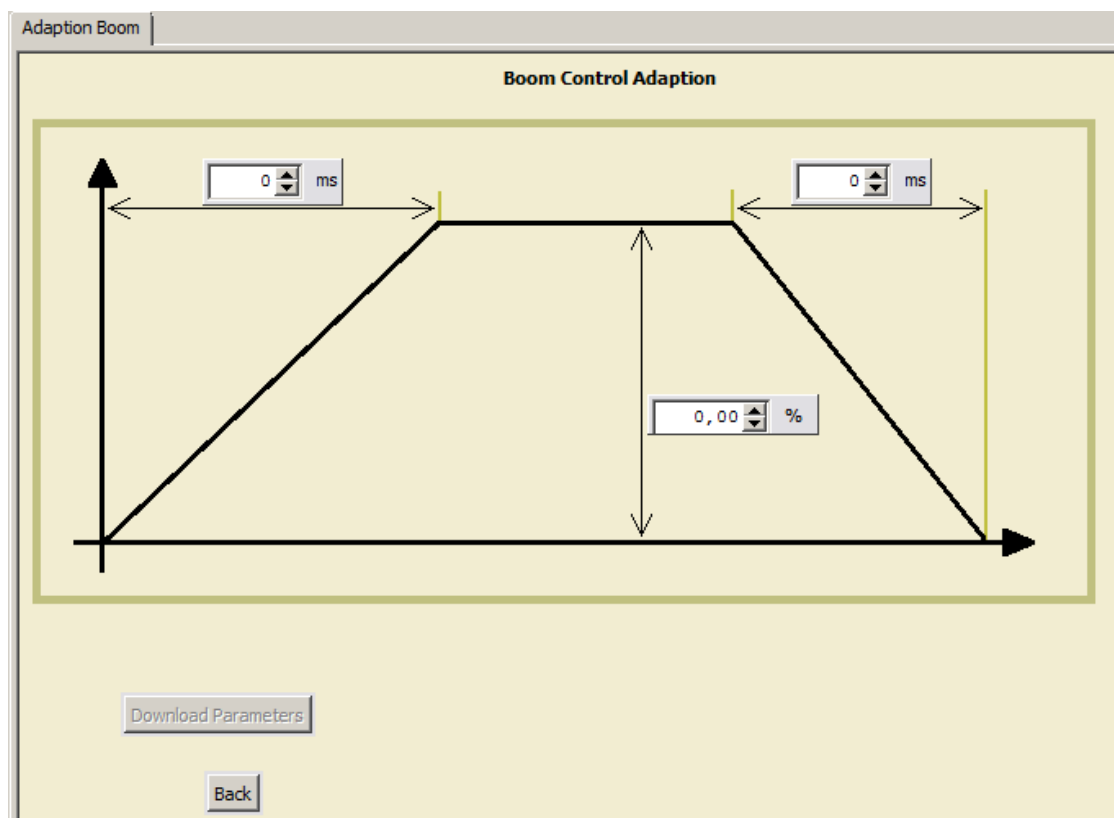
The first value is the range that the calculations will be based upon. 50,00% represents a fourth of the total absolute control value range (-100,00% to 100,00%). This value can only be set between 0,00% and 100,00%.

The second value is the minimum time it takes for the signal to ramp the distance of the first value, away from the zero-line. This value can be set between 0 and 65535 ms.

The third value is the same as the second but for when the signal ramps towards the zero-line. This value can be set between 0 and 65535 ms.

The input signal is ramped as an absolute value. In other words: The signal will be seen as decreasing as it approaches the zero-line and increasing as it moves away from the zero-line.

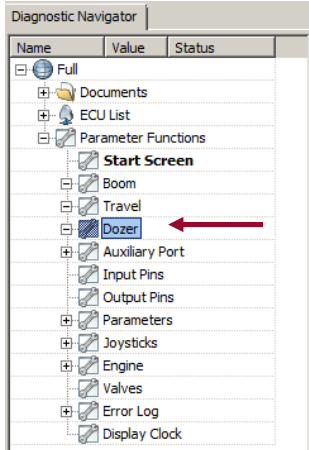
When the desired values have been entered press the Download Parameters button to send the values to the microcontroller.





**Dozer**

This Function page handles the Dozer work function. The page contains links to sub-pages (shown below).

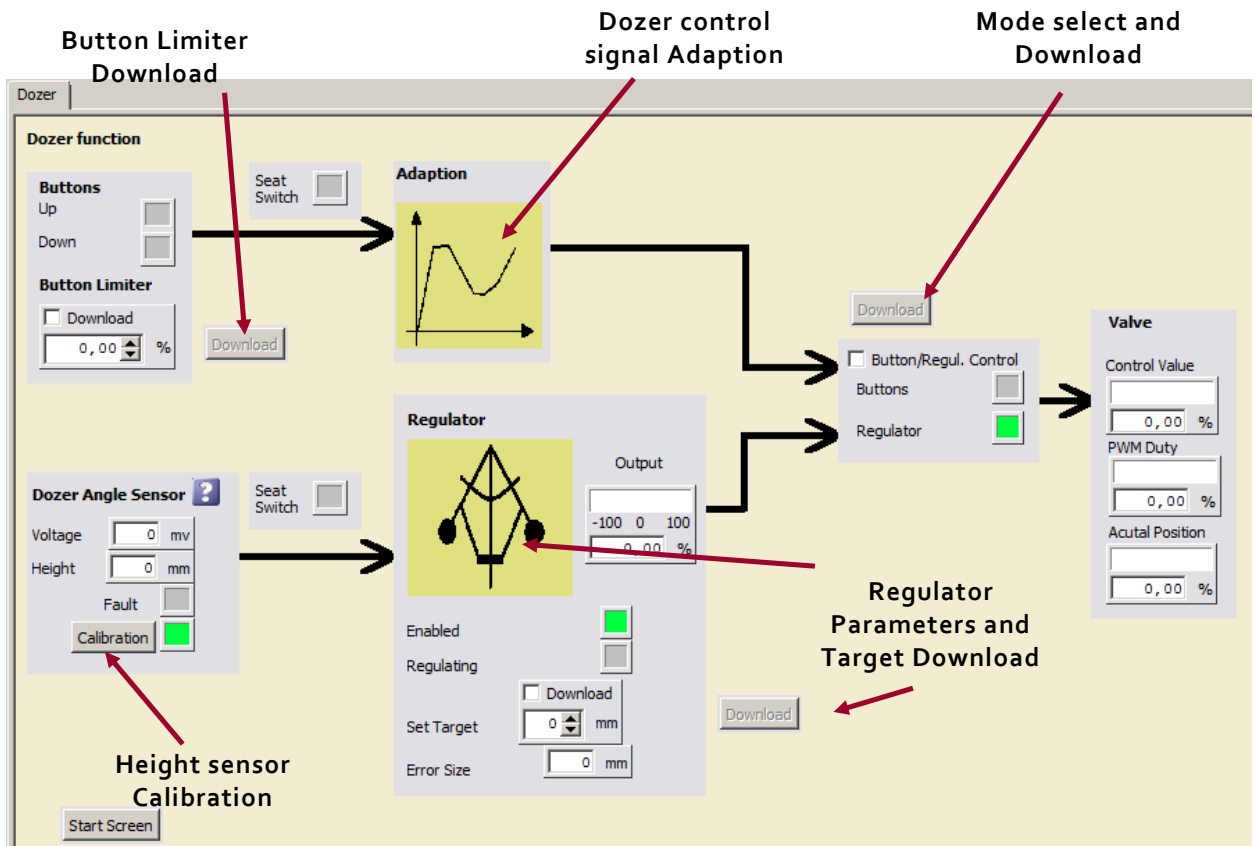


The Button Limiter value sets the scale factor that is set on the control signal when the Dozer blade is controlled by the JS1000 buttons. If this value has been altered the Download button must be pressed in order for the value to be sent to the microcontroller. This value can be set between 0,00% and 100,00%.

To alter the control signal time ramp enter the Adaption page by pressing the corresponding brown panel (see below).

When the mode selector (changes control between the JS1000 buttons and the regulator) has been enabled/disabled the Download button must be pressed to send the value to the microcontroller.

The Regulator Target parameter is the height that the Dozer blade will go to while in the Regulator Mode. When this value has been altered, the Download button will need to be pressed. This value can be set between -175mm and 175mm.





### Calibration

Press the '**Calibration**' button.  
Follow the instructions to calibrate the Dozer height sensor. The sensor is a linear position membrane potentiometer. The software will only recognize positions within a prespecified band as valid.

Calibrate Dozer

**Calibration procedures:**

1. Position the blade in its highest position. Use the Up-button.
2. Press the 'Calibrate Sensor' button.
3. If the calibration status turns red the blade was not in its most upright position, or the sensor was unplugged or mounted wrong.

Calibrate Sensor

Status

Offset  %

Height  mm

Back



## Adaption

Press the '**Adaption**' panel.

This page enables the user to configure the time ramp of the Dozer function control outputs. This is done by altering 3 values. This time ramp does not apply to the regulator.

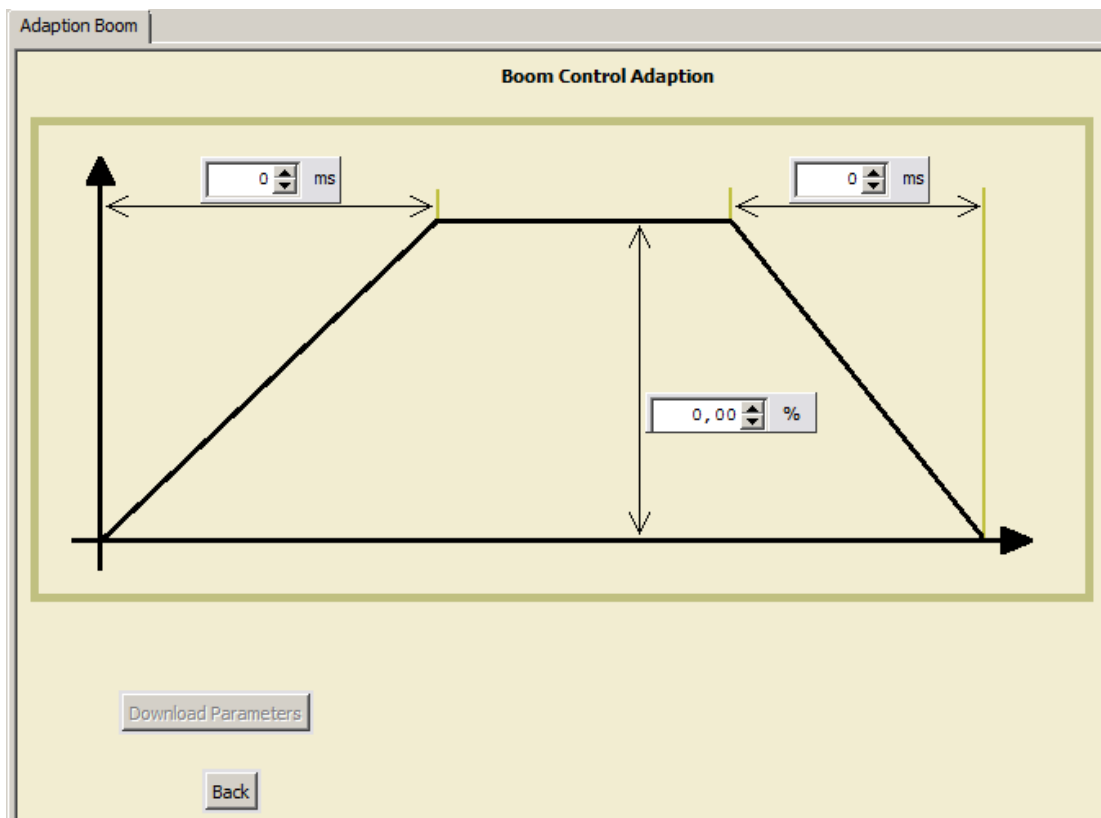
The first value is the range that the calculations will be based upon. 50,00% represents a fourth of the total absolute control value range (-100,00% to 100,00%). This value can only be set between 0,00% and 100,00%.

The second value is the minimum time it takes for the signal to ramp the distance of the first value, away from the zero-line. This value can be set between 0 and 65535 ms.

The third value is the same as the second but for when the signal ramps towards the zero-line. This value can be set between 0 and 65535 ms.

The input signal is ramped as an absolute value. In other words: The signal will be seen as decreasing as it approaches the zero-line and increasing as it moves away from the zero-line.

When the desired values have been entered press the Download Parameters button to send the values to the microcontroller.





### Regulator Parameters

Press the '**Regulator**' panel.

This page enables the user to set the PI-regulator parameters.

The P represents the proportional part of the regulator. Accepted values range between -32,767 and 32,767.

The I represents the integral part. The values can range between 0,0000 and 1,0000

The output of the regulator can be bound with the Max and Min parameters. These values can range from -100,00% to 100,00%.

After any parameters have been adjusted press the Download Parameters button to send the values to the microcontroller.

Regulator

Dozer Regulator Parameters

Max  Download 0,00 %

$Error * P + \Sigma(Error * I) = Control Value$

Download 0,000

Download 0,0000

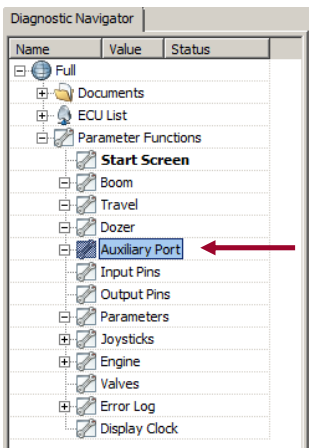
Min  Download 0,00 %

Download Parameters

Back



**Auxiliary Hydraulic port**



This page houses the Auxiliary Hydraulic port function. The page contains links to sub-pages (shown below). There are two ways to operate this function.

Two buttons on the JS1000 control the Plus and Minus commands to the valve. A Limiter sets the valve opening percentage during button control. The Limiter takes values between 0,00% and 100,00%.

The other way to control the function is to edit the Valve Control value, and Download it to the microcontroller. The Valve Control value can be set between -100,00% to 100,00%.

**Button Control, Limiter and Download button**

**Valve Control value and Download button**

The screenshot shows the 'Auxiliary Port' configuration screen. It features several control panels:
 

- Buttons:** Includes 'Plus' and 'Minus' buttons, and a 'Download' button. A red arrow points from this 'Download' button to the text 'Button Control, Limiter and Download button'.
- Limiter:** Includes a 'Download' checkbox and a percentage input field (set to 0). A red arrow points from this 'Download' button to the text 'Valve Control value and Download button'.
- Control:** Includes an 'On/Off' button, an 'Enabled' checkbox, and a 'Valve Control' input field (set to 0,00). A red arrow points from this 'Download' button to the text 'Valve Control value and Download button'.
- Adaption:** A graph showing a pulse waveform.
- PWM Duty:** A control panel with a range from 0 to 100 and a current value of 0,00%.
- Valve Control Slider:** A horizontal slider ranging from -100 to 100, with a green dot at 0.
- Seat Switch:** A checkbox.
- Start Screen:** A button at the bottom left.





## Adaption

Press the '**Adaption**' panel.

This page enables the user to configure the time ramp of the Auxiliary Hydraulic port function control outputs. This is done by altering 3 values.

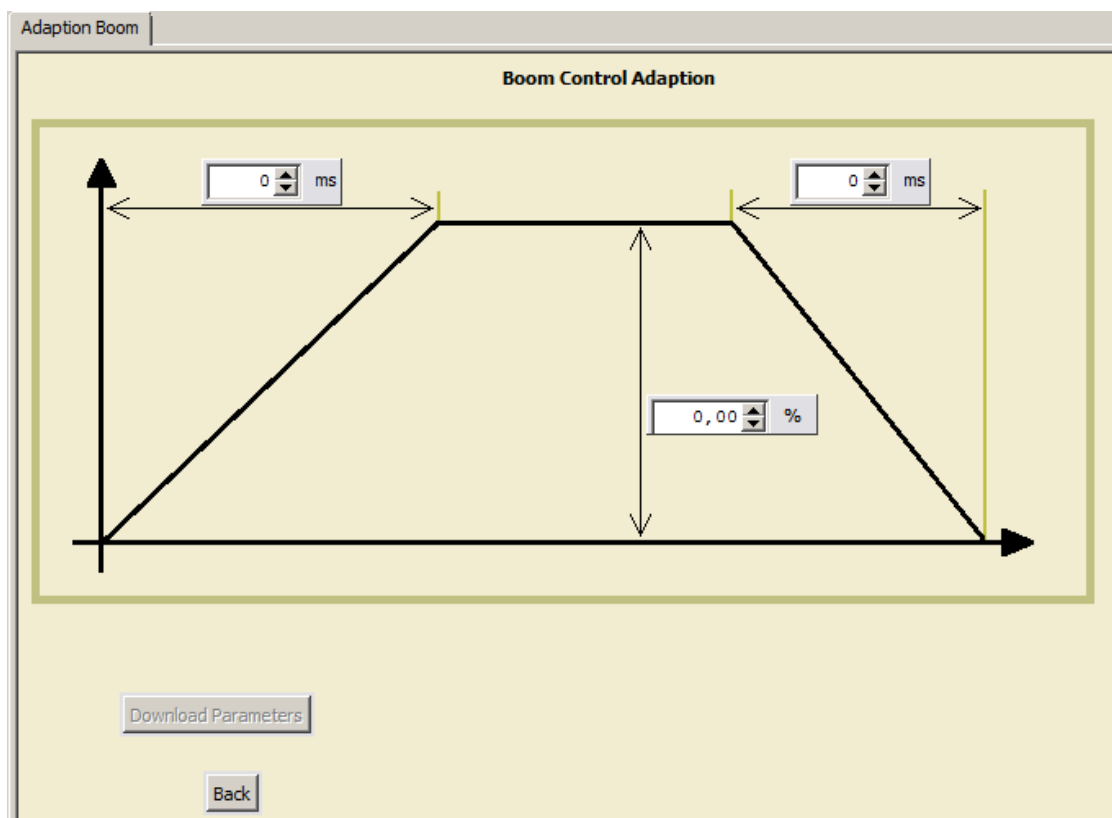
The first value is the range that the calculations will be based upon. 50,00% represents a fourth of the total absolute control value range (-100,00% to 100,00%). This value can only be set between 0,00% and 100,00%.

The second value is the minimum time it takes for the signal to ramp the distance of the first value, away from the zero-line. This value can be set between 0 and 65535 ms.

The third value is the same as the second but for when the signal ramps towards the zero-line. This value can be set between 0 and 65535 ms.

The input signal is ramped as an absolute value. In other words: The signal will be seen as decreasing as it approaches the zero-line and increasing as it moves away from the zero-line.

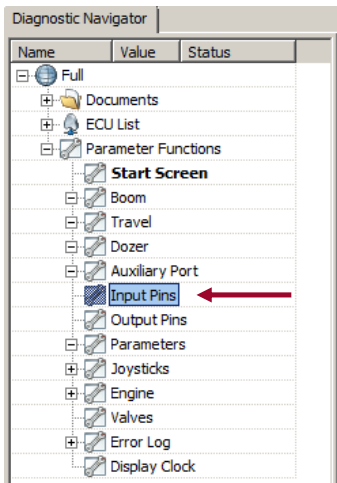
When the desired values have been entered press the Download Parameters button to send the values to the microcontroller.





