

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt: 80401409.0

⑤① Int. Cl.³: **F 02 D 5/02**

㉔ Date de dépôt: 03.10.80

③① Priorité: 19.10.79 **FR 7926045**

⑦① Demandeur: "**GROUPEMENT D'INTERET ECONOMIQUE DE RECHERCHES ET DE DEVELOPPEMENT PSA**", 75, Avenue de la Grande Armée, F-75016 Paris (FR)

④③ Date de publication de la demande: 06.05.81
Bulletin 81/18

⑦② Inventeur: **Planteline, Pierre**, "**THOMSON-CSF**" - SCPI 173, Bld Haussmann, F-75360 Paris Cedex 08 (FR)
Inventeur: **Machetel, Roger**, "**THOMSON-CSF**" - SCPI 173, Bld Haussmann, F-75360 Paris Cedex 08 (FR)

⑧④ Etats contractants désignés: **DE GB IT SE**

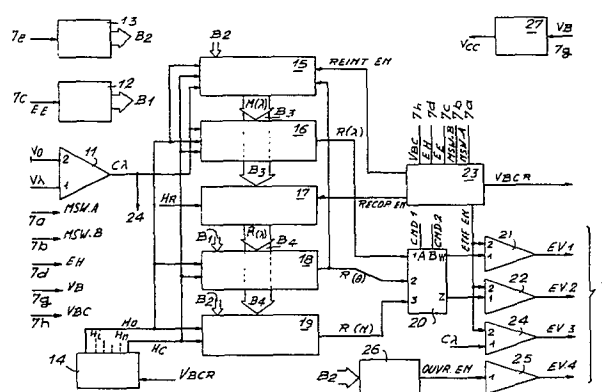
⑦④ Mandataire: **Letellier, Bernard et al**, "**THOMSON-CSF**" SCPI 173, Bld Haussmann, F-75360 Paris Cedex 08 (FR)

⑤④ **Contrôleur électronique de régulation du rapport air/carburant du mélange fourni à un moteur à combustion interne.**

⑤⑦ Contrôleur électronique, du type numérique, pour moteur muni d'une sonde à oxygène disposée sur le trajet d'échappement des gaz et d'un carburateur équipé d'électrovannes de réglage du débit de carburant.

Ce contrôleur comprend: des circuits numériques (15, 16, 18, 19) de régulation en boucle fermée et en boucle ouverte incluant une mémoire numérique (17) dans laquelle la valeur de réglage du carburateur est stockée en permanence, un circuit logique de contrôle (23) des modes de fonctionnement, une pluralité d'amplificateurs de commande (21, 22, 24 et 25), des électrovannes du carburateur.

Ce contrôleur permet de réduire le taux de pollution des moteurs automobiles.



CONTROLEUR ELECTRONIQUE DE REGULATION DU RAPPORT
AIR/CARBURANT DU MELANGE FOURNI A UN MOTEUR A
COMBUSTION INTERNE.

L'invention se rapporte aux systèmes d'alimentation en carburant des moteurs à combustion interne; elle concerne un contrôleur électronique de régulation du rapport air/carburant du mélange admis dans les cylindres
5 du moteur, et plus précisément un tel contrôleur utilisant le signal de sortie d'une sonde à oxygène disposée sur le trajet d'échappement des gaz brûlés.

La figure 1 montre les proportions relatives des principaux constituants des gaz brûlés à la sortie d'un
10 moteur à combustion interne en fonction du rapport air/carburant (A/C) du mélange carburé admis dans les cylindres de ce moteur, les constituants particulièrement nocifs étant les hydrocarbures (HC), le monoxyde de carbone (CO) et les oxydes nitriques (NO_x).

15 A l'examen de cette figure, on voit que le taux de pollution d'un moteur se réduit lorsque celui-ci est alimenté par un mélange pauvre, c'est-à-dire dont le rapport A/C est supérieur à 15 : 1 correspondant au rapport stoechiométrique indiqué par la ligne verticale pointillée.
20 Il est connu que l'émission de CO diminue lorsque le rapport A/C croît du fait de l'excès d'oxygène qui assure une combustion plus parfaite du mélange carburé. Dans la pratique à cause du mélange imparfait air/carburant et de la courte durée de combustion, un excès d'air au-dessus
25 du rapport A/C stoechiométrique s'avère nécessaire. Toutefois, un rapport A/C supérieur à 18:1 constitue une limite supérieure car, pour diverses raisons, l'émission de HC croît à nouveau, l'ignition du mélange s'avère critique,

la puissance fournie par le moteur est plus faible et la consommation spécifique augmente. Alors, pour satisfaire aux Normes de pollution actuellement en vigueur et, pour le futur, en cours d'élaboration, on est conduit à prendre 5 des mesures complémentaires qui consistent généralement à détruire les agents nocifs résiduels à l'extérieur du moteur, dans des réacteurs catalytiques ou non catalytiques. Il résulte de ce qui vient d'être exposé que, pour réduire le taux de pollution des véhicules automobiles à des valeurs 10 faibles, le rapport A/C du mélange carburé admis dans les cylindres du moteur doit demeurer dans des limites étroites correspondant à un mélange plutôt pauvre, et que, pour disposer d'une conduite souple, dans le sens d'agréable, il faut accroître la richesse du mélange carburé pour certains 15 régimes d'utilisation du moteur.

Dans un système de carburation classique, il n'est pas possible de contrôler le rapport A/C du mélange carburé avec la précision suffisante, compte tenu des dispersions de fabrication, des usures inévitables et des variations 20 des conditions de fonctionnement, notamment la température du moteur, la pression ambiante, etc ... Aussi a-t-on déjà proposé des contrôleurs électroniques de carburation qui utilisent le signal électrique de sortie d'une sonde à oxygène placée sur le trajet des gaz d'échappement 25 du moteur pour agir sur les débits de carburant fournis au carburateur. Pour obtenir de faibles émissions de CO et de HC, il est nécessaire d'opérer avec des valeurs du rapport A/C de l'ordre de 16:1 à 18:1 qui correspondent aussi à une faible consommation spécifique, mais ne permettent pas de tirer la puissance maximale du moteur et 30 d'assurer une inflammation adéquate du mélange lorsque la température du moteur est basse.

Un mélange carburé pauvre est satisfaisant lorsque la température du moteur est établie, sa vitesse de rota-

tion moyenne et sa charge pas trop importante ; à l'inverse, pendant la phase de démarrage du moteur, les régimes de fonctionnement à charge élevée et lors des demandes d'accélération un mélange riche s'avère nécessaire. Les contrôleurs électroniques de carburation connus opèrent en boucle fermée lorsque la température du moteur est suffisamment élevée et la charge moyenne ; ils commutent sur un mode en boucle ouverte lors des demandes d'accélération ou des charges élevées, de façon à opérer comme un système de carburation classique ; une telle solution est loin d'être satisfaisante puisque l'on perd instantanément la correction automatique apportée par le contrôleur en boucle fermée.

