



Kompendium om brug af kondensator til tidsudmåling i elektronik

Når der i elektronikken skal bruges en tids-udmåling, benyttes ofte den tid, det tager at oplade eller aflade en kondensator til en given spænding.

Rettelser, tilføjelser eller kommentarer modtages gerne!

/ Valle

Dokument-links:

[Kondensator-huse](#)

[Tommelfingerregler](#)

[RC-led, CR-led](#)

[Oneshot](#)

[Beskyttelsesdioder i CMOS indgange](#)

[Long time oneshot](#)

[4060](#)

[Ladningspumpe](#)

[Udledning af \$T_{1/2}\$ -liv.](#)

[Hvorfor er Tau i sekunder](#)

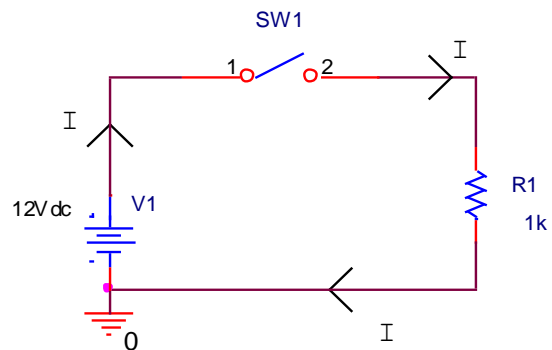


Strømmen er ens i en kreds:

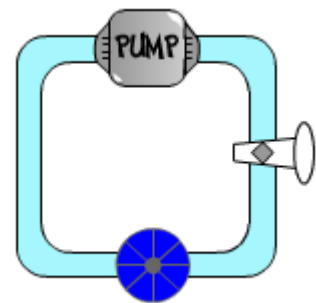
I dette kredsløb, hvor en spændingskilde giver strøm til en modstand, er strømmen ens overalt i kredsløbet.

Batteriet pumper ladningerne op på et højere niveau, - dvs. en højere spænding. Her op på 12 Volt i forhold til det sted, der er valgt som reference-spænding, dvs. 0 Volt.

Ligesom en trykluftpumpe pumper luften op på et højere tryk – end trykket er udenfor slangen !!

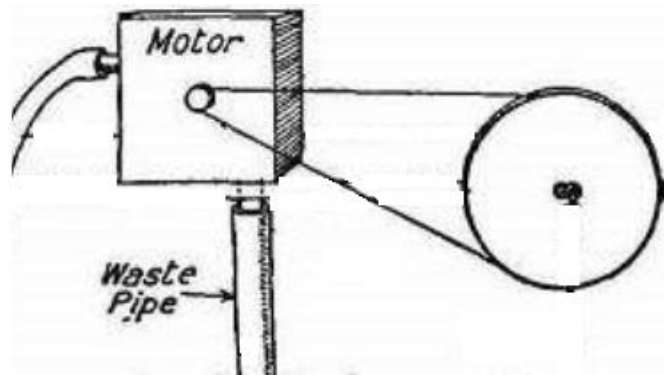
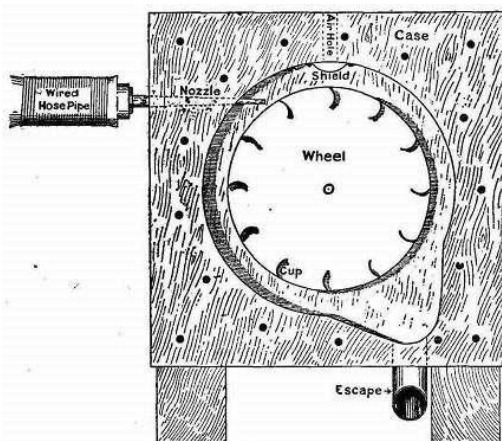


Klik på linket herunder, og find viste animerede billede. Det viser hvordan en vandpumpe pumper vand rundt i en lukket kreds, og derved kan overføre energi til en "vand-motor", der drejer rundt!



http://www.bgfl.org/bgfl/custom/resources_fnp/client_fnp/ks3/science/electricity_2/electricity.html

Dette princip kan man fx udnytte til at få en havenisse til at dreje rundt i haven. Ved hjælp af en lille vandpumpe kan man overføre energi til en vandmotor, der ligger ude i haven. Ovenpå kan man placere sin havenisse ☺



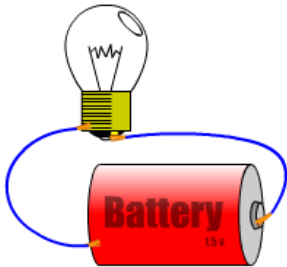
Energien overføres via en rem til en lille drejeskive som ligger vandret.

<http://www.john-tom.com/MyPlans/Steam%20Engines/Oct08update/WaterMotor/WaterMotor.pdf>



Ovenpå skiven står min havenisse.

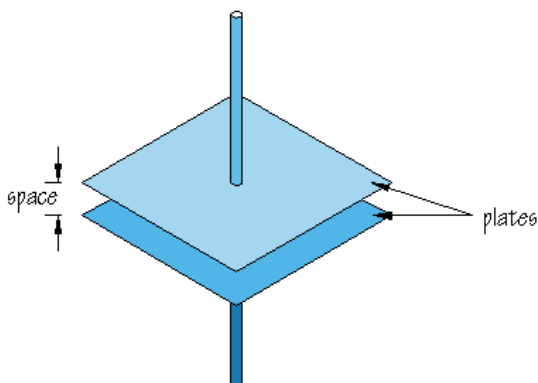
Jeg havde engang 2 havenisser, men så kom de op at slås.



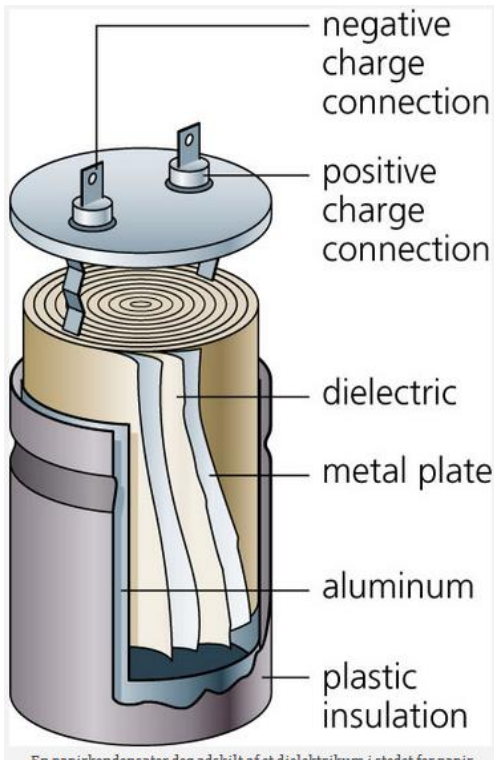
Det er nøjagtig på samme måde et batteri virker. Batteriet pumper bare med elektroner i stedet for vand.

Og energien kommer fra omdannelse af de kemiske stoffer i batteriet.

Kondensatoren:

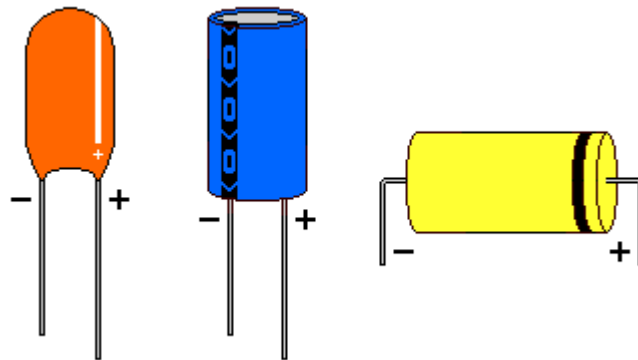


*En kondensator består af to plader af ledende materiale. De er separeret af et rum, fyldt med et isolerende materiale. Fx et tyndt lag plastic. Isolationslaget kaldes kondensatorens **dielectricum**.*



En papirkondensator dog adskilt af et dielektrikum i stedet for papir

<http://www.elsiden.dk/2010/03/kondensatorer-elektronik/>



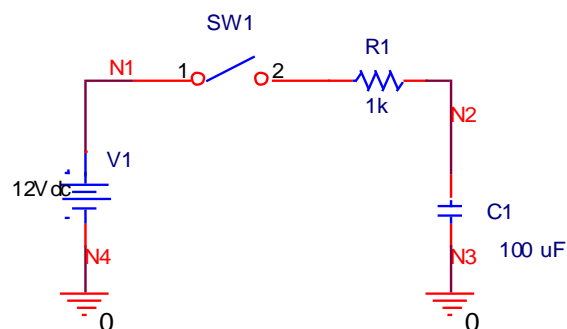
<http://www.uoguelph.ca/~antoon/gadgets/caps/caps.html>

Billedet til venstre viser hvordan 2 strimler stanniøl er rullet sammen og derved udgør en kondensator.

I det viste kredsløb hvori indgår en kondensator, løber der lige stor strøm overalt.

Ganske vist starter strømmen med en værdi, og bliver mindre efterhånden som kondensatoren bliver opladt, men strømmen er i et givet øjeblik ens alle steder i kredsløbet.

Sættes et amperemeter ind i kredsløbets punkt N1, N2 osv., vil de alle vise ens strøm.



Dvs. der både løber strøm hen til kondensatoren, men også videre væk fra den igen. Men der er jo en isolator mellem pladerne. Derfor løber der ingen ladninger gennem kondensatoren. I stedet ophobes ladninger på den ene side, og der forsvinder lige så mange ladninger på den anden side. Det kan kun ske, hvis der efterlades ”huller” på den anden side. Altså opstår der elektronoverskud på den ene side, og elektronunderskud på den anden. Der opstår ladningsadskillelse.

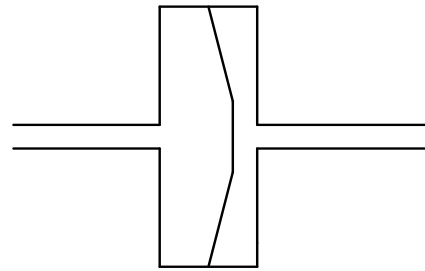
Dvs. at der tilsyneladende kan gå strøm gennem en kondensator, men også kun tilsyneladende.

Se gode illustrationer her:

<http://www.physics-and-radio-electronics.com/electronic-devices-and-circuits/passive-components/capacitors/capacitorconstructionandworking.html>



Med analogi til et vandrørssystem kan fx følgende skitse illustrere det, der sker. Vandet løber ind i en beholder, der er delt af en gummimembran. Der løber lige så meget vand ud !! – og der ophobes energi i den spændte membran.



Kondensatorens energi, som er opmagasineret i et elektrisk felt i kondensatoren mellem de adskilte ladninger kan udtrykkes som: $E_C = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$ [Joule]

Opgave:

En 10 uF kondensator opladt til 20 V parallelforbindes med en anden kondensator, der er på 4,7 uF, og med en spænding på 10 V.

Hvad vil den resulterende spænding blive ??

Kondensator-huse

Kondensatorer, findes i Bipolare og Unipolare udførelser. Bipolare er ligeglade med, hvordan de vendes i forhold til plus og minus, hvorimod, fx Elektrolytter, og Tantaler ikke må vendes omvendt. Der er angivet på dem, hvilket ben, der altid skal være ”plussést”, dvs. have højest potentiale.



Mærkningen 104 står for

10 og 4 nuller,

10 0000 pF = 100 nF

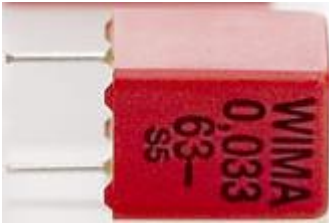


Se evt. <https://www.instructables.com/lesson/Capacitors-2/>

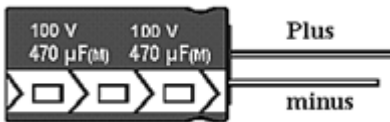


Andre kondensatorer – her af mærket Wima

Her er værdien skrevet med tal.



Elektrolyt kondensatorer:



Elektrolyt-kondensator skal vendes rigtigt

Kondensatorer er normalt mærket med den maksimale spænding, de kan tåle at lades op til, pga. den tynde isolering mellem pladerne.

Overskrides denne spænding, kan der ske gennemslag. Dvs. der opstår et lille lyn, hvorefter kondensatoren er ødelagt.



Elektrolytkondensatorer har ret stor spredning i deres reelle værdier. Vist minus 20, plus 50 %.

Tantal:

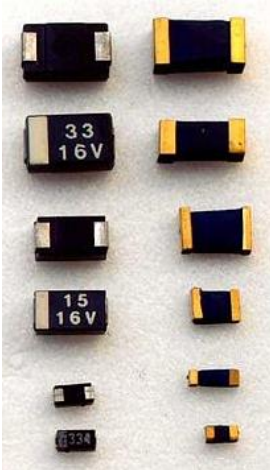


En tantal-kondensatorer, der også er polariseret.

Dvs. den skal vendes rigtigt for at virke.

Dem bruger vi ikke her !!

SMD.



