

3.3 Entladung eines Kondensators

1 Einführung

Die Ladungsmenge Q , die auf einem Kondensator der Kapazität C untergebracht werden kann, ist proportional zur angelegten Spannung U :

$$Q = C \cdot U.$$

Verbindet man den auf die Spannung U_0 aufgeladenen Kondensator mit einem Widerstand R (siehe Abb. 1), fließt die Ladung aus dem Kondensator ab. Die zuvor im Kondensator gespeicherte Energie wird am Widerstand in Wärme umgesetzt.

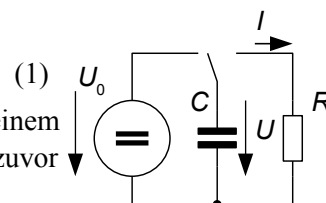


Abb. 1:
Prinzipschaltbild

Der Entladestrom I ist dabei nicht konstant, sondern eine Funktion der Zeit. Aus Gl. (1) ergibt sich in Verbindung mit dem Ohmschen Gesetz eine lineare Differentialgleichung, die die Änderung der Spannung $U(t)$ am Kondensator beschreibt. Die Lösung dieser Differentialgleichung ist eine abklingende e-Funktion. Als Maß für die „Geschwindigkeit“ dieses Abklingens gibt man üblicherweise die **Zeitkonstante** τ an. Es ist die Zeit, in der die Amplitude auf den e-ten Teil abgefallen ist (auf ca. 37%). Bei der Entladung eines Kondensators über einen Widerstand ist:

$$\tau = R \cdot C. \quad (2)$$

Aufgaben:

- 1.1 Stellen Sie die Differentialgleichung für die Spannung $U(t)$ am Kondensator beim Entladevorgang auf.
- 1.2 Geben Sie die spezielle Lösung für $U(t)$ unter Berücksichtigung der Anfangsbedingung $U(0) = U_0$ an, und verifizieren Sie Gl. (2).

2 Labview-Programm

Zur Darstellung der Entladekurve des Kondensators soll mit LabView ein Programm erstellt werden, das automatisch eine bestimmte Anzahl von Spannungswerten aufzeichnet und anzeigt. Bei den vorgegebenen Bauteilen beträgt die zur Beobachtung erforderliche Zeit mehrere Sekunden.

- **Im Frontplattenfenster:**
 - Eingabe (*Digitales Bedienelement - U16*) für die Anzahl der Messwerte,
 - Anzeigen (*Digitales Anzeigeelement - U16*) für Laufindex und A/D-Wert,
 - Anzeigen (*Digitales Anzeigeelement - DBL*) für Gesamtdauer in s und Spannung in V,
 - grafische Anzeige (*XY-Anzeige mit Cursor in Benutzerdef. Elemente*) für den Zeitverlauf,
- **Im Diagrammfenster:**
 - Initialisierung des UniMess-Interfaces (*Init UniMess*),
 - Programmabfolge (*Sequence*):
 - *Rahmen 0*: Auswahl des A/D-Kanals 1 oder 2 (*Set ADW Channel*) und kurze Wartezeit (ca. 100 ms),
 - *Rahmen 1*: Festhalten der Startzeit (*Timerwert in ms*),
 - *Rahmen 2*: Aufnahme der Messwerte:
 - Schleife (*For-Schleife*) für die Aufnahmeder Messwerte:
 - Abfrage eines Einzelwertes vom ADW des UniMess-Interfaces (*Read ADW 1x*) in der Schleife,
 - Anzeigen für den Schleifenzähler (Index) und für die Messwerte in Form des A/D-Wert und als Spannungswert,

- Zeitverzögerung von 30 ms zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messungen (*Warten (ms)*),
- Zusammenfassen der Werte für x (Index) und y (Spannung) (*Elemente bündeln*)
- Grafische Anzeige für die aufgenommenen Spannungswerte (*XY-Anzeige*),
- 4. *Frame*: Festhalten der Endzeit (*Timerwert in ms*),
- Anzeige der Differenz zwischen End- und Anfangszeit (Gesamtmesszeit T_M).

