



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 669 488 A5

⑤① Int. Cl.⁴: H 03 C 3/40
H 04 L 27/10

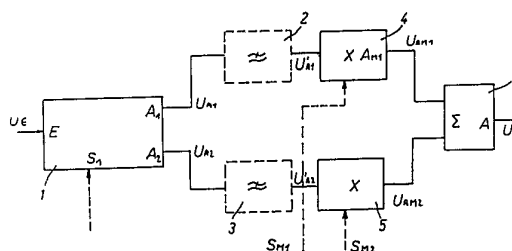
Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

②① Gesuchsnummer:	3207/85	⑦③ Inhaber:	SAT Systeme für Automatisierungstechnik Gesellschaft m.b.H., Wien (AT)
②② Anmeldungsdatum:	24.07.1985		
③① Priorität(en):	25.07.1984 AT 2408/84	⑦② Erfinder:	Webley, Philip, Wien (AT) Listopad, Manfred, Wien (AT)
②④ Patent erteilt:	15.03.1989		
④⑤ Patentschrift veröffentlicht:	15.03.1989	⑦④ Vertreter:	Scheidegger, Zwicky, Werner & Co., Zürich

⑤④ Senderschaltung zur Erzeugung frequenzmodulierter Signale.

⑤⑦ Die Senderschaltung weist eine Modulatorschaltung (1) auf, an welche ein Modulationssignal (U_E) anliegt. Diese Modulatorschaltung (1) liefert zwei Ausgangssignale (U_{A1} , U_{A2}), wobei jedes Ausgangssignal (U_{A1} , U_{A2}) mittels einer Multiplizierschaltung (4 bzw. 5) mit einer harmonischen Schwingung der Frequenz w_k multipliziert wird. Zwischen den beiden harmonischen Schwingungen besteht eine konstante Phasenverschiebung. Die beiden Ausgangssignale der Multiplizierschaltungen (4 bzw. 5) werden einer Summierschaltung (6) zugeführt, welche schliesslich das frequenzmodulierte Sendersignal (U_A) liefert.



PATENTANSPRÜCHE

1. Senderschaltung zur Erzeugung frequenzmodulierter Signale gekennzeichnet durch eine Modulatorschaltung (1), an deren Eingang das Modulationssignal (U_E) anliegt und bei welcher an zwei Ausgängen jeweils ein Ausgangssignal der Form

$$U_{A1}(t) = \sin \left[\omega_H \cdot \int_0^t U_E(\tau) d\tau + \psi_1 \right]$$

bzw.

$$U_{A2}(t) = \sin \left[\omega_H \cdot \int_0^t U_E(\tau) d\tau + \psi_2 \right]$$

abgreifbar ist, wobei

ω_H eine beliebig wählbare, den Modulationsindex festlegende Hilfskreisfrequenz der Modulatorschaltung,

$U_E(t)$ das Modulationssignal,

ψ_1, ψ_2 beliebig wählbare, konstante Phasenwinkel sind, wobei gilt

$\psi_1 \neq \psi_2 + n \cdot \pi$ mit $n = \dots, 0, +1, +2, +3, \dots$ usw.,

durch eine an jeden Ausgang der Modulatorschaltung (1) angeschlossene Multiplizierschaltung (4 bzw. 5), welche jeweils das Ausgangssignal (U_{A1} bzw. U_{A2}) der Modulatorschaltung (1) mit einer harmonischen Schwingung einer Kreisfrequenz ω_K multipliziert, wobei die harmonische Schwingung der einen Multiplizierschaltung (4) gegenüber der harmonischen Schwingung der anderen Multiplizierschaltung (5) eine konstante Phasenverschiebung aufweist, und durch eine Summierschaltung (6), bei welcher an den zwei Eingängen je der Ausgang einer Multiplizierschaltung (4 bzw. 5) angeschlossen ist und an deren Ausgang das frequenzmodulierte Sendersignal (U_A) anliegt.

2. Senderschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulatorschaltung (1) einen Integrator (7) und einen, diesem parallel angeordneten, Komparator (8) aufweist, wobei an den Ausgang (U_i) des Integrators (7) der Eingang eines ersten und der Eingang eines zweiten Funktionsgenerators (9 bzw. 10) angeschlossen ist, wobei am Ausgang des einen Funktionsgenerators (9) das eine Ausgangssignal (U_{A1}) der Modulatorschaltung und am Ausgang des anderen Funktionsgenerators (10) das andere Ausgangssignal (U_{A2}) der Modulatorschaltung (1) anliegt (Fig. 3).

3. Senderschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulatorschaltung (1) einen getakteten Vorwärts-Rückwärts-Zähler (11) aufweist, an dessen Richtungs-Umschalteingang das Modulationssignal (U_E) anliegt, wobei an den Ausgangsdatenbus (B_1) des Vorwärts-Rückwärts-Zählers (11) eine erste Analog-Multiplexer-Schaltung (13) sowie über eine Addierschaltung (15) eine zweite Analog-Multiplexer-Schaltung (14) angeschlossen ist, wobei die Analogeingänge der Multiplexerschaltungen an verschiedenen Spannungen liegen, welche vorzugsweise durch Abgriffe an einer Spannungsteilerschaltung (14) realisiert sind, und wobei die Ausgangssignale (U_{A1} bzw. U_{A2}) der Modulatorschaltung (1) an den Analog-Ausgängen der Analog-Multiplexerschaltung (13 bzw. 14) abgreifbar sind (Fig. 5a).

