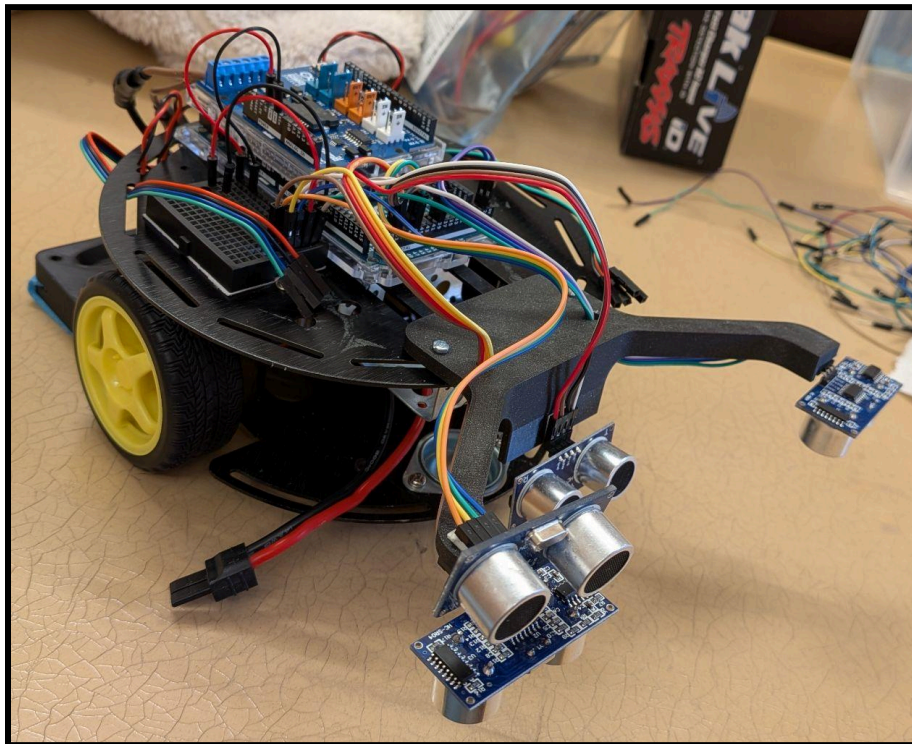


# Wettexrobot

BMEF02 - Elektronikprojekt



Projektgrupp 14

Ubada Bisher, Eddy Jespersen, Simon Bondesson, Tobias Ljungholm, Jacob Johansson och Axel Lundquist.

Handledare: Andreas Lenshof

# Sammanfattning

Denna rapport täcker hela processen från idé till färdigt arbete för ett elektronikprojekt som valts att kallas Wettexrobot. Nedan presenteras bland annat planering, tidsschema, rollindelning, utförande och utvärdering för det ca tre och en halv månader långa projektarbetet som utfördes i en grupp om sex elever. Målet var att konstruera en liten robot som kan städa av en bordsyta automatiskt genom att navigera sig omkring med hjälp av sensorer. Arbetet delades upp i fyra huvudsakliga delar: design, sensorer, drift och integrering. Under projektets gång hölls flera möten inom gruppen samt med handledare, protokollen från dessa finns även bifogade nedan.

## Summary

This report covers the entire process from idea to finished product for an electronics project that received the name Wettexrobot. Planning, time-scheme, role allocation, implementation, evaluation and more for the about three and a half month long project done by a group of six students is presented below. The goal was to construct a small robot that can clean a tabletop automatically by navigating around the area using sensors. The workload was split into four main parts: design, sensors, drive and integration. During the project several meetings within the group as well as with the supervisor were held, the protocols from these can also be found below.

# Innehållsförteckning

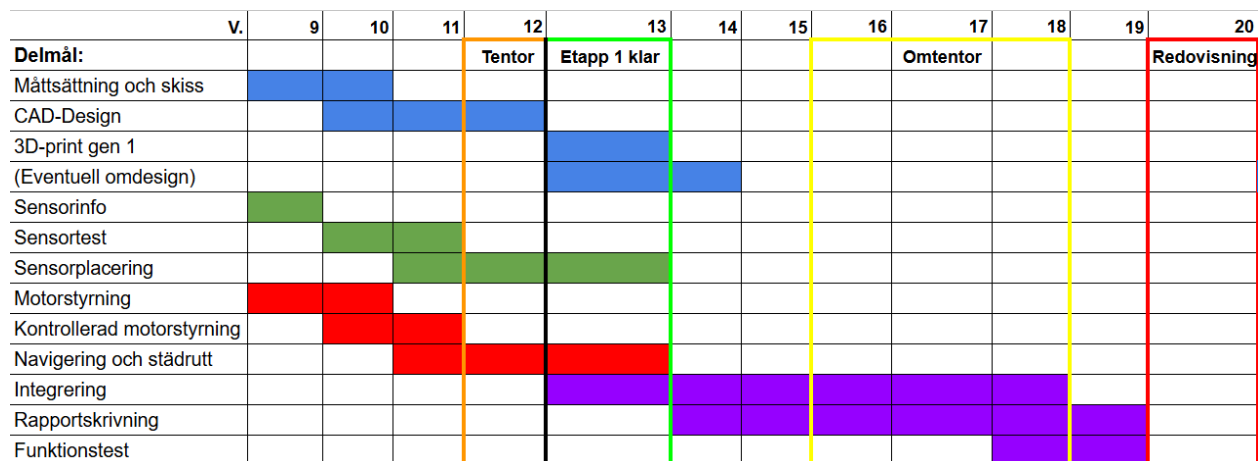
<b>Sammanfattning.....</b>	<b>2</b>
<b>Summary.....</b>	<b>2</b>
<b>Innehållsförteckning.....</b>	<b>3</b>
<b>Inledning.....</b>	<b>4</b>
<b>Metodik.....</b>	<b>4</b>
Design.....	5
Sensor.....	7
Drift.....	8
Integrering.....	10
<b>Resultat och diskussion.....</b>	<b>12</b>
<b>Slutsats och reflektion.....</b>	<b>14</b>
<b>Avståndsmätare ultraljud.....</b>	<b>14</b>
<b>Referenser.....</b>	<b>16</b>
<b>Appendix.....</b>	<b>17</b>
Appendix A - Mötesprotokoll.....	17

