

Examensarbete, Högskolan på Åland, Utbildningsprogrammet för Elektroteknik

OPTIMERING AV SPRIDARSTYRNING

- Uppspolning av slang

Andreas Henriksson, Benjamin Mattsson



06:2018

Datum för godkännande: 15.05.2018

Handledare: Matias Waller

EXAMENSARBETE

Högskolan på Åland

Utbildningsprogram:	Elektroteknik
Författare:	Andreas Henriksson, Benjamin Mattsson
Arbetets namn:	Optimering av spridarstyrning - Uppspolning av slang
Handledare:	Matias Waller
Uppdragsgivare:	Optinova Ab

Abstrakt

Examensarbetet handlar om automation och PLC-styrning.

Syftet med arbetet var att förbättra Optinovas nuvarande styrning för uppspolning av slang. Det gjordes genom att analysera befintliga uppspolningsmöjligheter och på basen av denna analys definiera en funktionsbeskrivning och sedan bygga en prototyp, innefattande ritningar och programkod.

Resultatet tyder på att den elektriska styrningen fungerar, men att prototypen behöver utvecklas ytterligare för att eliminera störningar som påverkar uppspolningen negativt.

Nyckelord (sökord)

automation, optinova, PLC, slang, spridarstyrning

Högskolans serienummer:	ISSN:	Språk:	Sidantal:
06:2018	1458-1531	Svenska	29 sidor

Inlämningsdatum:	Presentationsdatum:	Datum för godkännande:
09.04.2018	15.05.2018	15.05.2018

DEGREE THESIS

Åland University of Applied Sciences

Study program:	Electrical Engineering
Author:	Andreas Henriksson, Benjamin Mattsson
Title:	Optimization of spreader control - Tube winding
Academic Supervisor:	Matias Waller
Technical Supervisor:	Optinova Ab

Abstract
<p>This thesis is about automation and PLC control.</p> <p>The purpose was to improve the current automation system for tube winding. It was done by analysing the current possibilities to coil the tube. Based on this analysis, a function description was defined and a prototype was built, including program code and electrical drawings.</p> <p>The result indicates that the electrical automation system is working though the prototype still needs work in order to try to eliminate disturbances affecting the winding in a negative way.</p>

Keywords
automation, optinova, PLC, spreader control, tube

Serial number:	ISSN:	Language:	Number of pages:
06:2018	1458-1531	Swedish	29 pages

Handed in:	Date of presentation:	Approved on:
09.04.2018	15.05.2018	15.05.2018

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	6
1. INLEDNING	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Optinova Ab	7
1.3 Syfte	8
1.4 Definitioner	8
1.5 Avgränsningar	8
1.6 Disposition	8
2. FUNKTION	9
2.1 Funktionsbeskrivning	9
2.2 Mekanisk styrning	10
2.3 Elektrisk styrning	11
3. METOD	12
3.1 Analysering	12
3.2 Projektering	13
4. OMBYGGNAD AV UPPSPOLARE	14
4.1 Demontering och montering	14
4.2 Byggnation av reglersystemet	18
4.3 Konfigurering och programmering av PLC	20
4.3.1 Konfigurering	20
4.3.2 Programmering	21
4.4 Konfigurering och programmering av HMI	22
5. RESULTAT	23
5.1 Första testkörningen	23
5.2 Test och justeringar	23
5.3 Jämförelse av uppspolad slang	25
5.4 Vidareutveckling	26
6. SLUTSATS	27
KÄLLFÖRTECKNING	28
BILAGOR	30
Bilaga 1 - HMI (Beijer, 2018)	
Bilaga 2 - PLC (Beckhoff, 2017a)	

- Bilaga 3 - Servomotor (Beckhoff, 2018)
- Bilaga 4 - Terminal servomotor (Beckhoff, 2017b)
- Bilaga 5 - Terminal -10...+10 V (Beckhoff, 2016a)
- Bilaga 6 - Terminal 4...20 mA (Beckhoff, 2017c)
- Bilaga 7 - Terminal Digital Input (Beckhoff, 2017d)
- Bilaga 8 - Terminal Digital Output (Beckhoff, 2016b)
- Bilaga 9 - Vinkelgivare (Contelec, 2018)

FÖRORD

Ett tack framförallt till Emil Cederlöf på Optinovas utvecklingsavdelning, som varit vår handledare under projektets gång. Även ett tack till övrig personal på Optinova som medverkat på ett eller annat sätt.

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Bakgrunden till detta arbete kommer från vårt gemensamma intresse för automation. Vi valde att kontakta Optinova Ab med en förfrågan om de hade ett lämpligt projekt att tillhandahålla. Vi fick förslaget att se över styrningen för uppspolning av nytillverkad slang i deras fabrik i Godby, Åland. I dagsläget har uppspolningen mekanisk styrning vilket inte ger önskvärt resultat. Den färdiga produkten blir uppspolad för löst samt att spridningen av slangen över trumman inte är tillräckligt exakt. Vår uppgift blev att utveckla ett elektriskt styrsystem för en uppspolare, komplett med programkod och ritningar, samt att bygga om en befintlig uppspolare till en prototyp med den nya styrningen. Vi tyckte detta lät som ett givande och intressant projekt och kom överens med Optinova om vad som skulle göras från vår sida och en tidsplan för analysering, projektering och byggande av prototyp.

1.2 Optinova Ab

Optinova Ab är ett globalt företag, grundat 1971, som tillverkar precisionsslang för både medicinskt bruk och till industri. Produktionen sker i Thailand, USA och på Åland (figur 1). De har även kontor i Kina, Sverige, Thailand, Tyskland och USA. Totalt jobbar fler än 400 personer på Optinova Ab (Optinova, 2016).



Figur 1. Optinovas fabrik i Godby (Optinova, 2016)

1.3 Syfte

Syftet med arbetet var att utveckla ett nytt styrsystem för en så kallad uppspolare. En uppspolare är en fristående maskin som spolar upp slang.

1.4 Definitioner

Extruder - Material pressas genom extrudern för att bilda slang.

Feedback - Återkoppling av signal.

HMI - Human Machine Interface. Detta är en pekskärm som användaren övervakar och styr maskinen med.

Interface - Avser här det grafiska gränssnittet där man övervakar och styr uppspolaren.

IP-adress - Internet Protocol adress, unik komponentadress i nätverk.

I/O - In- och utgångar.

Linjär - Omvandlar rotationsrörelse till linjärrörelse.

PLC - Programmable Logic Controller.

Servomotor - Elektriskt styrd precisionsmotor.

Setpoint - Inställt börvärde.

1.5 Avgränsningar

Vi prioriterar att få en fungerande reglering för en (1) dimension av slang och på en modell (bredd) av spole. Eftersom vi bygger om en uppspolare till en prototyp som ej kommer användas i produktion utan enbart för att experimentera med kommer det inte krävas någon CE-märkning.

1.6 Disposition

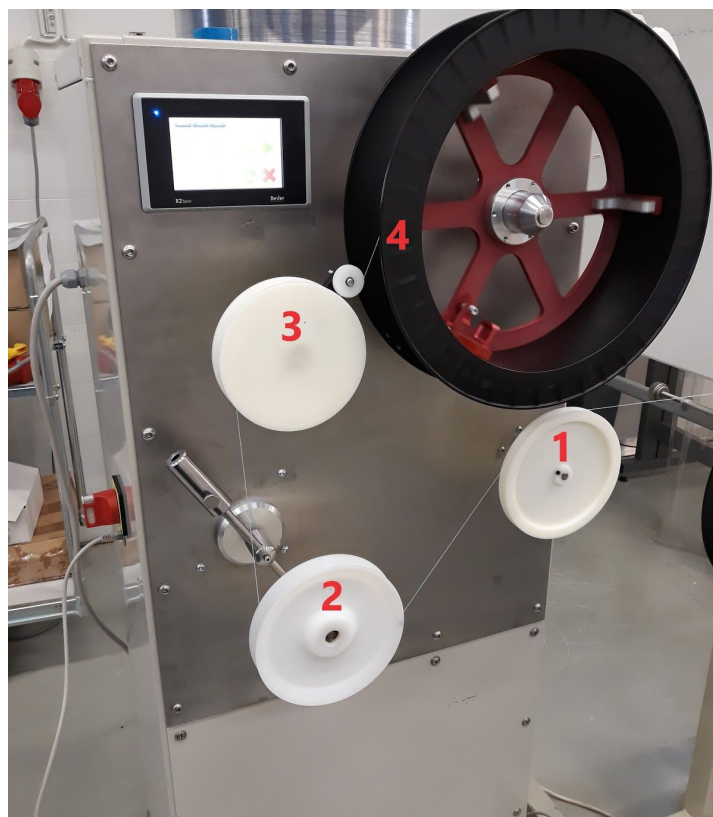
Uppsatsen inleds med en funktionsbeskrivning som klargör den allmänna funktionen för uppspolning av slang. Där beskrivs både det gamla, mekaniska styrsystemet samt det nya, elektriska styrsystemet. I metoddelen förklaras hur vi gick tillväga vid analysering och projektering. Därefter berättar vi om projektets gång, ritningar, ombyggnation, programmering och slutligen presenteras resultatet samt slutsatser.

2. FUNKTION

2.1 Funktionsbeskrivning

Nyttillverkad slang kommer ut från extrudern, genom ett vattenbad där den kyls, vidare till en lasergivare där dimensionen samt rundheten på slangen mäts. Efter det går slangen till en dragare som drar slangen mot uppspolaren.

I figur 2 visas framsidan av uppspolaren. Om vi följer slangens väg ser vi att den leds in över ett hjul (1) som roteras och används för att räkna antal meter slang som spolas upp. Sedan förs slangen vidare till nästa hjul (2) som sitter på en arm. Armen är rörlig och påverkar en vinkelgivare som används för att reglera hastigheten. Slangen leds efter det till nästa hjul (3) som är monterat på en servomotor som knuffar slangen horisontellt mellan två ändlägen och på så sätt styr uppspolningen. Till sist når slangen spolen (4) som även den är monterad på en roterande servomotor. Då spolen blivit full stannar uppspolningen och spolen byts ut manuellt.



Figur 2. Slangens väg till spolen

2.2 Mekanisk styrning

Den gamla, mekaniska styrningen (figur 3) sker med hjälp av en elmotor och en rem som driver både rotation av spolen samt slangspidaren. Hastigheten regleras via vinkelgivaren och matningen över spolen styrs med två mekaniska, justerbara ändlägen samt ett mekaniskt reglage där man kan justera hur tätt slangen spolras. Dessa inställningar måste göras manuellt, är relativt tidskrävande samt ger inte den noggrannhet som önskas. Mekaniskt slitage efter många driftstimmar påverkar kvaliteten av uppspolningen.



