



CHALMERS

Konceptframtagning av lägessensor för svenska dörrlås

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik



Maxemilian Lundin
Felix Sjöberg

INSTITUTIONEN FÖR Industri- och materialvetenskap
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2023

www.chalmers.se

Examensarbete 2023

Konceptframtagning av lägesensor för svenska dörrlås

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik

Maxemilian Lundin
Felix Sjöberg



CHALMERS

Institutionen för Industri och Materialvetenskap
Chalmers Tekniska Högskola

Göteborg 2023

Konceptframtagning av lägessensor för svenska dörrlås
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik
Maxemilian Lundin och Felix Sjöberg

© Maxemilian Lundin, Felix Sjöberg, 2023.

Handledare: Felix Backgård, Chalmers Entreprenörskap och affärsdesign
Handledare: Emil Gustafsson, Chalmers Entreprenörskap och affärsdesign
Handledare: Filip Lindblom, Chalmers Entreprenörskap och affärsdesign
Examinator: Kjell Melkersson, Industri och Materialvetenskap

Examensarbete 2023
Institutionen för Industri och Materialvetenskap
Chalmers Tekniska Högskola
SE-412 96 Göteborg
Telefon +46 31 772 1000

Omslagsbild: Koncept av lägessensor för svenska dörrlås.

Göteborg 2023

Förord

Examensarbetet gjordes på uppdrag av projektet Doora.
Vi vill tacka våra handledare på entreprenörsmastern som hjälpt oss.
Vi vill också tacka Kjell Melkersson för mycket bra hjälp med rapportens utformning samt givande och trevliga diskussioner.

Arbetet hade aldrig varit möjligt utan all hjälp från Lindholmens Makerspace och E-sektionens Teletekniska Avdelning (ETA).
Extra tack går även ut till Markus Börne, Anton Lundh och Sven Ekered.

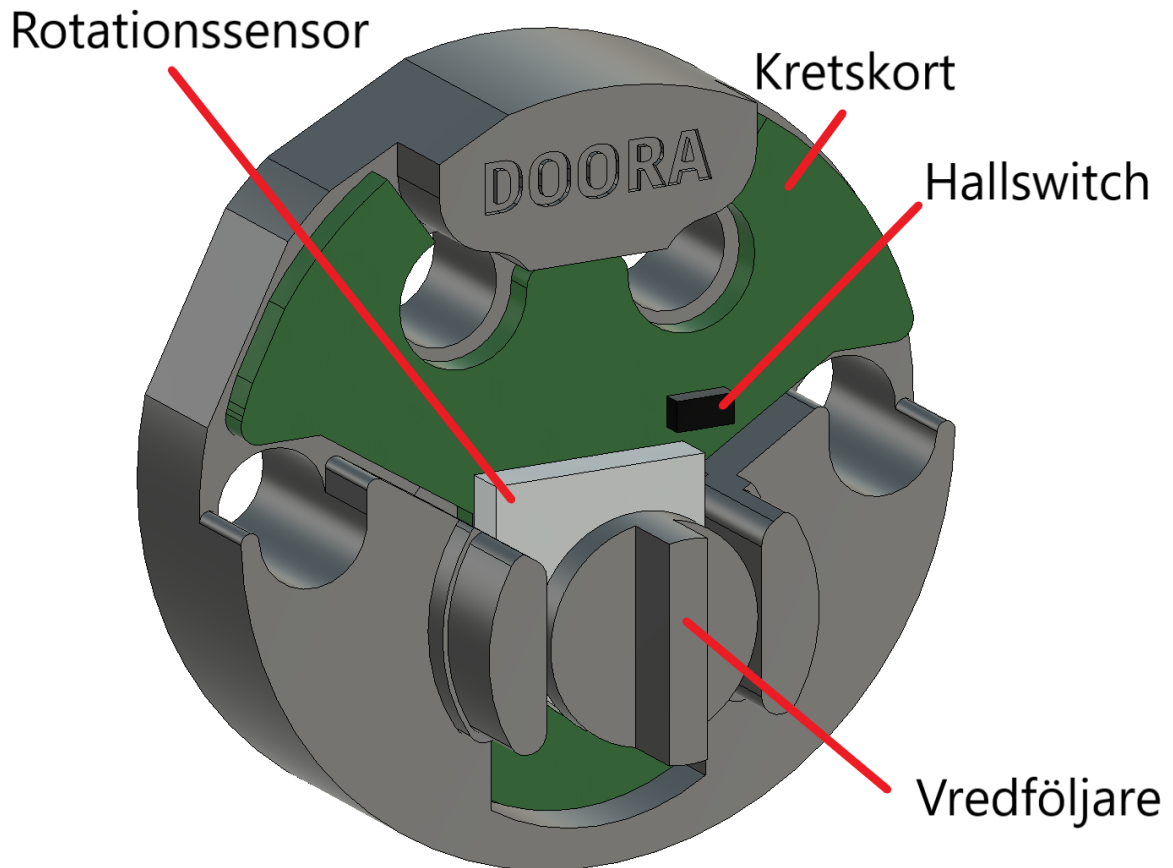
Göteborg, maj 2023

Maxemilian Lundin och Felix Sjöberg

Sammanfattning

Examensarbetet gjordes på uppdrag av projektet Doora. Syftet med arbetet var att ta fram ett koncept för en lägessensor till svenska dörrlås som avgör om låset är låst eller inte. Genom produktutvecklingsmetoder togs ett koncept fram. Resultatet presenteras genom CAD-modeller och schematiska ritningar.

Resultatet av arbetet är ett koncept för en sensor som används i ett delsystem i en lösning för bevakning och larm av främst lägenhetsdörrar. I figuren nedan visas slutresultatet.

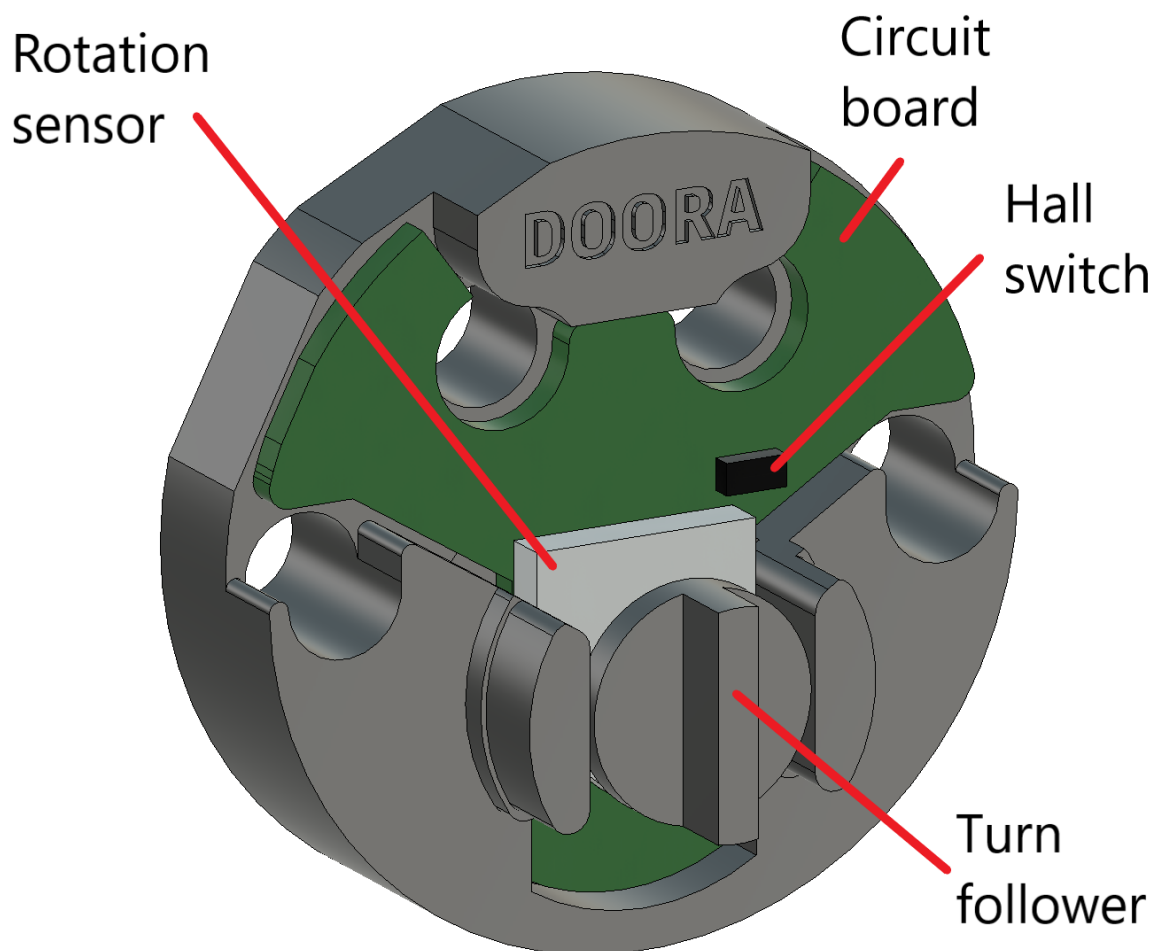


Nyckelord:
Dörrlås, sensor, konceptframtagning

Abstract

This thesis was carried out by request of a startup project called Doora. The purpose of the thesis was to develop a concept for a position sensor for Swedish door locks that senses if the door lock is locked or not. Through product development methods a concept was created and it is presented by CAD-models and schematic drawings.

The result of the thesis is a concept for a sensor that is used in a subsystem for a supervision and alarm solution used in mainly apartment doors. The final concept is shown in the illustration below.



Key words:

Door locks, sensor, concept development

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Innehåll

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.1.1 Dagens befintliga lås	3
1.2 Syfte	6
1.3 Avgränsningar	6
1.4 Frågeställning	6
1.5 Metod	6
2. Framtagen Lösning	8
2.1 Slutgiltig lösning	8
2.2 Produktspecificering	10
Kravspecifikation	10
2.3 Konceptkatalog	10
Koncept 1: Taktila switchar	11
Koncept 2: Rotationsgivare	12
Koncept 3: Hallsensor	13
2.4 Konceptutvärdering	14
2.5 Vidareutveckling av slutgiltigt koncept	14
2.5.1 Cylinderförlängare	15
2.5.2 Kretskort	16
2.5.3 Hallsensor	16
2.5.4 Tillverkning	17
2.5.5 Test med flera låshus	18
3. Slutsatser	19
4. Diskussion & Fortsatt arbete	20
5. Källförteckning	21
6. Bilagor	22
Bilaga 1: Förklaring av etsning	22
Bilaga 2: Konceptutvärdering	23
Koncept 1: Taktila switchar	23
Koncept 2: Rotationsgivare	23
Koncept 3: Hallsensor	23
Blandat koncept	24
Test med låshus	24

