

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 90890118.4

51 Int. Cl.⁵: **F02D 41/34, F02D 41/36,**
F02B 17/00

22 Anmeldetag: 17.04.90

30 Priorität: 17.04.89 DE 3912604

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
 24.10.90 Patentblatt 90/43

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE

71 Anmelder: **VOEST-ALPINE AUTOMOTIVE**
Gesellschaft m.b.H.
Derfflingerstrasse 15
A-4017 Linz(AT)

72 Erfinder: **Heiss, Michael, Dipl.-Ing. Dr.**
R. Waisenhorngasse 115
A-1235 Wien(AT)
 Erfinder: **Dittrich, Wolfgang**
Leitenwaldplatz 7
A-1130 Wien(AT)

74 Vertreter: **Matschnig, Franz, Dipl.-Ing.**
Siebensterngasse 54
A-1070 Wien(AT)

54 **Verfahren zum Steuern und Regeln einer Brennkraftmaschine.**

57 Ein Verfahren zum Steuern und Regeln einer Brennkraftmaschine (1), bei welchem in Abhängigkeit von Betriebsgrößensignalen, wie z.B. der Drehzahl (n), der Gaspedalstellung, der Motortemperatur etc. in einer Recheneinrichtung ein digitales, binäres Ausgangssignal (b) errechnet, dieses errechnete Binärsignal in ein Ansteuersignal (s) umgewandelt wird, das aus Impulsen konstanter Höhe besteht, wobei die Gesamtdauer des Ansteuersignals innerhalb einer Taktperiode dem Wert des Binärsignals

proportional ist und dieses Ansteuersignal zur Steuerung eines elektromechanischen Stellgliedes herangezogen wird. Hierbei wird das Ansteuersignal innerhalb jeder Taktperiode je nach dem Wert des Binärsignals (b) in Einzelimpulse aufgeteilt, deren Gesamtdauer dem Wert des Binärsignales (b) proportional ist und die Einzelimpulse im wesentlichen gleichmäßig innerhalb jeder Taktperiode verteilt werden, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

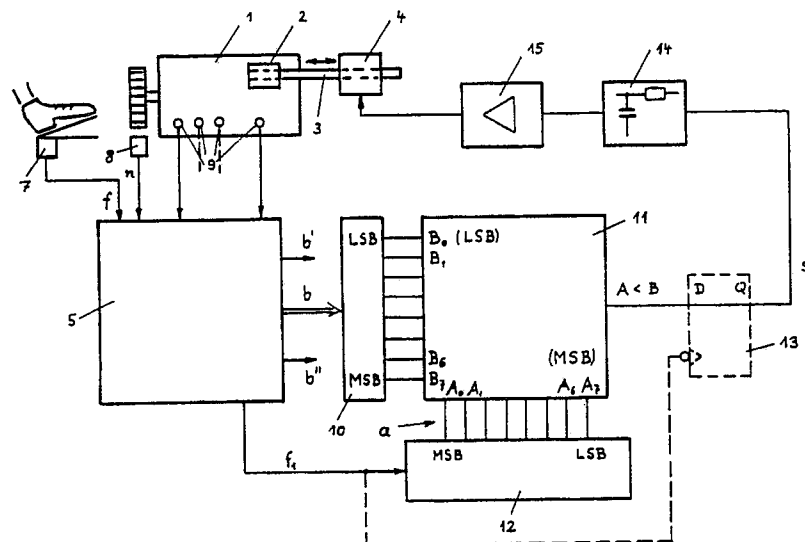


Fig.1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Steuern und Regeln einer Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 sowie auf eine elektronische Regel- und Steuereinrichtung für Brennkraftmaschinen nach dem Oberbegriff des Anspruches 4.

Bei der elektronischen Regelung eines Dieselmotors liefert ein Regler ein digitales Ausgangssignal. In Abhängigkeit von diesem Signal soll ein elektromechanischer Antrieb für das Stellglied z.B. der Einspritzpumpe oder von Pumpedüsen verstellt werden. Als Digital-Analog-Wandler wird dann mit Vorteil ein Pulsbreitenmodulator mit nachgeschaltetem Tiefpaßfilter verwendet. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß der Antrieb auf Grund seiner elektrischen (Induktivität) und mechanischen (Masse) Eigenschaften ein mehr oder weniger ausgeprägtes Tiefpaßverhalten zeigt, daß bei der Dimensionierung des Tiefpaßfilters eine Rolle spielt. Bei ungenügender Filterung des Ansteuersignales kann es jedenfalls zu einer mechanischen Unruhe des Stellgliedes kommen, nämlich zu einer oszillierenden Bewegung mit der Taktfrequenz des Ansteuersignals. Der insbesondere bei niedrigeren Taktfrequenzen für das Tiefpaßfilter erforderliche Aufwand ist als Nachteil anzusehen.