Figur 3. Den gamla styrningen

2.3 Elektrisk styrning

Uppspolaren styrs via ett gränssnitt där operatören kan starta och stoppa uppspolaren, övervaka hur många meter slang som spolats upp samt ställa in parametrar för uppspolningen. I gränssnittet finns en serviceflik som är lösenordsskyddad där en del parametrar kan ändras. Där finns även möjlighet att köra motorerna manuellt. Hela processen styrs med hjälp av en PLC. En fristående lasergivare kommer att användas för att mäta diametern på slangen och beroende på mätningen ändrar programmet de berörda parametrarna för att få ett bra resultat på uppspolningen. Således behöver inte maskinoperatören ställa in parametrarna då annan typ av slang tillverkas. Byte av spole sker fortsättningsvis manuellt, därför kommer det behövas någon form av signal till operatören när trumman börjar bli full. I figur 4 visas den nya styrningen.



Figur 4. Den nya styrningen

3. METOD

3.1 Analysering

På Optinovas fabrik i Godby finns det en mer komplex uppspolare som har elektrisk styrning för uppspolningen. Den byter även spole automatiskt. Denna uppspolare är dyrare, större och konstruerad för högre hastigheter än vad som krävs vid normal produktion. Därav är det intressant att ha en mindre och mer lättanvänd uppspolare, som den vi behandlar i det här arbetet.

Vi monterade en kamera som filmade processen (figur 5) medan vi ändrade en del parametrar för att få en bättre förståelse för funktionen samt vad som kommer krävas för en bra reglering. Uppspolaren arbetar snabbt och med klen slang så det är svårt att se vad som händer utan att sakta ned processen. Materialet vi fick från kameran kunde vi sen spela upp i mycket låg hastighet vid kritiska ögonblick för att få en tydlig bild av uppspolningen, till exempel då slangen når sitt ändläge på trumman och börjar gå åt andra hållet. Vi fick även en uppfattning om hur tätt slangen behöver spolas upp på trumman.



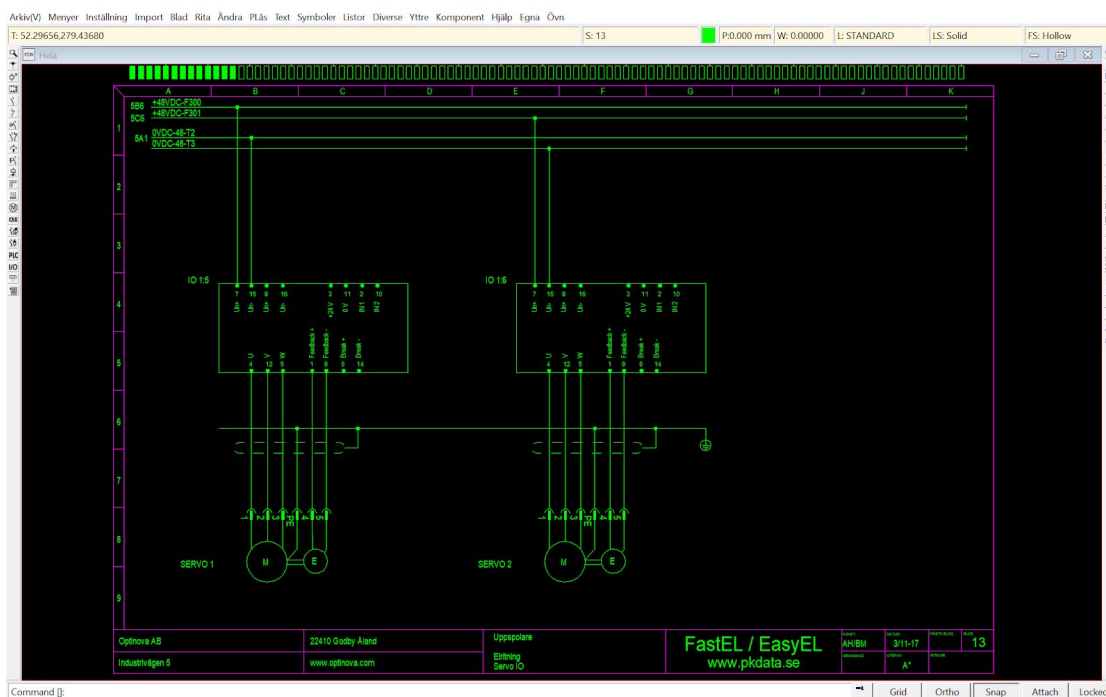
Figur 5. Bild från analyseringen. Slangen är nära ändläge och växlar snart riktning

3.2 Projektering

Vi fick tillgång till Optinovas program för PLC-programmering, TwinCat 3 och programmet iX-developer som används för att programmera HMI:n med. Vi fick även tillgång till FastEL (figur 6), programmet de använder för elritningar. Vi tittade på den mekaniska uppspolaren som skulle byggas om till prototyp och gick igenom hur vi skulle konstruera den nya styrningen samt vilka komponenter som skulle behövas. En beställningslista sammanställdes bestående av:

- PLC med nödvändiga I/O moduler
- 2 st servomotorer samt växellådor och en linjär
- HMI
- Motorkablar, säkringar, reläer, transformatorer och vinkelgivare.

När delarna blivit beställda började vi konstruera ritningar och bekanta oss med mjukvaran för programmering.



Figur 6. Skärmdump från FastEL. Ritning över servomotorernas I/O-moduler

FastEL är ett relativt enkelt program att arbeta med där många komponenter, spänningsmatningar o.s.v. finns färdigt att välja.

4. OMBYGGNAD AV UPPSPOLARE

4.1 Demontering och montering

Ombyggnaden började med att skåpet (figur 7) tömdes och alla de gamla komponenterna monterades bort. Plåten i botten på skåpet togs bort och rensades på delar. Det som sparades för återmontering var hjulen som slangen löper över samt bottenplattan som elsystemet är monterat på. Sedan började byggnationen av den nya styrsystemet.



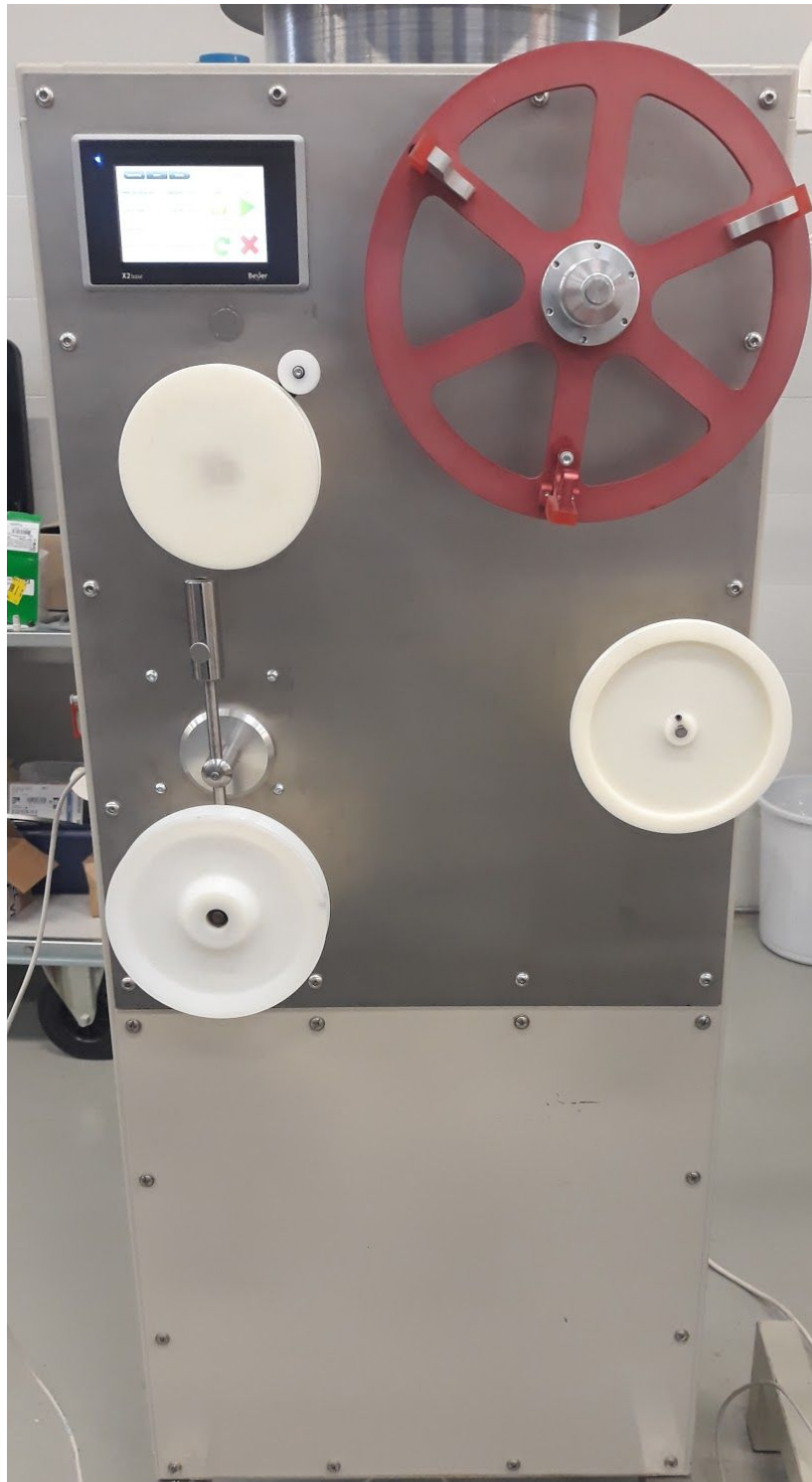
Figur 7. Hur skåpet såg ut med den gamla styrningen

I figur 8 har HMI:n (Bilaga 1), uppe till höger, blivit monterad. Under den är spridarservon med tillhörande linjär som kommer styra slangen över spolen. De långa kablarna är för ändlägesbrytarna. Till vänster om spridarservon sitter pulsgivaren som används för att räkna antal meter uppspolad slang. Det görs genom ett hjul med armar som passerar en induktiv givare. För varje arm som passerar givaren ges en puls. Man vet hur mycket slang som spolas per puls och kan då konstruera ett räkneverk i PLC-koden.



Figur 8. De gamla komponenterna borttagna. Spridarservo, HMI och pulsgivare monterade

Nedan, i figur 9, har alla hjul, axlar och givare blivit monterade. På spridarservon syns ett litet extra styrhjul som beskrivs senare i texten. Under spridarservon har vinkelgivaren (Bilaga 9) blivit monterad.



Figur 9. Framsidan av uppspolaren

I figur 10 nedan visas insidan av skåpet då allting är monterat och ihopkopplat. Färdigt för att börja programmera.