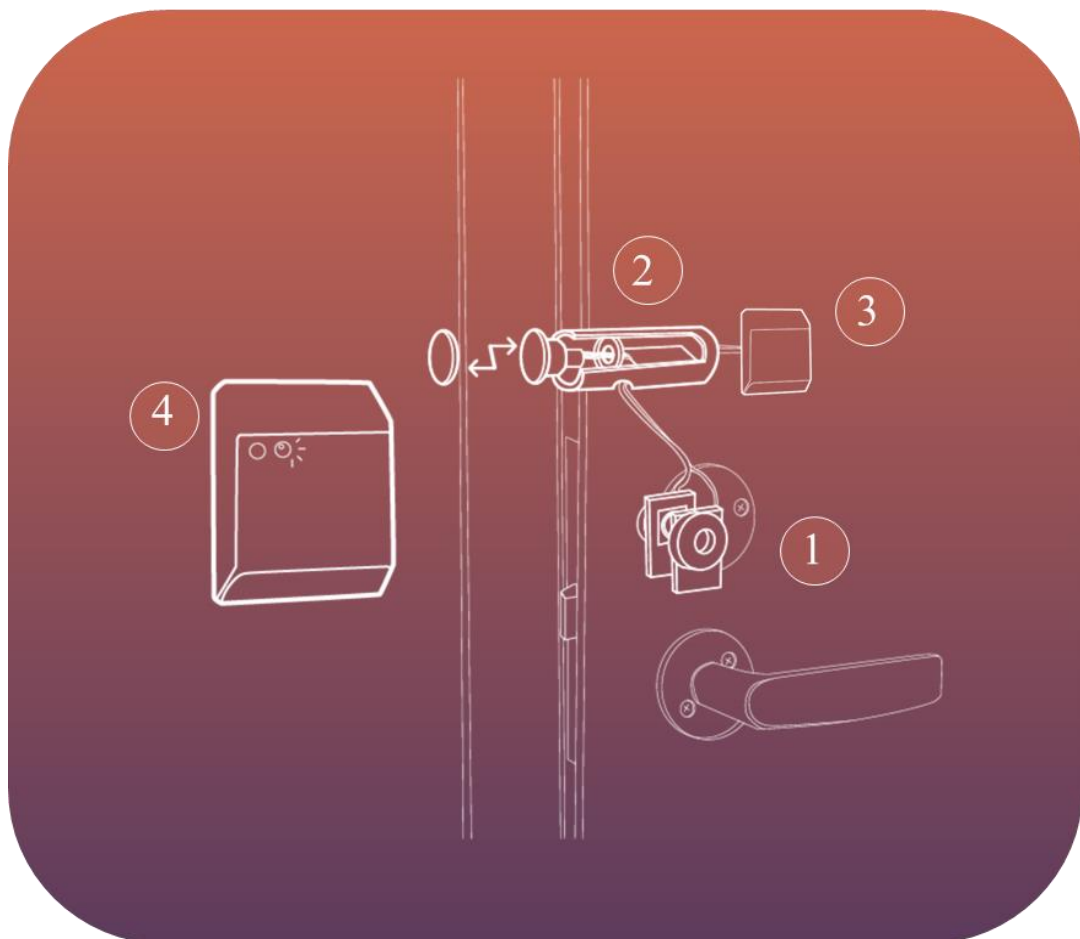
Bilaga 3: Aktuella låshus enligt konsult	25
Bilaga 4: Hållfasthetsberäkning för vredföljaren.....	26
Bilaga 5: Schematisk kretskort-ritning, samt mönsterkortsdesign	27
Bilaga 6: Data från tester med låshus	29
Bilaga 7: Arduino och brödkort	30
Bilaga 8: Prototyp	31

1. Inledning

Detta kapitel beskriver arbetets bakgrund och syfte.

1.1 Bakgrund

Examensarbetet genomförs av två studenter som går tredje året i maskinteknik som högskoleingenjörer med inriktning på produktionsteknik, tillsammans med ett projekt som kallas Doora. Idén kommer ursprungligen från en låssmed i Finland och utvecklades sedan till ett detaljerat koncept som även patenterades. Det är en lösning som består av två olika typer av sensorer, som i kombination är unika. Det består dels av två låssensorer som kontinuerligt känner status på låset och en magnetsensor som ger dörrstatus. Med båda dessa kan man lösa flera problem, där nuvarande fokus ligger på att lösa problem för lägenhetsboende. Bland annat kan du få ett inbrottslarm om en dörr bryts upp eller en notis om du glömt låsa dörren. I figur 1 ses en schematisk bild av ett tidigt koncept förslutlösningen med fyra olika komponenter, (1) låssensorer, (2) magnetsensor, (3) beacon som sänder uppdateringar till hub, (4) vilken uppdaterar app. Förhållandet mellan dessa enheter beskrivs under figur 2.

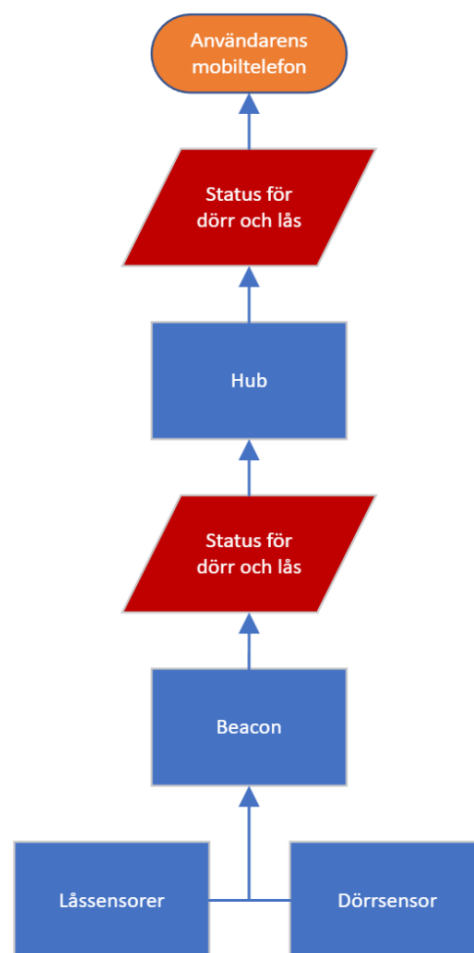


Figur 1: Gammal bild av koncept

Det patenterade konceptet utvecklades därefter vidare med hjälp av olika konsulter och detta resulterade i flera fysiska "proof of concepts" med tillhörande app som fungerar i finska lås. Fortsättningsvis togs fler personer in i det dåvarande bolaget Ebenlock och beslut togs även att fokusera på den svenska marknaden. I samband med beslutet kom bolaget i kontakt med Chalmers Ventures och Chalmers School of Entrepreneurship. Numera drivs idén av tre affärsutvecklare tillika studenter vid Chalmers entreprenörsskola under namnet Doora. I dagsläget verkar gruppen som ett projekt men en bolagisering kommer att påbörjas inom några månader.

Med avstamp i patentet och nuvarande prototyper har vidare koncept tagits fram för en första produkt. Denna inkluderar de typer av komponenter som ska inkluderas, men vidare arbete behöver göras för att fastställa och vidareutveckla dessa. Primärt fokus för examensarbetet kommer vara att utveckla låssensorerna där olika krav och önskemål ställs. Målet är att designa, konceptualisera och göra en prototyp för en lösning som fungerar för många lås, primärt i Sverige.

För att genomföra detta kommer en kartläggning kring de existerande låsen på marknaden krävas och dessutom överväganden kring kostnad och installationstid. Överväganden kommer även göras kopplat till patentet, kommer patentet täcka den slutgiltiga lösningen eller kommer lösningen skilja sig till den grad att skydd upphör.



Figur 2: Flödesschema för koncept

Flödesschemat i figur 2 visar hur de fyra olika komponenterna samarbetar och vilken information som skickas mellan dem. Att känna av låsets status kan göras på många olika sätt och detta arbete kommer till största del handla om att hitta ett bra sätt att avläsa statusen på.

Dörrsensorn känner av om dörren är öppen eller stängd. Det här kan också göras på flera olika sätt och en konsult inom projektet Doora undersöker hur detta kan göras på bästa sätt. Beaconen får information från sensorerna genom kablar och den skickar sedan vidare informationen trådlöst till hubben. Därefter skickar hubben vidare samma information till användarens mobiltelefon via en app. Hubben och beaconen är under utveckling av konsulten och är tänkt att drivas med hjälp av batterier. Användaren kommer via en app kunna se statusen på sitt lås och sin dörr. Det finns många möjligheter till tilläggsfunktioner som bland annat möjlighet att tillkalla väktare ifall det sker ett inbrott.

1.1.1 Dagens befintliga lås

Dagens lås i Sverige följer idag standarder vilket leder till att de flesta måtten stämmer överens mellan de flesta godkända standardlås för ytterdörrar. Inne i urfräsningen till en dörr sitter ett låshus (A) som visas i figur 3.

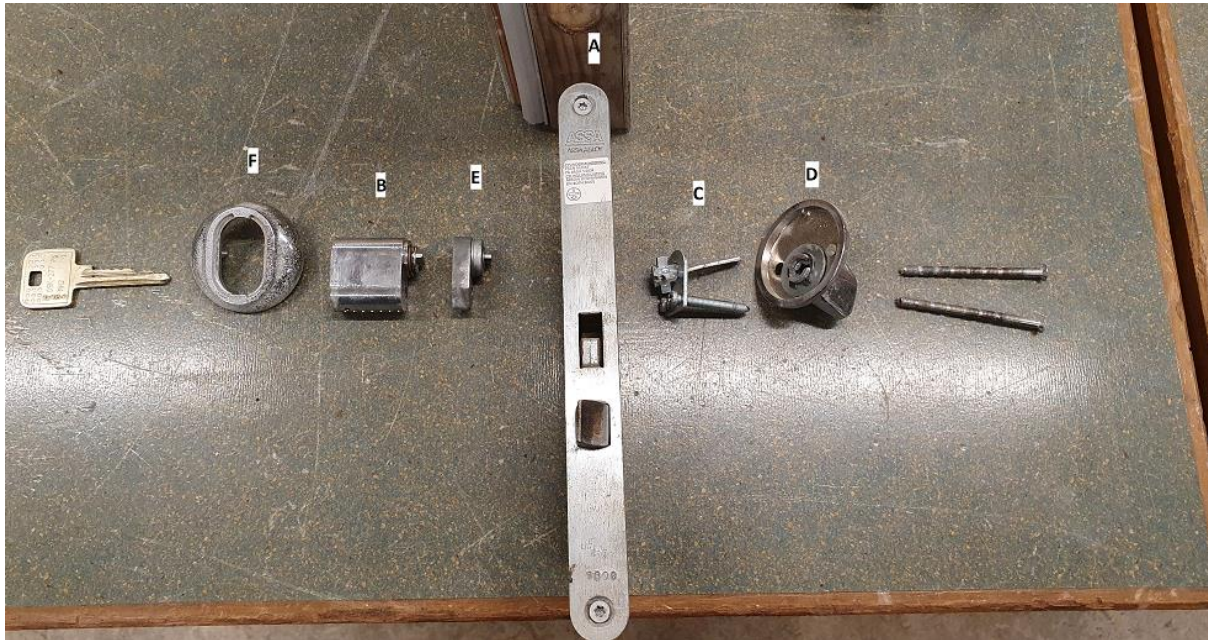
På ena sidan av låshuset kopplas en låscylinder (B) på, vilket är den del där en nyckel utnyttjas för att kunna vridas runt, låscylindern i sin tur vrider runt en koppling som kallas "roddare", se figur 4, i låshuset, som får bommen i dörren att åka ut, vilket ser till att dörren inte går att öppna när den är låst. På samma sätt fungerar det även på insidan av dörren men oftast används en medbringare, (C) som kan ses i figur 3, istället för en låscylinder, vilken vrids runt med hjälp av ett vred (D).

Det är viktigt att komma ihåg att båda sidor är oberoende av varandra. Detta betyder att vredet på insidan inte kommer vridas runt om låscylindern på utsidan vrids runt till exempel.

Till dörrar som är av tjockare typ brukar en cylinderförlängare (E) användas. Denna är helt enkelt bara en förlängning av axeln som sitter på låscylindern. Ihop med cylinderförlängaren sitter en vredföljare, se figur 5, som medger periferiell rörelse.