# Inledning

När gruppen skulle välja ett av projekten var vi inne på lite olika spår. Vi hade lite olika intressen och mål med projektet. Vår grupp valde därför att själva komma på ett projekt där vi kunde få in många olika tekniska kompetenser och aspekter i samma projekt. Efter mycket dividerande och brainstormande kom vi gemensamt fram till en twist på en robotdammsugare. Det kändes som ett roligt och lärorikt projekt där det dessutom fanns bra med befintlig utrustning, exempelvis robotbasen, som vi fick använda. Vår robot delar många tekniska aspekter med en robotdammsugare, roboten kör autonomt, den har en algoritm för att systematiskt täcka en hel yta, den undviker hinder och den måste hålla sig kvar på en yta utan att trilla av. Den stora skillnaden är att den inte har någon aktiv städfunktion som en dammsugare utan en passiv och enklare funktion för att städa en yta. Innan vi kunde börja med projektet behövde vi dela upp gruppen i olika team. Dessa team bestod av två personer vardera där alla kunde lägga fokus på specifika delar för att undvika dubbelarbete samtidigt som det skapade struktur i utvecklingen av roboten.

## Metodik

Projektet inleddes med att gruppen, utifrån specifikationerna, bestämde olika delmål som behövde uppfyllas inom projektets ramar. Utifrån dessa delmål skapades ett tidsschema som byggde upp en projektplan. Tidsplanen visas, i form av ett gantt-schema, i figur 1.



Figur 1, gantt-schema för projektet.

Gruppen valde också en projektledare vars uppgift det var att ha ett mer övergripande perspektiv på projektet samt sköta all kommunikation med handledare såsom mötesbokningar och beställningar. Tidigt i projektet diskuterade gruppen intern kommunikation och hur gruppen skulle arbeta för att tillsammans göra klart projektet inom den utsatta tidsramen. Det bestämdes att gruppen skulle ha regelbundna möten för vilka det skulle föras protokoll vilka går att läsa i appendix A. Rollen som sekreterare skulle rotera runt internt.

För att arbeta så effektivt som möjligt bestämdes det att gruppen skulle delas upp i undergrupper som gavs olika huvudansvar. Dessa var design, sensorer och motordrift. För varje enskild grupp sattes olika etappmål som alla skulle vara avklarade vid en viss tidpunkt. På så sätt kunde alla i gruppen engageras i arbetet genom att arbeta parallellt med olika delar. De olika målen för undergrupperna var;

- Designgruppen skulle ta fram en CAD modell för robotens chassi samt sensorplacering och städfunktion.
- Sensorgruppen skulle ta fram kod med syfte att göra avståndsmätningar med sensorerna.
- Driftgruppen skulle börja bekanta sig med robotens rörelser och programmera den att kunna röra sig i olika riktningar.

När alla undergrupper nått sina delmål skulle gruppen påbörja arbetet med integreringen av de olika delarna samt dessutom starta arbetet med projektrapporten. För att denna del av arbetet skulle fungera så bra som möjligt delades arbetet upp där en medlem ur varje undergrupp deltog i integreringen och den andra påbörjade skrivandet. På så sätt fanns gruppens kompetenser utspridda över alla delar av projektet för att effektivisera arbetet. Nedan följer mer ingående beskrivningar av de olika delarnas metodik och genomförande.

## Design

För att kunna designa roboten var det viktigt att funktionaliteten var förutbestämd. Då varje del kostar pengar att tillverka är det bättre ur en ekonomisk synpunkt att i så stor mån som möjligt ha komponentlistan (i detta fall hur många sensorer och annan hårdvara som är nödvändig för att roboten ska fungera) klar från början. När detta var färdigt kunde det riktiga designarbetet börja.

