



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 298 720 A5

Erteilt gemäß § 1 ' Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) H 02 P 8/00

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD H 02 P / 331 389 4	(22)	02.08.89	(44)	05.03.92
(71)	siehe (73)				
(72)	Döhring, Gerhard, Dr.-Ing.; Schilling, Detlef, Dipl.-Ing.; Jäger, Peter, DE				
(73)	Jenoptik Carl Zeiss JENA GmbH, Carl-Zeiss-Straße 1, O - 6900 Jena, DE				
(54)	Schaltungsanordnung zur Ansteuerung eines Schrittmotors mit wahlweiser elektronischer Schritt-Teilung				

(55) Schrittmotor; Ansteuerung; Betriebsart; wahlweise; Schritt-Teilung; Stromstufung; Dekoder; Binärzähler; Pulssteller; Taktgenerator; Überlaufzähler; Datenwort; Tastverhältnis; Stromeinprägung
(57) Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Ansteuerung eines Schrittmotors mit wahlweiser elektronischer Schritt-Teilung, indem getaktete Zähler mit Dekoder-Datenworten geladen werden und ausgangsseitig programmierbare Tastverhältnisse zur Stromeinprägung in die Schrittmotorwicklungen erzeugen. Fig. 1

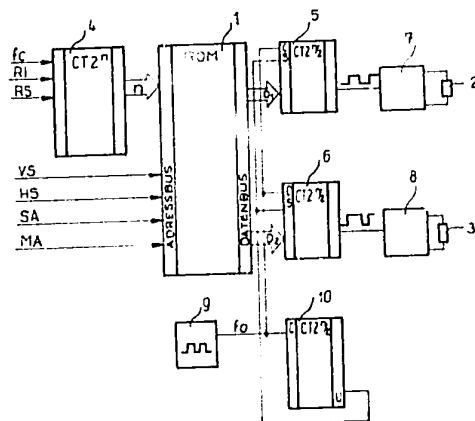


Fig 1

Patentanspruch:

Schaltungsanordnung zur Ansteuerung eines Schrittmotors mit wahlweiser elektronischer Schritt-Teilung, bestehend aus einem vom Schritt-Takt gesteuerten binären Zähler und einem diesem nachgeschalteten Dekoder mit weiteren Steuereingängen, sowie bestehend aus Pulsstellern für die Ständerwicklungen des Schrittmotors, **gekennzeichnet dadurch**, daß zum Zweck einer steuerbaren Stromstufung in den Ständerwicklungen (2, 3) jeder Ständerwicklung (2, 3) jeweils ein vom Dekoder (1) gesteuerter und von einem Taktgenerator (9) getakteter Binärzähler (5, 6) zugeordnet ist und daß ein weiterer vom Taktgenerator getakteter Binärzähler (10) ausgangsseitig jeweils mit dem Ladeeingang der den Ständerwicklungen (2, 3) zugeordneten Binärzähler (5, 6) in Verbindung steht.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung ist vorgesehen für einen universellen wahlweisen Betrieb von Schrittmotoren, insbesondere in Einrichtungen, in denen eine hohe Schrittauflösung im unteren Drehzahlbereich und eine hohe Leistung im oberen Drehzahlbereich des Schrittmotors erforderlich sind.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

In der DE 3441451 A1 wird eine Steuerschaltung angegeben, mit der eine elektronische Schritt-Teilung mit einem Festwertspeicher realisiert wird.

Die Tastverhältnisse für die Stromeinprägung in den Motorwicklungen werden mit zwei Adreßdecodern erzeugt. Nachteilig ist der erforderliche Aufwand von zwei Adreßgeneratoren, sowie die mangelnde Universalität der Ansteuermöglichkeiten. So sind insbesondere keine Betriebsartenumschaltungen zur Anpassung an die dynamische Charakteristik des Motors möglich.

Die DE 2802842 offenbart eine Ausführung der Schritt-Teilung auf der Grundlage eines digital geregelten Lageregelkreises, indem das Tastverhältnis in Abhängigkeit eines inkrementalen Wegmeßsystems verändert wird. Diese Einrichtung ist auch unter dem Begriff „Elektronikmotor“ international geläufig. Nachteilig bei dieser Lösung ist der Aufwand für den Regelkreis, insbesondere für das erforderliche Lagemeßsystem.

