

Telekommunikation (RRY 010) läsåret 2017/18:

Laboration 3

Analog bärvågsmodulation

OBSERVERA ATT DENNA LABORATION UTFÖRES PÅ CAMPUS JOHANNEBERG i INST. för RYMD- och GEOVETENSKAPS MÄTTEKNIKLABORATORIUM (rum 4358, våning 4, korridor 4Ö, i EDIT-huset.)

Tider:

GRUPP A (d.v.s. tisdagsgruppen från lab.1 & 2), **måndag 11/12-2017** kl. 13.30-19.00.

GRUPP B (d.v.s. torsdagsgruppen från lab.1 & 2), **onsdag 13/12-2017** kl. 13.30-19.00.

Totalt har varje grupp tillgång till drygt 5 timmar i laborationssal.

För de som önskar, så finns det möjligt att spara de spektra som ni mäter upp med oscilloskopet. Ta i så fall med ett eget USB-minne.

Laboration 3 redovisas enligt följande:

- Egenhändigt skrivna lösningar till förberedelseuppgifter visas upp till lab.handledare i början av laborationen,
- muntlig diskussion (med lab.handledare) av utvalda experiment under laborationstillfället,
- skriftlig inlämning (en per grupp) av mätresultat (tabeller, grafer) och analys av experiment 2 och experiment 5. Alltså ingen fullständig lab.rapport, utan mera en inrapportering av resultat.

Syfte

Laborationen har följande syften:

- 1) Experimentell konkretisering av begrepp som berör tidsfunktioner och amplitudspektra för signaler som uppkommer vid modulation av en i tid cosinusformad bärvåg med en cosinusformad meddelandesignal. Två metoder studeras: dels amplitudmodulation (AM) där meddelandet modulerar bärvågens amplitud, dels frekvensmodulation (FM) där meddelandet modulerar bärvågens frekvens. Genom experiment studeras hur karaktären hos AM- och FM-signalernas tidsfunktioner och amplitudspektra påverkas av parametrarna bärvågsfrekvens och modulationsfrekvens (meddelandesignalens frekvens), samt modulationsgrad (AM) respektive frekvensdeviation och modulationsindex (FM).
- 2) Studie av funktionsprincipen hos en blandare (multiplikatorkrets).
- 3) Studie av funktionsprincip och prestanda hos en enkel AM-demodulator (diodektektor) respektive FM-demodulator (flankdemodulator) samt två AM-modulatorer och en AM-demodulator (baserade på en multiplikatorkrets). Dessutom studeras egenskaper hos en ASK-signal och en PSK-signal.

Förberedelseuppgifter

1. Lös uppgift M1.
2. Rita kretsschema för en dioddetektor (envelopdetektor) och förklara i ord hur den fungerar. I vilket intervall bör bärvågsfrekvensen ligga om meddelandets frekvens är 1 kHz och detektorn har $R=3,3\text{ k}\Omega$ och $C=10\text{ nF}$?
3. Rita blockscheman (innehållande blandare, dvs multiplikator) för en kvadrerare (den utför även frekvensdubbling), DSB-SC AM-modulator, DSB-FC AM-modulator och produktmodulator. Visa genom beräkning (mata in i tid cosinusformade signaler) att dina kretsar utför önskad operation!
4. Studera databladet (revision J) för multiplikatorkretsen AD633 (finns på kurshemsidan): Figur 1, 2 och 12 visar blockschema och grundkopplingar för multiplikatorfunktion. Tänk igenom hur man ansluter insignalerna och var matningsspänningen (± 15 volt likspänning) kopplas in. Rita egna kopplingsscheman som visar vilka av kapseln ben som ansluts till vilka spänningar! Kvadreraren (och frekvensdubblaren) visas i figur 13. Sätt insignalens amplitud 5 volt och frekvens till 10 kHz och skissera en graf som visar utsignalens tidssignal och amplitudspektrum. Studera sedan DSB-FC AM-modulatorens i figur 19. Bestäm utsignalens amplitud om bärvågens amplitud är 5 volt och meddelandesignalen har amplituden 5 volt och frekvensen 1 kHz. Hur hög är modulationsgraden? Skissera ett amplitudspektrum. Hur ska kopplingen i figur 19 ändras för att åstadkomma DSB-SC?
5. Skissera tidsfunktionen hos en ASK-signal respektive en PSK-signal.
6. Lös uppgift M19.
7. Rita kretsschema för en flankdemodulator (där flanken erhålls m.h.a. ett lågpåssfilter i form av en RC-länk) och förklara i ord hur den fungerar. Bestäm brytfrekvensen för filtret om $R=330\text{ }\Omega$ och $C=2200\text{ pF}$. Hur begränsar brytfrekvensen valet av bärvågsfrekvens?
8. Läs igenom laborationsuppgifterna!
9. Funktionen hos kretsarna i förberedelseuppgift 2, 3 och 7 kan också med fördel studeras med kretssimuleringsprogram.

