

Versuchsbeschreibung

Summierung mit dem Analogrechner (II).

Allgemeines:

Die allgemeinen Grundlagen für die Versuche mit dem Summierer sind bereits in der Übung "Summenbildung mit dem Analogrechner I" (Versuch A 1353.1) behandelt worden. Es wird auf eine Wiederholung verzichtet.

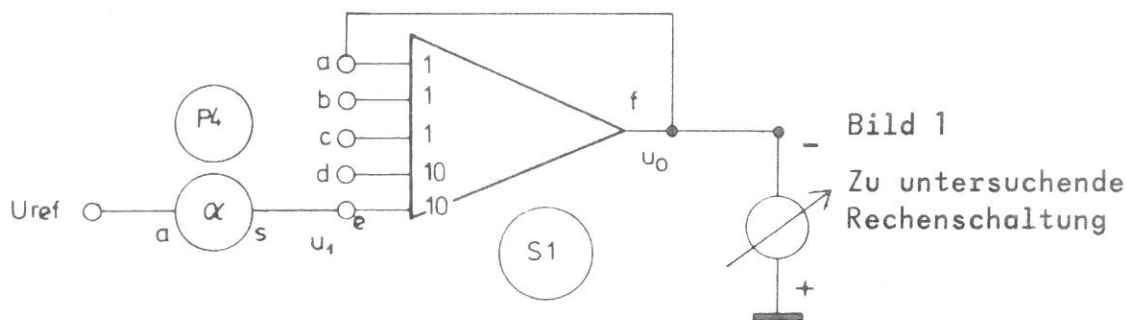
Bei der nachstehenden Aufgabe ist die Art der Vorgehensweise bei der Behandlung genau entgegengesetzt im Vergleich zu der oben genannten. Es ist eine Schaltung gegeben, die Formel für diese Schaltung ist abzuleiten, und dann der Aufbau des Versuchs zur Kontrolle der Formel zu tätigen.

1. Aufgabe

Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Ausgangsspannung U_o und der Eingangsspannung U_1 in der in Bild 1 dargestellten Rechenschaltung?

2. Schaltung

Die Rechenschaltung ist nachstehend in Bild 1 angegeben.



3. Geräte

Es sind folgende Platten des Rechners zu verwenden:

1 Stromversorgung	Typ 36013
1 Potentiometer	Typ 38501
1 Summierer I	Typ 38502
1 Programmierfeld	Typ 38506
1 Meßinstrument	Typ 38508
1 Bedienung und Steuerung	Typ 38509 (Nur wegen der Referenzspannungen)

Versuchsdurchführung

4.1 Schaltung

Nach Bild ist die Zusammenschaltung auf dem Programmierfeld vorzunehmen. Von der Referenzspannungsquelle werden die Spannungen abgenommen und dem Potentiometer zugeführt. Die Teilspannung am Abgriff (Schleifer) s des Potentiometer kommt an den einen Eingang (10) des Summierers. Zusätzlich wird der Ausgang mit einem Eingang verbunden. Es findet also eine Rückführung statt. Das bedeutet, daß die Eingangsspannung an dem betreffenden Eingang den gleichen Wert hat, wie die Ausgangsspannung U_o .

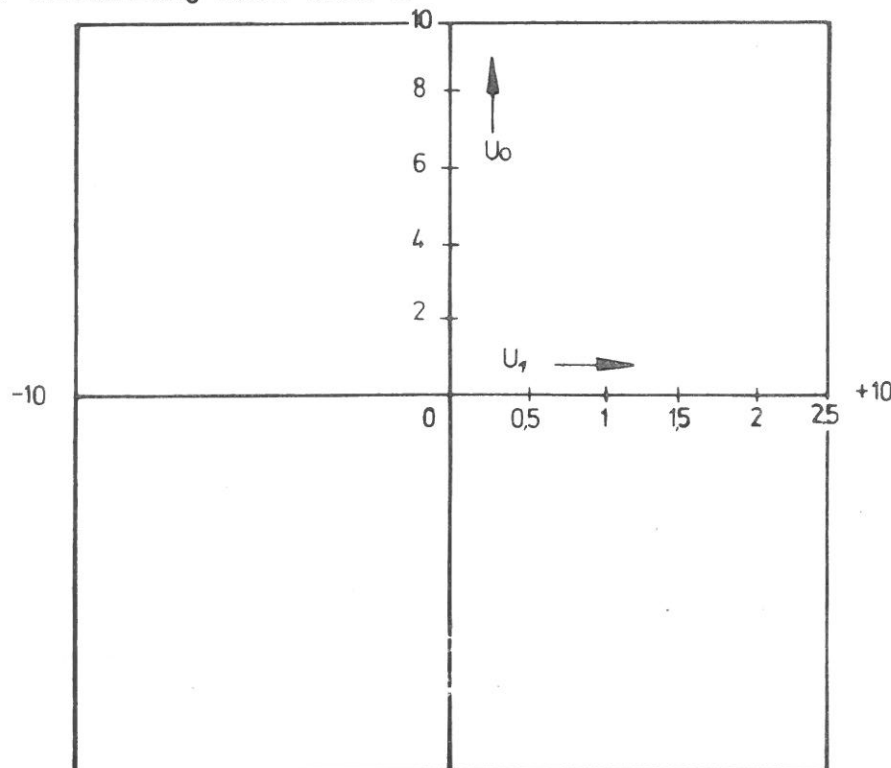
4.2 Aufstellung der Gleichung

Stellen Sie die für diese Schaltung geltende Gleichung auf, und lösen Sie sie nach der gesuchten Ausgangsspannung U_o auf.

- 4.3 Kontrollieren Sie die aufgestellte Gleichung durch Messungen. Setzen Sie für die Eingangsspannung U_1 folgende in der Tabelle angegebene Spannungen ein und tragen Sie die errechnete und gemessene Ausgangsspannung U_o ein. (Alle Werte in Volt).