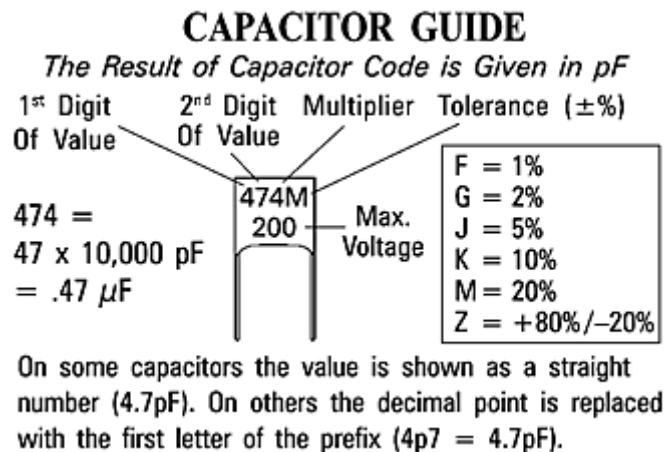
Overflademonterede kondensatorer.

SMD kondensatorer:

Tændstikken angiver størrelsesforholdet.

Her er vist en guide til at læse kondensatorens størrelse.

Yderligere henvises til siden: /komponenter/kondensatorer.



1 [Farad] er den kapacitet, hvorover spændingen stiger 1 [Volt], når der tilføres 1 [Ampere] i 1 [Sekund].

Kondensatorer kan i mange henseender analogiseres med at fylde et vandtårn.

1 [Farad] er en meget stor størrelse, derfor arbejdes der normalt med Nano-farad, eller Microfarad.

1 Ampere i 1 sekund udgør en samlet ladning på 1 Coulomb.

1 Coulomb ~ ladningen af 6,25E18 elektroner

1 elektron har ladningen 1,6E-19 [C] [Coulomb]



En kondensator kan i nogen omfang opfattes som et lille opladeligt batteri. Dens energiindhold kan udregnes af:

$$W = \frac{1}{2} \cdot U \cdot Q = \frac{1}{2} \cdot U \cdot C \cdot U = \frac{1}{2} \cdot U^2 \cdot C \text{ [Joule]}$$

Der er flere formler, der gælder for kondensatorer:

$$C = \frac{Q}{U} \left[\text{Capacitet} = \frac{\text{Ladning}}{\text{Spænding}} \right] \left[F = \frac{C}{V} \right]$$

$$I = \frac{Q}{t} \left[\text{Strøm} = \frac{\text{Ladning}}{\text{sekund}} \right] \left[A = \frac{C}{s} \right]$$

Kondensatorens opladning og energiindhold består i ladningsadskillelse!!

Opladning med konstant strøm:

Oplades en kondensator med en konstant strøm, må spændingen nødvendigvis stige retlinet. Ladningsmængden tilført pr sekund er konstant, derfor også kondensatorens spændingsstigning !!

Prøv i ORCAD.

Aftagende strøm: opladning / afladning

Når man arbejder med kondensatorer – med opladning og afladning, kan det være på sin plads, at definere:

Def.: **Opladning er når kondensatorens spænding, dvs. ΔU_C stiger.**

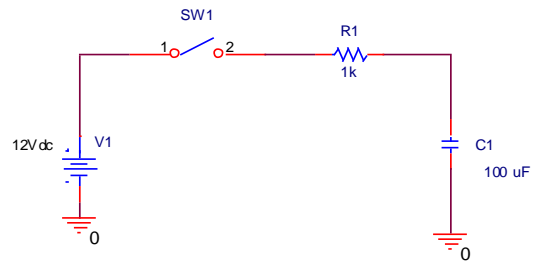
Afladning er når kondensatorens spænding, dvs. ΔU_C falder

Husk: **Man kan ikke momentant ændre Spændingen over en kondensator.**

Opladning af kondensator:



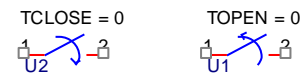
Opladeforløbet af kondensatoren er afhængig af både modstanden og kondensatoren. Gøres modstanden større, tager det længere tid, og gøres kondensatoren større, tager det ligeledes længere tid.



Gøres både modstanden, R, større og kondensatoren, C, mindre, kan man opnå den samme graf, dvs. at opladetiden ikke ændres.

Lav ORCAD-simulering af opladning.

Der kan enten bruges en SW_Tclose / Eval eller SW_Topen / Eval, der aktiveres efter en tid.



Eller brug en VPWL

Tids konstant Tau.

Produktet $R \cdot C$ [$\Omega \cdot F = \text{sekund}$] kaldes Tau, og angives med det græske bogstav Tau, τ

Tau = $R \cdot C$, og angiver den tid i sekunder, det tager at oplade en kondensator 63 %.

Efter 2 Tau er der opladt 63 % + 63 % af resten.

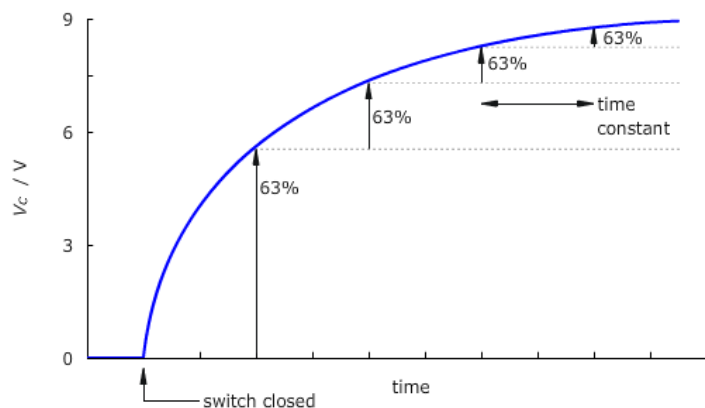
Opladningen vil faktisk aldrig stoppe, men kondensatorens spænding vil nærme sig asymptotisk til forsyningsspændingen.

Man siger, at efter 5 Tau er kondensatoren helt opladt.

En graf, der viser oplade-forløbet af en kondensator.

Grafen er altid ens, det eneste, der kan ændres ved andre opladeforløb, er, spændingen, der lades op imod, og tiden ud ad X-aksen.

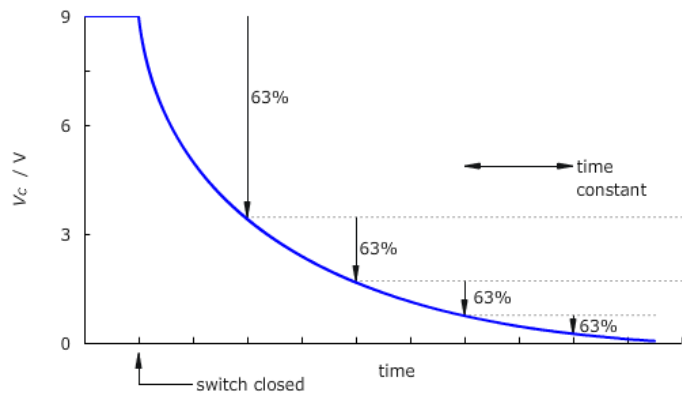
Tau er tiden, der medgår til opladning til 63 % af fuld opladning.





Og tilsvarende for afladning:

Efter 1 Tau er spændingen faldet 63 %, dvs. til 37 %



Udregn eksempel: 12 V, 10K ohm, 470 nF

Er en kondensator ladet, har den en samlet ladning på $Q=C \cdot U$

Hvis der sker en ændring af kondensatorens ladning, må der gå en strøm på $i = \frac{dQ}{dt}$

Indsættes $Q=C \cdot U$, fås først $i = \frac{dQ}{dt} = \frac{d(C \cdot U)}{dt}$

Kondensatorens størrelse er konstant, og den sættes udenfor. Der findes: $i = C \cdot \frac{dU}{dt}$

Tommelfingerregler:

Man kan som tommelfingerregel bruge, at en kondensator er 63 % afladet, eller 63 % opladet efter tiden $R \cdot C$.

$t_{1/2-liv}$.

En lidt anden tommelfingerregel hedder $t_{1/2-liv}$. T-halvliv beskriver den tid, der går med at oplade en kondensator – eller aflade den halvt.

Formlen er: $t_{1/2-liv} = \frac{2}{3} \cdot R \cdot C$ [Sekunder]



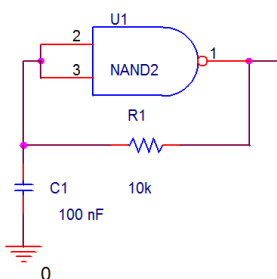
En korrekt formel for afladning fås med formlen: $U_C = U_{start} \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}}$

Opladning følger formlen $U_C = U_{Final} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{R \cdot C}}\right)$

Sammenfattende:

Forklaring	Formel
Tau, Opladning til 63 % af slutværdi Eller tilsvarende afladning	$\tau = R \cdot C [Sekunder]$
$t_{1/2-liv}$. Tiden for halv opladt eller afladt.	$t_{1/2-liv} = \frac{2}{3} \cdot R \cdot C [Sekunder]$
Opladning	$U_C = U_{Final} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{R \cdot C}}\right)$
t opladning til U_C U_C er den spænding, der ønskes ladet til. U_{Final} er den spænding, der lades op imod	$t = -R \cdot C \cdot \ln\left(1 - \frac{U_C}{U_{Final}}\right)$ $t = R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{U_{Final}}{U_{Final} - U_C}\right)$
Afladning	$U_C = U_{Start} \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}}$
t afladning	$t = R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{U_{start}}{U_C}\right)$
Opladning fra en startværdi til en anden værdi, mod en slutværdi.	$t = R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{U_{Final} - U_{Start}}{U_{Final} - U_{Slut}}\right) [Sekunder]$

Nandgate oscillator:



NAND-Gate-oscillatorens frekvens kan, hvis U_{TL} er ca. 70 % U_{CC} , L_{TL} er ca. 50 % af U_{CC} anslås til:

$$f = \frac{1}{R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{7}{3}\right)} \approx \frac{1,2}{R \cdot C} [Hz]$$

Formlen gælder for $50K < R < 1M$, og $100 \text{ pF} < C < 1 \text{ uF}$

Følgende værdier kan angives som vejledende for oscillatoren!



1 HZ ~	1 Mohm + 1 uF
100 Hz ~	100 Kohm + 100 nF
1 KHz ~	1 Mohm + 1 nF

Analogi til et vandtårn.

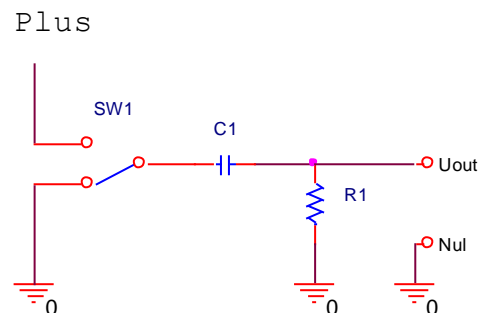
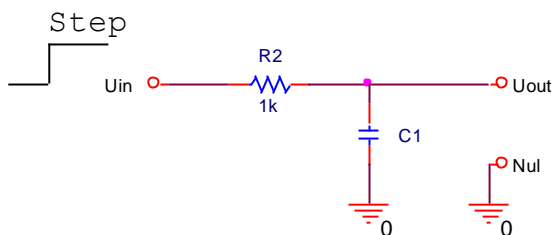
I mange henseender kan en kondensator sammenlignes med et vandtårn. Et vandtårn placeres i yderdistriktet i en by, for at man der så har et reservoir af vand. Vandet skal bruges om morgenen, når mange samtidigt bruger vand til morgentoilette. I løbet af dagen fyldes lageret så igen, men med et meget mindre forbrug pr sek. end i spidsbelastningen. Herved kan rørenes tykkelse være mindre ud til distriktet, og pumpekapaciteten på vandværket behøver ikke være så stor!

Samme princip benyttes ofte til at stabilisere forsyningsspændingen på et print eller et fumlebrædt, ved at montere en kondensator mellem plus og nul.

Se youtube, 5:30: <https://www.youtube.com/watch?v=5hFC9ugTGLs>
("Fejl" strømretning, viser animation af ladningsflow i ledninger og kondensator)

RC-led

Undersøg følgende kredsløb, og beskriv signalerne.