Dans le but de remédier au défaut des contrôleurs de carburateurs précités, il a été proposé, dans la demande de brevet français n° 77.39842, un contrôleur du type analogique comprenant des moyens de mémorisation permettant de mémoriser la valeur du réglage du carburateur en boucle fermée, et alors de régler le carburateur, en boucle ouverte, à partir de cette valeur de réglage mémorisée augmentée d'une quantité fonction de la température du moteur.

L'objet de l'invention est un contrôleur électronique, du type numérique, de régulation du rapport A/C du mélange admis dans les cylindres d'un moteur à combustion interne, ce moteur étant muni : d'une sonde à oxygène disposée sur le trajet d'échappement des gaz brûlés, de capteurs de température, de charge et de vitesse de rotation, d'au moins un dispositif d'alimentation en carburant, le débit duquel peut être réglé par une électrovanne commandée selon un cycle d'ouverture/fermeture, ce contrôleur comprenant des circuits de régulation en boucle fermée et des circuits de régulation en boucle ouverte, les modes de fonctionnement de ces circuits de régulation étant régis par les conditions d'utilisation du moteur.

Selon l'invention, les circuits de régulation en boucle fermée comprennent, connectés en série, un intégrateur numérique muni d'un moyen de réinitialisation et un premier modulateur numérique du cycle d'ouverture/fermeture de l'électrovanne, les circuits de régulation en boucle ouverte comprennent une mémoire numérique munie d'un moyen de filtrage et de recopie du contenu de l'intégrateur numérique et un second modulateur numérique du cycle d'ouverture/fermeture de l'électrovanne, ce second modulateur comportant un moyen de réglage de la sensibilité en fonction d'un paramètre de fonctionnement du moteur, tel que la température de celui-ci et une sortie reliée à l'entrée du moyen de réinitialisation de l'intégrateur numérique.

15 Un autre objet de l'invention est un contrôleur électronique du type numérique dans lequel l'intégrateur numérique comporte un moyen permettant de verrouiller celui-ci aux limites extrêmes.

Un autre objet de l'invention est un contrôleur électronique du type numérique dans lequel l'intégrateur numérique comporte un moyen de forçage des directions du comptage.

Un autre objet de l'invention est un contrôleur électronique du type numérique comprenant un modulateur numérique du cycle d'ouverture/fermeture dont la sensibilité, ou facteur d'échelle, peut être multipliée en fonction de la grandeur d'un paramètre du moteur, tel que la température ou la vitesse de rotation du moteur.

D'autres caractéristiques apparaîtront dans la description détaillée qui va suivre, faite en regard des dessins annexés qui représentent un mode de réalisation d'un contrôleur selon l'invention; sur ces dessins :

- la Figure 1 représente les proportions relatives des principaux constituants des gaz d'échappement, en fonction du rapport A/C du mélange carburé,

35

- la Figure 2 représente, sous la forme d'un schéma synop-
tique, un système de carburation pour moteur à combustion
interne équipé d'un carburateur régulé électroniquement,
- la Figure 3a représente, selon une vue en coupe, une
5 sonde à oxygène d'un type connu,
- la Figure 3b représente la caractéristique de la tension
de sortie d'une sonde à oxygène telle que représentée
sur la figure 3a,
- la Figure 4 représente, sous la forme d'un schéma simpli-
10 fié, un carburateur du type COMPOUND,
- la Figure 5a représente, sous la forme d'un diagramme, les
différentes zones de température du moteur,
- la Figure 5b représente, sous la forme d'un tableau, les
différentes zones de charge du moteur,
- 15 - la Figure 6 représente, sous la forme d'un schéma synop-
tique, la structure de base d'un contrôleur électronique
de carburation selon l'invention,
- la Figure 7a représente, sous la forme de chronogrammes,
les formes d'ondes des signaux d'horloge H_o et H_c ,
- 20 - la Figure 7b représente, sous la forme d'un chronogramme,
la forme d'onde du signal de sortie $C\lambda$ en regard du si-
gnal $M(\lambda)$,
- la Fig. 7c représente un chronogramme des signaux de sor-
tie $R(\lambda)$ ou $R(\theta)$ ou $R(N)$ des modulateurs numériques
25 de durée,
- la Figure 7d représente un chronogramme de la valeur du
RCO du signal de sortie $R(\lambda)$ en regard du signal de
sortie $C\lambda$ du comparateur de niveau,
- la Figure 8a représente, sous la forme d'un schéma synop-
30 tique, un mode de réalisation du convertisseur A/N four-
nissant un signal numérique représentatif de la vitesse
de rotation du moteur,
- la Figure 9 représente, sous la forme d'un schéma synop-
tique, un mode de réalisation du circuit logique de con-

trôle des modes de fonctionnement du contrôleur,

- la Figure 10 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation du circuit de traitement des signaux MSW-A et MSW-B,
- 5 - la Figure 11 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation du circuit d'élaboration des signaux représentatifs des plages de température de l'eau du moteur,
- la Figure 12a représente, sous la forme d'un schéma élec-
- 10 trique, un mode de réalisation du circuit de traitement du signal de sortie V_{BC} de la clé de contact du moteur,
- la figure 12b représente les chronogrammes des principaux signaux associés au circuit de traitement de la figure 12a,
- 15 - la figure 13a représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation du multiplexeur et des circuits logiques associés aux amplificateurs de commande des électrovannes,
- la figure 13b représente, sous une forme tabulaire, les
- 20 liaisons entre les entrées et les sorties du multiplexeur,
- la figure 14 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation d'un amplificateur de commande pour électrovanne,
- 25 - la figure 15 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation de l'intégrateur numérique,
- la figure 16a représente, sous la forme d'un schéma synoptique, la structure de base d'un modulateur numérique de durée,
- 30 - la figure 16b représente les chronogrammes des principaux signaux associés au modulateur numérique de la figure 16a,
- la figure 17a représente, sous la forme d'un schéma

- synoptique, un mode de réalisation du modulateur de durée fournissant le signal $R(\lambda)$,
- la Figure 17b représente les chronogrammes des principaux signaux associés au modulateur de la figure 17a,
- 5- la Figure 18 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation du modulateur de durée fournissant le signal $R(\theta)$,
- la Figure 19 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation du modulateur de
- 10 durée fournissant le signal $R(N)$,
- la figure 20a représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation de la mémoire numérique,
 - la Figure 20b représente, sous la forme d'un schéma
- 15 électrique, un mode de réalisation du circuit fournissant le signal INIT.EN autorisant l'initialisation de la mémoire numérique,
- la Figure 21 représente, sous une forme synoptique, un mode de réalisation du circuit de butée supérieure,
- 20- la Figure 22 représente, sous une forme synoptique, un mode de réalisation du circuit de butée inférieur,
- la Figure 23 représente, sous une forme synoptique, un mode de réalisation du circuit d'asymétrie de la boucle,
 - la Figure 24 représente, sous une forme synoptique, un
- 25 mode de réalisation du circuit de retard à l'appauvrissement.

Le contrôleur qui sera décrit maintenant, de façon détaillée, appartient à la classe des servomécanismes du type proportionnel-intégral à retard variable, ce retard

30 résultant du délai entre l'instant d'admission du mélange carburé et l'instant d'échappement du mélange brûlé, ce délai étant inversement proportionnel à la vitesse de rotation du moteur.



