

Anwendungsbeispiele für Analogrechner

Beispiel 1



15. Oktober 1963

EINIGE SPEZIELLE KUNSTSCHALTUNGEN BEI BENUTZUNG DES TISCHANALOGRECHNERS RAT 700

Im folgenden wollen wir einige spezielle Schaltungskniffe für den Tischrechner RAT 700 angeben, die dazu dienen, Verstärker einzusparen oder spezielle Rechenoperationen durchzuführen. Diese Schaltungen gehen über die "normale" Verwendung der Rechenelemente hinaus; sie können aber in manchen Fällen eine wertvolle Hilfe sein.

1. Differentiation mit einem Verstärker

Die in der Anwendung sicherste Schaltung zum Differenzieren ist die Schaltung mit drei Rechenverstärkern (s. Abschnitt 5.3 der "Rechenanleitung für Analogrechner"). Der Nachteil dieser Schaltung ist ihr Aufwand. Wie wir in der zitierten Rechenanleitung erwähnt haben, kann man auch unmittelbar einen differenzierenden Verstärker herstellen, wenn man R_0 und C vertauscht. Bild 1 zeigt diese Schaltung. Sie besitzt die (bis auf das Vorzeichen) gleiche Übertragungsfunktion wie die Schaltung Bild 5.6 der "Rechenanleitung".

$$\frac{Y(p)}{X(p)} = -\frac{p}{k} \frac{1}{1+pT} \quad (1)$$

Sie besteht also aus einem idealen Differenzierglied und einem Tiefpaß. Bei der Schaltung nach Bild 1 bedeutet

$$k = R_0 C \quad \text{und} \quad T = R_1 C.$$

Die Grenzfrequenz des Tiefpasses ist hier

$$f_g = \frac{1}{2\pi R_1 C} \quad (2)$$



Der für diese Schaltung benötigte Kondensator C steht in den Summierern/Integrierern zur Verfügung. Da die eingebauten Integrier-Kondensatoren stets mit einem Ende fest mit einem Verstärkerausgang verbunden sind, müssen wir der Differentiationsschaltung immer einen der umschaltbaren Verstärker vorschalten, der seinerseits als Summierer arbeitet.

Bild 2 zeigt die am Rechner zu steckende Schaltung, Bild 3 die Verbindung auf dem Steckfeld. Die Rechenschaltung ist so aufzustellen, daß die zu differenzierende Größe x am Ausgang eines Summierers/Integrierers auftritt. Der Verstärker ist als Summierer geschaltet; der Kurzschlußstecker zur Wahl der Integrationskonstante k_0 wird entfernt. Je nachdem ob man mit $k_0 = 1 \text{ s}^{-1}$ oder $k_0 = 10 \text{ s}^{-1}$ differenzieren will, verbindet man die weiße Buchse "1" oder "10" dieses Verstärkers mit dem Ende eines der freien Potentiometer. Der Schleifer dieses Potentiometers wird mit der Buchse S eines Summierers verbunden, zu dessen Ausgang $-\frac{1}{k} \cdot \frac{dx}{dt}$ abgenommen werden kann. Für die Grenzfrequenz des Tiefpasses nach (2) können wir auch schreiben:

$$f_g = \frac{25k}{\alpha \pi} \quad (3)$$

wenn α der Skalenwert des verwendeten freien Potentiometers ist ($0 \leq \alpha \leq 1$). Für $\alpha \rightarrow 0$ geht $f_g \rightarrow \infty$ und die Schaltung wird instabil.

2. Spezielle Verwendung der Parabel-Multiplizierer

Sehr interessante Möglichkeiten bietet der Parabelmultiplizierer dadurch, daß man mit ihm direkt die Funktion

$$Y_a = -\frac{1}{2} Y_e |Y_e| \quad (4a)$$

oder in anderer Schreibweise

$$Y_a = -\frac{1}{2} (\text{sign } Y_e) Y_e^2 \quad (4b)$$

bilden kann. Dazu gibt man nach Bild 4 die Eingangsgröße auf die Buchsen $+x$ und $-x$ und verbindet die Buchsen $+y$ und $-y$ des Multiplizierers mit Masse.

Die Funktion Gl. (4) hat eine unmittelbare Bedeutung z. B. bei Regelsystemen mit quadratischer Abhängigkeit des Reglers. Man kann sie auch zur Quadratbildung benutzen, wenn die Eingangsgröße ihr Vorzeichen nicht wechselt.

$$\text{Für } y_e \leq 0 \text{ ist } Y_a = Y_e^2/2$$

$$\text{Für } y_e \geq 0 \text{ ist } Y_a = -Y_e^2/2$$

Besonders interessant ist aber die Schaltung Bild 5 zur Bildung der Quadratwurzel.

