

MALMÖ HÖGSKOLA

Inbyggda system och signaler

Digital signalbehandling

Labuppgift 1

1504a

Namn 1: Leonard Holgersson

Namn 2: Hadi Deknache

Tommy Andersson
januari 2017

Introduktion till signalbehandling

Skriv inte ut detta dokument utan ha det öppet på datorn under laborationen och besvara frågorna direkt i dokumentet.

Laborationen genomförs som vanligt i par dvs. ni jobbar två och två.

Redovisning

Redovisningen sker genom att detta dokument fylls i. En del foton skall tas och klistras in. Försök använda lämplig bildkvalitet så bilden syns tydligt men filstorleken inte blir för stor. (Bilden som redan finns i dokumentet har en storlek på ca 60 kB)

Lämna in på Itslearning när allt är klart. Vid inlämningen på Itslearning anges vem som jobbat ihop.

Utrustning

- Labplatta (helst med polskruvar)
- Arduino Due kort
- Komponenter från utdelad lablåda
- Diverse resistorer från labsal
- Funktionsgenerator Wavetek
- Oscilloskop R&S HMO1002 med två probar
- 1 st koaxialkabel, 1 m med BNC-kontakter i ena änden och banankontakter i andra.

Anpassningselektronik för Arduino Due

För att kunna använda Arduino Due-kortet i signalbehandlingsmomentet på ett enkelt och säkert sätt behöver vi bygga lite anpassningselektronik. Det handlar både om ingång och utgång. Kopplingen kommer att användas i alla laborationsmomenten så lägg stor möda på utförandet så undviks problem längre fram.

Ingångssteg

Ingångselektroniken har två funktioner:

- Skydda kortet mot spänningar som ligger utanför tillåtet område
- Se till att signalspänningen hamnar inom AD-omvandlarens spänningsområde 0 – 3,3 V.

Kopplingsschemat framgår av nedanstående figur.

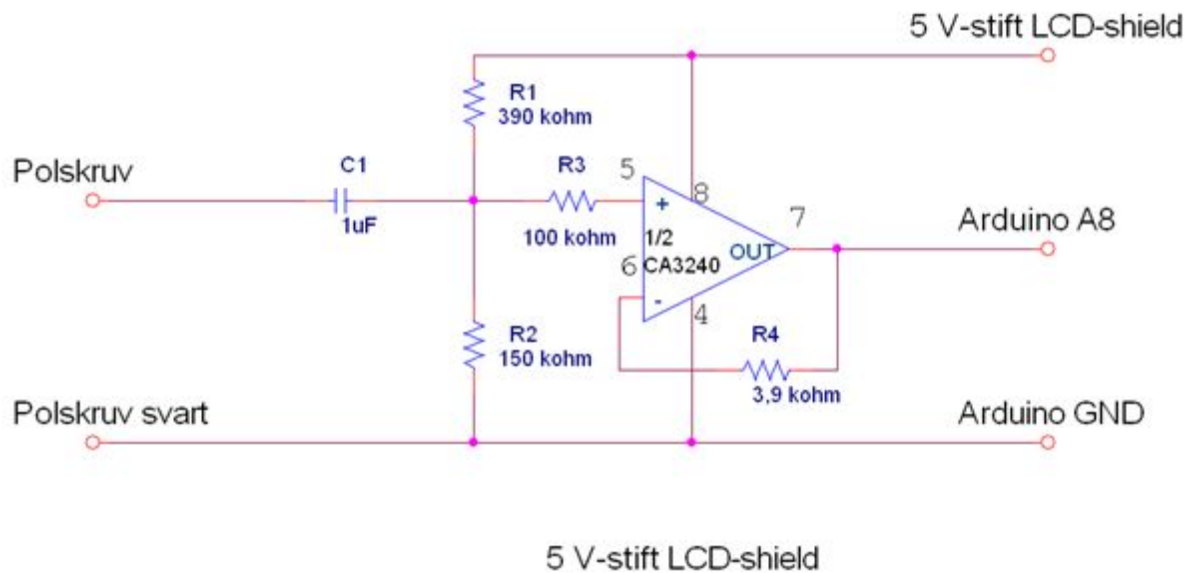


Fig 1. Kopplingsschema för ingångssteget

Kondensatorn C1 spärrar för likspänning, vi kommer endast att använda insignaler som varierar i tiden.

Spänningsdelaren R1, R2 skapar en likspänning som ligger ungefär i mitten av AD-omvandlarens inspänningsområde.

Operationsförstärkaren har spänningsförstärkningen 1 dvs. utsignalen = insignalen. Syftet med operationsförstärkaren är att förhindra att spänningen in till Arduinokortet överstiger 4 V eller understiger $-0,5$ V. Detta är nämligen de gränser tillverkaren anger.

R3 är avsett att skydda operationsförstärkaren om inspänningen skulle råka bli för stor. R4 utgör ett skydd som rekommenderas i databladet för kretsen.