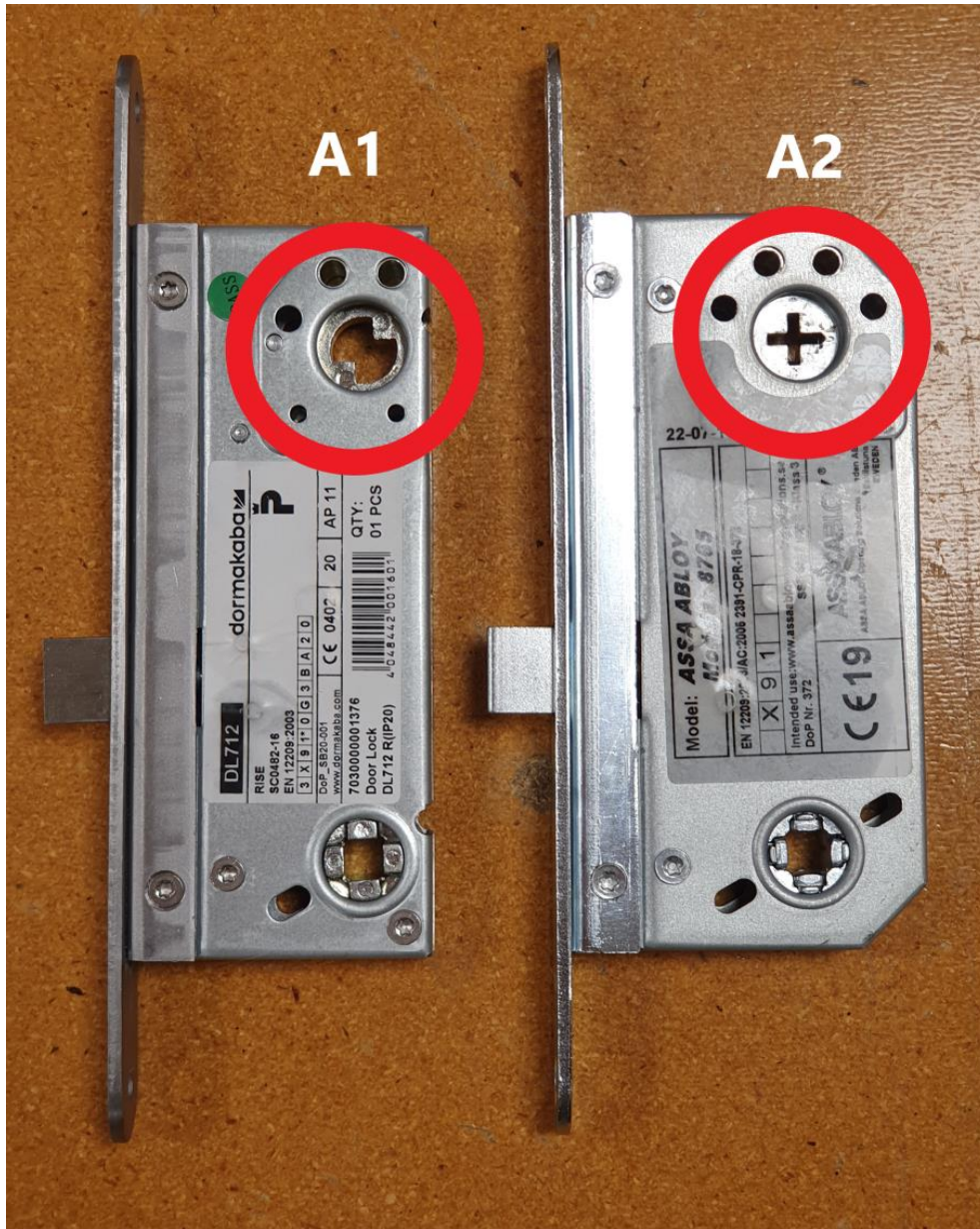
På utsidan av dörren brukar en cylinderring sitta, (F) i figur 3, denna bidrar till utseendet, men skyddar också mot vissa angrepp. Till vissa låscylindrar, främst sådana av helrund typ kan en cylinderhylsa ofta sitta. Denna bidrar till utseende och skapar finare övergång mellan låscylinder och cylinderringen. Avslutningsvis finns det även dörrar som använder en låscylinder på båda sidor av dörren. Detta ändrar dock inte funktionen på något annat vis än att en nyckel även kommer behöva användas på insidan av dörren, då en låscylinders axel fungerar på samma vis som medbringarens.

Utöver den rena utformningen på en hel låsenhet har även låshus olika typer av manövrering. Skillnaden för projektet ligger främst i hur långt låscylinde alternativt medbringare måste vridas för att låsa och låsa upp dörren. De vanligaste varianterna som finns är låshus som kräver vridning ett helt varv (360°), 30° eller 20°. Låshus som inte kräver ett helt vridningsvarv brukar fungera så att de fjädras tillbaka till sitt ursprungsläge efter manövrering.



Figur 3: Isärplockat lås med ingående komponenter

Låshuset (A) har roddare vilka är kopplingen som används för att manövrera låshuset (låsa och låsa upp) genom att använda antingen en medbringare eller låscylinde. Dessa roddare kommer i två olika typer av standardutföranden på den svenska marknaden. Båda typerna av roddare syns i Figur 4. Den vanligaste typen i Sverige är A2 som, för att särskiljas från fjärilsroddare, kallas plusroddare i det här arbetet.



Figur 4: Två låshus med olika roddare (fjärilsroddare, A1 och plusroddare, A2)



Figur 5: En rund cylinderförlängare med vredföljare

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att skapa ett koncept för att digitalisera mekaniska lås i främst lägenheter och förråd främst på den svenska marknaden. Utifrån en patenterad lösning ska ett koncept som passar på svenska lås tas fram. Det innefattar en lösning för att känna av låsets läge samt att välja komponenter för denna lösning. Lösningen ska vara utformad på ett sådant sätt så att privatpersoner kan montera den på sitt lås själva.

1.3 Avgränsningar

Uppdragsgivarna har redan utfört en marknadsundersökning om vad kunder vill ha för funktioner och vad de kan tänka sig att betala. Därför har kvantitativa kundundersökningar ej genomförts.

Arbetet handlar främst om framtagning av ett koncept. Arbetet var även främst inriktat mot det befintliga patentet men undantag kunde tas vid bättre lösningar.

1.4 Frågeställning

Hur kan en sensor för dörrlås utformas för så stort urval av lås som möjligt?

Hur kan sensorer samt grundkonceptets resterande komponenter sammankopplas med ett komplett låshus?

1.5 Metod

Examensarbetet började med en allmänbildning inom låskonstruktion och vilka olika typer av lås som fanns på den svenska marknaden. Detta gjordes genom egen sökning på internet samt möte med en konsult inom Doora projektet som har jobbat länge inom låsbranschen. Från konsulten samlades även data och information in angående olika standarder och standardmått för dörrar och låssystem för att kunna anpassa lösningen utefter marknadens lås.

För genomförandet av projektet användes väl beprövade produktutvecklingsmetoder. Metoderna som användes var iterativa och utgick från kravspecifikation, som togs fram genom diskussion med Doora projektet.

Projektet Doora innehar ett patent [A]¹ för en lösning inom inbrottslarm vilket arbetet baserades på. Utöver det försedde konsulten inom projektet detta arbete med rådgivning och idéer om nödvändiga ritningar med mått inom låskonstruktion.

Utifrån den samlade informationen brainstormades det fram flera lösningskoncept som samlades i en konceptkatalog. Dessa koncept utvärderades därefter med hjälp av 3D-modellering och komponenttester. Utifrån testerna fastställdes det ifall koncepten var tillämpningsbara i produkten.

¹ Härefter kommer källor att hänvisas till med hakparenteser.

Från denna lösningskatalog kunde de bästa delarna av lösningarna utvärderas och kombineras för att få fram en slutlig lösning.

Efter en precisering av principlösning utvärderas denna efter kravspecifikationen och efter det integreras lösningen konceptuellt i helhetslösningen. Till exempel hur signaler från konceptet kan skickas vidare till helhetskonceptets resterande komponenter.

Därefter tillverkas en prototyp för att demonstrera den verkliga funktionaliteten hos ett eller flera koncept för att utvärdera dess funktionalitet ytterligare. För detta 3D-printas modelleringarna och fästs på olika låshus tillsammans med komponenterna. En testrigg där de olika låshusen kan monteras för testerna designas i ett CAD-program och tillverkas genom 3D-printning. Komponenterna testas med hjälp av en arduino nano och ett brödkort, dessa begrepp förklaras i bilaga 7.

En prototyp tillverkades när komponentvalet var gjort. Till denna tillverkades även tillhörande kretskort för montering, detta gjordes med "photo resistant kopparlaminat" via etsning, som beskrivs i bilaga 1.

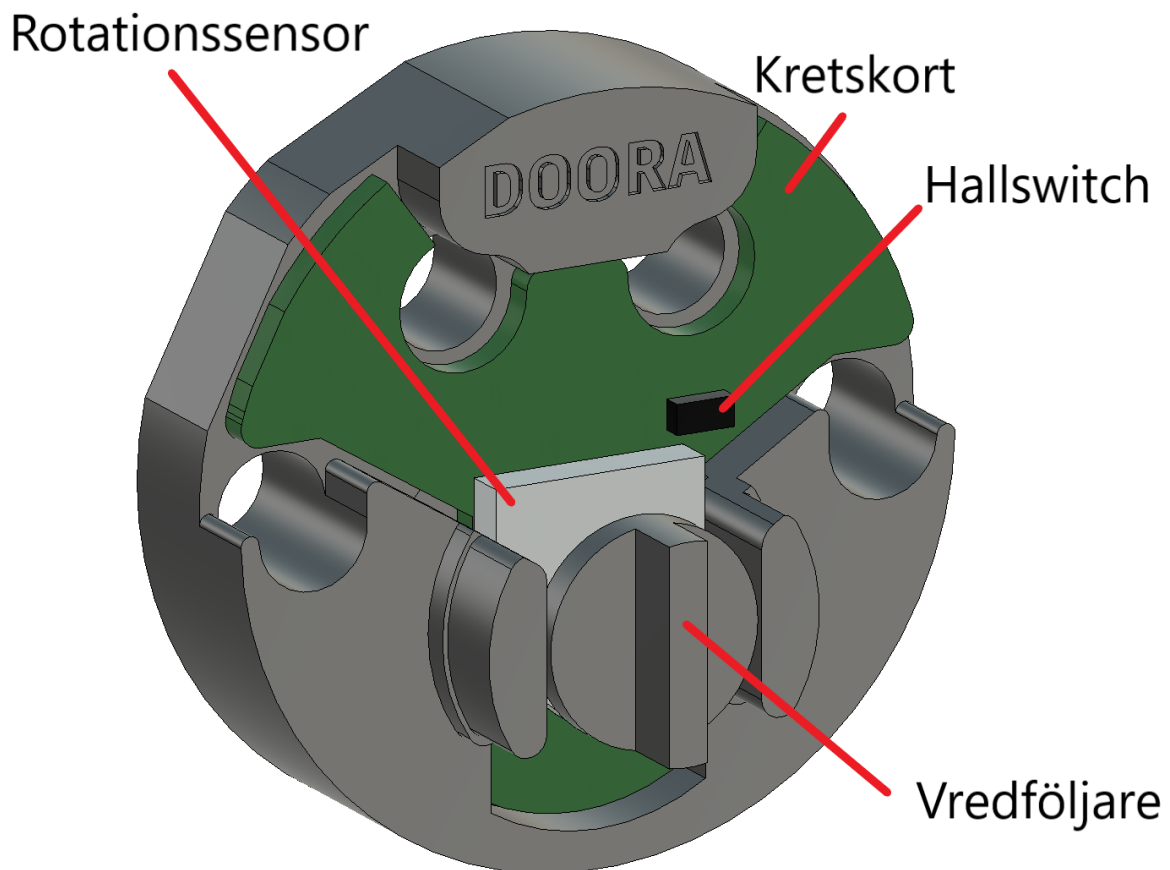
Efter att tester genomförts på komponenterna och en prototyp har tillverkats vidareutvecklades konceptet genom framtagning av ett slutgiltigt koncept. I detta koncept är tillverkningsmetod, hållfasthet och konstruktion fokus.

2. Framtagen Lösning

I detta kapitel beskrivs den framtagna lösningen i examensarbetet.

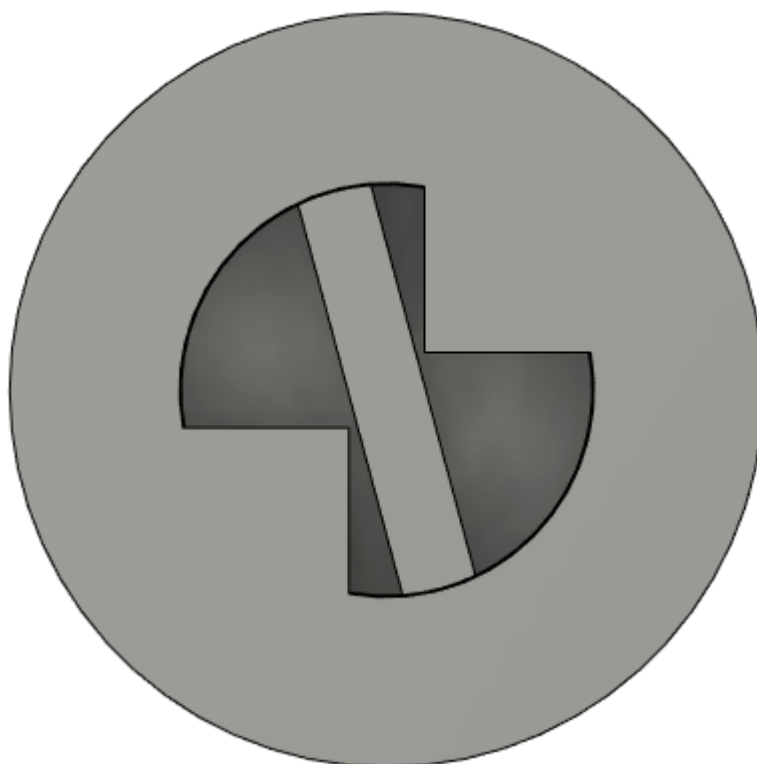
2.1 Slutgiltig lösning

Med hjälp av en resistiv rotationssensor och en Hallswitch, som är en magnetsensor, spåras låsets position. Komponenterna löds fast på ett kretskort som i sin tur monteras i en cylinderförlängare som har designats om för att möjliggöra montering av valda komponenter, se figur 6. Kretskortet kan limmas eller tejpas på plats i cylinderförlängaren för att det inte ska falla ur vid montering av slutprodukten.



