

Leseprobe aus Kapitel 3 ‚Signalverarbeitung, dynamisch‘ des Buchs
 ‚Strukturbildung und Simulation technischer Systeme‘

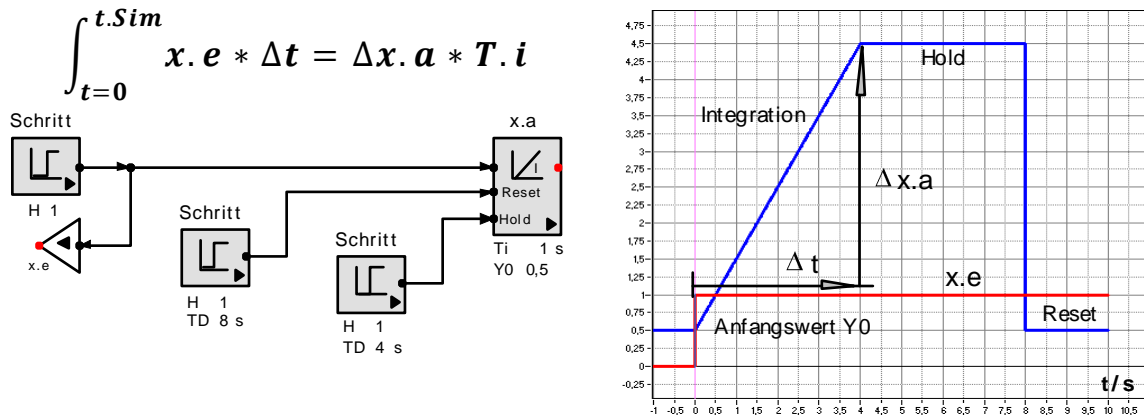
Weitere Informationen zum Buch finden Sie unter

strukturbildung-simulation.de

Dieses Beispiel aus dem Kapitel 3.3 ‚Integration‘ zeigt die Sprungantwort eines Integrators mit den Steuer-Eingängen ‚Reset‘ und ‚Hold‘.

3.3 Integration

Integratoren sind Speicher. Integrieren ist das Sammeln (Aufsummieren) kleiner Teile in diesem Speicher. So integriert ein Eimer die Strömungs-Geschwindigkeit (Eingangsgröße $x.e$) in seinem Zufluss (positiv) und Abfluss (negativ) zum Füllstand (Ausgangsgröße $x.a$).



Struktur 3-5 Integration: Die Eingangs-Amplitude steuert die Ausgangs-Geschwindigkeit. Bei konstantem Eingang steigt das Ausgangs-Signal - ab einem Anfangswert – zeitproportional an. Durch ‚Hold‘ wird der Eingang auf Null gesetzt, durch ‚Reset‘ wird der Ausgang auf den Anfangswert $Y0$ gesetzt.

In Simulationen läuft die Integration über die Zeit t immer von 0 bis zur Simulations-Dauer $t.Sim$. Dabei ändert sich Integrator-Ausgang $x.a$ um das Integral $\Delta x.a$, das sich dem Anfangswert (im Symbol $Y0$) überlagert.

Anfangswerte

Integrationen berechnen nur **Signal-Änderungen** $\Delta x.a$. Durch Integration wird aus der Beschleunigung a die Geschwindigkeits-Änderung Δv und aus der Geschwindigkeit v die Wegänderung Δx . Um die tatsächliche Geschwindigkeit v und den Ort x eines Fahrzeugs zu erhalten, sind die jeweiligen **Anfangswerte** für den Ort $x.0$ und Geschwindigkeit $v.0$ zu addieren.

Am Beginn der Integration ($t=0$) kann der Speicher bereits einen **Anfangswert** (hier $Y0=0,5$) haben. Sofern es die Randbedingungen nicht anders fordern, gehen wir von $Y0=0$ aus. Sperrt man bei dem Eimer alle Zu- und Abflüsse, so bleibt der Pegelstand konstant (**Eingang auf Null = Hold**). Entleert man ihn auf einen Schlag, so sinkt der Pegelstand auf den Anfangswert (**Reset**).

Mechanische Integration

Der Weg x ist das Integral der Geschwindigkeit v , die Geschwindigkeit v ist das Integral der Beschleunigung a . Nehmen wir an, der Motor eines Fahrzeugs wird eingeschaltet. Anfangs ist die Geschwindigkeit noch gering, so dass Reibungsverluste noch keine Rolle spielen. Dann wirkt der Motorkraft allein die Trägheitskraft der Fahrzeug-Masse entgegen. D.h., die Beschleunigung ist konstant. Dann steigt die Geschwindigkeit linear mit der Zeit an. Aber was macht der zurückgelegte Weg? Das zeigt uns die die Simulation.