U_1	+2	+0,5	+0,2	+0,1	0	-0,1	-0,2	-0,5	-1	-2
U_o										

- 4.4 Zeichnen Sie die so gewonnenen Werte auf Millimeterpapier mit einer Einteilung nach Bild 2



4.5 Wie lautet die allgemeine Form der Gleichung $y = f(x)$?

Versuchsbeschreibung

Integration mit dem Analogrechner

Allgemeines

Der Integrierer ähnelt in seinem Aufbau und seiner Schaltung dem Summierer. Im Gegenkopplungszweig befinden sich jedoch Kondensatoren statt der Widerstände. Das Prinzip ist in Bild 1 dargestellt. Da auch der Integrierer mehrere summierende Eingänge hat, ist es möglich mehrere Werte (Spannungen), die ihrerseits mit Faktoren multipliziert sind, zu addieren und gemeinsam zu integrieren. Die Integration erfolgt über der Zeit.

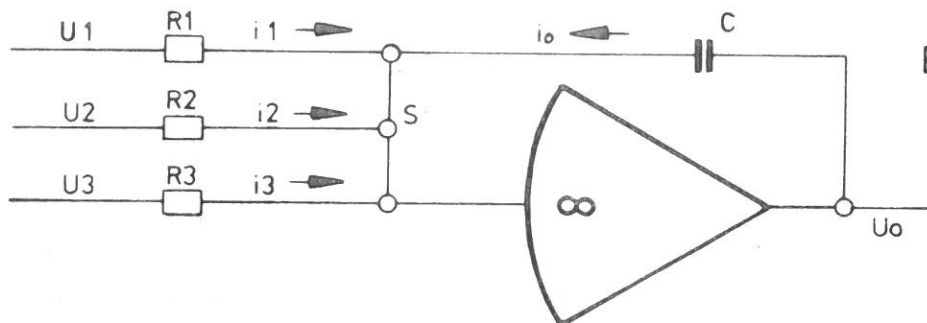


Bild 1: Prinzip des Integrierers

Nimmt man an, daß eine sehr hohe Leerlaufverstärkung (open loop) am Punkt S praktisch keinen Strom fließen läßt, so kann man Eingangs- und Ausgangsströme getrennt behandeln und es ist

$$i_1 + i_2 + i_3 = i_o$$

In Spannungen ausgedrückt ergibt sich unter Berücksichtigung jedes Augenblickzustandes:

$$\frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2} + \frac{u_3}{R_3} = -C \frac{du_o}{dt}$$

Man kann diese Gleichung nach du_o auflösen und auf beiden Seiten integrieren, damit ist:

$$u_o = - (k_1 u_1 + k_2 u_2 + k_3 u_3) dt + U_A$$

Die Faktoren k bedeuten dabei:

$$k_1 = \frac{1}{R_1 C} \quad ; \quad k_2 = \frac{1}{R_2 C} \quad ; \quad k_3 = \frac{1}{R_3 C}$$

Jede Integration ergibt eine Integrationskonstante. Hier ist es der Anfangswert, d.h. also die Spannung U_A . Sie besteht bereits zum Zeitpunkt $t = 0$ am Ausgang, d.h.

$$\text{für } t = 0 \text{ ist } U_0 = U_A$$

Sie wird symbolisch in das Inhaltsbild des Integrators eingezeichnet, so daß sich ein Symbol nach Bild 2 ergibt.

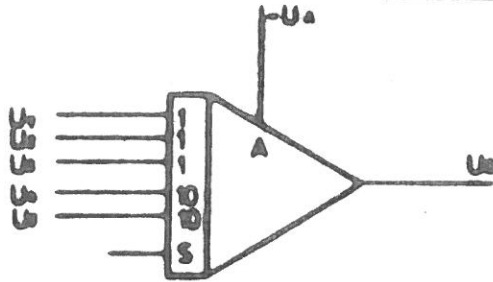


Bild 2: Symbol für Integrierer

Der Integrierer hat mehrere Eingänge, deren Wertigkeit 1 bzw. 10 beträgt. Die Eingänge mit der Wertigkeit 10 besitzen $1/10$ des des Eingangswiderstandes R der Eingänge mit der Wertigkeit 1. Der absolute Wert der Eingänge ergibt sich erst in Verbindung mit dem verwendeten Kondensator C .

Der Kondensator C kann auf der Platte 38503 bei den Integrierern I 1 bis I 3 aufgesteckt werden, wobei die Größe beliebig gewählt werden kann. Die Größe des jeweiligen Kondensators richtet sich nach der Aufgabe. Bei Verwendung eines X-I-Y-Schreibers wird man mit größeren Zeitkonstanten arbeiten, so daß man $C = 10 \mu\text{F}$ wählt, bei repetierenden Betrieb mit Sichtgerät mit dem 1000ten Teil, nämlich 10nF .

Es ist zu beachten, daß auch hier, wie beim Summierer, alle Ausgangswerte invertiert gegen die Eingangswerte erscheinen.

Anfangsbedingung

Für die Anfangsbedingungen ist eine besondere Eingangsschaltung vorgesehen, die zwischen einem Anschlußpunkt (g) und dem Ausgang (f) liegt. Sie besteht aus zwei Widerständen R_A , die gleich groß sind. Dadurch wirkt der Integrierer als Summierer, bzw. als Verstärker 1 : 1, wobei der Punkt zwischen den beiden Widerständen an den Eingang (Summierpunkt) gelegt wird, und alle anderen Eingänge abgeschaltet werden. Im Nichtbenutzten Zustand wird der Abgriff an Masse gelegt, damit sich die Belastungen von zugeführter Spannung und Verstärker- bzw. Integrierererausgang nicht ändern, wenn man umschaltet.