Die Zeitverzögerung zwischen der Erfassung der einzelnen Messwerte kann systembedingt nicht kleiner als 30 ms gewählt werden. Die erforderliche Gesamtmesszeit hängt von der Kapazität des ausgewählten Kondensators ab (siehe Aufgabe 3.1). Die Anzahl der aufzunehmenden Messwerte wird entsprechend angepasst.

Aufgabe:

- 2.1 Erstellen Sie das LabView-Programm nach den oben genannten Vorgaben.

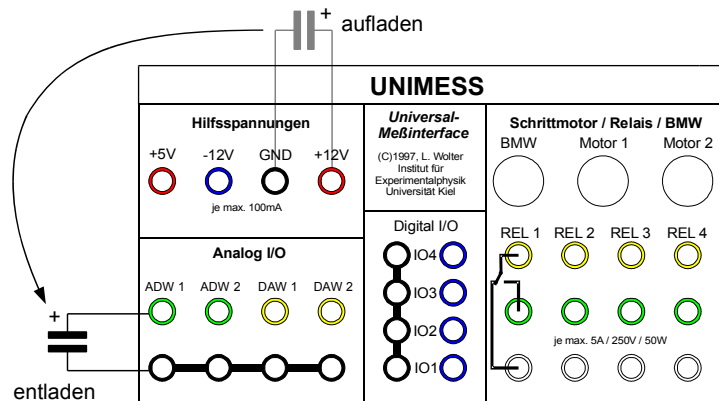


Abb. 2: Auf- und Entladen des Kondensators

3 Messungen am Kondensator

Als Kondensator C wird ein Typ mit einer Kapazität von ca. $3,3 \mu\text{F}$ ausgewählt. Der Entladewiderstand R wird durch den Eingangswiderstand des ADW1-Anschlusses des UniMess gebildet und beträgt $1 \text{ M}\Omega$. Zum Aufladen wird der Kondensator kurz an die Buchsen mit der Versorgungsspannung (+12V und GND, siehe Abb. 2) gelegt. Anschließend wird der Kondensator auf den Eingang ADW1 gesteckt und gleichzeitig das LabView-Programm gestartet.

Wenn das Programm richtig arbeitet, sollten die Anzeigen für Schleifenzähler, A/D-Wert und Spannung sich ändernde Werte anzeigen. Nach Ablauf der eingestellten Zeit (siehe 2.) wird dann auch die grafische Darstellung aktualisiert. Auf der x-Achse (Zeitachse) ist der Schleifenzähler aufgetragen.

Die in den nachfolgenden Aufgaben geforderte Ablesung von Messwerten auf der Kurve erfolgt unter Verwendung der Cursorfunktionen der Anzeige. Es werden zwei Cursormarkierungen benötigt. Zur Bedienungsvereinfachung können sie an den Kurvenverlauf angekoppelt werden (Klick auf das kleine Vorhängeschloss und Auswahl der Option *Fixiert auf Kurve*). Die zugehörigen x- und y-Messwerte (Index n_1 und n_2 sowie Spannung U_1 und U_2) werden in der Cursorsteuerung angezeigt.

Aufgaben:

- 3.1 Berechnen Sie den Wert der Zeitkonstante, wie er sich aus den Nennwerten von R und C ergibt. Geben Sie an, wie viele Zeitkonstanten verstreichen müssen, damit die Spannung auf etwa 1% des Anfangswertes abgefallen ist, und wählen Sie dem entsprechend die Anzahl der Messungen.
- 3.2 Führen Sie eine Messung der Entladung, wie oben beschrieben, durch und markieren Sie zwei nicht zu nahe beieinander liegende Punkte.
- 3.3 Bestimmen Sie aus der Gesamtmesszeit T_M die genaue Zeit T_S für eine Einzelmessung. Zusammen mit dem Abstand Δn und dem Verhältnis der Spannungen ergibt sich daraus die Zeitkonstante τ .
- 3.4 Betrachten Sie die Entladekurve nach Ändern der Skalierung für die y-Achse von *lin* auf *log*. Bei starker Vergrößerung (*Zoom* in der Cursorsteuerung) erkennt jetzt man bei kleinen Spannungen Treppenstufen in der Entladekurve. Was sind die Ursachen dafür? Wodurch ist die Höhe und wodurch die Breite der Stufen bestimmt?