Bilden nedan visar ett lämpligt utförande av kopplingen

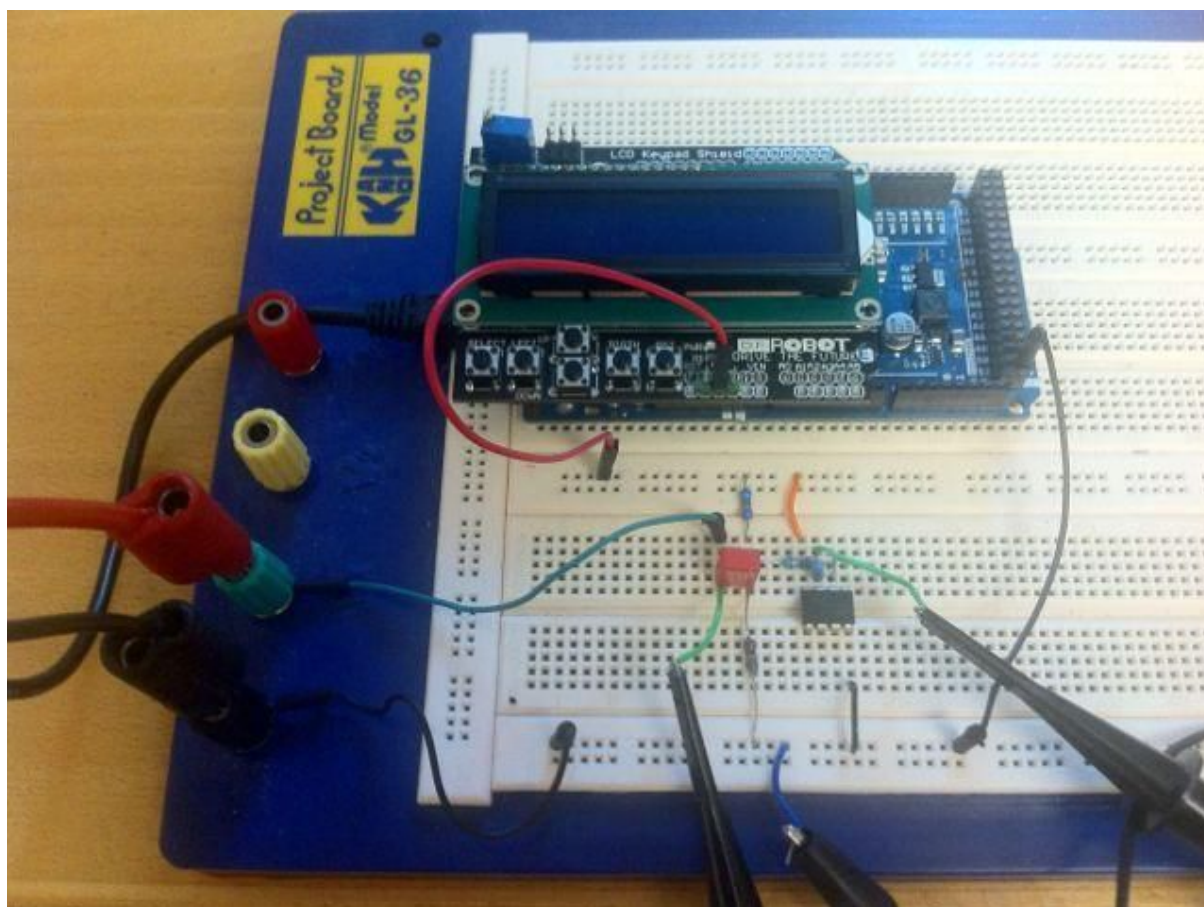


Fig 2. Ingångssteget med probar inkopplade för att mäta in- och utsignal

Undvik långa trådar, det är inte bra ur elektrisk synpunkt, lossnar lätt och det blir svårt med felsökningen. Om ni har en LCD-shield monterad (som på bilden) används en speciell kopplingstråd med hylsa i den ena änden för anslutningen till 5 V- stiftet .

OBS! OBS! Koppla inte in operationsförstärkarens utgång till Arduino A8 än!
Kopplingen skall först testas.

Test av ingångssteg

När ingångssteget är uppkopplat är det dags för test av funktionen. Vi skall även undersöka inverkan av C1, R1 och R2 närmare.

Anslut en funktionsgenerator som kan lämna sinusformad spänning, lämpligen Wavetek, till polskruvarna med en koaxialkabel som har BNC-kontakt i ena änden och banankontakter i andra.

Anslut oscilloskopet med hjälp av probar, för att studera signalerna. Använd kanal 1 till insignalen och kanal 2 till utsignalen från operationsförstärkaren. Anslutningarna framgår av bilden i fig 2. Probarna skall vara inställda på x10 för att påverka kopplingen så lite som möjligt. ***Se Appendix sista sidan i labhandledningen om kalibrering av probarna, följ anvisningarna där.***

Anslut Arduinokortet till PC'n med USB-kabeln.

Ställ in funktionsgeneratoren så den lämnar en sinussignal med frekvensen 1 kHz (avläs på funktionsgenatorns display). Ställ DC offset till 0.

Kontrollera signalen med oscilloskopets kanal 1. Justera inspänningen så att amplituden bli 1 V, dvs. topp-till-topp värdet blir 2 V (på oscilloskopet – glöm inte ställa in att probarna är x10 på oscilloskopet).

