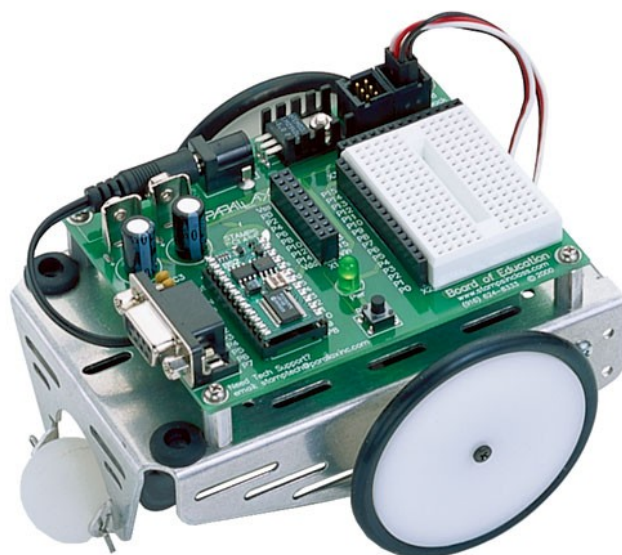


Laboration 2

Elektronik för D - ETIA01

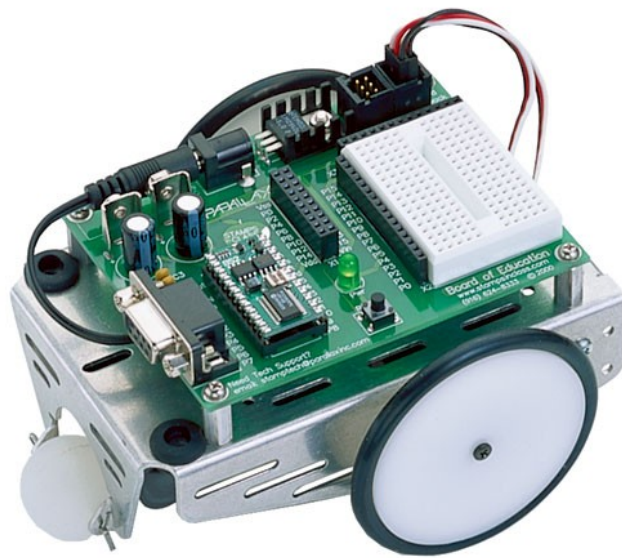
Institutionen för elektro- och informationsteknik
LTH, Lund University
Anders J Johansson, Bertil Larsson

2015-02-20



Laboration 2

Vi kommer att använda en liten robot, se figur 1, under laborationerna i ETIA01. Det är en Boe-Bot, en tvåhjulig robot som är framtagen för undervisningsbruk. Den kontrolleras av en mikrokontroller, en BASIC Stamp, vilken i sin tur programmeras i Basic. Under denna laboration skall vi titta på hur signalerna ut från mikrokontrollern ser ut, och då speciellt de som styr de två motorerna som är kopplade till robotens hjul. För att kunna göra detta måste vi först bekanta oss med ett par av de mätinstrument som vi har i labbet.



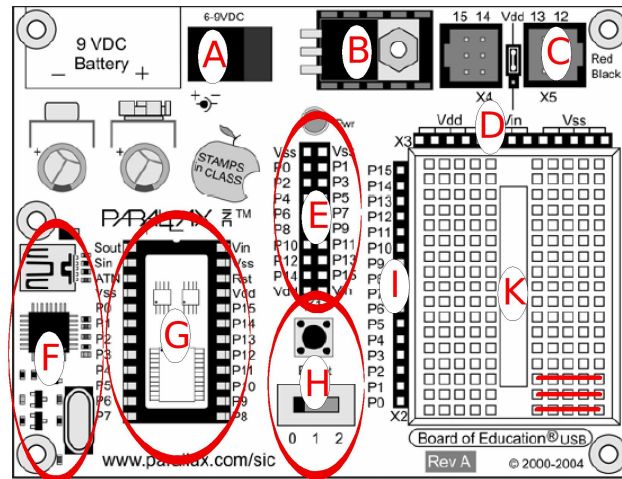
Figur 1: Roboten Boe-Bot. Fram på roboten är till höger.

På de senare laborationerna kommer vi att titta på hur vi kan koppla mikrokontrollern till omvärlden, Vi kommer inte att programmera den, utan kommer att använda oss av färdiga program vid varje laboration. Dessa program kommer att finnas tryckta sist i labbhandledningarna.

Boe-Bot

Laborationerna i ETIA01 kommer att använda en robot med inbyggd mikrokontroller som centralt studieobjekt. Denna robot heter Boe-Bot, vilket står för "Board Of Education robot". Den är framtagen för undervisningsändamål, och har en BASIC Stamp som mikrokontroller. Mer info om Boe-Bot och BASIC Stamp finns på tillverkarens hemsida, www.parallax.com.

