

Introduktion till digitalt oscilloskop

Axel Tojo

Biomedicinsk teknik
LTH



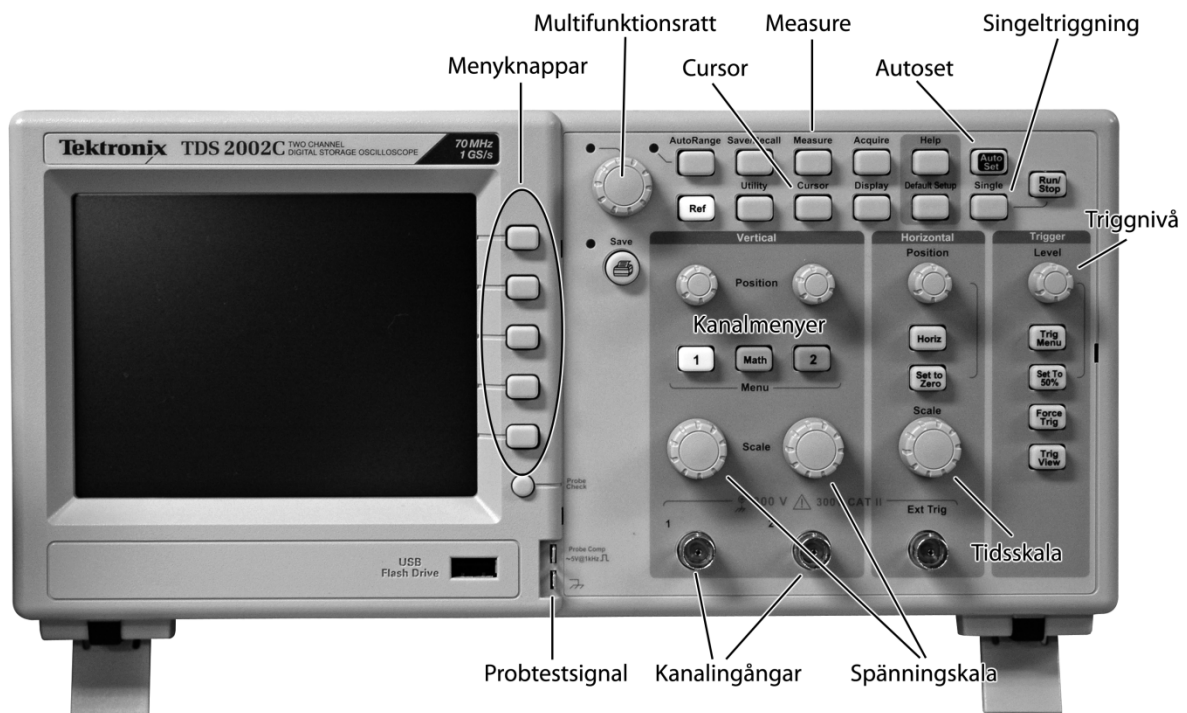
Appendix A - Introduktion till Oscilloskopet

A.1. Varför oscilloskop?

Oscilloskopet är ett av de mest centrala verktygen för en ingenjör när det gäller mätningar av elektriska signaler. I grund och botten är oscilloskopet en spänningsmätare vilket gör det till ett så universellt mätinstrument. De flesta sensor- och kommunikationssystem har spänningssignaler som utsignal; antingen de är i form av likspänningar, växelspänningar, pulser eller digitala koder. Även om det finns många specialinstrument som kan mäta t.ex. frekvens med hög noggrannhet ligger oscilloskopets styrka dels i att det har kapacitet till att utföra alla sorters mätningar men framför allt i dess förmåga att åskådliggöra den uppmätta signalen.

Denna laboration är för att ni som ingenjörer ska lära er behärska oscilloskopet som mätinstrument och förstå dess uppbyggnad och viktigaste delar. Nedan presenteras en översikt av oscilloskopet ur bruksperspektiv medan läroboken ger all teori och bakgrundsinformation som behövs.