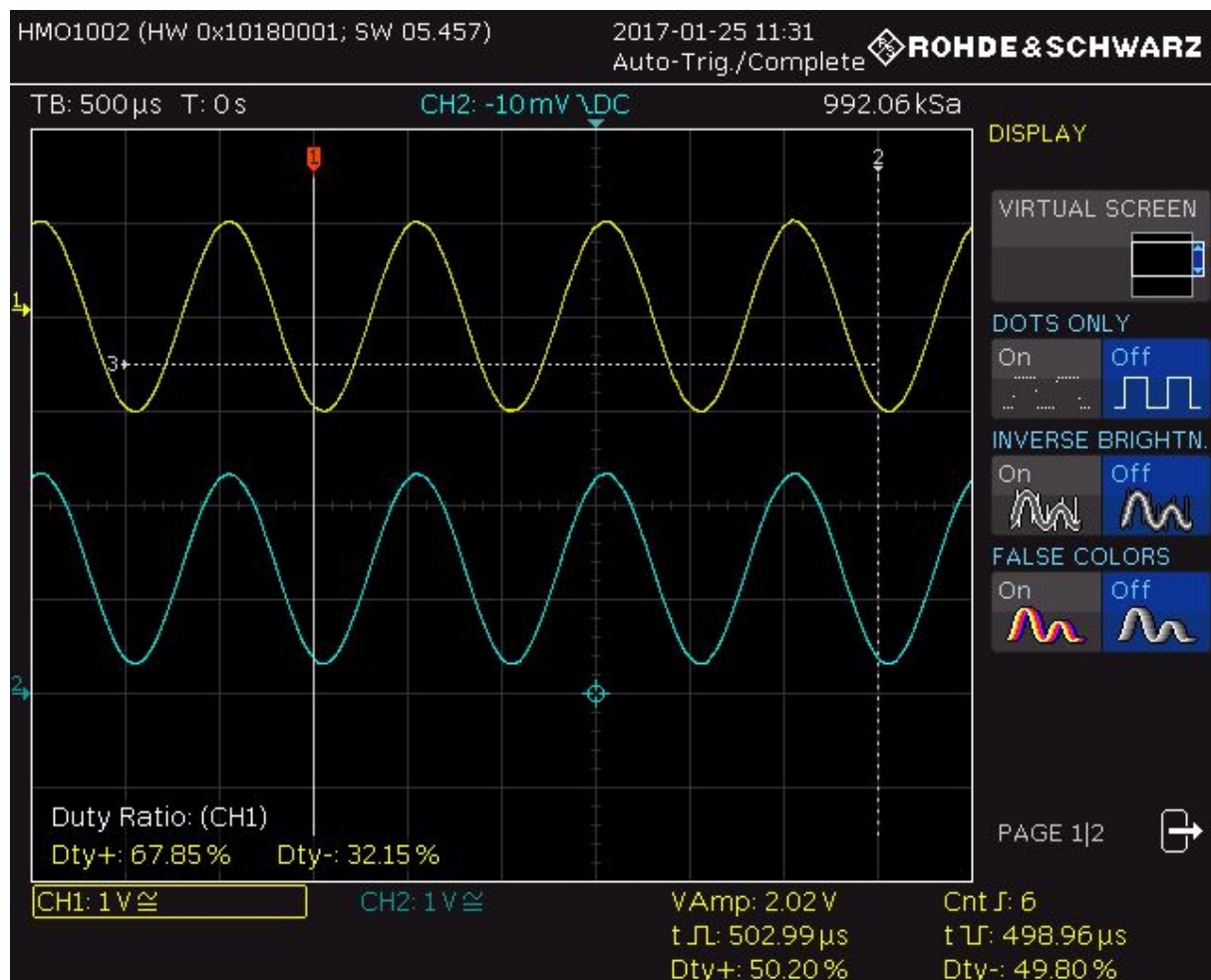
Kontrollera utsignalen från operationsförstärkaren med kanal 2. Kurvformen, amplituden och frekvensen skall vara precis som insignalen. Om så inte är fallet har du antagligen kopplat fel. Kontrollera kopplingen nogga innan du kallar på handledaren!

Vi skall nu studera funktionen av C1, R1 och R2.

Se till att båda kanalerna på oscilloskopet är DC-kopplade.

Du skall nu se sinusformade signaler på båda kanalerna.

Fota oscilloskopskärmen med mobilen och klistra in här (både insignal och utsignal skall vara med, insignalen överst, och synas tydligt):



Mellan vilka spänningsvärden varierar spänningen på kanal 1?

Lägsta värdet:..... -1,08 V

Högsta värdet:..... 969,51 mV

Mellan vilka spänningssvärden varierar spänningen på kanal 2?

Lägsta värdet:..... 290,9 mV

Högsta värdet:..... 2,4 V

Ändra DC offset på funktionsgeneratoren

Beskriv vad som händer med signalerna på kanal 1 och kanal 2:

Sinus Kurvan på kanal 2, förskjuts uppåt genom att dc offset läggs till på sinus kurvan vilket förskjuter den. Ökar man dc offset snabbt trycks kurva på kanal 1 ihop och återgår till samma sinus formad våg igen samma sak ifall man minskar snabbt.

Öka amplituden på funktionsgeneratoren successivt upp till 3 V och studera signalerna på kanal 1 och kanal 2

Beskriv vad som händer:

Signalen på kanal 2 rör sig mer och mer mot en fyrkantsvåg då man ökar på kanal 1.

Sammanfatta med egna ord vilka funktioner ingångssteget har:

Ingångssteget ser till så signalen ligger i rätt spänningsintervall för AD-omvandlaren på Arduino Due-kortet. Fungerar även som ett skydd för AD-omvandlaren då denna lätt kan brännas om fel spänning matas in.

Mätning av ingångsstegets frekvensgång

Ingångssteget utför en form av analog signalbehandling som framgår ovan.

Det är dock så att en likspänning inte kan spärras utan att också låga frekvenser (långsamt varierande signaler) påverkas. Vi skall undersöka detta närmare.

