

Förstudie sensor

Grupp 6

24 februari 2025

Version 0.1



Status

Granskad	Sigge Rystedt	2025-02-24
Godkänd	Namn	2025-xx-xx

Beställare:

Mattias Krysander, Linköpings universitet

Telefon: +46 13282198

E-post: mattias.krysander@liu.se

Handledare:

Theodor Lindberg, Linköpings universitet

E-post: theodor.lindberg@liu.se

Projektdeltagare

Namn	Ansvar	E-post
Linus Funquist		linfu930@student.liu.se
Ebba Lundberg	Dokumentansvarig	ebblu474@student.liu.se
Andreas Nordström	Projektledare	andno7733@student.liu.se
Sigge Rystedt		sigry751@student.liu.se
Ida Sonesson	Dokumentansvarig	idaso956@student.liu.se
Lisa Ståhl	Designansvarig	lisst342@student.liu.se

INNEHÅLL

1	Inledning	1
1.1	Syfte	1
1.2	Avgränsningar	1
2	Problemformulering	1
3	Metod	1
4	Avståndssensor	1
4.1	Ultraljud	1
4.2	IR och triangulering	3
4.3	Laser	4
5	Reflexsensor	4
6	Gyro	6
7	Odometer	6
8	Kamera	7
9	Diskussion	7
10	Slutsats	8
11	Appendix	10
A	Reflexsensor	10
B	Reflexsensormodul	12

DOKUMENTHISTORIK

Version	Datum	Utförda ändringar	Utförda av	Granskad
0.1	2025-02-24	Första utkast	AN, SR	AN, SR

1 INLEDNING

Denna förstudie inom kursen TSEA56 undersöker vilka sensortyper som är bäst lämpade för konstruktionen av en autonom lagerrobot. Sensorer med liknande funktioner jämförs utifrån olika kriterier.

1.1 Syfte

Syftet med denna förstudie är att få en bättre förståelse för sensorerna i kursen TSEA56 för att kunna göra ett mer informerat beslut om vilka som är lämpliga att använda till lagerroboten.

1.2 Avgränsningar

Det är endast sensorer som finns tillgängliga i kursen TSEA56 som undersöks.

2 PROBLEMFORMULERING

I kursen finns flera olika sensorer tillgängliga där många kan uppfylla samma funktion inom lagerroboten med varierande resultat. Dessutom kan samma sensor ofta implementeras på många olika sätt. Därför är det viktigt att undersöka de olika sensorerna utifrån frågorna: Hur fungerar sensorn? Hur kan sensorn användas i lagerroboten? Hur ska sensorn integreras i systemet?

3 METOD

Informationsinhämtningen kommer främst att baseras på vetenskapliga artiklar. De sensorer som listas i Vanheden används som utgångspunkt för den vidare informationssökningen.

4 AVSTÅNDSSENSOR

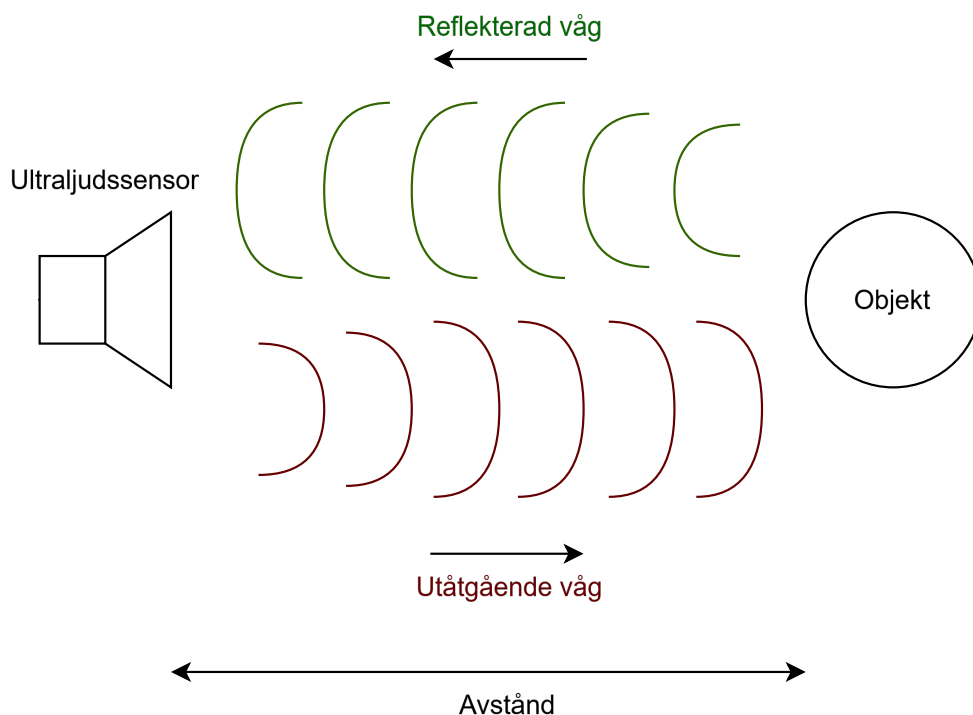
I det följande kapitlet analyseras olika avståndsmätare, deras teoretiska grund, tillämpningar inom projektet och hur de kan integreras i systemet.