La figure 2 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un système de carburation pour moteur à combustion interne équipé d'un carburateur régulé électroniquement ; ce système comprend les éléments suivants :

- 5 - un bloc moteur 1, comportant notamment : le collecteur d'admission 2 du mélange carburé, le collecteur d'échappement 3 des gaz brûlés et, généralement, des senseurs de température de l'eau de refroidissement et de l'huile de lubrification, ces senseurs de température n'étant
10 pas représentés sur cette figure.
- un carburateur 4, muni de ses accessoires tels que le filtre à air, la pompe d'alimentation en carburant, etc ..., ce carburateur, qui peut être d'un type connu, comporte des moyens électromécaniques, identifiés par
15 la référence E.Vs permettant de faire varier le débit des fluides; par exemple, ces moyens électromécaniques peuvent être constitués par des électrovannes opérant avantageusement selon un mode "tout ou rien". Il peut comporter aussi des senseurs de pression permettant de
20 connaître les grandeurs de la dépression dans les tubulures d'admission, ces grandeurs étant représentatives de la charge du moteur,
- un senseur d'oxygène 5, appelé couramment sonde λ (λ), cette sonde est disposée directement sur la tubulure
25 d'échappement 3a qui fait suite au collecteur d'échappement 3 ; elle fournit un signal de sortie V_{λ} représentatif du rapport A/C du mélange carburé,
- un contrôleur électronique 6, qui peut opérer sur divers modes de fonctionnement, notamment un mode de régulation
30 en boucle fermée, un mode de commande en boucle ouverte et, éventuellement, un mode hybride de régulation/commande, ces modes de fonctionnement étant régis par les conditions d'utilisation du moteur. Le contrôleur reçoit,

d'une part, sur la liaison 7f, le signal d'entrée V_{λ} fourni par la sonde à oxygène 5, les signaux fournis par les différents senseurs du moteur, par exemple : sur les liaisons 7a et 7b, des signaux fournis par les senseurs de pression; sur la liaison 7c, un signal fourni par le senseur de température de l'eau de refroidissement, sur la liaison 7d, un signal fourni par le senseur de température de l'huile de lubrification, sur la liaison 7e, un signal représentatif de la vitesse de rotation du moteur et, d'autre part, de la source d'énergie électrique des véhicules, directement sur la liaison 7g, une tension V_B et, indirectement sur la liaison 7h, à travers un interrupteur 8, ou clé de contact, une tension V_{BC} ; le contrôleur délivre sur la liaison 9, des signaux électriques de commande des électrovannes EV_s ,

- un ou des convertisseurs 10, catalytiques ou non, disposés en série avec la tubulure d'échappement 3a, la fonction de ces convertisseurs étant de compléter l'action du contrôleur, afin de réduire les niveaux d'émission des agents nocifs aux valeurs extrêmement faibles imposées par les Normes d'antipollution considérées.

La figure 3a représente, selon une vue en coupe, une sonde à oxygène d'un type connu, cette sonde comprend un élément actif 5a en dioxyde de Zirconium ZrO_2 dont les faces 5b, interne et externe sont revêtues d'une pellicule de platine. Cet élément actif est protégé de l'abrasion directe des gaz d'échappement par un capot externe 5c muni d'ouvertures permettant aux gaz d'échappement d'atteindre la partie sensible. Lorsque l'élément actif est porté à une température suffisante, le dioxyde de zirconium et le platine agissent comme une cellule électrochimique ; l'impédance interne, la tension de sortie V_{λ}

et le temps de réponse de cette cellule sont fonction de la température.

La figure 3b représente la caractéristique tension de sortie V_{λ} /rapport A/C du mélange ; un signal V_{λ} de très faible niveau est généré lorsque le rapport A/C est pauvre, c'est-à-dire inférieur à la valeur stoechiométrique; lorsque le rapport A/C est riche, le signal V_{λ} atteint une valeur de l'ordre du volt, c'est cette caractéristique abrupte qui est exploitée pour maintenir, en boucle fermée, la valeur du rapport A/C au voisinage de la valeur stoechiométrique. Avec ce type de sonde, il est nécessaire de prévoir, dans le contrôleur, des moyens de temporisation, au démarrage du véhicule, tant que la sonde n'a pas atteint sa température de fonctionnement.

La figure 4 représente, sous la forme d'un schéma simplifié, un carburateur 4 du type "COMPOUND", encore appelé carburateur étagé, ce carburateur comporte une entrée d'air 40 et une sortie 41 du mélange carburé, entre lesquels sont disposées deux chambres de carburation : une première chambre 42a et une seconde chambre 42b à l'intérieur desquelles sont placés respectivement les papillons 43a et 43b accouplés mécaniquement de telle façon que, lorsque l'on appuie sur la pédale d'accélération, le papillon 43b ne s'ouvre que lorsque le papillon 43a est presque totalement ouvert. Il en résulte qu'au début de la course de la pédale d'accélération, seule la première chambre de carburation fonctionnera, puis progressivement la seconde chambre entrera en action conjointement avec la première chambre.

Les chambres de carburation sont alimentées en carburant par l'intermédiaire des différents gicleurs dont les débits sont contrôlés par les électrovannes suivants : les électrovannes EV1 des gicleurs de ralenti

44a et 44b, les électrovannes EV2 des gicleurs principaux
45a et 45b, les électrovannes EV3 des enrichisseurs 46a
et 46b. D'autre part, une électrovanne EV4 permet d'action-
ner l'ouvreur 47 du papillon 43a disposé dans la première
5 chambre de carburation. Enfin, deux capteurs de dépression
47a et 47b, constitués par des microrupteurs MSW-A et
MSW-B indiquent les régimes de charges du moteur.

Une électrovanne est constituée par une soupape
électromagnétique commandée par un signal électrique, en
10 général on utilisera des électrovannes du type "ouvert
ou fermé", l'état ouvert correspondant à l'absence de cou-
rant électrique traversant. Pour contrôler, de manière
continue, le débit du fluide, de telles électrovannes doivent
être commandées, à partir de signaux carrés périodiques,
15 par leur rapport cyclique d'ouverture (RCO); c'est le cas
notamment pour les électrovannes EV1 et EV2, associées
aux gicleurs, à l'inverse les électrovannes EV3 et EV4
peuvent être commandées par des signaux continus. Du fait
que l'absence de courant traversant une électrovanne cor-
20 respond à un débit maximal de fluide, il peut s'avérer
nécessaire, dans le but d'éliminer le phénomène d'auto-
allumage, de prévoir des moyens spécifiques permettant
de maintenir l'électrovanne en position fermée, pendant
quelques secondes après avoir ouvert le contact 8. Cette
25 considération s'applique pour les électrovannes EV1, EV2 et
EV3. A cet effet, le contrôleur 6 élabore un signal d'étouf-
fement dès que l'on tourne la clé de contact sur la posi-
tion arrêt.

ZONES DE TEMPERATURE DU MOTEUR.

30 Les températures du moteur sont définies par la
température de l'huile de lubrification et la température
de l'eau de refroidissement.