In der Patentschrift DE 2902686 wird eine elektronische Schritt-Teilung realisiert, die jedoch durch den DA-Wandler, den Stromregler und den Mikrorechner ebenfalls einen hohen Aufwand beinhaltet. Mit dem Mikrorechner kann jedoch auch ein Befehl zur Impulsratenumschaltung für unterschiedliche Geschwindigkeiten abgeleitet werden; dadurch wird neben einer elektronischen Schritt-Teilung auch ein schwingungsarmes Stillsetzen des Schrittmotors erreicht, was dort in erster Linie erreicht werden soll.

Problematisch bei allen bekannten speziellen Lösungen zur Schritt-Teilung ist, daß diese Schaltungen keine bzw. keine hinreichende wahlweise Umschaltung in mehrere Betriebsarten vorsehen. Unterschiedliche Betriebsarten für Schrittmotoren sind an sich bekannt. Mit dem Umschalten der Betriebsarten kann ein Schrittantrieb optimal betrieben werden. Die Betriebsart Vollschrittbetrieb (VS) ist im oberen Drehzahlbereich vorteilhaft, da in dieser Betriebsart eine höhere Leistung erreicht wird. Die Betriebsart Halbschrittbetrieb (HS) dient als Zwischenschritt beim Umschalten von der elektronischen Schritt-Teilung in den Vollschrittbetrieb, um einen schwingungsarmen Betrieb zu erreichen. Die Stromabsenkung (SA) wird für einen energiearmen Betrieb z. B. im Stillstand des Motors verwendet und die Motorabschaltung dient zum magnetischen Entkoppeln, um den Antrieb momentenarm mit Hand verstellen zu können.

Das Rücksetzsignal (RS) dient dazu, um den Motor elektrisch in einen definierten Ausgangszustand zu bringen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Verringerung des technisch-ökonomischen Aufwandes, sowie eine universelle Steuerung des Schrittmotors in unterschiedlichen Betriebsarten. Dabei soll insbesondere eine Möglichkeit zur Anpassung der Steuerung an die Leistungskennlinie des Motors gegeben sein.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit möglichst einfachen Mitteln, insbesondere ohne erforderliche Regelkreise, mehrere erforderliche Adreßdekoder und ohne rechentechnische Bauelemente eine universell wählbare Schritt-Teilung zu schaffen, wobei die Schritt-Teilung ebenfalls aufwandsgering und stoßfrei in der Umschaltung gemeinsam mit weiteren Betriebsarten-Auswahlfunktionen, wie Halbschritt/Vollschritt-Betrieb, Richtungssteuerung, Rücksetzung und Motorstromabschaltung, realisierbar sein soll. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einer Schaltungsanordnung zur Ansteuerung eines Schrittmotors mit wahlweiser elektronischer Schritt-Teilung, bestehend aus einem vom Schritt-Takt gesteuerten Binärzähler und einem diesem nachgeschalteten Dekoder mit weiteren Steuereingängen, sowie bestehend aus Pulsstellern für die Ständerwicklungen des Schrittmotors, dadurch gelöst, daß zum Zweck einer steuerbaren Stromstufung in den Ständerwicklungen jeder Ständerwicklung jeweils ein vom Dekoder gesteuerter und von einem Taktgenerator getakteter

Binärzähler zugeordnet ist und daß ein weiterer vom Taktgenerator getakteter Binärzähler ausgangsseitig jeweils mit dem Ladeeingang der den Ständerwicklungen zugeordneten Binärzähler in Verbindung steht.

Jeder Ständerwicklung ist ein Binärzähler vorgeschaltet, der mit Dekoderausgangsdaten geladen wird. Das Laden organisiert der weitere Binärzähler, indem seine ZählAusgangsdaten (z. B. Überlaufimpulse) an Ladeeingängen (Setzeingängen) der anderen Binärzähler anliegen. Alle Binärzähler sind getaktet von dem Taktgenerator, der eine für die Ansteuerung der Ständerwicklungen repräsentative Frequenz erzeugt. Am Ausgang der erstgenannten Binärzähler entstehen somit Strangsignale, deren Tastverhältnis von den Dekoderdaten abhängt. Diese Strangsignale werden in an sich bekannter Weise in den Pulsstellern in Stromwerte gewandelt. Als Dekoder wird zweckmäßigerweise ein programmierbarer Speicher eingesetzt. Durch die besagte Schaltungsanordnung wird ohne rechentechnische Bauelemente sehr aufwandsgering zur Schritt-Teilung eine programmierbare Stromstufung erreicht, deren Stufungsgrad (Feinstufigkeit) durch den Zählumfang der getakteten Binärzähler und den Dekodierumfang des Dekoders bestimmt wird.