A.2. Översikt av oscilloskopet

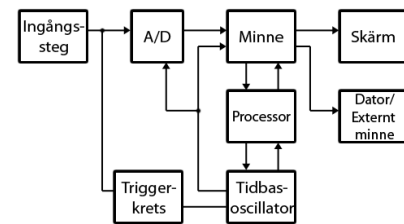


Figur A.1 – Oscilloskopets framsida med funktionsknappar och kontakter.

A.3. Hur oscilloskopet fungerar

Även om ingen detaljkunskap behövs kan det vara av nytta att ha klart för sig de olika huvudkomponenter som utgör oscilloskopet. I Figur A. visas ett blockschema över ett oscilloskop. Signalen kommer in via ett ingångssteg som är en samling av flera olika delar så som lågpasfilter och en AC-/DC-koppling (vilket behandlas i Appendix B). Efter filtrering går signalen in i en analog till digitalomvandlare (brukar kallas A/D-omvandlare eller *ADC – Analog to Digital Converter*) som samplar signalen. Signalen delas där upp i diskreta värden beroende på A/D-omvandlarens upplösning och samplingshastigheten som ges av tidbasoscillatorn. Upplösningen anger hur många fasta steg signalen kan delas in i på spänningsaxeln (ex: 8 bitars upplösning ger $2^8=256$ spänningsnivåer) och samplingshastigheten säger hur ofta insignalen ska mätas (oscilloskopet på laborationen har en maximal samplingshastighet på 1 GS/s, dvs. 10^9 samplingar per sekund). Tillsammans bestämmer dessa två hur noggrant signalen kan återges.

Den centrala delen i oscilloskopet är minnet där all insamlad data lagras och det är också detta som återges på skärmen. Det är viktigt att förstå att det som visas på skärmen är *bela* minnet. Därför betyder de inställningar man gör för hur signalen visas på skärmen även hur bra minnet utnyttjas. Detta behandlas mer i Appendix B. Till minnet är det kopplat en processor som sköter mätningar, inställningar, menyer, matematisk analys och alla övriga funktioner oscilloskopet har. Till minnet kan man också koppla in externa system, antingen i form av ett USB-minne som kan spara skärmbilder eller en dator som både kan lagra data men även styra oscilloskopet via program så som LabView eller Matlab.



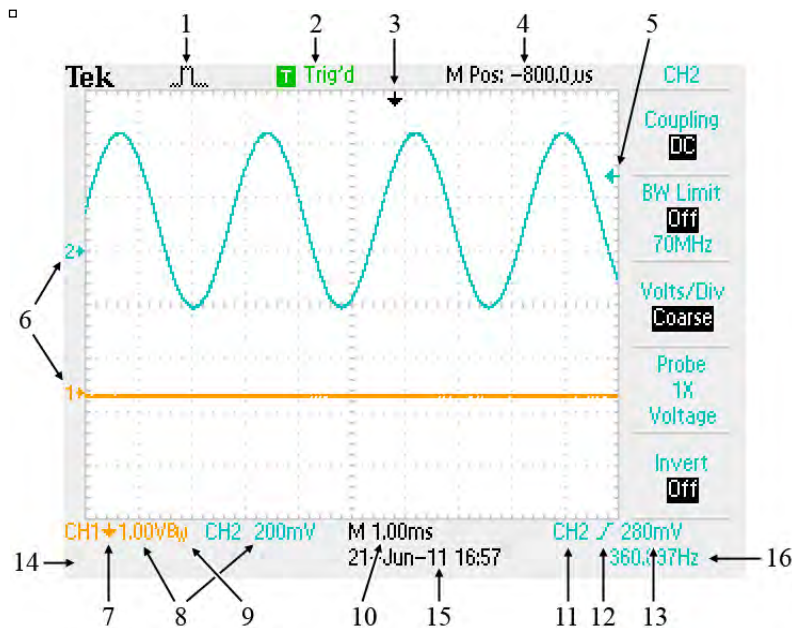
Figur A.2 - Förenklat blockschema över oscilloskopets delar.