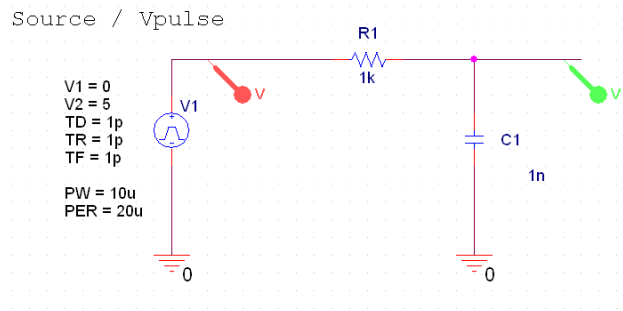


Herunder er vist nogle eksempler på simulering af opladning af en kondensator:

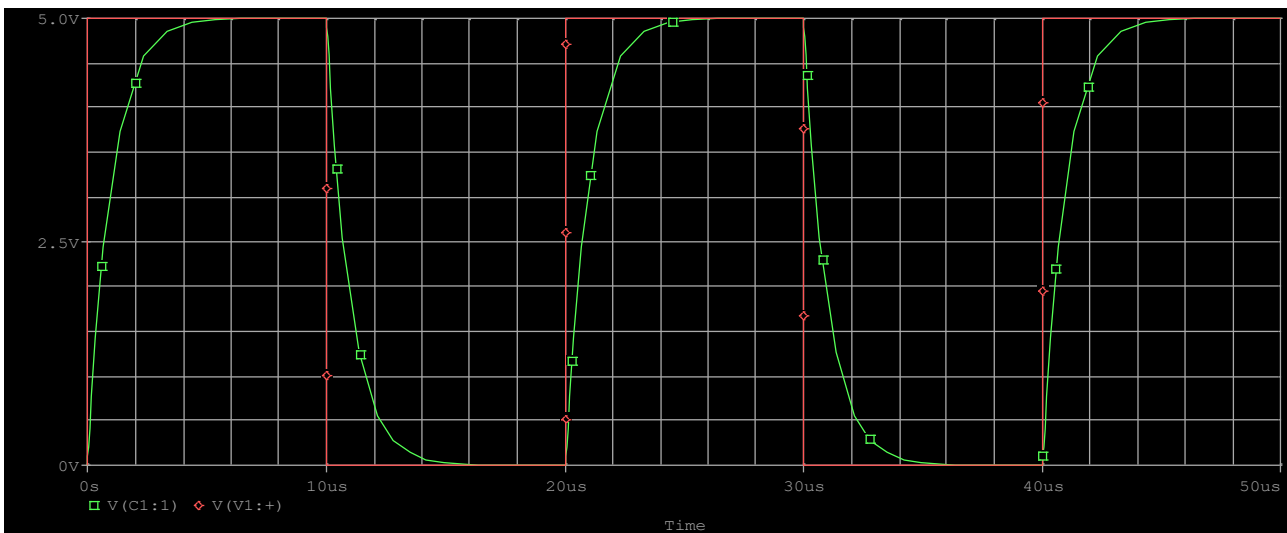


I Orcad er der her brugt en pulsgenerator, en Vpulse:

Resultatet af op- og afladning ses for forskellige kondensatorstørrelser herunder.

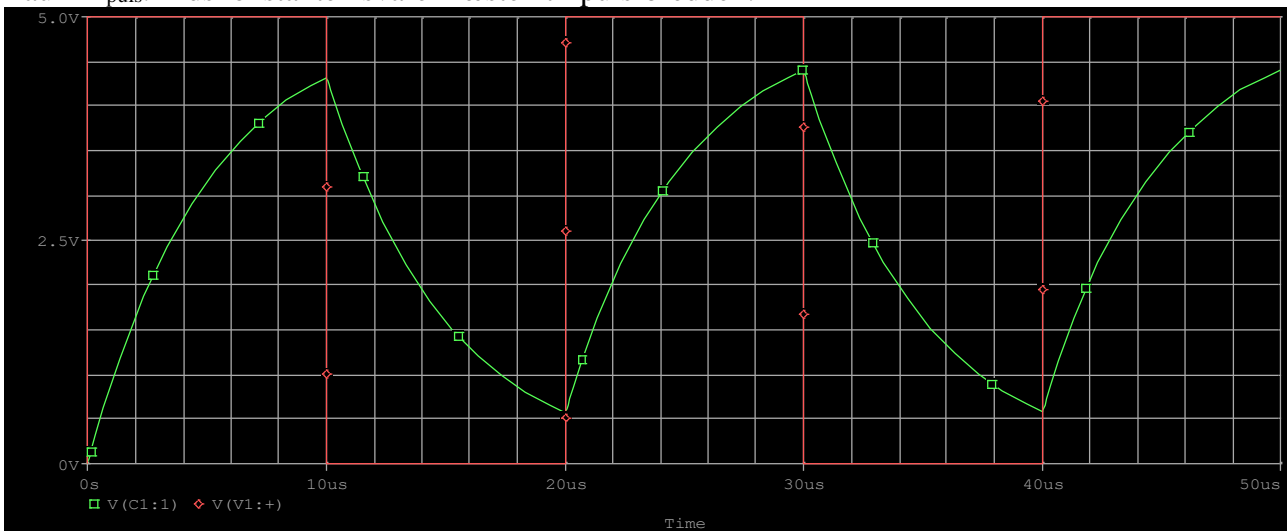


Tau << pulstiden. Kondensatoren når at lade op.



I næste eksempel er kondensatoren = 5 nF:

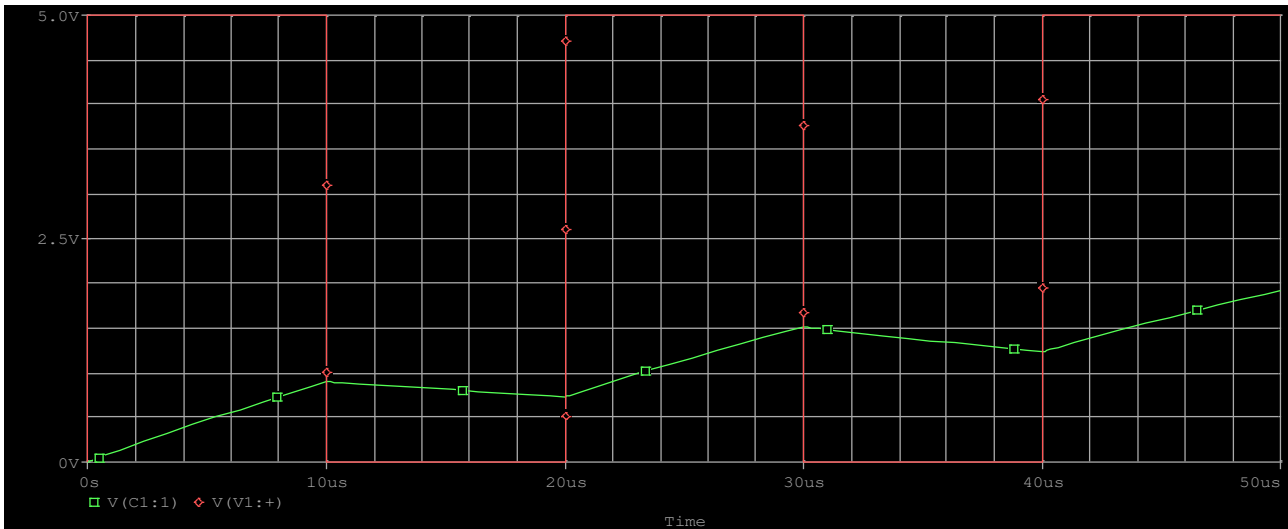
Tau ~ T_{puls} . Tidskonstanten svarer næsten til puls-bredden.



Kondensatoren når ikke at lade helt op i den tid, den får til det.



50 nF. Her er Tau meget længere end pulsen. Der nås slet ikke at oplade kondensatoren.

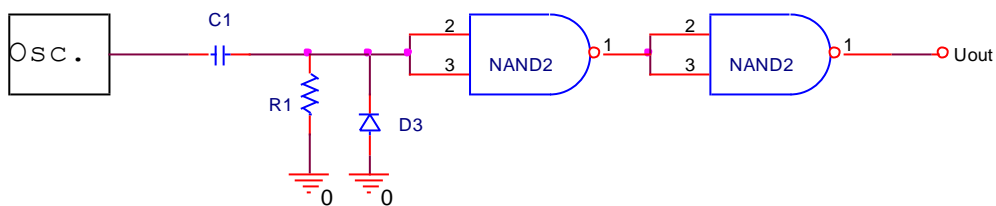


Vurder, hvilken tidskonstant, der skal bruges i et system, der skal vise en skvulpende benzinstand i benzintanken!!

CR-Led, En kondensator i serie

Nu er der en kondensator i signalvejen:

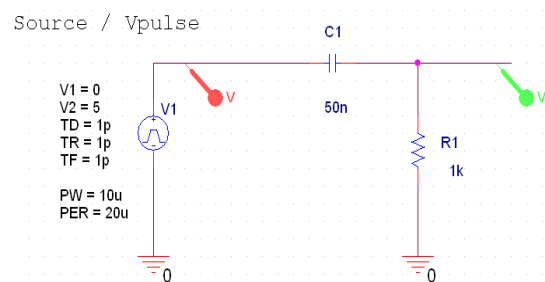
Eksempel:



Forklar signalerne i knudepunkterne!

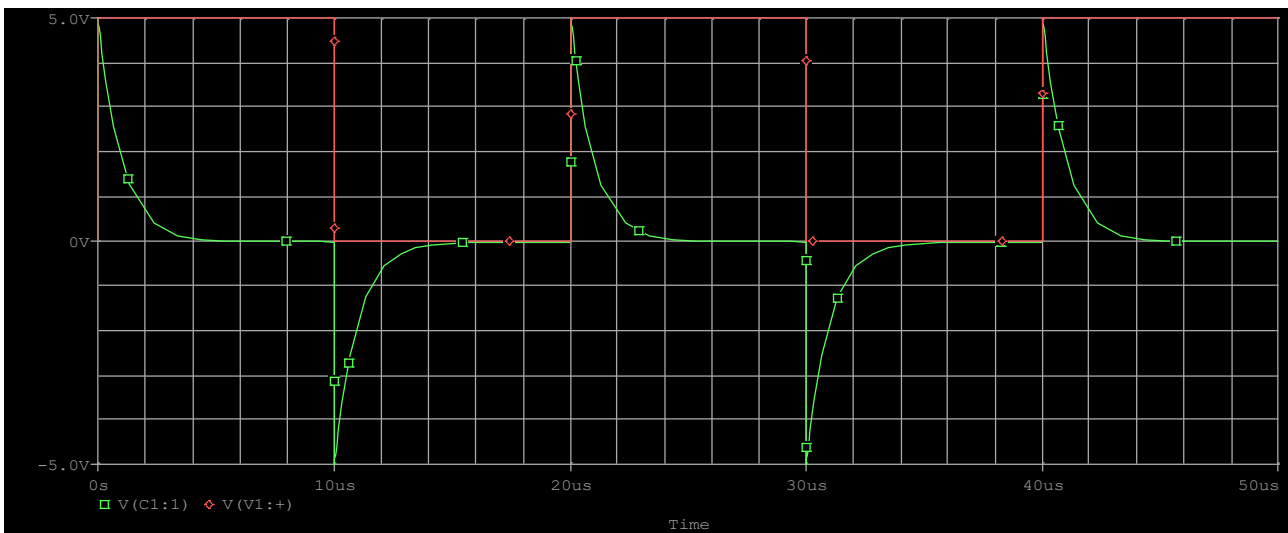
Her ses på eksempler på et CR-led, der får påtrykket en puls.

Der er grafer for forskellige kondensatorstørrelser herunder:





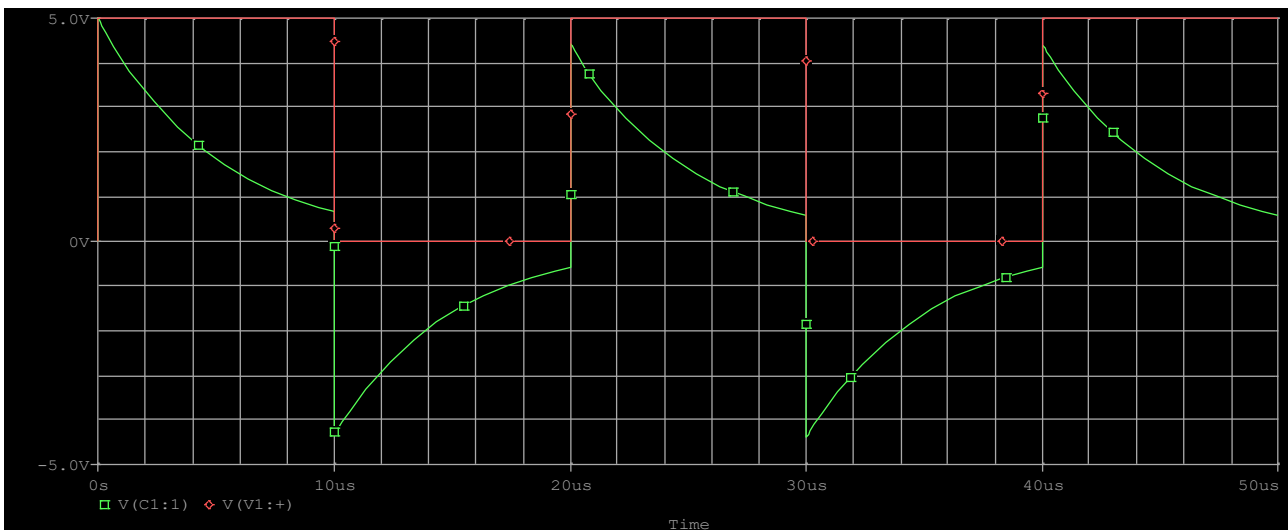
$C = 1 \text{ nF}$. $\tau \ll T_{\text{puls}}$



Kondensatoren når at lade op og af!

