



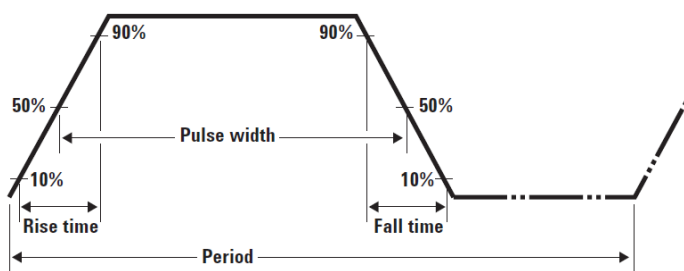
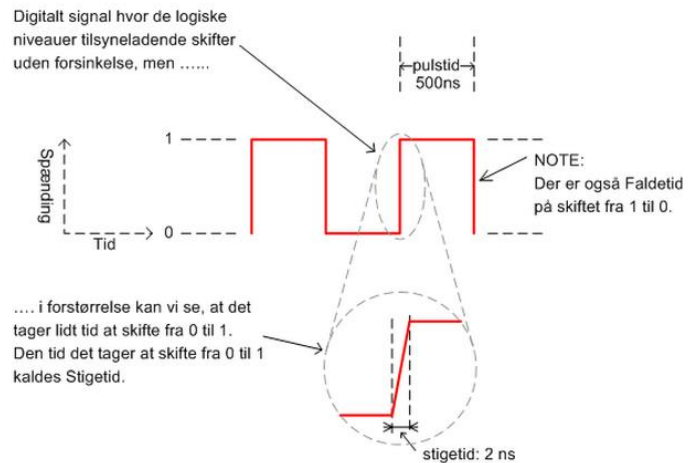
Analoge og digitale signaler:

Før vi beskæftiger os med OPAMP's ses her lidt på analoge signaler!

I modsætning til digitale signaler, der enten er 0 eller 1, dvs. Lav eller Høj, og med stigninger så lodrette som muligt, kan analoge spændinger have alle mulige forskellige værdier.

De kan have en konstant værdi, de kan ændre sig hurtigt eller langsomt, de kan være positive eller negative osv.

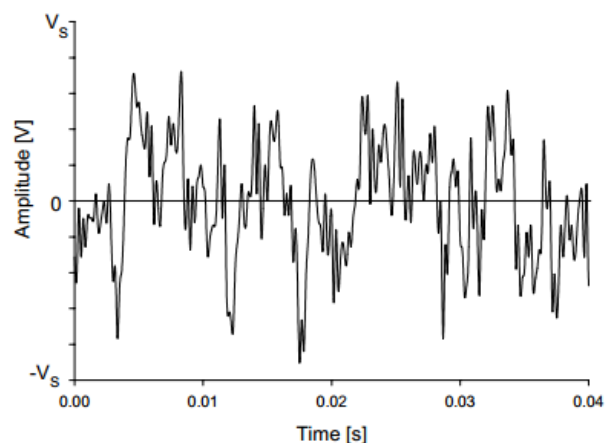
Stigetid for digitale signaler

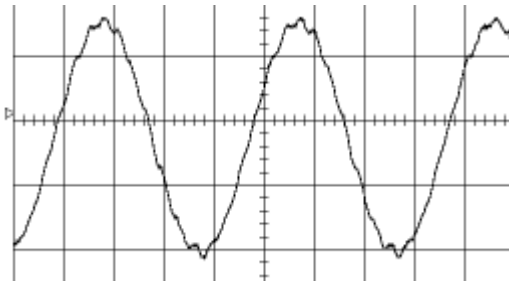


De fleste pulser er ikke "ideelle". De har en stigetid og en faldetid.

Her er vist et lille udsnit af et musiksignal.

Et analogt signal kan antage uendeligt mange forskellige værdier.





Et mikrofon-signal kunne fx se sådan ud.

Typisk er signaler fra en mikrofon kun ganske få milliVolt, og skal derfor forstærkes af et kredsløb, så de svinger fx 2 Volt_{pp}, dvs. fra nederste spids (Peak) til øverste spids.

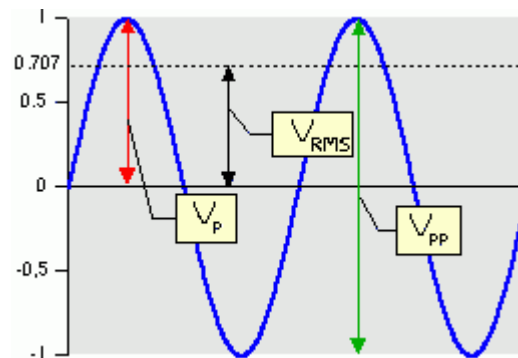
Til dette job er Operationsforstærkere ideelle.

Det ses, at det ikke er et perfekt sinussignal. Der er periodiske ændringer i signalet.

Her et par begreber, der knyttes til beskrivelsen af et sinussignal:

V_{peak} er spændingens maksimum- værdi.

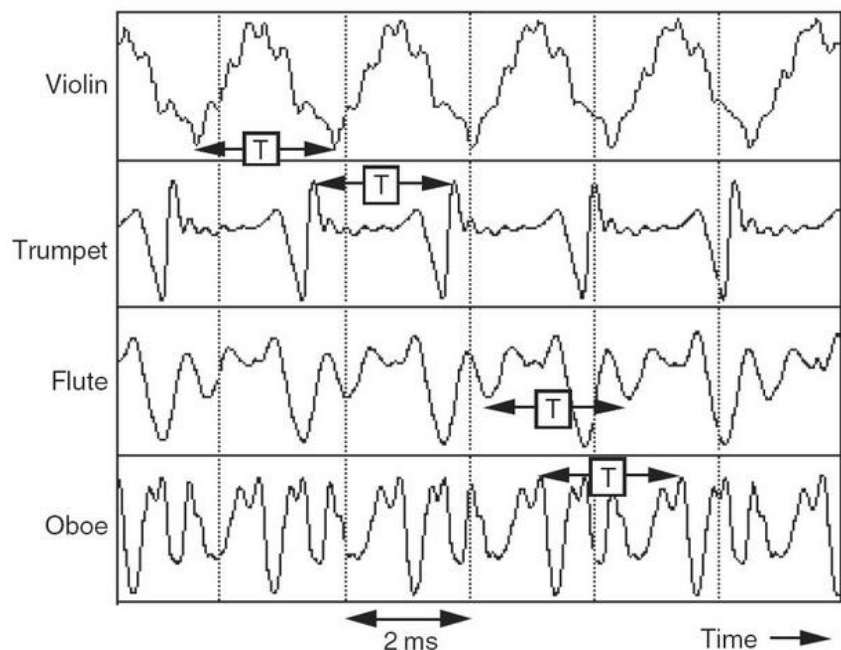
V_{RMS} , herom senere !!



Her er vist nogle grafer fra en mikrofon, der lytter til en kontinuerlig tone fra forskellige instrumenter.

Bemærk:

Det er ”forvanskningen” af en perfekt sinus, der gør, at man kan høre forskel på forskellige instrumenter, der spiller samme tone = frekvens.



DC-signaler

DC-signaler har typisk altid samme polaritet. (Direct Current).

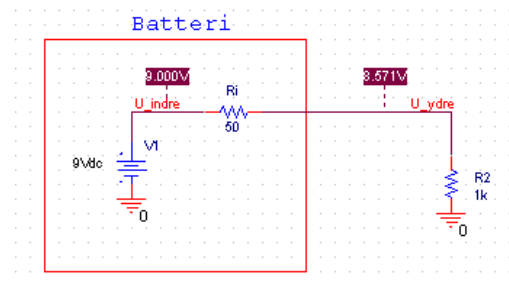
Men spændingen kan godt variere – enten hurtigt, eller langsomt.



Fx kan man opfatte spændingen fra et batteri som en langsomt ændrende spænding. Spændingen falder, når batteriet er ved at være opbrugt, dvs. dens kemiske stoffer er omdannet. Spændingen ændres over tid!!

Og spændingen ændres, hvis der trækkes større strøm ud af den pga. en indre modstand. En indre modstand, der "symboliserer", at den kemiske reaktion i batteriet ikke kan ske uendelig hurtigt.

Den indre modstand er ikke en "rigtig" modstand, - men blot noget, man siger er i batteriet, noget, der udtrykker, at den kemiske omsætning af batteriets "energi" til pumpning af elektroner til et højere tryk ikke er uendelig god.



Opbyg med ORCAD, og vis at U_{ydre} falder, hvis der bruges mere strøm.

Transducere

Mange DC-signaler fås fra følere, også kaldt transducere.

Til brug i elektronik findes der en række transducere.

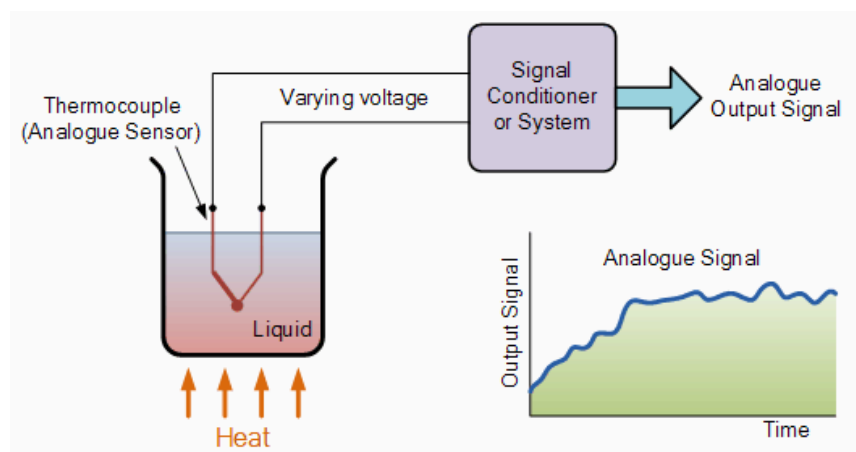
En transducer er en enhed, der omformer én fysisk størrelse til en anden.

Transducere bruges typisk til at måle med. Typisk omformes fra en størrelse til en spænding.

Her er et eksempel på en temperaturtransducer.

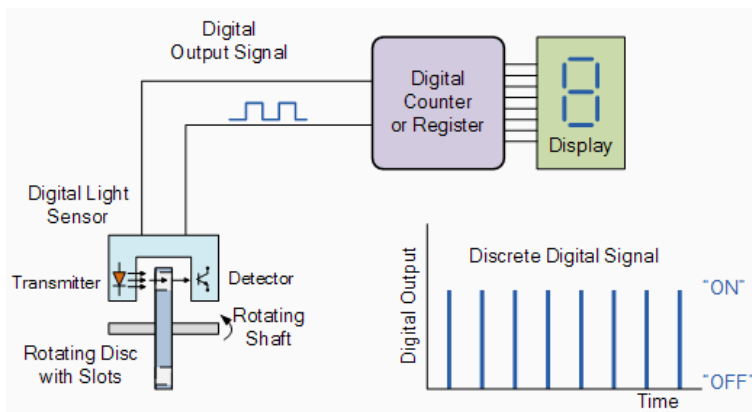
Den fungerer ved, at hvis 2 forskellige metaller er sat sammen, vil der opstå en lille spænding, der er proportional med temperaturen.

