

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 489 623**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 16553**

(54) Procédé et dispositif d'amortissement du mouvement de rotation d'un moteur pas à pas.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). H 02 P 8/00.

(22) Date de dépôt ..... 31 août 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : EUA, 3 septembre 1980, n° 183,843.

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 9 du 5-3-1982.

(71) Déposant : Société dite : GOULD INC., résidant aux EUA.

(72) Invention de : Edward J. Reilly.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Lavoix,  
2, place d'Estienne-d'Orves, 75441 Paris Cedex 09.

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de commande d'un moteur pas à pas et elle porte plus particulièrement sur un procédé et un dispositif d'amortissement électrique d'un moteur pas à pas.

5 L'un des principaux problèmes concernant le fonctionnement d'un moteur pas à pas à une vitesse élevée réside dans l'aptitude à arrêter le moteur lorsqu'il arrive à une position finale, avec peu ou pas de dépassement ou d'oscillation du rotor. On trouve dans l'art antérieur un 10 certain nombre de techniques visant à résoudre le problème consistant à amortir effectivement un moteur pas à pas pour parvenir à un temps d'arrêt court. Les deux principaux procédés proposés dans l'art antérieur font appel à la friction mécanique et à l'amortissement électrique.

15 Les dispositifs à friction mécanique réduisent le dépassement mécanique et le bruit audible au moyen d'un couplage entre une masse inertie en rotation et d'un milieu visqueux. On réalise habituellement ceci au moyen de disques ou de tambours couplés en rotation 20 avec une huile aux silicones épaisse. Ces amortisseurs mécaniques doivent être adaptés à un moteur de type particulier et même dans ce cas, ils présentent une limite en ce qui concerne la vitesse maximale d'avance pas à pas, à cause de la charge qui est mise en jeu.

25 L'amortissement électrique a été proposé de deux manières dans l'art antérieur. La première manière proposée consiste à distordre ou à corriger le signal électrique d'attaque afin de ralentir le moteur pendant les parties finales de chaque impulsion d'attaque. Ce procédé est très 30 sensible à la charge, du fait qu'on doit changer le signal d'arrêt ou de ralentissement. Ce procédé nécessite une consommation d'énergie très supérieure et la vitesse maximale d'avance pas à pas est fortement réduite du fait que la période totale d'un pas se trouve partagée entre 35 le mode de rotation et le mode d'arrêt. Le second procédé proposé pour l'amortissement électrique consiste à utiliser le freinage dynamique. On peut utiliser le freinage dynamique pour employer l'effet de charge du générateur

que constitue le moteur en mouvement, afin de réduire le dépassement mécanique qui suit un changement de position d'arrêt. Lorsque le moteur pas à pas effectue un pas, chaque enroulement, qu'il soit excité ou non, produit une tension, par effet de générateur. Le dépassement produit également une tension et cette tension peut être limitée ou mise en court-circuit par des diodes, des résistances ou des combinaisons des deux. Malheureusement, comme la plupart des moteurs polyphasés, les moteurs pas à pas ont un bon couplage entre leurs enroulements, ce qui conduit à une action de transformateur entre les enroulements excités et les enroulement non excités. Une phase de ce couplage est telle qu'un signal d'attaque appliqué à un enroulement est transformé dans un autre enroulement en un signal de polarité similaire à un signal généré dans le second enroulement. Il en résulte que le réseau de diodes ou de résistances limite un signal d'attaque couplé par transformateur, ce qui est à éviter, à cause de l'énergie gaspillée, de la mauvaise réponse du fonctionnement pas à pas, et de la chaleur excessive qui est dissipée à cause de l'enroulement qui est partiellement court-circuité pendant l'excitation du premier enroulement.

L'invention a pour but de réaliser un circuit capable d'améliorer des moyens destinés à assurer un amortissement électrique d'un moteur pas à pas, afin d'éviter tout dépassement ou toute oscillation de part et d'autre de la position finale de la rotation du moteur.

