

Mobila system – DA268A

Laboration 1

Gruppmedlemmar: *Andersen, Maximilian*
Brännström, Elias

Tommy Andersson
November 2019

Uppdateringar: Mats Syde
November 2020

OBS!

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

Allmänt om kursens laborationsmoment

Laborationen ingår i en serie av laborationer som utgör ett examinerande moment ”Laborationsuppgifter” i kursen och har provkoden 1302 och omfattar 3,5 hp. För att momentet skall vara godkänt krävs närvaro vid samtliga schemalagda laborationstillfällen och godkända redovisningar. I händelse av sjukdom finns restlabbstillfälle schemalagt. Redovisningarna sker skriftligt men även muntlig redovisning kan krävas. Laborationerna genomförs i par dvs. ni jobbar två och två. Lägg märke till att den schemalagda tiden utgör endast en del av tiden det tar att utföra och redovisa en laboration. Det kan även krävas arbete i labbsalarna (när dessa är lediga) utöver denna tid och hemarbete för att fullfölja laborationer och redovisningar. Tänk på att alltid ställa tillbaka all utrustning du använt när du lämnar labbsalarna.

Laborationsrapporter som lämnas in innan deadline blir granskade av läraren som återkopplar med skriftliga kommentarer.

Beroende på rapportens utförande

- Rapporten blir godkänd
- Komplettering krävs
- Rapporten blir underkänd

Efter eventuell komplettering som görs under kurstillfället

- Rapporten blir godkänd
- Rapporten blir underkänd

Laborationsrapporter som lämnas in efter deadline men under kurstillfället blir granskade av läraren som återkopplar med skriftliga kommentarer.

Beroende på rapportens utförande

- Rapporten blir godkänd
- Rapporten blir underkänd

I händelse av underkänd rapport eller om komplettering inte inkommer under kurstillfället ges nya inlämningstillfällen i anslutning till omtentamenstillfällena. Vid dessa ges dock inga kompletteringsmöjligheter, dvs rapporten blir godkänd eller underkänd.

Lägg märke till att laborationsutrustningen normalt endast finns tillgänglig under kurstillfället

Läraren förbehåller sig alltid rätten att kräva muntlig redogörelse för rapportinnehållet.

Laborationsförberedelse

Innan laborationen startar skall du (och inte bara din labbkompis...) lärt dig använda det digitala oscilloskopet R&S HMO1002 som finns på labb-bänkarna för att göra enkla mätningar i tidsplanet.

Du skall veta hur man ställer in spänningskänslighet, tidbas, triggning, AC/DC-koppling och hur man avläser värdena med och utan markörer.

Känner du dig det minsta osäker skall du innan labben genomföra mätningarna fram till och med avsnitt 9 i dokumentet "Introduktion till det digitala oscilloskopet R&S HMO1002".

Du skall också läst kursavsnitten som handlar om analog- och frekvens-modulation.

Om laborationshandledaren uppfattar att du inte gjort ovanstående förberedelser får du lägst handledningsprioritet vid labbtillfället.

Laborationens syfte

- Bygga vidare på praktisk laborativ vana med instrument.
- Introduktion till frekvensplanet.
- Övning i dB-begreppet och omvandlingar mellan dBV, V samt toppvärde och effektivvärde.
- Illustration av modulering och demodulering.
- Förståelse kring hur frekvens- och amplitudmodulering fungerar.
- Förståelse för frekvensinnehåll i signaler och modulerade signaler.
- Förståelse för begreppet bandbredd.

Laborationens 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 350 kB)

Lämna in på Canvas i PDF-format när allt är klart. Vid inlämningen anges vem som jobbat ihop på försättsbladet.

Laborationens omfattning

Laborationen består av tre delar:

- A. Träning i att använda digitalt oscilloskop för mätningar i frekvensplanet
- B. Mätningar på AM-signal
- C. Mätningar på FM-signal

Del A - Träning i att använda digitalt oscilloskop för mätningar i frekvensplanet

Utrustning

- Funktionsgenerator Wavetek
- Oscilloskop R&S HMO1002
- 1 st. koaxialkabel, 1 m med BNC-kontakter i vardera änden

Mätningar i frekvensplanet

En spektrumanalysator (kallas även frekvensanalysator) är ett instrument som används för att studera frekvensinnehållet dvs spektrat för signaler. Det finns två grundtyper, frekvensvepande (mestadels analoga) och sådana som beräknar spektrat med hjälp av fouriertransformering (digitala). Numera används de frekvensvepande huvudsakligen vid mycket höga frekvenser.

Digitala oscilloskop innehåller i regel en enklare spektrumanalysator. Det fungerar så att signalen sampelas med ett visst antal punkter (alltid en jämn multipel av 2). Signalvärdena läggs i minnet. Därefter beräknas spektrat med en algoritm som kallas FFT – Fast Fourier Transform och visas sen på skärmen. Det är mycket beräkningar som behövs och ju fler samplingspunkter som används ju längre tid tar beräkningarna.

Dags att prova:

Ställ upp instrumenten med funktionsgeneratoren till vänster och oscilloskopet till höger (det är en bra vana att ha signalkällan till vänster, precis som man brukar ha i kopplingsscheman). Anslut utgången längst till höger ”MAIN OUT” på funktionsgeneratoren till kanal 1 ”CH1” på oscilloskopet med koax-kablen.

Starta båda instrumenten.

Ställ in funktionsgenerators frekvens till 100 kHz och spänningen till 2 Vp-p (dvs topp-till-toppvärde, enligt displayen på funktionsgeneratoren). Ställ DC OFFSET till 0 på funktions-generatorn.

Klicka på ”AUTO SET” längst upp till höger på oscilloskopet någon sekund tills du hör ett pip (om du trycker för kort stund nollställs inte allt).

Se till oscilloskopet står AC-läge.

Klicka kort en gång till på ”AUTO SET”. Du skall nu se en sinusformad signal på skärmen.

1.

Nu vill vi se signalens spektrum. Eftersom det bara är en ren sinussignal hoppas vi kunna se en spik vid frekvensen 100 kHz.

Börja med att klicka på ACQUIRE längst ner till höger. Se till HIGH RESOLUTION står på Auto (en fördel vid mätningar av spektrum).

Klicka ”FFT” (knapp vid övre kanten av panelen). Skärmen delas nu, överst visas signalen i tidsplanet, under i en större ruta visas signalens spektrum.

Men vi behöver göra lite inställningar för att se något begripligt...

Till höger på skärmen har det dykt upp en speciell meny för FFT.