På Boe-Bot-roboten finns ett styrkort, se figur 2. På detta kort sitter mikrokontrollern (2G), vilken programmeras via USB-interfacet (2F). För att slå på och av roboten finns en strömbrytare (2H). Denna har tre lägen: 0 är helt avstängd, i läge 1 startas mikrokontrollern men inte motorerna, och i läge 2 fortsätter mikrokontrollerna att gå samtidigt som även motorerna får drivspänning. Observera att styrsignalerna till motorerna skickas ut även i läge 1. In och ut signaler från mikrokontrollern finns tillgängliga på kopplingslister (2E, 2I). Det finns även en kopplingsplatta (2K) där man kan bygga upp egna kretsar. Hålen på denna platta är elektriskt förbundna fem och fem i rader, på det sätt som är markerat nere till höger i figuren. Ovanför kopplingsplattan finns en kopplingslist (2D) där man kan koppla in sig på batterispänningen (Vin), reglerad drivspänning till mikrokontrollern (Vdd) och jord (Vss). Spänningsregulatorn (2K) anpassar spänningen från batteriet till lämplig nivå (5V) för mikrokontrollern. Det finns



Figur 2: Boe-Bot robotens styrcort.

A: Batterianslutning, B: Spänningsregulator 5V, C: Motorkontakter, D: Kopplingslist för matningsspänning, E: Kopplingslist för signaler till och från BASIC Stamp, F: USB interface, G: BASIC Stamp mikrokontroller, H: Strömbrytare samt reset-knapp, I: Kopplingslist för signaler till och från BASIC Stamp, K: Kopplingsplatta

även anslutningskontakter (2C) för motorer. Dessa har vars tre stift, reglerad spänning Vdd, jord Vss och styrsignal. De två motorer som är anslutna styrs av signalerna P12 och P13, vilka även finns tillgängliga på listerna (2E) och (2I). Reset-knappen (2H) startar om programmet i mikrokontrollern.

Var försiktiga när ni kopplar in saker i roboten – det är lätt att kortsluta en utgång, vilket kan leda till att roboten går sönder. Slå på strömbrytaren först när ni noggrant kontrollerat att allt är rätt kopplat!

Funktionsgenerator



Figur 3: Funktionsgenerator med två oberoende kanaler.

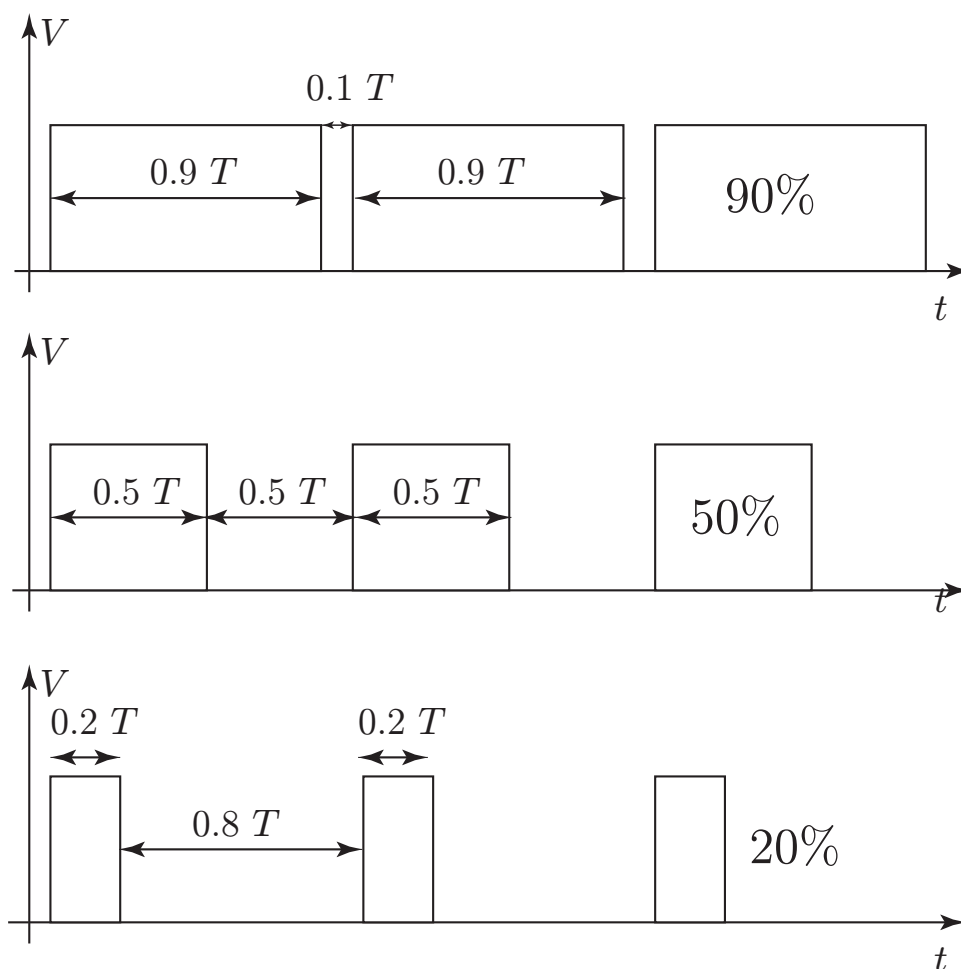
Funktionsgeneratoren kan skapa spänningssignaler som varierar med tiden. Vanligen ger den en signal som är periodisk, d.v.s. upprepar sig med en bestämd frekvens. Den funktionsgenerator

som används på labbet, se figur 3, kan ge periodiska signaler med vågformerna sinus, triangel och fyrkant. Detta väljs i översta raden av knappar. Signalens frekvens ställs in med hjälp av knappsatsen och menyn på skärmen som väljer frekvensområde. En ratt för finjustering finns också.