4.1 Ultraljud

Ett konstruktionsalternativ för avståndssensorerna är ultraljudssensorer. Det är en typ av akustisk sensor, vilket innebär att den använder ljud för att mäta avstånd. De är ofta mindre noggranna än andra alternativ, men har potential att användas för hinderdetektering.

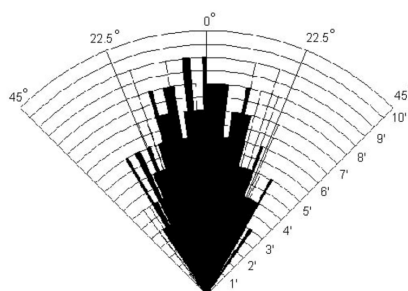
En ultraljudssensor mäter avstånd genom att använda ekotid. Som visas i figur 1 skickar sensorn ut en högfrekvent ljudvåg, som reflekteras från ett objekt och därefter tas emot av sensorn. Tiden det tar för en ljudvåg att färdas från och tillbaka till sensorn är ekotiden. Med denna kan avståndet räknas ut enligt

$$\text{Avstånd} = \frac{\text{Ekotid} \cdot \text{Ljudets hastighet i luft}}{2}. \quad (1)$$



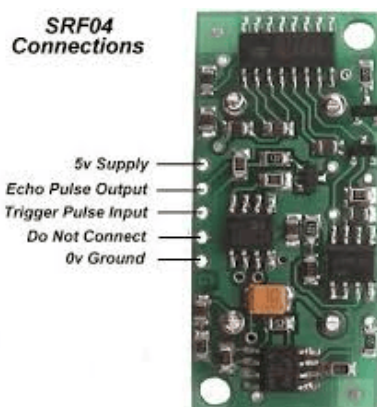
Figur 1: Översikt av ultraljudssensor.

Ultraljudssensorer är vanligtvis mindre noggranna än optiska sensorer, men de är ofta mer kostnadseffektiva och mindre känsliga för störningar. Den ultraljudssensor SRF04 som används i kursen har ett mätintervall på 3-300 cm och sänder ut en ljudvåg med frekvensen 40 kHz. SRF04 har ett detektionsområde som är ungefär 30 grader brett vilket kan ses i figur 2 [1] [2].



Figur 2: Detektionsområde för SRF04. Källa: [2].

Ultraljudssensorn kan användas i lagerroboten för att detektera hinder, vilket innebär att de skulle behöva vara installerade fram och bak på roboten. Vidare kräver sensorn fyra anslutningar för att fungera som illustreras i figur 3. Dessa är ström, jord och signalanslutningar vars data behandlas i mikrodatorn. De två signalanslutningarna är utsignalen av ekot respektive insignalen för ljudpulsens som skickas iväg. Pulsen behöver vara aktiv i minst 10 mikrosekunder för att generera en ljudpuls. Mottagaren är redo att ta emot ljud 100 mikrosekunder efter att ljudpulsens har skickats iväg. Det är för att den ej ska uppfatta ljudpulsens direkt som en mottagen puls. När mottagaren aktiveras, aktiveras även utsignalen från ekot [2].



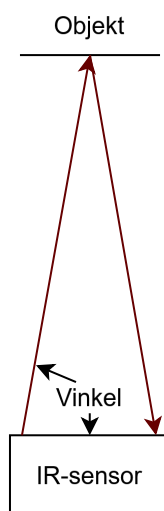
Figur 3: Anslutningar för SRF04. Källa: [3].