För att underlätta mätningarna och tydliggöra funktionen: Byt först C1 mot en kondensator med värdet 1 nF.

Ställ DC offset till 0 på funktionsgeneratoren.

Kontrollera signalen med oscilloskopet kanal 1. Justera inspänningen så att amplituden bli 1 V, dvs. topp-till-topp värdet blir 2 V (på oscilloskopet).

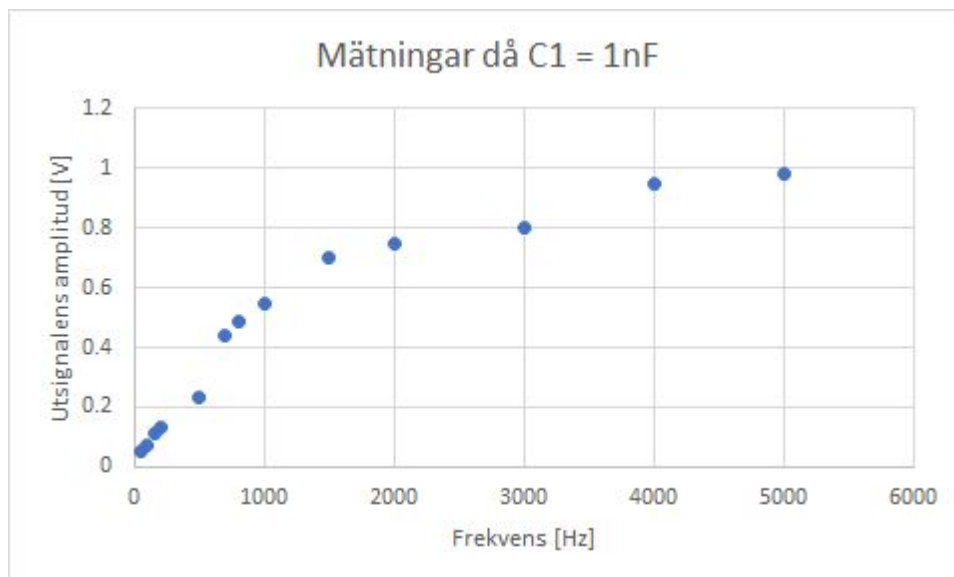
Vi skall nu se hur utsignalen på kanal 2 beror av frekvensen. Det är lämpligt att nu använda AC-kopplade ingångar på oscilloskopet.

Variera frekvensen och för in mätresultat i nedanstående tabell. Se till att inspänningen (kanal 1) vid alla mätningarna har amplituden 1 V.

Frekvens [Hz]	Utsignalens amplitud [V]
50	0,05
100	0,075
150	0,11
200	0,135
500	0,235

700	0,44
800	0,485
1000	0,55
1500	0,72
2000	0,75
3000	0,8
4000	0,95
5000	0,98

Plotta ovanstående i ett exceldiagram med frekvensen som x-axel och utsignalen som y-axel. Använda ”punktdiagram” med linjer mellan punkterna (Det som kallas för ”linjediagram” i Excel är avsett för ekonomer och liknande och fungerar inte för vårt ändamål). Glöm inte att sätta ut axelbeteckningar och enheter. Klistra in nedan.
(om du bedömer att du kommer att få ont om tid på labben kan det vara läge för att göra diagrammet hemma)

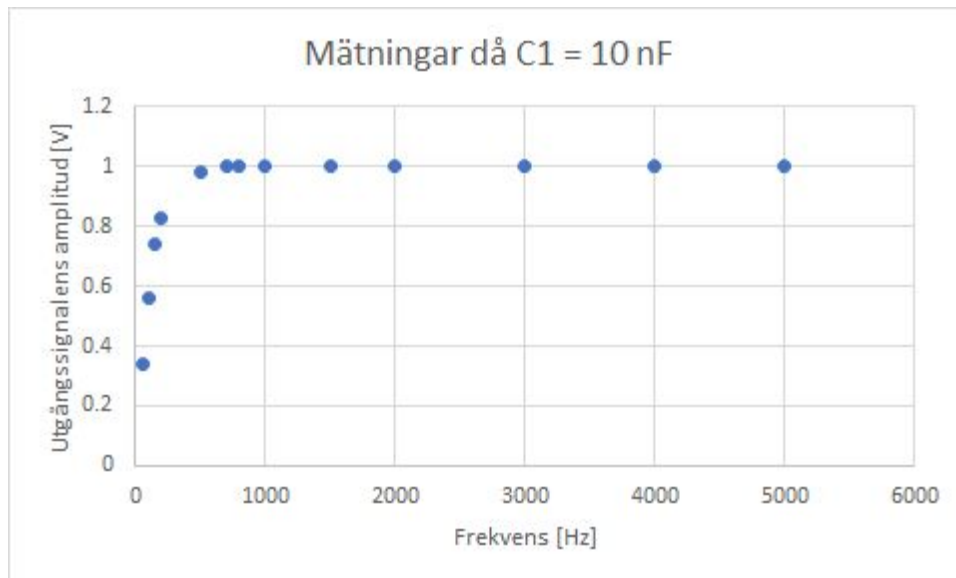


Byt C1 till värdet 10 nF och gör om ovanstående mätningar

Frekvens [Hz]	Utsignalens amplitud [V]
50	0,34
100	0,56
150	0,74
200	0,83
500	0,98
700	1
800	1
1000	1
1500	1
2000	1

3000	1
4000	1
5000	1

Plotta ovanstående i ett exceldiagram med frekvensen som x-axel och utsignalen som y-axel. Glöm inte att sätta ut axelbeteckningar och enheter (gör detta eventuellt hemma) Klistra in nedan.