Input Pins

This page displays the state and gathered values from the microcontroller input pins. When possible, the resulting interpretation is also shown.



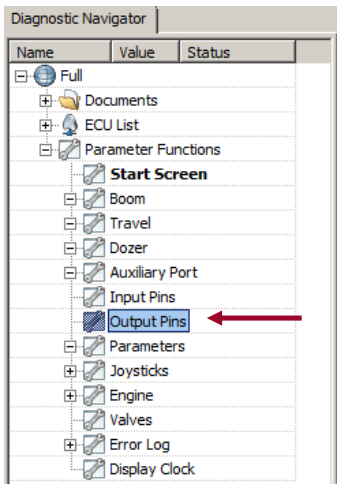
The 'Input Pins' diagnostic screen displays the following information:

- Input Pins** (Section Header)
- P02 Power Supply**:  mV
- P06 Glow Plug**:
- P07 Boom Valve Error**:
- P10 Scoop Valve Error**:
- P11 Left Track Valve Error**:
- P12 Right Track Valve Error**:
- P13 Aux Port Valve Error**:
- P14 Dozer Valve Spool Position / Error**:  mV >  %
- P15 Boom Sensor Voltage / Height**:  mV >  mm
- P16 Dozer Sensor Voltage / Height**:  mV >  mm
- P17 Alternator Warning**:
- P18 Oil Pressure**:
- P19 Fuel Warning**:
- P23 RPM Sensor Freq. / RPM**:  Hz >  rpm
- P24 Seat Switch**:
- P25 Left JS120 Movement Switch / Mismatch**:  &  % >
- P26 Right JS120 Movement Switch / Mismatch**:  &  % >
- P27 Left JS120 Voltage / Position**:  mV >  %
- P28 Right JS120 Voltage / Position**:  mV >  %
- P29 Coolant Impedance / Temp**:  Ohm >  degC
- P30 Fuel Tank Impedance / Level**:  Ohm >  %
- Calibr. Impedance at Full Tank**:  Ohm
- Start Screen** (Button)



Output Pins

This page displays the state and feedback values from the microcontroller output pins.



**Output Pins**

<p><b>P08 Sensor Power (+5V)</b>  <input type="text" value="0"/> mV <span style="color: green;">■</span></p> <p><b>P34 PVG Power: Grp 1</b>  <input type="text" value="0"/> mV                  Status <input type="text" value="0"/></p> <p><b>P35 PVG Power: Grp 2</b>  <input type="text" value="0"/> mV                  Status <input type="text" value="0"/></p> <p><b>P37 Boom Valve PWM</b>  <input type="text" value="0,00"/> %                  Status <input type="text" value="0"/></p> <p><b>P38 Scoop Valve PWM</b>  <input type="text" value="0,00"/> %                  Status <input type="text" value="0"/></p> <p><b>P39 Left Track Valve PWM</b>  <input type="text" value="0,00"/> %                  Status <input type="text" value="0"/></p>	<p><b>P40 Right Track Valve PWM</b>  <input type="text" value="0,00"/> %                  Status <input type="text" value="0"/></p> <p><b>P41 Dozer Valve PWM</b>  <input type="text" value="0,00"/> %                  Status <input type="text" value="0"/></p> <p><b>P42 Auxiliary Port Valve PWM</b>  <input type="text" value="0,00"/> %                  Status <input type="text" value="0"/></p> <p><b>P34 and P35 Status:</b>                  0 = OK                  1 = Open Circuit / Over Temp</p> <p><b>P37-P42 Status:</b>                  0 = OK                  2 = Overload</p> <p style="text-align: right;"><input type="button" value="Start Screen"/></p>
--	--

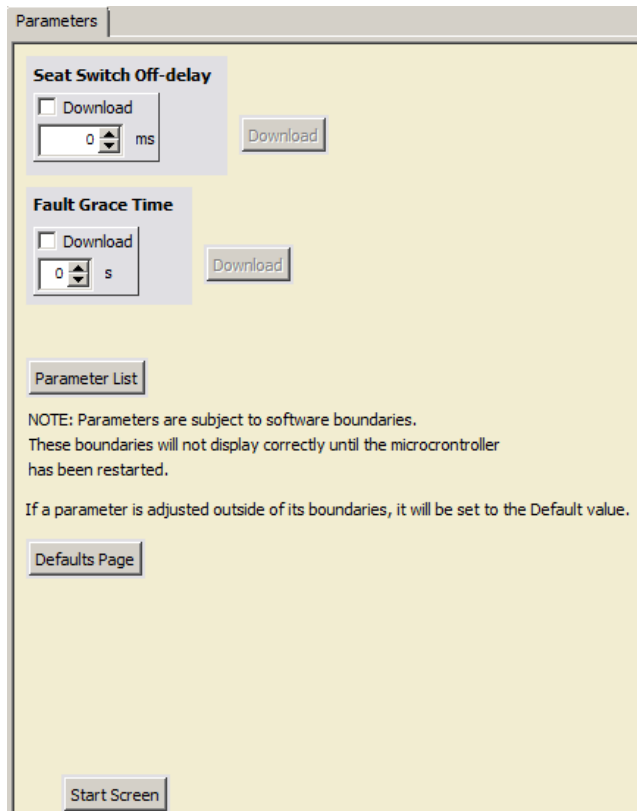
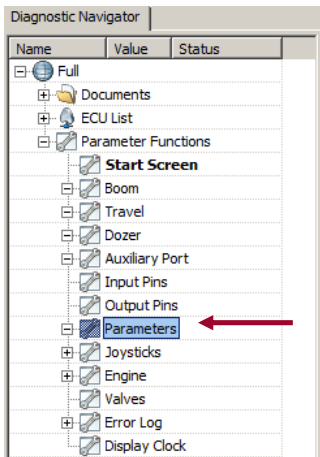


Parameters

This page enables the user to edit the working parameters of the microcontroller, and thus, the system as a whole. This page contains links to sub-pages.

The Seat Switch Off-delay is the time in ms that passes between the seat switch being turned off and the system locking down the work functions. The delay can be used to negate effects of bumpy travel, for example. This value can be set between 0 and 65535 ms. If it has been altered, press the Download button to apply the value to the microcontroller.

There is a function that warns the operator of two critical faults: oil pressure low (while the engine is running) and high coolant temperature. These warnings are shown on the display and must be acknowledged within the Fault Grace Time, otherwise the signal horn will be turned on. This parameter can be set between 0 and 60 seconds. If it has been altered, press the Download button to apply the value to the microcontroller.





**User Manual      Mini Excavator PLUS+1® Retrofit**

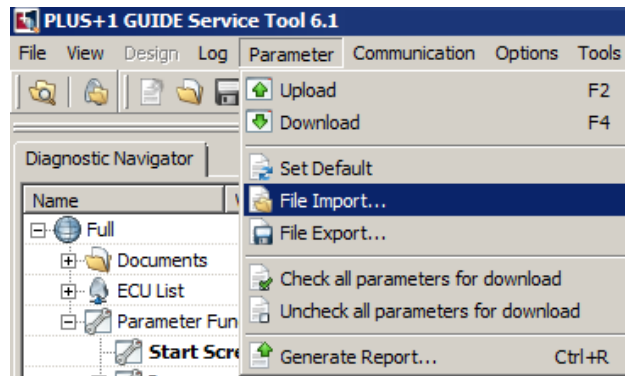
**Parameter List**

Press the 'Parameter List' button.

This page is a list with all of the parameters of the system. It is advised to use the dialogues constructed in the function-specific pages to alter parameters. Do not alter parameters if you are not authorized.

To alter a parameter; enter a value in the Edit value column, in row of the parameter in question. The checkbox to the left of the parameter name will now be checked and pressing the 'Download parameters to ECU (F4)' button in the upper toolbar will apply the altered values to the microcontroller.

To export or import the entire parameter set, press Parameter -> File Import/Export... in the toolbar.



Be advised that there are boundaries on parameter input. These boundaries will automatically change the parameter to its default if a value outside of its safe range has been entered. This change will not be properly displayed in the Service Tool until the microcontroller has been restarted.

Parameter List								
	Download	ECU	Signal name	ECU value	Locked	Edit value	Default	Comment
	<input type="checkbox"/>	0,3	Para_Aux_Control_NV	0		0	0	
	<input type="checkbox"/>	0,3	Para_Aux_Dec_ms_NV	0		0	0	
	<input type="checkbox"/>	0,3	Para_Aux_Inc_ms_NV	0		0	0	
	<input type="checkbox"/>	0,3	Para_Aux_Rng_NV	0		0	0	
	<input type="checkbox"/>	0,3	Para_Aux_ValveCap_NV	0		0	0	
	<input type="checkbox"/>	0,3	Para_Boom_DecJoint2_NV	0		0	0	
	<input type="checkbox"/>	0,3	Para_Boom_DecJoint4_NV	0		0	0	
	<input type="checkbox"/>	0,3	Para_Boom_EE_HeightLimitActive	0		0	0	
	<input type="checkbox"/>	0,3	Para_Boom_HeightLimit_mm_NV	0		0	0	
	<input type="checkbox"/>	0,3	Para_Boom_IncJoint2_NV	0		0	0	
	<input type="checkbox"/>	0,3	Para_Boom_IncJoint4_NV	0		0	0	
	<input type="checkbox"/>	0,3	Para_Boom_Joint2_Down_X1_NV	0		0	0	



## Defaults Page

Press the '*Defaults Page*' button.

This page allows the user to set groups of parameters to their default values. The parameters are grouped by the names of the functions they belong to.

Defaults

Set Boom Parameters to Default

Set Travel Parameters to Default

Set Dozer Parameters to Default

Set Aux Parameters to Default

Set Valve Parameters to Default

Set Sensor Parameters to Default

Set Language Parameters to Default

Set Error Parameters to Default

Set JS120 Parameters to Default

The Parameter List page shows which parameters belong in which group.  
The format is Para\_NAME\_PARAMETER, where NAME is the group.

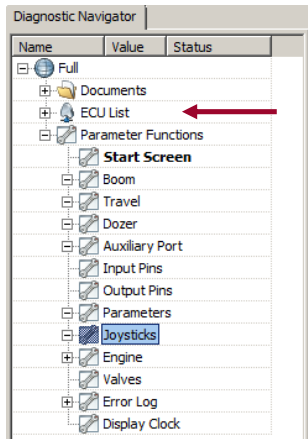
Parameter List

Set ALL Parameters to Default

Back

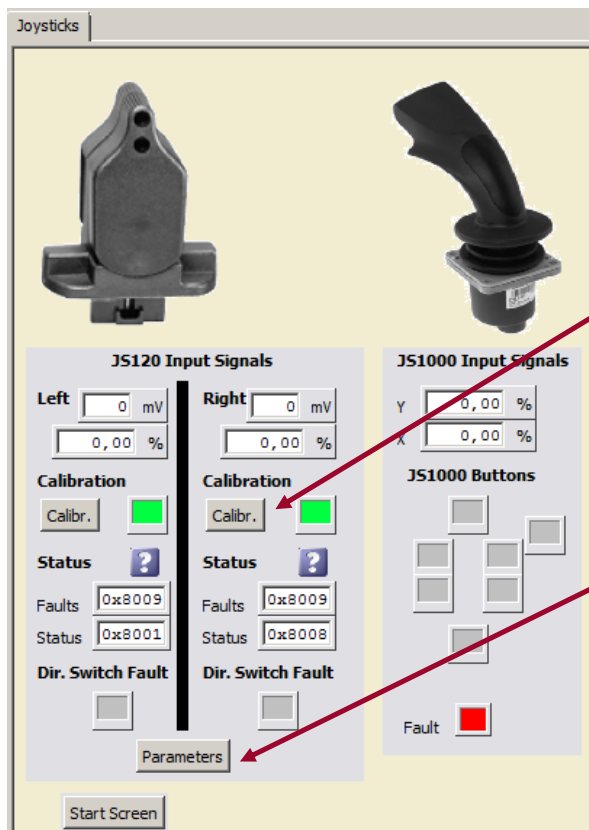


Joysticks



This page displays information about the three joysticks in the system. This page contains links to sub-pages.

The JS120 joysticks can be calibrated and have their calibration parameters altered.



JS120 Calibration

JS120 Calibration Parameters



## JS120 Calibration

Press one of the 'Calibr.' buttons.  
This page gives steps on how to calibrate the JS120 joystick.

JS120 Calibration

**Calibration procedures:**

1. Press the Calibrate-button for the joystick to be calibrated.
2. Engage the joystick fully in each direction, pausing for the Calibration Detection Time at each stop.
3. If the calibration status remains yellow after the joystick has been returned to the neutral position; the calibration failed. Cycle the power and repeat the calibration procedure. Check the wiring and joystick for damage if this fails.

<input type="button" value="Calibrate Left"/>	<input type="button" value="Calibrate Right"/>
Status <input type="checkbox"/>	Status <input type="checkbox"/>
Voltage <input type="text" value="0"/> mV	Voltage <input type="text" value="1"/> mV
Position <input type="text" value="0,00"/> %	Position <input type="text" value="0,00"/> %





**JS120 Calibration Parameters**

Press the '*Parameters*' buttons.

This page holds the calibration parameters for the JS120 joysticks.

The first six parameters are the positions saved by the microcontroller during the calibration process. These parameters probably do not have to be altered. These values can range between 0,00% and 100,00%

The Calibration Window is the percentage of the supply voltage (Sensor Power +5V) that the calibration procedure will accept positions within. For example 10,00% gives a 500mV window in which the calibration procedure will OK the positions. This value can be set between 0,00% and 30,00%.

The Calibration Detection Time is the time the JS120 has to be within the Calibration Window at the calibration points in order for the calibration to proceed. This value can be set between 0 ms and 65535 ms.

The Fault Detection Time is the time between the software encounters an error and it is reported. This value can be set between 0 ms and 65535 ms.

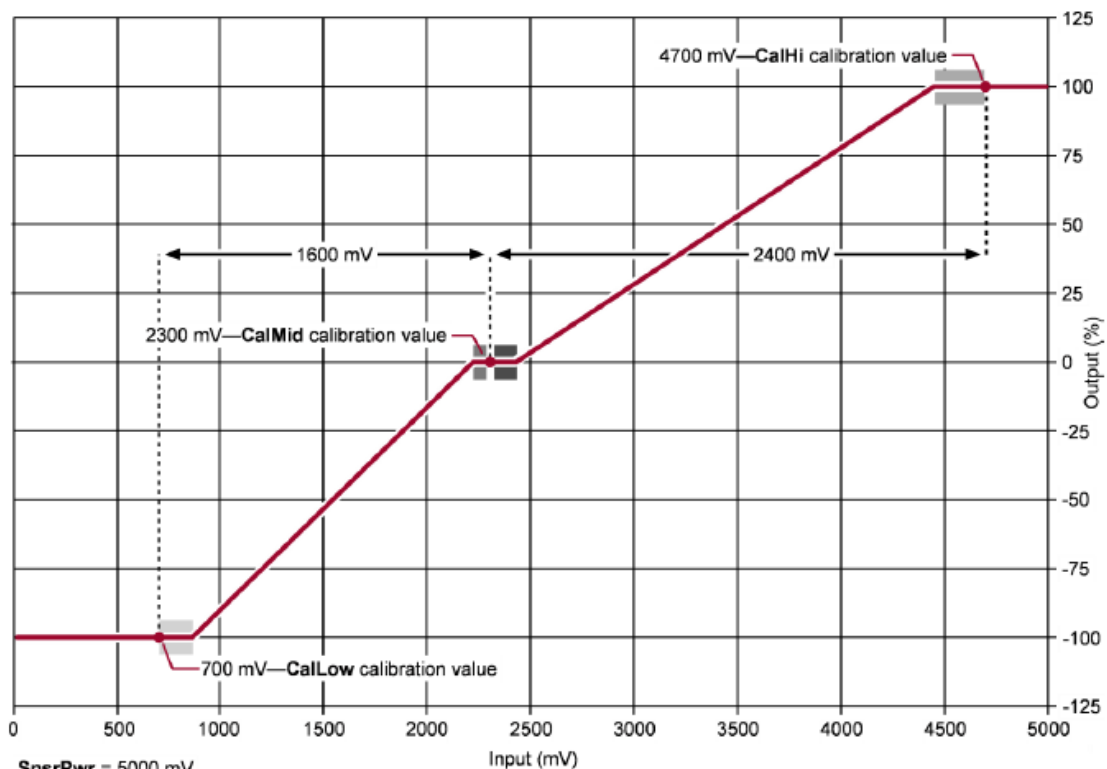
The Dead Band parameters are explained below.



**User Manual                      Mini Excavator PLUS+1® Retrofit**

Dead Band Parameters

The Dead Band parameters are calculated based upon the calibration results. The High Left/Right, Mid Left/Right and Low Left/Right parameters correspond to the CalHi, CalMid and CalLow values in the description below. When the voltage enters the dead band zones, the output will be 100,00%, 0,00% and -100,00% respectively.

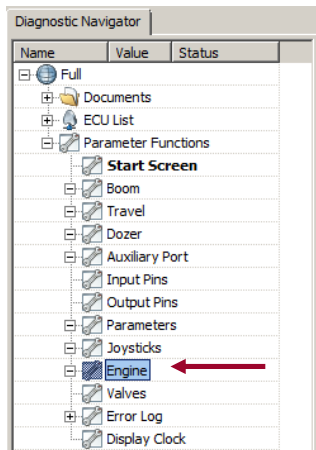


SnsrPwr = 5000 mV

- Dband\_Low = 1000 (10%)**      Low deadband = (CalMid - CalLow) x Dband\_Low  
160 mV = (2300 - 700) x 10%
- Dband\_Mid = 1000 (10%)**      Lower half of mid deadband = (CalMid - CalLow) x Dband\_Mid  
80 mV = (2300 - 700) x 5%
- Upper half of mid deadband = (CalHi - CalMid) x Dband\_Mid  
120 mV = (4700 - 2300) x 5%
- Dband\_High = 1000 (10%)**      High deadband = (CalHi - CalMid) x Dband\_Hi  
240 mV = (4700 - 2300) x 10%



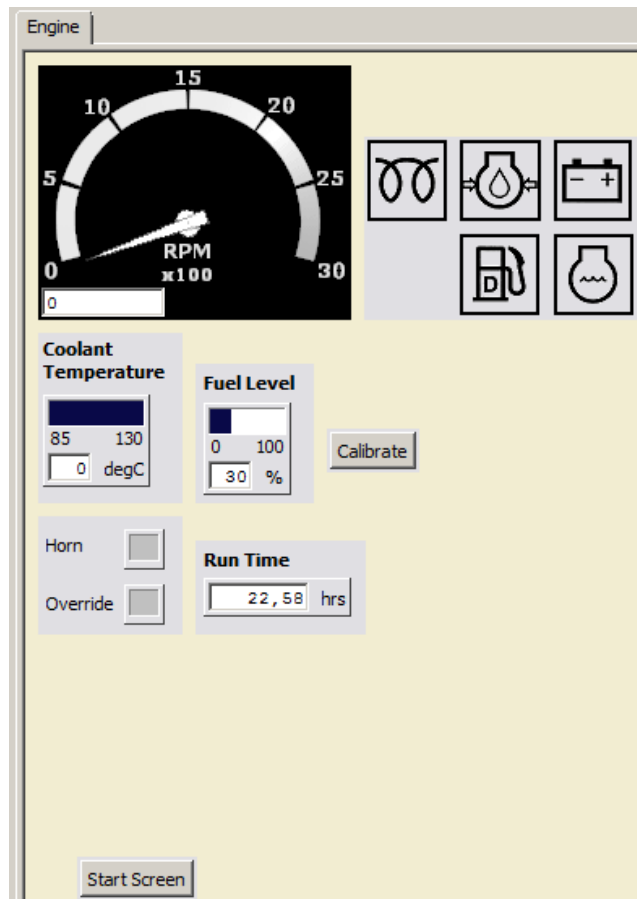
Engine



This page displays engine data as well as operation of the signal horn. This page contains links to sub-pages.