4.2 IR och triangulering

IR sensorer är ett konstruktionsalternativ för att lagerroboten ska kunna detektera hinder. De använder sig av infrarött ljus och vinkelberäkningar för att bestämma avstånd.

Kursen TSEA56 har två tillgängliga IR-sensorer med passande detekteringsintervall. Den ena modellen, GP2D120, har ett intervall 4-30 cm och den andra, GP2Y0A21, 10-80 cm. Båda sensorerna använder sig av triangulering, vilket är en process som illustreras i figur 4. En sändare i sensorn skickar ut infrarött ljus som sedan reflekteras av ett objekt.

Därefter tar en mottagare på sensorn emot det reflekterade ljuset med en viss vinkel som sedan används för att avgöra avståndet till objektet. En nackdel med IR-triangulering är att det infraröda ljuset som skickas iväg är väldigt smalt, vilket kan resultera i att objekt som befinner i lagerrobotens periferi missas. Detta kommer dock inte vara ett problem då avståndssensorn är till för att upptäcka hinder rakt framför roboten. Ytterligare en nackdel med IR-triangulering är att om flera sensorer är riktade åt samma håll kan interferens uppstå, vilket kan göra mätningarna opålitliga [4].



Figur 4: Översikt av triangulering med IR.

4.3 Laser

Lasersensorn fungerar principiellt på samma sätt som de andra två avståndssensorerna med skillnad att den har högre precision. Den som används i kursen är en VL530X från Adafruit, även kallad mikrolidar. Till skillnad från en ultraljudssensor har den en mycket smal detekteringskon, och jämfört med en IR-sensor har den högre mätnoggrannhet utan linjäritetsproblem. Sensorns detekteringsintervall sträcker sig från 50 till 1200 mm.[5]. Den fungerar annars på samma sätt som de andra två avståndssensorerna: Ljus skickas, reflekteras och tas emot av en mottagare i sensorn som beräknar avståndet.

Sensorn kan användas för avståndsmätning till objekten som robotarmen ska kunna plocka upp. Om detta ska ske autonomt behövs hög precision på avståndet, varav denna typ av sensor passar bra. Således behövs två sensorer, en på höger och en på vänstersidan av roboten. Lasersensorn behöver då anslutningar för spänning och jord samt två I2C-anslutningar kopplas till mikrodatorn [5].

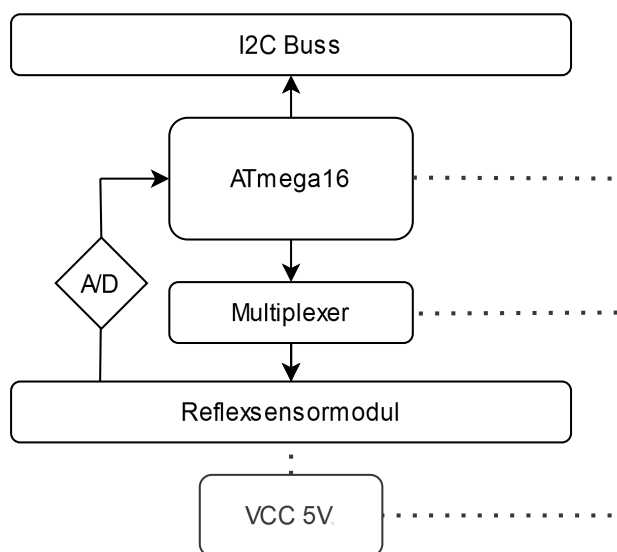
5 REFLEXSENSOR

För att roboten ska kunna identifiera och tolka tejplinjer på marken kan reflexsensorer användas. Dessa består detektorer vars utdata måste omvandlas och tolkas av en AVR-mikrodator. Dessutom måste sensorerna multiplexas för att

undvika överhettning.

En reflexsensor innehåller en detektor som avger låg respektive hög utsignal när underlaget reflekterar mycket eller lite ljus [6]. Dessa finns dessutom monterade i reflexsensormoduler som innehåller totalt 11 reflexsensorer. Denna kan kopplas till en multiplexer för att individuellt kontrollera vilka detektorer som är av eller på.

Reflexsensormodulen kan användas till att läsa av tejplinjerna under körning. Den behövs för att roboten ska kunna följa tejplinjer och identifiera plock- samt hämtstationen.



Figur 5: Diagram av sensorenheten.