Die Anwendung pulsbreitenmodulierter Signale zur Ansteuerung von Stellgliedern für die Einspritzmenge geht beispielsweise aus der DE-A-33 11 351 hervor, wobei in diesem Fall das Stellglied direkt von dem pulsbreitenmodulierten Signalen angesteuert wird. Aus der DE-A-37 30 443 der Anmelderin geht gleichfalls die Verwendung eines pulsbreitenmodulierten Signales hervor, doch wird dieses Signal hier als Führungsgröße eines Servokreises für das Stellglied herangezogen. Der Begriff "Ansteuersignal zur Steuerung eines elektromechanischen Stellgliedes" ist somit in dem Sinne zu verstehen, daß er eine direkte Ansteuerung ebenso umfaßt, wie eine Ansteuerung eines Servokreises für das Stellglied.

Ein Pulsbreitenmodulator zur Umwandlung eines dualen Digitalwertes in ein pulsbreitenmoduliertes Signal, der unter Verwendung eines Mikrocomputers realisiert ist, kann z.B. der Firmenschrift "Embedded Controller Handbook", Intel, Order Number 21 09 18-005, 1987 entnommen werden. Hierbei wird der Digitalwert einem Register zugeführt, an dessen Ausgang der Wert z.B. 8-stellig (im Dualsystem) vorliegt. Eine Taktfrequenz wird einem Zählereingang zugeführt, dessen hier gleichfalls 8-stelliger Ausgang in einem Komparator mit dem zuvor erwähnten Wert verglichen wird. Der Ausgang des Komparators, der auf Gleichheit überprüft wird, wird dem Reset-Eingang eines Flip-Flop zugeführt, dessen Set-Eingang des Overflow-Signal des Zählers erhält. Am Q-Ausgang des Flip-Flop liegt dann ein pulsbreitenmoduliertes Signal vor.

Dieses Signal weist innerhalb jedes Taktes einen Impuls auf, dessen Breite bzw. Länge mit zunehmender Größe des genannten Wertes zunimmt. Bei einem Registerwert 0 verschwindet die Breite des Impulses, bei einem Registerwert 255 entspricht die Breite fast der Periodendauer T_0 .

Bei dieser bekannten Lösung beträgt die relative Amplitude der Spannungsschwankungen unabhängig von der Anzahl der Bits bei einer Filterzeitkonstanten $\tau = T_0$ und bei einem Tastverhältnis für die Impulse innerhalb jedes Taktes von 1:1 fast 25 %. Mit kleiner oder größer werdendem Tastverhältnis nimmt die relative Amplitude der Spannungsschwankungen ab, sie beträgt aber bei einem Tastverhältnis von 1:5 oder 5:1 immer noch etwa 10%. Um die relativen Spannungsschwankungen herabzusetzen muß man daher größere Filterzeitkonstanten wählen, wodurch sich eine entsprechende Verschlechterung der Dynamik ergibt, die sich äußerst ungünstig auf das Fahrverhalten des Fahrzeuges auswirkt.

Es sei hier angemerkt, daß die Begriffe "Dualcode" und "Binärcode" in Einklang mit der deutschsprachigen Literatur (z.B. U. Tietze, Ch. Schenk: "Halbleiterschaltungstechnik", Springer-Verlag, Berlin 1983) verwendet werden.

Die Erfindung hat es sich zum Ziel gesetzt, an Stelle der bisher üblichen Pulsbreitenmodulation eine Umwandlung des Ausgangssignales der Recheneinrichtung in ein Ansteuersignal für ein elektromechanisches Stellglied zu schaffen, die bei gleichem Aufwand, insbesondere auch hinsichtlich der Filterung, wesentlich geringere relative Spannungsschwankungen des Analogsignales aufweist. Dieses Ziel läßt sich mit einem Verfahren gemäß dem Kennzeichen des Anspruches 1 bzw. mit einer Vorrichtung gemäß dem Kennzeichen des Anspruches 3 erreichen.