Enligt teorin som gicks igenom på föreläsningen utgör kopplingen ett högpasfilter med brytfrekvensen $f_c = 1/2\pi RC$ där R utgör parallellkopplingen av R_1 och R_2 . Brytfrekvensen för ett högpasfilter är den frekvens då kopplingen dämpar signalen en faktor $1/\sqrt{2}$.

Beräkna brytfrekvensen för vår koppling då $C_1 = 1 \text{ nF}$, 10 nF och $1 \mu\text{F}$

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow \frac{150 \times 10^3 \times 390 \times 10^3}{150 \times 10^3 + 390 \times 10^3} = 108,33 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 1 \text{ nF}: f_c = \dots\dots\dots 1469 \text{ Hz}$$

$$C_1 = 10 \text{ nF}: f_c = \dots\dots\dots 146.9 \text{ Hz}$$

$$C_1 = 1 \mu\text{F}: f_c = \dots\dots\dots 1.469 \text{ Hz}$$

Kommentera dina mätningar och jämför med teorin:

$$1/\sqrt{2} = 0,707$$

Enligt våra mätningar då C_1 var 1 nF fick vi $0,70$ vid 1500 Hz , vilket är väldigt nära 1469 Hz . Teorin stämmer hyfsat väl överens med våra mätvärden. De små skillnaderna kan bland annat bero på avrundningsfel och att mätvärdena på oscilloskopet varierade.

Även vid 10 nF , där vi mätt fram att 0.7 fås någonstans mellan 100 Hz och 150 Hz .

Enligt teorin ska det fås vid 146,9 Hz.

Byt nu tillbaka C1 till 1 μ F. Det är ju det värdet vi skall ha framöver.

Kontrollera att kopplingen fortfarande fungerar. Testa att minska frekvensen för att se vad som händer.

Kontrollera att kopplingen stämmer med dina förväntningar för ett par signifikanta frekvenser och ange resultatet här (diagram behövs inte)

Frekvens (Hz):	Spänning (V)
0.5	0.360
0.7	0.463
1	600
1.3	700
1.47	740
2	860
3	90
6	1
60	1
2000	1

OBS! OBS! Koppla inte in operationsförstärkarens utgång till Arduino A8 än!

Utgångssteg

Vi vill i vissa labmoment kunna koppla ett par hörlurar till utgången.

Utgångssteg har tre funktioner:

- Ta bort likspänningskomponenten från utspänningen för att skydda hörlurarna
- Öka drivförmågan. Hörlurar har ofta ganska låg impedans (32Ω). Processorns DA-utgång kan inte lämna så stor ström som skulle behövas för att få hygglig ljudnivå
- Åstadkomma viss förstärkning av utspänningen

För att åstadkomma detta använder vi en operationsförstärkare som kan leverera

relativt stor ström. Kopplingen framgår av figur 3 nedan. Lägg märke till att matningsspänningen skall anslutas till pin 7.

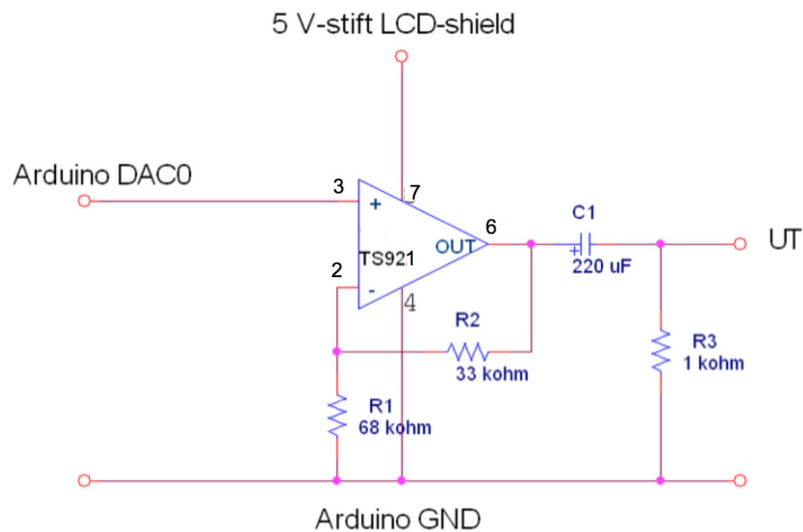


Fig 3. Kopplingsschema för utgångssteget

Operationsförstärkarkopplingen kallas "icke-inverterande förstärkare". Spänningsförstärkningen för en sådan är $(1+R_2/R_1)$. Med våra värden blir spänningsförstärkningen ca 1,5 ggr. Vår D/A-omvandlaren har nämligen egenheten att ge en utsignal mellan 1/6 av referensspänningen (3,3 V) och 5/6 av referensspänningen. För att vi skall få förstärkningen 1 sett från insignal till utsignal behövs därför förstärkningen 1,5 i utgångssteget. C1 spärrar för likspänningskomponenten av utspänningen. C1 och R3 utgör ett högpasfilter.

