



Teststation för manöverboxar

Dominic Lindén

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för elektroteknik

Vasa 2015



EXAMENSARBETE

Författare: Dominic Lindén

Utbildningsprogram och ort: Elektroteknik Vasa

Inriktningalternativ/Fördjupning: Automation

Handledare: Ray Pörn

Titel: *Teststation för manöverboxar*

Datum 21.5.2015

Sidantal 34

Bilagor 4

Abstrakt

Lärdomsprovets syfte var att konstruera en teststation för manöverboxar.

Uppdragsgivaren var Krikoma Ab i Tjock som monterar en mängd olika manöverboxar för sopbilar. Det finns för tillfället en gammal teststation som är föråldrad och som inte har kapacitet och funktionalitet att testa alla modeller eller se om man kopplat korrekt.

Arbetet bestod av att planera, programmera, installera, testa och dokumentera en ny teststation med en PLC. Teststationen skulle vara portabel och fungera med alla modeller som företaget producerar och kunna bevisa att manöverboxarna är korrekt kopplade samt kunna anpassas till nya modeller.

Arbetet baserar sig på PLC-tillverkarens anvisningar och dokumentation av komponenterna samt ritningarna för respektive manöverbox har använts. Även egen erfarenhet, handledning och litteratur har använts som grund till arbetet.

Resultatet blev en fungerande teststation som används för att testa att de olika manöverboxarna är korrekt kopplade och den stöder nästan alla modeller som företaget producerar. Själva teststationen är lättanvänd. Den är flexibel, kan utvidgas för att testa nya modeller och har en bra dokumenterad programkod.

Språk: svenska

Nyckelord: PLC, HMI, ladder logic, teststation

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Dominic Lindén

Koulutusohjelma ja paikkakunta: Sähkötekniikka, Vaasa

Suunatutumisvaihtoehto: Automaatio

Ohjaaja: Ray Pörn

Nimike: *Testiasema ohjaimille*

Päivämäärä 21.5.2015

Sivumäärä 34

Liitteet 4

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on ollut suunnitella testiasema ohjaimille. Toimeksiantajana toimi Krikoma Oy joka on Tiukassa sijaitseva roskankeruuautojen ohjaimien valmistaja. Heillä on vanhentunut testiasema, missä ei ole mahdollista testata kaikkien mallien liitoksia.

Työprosessiin kuuluivat uuden testiaseman suunnittelu, ohjelmointi, asennus, testaus ja dokumentointi PLC:llä. Testiaseman tuli olla kannettava, sekä yhteensopiva kaikkien yrityksen valmistamien mallien kanssa. Tämän tuli myös osoittaa, että ohjausrasiat ovat asianmukaisesti yhdistetty ja että nämä voidaan liittää uusin malleihin.

Työ perustuu kirjallisuuteen ja PLC:n valmistajan omiin dokumentteihin tuotteista ja ohjelmistoista sekä internet-oppitunteihin. Myös materiaalia ohjausrasioista on käytetty.

Tuloksena oli toimiva testiasema, joka kykenee testaamaan liitoksen toimivuutta ja sopii lähes kaikkiin malleihin. Testiasema on myös joustava, sillä asemaan on mahdollista sovittaa tulevia malleja ja siinä on myös hyvin dokumentoitu ohjelmointikoodi.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: PLC, HMI, ladder logic, testiasema

BACHELOR'S THESIS

Author: Dominic Lindén

Degree Programme: Electrical Engineering

Specialization: Automation

Supervisors: Ray Pörn

Title: *Test Station for Controllers*

Date 21.5.2015

Number of pages 34

Appendices 4

Summary

The purpose of this Bachelor's thesis has been to design a test station for controllers. The commissioner is Krikoma Oy, a company based in Tiukka that manufactures controllers for garbage trucks. There is currently an old test station that has become obsolete and that does not have the capacity to test all models to see whether they are wired properly.

The idea was to plan, program, install, test and document a new test station with a PLC. The test station should be portable and work with all models produced by the company and it should be able to prove that the control boxes are properly wired and can be adapted to new models.

The work is based on literature and the PLC manufacturer's own documentation of products, programs and webinars. Documentation of the control boxes has also been used.

The result was a working test station that can test if the various control boxes are wired properly. The test station supports almost all models. The actual test station became easy to use and flexible if you need to expand it with new models. It also has a well-documented program code.

Language: Swedish

Key words: PLC, HMI, ladder logic, test station

Förkortningar

ALU = Arithmetic and Logic Unit

CPU = Central Processing Unit

HMI = Human Machine Interface

I/O = input/output

LD = Ladder Diagram

LED = Light-Emitting Diode, lysdiod

MB = Memory bit

NC = Normalt stängt

NO = Normalt öppet

PLC = Programmable Logic Controller

RAM = Random Access Memory

ROM = Read Only Memory

SB = System bit

VAC = Växelspänning

VDC = Likspänning

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
2	Den föråldrade teststationen.....	2
2.1	Funktion.....	2
2.2	Problematik.....	4
3	Manöverboxar.....	4
3.1	Komponenter.....	5
4	PLC.....	6
4.1	PLC-systemet.....	6
4.1.1	Processor.....	7
4.1.2	I/O.....	7
5	Programmering.....	8
5.1	Ladder Diagram.....	8
5.1.1	Kontakter.....	9
5.1.2	Spolar.....	10
5.1.3	Operander.....	11
5.2	Digitala logiska funktioner.....	12
5.2.1	NOT.....	12
5.2.2	AND.....	13
5.2.3	OR.....	14
5.2.4	XOR.....	15
5.2.5	NAND.....	16
6	HMI.....	17
6.1	Design.....	17
6.2	Användbarhet.....	17
6.2.1	Minne.....	18
6.2.2	Skill-Rule-Knowledge-modellen.....	18
6.2.3	Mänskligt fel.....	19
6.2.4	Färger.....	19
7	Produktionsmål.....	20
7.1	Kvalitet.....	20
7.2	Flexibilitet.....	20
8	Produktionssynpunkter.....	21
8.1	Standardisering.....	21
8.2	Gruppering och modularisering.....	21

9	Konstruktion av ny teststation.....	23
9.1	Unitronics PLC Vision 570.....	24
9.1.1	Moduler	25
9.2	Programmering	26
9.2.1	HMI och PLC	26
9.3	Installation	29
9.4	Testning	30
9.5	Dokumentation.....	30
10	Resultat.....	31
11	Diskussion	31
12	Källförteckning.....	33

Bilagor

- Bilaga 1 Ritning över matningen till I/O-modulerna
- Bilaga 2 Ritning över in- och utgångarna
- Bilaga 3 Exempelritning och bild på en manöverbox (KL02R)
- Bilaga 4 Bilder på den nya teststationen och I/O-modulerna

1 Inledning

Detta examensarbete handlar om att ersätta en föråldrad teststation för manöverboxar till sopbilar och beställare är företaget Krikoma Ab. Företaget är grundat år 1973 i Tjock och för tillfället består företaget av VD Torbjörn Nygård och en heltidsanställd.

Företaget säljer elmotorer, växlar, lager, hydraulik- och pneumatikkomponenter. Deras produktion består av manöverboxar, styrcentraler och olika givare. Deras kundkrets är industrin och maskintillverkare.

Bakgrunden till detta arbete är att företaget har en gammal teststation som är föråldrad och inte har den kapacitet och funktionalitet som krävs för att testa alla modeller på ett korrekt sätt. Därför har det tagits beslutet att konstruera en ny teststation som ska klara av alla basmodeller och även ett par specialmodeller som den gamla inte kunde testa.

Teststationen ska kunna bevisa att manöverboxarna är rätt kopplade och kunna visa detta på ett så enkelt och förståeligt sätt som möjligt. Den ska även vara portabel och kunna anpassas till flera modeller som kan tillkomma i framtiden. Varje manöverbox monteras för hand och testas före leverans. Arbetet utförs med en PLC och omfattar planering, programmering, montering, dokumentering och testning av den nya teststationen.

2 Den föråldrade teststationen

Den nuvarande teststationen används för att testa de vanligaste manöverboxarna som företaget producerar. Manöverboxarna har som uppgift att styra sopbilars lastare, som företaget NTM bygger och installerar.

I figur 1 visas den föråldrade teststationen. Det finns även en annan teststation som används för testning av vissa specialmodeller men den uppvisar samma problematik som teststationen nedan. Problematiken förklaras närmare i kapitel 2.2.

