

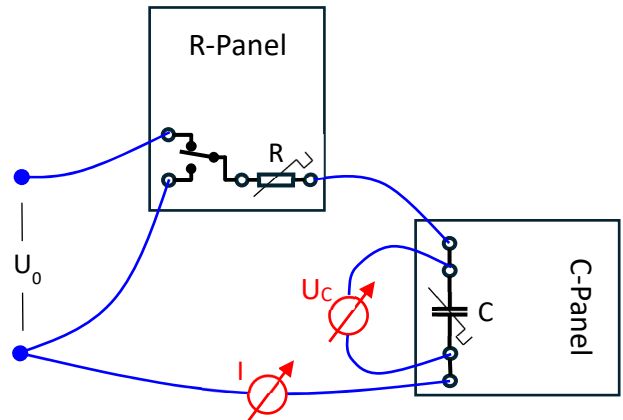
Handout: Auf- und Entladevorgang mit Kondensator und Widerstand

Ziel ist die Beobachtung des zeitlichen Verlaufs von Spannung und Stromstärke beim Laden und Entladen eines Kondensators über einen Widerstand bei Verwendung des C-Panels ($C = 1 \text{ nF} \dots 33 \text{ }\mu\text{F}$) und des R-Panels ($R = 100 \text{ }\Omega \dots 3,3 \text{ M}\Omega$). Die Stromwerte sind insbesondere erforderlich, um anschließend die transportierte Ladung durch numerische Integration zu ermitteln.

Problem: Bei langsamen Umladevorgängen (z.B. $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$, $R = 330 \text{ k}\Omega \rightarrow \tau = 3,3 \text{ s}$) ist die Stromstärke zu klein für übliche digitale Messwerterfassungssysteme (CASSY, Cobra ...).

Möglichkeit 1:

Bequem messbare Stromstärken im mA-Bereich ergeben sich, wenn kleinere Widerstandswerte gewählt werden. Die Zeitkonstanten sind dann ebenfalls kleiner (z.B. $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$, $R = 1 \text{ k}\Omega \rightarrow \tau = 10 \text{ ms}$), so dass der Umladevorgang nicht mehr „live“ beobachtet werden kann. Die digitalen Messwerterfassungssysteme bieten jedoch hinreichend hohe Abtastraten (z.B. 1000 Messwerte pro Sekunde), um den zeitlichen Verlauf aufzuzeichnen. Es ist dann aber erforderlich, die Messwerterfassung zu „triggern“, so dass die Datenaufzeichnung automatisch in einem Zeitfenster um den Entladevorgang erfolgt.



Möglichkeit 2:

Die Strommessung ist unnötig! Bei bekanntem Wert von U_0 lassen sich zu jedem gemessenem Wert von U_R die Stromstärke I und die Spannung U_C leicht berechnen:

$$I = \frac{U_R}{R}$$

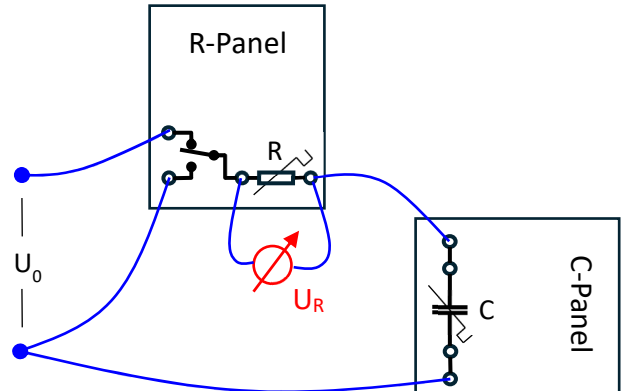
$$U_C = U_0 - U_R \quad (\text{obere Schalterstellung})$$

$$U_C = -U_R \quad (\text{untere Schalterstellung})$$

Die Berechnung kann im Auswerteprogramm des Messwerterfassungssystems oder nach Export der Daten in einer Tabellenkalkulation erfolgen.

Die Methode funktioniert auch bei langen Zeitkonstanten (also großen Werten von R), wenn man berücksichtigt, dass der Innenwiderstand R_i des Spannungssensors (oft $1 \text{ M}\Omega$) zu R

parallelgeschaltet ist. R muss dann durch den „wirksamen Widerstand“ $\frac{R \cdot R_i}{R + R_i}$ ersetzt werden.



Möglichkeit 3:

Beim gleichen Aufbau lässt sich auch ein übliches Digitalmultimeter als Spannungsmessgerät einsetzen (Vorteil: Innenwiderstand meist $10 \text{ M}\Omega$ oder höher). Damit man die Momentanwerte von U_R mit Hilfe einer Uhr manuell erfassen kann, sollte die Zeitkonstante groß genug sein (z.B. $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$, $R = 1 \text{ M}\Omega \rightarrow \tau \approx 10 \text{ s}$). Eine Videoaufnahme von Multimeter und Uhr mit anschließender Ablesung der Momentanwerte bietet sich an. Zur Auswertung sollten die Messwerte anschließend in eine Tabellenkalkulation eingetragen werden.