Kaldes et termopar, eller Termocouple.





http://www.electronics-tutorials.ws/io/io_1.html



En transducer kan også være digital !!

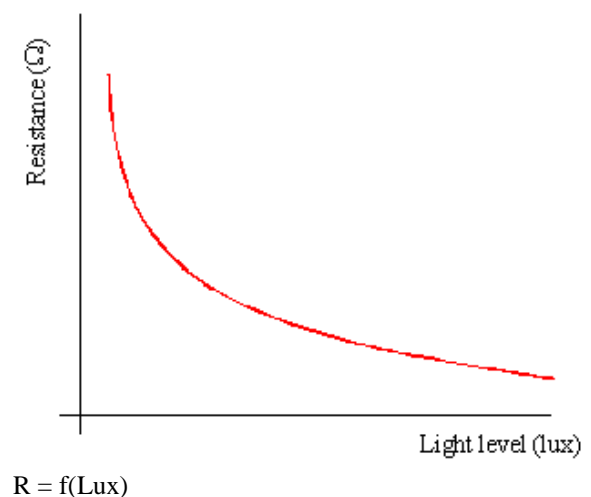
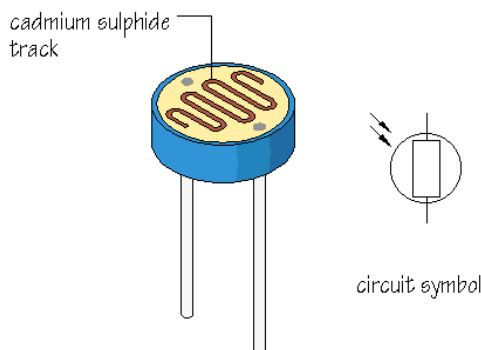
Her genereres pulser, når en lysstråle kan komme igennem huller i en roterende skive og påvirke en fototransistor.

http://www.electronics-tutorials.ws/io/io_1.html

LDR-Modstand

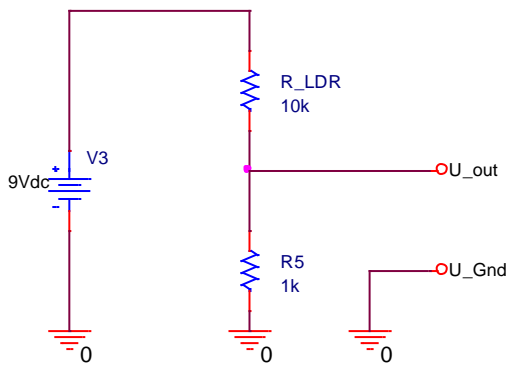
En LDR-modstand er en lysfølsom modstand. Dens modstand, er afhængig af den mængde lys, der rammer dens overflade.

Modstanden i en LDR falder med stigende lysintensitet. Grafen er desværre meget u-lineær!



Hvis man sætter en LDR-modstand sammen med en modstand i en spændingsdeler, kan man omforme modstandsændringen til en spændingsændring, og fx lade noget elektronik reagere, hvis spændingen fx bliver over eller under en bestemt størrelse!

Dvs. at jo også en modstand er en transducer. Den omformer en strøm til en spænding.



Hvordan vil grafen U_{out} se ud ??

Stiger eller falder den ved stigende lysstyrke?

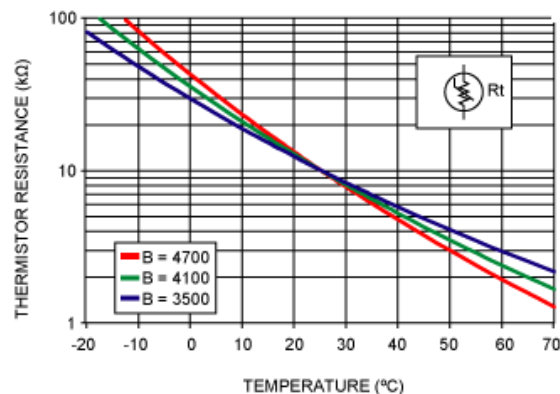
Hvad hvis man bytter R_{LDR} og $R5$?

NTC-Modstand

Tilsvarende findes der en modstand, hvis modstand er afhængig af temperaturen. Igen er dens karakteristik u-lineær, og modstanden falder ved stigende temperatur.

$$R = f(\text{temp})$$

B er en materialekonstant for forskellige typer NTC-modstande.



Billedkilde: <http://www.maxim-ic.com/app-notes/index.mvp/id/817>



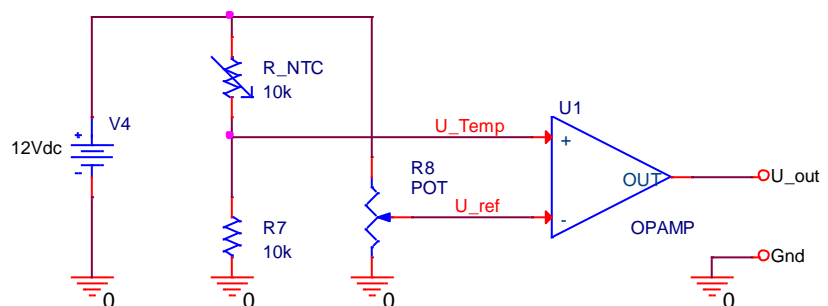
NTC-modstandens værdi kan aflæses af dens farvekode:

1, 0, 10^2 , altså 1 K @ 20 grader C

Her er en NTC-modstand brugt i et kredsløb, en Wheatstone Bro.

Operationsforstærkeren er her brugt som komparator, dvs. den sammenligner de to spændinger U_{Temp} og U_{ref} .

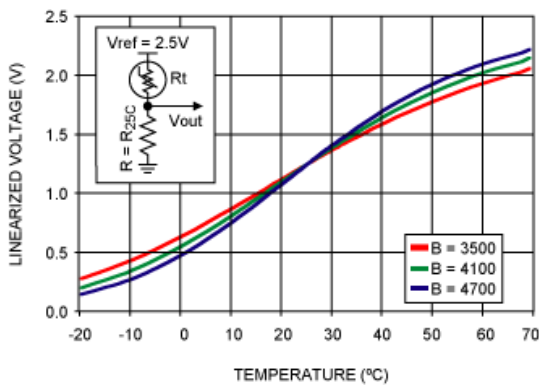
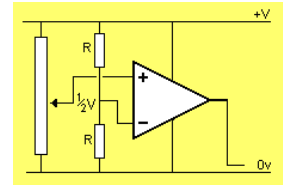
Hvis U_{Temp} er størst, er U_{out} ”høj”.





Se evt. demo på:

<http://rockypanda.blogspot.com/2011/07/what-is-op-amp-before-we-describe.html>

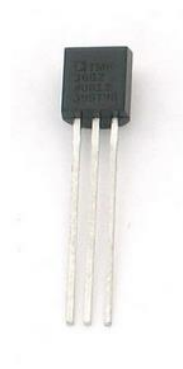


Her er vist en graf over U_{out} for en spændingsdeler, hvor modstanden i bunden af spændingsdeleren er valgt til samme værdi, som NTC-modstanden har ved 25°C .

Omkring 25°C er grafen nogenlunde lineær!

LM35

En LM35 er en temperatur-transducer-IC. Dens udgangsspænding er $0 + 10,0 \text{ mV} / \text{Grad C}$. Den er meget lineær.



Se fx: <http://learn.adafruit.com/tmp36-temperature-sensor>

For flere sensorer se nettet:



Her ses et ”familie-træ” over lignende sensorer.

TMP36GT9Z -

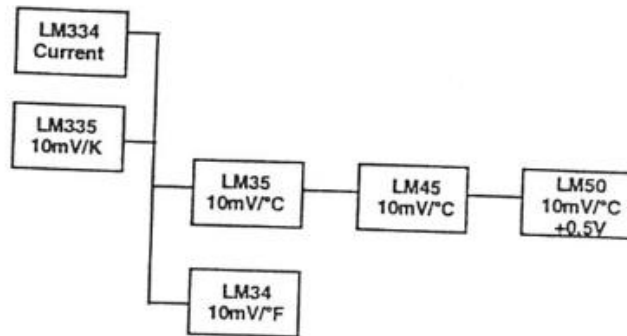
Temperature Sensor IC, Voltage, $\pm 3^\circ\text{C}$, -40°C , $+125^\circ\text{C}$, TO-92, 3 Pins
Omkring 10 kr / stk @ Farnell.

Temp. sensor

LM50

Single Supply Temperature Sensor

- $+25 \dots +100^\circ\text{C}$ with a Single +5V Supply
- $10\text{mV}/^\circ\text{C} + 500\text{mV}$ offset $\rightarrow V_{\text{out}} @ 25^\circ\text{C} = 750\text{mV}$
- SOT-23 and TO-92 packages
- A, B and C Grades and accuracy



AC-signaler.

Se AC-signaler på: <http://www.doctronics.co.uk/signals.htm> Død !!!!!

Se på signaler fra Klaveret! Tilslut et Scoop, og se forskellen – og lyt til forskellen på forskellige instrumenttyper.

Undersøg de signaler, der kan skabes med vore tonegeneratorer.

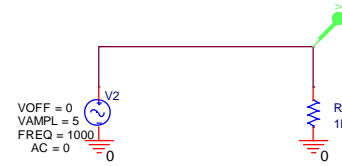
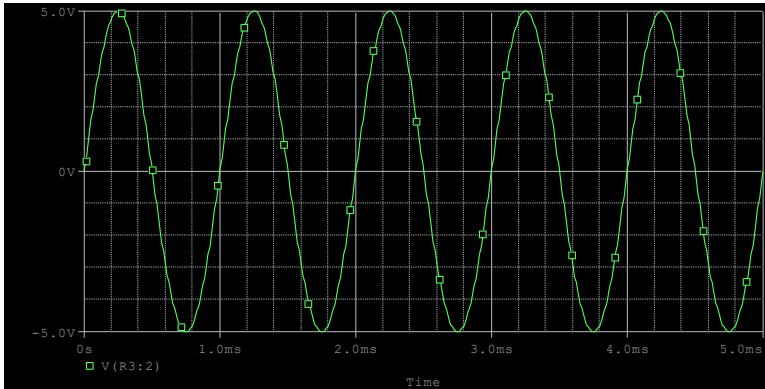
Se også: <http://www.electronics-tutorials.ws/waveforms/waveforms.html>

Se god youtube om funktionsgenerator: (2:27) <http://www.youtube.com/watch?v=mLKPwWGBtlw>

Om et Scoop (3:51): <http://www.youtube.com/watch?v=g0tBJIOEz00&feature=related>

Sinusspændinger:

Et AC-signal ændrer spænding hele tiden. Dens frekvens siger, hvor mange hele svingninger, den foretager pr sekund.