Bestäm brytfrekvensen (ange inte bara det numeriska värdet utan även hur du gjort):

Vi räknade ut brytfrekvensen enligt formeln $\frac{1}{2\pi RC}$, och stoppade in de givna värdena:

$$\frac{1}{2\pi \cdot 1000 \cdot 220 \cdot 10^{-6}} \approx 0,72 \text{ Hz}$$

När ett par hörlurar kopplas in kommer dock R3 att parallellkopplas med hörlurarnas impedans. Vi räknar med att den är reell dvs. helt resistiv och att minsta tänkbara värdet är 32 Ω .

Bestäm brytfrekvensen även i detta fall:

$$R_{tot} = \frac{R_1 \cdot R_2}{(R_1 + R_2)} \Rightarrow \frac{(1 \cdot 10^3 \cdot 32)}{32 + (1 \cdot 10^3)} \approx 31 \Omega$$

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot 31 \cdot 220 \cdot 10^{-6}} \approx 23,34 \text{ Hz}$$

Nu är dags att koppla upp utgångssteget.

Se till att koppla bort USB-kabeln från Arduinokortet innan du börjar och koppla inte anslutningen till DAC0 än.

Sätt kretsen en bit till höger om ingångssteget (om labplattan är orienterad enligt figur 1) och anslut övriga komponenter (lägg märke till att på de flesta labplattorna är de långsgående kontaktraderna inte sammankopplade i mitten på labplattan)

Observera att kondensatorn C1 är en elektrolytkondensator. Det innebär att den är polariserad och måste placeras åt rätt håll. Det framgår av kåpan vilken anslutning som är ”-”. Monteras den åt fel håll kan den explodera!

Är du det minsta osäker så be handledaren kolla innan du ansluter spänning.

Test av utgångssteg

När du gjort utgångssteget är det dags för test.

Börja med att göra en anslutning direkt mellan ingångsstegets utsignal (den som senare skall kopplas till A8 på Arduinokortet) och utgångsstegets ingång (den som senare skall kopplas till DAC0 på Arduinokortet).

Anslut funktionsgeneratoren till polskruvarna om du har kopplat bort den.

Anslut oscilloskopet med hjälp av probar, för att studera signalerna. Använd kanal 1 till insignalen och kanal 2 till utsignalen från utgångssteget.

Anslut Arduinokortet till PC'n med USB-kabeln.

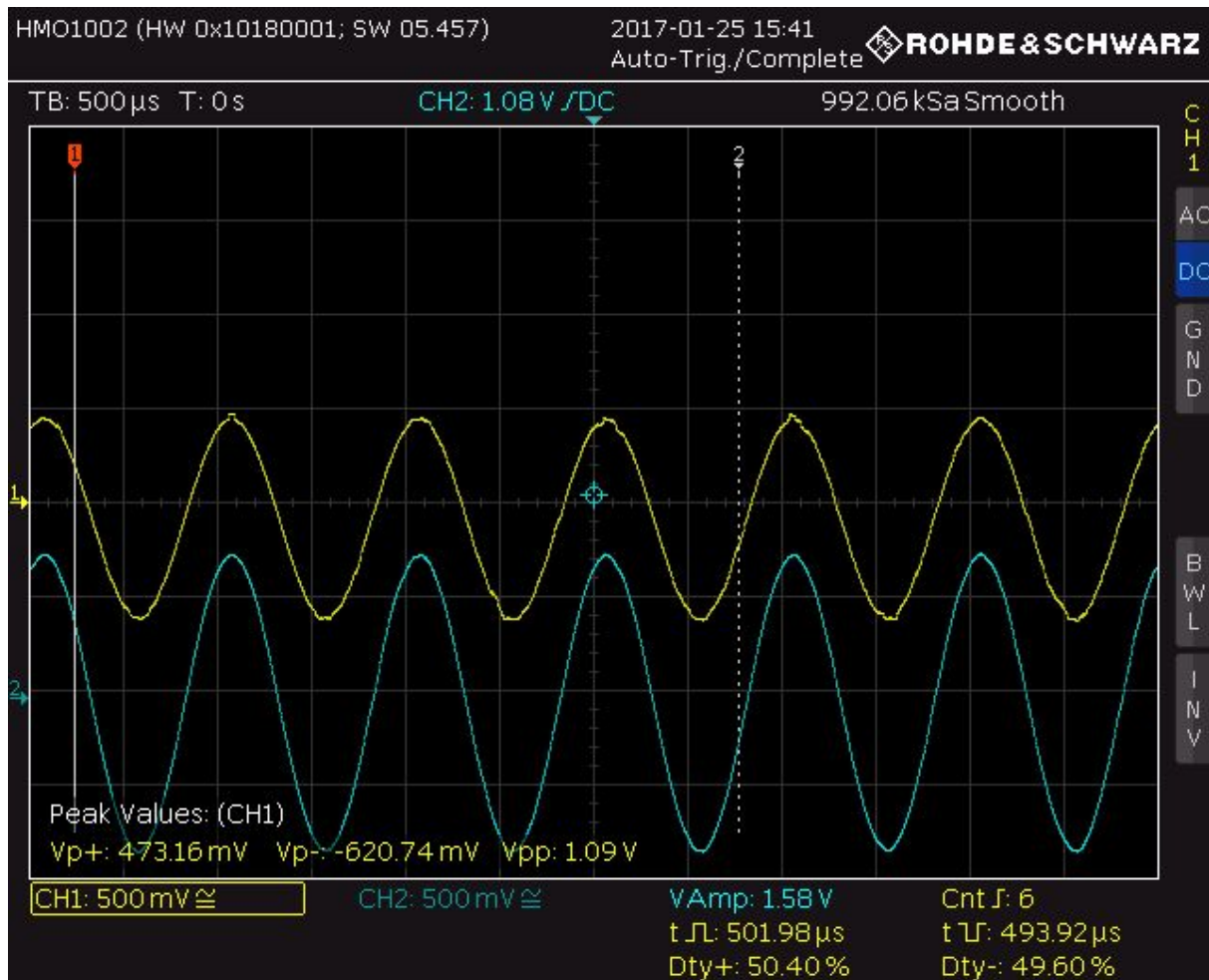
Ställ in funktionsgeneratoren så den lämnar en sinussignal med frekvensen 1 kHz (avläs på funktionsgenatorns display). Ställ DC offset till 0.