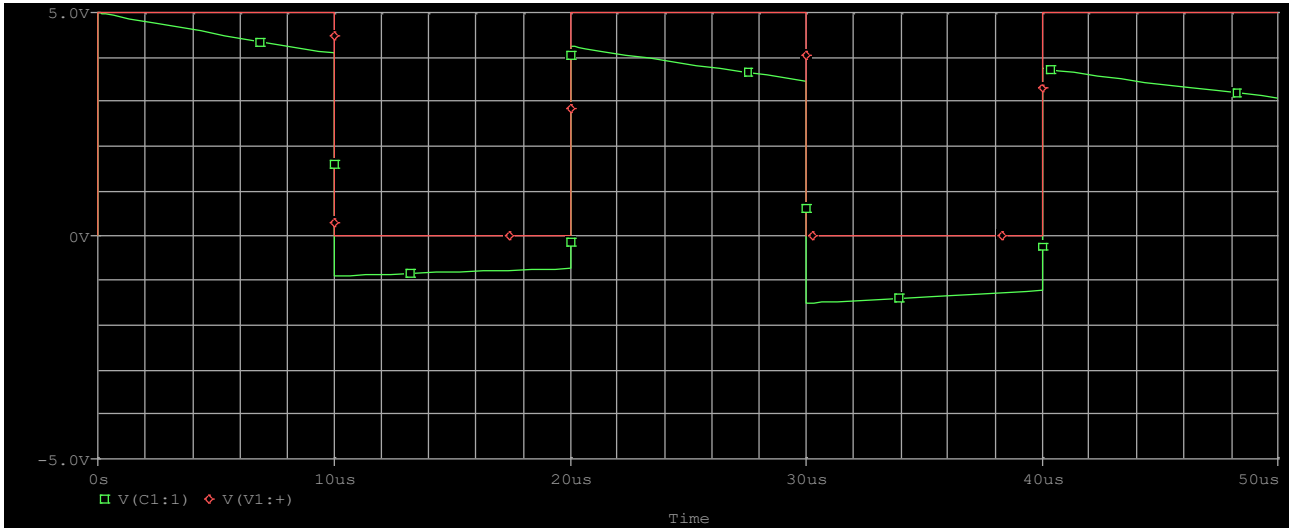
Hvad er egentlig opladning, og hvad er afladning?

Næste eks: $C = 5 \text{ nF}$, $\tau \sim T_{\text{puls}}$.



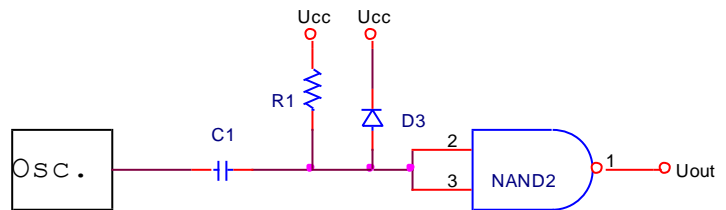
Her nås næsten at op- og aflade!

Og følgende eksempel har $C = 50 \text{ nF}$:
 $\tau \gg T_{\text{puls}}$.

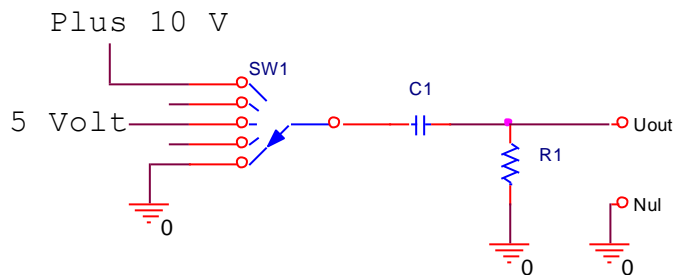


Tiden er alt for kort til at op- og aflade.

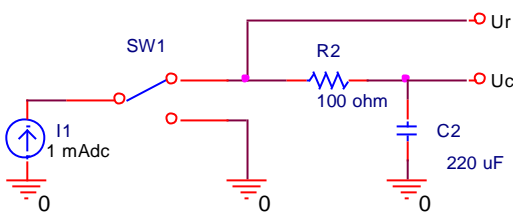
Undersøg spændingsforløbet i knudepunkterne!



Kontakten står først i stillingen som vist. Den skiftes, dvs. stille 1 hak op ad gangen. Skitser signalet på Uout.



Konstantstrømsgenerator

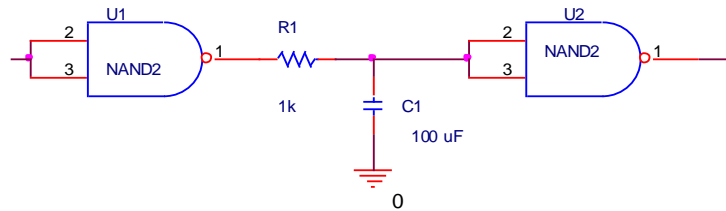


Kontakten vippes op som vist ved $t=0$.
Tegn graf for U_c og U_r fra $t=0$ til $t=3,3$ [s]

Oneshot:

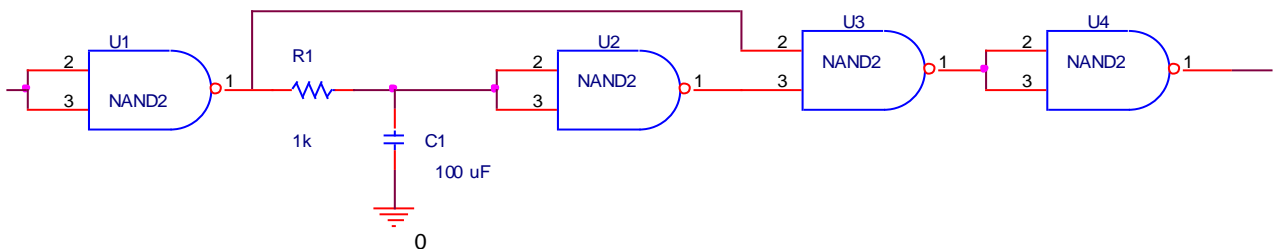


En oneshot kan bygges over et RC-led. Der bruges en GATE til at måle kondensatorens spænding. Da kondensatorens spænding ikke er "digital", altså enten "0" eller "1", men analog, skal den gate, der "måler" spændingen på kondensatoren have hysteresis i indgangen. Brug fx en 4093.

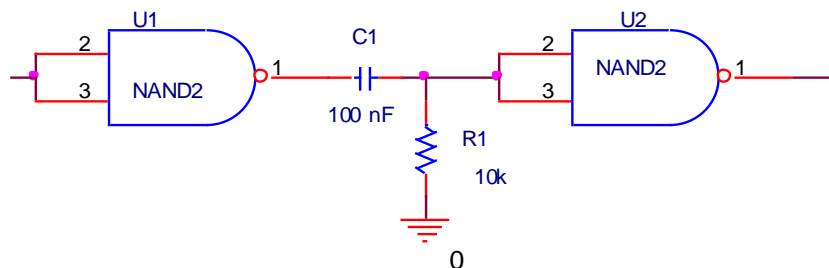


Undersøg først ovenstående. Lav graf for de forskellige knudepunkter, (Nodes) !!
Sæt en diode over R1. Undersøg virkningen!!

Undersøg nu følgende kredsløb: Igen tegnes pulsdigrammer for de forskellige nodes.



Nu er kondensatoren sat før modstanden, som vist efterfølgende.



Undersøg kredsløbet. U1 påtrykkes en firkant signal, og med et Scoop måles signalet over R1.
Forklar !! Prøv at undlade at tilslutte ANDgaten U2. Forklar!!

Det tager tid at oplade en kondensator. Jo kortere tid, der bruges, jo større strøm skal bruges. Skal det gøres momentant, skal strømmen være uendelig stor!! Derfor:

Det er ikke muligt momentant at oplade en kondensator!



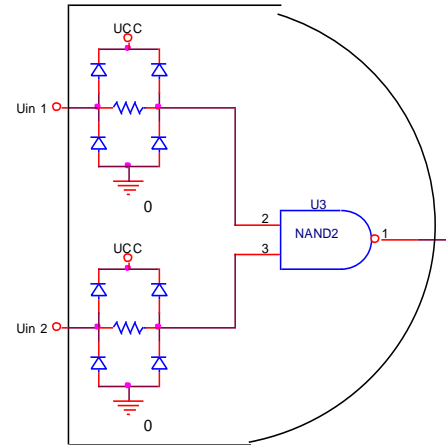
På venstre side af kondensatoren stiger spændingen momentant. Det er spændingen også nødt til at gøre på højre side, ellers er kondensatoren jo opladt på "no time", og det kan man ikke, uden uendelig stor strøm. Derfor må højre side følge med, lige så langt som venstre side stiger!!

Beskyttelsesdioder i CMOS Gates

Første generation af CMOS kredse var ret følsomme overfor statiske spændinger og udladninger. Derfor har man i version 2 af kredse indsat beskyttelsesdioder i indgangen på gatene. Disse forhindrer ødelæggelse af gatene ved for høje eller for lave indgangsspændinger, hvis de udsættes for statisk el, - fx ved berøring !! Dioderne sikrer, at indgangsspændingerne ikke kan blive højere end 0,7 Volt mere end forsynings-spændingen, eller lavere end minus 0,7 Volt.

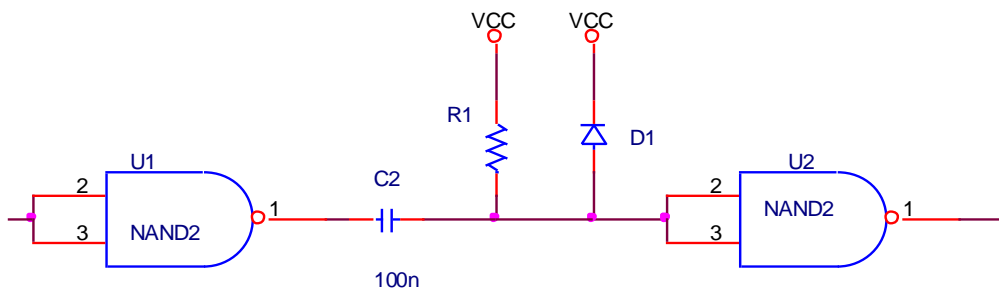
Og dioderne beskytter også mod statisk el.

IC-erne kan kendes på et "B" efter typenummeret, fx HFE4093B.



Men lad være at overbelaste indgangsdioderne, så gaten risikerer ødelæggelse. Brug hellere en ekstern diode!

Undersøg nu følgende kredsløb: Igen med en firkant generator, og et scoop.

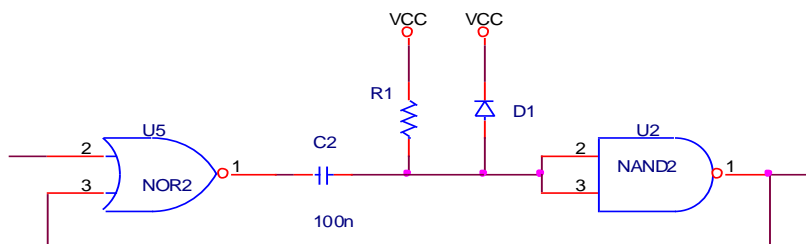


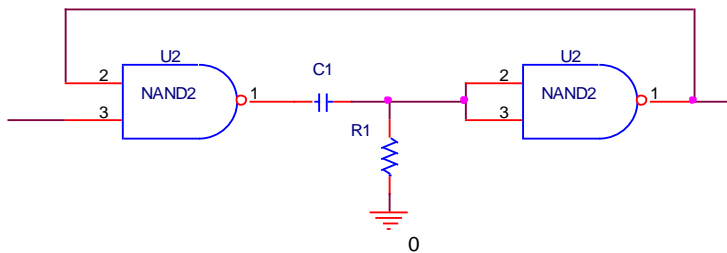
Kald ledningerne, eller NET'ene, eller noderne fra venstre for A, B, C og D. (punkt A er indgangen, B er U1's udgang, osv. Tegn graf for de forskellige punkter:

Oneshot med selvhold

Undersøg kredsløbet.

Lav NOR2 (U5) gaten om til 2-input NAND-gates.



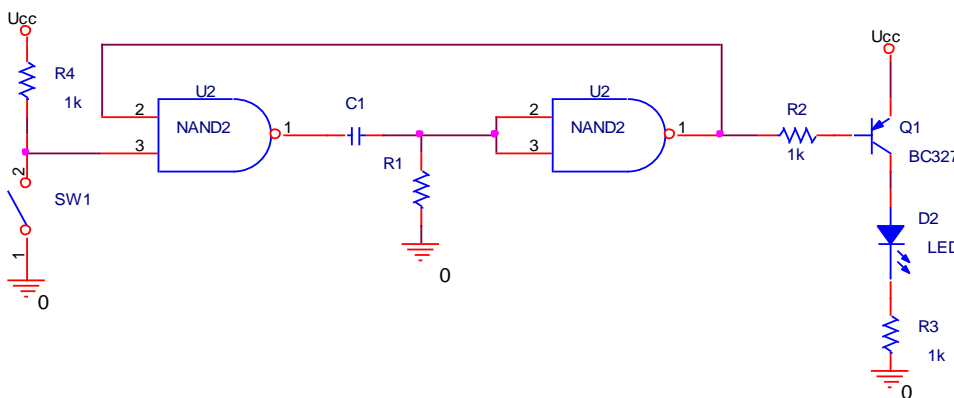


Undersøg dette kredsløb:

Dette kredsløb giver lys i dioden i et antal sekunder, afhængig af R1 og C1

Forklar den nye type transistor!!

Dimensioner til lys i 25 sek.