4. Senderschaltung nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulatorschaltung (1) einen getakteten Vorwärts-Rückwärts-Zähler (11) aufweist und dass an den Ausgangsdatenbus (B_1) des Vorwärts-Rückwärts-Zählers zwei Digital-Analog-Konverterschaltungen (20 bzw. 21) über je eine vorgeschaltete Konversionsschaltung (18 bzw. 19) angeschlossen sind und wobei an den Analogausgängen der Digital-Analog-Konverterschaltungen (20, 21) die Ausgangssignale (U_{A1} bzw. U_{A2}) der Modulatorschaltung abgreifbar sind (Fig. 5b).

5. Senderschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulatorschaltung (1) einen

Steuereingang (S1) aufweist, über welchen die Hilfskreisfrequenz ω_H des Modulators steuerbar ist.

6. Senderschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei jeder Multiplizierschaltung (4 bzw. 5) der jeweils zweite Eingang (S_{M1} bzw. S_{M2}) herausgeführt ist und dass an jedem dieser Eingänge eine harmonische Schwingung mit der Kreisfrequenz ω_K anliegt.

7. Senderschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass jede Multiplizierschaltung (4 bzw. 5) einen Schwingungsgenerator umfasst, welcher eine harmonische Schwingung mit der Kreisfrequenz ω_K erzeugt.

8. Senderschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen jedem Ausgang (U_{A1}, U_{A2}) der Modulatorschaltung (1) und der Multiplizierschaltung (4 bzw. 5) eine Tiefpassfilterschaltung (2 bzw. 3) angeordnet ist.

9. Senderschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass sie in Mikroprozessortechnik realisiert ist.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft eine Senderschaltung zur Erzeugung frequenzmodulierter Signale.

Zur Übertragung von mehreren Signalen, insbesondere von Digitalsignalen, über einen gemeinsamen Übertragungskanal werden bevorzugt Frequenzmultiplexsysteme eingesetzt. Das für die Übertragung digitaler Signale verwendete Modulationsverfahren der Frequenzumtastung (FSK) beruht darauf, dass je nach logischem Zustand des zu übertragenden Signals, zwischen (mindestens) zwei Ausgangsfrequenzen umgetastet wird.

Jedes zu übertragende Signal wird in einer Senderschaltung bestehend aus einem Modulator und nachgeschalteter Filterschaltung umgesetzt. Die Ausgangssignale aller dieser Senderschaltungen werden addiert und über den Übertragungskanal zum Empfänger übertragen.

Filterschaltungen zur Begrenzung des Spektrums des Ausgangssignals der einzelnen Senderschaltungen sind im allgemeinen notwendig, weil das Spektrum eines frequenzmodulierten Signals theoretisch unendlich breit ist, und daher, um gegenseitige Beeinflussungen benachbarter Kanäle zu verhindern, begrenzt werden muss.

Bei bekannten Systemen dieser Art, besonders zur Übertragung von digitalen Signalen ist die Sendefrequenz der Senderschaltung (= Kanalfrequenz) durch frequenzbestimmende Bauelemente fest vorgegeben; die maximale Taktrate des zu übertragenden Digitalsignals kann vom Betreiber der Senderschaltung nicht erhöht werden.

Für den Hersteller von solchen Übertragungssystemen ergab sich dadurch der Nachteil, dass pro Kanalfrequenz und Übertragungsgeschwindigkeit je eine verschiedene Sendertypen vorhanden sein müsste. In der Praxis bedeutete das bei einer typischen Anzahl von 24 Kanalfrequenzen bei 50 Baud und 5 verschiedenen Taktraten (50, 100, 200, 600 und 1200 Baud), dass insgesamt 46 verschiedene Sendertypen hergestellt und auf Lager gelegt werden müssten. Auch für den Anwender war diese grosse Typenvielfalt mit Nachteilen verbunden, da bereits bei der Projektierung einer Anlage die endgültige Konfiguration festgelegt werden musste und im Nachhinein nur sehr schwer veränderbar war.

Eine Vereinfachung bei der Projektierung von derartigen Übertragungssystemen ergab sich daraus, dass sogenannte «frequenzneutrale» Senderschaltungen konstruiert wurden, bei denen der Anwender die Sendefrequenz durch Umlegen von Schalt-Brücken am fertigen Gerät einstellen konnte. Durch die Massnahme war die Reduktion des Typenspektrums auf eine Type pro Übertragungsgeschwindigkeit, unabhängig von der

Kanalfrequenz, möglich. Die Übertragungsgeschwindigkeit selbst ist auch bei diesen Senderschaltungen fest, da die Filterschaltungen nur jeweils für eine bestimmte Übertragungsgeschwindigkeit ausgelegt werden konnten. Die Änderung der Übertragungsgeschwindigkeit ist auch bei diesen Geräten nur durch Austausch der gesamten Senderschaltung oder zumindest eines Teils davon möglich.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Senderschaltung zu realisieren, bei welcher die Trägerfrequenz des Sendersignals kontinuierlich und/oder in Stufen einstellbar ist und bei der die Taktrate des zu übertragenden Modulationssignals variabel ist.

