

Greining Rása

Grunnhugtök

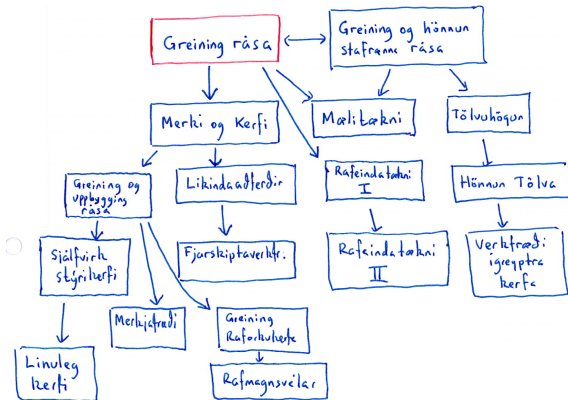
Ólafur Bjarki Bogason

11. janúar 2021

Inngangur

- Verkfræði snýst um að nýta lögmál nátturunnar til að **byggja** nytsamleg kerfi
- Rafmagnsverkfræði snýst í megindráttum um kerfi sem
 - Framleiða og flytja afl, t.d. raforkukerfi
 - Meðhöndla og flytja upplýsingar, t.d. snjallsímar
- Rafmagnsverkfræðingar hafa tekið þátt í að skapa..
 - Rafmagnsmótorinn
 - Raforkukerfi
 - Ljósaperuna
 - Hálfleiðartækni
 - Fjarskiptakerfi
 - ...

Inngangur



- Greining Rása er fyrsta námskeiðið í rafmagnsverkfræði
- Greining Rása er hagnýting á lögmálum rafsegulfræðinnar

- Við notum SI einingakerfið

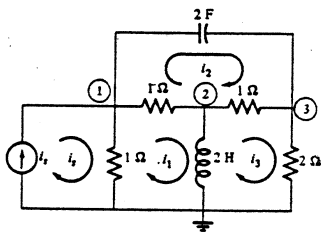
TABLE 1.1 The International System of Units (SI)

Quantity	Basic Unit	Symbol
Length	meter	m
Mass	kilogram	kg
Time	second	s
Electric current	ampere	A
Thermodynamic temperature	degree kelvin	K
Amount of substance	mole	mol
Luminous intensity	candela	cd

TABLE 1.2 Derived Units in SI

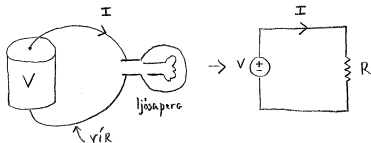
Quantity	Unit Name (Symbol)	Formula
Frequency	hertz (Hz)	s^{-1}
Force	newton (N)	$kg \cdot m/s^2$
Energy or work	joule (J)	$N \cdot m$
Power	watt (W)	J/s
Electric charge	coulomb (C)	$A \cdot s$
Electric potential	volt (V)	J/C
Electric resistance	ohm (Ω)	V/A
Electric conductance	siemens (S)	A/V
Electric capacitance	farad (F)	C/V
Magnetic flux	weber (Wb)	$V \cdot s$
Inductance	henry (H)	Wb/A

Markmið



- Geta greint allar spennur og strauma í rás sem inniheldur
 - Viðnám
 - Þétta
 - Spólur
 - Aðgerðamagnara
- Geta notað hjálparforritin MATLAB og LTSpice til að greina rásir

Grunnhugtök – Rafrás



- **Rafrás** er stærðfræðilegt líkan sem líkir eftir hegðun raunverulegra rafmagnstækja.
- Við notum rafrásina til að svara t.d. hversu mikill straumur fer í gegnum ljósaperuna
- Rafrásir samanstanda af (a) rásaeiningum og (b) tengingum þeirra á milli

Grunnhugtök

- **Hleðsla** er rafeiginleiki rafeinda og róteinda
- Aðskildar jákvæðar og neikvæðar hleðslur þá myndast rafsvið og mættismunur
- Straumur eru hleðslur á hreyingu