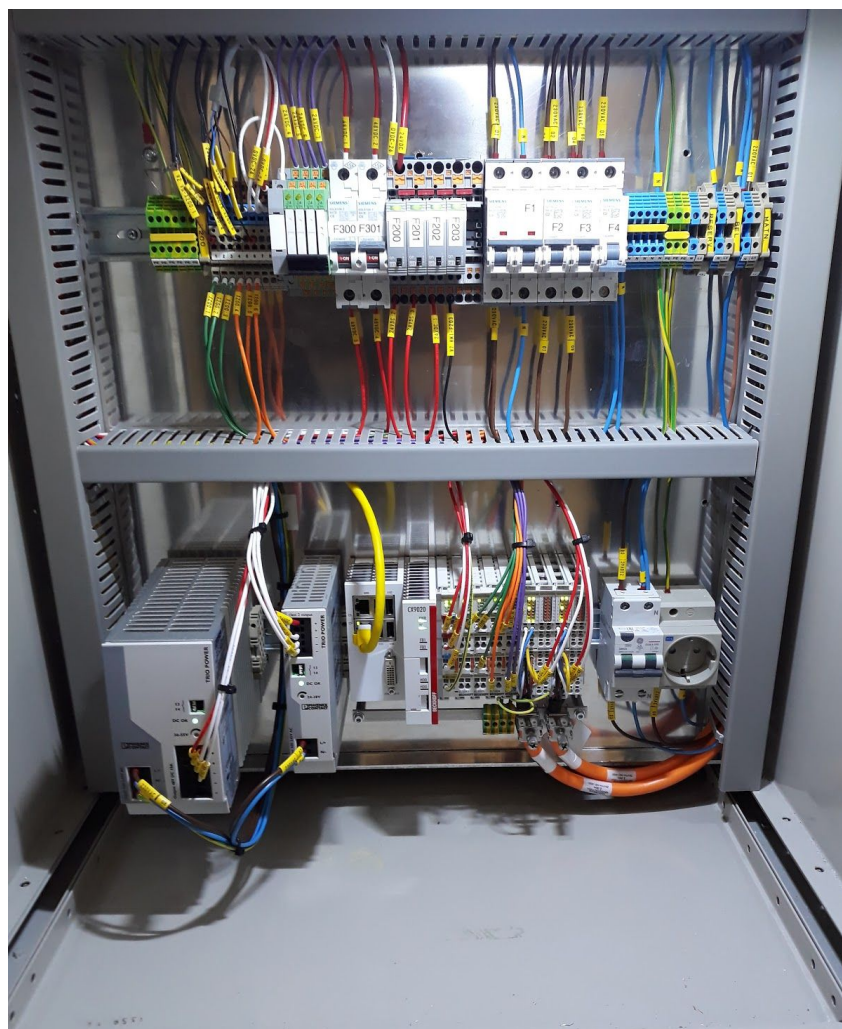


Figur 10. Elsystemet monterat och inkopplat samt båda servomotorer

4.2 Byggnation av reglersystemet

Vi återanvände bottenplattan och började med att montera de nya komponenterna, DIN-skenor samt kabelkanaler. Därefter byggdes det upp enligt el-ritningarna som vi tidigare skapat. Färgerna på trådarna är valda enligt Optinovas utvecklingsavdelnings standard.

I figur 11 ser man upp till vänster plintraden för givare, sedan relän som påverkas via PLC-utgångarna. Därefter sitter säkringar för servomotorer, givare, PLC samt 230 volts delen som består av skåpbelysning samt serviceuttag. På nedre raden från vänster sitter transformatorerna, 230/48 V samt 230/24 V. Efter dom är PLC:n (Bilaga 2) med tillhörande moduler och till sist jordfelsbrytare och serviceuttag.



Figur 11. Komponenterna monterade och inkopplade på bottenplattan

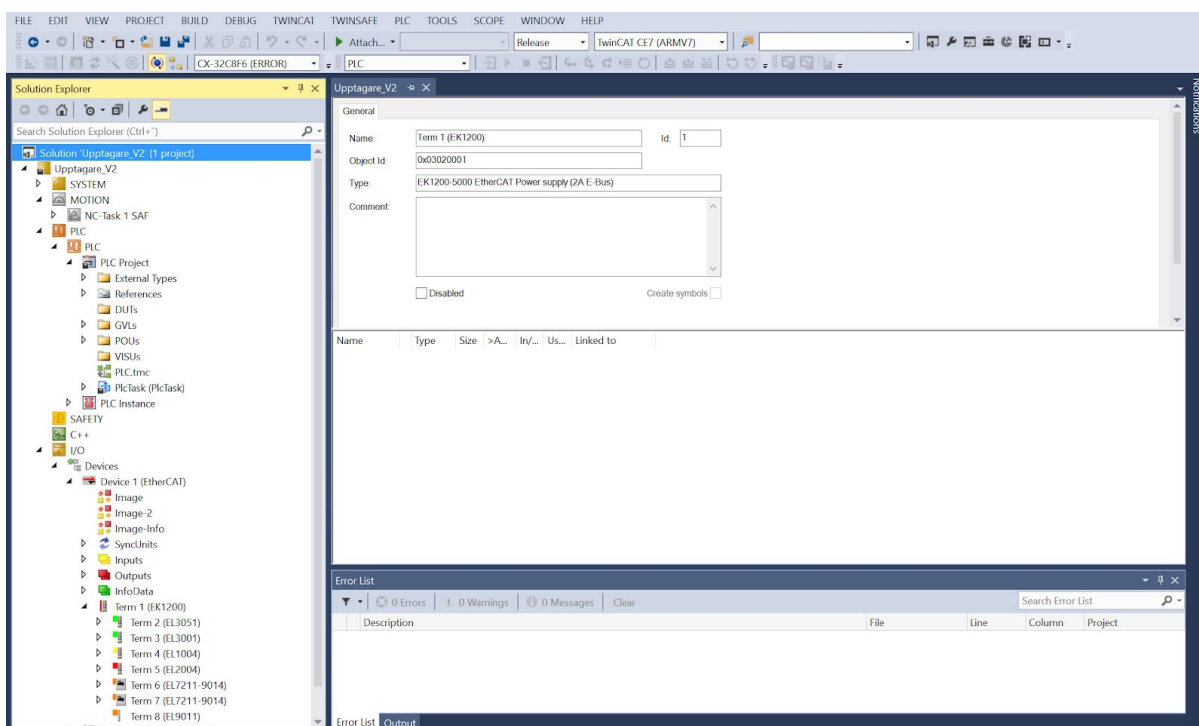
PLC:ns I/O-moduler består av en analog input för 0-10 V signal (Bilaga 5), som kommer användas för den fristående lasergivaren. Den signalen kommer att räknas om i programkoden för att få ut en diameter. Det finns också en analog inputmodul för 4-20 mA signal (Bilaga 6), som används till vinkelgivaren. Även den signalen översätts i programmet, men till en hastighet.

De två digitala I/O-modulerna används som binära in och utgångar. Ingångarna är induktiva givare såsom ändlägesbrytare, alltså fysiska givare som påverkas om spridaraxeln körts för långt åt endera håll. Pulsgivaren är även den en digital input (Bilaga 7) som skickar pulser till en räknare i programmet som ger ut antalet meter slang som spolats. De digitala utgångarna (Bilaga 8) är kopplade till respektive relä som kan används för t.ex indikering då spolen är full, eller om programmet ger ut en felkod och processen stannar. De två återstående modulerna är terminalerna för servomotorerna (Bilaga 3). Dessa är identiska och gör det möjligt för oss att skicka och ta emot data såsom setpoints för position, hastighet samt feedback från dessa . Många av de parametrar som styr uppspolningen ska gå att ställa och manövrera från HMI:n. Kommunikationen mellan PLC och HMI sker via en ethernetkabel. Båda konfigureras med unika IP-adresser.

4.3 Konfigurering och programmering av PLC

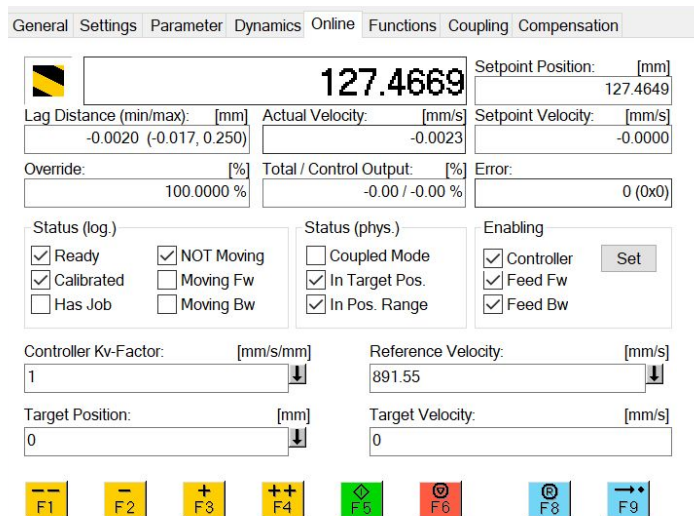
4.3.1 Konfigurering

Det första vi behövde göra var att konfigurera programmet TwinCat 3. Vi kopplade därefter ihop PLC och PC med en ethernetkabel. När vi sedan konfigurerat PLC:n var det enkelt att i programmet söka efter I/O moduler som är monterade på PLC:n. I figur 12 visas en överblick över TwinCat 3.



Figur 12. Överblick över TwinCat 3

Efter att vi hade slutfört konfigureringen kunde vi provköra servomotorerna direkt i programmet utan att ha skrivit ett program, så länge vi var uppkopplade till PLC:n. Detta var smidigt eftersom vi t.ex. kunde kontrollera att motorerna gick åt rätt håll vid ett visst givet kommando. I figur 13 visas online-fliken där man kan ge in en setpoint för hastighet och position samt feedback för dessa. Eventuella felkoder kan avläsas, samt en override som ger ut antalet procent av given setpoint till servomotorn.



