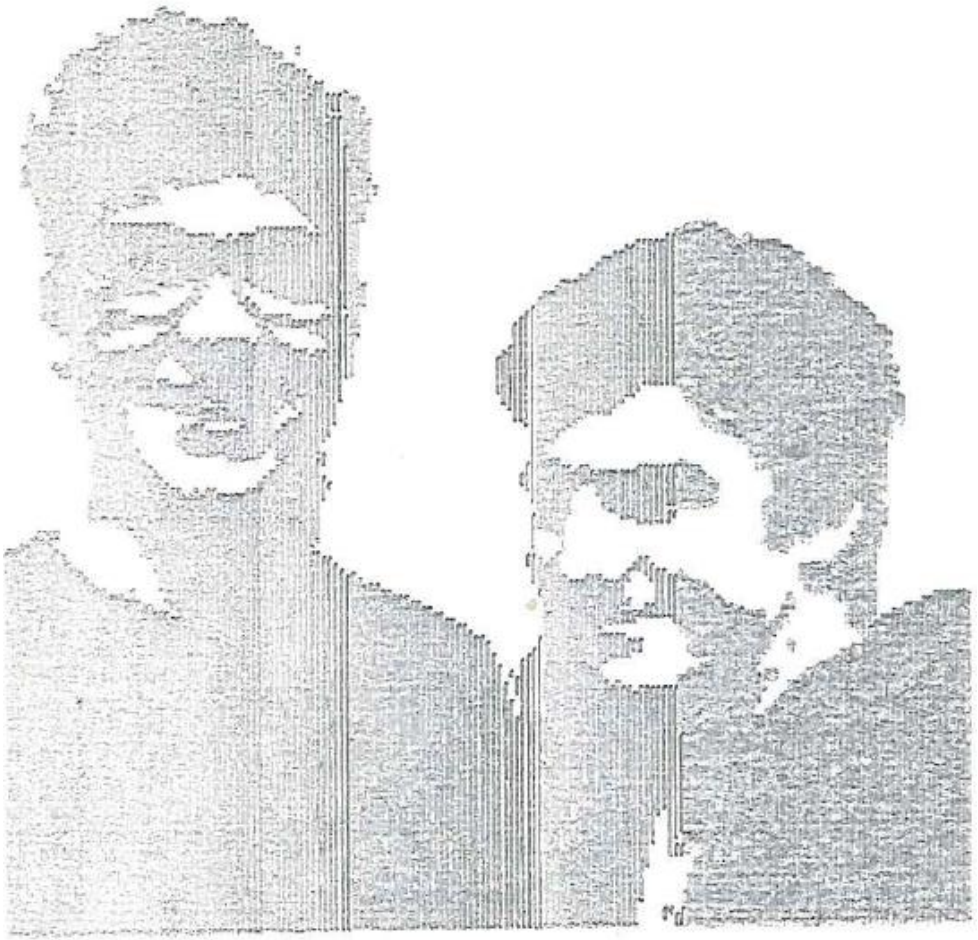
Semesterprojekt



Gruppemedlemmer:	Fødselsdato:
Anders Elian	051196
Gustav Nobel	171296
Quan Nguyen	290996
Caroline Kragh	290994
Mads Østergaard	080896
Mads Nielsen	110896
Peter Nielsen	111196

Vejleder:
Jacob Wilm

Underviser:
Preben Hagh Struge Holm

Projektaflevering:
15 december 2017

Kursuskode:
RD1-PRO

Institution:
SDU

Resume

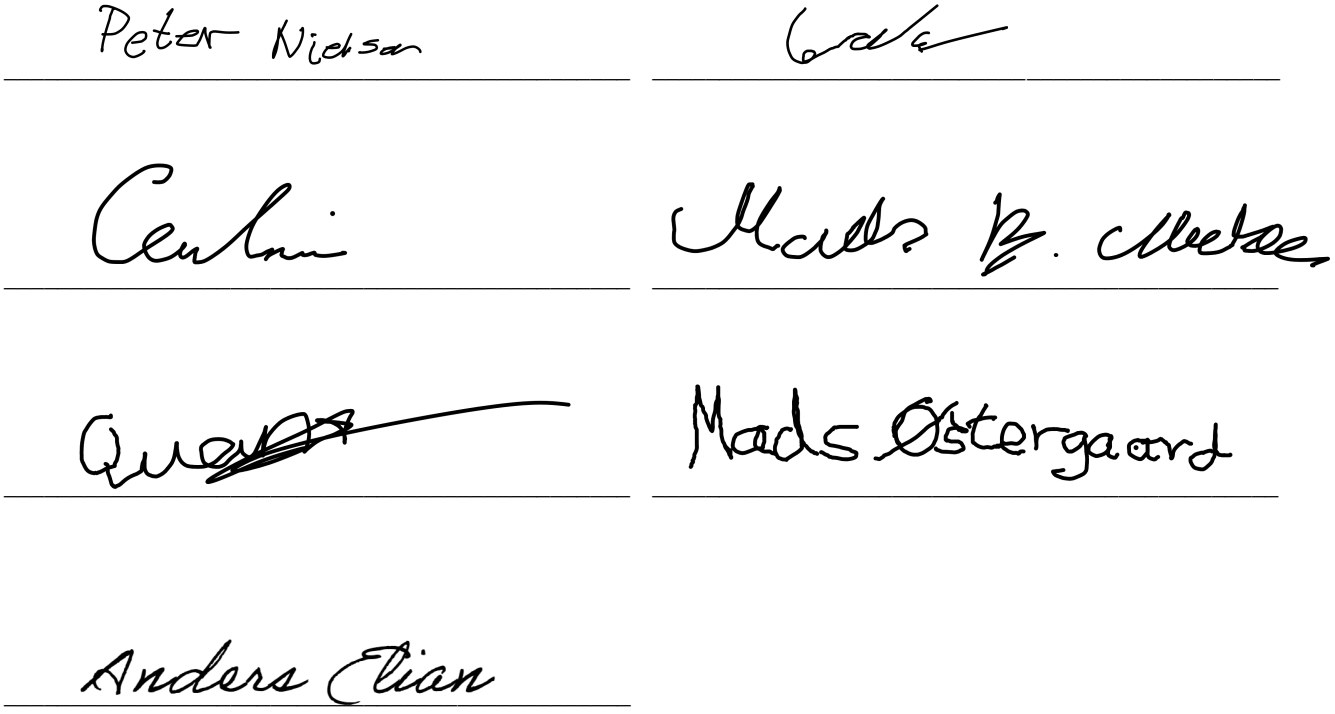
I dette projekt var formålet, at bygge noget software, som skal kunne konvertere et billede om til kode, hvorefter en PLC skal kunne omdanne dette til en tegning ved hjælp af en robot. Derudover skal robotten spidse blyanten automatisk. Vi har omdannet billedet til kode ved hjælp af et java-program, og brugt en PLC til at styre robotten, og generere en bane for robotten at følge. Vi er kommet frem til, at kunne lave et billede om til kode, og efterfølgende få PLC'en til at generere en bane for robotten og tegne ved hjælp af streger. Det blev også muligt at få spidset blyanten automatisk.

Forord

Denne rapport er skrevet af gruppe 8 fra studiet diplomingeniør i robotteknologi, ved Syddansk Universitet, i forbindelse med det givne semesterprojekt i perioden mellem den 12 oktober 2017 til 15 december 2017.

Denne rapport beskriver de problemstillinger, der er dukket op under projektforløbet, med en begrundelse for de valg og løsningsforslag, der er blevet foretaget. I rapporten bliver der også skrevet om samarbejdet i gruppen, og hvordan det har påvirket arbejdet i projektet, samt en konklusion der beskriver slutresultatet af projektet, m.m.

Underskrift



Indholdsfortegnelse

Indledning

I dette projekt er formålet at importere et billede (rgb/gråtone og/eller vektorgrafisk) til et java-program og herfra automatisk generere en bane for robotten at følge. Med en computer skal der kommunikere med PLC'en. PLC'en får motorerne til at bevæge sig. Ud fra denne kode skal robotten generere en tegning af hele eller dele af det oprindelige billede. Når robotten så har tegnet i noget tid, bliver blyanten slidt, og det skal derfor være muligt for robotten selv at spidse blyanten.

Det er et krav for hele projektet, at der bliver brugt et java-program og en computer der kan kommunikere med en PLC til at tegne et billede. Vi vil have robotten til at tegne stregtegninger og spidse blyanten efter, hvor mange steps den har taget på papiret.

Gennem hele projektforløbet har vi arbejdet i hold af 2 og 3 personer og løbende holdt møder for at evaluere fremgangen af de forskellige emner.

Problemformulering

Det primære fokus for dette projekt vil være, at kunne importere digitale billeder, der skal konverteres til data, via et selvlavet program der programmeres i sproget Java. Når dette er gjort, skal den genererede data kunne læses af et andet program. Samme program skal også kunne styre robotten og dermed tegne med en blyant. Desuden vil det andet program blive skrevet i struktureret tekst i Automation Studio. Til sidst i rapporten vil der vurderes og diskuteres, om de problemstillinger der fremkommer af vores løsningsforslag til hver problemstilling.