Dies wird bei einer Senderschaltung zur Erzeugung frequenzmodulierter Signale erfindungsgemäss erreicht durch eine Modulatorschaltung, an deren Eingang das Modulationssignal (U_E) anliegt und bei welcher an zwei Ausgängen jeweils ein Ausgangssignal der Form

$$U_{A1}(t) = \sin \left(w_H \cdot \int_0^t U_E(\tau) d\tau + \psi_1 \right)$$

bzw.

$$U_{A2}(t) = \sin \left(w_H \cdot \int_0^t U_E(\tau) d\tau + \psi_2 \right)$$

abgreifbar ist, wobei

w_H eine beliebig wählbare, den Modulationsindex festlegende Hilfskreisfrequenz der Modulatorschaltung,

$U_E(\tau)$ das Modulationssignal,

ψ_1, ψ_2 beliebig wählbare, konstante Phasenwinkel sind, wobei gilt

$\psi_1 \neq \psi_2 + n \cdot \pi$ mit $n = \dots 0, +1, +2, +3, \dots$ usw.,

durch eine an jeden Ausgang der Modulatorschaltung angeschlossene Multiplizierschaltung, welche jeweils das Ausgangssignal der Modulatorschaltung mit einer harmonischen Schwingung einer Kreisfrequenz multipliziert, wobei die harmonische Schwingung der einen Multiplizierschaltung gegenüber der harmonischen Schwingung der anderen Multiplizierschaltung eine konstante Phasenverschiebung aufweist, und durch eine Summierschaltung, bei welcher an den zwei Eingängen je der Ausgang einer Multiplizierschaltung angeschlossen ist und an deren Ausgang das frequenzmodulierte Sendersignal (U_A) anliegt.

Die Frequenz w_K der harmonischen Schwingungen, mit welchen die Ausgangssignale der Modulatorschaltung in den Multiplizierschaltungen verknüpft werden, gibt die Trägerfrequenz des erzeugten frequenzmodulierten Signals an.

Eine Ausführungsform der Erfindung kann daher darin bestehen, dass jede Multiplizierschaltung einen Schwingungsgenerator umfasst, welcher eine harmonische Schwingung mit der Kreisfrequenz w_K erzeugt.

Eine andere Ausführungsform der Erfindung kann darin bestehen, dass bei jeder Multiplizierschaltung der jeweils zweite Eingang herausgeführt ist, und dass an jeden dieser Eingänge eine extern erzeugte harmonische Schwingung mit der Kreisfrequenz w_K angelegt wird. Dadurch kann auf besonders einfache Weise eine Variation der Trägerfrequenz erreicht werden.

Der Modulationsindex des erzeugten frequenzmodulierten Signals, bzw. der Frequenzhub bei digitalen Modulationssignalen wird durch die Hilfskreisfrequenz w_H der Modulatorschaltung bestimmt. Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung kann daher darin bestehen, dass die Modulatorschaltung einen Steuereingang aufweist, über welchen die Hilfskreisfrequenz w_H des Modulators steuerbar ist, wodurch der Modulationsindex einstellbar ist, und somit in weiten Grenzen beliebige Übertragungsgeschwindigkeiten bei einer erfindungsgemässen Senderschaltung möglich sind.

Nachstehend ist die Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beispielsweise beschrieben.

Es zeigt:

Fig. 1 das Blockschaltbild einer erfindungsgemässen Senderschaltung;

Fig. 2a Liniendiagramme der Ausgangssignale der Modulatorschaltung einer Senderschaltung nach Fig. 1;

Fig. 2b die Zeitfunktion des Ausgangssignals einer Senderschaltung nach Fig. 1 für bevorzugte Eingangssignale;

Fig. 3 eine mögliche Ausführungsform einer erfindungsgemässen Modulatorschaltung in Analogtechnik;

Fig. 4 Liniendiagramme der Ein- und Ausgangssignale einer Schaltung nach Fig. 3;

Fig. 5a, b digitale Realisierungen einer erfindungsgemässen Modulatorschaltung und

Fig. 6 den Zeitverlauf zweier interner Signale und der Ausgangssignale einer Schaltung nach Fig. 5a.

Die Fig. 1 zeigt das Blockschaltbild einer erfindungsgemässen Senderschaltung zur Erzeugung eines frequenzmodulierten Sendersignals.

Das zu übertragende Signal U_E wird an einen Eingang E einer Modulatorschaltung 1 geführt, welche zwei Ausgangssignale U_{A1} und U_{A2} erzeugt. Über einen weiteren Eingang S_1 der Modulatorschaltung kann der Frequenzhub des in der Senderschaltung erzeugten frequenzmodulierten Sendersignals eingestellt werden. Der Steuereingang S_1 kann entfallen, wenn der Frequenzhub des Sendesignals nicht veränderbar sein muss.

Jeder Ausgang A_1 bzw. A_2 der Modulatorschaltung 1 ist jeweils über eine Filterschaltung 2 bzw. 3 an den Eingang einer Multiplizierschaltung 4 bzw. 5 geführt. Die gleichartigen Tiefpassfilterschaltungen 2, 3 dienen zur Begrenzung des Spektrums des frequenzmodulierten Signals und sind i.a. nur notwendig, um Vorschriften der Fernmeldebehörden zu erfüllen; kommen derartige Vorschriften bezüglich der maximalen spektralen Breite des Sendesignals nicht zur Anwendung, oder wenn das Eingangssignal U_E gewisse Kriterien erfüllt, so können die Filterschaltungen 2, 3 entfallen.

In der Multiplizierschaltung 4 bzw. 5 wird das Produkt aus dem jeweiligen Eingangssignal der Multiplizierschaltung und je einer zu der anderen Multiplizierschaltung phasenverschoben, jedoch gleichfrequenten harmonischen Schwingung gebildet; das jeweilige Produktsignal liegt am Ausgang A_{M1} bzw. A_{M2} an. Die harmonische Schwingung kann dabei entweder in der Multiplizierschaltung 4 bzw. 5 selbst erzeugt werden, wobei gegebenenfalls über jeweils einen Steuereingang S_{M1} bzw. S_{M2} die Frequenz der Schwingung eingestellt werden kann, oder sie kann extern in einem gemeinsamen, wiederum steuerbaren Generator erzeugt und über eine nachgeschaltete Phasensplitterschaltung über den Steuereingang S_{M1} bzw. S_{M2} an die Multiplizierschaltung 4 bzw. 5 geführt sein.

