

ET I Übung 3

Aufbau:

- Nachbesprechen alter Serie
 - Theorie Repetition
- (Pause)
- Alte Prüfungsaufgabe zusammen
 - Selber lösen + Fragen + Tipps



n.ethz.ch/~kursulovic

REPETITION STATIONÄRE ELEKTRISCHE STRÖMUNGSFELDER

El. Strom:

$$I(t) = \frac{dQ}{dt}$$



Stromdichte:

$$\vec{J} = \frac{I}{A}$$

$$\vec{J} = \rho \cdot \vec{v}$$



$$I = \iint_A \vec{J} \cdot d\vec{A}$$

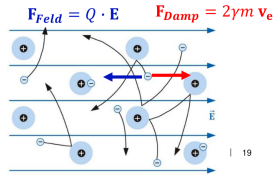
Kontinuitätsgleichung:

"Was rein kommt muss auch raus gehen"

$$\oint_{\partial V} \vec{J} \cdot d\vec{A} = 0$$

$$\frac{d\rho}{dt} + \nabla \cdot \vec{J} = 0$$

Mobilität:



$$\vec{v}_e = -\mu_e \cdot \vec{E} = \frac{q}{2\gamma m} \vec{E}$$

bzw. Löcher
($\mu_H \neq \mu_e$ in Halbleiter):

$$\vec{v}_H = \mu_H \cdot \vec{E}$$

Leitfähigkeit &
spez. Widerstand:

$$\kappa = n_e e \cdot \mu_e$$

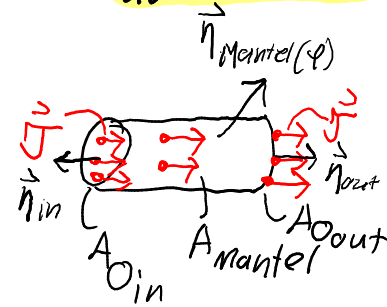
$$\vec{J} = \kappa \vec{E}$$

$$\vec{E} = \rho_R \vec{J}$$

$$\rho_R = \frac{1}{\kappa}$$

Widerstand:

$$R = \frac{\rho_R \cdot l}{A}$$



URI

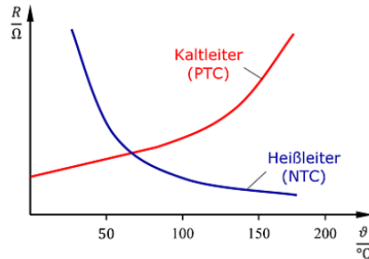
$$U = R \cdot I$$

$$I = G U$$

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

Temperaturabhängigkeit:

$$R(T) = \frac{\rho}{A} \rho_{20} (1 + \alpha \Delta T + \beta \Delta T^2)$$



Leistung:

$$P = UI$$

$$p = \frac{dP}{dV} = \vec{E} \cdot \vec{J}$$

EINFACHE ELEKTRISCHE NETZWERKE

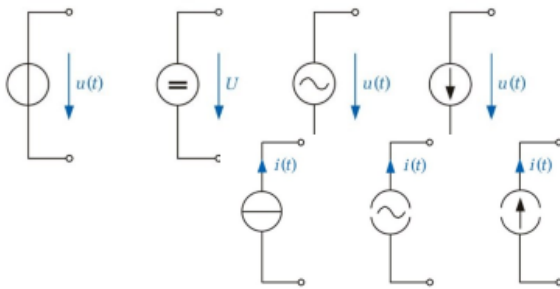
Formel/sammlung; S.4-5

ETH zürich

Mindmap 1

Verbraucher:
Das Ohm'sche Gesetz
 $U = R \cdot I$

Ideale Quellen
Definitionen Zählpfeile



Institute of Electromagnetic Fields (IEF)

Kirchhoff'sche Gleichungen
 $\sum_{\text{Masche}} U = 0, \quad \sum_{\text{Knoten}} I = 0$

Vereinfachung: Widerstandsnetzte

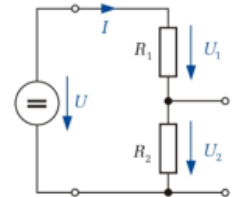
Serielle & parallele Widerstände
 $R_{ges} = \sum_{k=1}^n R_k$ $\frac{1}{R_{ges}} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}$

Vereinfachung: Spannungs- und Stromteiler

$$\frac{U_2}{U} = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)}$$

$$\frac{I_1}{I} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{G_1}{G_1 + G_2}$$