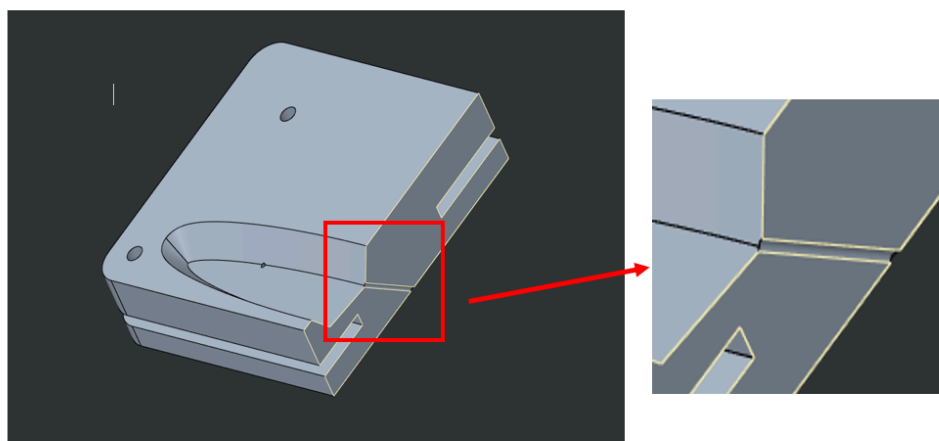
För att det ska gå att bygga något oavsett vad det är, om det är en byggnad, en bil eller i vårt fall en robot, måste det finnas en bra, stabil och hållbar bas. Att ha en stabil grund kommer göra att allt annat arbete med montering, balansen av roboten, utrymme för komponenter och viktfördelning mycket lättare. Det kommer också ge hela teamet mer möjligheter för förändringar då en välkonstruerad bas redan har utrymme för allt sådant, basen till roboten var en redan färdig komponent. Den är tillverkad av bockad plåt med många möjligheter för montering av komponenter då det finns gott om utskurna hål runt om hela basen gjorda för montering med M3 bultar. Till basen ingick saker som hjul, enklare motorer och ett batteri. Tack vare dessa färdiga komponenter fanns det en tydlig riktning för designgruppen om vad som behövde göras och vilka krav som kunde sättas på hela teamet med hur mycket saker som fick plats.

Då basplattan var färdig gör det att designarbetet måste ta hänsyn till den färdiga geometrin och konstruera delar med utrymmet i åtanke. Detta främst för att balansen på roboten måste bli rätt. Balans är viktigt då den tillhandahållna basen har två hjul som driver och ett litet stödhjul. Detta gör att roboten kan ha lätt att tippa om vikten blir placerad fel. Med den begränsade ytan var en egen hållare för batteriet nödvändigt. Batteriet var tvunget att placeras på ett sätt som gjorde att det inte var i vägen för andra essentiella delar samtidigt som roboten inte fick välta. Placeringen av batteriet blev mellan de tre hjulen på undersidan av den övre basplattan, det fästes med hållband och M3 bultar i basplattan. Detta gjorde att den centrala tyngdpunkten för hela roboten var mellan de tre hjulen vilket gör att den är naturligt stabil. Då roboten är stabil tack vare batteriet gav det mer frihet att placera övriga komponenter, de övriga komponenterna väger betydligt mindre och påverkar inte den centrala tyngdpunkten avsevärt.

När robotens stabilitet var löst behövdes placeringen av sensorerna fixas. Gruppen insåg snabbt att det behövdes en egen hållare för sensorerna som detekterar bordskanten. Dessa behöver sitta med lite mellanrum för att inte störa varandra men också för att roboten måste ha lite tid mellan det att den detekterar kanten och att den ska stanna. Detta löstes genom att flytta sensorerna längre ut från själva kroppen på roboten med två antenn liknande hållare. Detta syns som den gröna delen i figur 3. Sensorerna limmades fast på kanterna på denna del och anledning för att de limmades var att det är det smidigaste sättet att enkelt kunna plocka av sensorerna efter att projektet var färdigt. Denna komponent 3D-printades.

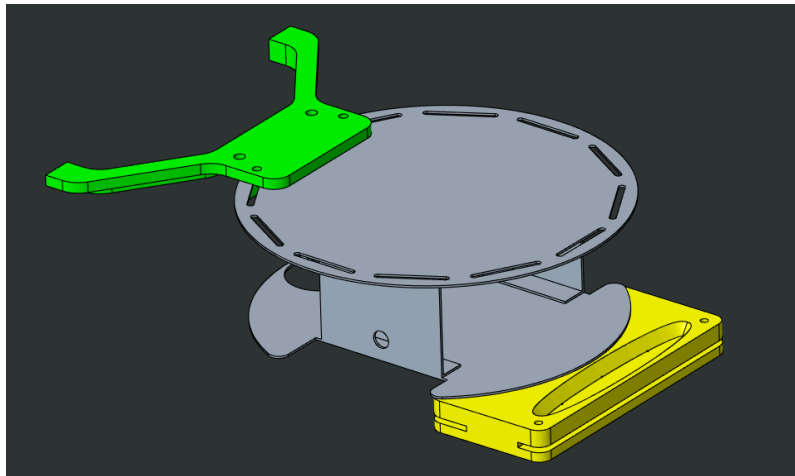
Resterande komponenter som behövde få plats på roboten var inte ett problem då planen för att sätta ihop roboten hade prövats i CAD innan den byggdes ihop. Där fanns det mer utrymme för testning och pusslande innan någon design hade bestämts. Tack vare detta var utrymmet bara ett problem en gång då nya motorer behövde beställas, dessa hade lite annan form men det gick att lösa med lite kreativ montering.