Ställ in så att:

MODE: Refresh

POINTS: 16384

WINDOW: Hanning

Y-SCALING: Veff

(klicka på motsvarande funktionsknapp höger om menyn och välj med ratten SELECT alternativt flera tryck på funktionsknappen)

Längst ner på skärmen har vi info om Span och Center. Span anger hur stort frekvensområde som visas, Center anger vilken frekvens som ligger i mitten på skärmen. Vi kan ändra Span genom att vrida ratten ”TIME/DIV” och Center med hjälp av ratten ”POSITION” som sitter ovanför TIME/DIV. Center kan även ändras med piltangenterna till vänster om ”POSITION”

Vi skulle nu vilja ha Span = 1 MHz och Center = 0,5 MHz (Då blir 0 Hz i vänster kanten)

Men det går nog inte i detta läge...

För att åstadkomma detta måste beräkningen ske över fler perioder av signalen.

Klicka på ratten ”TIME/DIV”. Ramen kring det övre fönstret lyser nu lite mer och ratten ”TIME/DIV” kommer att påverka tidbasen. Vrid så att många fler perioder visas i fönstret upptill. Vrid tills TB:100 us visas längst upp till vänster.

Klicka en gång till på ”TIME/DIV”. Två vertikala markörer lyser lite tydligare i övre fönstret. De anger vilken del av signalen som används för beräkningen. Vrid på ”TIME/DIV” så att så mycket som möjligt av signalen kommer med.

Klicka ytterligare en gång ”TIME/DIV” så att ramen kring det undre fönstret markeras. Nu kan Span ändras till 1 MHz. Ändra Center till 0,5 MHz (enklast med piltangenterna).

Nu bör du se en spik, en ruta in från vänsterkanten! Med ”VOLT/DIV” kan du ändra höjden så den lagom får plats i fönstret.

**Prova att ändra frekvensen på funktionsgeneratorn.
Vad händer?**

När frekvensen ökas på funktionsgeneratorn flyttar sig frekvensspiken till höger i oscilloskopets nedre fönster. Sänks frekvensen flyttas spiken till vänster.

I det övre fönstret kan man se hur sinuskurvans period blir kortare när frekvensen ökas, samt blir längre när frekvensen minskas.

**Prova att ändra amplituden.
Vad händer?**

När signalens amplitud ökas blir frekvensspiken högre på oscilloskopets nedre fönster. Sinuskurvans amplitud i det övre fönstret ökas också.

2.

Vi vill nu göra lite noggrannare mätningar.

Gå först tillbaka till mätning i tidsplanet (slå av FFT) och ställ in spänning (2 Vp-p) och frekvens (100 kHz) igen. Kontrollera speciellt att spänningen är rätt med hjälp av oscilloskopets markörer. Justera om det inte stämmer helt (det är enklast att använda V-markörerna).

Återgå till mätningen i frekvensplanet på samma sätt som under moment 1.

För att förenkla avläsningen kan vi använda markörer på liknande sätt som vid mätningar i tidsplanet. Klicka på ”CURSOR MEASURE” och flytta markörerna med SELECT-ratten. Frekvenser och nivåer kan nu avläsas på skärmen. Flytta en markör så den hamnar på spiken.

Avläs på skärmen.
Frekvens: 100.71kHz
Spänning: 710 mV

**Obs! Spänningen som visas är effektivvärdet.
För en ren sinussignal är toppvärdet $\sqrt{2} \times$ effektivvärdet.**

Beräkna toppvärdet: 1004 mV

Kommentar (hur väl stämmer det?):

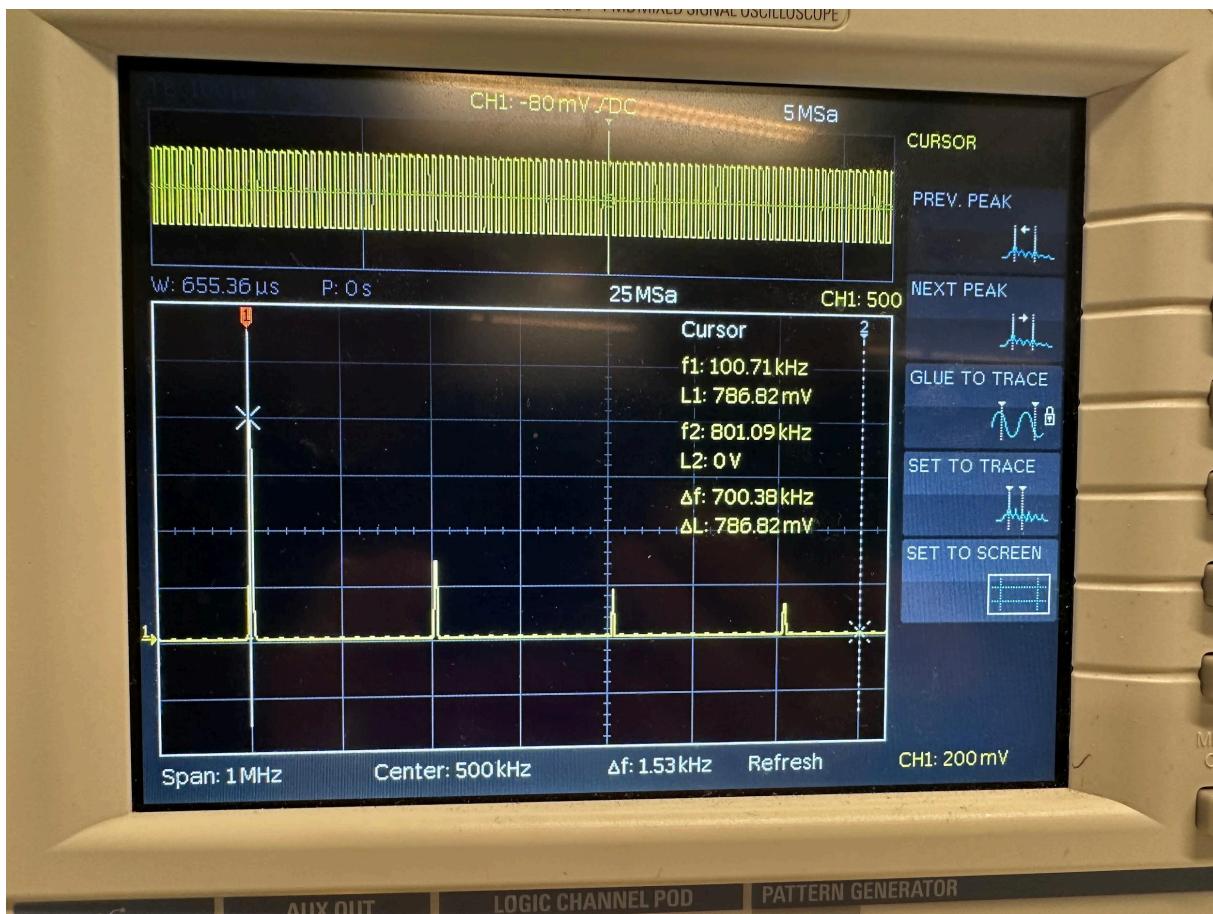
Det beräknade värdet (1004 mV) stämmer mycket bra med det teoretiska värdet som är 1v. Toppvärdet bör vara 1v om vpp är 2v.

