

## Laboration 2: Likström samt upp och urladdningsförlopp

v0.5

Kent Palmkvist, ISY, LiU

Laboranter

Namn	Personnummer	Godkänd

# Översikt

I denna labb kommer ni bygga en strömkälla, och mäta upp dess inre resistans. I samband med detta kommer även strömförstärkningsfaktorn att bestämmas för en bipolär NPN-transistor.

Därefter ska en oscillator byggas, och sambandet mellan storleken på R, C och frekvens undersökas.

## Beskrivning av utrustning och komponenter

### Elvis II+ system

Detta är ett utvecklingssystem som innehåller strömförsörjning, mätinstrument och signalgeneratorer. Alla instrument kopplas via USB till en dator som styr och presenterar resultaten. Ett stort kopplingsdäck (breadboard) på Elvisenheten gör det möjligt att snabbt koppla upp och testa olika kretar.



Figur 1: Elvis II+ system

I denna laboration kommer Elvissystemet ge en 5V matningsspänning, en styrbar trekantsvåg, multimeter för att mäta spänning och resistans, oscilloskop för att se vågformer samt lysdioder att användas.

En närmare beskrivning av hur Elvissystemet fungerar hittar du i

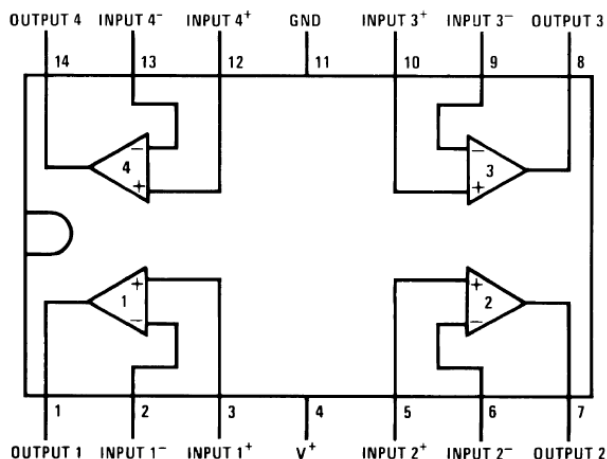
<http://www.isy.liu.se/edu/kurs/TSTE20/laboration/Laborationsutrustning.pdf>

### LM324

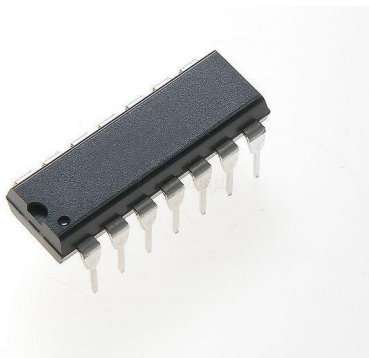
IC-krets innehållande 4 stycken operations-förstärkare. Kretsen spänningsmatas via anslutningen Vcc (pinne 4) ansluten till 5V samt Vss (pinne 11) ansluten till jord (gnd). Figur 2 visar hur de fyra operationsförstärkarna är anslutna till kapselns pinnar.

Var noga med vilket som är pinne 1. "Gropen" längst till vänster visar vilken ände som är pinne 1, se Figur 3.

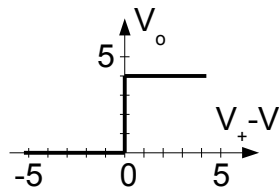
Funktionen för varje operationsförstärkare beskrivs i Figur 4. Som synes driver operationsförstärkaren en utspänning av ca 5V när inspanningen  $V_{in}$  är positiv, och driver spänningen 0V när inspanningen  $V_{in}$  är negativ.