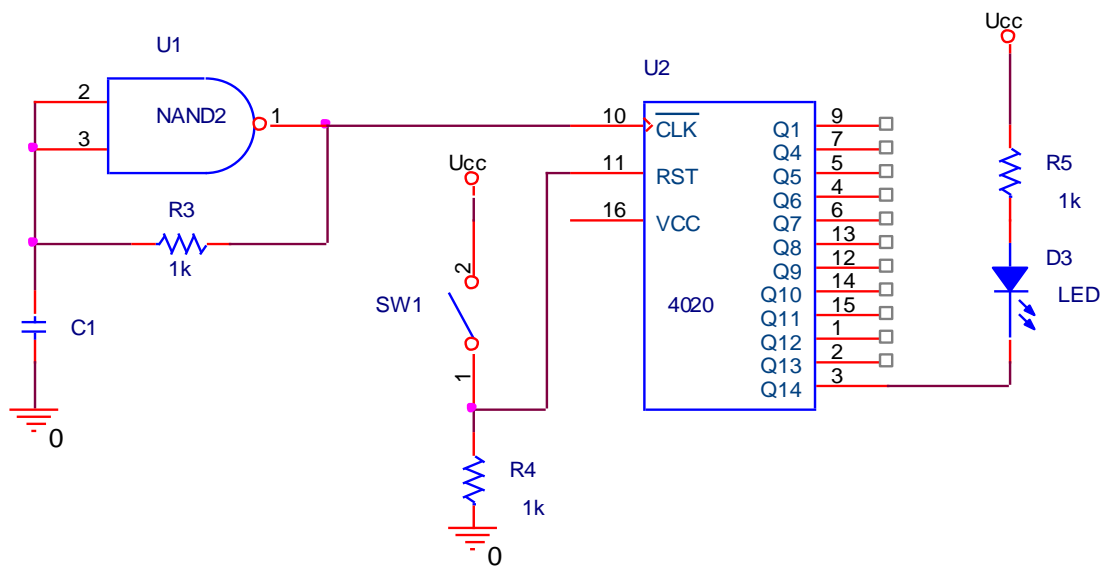
Øvelse:

Opbyg ovenstående kredsløb på fumlebrædt, test, og lav journal !!
Test også med ORCAD.

Husk: Brug scoopet til at måle og se på signalerne

Long time Oneshot

Følgende kredsløb kan udmåle en længere tid!



Analysér først kredsløbet. Hvordan virker tælleren ?? Tjek databladet !!

COUNT UP OPERATION (FOUR STAGES)				
Input Pulses	2 ³ Output (D)	2 ² Output (C)	2 ¹ Output (B)	2 ⁰ Output (A)
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1
16 or 0	0	0	0	0

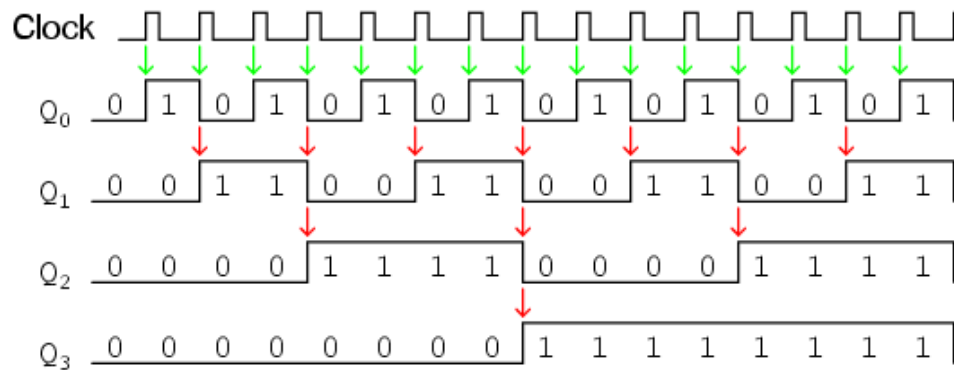
Her er vist det binære system.

Der er blot vist 4 af outputtene !!

Kilde: <http://www.daenotes.com/electronics/digital-electronics/counters-types-of-counters>



Og en graf der viser en binær tællers output i timedomain !!



Udregning af oscillatorfrekvens til langtids-timing !!

Oscillatorens frekvens kaldes f_0

På Q1 er frekvensen den halve. $f_{Q1} = \frac{f_0}{2^1}$

På Q14 er frekvensen $f_{Q14} = \frac{f_0}{2^{14}}$

Da der kun ønskes en halv periode på Q14, er det Q13, der regnes med. Her er en hel periode.

Det kendes, at $f = \frac{1}{T}$. Dvs. at $T = \frac{1}{f}$

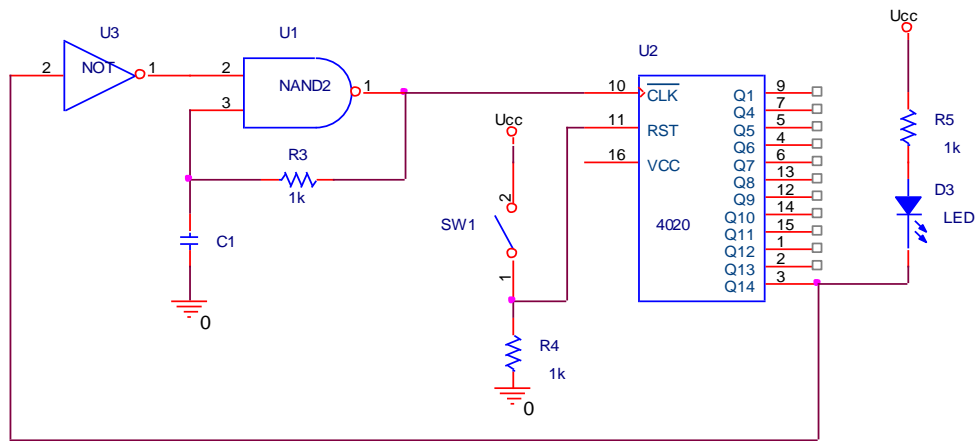
Ønskes nu, at oneshot-tiden på Q14 skal fx være en bestemt tid, regnes: $Tid_{Q14} = \frac{1}{f_{Q13}}$

Altså findes: $Tid_{Q14} = \frac{1}{\frac{f_0}{2^{13}}}$ eller $Tid_{Q14} = \frac{2^{13}}{f_0}$ eller $f_0 = \frac{2^{13}}{T_{Q14}}$

Opbyg ovenstående på fumlebrædt. Dimensioner, så der er lys i dioden i 60 sek. Vælg fx en kondensator på 100 nF.

Ovenstående kredsløb vil fortsætte, så dioden lyser i 60 sek, er slukket i 60 sek, lyser igen, osv.

Skal tiden stoppes, når oneshot-tiden er forløbet, må oscillatoren ”kvæles”! Fx med følgende kredsløb!

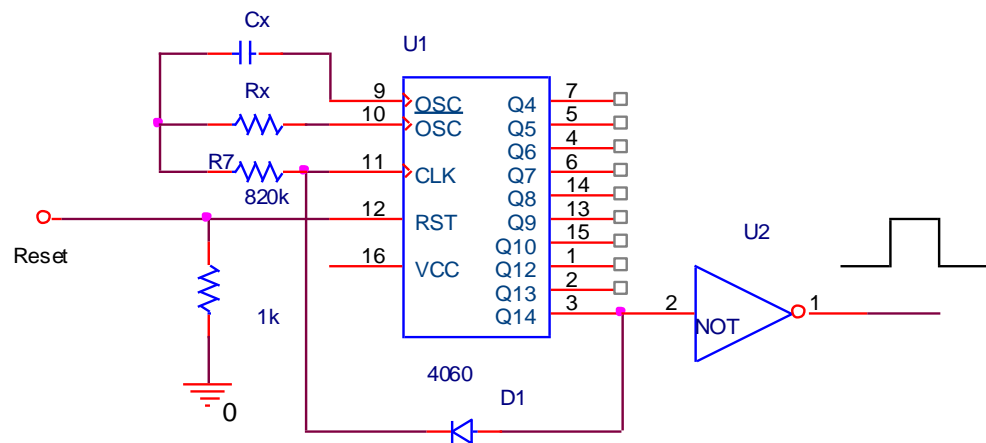


Long time timer med 4060

Der kan også bruges en 4060 tæller, der har indbygget oscillator. Der skal blot monteres et par modstande og en kondensator!!

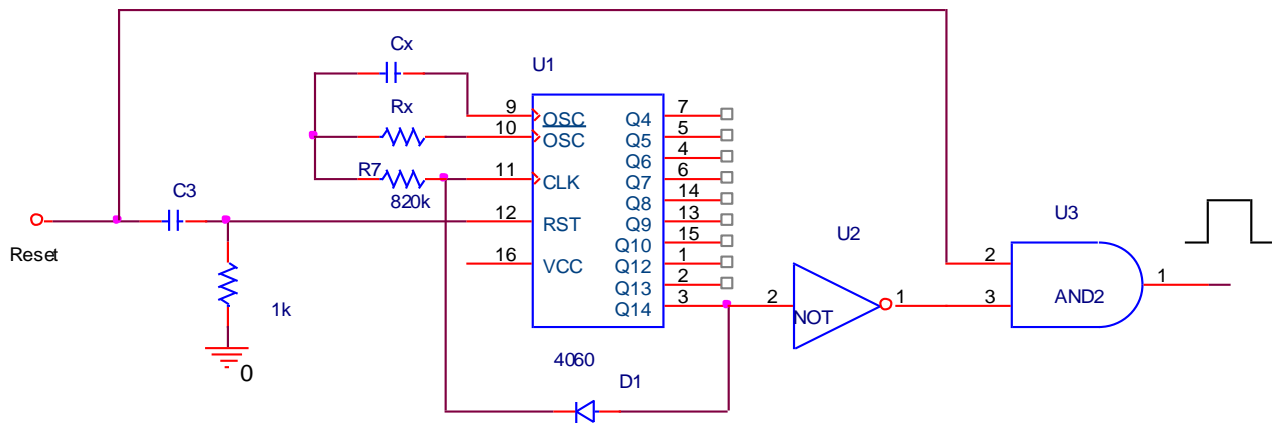
Hvis der resettes, bliver alle udgange lave. Oscillatoren starter, og efter at tiden er udløbet, bliver Q14 høj.

Vha. dioden kvæles oscillatoren, og der tælles ikke videre.



Følgende er et forsøg på at lave en oneshot, med **power on**-reset

Tjek Power-on reset !!



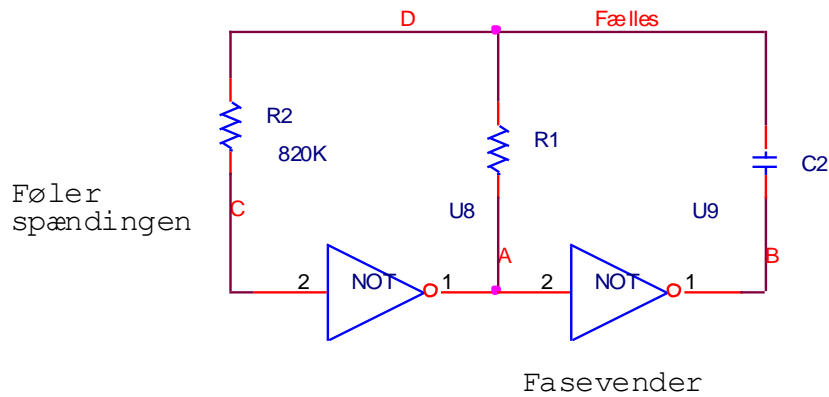
Der er fejl i power-on reset på pin 12.

Reset skal jo i ovenstående kredsløb holdes høj for at udgangen kan blive høj.

Kan det mon ombygges ??? pin 12 skal gå høj hvis der Powers on, eller hvis der trykkes på Reset!!



4060 oscillatoren er opbygget anderledes:



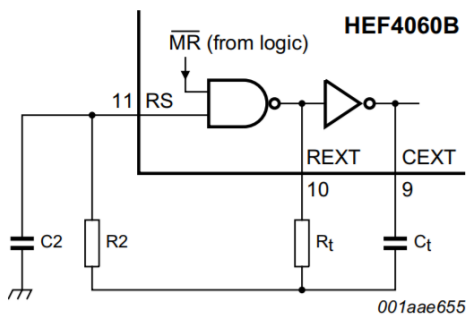
De ovennævnte komponentværdier gælder for CMOS gates. Det er den type oscillator-kredsløb, der er anvendt i en 4060-tæller.

