

Kondensator – Übungsaufgaben

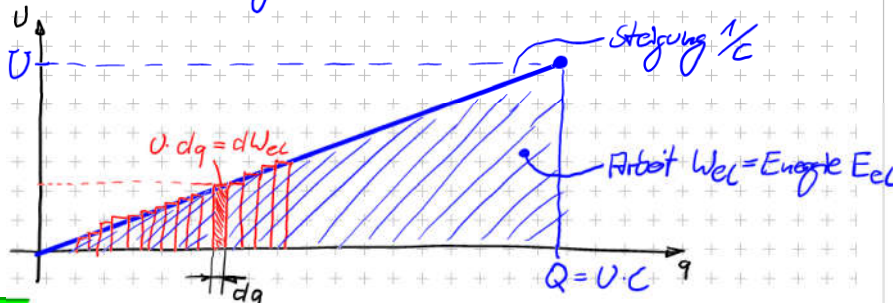
■ Energieinhalt eines Kondensators

Beim Aufladen eines Kondensators auf die Spannung U muss die Ladung $Q = U \cdot C$ auf die Platten transportiert werden. Zur Berechnung der dazu nötigen elektrischen Arbeit W_{el} kann die Formel $W_{el} = U \cdot \Delta Q$ aus Kap. 1 genutzt werden. Allerdings ist die Spannung U beim Aufladeprozess nicht konstant, sondern steigt monoton mit zunehmender Ladung an (daher die Verwendung von Kleinbuchstaben):

$$u = \frac{q}{C}$$

Die **Gesamtarbeit** W_{el} beim Aufladen (entspricht dem **Energieinhalt** E_{el} des Kondensators) mit der Ladung $Q = C \cdot U$ ergibt sich dann durch Integration von $dW_{el} = u \cdot dq$:

$$W_{el} = E_{el} = \int_0^Q \frac{q}{C} \cdot dq = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} Q \cdot U$$



Übungsaufgabe Vergleich Kondensator ↔ Akku

⇒ Welche Kapazität müsste ein Kondensator haben, damit er bei 12 V die gleiche Energie speichern kann, wie eine Autobatterie mit 32 Ah?

Ansätze:

- Batterie: $E_{el} \propto Q \cdot U$
als konstant angenommen

- Kondensator: $E_{el} = \frac{1}{2} C \cdot U^2$

Übungsaufgabe Umrechnung Einheitenpräfixe

Geben Sie die Kapazität des dargestellten Kondensators an,



- in „nF“,
- in „pF“.

Parallelschaltung von Kondensatoren

■ Anschauliche Darstellung

$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$$

Wird – wie im **Bild** rechts – angenommen, dass zwei parallel geschaltete Kondensatoren C_1 und C_2 in Plattenbauweise mit identischem Abstand d aufgebaut sind; so unterscheiden sie sich nur durch ihre Plattenflächen A_1 und A_2 :

$$A_1 = C_1 \cdot \frac{d}{\epsilon}; \quad A_2 = C_2 \cdot \frac{d}{\epsilon}$$

Die Parallelschaltung der beiden Kondensatoren wirkt wie ein einziger Kondensator mit der Fläche

$$A_g = A_1 + A_2$$

Weil d und ϵ identisch für beide Platten sind

■ Berechnung der Gesamtkapazität

$$C_g = \epsilon \cdot \frac{A_g}{d} = \epsilon \cdot \frac{A_1 + A_2}{d} = C_1 + C_2$$