Figur 2: Anslutningar på LM324



Figur 3: 14 pinnars DIL kapsel med markering till vänster av pinne 1



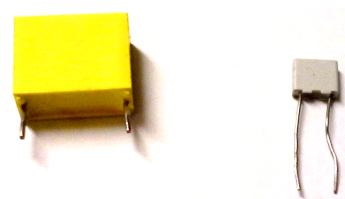
Figur 4: Utspänningen som funktion av skillnad mellan  $v_+$  och  $v_-$

## 1 låda med kopplingstråd

Blå låda med färdigskalade sladdar i olika längder.

## Kondensatorer

En 1  $\mu\text{F}$  polyesterkondensator (ganska stora gula eller blå fyrkantiga komponenter), samt 2 stycken 10 nF kondensatorer (mindre vita fyrkantiga komponenter där det står 10n längst upp). Se Figur 5 för exempel på hur de kan se ut.



Figur 5: 1  $\mu\text{F}$  respektive 10 nF kondensator

## Motståndssats

En samling av olika motståndsvärden där varje storlek på motstånd mellan 1 kohm och 1 Mohm ska finnas i var sin plastpåse. Kom ihåg att mäta resistanserna med multimetern i Elvissystemet innan ni kopplar in dem, då det kan vara lite oordning i påsarna.

## Transistor

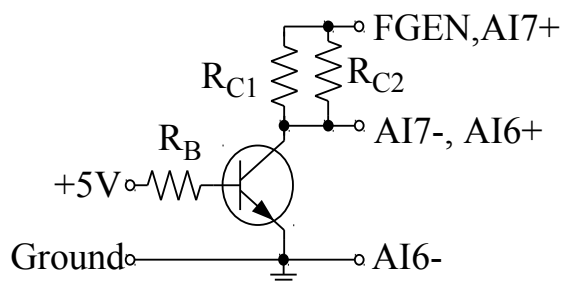
Transistorn MPS06 är en bipolär NPN-transistor. Dess datablad hittar du längst bak i denna labbanvisning. Där framgår t ex vilka ben som är bas, emitter och kollektor på transistorn.

## Uppgift: Transistorns likströmsegenskaper

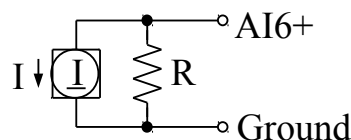
Börja med att koppla upp kopplingen enligt Figur 6.  $R_B = 820 \text{ kohm}$ ,  $R_{C1} = R_{C2} = 1 \text{ kohm}$ . Anledningen till parallellkopplingen av kollektormotstånderna är att det minsta motståndet i resistorsatsen är 1 kohm, vilket är för stort för att passa i denna krets. Med denna krets kommer en konstant basström gå genom transistorn, och mha FGEn kommer kollektor-emitterspänningen och därmed kollektorströmmen varieras.

Beräkna motsvarande storlek på det sammansatta kollektormotståndet

$R_C$ : .....



Figur 6: Transistor kopplad som strömkälla



Figur 7: Förenklad modell över strömkällan som motsvarar transistorn

Anslutningen kopplad till funktionsgeneratoren ska då se transistorn som en strömkälla. Se Figur 7. Strömmen  $I$  ska då motsvaras av kollektorströmmen.

Anslut oscilloskopet genom att ansluta AI7+ till FGGEN, AI7- och AI6+ till transistorns kollektor, samt AI6- till transistorns emitter. Därmed kan spänningen över kollektor-emitter på transistorn samt  $R_C$  kan mätas.

Starta funktionsgeneratoren och ställ in den på trekantsvåg, 100 Hz frekvens, 10V amplitud, samt 5V DC offset.

Starta oscilloskopet och ställ in kanal 0 på AI7 med 200 mV skala, -2 V offset (vertical position). Ställ in kanal 1 på AI6 med 2 V skala samt 0V offset. Ställ även in tidsbas till 1 ms. Glöm inte att aktivera Enable på kanal 1.

För att det ska bli enklare att avläsa oscilloskopet kan trigger funktionen användas. Ställ in den på Edge, positiv slope, chan 1 source samt 2 V level. Oscilloskopsbilden kommer då att börja ritas när signalen på kanal 1 stiger och passerar 2V.