Teoretisk frekvens kan udregnes af:

$$f = \frac{1}{R \cdot C \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot U_{CC} - L_{TL} \cdot U_{CC} + U_{TL}}{U_{CC} - U_{TL}} \cdot \frac{U_{CC} + U_{TL}}{L_{TL}} \right)}$$

Men indsættes værdier, fører det til følgende Tommelfinger frekvens:

$$f = \frac{1}{2,2 \cdot R_1 \cdot C} \text{ Hz}$$



Typisk formel for frekvensen:

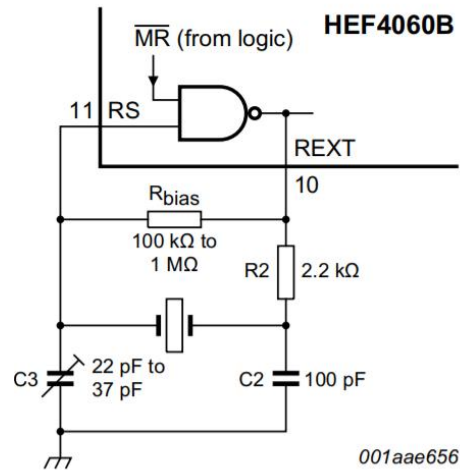
$$f_{osc} = \frac{1}{2,3 \times R_t \times C_t}$$

Se datablad: <https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/HEF4060B.pdf>



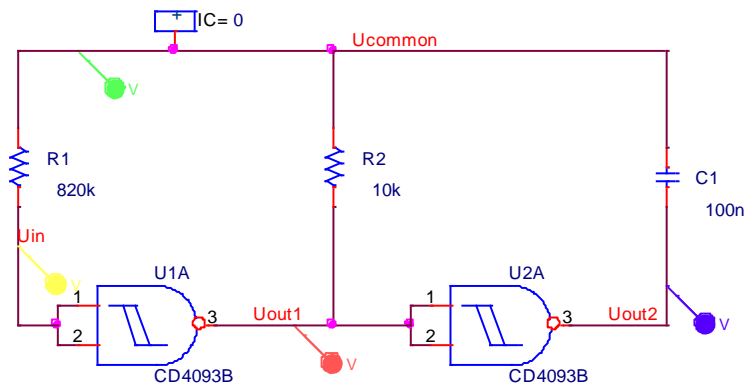
I databladet ses også hvordan der kan opbygges med en krystaloscillator

Hvad opnås med et krystal??

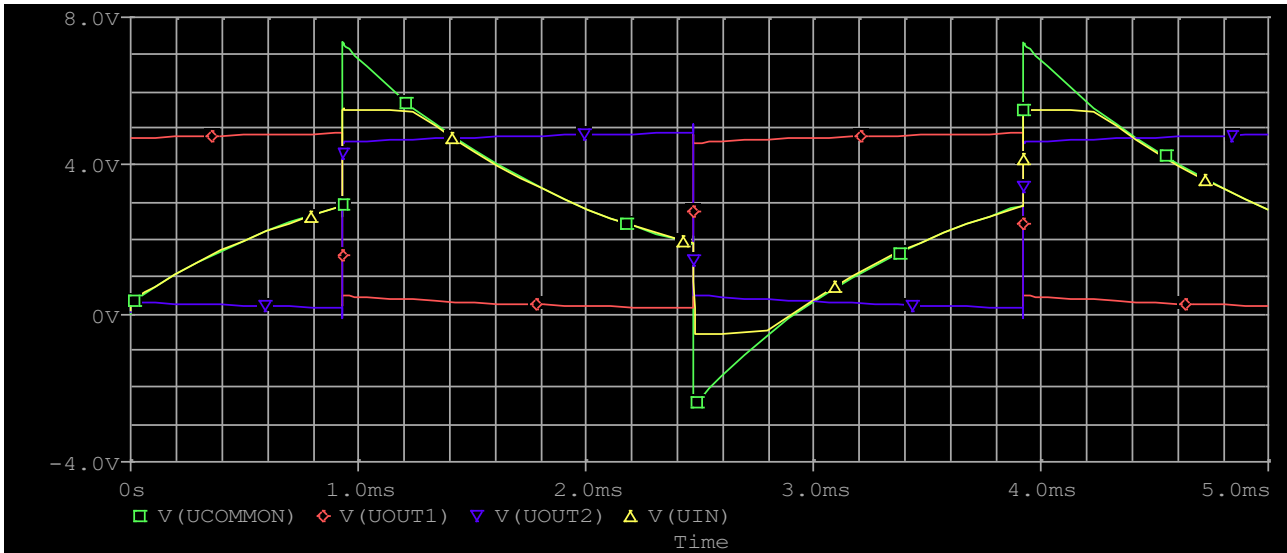


Oscillatorkredsløbet i en 4060 kan på fumlebræt opbygges som følgende:

Fordi der er en kondensator i kredsløbet, indsættes en IC1, (en Initial Condition med 1 ledning) for at fastlægge startspændingen.



Grafen er vist herunder, med farver der svarer til markeringerne i diagrammet.

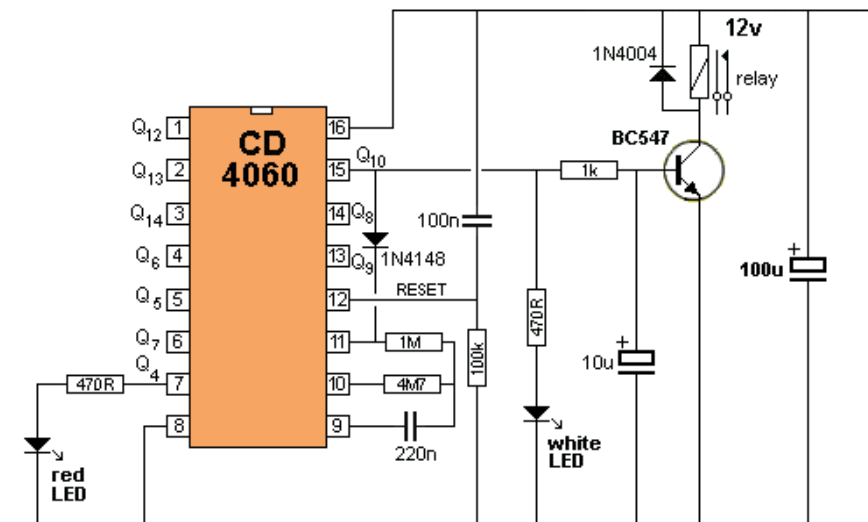


Default spænding i ORCAD er 5 Volt.

Dioderne i indgangen på gatene Clamper spændingen. Men hvis R2 er rimelig stor, fx 10 gange R1, vil der ikke ske Clampering.

Undersøg dette kredsløb:

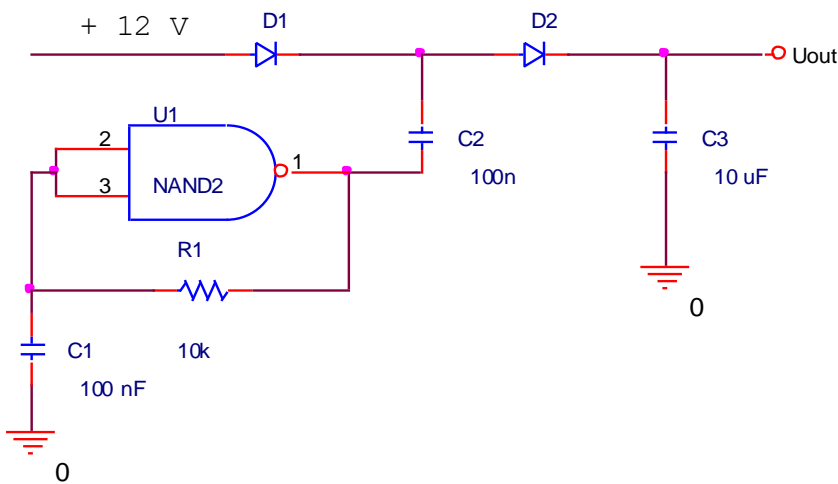
” LONG DURATION
TIMER ”



Kilde:

[http://www.talkingelectronics.com/projects/100%20IC%20Circuits/1-100 IC-Ccts.html](http://www.talkingelectronics.com/projects/100%20IC%20Circuits/1-100%20IC-Ccts.html)

Ladningspumpe:



Med en oscillator er det muligt, at hæve en spænding.

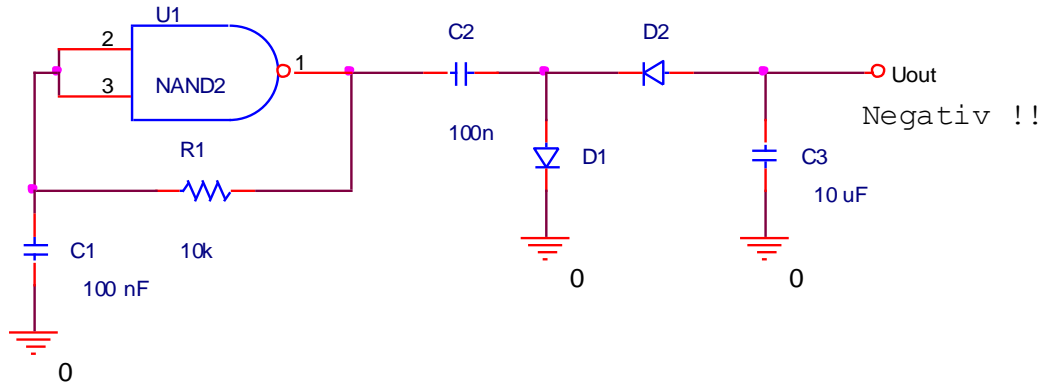
Ganske som det er muligt at pumpe vand op på et højere sted, altså give det højere tryk, i forhold til et referencepunkt.

Undersøg dette kredsløb:

Forklar!

Simuler med ORCAD.

Flyttes komponenterne lidt rundt, kan man lave en positiv spænding om til en negativ spænding!



Forklar !!

Oscillatorens frekvens skal være stor, fx 50 kHz. Simuler i ORCAD!!

Oscillatorens frekvens kan udregnes efter denne formel:

$$f = \frac{1}{R \cdot C \cdot \ln \left[\frac{U_{TL}}{L_{TL}} \cdot \frac{U_{CC} - L_{TL}}{U_{CC} - U_{TL}} \right]}$$

Formlen gælder for $50K < R < 1M$, og $100 \text{ pF} < C < 1 \text{ uF}$

Hvis $U_{TL} \sim 0,7 U_{CC}$ og $L_{TL} \sim 0,5 U_{CC}$ kan ovenstående formel reduceres til tommelfinger-formlen:

$$f \approx \frac{1}{R \cdot C \cdot \ln \left(\frac{7}{3} \right)}$$



Nogle steder er der set følgende formel: $f \approx \frac{1}{(0,5 \dots 1) \cdot R \cdot C}$

Følgende værdier kan angives som vejledende for oscillatoren!

1 HZ ~ 1 Mohm + 1 uF

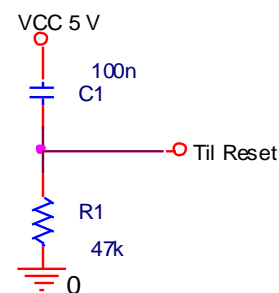
100 Hz ~ 100 Kohm + 100 nF

1 KHz ~ 1 Mohm + 1 nF

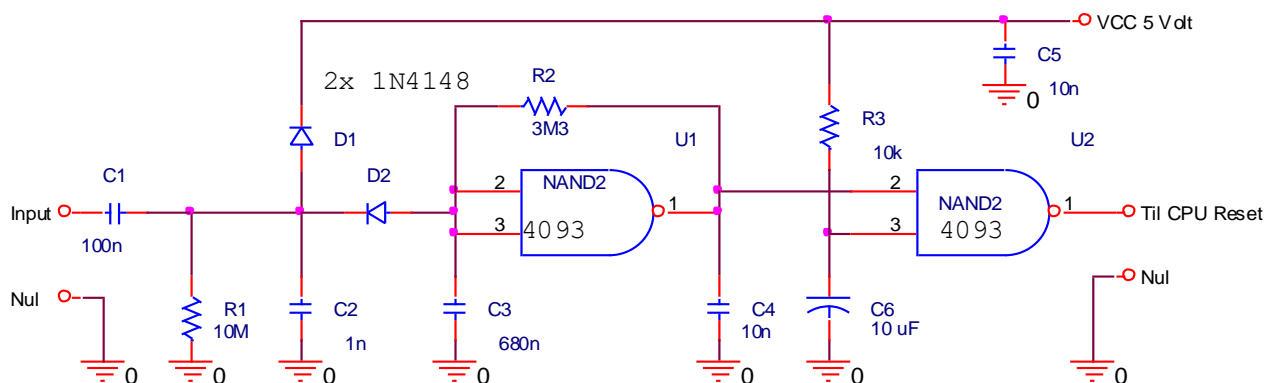
Lav ORCAD øvelse

Power On reset:

Kredsløbet vist til højre kan bruges til Power On-reset, fx til microcontrolleren!! Når der sættes spænding på, følger Reset med op, og ”falder” så ned efter et stykke tid. Tiden kan beregnes af T-Halv-liv formlen.



Følgende er kombineret power On reset og Watch Dog til Microcontroller.



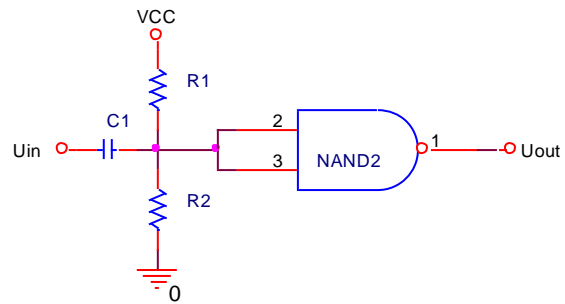
Inputbenet tilsluttes en af Microcontrollerens portben. På benet skal programmet generere mindst 10 Hz firkant. Sker det ikke, er programmet nok brudt ned, og kredsløbet genererer en Reset puls til Controlleren !!

Her følger en række småkredsløb med NAND-gate, der manipulerer et signal.