Die beiden Ausgänge A_{M1}, A_{M2} der Multiplizierschaltungen 4, 5 werden an die Eingänge einer Summierschaltung 6 geführt und dort zum Ausgangssignal der Senderschaltung U_A additiv verknüpft, welches am Ausgang A der Summierschaltung 6 anliegt.

Im folgenden soll zuerst die Gesamtfunktion der Senderschaltungen anhand des Blockschaltbildes in Fig. 1 beschrieben werden.

Das Eingangssignal U_E soll allgemein durch die Zeitfunktion $U_E(t)$ beschrieben sein. Für die Übertragung von digitalen Signalen kann die Eingangsfunktion U_E , je nach dem Logikzustand mit $U_E = 1$ oder $U_E = -1$ angenommen werden.

In der Modulatorschaltung werden zwei Ausgangssignale erzeugt, die den Gleichungen

$$U_{A1} = \sin \left(w_H \cdot \int_0^t U_E(\tau) d\tau + \psi_1 \right)$$

$$U_{A2} = \sin \left(w_H \cdot \int_0^t U_E(\tau) d\tau + \psi_2 \right) \text{ gehorchen.}$$

Dabei ist w_H eine beliebig wählbare, konstante Hilfskreisfrequenz, welche den Modulationsindex η des frequenzmodulierten Signals, bzw. im Falle von digitalen Eingangssignalen U_E , den Frequenzhub des erzeugten FSK Signals angibt.

Die beiden Phasenwinkel ψ_1, ψ_2 sind prinzipiell frei wählbar, solange sie sich nicht um ganzzahlige Vielfache von π voneinander unterscheiden. Vereinfachend werden für die folgende Beschreibung die beiden Phasenwinkel mit $\psi_1 = 0$ und $\psi_2 = \pi/2$ angenommen.

Damit berechnen sich die Ausgangssignale der Modulatorschaltung (1) zu

$$U_{A1} = \sin(w_H \cdot \int_0^t U_E(\tau) d\tau)$$

$$U_{A2} = \cos(w_H \cdot \int_0^t U_E(\tau) d\tau)$$

Wird für die nachfolgende Betrachtung der Einfluss der Tiefpassfilterschaltung 2, 3 vernachlässigt, so liegen diese Signale an den Eingängen der Multiplizierschaltung 3, 4 an. An deren Ausgängen werden die Signale U_{AM1} und U_{AM2} abgegeben.

$$U_{AM1} = U_{A1}(t) \cdot \cos w_k t = \cos(w_k t) \cdot \sin(w_H \cdot \int_0^t U_E(\tau) d\tau)$$

$$U_{AM2} = U_{A2}(t) \cdot \sin w_k t = \sin(w_k t) \cdot \cos(w_H \cdot \int_0^t U_E(\tau) d\tau)$$

Damit ergibt sich das Ausgangssignal des Summierers 6 zu:

$$U_A(t) = U_{AM1}(t) + U_{AM2}(t) = \sin(w_k t + w_H \int_0^t U_E(\tau) d\tau)$$

In obiger Gleichung kann U_E jede beliebige Abhängigkeit von t haben. Nachstehend werden die in der erfindungsgemäßen Schaltung bevorzugt auftretenden konstanten Logikzustände $U_E = +1$ und $U_E = -1$ eingesetzt.

Bei $U_E = +1$ für t grösser t_0 wird $U_A(t) = \sin[(w_k + w_H) \cdot t + \phi_0]$

Bei $U_E = -1$ für t grösser t_0 wird $U_A(t) = \sin[(w_k - w_H) \cdot t + \psi_0]$

Anhand obiger Gleichungen ist zu erkennen, dass es sich bei der Ausgangsspannung U_A um ein frequenzmoduliertes Signal handelt. Die Mittenfrequenz des Signals (= Kanalfrequenz) wird durch die Frequenz der im Multiplizierer 4 bzw. 5 verwendeten harmonischen Schwingung mit der gegebenenfalls über die Steuereingänge S_{M1}, S_{M2} veränderlichen Kreisfrequenz w_k bestimmt. Der symmetrische Frequenzhub wird durch die im Modulator verwendete und gegebenenfalls über den Steuereingang S_1 veränderbare Kreisfrequenz w_H bestimmt. Im Modulator wird durch die Eingangsspannung $U_E = +1/-1$ der Frequenzhub um die Mittenfrequenz $w_k = 0$ erzeugt. Bei dieser Umschaltung zwischen $+w_H$ und $-w_H$ entstehen im Signalverlauf der Ausgangssignale U_{A1} und U_{A2} des Modulators zwar Unstetigkeiten aber keine Sprünge.

Um die Vorgänge im Modulator 1 und der gesamten Senderschaltung besser verständlich zu machen, werden in den Fig. 2aa bis 2ac die Liniendiagramme der Ausgangssignale U_{A1} und U_{A2} der Modulatorschaltung für die Schaltzeitpunkte $\pi, 7\pi/4$ und $5\pi/4$ gezeigt.

Weiters wird in Fig. 2b, entsprechend der Phasenlage nach dem Umschaltzeitpunkt von $U_E = +1$ auf $U_E = -1$ die Aus-

gangsspannung U_A entsprechend der oben angeführten Gleichung angegeben.

Es soll hier angeführt werden, dass die erfindungsgemäße Senderschaltung nicht auf Modulatorschaltungen beschränkt ist, deren Ausgangssignale U_{A1} und U_{A2} 90° Phasenverschiebung zueinander aufweisen; auch von 90° abweichende, jedoch konstante Phasenverschiebungen der beiden Signale sind möglich. Ebenso ist die Phasendifferenz der harmonischen Schwingungen, mit denen die Signale U_{A1} bzw. U_{A2} in den Modulatorschaltungen 4 bzw. 5 verknüpft werden nicht auf den Wert 90° eingeschränkt. Dieser Wert führt jedoch zu einer besonders anschaulichen mathematischen Beschreibung der Funktion der erfindungsgemäßen Senderschaltung.

