ET Script

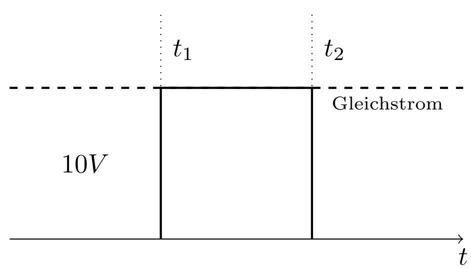
1 Übersicht

1. Defintion Ladung, Strom, Spannung, Potential
2. Grundstromrkeis, Darstellung
3. Widerstand Ω Ohmisches Gesetz
4. Mehrteilige Schaltungen
   4.1. Stromknoten
   4.2. Spannungsmasche
   4.3. Superpostionsprinzip
5. Reale Spannungs und Stromquellen
6. Leistung
7. Zeit abhänige Spannugen und Ströme
8. Blindelement L, C

2 Zeit abhänige Ströme und Spannungen

Zeit eigentlich Kontunierlich und ständig ablaufend. Gleichstrom und Gleichspannung sind streng genommen Einbildung, müssten ewig daueren

In der Realität geht es immer um Zeitinvervalle.



!Üblicher Sprachgebrauch "Gleichspannungs"

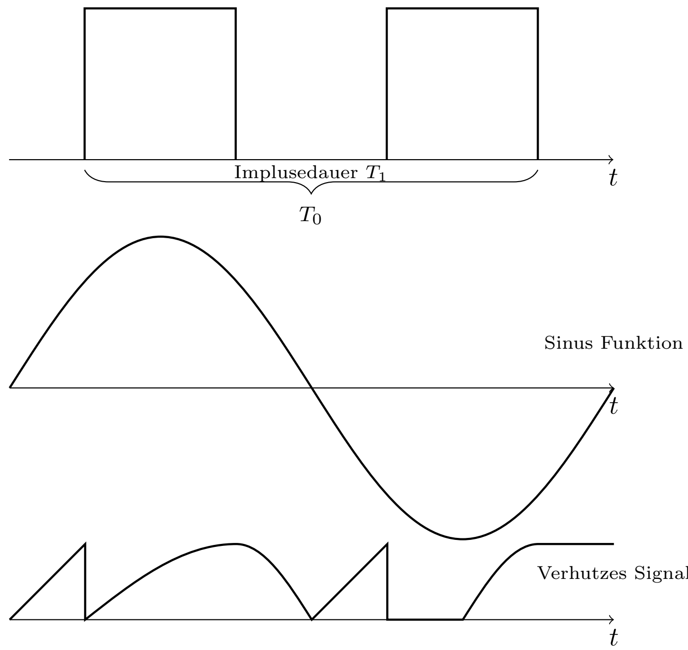
aber wenn $t_2 - t_1 = T$

Zeitintervall Implusdauer Gewisse Willküre insbesondere Wahl Zeitpunkt Null ist praktisch, aber oft beliebig

In betrachteten Zeitintervall sind auch beliebige Verläufe als Gleichwert möglich Extremfall: Rauschen stochastisches Verhalten ohne Regelmässigkeit Auch im betrachten Zeitintervall kann es Widerholungen geben

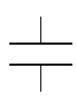
Üblich beiu sich wiederholende Vorgängen: Periodendauer T_0

Beispiel:



Bei zeit abhaenigen Spannungen und Strömen kommen die Elemnte Kondensator und Induktivität, bei welcher der Spannungs-Strom verhalten nicht mehr durch das ohmische Gesetz beschrieben werden kann, zur Geltung. (Also: Spannung und Strom beim Kondensator und der Induktivität haben nicht den gleichen Zeit verlauf)

2.1 Schaltzeichen

C_1  Kondesator ($\hat{=}$ Kapazität C, Einheit "Farad")