Se till att båda kanalerna på oscilloskopet är DC-kopplade.

Kontrollera signalen med oscilloskopet kanal 1. Justera inspänningen så att amplituden bli 0,5 V, dvs. topp-till-topp värdet blir 1 V (på oscilloskopet).

Kontrollera utsignalen med kanal 2. Kurvformen och frekvensen skall vara precis som insignalen men amplituden skall vara förstärkt ca 1,5 ggr. Om så inte är fallet har du antagligen kopplat fel. Kontrollera kopplingen noga innan du kallar på handledaren!

Fota oscilloskopskärmen med mobilen och klistra in (både insignal och utsignal skall vara med, insignalen överst, och det skall synas tydligt att utsignalen är förstärkt):



Hur är det med utspänningen i förhållande till jord?
Beskriv och förklara:

Spänningen går i båda riktningar (över och under noll). Detta orsakas av kondensatorn som laddas upp och laddar ur. Vi vill att spänningen ska ha denna karaktär eftersom vi ska få ett membran i hörlurarna att vibrera i vissa frekvenser, och då måste vi kunna styra i bägge riktningar.

När du kommit så här långt är det dags att tillkalla handledaren och demonstrera kopplingen.

När handledaren godkänt demonstrationen är det äntligen dags att koppla in signalerna på Arduinokortet.

Men koppla först bort USB-kabeln till Arduinokortet.

Ta alltså bort kopplingstråden mellan ingångssteget och utgångssteget och anslut i stället ingångssteget till A8 och utgångsstegets ingång till DAC0 på Arduinokortet.

Test av skelettprogram

Det finns ett "skelettprogram" på github avsett för signalbehandlingslabbar.

I det givna skelettprogrammet initierar mainfunktionen TC0 att ge kontinuerliga avbrott. Från början sker dessa avbrott var 0,1 ms ($f_s = 10\,000$ Hz). Kolla var detta står i koden.

Vid avbrott sker hopp till TC0_Handler. Det är i denna rutin som sampling, A/D-omvandling, filtrering och D/A-omvandling skall ske.

Rutinen startar och slutar med att pin PB26 ett-ställs respektive noll-ställs. På Arduino Due kortet svarar detta mot Digital Pin 22. Genom att koppla ett oscilloskop till denna utgång kan man se hur lång tid beräkningarna för varje sampel tar.

I skelettprogrammet sker ingen filtrering utan endast A/D-omvandling och D/A-omvandling men plats för filterkod är markerad. Såväl A/D- som D/A-omvandlingen sker med 12 bitars upplösning.

Dags för mätningar

Ställ in funktionsgeneratoren så den lämnar en sinussignal med frekvensen 1 kHz (avläs på funktionsgenatorns display). Ställ DC offset till 0.

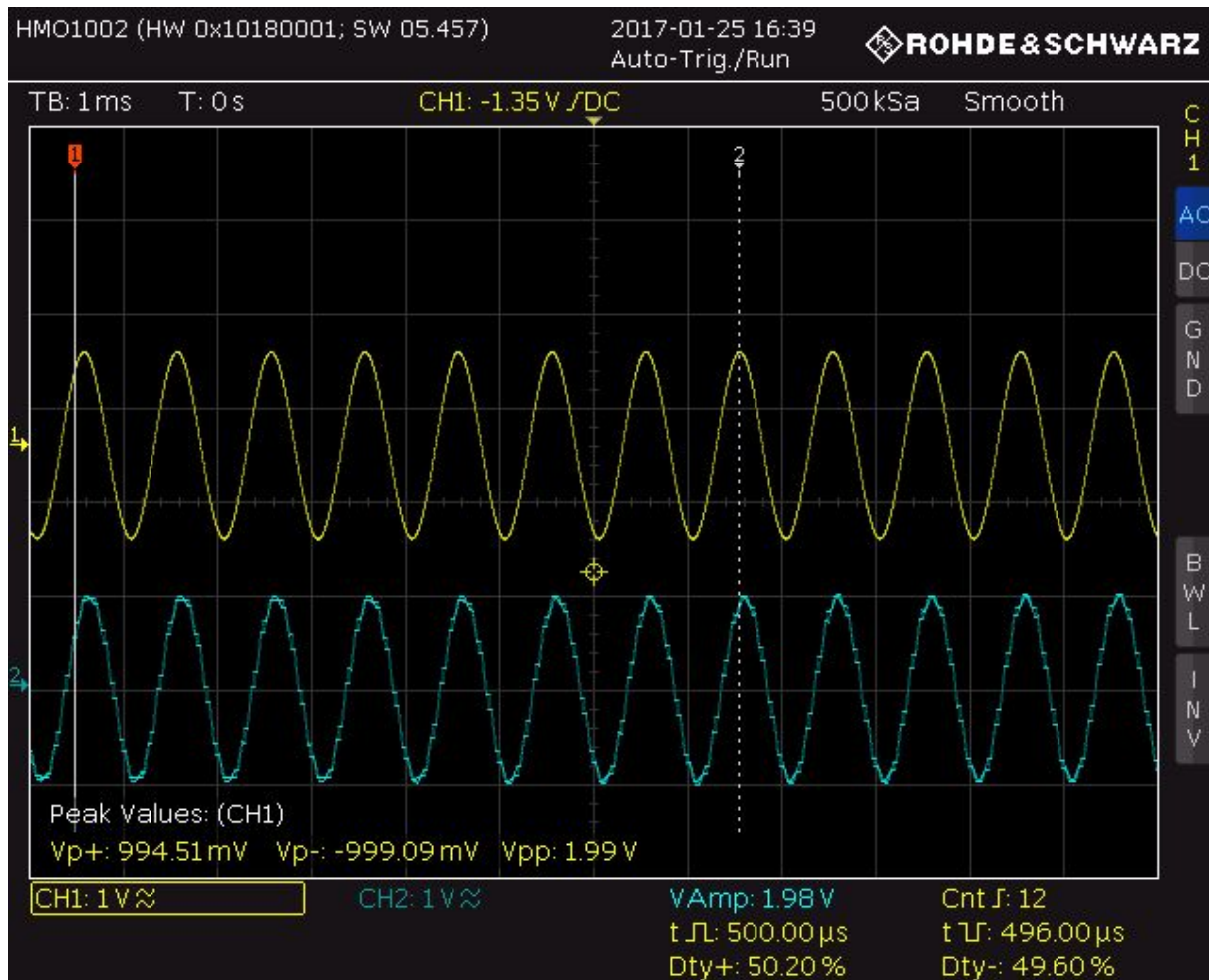
Se till att båda kanalerna på oscilloskopet är AC-kopplade.