In Fig. 3 zeigt das detaillierte Blockschaltbild einer beispielhaften Realisierung einer Modulatorschaltung in Analogtechnik.

Das Eingangssignal U_E wird an den Integrationseingang eines Integrators 7 und an einen Vorzeicheneingang eines Komparators 8 geführt. An zwei weiteren Eingängen des Komparators liegen zwei feste Werte U_{K+} und U_{K-} an, die die Grenzen des Integrationsbereichs des Integrators angeben. Der Ausgang des Integrators ist an den Vergleichseingang des Komparators geführt, der Ausgang des Komparators ist mit dem Rückstell-eingang des Integrators verbunden. An den Ausgang des Integrators sind weiters die Eingänge zweier Funktionsgeneratoren 9, 10 angeschlossen, deren Ausgänge die Ausgangssignale U_{A1} und U_{A2} liefern.

Die Fig. 4a zeigt einen typischen Zeitverlauf eines digitalen Eingangssignals U_E ; Fig. 4b zeigt das Ausgangssignal U_I des Integrators 7 und Fig. 4c bzw. 4d stellen die entsprechenden Ausgangssignale der Funktionsgeneratoren 9, 10 dar.

Im folgenden wird anhand von Fig. 3 und Fig. 4 die grundsätzliche Funktion des Modulators beschrieben:

Das Eingangssignal U_E (Eingangsdaten) wird dem Integrator 7 und als Vorzeichenerkennungssignal dem Komparator 8 zugeführt. Die Integrationsrichtung wird durch das Vorzeichen der Eingangsspannung festgelegt. Die Grenzen für die Ausgangsspannung des Integrators werden durch die am Komparator fest anliegenden Spannungen U_{K+} und U_{K-} vorgegeben. Bei positiver Eingangsspannung U_E wird von U_{K-} bis U_{K+} integriert, bei negativer Eingangsspannung wird von U_{K+} bis U_{K-} integriert (Fig. 4a, b).

Die Eingangsspannung U_E , die Zeitkonstante des Integrators und die Grenzen des Integrationsbereichs U_{K+} und U_{K-} werden so abgestimmt, dass die gewünschte Periodendauer $2\pi/w_H$ der vom Integrator abgegebenen Sägezahnspannung U_I erreicht wird.

Die periodische Sägezahnspannung U_I wird vorzugsweise zwei Funktionsgeneratoren zugeführt, welche die periodische Sägezahnspannung U_I in periodische Ausgangsspannungen U_{A1}, U_{A2} mit gleicher Periodendauer wie U_I umwandeln und U_{A2} phasenverschoben ist. Vorzugsweise wird, wie in Fig. 4c und Fig. 4d dargestellt, die Spannung U_I in einem Funktionsgenerator 9 (10) in eine Sinusspannung U_{A1} und in einem anderen Funktionsgenerator 10 (9) in eine Cosinusspannung U_{A2} umgewandelt.

Die Fig. 5a zeigt eine beispielsweise Realisierung einer Modulatorschaltung in Digitaltechnik.

Das (digitale) Eingangssignal U_E wird an den Zählrichtungs-eingang eines Vorwärts-Rückwärts-Zählers 11 angelegt; am Takteingang des Zählers liegt ein Taktsignal $S1$ an, das entweder in einem internen Taktgenerator 12 erzeugt wird, oder extern erzeugt und über den Steuereingang $S1$ zugeführt wird.

Die parallelen Ausgangsleitungen des Zählers 11 bilden den Datenbus $B1$ der an den Adresseingängen eines ersten Analog-Multiplexers 13 anliegt und über eine Addierschaltung 15 an die Adresseingänge eines zweiten Analog-Multiplexers 14 geführt ist. In der Addierschaltung 15 wird zu dem jeweiligen Digital-

wort auf dem Bus B1 ein fester Wert, der von dem Kodierschalter 18 erzeugt wird und an den zweiten Eingängen der Addierschaltung 15 anliegt, addiert.

Jeder der Analogeingänge des einen Multiplexers ist mit dem entsprechenden Eingang des anderen Multiplexers paarweise verbunden und an einen Abgriff einer Widerstands-Spannungsteilerkette 17 geführt, welche von einer Spannungsquelle 16 gespeist wird.

Im folgenden wird anhand von Fig. 5a und Fig. 6 die Funktion des Modulators in digitaler Ausführung beschrieben.

Der Zähler 11 zählt in Abhängigkeit von der Polarität der Eingangsspannung U_E aufwärts oder abwärts und erfüllt somit die Funktion eines Integrators. Die Integrationszeitkonstante kann mit der Taktfrequenz des Taktgebers 12 festgelegt werden.

Durch das Überlaufen des Zählers nach der Periodendauer $\frac{2\pi}{w_H}$ wird in einfacher Weise am Datenbus B1 eine quasi-Säge-

zahnfunktion erreicht, weil nach der Binärzahl IIII der Zähler wieder mit der Binärzahl 0000 zu zählen beginnt. Funktionell entspricht die Signalfolge am Datenbus B1 dem Signal U_1 in Fig. 4b.

Das Datenbussignal B1 wird einerseits einem Multiplexer 13 und andererseits einem Addierer 15 zugeführt. Der Multiplexer 13 wandelt dieses Signal in bekannter Weise in eine periodische Ausgangsspannung U_{A1} um, welche vorzugsweise als Sinusspan-

nung mit der Periodendauer $\frac{2\pi}{w_H}$ ausgebildet wird.