2.1 Funktion

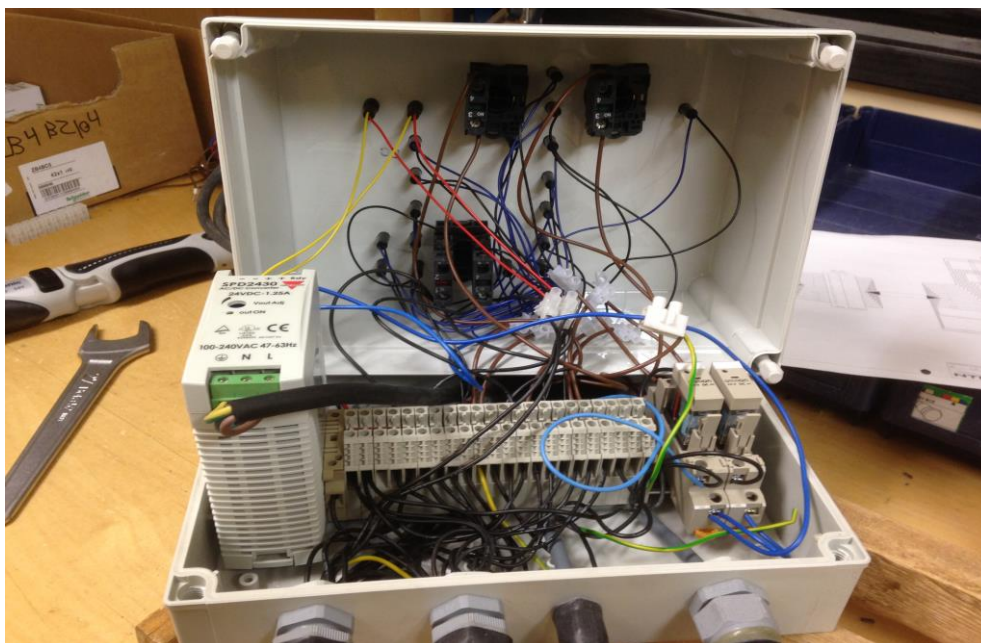
Teststationen består av en strömkälla på 24 VDC som matar en ström till de olika kontakterna, som består av antingen 16- eller 4-poliga AMP CPC han- eller honkontakter. Från kontakterna går sedan en tråd till en lysdiod som representerar ett element på en manöverbox och från lysdioden går tråden tillbaka till strömkällan. Den har även ett par reläer som skall begränsa en spänning för en specifik manöverbox och tre knappar med element av NO- och NC-typ för testning av dubbelement som finns i själva manöverboxen.



Figur 1. Föråldrad teststation

Den är en så kallad hårdkopplad teststation som betyder att den har en tråd som går från plus genom en kontakt till manöverboxens brytare, som ska testas, och fortsätter via en lysdiod till minus. I figur 2 ser man trådarna och vissa komponenter. Om man ansluter en manöverbox och trycker in en knapp på boxen kommer den lysdiod som motsvarar det element som knappen är kopplad till att lysa, vilket är en indikation på att elementet är korrekt kopplat.

Reläerna som finns är till för att vissa manöverboxar endast skall fungera när man trycker in två knappar samtidigt. Eftersom ett relä är en elektrisk brytare som ändrar från att vara ledande till icke-ledande beroende på hur mycket spänning som ges, passar de bra till dessa manöverboxar. Detta betyder att båda knapparna skall vara intryckta för att ge den spänning som krävs för att reläet skall bli aktivt. (Delton, 1992, s.306)



Figur 2. Insidan av den föråldrade teststationen.

2.2 Problematik

Ett av problemen med denna teststation är att den är begränsad till de vanligaste manöverboxarna. Alla specialmodeller och även ett par basmodeller är inte kompatibla med hur teststationen är kopplad. Ett annat problem är att alla manöverboxar har ett specifikt sätt för hur de skall kopplas. De kräver att en viss tråd hör ihop med en annan tråd och att de är kopplade till rätt element.

Den nuvarande teststationen kan inte avgöra om man har kopplat rätt. Om plus kopplas till minus kommer den att visa en korrekt koppling även om trådarna är omkastade eller felkopplade och detta gör att manöverboxen inte fungerar som den ska på sopbilen. Knapparna kan därtill testas i vilken ordning som helst, vilket även är ett problem eftersom man behöver en struktur för hur man skall testa de olika modellerna. Därför skulle det logiska vara att testa manöverboxen från nödstoppet till sista knappen, så att man är säker på att alla knappar fungerar korrekt.

3 Manöverboxar

Manöverboxarna har som uppgift att styra olika funktioner för sopbilars lastare. Det finns för tillfället ca 50 olika modeller som alla har olika funktioner. Eftersom de olika sopbilarna kan ha fram-, bak- och sidlastare kommer också manöverboxarna att kunna ha höger- eller vänstersvängt skal.

Monteringen av kontrollerna börjar med locket som består av knappar och de olika elementen. Eftersom locket är gjort i plast behövs en metallbricka för att kunna fästa elementen med skruvar. Utan metallbrickan skulle element inte sitta fast utan röra på sig. Efter att man har monterat locket sätter man det i en ställning med motsvarande botten och börjar att dra kablarna till de olika elementen.

Sedan appliceras fuktutdrivande el-spray på komponenterna och en fuktspärrande påse monteras i botten. Slutligen monteras locket med hjälp av åtta skruvar och boxen är klar för testning. En bild av hur den vanligaste manöverboxen ser ut finns i bilaga 3.

3.1 Komponenter

Alla manöverboxar har olika genomföringar som är IP55 klassificerade. De som används är PG7, PG9 och PG16 plastgenomföringar. Modellerna består av en mängd olika knappar eller brytare. Knapparna har antingen ett hårt skyddat skal eller ett plasttskydd. De förekommer i färgerna röd, grön, gul och svart. (SchneiderElectric, 2013, s.11/8-11/13).

Kablarna i manöverboxarna är multiledartrådar som har två eller flera trådar som är isolerade från varandra. Det är en grupp på 16, 9 eller 4 isolerade trådar som finns i en större kabel. De har en färg eller en numrering från 1 till mängden kablar som finns. (Delton, 1992, s.10-11)

Tryckknappar som nödstoppet har en funktion som kallas push-on/push-off, vilket betyder att man kan trycka ner knappen för att aktivera en krets och sen dra ut den för att avaktivera kretsen. Detta betyder att knappen antingen är i ett på eller av läge (aktivt eller inaktivt läge). Den andra typen är tryckknappar har en tillfällig av/på typ. Dessa två brytare är normalt öppet eller normalt stängt. (Delton, 1992, s. 303)

Normalt öppet är aktiv när knappen är intryckt men när man släpper knappen kommer den interna fjäderfunktionen att hoppa tillbaka till ett icke-aktivt tillstånd. Detta element kallas för NO. Normalt stängt fungerar tvärtom till NO-brytaren. Detta betyder att den är aktiv när knappen inte är intryckt och blir icke-aktiv direkt man trycker ner knappen. Detta element kallas för NC. De flesta NO- eller NC-brytare är för tryckknappar. (Dalton, 1992, s. 303-304)

Det finns även olika brytare som leder en ström från en tråd till en annan och blockerar en ström från en annan. Man kan se en brytare som en trafikdirigent som styr en ström dit den ska. (Dalton, 1992, s. 297)

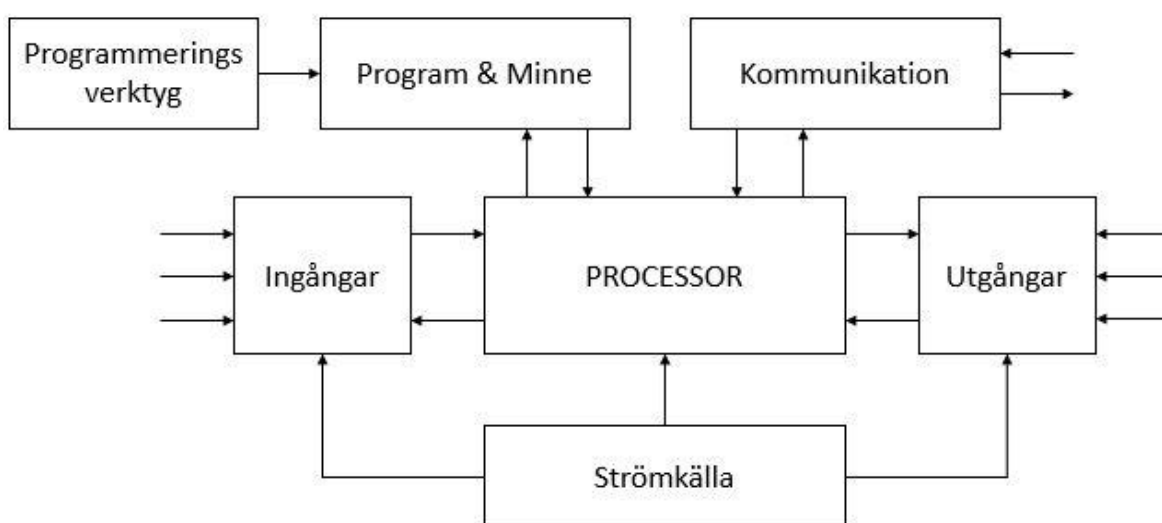
I manöverboxarna används två- och trepositionsbrytare som har två eller tre fasta lägen att välja mellan. Den andra typen som används är brytare som också har en eller två positioner att välja mellan, men har en fjäder som gör att de hoppar tillbaka efter att man släpper dem. (SchneiderElectric, 2013 s.11/13)

4 PLC

PLC (Programmable Logic Controller) är en industridator som tar emot insignaler och utvärderar dessa med ett program som finns i minnet och skickar en utsignal som styr en process. (Kamel & Kamel, 2014, s.15)

4.1 PLC-systemet

CPU är en mikrokontroller som räknar ut det logiska värdet av olika insignaler med programmet som har sparats i minnet. Strömkällan har som uppgift att konvertera AC strömmen till en låg DC ström som behövs för processorn och I/O-modulerna. Programmeringsverktyget är till för att få programmet till minnet och utförs externt i en dator. I minnet sparas programmet och informationen från ingångarna och utgångarna. I figur 4 ser man hur systemet är uppbyggt. (Bolton, 2006, s.4)



Figur 4. PLC-systemet

4.1.1 Processor

Processorn har en aritmetisk och logisk enhet (ALU) som har som uppgift att utföra enkla operationer som addition och subtraktion, samt logiska operationer som AND, OR, NOT och XOR. Den har även register där data kan lagras i minnet och en kontrollenhet som ser till att operationer sker vid rätt tidpunkt. (Bolton, 2006, s.6)

Det finns också olika bussar som står för kommunikationen i PLC:n. Dessa är data-, adress-, kontroll- och systembuss. Informationen i PLC:n skickas i binär form som en grupp av bitar där varje bit är 0 eller 1, alltså av eller på. (Bolton, 2006, s.6-7)