Tegnerobot

Tegnerobotten er opbygget på den måde, at den arbejder indenfor et tredimensionelt rum. Der bliver anvendt i alt tre stepper-motorer som, hver opererer henholdsvis X-, Y-, og Z-aksen. Robotten har en blyantsholder, som kan holde en blyant lodret. Derudover har den også en plade med et stykke papir ovenpå, der ligger vandret. Robotten bliver desuden holdt fast ved hjælp af skinner, der fungerer som et skelet for robotten.
Kigger man på robotten forfra, så er X-aksen den akse som bevæger blyantholderen (med blyanten) til højre og venstre side. Z-aksen bevæger blyantholderen (med blyanten) op og ned. Og Y-aksen kan kun bevæge pladen (med papiret) frem og tilbage. På den måde kan man altså tegne på et stort område af papiret.
Til sidst har robotten en blyantspidser, hvor blyanten kan blive spidset med selvbestemte intervaller.

Elektronik

Da dette emne er nyt for de fleste i gruppen og ikke er et kursus for dette semester, vil dette afsnit blive mere praktisk end teoretisk. Så i det følgende afsnit gennemgår vi opsætningen af driver-boardet og PLC'en

Driverboard

Driver boardet (Illustration 1 : Driver-board) som vi benytter har 10 porte og 9 knapper. Portene har til formål at forsyne driverboardet, styre en stepper-motor (Motechmotor, 2017) og modtage signaler fra PLC'en (Akizukidenshi.com, 2017).

Driver boardet har 4 porte til en A og B fase, som bliver tilkoblet til en motor.

Forbindelsen mellem driver boardet og PLC'en sker gennem de 3 porte STEP, DIR, EN som vi forbinder til PLC'ens X3 modul. Der er også en +5V port i samme sektion, som vi kobler til 24V fra strømforsyningen.

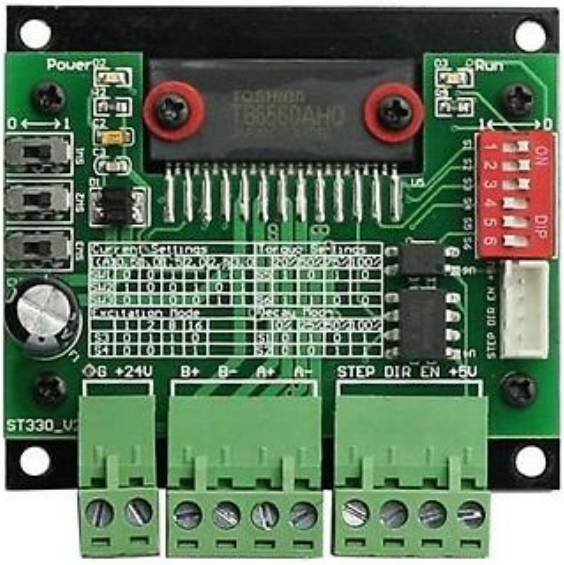


Illustration 1 : Driver-board

De 9 knapper på driver-boardet kan justere indstillinger på driver-boardet. Knapperne hedder som følgende, SW1 – SW3 og S1 – S6 og kan have værdien 0 eller 1.

SW1 – SW3 bestemmer hvor mange ampere driverboardet giver. Vi har valgt at køre med 1 ampere, og det gør vi ved at stille SW1 og SW2 på 0 og SW3 på 1. Så får vi en output current på 1 ampere.

De stepper-motorer vi bruger kan køre med op til 2.8 ampere, men gennem en række test, har vi fået bedste resultat ved at køre med 1 ampere.

S5 og S6 hænger sammen og definerer vores 'Static current' som bestemmer, hvor hurtigt vores motor arbejder. Da vi gerne vil have et billede inden for en rimelig tid, er S5 og S6 sat til 0 da motoren så kører på 100%.

S3 og S4 hænger sammen og definerer 'Segments' som bestemmer, hvor præcis og detaljeret tegningen bliver. S3 og S4 har vi givet værdien 0, så vores motor kører med 200 steps på en rotation, og dermed 1,8˚ per step.

S1 og S2 definerer 'Decay mode'. S1 og S2 har fået værdien 1, som sætter 'decay mode' til 100% hvilket giver den bedste kørsel med motoren.

Opsætningen

Vi bruger tre driver-boards, da vi skal kontrollere tre stepper-motorer, hvor opsætningen for hvert board er identisk, men med forskellige indgange. I tabellen under viser vi, hvor de 3 porte fra driver-boardet bliver tilkoblet til PLC'ens X3 modul (B&R, 2017). Da hvert driver-board styrer hver deres motor, nævner vi også hvilken akse hvert board styrer. Hele X3 modulet bruger vi som digital output (DO) og forsyning af PLC'en.

X3 modul

DO1	Board x DIR
DO2	Board x EN
DO3	Board y DIR
DO4	Board y EN
DO5	Board z DIR
DO6	Board z EN
DO9 (HIGH-SPEED)	Board x STEP
DO10 (HIGH-SPEED)	Board y STEP
DO11 (HIGH-SPEED)	Board z STEP
24V	Forsyning til PLC
24V	Forsyning til PLC
GND	GND til PLC
GND	GND til PLC

Det elektroniske kredsløb er der gjort få tanker om, da holdet ikke har meget kendskab til elektronik. Primært skal der opstilles en forbindelse mellem PLC'en og de tre driver-boards, som skal forbindes til de tre stepper-motor. Det har vi gjort med følgende opstilling (Illustration 2: Opsætning af robot og Illustration 3: Elektrisk kredsløb).

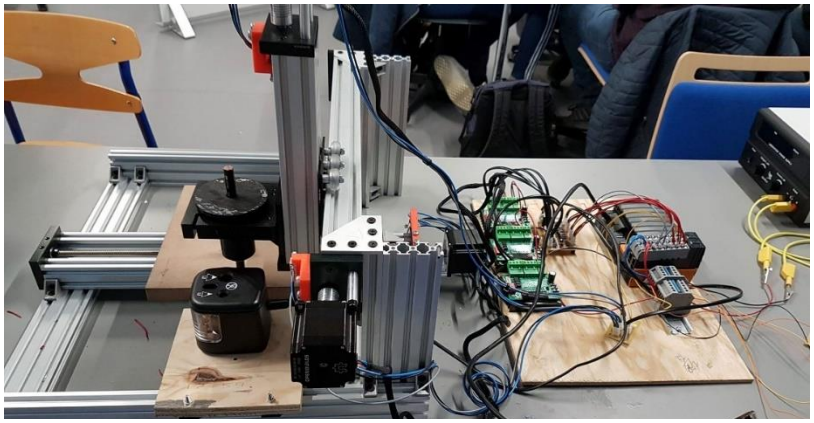


Illustration 2: Opsætning af robot

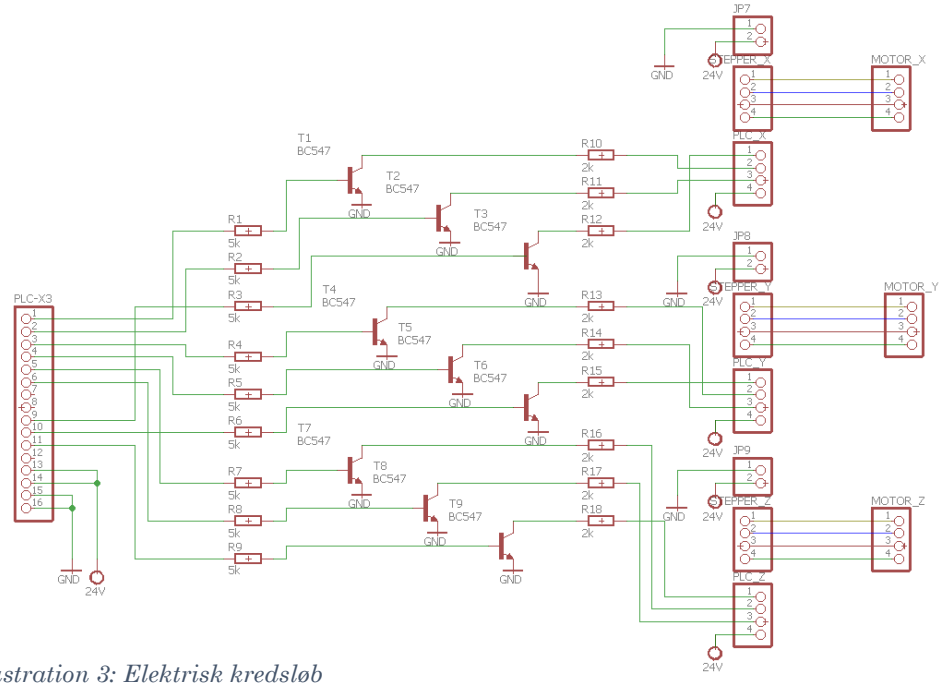


Illustration 3: Elektrisk kredsløb

Vi har fået fortalt, at de transistorer vi bruger, kan klare 5 millieampere. Da vi ved at PLC'en giver 24 volt, bruger vi Ohms lov til at beregne modstanden mellem PLC'en og transistoren. En transistor indeholder en diode, og har dermed et spændingsfald på 0.7 volt, som skal med i vores modstandsberegning.

$$\frac{24V - 0.7V}{0{,}005A} = 4660\ Ohm$$

Ud fra udregningen har vi overdimensioneret og valgt en 5K ohm modstand. Efter transistoren har vi sat en 2K ohm modstand, som er et krav ved brug af 24 volt, som er beskrevet i databladet. Dette er gentaget, for alle de signaler vi benytter.

De 3 stepper-motorer har 4 ledninger gul, blå, rød og grøn, som er i par af gul og blå, og rød og grøn. Den gule og blå ledning har vi tilsluttet B fasen, hvor den gule går til b+ og den blå til b-. På samme måde har vi tilsluttet rød og grøn til A fasen, hvor den røde bliver tilsluttet til a+ og den grønne til a-.