Det sista problemet för designgruppen var vikten av roboten. Allt som designas där objektet ska förflytta sig under egen maskin måste väga så lite som möjligt samtidigt som alla mekaniska delar måste hålla. Detta blir en konstant övervägning mellan hållfasthet och vikt. En robot i denna storlek är väldigt skonad från saker som materiella gränser eller mycket moment, det måste fortfarande finnas en tanke bakom vad den får väga. Vikten försökte gruppen hålla till ett minimum då motorerna var väldigt svaga. Hela idén bygger på att roboten ska kunna släpa en trasa efter sig och detta ökar motståndet, därför var det viktigt att motorernas kraft inte slösas bort på att köra runt på onödigt vikt som inte tillför något. För att hålla vikten vi kunde styra över låg, dvs alla komponenter som inte var förutbestämda som bas eller batteri, 3D-printades dessa komponenter med lågt infill för att göra komponenterna lätta. Den största delen som printades var hållaren till trasan. Denna genomgick ett flertal iterationer av design för att slutligen bli en fungerande del. Saker som hur trasan hölls på plats, vattenreservoaren och hur breda gångarna för vattnet ner till trasan skulle rinna med rätt takt, det behövdes några iterationer för att få alla sakerna att fungera samtidigt. De olika iterationerna printades vilket kostade pengar men dessa relativt små komponenter är billiga och det var ett nödvändigt steg för att få delen att fungera som planerat.



Figur 2, CAD-design av trashållaren.

Figur 2 visar hållaren för wettextrasan. Det finns inbyggda kanaler och en reservoar för vatten. Vattnet sipprar sakta ner genom hålen för att hålla trasan fuktig under tiden roboten städar.



Figur 3, hopsättning av de tre huvuddelarna i CAD.

## Sensor

Sensorgruppens arbete bestod av tre stycken delmål: Information, test och placering. Konkret innebar dessa mål att samla in information om olika typer av sensorer för att avgöra vilken typ av sensor som är bäst lämpad för användning i projektet, att testa den utvalda sensorn med mål att ta fram kod för att mäta avstånd med sensorn och slutligen avgöra hur många och var dessa sensorer ska placeras på roboten för att den ska kunna uppfylla sitt syfte.

Insamlingen av information gjordes huvudsakligen på två olika sätt, dels genom sökningar på internet men framförallt genom diskussion med handledare. Utifrån dessa diskussioner valdes ultraljudssensorer till projektet. Detta på grund av att de är lätta att använda samt har använts för liknande syften tidigare med gott resultat. Informationen som inhämtades online kom huvudsakligen från användarguide till den valda ultraljudssensorn. [1]

Sensortestet genomfördes på en arduino och ultraljudssensorn som användes var av modell HC-SR04. Ultraljudssensorn har fyra pins; Trig, echo, Vcc och gnd. [1] Vcc och gnd pins kopplades till en drivspänning på 5 volt respektive jord. Medan trig och echo-pinnarna används för att skicka ut en puls och ta emot ekot. Tiden mellan utskickad puls från trig och mottaget eko kan därför användas för att beräkna avstånd då utbredningshastigheten för ultraljud också är känd. För att kontinuerligt mäta avståndet lades det hela in i en kodad loop.

Den avslutande delen av sensorgruppens arbete var att avgöra antal sensorer som behövs samt var dessa skulle placeras på roboten för att den ska klara av att undvika hinder samt inte trilla av bordsytan. Då roboten hade två mål med sensoranvändningen blev utgångspunkten att placera sensorer som skulle kunna

användas för att hålla kvar roboten på ett bord. Tillsammans med designgruppen bestämdes att två sensorer riktade nedåt placerade på långa stativ bredare än själva robotens hjulbas skulle användas för detta mål. För att undvika objekt placerades en sensor riktad åt sidan på ett stativ samt en sensor riktad framåt fäst mitt på roboten. Således användes totalt fyra stycken ultraljudssensorer till projektet.

## Drift

Driftgruppens uppgift var att arbeta fram en motorstyrning som sedan kan integreras med sensorer och övrig design. Arbetet delades upp i tre delmål: motorstyrning, kontrollerad motorstyrning och navigering/städrutt. De två första delmålen, motorstyrning och kontrollerad motorstyrning, var syftade åt att styra motorerna så att roboten kunde köra fram, bak och svänga kontrollerat. Det sista delmålet, navigering/städrutt, ägnades åt att hitta en metod för hur roboten på ett metodiskt sätt skulle städa bordet och klara av att upptäcka och undvika hinder.

Motorerna som användes var två DC-motorer som sedan skulle styras med hjälp av en Arduino Mega och en motorshield. Första delmålet utfördes genom att koppla in batterier och motorer till motorshielden och sedan skriva en enkel kod för att köra roboten framåt. Detta steget gav oss även information om hur roboten gick att kontrollera utan någon form av reglering, vilket visade att variationer mellan de två motorerna och hjulen gjorde att roboten inte körde rakt trots samma styrsignal till båda motorerna.

För att på ett kontrollerat sätt styra robotens rörelser behövdes därför ett sätt att hålla koll på robotens riktning. Efter undersökningar kom vi fram till två alternativ som skulle passa, encoders som mäter hur mycket varje hjul roterar eller en EMU-modul som kan avgöra robotens riktning utifrån jordens magnetfält. Med vetskapen att DC-motorer både har permanentmagnet och inducerar ett magnetfält när de är i drift, ansågs risken för störningar vid användande av en EMU-modul vara hög. Därmed användes encoders istället.

Den första prototypen av encoder som konstruerades byggdes genom att fästa skivor med svart/vita områden som sedan var tänkta att detekteras med hjälp av IR-sensorer. Hjulens rotationshastighet skulle sedan bestämmas genom att detektera övergångarna mellan de svarta och vita områdena. Denna metod visade sig svår att använda då detekteringen av de olika områdena var osäker och antalet områden på skivan var för litet för att få en hög noggrannhet.