La température de l'huile peut être donnée par un
thermocontact, réglé à une température θ_H , qui fournit



un signal électrique E_H à un niveau haut lorsque la température de l'huile est supérieure à la valeur θ_H et complé-
mentairement au niveau bas lorsque la température de l'huile
est inférieure à la valeur θ_H , ce signal électrique E_H est
5 disponible sur la liaison 7d.

La température de l'eau de refroidissement peut
être donnée par une sonde de température qui fournit un
signal électrique E_F représentatif de la température de
l'eau ; ce signal électrique est disponible sur la liai-
10 son 7c. Trois domaines de température de l'eau seront con-
sidérés :

- a) très froid : inférieur à une valeur θ_F ,
- b) froid : comprise entre cette valeur θ_F et une
valeur supérieure θ_C ,
- 15 c) chaud : supérieure à cette valeur θ_C .

On peut alors, en considérant les températures
d'huile et d'eau, définir trois zones de température du
moteur, illustrées sur la figure 5a :

- Zone 1 : $\bar{\theta}_F$ ou $(\theta_F \cdot \bar{\theta}_C \cdot \bar{\theta}_H)$
- 20 Zone 2 : $\theta_F \cdot \bar{\theta}_C \cdot \theta_H$
- Zone 3 : θ_C

Lorsque la température du moteur se situe dans la
zone 1, le contrôleur opère toujours en boucle ouverte;
lorsque la température du moteur se situe dans la zone 3,
25 le contrôleur est autorisé à opérer en boucle fermée.

ZONES DE CHARGES DU MOTEUR.

La charge du moteur est indiquée par l'état des
microrupteurs MSW-A et MSW.B associés respectivement aux
première et seconde chambres de carburation. On peut alors,
30 en considérant les états de ces deux microrupteurs, définir
quatre zones de charge du moteur :

Zone A : ralenti $(\overline{MSW.A}).(MSW.B)$

Zone B : moyenne $(MSW.A).(MSW.B)$

Zone C : forte $(MSW.A).(\overline{MSW.B})$

Zone D : maximale $(\overline{MSW.A}).(\overline{MSW.B})$

5 illustrées sur la figure 5b.

STRUCTURE DU CONTRÔLEUR.

La figure 6 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, la structure de base d'un contrôleur électronique de carburation 6.

10 Dans ce qui suit, on supposera que ce contrôleur opère à partir d'une sonde λ , comme décrit sur la figure 3a et qu'il est associé à un carburateur du type illustré sur la figure 4. Ce contrôleur comprend les éléments suivants :

15 - un comparateur de niveau 11, avantageusement du type à hystérésis, qui comporte : une première entrée qui reçoit le signal de sortie $V\lambda$ fourni par la sonde λ 5 placée sur le trajet d'échappement des gaz brûlés, et une seconde entrée reliée à une source de tension continue fixe V_0 ;

20 ce comparateur délivre un signal de sortie $C\lambda$ à deux états : un état au niveau haut lorsque le rapport A/C est pauvre et un état au niveau bas lorsque le rapport A/C est riche,

- un premier convertisseur analogique/numérique (A/N) 12 ;
25 l'entrée de ce convertisseur reçoit, par la liaison 7C, un signal électrique continu E_E représentatif de la température θ de l'eau de refroidissement du moteur, ce convertisseur 12 délivre sur une ligne omnibus B1 (bus en abrégé) une donnée numérique représentative de la température de l'eau du moteur,

- un second convertisseur A/N 13, l'entrée de ce convertisseur reçoit un signal E_N en impulsions, dont la fréquence de récurrence est proportionnelle à la vitesse de rotation

N du moteur, ce convertisseur délivre, sur un bus B2, une donnée numérique représentative de la vitesse de rotation N du moteur,

- un générateur 14 de signaux d'horloge, ce générateur incluant : une horloge pilote, des circuits diviseurs de fréquence et un moyen d'interruption de l'horloge pilote, ce générateur délivre deux signaux d'horloge de base : un signal d'horloge H_0 de fréquence F_0 et un signal d'horloge H_c de fréquence F_c correspondant à la fréquence de cycle des électrovannes EV1 et EV2 et des signaux d'horloge H_1 à H_n à fréquence intermédiaire entre les fréquences extrêmes F_0 et F_c ,
- un intégrateur numérique 15, cet intégrateur incluant un compteur programmable du type direct/inverse, incrémenté par un signal d'horloge H_0 , des moyens de commande de la direction de comptage, reliés notamment à la sortie du comparateur 11, des moyens de réinitialisation ; des moyens permettant de modifier le gain de boucle intégral en fonction de la vitesse de rotation du moteur, ces moyens étant contrôlés par le signal numérique disponible sur le bus B2,
- un premier modulateur numérique 16 de durée relié au bus B3, ce modulateur incluant deux compteurs programmables du type inverse, des moyens permettant d'introduire le terme de gain proportionnel, ce modulateur élabore un signal carré de sortie $R(\lambda)$ de fréquence de récurrence F_c permettant de commander le RCO des électrovannes EV1 et EV2 en boucle fermée ; il reçoit les signaux d'horloge H_0 et H_c ,
- une mémoire numérique 17, reliée au bus B3, cette mémoire élabore et stocke une donnée numérique $\hat{M}(\lambda)$ correspondant à la version filtrée de la donnée numérique $M(\lambda)$; cette opération de recopie du contenu de l'intégrateur numérique 15 n'est autorisée que lorsque le système de carburation opère en boucle fermée et que le moteur fonctionne avec

- une charge moyenne ; à cet effet, cette mémoire numérique reçoit un signal RECOP.EN autorisant l'opération de recopie : cette mémoire numérique comporte un moyen d'initialisation à une valeur déterminée, la vitesse de recopie est
- 5 fixée par la fréquence d'un signal d'horloge H_R ; la donnée numérique de sortie $\hat{M}(\lambda)$ est transmise sur un bus B4,
- un second modulateur numérique 18 de durée relié au bus B4, ce modulateur incluant un compteur programmable du type inverse et un moyen permettant implicitement de multiplier la donnée numérique $\hat{M}(\lambda)$ par un facteur fonction
 - 10 de la température θ de l'eau de refroidissement du moteur, ce modulateur élabore un signal carré de sortie $R(\theta)$ de fréquence de récurrence F_c permettant de commander le RCO des électrovannes EV1 et EV2 en boucle ouverte, il
 - 15 reçoit les signaux d'horloge H_c et H_i et, par le bus B1, la donnée numérique correspondant à la température de l'eau de refroidissement du moteur, le signal de sortie $R(\theta)$ est, d'autre part, utilisé pour réinitialiser l'intégrateur numérique 15,
 - 20- un troisième modulateur numérique 19 de durée relié au bus B4, ce modulateur incluant un compteur programmable du type inverse et un moyen permettant implicitement de multiplier la donnée numérique $\hat{M}(\lambda)$ par un facteur fonction de la vitesse de rotation N du moteur, ce modulateur élabore un signal carré de sortie $R(N)$ de fréquence de récurrence F_c permettant de commander le RCO des électrovannes EV1 et EV2 en boucle ouverte et lorsque
 - 25 la charge du moteur est maximale,
 - un multiplexeur 20, ce multiplexeur comportant trois
 - 30 entrées reliées respectivement aux modulateurs de durée 16, 18 et 19, deux entrées de commande A et B et deux sorties W et Z reliées respectivement aux amplificateurs 21 et 22 de commande des électrovannes EV1 et EV2,
 - un premier amplificateur 21 de commande d'électrovanne,
 - 35 cet amplificateur du type "tout ou rien" comportant une

première entrée reliée à la sortie W du multiplexeur 20 et une seconde entrée qui reçoit le signal ETFF.EN permettant l'étouffement du moteur lors de l'ouverture de la clé de contact 8,