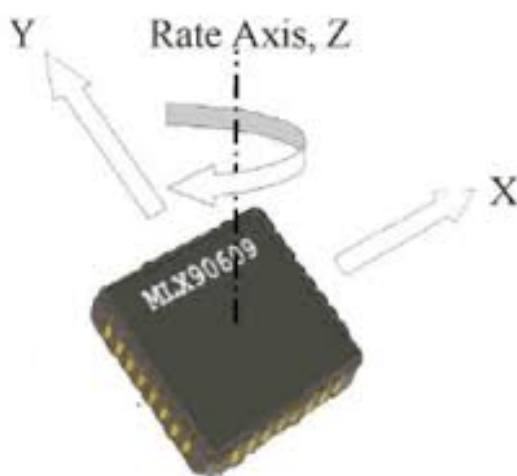
Reflexsensormodulen ska vara monterad under roboten några millimeter från underlaget. Som illustreras i figur 5 ska modulen dessutom vara kopplad till en ATmega16 AVR-mikrodator. Denna kommer omskriva sensorns A/D utsignal till 10-bitars genom en inbyggd omvandlare [7]. Mikrodatorn kommer därefter tolka indatan och skicka instruktioner till styrenheten. Ifall roboten befinner sig på sträckan till lagret från hämtningstationen kommer en enkel tyngdpunktsberäkning användas enligt

$$k_T = \frac{\sum_k m_k k}{\sum_k m_k} \quad (2)$$

där k_T och m är tyngdpunkten respektive magnituden en reflektor detekterar. Syftet är att hitta tyngdpunktens avvikelser från ett jämviktsvärde för att beräkna hur mycket roboten ska svänga åt höger eller vänster. För att identifiera hämtningstationen används dock de yttersta detektorerna. Roboten är framme vid hämtningstationen när båda är höga och lagret när bara en av dem är hög. De kommer fortsätta att användas på samma sätt för att identifiera korsningar och plockstationer i lagret. AVR-mikrodatorn kommer dessutom att kontrollera multiplexern som är kopplad till reflektionsmodulen som periodvis kommer stänga av detektorerna för att undvika överhettning.

6 GYRO

Gyrosensorn används för att mäta vinkelhastighet och hjälpa till med orientering och stabilisering. Det gyro som finns tillgängligt är MLX90609, vilken mäter vinkelhastigheten på z-axeln enligt figur 6. Sensorn är en *Vibrating Structure Gyro* (VSG) som använder corioliseffekten för att beräkna rotation. Det innebär att sensorn innehåller en komponent som mekaniskt oscillerar. När gyroskopet sedan roterar, alltså roboten svänger, skapas ytterligare en oscillation av corioliseffekten. När detta sker mäts en skillnad i kapacitans ut som därefter görs om till en spänning som representerar svängning [8].



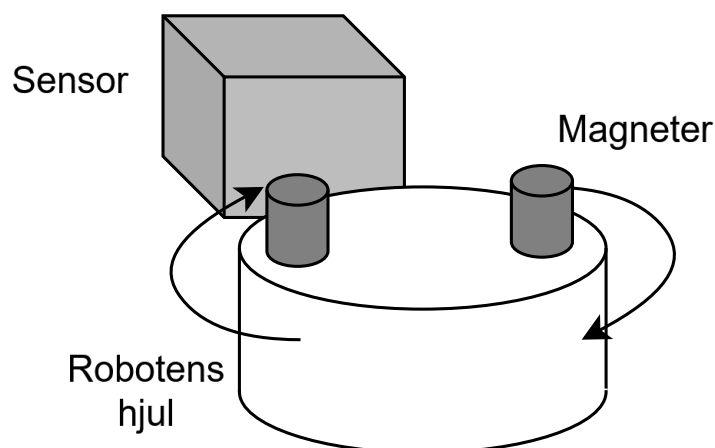
Figur 6: Rotationsaxeln för gyro. Källa: [8].

Sensorerna kommer att användas för att komplettera befintlig data, framför allt då roboten behöver svänga. Gyrot behövs eftersom roboten kan glida eller slira på underlaget, vilket gör mätningarna opålitliga utan en sådan sensor. Gyrot behöver placeras vinkelrätt mot den axeln som den mäter på, förslagsvis i mitten av roboten.

7 ODOMETER

Implementeringen av en odometer i kursen TSEA56 baseras på tre olika metoder och då vi inte kommer att använda en odometer i projektet, ges endast en övergripande beskrivning.