Figur 13. Fliken "Online" i Twincat 3

4.3.2 Programmering

Några programmeringsuppgifter som vi stod inför var:

- Att få spridaren att röra sig en slangdiameter längd när spolaren roterat ett varv
- Att få spridaren att stanna vid spolens kant tills spolen roterat ett varv
- Att omvandla signal från vinkelgivaren till en hastighetssignal för spolarservon
- Att räkna ut antal meter slang som spolats upp och sedan stanna programsekvensen vid angivet värde
- Att kunna justera slangens spridning över spolen
- Att kunna justera slangens indrag från spolens kanter

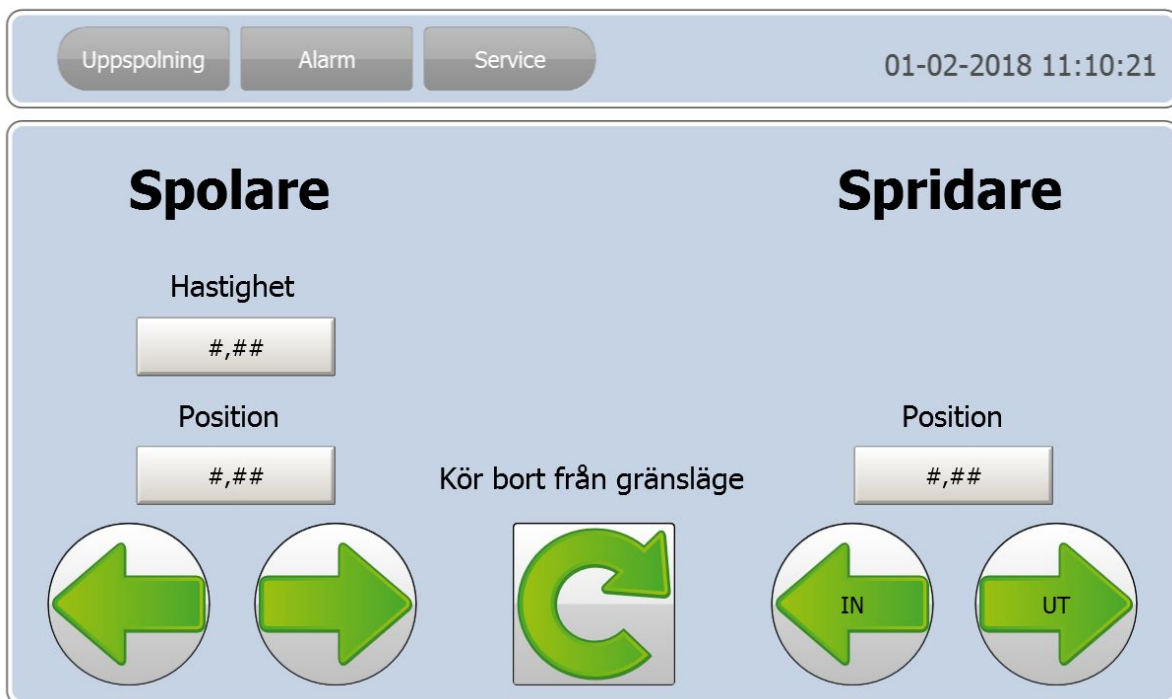
Det första programmet vi skrev var en programsekvens som stannar spridarservon vid ändlägen för att hindra servon från att köra för långt vid eventuella fel och ta skada av ett mekaniskt stopp. Som komplettering till denna sekvens skrev vi en återställningssekvens som kör tillbaka spridaren från ändläget. Denna återställning måste köras före det går att fortsätta programmet.

Vi byggde upp vårt program till största delen av olika case-satser, där det utförs ett kommando och beroende på resultat hoppar vidare till angiven case-sats där nästa kommando

ges o.s.v. Med case-satser är det lätt att konstruera en programsekvens där vissa villkor måste uppfyllas före programmet går vidare till nästa steg i sekvensen.

4.4 Konfigurering och programmering av HMI

För att få HMI:n att kommunicera med PLC:n behövde vi konfigurera en del parametrar, både för PLC och HMI. Efter vi konfigurerat färdigt importerade vi variabler från PLC:n till iX-Developer, där vi grafiskt konstruerade ett gränssnitt (figur 14) för att sedan ladda över programmet till HMI:n så att vi kunde testa funktionen, som visade sig fungera till belåtenhet. Nästa steg var att fortsätta utveckla det grafiska gränssnittet med fler funktioner och flikar. Medan vi utvecklade PLC-programmet behövde vi efterhand importera variabler på nytt till iX-Developer, för att sedan länka dessa till deras respektive funktioner.



Figur 14. Fliken Service i iX-Developer

5. RESULTAT

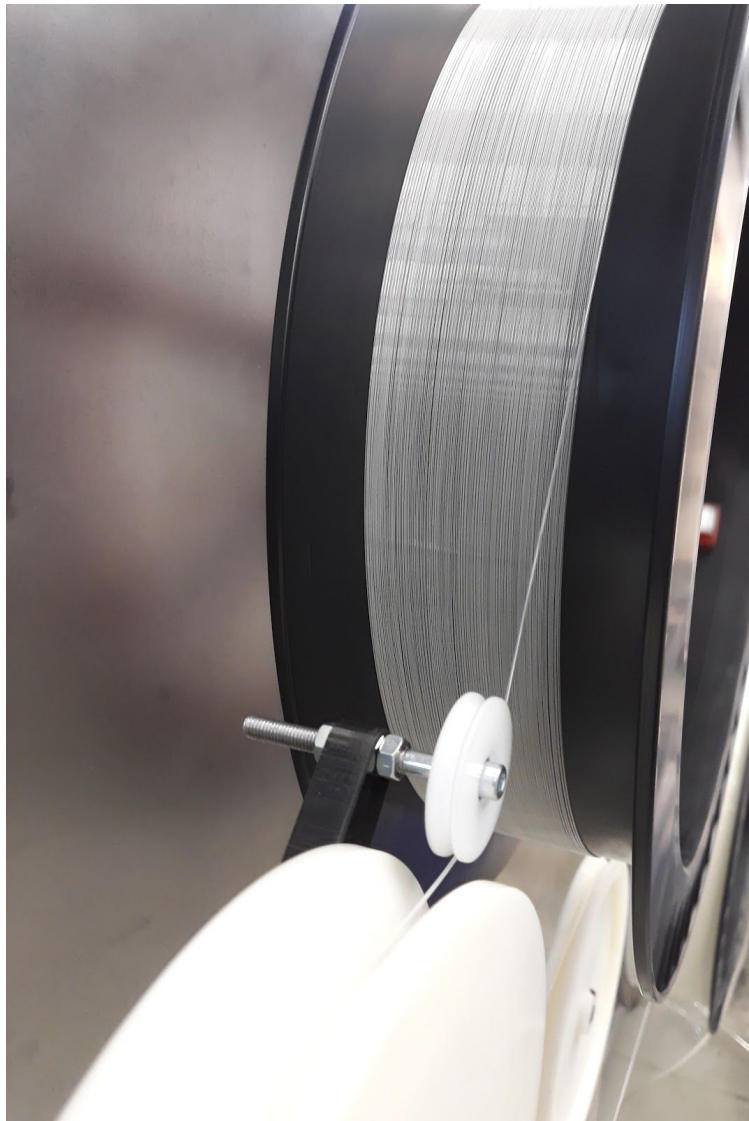
5.1 Första testkörningen

I början av testkörningen visade det sig att det blev problem med användningen av de funktionsblock som vi först tänkt oss för positionsreglering. Vi fick inte funktionsblocket till spridarservon att ändra hastigheten önskvärt under körning eftersom hastighetsvariabeln i funktionsblocket endast uppdateras då blocket får en *execute*-signal. *Execute*-signalen ges endast efter att servon stannat och ska köras igång igen. Vi beslöt då att använda oss av ett funktionsblock som fungerar som en växellåda mellan servomotorerna. I det funktionsblocket kan man ställa in vilken utväxling som används mellan axlarna och vilken av axlarna som är master och slav. Det innebär att den axel som är master styrs och då kommer den axel som är slav att följa helt enligt masterns rotation, men med ett utväxlingsförhållande. Vi ställde in de värden för vinkelgivaren som sköter hastighetsregleringen så att uppspolaren skulle arbeta inom rätta värden för de hastigheter som körs på produktionslinjen i fabriken.

5.2 Test och justeringar

När vi slutligen hade fått alla funktionsblock att fungera var det dags att testköra uppspolning med tidigare producerad slang. Den slang vi testkörde med var ungefär 0,7 mm i diameter. Det är en av de klenaste slangarna Optinova tillverkar. Under testkörningen noterade vi att utväxlingen mellan spolar- och spridarservon behövde justeras en aning för att få bättre spridning. Vi behövde även justera mellan vilka lägen spridaren skulle arbeta mellan, så det skulle bli bättre anpassat till bredden på spolen.

På grund av att de hjul som slangen löper över är anpassade till flera dimensioner av slang uppstod det flera osäkerheter på vägen till spolen. Detta gjorde att den klena slang vi spolade upp ganska lätt kunde hamna på fel slangvarv, lämna ett för stort mellanrum mellan varven eller att vändningarna ibland kunde bli ojämna. Det monterades ett mindre styrhjul precis före spolen för att se om det gick att styra in slangen bättre, se figur 15.