The signal horn can be forced to sound by the microcontroller if serious warnings go unacknowledged for too long. The warnings are those for low oil pressure and high coolant temperature. The coolant temperature light turns on at 110 deg. C.

The run time counter only increments when the engine is above 300 rpm.



**Fuel Level Sensor Calibration**

This dialogue enables calibration of the fuel level sensor. The warning level is not calibrated.

The intended behavior of the sensor:

Full = Offset

Empty = Offset + 110 Ohm

Calibrate Fuel

**Fuel Level Sensor Calibration**

1. Fill the fuel tank.
2. Press the Calibrate button.

Calibrate

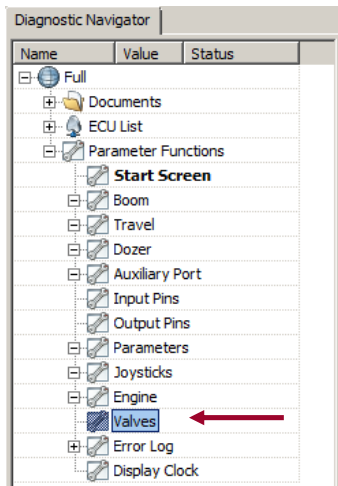
Offset:  Ohm

Full tank = offset  
Impedance increases as the tank empties

Back



Valves



This page displays information and parameters connected to the valves in the system. This page contains links to sub-pages.

A Valve Driver is the software component that interprets control and fault signals. It outputs the PWM command that sets the position of the valve.

The screenshot shows the 'Valves' diagnostic page with the following sections:

- Valve PWM Duty:** A list of valves with sliders and percentage readouts: Boom Valve, Scoop Valve, Left Track Valve, Right Track Valve, Dozer Valve, and Auxiliary Port Valve.
- Valve Parameters:** A list of valves with 'Parameters' buttons: Boom, Scoop, Left Track, Right Track, Dozer, and Aux Port.
- Valve Driver Fault and Status:** A list of valves with 'F' and 'S' status indicators and hexadecimal value boxes: Boom Valve, Scoop Valve, Left Track Valve, Right Track Valve, Dozer Valve, and Auxiliary Port Valve.
- Valve Fault Signals:** A vertical list of valves with status indicators: Boom Valve, Scoop Valve, Left Track Valve, Right Track Valve, Dozer Valve, and Auxiliary Port Valve.

A 'Start Screen' button is located at the bottom left of the page.



### Valve Driver Parameters

Press one of the '**Parameters**' buttons, they are analogous.

This page enables the user to change the characteristics of the Valve Drivers. The Default values are set during initial calibration and seek to eliminate the hardware dead band of the valve. See the Help 1 and Help 2 documents for further guidance. The values can be set between 0,00% and 100,00%.

Values below/over 25,00%/75,00% will not increase flow, they will only cause the valve actuators to enter an error mode. This is due to the valve PWM protocol treating duties near 0% and 100% as faults.

Parameters

#### Auxiliary Port Valve Driver Parameters

<input type="checkbox"/> Download	0,00 %	Plus Max
<input type="checkbox"/> Download	0,00 %	Plus Start
<input type="checkbox"/> Download	0,00 %	Neutral
<input type="checkbox"/> Download	0,00 %	Minus Start
<input type="checkbox"/> Download	0,00 %	Minus Max

Help 1: Flow Diagram

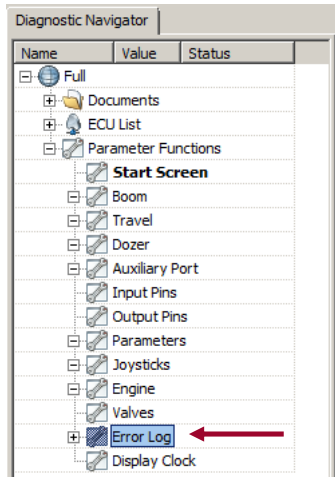
Help 2: Name Guide

Download Parameters

Back



**Error Log**



This page enables the user to download and erase the error log document from the display unit.

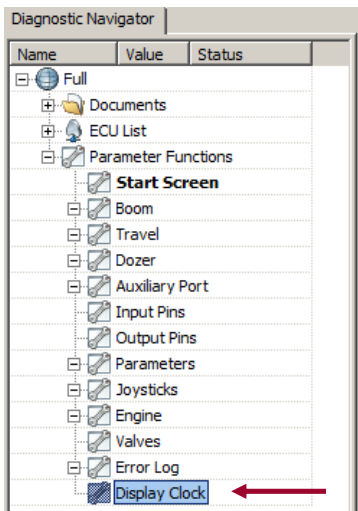
Downloading the log takes a few minutes regardless of log size. Erasing it takes an equal amount of time. After the log has been erased the display has to be power cycled in order to start the log again.

The log will not survive programming the display; it has to be erased after.





Display Clock



This page contains the adjustment dialogue for the real time clock in the display. The procedure is mildly complicated so make sure that you have read the instructions before you begin.

This clock provides the time-stamp for the Error Log.

Display Clock

Year	Month	Day	Hour	Minute	Second
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> Download	<input type="checkbox"/> Download	<input type="checkbox"/> Download	<input type="checkbox"/> Download	<input type="checkbox"/> Download	<input type="checkbox"/> Download
2013	1	1	0	0	0

**Instructions:**

- Fill in the entire date, with time.  
If the seconds are critical, set these 10-20 seconds advanced.
- Press 'Download' and 'Lock Selection'.
- When your reference clock matches the inserted values Press 'Set Clock'.





## Display pages

## Start page

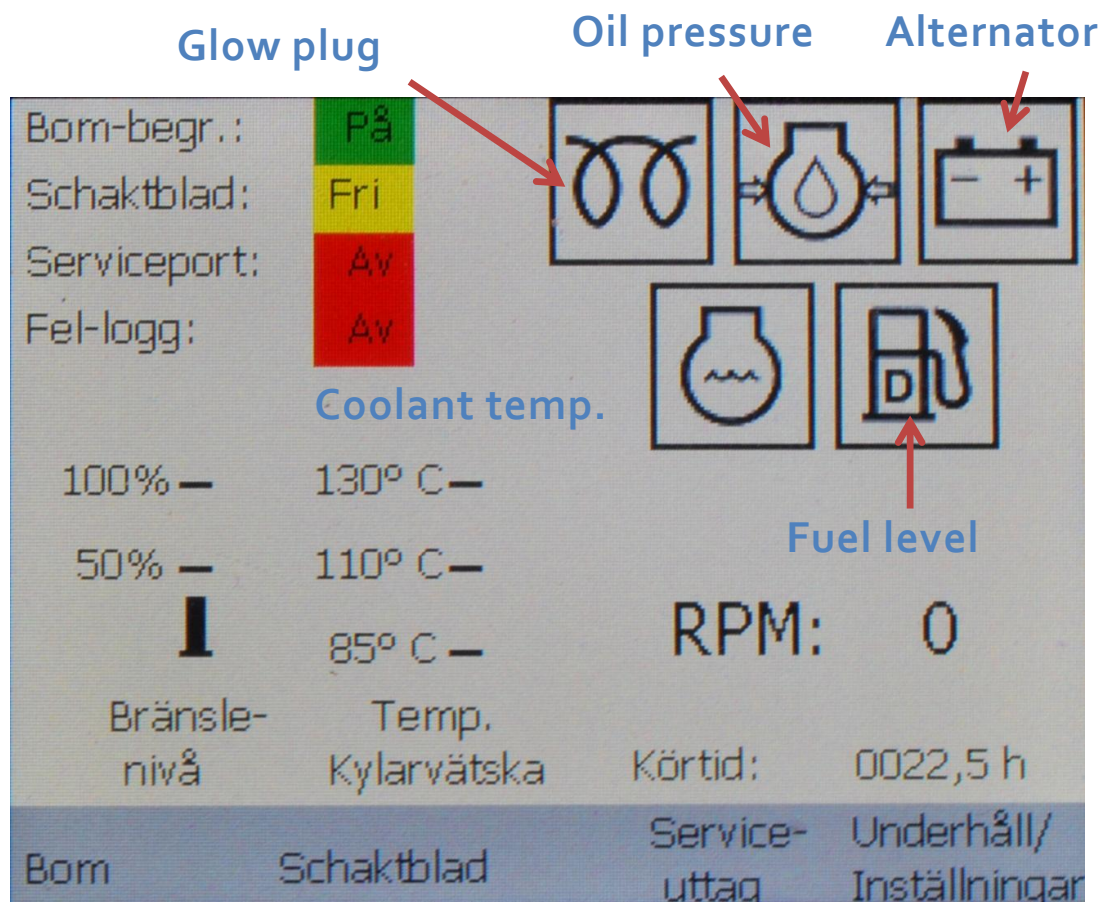
The start page contains most of the basic information about the machine; RPM, fuel level, coolant temperature and total run time.

There are also engine warning lights. These are shown in the picture below.

In the top left there are indicators for the boom restriction mode, dozer mode, auxiliary port mode and the error log.

The panel at the bottom contains the labels for the four push buttons. On this page the buttons does the following:

- Boom – goes to the Boom page
- Dozer – goes to the Dozer page
- Auxiliary port – goes to the Auxiliary Port page
- Service/Options – goes to the Service and Options page



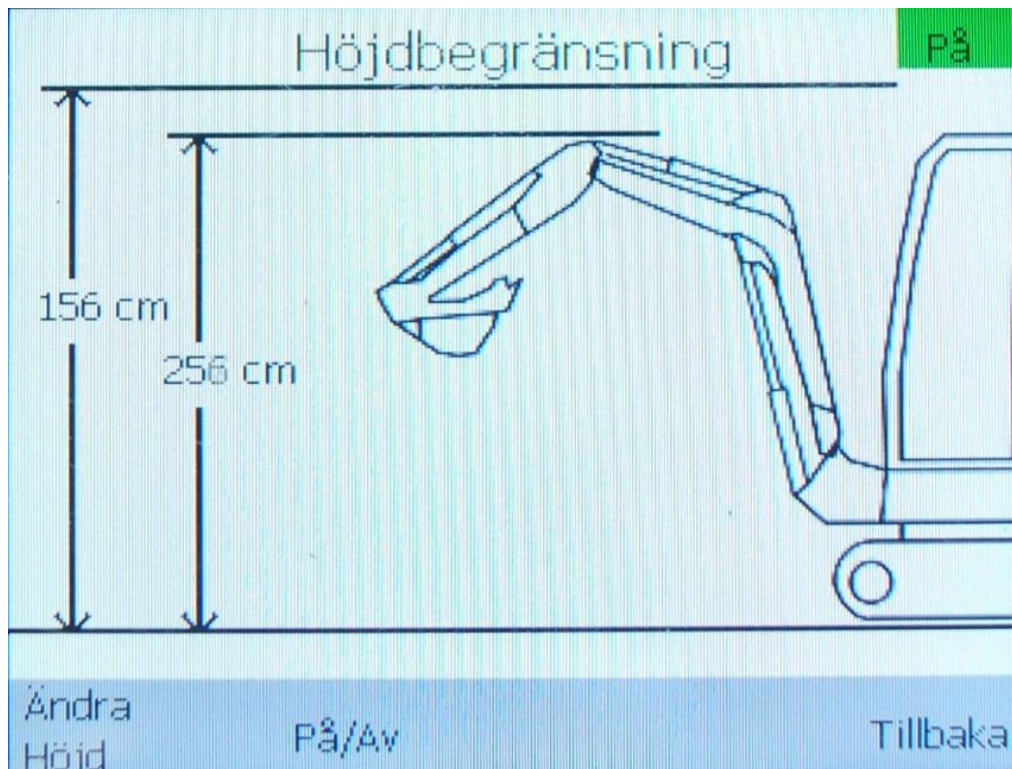


## Boom page

The Boom page shows a representation of the mini excavator with its boom. There are two lines that indicate two different heights. The top one indicates the height restriction, which is set by the operator. This limit is only used if the boom height restriction is on. The second line shows the actual height of the boom.

The buttons on this page does the following:

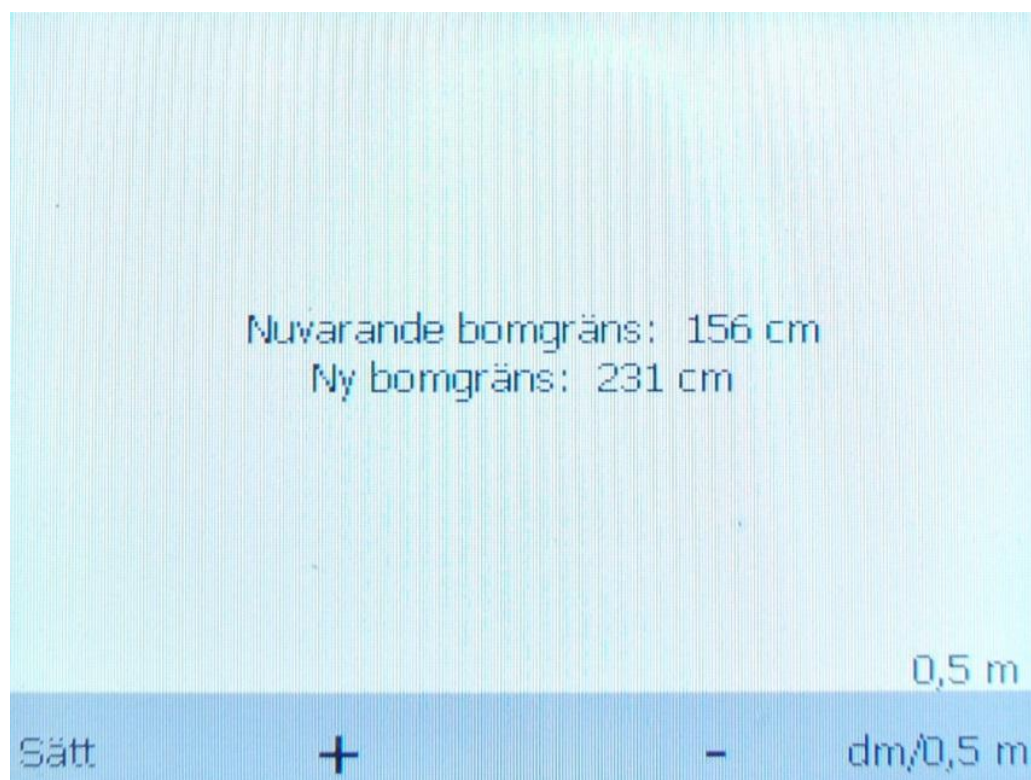
- Set height – goes to the page where the restriction height can be changed
- On/Off – turns the height restriction on or off
- Back – goes back to the start page



**Set boom restriction height page**

When the Set Height button is pressed, the following page is shown:

This page shows two values, the current boom limit height and the new boom limit height. The second value can be changed with the two buttons in the middle. The button on the far right changes how large the steps are and the button on the left saves the changes and returns to the Boom page.





## Dozer page

The Dozer page displays the dozer of the mini excavator. Since the dozer has the ability to be driven by a regulator, the target height and the actual height of the dozer are shown on the page. On the left side are four presets and these can be manipulated by the operator. The presets are essentially different target heights for the regulator.

The buttons on this page has the following functionality:

- Open – open the presets that is marked
- Down – traverses the list of presets, wraps around when it is at the bottom
- Free adjustment on/off – turns the free adjustment (button control) on or off
- Back – goes back to the start page

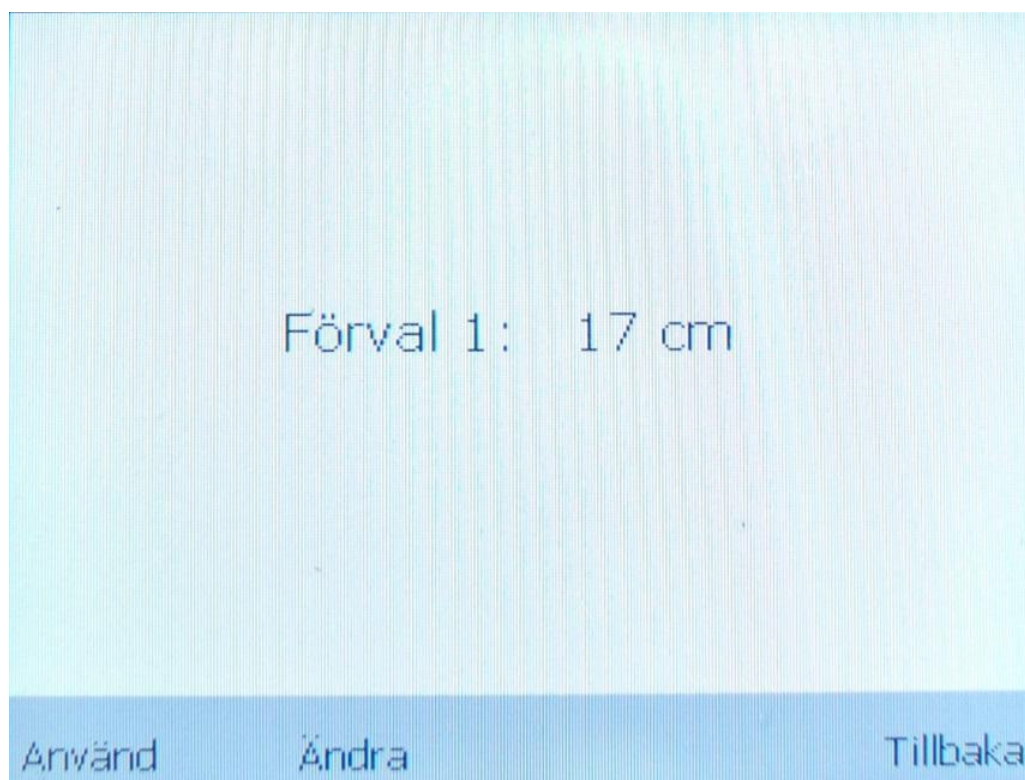




**Presets page**

When the Open button is pressed the following page will be shown:

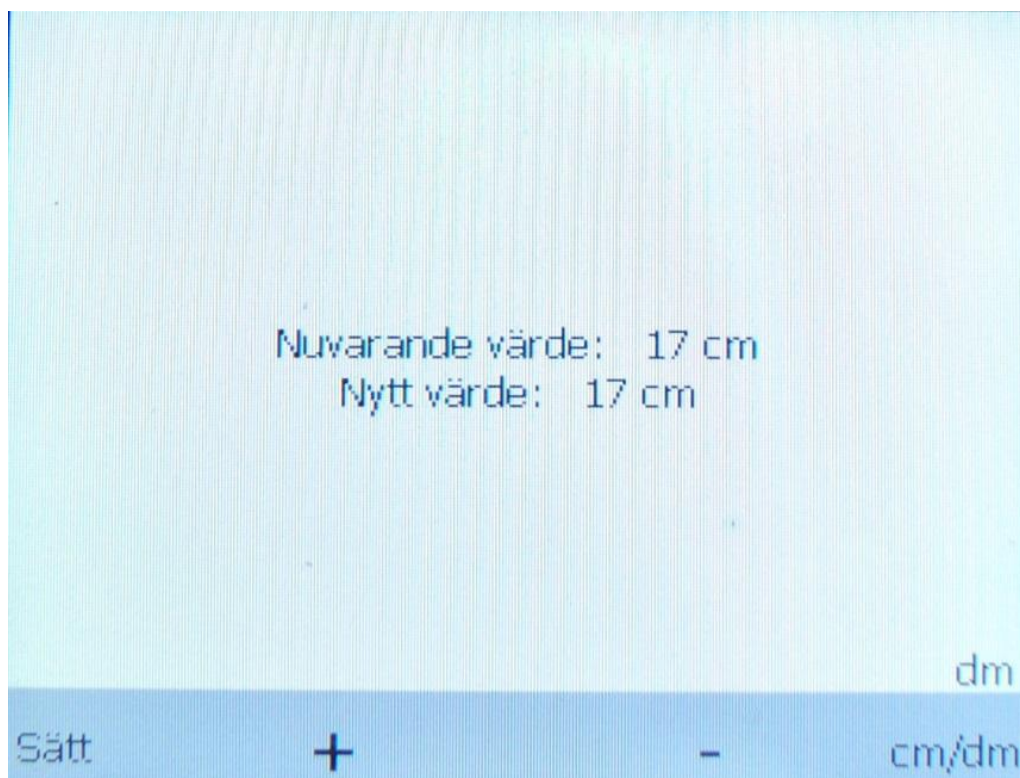
This page shows the target height that is currently saved to the chosen preset. The buttons offer the possibility to use the preset as it is or to change it. On the far right is the Back button, leading to the Dozer page.