3.

Se till att du har Span: 1 MHz, Center: 500 kHz och att spiken vid 100 kHz syns tydligt enligt ovan.

Slå om funktionsgeneratorn till fyrkantsvåg.

Fota skärmen och klistra in här:



Vi vill kontrollera om spikarna vi ser stämmer med teorin.

Gå därför först tillbaka till vanlig mätning i tidsplanet (slå av FFT) och justera funktionsgeneratorn så att frekvensen blir 100 kHz och spänningen blir 2 Vp-p (mät spänningen med oscilloskopet).

Återgå till mätningen i frekvensplanet på samma sätt som under moment 1 och 2. Använd markörerna och mät spänning och frekvens för spikarna du ser.

Spik 1

Frekvens: 100.71Khz
Spänning: 870 mV
Beräknat toppvärde: 1230 mV

Spik 2

Frekvens: 302khz

Spänning: 290mV

Beräknat toppvärde: 408 mV

Spik 3

Frekvens: 503khz

Spänning: 154 mV

Beräknat toppvärde: 217 mV

Spik 4

Frekvens: 703khz

Spänning: 103mV

Beräknat toppvärde: 145 mV

Enligt fourierteorin kan en helt symmetrisk fyrkantsignal med toppvärdet 1 V (dvs topp-toppvärdet 2 V) uttryckas som fourierserien

$$\sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4}{n\pi} \sin(2\pi n f_1 t)$$

Beräkna frekvenser och toppvärden för de första deltonerna svarande mot spik 1 – spik 4 med hjälp av formeln.

Fota dina beräkningar och klistica in här:

$$n = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{n\pi} \sin(2\pi n f_1 t)$$

$$A = \frac{4}{n\pi}$$

$$f = n \cdot f_1$$

Spik 1:

$$A_1 = \frac{4}{\pi} = 1,273V \quad f_1 = 100 \text{ kHz}$$

Spik 2:

$$A_3 = \frac{4}{3\pi} = 0,424V \quad f_3 = 3 \cdot f_1 = 300 \text{ kHz}$$

Spik 3:

$$A_5 = \frac{4}{5\pi} = 0,255V \quad f_5 = 5 \cdot f_1 = 500 \text{ kHz}$$

Spik 4:

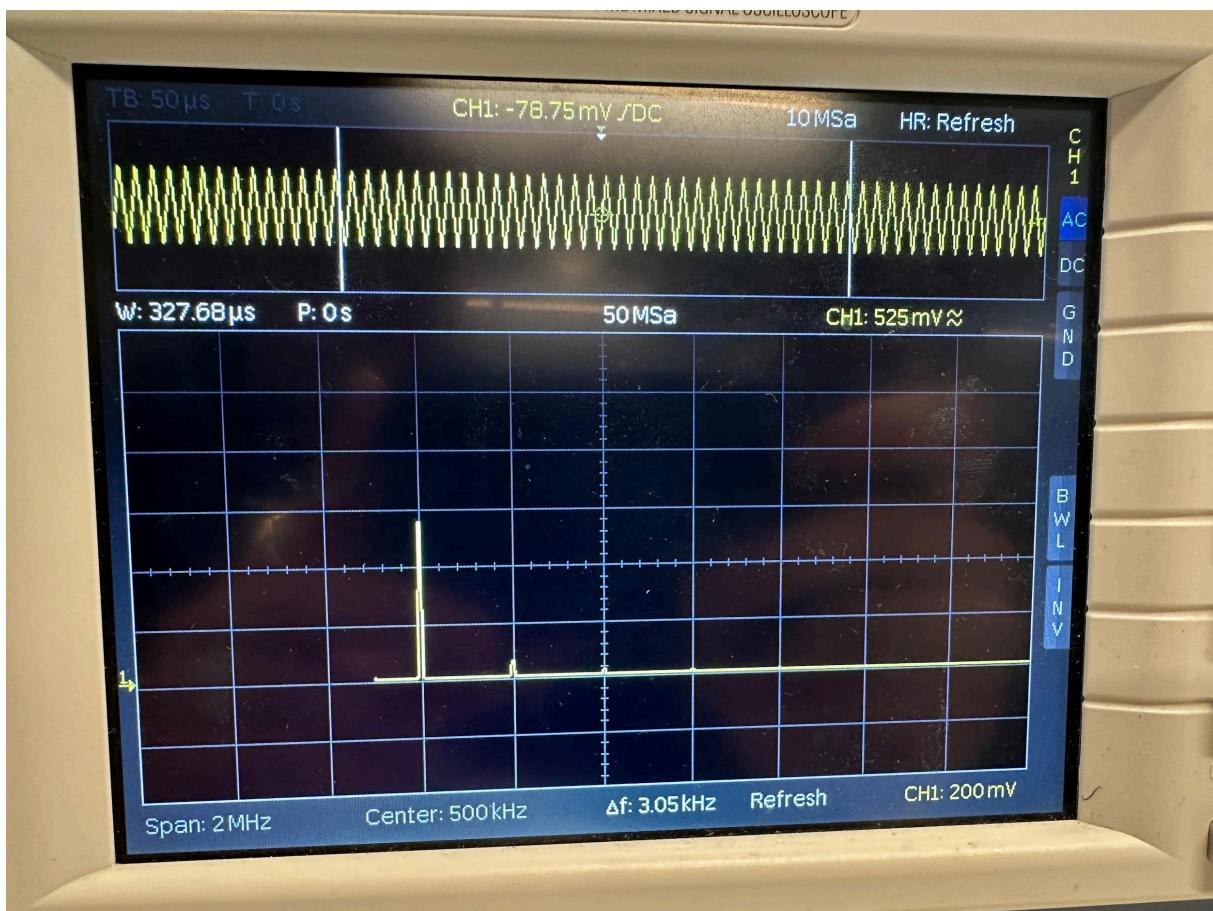
$$A_7 = \frac{4}{7\pi} \approx 0,182V \quad f \approx 7 f_1 = 700 \text{ kHz}$$

Jämför med mätningarna och kommentera

Våra mätningar och beräkningar stämmer. Skillnaden mellan de teoretiska värdena och de uppmätta kan förklaras genom att den inställda frekvensen och Vpp inte är exakt 100 kHz respektive 2V. Detta leder till små skillnader i topparnas frekvens och amplitud.

Slå om funktionsgeneratorn till triangelvåg. Ändra inget på funktionsgeneratorn för övrigt.

Fota skärmen och klistra in här:



Kommentar (vad händer med spikarna? Ändrar sig frekvensen? Ändrar sig storleken?):

Antalet frekvensspikar minskas till endast tre synliga spikar. Amplituden på alla spikar över den inställda frekvensen är lägre och avtar snabbare jämfört med fyrkantsvägen. Frekvensen är densamma.