L'invention a également pour but de réaliser un moteur pas à pas fonctionnant de façon plus silencieuse, en n'utilisant aucun signal supplémentaire d'alimentation ou d'ordre appliqué aux enroulements.

L'invention a également pour but de réaliser un circuit d'amortissement plus simplifié qu'il était possible jusqu'à présent, ce circuit utilisant le signal de générateur qui provient d'enroulements quelconques, ou de tous, pour mettre en oeuvre la fonction d'amortissement.

L'invention parvient à atteindre les buts ci-dessus, ainsi que d'autres avantages, grâce à un procédé et un

dispositif destinés à l'amortissement électrique d'un moteur pas à pas. Conformément à l'invention, on court-circuite tous les enroulements du moteur qui ne sont pas excités, juste avant chaque impulsion d'attaque, ce qui force le moteur à fonctionner en générateur en court-circuit juste après que chaque élément mobile a atteint sa position désirée, et l'énergie cinétique qui était dissipée précédemment sous la forme d'un dépassement mécanique et d'un bruit audible est maintenant dissipée dans les éléments de mise en court-circuit et les enroulements du moteur. L'invention fait en sorte que la mise en court-circuit soit supprimée pendant l'impulsion d'attaque, afin d'éviter une dissipation d'énergie excessive.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre de modes de réalisation et en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 représente un circuit d'attaque fondamental pour un demi-pas, de l'art antérieur, pour des moteurs pas à pas;

La figure 2 est un schéma synoptique montrant la structure générale de l'invention ;

La figure 3 est un schéma de circuit représentant un mode de réalisation de l'invention conforme à la structure générale qui est représentée sur la figure 2 ; et

La figure 4 est un schéma de circuit montrant un autre mode de réalisation de l'invention qui est utilisé pour le fonctionnement à grande vitesse d'un moteur pas à pas.

Les numéros de référence identiques désignent des éléments similaires sur les différentes figures.

On va maintenant considérer la figure 1 sur laquelle un circuit de commande de fonctionnement pas à pas fournit des impulsions numériques avec une fréquence de pas pré-déterminée qui détermine finalement la vitesse du moteur pas à pas. Le circuit de commande de fonctionnement pas à pas 10 est connecté à un compteur à décade 12. Le compteur à décade 12 est d'un type dans lequel chaque impulsion numérique reçue à partir du circuit de commande

de fonctionnement pas à pas 10 fait apparaître une impulsion numérique sur une ligne de sortie individuelle du compteur pas à pas 12. Par exemple, dans un compteur pas à pas qui comporte dix lignes de sortie, il faut dix impulsions 5 numériques provenant du circuit de commande de fonctionnement pas à pas 10 pourachever la séquence de comptage. La première impulsion numérique provenant du circuit de commande de fonctionnement pas à pas 10 n'actionne que la première sortie du compteur à décade 12, la seconde impulsion 10 numérique provenant du circuit de commande de fonctionnement pas à pas 10 n'actionne que la seconde sortie du compteur à décade, etc. Le compteur à décade 12 est connecté à une série 15 de dispositifs de commutation 14 qui comprennent des portes NON-OU 16a-16d, des résistances série 18a-18d et des transistors NPN 20a-20d. Les collecteurs des transistors sont connectés aux enroulements individuels 21a-21d qui font partie du moteur pas à pas, et les transistors fonctionnent en interrupteurs. Les autres extrémités des enroulements du moteur pas à pas sont connectées à 20 l'alimentation. Comme le notera l'homme de l'art, le compteur à décade 12 est connecté aux portes NON-OU 16a-16d selon une configuration qui assure la commutation des transistors 20a-20d avec la configuration nécessaire pour attaquer un moteur pas à pas de type caractéristique. Lorsque les 25 transistors 20a-20d sont placés à l'état conducteur, un courant circule dans les enroulements du moteur pas à pas, ce qui alimente ce moteur. Le problème qui se manifeste dans le circuit d'attaque de l'art antérieur qui est représenté sur la figure 1 consiste en ce que les enroulements 30 du moteur pas à pas fonctionnent également en générateur de tension, à cause de la quantité de mouvement du rotor dans le moteur lui-même et du couplage inter-enroulement. Dans un moteur pas à pas de type caractéristique qui est alimenté par une alimentation continue à 5 V, il est 35 possible que les enroulements du moteur pas à pas génèrent des tensions s'élevant jusqu'à 60 V continus. L'invention envisage la mise en court-circuit de tous les enroulements du moteur qui ne sont pas excités, juste après chaque