**Change preset value page**

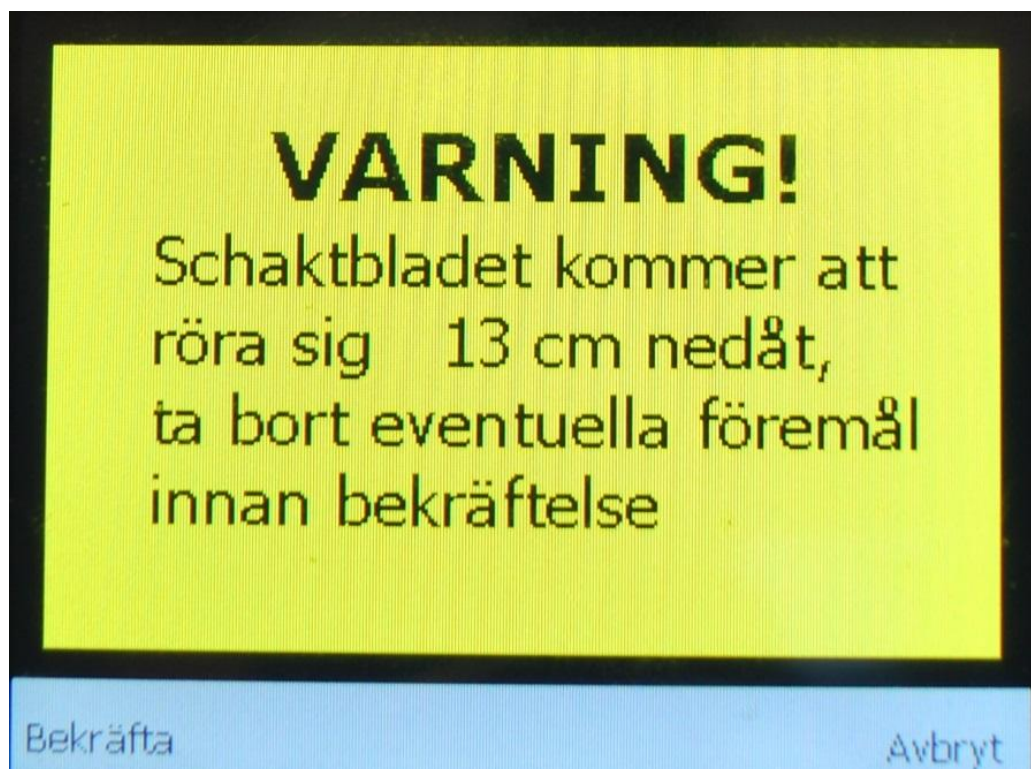
When the Change button is pressed the page below is shown.

The page displays the current value and the new value. The new value can be adjusted using the + and – buttons in the middle. The button on the right changes between steps of centimeters and steps of decimeters. When the desired value has been adjusted, the button on the left saves it and returns to the previous page.



**Adjustment mode page**

The dozer is controlled both via the JS1000 Up/Down buttons, but also via a regulator. The button on the middle right toggles between the free and absolute adjustment modes. Free means button control and Absolute means that the regulator controls the dozer. Because the dozer will move on its own when the regulator controls it, the following warning will be displayed when changing from Free to Absolute adjustment mode.



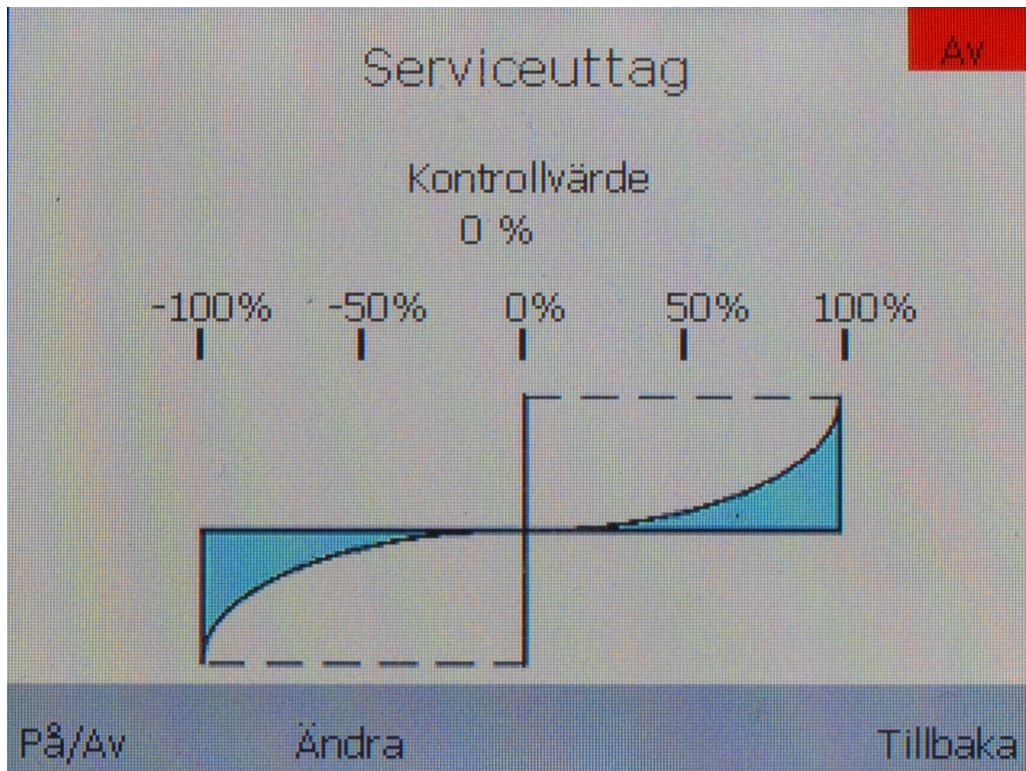


## Auxiliary Port page

The Auxiliary Port page displays the control value for the port in numbers, a scale showing the control value, and an image giving the operator an idea of the flow. It also shows whether the port is on or off.

The buttons work as follows:

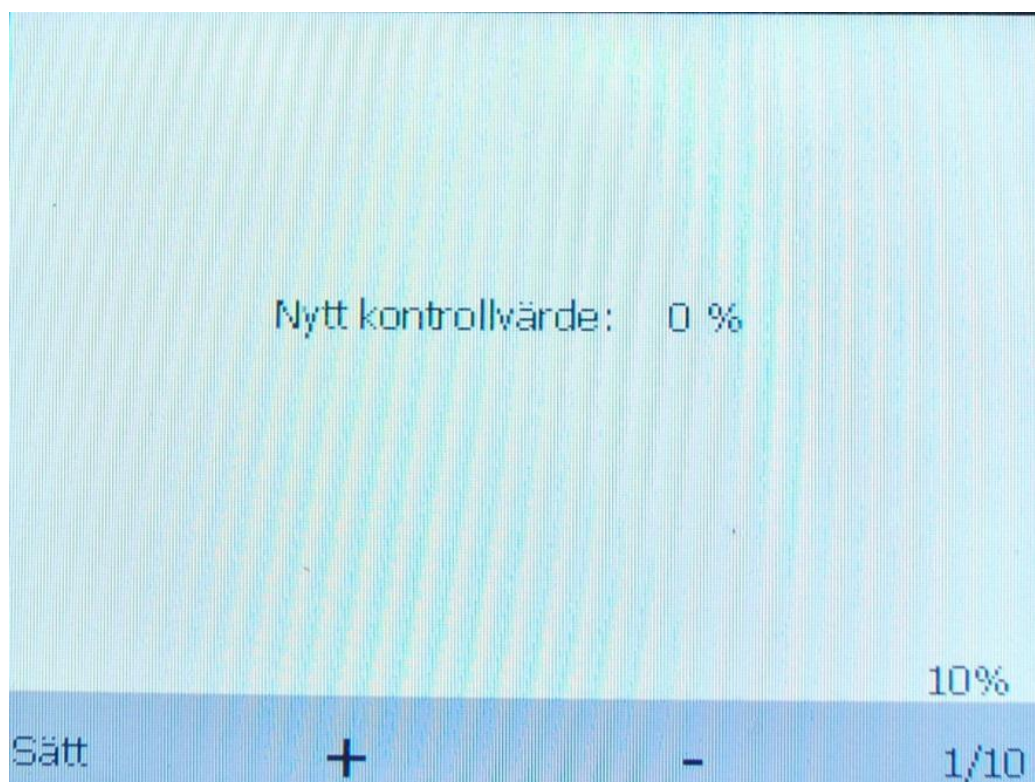
- On/Off - turns the auxiliary port on or off
- Change – Enters a page where it is possible to change the control value
- Back – Goes back to the start page





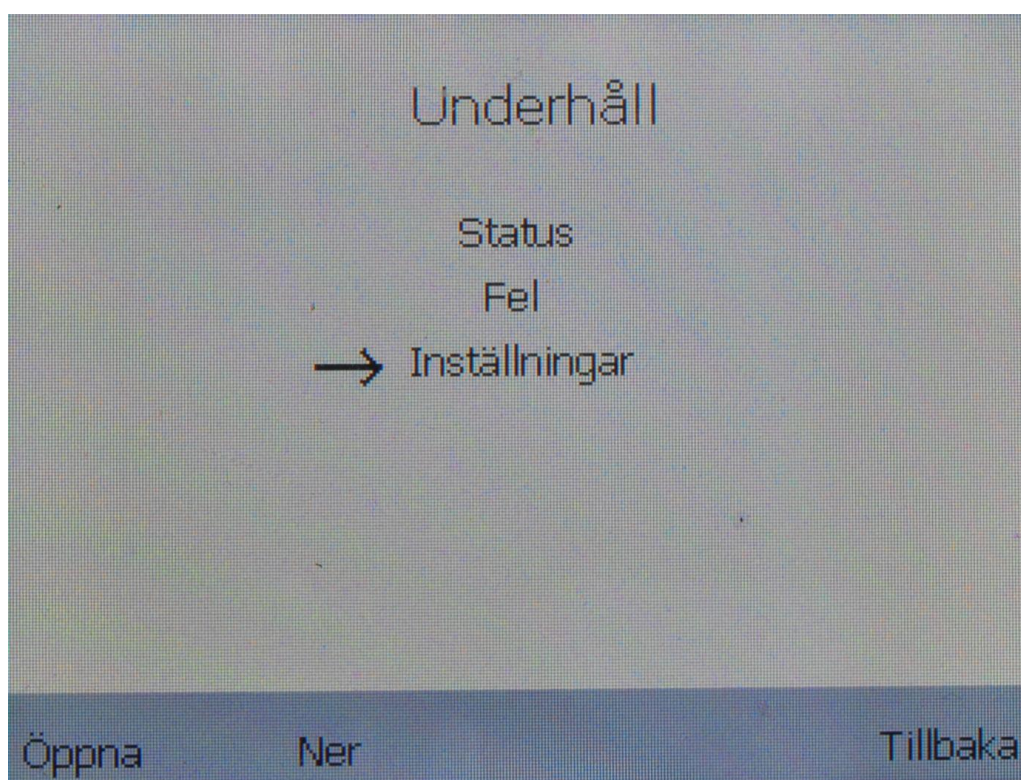
**Change control value**

The control value can be changed by pressing the buttons in the middle. The button on the right changes between 1% and 10% increments/decrements. The left button saves the value and returns to the auxiliary port page.



**Service/Options page**

The Service/Options page contains a list with three categories; Status, Faults and Options. The list is traversed with the Down button, and the categories are opened with the Open button. The button to the right, Back, goes back to the start page.

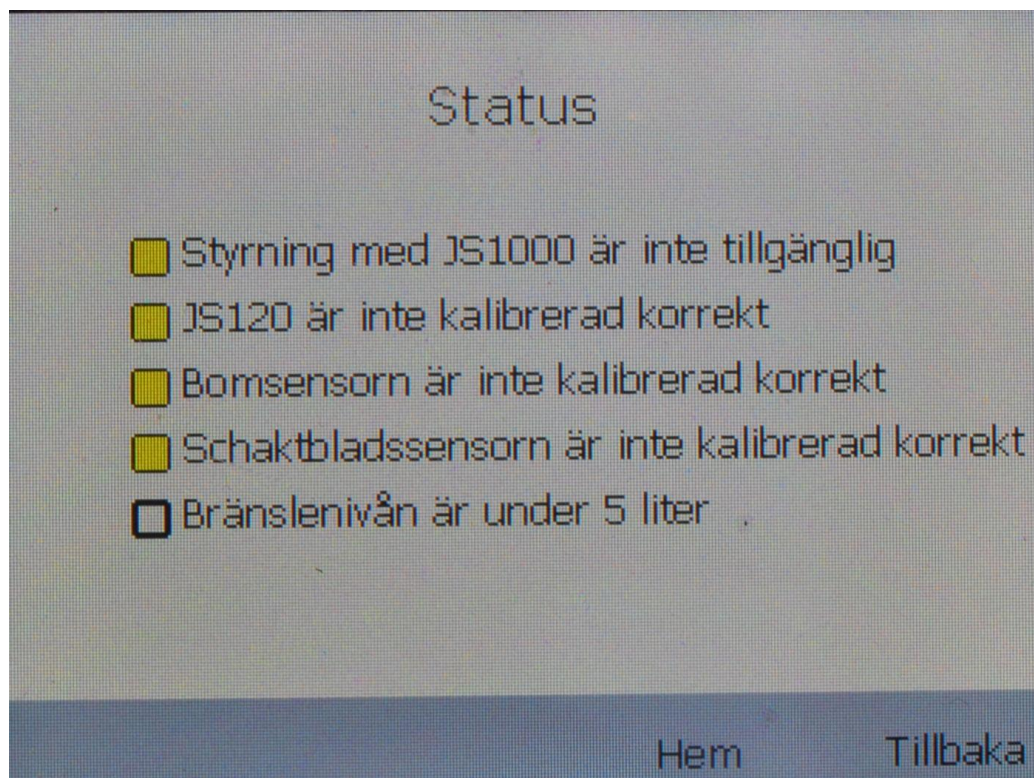


**Status page**

The status page contains a list of things that affect the performance of the machine, but are not errors. The small square to the left of the text is filled with yellow if the status warning is active, and it is empty if the status warning is inactive.

The two buttons are used to go back either to the page before (Back) or to the start page (Home).

As long as there is a status, the yellow LED's on the display will blink.







### Faults

The Faults page consists of two pages that contain lists of the errors the controller can generate. The first page contains general errors and the second page contains valve errors and an error for the reference voltage (SensorPower +5V).

If the errors are active, the small square to the left of the text goes red, and when they are inactive the square is empty. The button on the left is used to switch between the pages. The two buttons on the right are Home and Back. As long as there is an error, the red LED's on the display will blink.

As soon as an error is detected, a warning appears to make the operator aware of the error. When the error has been acknowledged the Faults page is shown, and if the error still persists it is shown in the list (If not; check the Error Log, provided it was active).

Two of the errors are critical errors that can destroy the machine if they are ignored for too long. These are the Oil Pressure Low and Coolant Temperature High warnings. Since they are critical, the warning shows a specific text for each of these errors, and if they are left unacknowledged the horn starts to sound.