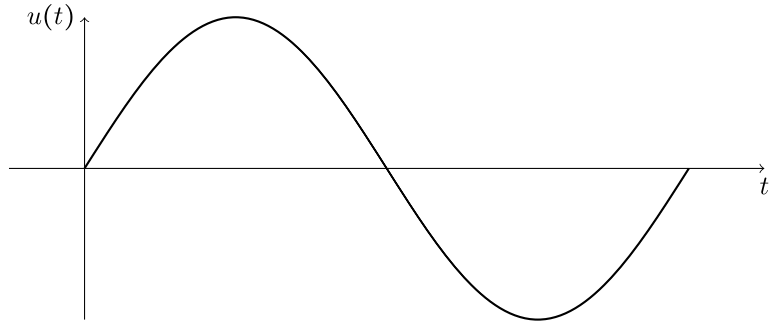
L_1  Induktivität (H, Einheit "Henry")

L_1  z.b in Deutschland gelegentlich

2.2 Kondensator

Platten Kondensator:

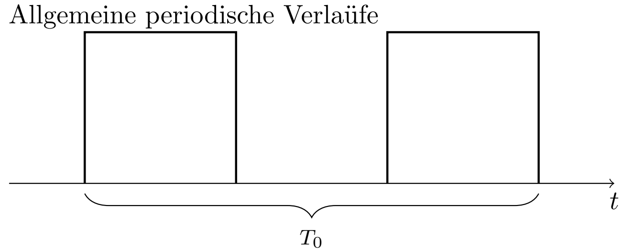
2.3 Wechselspannung und Wechselstrom



Praktisch

Bei der Umwaldung von mechanischer Energie in elektronische Energie ist eine D̲rehbewegung("Generator") besonders effektiv. Dabei entsteht eine Sinusförmiger Spannungsfrom. Die gesmate Energieversorung beruht drauf.

Allgemeine periodische Verlaüfe



Anzahl der periodischen Vorgänge im Messzeitintervall $T_M (T_M >> T_0)$ zählen umd damit die Häufigkeit ausdürcken. Andere Ausdürck für Häufigkeit: <u>Frequenz</u> f

$f = \frac{1}{T_0}$ Einheit kann S^{-1} sein besser $\underline{Hz}$.

Damit wird eine Sinusspannung darstellen mit:

$u(t) = \hat{U} \cdot \sin(\varphi(t))$

$= \hat{U} \cdot \sin(\frac{t}{t_0} \cdot 360°)$ Deinition aus Frequenz f und 2π wird die Winkelfrequenz

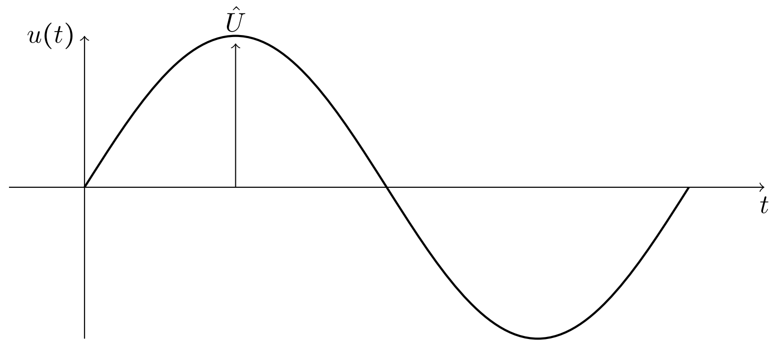
$\boxed{\omega = 2\pi \cdot f}$

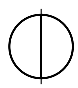
$= \hat{U} \cdot \sin(f \cdot t \cdot 360°)$ Damit wird $\boxed{u(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega t)}$ wichtigste Darstellung oder Kreisfrequenz.

$= \hat{U} \cdot \sin(f \cdot t \cdot 2\pi)$ Bogenmass Wenn der Startpunkt nicht bei Null liegt.