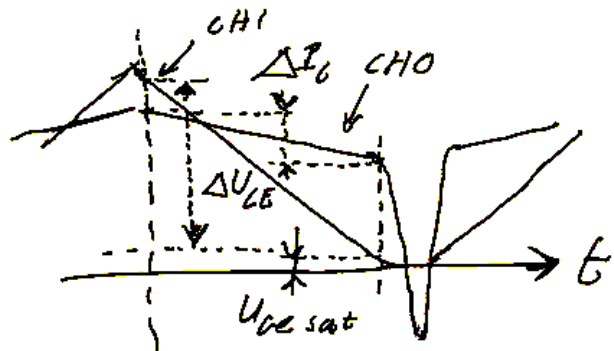
Starta Elvisplattformen med knappen på framsidan till höger.

Använd DMM-funktionen på Elvissystemet för att avläsa spänningen över  $R_B$ . Från detta värde kan du nu beräkna hur stor basströmmen är:

$$U_{RB} = \dots \Rightarrow I_B = \dots$$

Använd oscilloskopet för att läsa av spänningsfallet över  $R_C$  när  $U_{CE} = 5V$ :

$$U_{RC} = \dots \Rightarrow I_C = \dots$$



Figur 8: kurva samt intressanta mätpunkter

Beräkna strömförstärkningsfaktorn:  $B = \dots$

Vad är transistorns  $U_{CEsat}$  för denna basström dvs när slutar transistorn fungera som en strömkälla?

$$U_{CEsat} = \dots$$

Titta nu närmare på kurvan för spänningsfallet över  $R_C$ . Den lutar lite då kollektorströmmen har ett litet beroende av spänningen mellan kollektor-emitter ( $U_{CE}$ ). Om transistorn ses som en Nortonekvivalent kan lutningen ses som en effekt av den inre resistans  $R$  (se Figur 7).

Försök bestämma lutningen på strömkurvan när transistorn arbetar i aktiva området. Oscilloskopets cursor-funktion kan då vara till hjälp. Under kurvan finns möjlighet att aktivera cursors, och ange vilken signal cursor-värdet ska tas från. Drag i den streckade gula vertikala linjen i fönstret för att flytta cursorn.

$$\text{Max spänning över } R_C: U_{RCmax} = \dots \Rightarrow I_{Cmax} = \dots$$

$$\text{Min spänning över } R_C \text{ (med } U_{CE} > U_{CEsat}): U_{RCmin} = \dots \Rightarrow I_{Cmin} = \dots$$

$$U_{CEmax} = \dots \quad U_{CEmin} = \dots$$

Strömförändringen i transistorn beror på spänningförändringen, dvs beräkna

$$\Delta I_C = I_{Cmax} - I_{Cmin} = \dots$$

$$\Delta U_{CE} = U_{CEmax} - U_{CEmin} = \dots$$

$$\text{Beräkna inre resistansen i norton-ekvivalenten: } R = \Delta U_{CE} / \Delta I_C = \dots$$

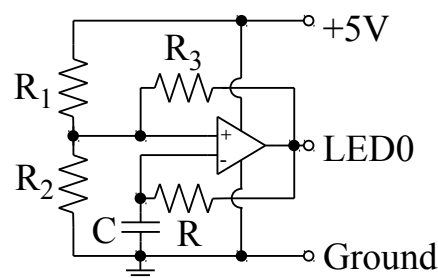
## Uppgift: Oscillatorkoppling

Koppla upp kretsen enligt Figur 9. Kondensatorn C skall vara 1  $\mu\text{F}$ ,  $R_1 = R_2 = 10 \text{ kohm}$ ,  $R_3 = 1 \text{ kohm}$ ,  $R = 100 \text{ kohm}$ . Utgången skall kopplas till LED0.

Beräkna potentialen på +ingången hos operationsförstärkaren, dels för en utspänning på LED0 av 4 V, dels för LED0 = 0 V.