Wheatstone-Brücke



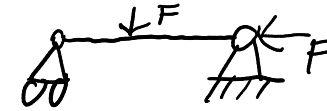
Prof. Juerg Leuthold

| 01.10.2024 | 4

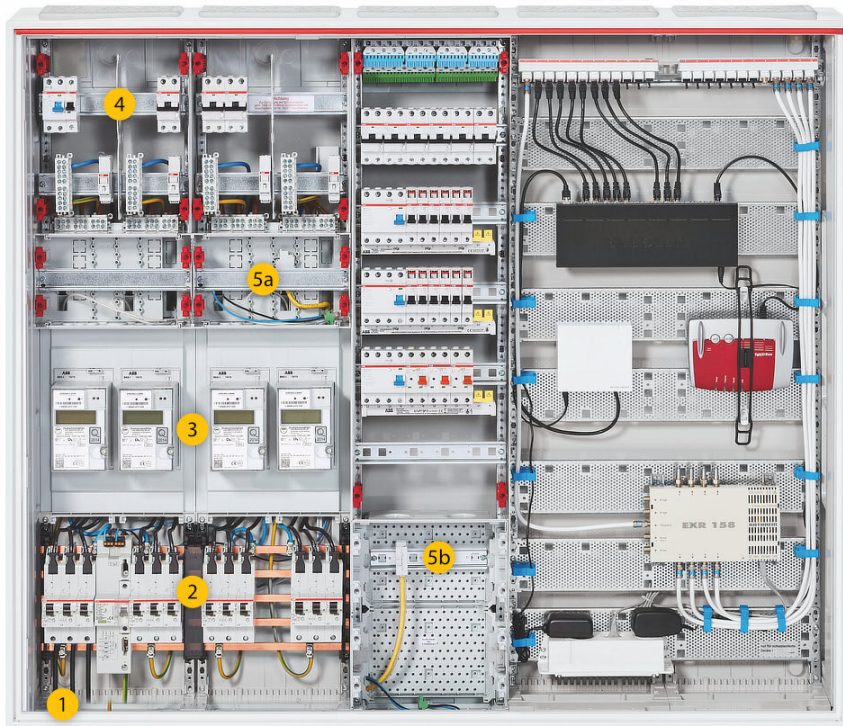
AB JETZT ALLES: ELEKTRODYNAMIK

IDEE VON ELEKTRISCHEN NETZWERKEN

Grundidee: Reale elektrische Zusammenhänge zwischen Bauteilen, durch idealisierte Modelle (Schemata/Abstraktionen) darstellen. Wie z.B. Träger in Mech.

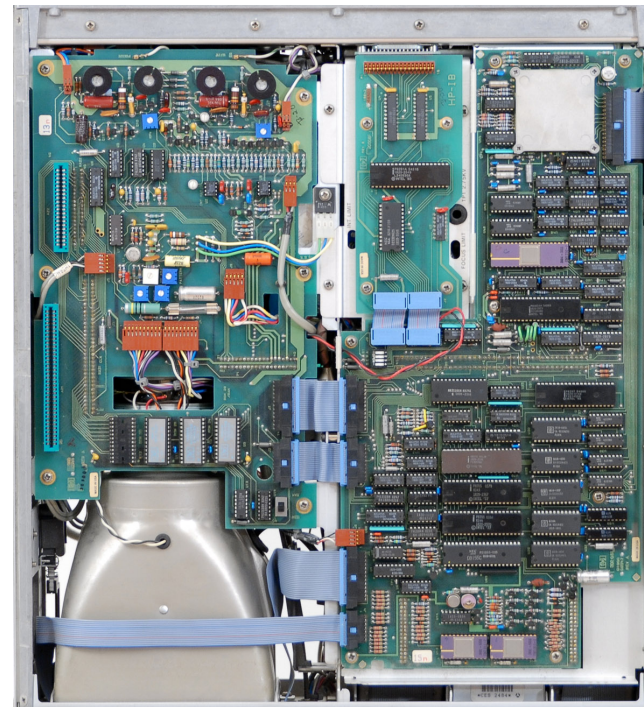


Bsp. Hauptverteilung Einfamilien Haus



↑
Ca. $2,2 \times 1,9 \times 0,3$ m

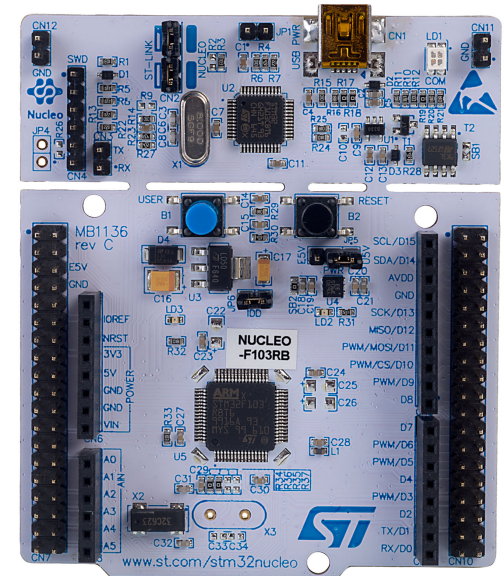
Bsp. Oszilloskop aus den 80ern



Ca. $60 \times 70 \times 30$ cm

Bsp.