For at vi altid har samme startpunkt efter hver kørsel, har vi valgt at bruge kontakter på de tre akser. Kontakternes funktion er at give PLC'en besked om, at blyantsholderen er kørt tilbage i startposition, og derved skal de tilsluttes til nogle af PLC'ens digitale input (DI). PLC'en har DI på X2 modulet, hvor vi har brugt følgende porte.

X2 modul	
DI1	switch_X
DI2	switch_Y
DI3	switch_Z

For opsætningen af kontakterne, som nævnt tidligere i elektroniksektionen, har vi gjort følgende.
Der er tre kontakter tilsluttet, en til X-, Y- og Z-aksen (Illustration 4: Kredsløb for knapper). Kontakterne tilsluttes alle 24 volt og stel. Derudover har de hver deres indgang til PLC'en som vist i tabellen over.

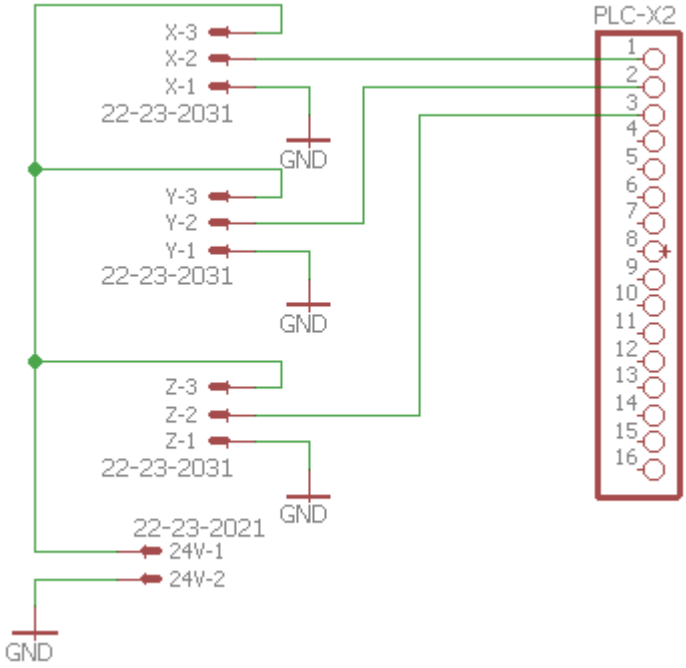


Illustration 4: Kredsløb for knapper

En del af projektet er også at få robotten til at spidse blyanten automatisk, så der skal også monteres en blyantspidser.

Illustration 5 : Kredsløb til blyantspidser

Da blyantblyantspidseren kun kan klare 6 volt, bliver vi tvunget til at bruge en spændningsregulator. Så vi tilslutter spændningsregulatoren til 24 volt og til stel. Dermed får vi 6 volt på 'output-benet', som vi kan tilslutte til blyantblyantspidseren. Blyantblyantspidseren skal også tilsluttes stel. Derudover skal der også placeres to kondensatorer. Den ene på input-benet, og den anden på output-benet (Illustration 5 : Kredsløb til blyantspidser).

Java

Java delen af projektet skal kunne læse en billedfil fra en given destination på computeren, hvorefter billedet vil blive lavet om til en String og efterfølgende sendt videre til vores PLC program, som styrer tegnerobotten. Java-koden gennemgås i denne del af rapporten med fokus på kodens main class, *PictureinOOP*, hvor der vil blive henvist til de andre klasser i koden. Alle henvisninger til linjer i koden hører til hver anviste klasseoverskrift.

PictureinOOP

I starten af main-klassen befinder hele koden sig inde i et while(true)-loop, for at den kan køres gentagende gange, hvis ønsket af brugeren. Det første der sker inde i dette loop er kreering af et objekt *sc*, af klassen *scanner*, som stammer fra det importerede bibliotek *java.util.Scanner* fra linje 17 i klassen. Dette bliver benyttet til at tage imod input fra brugeren.
Kodeblokken på linje 19-32 læser en billedfil (Oracle, LoadImageApp, 2017) (Oracle, Reading/Loading an Image, 2017) fra projektmappen og konverterer filen til et objekt af *BufferedImage*, via et import af biblioteket *java.awt.image.BufferedImage*. Kodeblokken starter med at deklarere variablen *name* af typen String. Derefter deklareres et objekt af *BufferedImage*, *cImage* initializes med værdien null. *fileName* og *cImage* deklareres her, da de skal bruges i koden senere, og initializes med en brugbar værdi i et while(true)-loop derefter. I det føromtalte while(true)-loop prompter programmet til at skrive et filnavn tilhørende et billede i projektmappen. *fileName* bliver her sat lig det input, og via en try multi-catch læses filen. I try-delen af statementet sætter vi vores før-deklarerede *cImage* lig en billedfil med samme navn, som der er blevet skrevet i brugerens input tidligere. Dette bliver gjort via importering af *java.io.file* og *javax.imageio.ImageIO*. Kodens catch tager højde for *IOExceptions* og *IllegalArgumentExceptions,* da de to metoder fra det importerede bibliotek kan kaste dem. Via ImageIO's statiske metode *read* (Oracle, Read, 2017) læses en billedefil der inde i metoden *read* kreeres, som et objekt af *File* (Oracle, File, 2017), hvor *fileName* er et parameter. *File* laver *fileName* om til en fil og *read* kan derfra læse sagte fil, *read* retunerer *BufferedImage* og *cImage* kan altså sættes lig det *read* retunerer. *ImageIO* kan læse .PNG og .JPEG, som blev benyttet til at teste programmet og robotten, men den kan også læse .BMP, .WBMP og .GIF filer(Disse tre er ikke testet i programmet). *File* kan kaste en *nullPointerException,* hvis *fileName* er lig null. Men da vi giver den en værdi via brugerinput, kan den ikke have det på det tidspunkt i programmet. Altså gribes denne exception ikke i catch-statementen. For at kunne gribe *IOExceptions* er *java.io.IOException* importeret. *IOExceptions* gribes hvis *cImage* bliver sat lig null og *IllegalArgumentExceptions* gribes, hvis en error sker i løbet af læsningen af billedet. I denne kode kunne det eksempelvis ske, hvis noget forkert er indtastet af brugeren ved brugerinput.

pictureArray, et multi-array af typen byte, kreeres på linje 36 i koden, hvis længde er sat lig bredden af vores valgte billede i pixels. På linje 40 til 45, laves der et objekt af klassen *Image*, og der benyttes en af dens metoder, *assembleImage*, der udfylder det nævnte multi-array (*pictureArray*).

På linje 48 printes der på konsollen til brugeren, hvilket *limit* der er sat for mængden af pixels, et billede må have, før det skaleres, samt hvor mange pixels det valgte billede har. Brugeren bliver promptet i linjerne 51-85 til at vælge imellem det fulde billede, eller en udvalgt del af billedet. Hvad end billedet skal skaleres eller ej, promptes der om det samme. Uden at brugeren nødvendigvis ved det, skaleres billedet, hvis det overskrider billedets pixel limit. *limit* forklares yderligere i afsnittet Forbedring.

På linje 88-90 deklareres og initialiseres objektet *roboC* af klassen *RobotClient*. Via variablerne *port* af typen int, som er sat lig 12345 og *hostName* af typen String som er sat lig '192.168.0.103' *RobotClient* er et library givet af vores lektor. Setuppet af denne server og TCP forklares i PLC delen af rapporten.

På linje 92 kreeres et objekt, *scaledImage* af klassen *Scale*, så objektet kan benyttes længere nede i koden, inde i de følgende if-statements til at skalere billedet.

På linje 94-241, afhængigt af om brugerens input på linje 51-85 er FP (*full picture*) eller SP (*specific part of picture*), og om billedets originale mængde af pixels overskrider det satte limit, kan der forekomme fire forskellige udfald (Oracle, compareTo, 2017). Et-tallet bagved FP og SP står for det originale billede, hvor et to-tal står for det skalerede billede.
Det første mulige udfald, her for forklaringens skyld kaldt FP1, konverterer hele billedet til en String via objektet *code* af klassen *Message,* via metoden *convertToMessage*. Derefter tegner den, for brugerens skyld, billedet i hhv. 1'ere og 0'ere, med mellemrum bagved hvert tegn, via objektet *photo*, og printer omtalte String. Endvidere forbinder den til PLC'en, via en server, og sender billedets String. Derefter hvis den er forbundet til serveren, bryder den forbindelsen afhængigt af brugerinputet.
På linjerne 104-117 sendes det fulde billede til PLC'en, I denne kode blok sendes den sammensatte String der sammensættes i metoden *convertToMessage* fra klassen Message til PLC'en. Metoden connect forbinder til serveren og videre til PLC'en via objektet *roboC*.
Endvidere, såfremt programmet fortsat er forbundet til PLC'en, prompter det brugeren til at bestemme, hvorvidt den skal afbryde forbindelsen, og fremt brugeren skriver alt andet end "YES', prompter den brugeren igen via dens while(true) loop. Såfremt brugeren skriver "YES', bliver forbindelsen afbrudt, og via et break hopper koden ud af while(true)-loopet.
I det andet mulige udfald, her kaldt SP1, prompter koden brugeren til at specificere, hvilket område af billedet som skal tegnes. Via objektet *part* af klassen *PartImage*, sættes variablen *partMessage,* af typen String, til billedets kode for det specifikke område. Endvidere forbinder den til PLC'en, sender billedets String, og via brugerinput afbryder den.
Det tredje udfald er FP2*,* hvor koden skalerer billedet og beregner forholdet, hvorved der skal skaleres via objektet *scaledImage,* der blev kreeret på linje 92 i koden. Ved hjælp af *scaledImage* tegnes billedet for brugeren med hhv. 1 og 0, med mellemrum bagved, hvorefter billedet bliver konverteret til en String, og denne String udskrives til brugeren. Endvidere forbinder programmet til PLC'en, sender billedets String, og via brugerinput afbryder den.