Die Wahl der Schritt-Teilung als Betriebsart ist aufwandsgering und gut kombinationsfähig mit anderen Betriebsarten-Auswahlfunktionen.

So werden bekannterweise Signale u. a. für Halbschritt-/Vollschrittbetrieb, Motorschaltung, unmittelbar als Adreßsignale an den Dekoder angelegt (Berücksichtigung bei der Dekodierung). Richtungs- und Resetsignale werden beim Schritt-Takt-Zählvorgang der Dekoderansteuerung berücksichtigt.

Der Teilungsfaktor des Wirkelschrittes der elektronischen Schritt-Teilung gegenüber dem Vollschrittbetrieb beträgt allgemein:

$$k = \frac{2^n}{2m}$$

m: Strangzahl des Schrittmotors

n: Zählumfang des binären Zählers für den Schritt-Takt

Innerhalb eines Zyklus werden 2^n Feinschritte durch den Schrittmotor realisiert. Ein Zyklus umfaßt dabei den Bewegungsbereich des Schrittwinkels um eine geometrische Zahnteilung des Schrittmotors.

Mit der programmierbaren feinstufigen Änderung der Tastverhältnisse an den Ausgängen der Binärzähler für die Strangsignale sind definierte und speziell auf den anzusteuern den Schrittmotor zugeschnittene Ansteuercharakteristiken und damit Laufeligenschaften des Schrittmotors vor- und umprogrammierbar.

Neu gegenüber bekannten Anordnungen und Verfahren ist auch, daß die Unterteilung der Amplitude für einen Zyklus in $2^{n/2}$ Amplitudenwerte je Phase zerlegt wird. Die Ansteuerung der Phasen erfolgt zweckmäßigerweise derart, daß sich bei jedem neuen Adreßwert (j) nur der Phasenstrom in einer Phase ändert, z. B. in der ersten Ständerwicklung und beim folgenden Adreßwert (j + 1) sich der Phasenstrom in der nächsten Ständerwicklung ändert. So ergibt sich eine Änderung der Schritt-Teilung mit nur geringem Dekodieraufwand.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend anhand einer in der Zeichnung dargestellten Ansteuerung eines zweiphasigen Schrittmotors näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1: Blockschaltbild der Schaltungsanordnung mit Schritt-Teiler für 2^n Feinschritte

Fig. 2: a) Darstellung der Wicklungsströme in Abhängigkeit der Adreßwerte des Dekoders

b) Darstellung des Schritt-Taktes

c) Darstellung des Drehwinkels an der Motorwelle

Fig. 3: Schaltungsanordnung mit Schritt-Teilung, abwechselnder Stromstufung und Teilungsfaktor gegenüber Vollschrittbetrieb von $K = 32$

Fig. 4: Pulssteller-Signalverlauf.

In Figur 1 ist das Blockschaltbild allgemein für 2^n Feinschritte dargestellt. In einem ROM 1 ist das Bitmuster für die Stromsteuerung zweier Wicklungen 2, 3 eines nicht dargestellten Schrittmotors programmiert. Dabei entspricht jedem Adressenwert ein Datenwert. Die Programmierung der Stromfunktion erfolgt angepaßt an die Strom-Winkel-Charakteristik des Schrittmotors, die in grober Näherung einer sin- und cos-Funktion nach Figur 2a entsprechen. Die sin- bzw. cos-Funktion stellen die Hüllkurve der programmierten Funktion dar, wobei mit jeder Erhöhung bzw. Erniedrigung des Adressenwertes durch einen Zähler 4 sich der Stromwert der Wicklungen 2 bzw. 3 stufenförmig ändert. Die Änderung des Stromwertes erfolgt durch die Veränderung des Tastverhältnisses an den Ausgängen zweier vom ROM 1 geladener Zähler 5, 6. Zwei Pulssteller 7, 8 sind die Leistungsschalter, welche die Ströme entsprechend den Tastverhältnissen in die Wicklungen 2, 3 treiben.