4.

Tillbaka till fyrkantsignalen. Ändra inget på funktionsgeneratorn för övrigt.

Klicka FFT-knappen så FFT-menyn syns. Ändra Y-SCALING till dBV. Justera VOLTS/DIV och ratten "POSITION" ovanför så att du ser en "taggig", orolig kurva som helt rymmer på skärmen.

Fota och klistica in här



Spektrat visas nu med den logaritmiska dBV-skalan. Det betyder att små värden som inte synes innan kommer fram. Den ”oroliga” delen längst ner är brus som väsentligen kommer av avrundningen vid A/D-omvandlingen.

Mät nivån på den högsta spiken (som svarar mot 100 kHz)
 $V_{\text{dBV}} = -1,165 \text{ dBV} = 0.874 \text{ V}$

Beräkna V_{eff}

$$V_{\text{eff}} = V_{\text{topp}} / \sqrt{2} = 0.618 \text{ V}$$

Beräkna toppvärdet

1,236V

Hur stämmer detta med den tidigare mätningen?

Detta värde stämmer någorlunda med det tidigare uppmätta värdet. En liten skillnad kan urskiljas.

Gör motsvarande mätning för spiken som svarar mot 300 kHz

$$V_{dBV} = -10,54 \text{ dBV} = 0.297 \text{ V}$$

Beräkna V_{eff}

$$V_{eff} = V_{topp} / \sqrt{2} = 0.210 \text{ V}$$

Beräkna toppvärdet

0.420V

Man kan nu också bland annat se en spik för frekvensen 200 kHz. Enligt teorin skall det inte finnas någon sådan för en perfekt symmetrisk fyrkantsignal. Att spiken finns innebär att signalen inte är helt symmetrisk.

Mät spiken som svarar mot 200 kHz

$$V_{dBV} = -49 \text{ dBV} = 0.004 \text{ V}$$

Beräkna V_{eff}

$$V_{eff} = V_{topp} / \sqrt{2} = 0.0028 \text{ V}$$

Beräkna toppvärdet

0.0056V

Del B - Mätningar och beräkningar på AM-signal

Utrustning

- 2 st funktionsgeneratorer Wavetek
- Oscilloskop R&S HMO1002
- 3 st. koaxialkablar, 1 m med BNC-kontakter i vardera änden
- 1 st. BNC T-kontakt

Genomförande

Du skall med hjälp av de två funktionsgeneratorerna skapa en AM-signal som du sen skall göra mätningar på. Den ena Wavetek-generatorn skall skapa modulationssignalen och den andra funktionsgeneratorn skall alstra den modulerade bär frekvensignalen.

Koppla upp enligt nedanstående skiss.

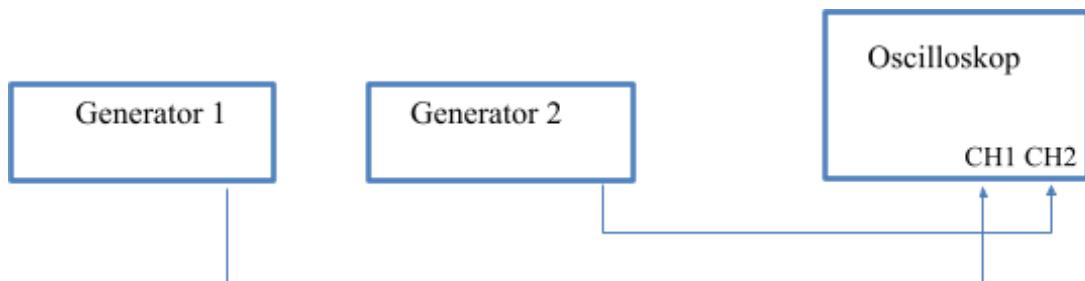


Fig. 1. Generator 1: Wavetek (10 kHz), Generator 2: Wavetek (100 kHz)

Börja med att ställa modulationsfrekvensen till 10 kHz och bär frekvensen till 100 kHz. Båda med sinusform och med $V_{p-p} = 10 \text{ V}$. Använd oscilloskopet för att se till att värdena blir rätt. Använd AC-kopplade ingångar hela tiden. Lägg märke till att du kan välja vilken kanal som skall användas för trigg (SOURCE).

Koppla nu in en ny koax-kabel från utgången på Generator 1 (använd T-kopplingen) till ingången på Generator 2 som är märkt "AM/SWEEP IN". Se Figur 2.

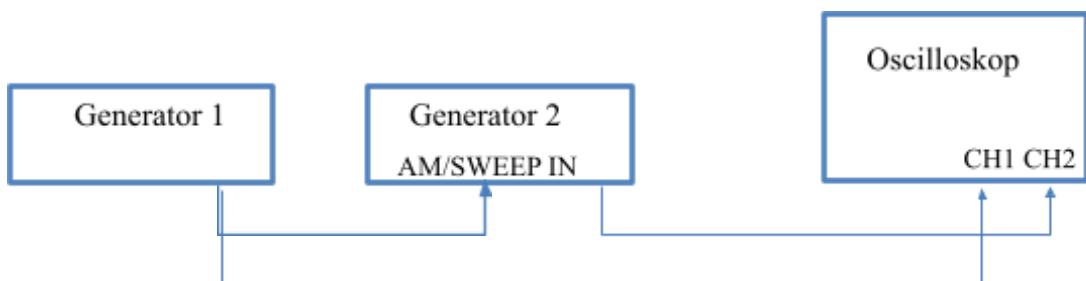


Fig. 2. Testuppkoppling

Koppla på moduleringen genom att välja "EXT" och "ON" (knapparna intrycka) på Generator 2.

Prova att ändra modulationsgraden genom att ändra modulationsratten (i mitten på panelen) och se vad som händer.

Du skall nu kunna se en amplitudmodulerad signal på oscilloskopet CH2, jämför Fig. 3. (klicka på "SINGLE" på oscilloskopet för att få stilla stående signaler)