Grunnhugtök - Hleðsla

- SI eining er **Coulomb**
- 1 Coulomb samsvarar hleðslu á $6.241 \cdot 10^{18}$ rafeindum
- Hleðsla einnar rafeindar er $-1.6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb.
- Varðveisla hleðslunnar: Það er ekki hægt að skapa eða eyða hleðslu, bara flytja
- Við notum táknið $q(t)$ til að tákna hleðslu sem tiltekið efnismagn hefur á hverjum tíma.

Grunnhugtök - Flokkun efna

- **Leiðari** er efni þar sem rafeindir geta flust til nálægra frumeinda tiltölulega auðveldlega
 - Dæmi: Silfur, kopar og aðrir málmar
- **Einangrari** er efni þar sem rafeindir eru fastbundnar frumeindum (ekki lausar til að ferðast).
 - Dæmi: Flest keramik efni (t.d. gler), plast (fjölleiður)
- **Hálfleiðari** er efni sem þarf utanaðkomandi örvun til þess að rafeindir geti ferðast
 - Dæmi: Kísill (Si), GaAs

Grunnhugtök – Straumur

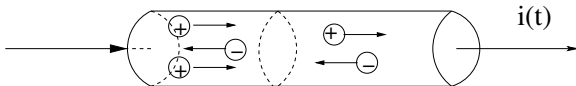


André-Marie Ampère's
1775-1836



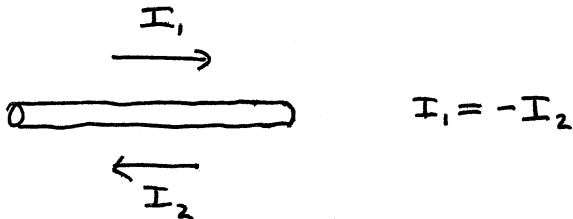
Luigi Galvani - Italian physician famous for pioneering bioelectricity

- **Straumur** er skilgreindur sem flæði jákvætt hlaðinna agna, en hleðsluberar eru venjulega rafeindir (-)
- **Straumflæði** er í öfuga átt við rafeindaflæði



- Straumur hefur eininguna A (Amper)
- 1 A samsvarar flutningi 1 C hleðslu á 1 sekúndu

Straumur: Skilgreiningastefna



- Stefnan sem **þið ákveðið** ákvarðar formerki straumsins
- Við köllum þessa stefnu **skilgreiningastefnu** straumsins

Grunnhugtök - Straumur

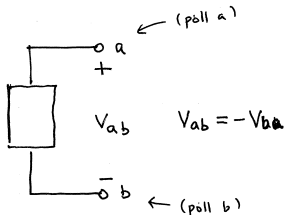
- Við notum táknið $i(t)$ fyrir straum
- Samkvæmt skilgreiningunni hér að ofan er

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

og

$$q(t) = \int_{-\infty}^t i(\tau) d\tau$$

Grunnhugtök - Spenna

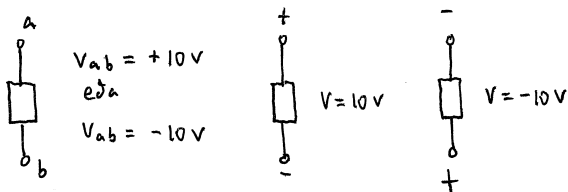


Alessandro Volta
(1745–1827)

- **Spenna** er mættismunur á milli tveggja póla
- Spenna hefur eininguna V (Volt) og táknið $v(t)$.
- Það kostar vinnu að flytja hleðslu í gegnum einingu. 1 V samsvarar 1 J vinnu framkvæmdri á 1 C hleðslu.
- Samkvæmt skilgreiningu er