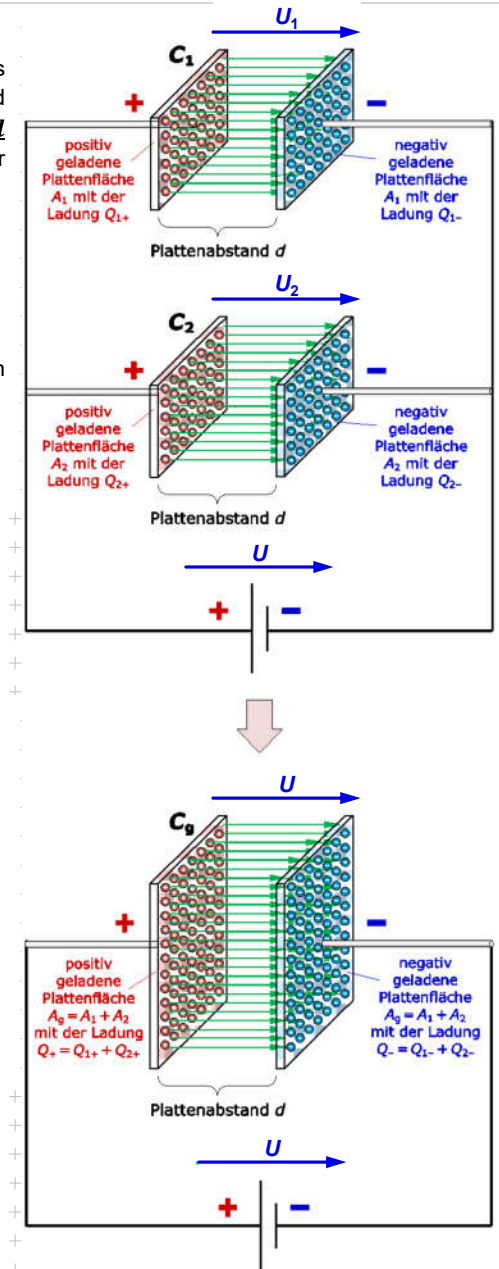
Alternativ:

$$C_g = \sum_{\text{alle } n} C_n$$

Übungsaufgabe Parallelschaltung

Zwei Kondensatoren $C_1 = 0,47 \mu F$ und $C_2 = 2200 \text{ nF}$ werden parallel geschaltet.

⇒ Berechnen Sie die Gesamtkapazität!



Reihenschaltung von Kondensatoren

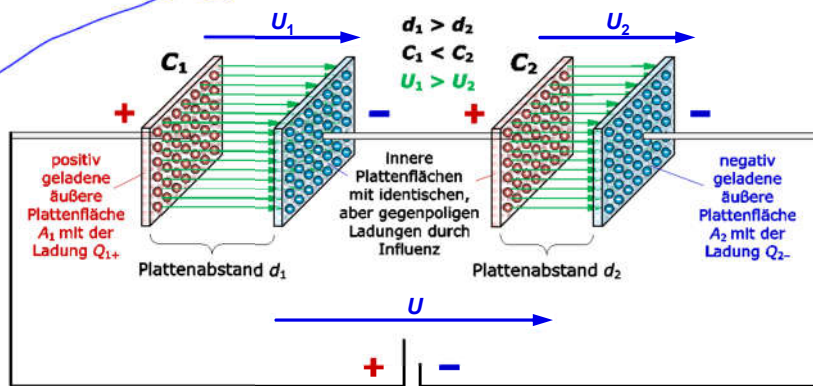
■ Anschauliche Darstellung

Wird – wie im **Bild** unten – angenommen, dass zwei in Reihe geschaltete Kondensatoren C_1 und C_2 in Plattenbauweise mit identischer Fläche A aufgebaut sind; so unterscheiden sie sich nur durch ihre Plattenabstände d_1 und d_2 :

$$d_1 = \frac{A \cdot \epsilon}{C_1} ; d_2 = \frac{A \cdot \epsilon}{C_2}$$

Die Reihenschaltung der Kondensatoren wirkt wie ein einziger Kondensator mit dem Abstand

$$d_g = d_1 + d_2.$$



■ Berechnung der Gesamtkapazität

$$C_g = \epsilon \cdot \frac{A}{d_g} = \epsilon \cdot \frac{A}{d_1 + d_2}$$

$$= \epsilon \cdot \frac{A}{\frac{A \cdot \epsilon}{C_1} + \frac{A \cdot \epsilon}{C_2}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}$$

