

LeCroy DSO Guide

Denne skrivelse er ment som en guide / hjælp til hvad man skal være opmærksom på når der skal vælges et digitalt storage oscilloskop (DSO).

- 1) Hukommelsesdybde (opsamlingshukommelse).
- 2) Sample rate
- 3) Båndbredde
- 4) Parametre og matematik
- 5) Dokumentation
- 6) Brugervenlighed

Derudover er det vigtigt at kende oscilloskopets triggerfaciliteter, samplingshastighed på periodiske signaler, processorhastighed og sidst men ikke mindst valg af prober.

Hukommelsesdybde

En dyb hukommelse giver flere fordele. Først og fremmest: Jo større hukommelse, desto længere tid (T/div) kan den maksimale opgive samplingshastighed opretholdes. Nedestående formel, som gælder for alle digitale oscilloskoper, viser dette:

$$Timewindow(TW) = \frac{T}{div} \times 10 = \frac{hukommelsesdybde}{samplerate} \Rightarrow$$

$$Samplerate = \frac{hukommelsesdybde}{TW}$$

Andre fordele:

- Der mistes ingen detaljer på grund af højere effektiv samplerate
- Permanent glitch capture uden forvrængning af kurveform
- Bedre tids- og frekvensopløsning
- Ingen " dødtid " mellem events

Nedenfor gives et godt eksempel på hukommelsesdybdens betydning:

To ens oscilloskoper, hvor den eneste forskel er, at det ene scop har 100k hukommelse og det andet 1M hukommelse. Begge scoper viser 20ms data (TW), det vil sige at T/div. er indstillet til 2ms/div.

$$100k \text{ scopet digitaliserer således: } \frac{20ms}{100.000} = \frac{0,2us}{\text{målepunkt}} = \frac{5MS}{s}$$

$$1M \text{ scopet digitaliserer således: } \frac{20ms}{1.000.000} = \frac{20ns}{\text{målepunkt}} = \frac{50MS}{s}$$

Det ses, at samplerate og opløsning er en direkte funktion af hukommelsesdybden. Det samme gør sig iøvrigt gældende ved en FFT analyse.

Samplerate:

Ifølg Nyquist, så skal der samples mindst 2 gange hurtigere end signalets frekvens. I praksis skal der samples hurtigere end 2 gange. Imidlertid, hvis der kun fokuseres på samplerate, og tror at alt er vel, så gør man en fejlkonklusion. Et digitalt oscilloskop bruges netop til at se “ udpege “ anormale tilfælde, hvorfor det er vigtigt at se på triggerkapaciteten. Hvis man blot bruger sit oscilloskop med en relativ lille tidsbase og herefter ser på signalet, så skal man gøre sig klart, at man kun ser på en meget lille brøkdel af alle hændelser. Den absolut langsomste del på et DSO er skærmopdateringen. Et almindeligt DSO kan ”kun” opdatere skærmen 5000 gange i sekundet. Hvis der måles på et 1MHz signal ses kun 0,5% af alle hændelser. I 99,5% af tiden er oscilloskopet “ blindt.”

Er signale repetitivt, så er det naturligvis ligegyldigt at der kun ses 0,5% af alle tilfælde. Alle LeCroy oscilloskoper sampler iøvrigt mellem 50GS/s og 200GS/s på repetitive signaler.

Er det imidlertid sådan, at man ønsker at “ fange “ anormale tilfælde, så kan man indstille sin trigger til f.eks “ glitchtrigger “ (pulsbredde). Her er det naturligvis vigtigt, at der kan indstilles tider der matcher oscilloskopets samplings-hastighed. Med LeCroyes populære waverunner oscilloskoper kan der indstilles “ glitches “ ned til 500ps i step à 500ps. I mange tilfælde er det sådan, at når først der er opnået stabil triggertilstand, så er signalet faktisk repetitivt, og her er det så, at LeCroy scoper kan sample ækvivalent mellem 50GS/s og 200GS/s.

Af formlen $TW = \text{hukommelsesdybde} / \text{samplerate}$, fremgår det, at man skal være opmærksom på hvilken samplerate scopet faktisk samler med. Selv om et oscilloskop er opgivet med f.eks. 5GS/s, så er det ikke givet, at oscilloskopet samler med denne hastighed, det kommer nemlig helt an på scopets hukommelsesstørrelse og den indstillede T/div.