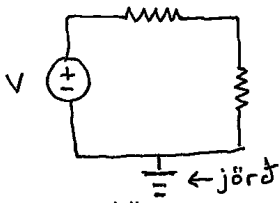
$$v(t) = \frac{dw(t)}{dq(t)}$$

Viðmiðunarpunktur spennu



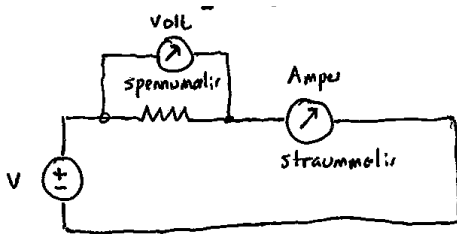
- Formerki ákvarðast af því hvaða pól er + og -
- Myndirnar að ofan hafa sömu eðlisfræðilega merkingu

Jörð



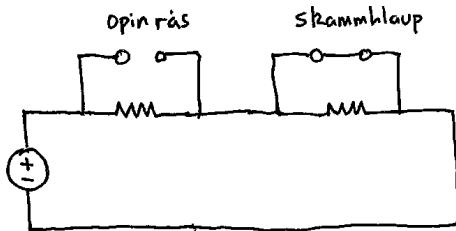
- Við veljum viðmiðunarpunkt sem kallast jörð
- Allar spennur í rás eru mældar með tilliti til jarðar

Mæling á spennu og straum



- Spennumælir mælir spennu án þess að draga straum
- Straummælir mælir straum án þess að spenna falli

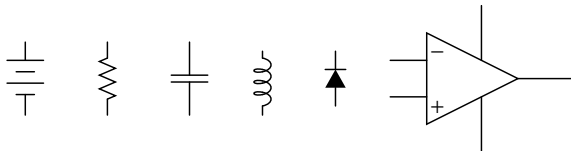
Opin rás/Skammhlaup



- Opin rás: Enginn straumur rennur þar sem rás er opin
- Skammhlaup: Ekkert spennufall

Grunnhugtök - Rásaeiningar

- Rafrás samanstendur af rásaeiningum sem tengdar eru saman til að framkvæma ákveðin markmið. Meðhöndlun orku eða upplýsinga fer fram um tímaháð merki sem kölluð eru **spenna** og **straumur**
- Samspil rásaeininga breytir merkinu í nýjar spennur og strauma
- Dæmi um rásaeiningar eru: **rafhlaða**, **viðnám**, **þéttir**, **spóla**, **tvistur** og **aðgerðamagnari**

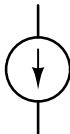


Grunnhugtök - Rásaeiningar

- **Lind** framkallar spennu eða straum sem stendur fyrir tiltekna upplýsingar.



Jafnspennulind



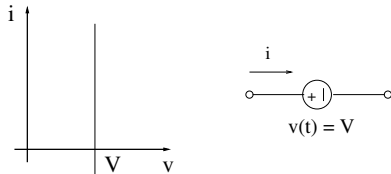
Straumlind



Riðspennulind

Rásaeiningar - Spennulindir

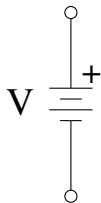
- Spennu-straums-kennilínan fyrir kjörspennulind



- Ef lindin er tengd við rás ákvarðast stærð og stefna straumsins $i(t)$ af rásinni
- Spennulind með 0 V spennu heldur báðum pólum sínum við sömu spennu, óháð straumnum sem um hana fer. Hún er þá jafngild fullkomnum leiðara.

Rásaeiningar - Spennulindir

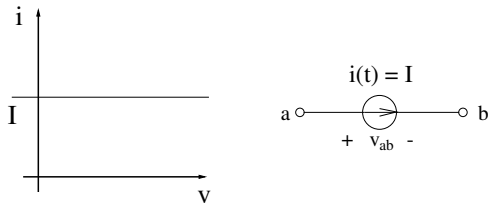
- Ekki er hægt að tengja fullkominn leiðara milli póla spennulindar (nema 0 V). Þetta er kallað **skammhlaup**.
- Spennulindin tryggir spennumun milli pólanna en skammhlaupið tryggir sömu spennu, sem leiðir til mótsagnar.