Den del som inte behandlats än är triggerkretsen. Kretsens uppgift är att "läsa" signalen så att signalen står stilla på skärmen. Triggerkretsen har en fast spänning som den jämför insignalen med. Tiden mellan det att insignalen passerar det fasta värdet på samma flank är en period och oscilloskopet kan därför ställa in avläsningen så att signalen visas stillastående istället för att flyta fram. Ovanstående gäller naturligtvis endast för periodiska signaler (så som en sinusvåg) men kommer även till stor nytta i andra sammanhang. Eftersom signalen inte visas i realtid utan först sparas till ett minne går det att se vad som händer både före (s.k. förtriggning eller *pre-triggering*) och efter triggpunkten. Detta utnyttjas också vid singeltriggning som används då engångsförlopp eller transienter studeras. Några exempel på engångsförlopp är resistansförändringen då en lampa tänds, digitalt omslag från 1:a till 0:a eller en pacemakerpuls. Vid dessa situationer används singeltriggning vilket innebär att efter triggerpunkten passerats fylls minnet för att därefter "frysas" så att engångsförloppet kan studeras i lugn och ro.

A.4. Oscilloskopets fönster och funktioner

Naturligtvis är det viktigt att lära sig olika metoder för att mäta upp en signal, men endast en blick på oscilloskopfönstret ger en förvånansvärt god överblick över hur signalen ser ut. Bilderna nedan är anpassade i färger för att passa för svartvit utskrift varvid de faktiska färgerna i oscilloskopet kan se olika ut beroende på märke och modell.

Figur A. visar ett exempel på hur fönstret ser ut för ett Tektronix TDS2002C med de olika delarna numrerade. Längst till höger finns menyerna som ändras beroende på vilken funktion som är aktiv, dessa behandlas inte här utan kommer att visas lite i Appendix B och framför allt under laborationen.



Figur A.3 - Översikt av oscilloskopets fönster. De olika delarna är numrerade och förklaras i huvudtexten. På kanal 2 visas en sinussignal och på kanal 1 en likspänning som ligger på jordnivå.

1. Denna ikon visar "Acquisition mode" vilket inte behandlas i denna laboration.
2. Här visas triggerkretsens status enligt följande tabell

<input type="checkbox"/> Armed	Oscilloskopet samlar in förtriggningsdata
<input checked="" type="checkbox"/> Ready	All förtriggerdata har samlats in och oscilloskopet väntar på en trigger signal.
<input checked="" type="checkbox"/> Trig'd	Oscilloskopet är triggat och samlar in posttriggerdata.
<input checked="" type="checkbox"/> Stop	Datinsamlingen är stoppad.
<input checked="" type="checkbox"/> Acq. Complete	Oscilloskopet har avslutat en singeltriggningssekvens.
<input checked="" type="checkbox"/> Auto	Triggern är i auto-läge och samlar in data utan närvaro av triggerpunkt.
<input type="checkbox"/> Scan	Scan mode: Oscilloskopet samlar in och visar data kontinuerligt.

3. Pilmarkeringen visar triggerpunktens position i tidsled.
4. Anger tiden för mitten på fönstret i tidsled. Triggerpunkten räknas som tidsaxelns nolla.
5. Pilmarkeringen visar triggerpunktens spänningsnivå.
6. Dessa pilar visar jordnivå för respektive kanal angivet av siffran. Om ingen pil syns är kanalen avstängd.
7. Om en pil visas här är vågformen för kanalen inverterad.
8. Värdet visar skalan i spänningsled. Värdet är angivet per ruta (Volt/ruta).
9. En BW-symbol (Band Width) anger att kanalen är lågpasfilterad så att alla frekvenser över 20 MHz tas bort.
10. Värdet visar skalan i tidsled, här 1,00 ms/ruta. Värdet är angivet per ruta och är samma för alla kanaler.

11. Här anges vilken kanal som används för trigging.
12. Visar om signalen triggas på uppåtgående eller nedåtgående flank.
13. Värdet anger spänningsnivån för triggerpunkten.
14. Här visas hjälp- och statusmeddelanden.
15. Datum och tid.
16. Värdet visar signalens frekvens (mätt på den kanal som triggerpunkten är inställd på).