Tabellen efter afsnittet **båndbredde** giver tre eksempler på samplerate i forhold til hukommelsesstørrelse og T/div. Den første række angiver samplerate for et scop med en opgivet samplerate på 5GS/s og en hukommelsesdybde på 10k. Den anden række angiver samplerate for et scop med opgivet samplerate på 500MS/s og en hukommelsesdybde på 250k. Endelig angiver den tredje række samplerate for et scop med opgivet samplerate på 500MS/s og en hukommelsesdybde på 1M.

Båndbredde.

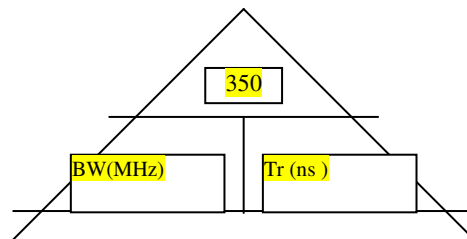
Båndbredden angiver indgangsforstærkerens specifikationer for digitaliseringshastigheden. Digitizerens indgangsforstærker og dens filtre bestemmer båndbredden. For at kunne måle på hurtige pulser og stejle flanker, så må digitizeren have en båndbredde der tillader disse højfrekvente signaler at passere.

Hvor stor en båndbredde der så skal vælges afhænger af det signal der skal måles på. Det er derfor en god ide, at bestemme sit signal før der investeres i et kostbart oscilloskop. Signalet kan bestemmes ved, at estimere den hurtigste risetime som signalet indeholder. Risetime er defineret som hastigheden af stigetiden fra 10% til 90% af en given puls' flanke. Et signals båndbredde er defineret som:

$0,35 / \text{risetime}$. Hvis f.eks. signalets hurtigste risetime er 1ns, så er båndbredden 350MHz. Når fabrikanter opgiver båndbredden på deres oscilloskoper, så er det der hvor signalet er dæmbet 3dB.

En god huskeregel :

$350 / \text{båndbredde (MHz)} = \text{risetime (ns)}$, eller
 $350 / \text{risetime (ns)} = \text{båndbredde (MHz)}$



Hvis et oscilloskop er opgivet til f.eks. 350MHz båndbredde, så betyder det, at alt over 350MHz vil blive filtreret fra. Nedenfor vises hvilket resultat der fås når der benyttes hhv. et 350MHz oscilloskop og et 1GHz oscilloskop til at måle et signals stigetid (risetime) på 1ns. En generel regel er: $\text{tr osc.} = 0,35/\text{BW}$ (båndbredde).

Ved at benytte denne generelle regel ses det, at et 350 MHz oscilloskop i sig selv har en risetime på: $0,35/350 * 10E6 = 1\text{ns}$ (tr osc.). Hvis det signal der skal måles på også har en risetime på 1ns (tr sign.), så vil oscilloskopet måle:

$$\text{trmeas} = \sqrt{\text{tr osc}^2 + \text{tr sig}^2} = \sqrt{1^2 + 1^2} = 1,41\text{ns}$$

Et oscilloskop med 1GHz analog båndbredde har i sig selv en risetime på

$$\text{tr osc} = \frac{0,35}{1 \times 10^9} = 0,35\text{ns}$$

I eksemplet her, hvor der måles på et signal med en stigetid på 1ns, da vil

1 GHz oscilloskopet måle: $\text{trmeas} = \sqrt{1^2 + 0,35^2} = 1,06\text{ns}$

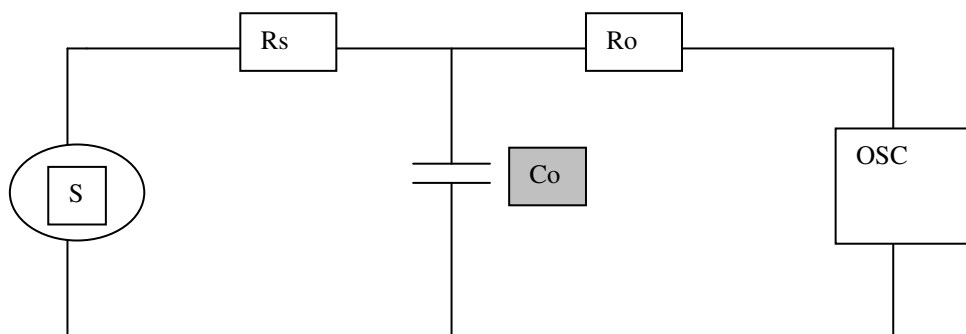
Ved, i dette eksempel, at vælge et oscilloskop med 1 GHz båndbredde, er målefejlen reduceret til 6%. I ovenstående eksempel er der endda ikke taget hensyn til den målefejl som proben giver anledning til.

