

Laboration 3 - Redovisning

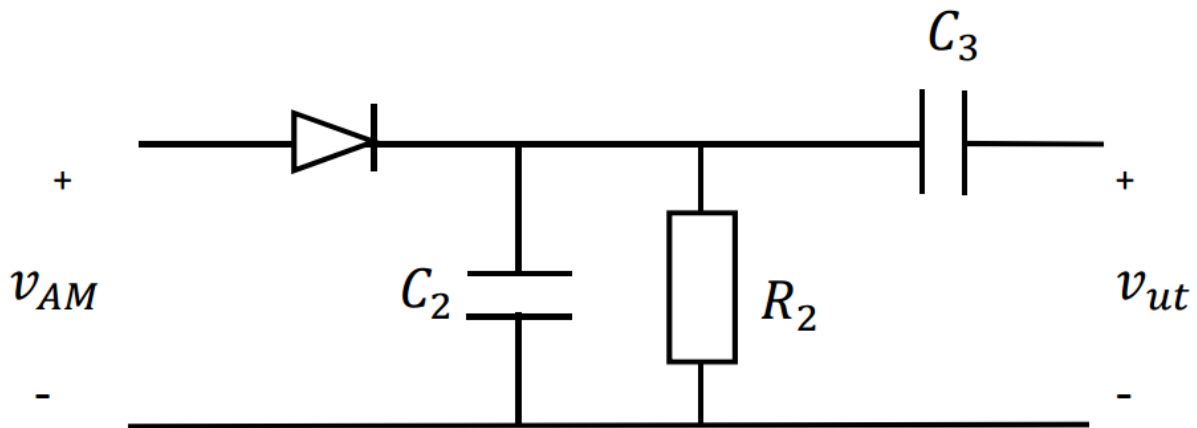
John William Croft
Andreas Johansson

5 januari 2017

Den här rapporten skall redovisa resultat från två experiment berörande demodulation av AM- och FM-signaler.

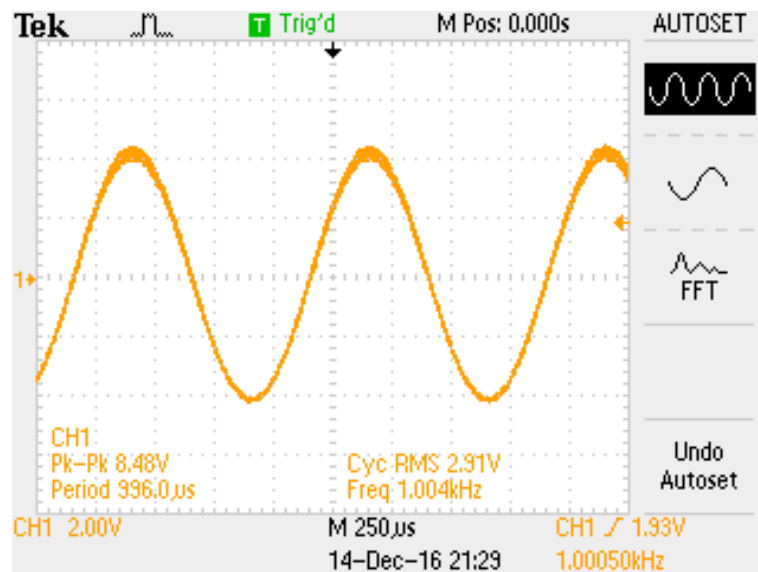
Uppgift 2 - Konstruktion och test av en dioddetektor

En dioddetektor (visas i figur 1) är en mycket enkel krets som i princip fungerar som en 'toppvärdesdetektor', där utsignalen skall följa topparna på insignalen. Den kan användas för att demodulera AM-signaler eftersom det är just amplitudvariationerna, eller 'signaltopparna' i insignalen som bär informationen.