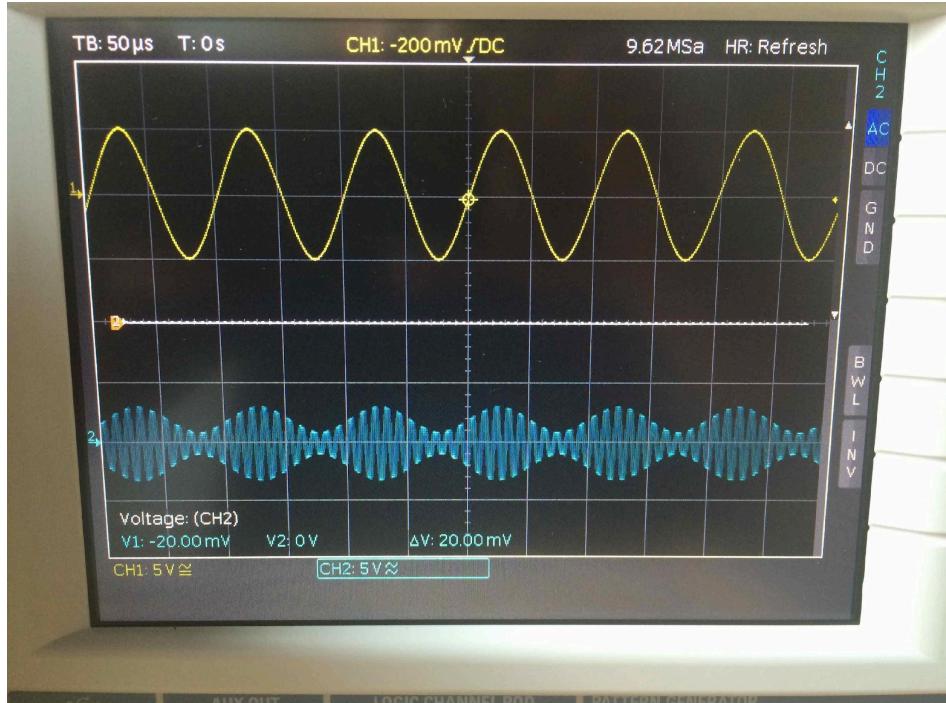


Fig. 3 Amplitudmodulerad signal (blå).

Lite teori (beteckningar enligt Beard-Stallings)

Med sinusformad modulationssignal kan en AM-signal skrivas

$$s(t) = A_c(1 + n_a \cos \cos(2\pi f_m t)) \cos(2\pi f_c t)$$

där A_c är bärsignalens amplitud. Modulationsindex n_a kan varieras mellan 0 (ingen modulation) och 1 (100% modulationsgrad).

Men hur beror modulationsindex för den modulerade signalen av vad vi ser på skärmen? Kalla topp-toppvärdet för det största värdet för V_{max} och för det minsta för V_{min} . (jämför gärna med figuren i Beard, Stallings sid 143)

Eftersom cosinusfunktioner har högsta värdet = 1 och minsta -1 fås efter lite eftertanke

$$V_{max} = 2A_c(1 + n_a)$$

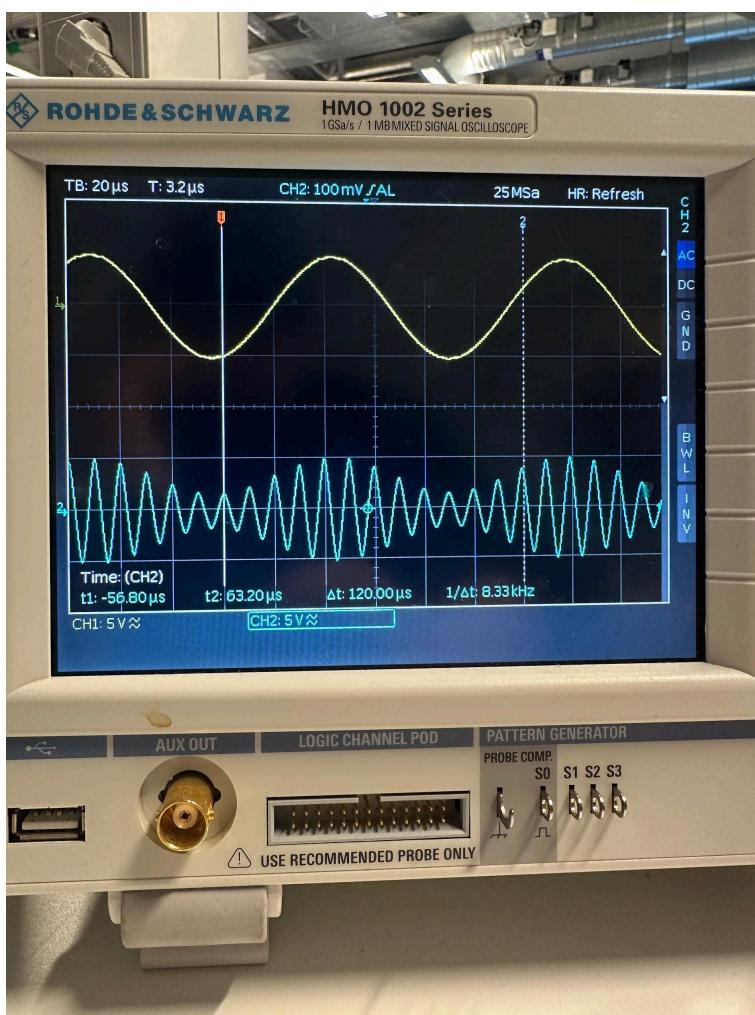
$$V_{min} = 2A_c(1 - n_a)$$

vilket ger: $\frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1+n_a}{1-n_a}$

Ställ nu in modulationen så att du får en signal med $n_a = 0,5$.

Ändra VOLTS/DIV så att signalen blir större på skärmen och lättare att avläsa.

Fota skärmen och klistica in här:



Ange $\frac{V_{max}}{V_{min}}$: $\frac{10}{3,333} = 3$

Dags att studera spektrat för en AM-signal.

Lite teori

Med hjälp av trigonometri: $[\cos(x)\cos(y) = 1/2((\cos(x-y) + \cos(x+y)))]$, kan uttrycket för AM-signalen skrivas om som

$$s(t) = \cos A_c \cos(2\pi f_c t) + A_c \frac{n_a}{2} \cos(2\pi(f_c - f_m)t) + A_c \frac{n_a}{2} \cos \cos(2\pi(f_c + f_m)t)$$

Den är alltså sammansatt av tre sinusformade delsignaler.

Du skall nu mäta upp spektrat med oscilloskopets FFT-funktion.