impulsion d'attaque, afin que le moteur fonctionne en génératrice en court-circuit juste après que l'élément mobile a atteint sa nouvelle position désirée. L'énergie cinétique qui était dissipée précédemment sous la forme 5 d'un dépassement mécanique et d'un bruit audible est maintenant dissipée dans les éléments de mise en court-circuit et les enroulements du moteur.

La figure 2 montre la modification du circuit de l'art antérieur représenté sur la figure 1, et le circuit 10 de commande de fonctionnement pas à pas 10 de la figure 2 est connecté à un circuit séquenceur 12, tel que le 15 compteur à décade qui est représenté sur la figure 1. Le circuit séquenceur 12 est connecté à un premier circuit de commutation 14 qui a été représenté à titre d'exemple sur la figure 1, avec une combinaison de portes NON-OU, de résistances série et de transistors. Le circuit de commutation 14 est ensuite connecté aux enroulements individuels dans la moteur pas à pas. Une série de diodes 22a-22d sont connectées par leurs anodes aux enroulements 21a-21d du 20 moteur pas à pas, du côté auquel est également connecté le premier circuit de commutation 14. Un circuit de commutation sensible à la tension, 24, est connecté du côté des cathodes des diodes 22a-22d. La sortie du circuit de commutation 24 est connectée au côté alimentation des enroulements dans le 25 moteur pas à pas. On peut comprendre le fonctionnement de l'invention en suivant un seul pas de commutation d'un moteur pas à pas. On supposera qu'on désire alimenter l'enroulement 21a dans le moteur pas à pas.

Le premier circuit de commutation 14 commute 30 pratiquement à la masse le côté non alimenté de l'enroulement 21a. Les enroulements non alimentés 21b-21d sont essentiellement dans ce qu'on appelle un mode flottant, c'est-à-dire que le côté non alimenté des enroulements est à une tension égale à celle du côté alimenté des enroulements. Du fait que 35 le moteur pas à pas fonctionne en génératrice de tension à cause du couplage inter-enroulement, les enroulements non excités 21b-21d sont portés à une tension supérieure à la tension d'alimentation. L'énergie cinétique est ainsi

dissipée en dépassement mécanique et en bruit audible. Conformément à l'invention, la tension générée dans les enroulements non excités est transmise au circuit de commutation sensible à la tension, 24, par les diodes respectives 22b-22d, à cause de la polarisation en sens direct de ces diodes. Une fois que la tension générée dépasse un niveau prédéterminé, le circuit de commutation sensible à la tension 24 met en court-circuit le côté non alimenté et le côté alimenté des enroulements non excités, ce qui dissipe l'énergie cinétique dans les enroulements non excités. L'invention envisage de faire entrer en action le circuit de commutation sensible à la tension 24 lorsque le côté non alimenté des enroulements non excités atteint approximativement une tension égale au double de la tension du côté alimenté. Comme on l'a indiqué précédemment, le côté non alimenté des enroulements non excités peut atteindre des tensions s'élevant jusqu'à 60 V dans un moteur pas à pas alimenté sous 5 V. L'invention envisage de limiter ou de court-circuiter cette tension à environ 12 V.