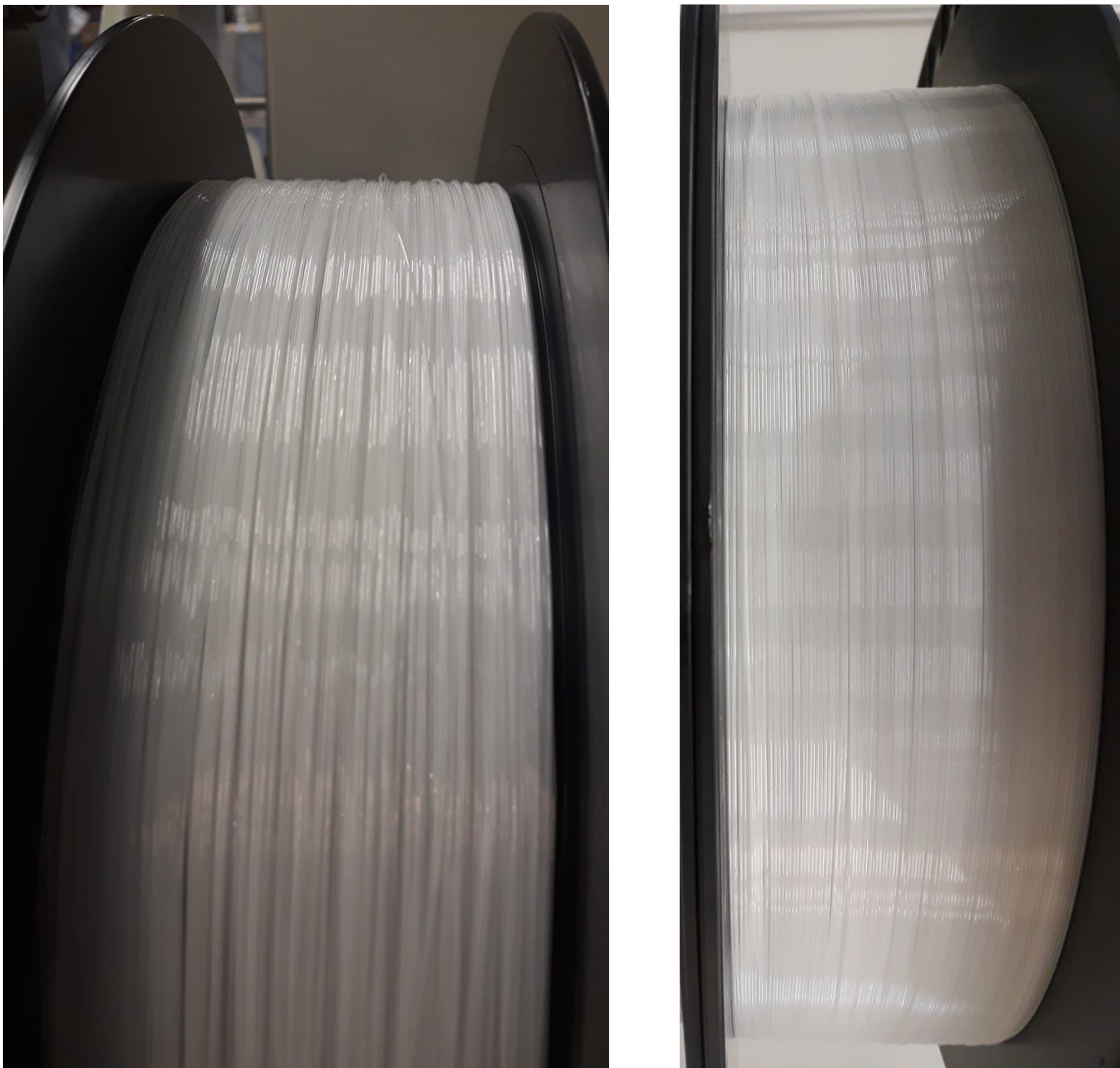
Figur 15. Ett mindre styrhjul testas

Med det mindre styrhjulet på plats blev slangspridningen säkrare och vändningarna blev mer tillförlitliga.

En annan påverkande faktor till osäkerheter i uppspolningen var att hållaren för spolen tryckte ut spolen på ett ställe så den blev aningen oval och därmed inte helt centrerad. Även spolarna i sig är inte helt raka vilket leder till att spolen vandrar en aning horisontellt och det försvårar förstås uppspolningen, framförallt med så klen slang som vi körde med. Vi lyckades spola upp ungefär 500 meter slang innan osäkerheterna gjorde att slangen kunde lämna en för stor springa så nästa slangvarv föll ner eller att slangen klättrade över sig själv och byggde ett eller flera varv.

5.3 Jämförelse av uppspolad slang

Spolen till höger, se figur 16, innehåller ungefär 500 meter slang, det motsvarar nästan 5 varv vilket betyder att spridaren ändrat riktning 4 gånger. Det i sin tur betyder att vi har en bra prototyp där slangspridningen kan ställas in exakt och man kan koncentrera sig på övriga faktorer som påverkar uppspolning för att komma framåt i utvecklingen.



Figur 16. Till vänster tidigare uppspolad slang, till höger slang uppspolad med den ombyggda uppspolaren

5.4 Vidareutveckling

Optinova har planer på att fortsätta utveckla uppspolaren med små förbättringar i programmet, t.ex. så att det finns möjlighet att välja vilken bredd på spolen som används via en enkel knapptryckning på HMI:n. De kommer även implementera funktionen att mäta slangdiameter med lasergivare samt andra, mindre förbättringar som gör den mer användarvänlig för operatören.

Nya idéer och optimeringar på hur slangen färdas innan den når spolen samt hur slangen fästs på spolen är intressanta. Det skulle även vara eftersträvansvärt att hitta en lösning på hur man på ett bra, enkelt och exakt sätt kan justera hur hårt slangen lindas.

6. SLUTSATS

Syftet med arbetet var att utveckla en prototyp för spridningen av uppspolning av slang och testa om den fungerar bättre än den mekaniska modellen som var i användning. Den nya prototypen gör det lättare att justera spridningen av uppspolningen med ett gränssnitt där operatören enkelt kan ändra hur tätt slangen ska spolas upp samt var spridaren ska byta riktning. I och med att detta nu kan utföras med en noggrannhet på en tiondels millimeter så kan man komma vidare och se vad som mer påverkar uppspolningen negativt. Dessutom kan man ta fram nya lösningar för de problem som uppdykas och förhoppningsvis få en maskin som levererar fint uppspolad slang oberoende av dimension och som kan användas i tillverknigen.

Det vi inte hann med som var tänkt från början var att få en lasergivarsignal till uppspolaren för att ange slangdiametern. Diametern har nu angetts manuellt via HMI:n. Vi hade även hoppats på aningen bättre resultat, bl.a. att vi skulle kunna spola upp ca 2000 meter slang jämnt på en spole. Men det var innan vi visste hur många faktorer det är som påverkar uppspolningen samt hur känslig processen faktiskt är. Bortsett från detta har vi fått fram en prototyp som både vi och Optinova är nöjda med.

Byggnationen av uppspolaren har varit både intressant och lärorik för oss. Det mest intressanta har varit att utföra hela projektet i helhet. Alltså att vi började med en idé för funktionen, satte upp en tidsplan, byggde ihop hela reglersystemet, funderade igenom hela processen noggrant och fick fram en fungerande kod som styr servomotorerna som önskat och därmed kom vidare i frågan om högkvalitativ uppspolning. Det som skiljde sig mellan vår preliminära tidsplan och verkliga tidsplan var att byggnationen tog kortare tid än väntat. Det berodde till stor del på att vi fick den mekaniska delen, som att montera servomotorerna, HMI:n samt vinkelgivaren, ordnad medan vi var frånvarande och kunde därför koncentrera oss på enbart det elektriska.

KÄLLFÖRTECKNING

Beckhoff Automation. (2017a). *CX9020*. Hämtad 2018-02-27 från

https://www.beckhoff.com/english.asp?embedded_pc/cx9020.htm?id=5563118742705

Beckhoff Automation. (2018). *AM8111*. Hämtad 2018-02-27 från

https://www.beckhoff.com/english.asp?drive_technology/am8111.htm?id=2343803423438383

Beckhoff Automation. (2017b). *EL7211-9014*. Hämtad 2018-02-27 från

https://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/el7211_9014.htm?id=693180675995200

Beckhoff Automation. (2016a). *EL3001, EL3002*. Hämtad 2018-02-27 från

https://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/el3001_el3002.htm

Beckhoff Automation. (2017c). *EL3051*. Hämtad 2018-02-27 från

<https://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/el3051.htm>

Beckhoff Automation. (2017d). *EL1004*. Hämtad 2018-02-27 från

<https://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/el1004.htm>

Beckhoff Automation. (2016b). *EL2004*. Hämtad 2018-02-27 från

<https://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/el2004.htm>

Beijer Electronics. (2018). *X2 Base 5*. Hämtad 2018-02-27 från

https://www05.beijerelectronics.com/en/Products/Operator_panels/X2_base/X2_base_e_5

Contelec AG. (2018). *Vert-X_22_24V_4-20mA_e*. Hämtad 2018-03-27 från

http://www.contelec.ch/fileadmin/user_upload/contelec/Downloads/Datenblaetter/Englisch/Vert-X/Vert-X%2022/Vert-X_22_24V_4-20mA_e.pdf

Optinova. (2016). *Decades of advanced tubing*. Hämtad 2018-02-27 från

<https://www.optinova.com/about/decades-advanced-tubing>

BILAGOR

Bilaga 1 - HMI (Beijer, 2018)

Bilaga 2 - PLC (Beckhoff, 2017a)

Bilaga 3 - Servomotor (Beckhoff, 2018)

Bilaga 4 - Terminal servomotor (Beckhoff, 2017b)

Bilaga 5 - Terminal -10...+10 V (Beckhoff, 2016a)

Bilaga 6 - Terminal 4...20 mA (Beckhoff, 2017c)

Bilaga 7 - Terminal Digital Input (Beckhoff, 2017d)

Bilaga 8 - Terminal Digital Output (Beckhoff, 2016b)

Bilaga 9 - Vinkelgivare (Contelec, 2018)



X2 base 5

5" HMI with iX runtime

800 × 480 pixel (16:9)
 TFT-LCD touch screen
 200 MB application memory
 1 × Ethernet, 4 × serial, 1 × USB as standard
 Operating temperature -10° to +50° C
 CE, FCC, KCC, UL approvals

Facts

General description

Part number	630005105
Part status	Active
Warranty	2 year

Certifications

General	CE, FCC, KCC, UL 61010-2-201
---------	------------------------------

Mechanical

Mechanical size	170 x 107 x 49mm
Mounting option	Panel Mount
Number of touches	1million finger touch operations
Touch type	Resistive
Cut-out size	161 x 93mm
Weight	0.5 kg
Housing material	Plastic (PC+ABS), Gray

Power

Input voltage 24 V DC (18 to 32 VDC)CE: The power supply must conformwith the requirements according to IEC 60950 and IEC 61558-2-4.UL and cUL: The power supplymust conformwith the requirements for class II power supplies.

Power consumption (max)	6W
Input fuse	Internal DC fuse

System

CPU	ARM9 400 MHz
RAM	128 MB
FLASH	256 MB, 200 MB free

Display

Size diagonal	5" diagonal
Resolution	800x480 pixels
Backlight	LED Backlight
Backlight life time	20000 hours
Backlight brightness	300 cd/m2
Backlight dimming	Industrial Dimming
Display type	TFT-LCD with LED backlight

Communication serial

Number of serial ports	2 Port 9pin DSUB
Serial port 1	RS 232 (RTS/CTS)
Serial port 2	RS422/485
Serial port 3	RS 232
Serial port 4	RS 485

Ethernet communication

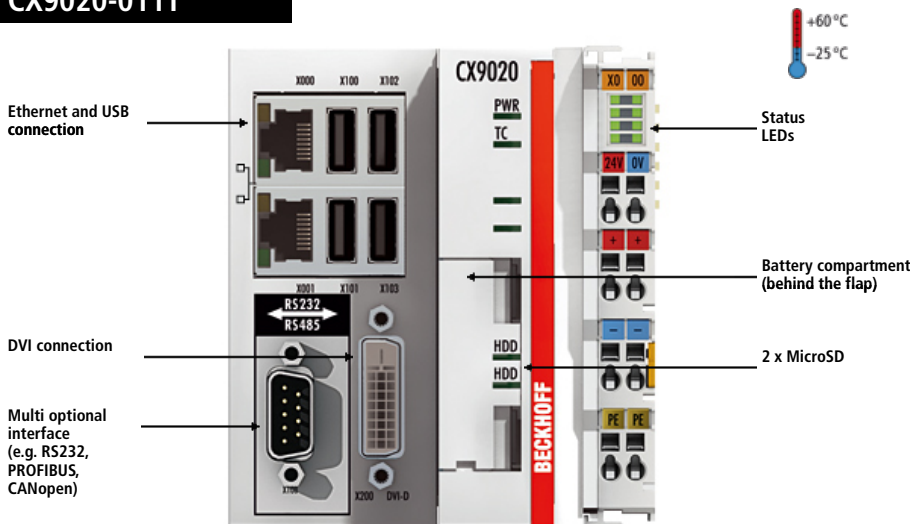
Number of ethernet ports	1
Ethernet port 1	1x10/100 Base-T (shielded RJ45)