Um am Ausgang des zweiten Multiplexers 14 eine zu U_{A1} phasenverschobene Spannung U_{A2} zu erreichen, wird am Eingang des Multiplexers 14 über den Datenbus B2 ein Zahlenwert eingegeben, der sich von dem Zahlenwert des Datenbus B1 um jenen Wert unterscheidet, der die gewünschte Phasenverschiebung bewirkt. In einfacher Weise wird dies dadurch erreicht, dass zu dem Wert in B1 mit dem Addierer 15 jene gewünschte

Zahl addiert wird, die durch den Codierschalter 18 vorgegeben wird.

In Fig. 6 ist dargestellt, wie entsprechend den Datenbussignalen B1 und B2 die quasi-Sinusspannung an U_{A1} bzw. die quasi-Cosinusspannung an U_{A2} gebildet wird. Es ist weiters erkennbar, dass der Phasenverschiebung zwischen U_{A1} und U_{A2} eine Zahlenwertdifferenz von binär 0100 zwischen B1 und B2 entspricht.

Auch ist in Fig. 6 ähnlich wie in Fig. 4c und 4d dargestellt, wie die Ausgangsspannungen U_{A1} und U_{A2} verlaufen, wenn

zum Zeitpunkt $\frac{2\pi}{w_H}$, das Eingangssignal U_E von +1 auf -1

wechselt.

Bis zum Zeitpunkt $\frac{2\pi}{w_H}$ zählt der Zähler 11 in Aufwärtsrich-

tung und an dem Ausgang U_{A1} entsteht eine quasi-Sinusspan-

nung. Ab dem Zeitpunkt $\frac{2\pi}{w_H}$ zählt der Zähler 11 in Abwärts-

richtung und an dem U_A entsteht eine quasi-minus-Sinusspan-

nung.

Dabei ist die in Fig. 5a gezeigte Schaltung nur beispielhaft. Das gleiche Prinzip kann in digitaler Technik auch anders gelöst werden. Zum Beispiel können entsprechend der Fig. 5b anstelle der beiden Multiplexer 13 und 14 Digital-Analogwandler 20, 21 eingesetzt werden, welche über vorgeschaltete, in einem Speicher abgelegte Konversionstabellen 18, 19 das Datenbussignal B1 in das gewünschte Ausgangssignal U_{A1} bzw. U_{A2} umformen.

Nicht zuletzt kann sowohl die Grundschialtung nach Fig. 1, die Modulatorgrundschialtung nach Fig. 3 als auch eine digitale Modulatorschialtung nach Fig. 5a bzw. b als Grundlage für die Programmierung eines Mikroprozessors herangezogen und somit eine Realisierung der erfindungsgemässen Schaltungsanordnung in Mikroprozessortechnik erreicht werden.

Fig. 1

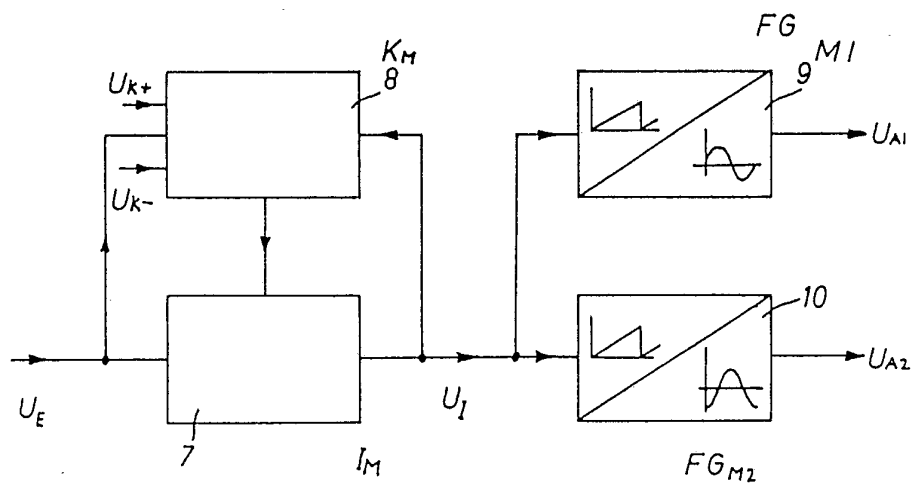
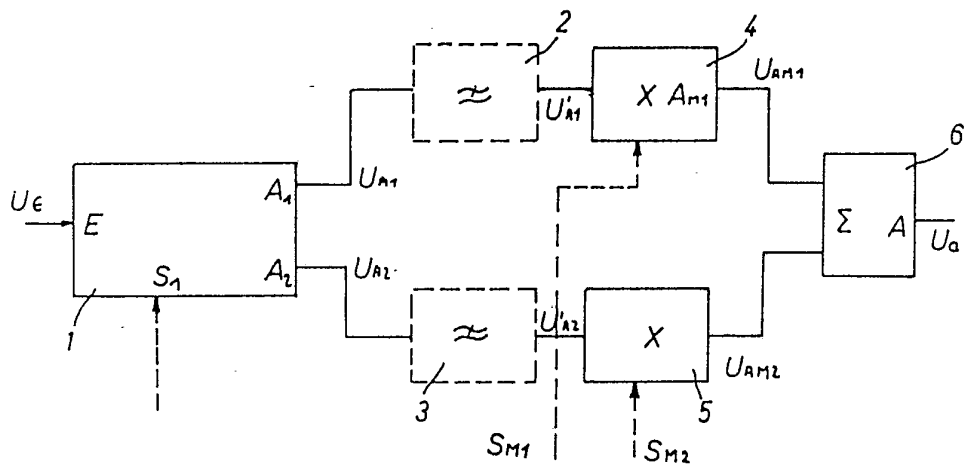