Signalens amplitud, d.v.s. signalens maximala spänning, justeras på samma sätt när man valt Amplitude i menyn.

Menyn OFFSET används för att lägga en offsetspänning på signalen, d.v.s. att addera en DC-spänning. Både negativa och positiva offsetspänningar är möjliga.

I menyn DUTY CYCLE kan man välja om en fyrkantsvåg ska ha en hög nivå lika länge som den är låg, är den symmetrisk och kallas ideal fyrkantsvåg. DUTY CYCLE, vilken vanligen anges i procent av periodtiden, kan varieras. 90% duty cycle innebär att signalen är hög 90% och låg 10% av periodtiden, se figur 4.

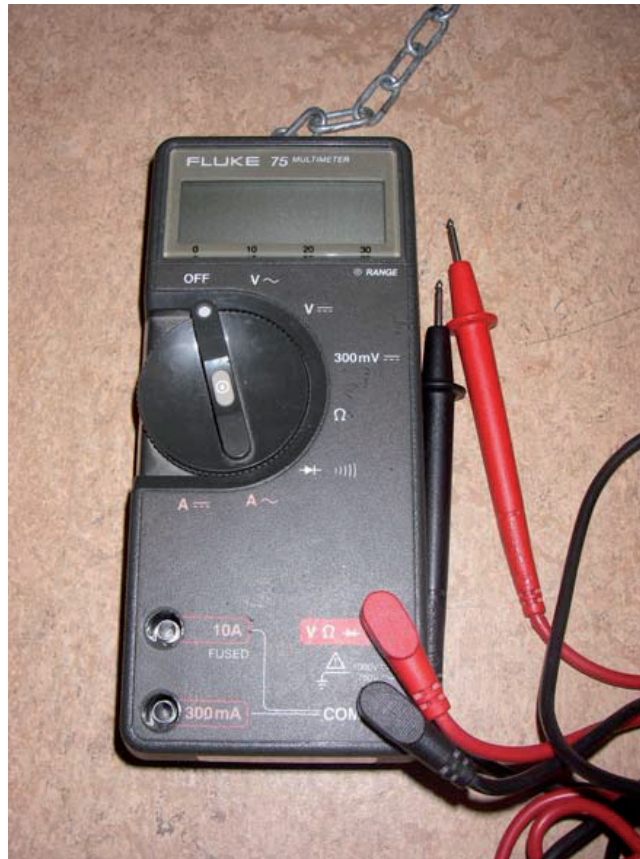


Figur 4: Fyrkantvåger med 90%, 50% och 20% duty cycle.

Funktionsgenerator som används på labben har valbar utresistans. Antingen *low-Z* som betyder 50Ω eller *high-Z*. Kontrollera att det står *low-Z* nederst på skärmen.

OBS! För att få utsignal från en kanal måste knappen *Output* aktiveras. Växling mellan de två kanalernas menyer sker med knappen *CH1/CH2*.

Multimeter



Figur 5: Multimeter

De multimetrar som används på laborationerna, se figur 5, kan mäta spänning, ström och resistans. I fallen med spänning och ström kan man välja att antingen mäta DC-nivåer, *direct current*, d.v.s. likström och likspänning, eller AC, *alternating current*, dvs. växelspanning och växelström. AC-mätningarna är bara korrekta om man mäter på sinusformade signal med frekvenser under 1 kHz. Vid AC-mätning anger multimetern effektivvärdet (rms-värdet). För sinusformade spänningar är denna lika med toppvärdet dividerat med $\sqrt{2}$, d.v.s. $V_{\text{eff}} = \hat{V}/\sqrt{2}$. Tänk på att det är olika anslutningar på multimetern för att mäta spänning och ström. Anledningen är att mätningen skall påverka kretsen så lite som möjligt. Vid spänningsmätning ska instrumentet ha en hög inre resistans och vid strömmätning en låg. Gör klart för dig varför det är så!

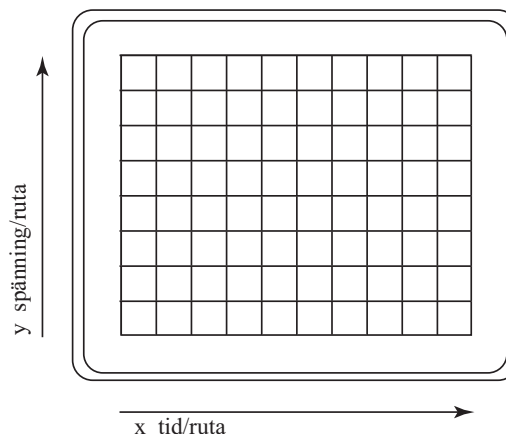
Oscilloskop

Oscilloskopet, figur 6a, mäter tidsberoende signaler och visar hur dessa varierar över tiden. Oscilloskopet är i princip en dator med skärm som mäter spänningar med hjälp av en inbyggd Analog till digital omvandlare (AD-omvandlare). AD-omvandlaren samplar spänningen, d.v.s. mäter spänningen vid regelbundna tidsögonblick, och presenterar den som en serie mätvärden till datorn. Mätvärdena behandlas och visas enligt användarens önskemål. Tiden visas längs x-axeln, se figur ??, och svepet¹ gör att mätvärdena i takt med tiden presenteras från vänster till höger med konstant hastighet, rutor/sekund. Utslaget i vertikalled, dvs. i y-led,

¹Svepa kommer från äldre analoga oscilloskop där en lysande punkt flyttade sig över skärmen.