The warning pages look like this:





Fel

- Kontakt till JS1000 saknas
- JS120
- Bomsensor
- Schaktbladssensor
- Kontakt till CAN saknas
- Generatoren laddar inte batteriet
- Kylarvätskan är för varm
- Oljetrycket är för lågt

Fel

- Bomventil
- Skopventil
- Vänster framdrivningsventil
- Höger framdrivningsventil
- Schaktbladsväntil
- Serviceventil
- Referensspänning fel

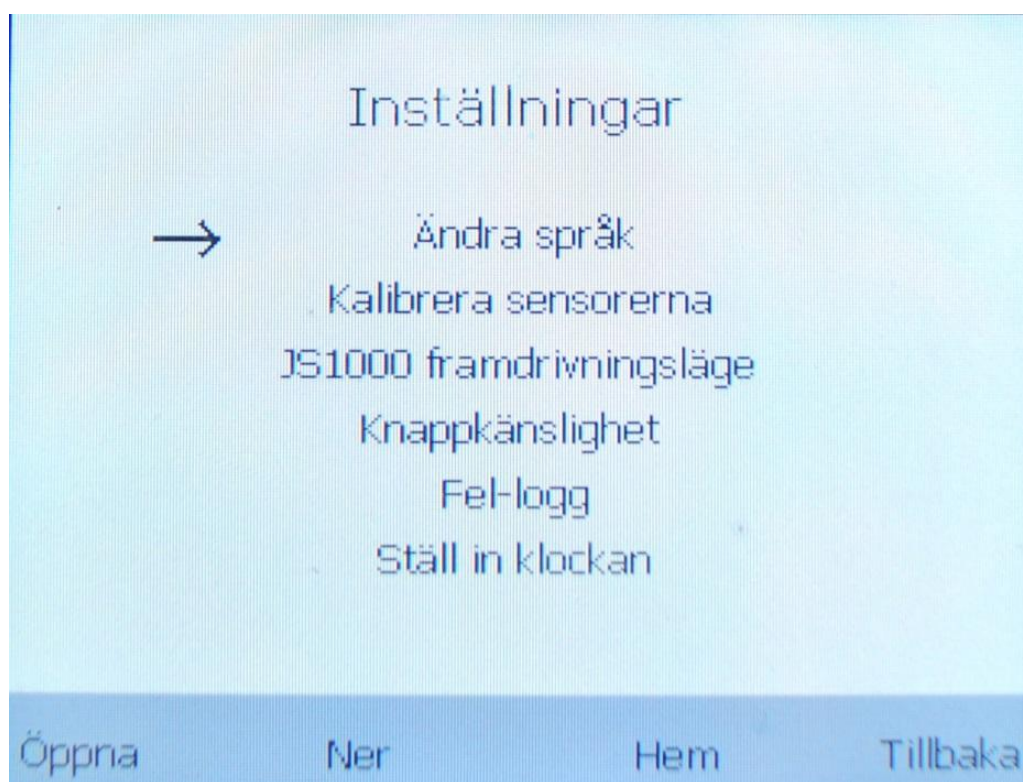
Föregående Sida      Hem      Tillbaka



## Options page

The Options page contains a list of options, configurable from the display.  
The buttons are:

- Open – Opens the highlighted option
- Down – Traverses the list
- Home – Goes back to the start page
- Back – Goes back to the previous page







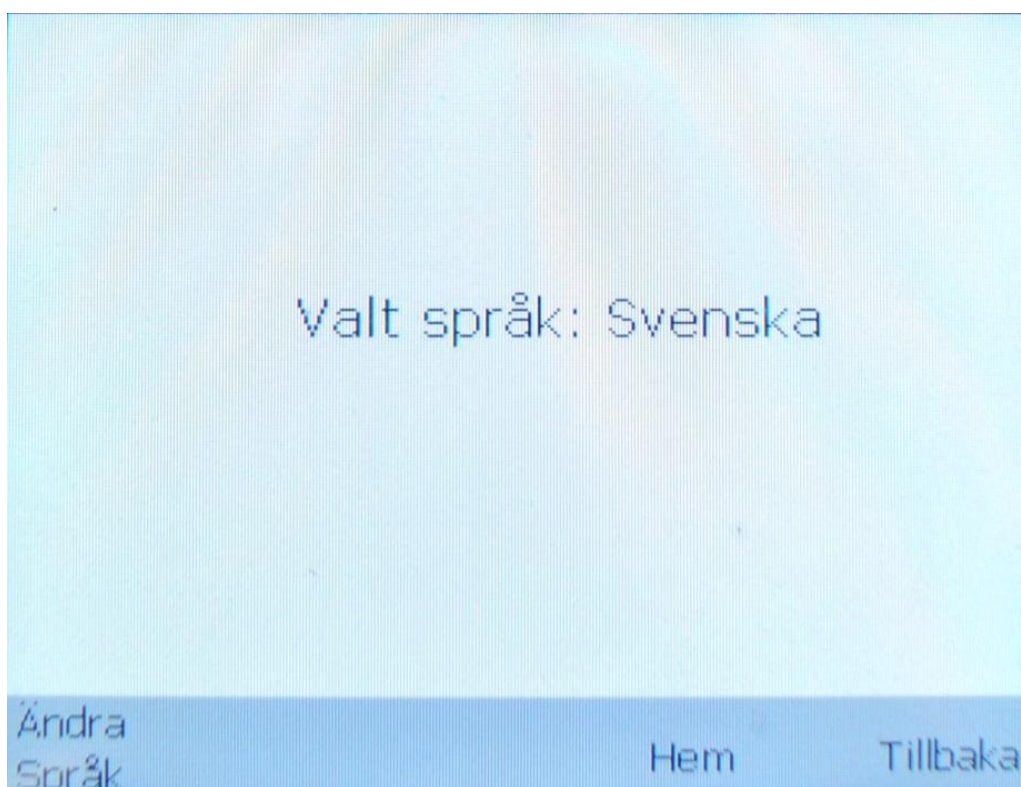
---

**User Manual****Mini Excavator PLUS+1® Retrofit**

---

Language page

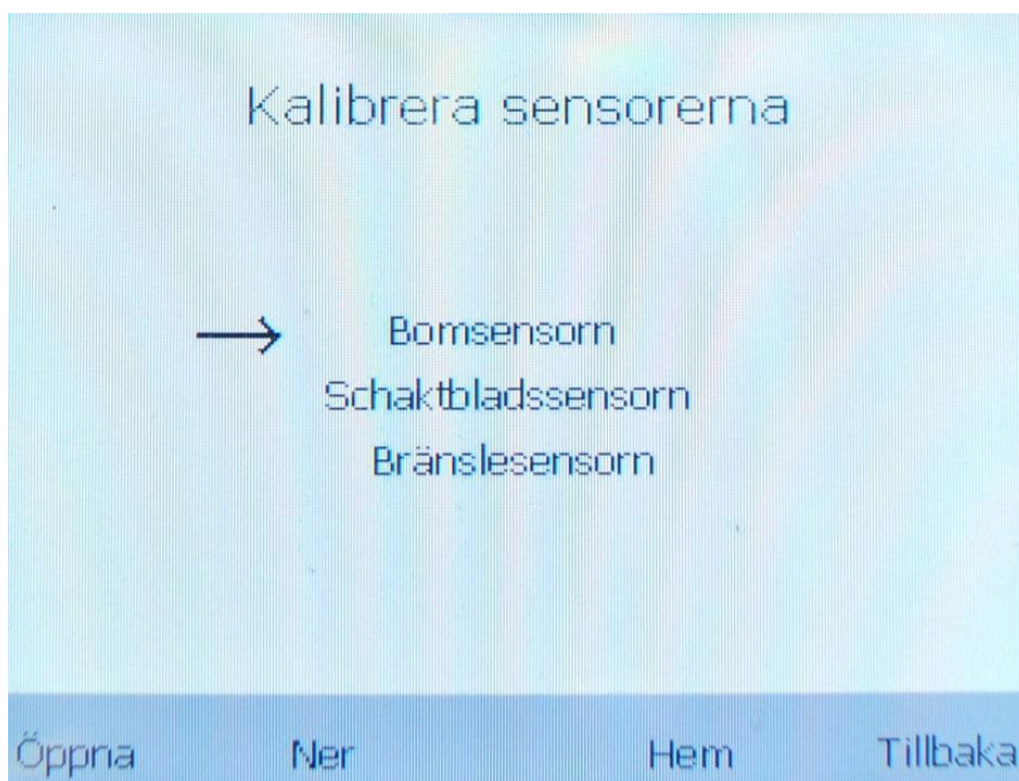
The language can be changed between English and Swedish using the leftmost button, the other two are Home and Back





Calibrate the sensors page

The Calibrate Sensors page contains a list of the sensors that can be calibrated through the display.

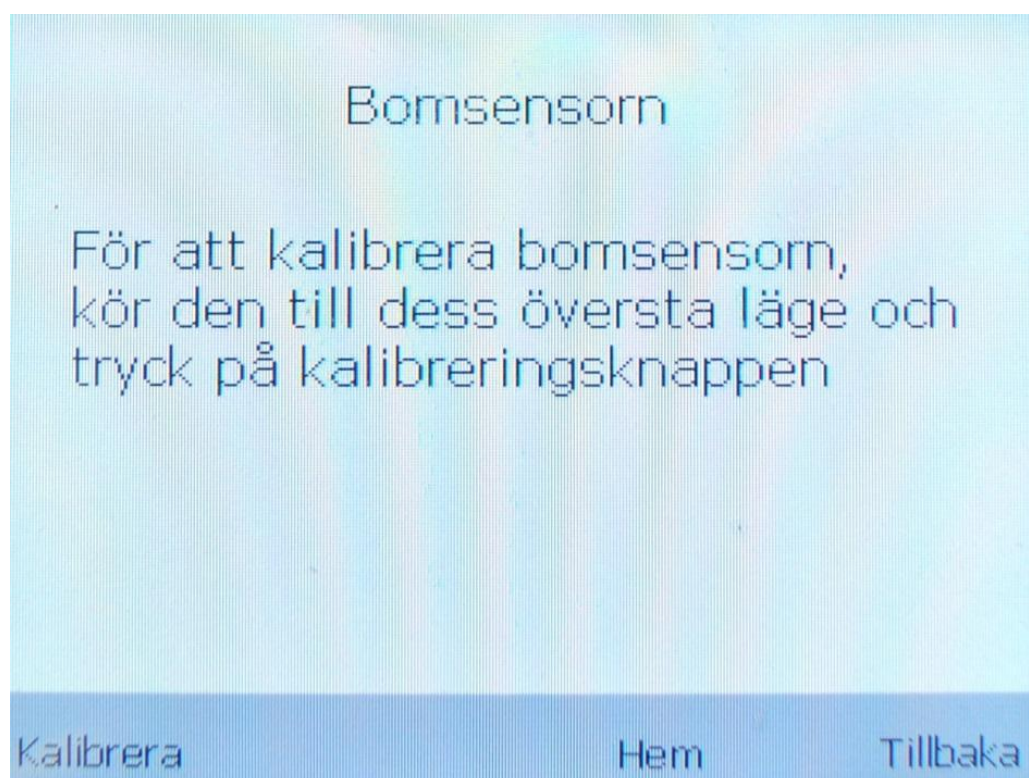






## Sensor Calibration page

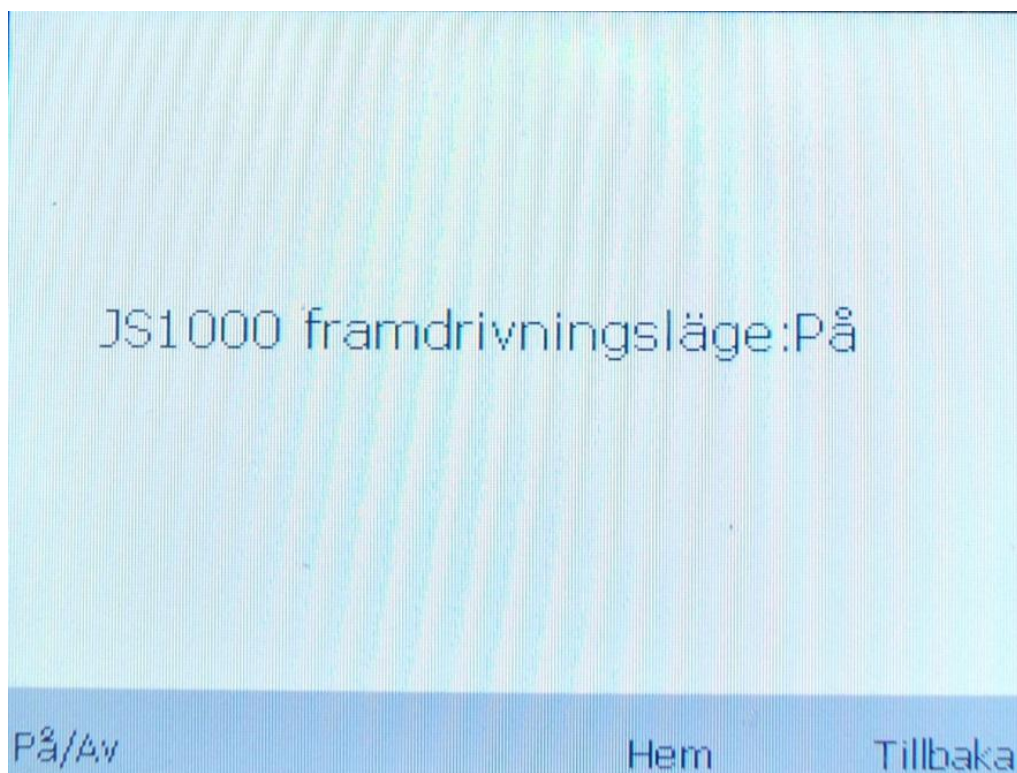
The sensors can be calibrated by following the instructions on the screen and pressing the Calibrate button. When calibrating the dozer, the buttons on the JS1000 must be used since the regulator cannot reach as high as it needs to be for the calibration.





## JS1000 Propel Mode page

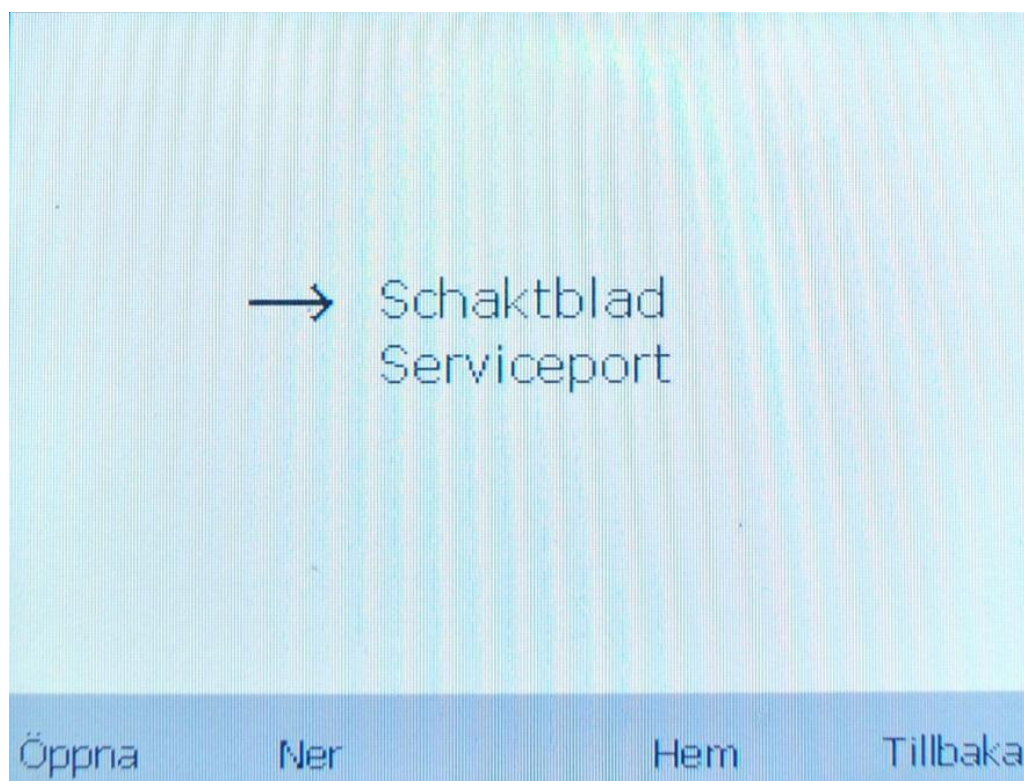
If the JS1000 joystick is only going to be used for controlling the boom, there is an option to disable the propel mode button (the Trigger). When this is turned off nothing will happen when the button is pressed.





## Button sensitivity page

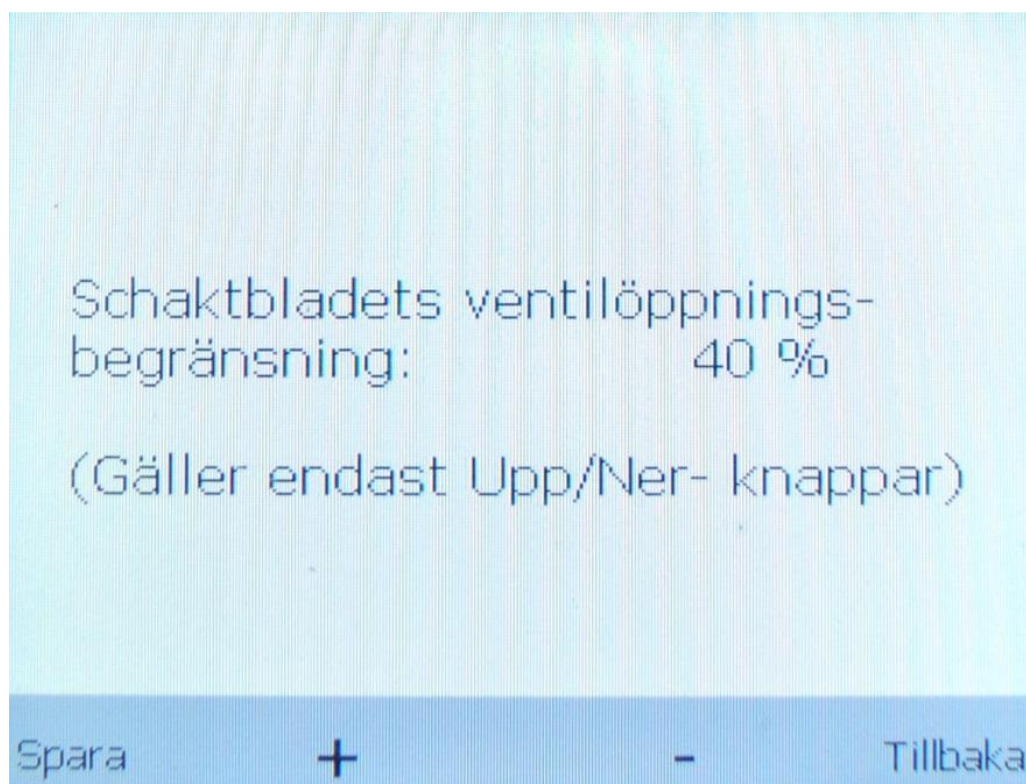
The button sensitivity can be changed for the dozer and auxiliary port. The sensitivity can be interpreted as a scale factor. This is convenient since the buttons output max PWM duty unscaled.





Button sensitivity value page

The button sensitivity value is changed through this page:

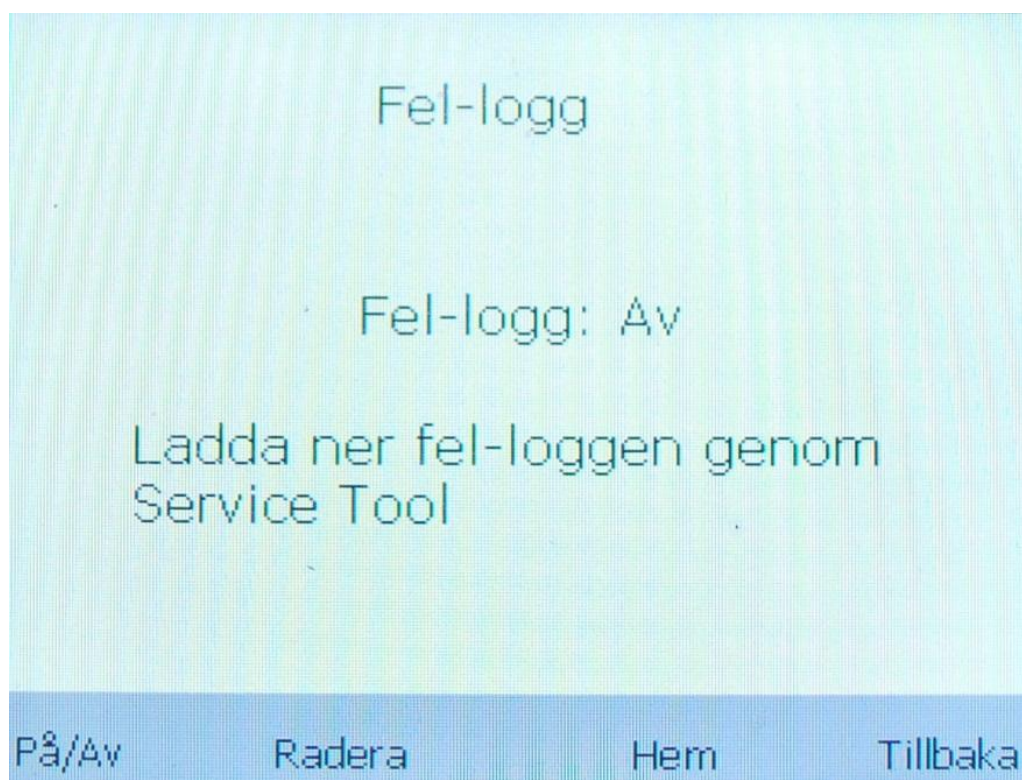






## Error log page

To be able to record errors that occur, an error log function exists. From the following page it is possible to turn the log on or off and erase the log. The erase function takes a few minutes and the machine must be turned off after for it to work. The error log can be downloaded through the Service Tool. This will also take a few minutes.