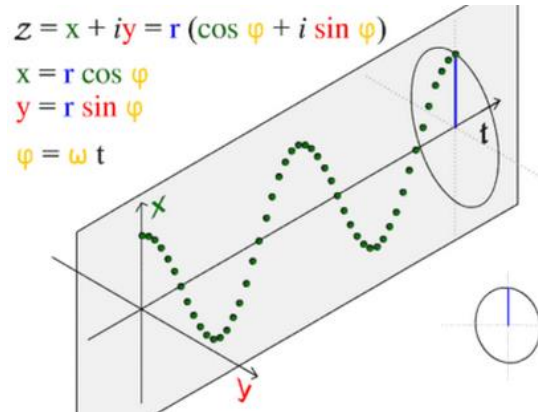
Vsin / Source

Opbyg et kredsløb med en sinusgenerator.
Prøv at ændre på Offset.

Prøv også at ændre frekvensen og amplituden.

Diskuter Sinus, Vpp, Frekvens, Amplitude, Offset

En sinuskurve kan tegnes som Y-værdien af en vektor der drejer med konstant hastighed.

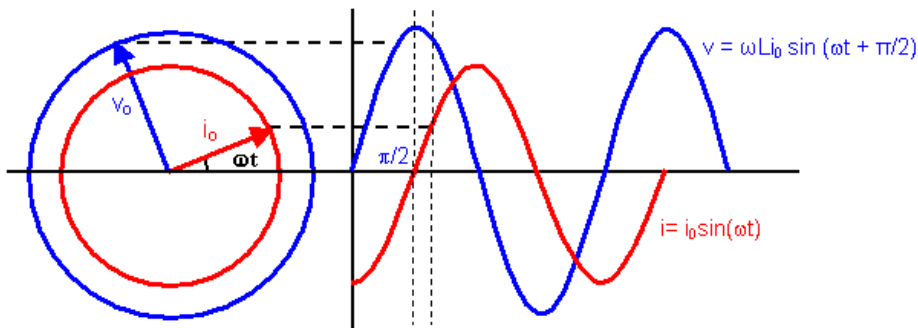
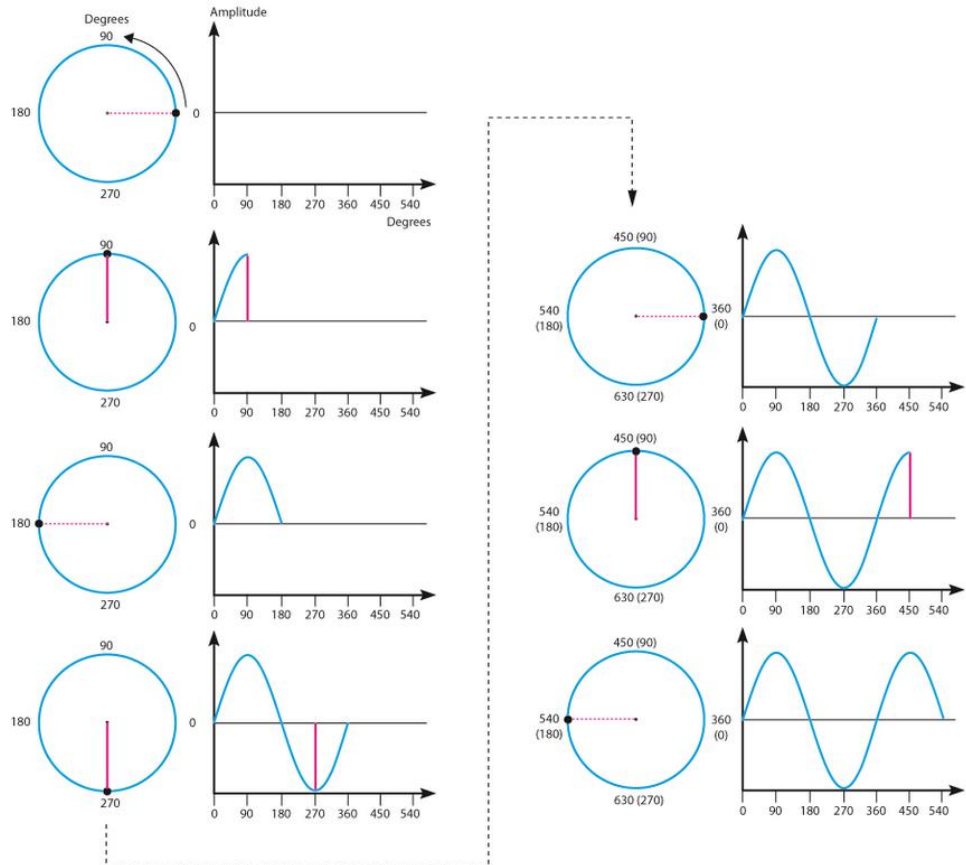


http://en.wikipedia.org/wiki/Sine_wave



Her en anden tilgang til at tegne en sinus:

På X-aksen afbildes den røde vektors "højde"



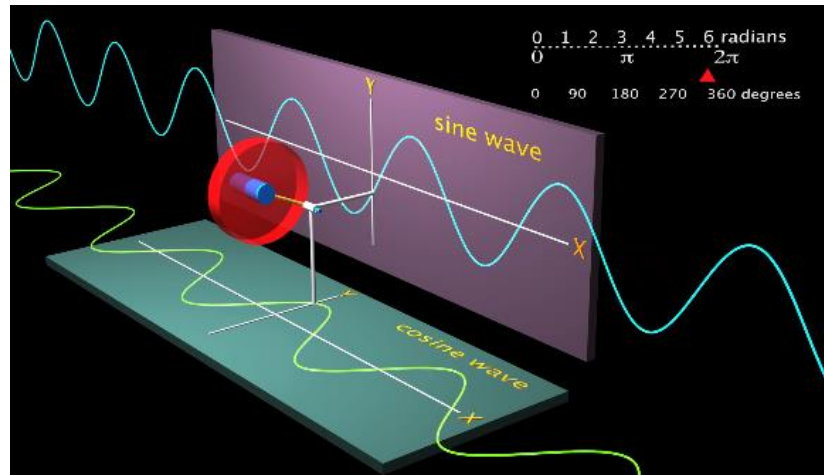
Her er to sinus-signaler, der er ude af fase.

Dvs. at de er forskubbet tidsmæssigt i forhold til hinanden.

Disse to sinusser er 90 grader ude af fase.



Se en animation af en sinusbølge:



[http://videos.kightleys.com/Science/Maths/i-VMGSWd3 \(død \)](http://videos.kightleys.com/Science/Maths/i-VMGSWd3 (død))

<http://jsfiddle.net/umaar/fWSUk/> Animeret !!

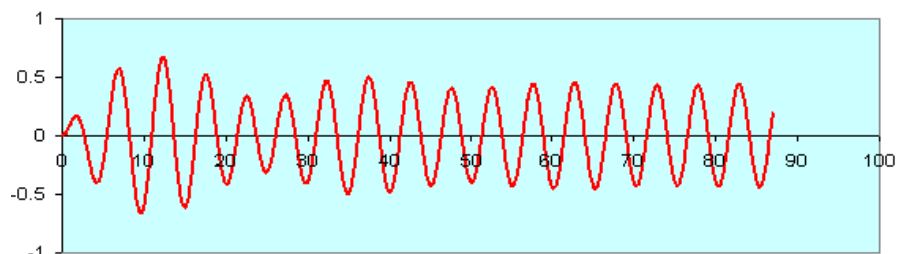
Man kan også forestille sig en mursten i en snor. På murstenen er der tapet en spraydåse, der sprayer lodret nedad.

Loddet sættes i svingninger på tværs af en rulle papir, fx tapet, der trækkes med konstant hastighed.

På papiret vil der blive tegnet en sinus.

Variierende amplitude

Her ses et signal med varierende amplitude.

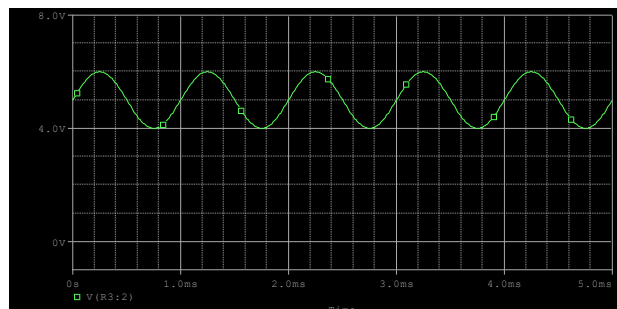


Offset

Her et signal der svinger omkring 5 Volt.

Dvs. det har et offset på 5 Volt. Dvs. det ikke svinger omkring 0 Volt, men om 5 Volt.

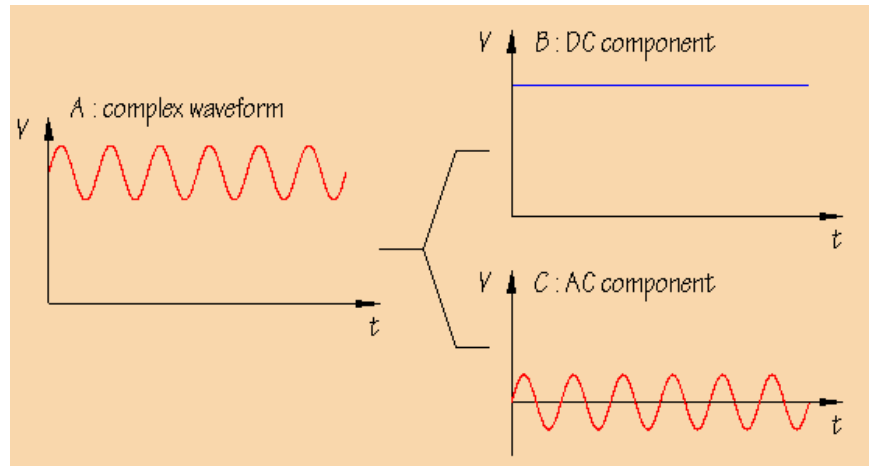
Signalet kan også opfattes som en DC med et overlejret AC-signal.





Her er vist en DC med overlejret AC opløst i dens komponenter.

Altså en DC-spænding og en AC-svingning.