Sie liefert die Größe

$$Y_a = \frac{Y_e}{\sqrt{|Y_e|}} \quad (5a)$$

oder in anderer Schreibweise

$$Y_a = (\text{sign } Y_e) \cdot \sqrt{|Y_e|} \quad (5b)$$

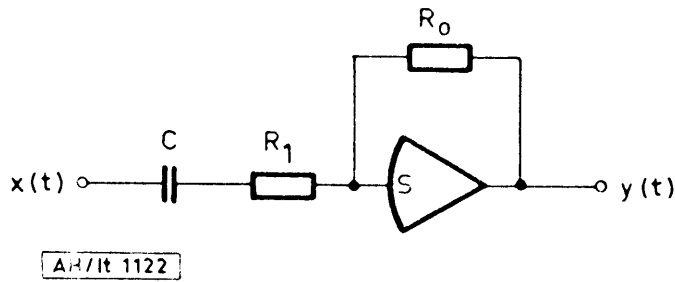
Bei dieser Schaltung darf der Radikand beliebig sein Vorzeichen wechseln; wir erhalten je nach Vorzeichen den positiven oder negativen Zweig von $\sqrt{|Y_e|}$

Auch diese Funktion spielt in der Technik eine große Rolle.

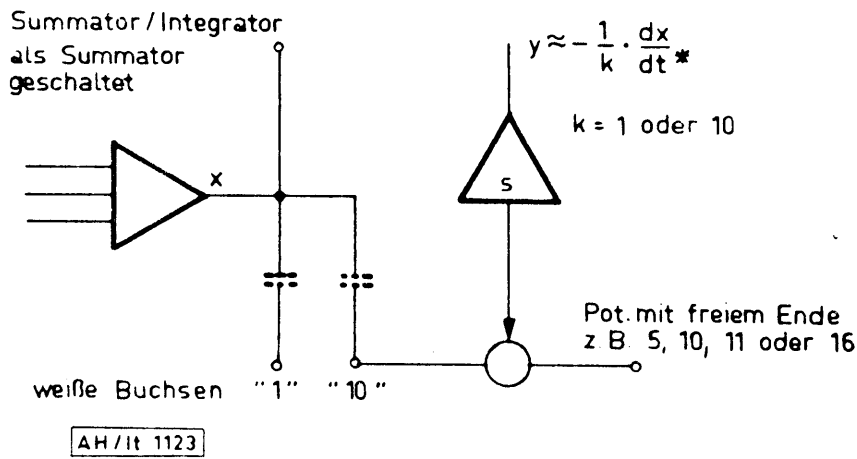
Schließlich läßt sich diese Operation auch nur mit einem Verstärker und dem Multiplizierer-Netzwerk durchführen. Bild 6 zeigt, wie hier gesteckt werden muß.

Die roten Ausgangsbuchsen im Anschlußfeld des Multiplizierer-Netzwerks sind jetzt zum Eingang der Schaltung geworden. Auf eine dieser Buchsen wird über ein Potentiometer mit dem Wert $\alpha = 0,5$ der Radikand aufgeschaltet. Durch einen Kurzschlußstecker werden wie

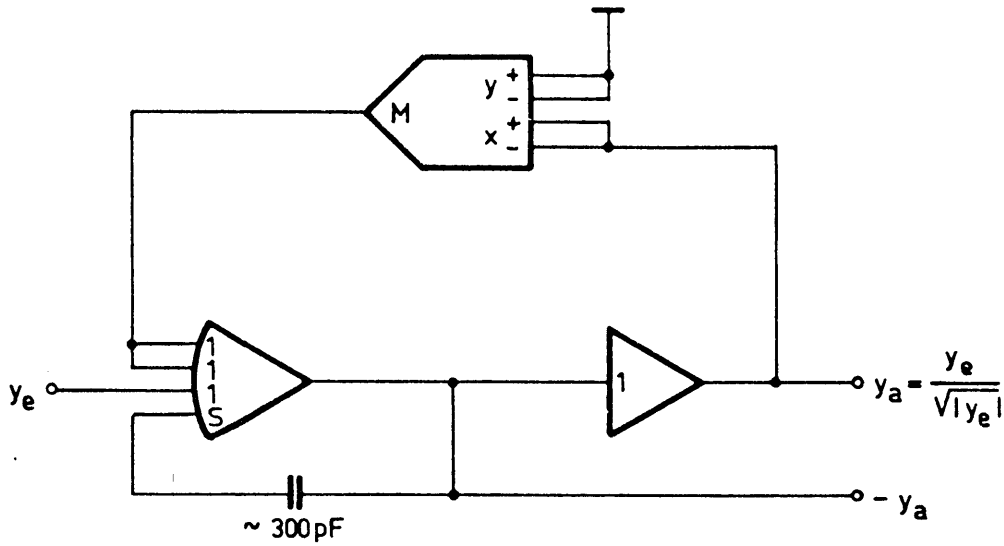
bei der normalen Anwendung des Multiplizierers die beiden Buchsen G miteinander verbunden. Buchsen +x und -x des Multiplizierer-Netzwerks werden mit dem Ausgang des Verstärkers und die Buchsen +y und -y werden mit Masse verbunden. Zur Stabilisierung wird die übliche Kapazität von ca. 300 pF zwischen Ausgang und Summenpunkt des Verstärkers geschaltet.