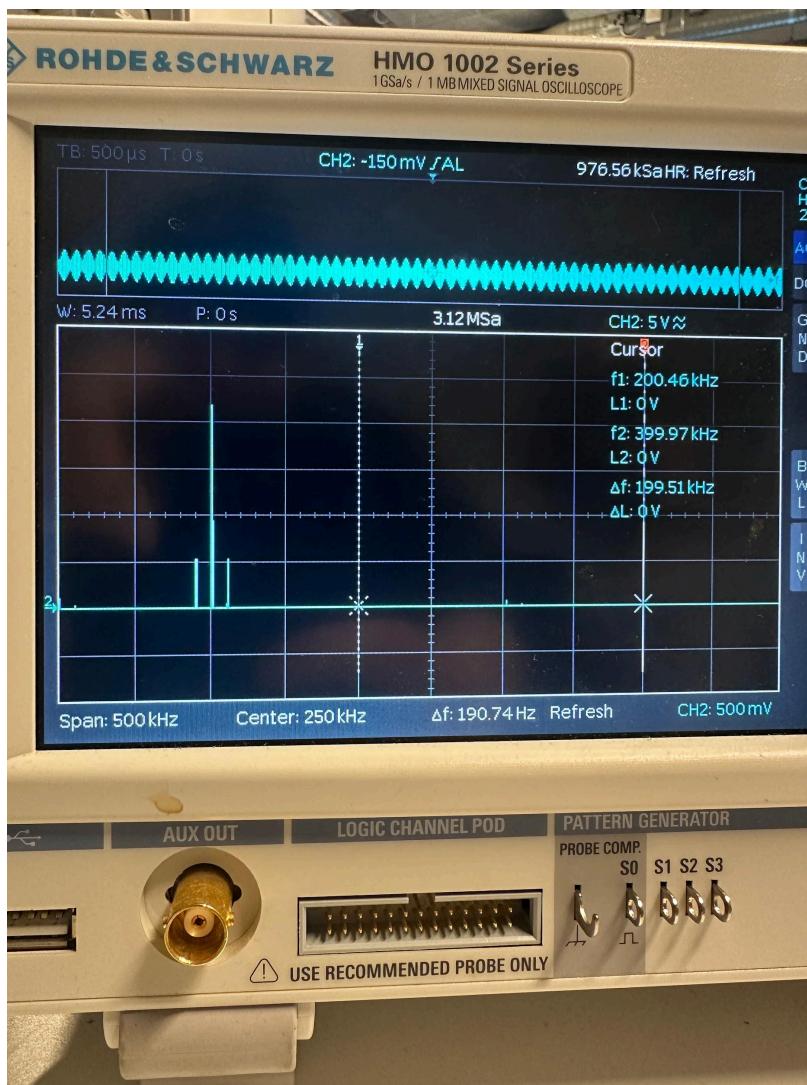
Ändra inget på inställningen av funktionsgeneratorna utan behåll den signal som du fotade ovan.

Använd 16384 sampelpunkter, Hanningfönster och Veff på Y-skalan.

Ställ in Span: 500 kHz och Center: 250 kHz. (Det sista kan vara lite knepigt men följ anvisningarna i första delen av labben, TB: 500us kan vara bra).

Du skall nu se tre spikar.

Fota skärmen och klistica in.



Mät spikarnas frekvens och spänning

Undre sidbandet

$$f = 90.6 \text{ kHz}$$

$$V_{eff} = 0.53 \text{ V}$$

Bärsignalen

$$f = 100.52 \text{ kHz}$$

$$V_{eff} = 2.16 \text{ V}$$

Övre sidbandet

$$f = 110.6 \text{ kHz}$$

$$V_{eff} = 0.5 \text{ V}$$

Jämför med teorin ovan. Stämmer frekvenserna? Stämmer förhållandet mellan sidbanden och bärsignalens spänning (redovisa beräkning)?

I teorin ovan skulle de övre och undre sidbanden:

$$f_{LSB} = f_c - f_m = 100 \text{ kHz} - 10 \text{ kHz} = 90 \text{ kHz}$$

$$f_{USB} = f_c + f_m = 100 \text{ kHz} + 10 \text{ kHz} = 110 \text{ kHz}$$

Detta stämmer överens med uppmätta frekvenser.

Hur stor är bandbredden?

20kHz

Prova att ändra modulationsfrekvensen lite.

Vad händer med spikarna? Vad händer med bandbredden?

De övre och lägre sidbanden ändrar i frekvens medan bärsignalen bibehålls. Om modulationsfrekvensen ökar så ökar bandbredden och viceversa.

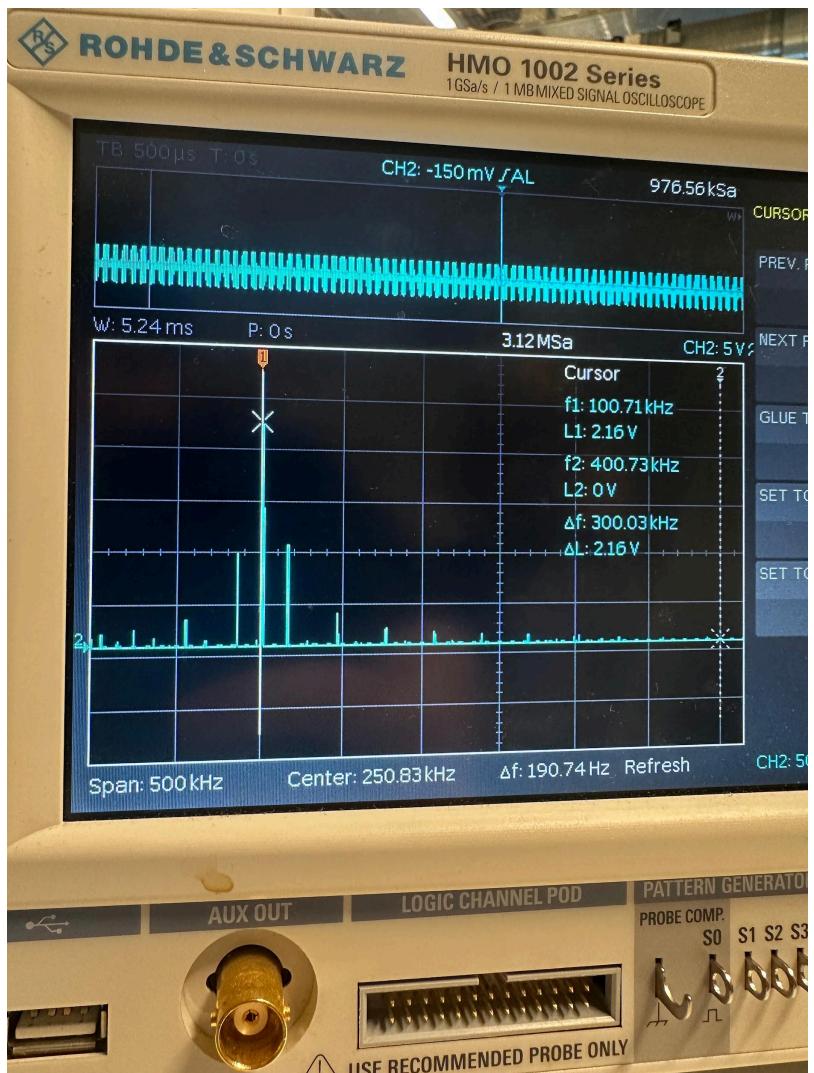
Prova att ändra modulationsgraden

Vad händer med spikarna? Vad händer med bandbredden?

Amplituden på spikarna ändras medan bandbredden bibehålls.

Ändra modulationssignalen från sinus till fyrkant.

Fota och klistra in:



Beskriv varför spektret blir som det blir i detta fall.

För att flera sinuskurvor används för att skapa den förväntade fyrkantsvågen.