## Set the clock page

Since the error log uses a time stamp for the traceability, a page for setting the clock has been added. On this page the time and date are set.



## Appendix H1

Detta appendix innehåller mikrokontrollerns CAN-protokoll för inkommande meddelanden.

Rx (from the MC050 perspective) Appendix H.1

Array	Display1 0x40	Bytes	7	6	5	4	3	2
		Name	NewHeightLimit S16		NewScrapValue S8	NewScrapPreset S8	NewAuxControl S8	RealTime U16
	Part	MS	LS					MS

Array	Display2 0x41	Bytes	7	6	5	4	3	2
		Name	WorkBits1	WorkBits2	WorkBits3			FailureRespond1

Byte	WorkBits1	Bits	7	6	5	4	3
		Name	HeightLimitActive	HeightLimit-ActiveWrite	HeightLimitWrite	NewLang. (F:SW, T:EN)	LanguageWrite

Byte	WorkBits2	Bits	7	6	5	4	3
		Name	BoomSensor-CalibrationEnable	ScrapSensor-CalibrationEnable	JS1000PropelEnabled	JS1000PropelEnabledWrite	FuelCalibration-Enable

Byte	WorkBits3	Bits	7	6	5	4	3
		Name	FreeAdjust	FreeAdjustWrite	MS	MID	LS

Byte	Failure Respond1	Bits	7	6	5	4	3
		Name	CoolantWarning	AlternatorWarning			



1	0
LS	
1	0
NewAuxValveCap U8	NewScrapper-ValveCap U8
2	1
2	1
AuxValveCapWrite	AuxEnable
2	1
ScrapperPresetWrite	ScrapperValue-Write
2	1
2	0
AuxControlWrite	AuxControlWrite
2	0
ScrapperValveCap-Write	ScrapperValveCap-Write
2	0

## Appendix H2

Detta appendix innehåller mikrokontrollerns CAN-protokoll för utgående meddelanden.

Appendix H.2

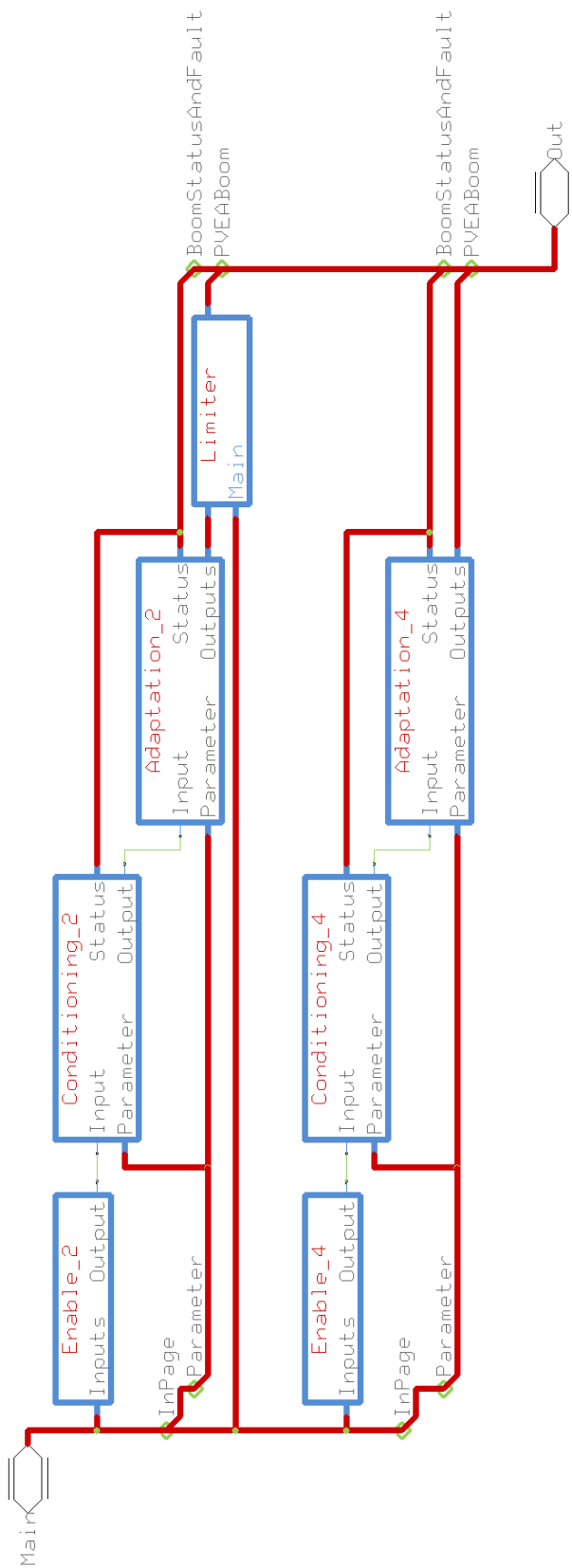
Tx (from the MC050 perspective)

Array	<b>Feedback1 0x50</b>	Bytes	7	6	5	4	3
		Name	HeightLimit S16		ScraperValue S8	ScraperPreset S8	AuxControl S8
		Part	MS	LS			
Byte	<b>Mode1</b>	Bits	7	6	5	4	
		Name	HeightRestriction- Mode	ScraperAdjustment- Mode	AuxMode	Lang. (F:SW, T:EN)	
Array	<b>Measurements 0x52</b>	Bytes	7	6	5	4	3
		Name	BoomHeight S16		ScraperHeight S8	RegulatorErrorValue S8	
		Part	MS	LS			
Array	<b>Faults and Status</b>	Bytes	7	6	5	4	3
		Name	Sensors1Faults	Sensors1Status	ValvesFaults	ValvesStatus	
Byte	<b>Sensors1 Faults</b>	Bits	7	6	5	4	
		Name	BoomSensorFaulty	ScraperSensorFaulty	JS120Faulty	JS1000Faulty	
Byte	<b>Sensors1 Status</b>	Bits	7	6	5	4	
		Name	BoomSensor- CalibrationStatus	ScraperSensor- CalibrationStatus	JS120Status	JS1000Status	
Byte	<b>Valves Faults</b>	Bits	7	6	5	4	
		Name		Valve6Faulty	Valve5Faulty	Valve4Faulty	
Byte	<b>Valves Status</b>	Bits	7	6	5	4	
		Name		Valve6Status	Valve5Status	Valve4Status	
Array	<b>Engine1 0x56</b>	Bytes	7	6	5	4	3
		Name	RPM U16		CoolantTemp U8		
		Part	MS	LS			MS
Array	<b>Engine2 0x57</b>	Bytes	7	6	5	4	3
		Name	FuelLevel U8	EngineBits1			
Byte	<b>Engine Bits1</b>	Bits	7	6	5	4	
		Name	OilPressure	CoolantWarning	GlowPlug	AlternatorWarning	

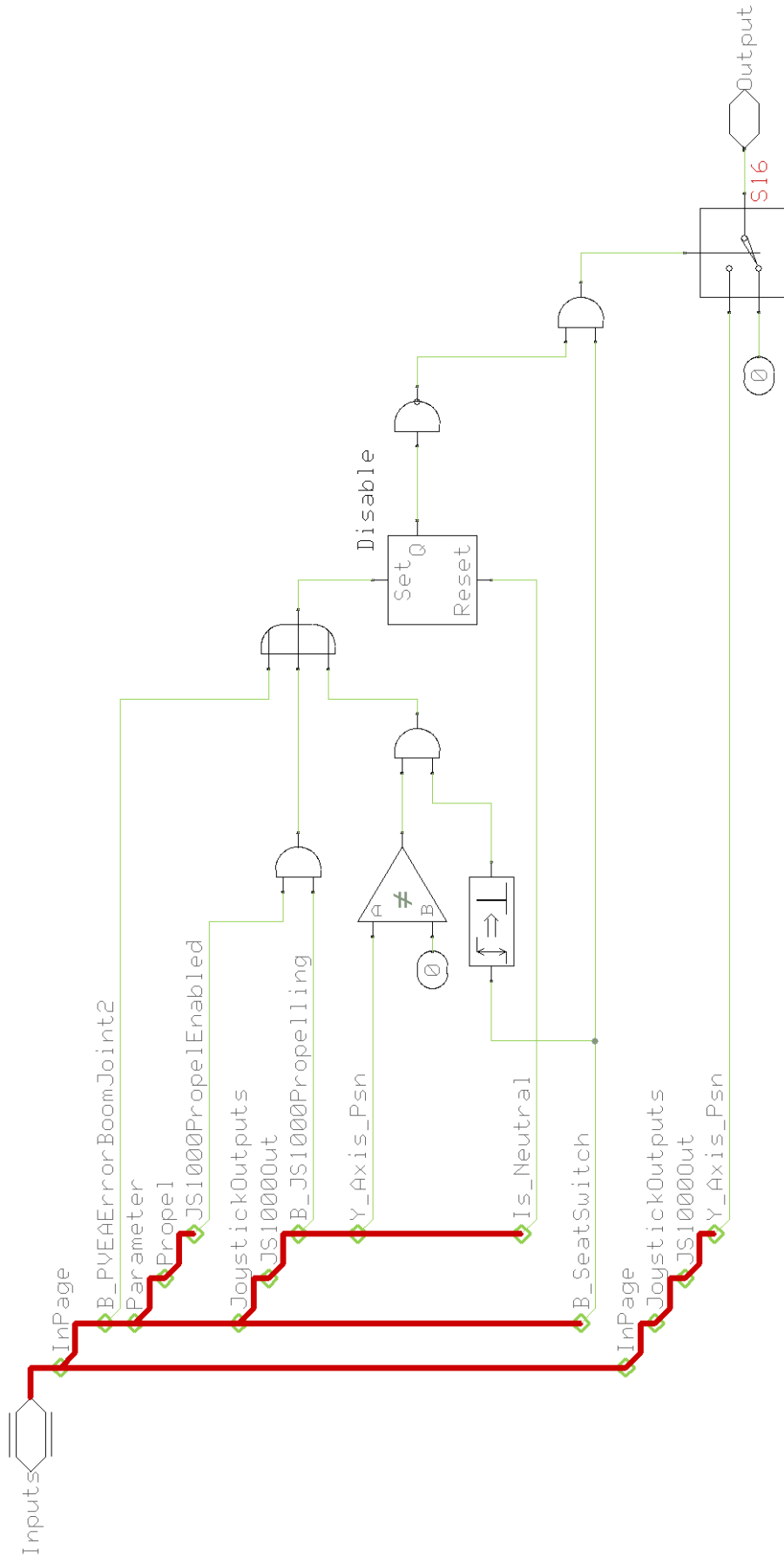
2	1	0
Mode1	ScrapervValveCap U8	AuxValveCap
3	2	1 0
	JS1000PropelEnabled	
2	1	0
2	1	0
3	2	1 0
SensorPowerFaulty		
3	2	1 0
Valve3Faulty	Valve2Faulty	Valve1Faulty
3	2	1 0
Valve3Status	Valve2Status	Valve1Status
2	1	0
RunTime U32		
MSMID	LSMID	LS
2	1	0
FuelLevelWarning		
3	2	1 0

## **Appendix I1**

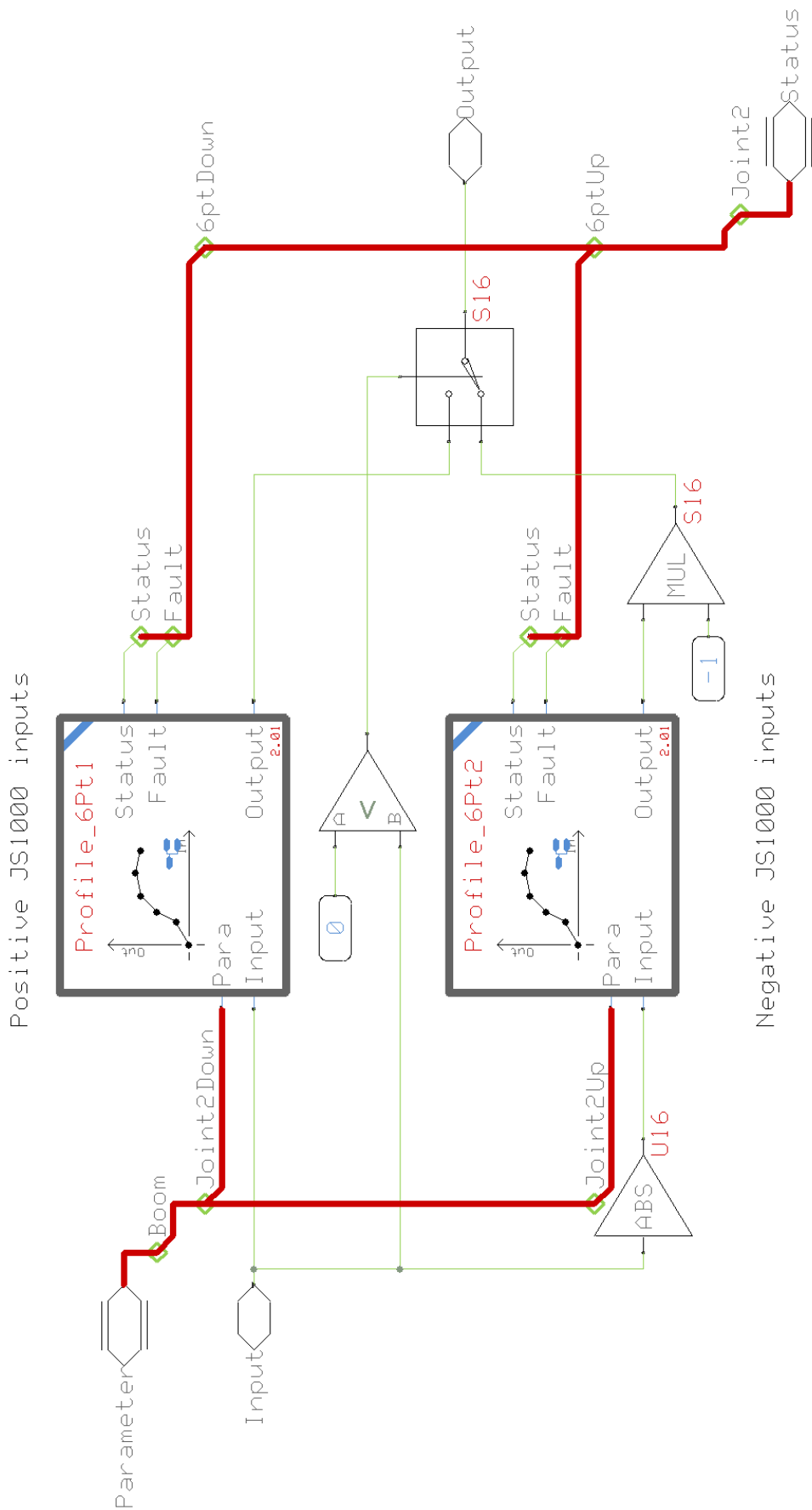
Detta appendix innehåller utvalda kodbitar till bom- och skop-funktionerna.



**Figur I.1.1**  
 Översiktsbild på funktionen Boom.  
 Block med suffix 2 hanterar bommens  
 huvudelement, suffix 4 betyder skopa.