Därför beställdes istället motorer med inbyggda encoders, vilket skulle göra avläsningen noggrannare och pålitligare. DC-motorerna som beställdes var från DFRobot med modellbeteckning FIT0458 och har en utväxling på 120:1 alltså snurrar motor 120 varv för varje varv den utgåendeaxel snurrar. Varvräknaren som är monterad på motorns axel ger 8 pulser för varje varv motorn har roterat, vilket ger totalt 960 pulser för varje varv som den utgåendeaxeln roterar. För att huvudprogrammet inte ska behöva kontrollera signalen från varvräknaren kontinuerligt användes Arduinos avbrottspinnar (interrupt pins), som möjliggjorde att använda en hjälpmetod som räknar upp en global variabel vid varje flank som registreras.

För att kompensera för skillnaderna mellan motorerna och säkerställa att roboten kör rakt användes en PID-regulator. Då vi inte var intresserad av robotens hastighet utan endast ville att roboten skulle köra rakt, valde vi att beräkna skillnaden mellan höger och vänster hjuls rotationspulser och därigenom få ett



värde som motsvarar avvikelsen från rak kurs. Genom detta mått på avvikelsen från rak kurs kunde en korrigeringssignal beräknas utifrån principen för en PID-regulator. Efter några tester av regulatorn beslutades att derivatadelen skulle uteslutas då systemet var så pass stabilt att proportional- och integraldelarna var tillräckliga för en bra reglering. För att välja parametrar gjordes först ett försök att använda Ziegler-Nichols metod, men då detta endast resulterade i en instabil reglering valde vi istället att testa oss fram. Parametrarna som vi kom fram till blev då  $K_p = 1$  och  $K_i = 1/20$ .

Då roboten ska kunna rotera med en bestämd vinkel skapades en hjälpmetod som beräknar robotens vinkel utifrån antalet pulser och distansen mellan hjulen. Eftersom roboten roterar kring sin mittpunkt så är skillnaden mellan sträckan de båda hjulen snurrat proportionerlig mot robotens vinkel enligt sambandet i ekvation 1.

$$\Delta S = S_{vänster} - S_{höger} = Vinkeln \cdot Avståndet \text{ mellan hjulen} \quad (1)$$

Genom att lösa ut vinkeln ur ekvationen och med vetskapen att sträckan hjulen roterat mellan varje puls från encodern är  $\frac{2\pi}{960}$  kan en konstant som ger vinkeln utifrån skillnaden i antal pulser konstrueras, vilket illustreras i ekvation 2.

$$getAngleConstant = \frac{\frac{2\pi}{960}}{Avståndet \text{ mellan hjulen}} \quad (2)$$

Utifrån detta kan en hjälpmetod som returnerar robotens vinkel implementeras, enligt koden nedan:

```
float getAngle(){
return ((float)pulseCountLeft-(float)pulseCountRight)*getAngleConstant;
}
```

Utifrån hjälpmetoden för att beräkna vinkeln finns det två metoder för att rotera roboten, antingen genom att endast köra en av motorerna eller genom att köra en motor framåt och en motor bakåt. Skillnaden mellan de två metoderna blir då att den ena roterar kring robotens mittpunkt och den andra roterar kring det hjul som inte kör. Pågrund av de båda metodernas olika egenskaper bestämdes att båda metoderna skulle implementeras. Strukturen för de båda metoderna är snarlika, och implementeras genom att starta motorerna och använda en while-loop med ett villkor som gör att motorerna är på tills dess att hjälpmetoden getAngle returnerar en vinkel som är större än den önskade vinkeln.

Det sista delmålet ägnades åt att skapa en kodeskiss för hur roboten ska städa bordet på ett systematiskt sätt. Tanken var att roboten ska starta i ett av bordets kanter och därifrån köra rakt fram tills dess att bordskanten detekteras, för att därefter svänga 180 grader och därefter fortsätta i motsatt riktning. Denna process upprepas sedan tills hela bordet är städat. I figur 4 illustreras denna process.

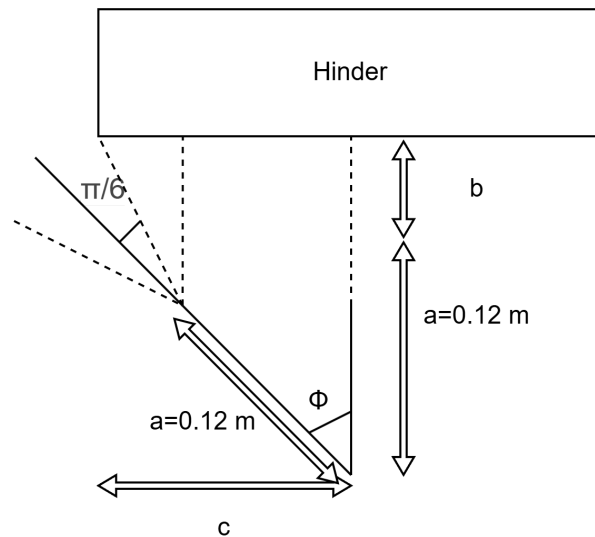


Figur 5, illustration av mätning av infallsvinkel.

