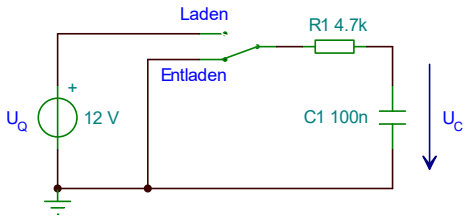
Darstellen und Ausführen von Berechnungen

Elektronikerin EFZ / Elektroniker EFZ

Version 1.1 vom 29. Jun. 2022

Als Elektronikerin / Elektroniker werden sie viel zu berechnen haben. Dabei wird generell grossen Wert auf die **Korrektheit**, **Vollständigkeit** und **Nachvollziehbarkeit** des Lösungsweges gelegt. Was dies heisst, möchten wir ihnen anhand eines Beispiels aus der Elektrotechnik aufzeigen. Bitte halten sie sich an diese Darstellungs- und Ausführungsregeln, denn damit qualifizieren sie sich als gelernte Elektronikerin / gelernter Elektroniker.

	Ein Klassiker aus der Elektrotechnik… **Frage**: Wann, nach welcher Zeit *t*, wird sich der Kondensator auf 3 V aufgeladen haben, wenn er zu Beginn vollständig entladen war?
Ausgangsformel aus der Formelsammlung $U_C = U\left(1 - e^{-\frac{t}{R \cdot C}}\right)$	Der Formelsammlung entnehmen sie die für das Aufladen gegebene **Ausgangsformel**. Zur Lösung unserer konkreten Aufgabe muss diese nun nach der gesuchten Zeit *t* aufgelöst und der Aufgabenstellung angepasst werden. Dies kann mit dem „Solver“ ihres Taschenrechners oder „von Hand“ auf Papier erfolgen.
Lösungs- oder Berechnungsformel $t = -\ln\left(1 - \frac{U_C}{U_Q}\right) \cdot R_1 \cdot C_1$	Nach Auflösen der Ausgangsformel nach der gesuchten Zeit *t*, erhalten wir die **Lösungs- oder Berechnungsformel**. Beachten Sie: ✓ Die gesuchte Zeit *t* steht nun als alleinige Grösse **links vom Gleichheitszeichen**. ✓ Die in der Ausgangsformel verwendeten Bezeichnungen für *U*, *R* und *C* wurden in der Lösungsformel erweitert mit U_Q, R_1 und C_1. Somit haben wir auch eine Übereinstimmung mit der Schaltung erreicht. Bereits dieses kleine Detail erhöht die Nachvollziehbarkeit deutlich.
Zahlengleichung und Resultat $t = -ln\left(1 - \frac{3\ V}{12\ V}\right) \cdot 4{,}7\ k\Omega \cdot 100\ nF$ $\underline{\underline{t = 135{,}2\ \mu s}}$	Nun werden die **Zahlenwerte mit Einheiten** in die Lösungsformel eingesetzt, das **Resultat** berechnet, **vernünftig gerundet** und **doppelt unterstrichen**. Beachten sie: ✓ Zahlenwerte in der **Zahlengleichung** und Formelbuchstaben in der Lösungsformel stimmen überein.

Wir zeigen ihnen nachfolgend noch ein paar Beispiele, wie sie es nicht machen sollen. Wir wollen damit auf ein paar wichtige Regeln aufmerksam machen, die häufig missachtet werden.