Kontrollera signalen med oscilloskopets kanal 1. Justera inspänningen så att amplituden bli 1 V, dvs. topp-till-topp värdet blir 2 V (på oscilloskopet).

Kontrollera utsignalen med kanal 2. Du skall nu se den av D/A-omvandlaren rekonstruerade signalen

Det går inte att samtidigt få helt stillastående kurvor om inte sampelfrekvensen är exakt en multipel av insignalen vilket i praktiken är omöjligt. Prova att se vad händer om du triggar på kanal 1 respektive kanal 2.

Fota oscilloskopskärmen och klistra in en representativ bild där både insignal och utsignal syns tydligt:



Ändra frekvensen och se vad som händer.

Kolla speciellt vad som händer när du ökar frekvensen upp mot 5 kHz (halva sampelfrekvensen). Vi skall återkomma till detta i nästa lab.

Kommentar:

Vid högre frekvenser får vi större steg vilket gör att samplingen blir mer fel, eftersom samplingsfrekvensen är densamma.

Mät *pulsbredden* (inte tiden mellan pulserna – den är ju sampeltiden 0,1 ms) på testutgången Digital Pin 22 med hjälp av oscilloskopet. Detta är tiden det tar för A/D-omvandlingen och laddningen av utvärdet till D/A-omvandlingen.

Du måste förstås ändra på tidbasen på oscilloskopet. Trigga på den kanal som du anslutit till testutgången. Mät så noga du kan (detta värde skall användas i kommande labuppgifter).

Pulsbredd: 3,28 μs

Spara dokumentet som pdf och lämna in på Its learning. Vid inlämningen på Its learning

anges vem som jobbat ihop.

Var beredd på att kunna demonstrera programmet och förklara hur det fungerar.

Se till att kopplingen är kvar under återstående labmoment i kursen. Det innebär lämpligen att den förvaras i ett låst skåp i korridoren utanför labbet.

Appendix

Kalibrering av prob

Vid de flesta oscilloskopmätningar bör man använda prob. Proben medför att påverkan på mätsignalen blir mindre än om vanliga mätsladdar används. Vid höga frekvenser är det speciellt kapacitansen i mätkabeln som påverkar signalformen. Nackdelen med probar är att de i regel dämpar signalen en faktor 10. Probarna till vårt oscilloskop kan man ställa in för 1 eller 10 gångers dämpning.

För bästa resultat bör proben vara anpassad till oscilloskopet. Använd därför alltid rätt probar till oscilloskopet och ställ in 10 gångers dämpning efter som det i regel ger bäst mätresultat.

Inför mätningar med prob skall man ta till vana att kontrollera kalibreringen av proben. Detta görs genom att probspetsen ansluts till en speciell kalibreringsutgång på oscilloskopet. På vårt oscilloskop är den märkt PROBE COMP. Anslut jordklämman till den vänstra anslutningen och probspetsen till S0. Enklarest är nu att använda en inbyggd guide. Du kommer till den genom att klicka SETUP och sen meny PROBE ADJ på skärmen. Men hjälp av en liten skruvmejsel kan du vrida på en liten gul skruv på proben. Följ anvisningarna i guiden och kalibrera två probar för kanal 1 respektive kanal 2.

Oscilloskopet kan ta hänsyn till att probarna är inställda på 10 gångers dämpning. Klicka på "MENY". Det kommer nu upp ett antal alternativ på skärmen. Välj "PAGE 2" genom att klicka på knappen precis till höger. Välj sedan på samma sätt "PROBE" och därefter alternativet "x10". Oscilloskopet kommer nu att visa rätt spänning trots probarnas dämpning.