Expansion interface

Expansion port	No
SD card	No
USB	1xUSB 2.0 400mA

Environmental

Operating temperature	-10°C to +50°C
Storage temperature	-20° to +60°C
Shock	15g, half-sine, 11ms according to IEC60068-2-27
Vibration	1g, according to IEC 60068-2-6, Test Fc
Sealing front	IP65
Sealing back	IP20
Humidity	5% – 85% non-condensed



i CX9020 | Basic CPU module

The CX9020 is a compact, DIN rail-mountable Ethernet control system with 1 GHz ARM Cortex™-A8 CPU. The connection for the Beckhoff I/O systems is directly integrated into the CPU module. The unit offers automatic bus system identification (K-bus or E-bus) and independently switches in the corresponding mode. The CX9020 comprises the CPU with two microSD card slots, the internal RAM and 128 kB NOVRAM as non-volatile memory. The basic configuration also includes two switched Ethernet RJ45 interfaces, four USB 2.0 interfaces and a DVI-D interface. The RJ45 interfaces are connected to an internal switch and offer a simple option for creating a line topology without the need for additional Ethernet switches. The operating system is Microsoft Windows Embedded Compact 7. TwinCAT automation software transforms a CX9020 system into a powerful PLC and Motion Control system that can be operated with or without visualisation. Optionally, the unit can be ordered with a fieldbus, serial or audio interface.

The extended operating temperature range between -25 and +60 °C enables application in climatically demanding situations.

The order identifier of the basic CPU module is derived as follows:

CX9020-01ST		Optional interfaces:
0 = no TwinCAT		CX9020-N020 = audio interface
1 = with TwinCAT 2 PLC runtime		CX9020-N030 = RS232, D-sub plug
2 = with TwinCAT 2 PLC/NC runtime		CX9020-N031 = RS422/RS485, D-sub socket
5 = TwinCAT 3 runtime (XAR)		CX9020-B110 = EtherCAT slave, EtherCAT IN and OUT (2 x RJ45)
0 = no operating system		CX9020-M310 = PROFIBUS master, D-sub socket, 9-pin
1 = operating system Windows Embedded Compact 7		CX9020-B310 = PROFIBUS slave, D-sub socket, 9-pin
		CX9020-M510 = CANopen master, D-sub plug, 9-pin
		CX9020-B510 = CANopen slave, D-sub plug, 9-pin
		CX9020-M930 = PROFINET RT, controller
		CX9020-B930 = PROFINET RT, device, Ethernet (2 x RJ45 switch)
		CX9020-B950 = EtherNet/IP slave, Ethernet (2 x RJ45 switch)

Technical data	CX9020
Processor	ARM Cortex™-A8, 1 GHz
Number of cores	1
Flash memory	512 MB microSD (optionally expandable), 2 x microSD card slot
Internal main memory	1 GB DDR3 RAM
Persistent memory	128 KB NOVRAM integrated
Interfaces	2 x RJ45 (Ethernet, internal switch), 10/100 Mbit/s, DVI-D, 4 x USB 2.0, 1 x optional interface
Diagnostics LED	1 x power, 1 x TC status, 2 x flash access, 2 x bus status
Clock	internal battery-backed clock for time and date (battery exchangeable)
Operating system	Microsoft Windows Embedded Compact 7, English
Control software	TwinCAT 3, TwinCAT 2 PLC runtime, NC PTP runtime
I/O connection	E-bus or K-bus, automatic recognition
Power supply	24 V DC (-15 %/+20 %)
Current supply E-bus/K-bus	2 A
Max. power loss	5 W (including the system interfaces)
Dimensions (W x H x D)	84 mm x 99 mm x 91 mm
Weight	approx. 590 g
Operating/storage temperature	-25...+60 °C/-40...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4

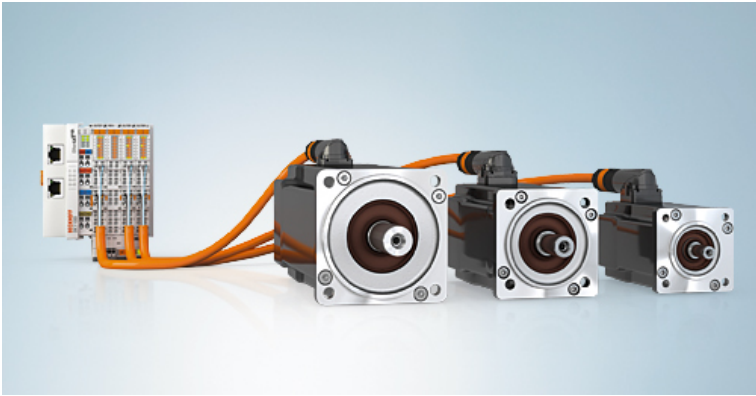
Protection class	IP 20
Approvals	CE, UL, Ex, GL, IECEx
TC3 performance class	economy plus (30); please see here for an overview of all the TwinCAT 3 performance classes

Ordering information	no operating system	Windows Embedded Compact 7	no TwinCAT	TwinCAT 2 PLC runtime	TwinCAT 2 NC PTP runtime	TwinCAT 3 runtime (XAR)
CX9020-0100	x	–	x	–	–	–
CX9020-0110	–	x	x	–	–	–
CX9020-0111	–	x	–	x	–	–
CX9020-0112	–	x	–	–	x	–
CX9020-0115	–	x	–	–	–	x

Accessories	
CX9020-U900	internal, capacitive 1-second UPS to ensure secure backup of persistent application data on the microSD card
CX2900-0107	Device modification for fulfillment of ATEX Certification II 3 G Ex nA II T4 Gc and II 3 D Ex tc IIIC T135 °C Dc for CX5120, CX5130, CX5140 and CX9020: This option includes the modification and repositioning of the device label as well as a pre-mounted wire bow. The modification is a mandatory prerequisite for usage in hazardous areas as covered by the before mentioned certificate for ATEX Zone 2/22. Please also read the documentation for use in hazardous areas carefully.

Optional interfaces	
CX9020-N020	audio interface, 3 x 3.5 mm jack sockets, Line In, Mic In, Line Out
CX9020-N030	RS232 interface, D-sub plug, 9-pin
CX9020-N031	RS485 interface, D-sub socket, 9-pin, configuration as an end point, without echo, termination on
CX9020-N031-0001	RS485 interface, D-sub socket, 9-pin, configuration as an end point, with echo, termination on
CX9020-N031-0002	RS485 interface, D-sub socket, 9-pin, configuration as drop point, without echo, termination off
CX9020-N031-0003	RS485 interface, D-sub socket, 9-pin, configuration as drop point, with echo, termination off
CX9020-N031-0004	RS422 interface, D-sub socket, 9-pin, configuration as full duplex end point, termination on
CX9020-B110	EtherCAT slave interface, EtherCAT IN and OUT (2 x RJ45)
CX9020-M310	PROFIBUS master interface, D-sub socket, 9-pin
CX9020-B310	PROFIBUS slave interface, D-sub socket, 9-pin
CX9020-M510	CANopen master interface, D-sub plug, 9-pin
CX9020-B510	CANopen slave interface, D-sub plug, 9-pin
CX9020-M930	PROFINET RT, controller interface, Ethernet (2 x RJ45)
CX9020-B930	PROFINET RT, device interface, Ethernet (2 x RJ45 switched)
CX9020-B950	EtherNet/IP slave interface, Ethernet (2 x RJ45 switched)

i Product announcement	CX9020-011T, CX9020-N0xx, CX9020-x310, CX9020-x510, CX9020-x930, CX9020-B110: available CX9020-B950: estimated market release on request
-------------------------------	---



AM81xx | Synchronous Servomotors for compact drive technology

The AM8100 servomotors from the AM8000 series are especially designed for EL72xx, EP72xx and EJ72xx servo I/Os. The high dynamics of the servomotors open up a multitude of possible applications: for example in industrial robots for pick-and-place applications, or in general in mechanical engineering, where a compact design and high positioning accuracy are necessary. Like all motors of the AM8xxx family they are available in One Cable Technology (OCT) versions where power and feedback are combined in a single cable.

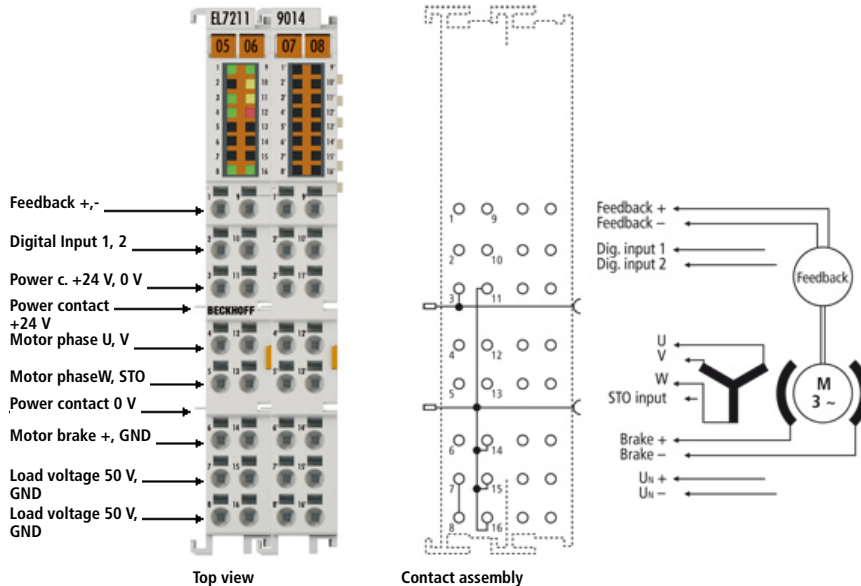
Homing is no longer necessary thanks to the absolute value encoder integrated in the motor: the position of the drive is saved in the EEPROM, which is ideal for adjustable axes. The encoder data are transmitted entirely digitally to the servo I/Os via the motor cable. The encoder cable can be dispensed with. The full integration of the servo I/Os in the Beckhoff control system facilitates the commissioning of the drive axis. All motors of the AM8xxx family use the electronic type plate, with which the engineering expenditure is additionally reduced by the simple reading of the motor parameters. The Beckhoff TwinCAT automation software enables the convenient parameterisation of the servomotors.