En odometer används för att mäta färdat avstånd och sensorn kan vara elektrisk eller mekanisk. En av metoderna använder halleffekten. Hjulen är då utrustade med magneter, illustrerat i figur 7. När sensorn befinner sig i ett magnetfält så mäter den hur spänningen ändras över tiden. Med den informationen kan antalet hjulrotationer mätas vilket sedan används för att beräkna avståndet som roboten har färdats [9].



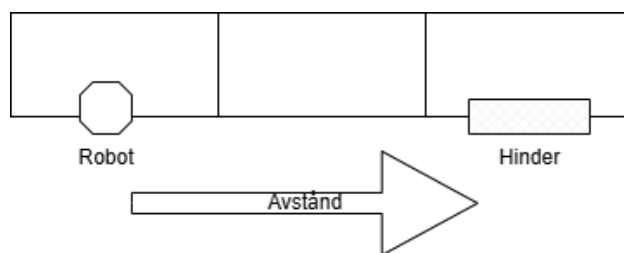
Figur 7: Översikt över hallsensorn på ett hjul.

8 KAMERA

Det är nödvändig med en kamera på lagerroboten för att det ska vara möjligt att manuellt plocka upp varor utan att användaren ser roboten. Kameran är kopplad till en Raspberry Pi som skickar videon till användargränssnittet på PC:n. Det innebär att kameran inte är en del av själva sensorenheten på samma sätt som de andra sensorerna som kopplas in till AVR-mikrodatoren. Kameran måste installeras på robotarmen så att den får en klar bild av varan när den används.

9 DISKUSSION

Eftersom det finns flera avståndssensorer med samma funktion, kommer en diskussion om deras för- och nackdelar att föras. De största skillnaderna mellan den akustiska och IR-sensorn är tekniken de använder för avståndsbedömning samt detekteringsavståndet. Ultraljudssensorn har ett längre detekteringsintervall än de två tidigare nämnda IR-sensorerna. Även om ultraljudssensorn kan mäta avstånd upp till 3 meter så kommer det aldrig behövas i det här projektet. Avståndssensorernas primära uppgift är att upptäcka hinder i lagermiljön och om ett hinder upptäcks på ett för långt avstånd kan roboten skippa att åka in i godkända vägar. Detta illustreras i figur 8 där roboten inte åker in i vägen mellan nuvarande position och vägen hindret ligger på, då sensorn redan har uppfattat hindret. Vidare så behöver avståndssensorn bara upptäcka hinder som är rakt framför roboten, alltså är konen på 30 grader som ultraljudssensorn har som detekteringsområde överflödig. IR-sensorerna är mer noggranna än ultraljudssensorn, men de är också mer känsliga för störningar. Detta bör dock inte vara ett problem så länge inte flera IR-sensorer sitter nära varandra och mäter i samma riktning. På bilderna i Vanheden ser det även ut som att ultraljudssensorn tar mer plats än IR-sensorerna.



Figur 8: Ultraljudssensorn problem med för tidig hinderupptäckt

Lasersensorn är mer exakt än både ultraljuds- och IR-sensorerna, men enligt ISY är den svårare att använda. Den är tänkt att mäta avståndet mellan roboten och de varor som ska plockas upp med robotarmen. För autonom hantering är noggranna mätningar avgörande för att säkerställa precision. Dessutom är det viktigt att roboten är i rätt höjd i förhållande till varan, eftersom lasern annars riskerar att missa den.

Gyrot behövs på roboten eftersom avståndsbedömning enbart inte är tillräckligt för att säkerställa att roboten rör sig på ett korrekt sätt. Om hjulen glider på underlaget så räcker det inte med data från de andra sensorerna för att göra en korrekt rotation utan då behöver gyrot kompensera upp för detta. Med avseende på hur projektet är utformat samt hur lagermiljön ser ut så kommer en odometrer ej att vara nödvändig att ha på roboten.

Kameran är en avgörande komponent för att möjliggöra manuell upplockning av varor då roboten inte syns. Vidare så kopplas den direkt till kommunikationsenheten som i sin tur skickar videoströmmen vidare till PC:n. Detta gör kameran väldigt enkel att implementera och använda.