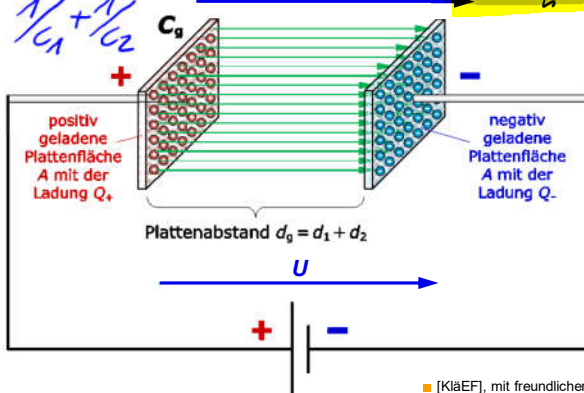
nur bei 2 Kond.

Übungsaufgabe Reihenschaltung

Zwei Kondensatoren
 $C_1 = 0,47 \mu\text{F}$ und $C_2 = 2200 \text{ nF}$
werden in Reihe geschaltet.

⇒ Berechnen Sie C_g .

+++++
+++++
+++++
+++++
+++++



■ [KlaEF], mit freundlicher Genehmigung

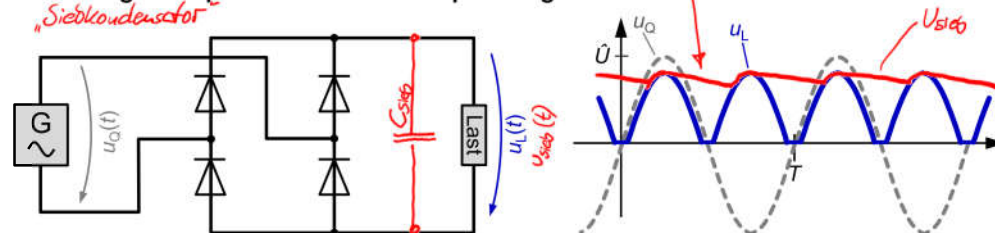
Kondensator – Anwendung in der IT

■ Qualitative Beschreibung der Funktion eines Kondensators in der Schaltung

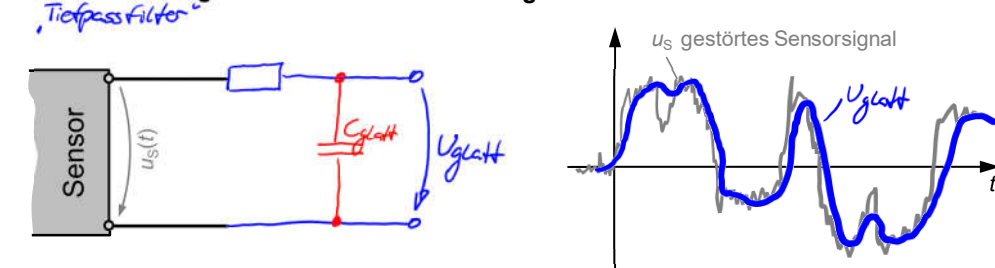
Der Kondensator ist bestrebt, durch Aufnahme oder Abgeben von Ladung die Spannung an seinen Polen konstant zu halten. Er wird meist in Parallelschaltung genutzt.

Je größer sein Kapazitätswert, desto kleiner ist die resultierende Spannungsänderung.

■ Siebung einer pulsierenden Gleichspannung



■ Unterdrückung von Rauschen und Störungen von Sensoren



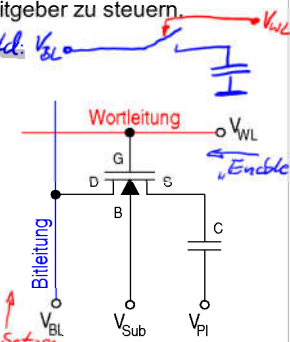
■ Zeit- und Frequenzbasis

Die Zeit, die ein Kondensator benötigt, um wiederholt mit einem bestimmten Widerstand aufgeladen zu werden, lässt sich als Takt verwenden, um Prozessoren oder Zeitgeber zu steuern.