Det sidste udfald, kaldt SP2*,* skalerer koden billedet og beregner forholdet, hvorved der skal skaleres via objektet *scaledImage,* der blev kreeret på linje 92 i koden. Brugeren promptes til at specificere det område af billedet, som skal tegnes, og via objektet *scaledImage* tegnes billedet i hhv. 1 og 0, med mellemrum bagved samtlige tegn. Variablen *scaledMessagePart* ,af typen String, sættes lig billedets kode for det specifikke område og printes til brugeren. Endvidere forbinder programmet til PLC'en, sender billedets String, og via brugerinput afbryder den.

Ved linje 224-250 bliver brugeren promptet om, hvorvidt de vil fortsætte programmet eller lukke programmet. Ud fra hvorvidt brugerens input er 'NO' eller alt andet, hopper processen ud af *while* true-loopet som hele koden er i, eller programmet starter loopet forfra.

Andre klasser

Image

Klassen *Image* indeholder 2 attributter, 1 constructor og 2 metoder. De to private attributter er *iHeight* og *iWidth* af typen int, som i constructoren respektivt bliver sat lig med parametrene *newIheight* og *newIwidth* begge af typen int, som i programmets main, *PictureinOOP*, respektivt bliver sat til billedets højde og bredde.

Denne klasse indeholder metoden *assembleImage*, der benytter parametrene *pictureArray*[ ][ ] af typen byte, og *image* af typen *BufferedImage*, til at udfylde et multi-array med hhv. 0 og 1, castet til typen byte, for henholdsvis hvid og sort. *pictureArray* er af typen byte for at spare på pladsen, da der ikke er brug for mere plads for et 1 og 0. Metoden begynder med at kreere objektet *ofPicture* af klassen *Color*, dette gøres for at gemme værdierne et samlet sted. Et dobbelt for-loop påbegyndes for at trappesere *pictureArray* fra main (Oracle, Load black and white image, 2017). Inde i det ydre for-loop gennemgås der billedets bredde, kolonne for kolonne af pixels. For hver kolonne sættes et nyt array med en størrelse lig højden af billedet ind i hvert indeks. *pictureArray* kan derfor værdimæssigt udfyldes. For hvert y- og x-værdi der er indenfor grænserne sat af billedets bredde (y) og højde (x), sker der følgende:
Color har attributterne *rgb, red, green, blue,* og de har hver deres accesmetoder. *rgb* sættes via dens accessmetode med *getRGB(BufferedImange)*, som et parameter, der giver en farvekode for farven af et pixel eller et indeks i multi-arrayet. Et eksempel på hvordan de tre farver sættes er, *'ofPicture.red = (ofPicture.rgb>>16)&0xff;'* (Classroom, 2017). Man bruger >> til bitvis at gå gennem farvekoden. Den specifikke farve værdi kan findes bytevis, og koden gennemgås bitvis derfor med 0, 8 og 16 til at finde værdien for farverne rød, grøn og blå i hvert pixel i billedet. Af disse farver findes gennemsnittet via objektet *ofPicture*, så vi kan se billedets pixel i hvor 'lyse' de er, og dermed ikke i farver. Ud fra dette sættes en ny *RGB*, som er gennemsnittet for hvert pixel via *getRGB*, en metode fra *BufferedImage*. På linje 43 til 47 sættes hvert pixel/indeks lig 0 eller 1 casted til byte, afhængig af om gennemsnittet er lig med eller højere end 160, eller om det er lavere. Hvis det er lavere, er farven tæt nok på sort til at koden konverterer det til 1 og omvendt, hvis det er over eller lig med 160, konverteres det til 0.

Metoden *drawImage* har parameteren *pictureArray* af typen byte og står på linje 54 til 65 i denne klasse. Den benytter et dobbelt for-loop til at trappesere *pictureArray* og printer et 0 eller 1, (visuel reportage af pixels og dets farve) i konsollen, afhængig af arrayets værdi i det givne indeks i arrayet.
For det ydre for-loop gælder det, at int *y* får den givne startværdi 0. Såfremt dens værdi er lavere end højden af billedet, så vil der blive lagt en oveni værdien for *y*. Såfremt disse kriterier bliver opfyldt, vil det indre for-loop blive gennemgået. For det indre for-loop gælder det samme, blot med værdien for int *x* og bredden af billedet i stedet for *y* og højden af billedet.
På linje 57, såfremt at værdien i indekset som processen er nået til er lig 0, så vil der blive printet et 0 efterfulgt af et mellemrum. Såfremt dette ikke er tilfældet, vil der blive printet et 1 efterfulgt af et mellemrum.
Til sidst på linje 63 sørger koden for, at efter hver række af pixels der er gennemgået, hoppes der ud til det ydre for-loop igen. Her sørger koden for, at der printes på næste linje af konsollen og at det dobbelte for-loop er færdig med en række. Heraf tegnes billedet række for række.

Color

Klassen *Color* indeholder 5 attributter *rgb*, *red*, *green*, *blue* og *average*, som står på linje 5-9 og alle af typen int og private. Klassen indeholder desuden en no-arg constructor, samt 6 metoder, 2 accessmetoder og 4 mutatormetoder.
Accessmetoderne i denne kode er som følger: *getAverage* der returnerer attributten *average*, da den er private. Derimod lidt atypisk for accessmetoder, beregner den gennemsnittet i metoden, og på en måde er den dermed også en mutatormetode. En anden metode er *getCrgb,* der returnerer attributen *rgb*, da dette er en private attribut. *Crgb* står for RGB værdien i klassen *Color*, og benyttes da det importerede library, *java.awt.image.BufferedImage*, allerede har en *getRGB* metode, der bruges i klassen Image.
De 4 mutatormetoder gør det muligt at sætte attributterne *rgb*, *red*, *green* og *blue* til en værdi indenfor grænserne af typen int, hvilket benyttes i klassen *Image*.

Message

Klassen *Message* indeholder 2 private attributter på hhv. linje 6-7, som lyder som følgende:
upOrDown af typen char og *message* af typen String. Derudover indeholder klassen også en no-arg constructor på linje 9-10, som sætter attributten *message* lig en tom String.
Klassen indeholder også metoden *convertToMessage* på linje 13, med parametrene byte *pictureArray* og BufferedImage *image*.
convertToMessage sætter en String sammen baseret på *pictureArray* fra main og kombinationen af følgende bogstaver: 'D', 'U', 'N' og 'Q'.

Den sætter sagte String sammen på følgende måde. Metoden trappeserer *pictureArray*, via et dobbelt for-loop der er på linje 14-31. Det ydre for-loop gennemgår billedets pixels via variablen af typen int. Billedet gennemgås række for række, en række for hver y-værdi. Y's maksimum værdi er altså billedets

højde. For hver række af pixels eller for hver y-værdi, gennemgår det indre for-loop, via variablen *x* af typen int, hver kolonne, der tilsammen er bredden af billedet, hvilket altså er *x*'s maximum.
I det indre for-loop sker følgende: Hvis *x* er under højden af billedet, og *x* er under bredden af billedet, så sættes attributten *upOrDown* lig enten 'U' for "Up', eller 'D' for "Down', afhængig af om det givende indeks, som koden er nået til, er lig 0 eller ej. Derefter bliver *upOrDown* sat i slutningen af attributten *message*. Dette har en begrænsning via et if-statement for at undgå en *OutOfBoundsException,* når billedet ikke har lige lange sider. Altså kan koden kun sende en String for enten et kvadratisk billede eller kun et kvadratisk stykke af billedet, hvis størrelse afhænger af dets bredde eller højde afhængigt af, hvilken der er mindst. I det ydre for-loop, efter gennemgangen af det indre for-loop, sættes der et 'N' på enden af *message*, som står for at robotten skal tegne næste linje. Efter hele dobbelt for-loopet, sættes et 'Q' i enden af *message*, hvilket står for at robotten skal stoppe.

PartImage

Klassen *PartImage* har 2 private attributter: *message* af typen String og *upOrDown* af typen char. Klassen indeholder også en no-arg constructor, der sætter *message* lig en tom String og 2 metoder. På linje 13-21 står metoden *messagePart* der via parametrene int *x1*, int *y1*, int *x2*, int *y2* og byte[ ][ ] *pictureArray* sætter en String sammen, ud fra samme bogstavs kombination som metoden *convertToMessage* fra klassen *Message*. Den sammensætter koden på samme måde, men med ændringen, at *y* og *x* i dobbelt for-loopet har startværdier og slutværdier, der er sat via brugerinput i main. Metoden *drawImage* har samme ændringer som *convertToMessage*, og gør altså det samme som *drawimage* fra klassen *Image*, men ud fra to intervaller af x- og y-værdier.