Figur 6: Cylinderförlängare med kretskort samt rotationssensor och Hallswitch

Cylinderförlängarens nya design utgår från en "vanlig" cylinderförlängare och kan tillverkas via bearbetning av denna. I en så kallad fjärilsroddare kan detta leda till ett visst glapp, som visas i figur 7. Detta glapp är i praktiken inte ett problem, då låssensorn läser av låscylindern, alternativt medbringarens vridning, vilken fungerar på samma sätt för både fjärils- och plusroddare.



Figur 7: Illustration av glapp med vredföljare i fjärilsroddare

Konceptet bygger på två stycken cylinderförlängare, en på var sida om dörren. Detta behövs då nyckelns låscylinder och det inre vredet är frikopplade från varandra och vrider på två olika roddare som sitter inuti låshuset. Detta betyder att det behövs en sensor på var sida av dörren för att det inte ska bli problem ifall dörren låses inifrån för att sedan låsas upp utifrån. Detta kan lätt hända ifall det bor mer än en person i hushållet. Därför sträcker sig kretskortet till båda ändarna av cylinderförlängaren för att kablar ska kunna dras från båda håll vidare till beaconen. Detta underlättar monteringen och betyder att endast en design av slutprodukten behövs för båda sidorna av dörren.

Konceptet funkar genom att använda låscylinderns rörelse för att vrida runt en medbringare. På denna medbringare finns en magnet som riktas mot en Hallswitch när låscylindern står i ett uppåtriktat läge (läget där nyckeln kan dras ur låscylindern). När Hallswitchen känner av magneten bryts strömmen till vridsensorn för att minimera strömförbrukning. När låscylindern vrider runt slutar Hallswitchen känna av magneten, vilket leder till att vridsensorn slås på. Vridsensorn känner av vilken vinkel låset står i och skickar detta till en controller vilken, beroende på en inställning av aktuellt låshus, avgör om låset har vridits tillräckligt mycket för att vara låst.

När slutkunden eller en elektriker monterar den slutgiltiga produkten på en ytterdörr så följer personen som monterar en startup-sekvens. Personen i fråga ska då vrida på låset till olika lägen för att identifiera bland annat låsningsvinkeln för låshuset.

2.2 Produktspecificering

Detta avsnitt berör lösningens funktioner, de krav som lösningen måste uppfylla och dess begränsningar.

Kravspecifikation

Kravspecifikationen visar krav och önskemål samt vilka egenskaper det berör. Önskemålen har en viktighetsgrad "v" mellan 1-5 där 5 är "viktigast".

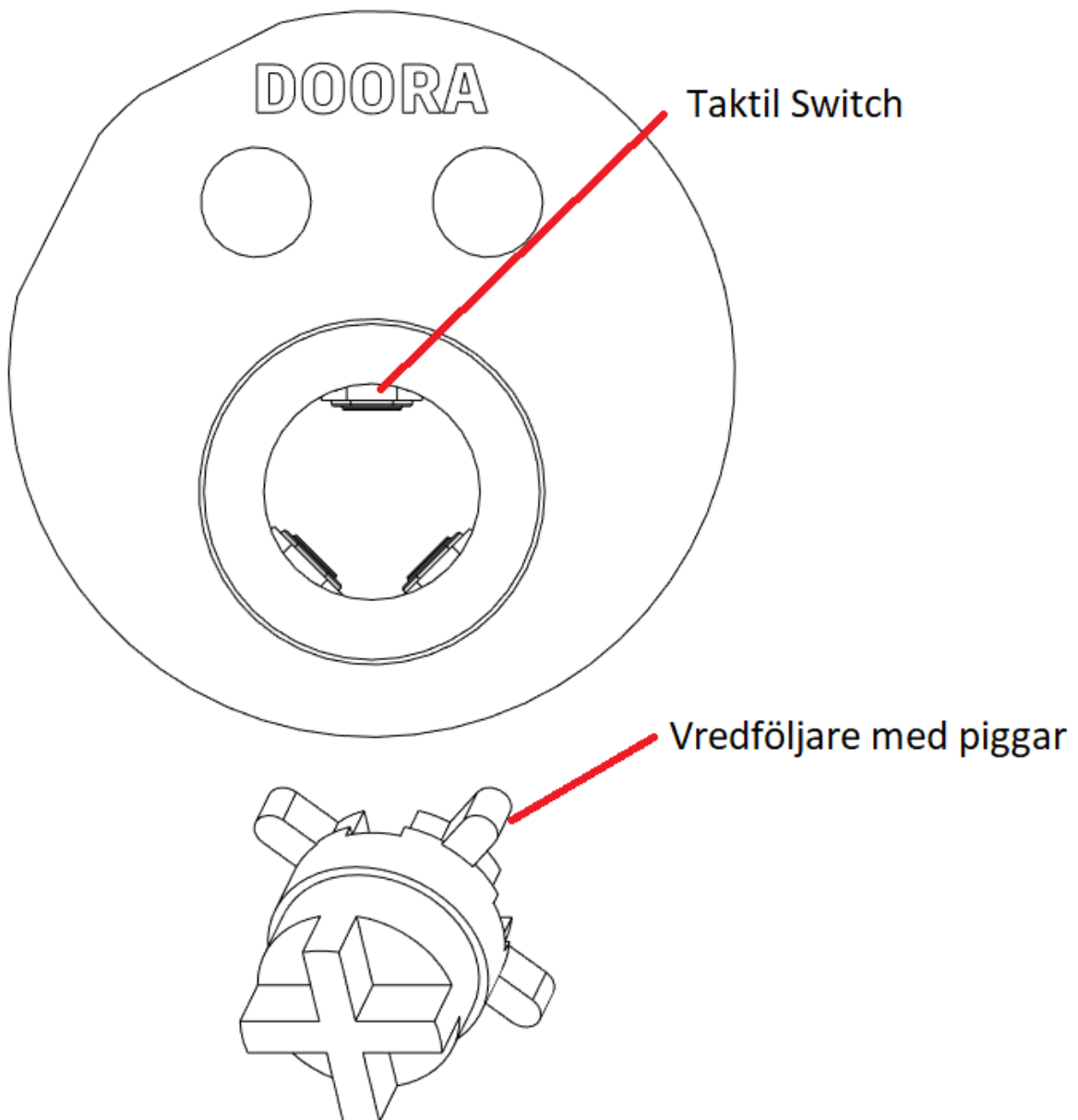
Namn	K/Ö(v)	Anteckning
Lösningen ska passa de lås som är aktuella enligt konsult	Ö(5)	Se bilaga 3
Pris	Ö(3)	Minimera kostnad
Ska kunna avläsa låsstatus	K	Lås/olåst
Ska bevara låsets standardfunktion	K	
Utstick kompatibelt med standard cylinderring	Ö(4)	
Lösningen ska vara kompatibel med nuvarande patent	Ö(3)	
Lösningen ska gå att montera som privatperson	Ö(4)	
Låg strömförbrukning	Ö(4)	
Lösningen ska inte kräva några permanenta ingrepp på en dörr vid montering	Ö(5)	

2.3 Konceptkatalog

Det finns många olika potentiella lösningar till problemet. Därför redovisas endast ett fåtal koncept som passar önskemålen om inga permanenta ingrepp på dörrar samt möjlighet för privatpersoner att montera lösningen själva.

Koncept 1: Taktila switchar

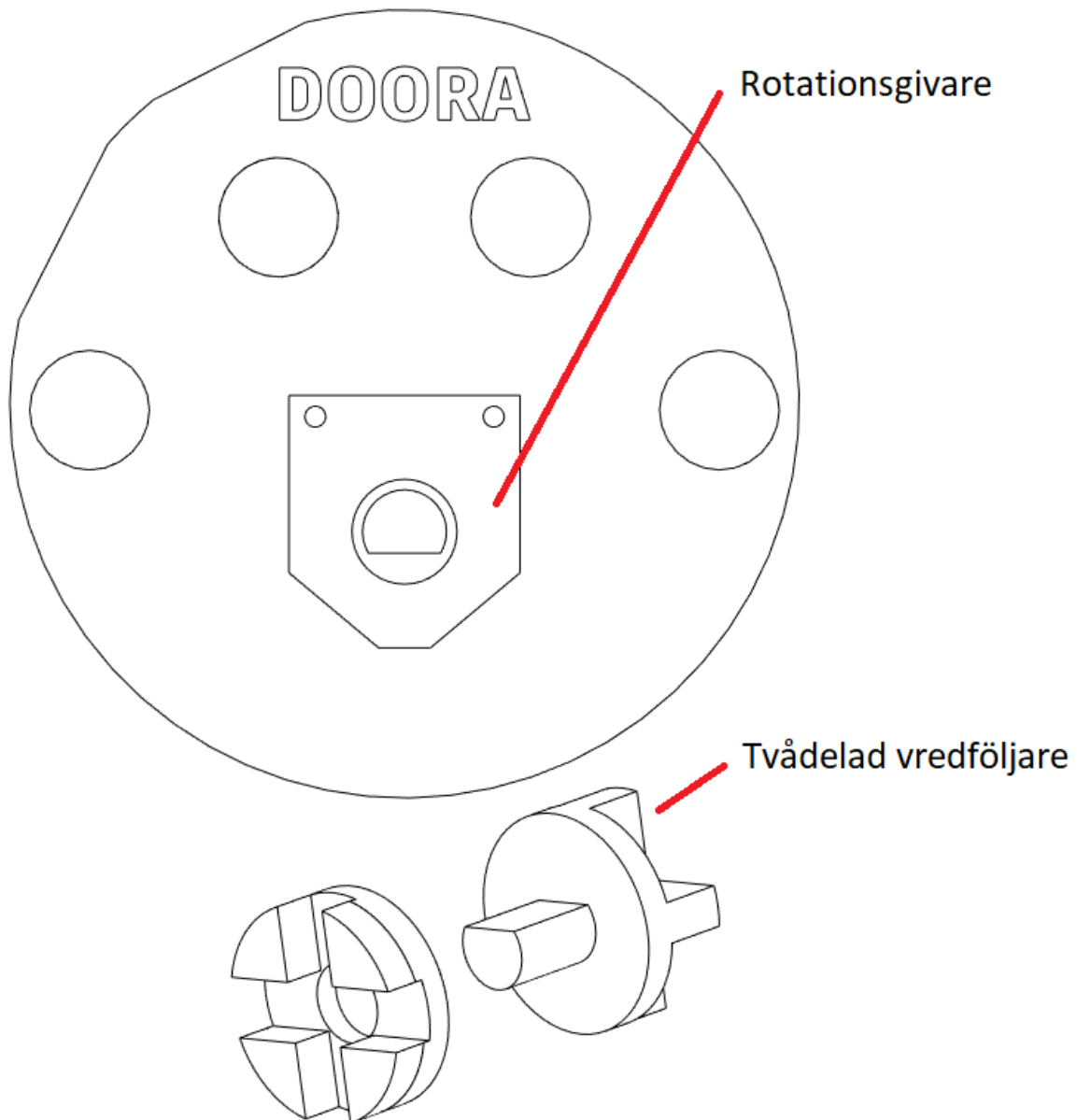
Det första konceptet använder "taktila switchar" för att detektera låsets olika lägen. En taktill switch är en knapp som har en tydlig "aktiveringsgräns" där användaren vet att knappen är intryckt. De kan tillverkas i en liten storlek och kan därför vara lämpliga för utrymmet i cylinderförlängaren enligt figur 8. För att switcharna ska få plats i cylinderförlängaren krävs det antingen bearbetning av en befintlig cylinderförlängare eller en anpassad design. Utöver det behöver vredföljaren designas om för att kunna aktivera de taktila switcharna.