PLC-systemet har ett par olika ROM-minnen som är ett permanent minne för själva PLC:n och används för att lagra huvudprogrammen och kan inte ändras av användaren. RAM-minnet sparar informationen från in- och utgångarna, samt även data från alla timers och räknare. Eftersom RAM-minnet sparar viktig information och är till för användarens program måste man ha ett externt batteri för att inte data skall raderas när man stänger av strömkällan. (Bolton, 2006, s.7)

I minnet på en PLC har man de olika minnesbitarna (MB) som representerar 0 och 1. Dessa har en plats i minnet och det finns totalt 4096 MB. De är adresserade från MB 0 till MB 4095. Det finns även systembitar (SB) som används av kontrollens operationssystem för att utföra olika funktioner. Många av dessa SB är redan fixerade till olika parametrar och fungerar endast till att läsa in olika funktioner. (Unitronics)

4.1.2 I/O

Det finns flertal olika I/O-moduler men de vanligaste är digitala/diskreta eller analoga I/O:n. De digitala I/O-modulerna ger en diskret på/av signal i volt. Analoga ger en signal mellan ett maximum och minimum värde i antingen ampere eller volt. Den digitala ingången har fyra uppgifter som är att känna av en insignal, att bestämma typen av inkommande signal (vanligen 120 VAC eller 24 VDC), att isolera insignalen från utsignalen och att skicka ett meddelande till PLC-processorn under ingångens skanningsperiod. (Kamel & Kamel, 2014, s.46)

Sourcing PNP-utgångar innebär att den gemensamma anslutningen till lasten är 0 VDC. Utgångsmodulerna kräver en last som skall matas av en ström som flyter från +24 VDC, genom PNP-utgångsomkopplaren till lasten 0 VDC. Sinking NPN är utgångar som drar ström genom lasten. I detta fall är den gemensamma anslutningen till belastningen +24 VDC. Utgångsmoduler kräver den last som skall aktiveras av en ström, som flödar från +24 VDC genom lasten till NPN-utgångsomkopplarens enhet till 0 VDC. (Bolton, 2006, s.56)

5 Programmering

Standarden IEC 61131 specificerar syntax och semantik för programmeringsverktyg för programmerbara styrsystem. Denna består bland annat av två textspråk, IL (Instruction List) och ST (Structured Text) samt två grafiska språk LD (Ladder Diagram) och FBD (Function Block Diagram). (openPLC)

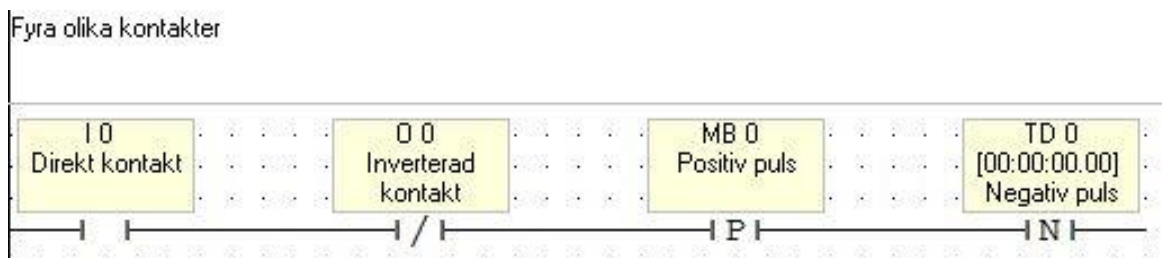
5.1 Ladder Diagram

Det mest kända sättet att programmera en PLC är med Ladder Diagram. Att göra ett program är som att rita ett kretsschema. Diagrammet består av två vertikala linjer som representerar strömmatningen. Själva kretsarna är horisontellt kopplade mellan dessa två vertikala linjer, de kallas även för en slinga. (Bolton, 2006, s.81)

Man avläser ett ladderdiagram från vänster till höger eftersom strömmen går i samma riktning. Mellan varje slinga finns det en operation som man gjort och programmet utförs uppifrån och ner. Detta gör att när PLC:n är på läser den in och utför programmet systematiskt på samma sätt som när användaren läser diagrammen. Detta kallas för en skanningsperiod och det avslutas i sista slingan med END eller RET, som betyder return och gör att programmet börjar om från början. (Bolton, 2006, s.82)

5.1.1 Kontakter

Det finns fyra olika kontakter som man använder för att göra program i Ladder Logic. Med kontakterna gör man åtgärder och bestämmer olika villkor. Dessa fyra kontakter visualiseras på följande sätt i figur 5.



Figur 5. Ladderdiagram över olika kontakter.

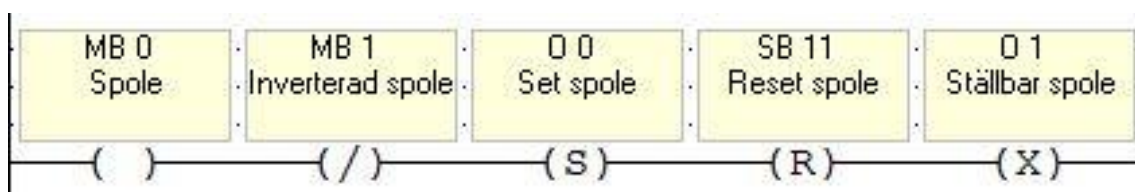
Den första kontakten står för en direkt kontakt vilket är det samma som ett normalt öppet tillstånd. Det andra är en inverterad kontakt vilket är motsatsen till en direkt kontakt och kan förklaras som ett normalt stängt tillstånd. De två sista är pulskontakter och detta betyder att de endast skickar en snabb signal. Tiden man håller in exempelvis en knapp är inte relevant, utan man måste släppa knappen och trycka in den igen för att få en ny puls signal. (Unitronics)

Kontakter:

- Direct contact
- Inverted contact
- Positiv transition contact
- Negativ transition contact

5.1.2 Spolar

Det finns också fem olika spolar (Coils) som man använder sig av. De representerar ett resultat av en handling. En spole är i magnetiserat läge när slingans förhållande är aktivt och den är i avmagnetiserat läge när slingans förhållande är passivt. Dessa fem är illustrerade i figur 6 nedan.



Figur 6. Ladderdiagram över olika spolar.

Den direkta spolen är på om slingan är aktiv och den är av om den är passivt. Den inverterade spolen är motsatsen till en vanlig spole och är på när slingan är passiv. En set-spole fungerar som en vanlig spole men den förblir på fast nätet skulle bli passivt. Det enda sättet att få den till av läge är med en reset-spole. En ställbar spole har samma funktion som en reset spole men är mycket snabbare att aktiveras och används med pulskontakter. (Unitronics)

Spolar:

- Direct coil
- Inverted coil
- Set coil
- Reset coil
- Toggle coil

5.1.3 Operander

Spolar och kontakter är länkade till operander. Dessa innehåller data och det är själva elementen som bestämmer vad man gör med denna data. Varje operand har en adress och beskrivning vad den är till för. De operander som används är minnesbitar, in- och utgångar, timer och systembitar. Alla dessa har sina egna platser i registret. In- och utgångarna varierar beroende av hur många moduler som ansluts, de kan vara både analoga eller digitala. (Unitronic)

- Memory bit, MB 0 - MB 4095.
- System bit, beror på vilken typ av PLC
- Timer, T0 – T191
- Input, beroende av I/O-moduler
- Output, beroende av I/O-moduler

5.2 Digitala logiska funktioner

Det går att konstruera helt enkla logiska funktioner med en så kallad hypotetisk lampkrets och med hjälp av kontakter och spolar. Det går att rita upp dessa kretsar enkelt och begripligt med så kallade slingor till ladder logic-miljö. Man använder standard binärt tänkande för en status på en brytare och lampa som är 0 för opåverkade eller avmagnetiserad, 1 för manövrerad eller magnetiserad. Sanningstabeller används för att visa hur logiken fungerar. (allaboutcircuits)

5.2.1 NOT

I figur 7 ser man funktionen NOT som är en så kallad inverterad krets som gör att om elementet A är magnetiserat kommer inte lampan i kretsen att lysa. Detta gör att elementet måste vara passivt för att lampan skall bli aktiv och börja lysa. I tabell 1 kan man se sanningstabellen för en NOT-funktion. (allaboutcircuits)



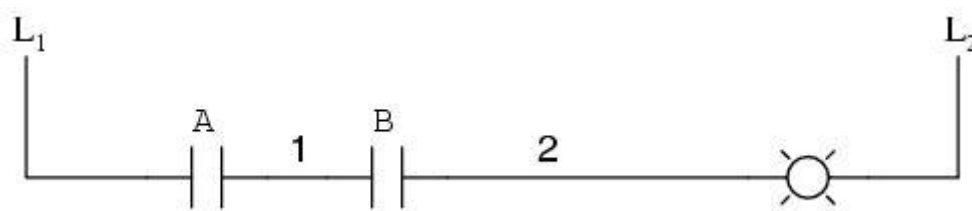
Figur 7. NOT-funktionen

Tabell 1. Sanningstabell OR

A	Resultat
0	1
1	0

5.2.2 AND

I figur 8 ser man funktionen AND som fungerar så att om element A är magnetiserat men inte B så kommer inte spolen i detta fall lampan att lysa. Man får samma resultat om man har element B magnetiserat men inte A. Detta ger att både element A och B måste vara magnetiserade på samma gång för att lampan skall bli aktiverad och börja lysa. I tabell 2 ser man sanningstabellen för en AND funktion. (allaboutcircuit)