Δt ausdürckbar als Winkel [°], Bogenmass oder Zeitmass entspricht, Phasenverschiebung Eingentwinkel Winkel $\varphi \rightsquigarrow u(t)(\omega t + \varphi)$ <u>Die Parameter</u>

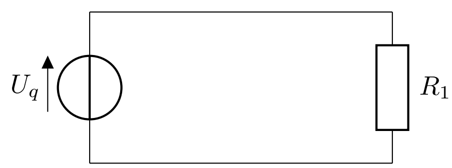
Darstellung in der Schaltung als Symbol:



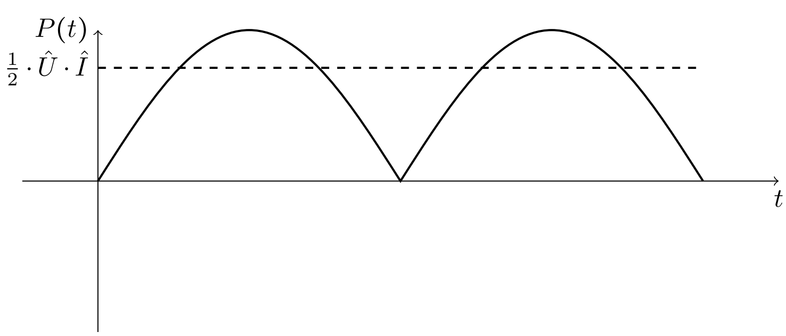


$\hat{U}\sin(\omega t + \varphi)$

Schaltung mit Sinusspannung und ohmischen Widerständen
es war $I = \frac{U}{R}$ R fest, dann $I \sim U$



Leistung
momentan: $u \cdot i$ Maximal $\hat{U} \cdot \hat{I}$
Mit $\hat{I} = \frac{\hat{U}}{R} \rightsquigarrow i(t) = \hat{I} \cdot \sin(\omega t) = \frac{\hat{U}}{R} \cos\sin(\omega t)$
$P(t) = \hat{U} \cdot \hat{I} \cdot [\sin(\omega t)]^2$



Dabei entsteht 2ω!(Frequenzverdopplung)
$[\sin(\omega t)]^2 \cdot \frac{1}{2}[1 - \cos(2\omega t)]$

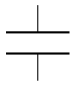
Die mittlere oder <u>Effektive</u> Leistung ist $\boxed{\frac{\hat{U}\cdot\hat{I}}{2} = P_{eff}}$ oder $\frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}} = \frac{\hat{U}\cdot\hat{O}}{2}$

Definition der effetiven Spannung $U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$ oder $\hat{U} = U_{eff} \cdot \sqrt{2}$

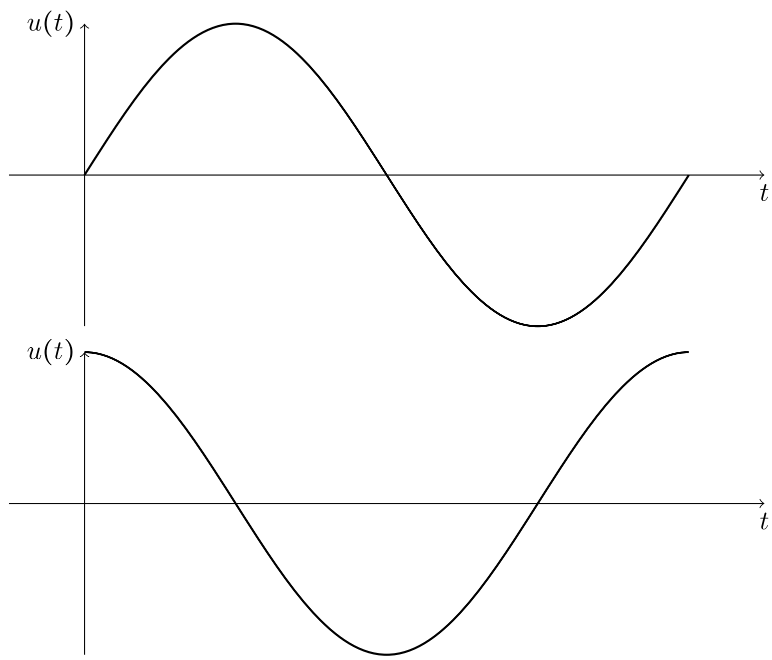
U_{eff} = Netzspannungsangabe hier $\underline{230V}$ und $\underline{f = 50Hz}$