(a) Oscilloskop



(b) Oscilloskopskärm

Figur 6: Oscilloskopet

är proportionellt mot insignalens spänning. Det ger en kurva på skärmen som visar signalens spänning som funktion av tiden.

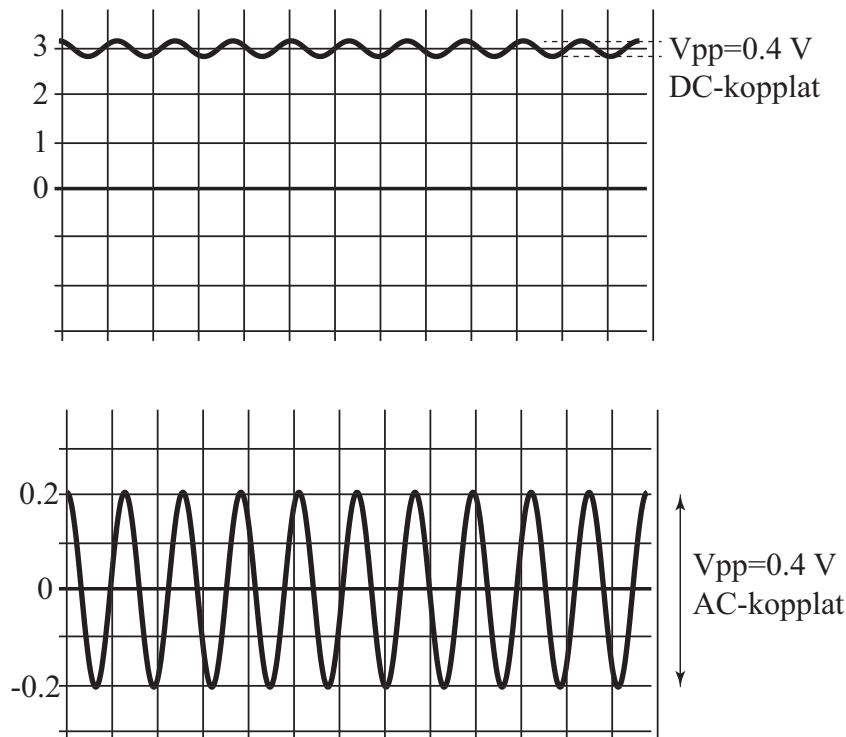
Hastigheten av svepet i x-led bestäms av tidbasen. På det oscilloskop som används på laborationerna finns en ratt som kallas HORIZONTAL med vilken man kan ställa in hastigheten. Inställningen bestämmer hur lång tid en ruta på skärmen motsvarar, Time/Div.

Oscilloskopet har två kanaler, CH1 och CH2, som har ett par egna reglage, samt några gemensamma. Med hjälp av knapparna CH1/CH2 kan man välja att visa en av kanalerna eller båda samtidigt. Man kan ställa in skalan för spänningen, d.v.s. hur många volt varje ruta i y-led skall motsvara. Det går att ställa in oscilloskopet så att en ruta motsvarar från 2mV upp till 5 V (detta beror även på inställningen av proben, se sidan 8).

Värdena på skärmen kan inte avläsas med någon större noggrannhet (kanske $\pm 5\%$) eftersom kurvan har en viss bredd. Många gånger har det ingen betydelse då det är tidsberoendet man vill se. För att få en noggrann bestämning av signalens amplitud är det bäst att mäta topp-till-topp-värdet (V_{pp} där pp står för peak-to-peak), se figur 7, och dela med två. Då eliminerar man det fel som uppstår om kurvan inte är centrerad i y-led. Man bör ställa in skalorna så att man utnyttjar så stor del av skärmen som möjligt för sina mätningar! Använd dock inte steglös inställning eftersom det då blir omständligt att räkna ut värdet. Det går också bra att låta oscilloskopet mäta V_{pp} och presentera värdet på skärmen. Mätfunktionen ligger i oscilloskopets menysystem under knapparna Measure och Voltage.

Med ratten märkt POSITION kan man justera läget i y-led på skärmen. En liten markör i vänsterkanten på skärmen visar var 0V är. Det finns ingen absolut kalibrering av skärmen och vi kan själva välja vilken horisontell linje som skall motsvara 0V. Detta är praktiskt om man skall mäta på negativa signaler. För att snabbinställa 0 V till mitten av skärmen trycker man på knappen POSITION.

Oscilloskopet kan AC eller DC-kopplas (Menu-on, CH1, Coupling: DC/AC/ GND). Med DC-koppling visas signalens hela nivå, d.v.s. med likspänningsdelen (DC), medan det med AC-koppling visas den nivå som ändrar sig, d.v.s. växelspänningsdelen (AC). Detta illustreras i figur 7. Om oscilloskopet är DC-kopplat och AC-amplituden är mycket mindre än likspänningen kan det vara svårt att se variationen över tiden. När man AC-kopplar oscilloskopet tar man bort likspänningsdelen, och kan då förstora den del av signalen som varierar, dvs. växelspänningen.