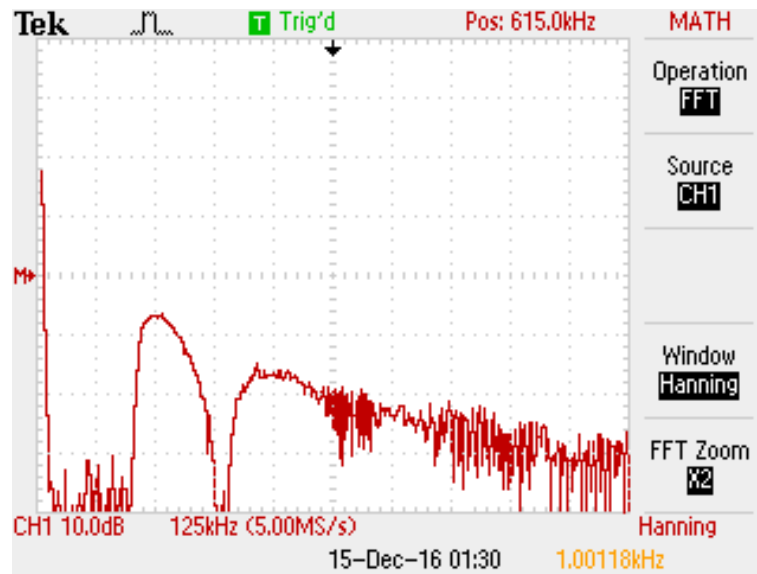


Figur 1: Kretsschemat över dioddetektorn som användes i uppgift 2. $C_2 = 10\text{nF}$, $C_3 = 10\mu\text{F}$ och $R_2 = 3,3\text{k}\Omega$. Dioden är Schottkydioden BAT85 med låg tröskelspänning.

Uppgiften handlade om att observera och analysera beteendet hos V_{ut} vid ändring av olika parametrar. I experimentet så ställdes AM-signalen in på en funktionsgenerator med följande nominella värden: bärvågsfrekvensen $f_c = 500\text{kHz}$, medellandefrekvensen $f_m = 1\text{kHz}$, modulationsgrad $m = 50\%$ och bärvågsamplitud $V_c = 2\text{V}$. Den demodulerade utsignalen vid dessa värden V_{ut} i tidsdomän respektive frekvensdomän visas i figur 2 och figur 3.



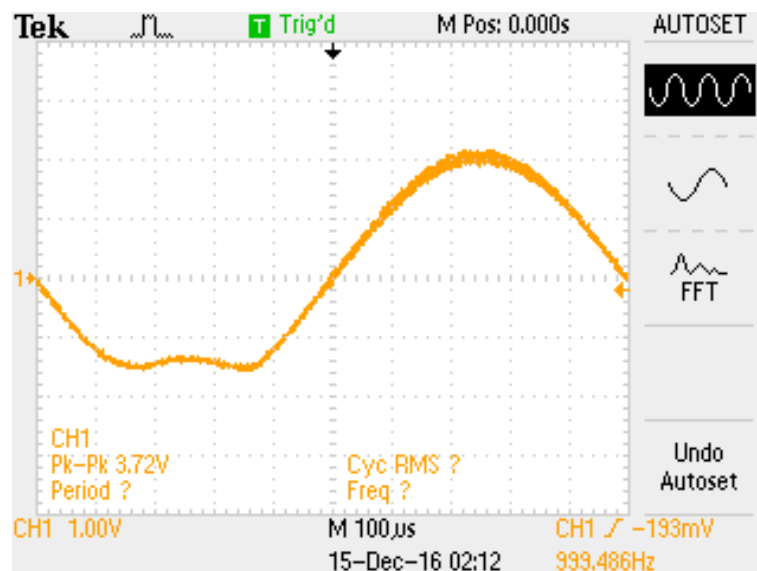
Figur 2: Den demodulerade utsignalen från en dioddetektor. 'Tjockleken' på kurvan beror på urladdning av C_2 som bestäms av R_2C_2 tidskonstanten.



Figur 3: Frekvensdomän för den demodulerade AM-signalen. Längst till vänster är meddelandet vid 1kHz. Det stora harmoniska innehållet i signalen kan bero på att utsignalen egentligen inte är en ren kurva, utan 'sågtandat' på grund av upp- och urladdning av kondensatorn i dioddetektorn.

Följande observationer gjordes vid variation av insignalens olika parametrar:

- Vid minskning av m så minskade amplitudsvariationerna tills amplituden av utsignalen var konstant vid $m = 0\%$. Vid $m \approx 90\%$ så började distortion uppstå, vilket kan bero på övermodulation i kombination med att utsignalen från dioddetektorn inte är en 'ren' kurva. Vid $m > 100\%$ kan effekterna väldigt tydligt observeras (se figur 4).