Figur 8: Koncept med taktila switchar i en cylinderförlängare med en anpassad vredföljare

Koncept 2: Rotationsgivare

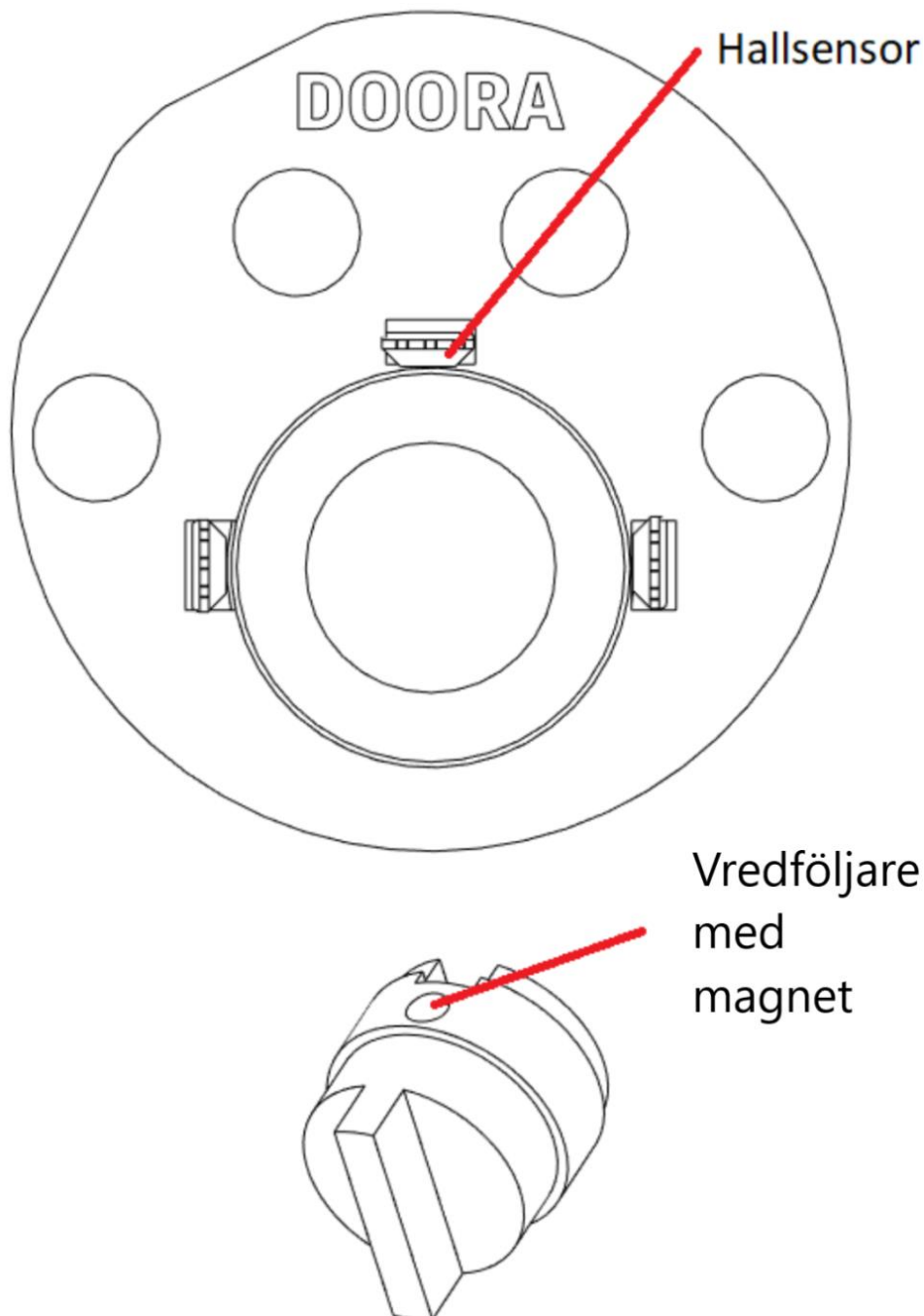
Det andra konceptet bygger på en resistiv rotationsgivare, se figur 9. Vilken har en given resistans beroende på vilken vinkel vredföljaren står i. Detta betyder att spänningen som givaren ger ifrån sig kommer att variera beroende på resistansen. Med detta kan vinkeln bestämmas beroende på vilken spänning givaren ger ut. Detta leder till en tunn givarprofil med få ingående delar. Som medger enkel montering och tillverkning.



Figur 9: Koncept med resistiv rotationsgivare i cylinderförlängare, samt en tvådelad vredföljare

Koncept 3: Hallsensor

Konceptet bygger på att använda ett antal Hallsensorer utplacerade runt vredföljaren, vilken i sin tur är utrustad med en magnet runt sin periferi, enligt figur 10. Hallsensorer känner av magnetfält och kan således avgöra hur nära en magnet är från en Hallsensor. Detta leder till en väldigt exakt mätning av position. Hallsensorerna fungerar analogt vilket betyder att de ger ut en resistans beroende på hur starkt magnetfält de känner av. Hallsensorer har även en väldigt liten storlek och kräver inte fysisk kontakt för att påverkas. Detta leder till en design som kan anpassas till många storleksbegränsningar. En Hallsensor är inte samma sak som en Hallswitch, detta förklaras mer i vidareutvecklingen i del 2.5.3.



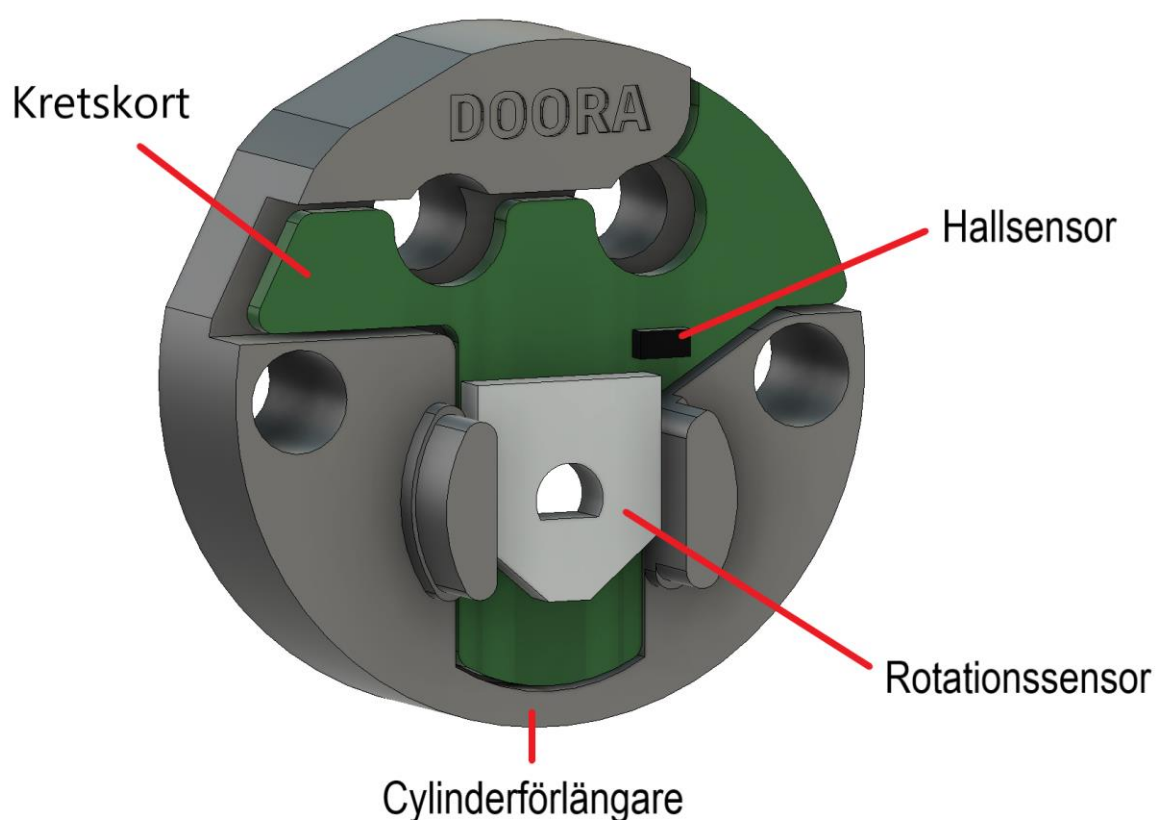
Figur 10: Koncept med Hallsensor i cylindarförlängare samt vredföljare med magnet

2.4 Konzeptutvärdering

Inget enskilt koncept uppfyller de funktioner och krav som behövs. Brist på monteringsmöjligheter och utrymme för sladdar gör att konceptet med de taktila switcharna behöver en komplex geometri som blir svår att tillverka med traditionella metoder. Därför kombineras koncepten med rotationssensorn och Hallsensorn för att bilda ett koncept som uppfyller samtliga krav.

Se bilaga 2 för en mer utförlig utvärdering av koncepten.

Det slutgiltiga konceptet, som visas i figur 11 har både rotationssensor och Hallsensor. Det är det enda koncept som uppfyller alla funktionskrav och som samtidigt möjliggör montering av komponenterna med relativt simpel design på cylinderförlängaren samt vredföljaren. De resterande koncepten kräver mer utrymme och mer komplicerad design för att montera komponenterna. Därför fortsatte produktutvecklingen med det blandade konceptet.



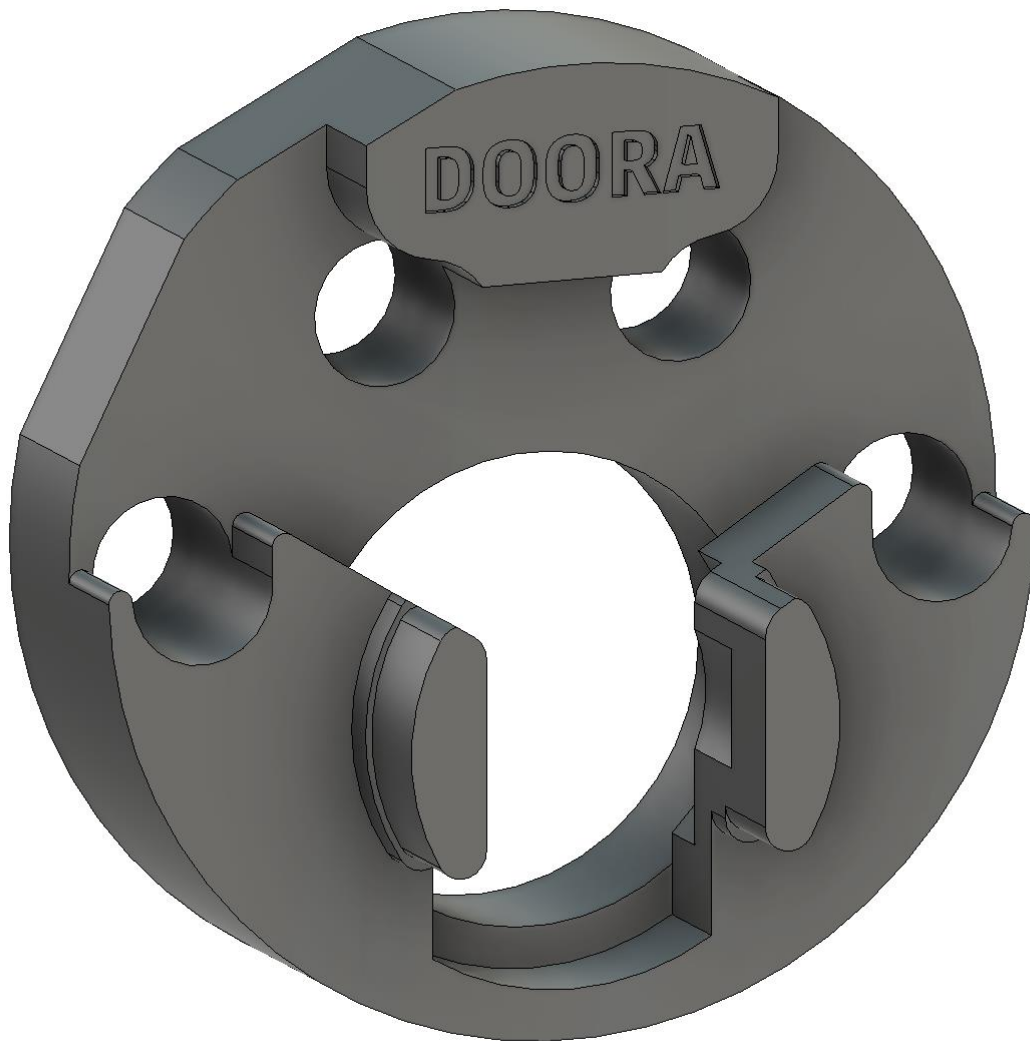
Figur 11: Koncept med rotationssensor och Hallsensor utan vredföljare

2.5 Vidareutveckling av slutgiltigt koncept

Det blandade konceptet innehåller flera olika detaljer som kräver en ny design för att fungera. Dessa presenteras i detta avsnitt.