<http://www.doctronics.co.uk/signals.htm>

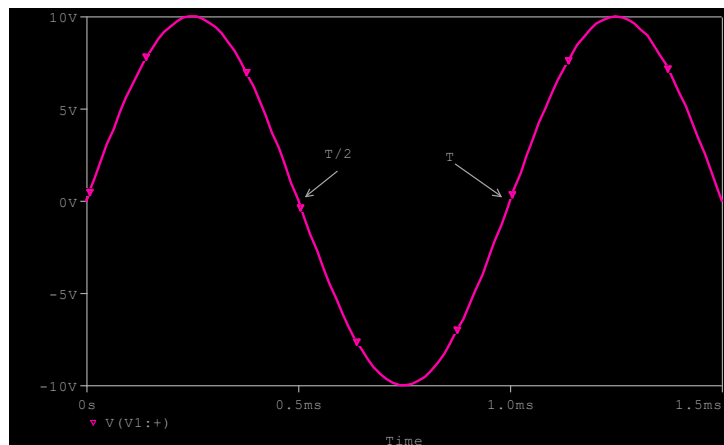
På denne graf, der viser en Sinusspænding, knytter der sig nogle begreber:

Amplitude,
Spidsværdi, U_{Max} .
Spids-spids-værdi. U_{pp}

Frekvensen: $f = \frac{1}{T} [Hz]$

Øjebliksværdi: $= U_{Max} \cdot \sin(\omega t)$

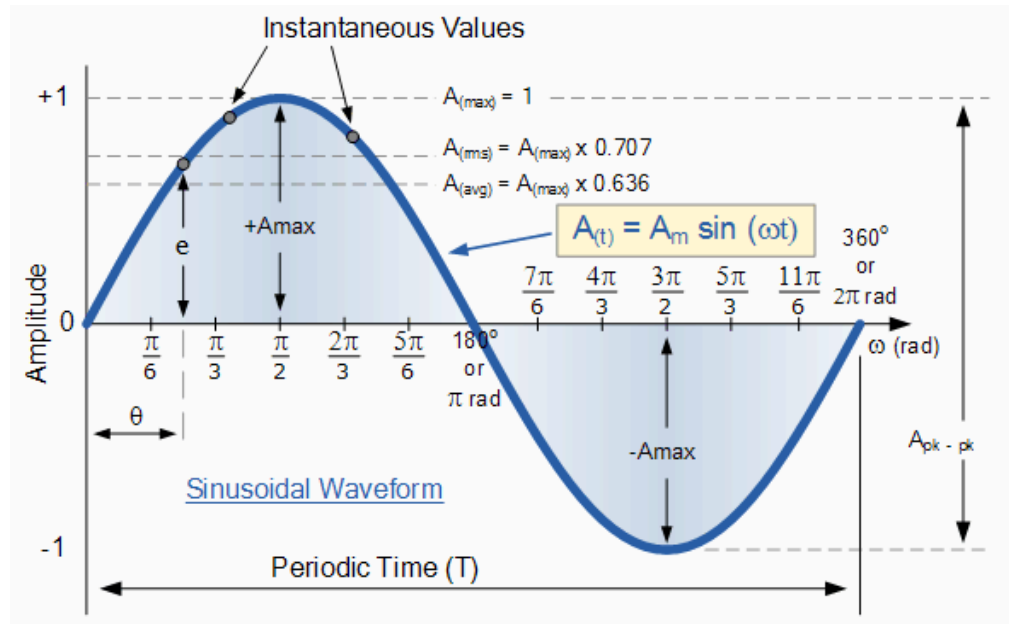
hvor: $\omega = 2\pi f$



En elektrisk spænding skal opfattes som et elektrontryk. Med en spænding vil elektroner kunne presses gennem fx en modstand. Analogi: Som et tryk i et cykelhjul.

En spænding kan godt være negativ. Svarende til et negativt lufttryk, der kaldes Vakuüm.

Se: <http://www.electronics-tutorials.ws/accircuits/sinusoidal-waveform.html>



<http://www.electronics-tutorials.ws/accircuits/sinusoidal-waveform.html>

Effektivværdi

I stikkontakten er spændingen 230 Volt og den svinger med en frekvens på 50 Hz. Spændingen svinger fra minus 325 til plus 325.

De 325 fås som: $325 = 230 \cdot \sqrt{2}$

De 230 kaldes også for sinussens **effektivværdi** eller ”**RMS-værdi**”. Det står for Root Mean Square.

RMS-værdi:

Hvis en AC-spænding påtrykkes en modstand, vil den blive lige så varm som hvis modstanden tilsluttes en DC med AC-spændingens RMS-værdi.

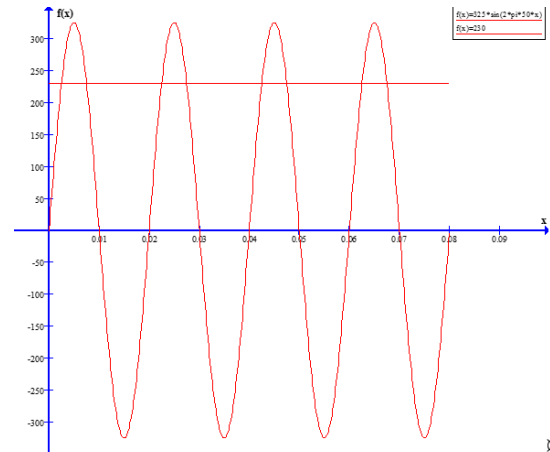
En AC-spændings RMS-værdi skal forstås på den måde, at hvis en modstand tilsluttes en sinus-spænding med peakværdien 325 Volt, vil den blive lige så varm, som hvis man påtrykker den en DC på 230 Volt.



De to grafer ser således ud !!

Modstanden er ligeglad med, hvilken vej, strømmen løber. Den får tilført energi i både den positive og den negative halvperiode. Men ikke, når spændingen er nul.

Dvs. at med en DC på 230 V får modstanden over en given tid tilført sammen energi som med en AC med peak-værdien på 325 Volt.



RMS-værdien udregnes som $RMS = \frac{U_P}{\sqrt{2}}$

Udledning af RMS-formel:

Energi-afsætningen er: $W_{el} = P \cdot t$

Effekten kan regnes som: $P = U_{RMS} \cdot I = \frac{U_{AC}^2}{R} = \frac{U_{DC}^2}{R}$

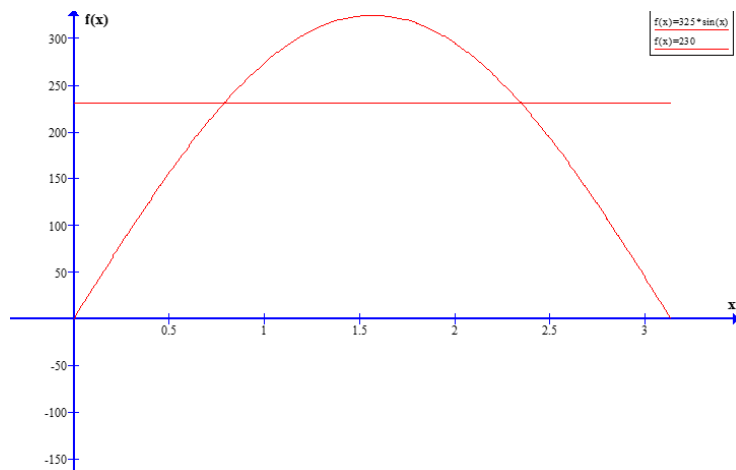
Sættes R til 1, fås, at: $P = U_{AC}^2 = U_{DC}^2$

I det følgende betragtes 1/2 svingning. Grafen ser således ud !!

Arealet under graferne fortæller om tilført spænding til tiden $3,14 = \pi$. Men energien beregnes jo som U^2/R .

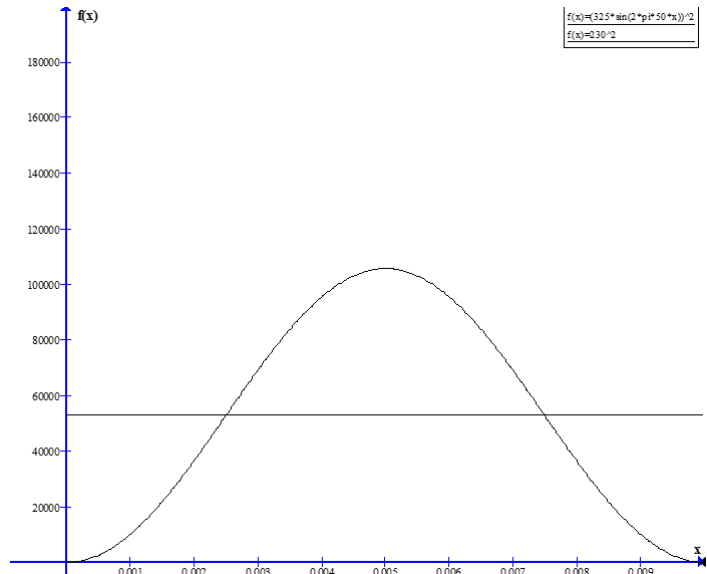
Derfor kan følgende ligning opskrives, idet R er lig 1:

$$Areal_{AC} = Areal_{DC} \Rightarrow \int_0^{\pi} U_{AC}^2 = U_{DC}^2 \cdot \pi$$





Graferne ser således ud:



Arealet AC udregnes:

$$\int_0^{\pi} U_{AC}^2 \cdot dt, \quad U_{AC} = U_{Max} \cdot \sin(x) = U_P \cdot \sin(x)$$

$$\int_0^{\pi} U_P^2 \cdot \sin^2(x) dx = U_P^2 \int_0^{\pi} \sin^2(x) dx$$

$$U_P^2 \left[\frac{x}{2} - \frac{\sin(2x)}{4} \right]_0^{\pi}$$

$$U_P^2 \left[\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\sin(2\pi)}{4} \right) - \left(\frac{0}{2} - \frac{\sin(0)}{4} \right) \right]$$

$$U_P^2 \left[\left(\frac{\pi}{2} - 0 \right) - (0 - 0) \right] = U_P^2 \cdot \frac{\pi}{2}$$

Arealet U_{AC}^2 er lig U_{DC}^2 i tiden fra 0 til Pi. Der findes:

$$U_P^2 \cdot \frac{\pi}{2} = U_{DC}^2 \cdot \pi \Rightarrow U_{DC}^2 = \frac{U_P^2}{2}$$

Og endelig $U_{DC} = \frac{U_P}{\sqrt{2}}$

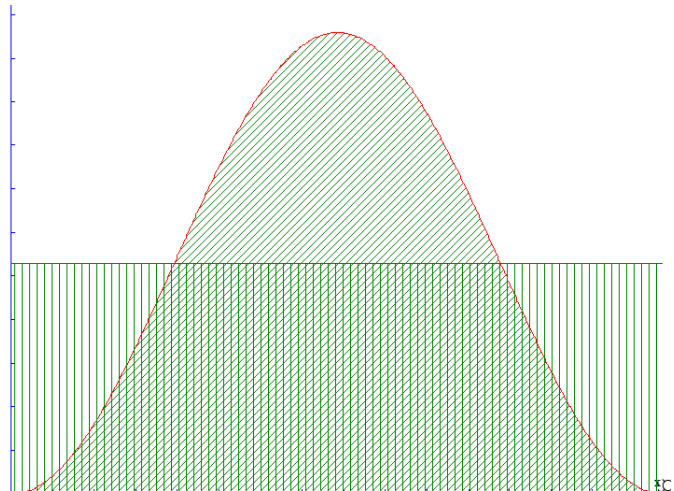


Det findes altså, at sammenhængen er:

$$U_{RMS} = \frac{U_{Peak}}{\sqrt{2}}$$

Tegnes grafer for $y=230^2$ og $y = (325 \cdot \sin(x))^2$ fås følgende:

Arealet med den skrå skravering er lig arealet med lodret skravering.