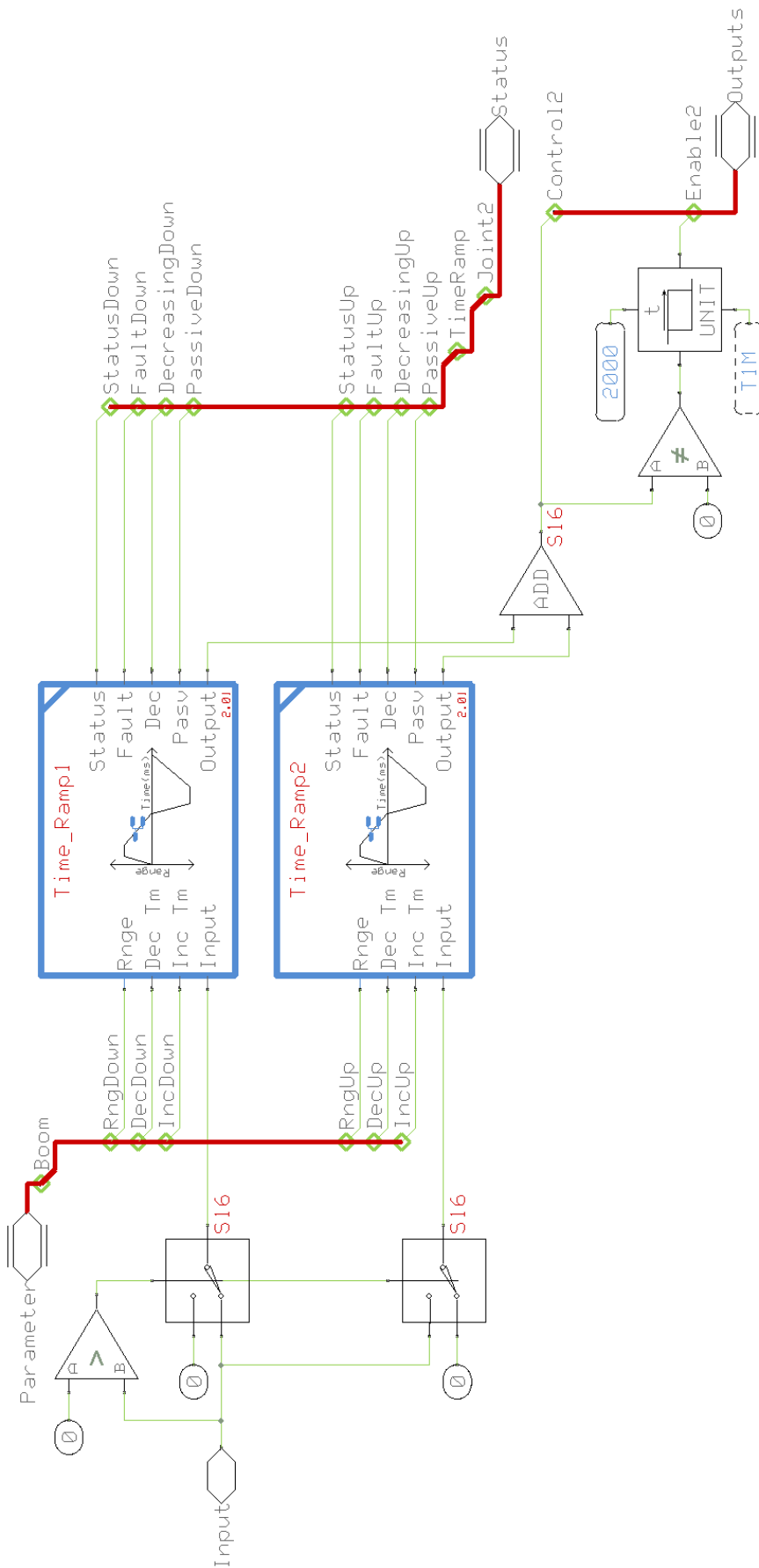


**Figur I.1.2**  
 Detaljbild på funk-  
 tionsblocket Enable\_2.

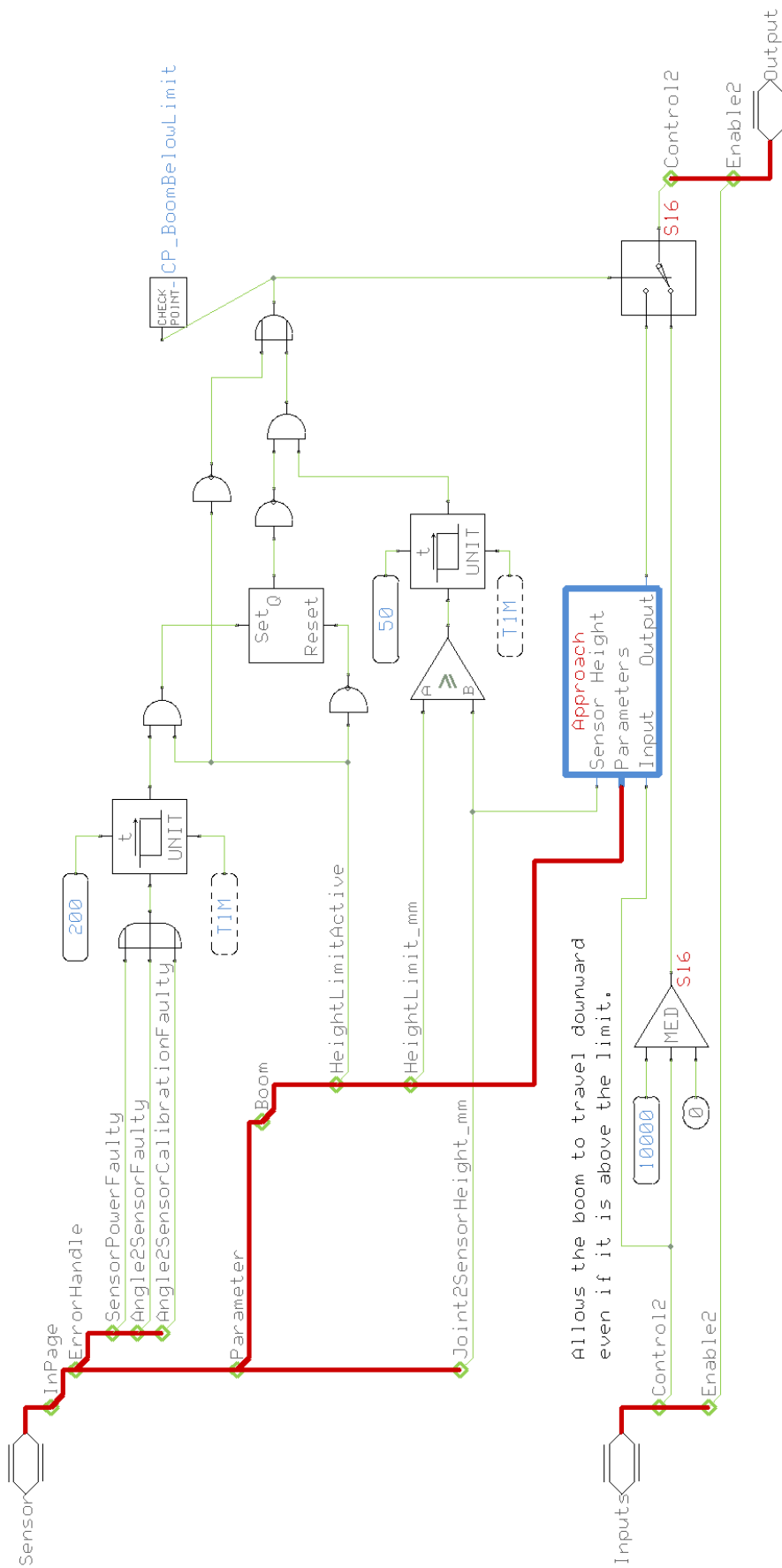


**Figur I.1.3**  
 Detaljbild på funktionsblocket Conditionning\_2. Här ses särskiljningen i skalningen mellan positiva och negativa joystickpositioner.

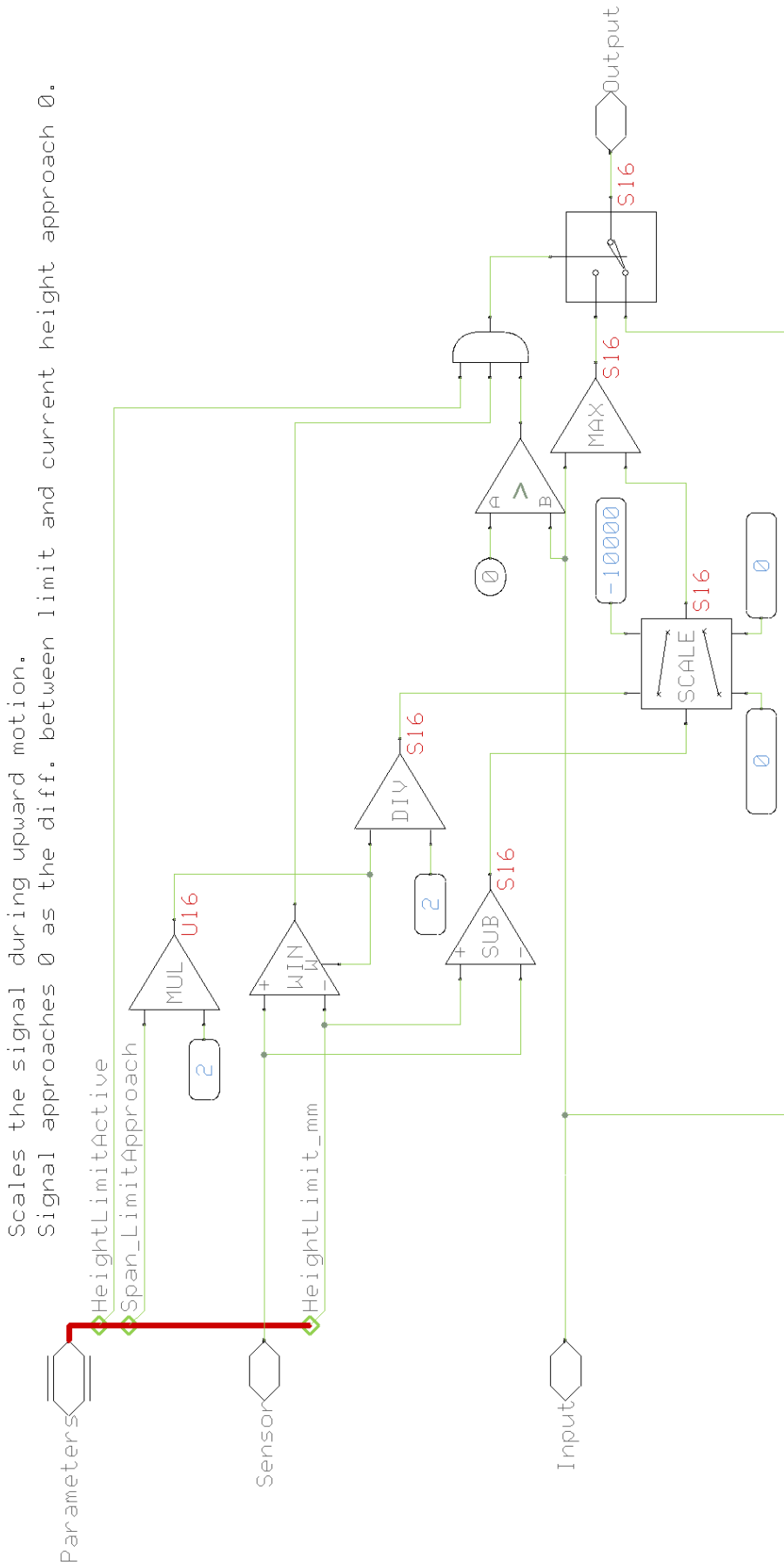




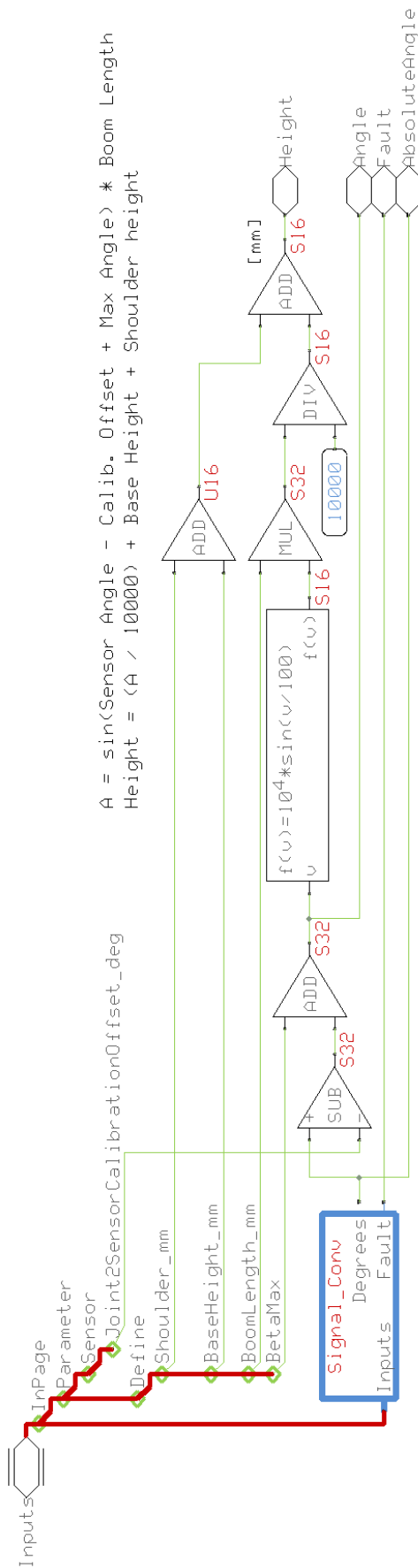
**Figur I.1.4**  
 Detaljbild på funktionsblocket Adaption\_2. Även här har uppåt- och nedåtrörelse av bommen skiljts åt och givits egna parameterset.



**Figur I.1.5**  
 Detaljbild på funktionsblocket Limiter.



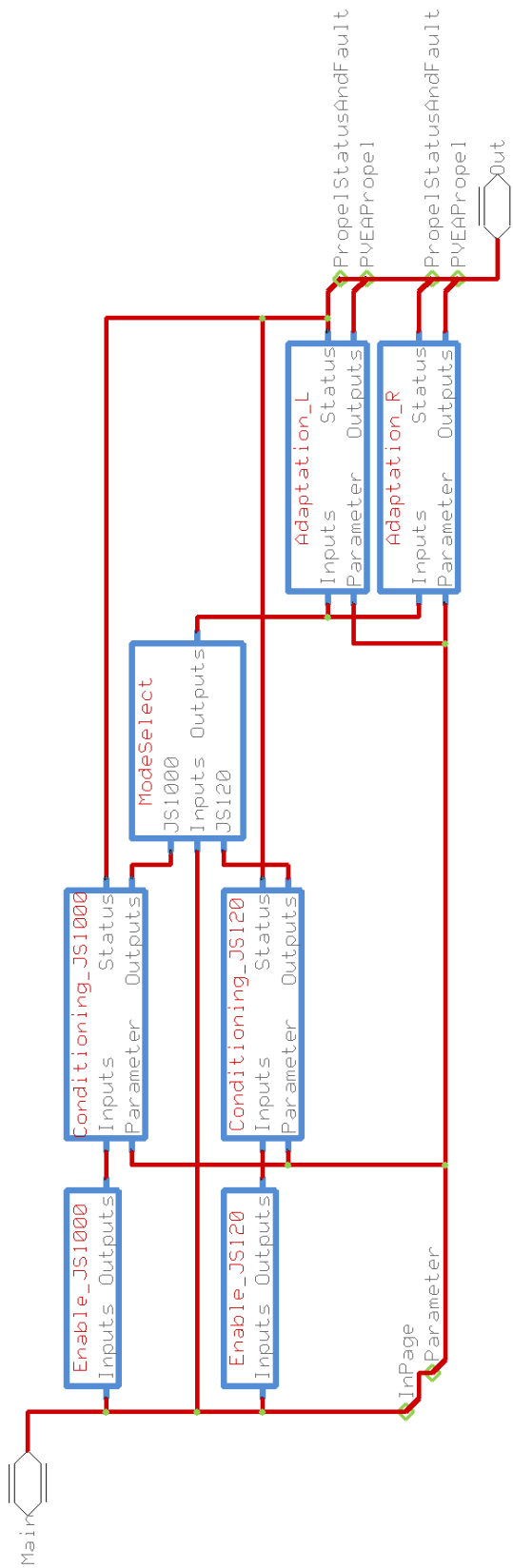
**Figur I.1.6**  
Detaljbild på funk-  
tionsblocket Appro-  
ach.



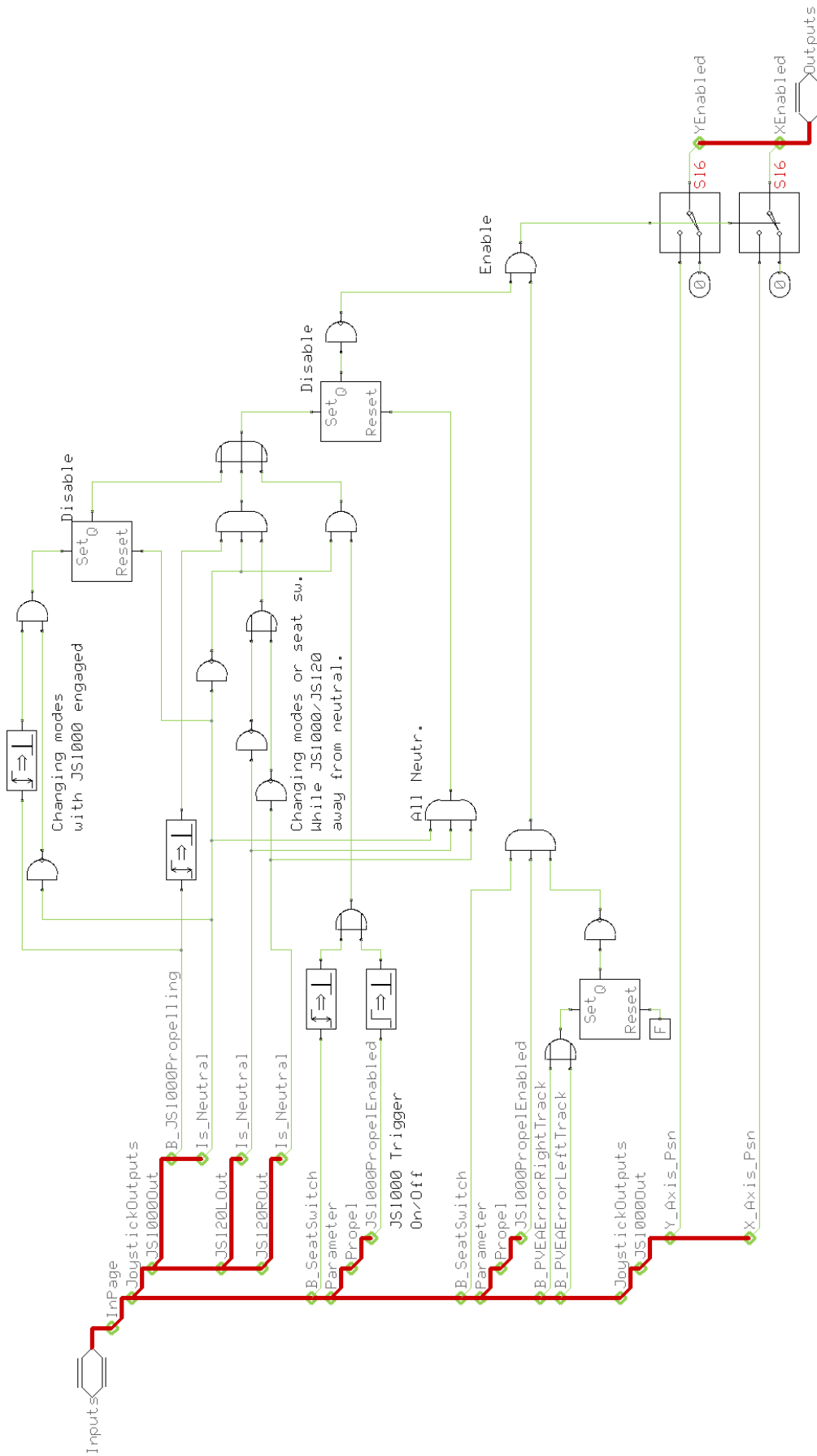
**Figur I.1.7**  
 Detaljbild för implementationen av algoritmen för bommens höjd.