$U_C = U\left(1 - e^{-\frac{t}{R \cdot C}}\right)$	Der Formelsammlung wird die für das Aufladen des Kondensators gegebene **Ausgangsformel** herausgelesen. So weit, so gut.
$3\,V = 12\,V\left(1 - e^{-\frac{t}{4{,}7\,k\Omega \cdot 100\,nF}}\right)$ $mit\ Solver\colon\ \underline{\underline{t = 135{,}2\,\mu s}}$	Das Resultat ist zwar korrekt, doch die numerische Lösung über den „Solver“ ihres Taschenrechners ist **nicht zulässig**.
$t = -\ln\left(1 - \frac{U_C}{U_Q}\right) \cdot R_1 \cdot C_1$ $\underline{\underline{t = 135{,}2\,\mu s}}$	Die Berechnung wird zwar auf der Basis der Lösungsformel ausgeführt, doch fehlt hier die Zahlengleichung. Diese Lösung ist **unvollständig**.
$t = -ln\left(1 - \frac{3\,V}{12\,V}\right) \cdot 100\,nF \cdot 4{,}7\,k\Omega$ $\underline{\underline{t = 135{,}2\,\mu s}}$	Die eingesetzten Zahlenwerte für R_1 und C_1 sind gegenüber der Lösungsformel vertauscht. Dies **vermindert die Nachvollziehbarkeit**.
$t = -ln\left(1 - \frac{3}{12}\right) \cdot 4{,}7\,k \cdot 100\,n$ $\underline{\underline{t = 135{,}2\,\mu s}}$	Hier fehlen die Einheiten. Diese Lösung ist **nicht korrekt**.
$t = -ln\left(1 - \frac{1}{4}\right) \cdot 470\,\mu s$ $\underline{\underline{t = 135{,}2\,\mu s}}$	Hier werden die Zahlenwerte bereits teilweise gekürzt oder als vorausberechnetes Produkt in die Lösungsformel eingesetzt. Diese Lösung wird dadurch **schlecht nachvollziehbar**.
$\underline{\underline{t = 135{,}210574\,\mu s}}$	Das Resultat wird mit einer **unsinnigen Genauigkeit** angegeben. Halten sie sich bei der Resultatangabe an die vereinbarten **Rundungsregeln**.
$\underline{\underline{t = 0{,}0001352\,s}}$	Dieses Resultat ist schlecht lesbar. Verwenden sie daher konsequent das **technische Format** (10^3, 10^6, 10^{-3}, etc.) oder die **Schreibweise mit Si-Vorsätzen** (µ, m, k, M, etc.)
$\underline{\underline{t = 135{,}2\,E - 9\,s}}$	Dieses Resultat wird in einer Schreibweise angegeben, wie sie der Taschenrechner darstellt. **Taschenrechner- und Programmiersprachen-Schreibweisen sind** nicht eindeutig und daher **nicht zulässig**.

Und nun zum Schluss noch ein paar Anmerkungen zum guten Stil:

- ✓ Das Umstellen der Ausgangsformel nach der gesuchten Grösse müssen sie nicht zwingend aufschreiben. Es gehört aber zum guten Stil, wenn sie ihre Berechnungen auf der Basis einer Berechnungsformel ausführen, bei der die gesuchte Grösse als alleinige Grösse auf der linken Seite des Gleichheitszeichens steht.
- ✓ Führen sie Berechnungen, wenn immer möglich von oben nach unten aus. D.h. später errechnete Werte nicht zurück in eine frühere Formel einsetzen.
- ✓ Wenn sie einen Wert aus einem Diagramm, einem Datenblatt oder aus einer Tabelle herauslesen, so machen sie doch bitte eine entsprechende Bemerkung. Gleiches gilt, wenn sie Werte annehmen oder vernachlässigen.
- ✓ Rechnen sie nicht mit gerundeten Werten weiter, denn dadurch nimmt die Genauigkeit des Endresultates ab. Verwenden sie zum Weiterrechnen das im Taschenrechner zwischengespeicherte Zwischenresultat.
- ✓ Unterstreichen sie Zwischenresultate einfach und nur das Resultat doppelt.
- ✓ Steht das Resultat alleine auf einer neuen Zeile, so stellen sie diesem doch bitte das Symbol nochmals voran. Dies erhöht die Lesbarkeit. Beispiel: $\underline{\underline{t = 135{,}2\ \mu s}}$

Dieses Dokument wurde unter Mitwirkung der Berufsbildner in den Lehrbetrieben erstellt. Es dient primär dazu Klarheit in Bezug auf guten Stil bei der Ausführung und Darstellung von Berechnungsaufgaben zu schaffen.

Ueli Baumann
Bereichsverantwortlicher Elektroniker/in