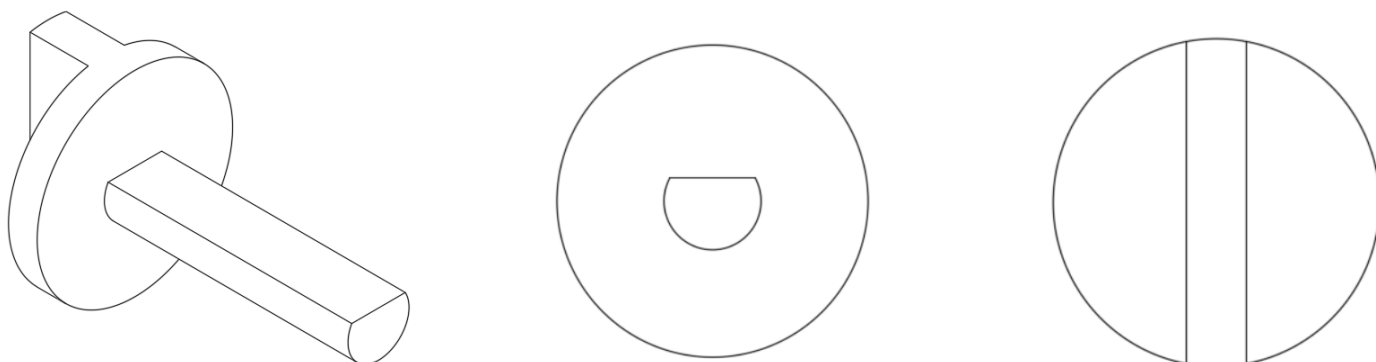
2.5.1 Cylinderförlängare

Den framtagna cylinderförlängaren i figur 12, är anpassad för både en rotationssensor och en Hallswitch. Cylinderförlängaren är anpassad för det kretskort som ska monteras på den. Designen baseras på en befintlig cylinderförlängare och kan tillverkas genom bearbetning med hjälp av en fräs.

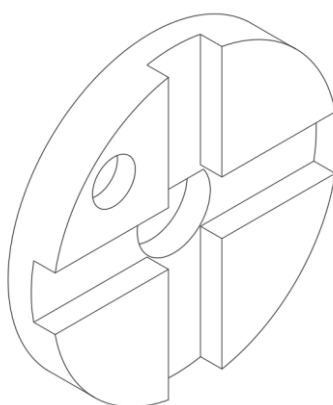


Figur 12: Cylinderförlängare utan vredföljare

Vredföljaren är uppdelad i två delar enligt figur 13 och 14 för enklare tillverkning. Vid montering placeras de elektriska komponenterna ut innan vredföljarens delar svetsas ihop. Alternativt används lim för att foga samman delarna. I vredföljarens hona monteras en magnet vilken används för att aktivera Hallsensorn. Det är viktigt att magnethålet på vredföljarens hona anpassas för Hallswitchens position på kretskortet. För att säkerställa att vredföljarens tunna axel håller har en hållfasthetsberäkning utförts, se bilaga 4.



Figur 13: Vredföljarens hane



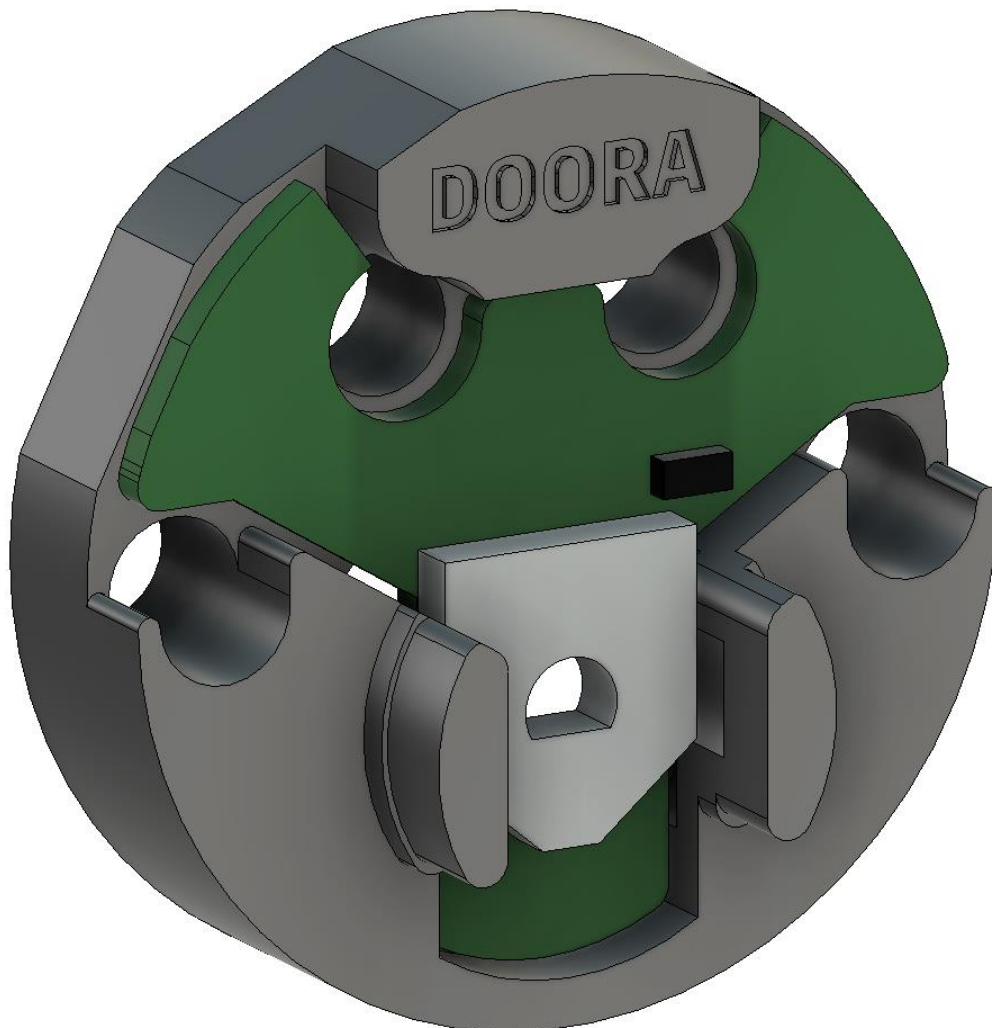
Figur 14: Vredföljarens hona, med hål för magnet

2.5.2 Kretskort

För montering och koppling av rotationssensorn och Hallswitchen används ett kretskort. Ett kretskort tillverkas via etsning, se bilaga 1. För slutproduktion används massproducerade kretskort till vilket ett grundläggande kopplingsschema baserat på test-kretskort ritats, se bilaga 5. På kretskortet används ytmonterade varianter av rotationssensorn och Hallsensor. Detta minskar utrymmet som krävs för att montera dem.

2.5.3 Hallsensor

Enligt konceptutvärderingen (se bilaga 2) utvärderades Hallsensorns roll i konceptet till att användas som givare som ger ut ett digitalt värde. På grund av detta byts Hallsensor ut till en Hallswitch. Detta medför mindre strömförbrukning och säkrare utdata. En Hallswitch fungerar genom att vid en viss magnetisk flödestäthet släppa igenom ström, med andra ord är det en digital Hallsensor och kan användas som en knapp. För en kommande prototyp bör en Hallswitch med ställbar känslighet användas, detta medför att prototypbygget underlättas.



Figur 15: Cylinderförlängare utan vredföljare med kretskort, rotationssensor och Hallswitch

2.5.4 Tillverkning

Cylinderförlängarens huvuddel kan tillverkas antingen via fräsning, alternativt gjutning.

Ifrån rundstång kan cylinderförlängaren fräsas ut i två infästningar.

Gjutning kommer kräva borrar som efterbearbetning på anläggningsytan mellan vredföljare och cylinderförlängare.

Även vredföljaren kan tillverkas via antingen svarvning och fräsning eller via gjutning, dock kräver vredföljaren mer exakta toleranser vilket kan medge att svarvning och fräsning är lämpligast.

2.5.5 Test med flera låshus

Konsulten inom projektet Doora rekommenderade ett antal låshus som lösningen ska verifieras för. Dessa har testats och deras egenskaper har dokumenterats, se bilaga 6. De rekommenderade låshusen fungerar konceptuellt ihop med lösningen. Dock har inget komplett fysiskt test utförts då en färdig prototyp ej tillverkats.

3. Slutsatser

De slutsatser som kan dras är följande:

- En ny typ av cylinderförlängare måste designas för att montera sensorer/givare.
- På grund av starka önskemål av att inte göra permanenta ingrepp på dörr/dörrlås blir en lösning som fungerar på flera marknader svår att tillämpa i praktiken.
- Vidare utveckling krävs för en fullt fungerande prototyp.

4. Diskussion & Fortsatt arbete

Under arbetets gång påbörjades bygget av en prototyp bestående av 3D-printade delar och ett egentillverkat kretskort som kan ses i bilaga 8. Prototypen blev inte färdigbyggd. Då det saknades en vredföljare av stål som klarar av att vrida runt låshuset. Utöver det fungerade inte kretskortet som tänkt då det gav långsammare och mindre pålitliga värden än förväntat från vridsensorn. Detta beror med största trolighet på tillägget av ett lågpasfilter till vridsensorn. Detta lågpasfilter var tänkt att minska störningar och felaktiga avläsningar men implementeringen gjordes lite för hastigt. Därför borde det designas om genom att antingen ta bort lågpasfiltret helt, eller se till att få det bättre dimensionerat.

Vredföljaren har tillsammans med cylinderförlängaren ett glapp på 2-3 mm vilket gör monteringen dålig. Detta kan lösas på många sätt och rekommenderas att undersökas. I minsta fall kan cylinderförlängaren enkelt förlängas dessa 2-3 mm vilket för dom undersökta komponenterna i denna rapport inte ska vara något problem. Detta kan dock medföra problem för vissa låskomponenter eftersom man i det fallet kommer gå ifrån standardmått.

Däremot är konceptet verifierat praktiskt genom tester med arduino där de grundläggande funktionerna från de ingående delarna har testats med tillhörande programmering. Dessa tester var lyckade, dock rekommenderas koden att ses över och möjligtvis också skrivas om, då programmering till stor del ligger utanför arbetets omfång. Även exakt placering av magneter och Hallswitch bör ses över för att se till att positionsgivandet blir så exakt som möjligt. Hallswitchen är något som skulle kunna bytas och som kommer behöva dimensioneras. Det viktiga för denna Hallswitch är att det ska vara en switch som aktiveras under rotationssensorns osäkra intervall och detta kan göras med vilken typ av switch som helst. Här har en Hallswitch används då det medger en enkel monteringen och utan några delar som slits ut. Viktigt för Hallswitchdimensionering är att den inte får vara för känslig så att den aktiveras av rotationssensorns inducerade magnetfält. På prototypen sitter en omställningsbar Hallswitch som förenklar utförandet av tester med prototypen. Detta bör inte användas till en slutprodukt, då komplexiteten ökar för produktion samt till viss del verkar påverka strömförbrukningen.

Kostnaden för lösningen har inte fastställts. Dock används billiga komponenter och som blir ännu billigare vid stora inköp. Däremot är tillverkningens kostnad inte känd och hamnade utanför arbetets omfång.

Vår rekommendation för nästa steg mot slutprodukt är att anlita en elingenjör för att färdigställa kretskort och även programmering.

5. Källförteckning

[A]: Salomonsson, B (2013). *BURGLAR ALARM ARRANGEMENT (U.S. Patent Publication No US2013038449A1)*, hämtad 2023-05-15 från:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DUS2013038449A1>

[B]: Matsuoka, J. et al., (Maj, 2006). *An Analysis of Symmetry of Torque Strength of the Forearm Under Resisted Forearm Rotation in Normal Subjects*, hämtad 2023-05-08 från:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0363502306003030#fig3>

[C]: Young, W (1988). *ROARK'S Formulas for Stress & Strain 6th Edition*, McGRAW-HILL international editions.

6. Bilagor

Bilaga 1: Förklaring av etsning

Ett kretskort tillverkas genom att först rita upp kopplingschema i ett elektronik CAD-program, i detta fall används KiCAD. Ritningen skrivs sedan ut på ett overhead papper vilket läggs över en fotoresistent kopparlaminat. Detta läggs sedan under UV-ljus. UV-ljuset ser till att all fotoresist som är synlig (inte täcks av ritningen på overheadpapper) lätt kan lösas upp med hjälp av NaOH (Natriumhydroxid). När detta är gjort finns på alla ställen som mönstret inte går på ett rent lager med koppar, där mönstret är fortfarande täckt av fotoresistlack. Kortet läggs därefter i en tank med vatten och Natriumpersulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$). Natriumpersulfat reagerar med koppar och bildar Kopparsulfat (CuSO_4). Vid detta tillfälle finns endast ritningen kvar vilken är i koppar, medan resten av kortet är rent fiberglas. Komponenter löds sedan fast på ytan av kortet.