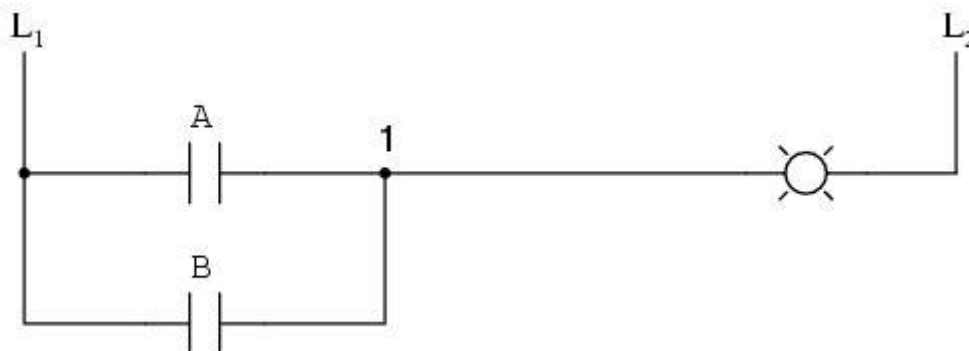
Figur 8. AND-funktion

Tabell 2. Sanningstabell AND

A	B	Resultat
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

5.2.3 OR

I figur 9 ser man funktion OR som fungerar så att om element A eller B är magnetiserat kommer lampan att lysa fast de är aktiverade var för sig. Den fungerar även om man har både element A och B magnetiserat på samma gång men inte om båda är avmagnetiserade. I tabell 3 ser man en sanningstabell för en OR-funktion. (allaboutcircuits)



Figur 9. OR-funktionen

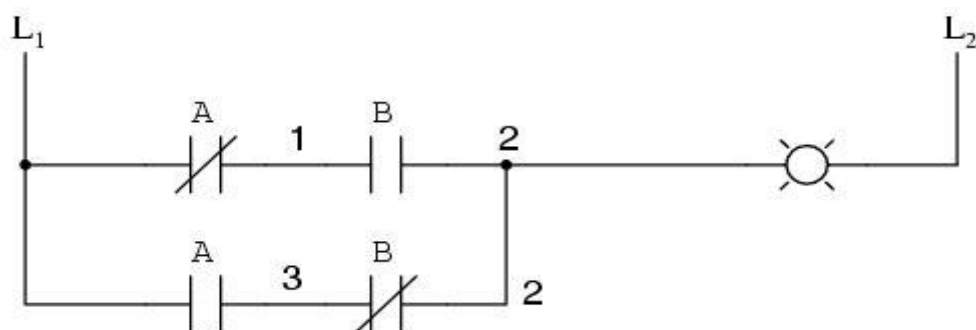
Tabell 3. Sanningstabell OR

A	B	Resultat
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

5.2.4 XOR

I figur 10 ser man funktionen XOR som fungerar med att man bygger kombinationer av logiska funktioner genom att gruppera kontakter i serieparallellarrangemang. I följande exempel har vi en XOR-funktion som byggs ihop med en kombination av AND, OR och NOT-element. Den fungerar om element A och B är avmagnetiserat så kommer inte lampan att lysa, samma gäller om både A och B är magnetiserade. Enda sättet för lampan att lysa är att ha antingen A eller B avmagnetiserade och den som inte är passiv av de båda skall vara aktiv. I tabell 4 kan man se sanningstabellen för en XOR-funktionen.

(allaboutcircuits)



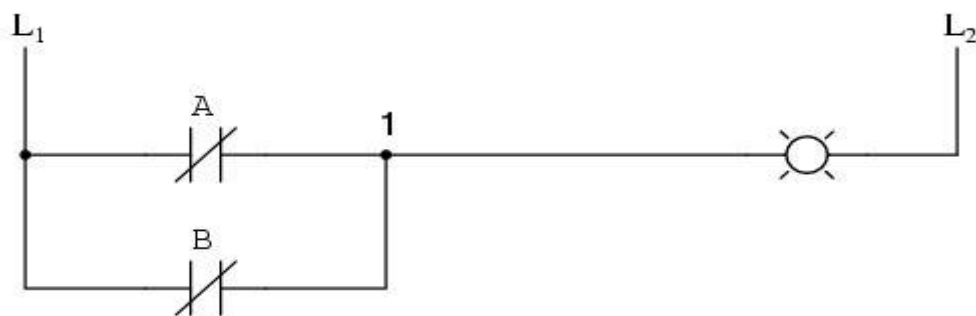
Figur 10. XOR-funktionen

Tabell 4. Sanningstabell XOR

A	B	Resultat
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

5.2.5 NAND

I figur 11 ser man funktionen NAND som fungerar så att lampan lyser om både A och B elementet är avmagnetiserade. Den lyser också om A eller B är avmagnetiserade men om man trycker in både A och B elementen på samma gång, båda blir magnetiserade så lyser inte lampan längre. I tabell 5 kan man se sanningstabellen för en NAND-funktion. (allaboutcircuits)



Figur 11. NAND-funktionen

Tabell 5. Sanningstabell NAND

A	B	Resultat
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

6 HMI

HMI står för Human Machine Interface och är gränssnittet mellan människa och en PLC. Den består av en LCD-skärm som kan ha ett numeriskt tangentbord eller ha en pekskärm med ett virtuellt tangentbord som är till för att mata in parametrar. Skärmen kan antingen vara monokrom eller med färg. Den visar olika inställningar och visualiserar vad som behövs för att styra en process. (unitronics)

6.1 Design

Den första är att planera arkitekturen av HMI-skärmen, den andra är att bestämma utseendet som skärmen skall ha. I en HMI-arkitektur skall det bestämmas vilken bakgrundsfärg som användas och hur de felaktiga och korrekta villkoren för en funktion som utförs skall visualiseras, samt bestämma vilka symboler som skall representera olika processer. (Fiset, 2009, s.41)

Det skall alltid finnas ett visuellt flyt så att användaren vet vilken skärm som han använder och vart han skall söka sig för att utföra en viss uppgift. För att uppnå detta flyt måste det finnas ett visst mönster på skärmen, En HMI-skärm skall alltid vara så enkel och strukturerad som möjligt. (Fiset, 2009, s.46-48)

6.2 Användbarhet

För att designa en HMI finns det vissa tillvägagångsätt som måste följas. Det är viktigt att förstå och kunna sätta sig in i hur användaren ser och uppfattar en design, samt hur man gör olika beslut med den information som finns. Att förstå en specifik process och hur ett system skall användas är en kritisk del i designen, samt att kunna förutse vilka misstag som användaren kommer att göra. (Fiset, 2009 s.7-8)

6.2.1 Minne

För att utföra ett arbetsmoment måste man använda sig av sitt arbetsminne. Detta minne används för att komma ihåg tillfälliga saker som övas in när man utför olika uppgifter. Exempelvis då man slår upp ett telefonnummer, memorerar det för att slutligen slå in det i telefonen. Minnet har en begränsad kapacitet. Det är denna kapacitet som har stor betydelse då man designar en HMI-skärm. Det är viktigt att relevant information tydligt framgår och att funktionerna är tydliga och att onödigt information inte finns med. (Fiset, 2009, s.10).

6.2.2 Skill-Rule-Knowledge-modellen

SRK-modellen handlar om hur människor tar olika beslut och är framtagen av Jens Rasmussen (Rasmussen, 1983). Denna metod handlar om hur människor tar emot information, försöker komma ihåg vad som skall göras och hur man tar ett beslut. Modellen delar upp människans beteende i tre olika kategorier:

- Skill-based behavior (SBB), betyder att en operatör hanterar välkända situationer nästan automatiskt utan dokumentation. Denna typ av beteende ger bäst resultat i fråga om snabbhet, precision och felfrekvens.
- Rule-based behavior (RBB), är där operatören följer en tämligen välkänd process och/eller utför procedurer som är muntliga eller skriftliga. Resultatet i RBB är oftast mycket bra, men inte lika flytande eller perfekt som i SBB.
- Knowledge-based behavior (KBB), är där operatören måste använda sin grundläggande kunskap om processen, eller andra områden för att lösa ett problem. KBB tenderar att vara svårare och mera felbenägen än RBB. Detta är den mest riskabla och långsammaste sättet att utföra en uppgift.

6.2.3 Mänskligt fel

Det mänskliga felet hör till en av de faktorer som är mest centrala när det kommer till att göra misstag. Det finns två olika sätt att klassificera hur människor gör fel. Och dessa två brukar man kalla *slips* eller *mistakes*. Ett slip är när en användare utför en rutinuppgift och av någon orsak hoppar över eller gör ett steg fel. Dessa fel hör oftast ihop med SBB och RBB. Större misstag händer oftast när användaren inte vet vad han gör och bara trycker för att pröva sig fram, eller om HMI-designen är dålig. Dessa hör oftast ihop med KBB-metoden. (Fiset, 2009, s.13)

Det går ibland att undgå dessa slips genom att bygga in olika typer av interaktiva dialoger. Misstagen kan undvikas genom att se till att informationen som HMI visar är pålitlig. (Fiset, 2009, s.14)

6.2.4 Färger

Färger är en viktig del av en HMI-design och är ett bra sätt att visa olika typer av information, men kan också få användaren att missuppfatta en viss funktion. Ungefär 8 % av männen och 0,5 % av kvinnorna är färgblinda. Detta betyder att även tjockare text med färg inte har någon mening när det kommer till funktion. Det finns ett par designregler som säger hur man skall gå till väga med HMI och färger. (Fiset, 2009 s.8-10)

Man skall aldrig använda en text med färger. Om man vill framhäva en färgad text skall man ändra på bakgrundsfärgen i stället. Alltid när man gör en HMI-design skall man tänka på hur den ser ut i svartvitt så att den är användbar för alla. Efter att man vet att den är användbar för alla kan man implementera färger i designen. (Fiset, 2009 s.8-10)