Figur 7: AC- och DC-koppling för signalen $3 + 0.2 \cos(\omega t)$ V.

Trigger

Oscilloskopet visar en bild av väldigt snabba växelspanningssignaler genom att den ritar samma sak om och om igen. Det är därför viktigt att varje svep från vänster till höger börjar på exakt samma ställe i signalen. Detta hanteras av den enhet som kallas triggern, se TRIG MENU på oscilloskopet. Triggern är en krets som känner av nivån på insignalen, och startar svepet från vänster till höger då insignalen exakt passerar en viss nivå. Triggern kan ställas in att trigga då insignalen passerar nivån på väg från en lägre nivå till en högre, kallat *positiv flank*, eller tvärtom, kallat *negativ flank*. Med knappen SLOPE ställer man in om oscilloskopet skall trigga på positiv eller negativ flank. Nivån som triggkretsen skall reagera på ställs in med ratten LEVEL. Trignivån visas också med en markör i vänsterkanten, T→. Triggtpunkten i tid visas med en pil i skärmens överkant. Med knappen SOURCE väljer man vilken av de två kanalerna som triggern skall trigga på.

Andra användbara reglage

I lablokael finns en manual till oscilloskopet som beskriver oscilloskopets alla knappar och menyer i detalj. Några av de mer användbara reglagen är följande: INTENS ställer in kurvans ljusstyrka. AUTO nollställer alla inställningar varpå oscilloskopet gör en egen inställning så att insignalen eller signalerna skall synas på skärmen. Undvik att använda AUTO, utan försök att i första hand att ställa in oscilloskopet själv! Med hjälp av Horisontal-position-ratten kan man välja viken del av kurvan man vill studera. Genom att förstora kurvan i x-led kan snabba förlopp studeras. De insamlade mätvärdena visas som en veckad linje överst på skärmen. Den lilla röda markören visar vilken del av signalen man studerar på skärmen.

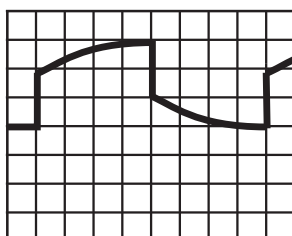
Mätprob

Mätproben, se figur 8, används nästan alltid när man vill mäta spänningar inuti en krets och samtidigt påverka kretsen så lite som möjligt. Proben består av en mätspets, ibland försedd med en fjäderbelastad klo, och en sladd med en krokodilklämma för jordanslutning. Det är mellan dessa två anslutningar som oscilloskopet mäter spänningen. Lägg märke till att alla jordanslutningar är ihopkopplade inuti oscilloskopet, d.v.s. när man mäter på två kanaler samtidigt måste detta ske med en gemensam jordpunkt. Jordklämmorna på de två proberna är alltså kopplade till samma nod inuti oscilloskopet.

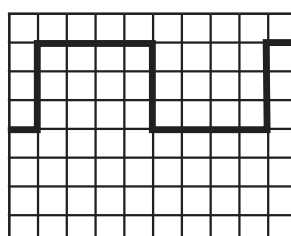


Figur 8: Oscilloskopprob med jordkabel.

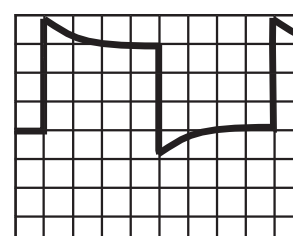
Proben kan ställas in att dämpa signalen 10 gånger, $\times 10$, eller en gång, $\times 1$, med hjälp av en omkopplare. Vid 10 gångers dämpning mäter oscilloskopet en tiondel av den spänning som finns vid probens spets. Det är viktigt att probens dämpning ställs in på oscilloskopet för att detta skall ge rätt mätvärden. Tryck CH1 för att ställa in probens dämpning för kanal 1. Med $\times 10$ -dämpning går det att ställa in känsligheten mellan 20 mV och 50 V per ruta medan den med $\times 1$ -dämpning kan ställas in i intervallet 2 mV till 5 V per ruta. Proben innehåller en anpassningskrets som är justerbar. Man kan kontrollera om kretsen är rätt justerad genom att ansluta proben till den kalibreringsutgång som finns längst ned till höger på oscilloskopets framsida. Signalen på skärmen skall då se ut som i figur 9b.