- Ef spenna lindar breytist ekki sem fall af tíma kallast hún **jafnspennulind**

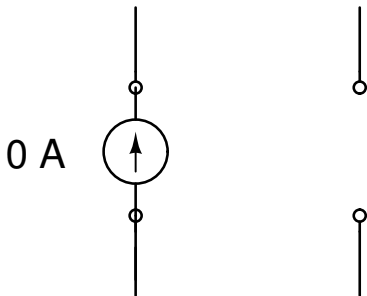
Rásaeiningar - Straumlindir

- **Óháð straumlind:** Óháð kjörstraumlind er rásaeining sem viðheldur ákveðnum straum í gegnum sig, óháð spennunum milli póla hennar.
- Spennu-straums-kennilínan fyrir kjörstraumlind



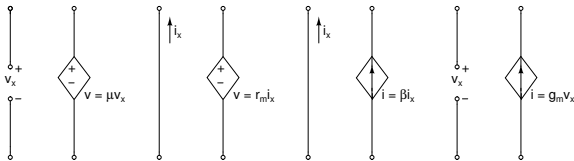
- Ef straumlindin er tengd við rás þá ákvarðast stærð og stefna spennunnar v_{ab} af rásinni

Rásaeiningar - Straumlindir



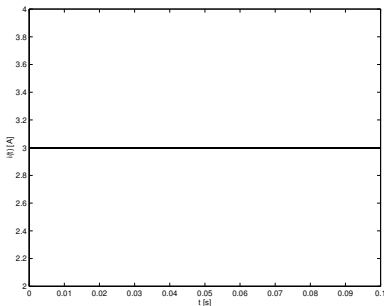
- Straumlind með 0 A straum hleypir engum straum í gegnum sig, óháð spennunni yfir hana og er jafngild **opinni rás**
- Straumlind getur aldrei verið ótengd, því eitthvert verður straumurinn að fara

Rásaeiningar - Stýrðar lindir



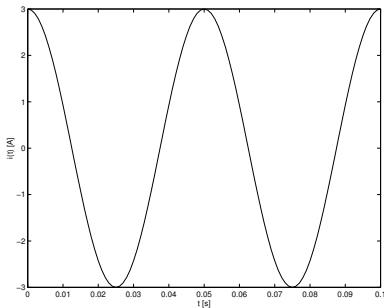
- **Stýrðar lindir.** Til eru fjórar tegundir stýrðra linda, þ.e. lindir þar sem lindarspennan eða - straumurinn er háð einhverri breytu (spennu eða straum) annarsstaðar í rásinni. Þær eru
 - spennustýrð spennulind
 - straumstýrð spennulind
 - spennustýrð straumlind
 - straumstýrð straumlind

Einingar og tákn



- Ef kraftur sem færir hleðslu um leiðara er fasti þá er straumurinn $dq/dt = I$ fasti
- Slíkur straumur er nefndur **jafnstraumur** (DC)

Einingar og tákn



- Riðstraumur (AC) er sínuslaga á forminu

$$i(t) = I_o \sin(\omega t + \phi)$$

Einingar og tákn

Riðstraumur er sínuslaga á forminu

$$i(t) = I_o \sin(\omega t + \phi)$$

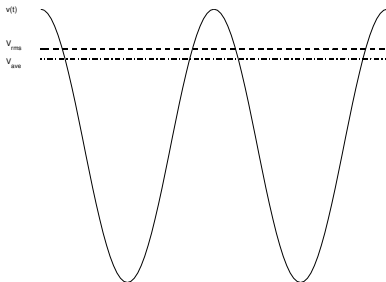
þar sem

- I_o er útslag merkisins
- ω er horn tíðni
- t er tími
- ϕ er fasahorn

Venjulega notum við litla stafi til að tákna stærðir sem breytast með tíma (v, i, q), en stóra stafi til að tákna fastar stærðir (V, I, Q)

$$v(t) = V_o \cos \omega t$$

Einingar og tákn



Meðalgildi straumsins er

$$I_{ave} = \frac{I_o}{T} \int_0^T |\sin(\omega\tau)| d\tau = \frac{2}{\pi} I_o$$

þar sem T er **lota merkisins** $T = 2\pi/\omega$.