Bilaga 2: Konzeptutvärdering

Koncept 1: Taktila switchar

Efter konceptutvärdering i CAD med 3D-modeller av cylinderförlängaren och en taktill switch bedöms konceptet vara orimligt att tillverka på ett billigt och simpelt sätt.

Cylinderförlängarens godstjocklek bedöms vara för tunn för att både kunna tillverkas och vara hållbar i konstruktionen. Från de taktilla switcharna behöver två kablar per taktill switch dras och med flera taktilla switchar blir det brist på utrymme för kablarna. En ytterligare komplikation är hur knapparna ska monteras och sitta fast inuti cylinderförlängaren. Det krävs väldigt små detaljer och troligtvis flera detaljer som kan monteras ihop för att switcharna ska sitta säkert på plats. Switcharna behöver även aktiveras när låset låses och låses upp. Eftersom switcharna sitter inuti cylinderförlängaren kan cylinderföljarens vredföljare designas om med "piggar" som kan trycka in switcharna.

Koncept 2: Rotationsgivare

Komponenttesterna gav lovande resultat för rotationsgivarna. Givaren gav dess position med hög upplösning och med snabb respons. Dess output har egentligen en oändlig upplösning som anger givarens position. Givaren har ett "dödläge" på ca 30 grader där givaren hoppar ifrån sitt högsta värde till sitt lägsta. Den gör detta genom att snabbt och ickelinjärt spola från maxvärde till nollvärde.

Detta eftersom komponenten är rent analogt resistiv och hoppar mellan två ändlägen på ett potentiometerband. Detta betyder att komponenten kommer behöva antingen designas smart eller använda ett komplement för att fungera. Utöver dödläget funkar rotationsgivaren pålitligt och kan även få strömmen avslagen utan att tappa sin egna referenspunkt.

En cylinderförlängare som passar rotationsgivaren är relativt simpel och borde kunna tillverkas till en relativt låg kostnad genom att bearbeta en befintlig cylinderföljare med en fräs. Däremot behöver cylinderförlängarens medföljare tillverkas om på nytt för att passa komponenterna. Detta görs med fräs, svarv och en svets för att binda samman detaljerna.

Vredföljaren blir relativt tunn med denna konstruktion och därför blir det relevant att beräkna om den håller för vridmomentet som den kommer att utsättas för vid vridning av låset när slutprodukten är monterad på en dörr. Enligt en studie [B] kan en handled ge upphov till ett maximalt vridmoment på 15,6 Nm.

Koncept 3: Hallsensor

Hallsensorerna ger vid en korrekt montering pålitliga resultat, men kan vara känsliga för störningar från yttre magnetfält. Dessutom kommer lösningen kräva mer än en hallsensor för att kunna avläsa rotationsläge på marknadens olika typer av lås och låshus. Detta betyder att en hallsensor lämpar sig dåligt för att vara den primära givaren som används då hallsensorerna drar cirka 10mA per sensor, vilket skulle innebära stor batteriförbrukning. Dock är montering enkel och hallsensorer ger även möjlighet till lång livslängd då inga rörliga delar används.

Blandat koncept

Ett koncept baserat på både koncept 2 och 3 används för att nyttja de positiva aspekterna av koncepten samt undvika de negativa aspekterna. I detta koncept används en hallsensor som sensor när vridsensorn går över sitt icke-linjära mätspann. Detta innebär också att hallsensorn inte används till något mer än att känna av när vridsensorn är i sitt icke- linjära intervall. När hallsensorn är aktiv (när vridsensorn är i sitt icke-linjära intervall) bryts strömmen till vridsensorn. Detta läge är även läget där det går att få ut nyckeln från ett dörrlås, vilket innebär att sensorn kommer att förbruka så lite ström som möjligt när den inte används. Eftersom vridsensorn har hög upplösning är programmering för olika typer av låshus enkel.

Det finns plats för samtliga komponenter i cylinderförlängaren och cylinderförlängaren i sig (utan vredföljare) har verifierats för montering på ytterdörr. Vid montering finns det utrymme att dra kablar från cylinderförlängaren inuti dörren och inga ingrepp behövs. Konceptet går även att montera med cylinderring och cylinderhylsa.

Test med låshus

De olika komponenterna från koncepten testades med hjälp av en arduino, ett brödkort och kablar för att testa hur de kan avläsa låsets status på ett visst låshus.

Bilaga 3: Aktuella låshus enligt konsult

De låshus som är relevanta att testa prototypen på är enligt konsulten.

Assa 565 alternativt DORMA 712
Assa 8765 alternativt DORMA 912
Assa 2002 alternativt DORMA 9192
Assa 410 alternativt DORMA 919
Assa 510 alternativt DORMA 91925
Assa 2002S-MPL (Flerpunktslås)

Bilaga 4: Hållfasthetsberäkning för vredföljaren

Tvårsnittet hos vredföljaraxeln utsatt för vridning enligt figur bilaga 4.1.

Enl. [C] kan maximala vridskjuvspänningen i tvärsnittet beräknas enligt följande

$$B = \frac{h}{r} \text{ där } h = r(1 - \cos \alpha) \Rightarrow 0,002(1 - \cos 60^\circ) = 0,001$$

$$B = \frac{h}{r} = \frac{0,001}{0,002} = 0,5$$

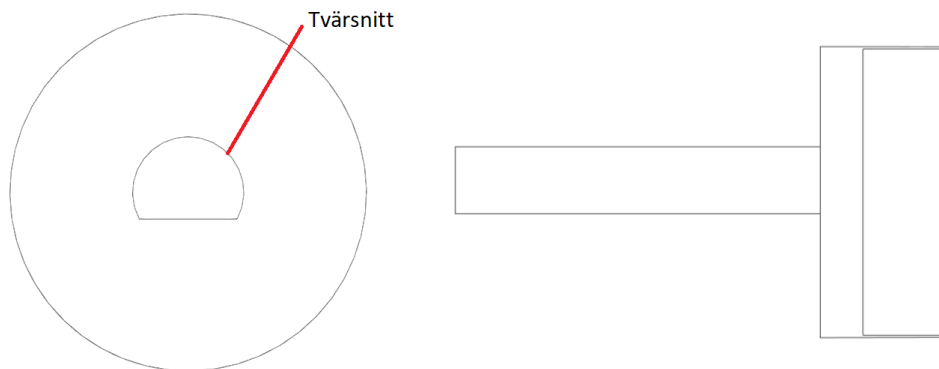
För $0 \leq \frac{h}{r} \leq 1$ är B lika med följande:

$$B = 0,6366 + 1,7598 * 0,5 - 5,4897 * 0,5^2 + 14,062 * 0,5^3 - 14,51 * 0,5^4 + 6,434 * 0,5^5 = 1,196$$

Enligt given formelsamling [C] används T för att beteckna vridmoment, i uträkningarna används Mv då detta är hur vridmoment brukar betecknas.

Då Max τ enligt given formelsamling beräknas som $Max \tau = \frac{Mv * B}{r^3}$ blir vridmotståndet $Wv = \frac{r^3}{B}$

$$Max \tau = \frac{Mv * B}{r^3} = \frac{15,6 * 1,196}{0,002^3} = 2,3 \text{ GPa}$$



Figur bilaga 4.1 Torsionstvärsnitt hos vredföljare

(Ungefärlig) Torsionsspänning i en vanlig husnyckel:

$$8 * 2 \text{ mm}, \quad \frac{8}{2} = 4, \quad \alpha = 0,846$$

$$0,846 * \frac{0,008 * 0,002^2}{3} = 9,024 * 10^{-9}$$

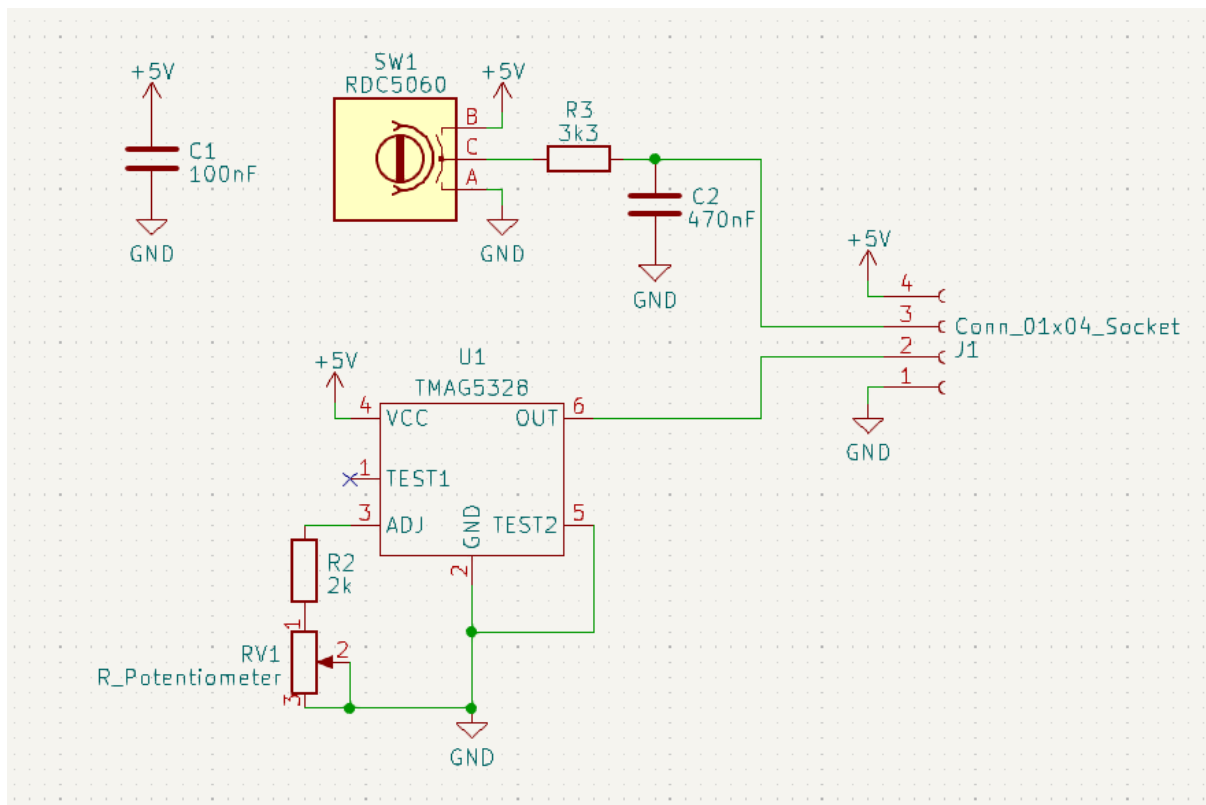
$$\frac{15,6}{9,024 * 10^{-9}} = 1,7 \text{ GPa}$$

Uträkningarna för en nyckel utgår från ett rektangulärt tvärsnitt. Detta innebär att en faktisk nyckel upplever mycket större spänning p.g.a spänningskoncentrationer än vad beräkningarna visar.

Studien för hur stort vridmoment en mänsklig handled kan utföra bygger på ett ordentligt handtag i handledens starkaste intervall. Eftersom en nyckel inte ger i närheten av ett bra handtag och endast ett par fingrar används för att vrida runt låset kan vridmomentet antas vara ungefär hälften så stort som studien visar. Detta innebär att de uträknade värdena halveras till 1,15 GPa för vredföljaraxeln och 0,85 GPa för husnyckel. Med dessa spänningar rekommenderas en slutprodukt att använda ett höghållfast stål samt att en stor kälradie används vid diameterövergången hos vredföljaren. Detta leder till att vredföljaraxeln inte bör gå av, eftersom axeln ej kommer utsättas för utmattningsspänningar.