a) Underkompenserad

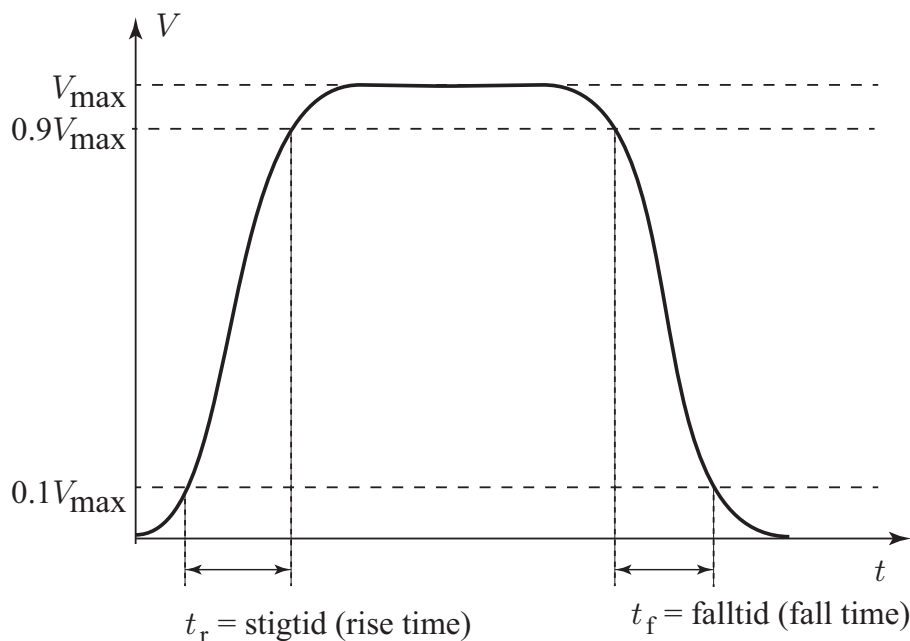


b) Kompenserad



c) Överkompenserad

Figur 9: Kalibreringssignalens utseende på skärmen vid olika fall av kompensering.



Figur 10: Definitioner av stig- och falltid hos en puls.

Stig och falltid

En fyrkantpuls från funktionsgeneratoren återges inte exakt på oscilloskopskärmen eftersom det alltid tar en viss tid för funktionsgeneratoren, och för oscilloskopet, att ändra en spänningsnivå. Stig- och falltiden anger hur snabbt signalen stiger respektive faller. Stigtiden är definierad som den tid det tar att gå från 10% till 90% av maxvärdet, se figur 10. Oscilloskopet kan ställas in att mäta stig- och falltiden i menyn MEASURE. I menyn finns Voltage, Time, Delay, Allmea. Stig- och falltid finns under Time.

Den stigtid som mäts beror av både signalens stigtid och oscilloskopets stigtid. Vid mätning på signaler med korta stig- och falltider måste resultatet kompenseras för oscilloskopets inverkan. Den uppmätta stigtiden ges av

$$t_{\text{avläst}} = \sqrt{t_{\text{signal}}^2 + t_{\text{osc}}^2} \quad \text{d.v.s.} \quad t_{\text{signal}} = \sqrt{t_{\text{avläst}}^2 - t_{\text{osc}}^2} \quad (1)$$

där $t_{\text{avläst}}$ är den avlästa stigtiden, t_{signal} är signalens stigtid och t_{osc} är oscilloskopets stigtid. Ofta är $t_{\text{signal}} \gg t_{\text{osc}}$ och då gäller $t_{\text{avläst}} \approx t_{\text{signal}}$. Om inte oscilloskopets stigtid finns angiven kan den uppskattas ur sambandet

$$t_{\text{osc}} B \approx 0,35$$

där B är oscilloskopets bandbredd. Bandbredden anges som den frekvens vid vilken en uppmätt signal har dämpats en faktor $\frac{1}{\sqrt{2}}$ på grund av begränsningar i oscilloskopet. Normalt finns oscilloskopets bandbredd angiven på frontpanelen. De oscilloskop som finns i lablokalen har, enligt tillverkaren, $t_{\text{osc}} = 5,8 \text{ ns}$.

Jämförelse mellan oscilloskopet och den digitala multimetern

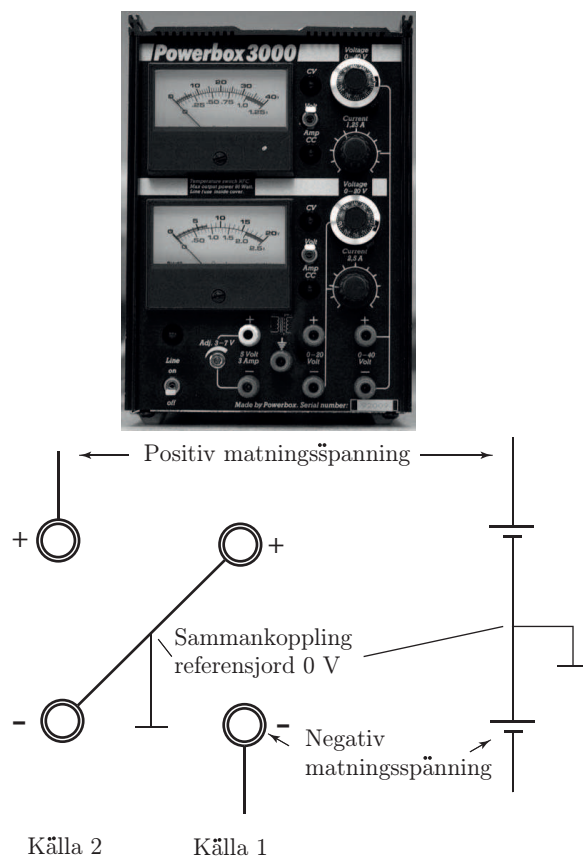
Mätningar av likspänningar och strömmar görs bäst med den digitala multimetern, medan periodiska signaler i de flesta fall bör mätas med oscilloskopet. Multimetern klarar dock av att mäta effektivvärdet för lågfrekventa ($< 1 \text{ kHz}$) signaler. Den mäter noggrannare och är mindre

och lättare att handskas med än oscilloskopet. Batteridriften gör den oberoende av nätspänningen. Den behöver ingen anslutning till jord och kan alltså användas till att mäta potentialen mellan två valfria punkter i en koppling. Det finns även batteridrivna instrument, som är en kombination av ett digitalt oscilloskop och en multimeter. Många av dagens oscilloskop har både batteridrift och ett flertal signalbehandlingsmöjligheter t.e.x. multimeter, FFT² etc.