7 Produktionsmål

Målet med produktionsekonomin är att med produktionsfunktionen komma fram till en bra produktförädling. Detta betyder att få en produkt som har ett mervärde för kunden än bara summan av insatsresurserna. Det viktigaste målet för ett vinstdrivande företag är att ha en bra lönsamhet genom effektiv produktförädling. (Olhager, 2000, s. 39)

7.1 Kvalitet

Kvalitet svarar på frågan ”Vad kunden vill ha och är villig att betala för?”. Man kan också formulera frågan till ”Kvalitet är när kunden kommer tillbaka men inte produkten.”. Kvalitet är något som är både ett begrepp för produkter och produktion. Man kan säga att produktkvalitet är att uppfylla kundernas förväntningar med olika produkter. För en produktionsfunktion menas också processkvalitet. Detta kan uttryckas i mån av kritiska dimensioner vid till exempel maskinbearbetning. Att ha en god kvalitet i produktionen syftar på en hög produktkvalitet. (Olhager, 2000, s. 42)

7.2 Flexibilitet

Flexibilitet är ett begrepp som betyder att vara anpassningsbar till ändrade situationer. På en längre sikt innebär det att snabbt kunna utveckla nya produkter och produktionssystem och få in dem och fungera med befintliga produkt- och produktionssystem. Om ett system är flexibelt kan det hantera nya teknologier och använda sig av föregående produktionssystem. (Olhager, 2000, s. 45)

8 Produktionssynpunkter

Produktionsaspekterna syftar på att göra en produkt tillverkningsvänlig och monteringsanpassad. Man skall alltid försöka att designa en produkt och ett produktionssystem parallellt och integrerat. Detta gör att man måste bestämma om nuvarande kompetens och utrustning kan användas eller om man måste komplettera dessa två. Detta kan gälla layout, produktionsutrustning samt kapacitetsbehov med avseende på personal och utrustning. (Olhager, 2000, s. 67)

8.1 Standardisering

Standardisering betyder att man gör en enhetlighet på olika kännetecken. Det kan vara material, mått, kvalitet, konstruktion, funktion, kvantitet. Man kan se det som olika nivåer som branschstandard, standardiserade slutprodukter och standardiserade artiklar. Med standardisering innebär att man har en viss flexibilitet. Detta genom att använda färre komponenter och att ha en komponent som har olika användningsområden, vilket gör att man kan utnyttja befintliga komponenter i en produktmix. En negativ sak på långsikt med standardisering är att man begränsar en produkts utveckling och kvarhåller den från bättre lösningar för kunder. (Olhager, 2000, s. 80-81)

8.2 Gruppering och modularisering

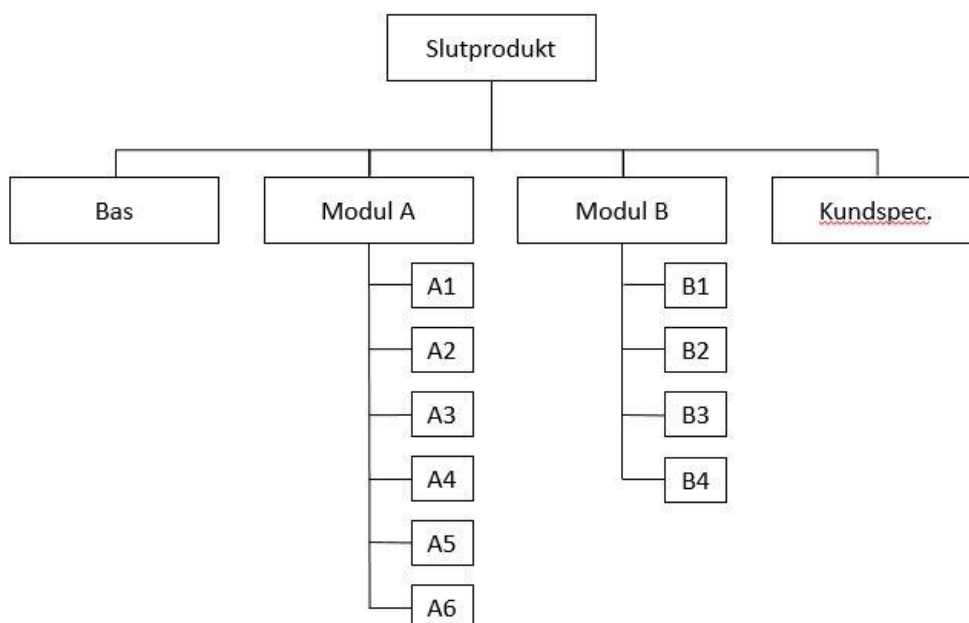
Att gruppera eller modularisera är att göra slutprodukter som består av kombinationer av givna delsystem och byggblock. Idén är att begränsa antalet komponenter och antalet slutprodukter så mycket som möjligt. Ett annat skäl är att produkter skall bli så billiga som möjligt för kunden, men även möta det krav som denne har. Grupp teknologi betyder att alla komponenter som liknar varandra grupperas i olika grupper. (Olhager, 2000, s. 78-81)

Själva metodiken med modularisering är att separera olika produkter i olika delar. Man skapar olika varianter som gör att moduler som skapas kan kombineras. Att skapa en moduluppbyggnad tar tid därför att man måste gå igenom alla modeller för att få en så bra konstruktion som möjligt.

Det finns tre olika fall av moduler som är bas-, variant- och kundmodul. Basmodulen är en plattform som har komponenter eller artiklar som är gemensamma för alla produkter. Variantmodulen är de olika varianterna som produceras men har samma basmodul med extra komponenter eller artiklar. Kundmodulen är skräddarsydd för kundensspecifika tycke.

En struktur på hur en modulariserad produkt kan ses i figur 12. Själva produkten har en basfunktion med variant- och kundmoduler. Genom att modularisera blir kontrollarbetet lättare, mindre service och kapitalbindning i produkterna reduceras eftersom man minskar på lagringen av produkterna. (Olhager, 2000, s. 81-82)

En konsekvent modularisering ger en blandning av konvergent och divergent produktion. Eftersom komponenter går igenom och installeras till ett fåtal moduler (konvergens), som sedan kan sättas ihop med andra moduler och skapa variation av produkten (divergens). (Olhager, 2000, s. 84)



Figur 12. Modulariserad produkt.

9 Konstruktion av ny teststation

Det första steget i detta projekt var att tala med uppdragsgivaren om vad som krävdes av en ny teststation. Specifikationen var att teststationen skulle vara flexibel, portabel och kunna utvecklas med nya modeller som tillkommer. Efteråt började man att gruppera och standardisera de olika manöverboxarna utgående från produktionssynpunkterna som behandlades i kapitel 8. Detta gjordes genom att se vilka manöverboxar som använde sig av samma funktioner så att mängden I/O-portar och stöpslar kunde begränsas till ett så fåtal som möjligt.

Efter att ha gjort upp en sammanställning över alla manöverboxars funktioner kunde planeringen av mängden I/O-portar börja. Detta gjordes med dokumentationen av grupperingarna och själva ritningarna för var och en av manöverboxarna. Detta var en viktig del i projektet eftersom det kunde underlätta det kommande arbetet om man gjort en överskådlig bild av hur många in- och utgångar som behövdes och hur själva programmet skulle konstrueras.

När man hade gjort en karta över hur många I/O som behövdes kunde det bestämmas hur många moduler som krävdes och göra en beställning på komponenterna som innehöll en PLC (unitronics Vision 570), expansionsmodul, fem signalsmoduler och en utsignals modul, se figur 13 och figur 14.

Efter att beställningen hade gjorts påbörjades programmeringen. Den inleddes med att göra ett program för skärmen med start-, huvud- och undermenyer. Eftersom alla modeller hade kategoriserats gjordes en enkel skärm med binära knappar som gick till en undermeny där respektive manöverbox för en viss kategori fanns. I denna meny fanns också binära knappar som representerade en manöverbox. Under dessa menyer finns en bild av binära lysdioder som representerar elementen som en specifik manöverbox har.

När skärmen var strukturerad började själva programmeringen av manöverboxarna som skulle testas. Detta gjordes med verktyget ladder logic som fanns integrerat i samma programvara som används för HMI-skärmen. Det första steget var att utföra programmeringen för de enklaste manöverboxarna. Baserat på tidigare kunskap kände man till hur logiken för dessa skulle fungera. I programmeringen användes de enkla logiska funktioner som beskrevs i kapitel 5.

När alla komponenterna hade kommit kunde man koppla upp datorn till själva utrustningen och simulera olika situationer efter hand de programmerades. Först kopplades expansionsmodulen till PLC:n med en ethernetkabel och varje I/O-modul kopplades i sin tur ihop med expansionsmodulen. Varje modul behöver en plus och minus ström som kan göras på två olika sätt antingen med sinking eller sourcing metoden som beskrivs i kapitel 4. I detta fall användes sourcing. Det konstruerades också olika testkablar för att kunna testa olika manöverboxar med programmet.

Till själva höljet användes två Schneider elektroniklådor av plast som företaget hade i lager. Den större användes för att gömma alla trådar, moduler och strömkällan samt den mindre för att få skärmen vinklad för bättre ergonomi, se bilaga 4. I lådan rymdes alla moduler samt en strömkälla på 24 VDC och en säkring mellan strömkällan och matningen till modulerna. Slutligen dokumenterades allt med ett ritprogram (bilaga 2).