10 SLUTSATS

REFERENSER

- [1] Vayuyaan, *Ultrasonic Sensor in Robotics*, Hämtad: 2025-02-06, [Online]. Tillgänglig: <https://vayuyaan.com/blog/ultrasonic-sensor-in-robotics/>, 2023.
- [2] ISY, *SRF04 Ultrasonic Range Finder*, Hämtad: 2025-02-06, [Online]. Tillgänglig: <https://da-proj.gitlab-pages.liu.se/vanheden/pdf/srf04.pdf>, 2003.
- [3] Robot-Electronics, *SRF04 - Ultra-Sonic Ranger Technical Specification*, Hämtad: 2025-02-24, [Online]. Tillgänglig: <https://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf04tech.htm>, 2003.
- [4] S. O. Robots, *SENSORS - SHARP IR RANGE FINDER*, Hämtad: 2025-02-11, [Online]. Tillgänglig: https://www.societyofrobots.com/sensors_sharpirrange.shtml, 2025.
- [5] ISY, *Adafruit VL53L0X Time of Flight Micro-LIDAR Distance Sensor Breakout*, Hämtad: 2025-02-11, [Online]. Tillgänglig: <https://da-proj.gitlab-pages.liu.se/vanheden/pdf/VL53L0X.pdf>, 2017.
- [6] ISY, *Reflexsensor*, Hämtad: 2025-02-18, [Online]. Tillgänglig: https://da-proj.gitlab-pages.liu.se/vanheden/pdf/reflex_sensor.pdf, 2007.
- [7] A. Corporation, *ATmega16(L) Datasheet*, Tillgänglig på: <https://da-proj.gitlab-pages.liu.se/vanheden/pdf/atmega16.pdf>, 2007.
- [8] ISY, *MLX90609 Angular Rate Sensor (Standard version)*, Hämtad: 2025-02-17, [Online]. Tillgänglig: <https://da-proj.gitlab-pages.liu.se/vanheden/pdf/mlx90609.pdf>, 2008.
- [9] R. C. AB, *What is a Hall effect sensor?* Hämtad: 2025-02-18, [Online]. Tillgänglig: <https://se.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=ideas-and-advice/hall-effect-sensors-guide>, 2025.

11 APPENDIX

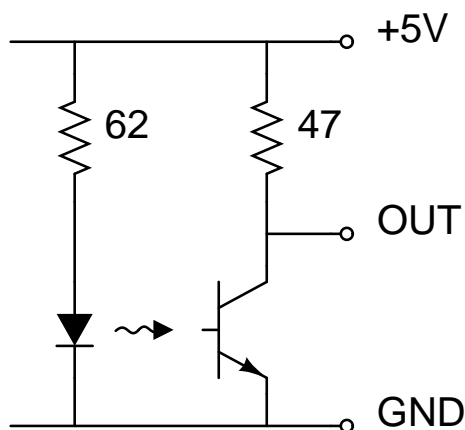
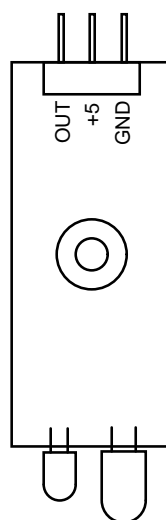
A REFLEXSENSOR

Reflexsensor

11 oktober 2007

Denna sensor innehåller 1 st så kallad reflexdetektor. Den består av en lysdiod med infrarött ljus och en ljuskänslig transistor. Lysdioden är alltid tänd så länge som sensorn är spänningssatt. Om underlaget reflekterar mycket ljus blir utsignalen låg och vice versa.

Sensorn kopplas in med 5-volts matning till anslutningarna +5 och GND. Utsignalen OUT är analog och varierar någonstans i området mellan 0 och 5 volt. Sensorns motstånd är dimensionerade för ett avstånd på några millimeter mellan fototransistor och underlag.



Sensorn är en kortbit om 30x14 mm med en anslutningskontakt i ena änden för utsignal (OUT), 5-volts matning (+5) och jord (GND). I sensorns andra ända finns transistor och lysdiod. Mitt i sensorn finns ett hål med storleken 3 mm avsett att användas för montering.