Dessa punkter kan tyckas många att lära sig men återkom till dem under laborationen så kommer du intuitivt att lära dig vad de anger.

A.5. Proben

Proben används, precis som namnet avslöjar, för att koppla en signal till oscilloskopet. I ena änden på proben (Figur A.) sitter en koaxialkontakt som kopplas in mot en av oscilloskopets kanaler. Den andra håller den del som används för att mäta på en signal. Vanligtvis består själva probhuvudet av en krok som kan hakas på komponentben, lösa sladdar, lödöron eller annan fritt liggande metall. Eftersom spänning är ett förhållande i potential mellan två punkter måste även en jordkontakt kopplas in och denna sitter vanligtvis som en sidosladd från probhuvudet. Den första anledningen till att använda en prob är alltså för att enkelt kunna kontaktera det som mäts på.

Vidare har proben ytterligare ett par funktioner. Med ett mätinstrument som oscilloskopet är det inte önskvärt att påverka mätobjektet så att det går ström genom oscilloskopet. Vid mätning på signaler med hög amplitud kan därför en dämpande prob användas. Dessa finns med olika dämpning så som 10X, 100X, 500X osv. och vissa är även ställbara. En 10X-prob dämpar således signalen till en tiondel av det ursprungliga värdet. Om en dämpande prob används måste detta även ställas in i oscilloskopet så att rätt amplitud visas (se Appendix B). Det går naturligtvis även att koppla in en signal till oscilloskopet med en vanlig koaxialkabel eller via någon övergångskontakt i vilket fall en 1X-inställning ska användas.

En sideffekt av probens konstruktion är att den blir frekvensberoende om den inte är rätt inställd. Signalen dämpas alltså olika mycket beroende på frekvens och detta måste kompenseras för. Proceduren är enkel och en guide för hur probkompenseringen går till finns i Appendix C.



Figur A.4 - En oscilloskopsprob av standardutförande. Koaxialkontakten kopplas till oscilloskopet och probhuvudet används till att mäta spänningen mot jordpunkten.

Appendix B - Uppmätning av okänd signal

B.1. Inledning

Det finns ett generellt tankesätt att följa då en okänd signal eftersöks i oscilloskopet: arbetssättet är att ”jobba utifrån och in”, att successivt zooma in på signalen.

Ett vanligt misstag är att använda en alldeles för liten skala, både i spännings- och tidsled. Risken är att endast en liten del av signalen eller rent av brus är det som visas på skärmen. För att undvika detta bör oscilloskopet vara inställt på att visa stora spänningsvariationer under lång tid (många Volt/ruta och många sekunder/ruta).

Innan mätningen påbörjas finns dock ett två inställningar att kontrollera. Den första är AC-/DC-koppling som står för *Alternating Current/Direct Current* alltså växelspanning och likspänning. DC-koppling visar signalen som den ser ut i verkligheten dvs. att både likspännings- och växelspänningskomponenter finns kvar. Ställs däremot AC-koppling in tas alla likspänningsnivåer (*offset*) bort och endast växelspänningen kvarlämnas. Offset:en försvinner alltså och signalen kommer alltid att svänga kring nollnivån (som markeras av pil i vänsterkant på skärmen). Generellt sett är det bra att använda DC-koppling eftersom hela signalen kommer med. För att först hitta signalen kan dock AC-koppling med fördel användas. Vidare kan det bli lättare att detaljstudera små AC-variationer som är överlagrade på en likspänning.

B.2. Att hitta en okänd signal

1. Slå på oscilloskopet men vänta med att koppla in mätobjektet.
2. Aktivera den kanal som ska anslutas till mätobjektet. En kanal aktiveras genom att trycka på knappen för kanalmenyn (markerade med ”1” eller ”2” och motsvarande färg) varvid jordpunkten bör vara markerad med kanalsiffran i vänsterkanten på skärmen. För att stänga av en kanal trycks samma knapp ner en gång till.
3. Om proben ej redan är kalibrerad bör detta göras nu, tillvägagångssättet finns i 0.
4. Gå in i trigg-menyn (”Trig Menu”) och kontrollera under ”Source” att den valda kanalen triggar oscilloskopet. Ställ vidare in oscilloskopet på Auto under menyvalet ”Mode”.
5. Anslut nu mätobjektet till proben.
6. Kontrollera att rätt probdämpning är inställd i kanalmenyn under ”Probe”.
7. Börja nu med en låg upplösning och lagom långsam inspelning för att sedan öka upplösningen successivt tills en bra och stabil bild framträder.
8. Om signalen är svår att hitta kan oscilloskopet AC-kopplas så att den alltid ligger runt nollan. Tänk dock på att lågfrekventa signaler kan förvrängas vid AC-koppling.