Die Frequenz der Wicklungsansteuerung wird in einem Taktgenerator 9 (f_0) erzeugt, der die Zähler 5, 6 sowie einen Zähler 10 als Überlaufzähler taktet, dessen Überlaufausgang auf die Setzeingänge der Zähler 5, 6 geführt ist. Jeder Überlaufimpuls organisiert das Laden von Zähler 5 mit dem Datenwort D1 des ROM 1 sowie das Laden von Zähler 6 mit dem Datenwort D2. Die vom Taktgenerator 9 getakteten Zähler 5, 6 geben jeweils an ihren höchstwertigen ZählAusgang das besagte Tastverhältnis für die nachfolgenden Pulssteller 7, 8 aus, in denen in direkter Abhängigkeit zum Tastverhältnis der Strom jeweils in die Wicklung 2 bzw. 3 eingepreßt wird. Auf dem Zähler 4 sind außer einem Schritt-Takt f_s ein Signal RI zur Drehrichtungsumschaltung und ein Signal RS zum Rücksetzen geführt. Weitere bekannte Signale zur Betriebsartenwahl (Signal VS für Vollschrittbetrieb, Signal HS für Halbschrittbetrieb, Signal SA für Stromabsenkung und Signal MA zur Motorabschaltung) werden als Adressensignale direkt an den ROM 1 angelegt.

Es ist eine universelle Betriebsartenauswahl möglich.

So wird die elektronische Schritt-Teilung häufig nur im unteren Drehzahlbereich bzw. im Stillstand des Schrittmotors benötigt, während im oberen Drehzahlbereich der Vollschrittbetrieb (Signal VS aktiv) die höhere Antriebsleistung erzeugt. Die Auswahl des ROMs 1 richtet sich nach dem Adressen- und Datenumfang, die vom Teilerfaktor (k) für die elektronische Winkelteilung festgelegt werden.

Die Programmierung wird am günstigsten an Hand einer empirisch für den speziellen Motor gewonnenen Strom-Winkel-Funktion durchgeführt, da insbesondere die häufig verwendeten Hybrid-Schrittmotoren eine starke Abweichung von einer sinusförmigen Strom-Winkel-Funktion besitzen.

In Figur 2 sind elektrische Größen der Anordnung gemäß Figur 1 dargestellt. Figur 2a zeigt dabei die Stromwerte i_2 und i_3 der Wicklungen 2, 3 des Schrittmotors in Abhängigkeit des Adressenwertes vom ROM 1. Figur 2b zeigt dazu den Schritt-Takt f_c und Figur 2c stellt die zeitliche Drehwinkelabhängigkeit dar. Eine Winkelbewegung erfolgt mit jedem Impuls des Schritt-Taktes f_c am Eingang des Zählers 4. Die Stromsteuerung nach Figur 2a erfolgt unter alternierender Änderung der Ströme i_2, i_3 für die Wicklungen 2, 3 (Änderung abwechselnd jeweils nur eines Wicklungsstromes), so daß sich eine Stromstufung mit einem reduzierten Umfang an parallelen Datenleitungen für die Datenwerte D1, D2, sowie mit einem auf die Hälfte verringerten Zählumfang der Zähler 5, 6, 10 (in Relation zur gleichzeitigen Änderung der Stromwerte i_2, i_3) ergibt.

In Figur 3 besitzen der Zähler 4 einen Zählumfang von „128“ und die Zähler 5, 6, 10 jeweils einen Zählumfang von „16“. Mit jeweils abwechselnd gesteuerter Stromstufung in den Wicklungen 2, 3, ergibt sich somit ein Teilungsfaktor gegenüber dem Vollschrittbetrieb von $K = 32$. Das Datenwort D1 für die Vorstelleingänge des Zählers 5 wird aus den Datenausgängen D0...D3 von ROM 1, das Datenwort D2 für Zähler 6 aus den Datenausgängen D4...D7 gebildet.