Instrument

- Signalgenerator med AM/FM funktion och oscilloskop som kan utföra fouriertransform.

Uppgift 1: AM-signalers egenskaper (använd max 20 minuter till denna uppgift)

Ställ in funktionsgeneratoren på generering av en amplitudmodulerad signal: ('shift+AM'). Välj vågform 'sinus' och ställ in amplituden på 2 V. Önskad modulationsfrekvens och modulationsgrad ställs in med 'shift AM/FM Freq resp. Ampl'. Ställ därefter in generatorns display så att den visar rätt när den är ansluten till en högohmig last: 'MENU/SYS MENU/OUT TERM/HIGH Z'.

- Ställ in bärvågsfrekvensen $f_c = 25$ kHz, modulationsgraden $m = 50\%$ och modulationsfrekvensen (meddelandets frekvens) $f_m = 1$ kHz. Studera tidsfunktionen och spektrumet (som fås fram genom att välja MATH och FFT på oscilloskopet). Verifiera de inställda värdena f_c och f_m genom analys av tidsfunktion respektive spektrum. Bestäm AM-signalens **modulationsgrad** och **bandbredd** m.h.a. spektrumet och jämför med teorin.
- Undersök hur tidssignalen och spektrumet ändras när modulationsgraden varieras. Notera huvuddragen för förändringarna och redogör för dina iakttagelser i ord. Kommentera särskilt vad som inträffar då $m > 100\%$.

Uppgift 2: Konstruktion och test av en dioddetektor (enveloppedetektor) (Använd max 45 minuter till denna uppgift)

Bygg en AM-demodulator i form av en dioddetektor. Använd Schottkydioden BAT85, $R = 3,3$ k Ω samt $C = 10$ nF. Utsignalens likspänningskomponent kan filtreras bort med en 10 μ F kondensator. Använd funktionsgeneratoren i labsalen som källa för AM-signalen. Sätt $f_m = 1$ kHz, $m = 50\%$, $f_c = 500$ kHz, $V_c = 2$ volt. Studera utsignalens tidsfunktion och spektrum (rita grafer och kommentera). Testa vad som händer om dioden vänds.

Ändra nu på AM-signalens parametrar (f_c , f_m , V_c , m) och studera hur utsignalen beter sig. Gör inte alltför detaljerade mätningar, utan försök få fram det huvudsakliga uppförandet genom att relativt snabbt variera en storhet åt gången och studera utsignalen. Inom vilka (ungefärliga) parameterintervall fungerar demodulatorn? Verkar de rimliga med tanke på de valda komponentvärdena (tänk på brytfrekvenser etc.) Diskutera orsaker till att utsignalen distorderas. Spara kopplingen till uppgift 5, där den byggs ut till en FM-demodulator!

Uppgift 3: AD633 som kvadrerare, AM-modulator och produkt-demodulator

Var aktsam om kretsen AD633! Bärvågen som behövs för punkt 2-4 i denna uppgift kommer att skickas centralt från 'lärarbordet' och finns därmed tillgänglig via en av anslutningarna i lab.bänken.

- Bygg med hjälp av multiplikatorkretsen AD633 en kvadrerare (figur 13 i databladet). Sätt insignalens amplitud till 5 volt och frekvensen till 10 kHz. Studera utsignalen med oscilloskopet (både tidssignalen och amplitudspektrat). Rita grafer och förklara deras utseende! Fungerar kopplingen? Vad kan den användas till? Testa kretsen även på högre frekvenser (100 kHz resp. 1 MHz).
- Bygg en DSB-FC AM-modulator (se figur 19 i databladet). Bärvågen skickas centralt från lärarbordet och har amplituden 5 volt och frekvensen 10 kHz. Använd funktionsgeneratoren som meddelandesignal (amplitud 5 volt, frekvens 1 kHz). Studera utsignalens tidsfunktion och amplitudspektrum med oscilloskop. Skissera grafer. Bestäm modulationsgraden ur mätningarna. Jämför med teorin (se formeln för utsignalen i databladet). Mät även på bärvågsfrekvenserna 100 kHz och 500 kHz. Testa att demodulera 500 kHz fallet med dioddetektorn från uppgift 2!