Altså:

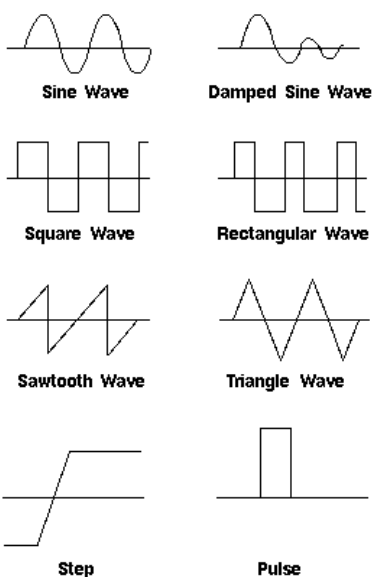
$$U_{eff} = \frac{U_{Max}}{\sqrt{2}}$$

Og en øjebliksværdi af en gives sinussvingning kan regnes af:

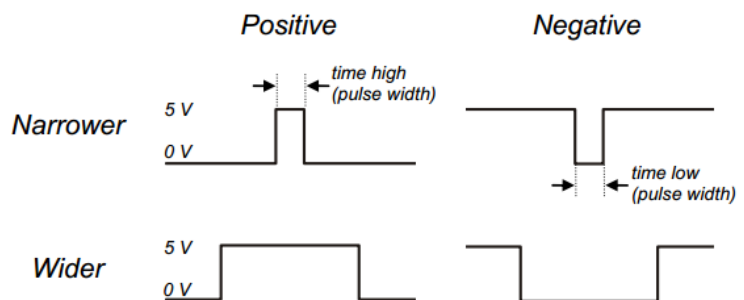
$$U(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \varphi)$$

For en sinusformet spænding uden offset gælder, at den gennemsnitlige Y-værdi, dvs. spænding, over en hel periode er nul.

Flere eksempler på svingninger:



Her er der nogle eksempler på svingende spændinger.





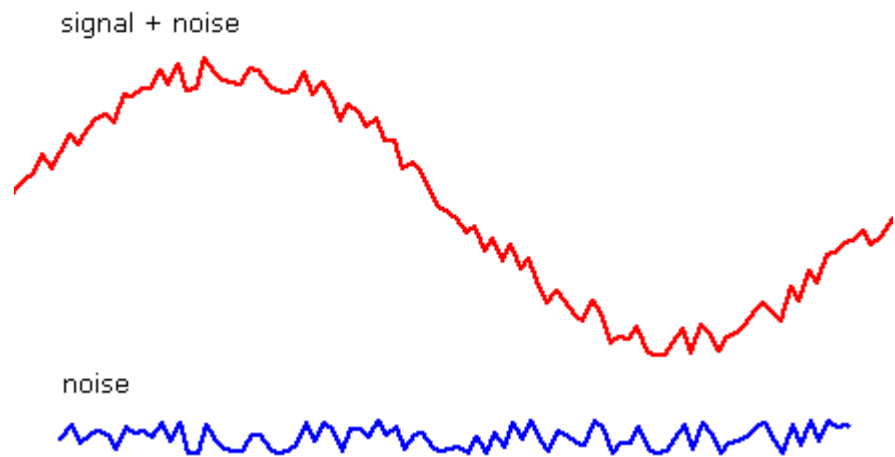
Støj

Støj er altid et problem i elektronik.

Støj opstår pga. indstrålet elektromagnetisk energi eller varierende elektriske felter i nærheden.

Alle ledere fungerer jo som antenner!

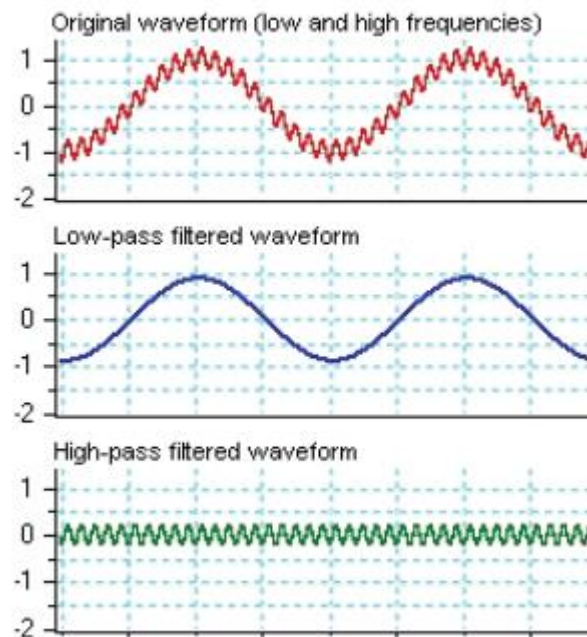
<http://rdist.root.org/2010/03/12/why-digital-logic-is-different-than-analog/>



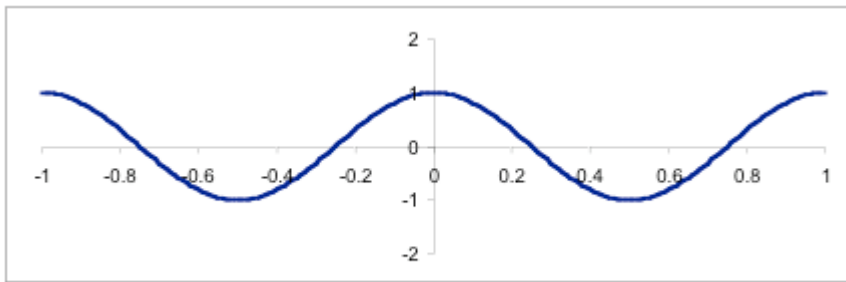
Nogle gange kan man med elektronik filtrere støj fra et signal.

Øverst ses et signal med en overlejret AC.

Vha. passende filtrering kan signalerne skilles ad.

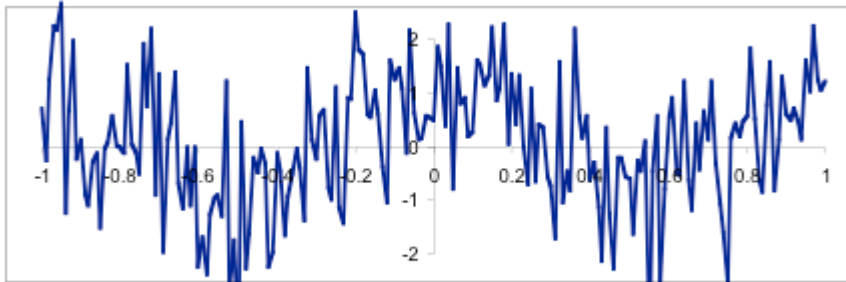


<http://cdn.adinstruments.com/adi-web/techniques/tn-SignalFiltering.pdf>



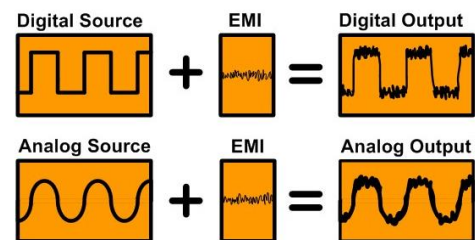
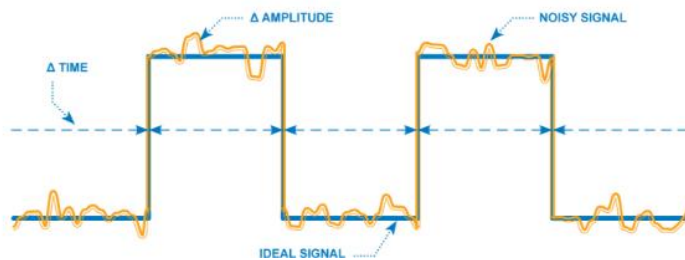
(a)

Eksempel på et signal stort set uden støj og nederst et med støj.



(b)

Undersøg begrebet EMI.

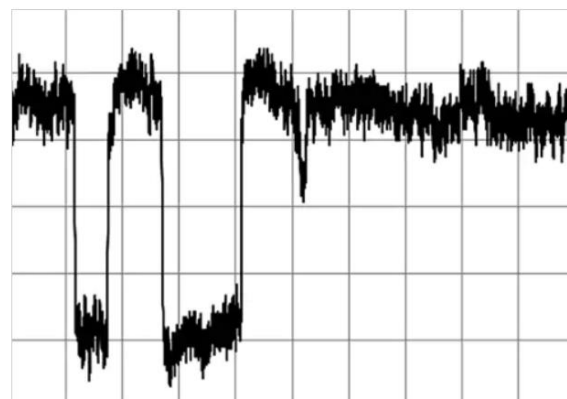


Electromagnetic Interference, EMI is the interference caused by one electrical or electronic device to another by the electromagnetic fields

Kilde: http://www.hometheaternetnetwork.com/HTN_Cables2.htm

Og (ret god): <https://www.predig.com/whitepaper/reducing-signal-noise-practice>

Et digital signal med støj.



Taget fra: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/electrical-noise-what-causes-noise-in-electrical-circuits/>



Nogle gange ses en ferritkerne monteret omkring en leder.

Forklar !!

Generer en sinus, og en PWL med ORCAD.

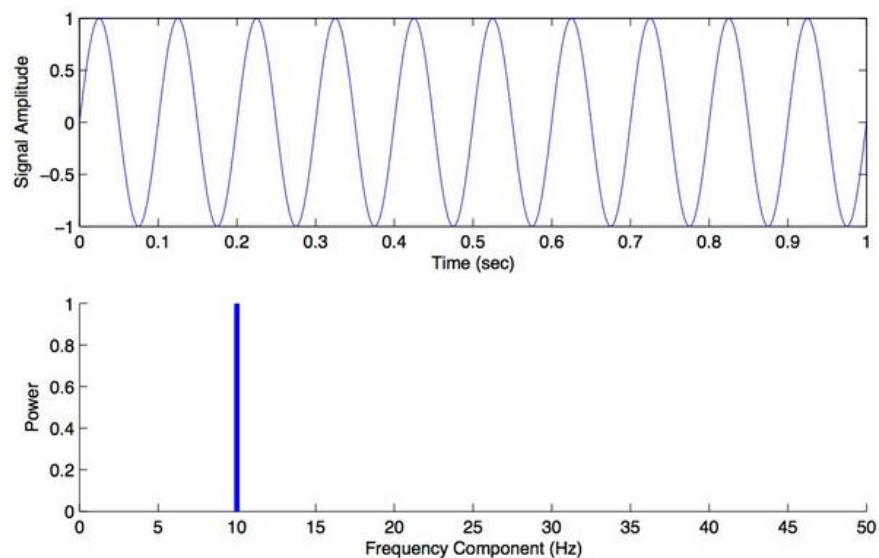
Lav en 12 Volt pp sinus på 1 kHz med en overlejret (støj) sinus på 50 mV 10KHz

Frekvensdomænet.