Riðstraumur og jafnstraumur í MATLAB:

```
%  
  
% Ridstraumur  
  
%  
  
t=0:0.001:0.1; fre = 2 * pi * 20; phi = 0.5 * pi; I0 = 3;  
  
i = I0 * sin(fre * t + phi);  
  
figure(1)  
  
plot(t,i)  
  
xlabel('t [s]');  
  
ylabel('i(t) [A]');  
  
print -deps 'rid.eps'  
  
%  
  
% Jafnstraumur  
  
%  
  
I = 3 * ones(length(t));  
  
figure(2)  
  
plot(t,I)  
  
xlabel('t [s]');
```

Afl



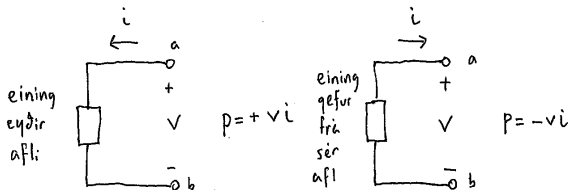
James Watt
1736 - 1819

- Afl er vinna á tímaeiningu og hefur eininguna Watt

$$P = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \frac{dq}{dt} = vi$$

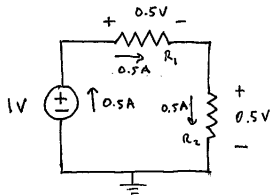
- Afl er spennna sinnum straumur

Afl



- Ef afl er jákvæð stærð þá eyðir eining afls
- Ef afl er neikvætt þá gefur eining frá sér afl

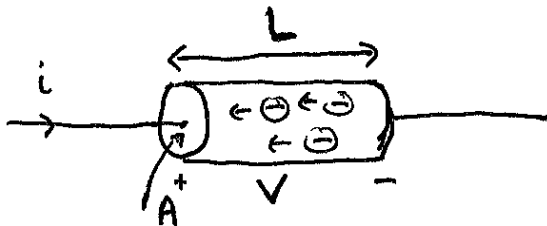
Varðveisla aflsins



- Orka er varðveitt í sérhverju lokuðu kerfi
- \Rightarrow Afl er varðveitt í sérhverri lokaðri rás

$$\sum_{\text{rásaeiningar}} P_{eining} = 0$$

Viðnám



- **Viðnám:** Viðnám er hæfni efnis til að veita straumi viðnám sem

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

og A er þverskurðarflatarmál, ρ er eðlisviðnám og L er lengd.

- Eining viðnáms er Ohm [Ω]

Eðlisviðnám

- Sá eiginleiki efnis að hindra straum sem um það fer er nefnd **eðlisviðnám** og táknueð með ρ .
- Einangrarar hafa hátt eðlisviðnám
- Leiðarar hafa lágt eðlisviðnám

Efni	Eðlisviðnám [Ω cm]
Kísill	2.3×10^5
Kolefni	4×10^{-3}
Ál	2.7×10^{-6}
Kopar	1.7×10^{-6}
Polystyrene	1×10^{18}

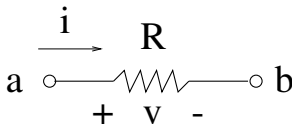
Lögmál Ohms



Georg Simon Ohm
1789-1854

- **Lögmál Ohms:** Spenna yfir viðnám er í réttu hlutfalli við strauminn

$$v = Ri$$



Leiðni

- **Leiðni** er andhverfa viðnáms

$$G = \frac{1}{R}$$

og hefur eininguna S (Siemens) eða mho (\mathcal{U}).