Die vier Betriebsarten

Für die Integrierer sind vier Betriebsarten vorgesehen, die umgeschaltet werden können. Es sind dies:

- (1) Einstellen ; Anfangswert U_A liegt am Eingang (g)
- (2) Rechnen; Die Eingänge über (a) bis (e) liegen am Summierpunkt
- (3) Pause : Der Eingang ist offen
- (4) Automatischer Betrieb: Steuerung der oben genannten Möglichkeiten über einen Multivibrator

Die Grundschaltung des Integrierers ergibt sich auf Grund der oben genannten Möglichkeiten zu Punkt (1) bis (3) nach Bild 3.

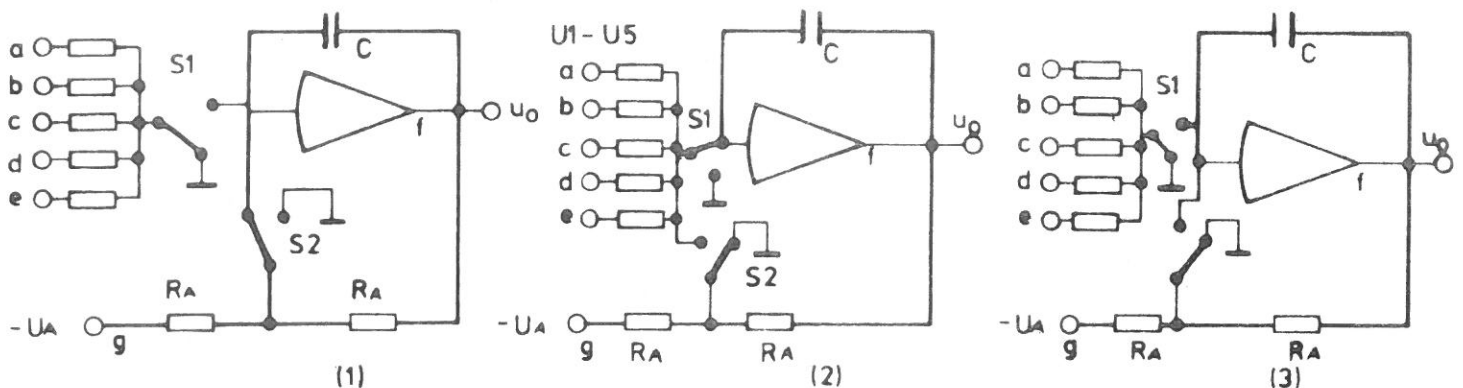


Bild 3 : Einstellmöglichkeiten für die Eingangsschaltung des Integrierers

Um diese Arbeitsmöglichkeiten zu bedienen oder gar zu automatisieren, ist eine Fernsteuerung vorgesehen, die an Stelle der Schalter S 1 und S 2 hochwertige Relais setzt. Die Bedienung der Relais erfolgt von der Platte 38509 "Bedienung und Steuerung" nach folgendem Schema:

Nr.	Vorgang	Relais A,C,E,G,	Kontakte S ₁ entsprechend Bild	Relais B,D,F,H	Kontakte S ₂ entsprechend Bild
1	Einstellen (Anfangswerte)	Angezogen	(1)	Angezogen	(1)
2	Rechnen	Stromlos	(2)	Stromlos	(2)
3	Pause	Angezogen	(3)	Stromlos	(3)
4	Automatisch	Abwechselnd (1) und (2)			

Bild 3 (2) entspricht der Schaltzeichnung im stromlosen Zustand der Relais (nach üblicher Darstellungsart).

Für den Zustand "Pause" ist noch zu beachten, daß durch den hohen Eingangswiderstand des Rechenverstärkers der Kondensator fast nicht entladen wird. Er behält also seine Ladung bei und damit bleibt die Ausgangsspannung bestehen. Da die als ideal angenommenen Verstärkungseigenschaften natürlich nicht vollkommen ideal sind, kann dieser Zustand nicht beliebig lange erhalten bleiben, ohne daß die Ausgangsspannung sich langsam verändert. Aber es kann für einige Minuten der Wert beibehalten und abgelesen werden.

1. Aufgabe

Man entwerfe die Rechenschaltung zu folgender Gleichung:

$$U_o = \int_0^t (2u_1 - 10 u_2) dt + 6 V$$

Wegen der Umkehreigenschaft des Verstärkers wird zur besseren Übersicht das Vorzeichen vor das Integral herausgezogen

$$U_o = - \int_0^t (-2 u_1 + 10 u_2) dt + 6 V$$

2. Meßschaltung

Bild 4 zeigt die vollständige Meßschaltung. Auf Platte 38503 steckt man beim Integrierer I₁ einen Kondensator C = 10µF ein.

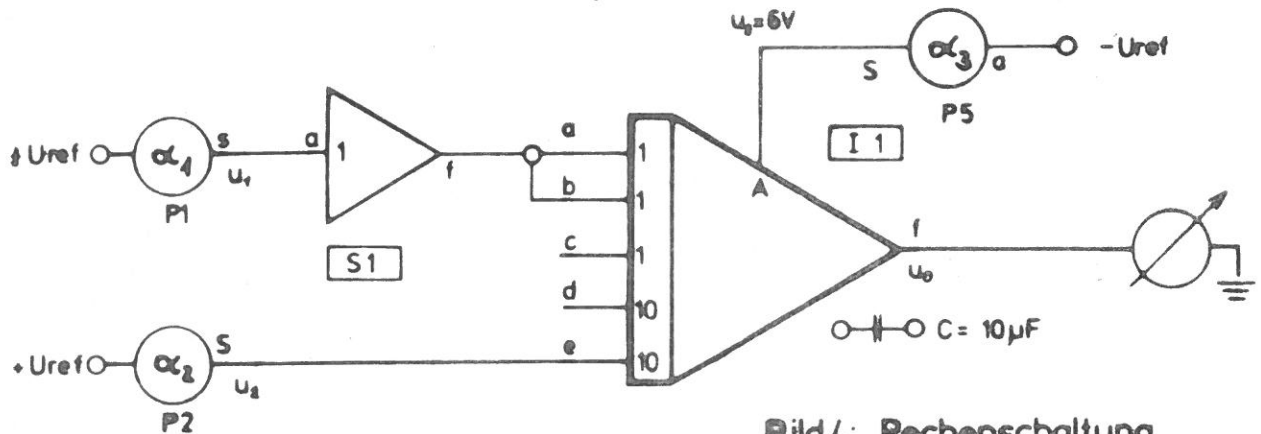


Bild 4: Rechenschaltung

3. Geräte

1 Stromversorgung	Typ 36013
1 Potentiometer	Typ 38501
1 Summierer I	Typ 38502
1 Integerierer	Typ 38503
1 Programmierfeld	Typ 38506
1 Meßinstrument	Typ 38508
1 Bedienung und Steuerung	Typ 38509
1 Kondensator	Typ 39113, 10 µF
1 X-Y-Schreiber	Typ 35959