Det normale har nok indtil nu været at vise signaler med tiden ud ad X-aksen. Men det er også muligt at afbilde en eller flere frekvenser i et system, med frekvensen ud ad X-aksen.

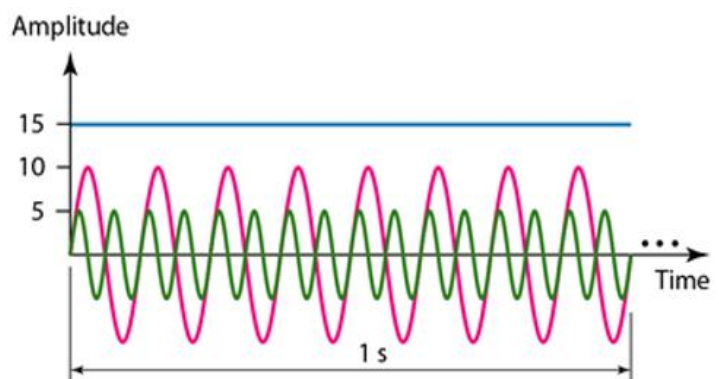
Her et signal med frekvensen 10 Hz.

På det nederste billede er signalet vist med frekvensen ud ad x-aksen.



Hvis man blander to sinusser, kunne det se således ud:

Her en graf af 3 signaler i time domain.
Dvs. med tiden ud ad x-aksen.

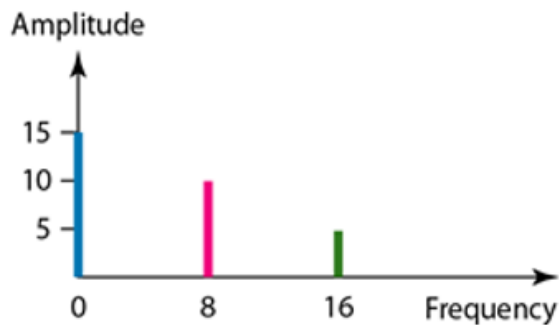




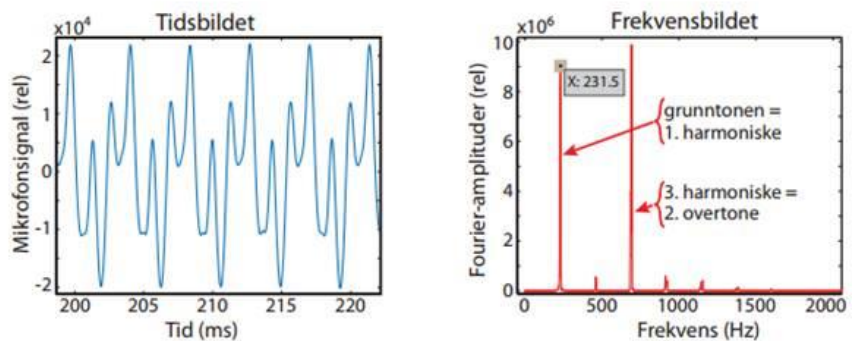
Og vist i Frekvens-domænet:

Der er aktivitet på de 3 frekvensers plads.

Senere vil vi se på signaler med frekvensen ud ad en logaritmisk X-akse



Et tidsbillede og billedet i frekvensdomænet:

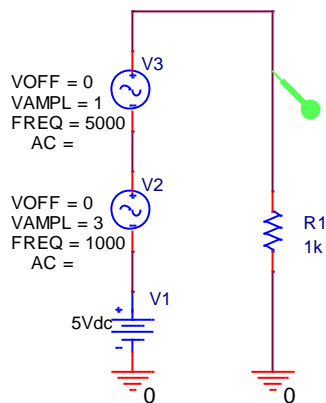


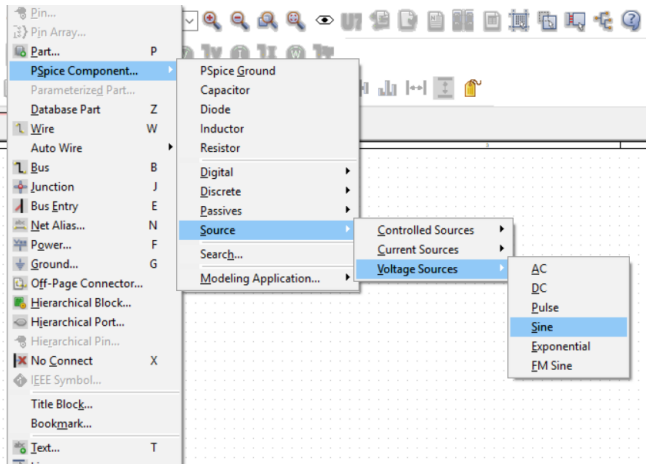
<http://www.uio.no/studier/emner/matnat/fys/FYS2130/v13/svingbolgv13c.pdf>

Øvelse:

Opbyg følgende i Orcad

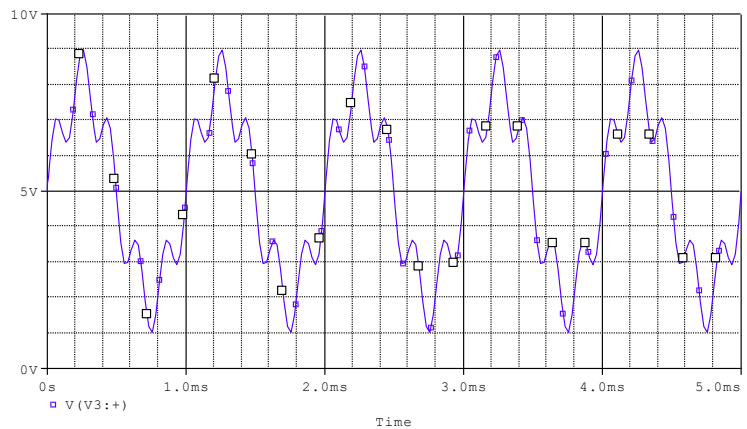
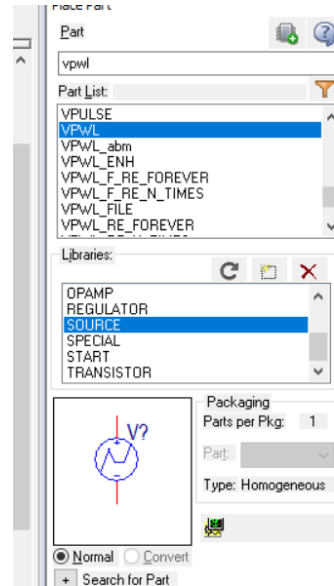
Start med V1 og V2.





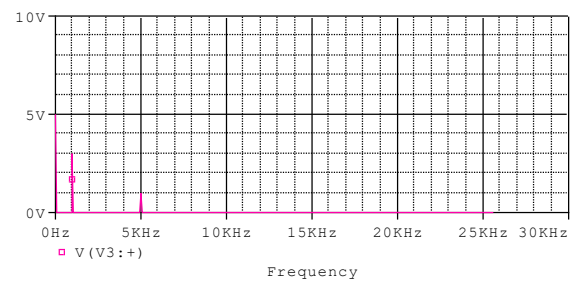
En sinusgenerator findes som vist.

En VPWL, Piecewise linear findes til højre, i biblioteket Pspice / Source.



Se på grafen både i timedomain, og vha. den indbyggede FFT-visning.

FFT står for Fast Fourier Transform.





Den modsatte vej.

Når nu man kan addere signaler og få et kompliceret signal ud af det, - vil man så også kunne gå den modsatte vej ??

Hvilke sinusser skal man fx sætte sammen for at få et firkant signal som resultat ??

Og kan et kompliceret signal opløses i de signaler, der skal til, for at skabe det ??

Det er netop det, man beskæftiger sig med ved Fourier-transformation. Det er dog ikke noget, vi skal beskæftige os med, men det er ret gavnligt at vide hvad det er !!

Harmoniske Signaler

Alle periodiske svingninger kan opløses i en grundtone plus et antal højere harmoniske frekvenser, med aftagende amplitude.

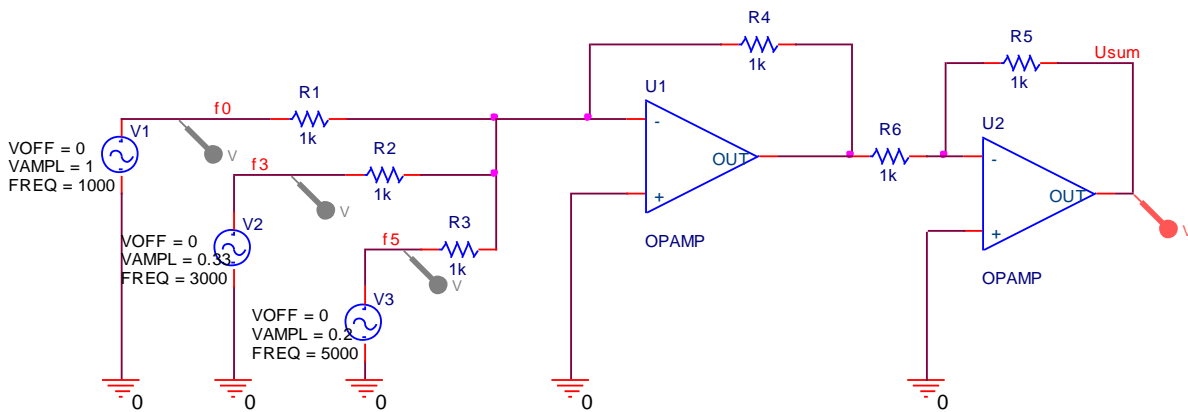
Ethvert periodisk signal, dvs. et, der gentager sig selv, kan uanset kurveform opløses i en række sinustoner med forskellig frekvens, amplitude og fase.

At overtonerne kan have forskellig fase betyder, at de kan være forskudt i tid.

Fænomenet blev opdaget af en fransk matematiker, Jean-Baptiste Joseph Fourier [Fur'je']. Det gav senere navn til disciplinerne Fourier-analyse og Fouriertransformation.

Følgende kredsløb kan illustrere hvad der menes: Dog bagvendt, idet der vises, at hvis der adderes forskellige sinussignaler, kan der opnås et hvilket som helst periodisk signal.

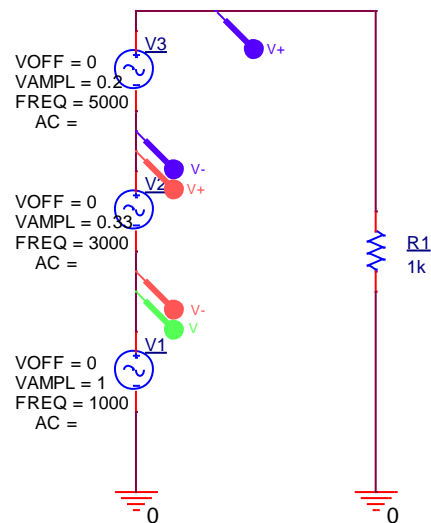
I Orcad er der her opsat 3 forskellige sinusgeneratorer med en grundtone, den 3-dobbelte og den 5-dobbelte frekvens: Der er anvendt operationsforstærkere i kredsløbet:



Men det kan også bare opbygges i ORCAD som vist her.