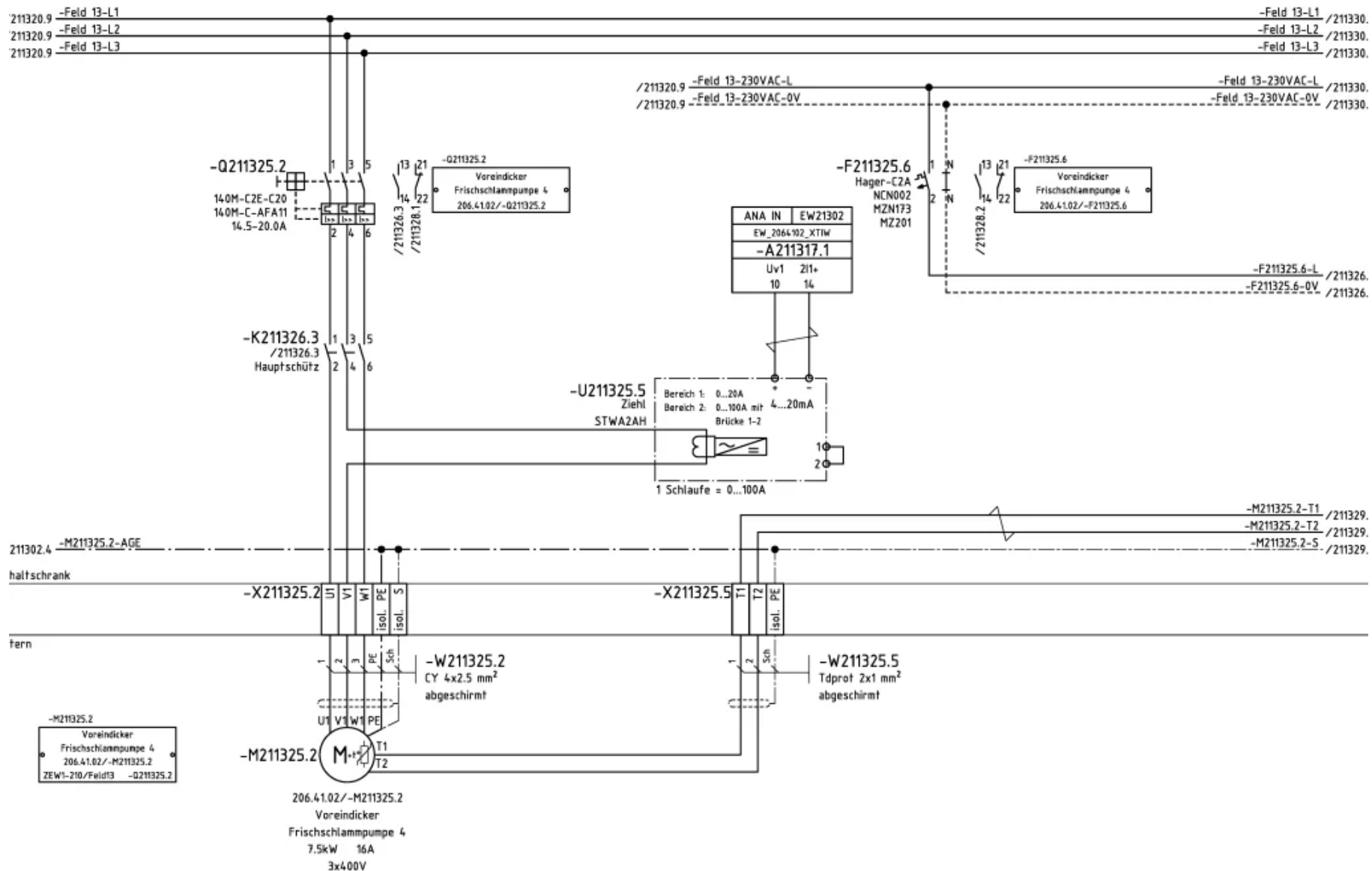
Nucleo Microcontroller



Ca. $70 \times 70 \times 5$ cm

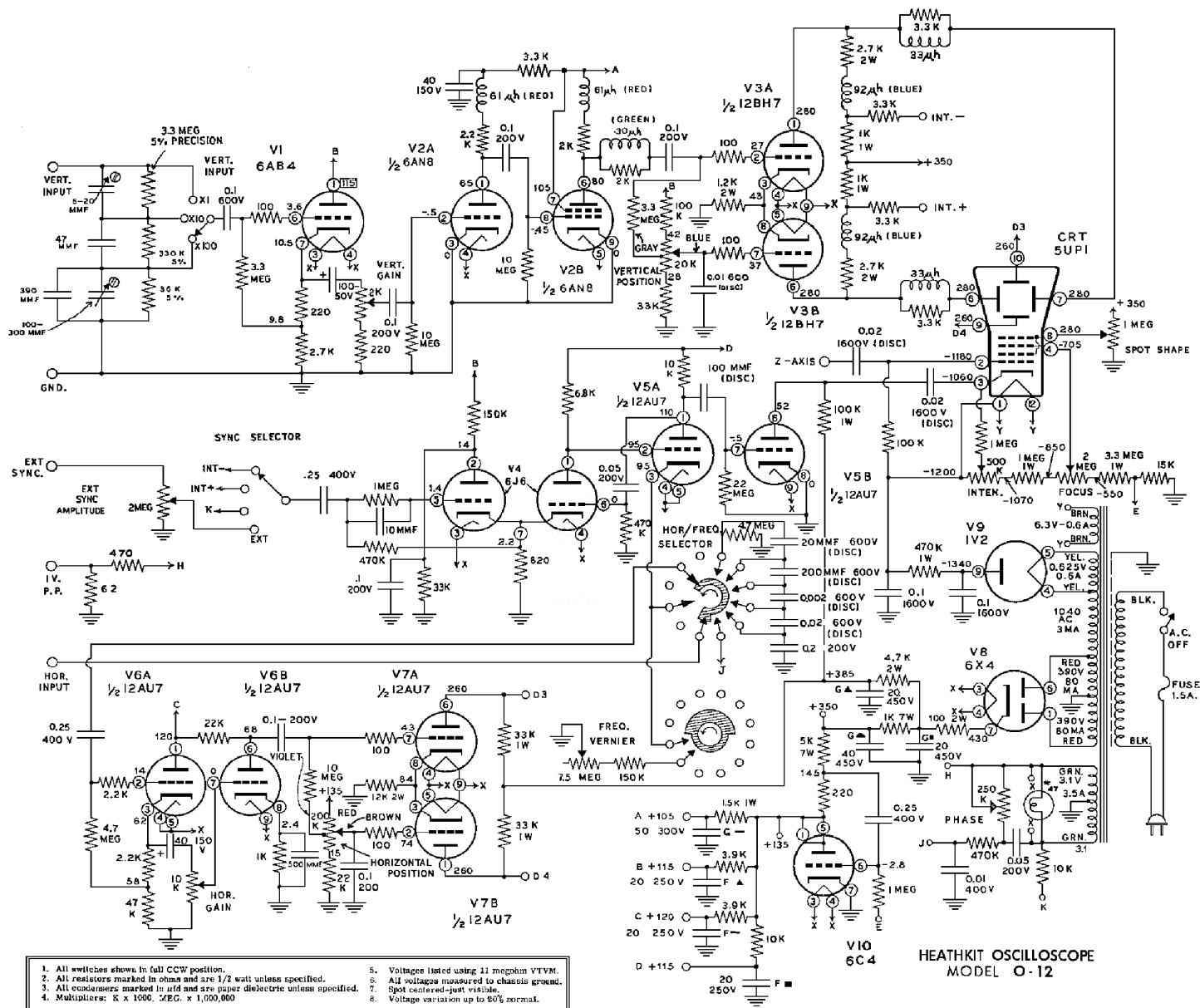
Grössere Anlagen können
gesamte Räume einnehmen!