Del C - Mätningar och beräkningar på FM-signal

Utrustning

- Funktionsgenerator Wavetek
- Funktionsgenerator HP3312 eller Newtronic
- Oscilloskop R&S HMO1002
- 3 st. koaxialkablar, 1 m med BNC-kontakter i vardera änden
- 1 st. BNC T-kontakt

Genomförande

Använd samma uppkoppling som för AM-signal men byt ut generator 2 mot HP3312 eller Newtronic.

Ställ modulationsfrekvensen till 10 kHz och bär frekvensen till 100 kHz. Båda med sinusform och med $V_{p-p} = 10 \text{ V}$. Använd oscilloskopet för att se till att värdena blir rätt.

Modulationsingången på generator 2 som är märkt "MOD INT EXT" alternativt "INPUT SWP AM-FM".

Ställ in modulationstypen för generator 2 till FM.

Trigga på CH1 och välj tidbasen så du ser ett två perioder av modulationssignalen.

Signalen på CH2 kommer inte att se så kul ut...

Klicka på knappen SINGLE på oscilloskopet. Nu fryses bilden och du bör se något i stil med Fig. 4 nedan.

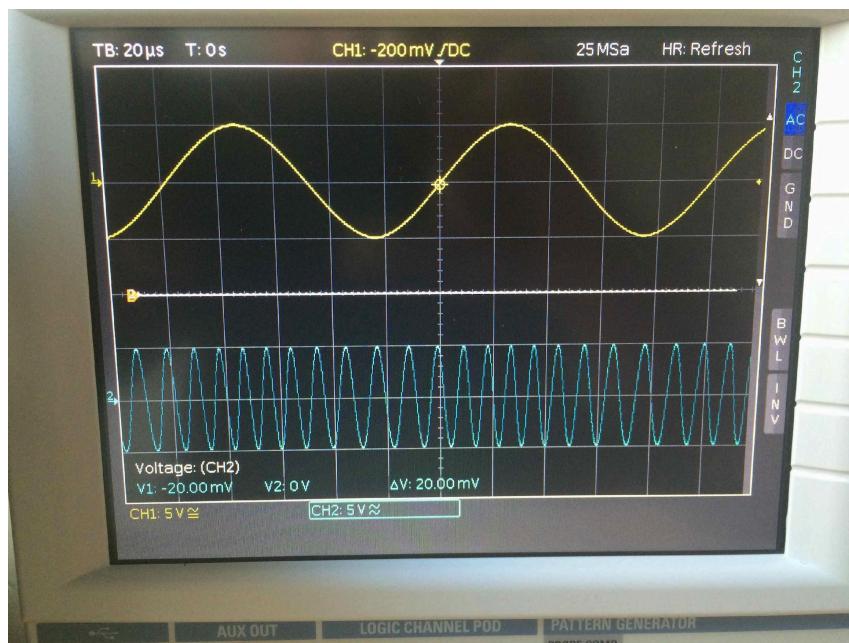


Fig. 4. Frekvensmodulerad signal (blå)

Tittar du noga kan du se att periodlängden faktiskt varierar lite på CH2 i takt med sinussignalen på CH1.

Men ett bättre sätt att se frekvensändringen är starta svepet igen genom att klicka på RUN/STOP och att trigga på CH2 och ändra tidbasen och gärna även flytta triggpunkten till vänstra kanten av skärmen.

Du bör kunna få en bild som ser ut ungefär som Fig. 5.

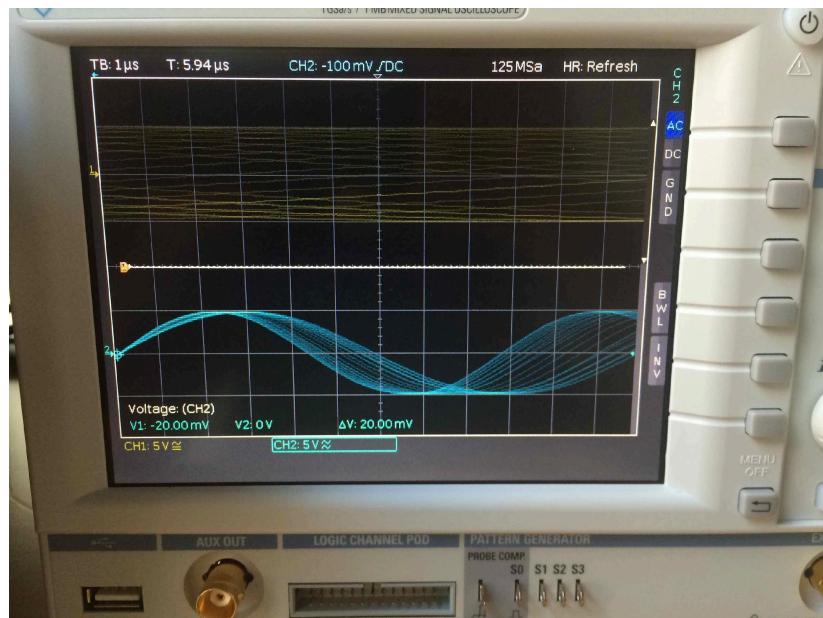


Fig. 5. Frekvensmodulerad signal (blå)

Här syns tydligt hur perioden varierar mellan två ytterligheter.

Enligt Stallings (Example 7.6, sidan 241) kan FM-signalen skrivas

$$s(t) = A_c \cdot \cos\left(2\pi f_c t + \frac{\Delta F}{f_m} \cos(2\pi f_m t)\right)$$

I ovanstående uttryck är ΔF den maximala frekvensavvikelsen från f_c . Skillnaden mellan lägsta och högsta frekvens är således $2\Delta F$.

Mät upp lägsta och högsta perioden när moduleringen är maximalt inställd.