La figure 3 montre un mode de réalisation particulier de l'invention qui comporte le circuit d'attaque de moteur pas à pas de base de la figure 1, avec les diodes 22a-22d et le circuit de commutation sensible à la tension 24. Le circuit de commutation sensible à la tension 24 comprend un thyristor 26 dont l'anode 28 est connectée au côté cathode des diodes 22a-22d et dont le côté cathode 30 est connecté au côté alimenté des enroulements du moteur pas à pas. Deux résistances 32 et 34 sont branchées en série entre l'anode 28 du thyristor 26 et la cathode 30 du thyristor, tandis que la gâchette 36 du thyristor 26 est connectée au point de connexion entre les deux résistances 32 et 34. Les valeurs des résistances 32 et 34 ainsi que le type du thyristor 26 choisi déterminent la tension qui amorce le thyristor 26, comme il est connu. Comme mentionné précédemment, l'invention envisage d'amorcer le thyristor à une tension approximativement égale au double de la tension d'alimentation du moteur

pas à pas. Pour un moteur pas à pas de 5 V tel que le modèle 61 D fabriqué par la firme Superior Electric, on a constaté qu'une valeur de  $22 \text{ k}\Omega$  pour la résistance 32 et une valeur de  $1 \text{ k}\Omega$  pour la résistance 34, en 5 association avec un thyristor 2N5061, sont très satisfaisantes pour limiter la tension générée à une valeur continue de 12 V. L'homme de l'art notera que le circuit de commutation sensible à la tension peut être reproduit pour chaque enroulement individuel d'un moteur pas à pas, ce qui élimine 10 la nécessité des diodes 22a-22d. On pense cependant que l'utilisation d'un seul circuit de commutation sensible à la tension, en association avec les diodes 22a-22d fonctionnant en isolateurs, constitue le meilleur et le moins coûteux des modes de réalisation de l'invention.

15 En considérant maintenant la figure 4, on notera qu'il peut être souhaitable de mettre hors fonction le circuit de commutation sensible à la tension pendant le fonctionnement continu à vitesse élevée du moteur pas à pas, du fait qu'on ne se préoccupe alors pas d'arrêter le 20 moteur à une position donnée quelconque. Il existe un commutateur 38 qui peut être placé dans une première position lorsque le moteur doit fonctionner à vitesse élevée et dans une seconde position lorsque le moteur doit fonctionner à basse vitesse, avec auto-amortissement. Il 25 existe un photocoupleur 40 dont le collecteur est relié à la gâchette du thyristor 26 et dont l'émetteur est connecté à l'alimentation des enroulements dans le moteur pas à pas. Lorsque le commutateur 38 est placé sur la position à vitesse élevée, le thyristor 26 est pratiquement 30 mis hors fonction, ce qui fait que le circuit de commutation sensible à la tension 24 ne peut pas limiter la tension du côté non alimenté des enroulements individuels du moteur pas à pas. Lorsque le commutateur 38 est placé dans la position à faible vitesse, le circuit de commutation 35 sensible à la tension 24 est mis en fonction, ce qui permet la limitation ou la mise en court-circuit automatique du côté non alimenté des enroulements non excités du moteur pas à pas.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au dispositif et au procédé décrits et représentés, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'amortissement du mouvement de rotation d'un moteur pas à pas du type comportant des enroulements de moteur individuels (21a-21d) présentant 5 un couplage inter-enroulement, l'un des côtés de chaque enroulement étant alimenté de façon continue tandis que l'autre côté n'est pas alimenté mais est connecté à un dispositif de commutation (14), ce dispositif de commutation faisant circuler un courant dans les enroulements 10 lorsqu'il est dans un premier état et ne faisant pas circuler de courant dans les enroulements lorsqu'il est dans un état différent, caractérisé en ce que : (a) on détecte les tensions du côté non alimenté de chacun des enroulement ; (b) on détecte la tension du côté alimenté 15 des enroulements ; (c) on compare les tensions détectées entre chacun des côtés non alimentés des enroulements et le côté alimenté des enroulements; et (d) on court-circuite le côté non alimenté de chacun des enroulements et le côté alimenté de ces enroulements lorsque la tension du 20 côté non alimenté dépasse une certaine valeur prédéterminée supérieure à la tension du côté alimenté.