4. Versuchsdurchführung

4.1 Schaltungsbeschreibung

Um die Schaltung nach Bild 4 zu realisieren, müssen Multiplikationen mit Koeffizienten, eine Umkehr des Vorzeichens und eine Integration mit gleichzeitiger Summierung durchgeführt werden.

Die beiden Spannungen u_1 und u_2 sollen in diesem Versuch als Gleichspannungen U_1 und U_2 aus der Referenzspannung gewonnen werden. Damit man sie für die Versuchsdurchführung verändern kann, werden sie über Potentiometer zugeführt. Um sowohl positive als auch negative Spannungen für den Versuch anwenden zu können, werden die Potentiometer P 1 und P 2 verwendet.

An deren Abgriffen s liegen dann die eigentlichen "Meß"-Spannungen u_1 bzw. U_1 und u_2 bzw. U_2 . Entsprechend der Aufgabenstellung muß die Spannung u_1 im Vorzeichen umgekehrt werden. Hierzu wird der Summierer S 1 mit Einstellung einer Verstärkung 1 am Eingang a verwendet. Die negative Spannung u_1 wird jetzt am Eingang des Integrierers I 1 zugeführt. Da der Koeffizient 2 verlangt wird, werden die zwei Eingänge a und b parallel geschaltet. Dem Potentiometer P wird die Spannung u_2 entnommen. Entsprechend der Aufgabenstellung wird diese ebenfalls dem Integrierer zugeführt, hier aber wegen des Faktors 10 dem Eingang e.

Die Zeitkonstante des Integrierers wird durch den steckbaren Kondensator C bestimmt, wobei hier die Kapazität mit 10 μ F gewählt wird, um den Vorgang auch mit einem Meßinstrument beobachten zu können. Am Ausgang des Integrierers liegt daher das Analoginstrument.

Um auch die gewünschte Anfangsbedingung $U_A = 6$ V einstellen zu können, nimmt man als weiteres Potentiometer P 5, an dessen Zuleitung a man die negative Referenzspannung $-U_{ref}$ legt. Diese wird durch Einstellung des Koeffizienten $_{ref} = 0,6$ zu $U_3 = 6$ V vorgegeben. Diese Spannung muß nachgemessen werden!

4.2 Messungen

Bevor die Messung erläutert wird, soll überlegt werden, wie der zu erwartende Vorgang aussieht. Die Anfangsbedingung lautet $U_A = 6$ V. Der Start der zu erwartenden Funktion erfolgt also bei einer Ausgangsspannung von 6 V. Schaltet man dann auf die Gesamtschaltung um, wird sich je nach den Werten der beiden Eingangsspannungen U_1 und U_2 (Hier Gleichspannungen), d.h. nach dem Aufgeben eines Rechtecksprunges mit dem Wert

$$U_{ges} = 10 U_2 - 2 U_1$$

die Integration ergeben. Die Integration einer rechteckförmigen Funktion ist in Bild 5 dargestellt.

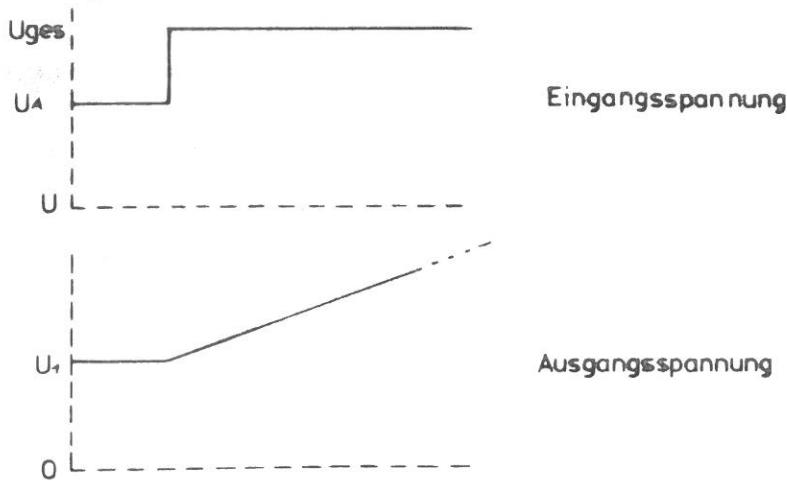


Bild 5 Integration eines Rechtecksprunges

4.3 Einstellung von Meßwerten für die Spannungen U_1 und U_2 .

Wenn man die Spannungen für diesen Versuch auswählt, muß man berücksichtigen, daß die Schaltungselemente nicht übersteuert werden dürfen. An keiner Stelle und zu keiner Zeit der Messung darf irgend eine Spannung dem Betrag von ± 10 V übersteigen.

Bei der Integration ist das von besonderer Bedeutung, weil im Verlaufe der Zeit automatisch eine Spannungserhöhung eintritt, wie aus Bild 5 hervorgeht.

Man wähle für den ersten Versuch folgende Spannungen:

$$U_1 = +3 \text{ Volt}$$

$$U_2 = +0,8 \text{ V}$$

$$U_3 = -6 \text{ V}$$

Wie hoch ist die gesamte Eingangsspannung U_{ges} ?