Lögmál Ohms

- **Viðnám** er skilgreint sem sérhver sú rásaeining þar sem spennunumunur milli póla er í réttu hlutfalli við strauminn sem á milli fer. Þetta má rita

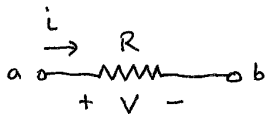
$$v = iR$$

sem er nefnt lögmál Ohms

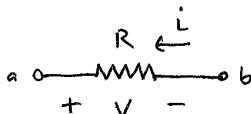
Viðnám er táknað með R . Einingin fyrir viðnám er Ohm, táknað með

$$\Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

Lögmál Ohms: Skilgreiningarstefnur



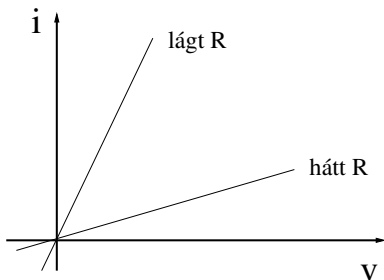
$$V = iR$$



$$V = -iR$$

Lögmál Ohms

- Ef viðnám er fasti (eins og oftast) er kennilína þess bein lína í $v - i$ plani, sem liggur í gegnum upphafspunktinn og hefur hallatölu $1/R$
- Svona viðnám kallast **línulegt**



- Ef kennilínan liggur ekki í gegnum upphafspunktinn eða er ekki bein lína þá er viðnámið ekki línulegt

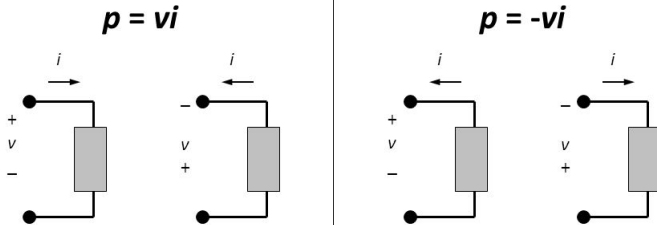
Afl og lögmál Ohms

- Ef $p = vi > 0$ tekur rásaeiningin til sín orku, ef $p < 0$ lætur hún frá sér orku.
- Afl í viðnámi

$$p = vi = (iR)i = i^2 R$$

$$p = vi = v \frac{v}{R} = \frac{v^2}{R}$$

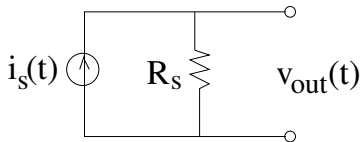
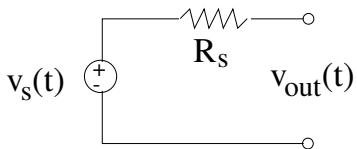
Sign Convention for Power



- If $p > 0$, power is being delivered to the box.
- If $p < 0$, power is being extracted from the box.

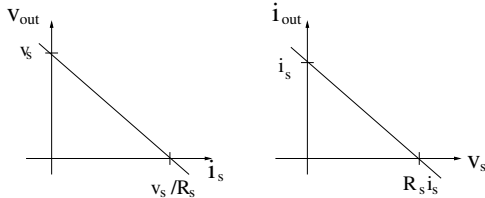
Lindir - ekki fullkomnar

- Raunhæft líkan af spennulind og straumlind sem ekki eru fullkomnar má setja sem



- R_s kallast innra viðnám

Lindir - ekki fullkomnar



Fyrir spennulind

$$v_{\text{out}} = v_s - i_s R_s$$

Fyrir straumlind

$$i_{\text{out}} = i_s - \frac{v_{\text{out}}}{R_s} = i_s - G_s v_{\text{out}}$$