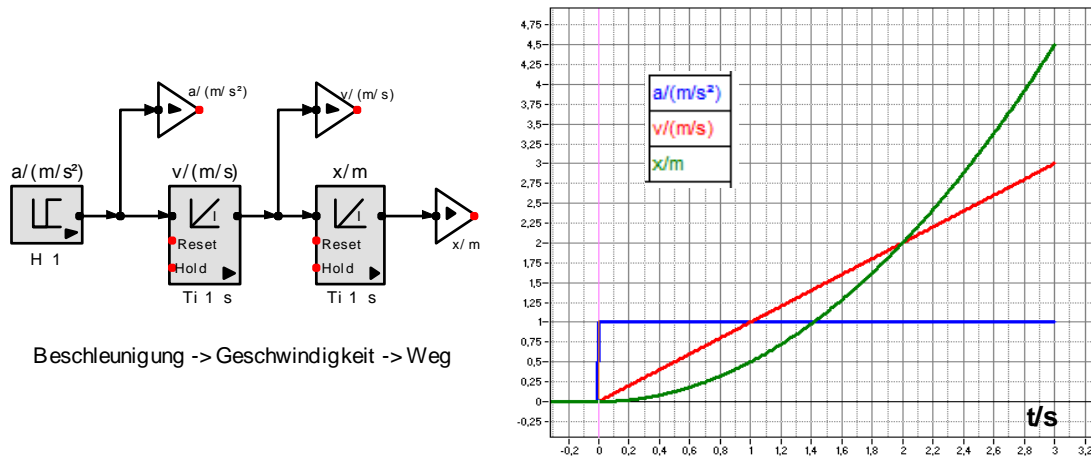


Abb. 3-18 Durch zweifache Integration wird aus der Beschleunigung a die Geschwindigkeits-Änderung v und die Weg-Änderung x . Anwendung: Trägheits-Navigation zur Positions-Bestimmung nur mit Beschleunigungs-Sensoren.

Elektrische Integriatoren

Kondensatoren C integrieren den Strom i_C zur Ladung q , die sich durch die Kondensator-Spannung u_C erkennen lässt. Integrierende Verstärker wandeln eine Eingangs-Spannung u_e

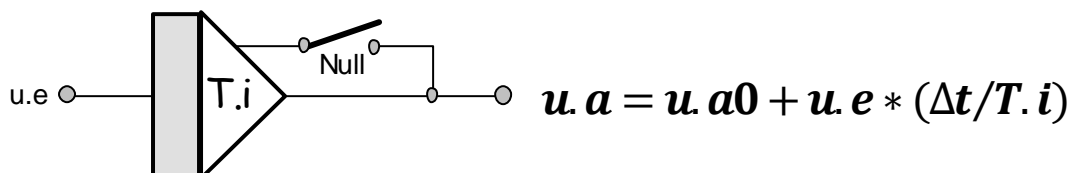


Abb. 3-19 Elektronischer Integrator mit der Möglichkeit, den Ausgang auf den Anfangswert Null zu setzen.

Über einen Widerstand R in den Kondensator-Strom i_C um und zeigen die Kondensator-Spannung als belastbare Ausgangs-Spannung u_a an. Dann bilden C und R die Integrations-Zeitkonstante $T.i=C*R$. Damit wird das Integral, die Zeitfläche der Eingangs-Spannung u_e :

$$\int_{t=0}^{t.Sim} u.e * \Delta t = \Delta u.a * T.i$$

Die Integrations-Konstante k_i ist immer dann eine Zeitkonstante $T.i$, wenn der Ein- und Ausgang des Integrators dieselbe Dimension haben. Andere Zeitkonstanten als $T.i=1s$ erzeugen einen Zeit-Maßstab.

$T.i$ bestimmt die Langsamkeit des Integrators. Seine Integrations-Geschwindigkeit $\Delta x. a/\Delta t$ ist proportional zu $u.e$ und umgekehrt-proportional zu $T.i$:

$$\Delta u. a/\Delta t = u. e/T. i$$

Die Integration beginnt immer bei einem Anfangswert, hier der Spannung $u.a0$. Möchte man das $u.a0=0$ bei $t=0$ ist, so muss der Kondensator kurzgeschlossen werden.

In der Regelungstechnik machen gegengekoppelte Integratoren ihr Eingangssignal statisch zu Null. Deshalb werden integrierende Regler zur Beseitigung der bleibenden Regelabweichung eingesetzt.

Integration eines Schritts (=Sprung)

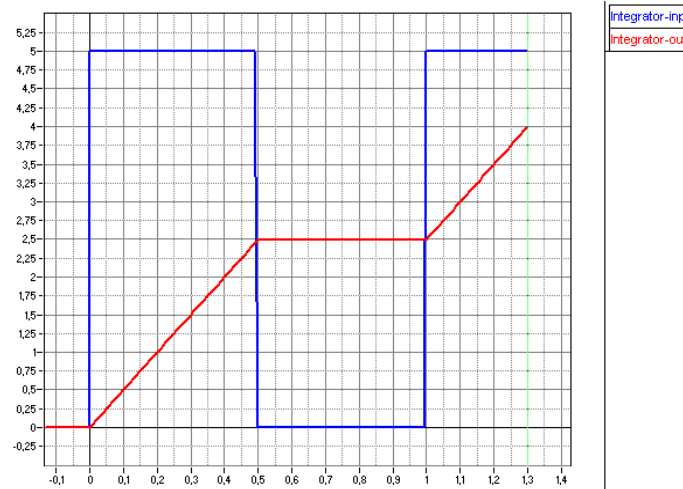


Abb 3-20 Signal- Integration: Integration einer Konstanten

Bei Integration steuert das Eingangssignal die Geschwindigkeit des Ausgangs. Wird es Null, bleibt der Ausgang konstant. Diese Konstante ist der Anfangswert für die weitere Integration.