4.4 Rechnungsdurchführung

Man stelle an der Platte "Bedienung und Steuerung" den Schalter auf "Einstellen". Die Spannung U_A liegt jetzt am Eingang.

4.4.1 Anfangsbedingung

Man messe die Ausgangsspannung U_0 (Anfangswert).

4.4.2 Messung

Man schalte nach Prüfung der Werte der Eingangs- der Ausgangsspannung bzw. dem Anfangswert den Umschalter auf der Platte "Bedienung und Steuerung" auf die Stellung "Rechnen".

Man beobachte das Meßinstrument, welches nunmehr vom Anfangswert ausgehend sich zeitproportional ändert. Bei einem Wert etwas unterhalb +10 V oder -10 V schalte man auf "Pause" und lese den Endwert ab.

4.4.3 Zeitmessung

Es ist interessant, bei der einfachen Messung mit dem Meßinstrument auch eine Zeitmessung durchzuführen. Zu diesem Zweck nehme man eine Uhr mit Sekundenzeiger (Stoppuhr) und messe jeweils bei bestimmten Zeiten die Spannung. Die Werte trage man in eine Tabelle ein.

U ₀	V						
t	s	0	1	2	3	4	5

Tabelle 1 der gemessenen Werte

4.4.4 Aufzeichnung der Kurve

Man trage die Werte der Tabelle in ein Koordinatensystem ein und zwar die Ausgangsspannung als Funktion der Zeit.

Welche Kurvenform muß sich ergeben?

An welchem Punkt des Koordinatensystems muß sie anfangen?

4.4.5 Man betrachte den zeitabhängigen Vorgang nochmals und erhöhe während der Spannung am Ausgang die Eingangsspannung U_{ges} schlagartig (z.B. Verdoppelung). Dies ist unter Zuhilfenahme eines weiteren Potentiometers (P3) leicht möglich. Die Ausgangsspannung soll mit dem X-Y-Schreiber aufgenommen werden.

Versuchsbeschreibung

Lösung einer Integrationsaufgabe mit
dem Analogrechner
=====

Allgemeines

Die ausführlicheren Angaben über die Wirkungsweise des Integrierers findet man in der Versuchsanleitung A 1354, sodaß diese Ausführungen hier nicht wiederholt zu werden brauchen.

1. Aufgabe

Man entwerfe eine Rechenschaltung für folgendes Problem:

$$u_o = 0,9 u_1 - 1,2 u_2 + \int_0^t (1,5 u_3 - 0,85 u_4) dt$$

Zum leichteren Entwurf wird auch hier wieder zuerst ein Minuszeichen herausgezogen:

$$u_o = -(-0,9 u_1 + 1,2 u_2 - u_x)$$

mit $u_x = \int_0^t (1,5 u_3 - 0,85 u_4) dt$

2. Meßschaltung

Unter Analyse der oben aufgestellten Gleichung soll die Meßschaltung selbst entworfen werden, so, daß sie im Programmierfeld programmiert werden kann.

Meßschaltung und Analyse sind daher in diesem Fall im Lehrerteil angegeben.

Man beachte hier, daß die Koeffizienten zur Lösung der Aufgabe den Potentiometern entnommen werden müssen. Zur übersichtlichen Lösung der Aufgabe, sollte man die einzugebenden Spannungen daher externen Versorgungsgeräten entnehmen. Da die Spannungen sowohl Gleichspannungen als auch Wechselspannungen beliebiger Kurvenform sein können, sind sie in der oben angegebenen Gleichung mit kleinen Buchstaben bezeichnet.

3. Geräte

1 Stromversorgung	Typ 36013
1 Potentiometer	Typ 38501
1 Summierer I	Typ 38502
1 Integrierer	Typ 38503
1 Programmierfeld	Typ 38506
1 Meßinstrument	Typ 38508
1 Bedienung und Steuerung	Typ 38509
1 Oszillograf	Typ 2002
1 Kondensator	Typ 39113, 10 µF

- 4.2 Stecken Sie die Lösung der Aufgabe, d.h. die Schaltglieder die Sie für die angegebene Gleichung gefunden haben, auf dem Programmierfeld.
- 4.3 Wählen Sie für die Spannungen u_1 bis u_4 zunächst vier Gleichspannungen so aus, daß an keiner Stelle der Schaltung die zulässige Höchstspannung von +10 V erreicht wird.

Bevor Sie den Netzteil 36013 einschalten, stellen Sie den Umschalter auf der Platte 38509 in die Stellung Anfangswerte. Hier können schon die ersten Messungen gemacht werden.

- 4.4 Messen Sie die Spannungen einschließbar der Polung - bei Masse als Bezugspunkt - an allen Stellen der Schaltung (außer Integration) für eine Reihe von Gleichspannungswerten

$$u_1 = U_1 \quad u_2 = U_2 \quad u_3 = U_3 \quad u_4 = U_4$$

Tragen Sie diese Werte in eine Tabelle 1 mit nachstehendem Muster ein.

Messung Nr.	U_1	U_2	U_3	U_4
1				
2				
3				
4				

Tabelle 1 (Meßwertetabelle)

Nunmehr bereiten Sie sich auf die Messung der Werte einschließlich Integration vor, wobei die Werte, die Sie in Tabelle 1 eingetragen haben, bleiben. Es empfiehlt sich, für die Messung den Oszillografen Typ 2002 zu verwenden, um die Ablesung zu erleichtern.

Der Schalter für die Bedienung und Steuerung ist auf "Automatisch" zu stellen. Ermitteln Sie für die in Tabelle 2 angegebenen Werte am Oszillografen die gefragten Spannungen.

Nach jeder Messung einer der 4 Meßreihen, muß der Schalter zunächst auf "Pause" geschaltet werden, wobei man die Endwerte der Rechnung ablesen kann. Dann wird wieder auf "Anfangswert" geschaltet. Die neuen Werte für u_1 bis u_4 werden eingestellt. Nach dem erneuten Umschalten aus "Rechnen" werden die weiteren Werte bestimmt, bis die geforderte Rechnung abgeschlossen ist.