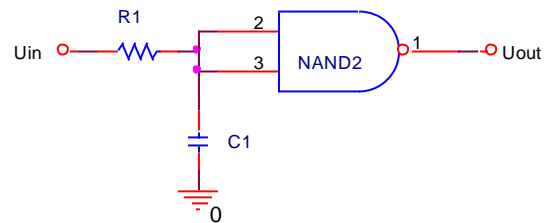
Firkant-former.

Eks. $R_1 = 270 \text{ KO}\Omega$, $R_2 = 220 \text{ KO}\Omega$,
 $C_1 = 100 \text{ nF}$.

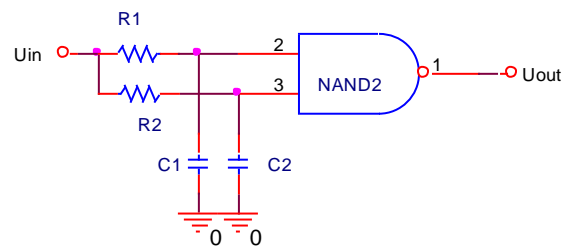


Impuls-forsinkelse:

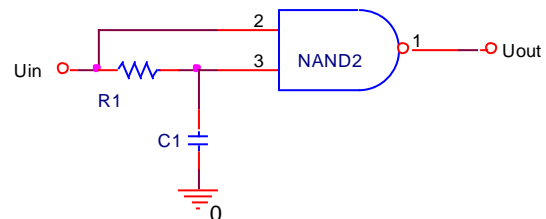
$T_d \sim R * C * 0,9 \text{ [s]}$



Forskellig forsinkelse for positiv flanke og negativ flanke.

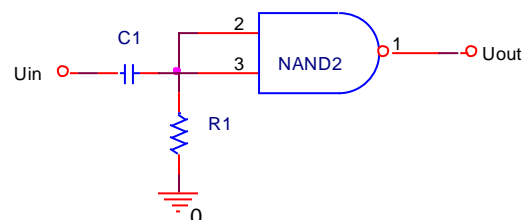


Kun den ene flanke er forsinket. Hvilken ??



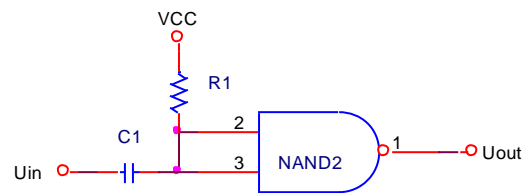
Flankedetektor. Detekterer en positiv flanke på U_{in} .

$T_{puls} U_{out} \sim R * C * 0,8$

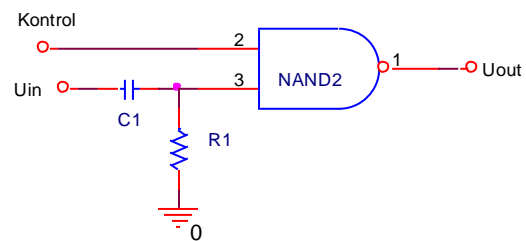




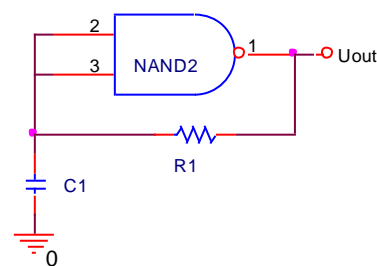
Flankedetektor.



Impulsflankedetektor med kontrol-indgang.



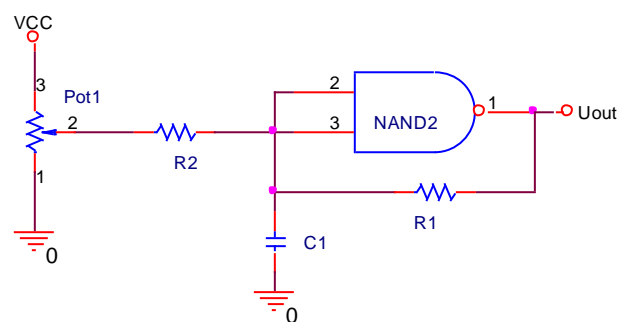
Oscillator



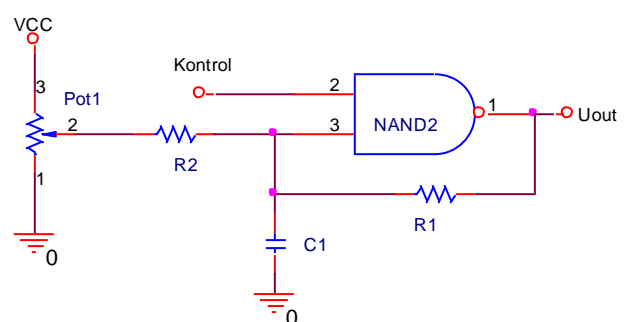
Oscillator med symmetri-justering

R2 skal være 10 til 20 gange R1.

Pot1 er 5 til 47 Kohm

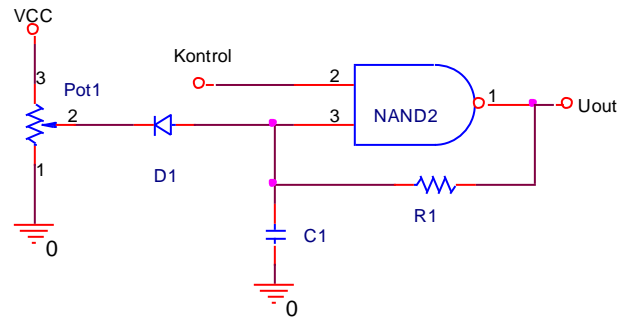


Oscillator med start / stop – kontrol.

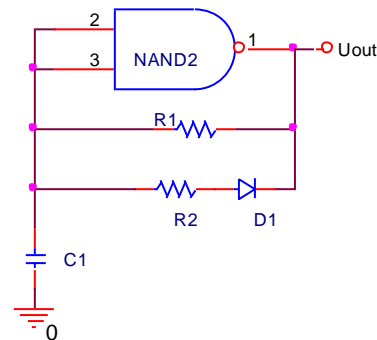




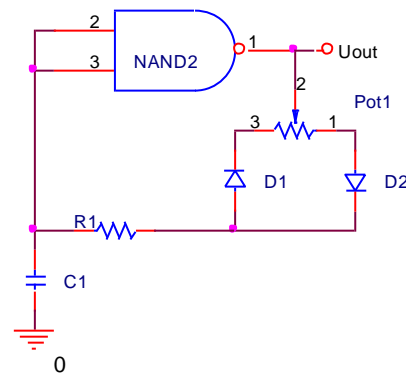
Pot1 spændingen justeres til lidt over U_{tl} .
Herved undgås, at første puls-periode på
udgangen er længere end de øvrige.



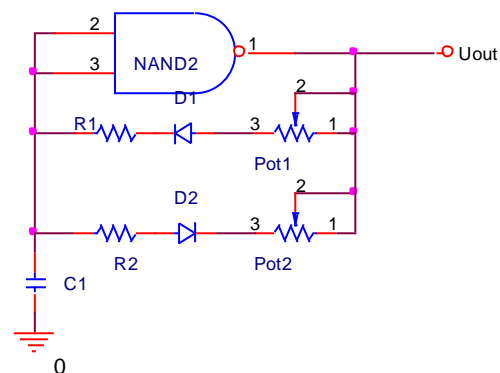
Oscillator med længere høj-tid end lavtid.
Dioden kan vendes!!



Oscillator med variabel pulsbredde. Men stort
set samme frekvens.



Oscillator hvor høj og lav puls kan justeres
individuel.

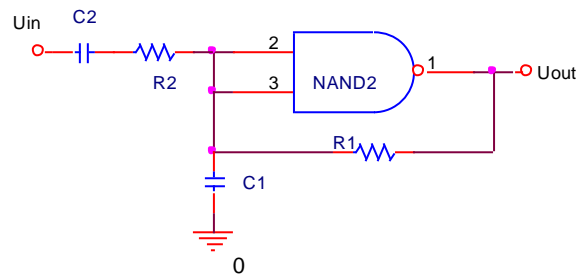




PWM. Puls With Modulator.

R2 skal være 2 til 5 gange R1.

Frekvensen er ikke konstant !!



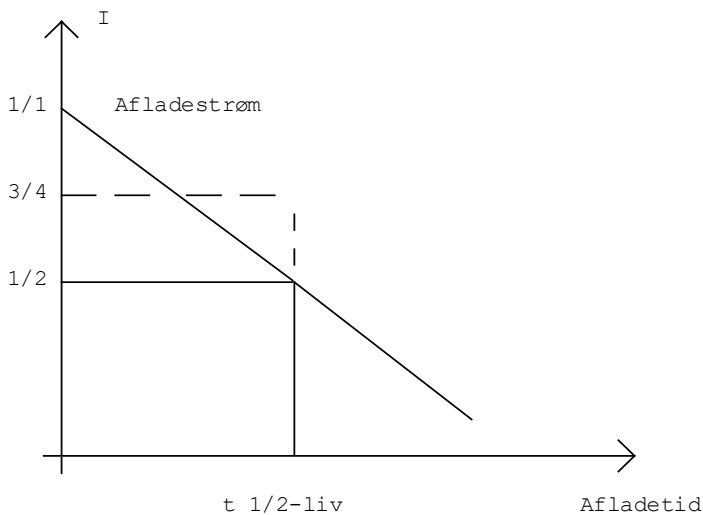
Kilde: Elektor 9/92

Udledning af tommelfinger-regelen $T_{1/2liv}$

Udledning af tommelfingerformel til hurtig beregning af halv op- eller afladning af en kondensator.

En graf over en afladning af en kondensator betragtes. Dvs. en afladningskurve. Grafen viser kondensatorens afladestrøm.

Det antages her, at I falder retlinet. Der begås herved en lille fejl!!



Kendte Formler:

$$Q = I \cdot t$$

$$Q = U \cdot C$$

Dvs. at efter et stykke tid, $t_{1/2-liv}$ er halvdelen af ladningerne brugt, og spændingen er også faldet til det halve, og afladestrømmen er halv så stor, som startværdien.

$$\text{Ergo: } I_{t_{Halvliv}} = \frac{I_{Start}}{2}$$

I tiden fra start af afladningen til $t_{1/2-liv}$ må den gennemsnitlige strøm, I_{Middel} være:



$$I_{middel} = \frac{3}{4} \cdot I_{Start}$$

Idet den ladning, der er forsvundet til $t_{1/2-liv}$ er $\frac{Q_{Start}}{2}$ og der generelt haves, at $Q = I \cdot t$, eller $I = \frac{Q}{t}$, fås:

$$I_{middel} = \frac{3}{4} \cdot I_{Start} = \frac{Q_{Start}}{2 \cdot t_{1/2-liv}}$$

Det haves at:

$$I_{Start} = \frac{U_{Start}}{R}, \text{ og } Q_{Start} = U_{Start} \cdot C. \quad (R \text{ er aflademodstanden, og } C \text{ er kondensatoren}).$$

Dette indsættes, og der fås:

$$\frac{3}{4} \cdot \frac{U_{Start}}{R} = \frac{U_{Start} \cdot C}{2 \cdot t_{1/2-liv}}$$

Dette udtryk forkortes og ordnes, og der findes:

$$t_{1/2-liv} = \frac{2}{3} \cdot R \cdot C$$

Denne formel kan bruges som tommelfingerregel, når der skal arbejdes med op- eller afladning af kondensatorer. Vel vidende, at det ikke er nøjagtigt, men der er jo som bekendt stor spredning på kondensatorer, så den lille fejl er til at bære.

Korrekt formel for Opladning / Afladning:

Her er en oversigt over forskellige formler for opladning og afladning af kondensatorer.

Afladning.

Formel for en kondensators spænding, U_C ved afladning, fra en startværdi:

$$U_{C \text{ afladning}} = U_{Start} \left(e^{-\frac{t}{R \cdot C}} \right) \quad R \cdot C = \tau$$



Udledes t, findes en formel for, hvor lang tid, det tager at aflade en kondensator til en bestemt værdi, U_C :

$$t_{\text{afledning}} = R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{U_{\text{start}}}{U_C}\right)$$

Opladning

Formlen for opladning af en kondensator, asymptotisk mod en påtrykt spænding er:

$$U_{C_{\text{Opladning}}} = U_{\text{Påtrykt}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{R \cdot C}}\right)$$

Og tilsvarende, hvis t er isoleret, en formel for, hvor lang tid det tager at oplade en kondensator til en bestemt U_C -værdi, ved en given påtrykt spænding.

$$t_{\text{Opladning}} = -R \cdot C \cdot \ln\left(1 - \frac{U_C}{U_{\text{Påtrykt}}}\right)$$

Forklar, hvorfor opladning og afladning sker efter en asymptotisk graf ?????

Hvorfor er Tau i Sekunder ?

Hvorfor er Tau = R gange C dvs. Ohm gange Farad egentlig i sekunder ???