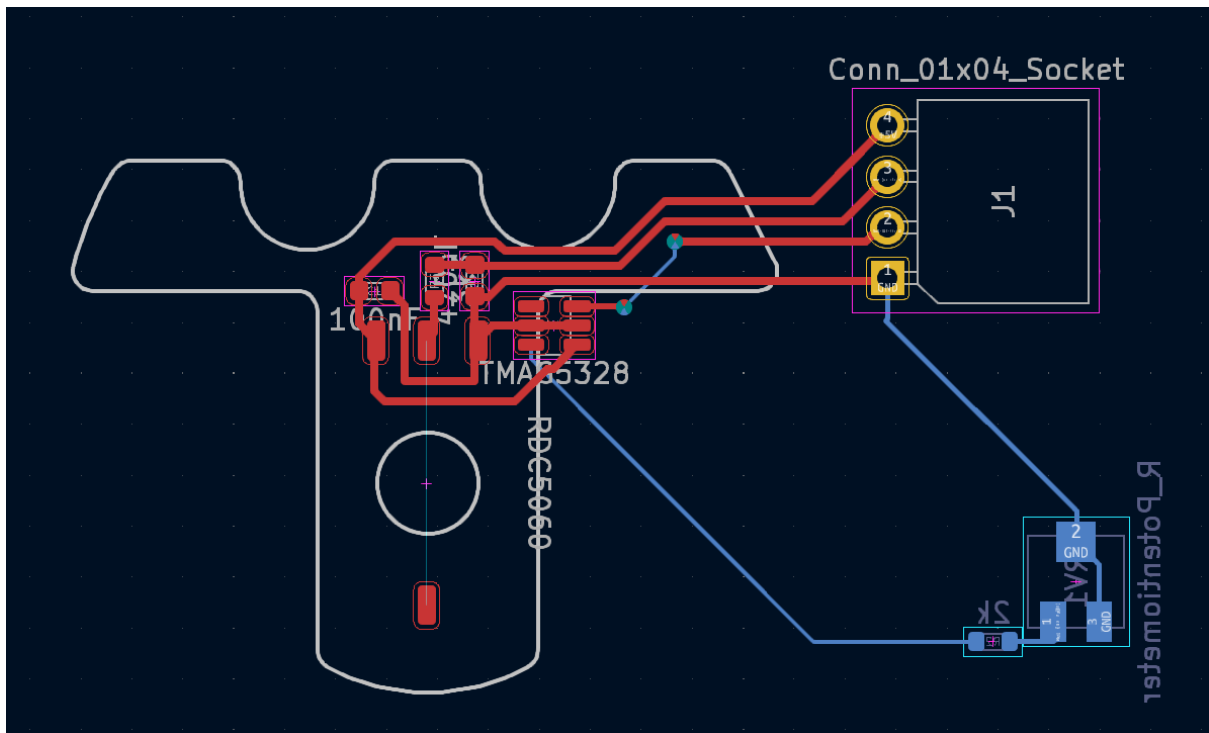
Bilaga 5: Schematisk kretskort-ritning, samt mönsterkortsdesign

Den schematiska ritningen i figur bilaga 5.1 förklarar hur de ingående komponenterna är kopplade till varandra. Blocket som här kallas "RDC5060" är i detta fallet vridsensor och "TMAG5328" är en Hallswitch. Till höger finns fyra stycken externa kopplingar, som kopplas till en microcontroller samt strömkälla. Punkt 4 och 1 är spänning respektive jord. Punkt 3 är analog utdata från vridsensor. Punkt 2 är digital utdata från Hallswitch. Mellan spänning och jord kopplas en kondensator som syns i övre vänstra hörnet, vilket är en rekommendation från Hallswitchens datablad.



Figur bilaga 5.1 Schematisk ritning av kretskort

Mönsterkortsdesignen utgår ifrån den schematiska ritningen. Skillnaden är att mönsterkortsdesignen beskriver hur det tillverkade kretskortets kopplingar ska gå. Detta betyder även att beaktning måste tas för komponenternas storlek och funktion. Röda linjer är ren koppar, där större fyrkanter används som lödytor för att löda fast komponenter. Blå linjer används i detta fallet som vialedning, dessa används för att korsa en annan linjes bana. Sättet detta görs på är att en tunn tråd kopplas mellan punkterna vilket innebär att de blåa linjerna i verkligheten kommer vara trådar. Alternativa lösningar kan vara dubbelsidiga kretskort eller flerlagrade kretskort.



Figur bilaga 5.2 mönsterkortsdesign

Bilaga 6: Data från tester med låshus

De lås som har testats har följande egenskaper:

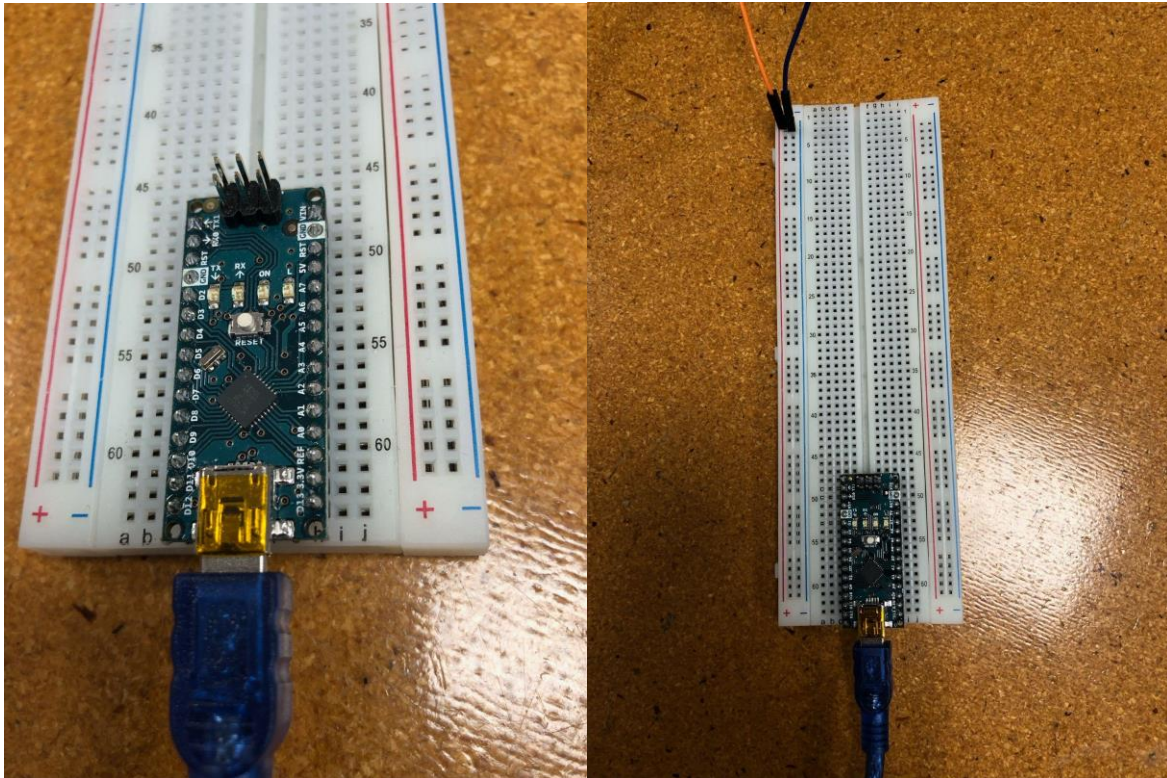
Namn	Vridgrad	Noteringar
Assa Abloy connect 510	360 grader	Reglas med handtag
Dorma Kaba DL9192	360 grader	
Assa Abloy connect 410	360 grader	
Assa Abloy modular 8765	360 grader	
Dorma Kaba DL712	ca 45 grader	Fjärilsroddare, går tillbaka till sitt ursprungsläge, går ej att vrida mer än 90 grader åt vardera håll
Assa Abloy 2002 S MPL	360 grader	Reglas med handtag

Vid användning av en medbringare kan i många fall medbringaren vridas 180 grader över det vanliga "viloläget" (läget där för en låscylinder nyckeln går att få ut). Detta är egentligen inte ett problem för spårning av position. Detta medför dock att Hallswitchen ej aktiveras, vilket leder till att vridsensorn är igång. Detta i sin tur påverkar strömförbrukningen. Vid användning av en låscylinder är detta inte ett problem på samma sätt, eftersom nyckeln endast kan tas ut ur låset när det står uppåt, vilket är tillfället då Hallswitchen aktiveras och vridsensorn stängs av.

Bilaga 7: Arduino och brödkort

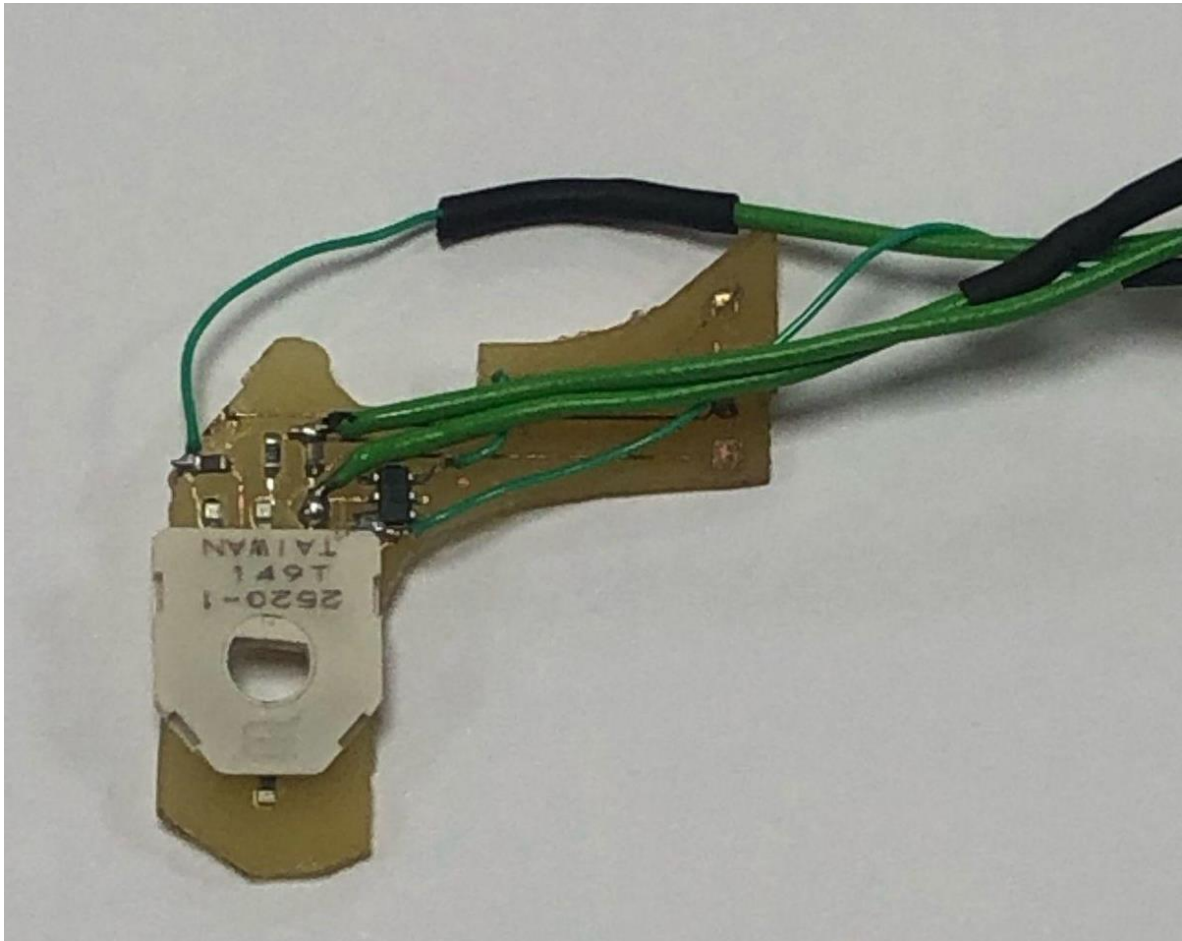
En Arduino är en microcontroller, med andra ord en liten programmerbar dator. Den kan ta emot och skicka ut både analoga och digitala signaler. En Arduino Nano, se figur bilaga 7, användes för att testa komponenter, och en "proof of concept" kod gjordes för att demonstrera att komponenterna kan användas för att känna av statusen på ett dörrlås.

Ett brödkort är en typ av kopplingsdäck där kablar kan kopplas genom att stoppa ner dem i hål som är utplacerade på brädan. Varje rad av hål är sammankopplade elektriskt vilket betyder att sammankoppling kan utföras snabbt och smidigt, utan att behöva lödas eller tvinnas ihop.



Figur bilaga 7: Ett brödkort med en Arduino Nano monterad

Bilaga 8: Prototyp



Figur bilaga 8: Prototypkretskort med komponenter fastlödda

INSTITUTIONEN FÖR Industri- och
materialvetenskap

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2023

www.chalmers.se



CHALMERS