B.3. Measure

Measure-funktionen erbjuder ett enkelt sätt att snabbt och enkelt mäta flera signalparametrar på en gång. Märk dock att *Measure* inte ger speciellt exakta mätningar vid höga brusnivåer eller överlagrade signaler.

Bland funktions- och inställningsknapparna högst upp på oscilloskopet finns Measure enligt figur A.1. I menyn kommer det fram fem fack som individuellt kan ställas till att mäta olika parametrar. För att ställa in mätningen öppnas helt enkelt ett av menyfacken. Där går det att ställa in vilken signal som ska mätas (1 eller 2) under ”Source” och sedan vad som ska mätas under ”Type”. Det går även att välja ”Type” med multifunktionsratten för att bläddra snabbare. Efter inställningen är klar används ”Back” för att återgå till huvudmenyn där den valda mätningen nu finns att se konstant. Om värdet för en av mätningarna följs av ett frågetecken betyder det att värdet inte är att lita på och spännings- eller tidsskalan måste justeras.

B.4. Cursor

Cursor är ett mer manuellt mätverktyg i oscilloskopet som kan vara bättre att använda t.ex. vid brusiga signaler. Två linjer används som "linjaler" till att mäta antingen tid eller amplitud enligt följande schema:

1. Tryck på "Cursor" för att gå in i menyn.
2. Välj vad som ska mätas (amplitud eller tid) under "Type".
3. Välj vilken kanal som ska mätas på. Tänk på att kanal 1 och 2 kan ha olika spänningsskala, dock är tidsskalan alltid samma.
4. Välj "Cursor 1" och ställ in dess position med hjälp av multifunktionsratten.
5. Välj "Cursor 2" och ställ in dess position med hjälp av multifunktionsratten.
6. Oscilloskopet visar nu positionen för varje cursor och även skillnaden dem emellan (\square V eller \square T).
För tidsmätning visas även automatiskt frekvensen för periodtiden.
7. För att stänga av cursors ställs "Type" till Off.

Cursors kan också användas för att mäta frekvens eller magnitud vid FFT-mätning. Tillvägagångssättet är exakt detsamma, men källan måste ställas in på "MATH" (trots att signalen kommer in via kanal ett eller två).

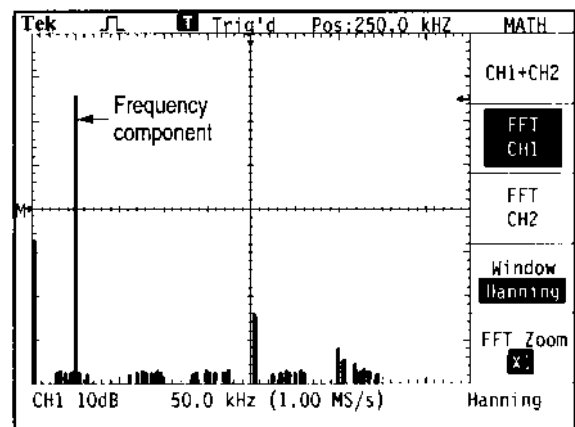
B.5. Fast Fourier Transform - FFT

Oscilloskopet TDS 2002C som använts på laborationen har utrustas med en extra FFT-modul så att frekvensanalys kan utföras på insamlad mätdata eller i realtid. Mer information om själva fouriertransformen och FFT finns i kursboken.