2. Procédé d'amortissement du mouvement de rotation d'un moteur pas à pas du type comportant des enroulements de moteur individuels (21a-21d) présentant 25 un couplage inter-enroulement, l'un des côtés de chaque enroulement étant alimenté de façon continue tandis que l'autre côté n'est pas alimenté mais est connecté à un dispositif de commutation (14), ce dispositif de commutation faisant circuler un courant dans les enroulements 30 lorsqu'il est dans un premier état et ne faisant pas circuler de courant dans les enroulements lorsqu'il est dans un état différent, caractérisé en ce que : (a) on isole électriquement le côté non alimenté de chacun des enroulements ; (b) on détecte toutes les tension des côtés 35 non alimentés et isolés des enroulements ; (c) on détecte la tension des côtés alimentés des enroulements ; (d) on compare les tensions de tous les côtés non alimentés des enroulements et la tension du côté alimenté des enroulements ;

et (e) on court-circuite la tension présente sur tous les côtés non alimentés des enroulements en reliant ces côtés au côté alimenté des enroulements quand l'une quelconque des tensions du côté non alimenté dépasse une certaine valeur prédéterminée supérieure à la tension du côté alimenté.

Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la mise en court-circuit se produit lorsque la tension sur le côté non alimenté est égale au double de la tension du côté alimenté.

10 4. Dispositif d'amortissement électrique destiné à être utilisé avec des moteurs pas à pas du type comportant des enroulements de moteur individuels (21a-21d) présentant un couplage inter-enroulement, un côté des enroulements étant alimenté de façon continue tandis que l'autre côté 15 n'est pas alimenté mais est connecté à un dispositif de commutation (14), ce dispositif de commutation faisant circuler un courant dans les enroulements lorsqu'il est dans un premier état et ne faisant circuler aucun courant dans les enroulements lorsqu'il est dans un état différent, 20 caractérisé en ce qu'il comprend : des moyens (24) destinés à détecter individuellement les tensions des côtés non alimentés des enroulements ; des moyens (24) destinés à détecter la tension du côté alimenté des enroulements ; et des moyens (24) qui court-circuitent individuellement 25 la tension présente sur chacun des côtés non alimentés des enroulements, en reliant ces côtés au côté alimenté de l'enroulement, chaque fois que la tension du côté non alimenté d'un enroulement individuel dépasse une valeur prédéterminée supérieure à la tension du côté alimenté 30 de cet enroulement.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que les moyens qui détectent individuellement les tensions des côtés non alimentés des enroulements, les moyens qui détectent la tension du côté alimenté des 35 enroulements et les moyens qui court-circuitent individuellement la tension de chacun des côtés non alimentés des enroulements, en reliant ces côtés au côté alimenté de l'enroulement, chaque fois que la tension du côté

non alimenté d'un enroulement individuel dépasse une valeur prédéterminée supérieure à la tension du côté alimenté de cet enroulement, consistent en un thyristor (26).

5       6. Dispositif d'amortissement électrique destiné à être utilisé avec des moteurs pas à pas du type comportant des enroulements de moteur individuels (21a-21d) présentant un couplage inter-enroulement, un côté des enroulements étant alimenté de façon continue tandis que l'autre côté 10 n'est pas alimenté mais est connecté à un dispositif de commutation (14), ce dispositif de commutation faisant circuler un courant dans les enroulements lorsqu'il est dans un premier état et ne faisant circuler aucun courant dans les enroulements lorsqu'il est dans un état différent, 15 caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (22a-22d) destinés à isoler électriquement chacun des côtés non alimentés des enroulements ; des moyens (24) destinés à détecter collectivement les tensions des côtés non alimentés des enroulement, par l'intermédiaire des moyens d'isolation ; 20 et des moyens (24) destinés à court-circuiter toutes les tensions présentes sur les côtés non alimentés des enroulements, par l'intermédiaire des moyens d'isolation, lorsque la tension sur le côté non alimenté de l'un quelconque des enroulements dépasse une valeur prédéterminée 25 supérieure à la tension du côté alimenté.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens de détection et les moyens de mise en court-circuit consistent en un thyristor (26).

