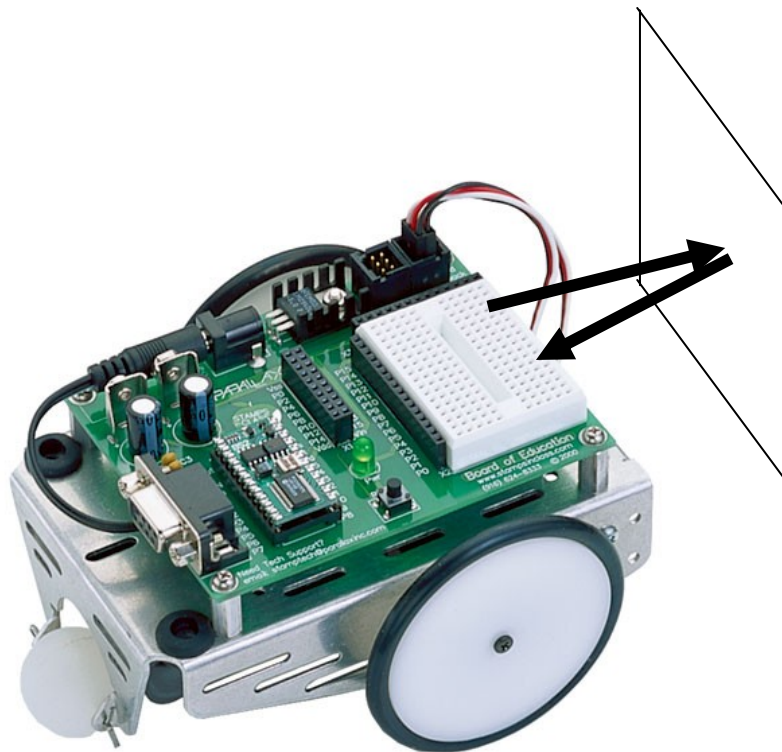


Laboration 5 Operationsförstärkaren

Elektronik för D
ETIA01



Johan Kåredal
Anders J Johansson
Lund April 2008

Laboration 5

Mål

Efter laborationen vill vi att du ska:

- fått kännedom om varför förstärkare behövs
- förstått hur en operationsförstärkare fungerar
- förstått hur man på ett enkelt sätt kan designa en förstärkarkrets

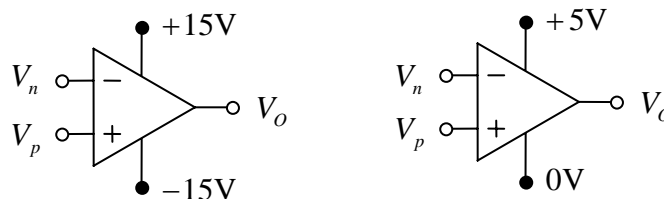
OP-förstärkaren

En av de mest använda komponenterna i dagens elektronik är operationsförstärkaren (eller kort och gott OP:n). Under den här laborationen kommer vi få se hur OP:n fungerar och varför den är en så viktig komponent.

En grundläggande skillnad mellan en OP-förstärkare och de komponenter ni hittills stött på i kursen är att medan de senare är *passiva*, är OP:n *aktiv*. Medan kretsar som bara innehåller RLC-komponenter endast kan minska en given insignal, kan kretsar innehållande en OP även förstärka insignalen. Men eftersom det är omöjligt att få ut mer energi från ett system än vad man tillför det, innebär det att man måste tillföra mer energi än bara insignalen, vilket görs genom att man lägger en drivspänning över OP:n och däri ligger således skillnaden mellan aktiva och passiva komponenter.

Spänningsmatning av OP:n

Det var länge vanligast att OP:ar matades med $\pm 15V$, men nuförtiden finns det även sådana där en enkel 5V-matning räcker (se Figur 1). Den OP vi kommer använda på labben heter OPA347 och är av den senare typen, vilket är praktiskt eftersom vi vill spänningsmata den från BoeBotens kopplingsbord där endast 5V finns att tillgå.



Figur 1 Spänningsmatning av OP:n.

Några förstärkarkopplingar

Några av de absolut vanligaste förstärkarkopplingarna är följaren, den inverterande förstärkaren, den icke-inverterande förstärkaren, differentialförstärkaren och instrumentförstärkaren. Se till att läsa på om och förstå hur dessa fungerar innan laborationen.