När teststationen var klar utfördes testning av manöverboxarna på nytt för att korrigera felaktigheter man tidigare förbiset. Själva testningen var krävande eftersom det fanns 50 olika manöverboxar som alla behövde kontrolleras skilt för att testa alla eventuella buggar som uppstått. När testningen var gjord dokumenterades teststationens kopplingar igen för att rätta till något som hade blivit ändrat.

9.1 Unitronics PLC Vision 570

Ersättningen till den föregående teststationen blev en PLC Unitronics Vision 570 som ses i figur 13. Detta på grund av att företaget använder just denna PLC i andra styrsystem samt att den är ekonomisk, flexibel och håller hög kvalitet vilket kommer fram i kapitel 7. Själva komponenten är en PLC med inbyggd HMI-skärm på 5.7 tum och upp till 64k färger. Vision 570 har en mängd olika funktioner som digital, analog, temperatur och vikt moduler, samt 2 megabyte logik och upp till 500 bilder men eftersom man ville ha en bärbar teststation användes bara digitala I/O-moduler. (Unitronics)



Figur 13. Unitronics Vision 570

9.1.1 Moduler

Alla moduler är så kallade fjärrmoduler vilket gör att man kan sätta dem på en DIN-skena och koppla ihop dem. Expansionsmodulen som användes var en unitronics EX-A2X som kan ha upp till 8 I/O-moduler och klarar av 12 eller 24 VDC. Som digitala ingångar användes unitronics DI-I16 som har 16 ingångar av typen pnp eller npn och fungerar med 12 eller 24 VDC. Som digital utgång användes unitronics IO-TO16 som i sin tur har 16 utgångar antingen pnp/npn och den fungerar också med 12 eller 24 VDC. Figur 14 visar vilka moduler som användes. (Unitronics)



Figur 14. Expansions-, ingångs- och utgångsmodulerna

9.2 Programmering

Programmeringen skede med ett program som heter Visi Logic och är en gratis mjukvara av Unitronics. Programmet är en blandning av ladder logic och funktionsblock och det har en integrerad funktion som representerar HMI-skärmen som programmeras på samma sätt. Programmet har även en funktion för att konstruera olika alarm och trender. (Unitronics)

9.2.1 HMI och PLC

Eftersom det var flera som skulle använda teststationen fästes det stor vikt vid användbarhet som beskrivs i kapitel 6. Man ville göra en så överskådlig HMI display som möjligt med en bra funktion. Svart användes som textfärg, bakgrunden fick en mild grå färg och knappar och lysdioder fick rött för negativt och grönt för positivt.

Eftersom ett av kraven var att teststationen skulle vara flexibel om nya manöverboxar togs upp i produktionen, gjordes programmet så att de funktioner som elementen har lätt kan kopieras i ladder logic och skapa nya subrutiner. Även själva skärmarna är lätta att kopiera och sätta in nya binära lysdioder för respektive element som den nya manöverboxen har.

Med hjälp av tillhörande teori och Unitronics webinarer gjordes först en startskärm som vid uppstart visar företagets logo i 10 sekunder, se figur 15. Detta är gjort med en set bit (integrerad bit i programvaran) och en timer. När själva skärmen startar kommer den till en huvudmeny med en logo i vänstra hörnet, en mängd olika knappar som är kopplade med minnesbitar till olika undermenyer och en klocka i högra hörnet som är gjord med ett funktionsblock. Alla knappar är gröna med en svart text och visar olika modellkategorier, se figur 15.



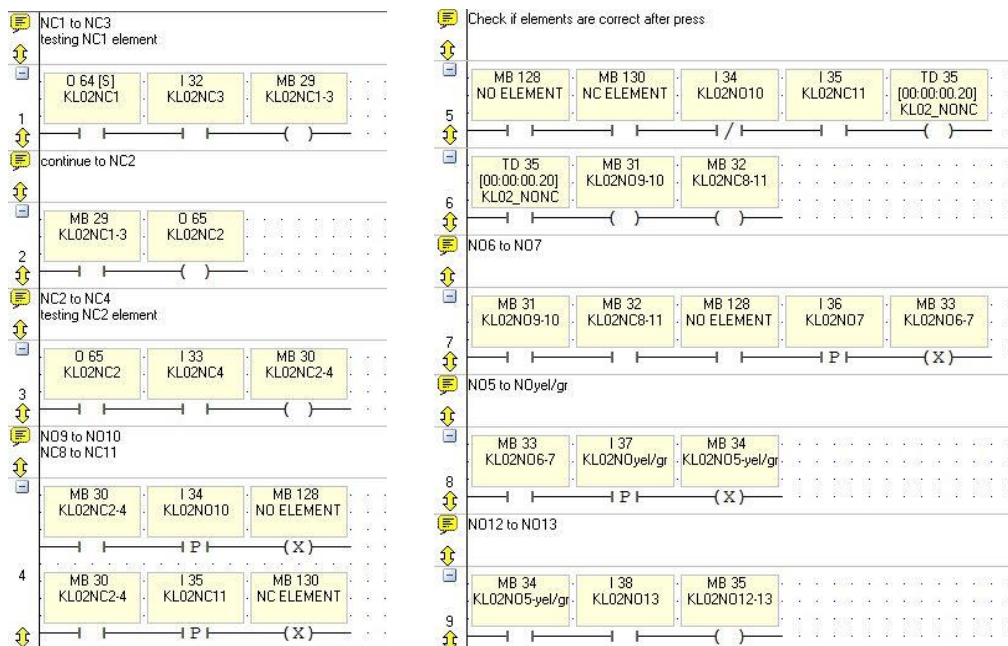
Figur 15. Startskärm och huvudmenyn



Figur 16. KL02 och KL02R displayen

Under varje kategori kommer det fram en liknande skärm med knappar för respektive manöverbox för just den kategorin. När en av dessa knappar väljs hoppar skärmen till en undermeny och startar ladderprogrammet för just den manöverbox som skall testas och representerar den med binära lysdioder på HMI-skärmen vilket ses i figur 16.

Själva ladderkoden är gjord så att programmet testas uppifrån med nödstoppet och ner till sista knapp eller brytare. Detta är gjort med en AND-funktion som beskrivs i kapitel 5 om programmering. Programkoden kan ses som exempel i figur 17.



Figur 17. Ladder logickoden för KL02R

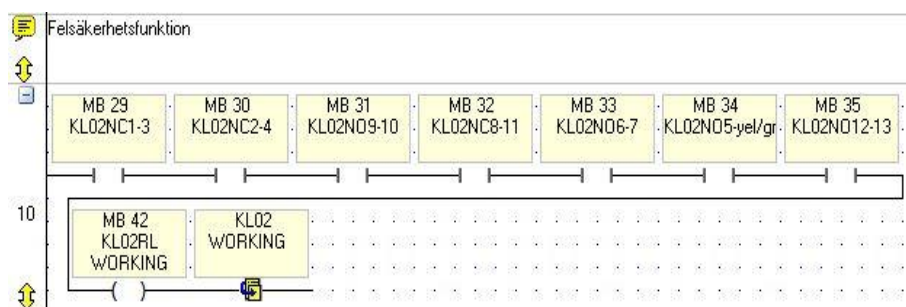
Varje binär lysdiod har en tråd som är matning eller en utgång och en insignal. Beroende på om det är ett dubbelelement måste ena tråden vara en utsignal och andra matning samt två trådar som insignaler. Om det endast är ett element kan man ha en matning och en insignal och kopplar det med AND-funktionen till nästa slinga som representerar nästa knapp och element.

Eftersom varje knapp har ett element och varje element representeras med en binär lysdiod så kommer de olika lamporna att lysa rött när något är fel eller inte blivit testat och lyser grönt om allt är rätt kopplat och alla knappar har tryckts i rätt ordning. Till knapparna användes ställbara spolar och pulskontakter för att knappen som trycks in inte skall hoppa tillbaka till icke-ledande, förutom nödstoppet som använder sig av en vanlig kontakt och spole.

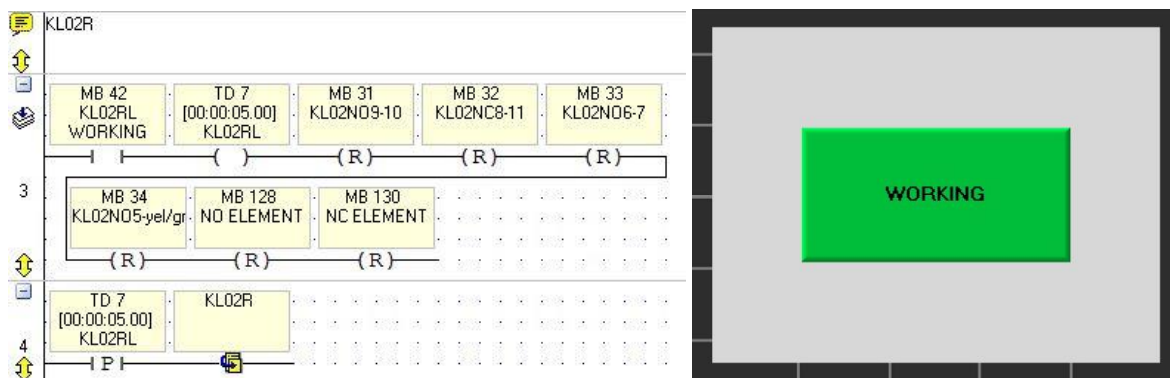
Brytare som har ett fast läge har också en vanlig kontakt och spole för att de kan sättas till av och på läge och stannar i vilket läge man har på och skulle skapa problem om de lämnade i minnet.

I slutet av varje program finns en felsäkerhetsfunktion som ser till att alla spolar som är kopplade till lysdioderna måste aktiveras. När den så kallade felsäkerhetsfunktionen blivit aktiverad hoppar displayen till en ny skärm där det står "working" med en stor grön ruta som bakgrund. Denna säkerhetsåtgärd gjordes för det är lätt hänt att användaren missar att kontrollera något element. Mänskliga fel av denna typ beskrivs i kapitel 6 om användbarhet.