Tabelle 2 (Zeitlich veränderliche Meßwerte)

Messung Nr.	$-U_1$	$-U_4$	$-\alpha U_1$	$+\alpha U_2$	αU_3	$-\alpha U_4$	U_x	U_o	$-U_{Res}$
1									
2									
3									
4									
5									

4.5 Für Fortgeschrittene:

Es ist natürlich wesentlich interessanter, mit zeitlich veränderbaren Spannungen entsprechend zeitlich veränderlichen Größen zu arbeiten.

Es wird empfohlen, insbesondere die Spannungen u_3 oder u_4 als Wechselspannungen z.B. Sinus-Spannungen zu wählen. Man muß dann innerhalb der Schaltung mit dem Oszillografen Phasenumkehr bzw. bei beliebigen Wechselspannungen Negation und die durch die Integration auftretenden Kurvenformänderungen (bei Sinus - Phasen - Verschiebung um 90°) beobachten.

Die Integrationszeitkonstante ist gegebenenfalls zu ändern.

Versuchsbeschreibung

Anwendung eines Parabelmultiplizierers

Allgemeines

Unmittelbares analoges Multiplizieren zweier variabler Größen ist ohne erheblichen Aufwand nicht möglich. Es müssen deshalb über Umwege Möglichkeiten gefunden werden, die zwar anscheinend verkomplizieren, tatsächlich jedoch zu verhältnismäßig einfachen Anordnungen führen.

Die einfachen Formeln

$$(a + b)^2 = a^2 + 2 ab + b^2 \quad \text{und}$$

$$(a - b)^2 = a^2 - 2 ab + b^2$$

und ihre Differenz, in der die quadratischen Glieder entfallen, und nur das Produkt übrig bleibt, zeigen einen Weg auf.

Für den Einsatz im Analogrechner ergibt sich dann für die beiden variablen Spannungen u_1 und u_2 folgende Grundformel:

$$u_1 \cdot u_2 = \frac{1}{4} \cdot \left[(u_1 + u_2)^2 - (u_1 - u_2)^2 \right]$$

Eine Quadrierung erfolgt bekanntlich über ein Netzwerk aus Dioden und Widerständen, welches eine Parabel nachbildet. Man kann als Parabelmultiplizierer die Kombination vierer solcher Netzwerke für alle 4 Quadranten bezeichnen.

Die moderne integrierte Technik erlaubt heute auch die Herstellung integrierter Parabelmultiplizierer. Die nachstehenden Ausführungen gelten gleichermaßen für den Aufbau mit diskreten Bauelementen oder mit integrierten Analogbausteinen.

Zur Darstellung, der angegebenen Gleichung ist außer der Quadrierung auch noch eine Subtraktion und Addition erforderlich. Es müssen daher aus den angegebenen Eingangsvariablen u_1 und u_2 noch die invertierten Variablen $-u_1$ und $-u_2$ gebildet werden. Daraus müssen die Summen und Differenzen selbst gebildet werden.

Da die Summen und Differenzen je nach den Eingangsgrößen selbst wieder positiv oder negativ werden können, sind jeweils zwei Zweige zum Quadrieren vorgesehen. Es tritt immer der Kreis in Aktion, an dem eine positive Spannung entsteht. Der andere wird nicht benutzt.

Die folgende Blockschaltung Bild 1 zeigt den Aufbau der Gesamtschaltung des Parabelmultiplizierers.

In der analogen Rechentechnik stellt man diese Schaltung immer als Block dar. Bild 2 zeigt die Symbole eines solchen Multiplizierers mit den beiden Eingangsspannungen u_1 und u_2 und der Ausgangsspannung u_a .