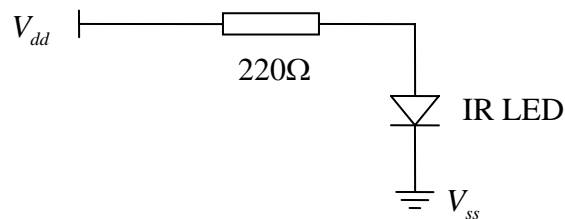
BoeBot-program

Under den här laborationen kommer vi designa BoeBoten så att den kan detektera och undvika objekt i sin väg. För att göra det använder vi oss av två kretsar: en sändarkrets som skickar ut en infraröd signal, samt en mottagarkrets som tar emot eventuella reflektioner av signalen. Om

styrkan på reflektionen når över ett visst tröskelvärde ska BoeBoten vända och åka åt ett annat håll. BoeBoten är programmerad att vända om när port P9 får en insignal större än 1.4V.

Sändarkrets

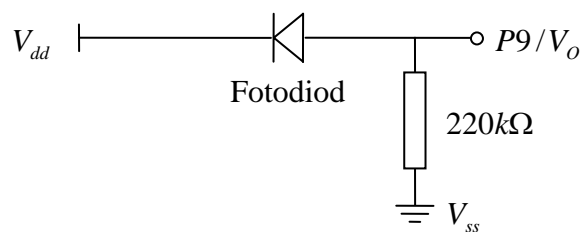
Som sändare använder vi en infraröd lysdiod (LED) som spänningssätts från V_{dd} -porten, i ovankant på BoeBotens kopplingsbord. Dioder är, till skillnad från t.ex. resistorer, riktighetsberoende, vilket innebär att man måste hålla reda på vilket ben som ska vara vänt åt vilket håll i kretsen. För att kunna se skillnad på benen är det ena lite längre än det andra och det är det lite längre benet som är den positiva anoden, medan det kortare benet är den negativa katoden. Sändarkretsen kopplas upp med dioden i serie med en 220Ω -motstånd enligt Figur 2.



Figur 2 Koppling av IR-sändare

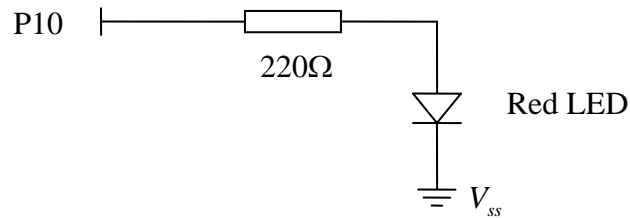
Mottagarkrets

Som mottagare använder vi en annan typ av diod, en fotodiod, som spänningssätts även den från V_{dd} -porten. Den egenskap vi ska använda oss av är att när fotodioden belyses släpper den igenom en ström proportionell mot ljusstyrkan. Den fotodiod vi kommer använda oss av heter PD638B. Databladet talar bl.a. om för oss hur dioden ska kopplas, vilket även finns återgett i Figur 3. Notera att dioden är kopplad med omvänd polaritet på benen! Utsignalen mäts över $220k\Omega$ -motståndet.



Figur 3 Koppling av mottagarkrets

För att kunna se om fotodioden detekterat en signal stark nog att få V_O att nå tröskelvärdet 1.4V utan att behöva ha BoeBoten i läge 2 (läs i förberedelserna till lab 2 om du glömt skillnaden mellan läge 0, 1 och 2) är det praktiskt att koppla in en vanlig lysdiod så att denna lyser när tröskelvärdet nås på ingång P9. Tack vare BoeBotens programmeringsmöjligheter kan lysdioden läggas som en helt separat krets, där insignalen tas från port P10 på kopplingsplattan. Programmet vi använder är skrivet så att P10 görs hög om P9 är hög. Lysdiodens kopplingsschema är identiskt med det för IR-sändaren, med enda skillnad att insignalen byts från V_{dd} till P10, se figur 4.



Figur 4 Koppling av röd lysdiod.