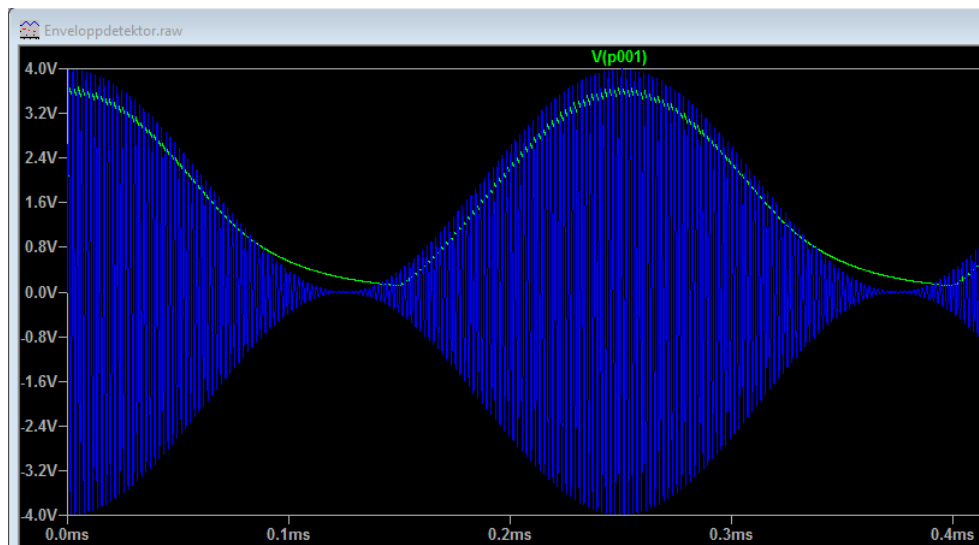


Figur 4: Här kan man se hur sinuskurvan 'reflekteras' när den når sin minpunkt i vänstra rutan

- Vid minskning av f_c så följer utsignalen inte längre topparna på insignalen ordentligt och utsignalskurvan blir 'tjockare'. Detta händer på grund av att dioddetektorns tidskonstant bara är lämplig inom ett visst frekvensområde: om f_c är för låg så hinner kondensatorn ladda ur sig innan nästa oscillation vilket ger stora amplitudsvariationer i utsignalskurvan.

När $f_c > \text{ca. } 3\text{MHz}$ så börjar utsignalens amplitud att avta vilket kan bero på icke ideala egenskaper hos kondensatorerna i kretsen, dvs. att kondensatorerna kan vid höga frekvenser bete sig induktivt.

- Distortion uppstår när $f_m > 4\text{kHz}$. Detta beror, återigen, på att tidskonstanten hos dioddetektorn är missanpassad. Om man antar att urladdningen av kondensatorn under korta tider har en av tidskonstanten bestämd derivata så kan man konstatera att en ökning i f_m skulle medföra derivator i insignalens toppvärden som är större än vad den kan åstadkomma. Detta kan jämföras med *slew rate* hos en operationsförstärkare. Ett exempel av detta visas i figur 5.



Figur 5: Vid 4kHz så kan inte kondensatorn laddas ur tillräckning fort och distortion bildas på negativa flanken. Blå kurvan: V_{AM} . Gröna kurvan: V_{ut} .

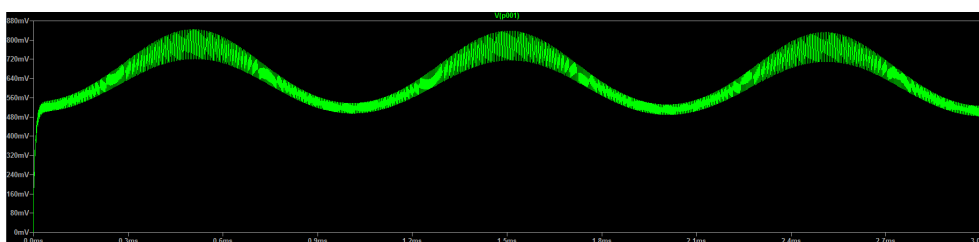
- Vid $V_c < 0,3\text{V}$ så är spänningen för insignalen lägre än diodens tröskelspänning och kretsen slutar att fungera.
- Om dioden vänds i andra riktningen i kretsen så blir utsignalen inverterad.

Uppgift 5 - Konstruktion och test av en flankdemodulator

En flankdemodulator är egentligen ett lågpasfilter i serie med en dioddetektor. Filtret gör att variationer i frekvensrummet hos insignalen kan omvandlas till förstärknings- och därmed amplitudsskillnader. Dvs. den omvandlar en FM signal till en AM-signal som sedan kan demoduleras på samma sätt som i uppgift 2.