Alle Berechnungen mit Gleichspannug und Gleichströmen sind in Widerstandskreisen auf Wechselspannungen und -strömen übertragbar.

2.4 Sinusspannungen und Ströme bei L und C

C 

$u(t) = \frac{1}{C} \int i(t) \cdot dt$
$C \cdot \frac{du(t)}{dt} = i(t)$



"Im Kondensator elit der Strom vor."

Das Konzept $R = \frac{U}{I}$ war sehr praktisch. Problem hier?

extrme änderung öber die Zeit bzw. Periode Problem ist die Verschiebung unzwecksmässiger Versuch

2.5 Imaginäre Zahl j

Der Strom durch den Kondensator hat eine - wenn auch zeitlich vershene - Sinusform. Phasenverschiebung $90° \hat{=} \frac{\pi}{2} \hat{=} \frac{T_0}{2}$

3 Übertragungsvewrhalten von komplexen Schaltung bei sinförmiger Erregung

Grund: Vierpole

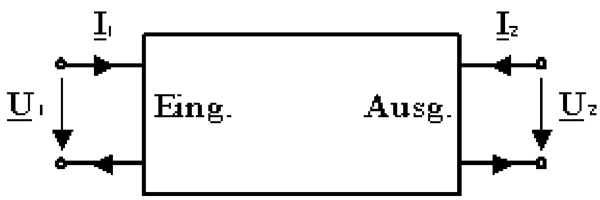


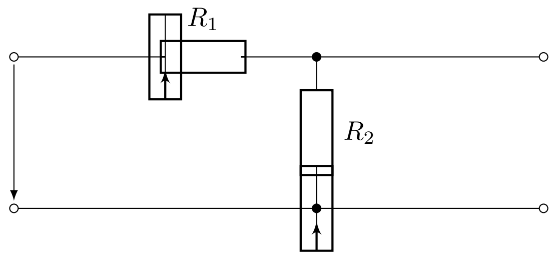
Figure 1: Vierpole

Zuordnung der Richtung per definition (üblich)

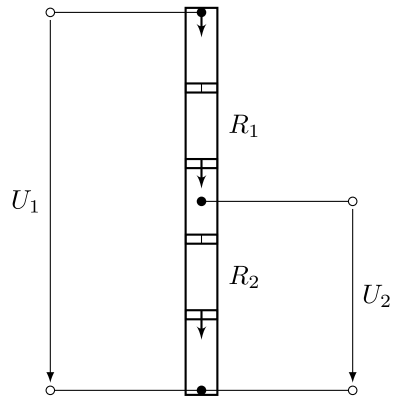
Passive Vierpole (ohne Verstärker) haben stets eine kleinere Singalausgangsleistung als Eingangsleitung. Hier in ET1 Beschränkung auf passive Vierpole und nur Spannungsübertragung.