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

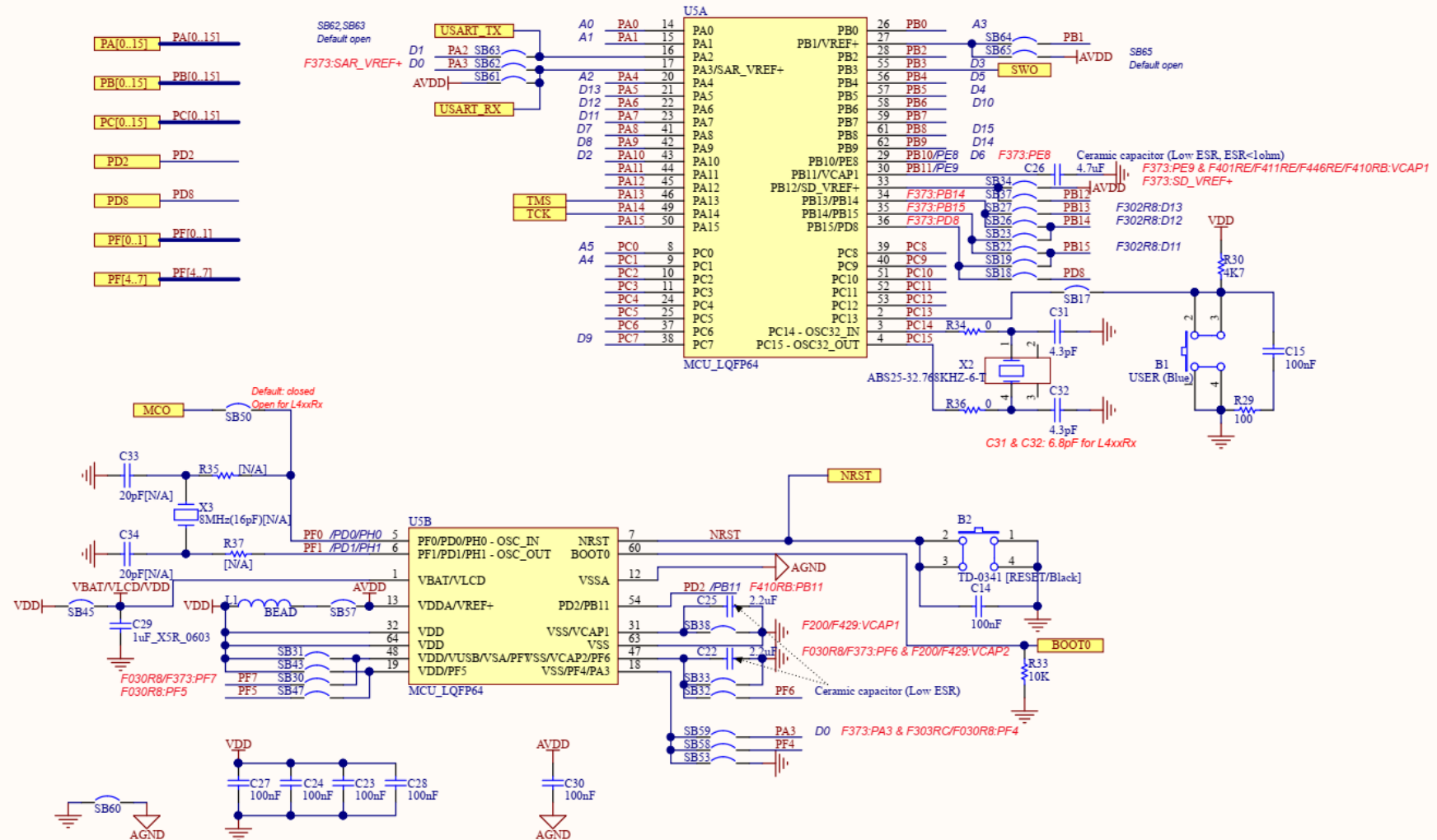


		Datum	04.11.2021	ARA Niederholz	Reatech AG Industriestrasse 11, 6343 Rotkreuz	Stromlaufplan 206.41.02 Voreindicker/Frischschlammpumpe 4	ZEW1		ZEW1-210
		Bearb.	ZaM				*		
		Druck	31.05.2022 15:55						
Änderung	Datum	Name	CAG-Nr	S126_Niederholz_ARA_gro			ZEW1_210	210 Feld 13	Blatt 21132 Folge 211326