Efter att "working skärmen" kommer upp hoppar programmet till en subrutin som startar en timer på 5 sekunder och gör en reset på alla ställbara spolar så att man kan börja testa nästa manöverbox. Även alla exit-knappar på manöverbox displayerna är en reset funktion. I figur 18 illustreras hur felsäkerhetsfunktionen ser ut och i figur 19 visas "working funktionen" med tillhörande skärm.



Figur 18. Felsäkerhetsfunktionen



Figur 19. KL02R "working skärm" samt tillhörande subrutin.

Ett par av specialmodellerna använde sig av två trådar som var ihopkopplade med varandra, en tråd från en kontakt och den andra från en annan. Detta gjorde att den ena blev en utsignal och den andra blev en insignal, för att vara säkra på att rätta trådar är kopplade. Dessa direkta kopplingar använder sig av en NOT- och AND-funktion och har en binär lysdiod som visar att trådarna är kopplade rätt.

Att göra själva programkoden gick bra eftersom alla modeller var grupperade efter hur de liknade varandra, vilket gjorde att samma funktioner för samma typ av element kunde användas under största delen av programmeringen. Endast specialmodeller och ett par varianter av de vanliga som kallas Quattro blev annorlunda med NAND- och XOR-funktioner men samma teori användes som i kapitel 5.

9.3 Installation

Själva lådan som skulle innehålla modulerna och strömkällan var färdig konstruerad för att passa mängden moduler som skulle användas. Även alla kontakter med trådar var monterade och man kunde genast koppla alla trådar till korrekt I/O. Detta finns dokumenterat i bilaga 2. Lådan som innehöll själva PLC- och HMI-skärmen var också klar med montering för att få skärmen vinklad. Även genomföringarna för kablarna var gjorda.

Installationen tog drygt en halv dag eftersom det fanns många trådar som skulle till samma I/O och det var elva stöpslar med allt från 16 till 4 trådar i varje. Utrymmet som fanns för själva kontakterna och modulerna var knappt och man fick lyfta ut och svänga de olika komponenterna för att kunna skruva fast alla trådarna. I bilaga 4 visas hur modulerna är installerade.

9.4 Testning

Testning utfördes under hela programmeringen men, när allt var installerat och alla funktioner i programmet antogs fungera rätt, gjorde man en manuell testning igen. I detta testningsskede fick man en bättre bild av hur hela systemets fungerade och det var betydligt enklare att upptäcka fel och brister i programmet, jämfört med att notera allt från simulationen av HMI-skärmen och att se vilka in- och utgångar som var aktiva. Felen rättades till och man testade var och en av manöverboxarna tills man var nöjd med resultatet.

9.5 Dokumentation

Den nya teststationen dokumenterades med två olika ritningar. Den ena visar hur modulerna och strömkällan är kopplade och den andra ger en översikt av vilka in- och utgångar som användes. Detta gjordes i ett program som heter E3.Schematic som företaget använder sig av. Eftersom alla komponenter redan fanns i programmet fick man genast börja plocka in alla komponenter och dra linjer till rätt komponent, enligt vad man hade gjort i praktiken. Själva ritningarna som gjordes finns i bilaga 1 och bilaga 2.

10 Resultat

Målet med arbetet var att planera och konstruera en testenhets för manöverboxar som skulle vara bärbar, användarvänlig och flexibel. Arbetet genomfördes med vikt på att få en så kompakt och portabel teststation som möjligt, vilket innebar att man blev tvungen att hitta en medelväg för hur många och vilken typ av moduler som användes i teststationen.

Detta ledde till att man kom fram till att en del funktioner inte fungerade enligt vad som hade planerats, vilket gjorde att man fick ett par manöverboxar som inte fungerade korrekt och även vissa som inte kunde användas med nuvarande kopplingar.

Själva slutresultatet blev ändå en fungerande teststation som var användarvänlig, bärbar och flexibel. Den fungerar med de allra viktigaste manöverboxarna som företaget producerar och uppfyller de krav som uppdragsgivaren hade.

Teststationen har varit i användning under våren 2015 och den har upptäckt ett antal manöverboxar som har varit fel kopplade, vilket den föråldrade teststationen inte har gjort. Detta har inneburit att färre felkopplade manöverboxar har skickats till kunden.

11 Diskussion

Det har varit lärorikt att få göra ett projekt från början till slut och att själva sökt information i olika källor och sammanställt en helhetslösning på problemen som fanns och vad som kunde förbättras. I början hade jag inte så mycket kunskap om ladder logic och hur programvaran fungerade utan allt började med att man fick gå tillbaka till grunderna om PLC-teknik och ladder logic-programmering för att förstå hur de olika problemen skulle lösas.

Jag har jobbat ganska mycket med att montera de olika manöverboxarna vilket har gjort att jag hade baskunskaper om vad de olika funktionerna skulle utföra och hur alla element

fungerade. Ganska snabbt insåg jag att den digitala programmeringen var annorlunda än verkligheten när det kom till att skapa de olika funktionerna för att testa manöverboxarna.

Det blev en hel del ändringar när det framkom att teststationen skulle användas för att testa så många olika typer av manöverboxar. Eftersom stationen skulle vara kompakt och bärbar så rymdes det enbart ett begränsat antal I/O-moduler. Då blev jag tvungen att göra en kompromiss så att testningen av de viktigaste och vanligaste modellerna fungerade på ett korrekt sätt. Även en pull down resistor sattes in för en modell för att den skulle gå att testa.

Resultatet blev en fungerande teststation för de flesta manöverboxar. Eftersom det kommer nya manöverboxar med jämna mellanrum kommer jag att programmera även dessa under 2015 och även förbättra och se om det går att lösa de problem som uppstod med ett par av manöverboxarna.

12 Källförteckning

Bolton, W. eds., 2006. *Programmable logic controllers. Fourth edition.* Oxford: Elsevier Newnes.

Delton, T. Horn. eds., 1992. *Electronic components. A complete reference for project builders.* USA: TAB Books.

Digital logic functions (u.å.). [Online]

http://www.allaboutcircuits.com/vol_4/chpt_6/2.html [hämtat: 20.4.2014]

Fiset, J-Y. eds., 2009. *Human-Machine interface. Design for process control applications.* North Carolina.

Introduction into IEC 61131-3 Programming Languages (u.å.). [Online]

http://www.plcopen.org/pages/tc1_standards/iec_61131_3/ [hämtat: 06.03.2015]

Jones, R., 2013. *Webinars.* [Online]

<http://www.unitronics.com/support/webinars> [hämtat: 3.7.2014]

Kamel, K. & Kamel, E. eds., 2014. *Programmable logic controllers. Industrial control.* USA: RR Donnelley.

Olhager, J., 2000. *Produktionsekonomi.* Lund: Studentlitteratur.

Plastic cable glands IP55 (u.å.). [Online]

http://media.klinkmann.fi/catalogue/en/Legrand/Legrand_Plastic_Metal_Cable_Glands_en_0712.pdf [hämtat: 06.03.2015]

Schneider Electric, 2013. *The essential guide of control panel. Helping you easily select the right product.* Frankrike: Altavia St Etienne

Unitronics IO-DII6 (u.å.). [Online]

http://www.unitronics.com/docs/io_expansions/io-di16-io-di16-l.pdf?sfvrsn=0 [hämtat: 20.5.2014]

Unitronics EX-A2X (u.å.). [Online]

http://www.unitronics.com/docs/io_expansions/ex-a2x_spec_12-09.pdf?sfvrsn=0 [hämtat: 20.5.2014]

Unitronics IO-TO16 (u.å.). [Online]

