

Versuch 353

Das Relaxationsverhalten eines LC-Kreises

Sebastian Pape
sepa@gmx.de

Jonah Nitschke
lejonah@web.de

Durchführung: 24.01.2017

Abgabe: 31.01.2017

1 Theorie

In dem Versuch V353 wurde das Relaxationsverhalten eines RC -Kreises untersucht. Relaxation bedeutet, dass ein System aus seinen Ruhezustand gebracht wird und nicht-oszillatorisch in diesen zurückkehrt. Mit einem RC -Kreis ist solch ein Relaxationsverhalten zu erreichen.

1.1 Ent- und Aufladevorgang

Bei dem Ladevorgang eines Kondensators mit der Kapazität C über einen Widerstand R lässt sich die Ladung auf dem Kondensator als Funktion der Zeit darstellen. Es ergibt sich unter der Randbedingung $Q(\infty) = 0$ die folgende Formel.

$$Q(t) = Q(0) \cdot \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \quad (1)$$

Für den Aufladevorgang gelten die Randbedingungen $Q(0) = 0$ und $Q(\infty) = CU_0$. Dabei ist U_0 die Spannung der Spannungsquelle. Damit ergibt sich die folgende Formel des Aufladevorgangs eines Kondensators über einen Widerstand.

$$Q(t) = CU_0(1 - \exp(-\frac{t}{RC})) \quad (2)$$

RC wird auch *spezifische Zeitkonstante* genannt, da dieser Ausdruck ein Maß der Geschwindigkeit des Entladevorgangs darstellt. Nach $\tau = RC$ ändert sich die Ladung des Kondensators um den Faktor 0,368. Nach $2,3\tau$ sind nur noch 10% des Ausgangswertes der Ladung auf dem Kondensator vorhanden.

1.2 Relaxationsverhalten bei periodischer Anregung

Wird nun an den RC -Kreis eine periodische Spannung $U(t) = U_0 \cos \omega t$ anstelle einer einzelnen Erregung angelegt ändert sich das Relaxationsverhalten mit der Frequenz ω . Ist $\omega \ll \frac{1}{RC}$ sind die Spannungen des Generators und des Kondensators näherungsweise in Phase. Je hochfrequenter die Spannung wird, desto deutlicher wird die Phase zwischen den beiden Spannungen. Für $\omega \rightarrow \infty$ nähert sich die Phasenverschiebung asymptotisch den Wert $\frac{\pi}{2}$.

1.3 Der RC-Kreis als Integrator

Mit Hilfe eines RC -Kreises lässt sich die angeschlossene Spannung $U(t)$ unter der Voraussetzung $\omega \ll \frac{1}{RC}$ integrieren. Dies hängt damit zusammen, dass die Kondensatorspannung $U_C(t)$ proportional mit dem Integral von $U(t)$ zusammenhängt. Unter der gestellten Bedingung gilt näherungsweise der Zusammenhang

$$U_C(t) = \frac{1}{RC} \int_0^t U(t') dt'. \quad (3)$$

Daran ist erkenntlich, dass sich die Kondensatorspannung $U_C(t)$ als Integrator der Generatorspannung $U(t)$ eignet.

2 Durchführung

Zu Beginn des Versuches wurde der RC -Kreis aufgebaut. Eine Schaltplanskizze ist in Abb. 1 zu sehen. Mit dieser Schaltung konnte der Auf- und Entladevorgang des Kondensators über das Oszilloskop beobachtet werden. Dazu wurde der Generator auf den Rechteckspannungsbetrieb eingestellt und das Oszilloskop so geregelt, dass die Lage des Spannungsnullpunktes zu sehen ist. Während des Suchvorganges des Spannungsnullpunktes wurde die Periodendauer der Rechteckspannung möglichst groß gewählt. Sobald eine geeignete Kurve gefunden wurde, konnte diese als Bild gespeichert werden.

Danach wurde der Generator auf den Sinusspannungsbetrieb umgestellt, sodass der RC -Kreis bei variierender Frequenz untersucht werden konnte. Die Amplitude der Kondensatorspannung wurde bei insgesamt 15 verschiedenen Frequenzen beobachtet. Dabei wurden fünf Frequenzen aus dem niederfrequenten Bereich zwischen 10 bis 100 Hz betrachtet. Die anderen zehn Frequenzen wurden aus dem Frequenzbereich zwischen 200 bis 1100 Hz in hundert Schritten gewählt. Bei der Messung wurden neben der Frequenz und Kondensatorspannung auch die Generatorspannungen betrachtet.

Desweiteren wurde der Phasenunterschied zwischen Generator- und Kondensatorspannung in Abhängigkeit von der Frequenz gemessen. Dafür wurden die beiden Spannungen auf die Eingänge des Oszilloskops gelegt. Es wurde der Abstand der beiden Nulldurchgänge, sowie die Periodendauer der Generatorspannung mit Hilfe des digitalen Periodendauermessgerät, welches in dem Oszilloskop integriert ist gemessen.

Abschließend wurde die Eigenschaft der Kondensatorspannung als Integrator der Generatorspannung untersucht. Dafür wurde die Frequenz minimal geregelt, sodass sie der Bedingung $\omega \ll \frac{1}{RC}$ genügt. Bei dem verwendeten Generator war die Minimalfrequenz bei ca. 4 Hz erreicht. Nun wurde die Generatorspannung parallel zu der Kondensatorspannung auf dem Oszilloskop ausgegeben und bei geeigneten Einstellungen als Bild gespeichert. Die Messung wurde mit einer Sinusspannung, einer Rechteckspannung und

einer Dreiecksspannung durchgeführt.

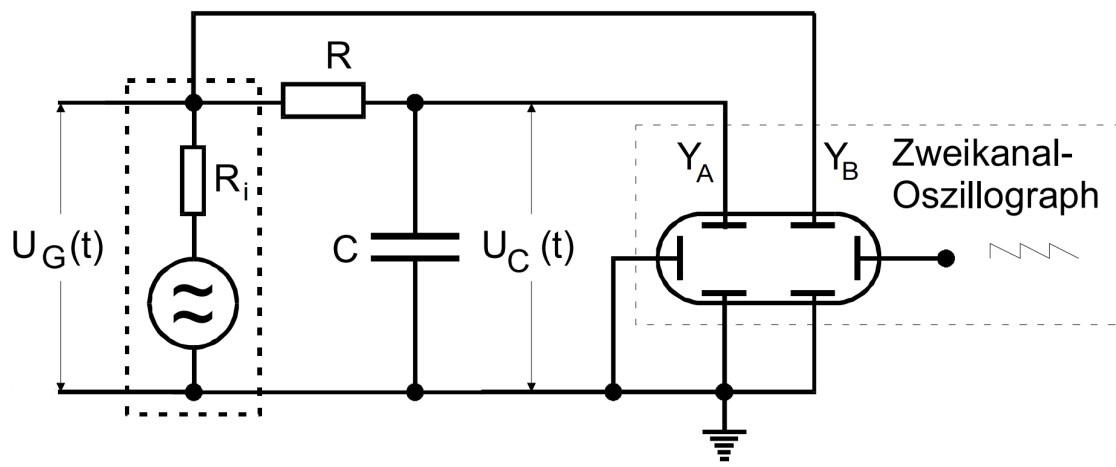


Abbildung 1: Schaltplanskizze des verwendeten RC-Kreises