Prober:

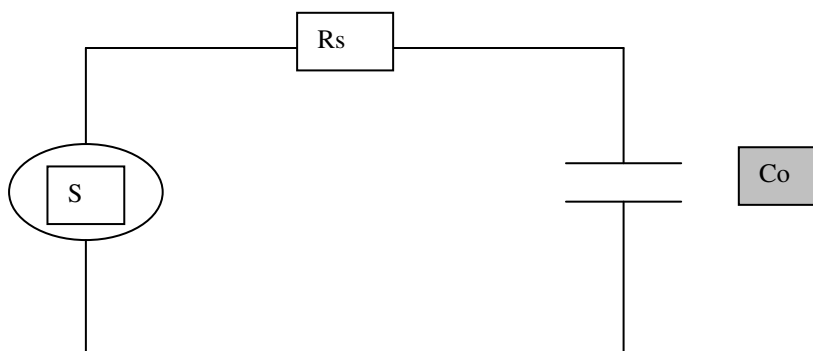
Advarsel ! Når du tilkobler en probe, så er der stor risiko for, at det målte signal forvrænges.

Høj impedans prober.

I mange tilfælde vælges en 500MHz 10Mohm passiv probe. Ved at benytte en sådan probe er det muligt at måle på et givet kredsløb uden at belaste kredsløbet, ihvertfald ved DC og lavere frekvenser. Ved højere frekvenser er situationen imidlertid anderledes. Nedestående viser skematisk et målekredsløb samt oscilloskop inklusive probe:



Hvis R_s er 50 ohm og R_o 10Mohm, så kan der ses bort fra R_o , og kredsløbet er da reduceret til nedestående diagram:



C_o et typisk 10 pf.

Reaktansen (impedansen) for en kapacitans er : $\frac{1}{2\pi \times f \times c}$. Det ses, at jo højere frekvens desto

mere belaster probens kapacitans (Co).

Måles der f.eks. på et 200MHz signal, så er impedansen af Co = 80 ohm. kapacitansen har endvidere også indflydelse på signalets stigetid. Klassisk kredsløbsteori siger, at risetime af det her beskrevne system er: $2,2 R_s * C_o$.

Hvis kredsløbets egen risetime (ts) er **1ns**, så bliver risetime ved tilkobling af oscillo-

skopet (t tot): $t_{tot} = \sqrt{t_s^2} + \sqrt{(2,2 \times 50 \times 10^{-12})^2} = 1,49ns$

Det vil sige, at tilkobling af oscilloskop med tilhørende 10M ohm probe i dette tilfælde ændrer kredsløbets risetime med 49%.

En tredje uheldig indflydelse kapacitansen har, er indflydelsen på båndbredden (BW). Kredsløbet har med tilkobling af oscilloskop og probe en båndbredde på:

$BW = \frac{1}{2\pi \times R_s \times C_o}$, hvilket i dette tilfælde giver 318MHz.

Hvis kredsløbets oprindelige båndbredde var 500MHz, så er båndbredden nu reduceret til 318MHz.

Konklusion:

Ved at benytte højimpedanset passive prober opnåes en effektiv separation mellem selve oscilloskopet og kredsløbet der måles på, til gengæld har proben ved højere frekvenser en uheldig indflydelse:

❑ **Belastning af kredsløbet: $R_x = 1/ C_o * f * 2\pi$**

❑ **Påvirker risetime: $T_r = 2,2 * R_s * C_o$**

❑ **Påvirker båndbredden: $BW = 1/ 2\pi * R_s * C_o$**

Alternativer til passive prober er aktive FET prober og aktive differential prober. Med disse prober er det muligt at måle op til 2GHz uden at forvrænge signalet og belaste kredsløbet i væsentlig grad.

Parametre

Med LeCroy scoper kan der måles en række vigtige parametre. LeCroy har, ligesom andre oscilloskopfabrikanter, sin egen terminologi og forkortelser for de forskellige parametre. Nogle af forkortelserne er selvforklarende, mens andre måske ikke helt giver sig selv. Fig. 2, 3 og 4 viser nogle af de væsentligste parametre. I det følgende gives en kort beskrivelse.

ampl: Måler foreskellen mellem højeste niveau og laveste niveau. Forskellig fra **pkpk**, idet støj, overshoot og undershoot ikke medtages. Definitionen er: **top-base**. På signaler som ikke har to entydige niveauer (f.eks. trekant signaler) vil **ampl** og **pkpk** have samme værdi (se fig. 2).

area: Integralet af data. Beregner arealet under en givet signal mellem de to vertikale cursors. Værdier større end nul bidrager positivt og værdier mindre end nul bidrager negativt (se fig. 3). Definition: Sum af data fra **first** til **last** multipliceret med den horisontale tidsakse.