- Bygg om kretsen till en DSB-SC AM-modulator och studera tidssignalen och amplitudspektrat. Jämför med resultaten för DSB-FC konstruktionen. Spara DSB-SC kopplingen till nästa punkt.
- Använd DSB-SC koppling från föregående deluppgift som sändare. Signalen skall nu demoduleras den med en produktmodulator. Koppla en annan AD633 som produktmodulator (dock utan lågpassfilter på utgången). Skulle det vara ont om AD633 kretsar så samarbetar ni med en annan lab.grupp! Sändarens DSB-SC signal och en lokaloscillatorsignal (som återinsätter bärvågen=centralt skickade bärvågen) matas in som insignaler. Studera utsignalen: Återfinns meddelandet där?
- Använd DSB-SC AM-modulatorkopplingen till att studera tidssignal och amplitudspektrum för en ASK-signal resp. PSK-signal. För ASK: Använd Sync-utgången på funktionsgeneratoren som meddelande, välj själv pulsrepetitionsfrekvensen. För PSK: använd den 'vanliga' utgången på funktionsgenerator och välj fyrkantvåg som signal. Sätt amplituden till 5 V och välj själv pulsrepetitionsfrekvensen. Skissera utsignalens tidsvariation (ser man amplitudvariationen respektive fashoppen?). Studera amplitudspektrat. Uppskatta bandbredden på något sätt! Hur ändras den om du varierar pulsrepetitionsfrekvensen?

Uppgift 4: FM-signalers egenskaper (använd max 20 minuter till denna uppgift)

Konfigurera funktionsgeneratoren för generering av en frekvensmodulerad signal ('**shift+FM**'). Välj vågform '**sinus**' och ställ in amplituden 2 V. Önskad modulationsfrekvens (=meddelandets frekvens) och frekvensdeviation ställs in med '**shift AM/FM Freq** resp. **Ampl**'. Ställ därefter in generators display så att den visar rätt när den är ansluten till en höghmög last: '**MENU/SYS MENU/OUT TERM/HIGH Z**'.

- Ställ in bärvågsfrekvensen $f_c = 25$ kHz, frekvensdeviationen $\Delta f_c = 5$ kHz och modulationsfrekvensen (meddelandets frekvens) $f_m = 1$ kHz. Studera tidsfunktionen och spektrumet. Verifiera de inställda värdena f_c och f_m genom analys av tidsfunktion respektive spektrum. Uppskatta signalens bandbredd m.h.a. spektrumet och jämför med teorin.
- Undersök hur spektrat ändras när frekvensdeviationen varieras. Notera huvuddragen för förändringarna och redogör för dina iakttagelser i ord. Vid vilken frekvensdeviation som amplituden för bärvågskomponenten i spektrat blir lika med noll? Vilket värde har modulationsindexet då? Förklara orsaken till detta.

Uppgift 5: Konstruktion och test av en flankdemodulator

Bygg om enveloppdetektorn från uppgift 2 till en FM-demodulator i form av en flankdemodulator genom att ansluta ett lågpassfilter i form av en RC-länk på detektorns ingång. Filtret skall ha $R=330\ \Omega$ och $C=2200$ pF. Använd labsalens funktionsgenerator som källa för FM-signalen. Sätt $f_m = 1$ kHz, $\Delta f_c = 100$ kHz, $f_c = 300$ kHz, $V_c = 2$ volt. Studera utsignalens tidsfunktion och spektrum (rita grafer och kommentera).

Ändra nu på FM-signalens parametrar ($f_c, f_m, V_c, \Delta f_c$) och studera hur utsignalen beter sig. Gör inte alltför detaljerade mätningar, utan försök få fram det huvudsakliga uppförandet genom att relativt snabbt variera en storhet åt gången och studera utsignalen. Inom vilka (ungefärliga) Inom vilka (ungefärliga) parameterintervall fungerar demodulatorn? Verkar de rimliga med tanke på de valda komponentvärdena (tänk på brytfrekvenser etc.) Diskutera orsaker till att utsignalen distorderas.