Übersichtsschema Oszilloskop

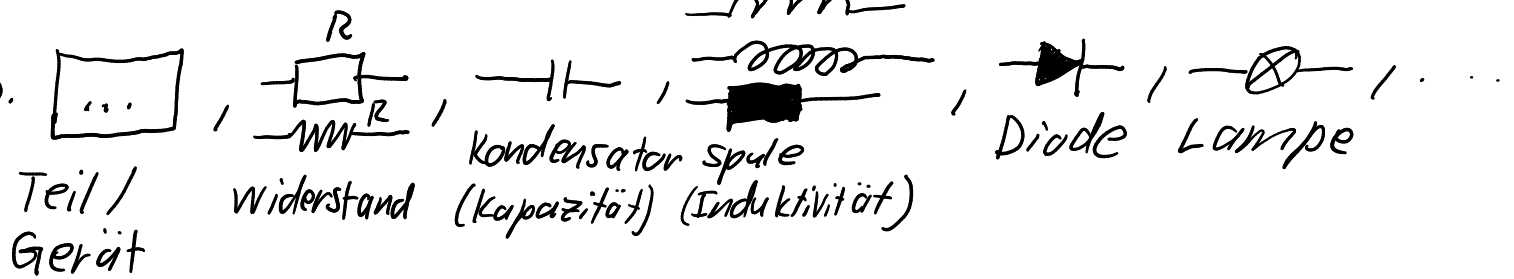


Schema Seite des MCU

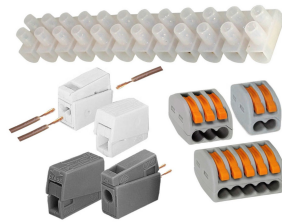
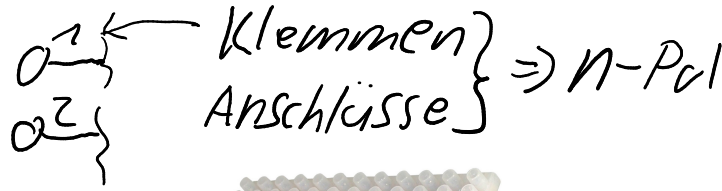


BEZEICHNUNGEN

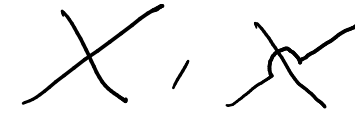
Netzwerkelemente: z.B.



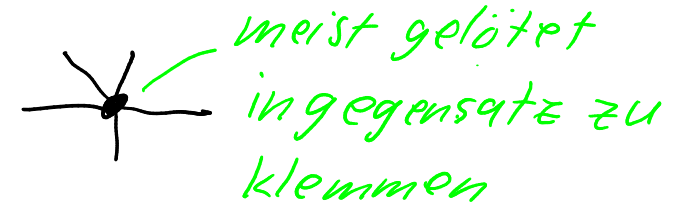
Pole:



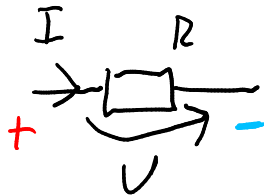
Kreuzungen:



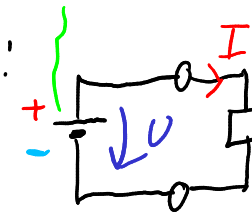
Verbindungen:



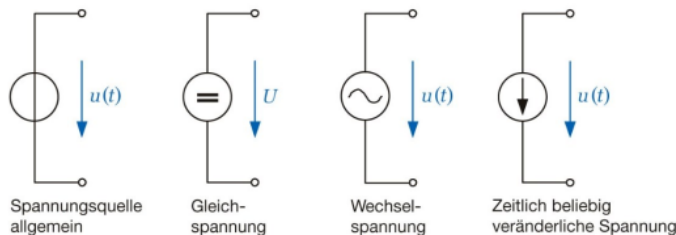
Zählpfeile:



Bsp. Geschlossener Stromkreis:

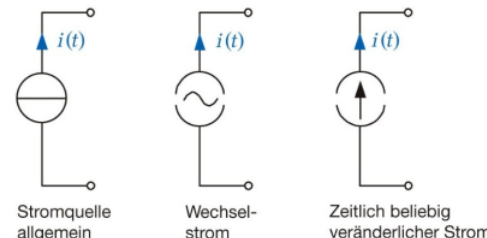


Spannungsquellen:



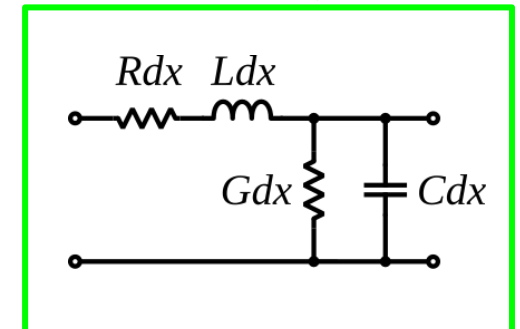
Liefert immer die gegebene Spannung

Stromquellen:



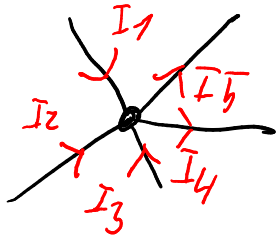
Liefert immer den gegebenen Strom

Fun Fact: Stromleitungen
kann man wie folgt modellieren



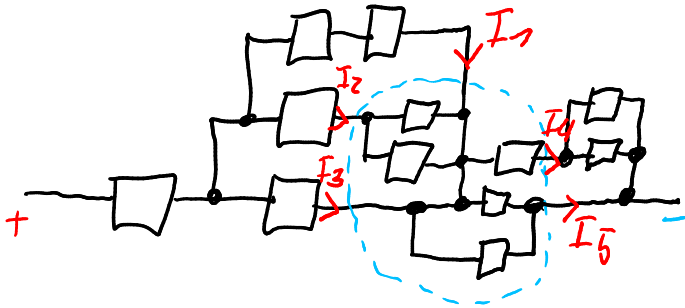
KIRCHHOFSCHES REGELN

Kirchhof 1: "Die Summe aller Ströme an einem Knoten ist gleich Null"