Die Erfindung bietet den Vorteil, daß bei gleichem Schaltungsaufwand wie nach dem Stand der Technik, eine signifikante Herabsetzung der Welligkeit des Ausgangssignals erhalten wird. Bei gleichen Ansprüchen an die Restwelligkeit kann der Aufwand für ein nachgeschaltetes Tiefpaßfilter erheblich geringer gehalten werden, als nach dem Stand der Technik. Der Begriff "nachgeschaltetes Tiefpaßfilter" umfaßt hier auch einen Verbraucher mit Tiefpaßcharakter, was weiter oben bereits erläutert wurde.

Weitere Merkmale der Erfindung sind in den abhängigen Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung samt anderer Vorteile ist im folgenden an Hand beispielsweise Ausführungsformen näher erläutert, die in der Zeichnung veranschaulicht sind. In dieser zeigen Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung nach der Erfindung in einem Blockschaltbild, Fig. 2 ein anderes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung nach der Erfin-

dung und Fig. 3a und b in Zeitdiagrammen innerhalb eines Taktes die Form des Ausgangssignales in Abhängigkeit des Vorgabesignales bei einer Vorrichtung nach dem Stand der Technik (Fig. 3a) bzw. bei einer Vorrichtung nach der Erfindung (Fig. 3b).

Fig. 1 zeigt schematisch einen Dieselmotor 1 mit einer Einspritzpumpe 2, deren die zugeführte Kraftstoffmenge bestimmende Regelstange 3 mit Hilfe eines elektromechanischen Antriebes 4 verstellbar ist. Eine Recheneinrichtung 5 berechnet aus Betriebsgrößensignalen des Motors 1 bzw. auch des Fahrzeuges ein Ausgangssignal b, das die Grundlage für die Verstellung der Regelstange 3 darstellt.

Wesentliche Betriebsgrößen als Eingangsgrößen der Recheneinrichtung 5 sind die Fahrpedalstellung, die über einen Geber 7 ein entsprechendes Signal f erzeugt und die Drehzahl des Motors 1, wobei ein Drehzahlsignal n von einem Drehzahlgeber 8 an die Recheneinrichtung 5 geliefert wird. In Fig. 1 sind noch weitere Geber 9 schematisch angedeutet, die zusätzliche Betriebsgrößensignale, z.B. hinsichtlich Motortemperatur, Luftdruck, Kraftstofftemperatur etc. liefern können.

Das Ausgangssignal b der Recheneinrichtung 5 sowie allfällige weitere Ausgangssignale b' , b'' liegt in digitaler, dual codierter Form vor und wird einem Register 10 zugeführt, von wo es 8-stellig als Wort B zu den Eingängen B_0 bis B_7 eines 8-Bit Komparators 11 gelangt. Ein solcher Komparator kann beispielsweise mit Logikbausteinen MM54C85, 4-Bit Magnitude Comparator von National Semiconductor realisiert werden. Die Firmenschrift "Logic Databook, Volume 1, National Semiconductor Corporation", 1984 zeigt den logischen Aufbau derartiger Bausteine und beschreibt ihr Zusammenschalten zu Wortlängen, die größer als 4 bit sind.

Zurückkommend auf Fig. 1 ist zu sagen, daß das Ausgangssignal b bzw. das Wort B stellenwertrichtig dem Komparator 11 zugeführt ist, d.h. der Ausgang mit dem niedrigsten Stellenwert (LSB = least significant bit) des Registers ist mit dem Eingang B_0 des Komparators 11 verbunden.

Es ist weiters ein Dualzähler 12 vorgesehen, dem ein Zähltakt f_1 der Periodendauer T_1 zugeführt wird. Dieser Zähltakt stammt zweckmäßigerweise aus einem von der Recheneinrichtung 5 benötigten, nicht näher gezeigten Taktgeber. Ein 8-stelliger Ausgang des Zählers 12 ist mit dem zweiten Eingang des Komparators 11 verbunden, doch ist hier der Zählerausgang mit dem Komparatoreingang so zusammengeschaltet, daß der Ausgang MSB (most significant bit) des Zählers 12 dem Eingang A_0 des Komparators 11 mit niedrigstem Stellenwert (LSB) entspricht, d.h. die Reihenfolge der Stellen wird beim Beschalten umgekehrt, oder, mit anderen Worten, das Zählersignal a wird dem

Komparator 11 in gestülpter Form zugeführt.