The AM81xx motors can optionally be equipped with a backlash-free permanent magnet holding brake, a sealing ring or a feather key groove. They are equipped with a sturdy rotary resolver encoder and for the purpose of long life have been developed with generously dimensioned bearings for general mechanical engineering. Matching gears and prefabricated connecting cables complete the ultra-compact drive axis.

Technical data	
Motor type	permanent magnet-excited three-phase synchronous motor
Magnet material	neodymium-iron-boron
Insulation class	thermal class F (155 °C)
Design form	flange-mounted according to IM B5, IM V1, IM V3
Protection class	IP 54, IP 65 (shaft seal only for AM812x, AM813x, AM814x)
Cooling	convection, permissible ambient temperature 40 °C
Coating/surface	dark grey powder coating, similar to RAL7016
Temperature sensor	integrated in stator winding
Connection method	round plug connector, swivelling, angled
Life span	L _{10h} = 30,000 hrs for ball bearings
Approvals	CE, UL (AM811x: UL in preparation)
Feedback system	resolver (only for AM812x, AM813x, AM814x), OCT

Options	AM81xx
Feather key groove	according to DIN 6885 P1
Holding brake backlash-free	permanent magnet single-surface brake, suitable only as holding brake
Shaft seal	radial shaft seal made of FPM
Feedback system option	absolute encoder multi-turn

Accessories	
AG2250	Planetary gear units for Compact Drive Technology
ZK47x4-04xx, ZK4000-xxxx	Supply cables for Compact Drive Technology



EL7211-9014 | Servomotor terminal with OCT and STO, 50 V DC, 4.5 A (I_{rms})

The EL7211-9014 servomotor EtherCAT Terminal with integrated One Cable Technology (OCT) offers high servo performance in a very compact design for motors from the AM8100 up to 4.5 A (I_{rms}). The One Cable Technology combines a motor cable and an absolute feedback system in a single cable. The integrated electronic type plate of the AM81xx motors can be read in automatically by the servo terminal to configure the motor parameters automatically. Thus, wiring and commissioning expenditure are minimised.

The fast control technology, based on field-orientated current and PI speed control, supports fast and highly dynamic positioning tasks. The monitoring of numerous parameters, such as overvoltage and undervoltage, overcurrent, terminal temperature or motor load via the calculation of a I²T model, offers maximum operational reliability. EtherCAT, as a high-performance system communication, and CAN-over-EtherCAT (CoE), as the application layer, enable ideal interfacing with PC-based control technology. The latest power semiconductors guarantee minimum power loss and enable feedback into the DC link when braking. 16 LEDs indicate status, warning and error messages as well as possibly active limitations.

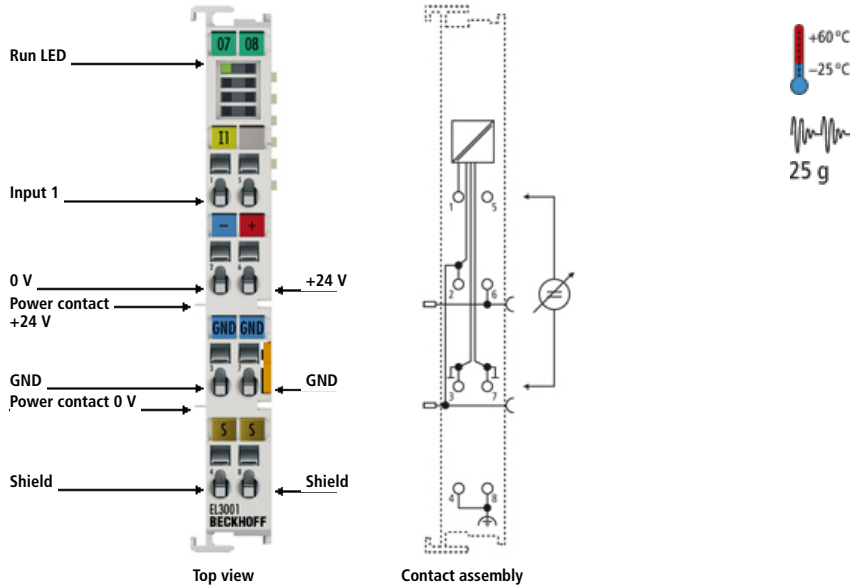
The EL7211-9014 enables the user to implement the safety function STO (Safe Torque Off) that corresponds to a Cat 3, PL d safety level according to EN ISO 13849-1:2015.

Technical data	EL7211-9014
Technology	Compact Drive Technology
Load type	permanent magnet-excited three-phase synchronous motor
Number of channels	1
Number of outputs	1 x servo motor, 1 x motor brake
Number of inputs	2 x end position, 1 feedback, 1 x STO
Connection method	direct motor connection with OCT
Supply voltage electronics	24 V DC (via power contacts)
Supply voltage power	8...50 V DC (external)
Output current (rms)	4.5 A
Peak current (rms)	max. 9.0 A for 1 s
Performance increase	–
Output current with ZB8610 (rms)	–
Peak current with ZB8610 (rms)	–
Frequency range	0...599 Hz
PWM clock frequency	16 kHz
Current controller frequency	32 kHz
Rated speed controller frequency	16 kHz
Output voltage motor brake	24 V DC
Output current motor brake	max. 0.5 A
Current consumption power contacts	typ. 100 mA + holding current motor brake
Current consumption E-bus	typ. 120 mA
Distributed clocks	yes
Special features	compact and system-integrated, absolute feedback, One Cable Technology (OCT), plug-and-play, STO (Safe Torque Off)
Electrical isolation	500 V (E-bus/field potential)
Weight	approx. 95 g

Operating/storage temperature	0...+55 °C/-25...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Protect. class/installation pos.	IP 20/see documentation
Pluggable wiring	–
Approvals	CE, UL, TÜV SÜD

Accessories	
EL1904	4-channel digital input terminal, TwinSAFE, 24 V DC
EL2904	4-channel digital output terminal, TwinSAFE, 24 V DC, 0.5 A
EL6910	TwinSAFE Logic
EL9576	brake chopper terminal, 72 V, 155 µF
AM811x	Servomotor 0.20...0.52 Nm for servo I/Os (EL72xx, EP72xx)
AM812x	Servomotor 0.50...0.80 Nm for servo I/Os (EL72xx, EP72xx)
AM813x	Servomotor 1.35...2.35 Nm for servo I/Os (EL72xx, EP72xx)
ZB85xx	Shield busbar with mounting rail holder, shield busbar clamps
ZK47x4-04xx, ZK4000-xxxx	Supply cables for Compact Drive Technology

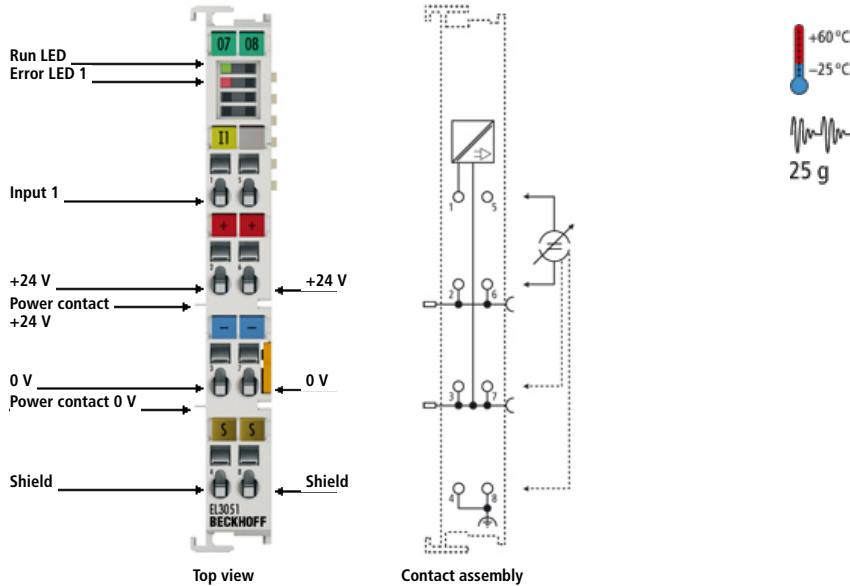
Related products	
EL7201-9014	servomotor EtherCAT Terminal for OCT, with STO input, 50 V DC, $I_{ms} = 2.8$ A
EP7211-9034	EtherCAT Box, industrial housing, Servomotor modul with OCT and STO, 50 V DC, 4.5 A (I_{ms})



EL3001 | 1-channel analog input terminal -10...+10 V, single-ended, 12 bit

The EL3001 analog input terminal processes signals in the range between -10 and +10 V. The voltage is digitised to a resolution of 12 bits, and is transmitted, electrically isolated, to the higher-level automation device. The input channels of the EtherCAT Terminal are single-ended inputs with a common, internal ground potential. The EL3001 is characterised by its fine granularity and electrical isolation. The signal state of the EtherCAT Terminals is indicated by light emitting diodes.

Technical data	EL3001 ES3001
Number of inputs	1 (single-ended)
Power supply	via the E-bus
Technology	single-ended
Signal voltage	-10...+10 V
Distributed clocks	–
Internal resistance	> 130 kΩ
Input filter limit frequency	1 kHz
Dielectric strength	max. 30 V
Conversion time	0.625 ms default setting, configurable
Resolution	12 bit (16 bit presentation, incl. sign)
Measuring error	< ±0.3 % (relative to full scale value)
Electrical isolation	500 V (E-bus/field potential)
Current consumption power contacts	–
Current consumption E-bus	typ. 130 mA
Bit width in the process image	inputs: 4 byte
Configuration	no address or configuration setting required
Special features	standard and compact process image, switchable measuring data representation, activatable FIR/IIR filters, limit value monitoring, overload display in the process data
Weight	approx. 70 g
Operating/storage temperature	-25...+60 °C/-40...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Protect. class/installation pos.	IP 20/variable
Pluggable wiring	for all ESxxxx terminals
Approvals	CE, UL, Ex

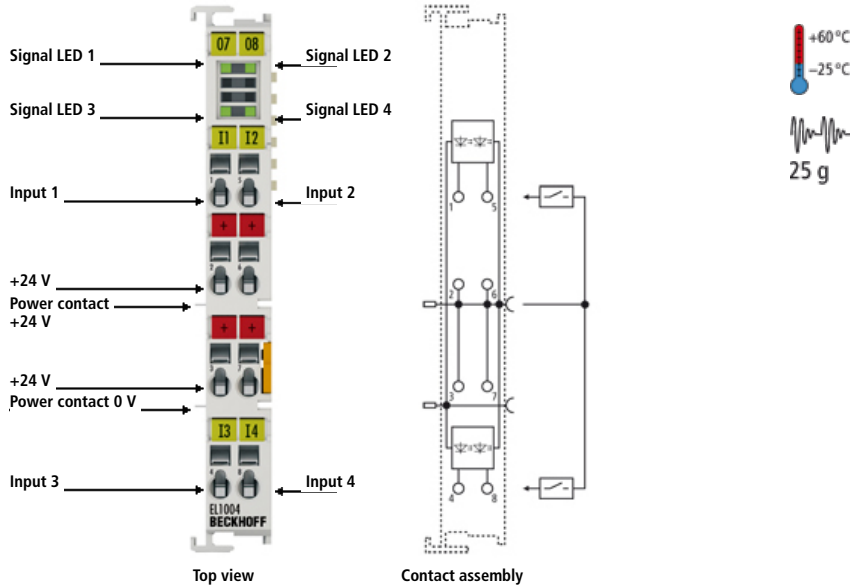


EL3051 | 1-channel analog input terminal 4...20 mA, single-ended, 12 bit

The job of the EL3051 analog input terminal is to supply power to measuring transducers located in the field and to transmit analog measurement signals with electrical isolation to the automation device. The voltage for the sensors is supplied to the terminals via the power contacts. The power contacts can optionally be supplied with operating voltage in the standard way or via a supply terminal (EL9xxx) with electrical isolation. The input electronics are independent of the supply voltage of the power contacts. The reference potential for the inputs is the 0 V power contact. The EtherCAT Terminal indicates its signal state by means of light emitting diodes. The error LEDs indicate an overload condition and a broken wire.