AH/It 1122
Bild 1 Differenzierendes Rechenelement

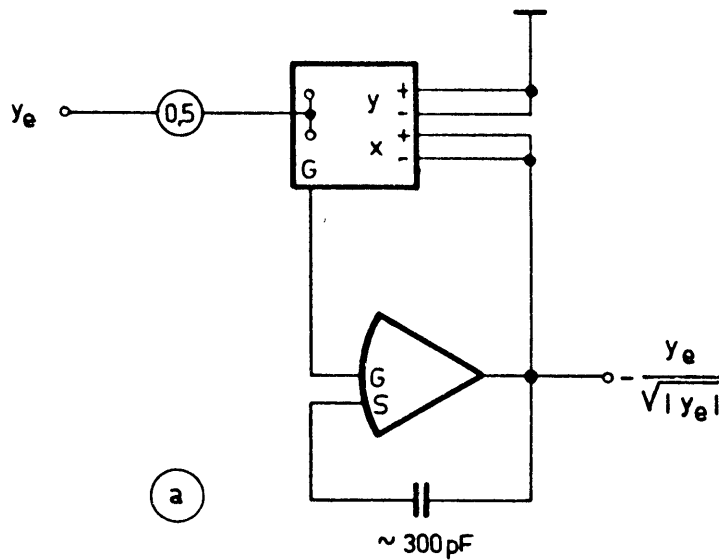


AH/It 1123
Bild 2 Programmierung der Differentiationsschaltung nach Bild 1 mit den Elementen des RAT 700



AH/It 1126

Bild 5 Schaltung zur Bildung der Funktion Gl. (5)

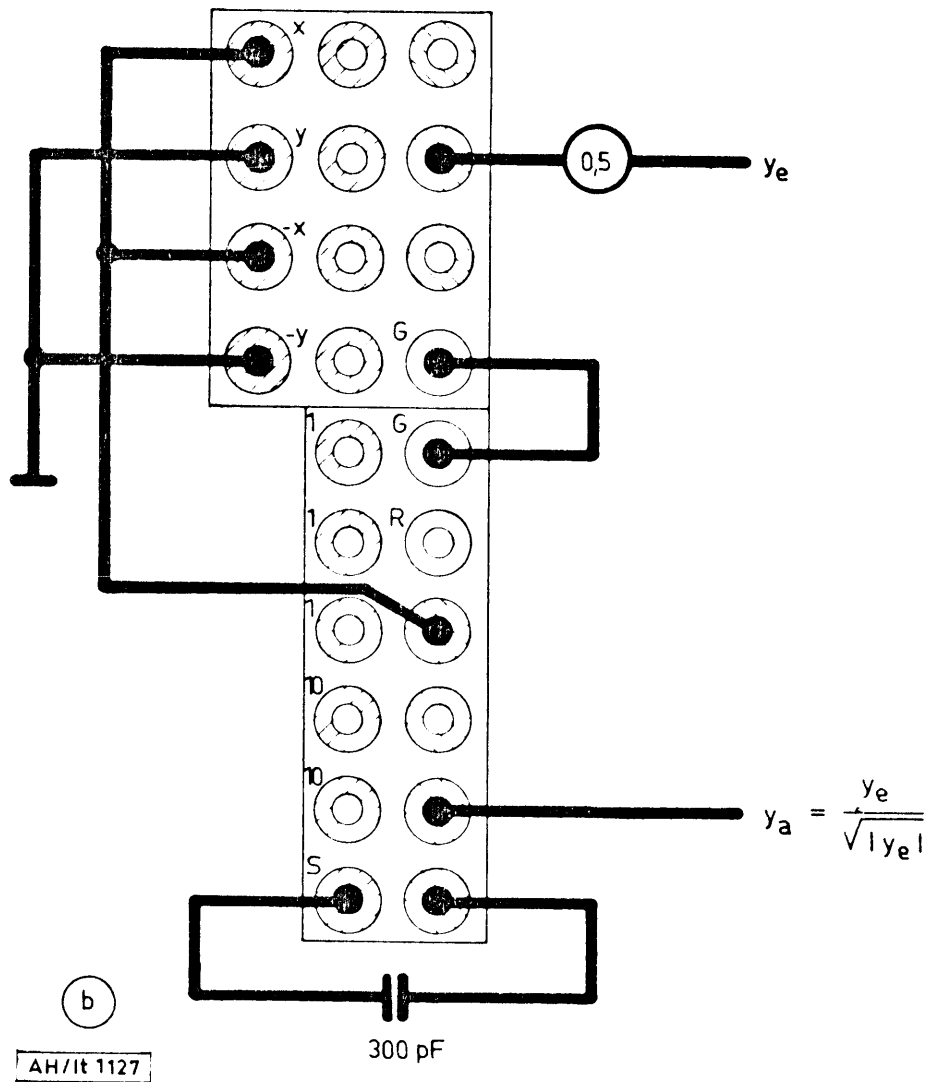


a

AH/It 1127

Bild 6a und b Bildung der Funktion Gl. (5) mit einem Rechenverstärker

a) Symbolische Darstellung. Das Viereck soll das Multipliziernetzwerk ohne nachgeschalteten Verstärker bezeichnen. Die Ausgangsbuchsen dieses Netzwerks werden hier zum Eingang.



b) Verbindungen auf dem Steckfeld