FFT nås genom att trycka på knappen "MATH" mellan kanal ett och två. Math-funktionen kan även utföra andra matematiska operationer, men för att komma till FFT måste detta väljas under menyvalet "Operation". I FFT:n finns fönstrets skala längst ner till vänster precis som i tidsdomänen (se figur B.1), här är det dock också viktigt att hålla reda på samplingshastigheten (som visas bredvid frekvensaxelns skala). Om samplingshastigheten understiger Nyquist-kriteriet kommer insignalen vikas och därmed visas felaktigt.

För att få ett bra startvärde när FFT:n börjar användas är det lämpligt att först ställa in signalen snyggt i tidsdomänen så att ett par perioder syns. Detta ger en bra grundinställning av samplingshastigheten. Proceduren går alltid att återupprepa för att återfå bra inställningar.

FFT-funktionen använder sig av olika "fönster"-funktioner för att få en bra uppskattning på frekvensinnehållet i signalen. Olika fönster används för att nå hög noggrannhet hos olika parametrar i signalen, så som amplitud-noggrannhet och frekvens-noggrannhet. Hanning-fönstret i bilden tar bort mycket av signalen i början och slutet för att bredden av frekvensen ska bli så liten som möjligt. Detta medför dock att ytterst lite av den korrekta amplituden finns kvar. Flattop-fönstret är något av en kompromiss mellan Hanning- och Rectangular-fönstret så att mer av amplituden finns kvar; kanterna dämpas dock fortfarande ut för att undvika breddning. Rectangular-fönstret viktat hela fönstret lika vilket orsakar breddning, men detta kommer till nytta då pulser eller transienter studeras. I dessa fall är signalen inte periodisk och oftast är hela frekvensinnehållet intressant varvid Hanning- eller Flattop-fönstren skulle förvränga signalen.



Figur B.2 – Skärmbild över en FFT-analys av den insamlade signalen. I mitten längst ner på skärmen syns den aktuella samplingshastigheten

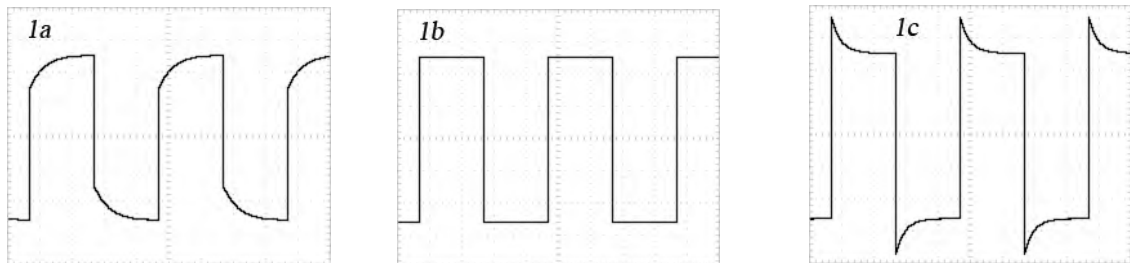
Appendix C - Trimning av proben

C.1. Inledning

Som det står i Appendix A är proben ett viktigt verktyg vid arbete med oscilloskopet, både för att ge få korrekta mätdata och att skydda oscilloskopet. En av de viktigaste sakerna att ha i åtanke med en prob är att dess dämpning av signalen är frekvensberoende om inte proben är rätt inställd. Detta innebär att en signal med en hög frekvens i oscilloskopet kan visas med en högre eller lägre amplitud än den verkliga har, vilket beror på att den variabla kondensatorn i proben har för hög eller för låg kapacitans i förhållande till kapacitansen i ingången på oscilloskopet. För att korrigera så att detta inte inträffar måste proben kompenseras (dvs. kapacitansen justeras) innan mätningar påbörjas. Om proben flyttas till ett annat oscilloskop måste den kompenseras igen eftersom kapacitansen i ingången på alla oscilloskop (även om de är av samma modell) kan skilja sig lite åt. Proceduren för att kompensera proben är relativt enkel och tillvägagångssättet följer nedan.