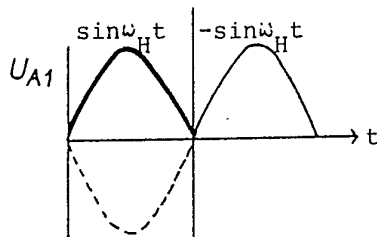
Fig. 3

Fig. 2aa

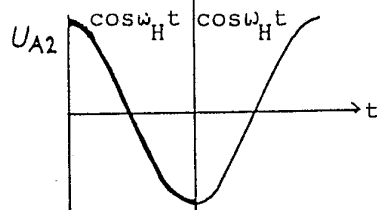
$U_E = +1 \quad = -1$

Beispiel 1: U_E von +1 auf -1 nach π

für $U_E = +1$:



$$U_A(t) = \sin \omega_K t \cdot \cos \omega_H t + \cos \omega_K t \cdot \sin \omega_H t = \sin (\omega_K + \omega_H) t$$



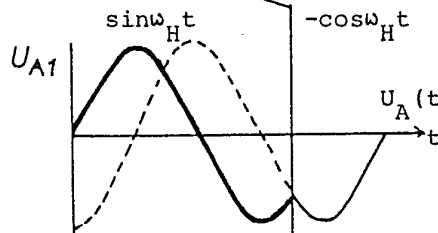
für $U_E = -1$:

$$U_A(t) = \sin \omega_K t \cdot \cos \omega_H t - \cos \omega_K t \cdot \sin \omega_H t = \sin (\omega_K - \omega_H) t$$

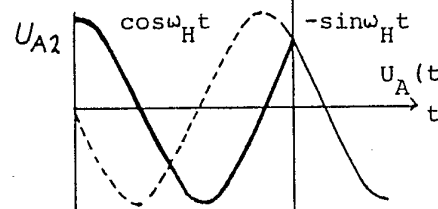
Fig. 2ab

Beispiel 2: U_E von +1 auf -1 nach $7\pi/4$

für $U_E = +1$:



$$U_A(t) = \sin \omega_K t \cdot \cos \omega_H t + \cos \omega_K t \cdot \sin \omega_H t = \sin (\omega_K + \omega_H) t$$



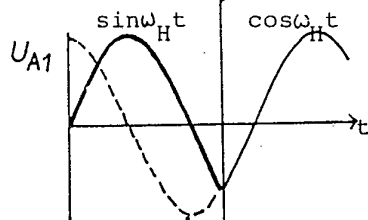
für $U_E = -1$:

$$U_A(t) = -\cos \omega_K t \cdot \cos \omega_H t - \sin \omega_K t \cdot \sin \omega_H t = -\cos (\omega_K - \omega_H) t$$

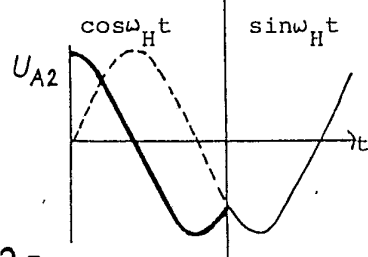
Fig. 2ac

Beispiel 3: U_E von +1 auf -1 nach $5\pi/4$

für $U_E = +1$:



$$U_A(t) = \sin \omega_K t \cdot \cos \omega_H t + \cos \omega_K t \cdot \sin \omega_H t = \sin (\omega_K + \omega_H) t$$