Förberedelser

Repetera avsnitten 14.1 -14.8 i kursboken. Titta även på "OP-kopplingar" som finns på kurshemsidan. Gör sedan följande uppgifter:

1. Ställ upp relationen mellan in- och utsignal för:
 - a. En följare
 - b. En inverterande förstärkare.
 - c. En icke-inverterande förstärkare.
 - d. En differentialsförstärkare
 - e. En instrumentförstärkare
2. Förklara vad en följare har för uppgift.
3. Förklara vad som är fördelen hos en instrumentförstärkare genomet en "vanlig" differentialsförstärkare.

Uppgifter

Del 1 : Uppkoppling och mätning av IR-sändare och mottagare

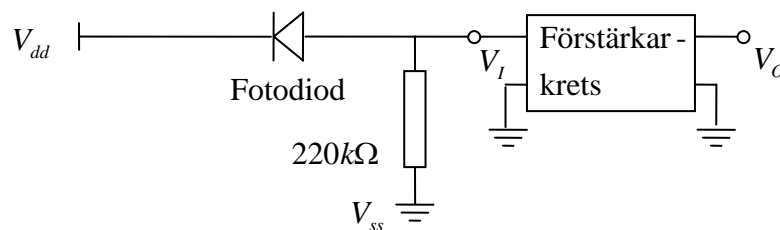
Uppgift 1.1

Koppla upp IR-sändaren, mottagarkretsen och lysdiodkretsen på BoeBotens kopplingsplatta enligt Figur 2, 3 och 4. Sätt BoeBoten i läge 1. Håll ett objekt (t.ex. ett kollegieblock) en bit ifrån IR-sändaren och för den gradvis närmare sändaren. När objekt kommer närmare kommer mer och mer reflekterad effekt nå mottagaren. Håll samtidigt ett öga på lysdioden. När slår den om? Ge ett ungefärligt avstånd för hur långa avstånd BoeBoten kan detektera. Ni kan även slå om BoeBoten till läge 2 och låta den köra mot en hand. Vad händer? Varför?

Uppgift 1.2

För att få en förklaring till vad vi såg i uppgift 1.1 måste vi mäta på vår krets med hjälp av ett oscilloskop. DC-koppla oscilloskopet och mät först drivspänningen V_{dd} på oscilloskopets ena kanal. Stämmer den med vad den ska vara? Mät spänningen över $220k\Omega$ -motståndet i Figur 3 med oscilloskopets andra kanal. För ett objekt fram och tillbaka framför mottagaren enligt uppgift 1.1 och studera hur utsignalen ändras. Förklara vad som händer. Vilken är den maximala spänningsnivå som kan uppnås?

Del 2 : En enkel förstärkarkoppling



Figur 5 Enkel förstärkarkoppling.

Uppgift 2.1

För att komma tillrätta med problemen ovan kan vi använda en OP-koppling. Utifrån hur stark den maximala signalen är, ska vi designa en förstärkare som ger en *maximal utsignal på 5V*. Välj först en lämplig förstärkarkoppling, och sedan komponentvärden i enlighet med den önskade förstärkningen. Diskutera med en labhandledare innan du går vidare!

Uppgift 2.2

För att verifiera att kopplingen fungerar är det lämpligt att först testa den separat. Koppla upp den designade kretsen (tänk på strömförsörjningen av OP:n!) och lägg en sinusvåg som insignal (välj själv frekvens och amplitud). Mät sedan in- respektive utsignal från förstärkaren med oscilloskopets två ingångar och studera förstärkningen. Stämmer resultatet?

Uppgift 2.3

När förstärkarkopplingen från uppgift 2.2 fungerar är det dags att koppla in den till BoeBotens mikrokontroller. Ta bort kopplingen mellan BoeBotens IR-mottagare (enligt uppgift 1.1) och P9 och koppla signalen från IR-mottagaren till förstärkarkretsens ingång istället. Tänk på att förstärkaren och IR-mottagaren ska ha samma referens (jord). När kopplingen är klar ska de se ut som i Figur 5.

Sätt strömbrytaren i läge 1 och mät förstärkarkretsens in- och utsignal med oscilloskopet. För, precis som tidigare, ett objekt fram och tillbaka framför IR-dioden och studera de två signalerna. Förklara vad du ser. Är det någon skillnad mot tidigare?