Am Ausgang des Komparators 11, der überprüft, ob das Wort A an den Eingängen A_0 bis A_7 kleiner ist, als das Wort B an den Eingängen B_0 bis B_7 , tritt ein Ansteuersignal der Periode T_0 auf, das innerhalb jeder Periode aus Einzelimpulsen besteht, deren Gesamtlänge innerhalb jeder Periode T_0 dem Wert des Ausgangssignales b der Recheneinrichtung 5 proportional ist. Für einen 4-Bit Komparator ist dies in Fig. 3b veranschaulicht, wobei in Fig. 3a die bisher übliche Pulsbreitenmodulation gegenübergestellt ist. Der Vorgabewert B ist links mit den Zahlen 0 bis 15 bezeichnet.

Periodendauer T_0 mit Zählertakt T_1 stehen über die Wortlänge n des Komparators über $T_0 = T_1 \cdot 2^n$ miteinander in Beziehung. In Fig. 1 ist die Wortlänge mit 8 bit dargestellt, in Fig. 3 mit 4 bit. In der Praxis wird man allerdings Wortlängen von 8 bis 16 bit oder darüber verwenden.

Dem Ausgang des Komparators 11 kann ein D-Flip-Flop 13 nachgeschaltet sein, das von dem Zählertakt f_1 taktflankengesteuert ist und das Ansteuersignal von Schaltspikes befreit, die in dem Komparator 11 entstehen. Ein Inverter ist hierbei dem Takteingang des Flip-Flops 13 vorgeschaltet. Die Beseitigung von Schaltspikes ist vor allem bei höheren Taktfrequenzen geboten, wenn Laufzeiten im Komparator zu Spikes von deutlich merkbarer Länge führen, die eine Verfälschung des Vorgabesignales hervorrufen könnten.

Das Ansteuersignal s wird über ein einfaches Tiefpaßfilter 14 und eine Endstufe 15 dem elektromechanischen Antrieb 4 zugeführt.

Fig. 2 zeigt ein Realisierungsbeispiel eines 4-bit Komparators unter Verwendung üblicher Gatterbausteine und Fig. 3b, wie bereits erwähnt, das zugehörige Ansteuersignal für die sechzehn möglichen Vorgabewerte. Aus Fig. 3b geht für den Fachmann bereits aus dem Augenschein die signifikante Verbesserung der Welligkeit einer nach Filterung erhaltenen Spannung hervor. Selbstverständlich zeigt sich diese Verbesserung auch rechnerisch und experimentell und wird nachstehend an Hand eines Vergleiches für den jeweils ungünstigsten Fall des Tastverhältnisses (z.B. Zahl 8 in Fig. 3a) angegeben.

Bei einem Pulsbreitenmodulator nach dem Stand der Technik betragen dann die relativen Spannungsschwankungen bei einer Filterzeitkonstanten $\tau = T_0$ etwa 25 %, und zwar unabhängig von der Anzahl der verwendeten Bits.

Bei der Erfindung liegen diese Spannungsschwankungen bei gleicher Filterzeitkonstante für 4 Bit unter 12 %

10 Bit unter 0,2 %

16 Bit unter $40 \cdot 10^{-6}$

Daraus ist ersichtlich, daß sich der Aufwand für die Filterung bei Anwendung der Erfindung dra-

stisch reduziert. In Hinblick auf die bereits erwähnte, elektromechanischen Stellgliedern inhärente Tiefpaßeigenschaft kann in vielen Fällen ein Tiefpaßfilter gänzlich entfallen.

Stellglieder, die ausgehend von dem Ausgangssignal b der Recheneinrichtung 5 angesteuert werden sollen sind insbesondere die Regelstange einer Einspritzpumpe, wie in Fig. 1 gezeigt. Es kann sich aber ebenso um Stellglieder zum Verstellen des Einspritzzeitpunktes, der Luftmenge, eines Abgasrückführventils, einer Drosselklappe und dgl. mehr handeln, was durch Signale b' , b'' in Fig. 1 angedeutet ist.