Scale

Denne klasse består bl.a af 7 private attributter, 3 af typen int, 2 af typen long, *upOrDown* af typen char og *message* af typen String. Klassen består også af en constructor og 8 metoder.
Constructoren på linje 18-23 benytter sig af parameteren *BufferedImage image* til at sætte attributten *iHeight* og *iWidth* af typen long til respektivt billedets højde og bredde. Constructoren sætter attributten *message* af typen String til en tom String, sådan at den har en værdi, før den benyttes i metoder længere nede i koden. Constructoren beregner også mængden af pixels i billedet ved at gange *iHeight* og *iWidth*.
Metoden *amountOfScaling* på linje 40-56 udregner forholdet, hvormed billedet skal skaleres og sætter attributten *n* til denne værdi, sådan at resten af de metoder, der er i denne klasse har lettere adgang til den. Metoden beregner *n* ved at dividere mængden af pixels i billedet, med en variabel der skjuler attributten *n*, altså en variabel med samme navn. Derefter hvis *spAmount* som afhænger af variablen *n*, er under det limit, vi har på mængden af pixels, eller hvis *n* er lig 2, så er variablens værdi godkendt. *spAmount* afhænger af *n,* da den beregnes ved at trække *pAmount* divideret med *n* fra *pAmount*.
Variablens værdi starter på 1000 og formindskes med 1, for hver gennemgang af det while(true)-loop koden er indkapslet i, indtil det bliver godkendt. Attributten *n* sættes lig variablen *n* når værdien er

godkendt, og der hoppes ud ad while(true)-loopet via et break. *n* kan være lig 2 og blive godkendt i *amountOfScaling* fordi, enten er 2 det eneste tal der går op i billedets antal pixels, eller at ingen gør, med undtagelse af 1, og 2 sættes dermed som standard for billedet.
getValueN er en accesmetode der returnerer *n*, så der er adgang til den i main, og derfra via metodernes parametre, har de også adgang.
getValueSPAmount er en metode, der returnerer attributten *spAmount,* og ligeså returnerer *getValuePAmount* attributten *pAmount*.
På linje 58-76 er der en metode *drawImage,* der printer billedet ud i 1'er og 0'er, med et mellemrum bagpå ligesom *drawImage* i *Image*-klassen, men dette sker i forhold til *n*. Når *pictureArray* trappeseres via et dobbelt for-loop, gennemgås det indre for-loop, hvis *y* divideret med *n* ikke har en rest på 0. Yderligere køres koden inde i det indre for-loop kun, hvis *x* divideret med *n* ikker giver 0. Derved fås den effekt at alle rækker, hvor *n* går op i *y* og alle de kolonner, hvor *n* går op i *x*, forsvinder.
På linje 78-104 står metoden *convertToMessage.* Den sætter en String sammen ligesom *convertToMessage* i klassen *Message*, men med brug af *n* på samme måde som denne klasses *drawImage*.
På linje 109-131 står metoden *scaledMessagePart,* der sætter en string sammen ligesom *messagePart* i *PartImage* klassen, men med samme ændringer som i ovenstående metode, *convertToMessage* i denne klasse.
På linje 134-149 står der metoden *drawImage,* som er en overloading af metoden *drawImage* længere oppe i klassen på linje 58-76. Denne metode printer et billede på samme måde som *drawImage* fra klassen *PartImage*, men med samme ændringer som *drawImage* på på linje 58-76.

Forbedringer

Java kodens programmeringsfase startede, før der var styr på hvad og hvordan, abstrakte klasser og interfaces fungerer, derfor er de ikke inkorporeret. Fokus kunne være blevet sat på interfaces, da koden har metoder som *drawImage,* der benyttes i næsten alle klasser. Det kunne også hjælpe på at få sat et system op for programmets klasser. Mange af klasserne kunne have været sat sammen, eller også kunne en klasse som *Scale* være blevet splittet op, da der som det er nu, er klasser med få metoder og klasser med mange, og rent ordensmæssigt er det lidt et rod. Her kunne interface og abstrakte klasser have sat et hierarki og dermed gjort det lettere og mere naturligt at få holdt en hvis orden på klasserne.

Vedrørende orden på klasser, så er der en klasse *Color*. Den blev skrevet, da den første virkende version af koden i starten af projektet, ikke specifikt var objekt orienteret, og derfor skulle omskrives. Det første forsøg på det var *Color*. Den blev senere unødvendig og blev til intet andet end en samling af farveværdier og beregning af gennemsnittet af farven i et pixel. Den er altså ikke nødvendig, men forblev, da den ingen negativ virkning har, udover en dårlig klasseorden, som er omtalt længere oppe i diskussionen.

Måden skaleringen i programmet fungerer, er ved at sammensætte en String til robotten og tegne på konsollen, hvor pixels hoppes over i processen og derved forsvinder rækker og kolonner af pixels i billedet. En anden måde at gøre dette, som bibeholder formen af motivet i det originale billede sammenlignet med den nuværende metode, der direkte kun fjerner pixels, er hvor der tages højde for de omkringliggende pixels. Dét pixel der er i fokus, får sin farve sat i forhold til de omkringliggende pixels som i stedet fjernes.
I den nuværende måde at skalere på, er det ikke muligt at skalere billeder til mindre end halv størrelse. Når et billede bliver skaleret til halv størrelse, fjernes der hver anden værdi i arrayet på y, hvorefter de bliver fjernet på x. Det er ikke muligt for koden at fjerne f.eks. to af tre pixels på både x og y. Den størst mulige skalering ved nuværende metode, hvor koden kun køres en gang er halv størrelse. Hvis et billede skulle skaleres yderligere, ville det være ved at skalere to gange. Det ville muligvis kræve, at der laves et array ud fra det skalerede billede, for at kunne skalere mere end en gang. Altså ville man skalere en gang med det originale array og igen med det nye array. Afhængigt af hvor mange gange der skal skaleres, skal der laves samme mængde nye arrays.

Når programmet tegner et billede i konsollen, ligger billedet på siden. Dette kunne sandsynligvis rettes ved at ændre på rækkefølgen af gennemgangen af indekser. Derudover tegnes billedet via robotten og via konsollen spejlvendt. Grunden kan ikke siges med sikkerhed, men da det ikke er meningen, er det sandsynligt, når billedet læses i main at det spejles. Dette kunne sandsynligvis rettes ved at gennemgå rækkerne af pixels den modsatte vej i alle String sammensætnings- og tegnemetoder. Altså ved at lade x i de indre for-loops gå fra maksimumværdi mod 0, i stedet for at gå mod maksimum, som koden gør nu.

Endnu et problem koden har er af grunde ikke helt klare. Metoderne der sammensætter en String på baggrund af et helt billede når "FP' er valgt af brugeren i main på linje 57-85, ikke håndterer et billede der ikke er kvadratisk, som ønsket. Det vil sige, at de dobbelte for-loops gennemgår kun en kvadratisk del af billedet, for ikke at få en *ArrayIndexOutOfBoundsException*, når der af en ukendt grund, spørges efter et indeks ude for grænserne sat af billedets højde og bredde. Altså har programmet en løsning, men en bedre en, som kunne indføres ville være, at gennemgå resten af billedet kvadratisk, stykke for stykke, indtil hele billedet er gennemgået. Hvis brugeren valgte "SP' så kan koden godt håndtere ikke kvadratiske billeder, og dette valg kan benyttes, hvis brugeren kender til billedets længde og bredde eller som anden forsøg, hvis koden ikke gav det ønskede output.

"SP' valget kan benyttes som en løsning i ovenomtalte problem. "SP' har dog et problem da, hvis det bliver valgt, så promptes brugeren til at indskrive værdier af typen int til at vælge, hvilken del af billedet der skal tegnes. Hvis værdierne enten ikke er valgt inde for billedets grænser (højde og bredde) eller, hvis de ikke er af typen af int, kan det skabe problemer, som fx kan kaste en *ArrayIndexOutOfBoundsException*. Dette kunne fixes med et while(true)-loop eller et try-catch-statement.

Til sidst i main når brugeren promptes til, om programmet skal køre forfra eller slukke på linje 244-250, kan et problem opstå afhængigt af om der vælges FP1, FP2, SP1 eller SP2. Programmet venter ikke på brugerens input, men starter automatisk programmet forfra, hvis SP1 er valgt og selvom det ikke er testet, kan SP2 have samme problem.

Byte benyttes som typen på arrayet *pictureArray* på grund af, at arrayets størrelse ikke behøvede at være større for at indeholde 1 og 0, castet til byte og derfor, er der ikke en grund til at benytte større datatyper. Det var tanken bag det, men et problem opstod i forhold til, at programmet ikke kunne håndtere et billede, når dets breddes eller længdes størrelse er omkring 256 eller højere. Der var på grund af andre problemer, der dukkede op på samme tid, ikke tid til at teste præcist, det maksimum der er, men det formodes at, hvis de arrays der ligger i multi-arrayet *pictureArray* er større end 256, så er størrelsen af byte ikke stor nok. Altså hvis billedets højde er længere end 256 pixels, så kan et array på den længde ikke være i multi-arrayet.

Det *limit* programmet har, for om billedet skal skaleres er specifikt sat til 257 gange 257. Dette er en sat værdi, som skulle være blevet brugt til, at teste det *limit* der sættes af byte i *pictureArray*. Meningen er dog, at *limit* afhænger af regnestykket 65535 - antal af 'N'er i dens sammensatte String minus 1 for 'Q'. Altså for hver række af pixels i billedet, skal der fjernes et pixel, fra det maksimum *limit* har, sat af TCP, når der sendes til PLC'en. Da 'Q' står for at robotten stopper, fjernes der også et pixel for det. Da *limit* er sat til, at et billede højest kan have 257 som højden, så er der billeder, som programmet ikke kan håndtere eller skalere ned til et billede der kan håndteres. Programmet kan heller ikke håndtere, hvis et billede skaleres, men ikke skaleres til under 256 gange 256, fordi det originale er for stort. Altså kan programmet komme i problemer afhængig af størrelsen af billedet eller højden af billedet.