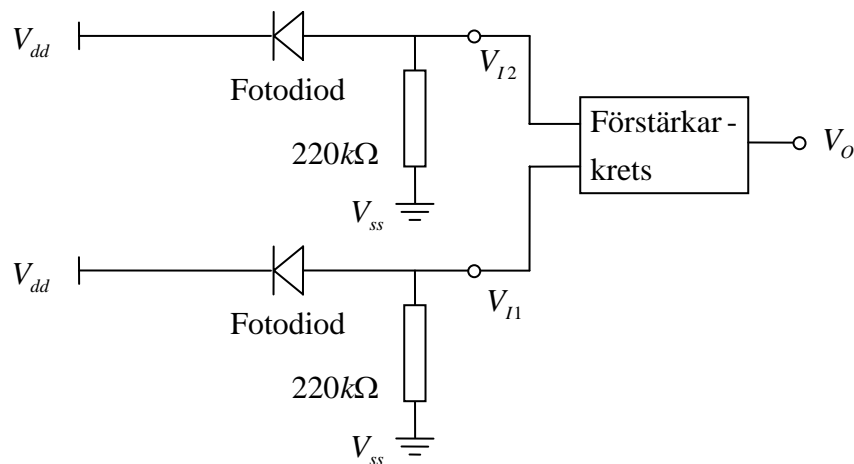
Uppgift 2.4

Ta bort objektet så att det inte syns för detektorn. Studera hur utsignalen från förstärkarkretsen ser ut (kom ihåg att du kan trycka på GND på oscilloskopet för att ändra referensnivån). Förklara vad du ser. Är utsignalen noll även när inget objekt finns framför IR-sändaren? Testa sedan roboten genom att slå över strömbrytaren i läge 2.

Del 3: Demonstration : Differentialförstärkare

Denna del kan ni studera på den demonstration som finns uppställd i labbsalen.

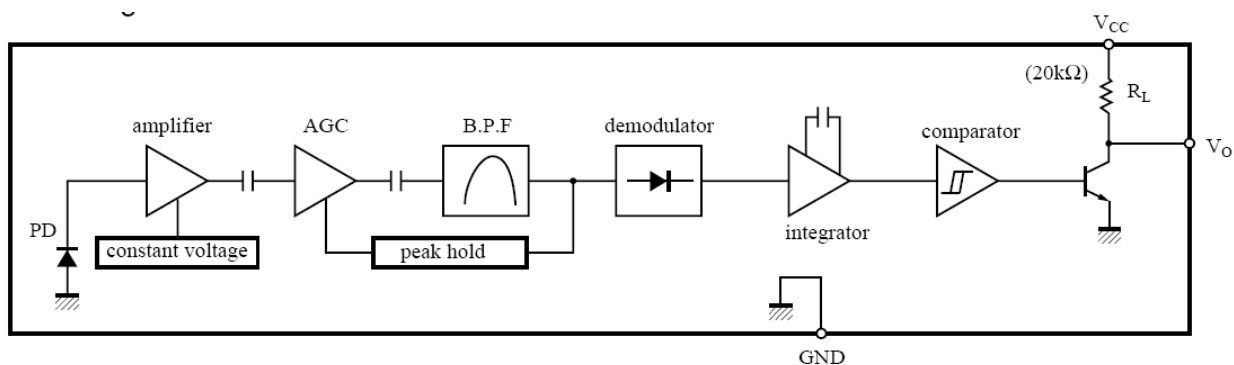
Kort sagt beror problemet i den förra uppgiften på att vår fotodiod samlar in både önskad signal och störningar, vilket gör kopplingen i uppgift 2 svår att använda i praktiken. Genom att uppgradera vår förstärkare till en som förstärker *skillnader* mellan två signaler kan vi dock komma till rätta med problemet. Om vi låter ännu en fotodiod (av samma typ) samla in endast störningar och sedan förstärker signalskillnaden mellan de två dioderna, subtraherar vi (idealt) bort störningen och erhåller en ren förstärkning av vår önskade signal. Kopplingen ser ut som i Figur 6.



Figur 6 Differentialförstärkarkoppling.