Ein mit der Erfindung verbundener besonderer Vorteil ist in der raschen und fehlerfreien Reaktion auf eine Änderung des Vorgabewertes zu sehen, die nicht nur durch die günstigere Filterdimensionierung gegeben ist. Ändert man nämlich innerhalb der Periodendauer T_0 den Vorgabewert B auf einen insbesondere kleineren Wert, so zeigt sich bei erfindungsgemäßem Aufbau in fast allen Fällen noch vor Beendigung derselben Periode eine Reaktion in die gewünschte Richtung. Bei Ausführungen nach dem Stand der Technik treten im ungünstigsten Fall bei Änderungen des Vorgabewertes während des Ablaufes der Periode entweder sogenannte Ausreißer (einmalige Ausgabe von 100 %) auf, oder es tritt erst beim Durchlaufen der nächsten Periode T_0 die gewünschte Änderung ein. Ein solches Fehlverhalten kann für den Fahrbetrieb des Kraftfahrzeuges fatale Folgen haben.

Wenn in der vorliegenden Anmeldung davon die Rede ist, daß die Gesamtdauer des Ansteuersignales s dem Wert des dualen bzw. binären Ausgangssignals b im wesentlichen proportional ist, so soll dies nicht bedeuten, daß ein Gleichanteil (offset) ausgeschlossen ist.

Ansprüche

1. Verfahren zum Steuern und Regeln einer Brennkraftmaschine, bei welchem in Abhängigkeit von Betriebsgrößensignalen, wie z.B. der Drehzahl, der Gaspedalstellung, der Motortemperatur etc. in einer Recheneinrichtung ein digitales, binäres Ausgangssignal errechnet und dieses errechnete Binärsignal in ein Ansteuersignal umgewandelt wird, das aus Impulsen konstanter Höhe besteht, wobei die Gesamtdauer des Ansteuersignals innerhalb einer Taktperiode dem Wert des Binärsignals proportional ist und dieses Ansteuersignal zur Steuerung eines elektromechanischen Stellgliedes herangezogen wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Ansteuersignal innerhalb jeder Taktperiode je nach dem Wert des Binärsignals (b) in Einzelimpulse aufgeteilt wird, wobei die Summe aus den Einzelimpulsdauern innerhalb der Taktperiode dem Wert

des Binärsignales (b) proportional ist und die Einzelimpulse im wesentlichen gleichmäßig innerhalb jeder Taktperiode verteilt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das errechnete Binärsignal (b) als n -stelliges Vorgabedualsignal dargestellt wird, die Taktimpulse zur Erzeugung der Einzelimpulsdauern dual gezählt werden, um als n -stelliges Zählerdualsignal (a) vorzuliegen, welches mit dem Vorgabedualsignal mit einem Vergleicher verglichen wird, wobei zum Vergleich das Zählerdualsignal (a) seinen Binärstellen entsprechend in umgekehrter Reihenfolge an den Vergleicher angelegt wird und verglichen wird, ob der Zahlenwert entsprechend der umgekehrten Reihenfolge der Binärstellen des Zählerdualsignals kleiner ist, als der Zahlenwert des Vorgabedualsignals.

3. Elektronische Regel- und Steuereinrichtung für Brennkraftmaschinen zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 2, mit einer Rechenschaltung (5), der das Drehzahlsignal (n) eines Drehzahlsensors (8) sowie weitere, mit Hilfe von Meßwertgebern ermittelte Betriebsgrößensignale, zugeführt werden, wobei die Rechenschaltung (5) zur Abgabe eines aus den Betriebsgrößensignalen errechneten n -stelligen Vorgabedualsignals (b) eingerichtet ist, mit einem n -stelligen Dualzähler, dem zur Bildung eines n -stelligen Zählerdualsignals (a) ein Taktsignal (f_1) zugeführt ist und mit einem n -Bit Komparator (11) der zum Vergleich des Zählerdualsignals (a) mit dem n -stelligen Vorgabedualsignal (b) eingerichtet ist und dessen Ausgangssignal (s) zur Ansteuerung eines elektromechanischen Stellgliedes (4) herangezogen ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Zählerdualsignal (a) und das Vorgabedualsignal (b) dem Komparator (11) so zugeführt sind, daß das Zählerdualsignal (a) in bezug auf den Komparatoreingang (b) entsprechend seinen Binärstellen in umgekehrter Reihenfolge verwendet wird.