$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$

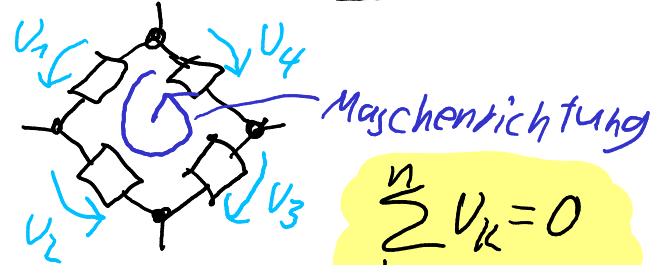
Kann beliebig ausgeweitet werden!



$$\Rightarrow I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

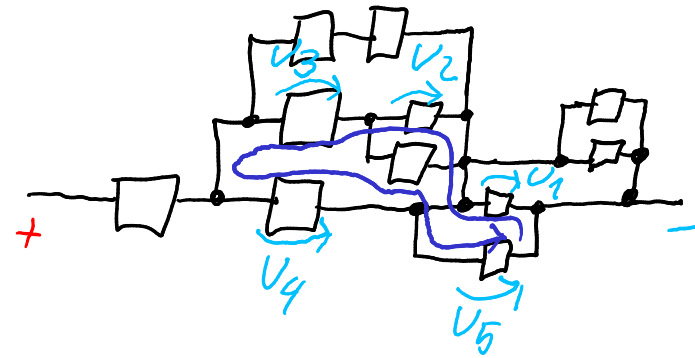
Tipp! Wenn man z Knoten hat und davon m Knotengleichungen unabhängig von einander sind $\Rightarrow$ z-m ist die Anzahl unabhängiger Maschengleichungen

Kirchhof 2: "Die Summe aller Spannungen in einer Masche ist gleich null"



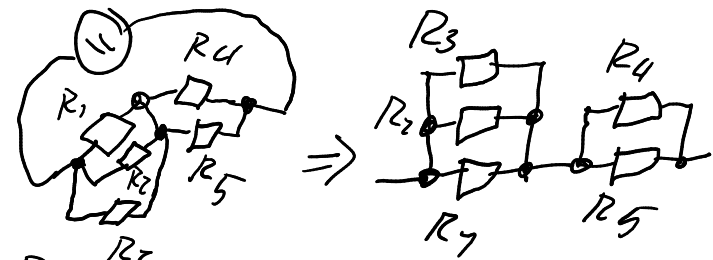
$$\sum_{k=1}^n V_k = 0$$

Kann beliebig in einem Netzwerk definiert werden, solange die Richtung gleich bleibt!

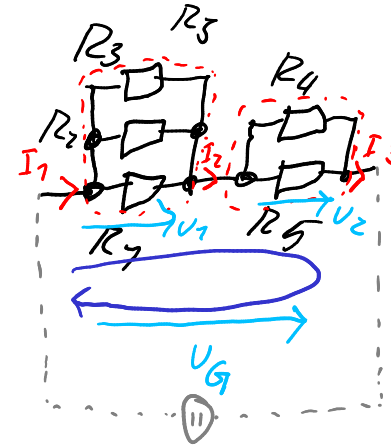


KOCHREZEPT NETZWERKANALYSE

1. Netzwerk Vereinfachen und Umzeichnen



2. Knoten & Maschen definieren und Gleichungen aufstellen



$$I_1 = I_2 \quad (i)$$

$$I_2 = I_3 \quad (ii)$$

$$U_1 + U_2 - U_G = 0 \quad (i)$$

3. VRI als Unterstützung herbeiziehen

$$U_G = R_G \cdot I_G = R_G \cdot I_1 \stackrel{(i)}{=} R_G \cdot I_2 \stackrel{(ii)}{=} R_G \cdot I_3$$

$$U_1 = R_{123} \cdot I_1 \stackrel{(i)}{=} R_{123} \cdot I_2$$

$$U_2 = R_{45} \cdot I_2 = R_{45} \cdot I_3$$

$$U_G \stackrel{(i)}{=} U_1 + U_2 = R_{123} \cdot I_1 + R_{45} \cdot I_1$$

SCHALTUNGEN AUS WIDERSTÄNDE

Widerstandsnetze

Serie / Reihe

$$R_{\text{ges}} = \sum_{k=1}^n R_k$$

Gesamtwiderstand

Parallel

$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}$$

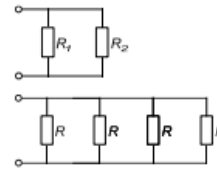
Genaу Umgekehrt
zum Kondi! 😊

$$G_{\text{ges}} = \sum_{k=1}^n G_k$$

Gesamtleitwert

2 parallele
Widerstände

$$R_{\text{ges}} = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$



⇒ Komplexe Widerstandsnetze-
werke können immer auf einen
Widerstand vereinfacht werden

N gleiche, parallele
Widerstände

$$R_{\text{ges}} = \frac{R}{n}$$

↳ Bei Parallelschaltung

ist $R_{\text{ges}} < R_{\text{kleinst}}$

der kleinste
Parallelgeschaltete
Widerstand

egal wie gross ein anderer
Widerstand ist

Spannungsteiler

Serielle Widerstände können verwendet werden um die Spannung zu teilen

Potentiometer (Poti):