8. Dispositif selon l'une quelconque des 30 revendications 6 ou 7, caractérisé en ce que la mise en court-circuit se produit lorsque la tension du côté non alimenté est égale au double de la tension du côté alimenté.

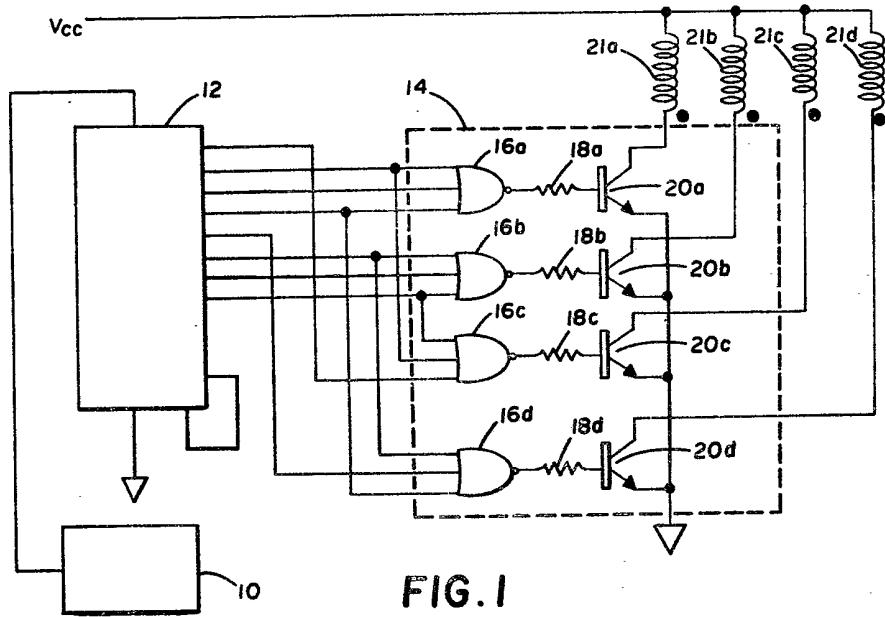


FIG. 1

