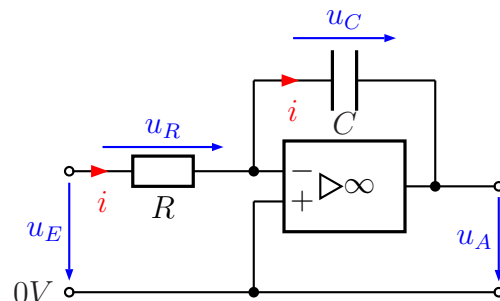


Der Integrierer

Grundschialtung des Integrierers (in dieser Form praktisch außer als I-Regler wenig verwendbar)

Nebenstehend ist die Prinzip-Schaltung eines Integrierers dargestellt. In dieser Form ist die Schaltung jedoch nicht praktikabel, da die Ausgangsspannung vom Prinzip her ungewiss ist. Je nach dem, wie der Kondensator C gerade geladen ist, ergibt sich eine andere Ausgangsspannung. In der Praxis würde die Ausgangsspannung irgendwann an die obere oder die untere Begrenzung durch die Betriebsspannung stoßen, der Integrierer würde dadurch seinen Arbeitsbereich verlassen.



Grundschialtung des Integrierers

Zur Bestimmung der Übertragungsfunktion bestimmen wir zunächst den Strom i im Widerstand R . Aufgrund des Virtuellen Kurzschlusses ist die Spannung am Widerstand u_R gleich der Eingangsspannung u_E . Wir rechnen sofort mit zeitlich veränderlichen Größen für Strom und Spannung, also mit kleinen Buchstaben.

$$i = \frac{u_R}{R} = \frac{u_E}{R}$$

Dieser Strom fließt jetzt weiter durch den Kondensator C . An einem Kondensator gilt bekanntlich:

$$i = C \cdot \frac{du_c}{dt}$$

Hier können wir den eben gefundenen Wert für den Strom i einsetzen. (Die Spannungsrichtung von u_c geht von links nach rechts.)

$$\frac{u_E}{R} = C \cdot \frac{du_c}{dt} \quad | : C$$

$$\frac{u_E}{R \cdot C} = \frac{du_c}{dt}$$

$$\frac{du_c}{dt} = \frac{u_E}{R \cdot C}$$

Um an die Spannung u_c zu kommen, müssen wir demnach die Stammfunktion dieser Funktion suchen, also das unbestimmte Integral.

$$u_c(t) = \int \frac{u_E}{R \cdot C} dt = \frac{1}{R \cdot C} \cdot \int u_E dt$$

Die Ausgangsspannung der Schaltung ist aufgrund ihrer Polarität genau $-u_c$, also:

$$u_A = -\frac{1}{R \cdot C} \cdot \int u_E dt$$

Diese Formel zeigt, dass die Ausgangsspannung dem unbestimmten Integral der Eingangsspannung (multipliziert mit einem Faktor) entspricht. Häufig schreibt man anstelle des Produktes RC einfach τ , auch Zeitkonstante genannt. Damit lautet die Formel:

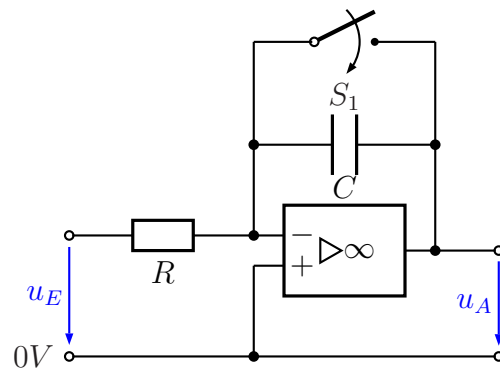
$$u_A = -\frac{1}{\tau} \cdot \int u_E dt$$

Da das unbestimmte Integral immer die allgemeine Integrationskonstante c enthält, ist auch in dieser Schaltung die tatsächliche Ausgangsspannung ungewiss. Für praktische Anwendungen dieser Schaltung muss dafür gesorgt werden, dass die Ausgangsspannung nicht unkontrolliert wegdriftet. Durch Offseteffekte am realen Operationsverstärker und Leckströme im Kondensator wird das nämlich passieren, wenn die Schaltung längere Zeit eingeschaltet ist. Lediglich in der Anwendung als I-Regler ist das kein Problem, denn das Wegdriften würde dann ja auch wieder die Eingangsspannung beeinflussen und dem Wegdriften entgegenwirken. In allen anderen Anwendungen muss diesem Problem jedoch anders begegnet werden.

Der Integrierer mit geschalteter Rückstellung

Bei einigen Anwendungen ist es notwendig, dass man zum Beginn der Integration einen definierten Startzustand hat. Dies ist etwa dann notwendig, wenn ein **bestimmtes** Integral gebildet werden soll. Beispielsweise bei einem A/D-Wandler ist diese Funktion gefordert.

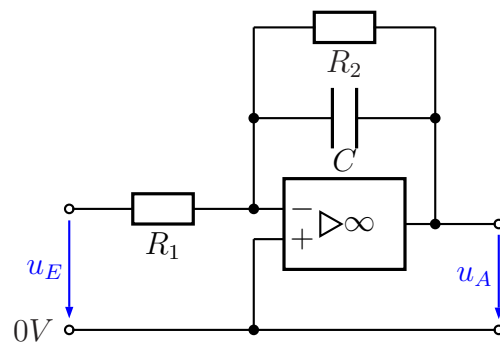
Die nebenstehend dargestellte Schaltung ermöglicht diese Funktion. Der Schalter S ist dabei in der Regel kein mechanischer Schalter, sondern ein elektronischer Schalter, zum Beispiel ein Feldeffekttransistor. Vor dem Start der Integration wird der Schalter S geschlossen und der Kondensator C entladen. Zum Startzeitpunkt wird der Schalter geöffnet, die Integration kann beginnen.



Integrierer mit Schalter

Der Integrierer mit kontinuierlicher Rückstellung

Es gibt auch Anwendungen für den Integrierer, bei denen eine kontinuierliche Integration stattfinden muss. Hierbei ist es nur wichtig, dass die Integration über einen **begrenzten Zeitraum** genau ist, längerfristig dürfen sich ruhig Abweichungen ergeben. Dafür soll sich aber beim Anlegen einer Eingangsspannung von 0 Volt der Kondensator nach einer angemessenen Zeit wieder entladen. Die Schaltung soll also längerfristig gesehen nicht unkontrolliert wegdriften, sondern immer wieder in Richtung 0 Volt zurückkehren.



Integrierer mit Hilfswiderstand

Dies erreicht man mit dem Einbau des Widerstandes R_2 . Liegt keine Eingangsspannung an der Schaltung an, fließt also kein Strom über R_1 durch C , dann kann sich der Kondensator langsam über R_2 entladen. Man muss nur darauf achten, dass der Widerstand R_2 groß ist im Vergleich zum Widerstand R_1 , damit die Integration nicht zu sehr gestört wird.