PANEL MOUNT POT 10K Ω



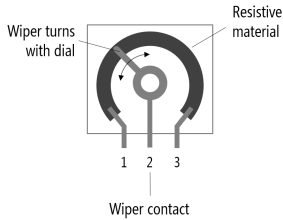
Wiper contact

TRIM POT 10K Ω

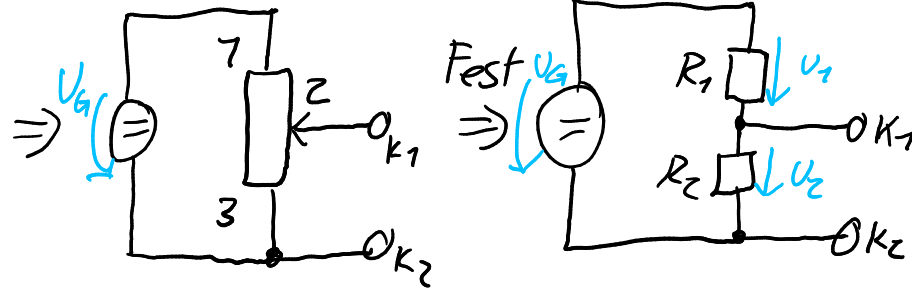
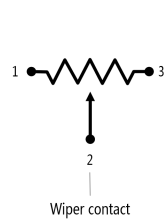


Wiper contact

FUNCTIONAL DIAGRAM



SCHEMATIC SYMBOL



U_G bleibt constant U_1 & U_2 kann man beliebig einstellen.

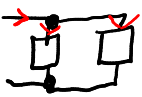
* Was passiert wenn jetzt an K_1 & K_2 noch ein Widerstand angehängt wird?

$\Rightarrow R_2$ wird kleiner (Parallelschaltung) U_1 steigt U_2 nimmt ab.
($V=RI$)

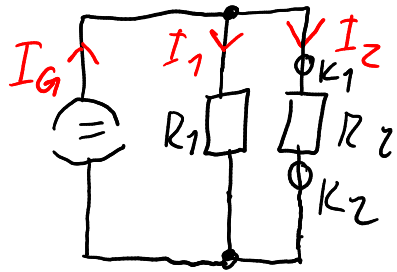
Aus VRI und Maschenregel Folgt:

$$\frac{U_2}{U_G} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Stromteiler



Parallele Widerstände können verwendet werden um den Strom zu teilen



I_G bleibt constant I_1 & I_2 kann man beliebig einstellen, indem man R_2 anders wählt.

* Was passiert wenn jetzt an K_1 & K_2 ein kleinerer Widerstand angehängt wird?

$\Rightarrow R_2$ wird kleiner $\Rightarrow I_2$ steigt, I_1 nimmt ab.
($V=RI$)

↳ Genau umgekehrt zur Spannung im Spannungsteiler

Aus URI und Maschenregel Folgt:

$$\frac{I_1}{I_G} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

← wird in der Formel widerspiegelt

2. DC Netzwerke**10 Punkte**

Betrachten Sie für die Teilaufgaben (a) und (b) die Schaltung in Abb. 3.

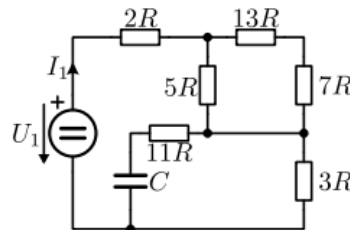
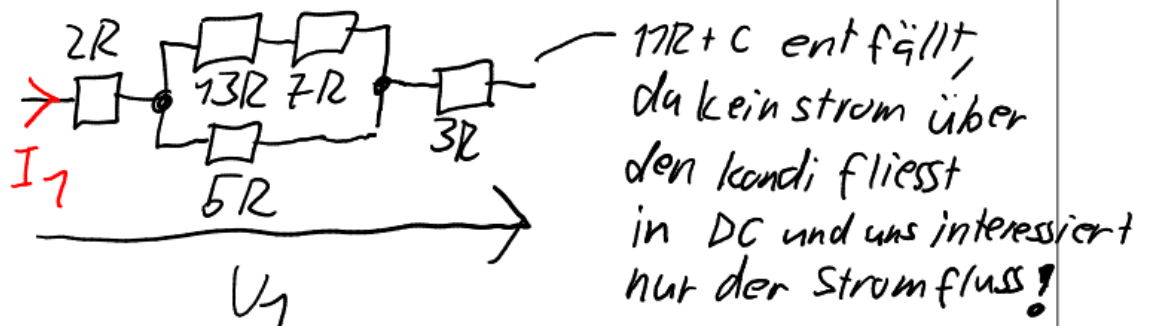


Abb. 3

(a) Berechnen Sie den Gesamtstrom I_1 .**(2 P)**

$$\Rightarrow U = RI \Rightarrow \underline{\underline{I_1 = \frac{U_1}{R_G} = \frac{U_1}{9R}}}$$

$$R_G = \underbrace{20R \parallel 5R}_{4R} + 3R + 2R = \frac{100R}{25R} + 5R = 9R$$

Lösung:

$$I_1 = \frac{U_1}{9R}$$

(b) Berechnen Sie die Energie W_e im Kondensator C in Abb. 3.