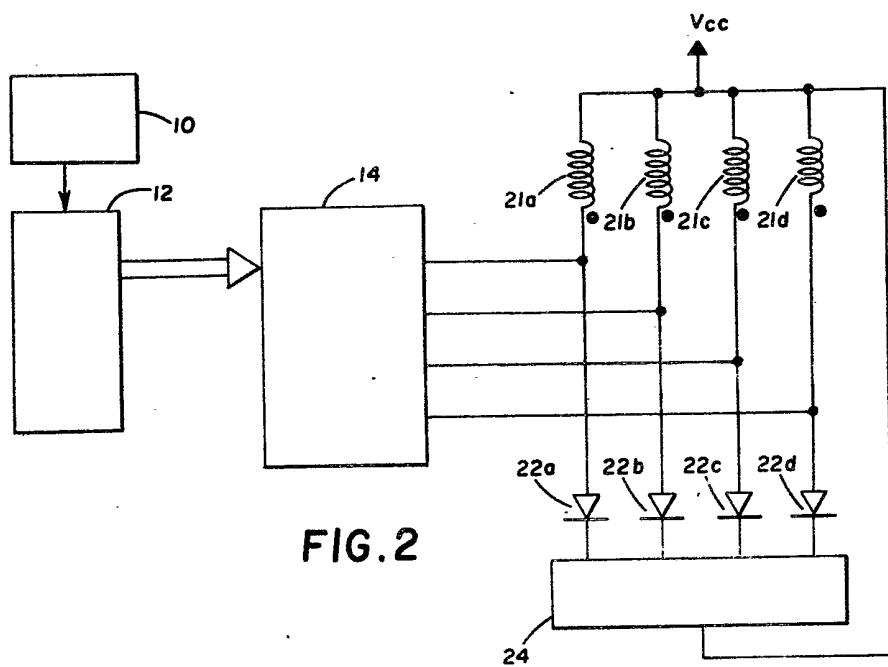


FIG. 2

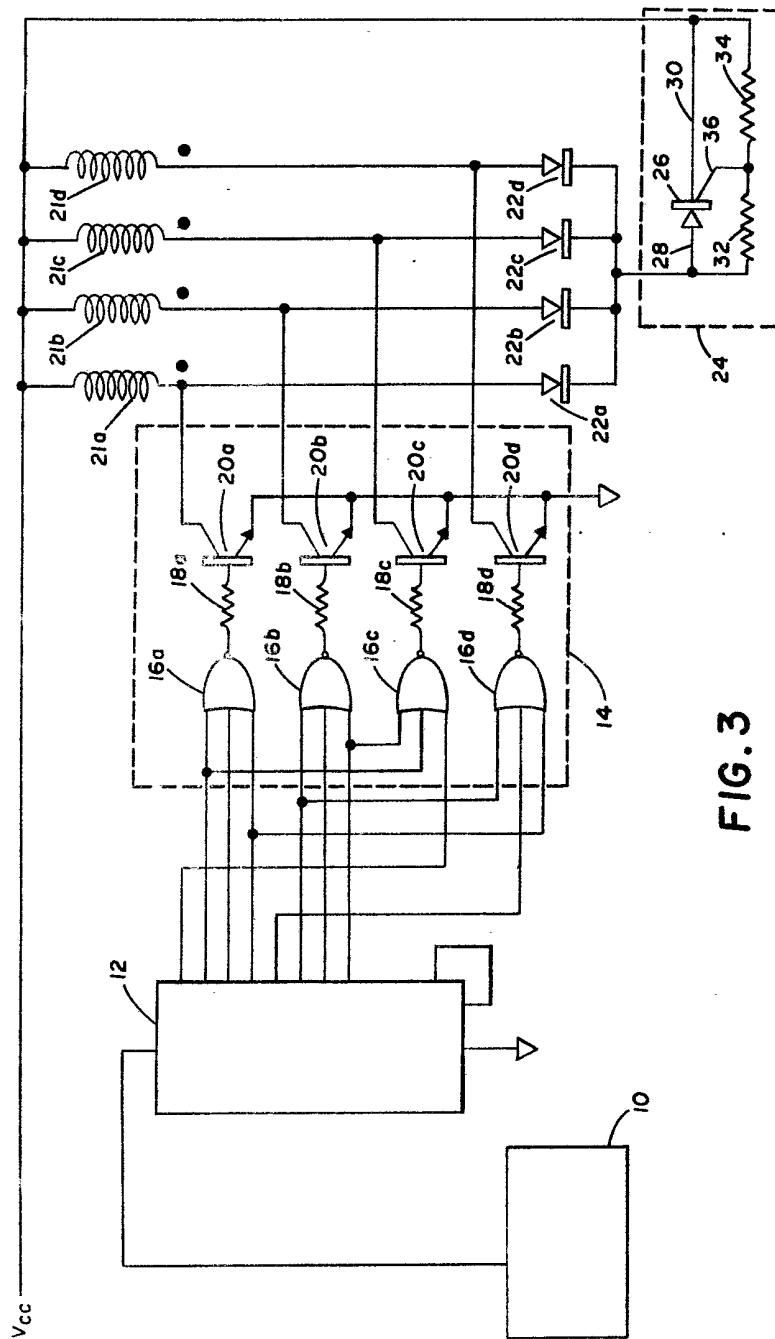


FIG. 3

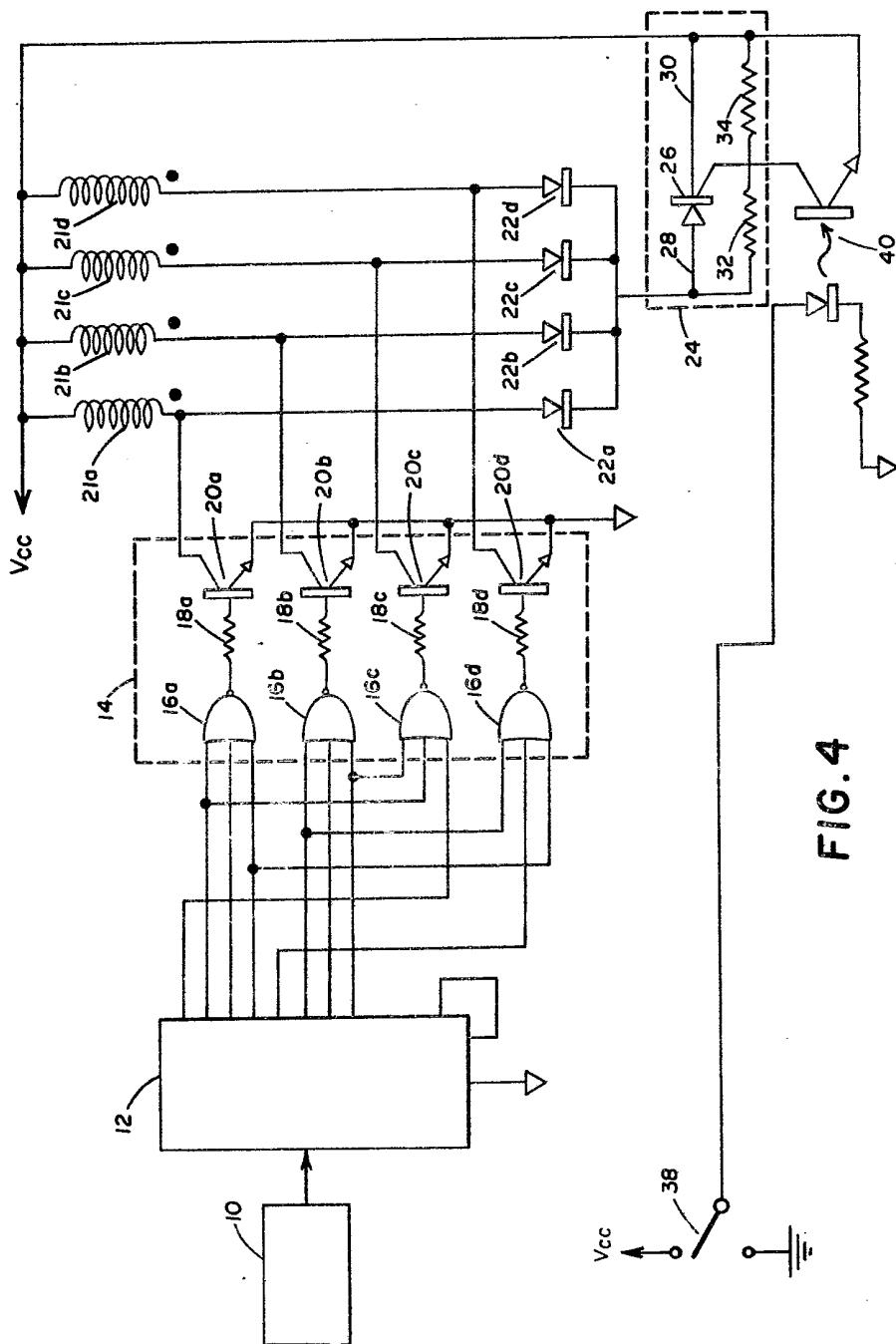


FIG. 4