- 5 - un second amplificateur 22 de commande d'électrovanne identique au précédent, ce second amplificateur comportant une première entrée reliée à la sortie Z du multiplexeur 20 et une seconde entrée qui reçoit le signal ETFF.EN,
- un troisième amplificateur 24 de commande d'électrovanne, 10 cet amplificateur; identique au précédent, comportant une première entrée reliée à la sortie du comparateur de niveau 11 et une seconde entrée qui reçoit le signal ETFF.EN, la sortie de cet amplificateur étant reliée à l'électrovanne EV3 d'enrichissement,
- 15 - un quatrième amplificateur 25 de commande d'électrovanne, cet amplificateur, identique au précédent, comportant une première entrée reliée, à travers un comparateur numérique 26, au bus B2 de liaison avec le convertisseur A/N 13 qui fournit la vitesse de rotation N du moteur 20 sous la forme d'un signal numérique.
- un circuit logique de contrôle 23 des modes de fonctionnement des circuits inclus dans le contrôleur, les entrées de ce circuit logique sont connectées aux liaisons 7a, 7b, 7c, 7d, 7e et 7h déjà décrites précédemment, ce con- 25 trôleur fournit les signaux suivants : les signaux CMD.1 et CMD.2 de commande du multiplexeur 20, le signal ETFF.EN, un signal REINT.EN autorisant la réinitialisation de l'intégrateur numérique 15, un signal RECOP.EN autorisant l'opération de recopie de la mémoire numérique 30 que 17 et un signal V_{BCR} permettant d'interrompre les signaux d'horloge et d'interdire le passage d'un courant dans les différentes électrovannes un court instant après l'ouverture de la clé de contact 8.
- une alimentation stabilisée 27, du type à diode Zener, 35 reliée en permanence à la source d'alimentation électri-

que V_B du véhicule, cette alimentation fournissant une tension continue stabilisée V_{cc} .

Ce contrôleur peut être construit à partir de circuits numériques, avantageusement réalisés
5 selon la technologie C-MOS (Oxyde-Metal-Semiconducteur-Complémentaire), ainsi le contrôleur peut être maintenu en permanence sous tension, à condition toutefois d'interrompre l'horloge pilote du générateur 14 des signaux d'horloges et d'interdire le passage d'un courant dans
10 les amplificateurs de commande des électrovannes, pendant les périodes d'arrêt du moteur ; à cet effet, on peut utiliser l'information fournie par le signal de sortie V_{BC} de la clé de contact 8 du véhicule.

La figure 7a représente, sous la forme de chronogrammes, les formes d'ondes des signaux d'horloges H_0 et H_c fournis par le générateur de signaux d'horloge 14. En fait, le signal d'horloge H_c de fréquence F_c est disponible sous trois formes : un signal d'horloge H_{c1} dont la durée est égale à trois pas d'horloge H_0 ,
20 destiné, notamment, à stabiliser les données internes du contrôleur, un signal d'horloge H_{c2} positionné à l'intérieur du signal H_{c1} destiné, notamment, à transférer, échantillonner, mémoriser, certaines données internes, un signal d'horloge H_{c3} , positionné à l'extérieur du signal d'horloge H_{c1} , destiné, notamment, à la
25 remise à zéro du contenu de certains compteurs. La valeur de la fréquence F_c des signaux d'horloge H_c peut être de l'ordre de la dizaine de Hz, la valeur de la fréquence F_0 du signal d'horloge H_0 étant égale à $2^n \cdot F_c$, où l'ex-
30 posant, n , détermine la précision, ou résolution, du contrôleur en boucle fermée. Ce générateur 14 peut fournir différents signaux d'horloge H_1 à H_n à des fréquences intermédiaires entre les valeurs extrêmes F_0 et F_c .

La figure 7b représente, sous la forme de chronogrammes, la forme d'onde du signal de sortie $C\lambda$ du comparateur de niveau 11, en regard du signal de sortie $M(\lambda)$ de l'intégrateur numérique 15. La forme d'onde du signal $C\lambda$ est idéalisée, en ce sens qu'il constitue un signal d'erreur et qu'alors la période des créneaux est aléatoire; l'état au niveau haut du signal $C\lambda$ correspond à un mélange carburé pauvre, donc à un ordre d'enrichissement. Le signal $M(\lambda)$ oscille autour d'une valeur moyenne indiquée par un trait pointillé, une pente positive correspond à un enrichissement du mélange carburé, inversement une pente négative correspond à un appauvrissement de ce mélange. La valeur numérique du signal $M(\lambda)$ peut être comprise entre les valeurs extrêmes zéro et $2^n - 1$.

La figure 7c représente, sous la forme d'un chronogramme, la forme d'onde des signaux de sortie $R(\lambda)$, $R(\theta)$ et $R(N)$ des modulateurs numériques de durée 16, 18 et 19. La période de ces signaux est $T_c = 1/F_c$, ces signaux sont au niveau haut pendant un temps T_{on} correspondant à la période d'ouverture des soupapes des électrovannes et au niveau bas pendant un temps T_{off} correspondant au temps de fermeture des soupapes des électrovannes ; le rapport cyclique d'ouverture (RCO) des électrovannes est donné par la relation suivante :

$$RCO = T_{on}/T_c$$

La figure 7d représente, sous la forme d'un chronogramme, la valeur du RCO du signal de sortie $R(\lambda)$ du modulateur de durée 15, en regard du signal de sortie C_1 du comparateur de niveau 11.

30 CONVERTISSEUR 13

La figure 8a représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation du convertisseur A/N 13

représenté sur la figure 6 ; ce convertisseur A/N permet de convertir l'information de vitesse de rotation du moteur, disponible sous la forme d'une fréquence, en une donnée numérique adaptée au contrôleur. L'information
5 vitesse de rotation du moteur peut être fournie par le signal électrique de la bobine d'allumage ou tout autre moyen équivalent connu, ce convertisseur doit fournir une donnée de sortie numérique entre une vitesse de rotation inférieure N_i et une vitesse de rotation supérieure N_s .
10 A cet effet, il comprend les éléments suivants connectés en série :

- un moyen de mesure de la période de rotation du moteur, comprenant, connectés en série : un circuit d'horloge 131, une porte logique 132 du type ET, reliée à l'entrée
15 d'horloge CK d'un compteur numérique du type direct 133,
- un registre mémoire 134 de stockage du contenu du compteur numérique précédent,
- une mémoire morte (ROM) 135.