Følgende omskrivning af enhederne skulle gerne bevise det !!

$$1[F] = \frac{1[C]}{1[V]} = \frac{1[A] \cdot 1[s]}{1[V]}$$

Og:

$$1[\Omega] = \frac{1[V]}{1[A]}$$

Så:

$$1[\Omega] \cdot 1[F] = \frac{1[A] \cdot 1[s] \cdot 1[V]}{1[V] \cdot 1[A]} = 1[s]$$



Øvelser:

CMOS-ØVELSE

Nandgate 4093 øvelse:

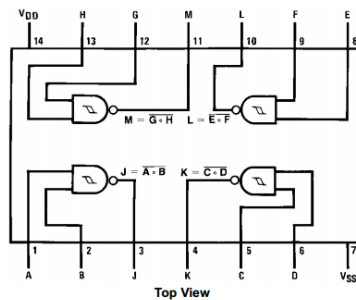
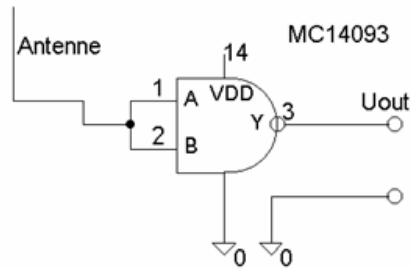
Under øvelsen laves notater, som senere bruges i den efterfølgende journal !!

Opgave 1:

A): Opbyg flg. kredsløb: Tilslut til 12 Volt.

De to indgange er kortsluttede, og forbundet til en ledning på ca. 10 til 15 cm.

Mål med et scoop på udgangen.



Undersøg udgangen hvis indgangen er 0, (forbind til 0 Volt = stel) og hvis den er høj (forbind til Plus !). Passer dette med sandhedsskemaet ?

Lad indgangen svæve, dvs. ikke forbundet til noget.

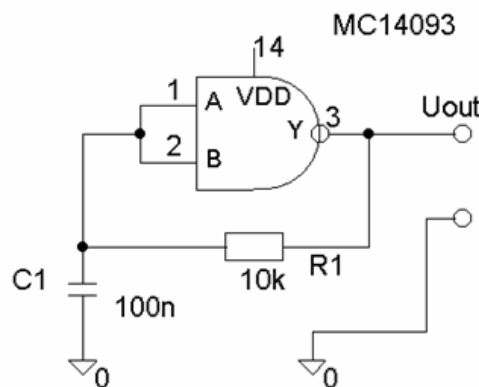
Hvad ses på scoopet? Forklar hvorfor. Beregn frekvensen. Tegn graf min. 10x8 cm.

Hvad er U_{out} high i % af U_{cc} ?

B): Opbyg nu følgende:

Mål med scoop U_{C1} og U_{out} i samme billede, dvs. begge scoopets kanaler skal bruges.

Bestem frekvensen. Bestem U_{TL} og L_{TL} . Bestem U_{TL} og L_{TL} i procenter af U_{CC} (U_{CC} = Forsyningsspændingen)





Passer procenterne også hvis U_{CC} hæves til 15 V ? (Max 15 V)

Hvad er $U_{out\ MAX}$ og $U_{out\ MIN}$?

Hvor løber strømmene ? Kan der siges noget om I_{out} ? Hvad er $I_{out\ Max}$ i givne kredsløb ??

Skift modstanden ud med en anden. ! Prøv også med en anden kondensator. ! Kan der udledes noget som følge af udskiftningerne. Er der proportionalitetsforhold ? Sæt to kondensatorer i parallel / hhv serie. Hvad kan udledes ??

Tegn og forklar. P

Passer de beregnede frekvenser nogenlunde med flg. formel ?

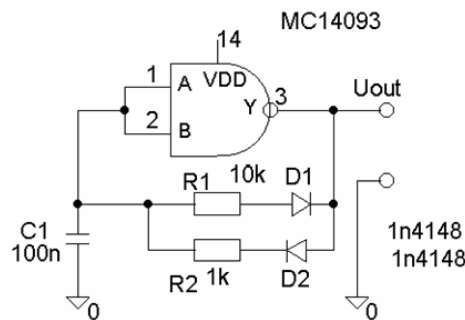
$$f = \frac{1}{R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{U_{TL} \cdot U_{CC} - L_{TL}}{L_{TL} \cdot U_{CC} - U_{TL}}\right)} \text{ [Hz]}$$

Kan der udledes noget ud fra formelen mht. R, C og frekvensen ??

C): Nu tilføjes yderligere en modstand og et par dioder:

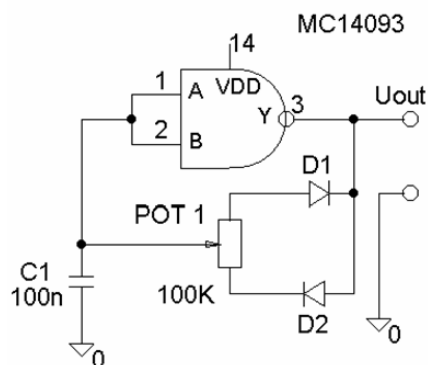
Mål igen. Tegn og forklar ud fra kredsløbet og grafen, der vises på scoopet.
Prøv evt. med andre modstande.

Lod nu ledninger på 2 stk. 100 Kohm trimmepotmetre. Udskift R1 og R2 med disse og prøv at ændre modstandsværdien. –
Forklar.



D): Forbind flg.:

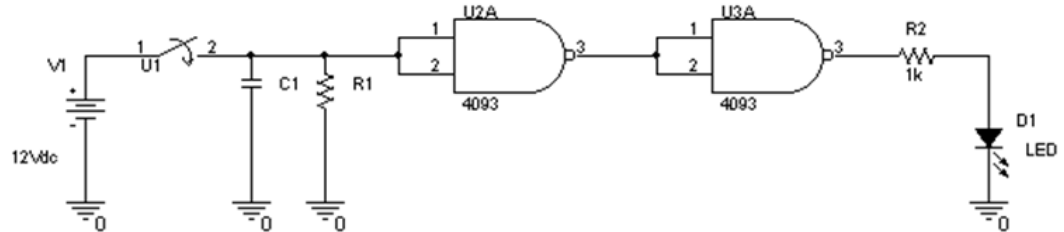
Mål, tegn og forklar:





AFLADNING AF KONDENSATOR

Opbyg
følgende
kredsløb:



$$U_{TL} = 70 \%$$

$$L_{TL} = 50 \%$$

Beregn komponenter, så der efter at knappen har været aktiveret, ønskes lys i D1 i 30 sekunder.

Brug formelen $U_C = U_{start} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$

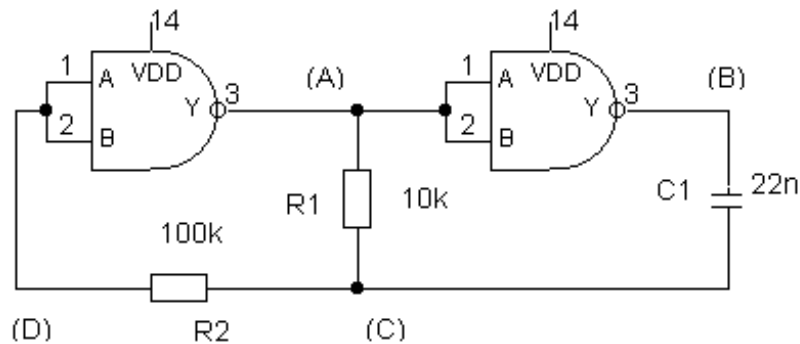
Beskriv kredsløbet

Find komponenter.

Forklar tolerance – begrebet.



OSCILLATOR

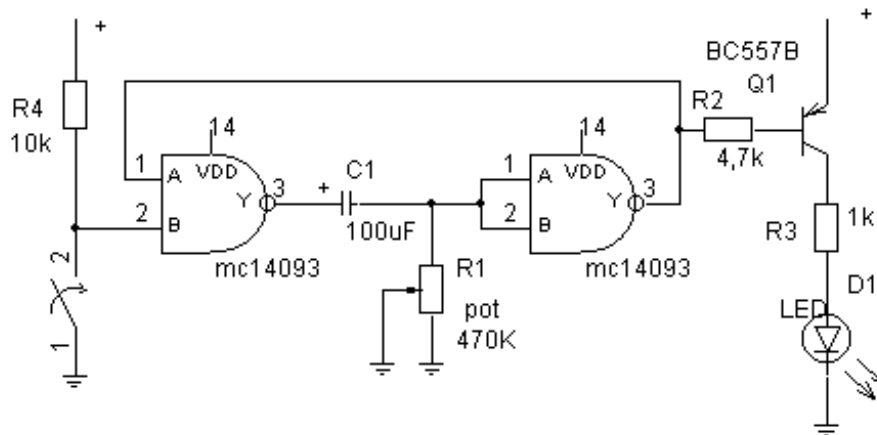


- Analyser signalerne (A) til (D). Tegn under hinanden.
- Overvej et udtryk for frekvensen. Passer det nogenlunde med $f = \frac{1}{2,2 \cdot R1 \cdot C}$? Passer det med den teoretiske, vist nederst.
- Hvor skal output tages ?
- R2 skal være "stor". Hvorfor ?

Teoretisk frekvens :
$$f = \frac{1}{R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot U_{CC} - U_{TL}}{U_{CC} - U_{TL}} \cdot \frac{U_{CC} + U_{TL}}{L_{TL}}\right)}$$



ONESHOT



1. Analyser ovenstående kredsløb. Opbyg og afprøv. Forklar.
2. Mål interessante steder i kredsløbet. Tegn graf. Forklar
3. Udled / find formler for tiden, lysdioden lyser, $t = f(\text{potentiometer-stillingen})$
4. R2 og R3 er i kredsløbet tilfældigt valgt. Forklar dimensioneringen af dem !



TÆLLER 4060

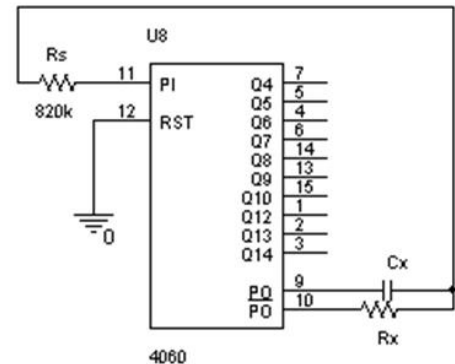
Tælleren 4060 har indbygget oscillator. Dvs. der blot skal forbindes 2 modstande og en kondensator til kredsen, for at den oscillerer.

Opbyg på fumlebrædt. Brug fx $U_{cc} = 12$ Volt.

Oscillatorens frekvens er ca. $f = \frac{1}{2,2 \cdot C_x \cdot R_x}$.

(I nogle datablade er 2,2 erstattet af 3,0!)

Tegn et diagram af oscillator kredsløbet.



Hvordan ser signalet ud mellem R_x og R_s ? (Mål med scoop !)

Stemmer dette nogenlunde overens med det forventede.

Muligvis er frekvensen, der genereres så lav, at det ikke er til at måle. Sæt den så blot op til ca. 100 KHz.

Brug vore tonegeneratorer til at måle frekvensen på udgangene!

Hvordan er forholdet mellem de forskellige frekvenser på de forskellige udgange?

Læg mærke til at Q_{11} ikke er ført ud !!

Bestem C_1 og R_1 således, at en lysdiode med formodstand, fra + og ned til Q_{14} vil lyse 30 sek. efter reset.

Angiv formel for forholdet mellem høj- tiden på Q_{14} og oscillatorfrekvensen. ($t_{Q14} = f(f_{osc})$)

Hvis man ikke vil benytte den indbyggede oscillator, hvor skal så et externt clocksignal tilsluttes. ??

For C_x og R_x kan fx. bruges følgende kombinationer:

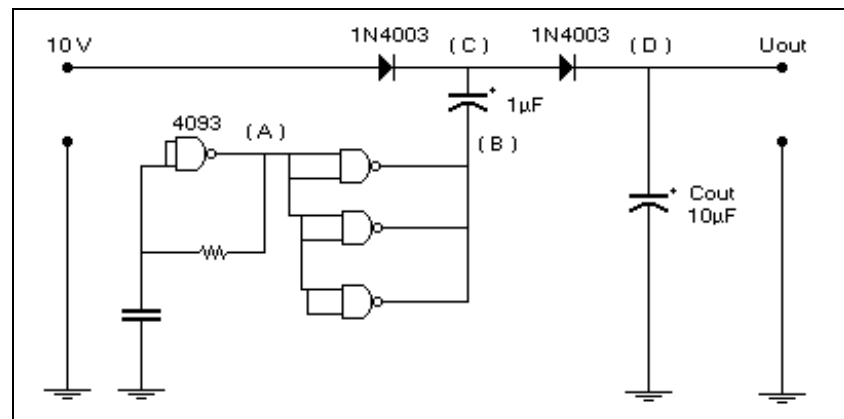
C_x	R_x
220n	10K
180n	10K
10n	10K

R_x må ikke være for stor, da der ved måling med scoop belastes med 1 Mohm. Brug fx 100 K.



SPÆNDINGSDOBLER

- 1) Analyser ovenstående kredsløb og forklar.
- 2) Byg op og undersøg signalerne i punkt (A) til (D).



(R1 og C1 vælges, så frekvensen i (A) bliver mellem 1 KHz og 5 KHz.

- 3) Belast U_{out} med en dekademodstand. Skru ned fra 10 Kohm til U_{out} er faldet til 15 Volt. Beregn Ilast og mål riplen i scoopets AC-stilling. Forklar !
- 4) Forklar hvorfor 3 udgange kobles sammen som her. Hvad er betingelsen for at det er tilladt ??