C.2. Probkompenseringsprocedur

1. Koppla in probens koaxialkabel på den kanal som ska användas.
2. Ställ in den dämpning på proben som ska användas (om ställbar).
3. Gå till motsvarande kanalmeny (knappen är märkt med kanalens nummer och eventuella färg) och ställ in samma dämpningsfaktor under menyvalet "Probe".
4. Koppla nu in proben på oscilloskopets egen probkompenseringsignal. Denna sitter oftast mitt på oscilloskopet intill skärmen i form av två guldpläterade öglor som proben kan haka fast i. Sätt jordsladden på öglan med jordsymbol och fäst probhuvudet i den andra öglan.
5. Leta upp signalen som är i form av en fyrkantsvåg på oscilloskopet. Det är lagom att titta på ungefär två till tre våglängder. Det finns tre olika sätt som signalen kan se ut på enligt figur C.1. Är signalen korrekt kompenserad har den en perfekt fyrkantensform (C.1b). En underkompenserad prob har däremot "slöa" eller avrundade flanker (C.1a) medan en överkompenserad prob har kraftiga överslänger eller spetsar i kanterna (C.1c).



Figur C.1 – Olika fall av kompensering för en dämpande prob. 1a) En underkompenserad prob har avrundade flanker. 1b) En korrekt kompenserad prob dämpar alla frekvenser lika och en fyrkantsvåg återges därmed perfekt. 1c) En överkompenserad prob uppvisar de karaktäristiska spetsarna i vänsterhörnen. Det är lätt att se (och komma ihåg) om en prob är över- eller underkompenserad. Går flanken över fyrkantsplatån är proben överkompenserad och går den under idealkanten är den underkompenserad.

6. Vrid på probkondensatorskruven med en trimmejsel (finns hos labbhandledaren) tills fyrkantsvågen faktiskt ser fyrkantig ut. Då är probkompenseringen optimal. Skruven sitter antingen på probhuvudet eller på koaxialkontakten. Det är viktigt att trimmejseln är av plast eller annat oledande material eftersom en metallskruvmejsel kan påverka kondensatorn i proben så att proben blir okompenserad så fort skruvmejseln tas bort.
7. Nu är proben redo att mäta på alla signaler.

C.3. Övrigt

Oavsett om proben används eller ej är det av yttersta vikt att även oscilloskopet är inställt rätt. Eftersom proben dämpar signalen t.ex. 10 gånger måste också skalan ställas för detta så att värdet som visas på skärmen blir rätt. Så fort en ny mätomgång påbörjas, oscilloskopet eller kanalen byts måste detta kontrolleras. I menyn för varje kanal finns ett val som heter "Probe". Detta värde måste ställas in till att passa den aktuella proben. Om ingen prob används ska inställningen vara 1X.

Appendix D - Spara bilder från oscilloskopet

Nedan följer en introduktion till hur skärmbilder kan sparas från oscilloskopet till ett USB-minne.

Alternativ 1 - Print Button

1. Sätt i USB-minnet.
2. Tryck på knappen "Save/Recall".
3. Under "Action" välj "Save All".
4. Under "Print Button" välj "Save Images To File". Nu kommer en skärmbild med autogenererat namn sparas till den mapp som sätts nedan när "Print"-knappen (markerad med en skrivarsymbol) trycks in.
5. Om en speciell mapp inte väljs kommer filerna att sparas i roten på USB-minnet. Tryck "Select Folder" för att bläddra till rätt mapp. Flytta med hjälp av cursor-ratten och tryck på menyvalet "Change Folder" för att gå in i en mapp.
6. Tryck på "Print"-knappen för att spara en skärmbild. Härefter fungerar också "Print"-knappen oavsett i vilken meny som är aktiv för tillfället.

Alternativ 2 - Save/Recall

1. Sätt i USB-minnet.
2. Tryck på knappen "Save/Recall".
3. Under "Action" välj "Save Image".
4. Välj mapp enligt Alternativ 1 (annars sparas bilden till roten på USB-minnet).
5. Välj filformat under "File Format". Tillgängliga format är .bmp, .eps, .jpeg, .pcx, .rle och .tif.
6. Tryck på menyvalet "Save" för att spara skärmbilden till USB-minnet.