Spänningsaggregat

Spänningsaggregatet förser elektriska kopplingar med effekt, vilket den engelska benämningen av spänningsaggregat, power supply, anger. Vill man speciellt betona att aggregatet skall ge spänning eller ström, kan man använda begreppen spännings- respektive strömkälla. Olika aggregat kan ge olika mycket ström med bibehållen utspänningsnivå. Strömstyrkan begränsas av en strömvakt som sänker utspänningen om strömmen blir för stark. Förvissa dig om att ett sådant skydd finns innan du kortsluter, annars är risken stor att aggregatet bokstavligen brinner upp.

Många kopplingar behöver dubbel matningsspänning, t.ex. +15V och -15V. Har man ett aggregat med två separata spänningskällor, kan man seriekoppla dessa och använda sammankopplingspunkten som referensjord, 0V, se figur 11. Observera att den kontakt som på aggregatet är märkt med ett jordtecken inte skall användas som referensjord. Kontakten är förbunden med skyddsjorden i väggkontakten och ska inte användas som referensjord för signalen, s.k. signaljord.



Figur 11: Spänningsaggregatet och koppling för dubbel matningsspänning.

²Fast Fourier Transform. En beräkning som visar frekvensinnehållet i en signal.

Uppgifter

Se till att ni har antecknat era mätningar och observationer så att ni har dem för senare bruk, t.ex. om ni ska skriva en rapport! Visa era resultat för labbhandledaren innan ni lämnar labben!

1. Testa oscilloskopet genom att koppla in det till funktionsgeneratorn. Ställ in generatorn på 10 kHz fyrkantvåg, symmetrisk d.v.s. 50% DUTY-CYCLE. Ställ amplituden till 2V. Justera oscilloskopet så att kurvan syns tydligt på skärmen. Mät och anteckna frekvens, amplitud och pulstid. Mät även stigtiden, dvs. tiden det tar för signalen att gå från låg till hög nivå. Låt labbkompisen ställa om generatorns frekvens slumpmässigt och ställ själv in oscilloskopet så att du kan se kurvan igen och berätta vilken frekvens det är - utan att använda "Auto Set"! Byt roller och gör om samma sak. Titta även på de andra vågformerna, triangelvåg och sinusvåg.
2. Starta roboten genom att ställa dess strömbrytare i läge 2 och tryck på resetknappen en gång. Anteckna vad den gör. Åt vilket håll snurrar motorerna - samma eller olika? Sett från roboten eller från motorn?
3. Mät de två olika spänningskällorna som är tillgängliga i Boe-Bot vid kopplingsbordet med multimetern. Dessa är dels den reglerade konstanta spänningen Vdd-Vss samt batterispänningen Vin-Vss. Börja med att koppla in korta sladdar till Vss (jord) och Vdd (plus). Sätt robotens strömbrytare i läge 1. Mät och anteckna spänningen mellan Vdd och Vss. Var noga med att sladdarna inte får komma i kontakt med varandra och orsaka kortslutning! Flytta sladden från Vdd till Vin och mät också spänningen direkt från batteriet.
4. Koppla in proben och kontrollera att den är kalibrerad. (Detta måste alltid göras innan man använder en prob tillsammans med ett oscilloskop.)
5. Mät Vin med hjälp av oscilloskopet. Sätt roboten i lägen 2 (håll upp den så att den inte kör iväg) och studera spänningens utseende. AC-koppla oscilloskopet och studera vad som händer då ni växlar mellan läge 1 och 2. Mät samma sak på Vdd. Vdd är den stabiliserade spänningen, Vin är spänningen från batterier. Gör spänningsregulatorn någon nytta, är Vdd mer stabil än Vss? Anteckna resultatet av mätningarna.
6. Sätt robotens strömbrytare i läge 0. Koppla in en kort jord-sladd i Vss och andra sladdar i P13 och P12. Ställ sedan robotens strömbrytare i läge 1 och mät de två signalerna i P12 och P13. Signalen i P12 går till höger motor, och signalen i P13 går till vänster. Mät och anteckna: frekvens, amplitud, pulsbredd. Vad är lika mellan de två signalerna? Vad är olika? Hur verkar pulsbredd vara relaterat till rotationshastighet?
7. Sätt robotens strömbrytare i läge 1. Programmera om roboten genom att trycka ner resetknappen två (2) gånger efter varandra. Mät pulsbredden hos signalerna P12 och P13, och förutsäg vad roboten kan förväntas att göra nu.
8. Sätt strömbrytaren i läge 2 och se vad roboten gör.
9. Sätt robotens strömbrytare i läge 1. Programmera om roboten genom att trycka ner resetknappen tre (3) gånger efter varandra. Mät pulsbredden hos signalerna P12 och P13, och skriv ner vad roboten kan förväntas att göra.
10. Sätt strömbrytaren i läge 2 och se vad roboten gör. Hur är pulsbredden relaterad till rotationsriktningen?