Le signal d'entrée E_N disponible sur la liaison
20 7e, éventuellement par l'intermédiaire d'un circuit diviseur de fréquence 136, charge cycliquement le contenu du compteur 133 dans le registre mémoire 134 qui comporte une entrée chargement L puis repositionne à la valeur nulle le contenu de ce compteur qui comporte une entrée
25 de remise à zéro CLR. La sortie débordement $\overline{Co}$ du compteur 133 est reliée à une seconde entrée de la porte 132.

La figure 8b représente, à titre d'exemple, la caractéristique de conversion de ce convertisseur 13 A/N, la donnée numérique de sortie est disponible sur quatre
30 bits, par exemple sur le bus B2, en deçà d'une vitesse de rotation inférieure N_i et au-delà d'une vitesse de rotation supérieure N_s , cette donnée est constante ; dans la plage des vitesses de rotation comprises entre les valeurs N_i et N_s , cette donnée numérique de sortie varie
35 linéairement par paliers.

CIRCUIT LOGIQUE DE CONTROLE 23.

La figure 9 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation du circuit logique de contrôle, des modes de fonctionnement des circuits du contrôleur, ce circuit de contrôle comprend les éléments
5 suivants :

- un circuit 230 de traitement des signaux électriques fournis par les microrupteurs MSW-A et MSW-B, ce circuit élabore : un signal IMP.RALNT en impulsions, indiquant que le moteur quitte la zone A correspondant au régime de
10 ralenti, un signal MS-A correspondant au signal MSW.A échantillonné par le signal d'horloge H_{c2} et un signal M.S-B correspondant au signal MSW-B échantillonné par le signal d'horloge H_{e2} ,
- un circuit 231 permettant d'élaborer deux signaux élec-
15 triques représentatifs de la plage de température de l'eau de refroidissement du moteur : un premier signal V_{E1} correspondant à une plage de température inférieure ou supérieure à la valeur θ_F déjà définie, et un second signal V_{E2} correspondant à une plage de température infé-
20 rieure ou supérieure à une valeur θ_c déjà définie,
- un circuit 232 de traitement du signal de sortie V_{Bc} de la clé de contact 8, ce circuit est connecté à la liaison 7h qui porte l'information V_{Bc} correspondant à la tension V_B , de la source d'énergie du véhicule, après
25 passage à travers la clé de contact 8 ; ce circuit élabore trois signaux électriques : un premier signal REG.EN qui autorise le contrôleur à opérer en boucle fermée, un second signal ETFF.EN qui permet de forcer les électro-
vannes EV1, EV2 et EV3 à la fermeture, durant quelques
30 secondes après l'ouverture de la clé de contact 8 et un troisième signal V_{BCR} correspondant au signal V_{BC} régulé en niveau, ce signal V_{BCR} permet d'interrompre les différents signaux d'horloge et de maintenir, à l'état bloqué,

les amplificateurs 21, 22, 24 et 25 de commande des électrovannes,

- un circuit logique de combinaison 233 qui reçoit, sur ses entrées, les signaux suivants : MS-A, MS-B, V_{E1} , V_{E2} , E_H , REG.EN ; ce circuit logique élabore les signaux de sortie suivants : les signaux CMD.1 et CMD.2 de commande du multiplexeur 20, le signal REINT.EN autorisant la réinitialisation du contenu de l'intégrateur numérique 15 à une valeur correspondant à la grandeur du signal R (θ), le signal RECOP.EN autorisant la recopie de la donnée numérique M (λ) par la mémoire numérique 17 et un signal auxiliaire FRC.U.EN autorisant le forçage du comptage dans la direction directe de l'intégrateur numérique 15 ; ce circuit logique comprend des registres mémoires de sortie 15 chargés par le signal d'horloge H_{c2} .

La figure 10 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation du circuit 230 de traitement des signaux MSW.A et MSW.B représentatifs de la charge du moteur ; ce circuit comprend les éléments suivants :

- 20 - un circuit permettant d'élaborer un signal $\overline{RALNT}$ indiquant que le moteur fonctionne dans un régime de ralenti, ce circuit incluant les bascules 234a et 234b du type D, un inverseur 235 relié à l'entrée D de la bascule 234a et une porte logique 236 du type NON-ET, les entrées de cette porte étant reliées aux sorties Q des bascules,
- 25 - un circuit permettant de détecter le passage du régime de ralenti aux régimes de charge supérieure, ce circuit incluant une bascule 237 du type D et une porte logique 238 du type NON-OU reliée à l'entrée PR de positionnement
- 30 au niveau haut de la bascule 237 ; l'entrée D de la bascule 237 est placée au niveau bas et l'entrée CK est reliée à la porte 236, la sortie Q est reliée à une première entrée de la porte 238.

Au début de chaque cycle de fonctionnement des

électrovannes, le front avant du signal d'horloge H_{c2} échantillonne l'état des signaux MSW-A et MSW-B, et les signaux échantillonés résultants MS-A et MS-B sont disponibles respectivement sur les sorties Q des bascules 234a et 234b, le signal RALNT est au niveau bas pendant le régime de ralenti du moteur, lorsque le moteur quitte ce régime de ralenti, la transition montante de ce signal $\overline{\text{RALNT}}$ échantillonne l'entrée D de la bascule 237, ce qui a pour effet de positionner la sortie Q de cette bascule au niveau bas, le front arrière du signal d'horloge H_{c2} par l'intermédiaire de la porte 238 repositionne alors cette sortie Q au niveau haut ; il en résulte un signal de sortie IMP.RALNT en impulsion d'une durée d'un demi-pas de l'horloge de base, lorsque le moteur quitte le régime de ralenti.

La figure 11 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, le circuit 231 permettant d'élaborer les signaux représentatifs des plages de température de l'eau de refroidissement du moteur ; ce circuit comprend essentiellement deux comparateurs de tension : un premier comparateur de tension 239a et un second comparateur de tension 231b ; les premières entrées de ces comparateurs reçoivent, par la liaison 7C, le signal E_E représentatif de la température de l'eau, la seconde entrée du comparateur 231a est reliée à une source de tension de référence V_{R1} et la seconde entrée du comparateur 231b est reliée à une source de tension de référence V_{R2} différente de V_{R1} . Le comparateur 231a délivre un signal de sortie V_{E1} au niveau haut, par exemple, lorsque la température de l'eau est supérieure à une valeur θ_F et le comparateur 231b délivre un signal de sortie V_{E2} au niveau, par exemple, lorsque la température de l'eau est supérieure à une valeur θ_c où la valeur de θ_c est supérieure à la valeur θ_F .

La figure 12a représente, sous la forme d'un schéma électrique, un mode de réalisation du circuit de traitement

du signal V_{BC} . Ce circuit reçoit, par la liaison 7h, le signal V_{BC} correspondant au signal de mise en route du moteur et conjointement du contrôleur ; ce circuit 232 comprend les éléments suivants :

- 5 - une cellule de régulation de la tension V_{BC} , constituée par la résistance série R1, la diode Zener D1 shuntée par la capacité C1, cette cellule délivre un signal de sortie V_{BCR} ,
- deux cellules de retard unidirectionnelle : une première cellule directe constituée par la diode D2, la
10 résistance R2 et la capacité C2, et une seconde cellule inverse constituée par la diode D3, la résistance R3 et la capacité C2,
- une porte logique 232a du type ET, dont une première
15 entrée est reliée, par l'intermédiaire d'un inverseur 232b, à la tension V_{BCR} et la seconde entrée est reliée à la capacité C2; cette porte délivre un signal de sortie ETFF.EN.