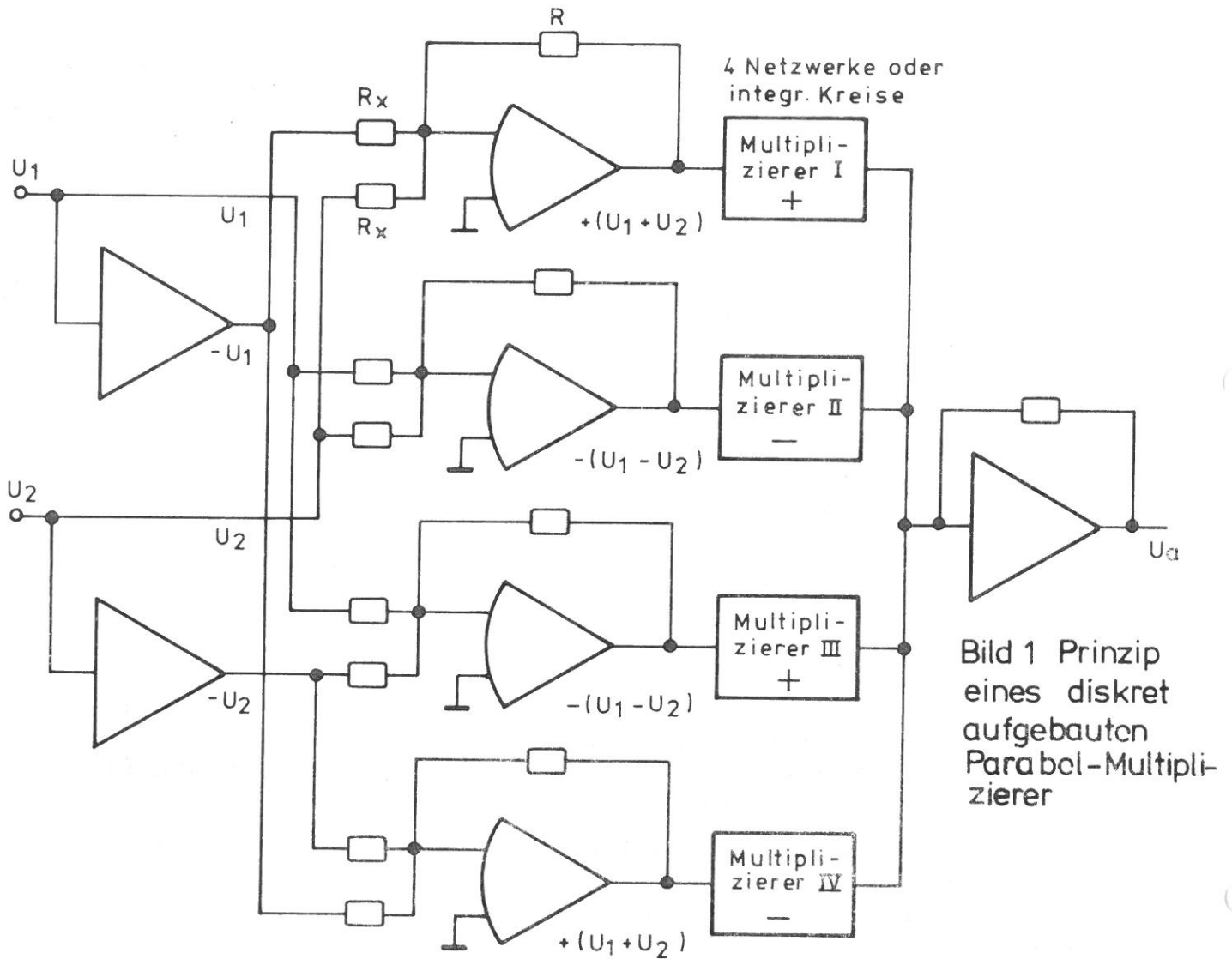


Bild 1 Prinzip eines diskret aufgebauten Parabel-Multiplizierers

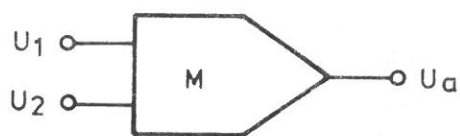


Bild 2 Schaltzeichen für einen Multiplizierer

Bei der Multiplikation muß ebenfalls überlegt werden, daß die Endspannung den Betrag 10 V nicht überschreiten darf. Man muß daher einen Faktor einrechnen, den man mit 10 annimmt. Da man am Eingang jeweils eine maximale Spannung von ± 10 V hat, würde eine Multiplikation ± 100 V ergeben. Man teilt daher durch geeignete Schaltungsmaßnahmen durch 10 V. Damit ergibt sich am Ausgang wieder eine Spannung von betragsmäßig maximal 10 V, die das Produkt der Eingangsgrößen repräsentiert. Es ergibt sich also für jeden Wert:

$$u_a = \frac{u_1 \cdot u_2}{10 \text{ V}}$$

Man nennt diese Division die Einführung eines Maßstabsfaktors in diesem Fall als Faktor betrachtet

$$k = (10 \text{ V})^{-1}$$

1. Aufgabe

Man entwerfe eine Schaltung für die Beziehung:

$$u_a = K \cdot u_e^2$$

Hier sei noch als Hinweis gegeben, daß man im Falle des Quadrierens beide Eingänge parallel schaltet, weil

$$u_1 = u_2$$

also ist $u_a = u_1^2 = u_2^2 = u_e^2$

2. Meßschaltung

Die Rechenschaltung ist durch die Anwendung eines Quadrierers allein schon gegeben und stellt sich nach Bild 3 dar.

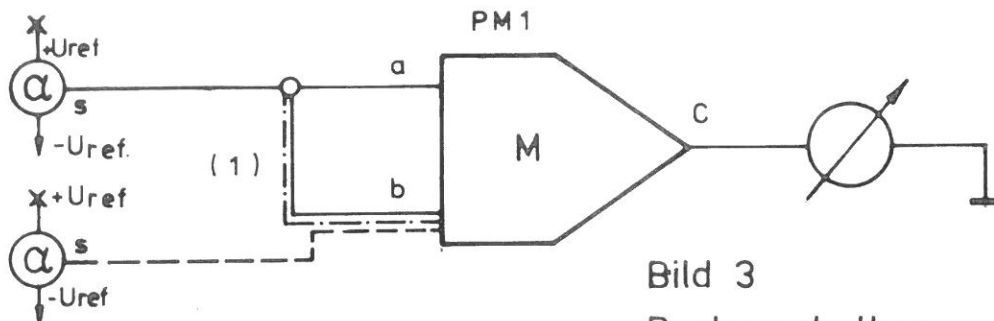


Bild 3

Rechenschaltung

3. Geräte

1 Stromversorgung	Typ 36013
1 Potentiometer	Typ 38501
1 Parabelmultiplizierer	Typ 38505
1 Programmierfeld	Typ 38506
1 Meßinstrument	Typ 38508
1 Bedienung und Steuerung	Typ 38509 (wegen der Referenzspannung)

4. Versuchsdurchführung

Dieser Versuch dient auch gleichzeitig der Überprüfung des Parabelmultiplizierers. Man nehme als Spannung hier zunächst wieder Gleichspannungen

$$u_1 = U_1$$

Diese Spannung entnimmt man einem Potentiometer, das an die Referenzspannungen +10 V und -10 V angeschlossen ist. Durch geschickte Veränderung beider Variablen kann man das Ergebnis mit richtiger Polung ablesen. Man nehme den Faktor K (nicht zu verwechseln mit dem Faktor $k = (10 \text{ V})^{-1}$ mit einem Wert $K = 1$ an, so daß sich eine einfache Maßstabsbeziehung ergibt.

4.1 Ändere die Eingangsspannung u_e in den in nachstehender Tabelle angegebenen Werten von +10 V bis -10 V und trage die gemessenen Ergebnisse in die nachstehende Tabelle 1 ein.