BASIC Stamp program för Boe-Bot

```

' =====
'
' File..... Labb2_ETIA01_2008.bs2
' Purpose... Test sequences for Labb exercise 2 in ETIA01, 2008
' Author.... Anders J Johansson, LU
' Started... 20 January 2008
' Updated...
'
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
'
' =====

' -----[ Program Description ]-----
' Detta program genererar olika sekvenser av styrsignaler till Boebot-robotens motorer.
' För att starta de olika delprogrammen så trycks resetknappen in en, två eller tre gånger

'-----[Variable declaration]-----
i VAR Word      'Räknare för att starta rätt subrutin

'-----[EEPROM data]-----
DATA @576, 0      'Nollställ räknaren för antal tryck på reset-knappen

'=====[Program starts here]=====

READ 576, i
WRITE 576, i + 1  'Öka antal knapptryck med 1
PAUSE 1000        'Vänta 1 sekund för att ge tid att rycka på knappen igen
WRITE 576, 0      'Nollställ räknaren innan programmet körs

SELECT i          'Beroende på antal knapptryck välj subrutin nedan,
                  'subrutiner går i oändliga loopar.

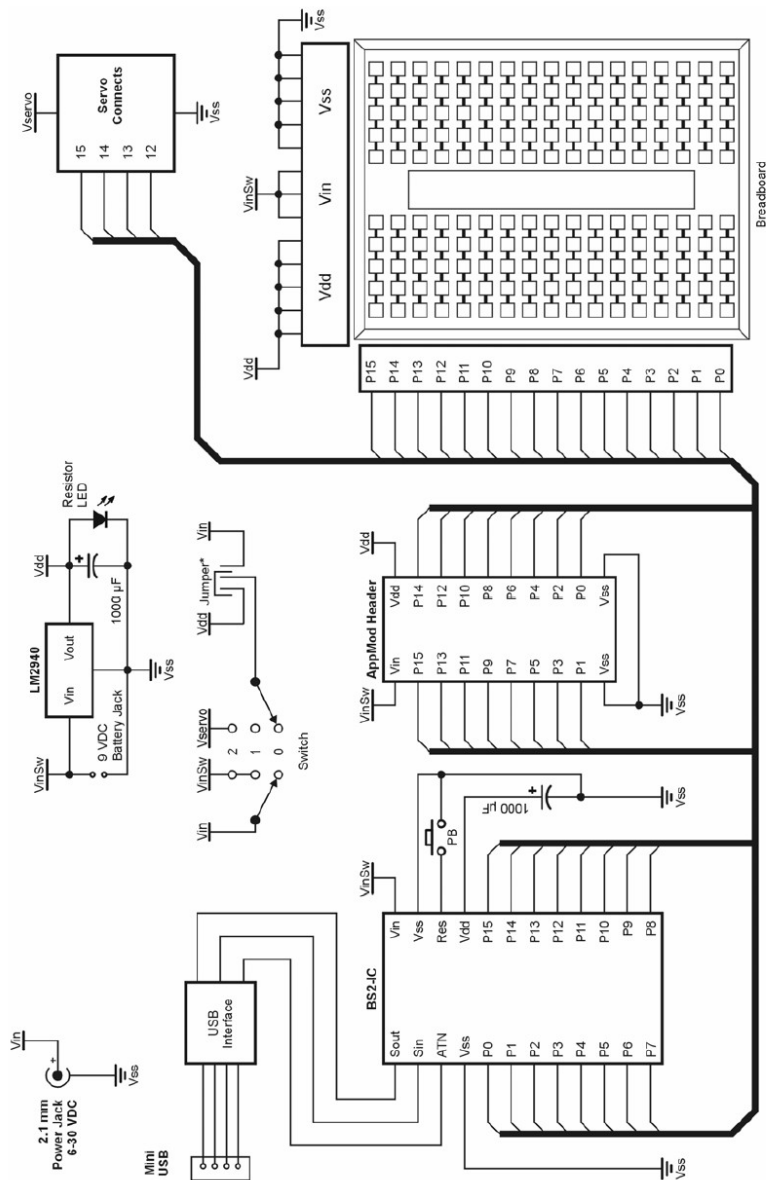
CASE 0            'Ett knapptryck
DO
  PULSOUT 12, 760  'Puls till höger motor
  PULSOUT 13, 800  'Puls till vänster motor
  PAUSE 20         'Paus för att ge rätt pulsfrekvens
LOOP

CASE 1            'Två knapptryck
DO
  PULSOUT 12, 750  'Puls till höger motor
  PULSOUT 13, 750  'Puls till vänster motor
  PAUSE 20         'Paus för att ge rätt pulsfrekvens
LOOP

```

```
CASE 2          'Tre knapptryck
DO
  PULSOUT 12, 700    'Puls till höger motor
  PULSOUT 13, 800    'Puls till vänster motor
  PAUSE 20           'Paus för att ge rätt pulsfrekvens
LOOP              'Paus för att ge rätt pulsfrekvens

ENDSELECT
END
```



Figur 12: Kopplingsschema för Boe-Bot.