Technical data	EL3051 ES3051
Number of inputs	1 (single-ended)
Power supply	via the E-bus
Technology	single-ended
Signal current	4...20 mA
Distributed clocks	–
Internal resistance	85 Ω typ.
Input filter limit frequency	1 kHz
Dielectric strength	max. 30 V
Conversion time	0.625 ms default setting, configurable
Resolution	12 bit (16 bit presentation, incl. sign)
Measuring error	< ±0.3 % (relative to full scale value)
Electrical isolation	500 V (E-bus/signal voltage)
Current consumption power contacts	–
Current consumption E-bus	typ. 130 mA
Bit width in the process image	inputs: 4 byte
Special features	standard and compact process image, activatable FIR/IIR filters, limit value monitoring
Weight	approx. 60 g
Operating/storage temperature	-25...+60 °C/-40...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Protect. class/installation pos.	IP 20/variable
Pluggable wiring	for all ESxxxx terminals
Approvals	CE, UL, Ex

Special terminals	
EL3152-1002	enhanced sensor supply

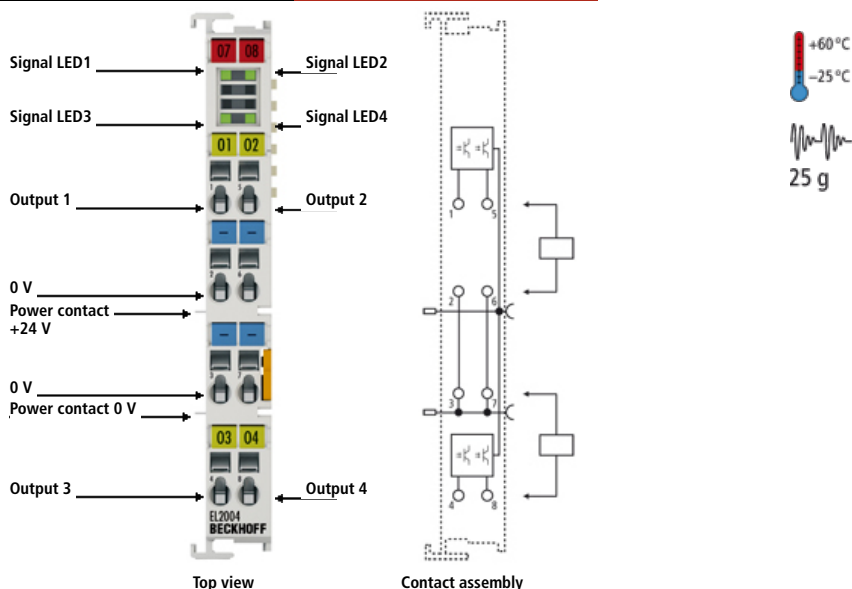


EL1004 | 4-channel digital input terminal 24 V DC, 3 ms

The EL1004 digital input terminal acquires the binary control signals from the process level and transmits them, in an electrically isolated form, to the higher-level automation unit. Digital input terminals from the EL100x series have a 3 ms input filter. The EtherCAT Terminals indicate their state via an LED.

Technical data	EL1004 ES1004
Connection technology	2-wire
Specification	EN 61131-2, type 1/3
Number of inputs	4
Nominal voltage	24 V DC (-15 %/+20 %)
"0" signal voltage	-3...+5 V (EN 61131-2, type 3)
"1" signal voltage	11...30 V (EN 61131-2, type 3)
Input current	typ. 3 mA (EN 61131-2, type 3)
Input filter	typ. 3.0 ms
Distributed clocks	–
Current consumption power contacts	typ. 2 mA + load
Current consumption E-bus	typ. 90 mA
Electrical isolation	500 V (E-bus/field potential)
Bit width in the process image	4 inputs
Configuration	no address or configuration setting
Special features	standard input terminals for 2-wire connection
Weight	approx. 50 g
Operating/storage temperature	-25...+60 °C/-40...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Protect. class/installation pos.	IP 20/variable
Pluggable wiring	for all ESxxxx terminals
Approvals	CE, UL, Ex

Special terminals	
EL1004-0020	4-channel digital input terminal 24 V DC, isolation voltage > 2,500 V



EL2004 | 4-channel digital output terminal 24 V DC, 0.5 A

The EL2004 digital output terminal connects the binary control signals from the automation unit on to the actuators at the process level with electrical isolation. The EtherCAT Terminal indicates its signal state via an LED.

Technical data	EL2004 ES2004
Connection technology	2-wire
Number of outputs	4
Rated load voltage	24 V DC (-15 %/+20 %)
Load type	ohmic, inductive, lamp load
Distributed clocks	–
Max. output current	0.5 A (short-circuit-proof) per channel
Short circuit current	typ. < 2 A
Reverse voltage protection	yes
Breaking energy	< 150 mJ/channel
Switching times	typ. T _{ON} : 60 μs, typ. T _{OFF} : 300 μs
Current consumption E-bus	typ. 100 mA
Electrical isolation	500 V (E-bus/field potential)
Current consumption power contacts	typ. 15 mA + load
Bit width in the process image	4 outputs
Configuration	no address or configuration setting
Weight	approx. 55 g
Operating/storage temperature	-25...+60 °C/-40...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Protect. class/installation pos.	IP 20/variable
Pluggable wiring	for all ESxxxx terminals
Approvals	CE, UL, Ex



Vert-X 22 - 24V / 4 - 20mA

Applications

- Wind vanes
- Valve control
- Steering angle sensor for F1-racing cars

Features general

- Robust design, sealed stainless steel housing
- Contactless measuring method
- Long life
- High accuracy of measurement
- Applications under adverse ambient conditions possible (humidity, dampness, dust, vibrations etc.)
- Full resolution and accuracy at programmed electrical angle

Features MH-C

- Linearity of $\pm 0.3\%$
- Resolution of 12bit
- Lower price than MH-C2

Features MH-C2

- Linearity of $\pm 0.1\%$
- Resolution of 14bit
- Index point(s), sense of rotation and angle settable resp. programmable by customer (optional)

Errors and omissions excepted. Subject to change without notice. / State: 27.09.10

Contelec AG
 Portstrasse 38
 CH-2503 Biel/Bienne
 Phone +41 (0)32 3665600
 Telefax +41 (0)32 3665604
 sales@contelec.ch

Sensor principle		MH-C	MH-C2
Electrical data			
Measuring range	°	0 ... 360	0 ... 360
Indep. linearity	% of meas. range	± 0.3	± 0.1
Max. hysteresis	°	0.1	0.1
Resolution	bit	12	14
Max. repeatability	°	0.1	0.1
Sample rate fast mode	kHz	(5)	(2)
Sample rate slow mode	kHz	1.66	0.5
System propagation delay fast mode	μs	(800)	(800)
System propagation delay slow mode	μs	4600	2500
Max. temperature coefficient of the output signal	ppm/°K	100	100
MTTFd / MTBF	years	185 / 185	147 / 147
Power supply voltage	VDC	16 ... 35	16 ... 35
Current consumption without load (typ.) fast mode	mA	(19)	(20)
Current consumption without load (typ.) slow mode	mA	14	15
Min. ohmic load at output	kOhm	0 ... 0.5	0 ... 0.5
Max. capacitive load at output	nF	100	100
Reverse polarity protection of power supply		yes	yes
Electrical connection (s = shielded)		Cable 3pole, s	Cable 3pole, s
Cross section of single wires	mm ²	0.25 (AWG24)	0.25 (AWG24)
Redundancy feasible		no	no
Electrical connection redundant (s = shielded)		-	-
Cross section of single wires redundant	mm ²	-	-
Mechanical data			
Mechanical range	°	360 (continuous)	360 (continuous)
Protection class		IP54 / IP67	IP54 / IP67
Max. starting torque at specified protection class	Ncm	0.5 / 3	0.5 / 3
Max. rotating speed	rpm	6000	6000
Min. life	movements	360 Mio.	360 Mio.
Max. permitted axial shaft load	N	100	100
Max. permitted radial shaft load	N	50	50
Operating & storage temperature	°C	-40 ... +85	-40 ... +85
IEC 68-2-6 Vibration (Amax = 0.75mm, f = 5 ... 2000 Hz)	g	20	20
IEC 68-2-27 Shock	g	50	50
Standards			
EN 55022 class B, Emission radiated (30... 230 MHz)	dB($\mu\text{V}/\text{m}$)	max. 30	max. 30
EN 55022 class B, Emission radiated (230...1000MHz)	dB($\mu\text{V}/\text{m}$)	max. 37	max. 37
EN 61000-4-2, ESD (contact discharge / air discharge)	kV	$\pm 4 / \pm 8$	$\pm 4 / \pm 8$
EN 61000-4-3, Immission HF radiated (80... 1000 MHz)	V/m	30	30
EN 61000-4-4, Burst (on all lines)	kV	± 1	± 1
EN 61000-4-5, Surge (lines to ground)	kV	± 1	± 1
EN 61000-4-6, Immission HF conducted (0.15...80MHz)	Vemk	10	10
EN 61000-4-8, Immission magnetic field (50Hz)	A/m	30	30
IEC 60393-1 Insulation resistance (500VDC, 1bar, 2s)	GOhm	20	20
IEC 60393-1 Dielectric strength (VAC, 50Hz, 1min, 1bar)	kV	1	1