La figure 12b représente les chronogrammes des
20 principaux signaux associés au circuit de la figure 12a.

Au temps t_0 correspond l'instant de fermeture de la clé de contact 8 du véhicule, et au temps t_1 correspond l'instant d'ouverture de cette clé de contact. Le signal de sortie REG.EN apparaît avec un délai T_1 , sur l'instant t_0 ,
25 correspondant à la constante de temps de la cellule R2.C2 ; la grandeur de ce délai T_1 est déterminé, notamment, par le délai de mise en température de la sonde à oxygène 5. Le signal REG.EN, autorise le contrôleur à réguler sur le mode boucle fermée. Le signal ETFF.EN apparaît à l'instant
30 t_1 et dure un temps T_2 fixé par la constante de temps R3.C3, la durée de ce temps T_2 doit être suffisant, de l'ordre de quelques secondes, de manière à éviter tout phénomène d'auto-allumage lors de l'arrêt du moteur. Les

durées des signaux V_{BC} et V_{BCR} sont identiques et égales à la durée de fermeture de la clé de contact 8.

MODES DE FONCTIONNEMENT DU CONTRÔLEUR.

Les modes de fonctionnement du contrôleur sont déterminés par les zones de température et les zones de charge du moteur, ces modes résultent des états des signaux de sortie élaborés par le circuit logique de contrôle 23.

Mode boucle ouverte :

- Phase de démarrage : le signal REG.EN est au niveau bas pendant une vingtaine de secondes,
- Moteur froid et très froid : Zone 1 des températures.

Dans ces deux cas, les électrovannes sont commandées par le signal R (θ), la mémoire numérique 17 ne recopie pas la donnée numérique M (λ) de l'intégrateur numérique 15.

- Moteur opérant à la charge maximale - Zone D des charges ; le signal REG.EN est au niveau haut.

Dans ce cas, les électrovannes EV1 et EV2 sont commandées par le signal R (N), la mémoire numérique 17 ne recopie pas la donnée numérique M (λ) de l'intégrateur numérique 15.

- Mode boucle fermée.

- Moteur chaud : Zones 2 et 3 des températures.

Ralenti : Zone A de la charge du moteur.

- Les électrovannes EV1 (gicleurs de ralenti) sont commandées par le signal R (λ) et les électrovannes EV2 (gicleurs principaux) sont commandées par le signal R (θ) ; la mémoire numérique 17 ne recopie pas la donnée M (λ) de l'intégrateur numérique 15

Charge moyenne : Zone B de la charge du moteur.

- Les électrovannes EV1 et EV2 sont commandées par le signal R (λ), la mémoire numérique 17 recopie la

donnée numérique M (λ) de l'intégrateur numérique 15.

- Charge forte : zone C de la charge du moteur.

Les électrovannes EV1 et EV2 sont commandées par le signal R (N), la mémoire numérique 17 ne recopie pas
5 la donnée numérique M (λ) de l'intégrateur numérique 15.

- Modes auxiliaires.

Les modes auxiliaires concernent les électrovannes EV3 et EV4 correspondant respectivement à l'enrichisseur et à l'ouvre-
10 chisseur du carburateur.

Lorsque le mélange carburé est pauvre, le signal de sortie C λ du comparateur 11 est au niveau haut et à travers l'amplificateur de commande 24 autorise l'ouverture de l'électrovanne EV3.

15 D'un autre côté, lorsque la vitesse de rotation N du moteur dépasse une valeur déterminée, située entre les limites N_i et N_s déjà définies, l'électrovanne EV4 actionne l'ouvre-
20 chisseur du papillon 43a situé dans la première chambre du carburateur.

20 MULTIPLEXEUR 20.

La figure 13a représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation du multiplexeur 20 et des circuits logiques associés aux amplificateurs de commande des électrovannes 21, 22, 24 et 25. Le multi-
25 plexeur 20 est double du type (4 entrées $\rightarrow$ 1 sortie), il comporte : deux entrées de commande A et B qui reçoivent respectivement les signaux de commande CMD.1 et CMD.2 élaborés par le circuit logique 23, deux sorties Z et W auxquelles correspondent respectivement les groupes
30 d'entrée X₀ à X₃ et Y₀ à Y₃, et enfin une entrée de commande auxiliaire ST, laquelle, au niveau haut, permet de forcer au niveau bas les sorties Z et W.

Les entrées des amplificateurs 21, 22 et 24

des électrovannes EV1, EV2 et EV3 sont reliées respectivement aux sorties des portes logiques 201, 202 et 203 du type "NON-OU", de manière à assurer la fonction étouffement lors de l'ouverture de la clé de contact 8. La

5 première entrée de la porte 201 est reliée à la sortie W du multiplexeur 20, la première entrée de la porte 202 est reliée à la sortie Z du multiplexeur 20, la première entrée de la porte 203 est reliée à la sortie d'une porte 204 du type "NON-OU" ; les secondes entrées des portes 201 à 203

10 sont reliées à la sortie d'une porte 205 du type "NON-OU". La première entrée de la porte 204 reçoit le signal de sortie $C\Lambda$ du comparateur de niveau 11, et la première entrée de la porte 205 reçoit le signal V_{BCR} , les secondes entrées des portes 204 et 205 reçoivent le signal ETFF.EN. L'entrée

15 de l'amplificateur 25 de commande de l'électrovanne EV4 est reliée à la sortie d'une porte 206 du type ET, la première entrée de cette porte reçoit le signal de commande OVR.EN et la seconde entrée le signal V_{BCR} .

Les liaisons entre les entrées X, Y et les sorties

20 Z et W du multiplexeur 20 sont données dans le tableau représenté sur la figure 13b. On rappelle que, lorsque l'entrée des amplificateurs 21, 22, 23 et 24 est au niveau bas, le courant traversant les électrovannes est nul, correspondant à l'ouverture de ces électrovannes ; pendant

25 la fermeture de la clé de contact 8, le signal ETFF.EN est au niveau bas et le signal V_{BCR} est au niveau haut, il en résulte que la sortie de la porte 205 est au niveau bas, et que les sorties des portes 201, 202 et 203 sont au niveau complémentaire du niveau des signaux présents sur

30 les premières entrées de ces portes. Lorsque la clé de contact 8 est en position ouverte, le signal ETFF.EN est au niveau haut pendant quelques secondes ; il en résulte que les sorties Z et W du multiplexeur 20 sont au niveau bas,

conjointement, le signal V_{BCR} est au niveau bas, d'où il résulte que les sorties des portes 201 à 203 et 206 sont au niveau haut assurant ainsi la fermeture des électrovannes EV1, EV2 et EV3 et l'ouverture de l'électrovanne EV4.

5 Lorsque le signal ETFF.EN retourne au niveau bas, la sortie de la porte 205 est au niveau haut et la sortie des portes 201 à 203 est au niveau bas, d'où il résulte que la consommation électrique de tous les amplificateurs de commande des électrovannes est nulle.