Metoden för att undvika hinder gick ut på att roboten stannade så fort ultraljudssensorn upptäckte ett föremål som låg inom 15 cm framför, och lät roboten mäta upp bredden på föremålet för att sedan förflytta sig denna sträcka i sidled och fortsätta. Mätningen av bredden gick ut på att roboten roterade på stället fram tills dess att sensorn mätte förbi kanten. Samma sak upprepades sedan på andra änden. Distansen i sidled kunde då beräknas enligt

$$c = \tan(\phi - \pi/6) \cdot (b + a(1 - \cos(\phi))) + \sin(\phi) \cdot a \text{ [m]} \quad (5)$$

där  $c$  är distansen i sidled,  $\phi$  är robotens vinkel då sensorn mätte förbi hindret,  $a$  är distansen mellan vridaxelns centrum och sensorn (0.12 m), samt  $b$  är distansen till hindret från sensorn rakt framifrån. Mätningen fungerar i teorin enbart då hindret är vinkelrätt rakt framifrån. Vinkeln  $\pi/6$  subtraheras från  $\phi$  i tangentermen på grund av att ultraljudssensorn i praktiken mäter ett så stort spann för föremål som är vinklade relativt sensorn.

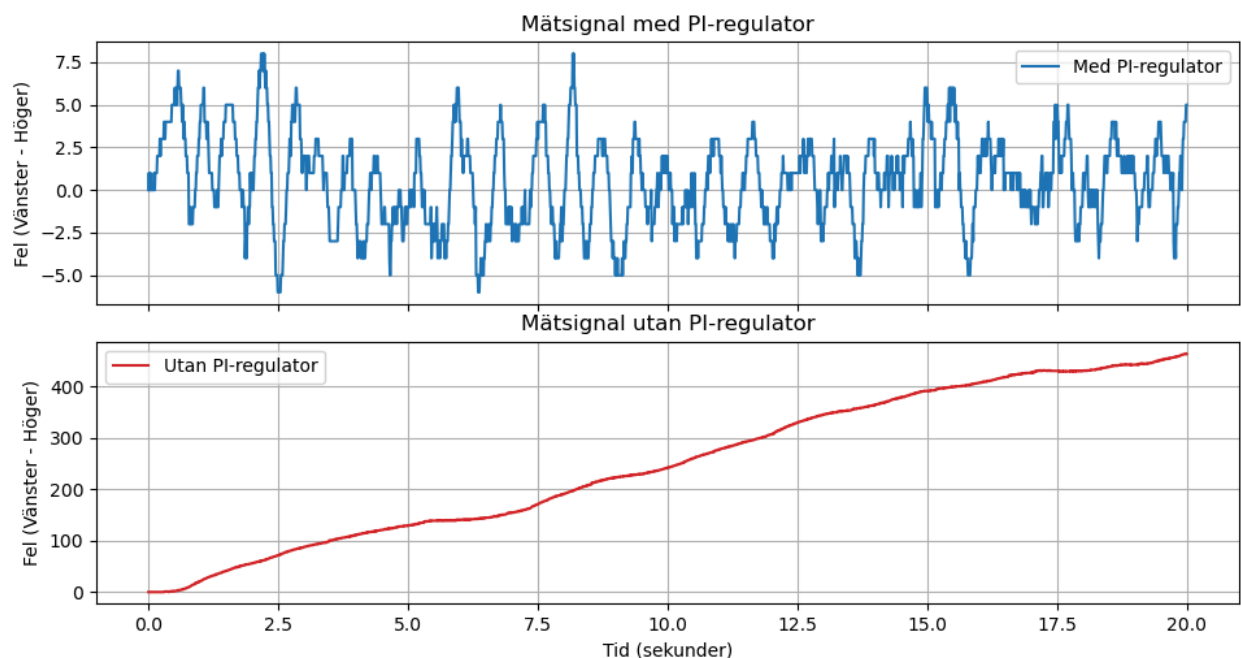


Figur 6, illustration av mätning av hinder.

# Resultat och diskussion

Resultatet av arbetet var enkelt sagt en fungerande städrobot som kan placeras på ett fyrhörningt bord och följa en simpel algoritm för att successivt passera över och torka av hela bordsytan utan att ramla av. Den kan även, dock med varierande framgångsrikhet, identifiera och navigera runt rätblockformade hinder som placeras på bordet i vägen för ruten. Detta innebär att projektets huvudmål uppfylldes. Beteendet som nedan redovisas och diskuteras nedan går även att se i ett verkligt test genom demonstrationsvideon som filmades. [2]

I figur 7 nedan visas data från motorernas inbyggda encoders som plockats medan roboten körde rakt fram. Som tidigare nämnts användes en PI-regulator för att korrigera rotationsskillnaden mellan den högra och den vänstra motorn, det är denna skillnad som här plottas som en funktion av tiden.



Figur 7, skillnaden i givarvärde från höger och vänster motor under körning.

Denna graf verifierar något som även observerades i verkligheten, nämligen att roboten automatiskt korregerar sin riktning så fort den börjar svänga åt något håll vilket innebär att den kan hålla en nästan helt rak rutt.

När roboten närmar sig bordskanten vid olika tillfällen med olika infallsvinklar borde även olika korregeringsvinklar beräknas för att roboten ska kunna rätta upp sig inför nästa raksträcka. Värdena tabell 1 är tagna ur Arduino IDE medan roboten genomgick just detta test.

	Verklig vinkel	Beräknad vinkel
<b>Tillfälle 1</b>	30°	30,93°
<b>Tillfälle 2</b>	15°	14,47°
<b>Tillfälle 3</b>	0°	0,16°

Tabell 1, uppmätta och beräknade värden vid test av vinkelkorrigeringsalgoritm.