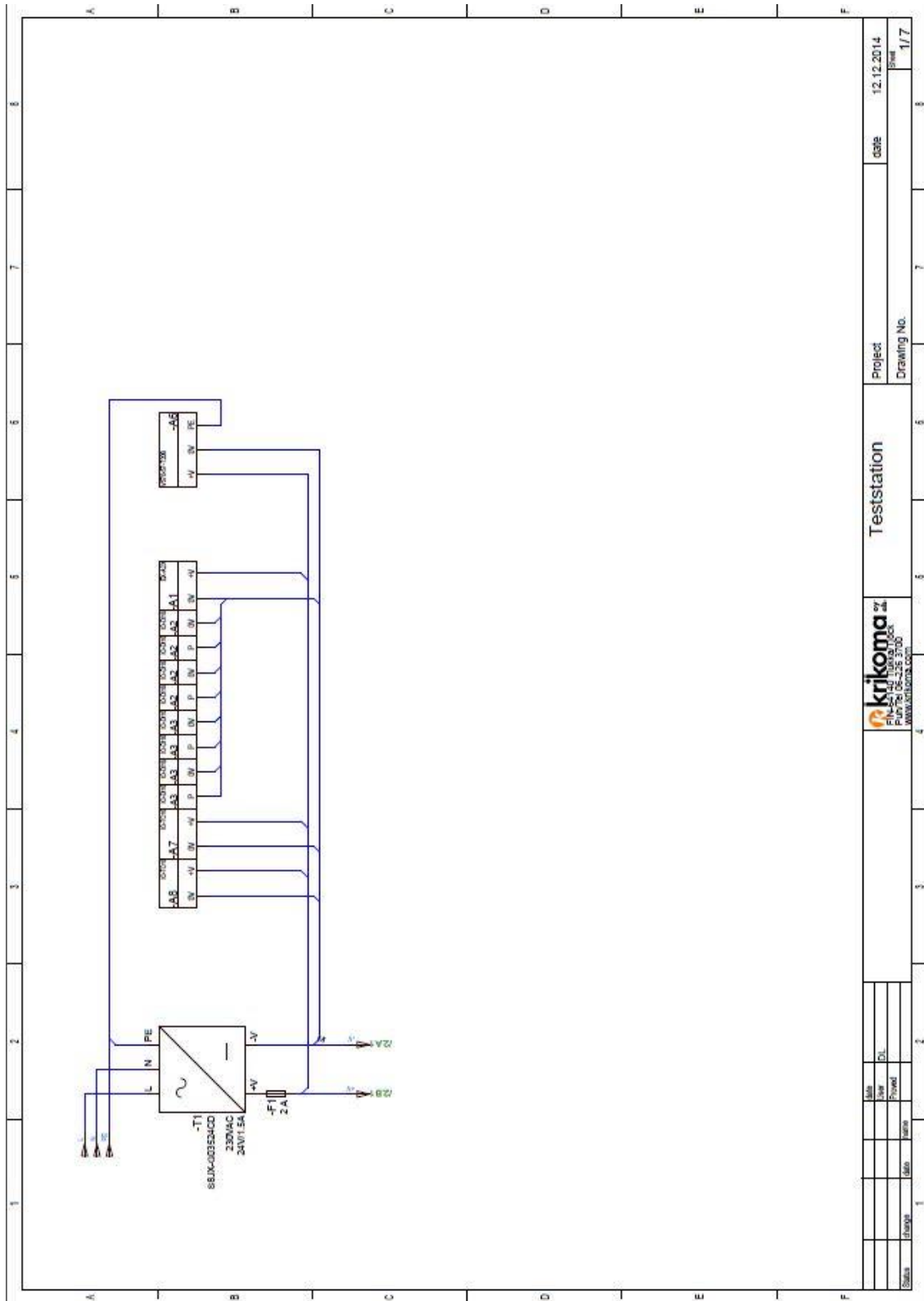
<http://www.unitronics.com/Downloads/Support/IO%20and%20COM%20Modules/IO%20Expansions/IO-TO16%20Specifications.pdf> [hämtat: 20.5.2014]

Welcome to VisiLogic knowledgebase., 2015 [Online]

<http://www.unitronics.com/knowledgebase/visilogic/visilogicknowledgebase/index.htm>
[hämtat 12.8.2014]

What is an HMI? (u.å.). [Online]

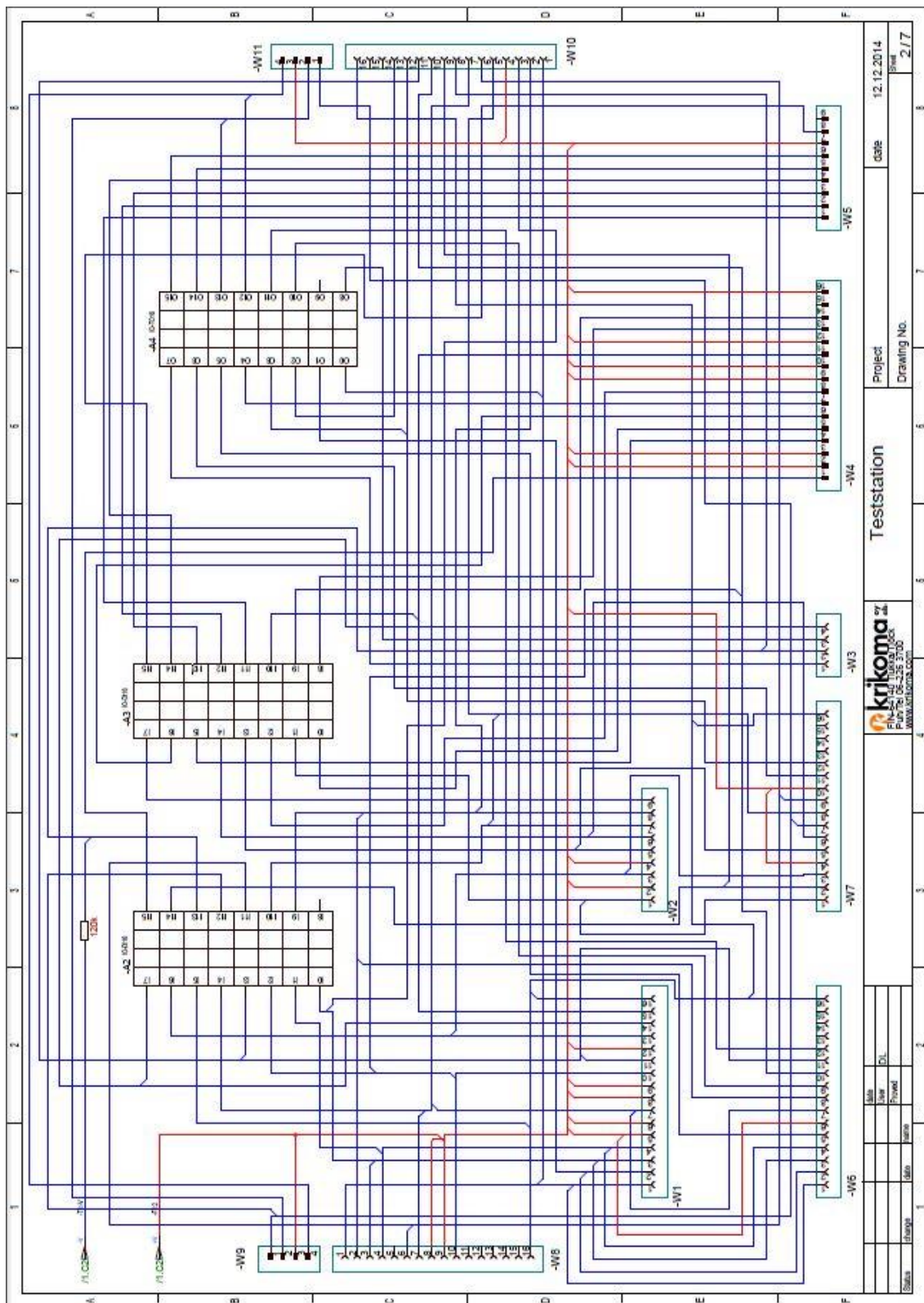
http://www.unitronics.com/KnowledgeBase/U90Ladder/HMI/Display/What_is_an_HMI_.htm [hämtat: 13.2.2015]



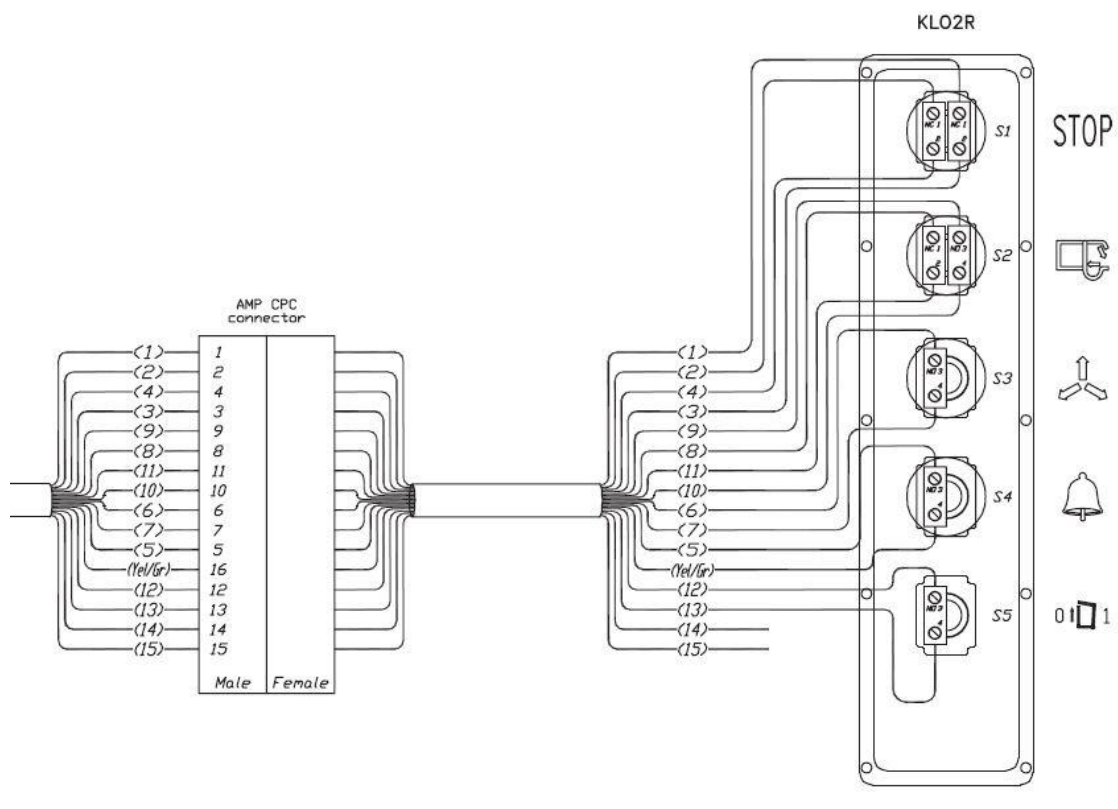
Ritning över matningen till modulerna.

Date		Date		Project		Date	
				Teststation		12.12.2014	
Drawn		Checked		Drawing No.		Sheet	
						1/7	

 FINLANDS LÄROTEKNIK AB WWW.KRIKOMA.COM			
Status	change	date	name



Ritning över I/O moduler och kontakter.



Ritningen för KL02R.



En bild av KL02R med komponenter.



Installation av I/O-modulerna.



Den nya teststationen