Koden kan forbedres på forskellige måder, her er nogle af de forbedringer der med mere tid, ville have blevet indført.
Greyscale delen af koden kan udvides. *assempleImage* definerer farven ved en gennemsnitlig RBG værdi. Hvid defineres med et RBG gennemsnit på 161-255 og sort med et RBG gennemsnit på 0-160. Det ville være muligt at opdele farverne i flere kategorier, hvor opdelingerne er udsnit af RBG gennemsnittet. Herefter ville det være muligt at tildele de nye farveværdier til et sæt nye trykværdier til PLC'en. Hvilket ville gøre det muligt at skabe billeder med flere grå nuancer i stedet for kun sort og hvid. Dog ville det kræve, at der blev opstillet flere tegn i vores String, for at definere hvilken grå værdi, der skal gives videre til PLC'en, 'U' og 'D' ville ikke længere være nok.

Robotten bruger nogle gange unødvendig tid på at gennemgå billedet. En forbedring ville altså være at mindske denne tid. Et billede har hele rækker eller store dele af rækker, hvor dets pixels er hvide, så robotten spilder en masse tid på at gennemgå disse pixels, som ikke skal tegnes. Det ville derfor være en optimering, at robotten skiftede til næste pixel, når der kun er 'U'er tilbage, før det næste 'N' i den String der sendes til PLC'en. På denne måde kan hele rækker erstattes ved at gå til næste linje og det

samme for det resterende af en række pixels, hvor resten er hvide. Dette ville dog hjælpe mere på Java-delen af processen, da der så skal sendes en meget mindre String, og derfor kan maksimum på billedets størrelse øges. Man ville gøre dette ved at ændre på den String, der sendes til PLC'en. Den bliver sat sammen baseret på om der bl.a. kun er 0'er i resten af rækken. Hvis det er sandt, så sættes der kun et 'N' og ikke et stort og unødvendigt antal 'U'er.

Struktureret tekst

Opbygning af programmer

Samlet set har vi valgt, at lave fire forskellige programmer. Dette har vi valgt at gøre, for at holde det overskueligt, så vi nemt kan finde et bestemt stykke kode. Vi har lavet de fire programmer, som vil blive beskrevet senere i dette afsnit.

- Reset
- TCP
- Draw
- EmergencyStop

Vi har benyttet B&R's hjælpeprogram til at finde informationer omkring struktureret tekst. Dette har været en god hjælp, hvis der er noget, man har været i tvivl om.

Globale variabler

Hvis der bliver henvist til en variabel i teksten, og den ikke står som en lokal variabel så står den her.

Navn	**Type**	**Navn**	**Type**
dirX	BOOL	*quit*	BOOL
dirY	BOOL	*sharpen*	UINT
dirZ	BOOL	*status*	USINT
enabX	BOOL	*testEnab*	BOOL
enabY	BOOL	*z_move_down*	BOOL
enabZ	BOOL	*z_move_up*	BOOL
input	USINT [0..65535]	*y_move_right*	BOOL
posX	UDINT	*y_move_left*	BOOL
posY	UDINT	*x_move_right*	BOOL
posZ	UDINT	*x_move_left*	BOOL
reset	BOOL	*newLineX*	UDINT
stepX	BOOL	*ValueZ*	UINT
stepY	BOOL	*penLength*	REAL
stepZ	BOOL	*placeInArray*	UDINT
switch_X	BOOL	*placement*	UINT
switch_Y	BOOL;	*newLineHelper*	UDINT
switch_Z	BOOL		

Reset-program

Dette program er lavet til at sætte robotten i den samme startposition, hver gang vi enten starter robotten eller af en eller anden grund ønsker at 'genstarte' programmet. Ud over at sætte robotten i startposition, findes der også en række 'testfunktioner', som bruges til at køre med robotten på de forskellige akser. Reset-programmet benytter de knapper, der er blevet monteret på de tre akser, som vi kalder x, y og z.

I dette program benytter vi en lille række lokale variable, som kan ses i nedenstående tabel.

Navn	Datatype
resetX	USINT
resetY	USINT
resetZ	USINT
timer	TON

Størstedelen af programmet er indkapslet i et if-statement, som spørger om *reset = true* og om *testEnab = false*. Dette sørger for, at programmet kører, når knappen reset er trykket ind, og dermed true. Herefter køres der igennem koden fra top til bund. Hvis disse betingelser er opfyldte, begynder den på reset-sekvensen, som kører alle akserne tilbage til udgangspunktet. Dette gøres igen ved et if-statement, som spørger om en knap er trykket ind eller ej. Hvis knappen ikke er trykket ind, sættes retningen af motoren mod den ønskede position, hvorefter den kører med motoren, indtil knappen bliver trykket ind. Umiddelbart efter spørges der om knappen er trykket ind, og der kører herefter ud igen, indtil der ikke længere trykkes på knappen. Dette kan ses på Illustration 6. Dette gentages for hver af de tre akser, så vi ender ud med et udgangspunkt for resten af programmerne, så vi altid ved, at vi starter i samme position, hver gang vi kører programmet. Herefter sættes *posX*, *posY* og *posZ* til nul, så de kan benyttes senere i koden. Dette gøres ved endnu et if-statement, som spørger om alle akserne er blevet nulstillet, efterfulgt af en lille pause på 100ms, hvorefter værdierne sættes.

```
IF switch_X = TRUE AND resetX = 0  THEN
    enabX:= FALSE;
    dirX:= FALSE;
    stepX := NOT stepX;
ELSIF switch_X = FALSE THEN
    resetX := 1;
    dirX:= TRUE;
    stepX := NOT stepX;
END_IF

IF switch_Y = TRUE AND resetY = 0 THEN
    enabY:= FALSE;
    dirY:= FALSE;
    stepY := NOT stepY;
ELSIF switch_Y = FALSE THEN
    resetY := 1;
    dirY:= TRUE;
    stepY := NOT stepY;
END_IF

IF switch_Z = TRUE AND resetZ = 0 THEN
    enabZ:= FALSE;
    dirZ:= FALSE;
    stepZ := NOT stepZ;
ELSIF switch_Z = FALSE THEN
    resetZ := 1;
    dirZ:= TRUE;
    stepZ := NOT stepZ;
END_IF
```

Illustration 6: Reset-program

Derudover er der et stykke kode, som kører robotten hen i den bestemte startposition, som sættes i gang, når der bliver trykket på knappen 'Start'. Som det kan ses på Illustration 7 er der opsat et if-statement, som spørger om *quit = false*(startknap) og *om resetX = 2*. Dette sørger for, at der ikke kan trykkes start, før akserne er blevet nulstillet. Herefter køres robotten i position ved hjælp af et if-statement på x-aksen. Der køres 1900 'steps' ud af x-aksen.

```
// if start-button pressed, then go to start position
    IF quit = FALSE AND resetX = 2 THEN
        IF posX < 1900 THEN
            dirX := TRUE;
            stepX := NOT stepX;
            IF (stepX = FALSE) THEN
                posX := posX +1;
            END_IF
        ELSE
            reset:= FALSE;
            resetX := 0;
            resetY := 0;
            resetZ := 0;
            newLineX :=  2294967295;
            newLineHelper := 2294967295;
        END_IF
    END_IF
END_IF
```

Illustration 7: Gå til startposition

Til sidst i dette program har vi seks if-statements, som hver gør det muligt, at vi kan styre de forskellige akser. Disse har vi brugt i testfasen, hvor vi evt. skulle finde ud af, hvor robotten skulle starte, hvor blyantblyantspidseren er placeret osv. Vi benytter et boolesk udtryk, som er mappet til en knap i visuen. Hvis dette udtryk er sandt, sættes retningen i den ønskede retning. Derudover sættes 'step' skiftevis højt og lavt, hvilket får stepper-motorerne til at kører. Dette gentages for alle seks if-statements.

```
// move x-axis left
IF (x_move_left AND testEnab) THEN
    stepX := NOT stepX;
    dirX := TRUE;
    IF stepX = FALSE THEN
        posX := posX +1;
    END_IF
END_IF

// move x-axis right
IF (x_move_right AND testEnab) THEN
    stepX := NOT stepX;
    dirX := FALSE;
    IF stepX = FALSE THEN
        posX := posX -1;
    END_IF
END_IF
```

Illustration 8: Knapper til test

TCP

TCP-programmet er vores modtage-program/TCPserver, der over en internet- eller LAN-forbindelse kan modtage et array fra en anden enhed. Dette array bliver sendt som en streng, men bliver lavet om så det modtages som et array (*input*) med 8 bit på hver plads. Selve koden er genbrug, fra en opgave B&R har lavet med os. Dette betyder også, at selvom der er en del af koden, der kan sende data, benyttes det ikke. Når strengen bliver modtaget af PLC'en lægges der et U, D, N eller Q ind på hver plads i arrayet, men da det er et USINT array, lægges disse ind som decimaltal. Karaktererne i strengen bliver til nedenstående ascii kode.

$$U = 85, \qquad D = 68, \qquad N = 78, \qquad Q = 81$$

Tallene bliver selvfølgelig sat ind i arrayet fra plads 0. Dette gør TCP'en, for de pakker der modtages. Der er så det problem, at som programmet virker, kan der kun modtages 1 pakke på 64kb eller mindre, hvilket betyder at hvis vores billedfil bliver større end 64kb, vil den starte på pakke nummer 2, som den så lægger ind i arrayet fra plads 0 igen, derfor begrænses arrayet til 65536, hvilket er en plads mere end, hvad en TCP pakke skal kunne håndtere. Dette gøres for at være sikker på, at det er hele pakke 1 der kommer med.