Tabellen visar att en relativt korrekt vinkel mättes, om denna resulterade i att roboten alltid korrigerade rätt och höll sig till tänkt rutt kan dock ej konfirmeras utan att testa och observera i verkligheten. I demonstrationsvideon kan man se att detta inte riktigt fungerade som tänkt. [2] En teori till varför det blev på detta viset är att ultraljudssensorerna inte mäter en speciellt specifik punkt rakt framför sig utan snarare ett litet område. Detta kan ha lett till icke exakta vinkelmätningar och därmed över- och under korrigeringar av rутten. Sensorerna kan under demonstrationsvideon även ha varit tillfälligt vinklade vilket gjort problemet värre. Det kan också bero på att vid varje 180-graders sväng så backar roboten något för att inte köra över kanten, och under denna korta sträcka hinner regulatoren inte helt rätta ut roboten vilket förvränger vinkeln ännu mer. En annan anledning kan ha varit att encodersen och därmed vinkelmätningen vid rotationer är helt beroende av att däckan inte halkar på underlaget. Halkning kan ske slumpmässigt och varierar beroende på underlag och ger därav fel vinkel.

Den slutgiltiga objektidentifieringen som användes, scanna av hindret med hjälp av den framåtpekande sensorn och avgör hur mycket svängning som behövs för att ta sig förbi utan att krocka, visade sig fungera relativt bra då rektangulära objekt påträffades, vilket visas i tabell 2.

	Verkligt avstånd i sidled (cm)	Beräknat avstånd i sidled (cm)
<b>Tillfälle 1</b>	9.25	10.8
<b>Tillfälle 2</b>	6.5	7.94
<b>Tillfälle 3</b>	3	2.64

Tabell 2, uppmätta och beräknade värden vid test av objektidentifieringen.

Avvikelseorna beror troligtvis på att spridningen av ultraljudssensorn behövde approximeras till  $\pi/6$ , trots att denna är beroende av avståndet till föremålet och bredden på själva föremålet. Även detekteringen för att avsluta rутten, som byggde på att båda nedåtpekande sensorer hamnade utanför bordskanten samtidigt under en vänstersväng, gav upprepade goda resultat. Det lättaste sättet att verifiera dessa två delmoment är genom ett verkligt test vilket återigen finns att hitta i demonstrationsvideon. [2]

# Slutsats och reflektion

Projektet har utvecklats från en idé till en fungerande prototyp av en robot som kan städa ett bord. Roboten uppfyller projektets grundläggande mål: att kunna röra sig över en yta, känna av bordskanter och undvika hinder.

Samarbetet i gruppen har fungerat bra under hela projektets gång. Alla har varit aktiva och bidragit, och i stort sett följt projektplanen. Eftersom vi var sex personer och vi hade fyra månader på oss, arbetet delades in i tre huvudområden: design, sensorer och drift. Den uppdelningen gjorde att varje grupp kunde fokusera på sitt område, vilket underlättade arbetet och gjorde processen mer effektiv.

Projektets gång har varit väldigt lärorikt, både tekniskt och organisatoriskt. Vi har blivit bättre på att planera och genomföra ett projekt tillsammans, att följa upp arbetet löpande och att ta ansvar för att driva projektet framåt. Det här har varit en bra chans att testa teoretiska kunskaper i praktiken och ha en bättre förståelse för hur det kan vara att arbeta i grupp.

Projektplanen följdes överlag ganska väl. En viktig faktor till det var att vi delade upp uppgifterna i mindre delar och fördelade ansvar mellan grupperna. Det gjorde att varje delmoment kunde slutföras i tid. Våra gemensamma veckomöten var också viktiga – de hjälpte oss att hålla koll på hur arbetet gick, kommunicera effektivt och lösa problem i tid, oavsett vilket delområde det handlade om.

Under projektets gång följde vi budgeten noggrant och kunde genomföra alla planerade inköp. Vi höll oss inom budgeten och behövde inte göra några oväntade utgifter. Vi hade en budget på 1200 kr att förhålla oss till och den totala kostnaden för projektet uppgick till 476 kr. Pengarna användes till de komponenter som redovisas i tabell 3.

Komponent	Antal	Enhetspris (kr)	Totalkostnad (kr)
Avståndsmätare ultraljud	3	59 kr	177 kr
DC-motor med encoder	2	70 kr	140 kr
Kablar	1	44 kr	44 kr
Breadboard	1	55 kr	55 kr
3D-utskrift (X-lab)	150 g	60 kr	60 kr

Tabell 3, komponentkosten för projektet.

En utmaning vi stötte på var långa leveranstider på vissa komponenter, framför allt när det behövdes att beställa fler sensorer eller byta motorer. Det här påverkade tidplanen en del, eftersom vissa tester blev försenade. Hade vi haft mer tid till vårt förfogande, hade vi kunnat göra fler tester, jämföra olika motorer och kanske också förbättra rörelsemönstret samt testa fler sensorer för kant- och hinderdetektion.

Sammanfattningsvis har projektet fungerat bra, både när det gäller planering och samarbete. Med mer tid och resurser skulle man kunna utveckla roboten och förbättra både hårdvaran och dess funktioner såsom exempelvis en aktiv städfunktion eller bättre hinderdetektion.