För LED0 = 4 V  $\Rightarrow V_+ = \dots\dots\dots$

För LED0 = 0 V  $\Rightarrow V_+ = \dots\dots\dots$



Figur 9: Oscillatorkoppling

Koppla även in oscilloskopet för att mäta spänningen på utgången från operationsförstärkaren samt spänningen över kondensatorn.

Starta kretsen och kontrollera att oscillatiorn producerar en fyrkantsvåg. Frekvens kan läsas av i oscilloskopet under förutsättning att tidsbasen satts så att minst 5 cykler ses i fönstret.

Vilken frekvens har signalen?  $f = \dots\dots\dots$

Vad blir produkten frekvens $\cdot R \cdot C$ :  $\dots\dots\dots$

Nu ska olika kombinationer av R och C testas. För att få dubbla och halva resistansvärden kan två stycken 10k motstånd seriekopplas respektive parallellkopplas. För att nå kapacitansvärdet 20 nF kan två 10nF kondensatorer parallellkopplas, och för att få 5 nF kan två 10nF kondensatorer seriekopplas.

Läs av frekvensen för de olika kombinationerna, och beräkna produkten frekvens $\cdot R \cdot C$

R	C	Frekvens	$f \cdot R \cdot C$
5k	5 nF		
10k	5 nF		
20k	5 nF		
5k	10 nF		
10k	10 nF		
20k	10 nF		
5k	20 nF		
10k	20 nF		
20k	20 nF		

Vilken dimension (dvs enhet) har produkten  $f \cdot R \cdot C$ ?  $\dots\dots\dots$

Kommentarer om variationer i produkten  $f \cdot R \cdot C$ ? (Tips: ta en närmare titt på kurvformen på utgången från operationsförstärkaren för  $R=5\text{kohm}$ ,  $C=5\text{nF}$ )

$\dots\dots\dots$

## FAQ

### Varför visar inte multimetern någon spänning?

Alla instrument måste startas innan de fungerar, dvs den gröna “play” knappen måste tryckas in för att funktionen ska sätta igång.

Multimetern kan ställas in att mäta många olika storheter. Se till att rätt typ är vald. Anslutning till multimetern görs via de banankontakter som sitter i den vita plastlådan på vänster sida.

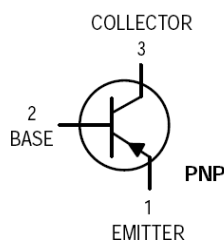
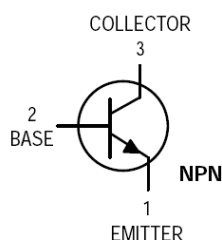
### Varför blir det inte 5V på utgången från operationsförstärkare?

Operationsförstärkaren i labben har en begränsning i vilken utspänning som kan genereras. På grund av dess design nåt utspänningen inte högre än ca 1.5V under matningsspänningen på Vcc. Andra modeller av operationsförstärkare kan generera spänningar som i praktiken är lika med Vcc

## MOTOROLA SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document  
by MPSA05/D

## Amplifier Transistors



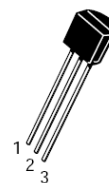
### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	MPSA05 MPSA55	MPSA06 MPSA56	Unit
Collector–Emitter Voltage	$V_{CEO}$	60	80	Vdc
Collector–Base Voltage	$V_{CBO}$	60	80	Vdc
Emitter–Base Voltage	$V_{EBO}$	4.0		Vdc
Collector Current – Continuous	$I_C$	500		mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	625 5.0		mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	1.5 12		Watts mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	–55 to +150		$^\circ\text{C}$

**NPN**  
**MPSA05**  
**MPSA06\***  
**PNP**  
**MPSA55**  
**MPSA56\***

Voltage and current are negative  
for PNP transistors

\*Motorola Preferred Device



CASE 29–04, STYLE 1  
TO–92 (TO–226AA)