base: Laveste entydige niveau af et signal, støj og undershoot medtages ikke. På signaler som ikke har noget entydigt lavt niveau (f.eks. trekant signaler) , vil **base** have samme værdi som **min** (se fig. 2).

cycles: Bestemmer antallet af perioder af et periodisk signal mellem de to vertikale cursors. (se fig. 3).

cmean: Cyclic mean: Beregner middelværdien af et signal over et helt antal perioder. I modsætning til **mean** elimineres skævheder forårsaget af fraktionelle perioder.

cmedian: Cyclic median: Beregner middelværdien af **base** og **top** værdierne over et helt antal perioder. I modsætning til median, elimineres skævheder forårsaget af fraktionelle perioder.

crms: Cyclic root mean square: Beregner rms værdierne over et helt antal perioder. I modsætning til **rms**, elimineres skævheder p.g.a. fraktionelle perioder.

csdev: Cyclic standard deviation: standard afvigelsen af data i forhold til middelværdien over et helt antal perioder. I modsætning til **sdev**, beregnes værdien over et helt antal perioder hvorved skævheder elimineres p.g.a. fraktionelle perioder.

delay: Tiden fra trigger til gennemgang: Måler tiden mellem trigger og første 50% gennemgang (mesial) efter venstre cursor (se fig 3). Kan f.eks bruges til at måle forsinkelser mellem to signaler, ved at trigge på det ene signal og måle **delay** på det andet signal.

Δdly: Δ delay: bestemmer tiden mellem 50% niveau af to signaler.

Δt@lv: Δt at level beregner gennemgang mellem valgfrie niveauer. Tiden imellem gennemgang af to signaler, eller tiden fra trigger til gennemgang af et enkelt signal.

Δc2d±: Δclock til data±: Beregner differensen mellem tiden fra clock treshold passering til enten næste Δc2d± eller tidligere Δc2d± threshold passering (se fig 4).

dur: Tiden fra først dataopsamling til tiden for sidste dataopsamling for: Average, histogram eller sequence waveform.

duty: Brede som procent af perioden. **Width / period** (se fig. 3).

f80-20%: Fall 80-20%: Fall tid mellem 80% og 20%. Middelværdien mellem cursors.

fall: Fald tid: Fald tid mellem 90% og 10%. Middelværdi mellem cursors.

f@level: Fald tid: Fald tid mellem to frit specificerede niveauer.

first: Den horisontale værdi ved venstre cursor. Venstre cursor position. (Se fig. 3)

freq: Frekvensen af et signal: $1 / \text{periodetid}$. Midelværdien mellem cursors. (Se fig. 3).

last: Tiden fra triggerpunkt til højre cursor. (Se fig 3).

maximum: Måler højeste punkt på kurven. Højeste vertikale værdi mellem cursors. (Se fig. 2).

mean: Middelværdien af data.

median: Middelværdien af **top** og **base** værdier.

minimum: Måler laveste punkt på kurven. Laveste vertikale værdi mellem cursors. (Se fig 2).

over-: Procentuelle værdi af negative overshoots i forhold til amplitude: $(\text{base} - \text{minimum}) / \text{ampl} * 100$. (Se fig. 2).

over+: Procentuelle værdi af positive overshoots i forhold til amplitude: $(\text{maximum} - \text{top}) / \text{ampl} * 100$. (Se fig. 2).

period: Periodetid (se fig 3).

- pkpk:** Differencen mellem højeste og laveste punkt på en given kurve:
Maximum – minimum. (Se fig 2).
- phase:** Fase differens mellem signal og referencesignal.
- points:** Antal målepunkter i kurveformen mellem de to cursors. (Se fig. 3).
- r20-80%:** Rise 20-80%: Rise time mellem 20% og 80%. Middelværdien mellem cursors.
- r@level:** Rise at level: Rise time mellem to frit specificerede niveauer.
- rise:** Rise time mellem 10% og 90%. Middelværdien mellem cursors.
- rms:** Root Mean Square . Effektivværdien mellem de to cursors.
- sdev:** Standard deviation: Beregner standardafvigelsen mellem de to cursors.
- t@level:** Time at level: Tiden fra triggerpunktet (t=0) til passering af et frit specificeret niveau.
- top:** Højeste entydige niveau af et signal, støj og overshoots medtages ikke. (Se fig. 2).
- width:** Bredden af et periodisk signal. Bredden beregnes mellem positiv og negativ passage af 50% (mesial). (Se fig. 2 og 3).