Def: Spannungsverstärkung v_u ist $v_u = \frac{u_2}{u_1}$

weitere Beschränkung Sinusspannung
Beispiel 1:

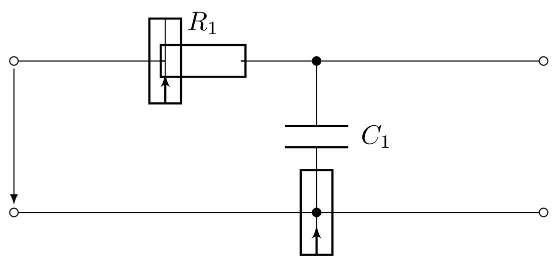


Kann umgezeichnet werden:
Spannungsteiler



hier sowohl Gleichspannug als $u(t) = \hat{U} \cdot \sin \omega t$
$u_1 = \frac{R_1}{R_1+R_2} \cdot u_2$
$v_u = \frac{Teilwiderstand}{Gesamtwiderstand}$ oder $u_2 = \frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot u_1$
$"Teilfaktor"$
$\rightsquigarrow v_u = \frac{R_2}{R_1+R_2}$

Beispiel 2:



Allegemeine Formal:
$v_u(\omega) = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R_1+\frac{1}{j\omega C}}$
$v_u(\omega) = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R_1+\frac{1}{j\omega C}}$ Oben und unten mit $j\omega C$ multiplizieren
$= \frac{1}{R_1 \cdot j\omega C+1}$

Wenn die Übertragungsfunktion $v_u(\omega)$ als Real- und Imaginärteil dargestellt werden soll, muss hier Konjugiert Komplexeerweitert werden:
$\frac{1}{R_1 \cdot j\omega C+1} = \frac{1-(R\omega C)j}{[1-(R\omega C)j]}$

Erweitern mit negativen j

$\frac{1-(R\omega C)j}{1+(R\omega C)^2} = \underbrace{\frac{1}{1+(RC\omega)^2}}_{\text{Realteil}} - \underbrace{\frac{R\omega C}{1+(RC\omega)^2} \cdot j}_{\text{Imaginärteil}}$

Zeigerdarstellung:

$v_u(\omega) = \left| v_u(u) \right| e^{j\varphi(\omega)}$

$v_u(\omega) \mid = \sqrt{[\frac{1}{1+(RC\omega)^2}]^2 + [\frac{R\omega C}{1+(RC\omega)^2}]^2}$

$\varphi(\omega) = \arctan(\frac{Imaginaerteil}{Realteil})$

$= \arctan[\frac{(-\frac{1}{1+(RC\omega)^2})}{\frac{R\omega C}{1+(RC\omega)^2}}]$

Prinzipelle Berachtung zu

$v_u(\omega) = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C}}$

normal RC fest ("Zeit konstante τ")

wichtig: gedankliche Frequenzvariation extrem denken:

$\omega = 0, \omega \to \infty v_u(\omega) \Big|_{\omega \to 0} = 1$

$v_u(\omega) \Big|_{\omega \to \infty} = 0$

Andere Stelle

$\omega \cdot RC = 1$ ist der Realbetrag gleich dem Imaginärteil = betrag Diese Frequenzstelle heisst Grenzfrequenz $\rightsquigarrow \omega_g \cdot RC = 1$

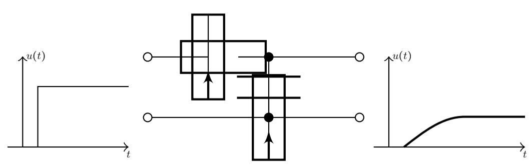
$\omega_g = \frac{1}{RC}$ oder $f_g = \frac{\omega_g}{2\pi} = \frac{1}{2\pi \cdot RC}$

bei ω_g ist $v_u(\omega_g) = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707$

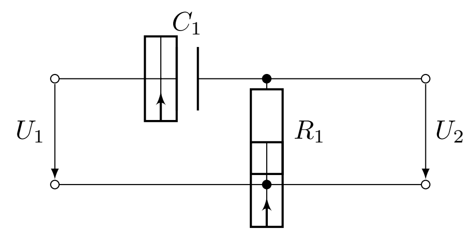
$\varphi(\omega_g) = -45° \hat{=} \underbrace{-\frac{\pi}{4}}_{\text{Bogenmass}}$