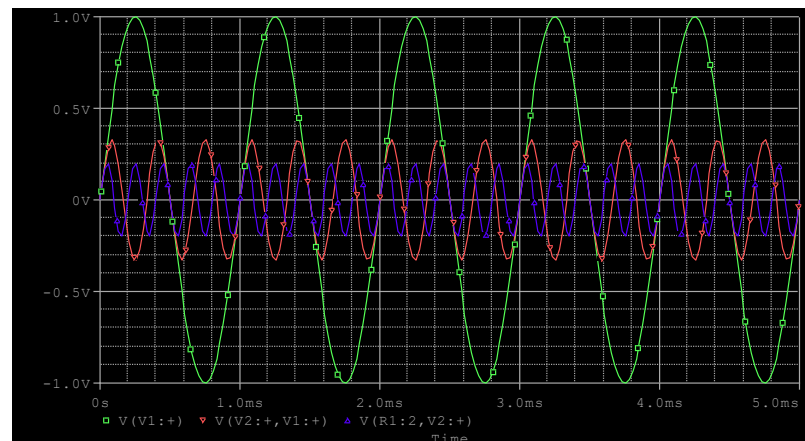
Bemærk: Der er bestemte forhold mellem frekvenser og amplituder.

Der er anvendt en Voltage Difference marker.

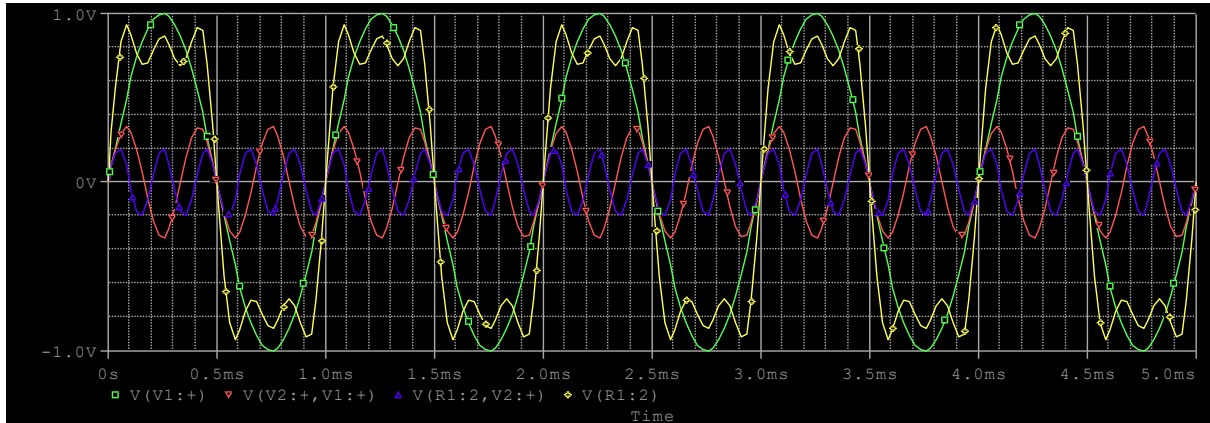


Den første generators frekvens er 1000 Hz, og amplituden 1 Volt. Den anden er 3000 Hz med en amplitude på 1/3 Volt. Og den 3. giver 5000 Hz og amplituden 1/5 Volt.

De 3 generatorer giver flg. signaler:



Hvis de 3 sinus-signaler adderes, fås følgende graf: Summen er den gule!

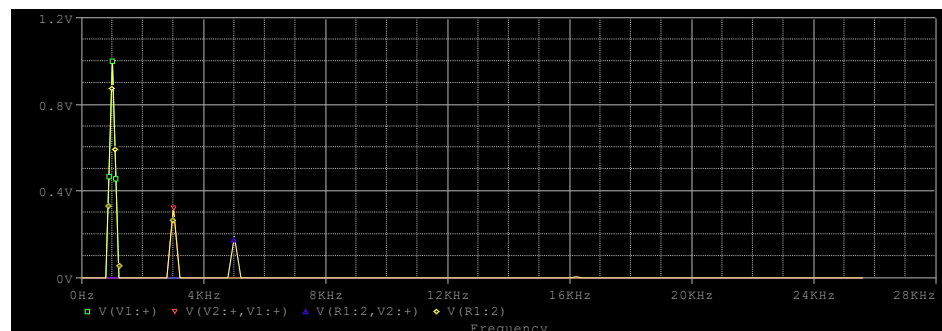


En matematiske fremstilling af graferne ser ud som flg.:

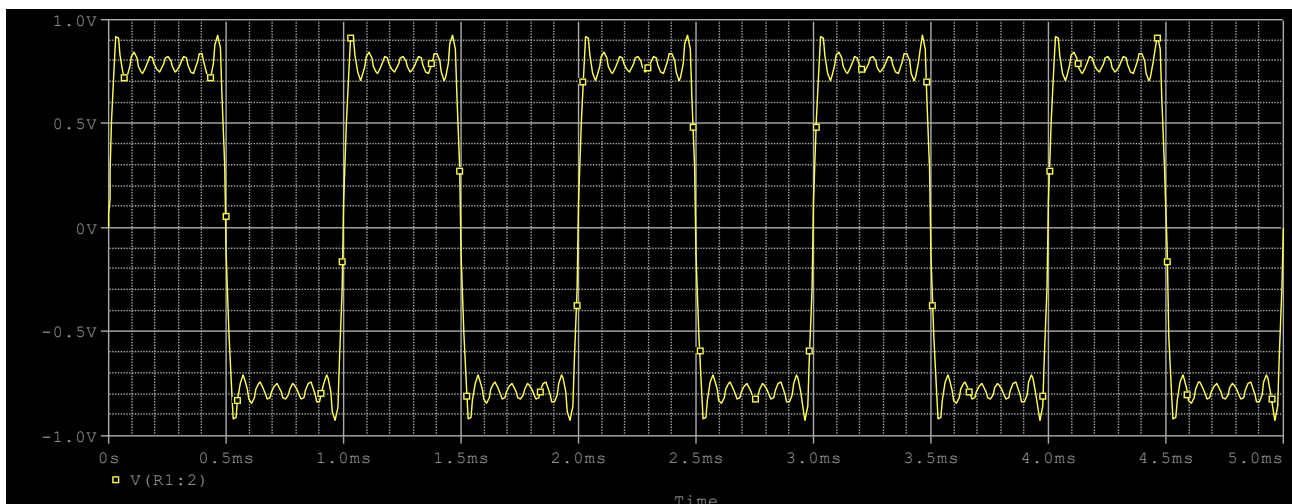
$$f(t) = \frac{4 \cdot A}{\pi} \cdot \left[\sin(\omega t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega t) + \frac{1}{5} \sin(5\omega t) + \dots \right]$$

Hvor A er signalets amplitude, og ω er lig $2\pi f$.

Ser man på signalerne med FFT ser det således ud !!!



Hvis der adderes flere og flere generatorer efter samme opskrift mht. frekvens og amplitude, bliver resultatet nærmere og nærmere et rent firkant-signal.





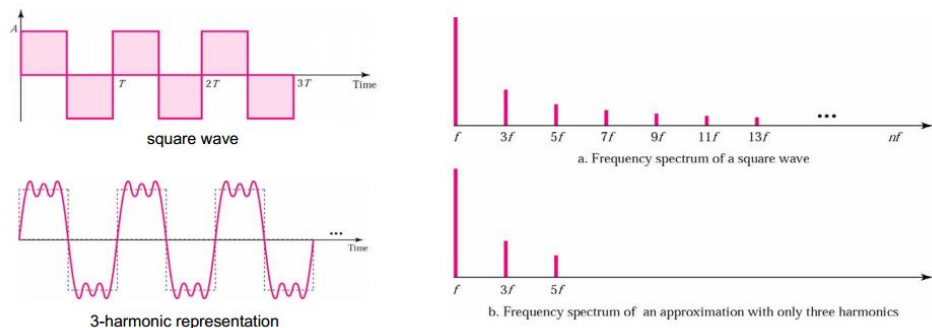
Ligesom man kan sammensætte forskellige sinussignaler, kan man opløse et ikke sinus-formigt signal i en grundsinus plus et antal harmoniske.

Det betyder også, at skal et elektrisk kredsløb, fx en forstærker, forstærke et ikke sinusformigt signal, **skal forstærkeren kunne håndtere både grundtonen, og de højere harmoniske.**

Det betyder altså, at en forstærker skal kunne håndtere meget højere frekvenser end de max ca. 20 KHz, vi kan høre, hvis den skal kunne gengive andet end sinusformede høje frekvenser korrekt.

Derfor kan der være megen fornuft i at købe ret dyre forstærkere, der fx kan forstærke helt op til 240 KHz. Også selvom man kun kan høre op til 20 KHz. Se fx: <http://www.gryphon-audio.dk/>

Andre eksempler på signaler i tids - og frekvens-domænet.



http://www.eecs.yorku.ca/course_archive/2010-11/F/3213/CSE3213_04_AnalogDigitalSignals_F2010.pdf

Musikinstrumenter

Baggrunden for at vi kan skelne forskellige musikinstrumenter og stemmer fra hinanden, ligger i deres forskellige kombinationer af overtoner. Instrumenterne skaber svingninger, der består af en grundfrekvens plus et antal harmoniske. Grundfrekvensen er jo den samme hvis instrumenterne spiller samme tone – eller note. Fx er kammertonen 440 Hz. !! Forskellen i lyden ligger i sammensætningen af overtonerne. Hvordan overtonerne forvansker en perfekt sinus !!