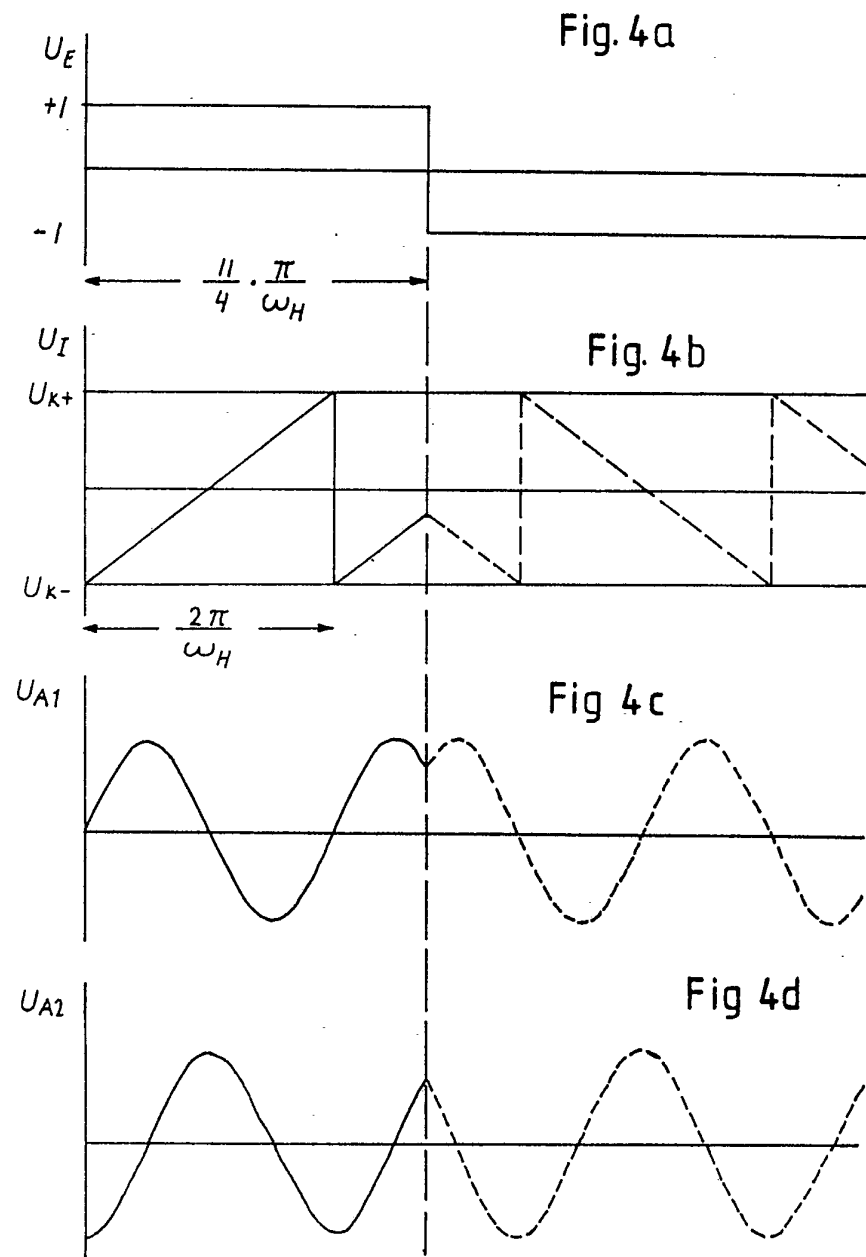


für $U_E = -1$:

$$U_A(t) = \sin \omega_K t \cdot \sin \omega_H t + \cos \omega_K t \cdot \cos \omega_H t = \cos (\omega_K - \omega_H) t$$

Fig. 2a

Fig. 2 b



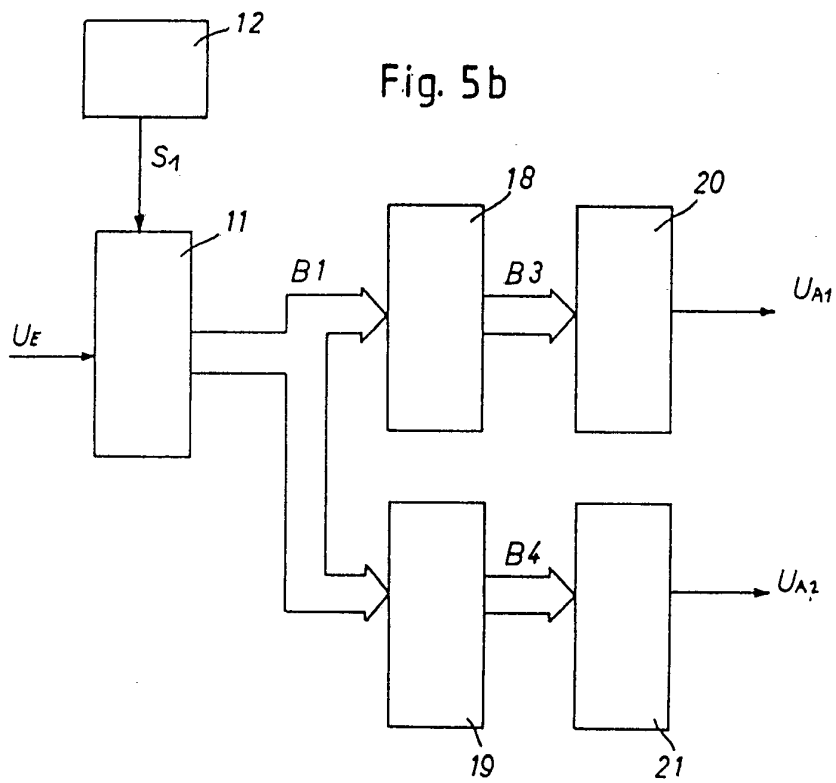
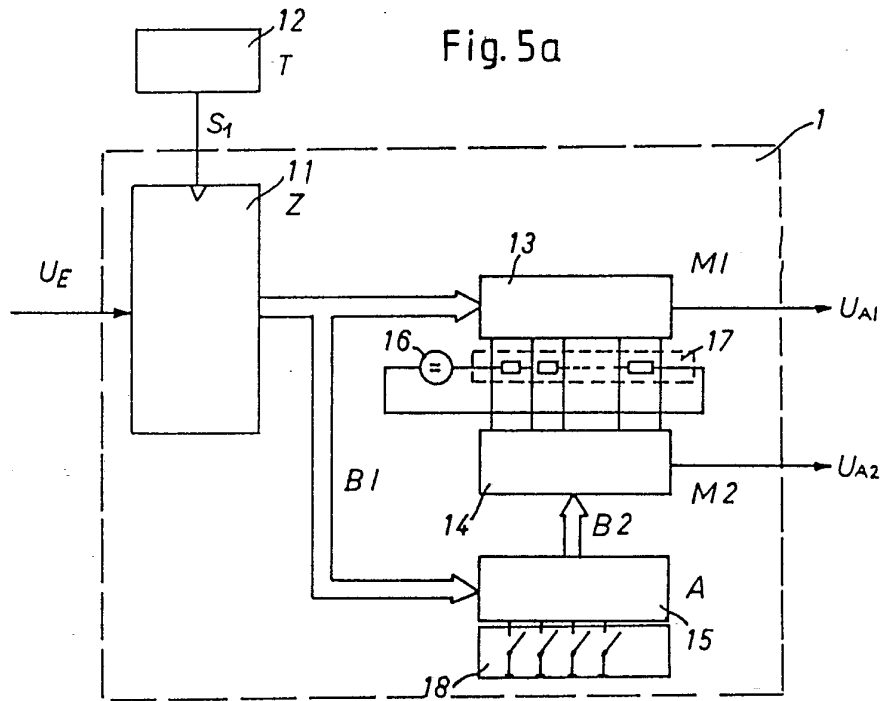


Fig. 6