Der Pulssteller 7 ist in an sich bekannter Weise aus vier Transistoren T1...T4, sowie aus vier Dioden D1...D4 aufgebaut, wobei sich die Wicklung 2 im Diagonalzweig der Brücke befindet. Ein Zeitglied 11 mit Negation für die Brückenzeige sorgt für Totzeiten t_T , die ein gleichzeitiges Durchsteuern beider Brückenzeige verhindern (siehe auch Figur 4). In gleicher Weise ist der Pulssteller 8 für die Wicklung 3 mit Transistoren T5...T8, Dioden D5...D8 sowie mit einem Zeitglied 12 realisiert. Die Impulsdarstellung zur Stromeinprägung am Beispiel des Pulsstellers 7 ist in Figur 4 gezeigt.

$$t_1 = \frac{2^{n/2}}{f_0} = \text{Taktzeit}$$

t_T = Totzeit

τ = Einschaltdauer

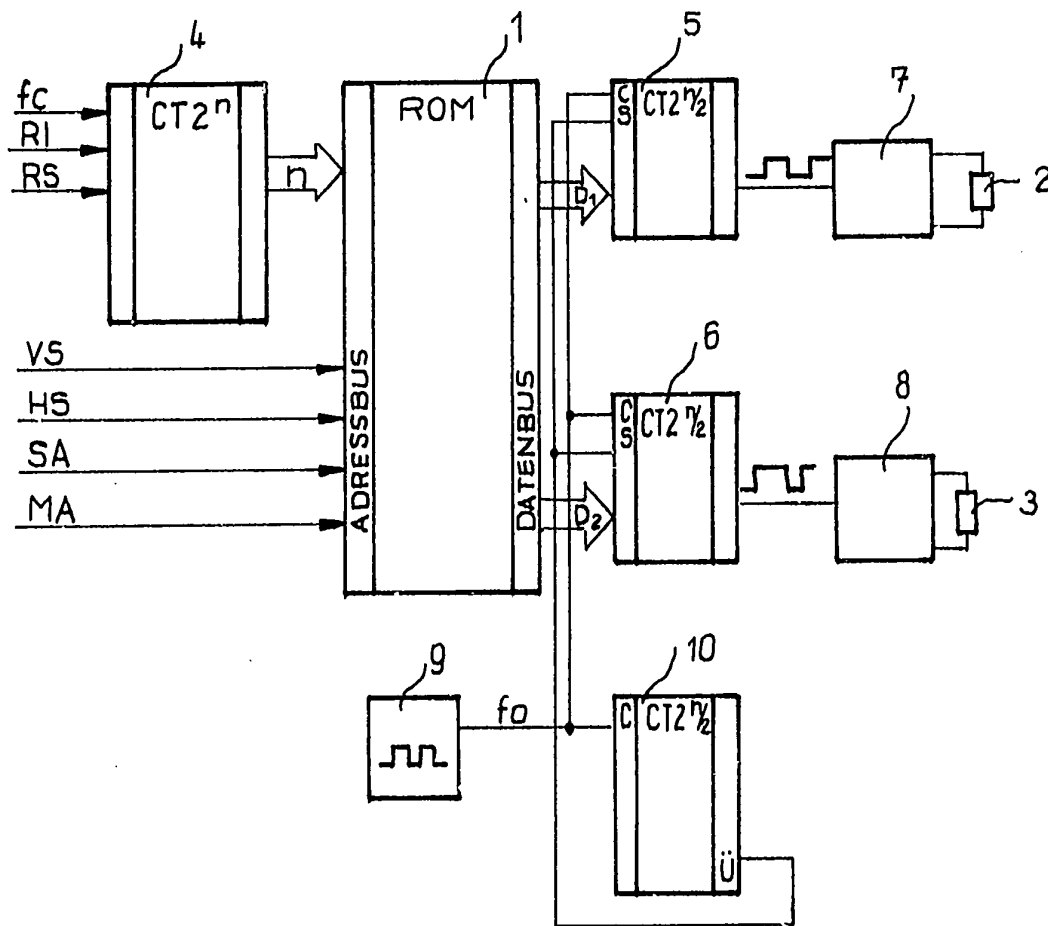


Fig. 1

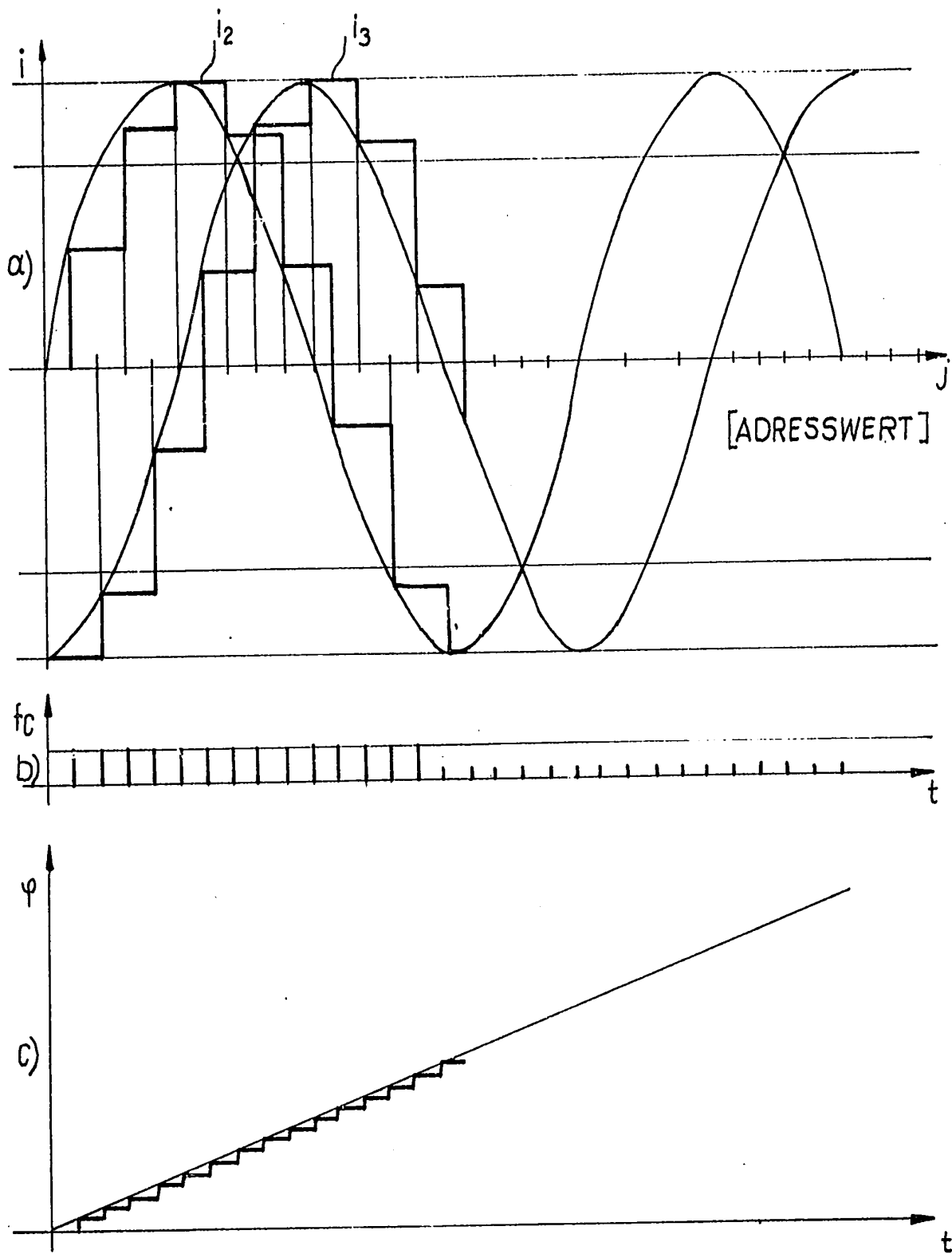


Fig. 2

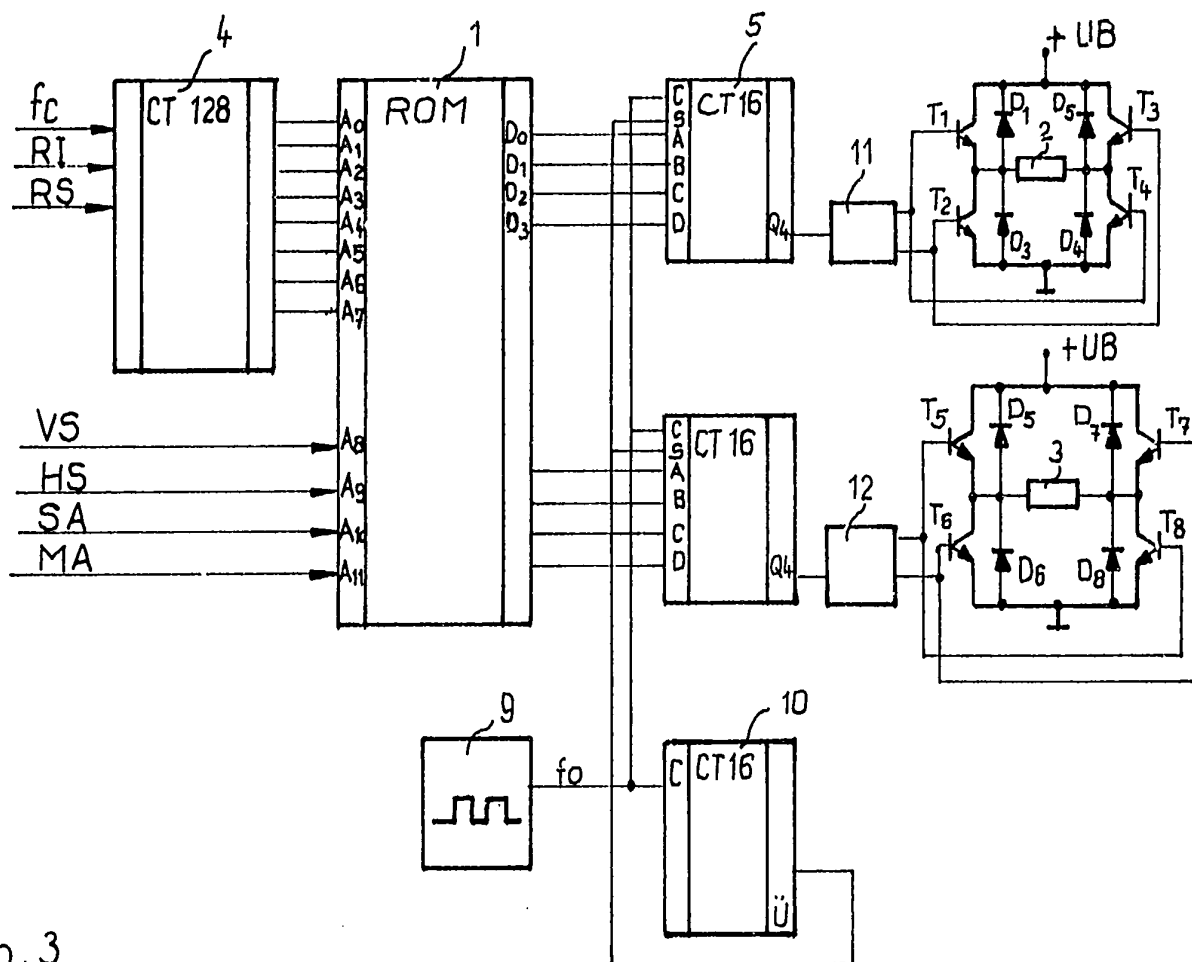


Fig. 3

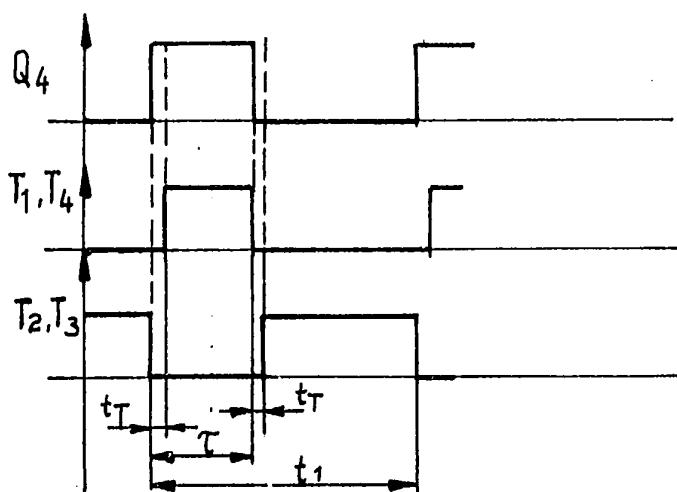


Fig. 4