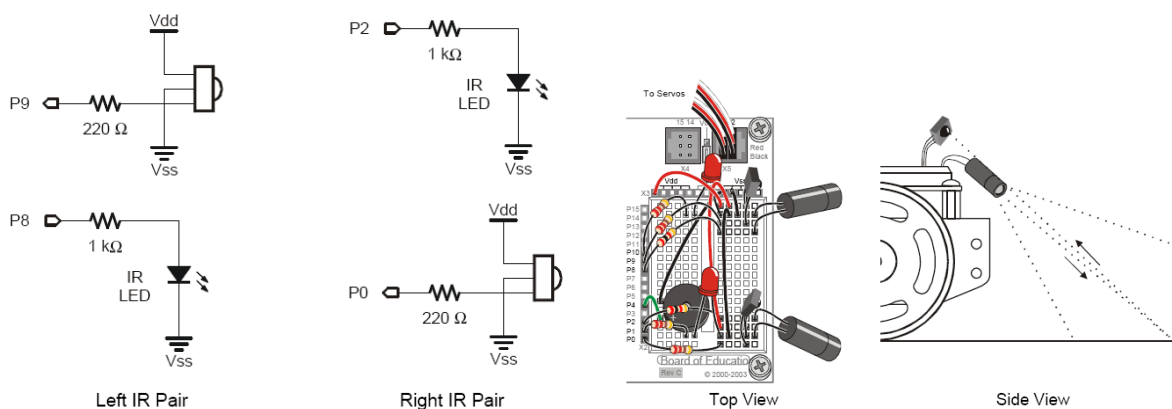
Del 4: Extrauppgift: Kommersiell detektor

Det finns ett annat sätt att lösa problemet med störningar från solen och andra värmekällor. Och det är att använda en pulsad signalkälla. Om vi blinkar med IR lysdioden med en viss frekvens, och sedan filtrerar ut samma frekvens från den mottagna signalen med ett bandpassfilter, så kommer vi inte att detektera någon signal alls från kontinuerliga, eller DC-, källor. Solen är ett typiskt exempel på en kontinuerlig källa, eftersom IR-strålning från den är konstant. För att förenkla designen av IR-utrustning så har man kommit överens om vissa frekvenser att använda. En sådan är frekvens 38 kHz. Ni skall nu prova att använda en detektor som är filtrerad för denna frekvens, en PNA4601M. Denna innehåller en komplett mottagare, inklusive IR-diod detektor, förstärkare och filter, se figur 7.



Figur 7. Blockschema över IR-detektorn PNA4601M.

Koppla in detektorerna och lysdioder enligt anvisningarna i figur 8.



Figur 8. Inkoppling och placering av lysdioder för att detektera bordskanten.

Med denna koppling så kommer roboten att kunna detektera kanten på bordet, och vända innan den kör av. Testa detta genom att starta program 2, tryck två gånger på resetknappen.

Appendix – BASIC Stamp program for BoeBot

```
' Robotics with the Boe-Bot - ElektronicsLabD4.bs2
' Enkel IR-detektering.
' {$STAMP BS2} ' Stamp directive, {$PBASIC 2.5} ' PBASIC directive.

' -----[ Variabler ]-----
irDetectLeft  VAR  Bit
pulseCount    VAR  Byte

' -----[ Huvudrutin ]-----
DO
  irDetectLeft = IN9
  IF (irDetectLeft = 1) THEN
    HIGH 10          ' Objekt upptäckt (pin P9 är hög), tänd
    lysdiod
    GOSUB Back_Up    ' Vänd om och gör U-sväng
    GOSUB Turn_Left
    GOSUB Turn_Left
  ELSE
    LOW 10           ' Pin P9 är låg
    GOSUB Forward_Pulse ' Fortsätt rakt fram
  ENDIF
LOOP

' -----[ Subroutines ]-----
Forward_Pulse:          ' Framåt
PULSOUT 13,850
PULSOUT 12,650
PAUSE 20
RETURN

Turn_Left:              ' Sväng vänster
FOR pulseCount = 0 TO 20
  PULSOUT 13, 650
  PULSOUT 12, 650
  PAUSE 20
NEXT
RETURN

Turn_Right:             ' Sväng höger
FOR pulseCount = 0 TO 20
  PULSOUT 13, 850
  PULSOUT 12, 850
  PAUSE 20
NEXT
RETURN

Back_Up:                ' Vänd om
FOR pulseCount = 0 TO 40
  PULSOUT 13, 650
  PULSOUT 12, 850
  PAUSE 20
NEXT
RETURN
```