$$T_{min} = 9,3 \mu s$$

$$T_{max} = 11,9 \mu s$$

Beräkna

$$f_{max} = 1/T_{min} = 1/9,3 \mu s = 108 \text{ kHz}$$

$$f_{min} = 1/T_{max} = 1/11,9 \mu s = 84 \text{ kHz}$$

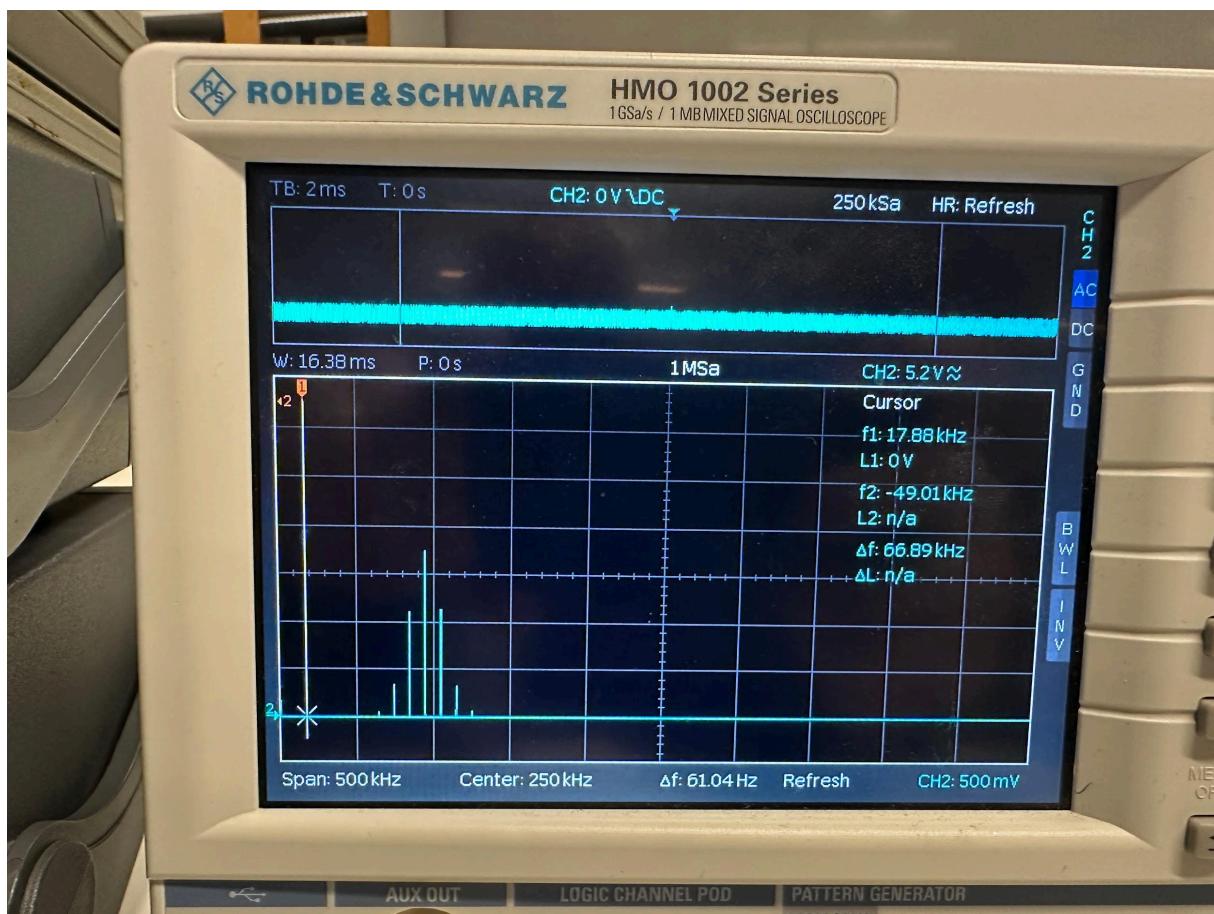
Bestäm Δf

$$\frac{f_{max} - f_{min}}{2} = \frac{108 - 84}{2} = \frac{24}{2} = 12 \text{ kHz}$$

Dags att studera spektrat.

Använd FFT-funktionen och ställ in på samma sätt som för AM

Fota och klistica in



Mät frekvenserna för de spikar du ser och redovisa:

$$f_{c-3} = 63.8 \text{ kHz}$$

$$f_{c-2} = 73.9 \text{ kHz}$$

$$f_{c-1} = 83.9 \text{ kHz}$$

$$f_c = 94.0 \text{ kHz}$$

$$f_{c+1} = 104.2 \text{ kHz}$$

$$f_{c+2} = 114 \text{ kHz}$$

$$f_{c+3} = 124 \text{ kHz}$$

Hur är det med bandbredden? Enligt Carsons regel ligger 98% av effekten inom området

$$2\Delta F + 2B$$

där B är bandbredden för modulationssignalen (vid sinusform får vi räkna med att $B=f_m$)

Beräkna detta uttryck:

$$2\Delta F + 2B = 2 * 12 \text{ kHz} + 2 * 10 \text{ kHz} = 48 \text{ KHz}$$

Hur många av spikarna du ser i spektrat hamnar in detta område?

5st. f_c och $f_{c\pm2}$.

Prova att ändra modulationsfrekvensen lite

Vad händer med spikarna? Vad händer med bandbredden?

När man ökar modulationsfrekvensen så ökar bandbredden. Amplituden på bärssignalen ökar medan sidbandens amplitud minskar. När modulationsfrekvensen sänks så minskar bärssignalens amplitud medan sidbandens ökar.

Prova att ändra modulationsgraden

Vad händer med spikarna? Vad händer med bandbredden?

Bandbredden förblir densamma men bärssignalens frekvens ändras. Spikarnas amplitud minskar när modulationsgraden minskar medan bärssignalens amplitud ökar.

Del D – Där vi knyter ihop påsen

Varje gruppmedlem ska göra en kort reflektion kring laborationen.

Lite hjälp på vägen:

- Vad har du lärt dig
- Något som gick bra
- Något som inte gick som man tänkt
- Något bra eller dåligt med laborationen

Elias Brännström:

Under denna laboration har jag lärt mig att använda funktionsgeneratorer för att skapa olika modulerade signaler. Det var intressant att se skillnader i beteende mellan FM/AM med samma bärssignal. Innan laborationen var jag osäker på hur signaler moduleras med andra. Genom att konstant undersöka de resulterande signalerna i oscilloskopet kunde jag öka min förståelse.

Laborationen gick i huvudsak bra. Dock var det ibland svårt att tolka instruktionerna och vad vi faktiskt skulle göra. Det krävdes också större kompetens med oscilloskop i denna laboration jämfört med tidigare laborationer i andra kurser. Att använda funktionsgeneratorerna på rätt sätt var också nytt. Detta ledde till diverse friktionsmoment under laborationen gång.

Laborationen var ett intressant och lärorikt tillfälle att applicera teori från föreläsningarna i ett praktiskt moment.

Maximilian Andersen:

Under laborationen har jag fått en mycket bättre förståelse för hur man kan använda sig av en funktionsgenerator för att skapa olika modulerade signaler. Det var mycket intressant att arbeta med FFT-funktionen och se hur olika vågformer får sina spektra. Tidigare har jag mest fått en teoretisk uppfattning om hur en fyrkantsvåg byggs upp av många olika sinusvågor men att se det i praktiken gjorde teorin lättare att förstå.

Laborationen gick överlag mycket bra. Efter flera upprepade uppgifter med liknande inställningar på oscilloskopet blev det snabbt relativt intuitivt att justera tidsbas, trigger och liknande inställningar för att analysera en modulerad signal.

Labbinstruktionerna kunde i vissa delar vara svårtolkade vilket gjorde de svårt att förstå vad som faktiskt efterfrågas.

Sammanfattningsvis gav laborationen en mycket tydligare bild av hur signaler faktiskt ser ut och beter sig, och jag känner att jag nu har bättre förståelse för både spekralanalys och begrepp som modulationsgrad och sidband.