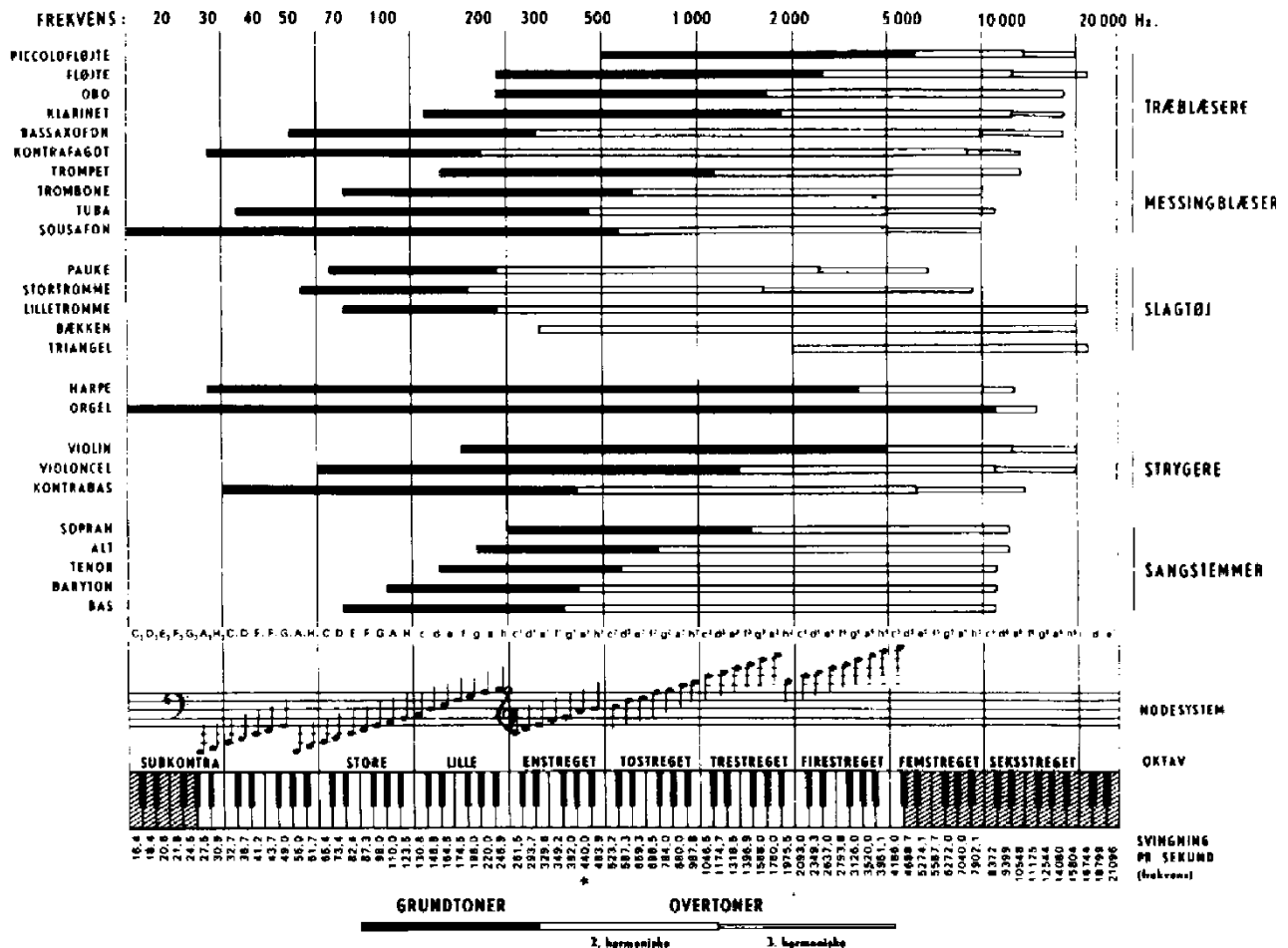
Skal en lyd fra et instrument med en given frekvens forstærkes i en forstærker, skal forstærkeren selvfølgelig kunne gengive grundtonen, men altså også den dobbelte frekvens, den 3-dobbelte, den 4-dobbelte osv.

En god forstærker skal altså kunne håndtere betydelig højere frekvenser end 16 kHz for at kunne gengive høje frekvenser, der ikke er sinusformede.

En billig forstærker vil klippe de små højfrekvente signal-variationer væk, fordi den ikke kan forstærke så høj en frekvens.

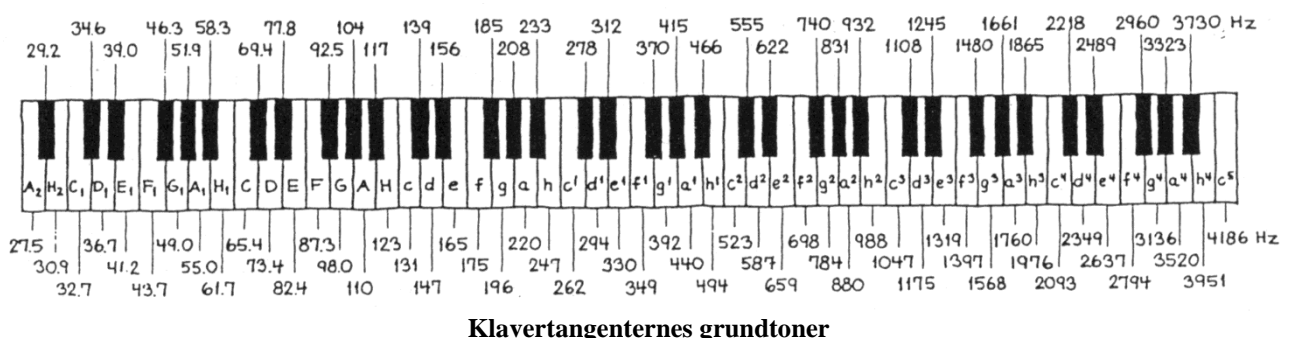


Forskellige instrumenter og deres overtoner.:



Illustrationen viser frekvensområderne, eller toneomfanget, for forskellige musikinstrumenter og sangstemmer. Til venstre grundtoner, den 2. harmoniske (overtone) og den 3. harmoniske. Nederst er også medtaget flyglets klaviatur samt nodesystemet.

Herunder er vist frekvenserne (grundtoner) for et klavers forskellige tangenter:



Klavertangenternes grundtoner



Andre signaler:

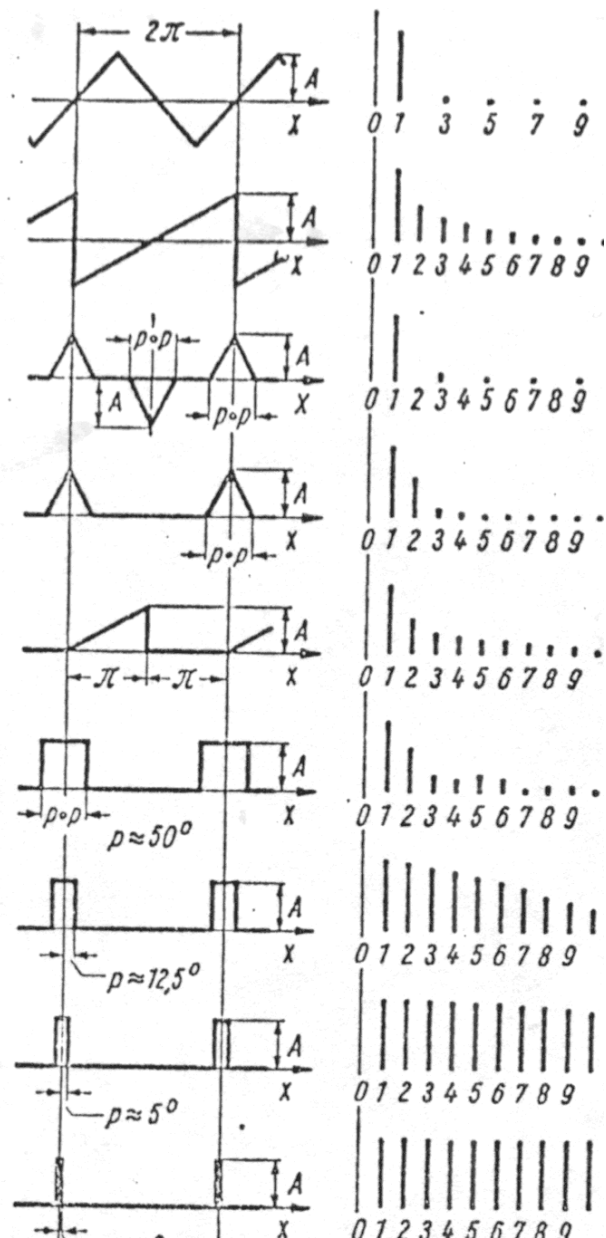
Et savtak-signal ser således ud : $f(t) = \frac{2 \cdot A}{\pi} \left[\sin(\omega t) - \frac{1}{2} \sin(2\omega t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega t) - \frac{1}{4} \sin(4\omega t) + \dots \right]$

En trekant : $f(t) = \frac{8 \cdot A}{\pi} \left[\sin(\omega t) - \frac{1}{3^2} \sin(3\omega t) + \frac{1}{5^2} \sin(5\omega t) - \frac{1}{7^2} \sin(7\omega t) + \dots \right]$

Jo kortere en firkantpuls, der skal gengives, jo langsommere klinger de højere harmoniske af.

Dvs. at der ved computerbrug, hvor der forekommer firkantpulser, frembringes et stort antal signaler med meget høje frekvenser.

Dette indikeres af disse signaler med tilhørende frekvensspektrum:





Se fx: <http://rense.com/products/AboutFreque-08.pdf>
http://eeweb.poly.edu/~yao/EE3414/signal_freq.pdf

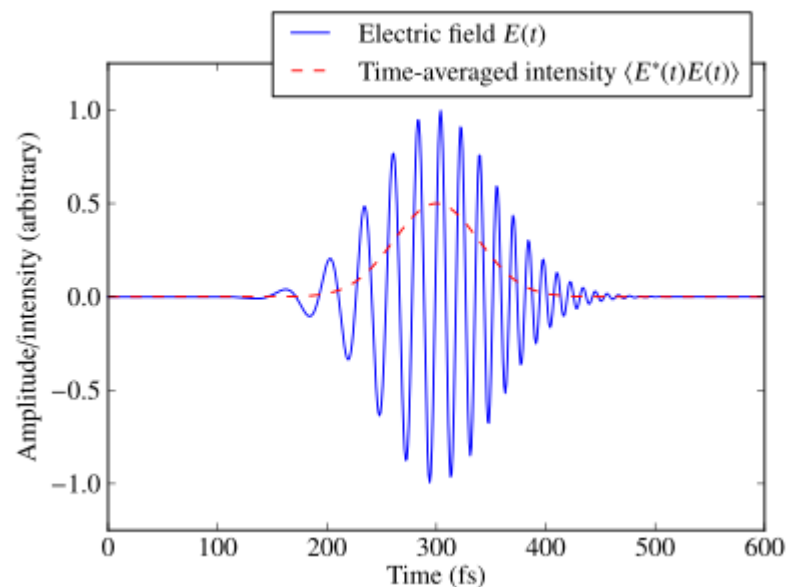
Lyspulser:

Hos OFS Fitel fortalte Torben at en meget kort lyspuls også ville blive udsat for dispersion, fordi forskellige frekvenser løber med forskellige hastigheder i glas.

Og selv om man har monokromatisk lys, dvs. lys med kun 1 frekvens, - vil en meget kort lyspuls - lige som en kort elektrisk puls – bestå af flere frekvenser.

In optics, an ultrashort pulse of light is an electromagnetic pulse whose time duration is of the order of a picosecond (10⁻¹² second) or less.

Such pulses have a broadband optical spectrum,



https://en.wikipedia.org/wiki/Ultrashort_pulse