Tabelle 1 (Quadrierung)

U_e	+10	+9	+8	+7	+6	+5	+4	+3	+2	+1	0
u_a											

u_e	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
u_a										

alle Werte in Volt

4.2 Stelle die sich ergebende Kurve in nachstehendem Maßstabsblatt (Bild 4) ein

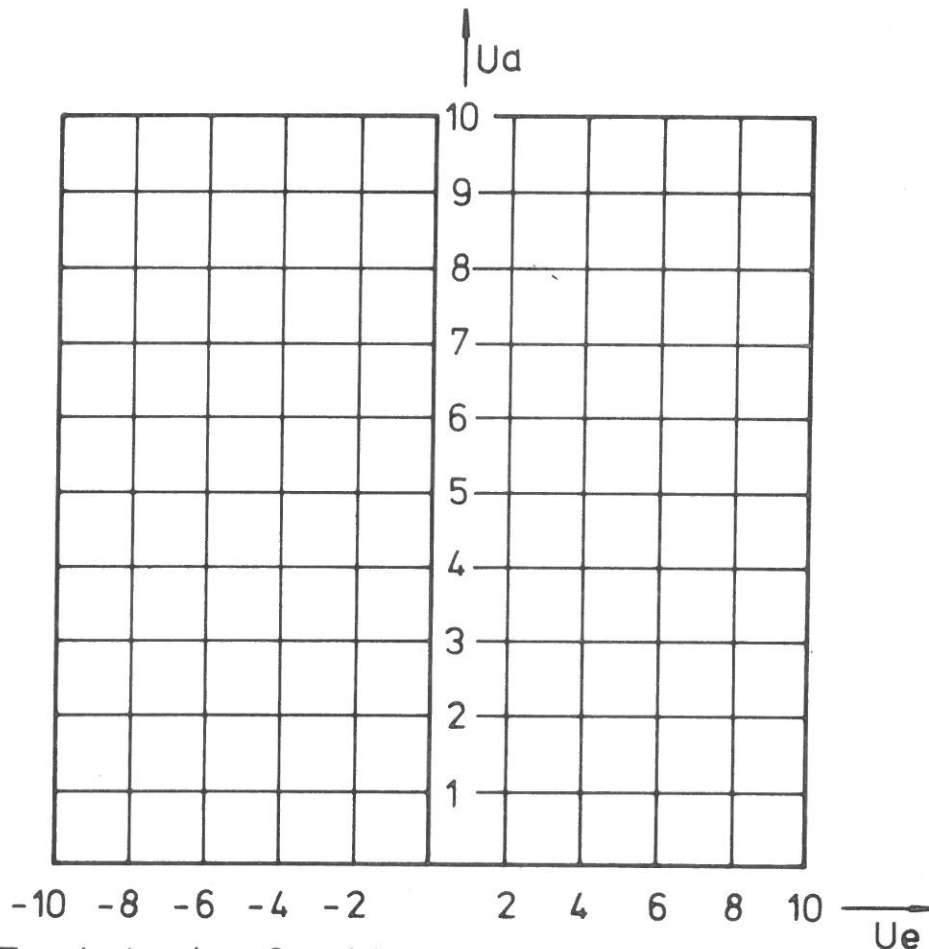


Bild 4 Ergebnis der Quadrierung

4.3 Multplikation

Mache nunmehr die beiden Eingangsspannungen u_1 und u_2 nicht mehr im Vorzeichen gleich, sondern setze jeweils

$$u_1 = -u_2 = u_e ;$$

Ändere die Eingangsspannungen nach der erforderlichen Schaltungsänderung über zwei Potentiometer (keine Invertierglieder verwenden!).

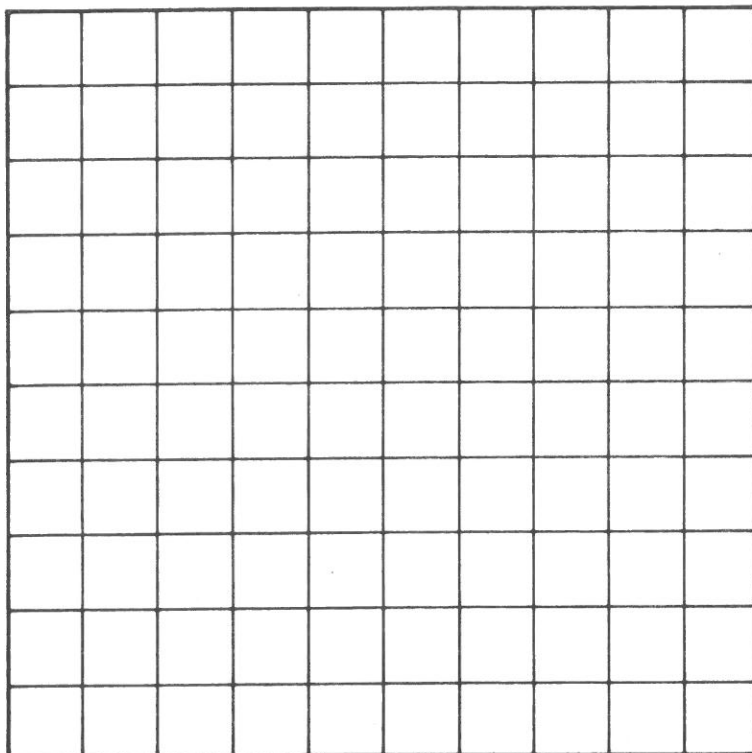
Trage die Werte in folgende Tabelle 2 ein.

Tabelle 2


u_1	+10	+8	+6	+4	+2	0	-2	-4	-6	-8	-10
u_2	-10	-8	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6	+8	+10
u_a											

Alle Werte in V

4.4 Stelle die sich ergebende Kurve in nachstehendem Maßstabsblatt dar, wobei die Einteilung selbst gefunden werden soll.



U_a  Bild 5 Ergebnis der Rechnung

 $U_e = |U_1| = |U_2|$