För själva dioddetektorn användes samma krets som i uppgift 2. Lågpasfiltret var av RC typ där $R = 330\Omega$ och $C = 2200\text{pF}$. Brytfrekvensen f_g för filtret kunde då bestämmas till 219,2kHz.

Vid undersökning av utsignalen ändrades följande variabler: bärvågsfrekvensen f_c , meddelandefrekvensen f_m , bärvågens frekvensvariation Δf_c och bärvågens amplitud V_c på insignalen. Nominella värden på insignalen vid mätningarna var $f_c = 300\text{kHz}$, $f_m = 1\text{kHz}$, $\Delta f_c = 100\text{kHz}$ och $V_c = 2\text{ volt}$. Utsignalens tidsfunktion vid dessa nominella värden visas i figur 6.

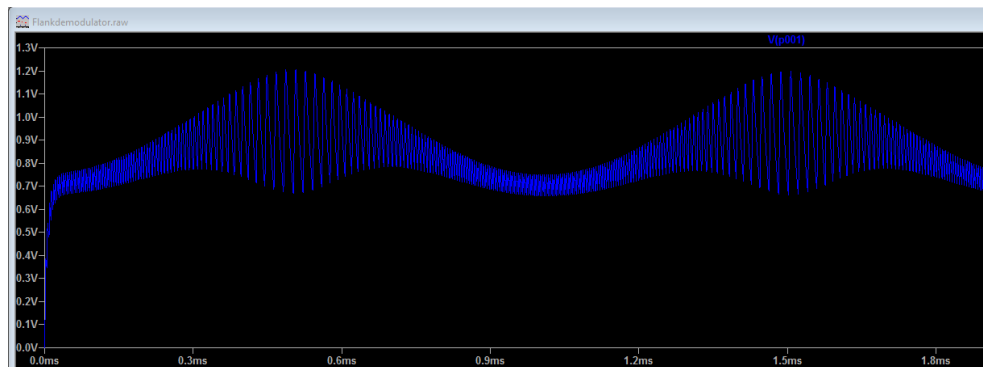


Figur 6: Graf för den demodulerade utsignalen vid nominella värden.

Följande observationer och analyser gjordes vid variation av insignalens parametrar:

- Vid ändring av f_c sker amplitudförändringar i utsignalen utifrån filtrets amplitudsfunktion. Amplitudsfunktionen har två områden: en med statisk förstärkning i frekvensområdet $f_c < f_g$ och ett 'ramp' område med linjärt avtagande förstärkning i området $f_c > f_g$ som faktiskt ger upphov till det önskade beteendet. Om $f_c \pm \Delta f_c$ är inom rampområdet och inte överskrider f_g vid något ögonblicksvärde så fungerar allting korrekt och utsignalen blir likt som om en motsvarande AM-signal hade matats in. Om f_c minskas så att $f_c \pm \Delta f_c$ överskrider f_g så kommer insignalen in på det statiska området vilket ger distortion (se figur 7). För att minska möjligheten för distortion bör f_c ställas in på $f_c > f_g + \Delta f_c$. Med övriga nominella värden blir det i detta fall $f_c > 319,2\text{kHz}$.

Om istället f_c ökas så avtar utsignalen i amplitud enligt lutningen på filtrets frekvensberoende amplitudkurva. Även spektralkomponenterna i frekvensdomän minskas.



Figur 7: Här är majoriteten av $f_c \pm \Delta f_c$ under brytfrekvensen, i frekvensområdet med statisk förstärkning, vilket ger omfattande distortion. Jämför med figur 6

- Vid ändring av f_m i förhållandevis låga frekvenser (1kHz-10kHz) så återspeglas frekvensen i utsignalen. Utöver detta påverkas inte utsignalen nämnvärt.
- Vid variation av V_c så sker en linjär ändring i utsignalens amplitud enligt filtrets amplitudsfunktion.
- Om Δf_c ändras så ändras också amplitudsvariationen på utsignalen, dvs. om Δf_c minskas så minskas också ΔV_{ut} och om Δf_c ökas så ökar ΔV_{ut} . På samma sätt som vid ändring av f_c så kan en ändring i Δf_c göra att $f_c \pm \Delta f_c$ överskrider f_g vilket ger distortion i utsignalen. Amplitudspektrat för utsignalen från dioddetektorn påverkas dock inte nämnvärt av ändringar i Δf_c .