■ Speichern von Daten

z.B. in einer D-RAM-Speicherzelle (speichert nur ein einziges Bit):

- Die Aufladung der **Kapazität C** definiert, ob eine „0“ oder eine „1“ im Speicher abgelegt wird.
- Speichern: Setzen der Spannung an der betreffenden Bitleitung und gleichzeitiges Setzen der Wortleitung.
- Auslesen: Setzen der Spannung an der betreffenden Wortleitung, danach **Auslesen** der Ladung an der Bitleitung.



Verständnisfrage:

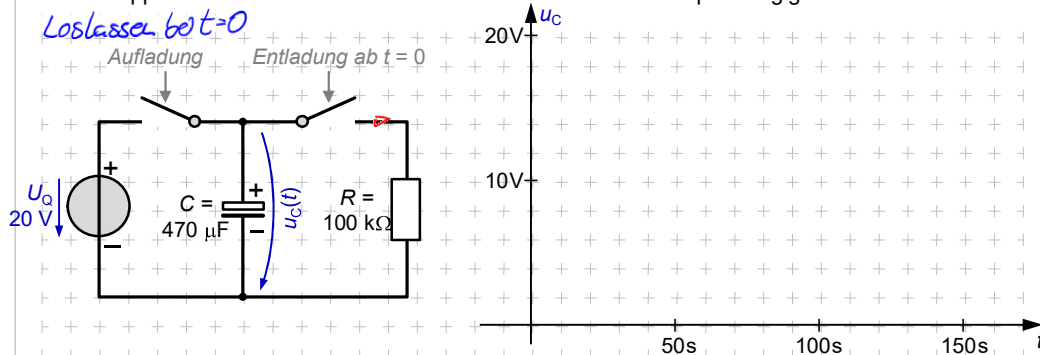
Wie viele derartige Zellen muss ein Speicherriegel mit 8 GiByte enthalten?

■ [commons.wikimedia.org]

Kondensator – Entladung über einen Widerstand

Demonstration Entladung eines Elektrolytkondensators

Ein Elektrolytkondensator $C = 470 \mu\text{F}$ wird auf $U_Q = 20 \text{ V}$ aufgeladen. Der anschließende Entladevorgang erfolgt über einen Widerstand mit $R = 100 \text{ k}\Omega$. Während des Entladevorgangs wird mit einer Stoppuhr und einem Voltmeter der Verlauf der Kondensatorspannung gemessen:



Formel für die Entladekurve

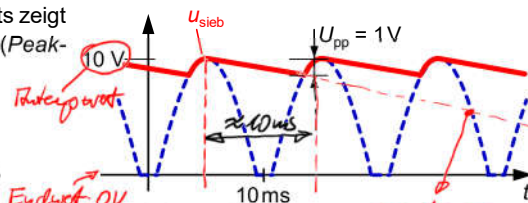
Der Entladevorgang stellt einen sog. **Ausgleichsvorgang** dar, denn die Änderungsgeschwindigkeit der Kondensatorspannung (d.h. deren Ableitung) du_C/dt ist proportional zur Spannung u_C selbst. Die Spannung gehorcht der Formel

$$u_C = U_Q \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{mit der Zeitkonstante } \tau = R \cdot C = 47\text{s}$$

Beispiel Auslegung der Siebung einer pulsierenden Gleichspannung

Eine Wechselspannung wird mittels Brückengleichrichter gleichgerichtet (siehe Seite 9), und mit Hilfe eines Sieb-Elkos geglättet. Das Bild rechts zeigt den Verlauf der Spannung u_{Sieb} , die Welligkeit (Peak-to-Peak-Spannung) beträgt $U_{pp} = 1 \text{ V}$.