Af de variabler der bruges, i denne del af programmet, kan der ses en liste nedenfor:

Navn	**Datatype**
tcp1	TcpOpen
tcp2	TcpServer
tcp3	TcpRecv
tcp4	TcpSend
tcp5	TcpClose
state	UINT

TcpOpen, *TcpServer*, *TcpRecv*, *TcpSend* og *TcpClose* er alle funktionsblokke fra biblioteket AsTCP.

I starten af programmet åbnes porten, og ip-adressen bliver sat. Dette gøres med *TcpOpen*. Herefter starter serveren, hvor ip-adressen sættes ind. Dette er så funktionsblokken *TcpServer,* der bruges for at starte den. Efter serveren er startet, vil serveren vente på, at den modtager en pakke igennem den port, der er blevet åbnet her bruges *TcpRecv*.

I slutningen af programmet lukkes der for serveren. Dette gøres med *TcpClose* for, at der senere kan modtages ny data, uden at PLC'en skal genstartes. Dette kan gøres, da serveren åbnes igen med det samme, men venter på at modtage ny data, inden den lukker serveren igen.

Serveren bruger ip-adressen, som PLC'en er blevet tildelt i konfigurationen. I dette setup bruges der en router, så der er mulighed for at tilslutte flere enheder. Dette betyder også, at der bliver brugt en ip ud fra routerens ip-range, i dette tilfælde bruges 192.168.0.103. Derudover bruges en port, som bliver defineret i programmet under variabel *tcp1*. Her bruges port 12345. Der kunne bruges en hel række andre porte, dog ikke porte der allerede er i brug som 5900, som bruges af visu-delen(HMI).

DRAW

Draw programmet er den del, der læser arrayet og ud fra, hvad der sker i arrayet *input,* sørger for at robotten bevæger sig.

I programmet bruger vi en række lokale variabler, som kan ses neden for.

Navn	Datatype
Activator	BOOL
tempX	UDINT
Timer	TON
sharpenderLen	UINT
i	UDINT

Først i koden testes der, om robotten er blevet nulstillet *reset*, og om der er blevet sat en længde på blyanten *penLength*. Den tester også om variablen *testEnab* er falsk, hvis alle disse er sande, i forhold til det if-statement de ligger i, vil den gå ind og teste, om der er nogle af knapperne, ude i akserne, der er blevet trykket ned. Hvis dette er tilfældet stoppes robotten, da dette er et tegn på, at der er en akse, der er kørt for langt i en retning, den ikke skulle køre i. Herefter sættes variablen 'status' da denne viser, i visuen, at programmet kører.

```
IF (reset = FALSE AND testEnab = FALSE AND penLength > 5 ) THEN
```

Illustration 9: Udklip af kode

Efter alt dette bliver der testet, om blyanten skal spidses på variablen *sharpen*. Hvis variablen er nået til 30.000, vil den flytte blyanten over og spidse denne. Dette gør den ved først at flytte blyanten op af z-aksen. Hver gang den tegner, sætter den variablen *tempX,* som bruges for, at robotten kan huske, hvor den er nået til på papiret. Dette udnyttes i den næste del, hvor robotten bevæger sig hen af X-aksen mod blyantblyantspidseren. Da blyantblyantspidseren er placeret under nulpunktet ved robotten, hvor den skal køre hen af x-aksen for at spidse blyanten. Når den så er nået til nulpunktet, bliver blyanten sænket ned i blyantspidseren. Hvor langt blyanten bliver sænket ned, kommer an på, hvor lang blyanten er sat i *penLength*. Her bruges formlen $\frac{45000}{penLength}$ som giver antallet af steps, den skal gå ned, plus en værdi der er sat til 1500 steps fra 0 på z-aksen. Denne værdi er sat ud fra, at det er den længst mulige blyant, der er vurderet til at kunne blive spidset. Når blyanten har været nede i blyantblyantspidseren i

6 sekunder, hvilket er bestemt af variablen *timer,* vil den blive taget op af blyantspidseren og bevæge sig tilbage til der, hvor den stoppede.

Hvis variablen *sharpen* ikke er nået til 30.000, vil den begynde at tegne. Her bruger den så arrayet *input*. For at holde styr på, hvor den er nået til i arrayet, bruges variablen *placeInArray,* hvor den så lægger, hvad der er på den plads i arrayet og derefter ind i variablen *placement*. *placeInArray* ændres hver gang variablen *i* når 30, hvilket den gør. når der er taget 15 steps på enten x- eller y-aksen. hvilket sker. mens den tegner. Dette gøres for at kunne bestemme størrelsen af de pixels der tegnes. Grunden til hver pixel kun er 15 step store selvom *i* er 30, er fordi stepper motorerne reagerer på et højt signal, altså når variablen for step bliver boolsk lav, på grund af transistorerne som inverterer signalet. I programmet bruges *i* kun sammen med variablerne *stepX* og *stepY* da der tegnes i 2 dimensioner.

```
IF (placement = 68 AND i < 30) THEN
    IF (posZ < (3200-ValueZ)) THEN
        IF dirZ THEN
            stepZ := NOT stepZ;
            IF (stepZ = FALSE) THEN
                posZ := posZ +1;
            END_IF
        ELSE
            dirZ := TRUE;
        END_IF

    ELSE
        IF dirX THEN
            stepX := NOT stepX;
            i := i + 1;
            IF (stepX = FALSE) THEN
                posX := posX + 1;
                newLineX := newLineX +1;
                sharpen := sharpen + 1;
                tempX := posX;
            END_IF
        ELSE
            dirX := TRUE;
        END_IF

    END_IF
```

Illustration 10: Udklip af kode

For at tegne pixels bruges 'U' og 'D' som i ascii er 85 og 68. 'U' betyder, at der ikke skal tegnes, mens 'D' betyder, at der skal tegnes. Så det første der sker er, at der bliver testet om blyanten er nede eller oppe. Hvis højden ikke stemmer overens med den nuværende plads i arrayet, altså 'U' eller 'D', vil den først bevæge sig af z-aksen, enten op eller ned, hvorefter den vil bevæge sig af x-aksen for en pixel altså 15 steps.

```
IF placement = 78 THEN
    newLineHelper := newLineHelper - 17 ;
    posX := posX + 17;
END_IF
```

Illustration 11: Udklip af kode

Y-aksen bevæger sig kun når *placement* er blevet ascii for 'N', altså 78, hvilket betyder, at der skal laves en ny linje. Den starter med at z-aksen kører op til 2900 minus variablen *ValueZ* (*ValueZ* er sat ud fra *penLength* igennem ligningen $penLength^{1,5}$ denne virker desværre ikke med alle længder, så der skal findes en anden konstant). Efter blyanten er rykket op, bevæger robotten sig tilbage af x-aksen ud fra variablerne *newLineX* og *newLineHelper*. Disse 2 variabler sørger for, at hver linje starter det samme sted. Dette gøres bl.a. ved at trække 17 steps fra *newLineHelper*. Hver gang der laves en ny linje springes der ca. 17 steps over, og derfor lægges der 17 til variablen *posX* igen for at kompensere for motorerne. På grund af alt dette starter både *newLineX* og *newLineHelper* meget højt, så der ikke laves et overflow.

Når den så er flyttet tilbage af x-aksen, rykker den y-aksen 1 pixel altså 15 steps ved hjælp af *i*.

Emergency-program

Vi har valgt at lave et dedikeret program til robottens 'Emergency Stop'. Vi har gjort dette, da vi vil være sikker på, at motorerne stopper, når man trykker på knappen. Ved denne løsning køres programmet hvert 100ms og dermed får vi en hurtig reaktion, når der trykkes på knappen. Som det kan ses på Illustration 12, er programmet ret simpelt. Det eneste der sker er, at et if-statement spørger efter variablen *emergencyStop*, og hvis denne er true, så sættes *enabX*, *enabY* og *enabZ* til true, hvilket stopper stepper-motorerne.

```
IF (emergencyStop) THEN // emergency button
    enabX := TRUE;      // disables x-axis stepper
    enabY := TRUE;      // disables y-axis stepper
    enabZ := TRUE;      // disables Z-axis stepper
    status := 0;

END_IF
```

Illustration 12: Nødstop

Derudover findes der et stykke kode, der styrer knappen *reset*. Hvis denne bliver trykket, sættes variablen *reset* til true. Dette gør, at programmet 'Reset' starter med at køre, og sætter robotten tilbage til startpositionen. Derudover sættes en række andre variabler, som er nødvendige for at kunne starte reset-programmet.

```
IF (reset_quit) THEN // Reset button
    reset := TRUE;      // starts the reset seqence in reset-program
    quit := TRUE;
    status := 1;        // sets status light to 1
    reset_quit := FALSE;
    placeInString := 0; //resets place in array

END_IF
```

Illustration 13: Startknap

HMI - Human Machine Interface

Vi har valgt at sætte et grafisk interface op til at styre tegnerobotten. Vi har gjort dette, fordi det giver et rigtigt godt overblik over de forskellige variabler, og på den måde kan vi følge med i, hvad robotten gør. Vi har valgt at lave tre forskellige sider, med hver deres funktion. På hver af disse sider findes der et 'Common layer'. Dette lægges som et lag ovenpå de enkelte sider. Her har vi placeret de vigtigste ting, såsom 'nødstop', 'reset' og 'start'. Derudover er der også en inputboks, hvori man indtaster den længde, der stikker ud af blyantsholderen. Dette benyttes i koden i programmet 'Draw'. Til sidst findes der tre knapper, som fører hen til de sider, der findes i interfacet (Kan ses i Bilag 1).