4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Komparator (11) zur Abgabe eines Ausgangssignales eingerichtet ist, falls der jeweilige Wert des Vorgabedualsignals (b) größer ist, als der entsprechende Wert des Zählerdualsignals (a), das entsprechend seinen Binärstellen in umgekehrter Reihenfolge verwendet wird.

5. Einrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß dem Komparator (11) ein taktflankengesteuertes D-Flip-Flop (13) nachgeschaltet ist.

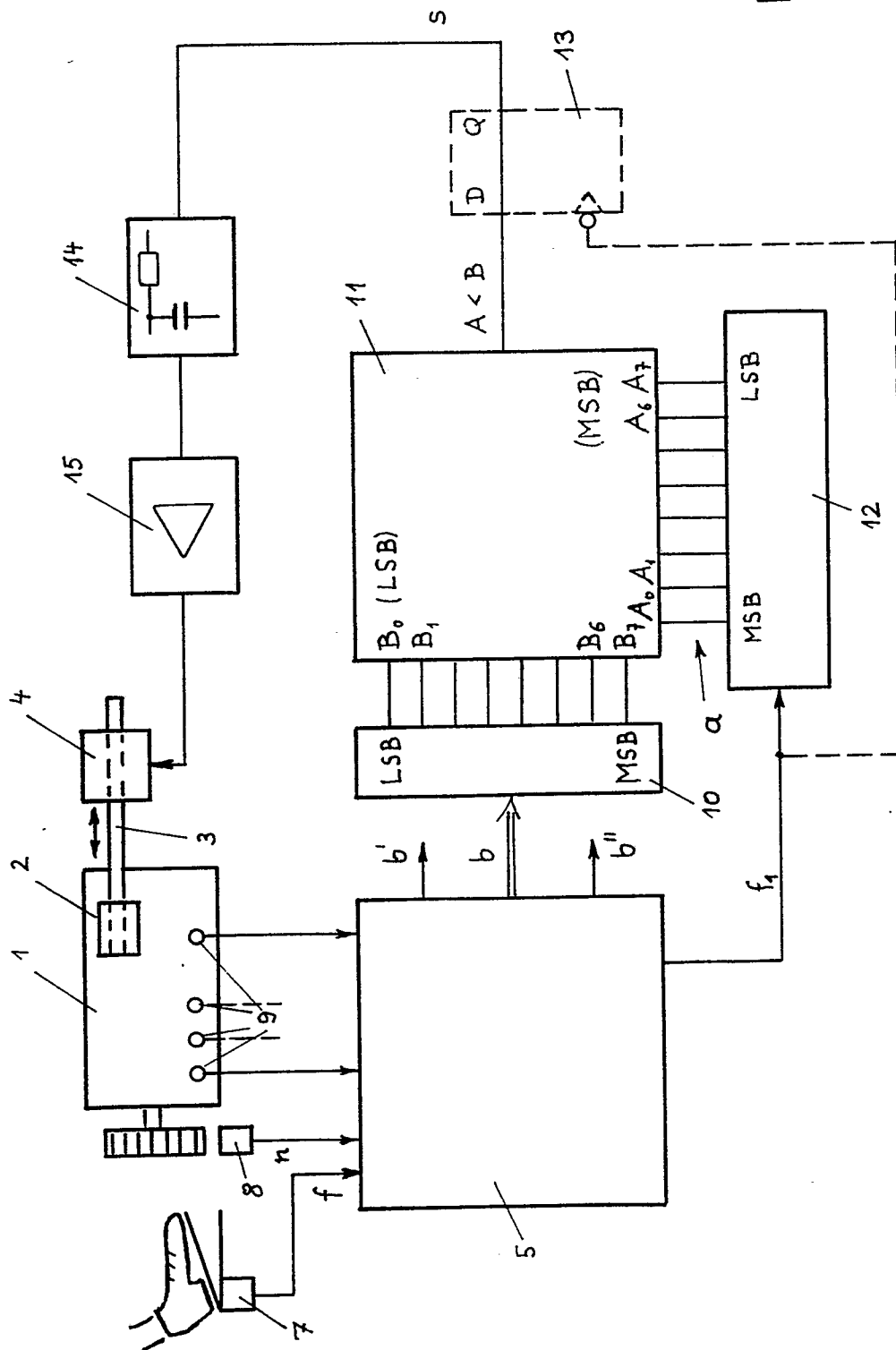


Fig.1

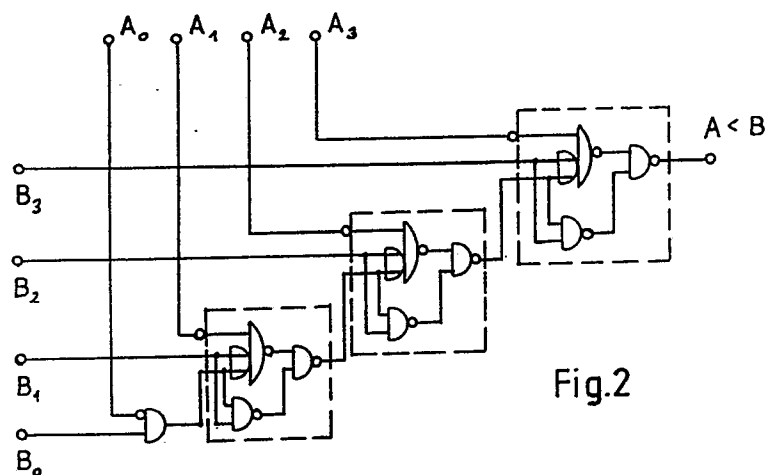


Fig.2

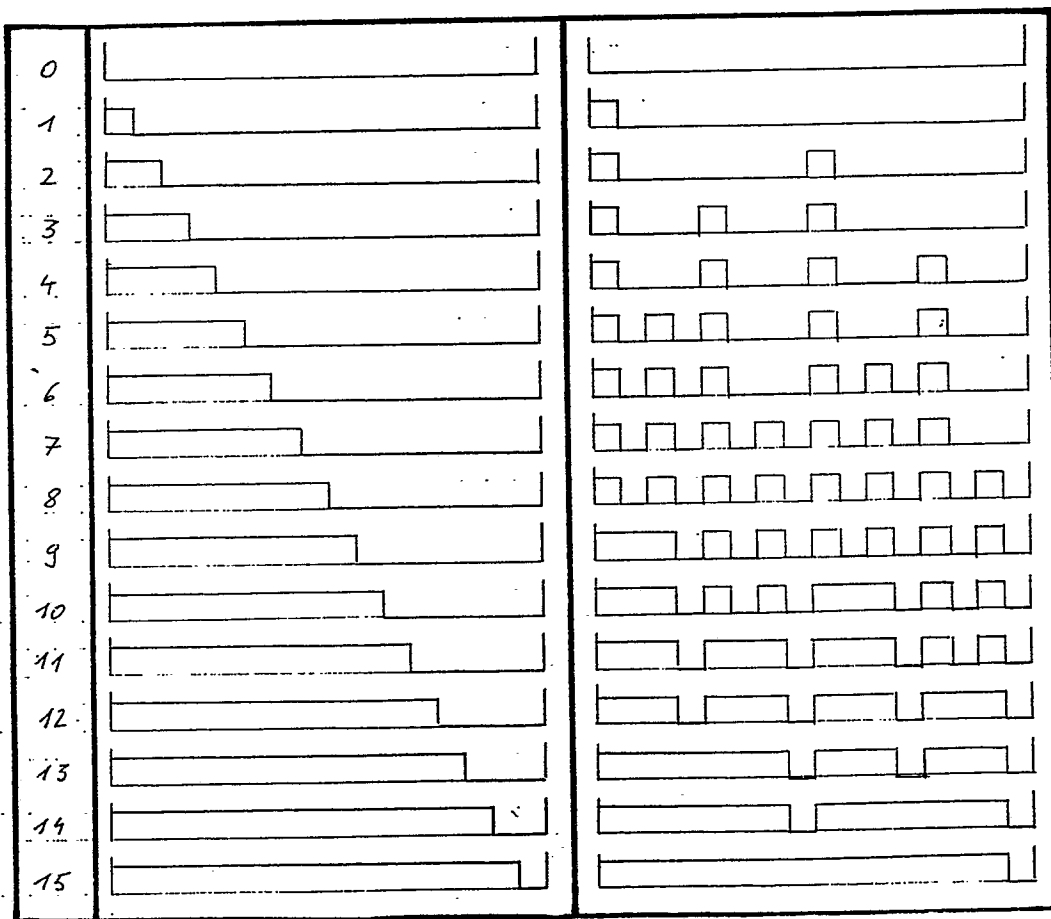


Fig.3a(Stand der Technik)

Fig.3b