# Referenser

[1] Användarmanual HC-SR04,

[https://www.electrokit.com/upload/product/41013/41013207/HC-SR04\\_Ultrasonic\\_Module\\_User\\_Guide.pdf](https://www.electrokit.com/upload/product/41013/41013207/HC-SR04_Ultrasonic_Module_User_Guide.pdf), hämtat den 16/5 2025.

[2] Demonstrationsvideo\_Wettexrobot.mp4



# Appendix

## Appendix A - Mötesprotokoll

### Möte 1 5/2

Närvarande: Samtliga

Syftet med mötet är att välja projekt.

Gruppen rangordnar projekten 1-4 enligt nedan:

1, Robotdammsugare (eget projekt)

2, Bollrobot

3, Axiskamera

4, Robotarm

Simon fick i uppgift att skicka in idéerna.

### Möte 2 11/2

Närvarande: Tobias, Eddy, Axel, Jacob, Obada

Syftet med mötet är att bestämma tid för handledarmöte samt diskutera projektplanen.

Tobias skickade förslag på mötestider till Andreas. (Torsdag em och Fredag fm)

Under mötet diskuterades avgränsningar för projektet samt hur vi ska dela upp arbetet. Det bestämdes att efter handledarmötet ska ytterligare ett möte hållas för att stolpa ut projektets delmål. Följande diskussionspunkter fördes vidare till handledarmötet:

- Grundläggande: placera på ett bord, den kör runt och faller inte av
- Påbyggnad: bestämd rutt? Undvika objekt?
- Vad kan vi köpa och vad måste designas själva?
- Välja en projektledare?
- Hur många möten inom gruppen tycker du är lagom? Hur många med handledare? En gång i månaden? Efter varje delmål? Fler i början?
- Vilka rubriker behövs i projektplanen? Hur ska slutrapporten se ut? Loggbok?

### Möte 3 13/2 - handledarmöte

Närvarande: Tobias, Eddy, Jacob, Obada

- Projektplanen diskuterades
- Presentera idén, avgränsningar -> Navigation och undvika objekt.
- Vad finns och vad behöver köpas? Vi kan få bas från autonom-robot projekten.
- Vi testar i första hand med ultraljudssensorer. Flera!
- Arduino mega ska användas
- Tre team i början: Köra robot, design, sensortest
- Kommunikationen inom gruppen diskuterades.
- Budgeten fastställdes initialt till 1000 kr.

### Möte 4 14/2

Närvarande: Samtliga

- Recap på handledarmötet

- Möte en gång i veckan lp3 -> fredag kl 10.
- Uppdelning av ansvarsområden:  
Robotdrift: Axel och Jacob Design: Simon och Eddy Sensor: Tobias Obada
- Uppdelning av projektplan, deadline för att va klar 20/2
- Deadline: (1a steg) till den **28/3**
  - CAD modell med montering för sensorer
  - Koll av sensormodell, detektera bordskant med ultraljud
  - Körning av robot i olika riktningar
- Val av projektledare: Tobias är projektledare
- Roterande sekreterare varje möte.

### **Möte 5 20/2**

Närvarande: Samtliga

- Nya gruppindelningar efter första fasen är färdiga
- Grupperna skriver om det man har jobbat med i rapporten
- Färdigställt projektplan och Gantt-schema, Tobias skickar in ikväll

### **Möte 6 24/3**

Närvarande: Tobias, Eddy, Axel, Jacob, Obada

- CAD-grupp: sensorhållare fram klar -> designa sensorhållare hjul och börja printa
- Drift-grupp: motorer kan nu drivas -> programmera styrning med encoders
- Sensor-grupp: har samlat info -> använd Simons kit m.m. för att avgöra vad som ska användas och om tänkt placering är ok
- Vi skjuter på "etapp 1 färdig" till nästa fredag den 4e april då nästa möte också sker
- Tobias kommunicerar med handledare samt fixar statusrapport

### **Möte 7 4/4**

Närvarande: Samtliga

- komponenter är beställda, både motorer och sensorer.  
Status
- CAD-gruppen: 3D-printat fästen till sensorer och fäste till wettextrasa. Funderar på knappar för att
- Drift-gruppen: Väntar på motorer med encoders.
- Sensor-gruppen: har lyckats mäta avstånd med hjälp av ultraljudssensorer
- Simon och Tobias börja förbereda inför rapportskrivning.

Saker som ska beställas på tisdag:

- Sladdar x20
- Skruvar x4 (Eddy kollar)
- Knappar x3 (Simon hittar/har?)
- Ultraljudssensor x1
- Breadboard x1

Nästa möte fredagen den 11 april kl 10.

**Möte 8 11/4**

- Möte för att diskutera och arbeta med integrering av de olika delarna.

**Möte 9 - handledarmöte, 14/4**

- Ultraljudssensorer böjda 90 grader. Är bara till att böja.
- Motorerna borde komma denna veckan

**Möte 10, 7/5**

Intro: Simon 10 sek

Varför vi valdet det: Simon 1 min

Genomförande: Eddy, Tobbe, Jacob 3 min

Planeringen: Tobbe 1 min

Ändring av planen: Axel 1 min

Budget: Obada 10 sek

Slutstats: Obada 1 min

Demo: Axel 2 min

Lärdomar: Eddy 1 min

Rapportskrivning också uppdelad.

Möte där vi ska träna på presentationen kl 15:00 måndag innan presentationerna. Möte för rapportinlämning 16/5 kl 10:00.