## Appendix I2

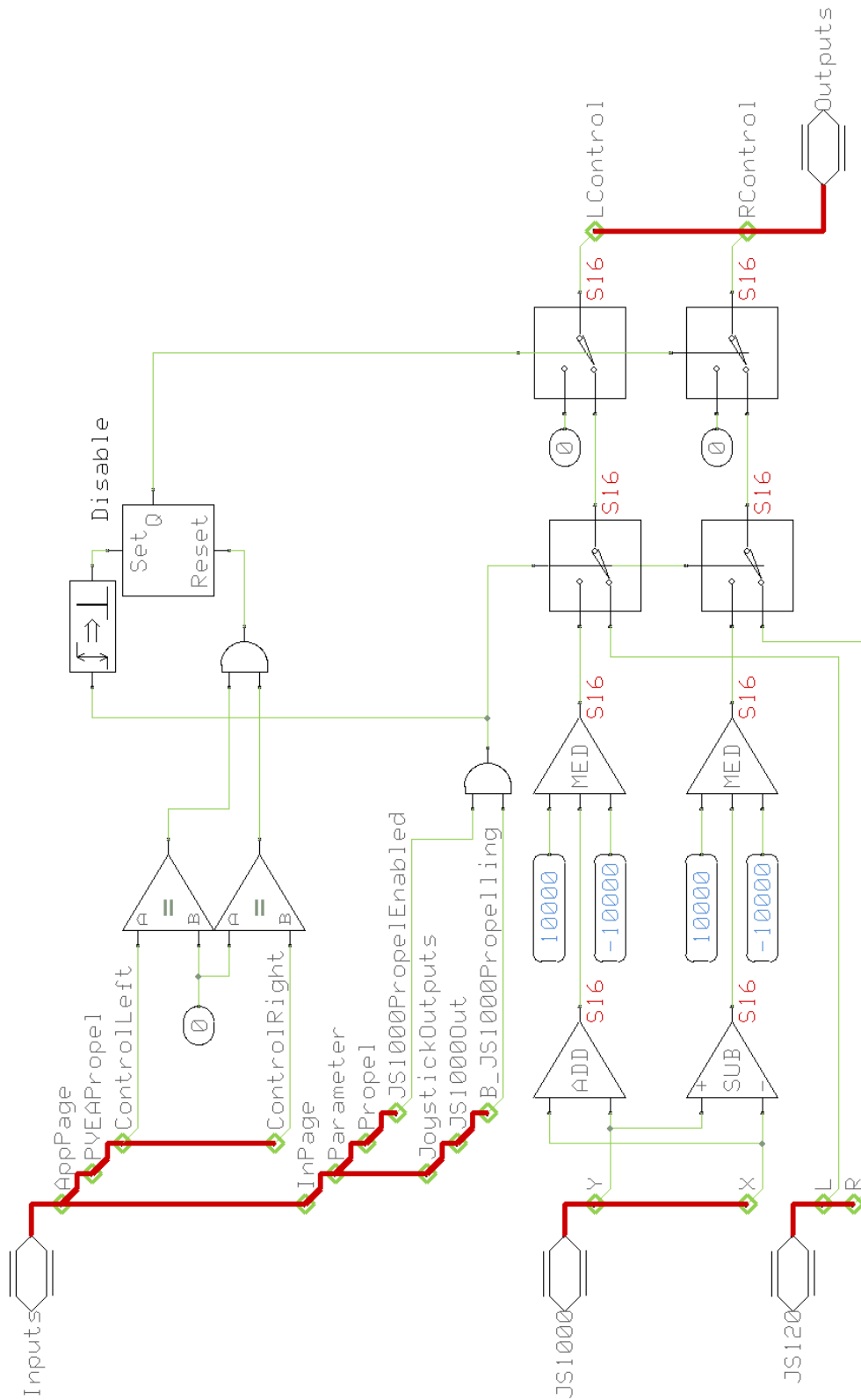
Detta appendix innehåller utvalda kodbitar till framdrivningsfunktionen.



**Figur I.2.1**  
Översiktsbild på funktionen PropeL.

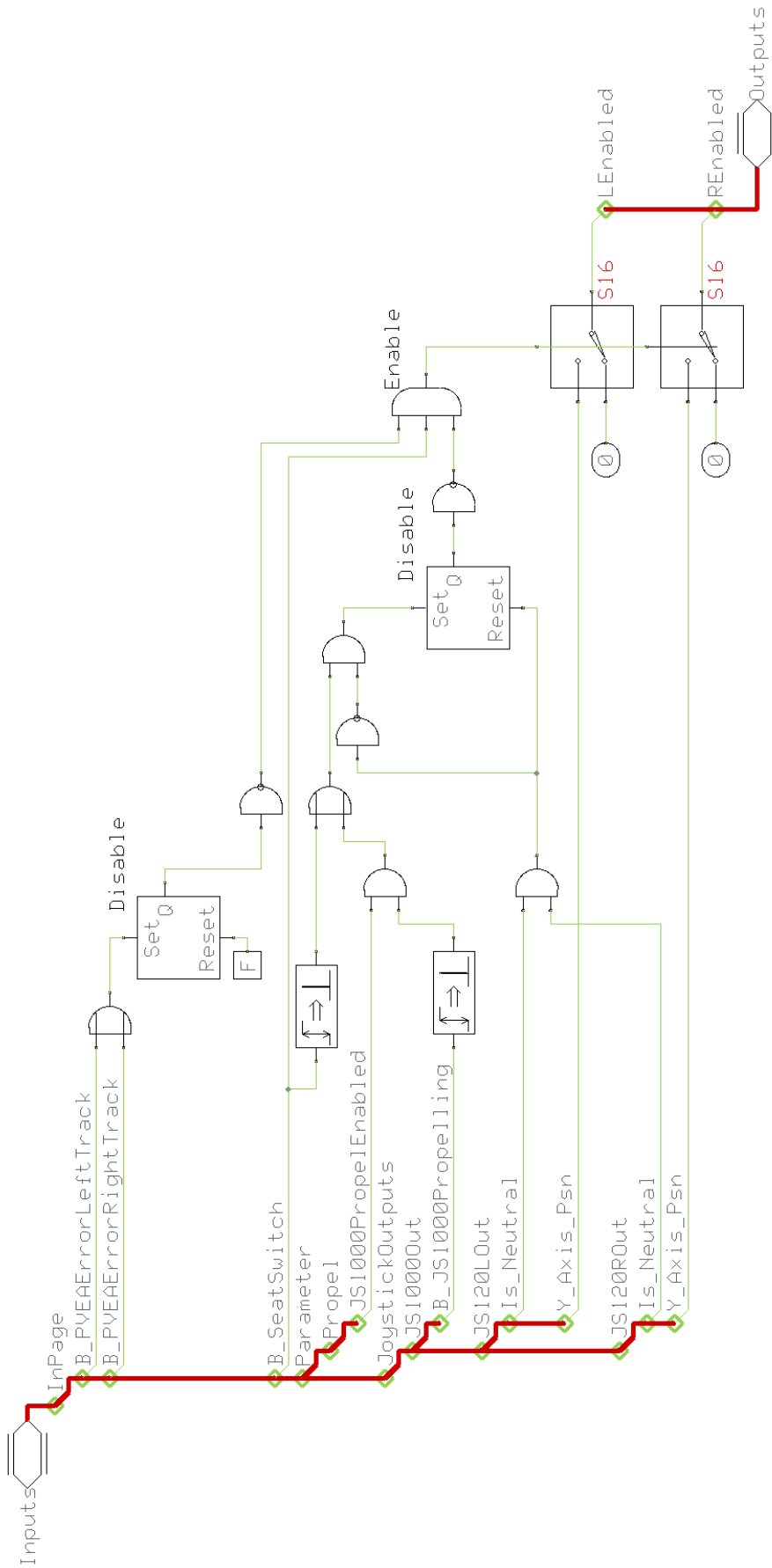


**Figur I.2.2**  
 Detaljbild  
 på funk-  
 tionsblocket  
 Enable-  
 le\_JS1000.



**Figur I.2.3**  
 Detaljbild  
 på funksjonsblocket  
 Mode  
 Select.

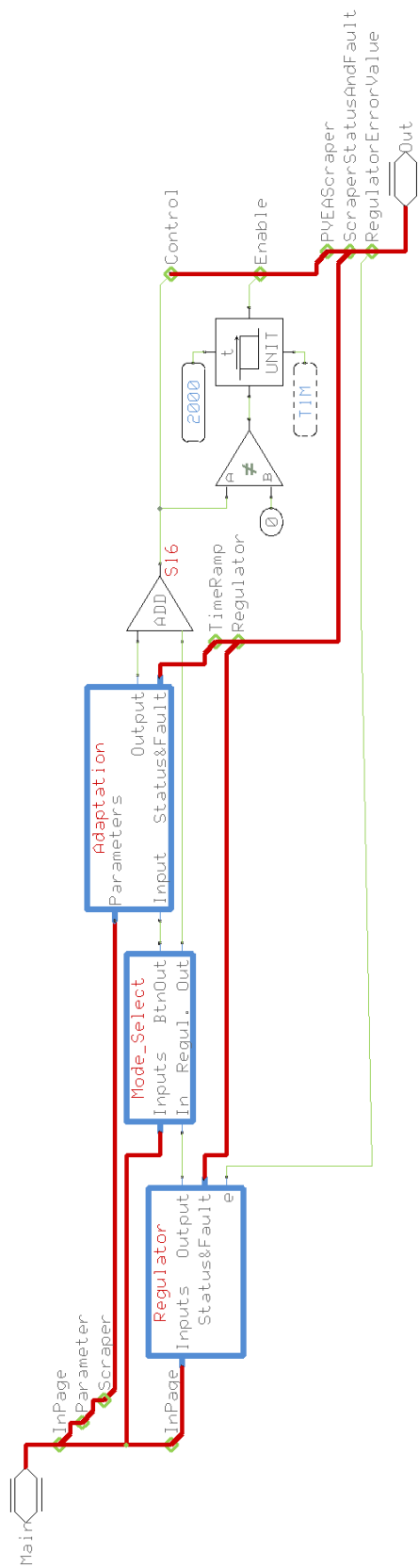




**Figur I.2.4**  
 Detaljbild på funksjonsblocket Enable\_JS120.

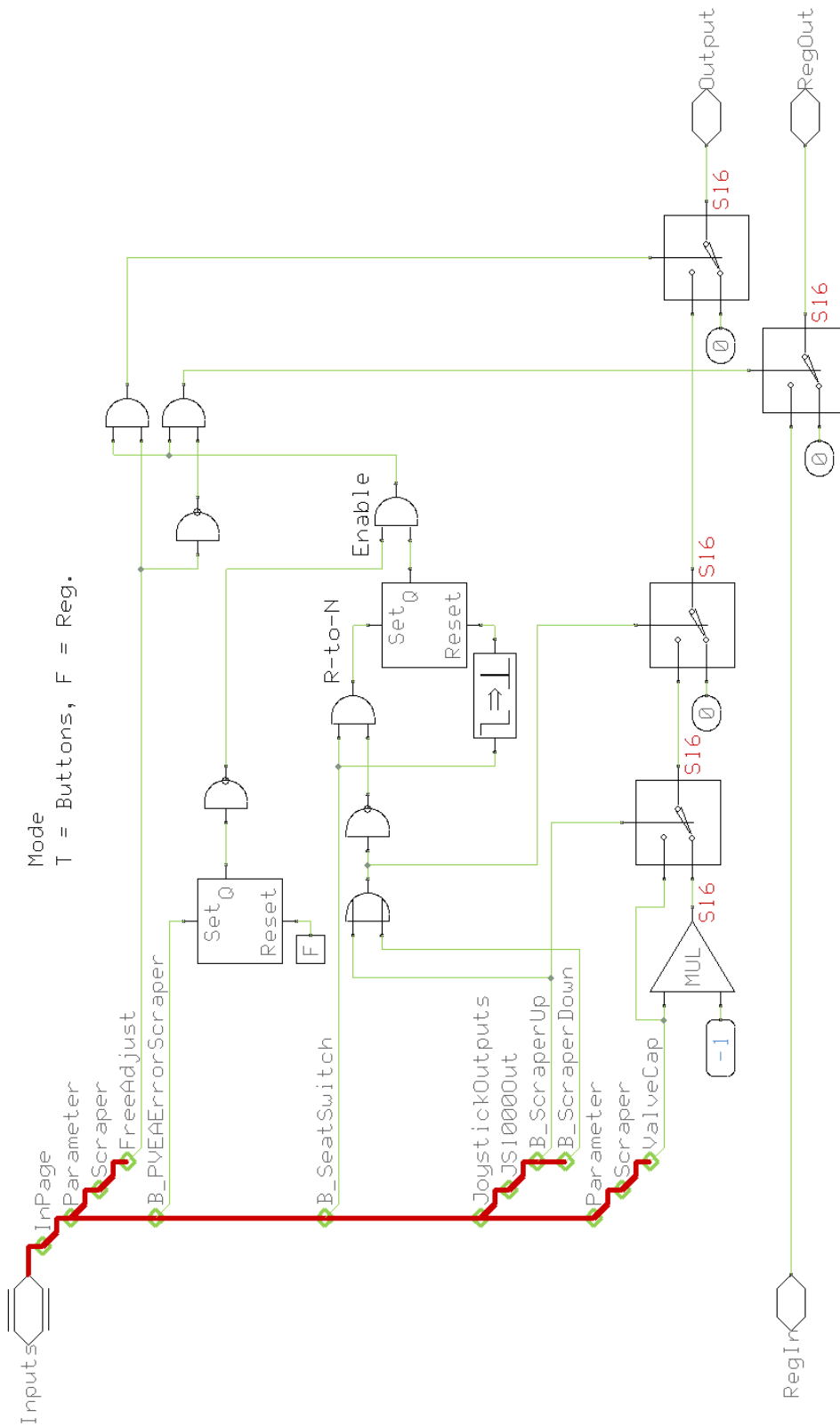
## Appendix I3

Detta appendix innehåller utvalda kodbitar till schaktbladsfunktionen.



**Figur I.3.1**  
Översiktsbild av funktionen Scraper (schaktblad).

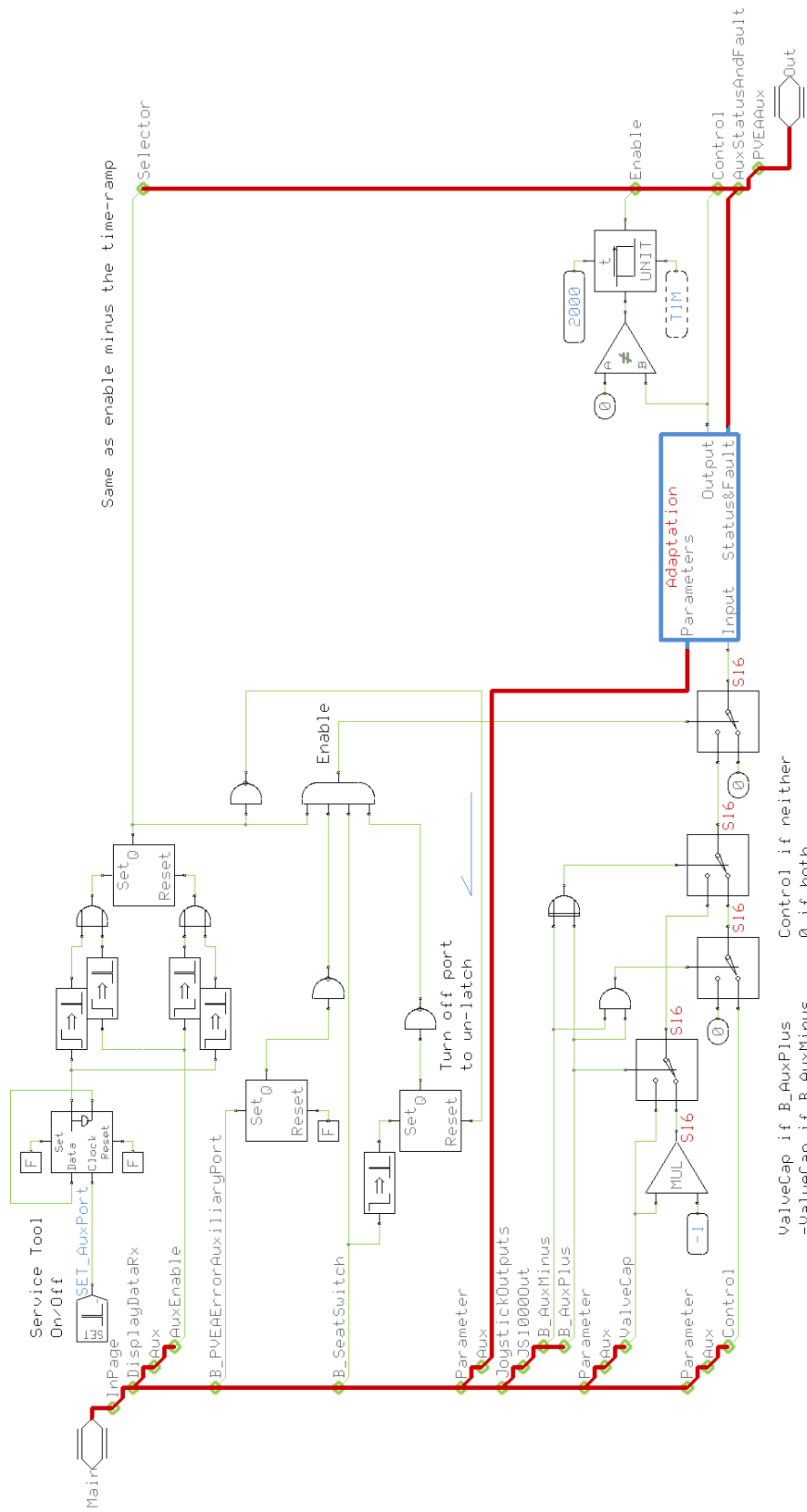




**Figur I.3.3**  
 Detaljbild  
 av funktionsblocket  
 Mode\_Select.

## Appendix I4

Detta appendix innehåller utvalda kodbitar till serviceportsfunktionen.

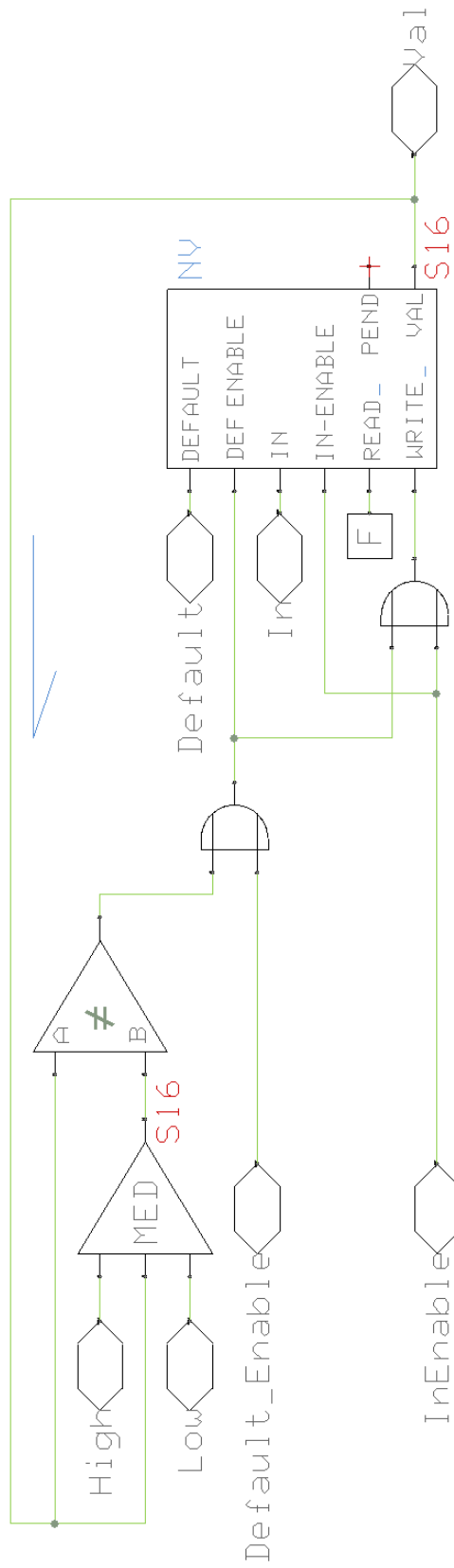


**Figur I.4.1**  
 Detaljbild av funktionen Auxiliary\_Port (serviceuttag).

## Appendix I5

Detta appendix innehåller ett exempel på kod för parameterhanteringen.





**Figur I.5.1**  
 Detaljbild av funktionsblocket  
 Parameter\_S16. Blocket an-  
 vänds i samma form att han-  
 tera alla parametrar.