Vi har lavet siderne 'Information' og 'Konfiguration' til fremtidige tilføjelser. Disse er tiltænkt, som de beskriver, forskellige informationer om position, variablernes værdier, evt. det billede den er ved at

tegne osv. Derudover var ideen, at man kunne sætte nogle indstillinger i konfigurationen, om evt. blyanten man benytter, tiden der skal spidses osv. Disse sider er endnu blanke, men kan ses i Bilag 2 og 3.

Til sidst er der en side dedikeret til testning. Her kan der ændres på forskellige variable, som det kan ses i bilag 4. Derudover er der knapper, som hver kan køre robotten i forskellige retninger. Til sidst er der indsat variabler for positionerne på de forskellige akser. Denne side har været rigtig brugbar gennem størstedelen af forløbet.

Forbedringer

Da dette programmeringssprog er nyt for os alle, har vi nogle ting, vi ikke har haft mulighed og tid til at få lavet. Disse ting er alle løsninger, der hver løser mindre problemer eller gør tegningen af billedet mere effektiv.

Den ting som vi ser som den største forbedring, vi kan lave, er at få robotten til at tegne hurtigere. Som det ser ud nu, så tegner robotten en linje, hvorefter den kører tilbage til start og tegner endnu en streg. Derfor ville det være en fordel at få robotten til at tegne billedet både på vej frem og tilbage. Dette kan gøres på flere forskellige måder. En måde at gøre det på er, at lave om i java-koden, sådan at den sammensætter strengen, der bliver sendt videre, skiftevis fra venstre til højre og derefter fra højre til venstre. Dette gøres ved at gennemgå bredden af billedet, skiftevis fra højre til venstre og venstre til højre. Derudover kræver det også en smule ændringer i PLC-programmet. Dette ville gøres ved, at ændre koden for linjeskift. Dette gøres ved kun at flytte y-aksen og at have en variabel, der kan fortælle, om man er i den ene eller den anden ende af billedet.

En anden væsentlig ting ved vores program er, at alle de billeder vi tegner bliver spejlvendte. Dette kan dog ændres ret nemt ved at sætte robotten til at starte i det modsatte hjørne. Vi har valgt ikke at gøre det i programmet, da vi mener det ikke betyder så meget. Dette problem kommer først rigtigt frem, hvis man tegner billeder med tekst på. Her vil teksten altså blive spejlvendt i både den ene og den anden retning.

Derudover overvejede vi metoder, der kunne tegne forskellige nuancer af grå, som ville gøre de billeder vi tegnede mere detaljerede. Dette kunne gøres ved forskellige grader af spidsning af blyanten. Derudover kan det også gøres ved at tegne ovenpå billedet flere gange, så man får mørkere grå de ønskede steder. Vi valgte ikke at lave dette, da det ville blive meget komplekst, og desuden ikke var et krav.

Vi har også tænkt en del på, hvordan vi kunne udregne længden af blyanten. Problemet opstår efter, der er blevet tegnet et stykke tid, og det er tid til at spidse blyanten, hvorefter blyanten bliver kortere. Dette vil påvirke længden, blyanten skal sænkes ned mod papiret, men også længden, der skal køres ned for at spidse. Vi har forsøgt at udregne forholdet mellem længden af blyanten og antallet af 'steps' der skal køres ned til papiret. Dette er vigtigt i forhold til, hvor langt der skal køres ned for både at spidse og tegne.

Til sidst er der nogle småting, som kunne optimeres i programmet. Vi ville gerne have nogle flere elementer i interfacet. Her skulle man gerne kunne ændre forskellige indstillinger og kunne se forskellige variablers værdier. Derudover resetter vi de tre akser på samme tid. Da vi gerne vil undgå, at blyanten kolliderer med blyantblyantspidseren eller tegner streger på vej op i startpositionen, ville vi gerne starte med at køre z-aksen helt i nul-position.

TCP-programmet kunne forberedes ved at modtage flere pakker. Vi har dog ikke haft mulighed for dette på grund af manglende viden og information omkring TCP-biblioteket.

Resultater

Ud fra de krav der er stillet til projektet, har vi med de koder, der er blevet lavet, fået robotten til at tegne et billede, der først bliver lagt ind i java, og bliver lavet om til en string som PLC'en så modtager og tegner ud fra. Mens den tegner, vil den med mellemrum spidse blyanten. (Se eventuelt timelaps, hvor robotten tegner under bilag) Skaleringen i java virker afhængig af billedet. Vi kan kommunikere mellem PLC'en og en PC via TCP.

Tids- og arbejdsplaner

I dette projekt har vi arbejdet sammen i et hold på syv. Dette gør, at vi kan dele projektet op i forskellige dele. Vi har delt gruppen op i 2-3 mands hold og sørget for, at alle har arbejdet med noget, de ikke var alt for gode til. Dette er med til at give noget ekstra indlæring på de forskellige emner. I tabellen nedenfor, kan arbejdsfordelingen ses.

Arbejdsopgave	**Ansvarlig**
Indledning/Problemformulering	Anders Elian og Quan Nguyen
Elektronik	Anders Elian, Quan Nguyen og Peter Nielsen
Struktureret tekst og beskrivelse	Gustav Nobel og Peter Nielsen
Java-program og beskrivelse	Mads Østergaard, Caroline Kragh og Mads Benjamin Nielsen
Opsætning af rapport	Quan Nguyen
Finpudsning og korrekturlæsning	Gustav Nobel, Anders Elian, Quan Nguyen, Mads Østergaard, Mads Benjamin Nielsen, Caroline Kragh og Peter Nielsen

Når man arbejder i en gruppe, er det vigtigt at holde styr på, hvad der bliver lavet på forskellige tidspunkter. Dette har vi løst bl.a. ved hjælp af en tidsplan, ugentlige møder og kommunikation via internettet. Derudover er det også vigtigt, at alle i gruppen ved, hvad der bliver lavet, og at vi ved, hvor langt man er nået i projektet.

En ting der kunne gøres bedre er, at man før rapportfasen, bliver enige om, hvordan man skriver rapporten. Altså, at man bliver enige om opsætningen, måden der skrives på, om man bruger illustrationer osv. Dette er løbet løbsk for os, hvilket viser, at vi ikke er blevet helt enige om opsætningen.

For bedst mulig planlægning har vi lavet en tidsplan, som vist nedenfor.

Task Name	**Start**	**End**	**Duration (days)**
Projektbeskrivelse	13-10-2017	06-11-2017	24
Tidsplan	30-10-2017	31-10-2017	1
Java	23-10-2017	15-11-2017	23
Structured text	30-10-2017	15-11-2017	16
Elektronik	30-10-2017	08-11-2017	9
Test af software	15-11-2017	17-11-2017	2
Rettelser af software	17-11-2017	24-11-2017	7
Rapport	30-10-2017	08-12-2017	39
Beskrivelse af elektronik	08-11-2017	17-11-2017	9
Beskrivelse af software	15-11-2017	27-11-2017	12
Indledning	30-11-2017	08-12-2017	8
Diskussion	30-11-2017	08-12-2017	8
Konklusion	30-11-2017	08-12-2017	8
Bilag	30-11-2017	08-12-2017	8
Rettelse af rapport	08-12-2017	14-12-2017	6

Konklusion

Til sidst i forløbet er vi kommet frem til, at vores løsning virker ud fra de fleste af vores krav. Der vil altid være noget, man kunne gøre bedre og mere effektivt, og hvis vi havde haft tiden, ville vi selvfølgelig fortsætte med forbedringer.
Projektet har lært os en masse både indenfor programmering, om sammenhold og samarbejde. Derudover har vi haft diskussioner om forskellige løsningsforslag, som selvfølgelig er løst på bedst mulig måde. Vi er rigtigt godt tilfredse med vores resultater, og måden vi har løst opgaven på. I forhold til rapporten, kunne vi godt have tænkt os en ens opsætning gennem de forskellige afsnit og emner. Da de forskellige afsnit er sat op på forskellige måder, er det let at se, hvem der har skrevet dem.

Litteraturliste

Akizukidenshi.com. (13. 12 2017). Hentet fra ST330 Stepper-Driver: http://akizukidenshi.com/download/ds/sainsmar/ST330_Stepper_Motor_Driver_Board_User_Manual.pdf

B&R. (13. 12 2017). *X20CP13XX.* Hentet fra http://www.br-automation.com/downloads_br_productcatalogue/BRP4440000000000000493282/X20CP13xx-RT-ENG_V1.16.pdf

Classroom. (12. Dec 2017). *Convert to grayscale*. Hentet fra https://www.dyclassroom.com/image-processing-project/how-to-convert-a-color-image-into-grayscale-image-in-java

Motechmotor. (13. 12 2017). *Nema 23 Stepper Motor.* Hentet fra http://www.motechmotor.com/products_detail.php?id=155&cid=71&page=1

Oracle. (12. Dec 2017). *compareTo*. Hentet fra https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/lang/String.html#compareTo(java.lang.String)

Oracle. (12. Dec 2017). *File*. Hentet fra https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/io/File.html#File(java.lang.String)

Oracle. (12. Dec 2017). *Load black and white image*. Hentet fra https://stackoverflow.com/questions/5925426/java-how-would-i-load-a-black-and-white-image-into-binary

Oracle. (12. Dec 2017). *LoadImageApp*. Hentet fra https://docs.oracle.com/javase/tutorial/displayCode.html?code=https://docs.oracle.com/javase/tutorial/2d/images/examples/LoadImageApp.java

Oracle. (12. Dec 2017). *Read*. Hentet fra https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/javax/imageio/ImageIO.html#read(java.io.File)

Oracle. (12. Dec 2017). *Reading/Loading an Image*. Hentet fra https://docs.oracle.com/javase/tutorial/2d/images/loadimage.html