- Wie groß ist die Zeitkonstante τ etwa?
- Der Laststrom beträgt $I_L = 1 \text{ A}$. Wie groß ist die Kapazität C des Siebkondensators?

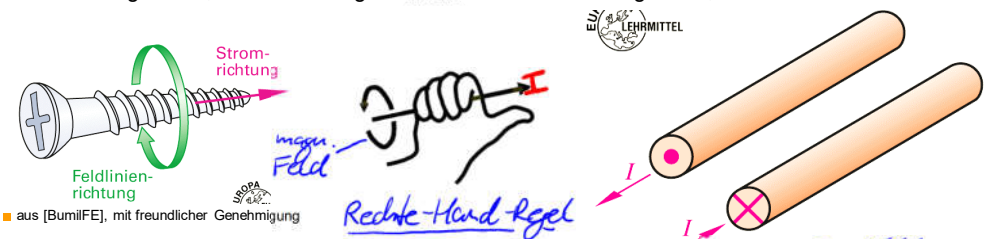


- Zeitkonstante τ : Tangente schneidet die t -Achse bei: $\tau \approx \frac{10 \text{ V}}{1 \text{ V}} \cdot 10 \text{ ms} = 100 \text{ ms}$
- s. Musterlösung z. Übung...

Magnetfeld

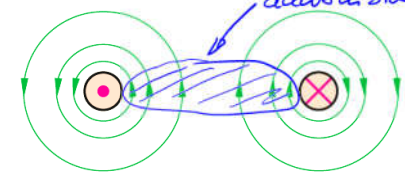
Jeder Ladungsfluss erzeugt ein Magnetfeld

Magnetfelder werden durch die Bewegung elektrischer Ladungen verursacht. Jeder Stromfluss bildet ein Magnetfeld, das im Uhrzeigersinn um die Stromrichtung rotiert, siehe die Bilder unten:



Besonderheiten des Magnetfeldes sind:

- Magnetische Feldlinien sind immer geschlossen ohne Anfang und Ende (sog. Quellenfreiheit).
- Magnetische Feldlinien verlaufen außerhalb von Magneten vom Nordpol zum Südpol und innerhalb von Magneten vom Südpol zum Nordpol.

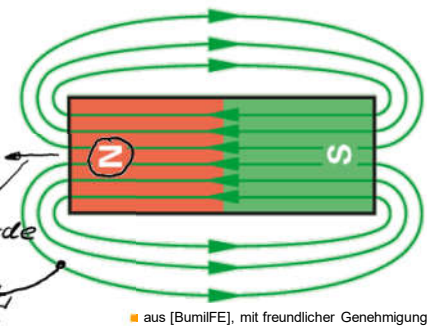


Permanentmagnet

Auch **Permanentmagneten** (im Bild rechts ein Stabmagnet) produzieren ihr Magnetfeld auf Grund elektrischer Ströme in atomaren Dimensionen: Das Kreisen der Elektronen um den Atomkern kann als Strom aufgefasst werden, ebenso ihr sogenannter *Spin*.

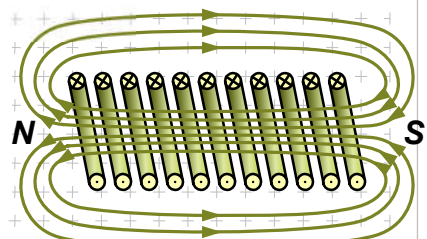
Richtet sich zum Nordpol der Erde

magn. Feldlinien sind geschlossen, beginnen nicht erst außerhalb des Magneten!



Spule

Wird ein Leiter aufgewickelt, entsteht eine **Spule**, wie rechts im Bild dargestellt. Bei einem Strom durch diesen Leiter überlagern sich die Magnetfelder aller Lagen zu einem Feld, dass einen ähnlichen Verlauf wie bei einem Stabmagneten hat.



mehr Windungen \Rightarrow größere Feldstärke