Tiefpass

Gesamatberachtung: Tiefenpass 1.Ordnung



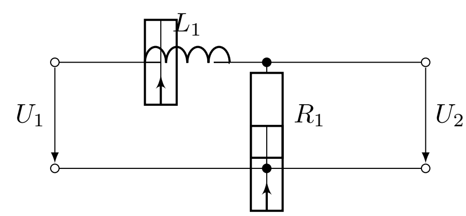
Besipiel 3



$v_u(\omega) = \frac{R}{R+(\frac{1}{j\omega C})} = \frac{j\omega RC}{1+RC\cdot\omega\cdot j}$
$\omega \to 0 \rightsquigarrow v_u(\omega) = 0$
$\omega \to \infty \rightsquigarrow v_u(\omega) = 1$
Grenzwert $\omega_g = \frac{1}{RC}$

Hochpass 1. Ordnung
Abtrennung oder Unterdrueckung von Gleichspannungen bezueglich Singalanteilen

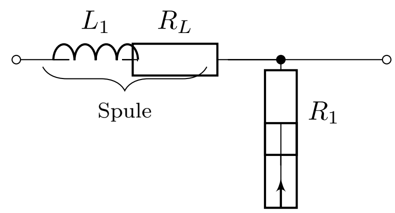
Beispiel 4
$v_u(\omega) = \frac{R}{R+j\omega L}$



$$\left.\begin{array}{r} v_u(\omega)\Big|_{\omega\to 0} = 1 \\ v_u(\omega)\Big|_{\omega\to\infty} = 0 \end{array}\right\} \quad \text{Tiefpass 1.Ordnung}$$

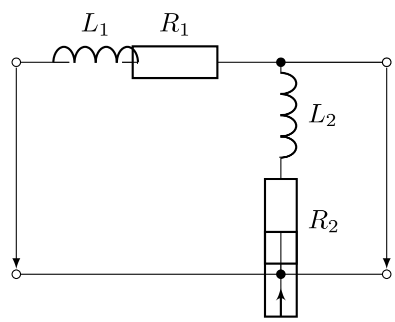
Grenzefrequenz wo Real und Imaginärteil
$\rightsquigarrow R = \omega_g \cdot L$
$\omega_g = \frac{R}{L}$
$f_g = \frac{R}{2\cdot\pi\cdot L}$
Zweck: Gleichspannungsversorgung, bei welchen storend Wechslpannung unterdrueckt werden

Beispiel 5
Realität "Spule hat Reihen Wderstand" Tiefpass 1. Ordnung



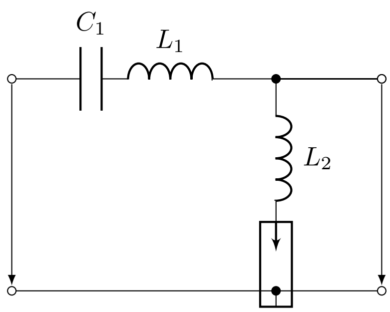
$v_u(\omega) = \frac{R}{j\omega L + R_L + R}$
$\omega_g = \frac{(R_L + R)}{L}$

Beispiel 6
$v_u(\omega) = \frac{R_2 + j\omega L_2}{R_1 + R_2 + j\omega(L_1 + L_2)} = \frac{R_2 + j\omega L_2}{R_1 + j\omega + R_2 + j\omega L_2}$



$v_u(\omega) \Big|_{\omega \to 0} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$
$v_u(\omega) \Big|_{\omega \to \infty} = \frac{L_1}{L_1 + L_2}$

Beispiel 7



Leistung
bei $u(t), i(t)$
damit $p(t)$ Zeit abhaenig.
Def $p(t) = u(t) \cdot i(t) [W]$
mittle Leistung
Die "Mittlere" Leistung kann auf beliebe Verläufe von u,i ueber die Zeit benutzt werden.
$i(t) = \frac{u(t)}{R}$ damit $p(t) = \frac{[u(t)]^2}{R}$ poiidische fortgesetzt