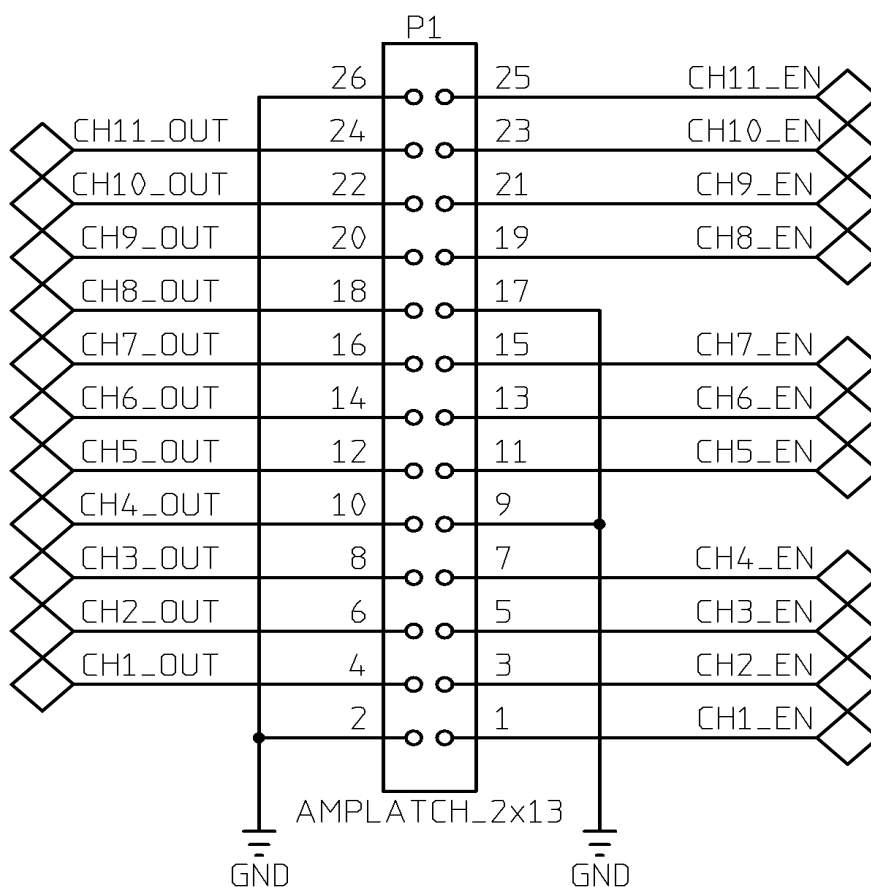
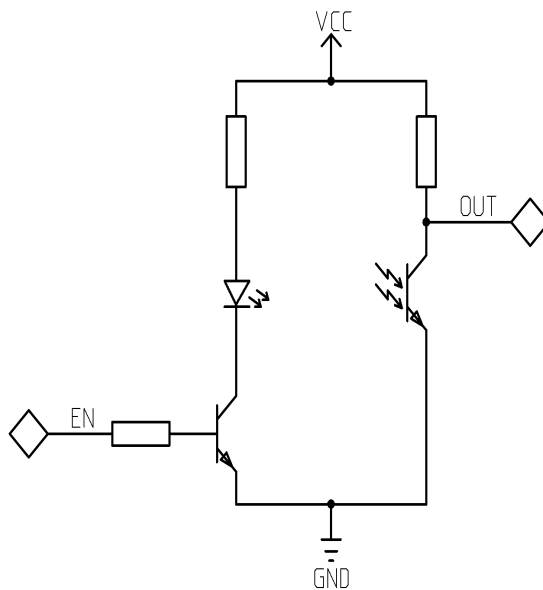
B REFLEXSENSORMODUL

Reflexsensormodulen

Denna modul innehåller 11 likadana så kallade reflexdetektorer. Varje detektor består av en lysdiod med infrarött ljus och en ljuskänslig transistor. Varje IR-lysdiod aktiveras via en egen transistor med egen ledning (man kan med andra ord spara ström genom att bara låta en lysdiod lysa åt gången). Om underlaget reflekterar mycket ljus blir spänningen låg och vice versa. Observera att det inte nödvändigtvis är underlagets färg som avgör detta för IR-ljus.

Modulen kopplas in enligt nedanstående. Ledningarna till de vanliga transistorerna (de som aktiverar IR-lysdioderna) kan kopplas till demultiplexer, mikrokontroller eller liknande. De kan även viras fast till logiskt ett (+5V) eller logiskt noll (GND, 0V). En 'etta' aktiverar IR-ljuset.

Modulens motstånd är dimensionerade för ett avstånd på några millimeter mellan fototransistor och underlag.



Pinne '1' har en liten pil på kontaktdonet.