(3 P)

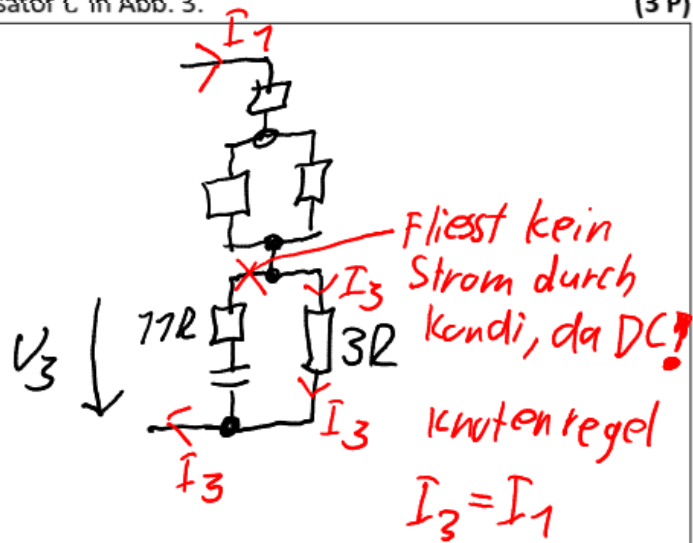
$$W_e = \frac{1}{2} C U_c^2$$

$$U_c = ?$$

$$U_3 = I_1 \cdot 3R$$

Der Kondi ist basically ein ∞ grosser Widerstand $\Rightarrow U_3$ fällt nur über C ab nicht über $11R$

$$\Rightarrow U_c = U_3 \Rightarrow W_e = \frac{1}{2} C (I_1 3R)^2$$



Lösung:

$$W_e = \frac{1}{2} C (I_1 3R)^2$$

- (c) Betrachten Sie die Schaltung in Abb. 4. Berechnen Sie den Widerstand R_{B2} zwischen den Klemmen B und 2. (1 P)

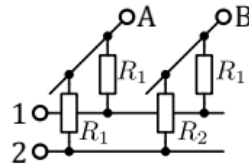
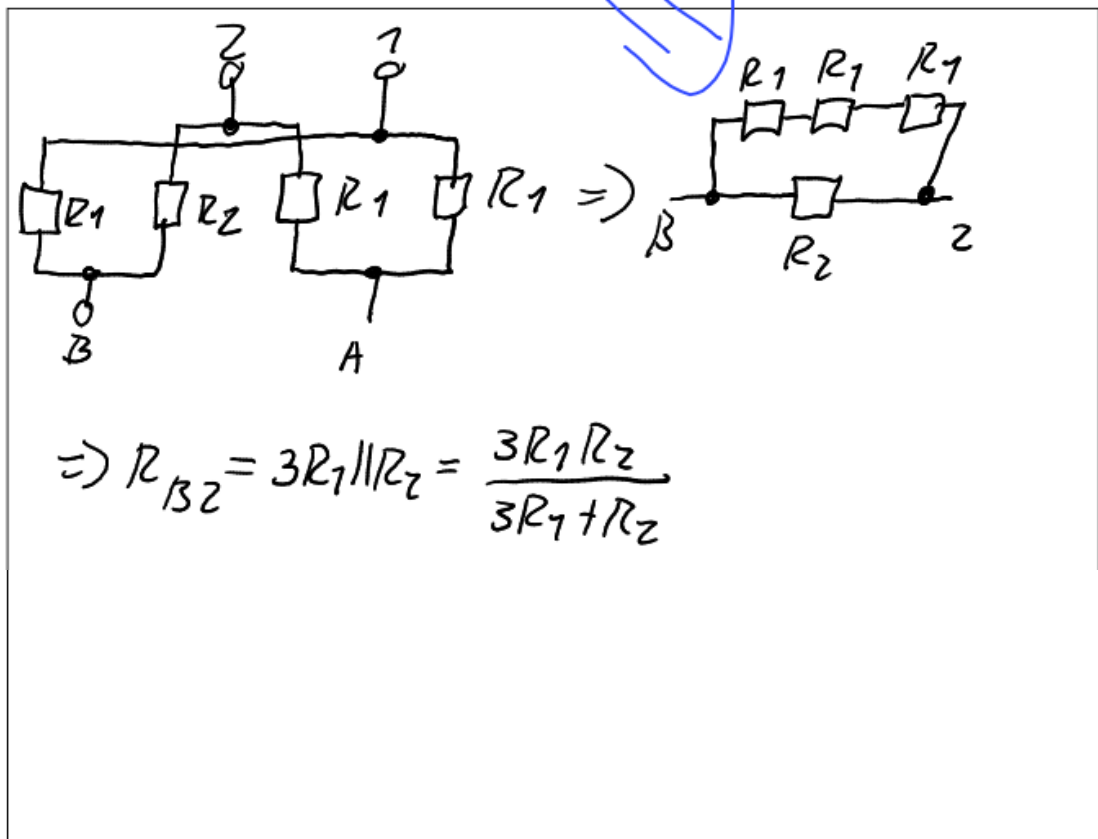


Abb. 4



Lösung: $R_{B2} =$

- (d) Betrachten Sie die Brückenschaltung in Abb. 5(a). Zwischen den Ausgangsklemmen A und B ist ein Widerstand R_L angeschlossen. Transformieren Sie die übrigen Elemente in ein Norton-Äquivalent gemäss Abb. 5(b) und nutzen Sie dieses, um den Strom I_L durch R_L zu berechnen. (4 P)

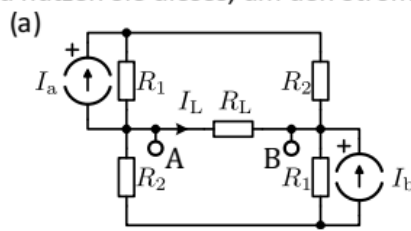
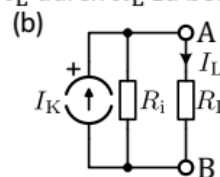


Abb. 5



↓
Nächstes
Mal