10 La figure 14 représente, sous la forme d'un schéma électrique, un mode de réalisation d'un amplificateur de commande pour électrovanne ; cet amplificateur comprend, connectés en série : un transistor de commande T1 et un transistor de commutation T2. L'électrovanne EV est reliée
15 à la sortie émetteur du transistor T2 par une liaison 9 ; lors d'une manipulation de cette liaison 9, celle-ci peut être accidentellement court-circuitée à la masse, ce qui pourrait entraîner la destruction de l'amplificateur. Pour pallier cet effet, l'amplificateur comporte un moyen
20 de protection contre les court-circuits de la liaison 9 ; ce moyen comprend : une porte logique P du type ET, dont les deux entrées sont shuntées par une capacité C, la première entrée de cette porte reçoit le signal de commande de l'amplificateur et la seconde entrée est reliée, à
25 travers une résistance R_0 , à l'émetteur du transistor de commutation ; les éléments R_0 et C_0 constituent un réseau passe-haut pour le signal d'entrée E_i .

Lorsque le signal d'entrée E_i est au niveau haut, il circule un courant I_s dans l'électrovanne EV et l'émetteur du transistor de commutation est au niveau haut. Lors
30 d'un court-circuit accidentel de la liaison 9, la tension d'émetteur et, consécutivement, la seconde entrée de la porte ET sont au niveau bas, et ainsi le courant I_s est interrompu. Les résistances R_1 et R_2 déterminent le cou-
35 rant de saturation des transistors T1 et T2.

INTEGRATEUR NUMERIQUE 15

La figure 15 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation de l'intégrateur numérique, cet intégrateur numérique 15 comprend essentiellement un compteur programmable 151 du type direct/inverse (UP/DOWN selon les conventions anglo-saxonnes) ce compteur comportant : une entrée d'horloge CK reliée à une porte logique 152 du type ET, une entrée de direction de comptage $U/\overline{D}$ reliée à la sortie Q d'une bascule 153 du type D, des entrées de données A_0 à A_{n-1} , une entrée de chargement L des données d'entrée et des sorties reliée à une porte logique 154 du type NON-ET et des sorties d'état des n bascules constituant ce compteur 151, ces sorties d'état sont rassemblées sur le bus B3 qui fournit la donnée numérique $M(\lambda)$, ce compteur comporte, en outre, une sortie de débordement $\overline{CO}$, reliée à une première entrée de la porte 152 dans le but de bloquer le contenu du compteur à la valeur $2^n - 1$ dans la direction de comptage inverse. Le moyen pour varier le gain de boucle intégral en fonction de la vitesse de rotation du moteur comprend un multiplicateur de fréquence discrète, du type BRM, par exemple ; les entrées de données M_0 à M_{i-1} sont connectées au bus B2 qui fournit une donnée numérique représentative de la vitesse de rotation du moteur, l'entrée d'horloge CK reçoit un signal d'horloge H_0 fourni par le générateur de signaux d'horloge 14, ce multiplicateur délivre, sur sa sortie de signal S, un signal d'horloge H_I de fréquence F_I fonction de la vitesse de rotation du moteur, ce signal d'horloge H_I est appliqué à une seconde entrée de la porte 152, d'autre part, une troisième entrée complémentaire de cette porte reçoit le signal d'horloge H_{C1} permettant, au départ d'un cycle d'électrovanne, de stabiliser pendant un court

instant les données de sortie du compteur 151, dans le but de permettre le transfert de ces données de sortie dans le modulateur numérique de durée 16. La bascule 153 comporte une entrée de donnée D qui reçoit le signal de sortie $C\lambda$ 5 du comparateur de niveau 11, une entrée d'horloge CK commandée par le signal d'horloge H_I , deux entrées de commande prioritaire, une entrée PR de positionnement au niveau haut qui reçoit un signal FCR.U permettant de forcer l'incrémentement du compteur et une entrée CLR qui reçoit un 10 signal FCR. $\bar{D}$ permettant de forcer la décrémentation du compteur ; l'entrée PR de la bascule 153 est reliée à une porte logique 155 du type NON-OU, qui reçoit, sur une première entrée, un signal FCR.U.EN d'autorisation de forçage dans la direction de comptage directe et, sur une seconde 15 entrée, un signal INCR d'ordre d'incrémentement. La porte 154 comporte une première entrée qui reçoit un signal REINT.EN d'autorisation de la réinitialisation du compteur et une seconde entrée qui reçoit un signal IMP.RALNT d'ordre de réinitialisation lorsque le moteur sort du régime 20 de ralenti correspondant à la zone I sur la figure 5b.

L'intégrateur numérique 15 comporte un moyen de réinitialisation du contenu du compteur 151 à la valeur du RCO du signal $R(\theta)$ de commande des électrovannes, ce moyen de réinitialisation incluant le compteur 157 du type 25 direct et la porte logique 158 du type ET. Le nombre j de bascules du compteur 158 peut être inférieur au nombre n de bascules du compteur 151, dans ce cas, les entrées de données de poids faible A_0 à 1_{i-1} sont polarisées au niveau bas et les entrées A_1 à A_{n-1} sont connectées 30 en correspondance aux sorties d'état P_0 - P_{j-1} du compteur 158 qui comporte une entrée d'horloge CK reliée à la porte logique 158 et une entrée CLR de remise à zéro qui reçoit le signal d'horloge H_{c3} ; la porte logique 158 comporte une première entrée qui reçoit le signal de sortie $R(\theta)$

du modulateur numérique de durée 18, une seconde entrée complémentée qui reçoit le signal d'horloge H_{c1} et une troisième entrée qui reçoit un signal d'horloge H_2 de fréquence $F_0/2^{n-j}$.

- 5 Le fonctionnement de cet intégrateur numérique
15 sera décrit ci-après. Lorsque le signal $C\lambda$ est au niveau haut correspondant à un mélange carburé pauvre, la sortie Q de la bascule 153 est au niveau haut et la direction de comptage du compteur 151 est directe, correspondant
10 à un accroissement du contenu de ce compteur, corrélativement lorsque le signal $C\lambda$ est au niveau bas, y correspond une décrémentation du contenu du compteur. La liaison entre la sortie $\overline{CO}$ du compteur 151 et la première entrée de la porte 152 permet, en cas d'avarie de la sonde λ ,
15 par exemple, l'arrêt du compteur 151 à sa valeur maximale 2^{n-1} correspondant à un mélange carburé riche. Le contenu du compteur 157 est remis à la valeur nulle par le signal d'horloge H_{c3} , puis est incrémenté durant la période de temps pendant laquelle le signal R (θ) est au niveau haut,
20 le contenu de ce compteur 157 est transféré dans le compteur 151 sous l'action du signal REINT.EN au niveau bas sur le mode régulation en boucle ouverte ou par le signal IMP.RALNT au niveau bas, lorsque le moteur quitte le régime de ralenti.

25 MODULATEURS NUMERIQUES DE DUREE 16, 18 et 19.

- Avant d'aborder la description détaillée des différents modulateurs numériques de durée dont la fonction est de varier la valeur du RCO des électrovannes EV1 et EV2, on se reportera à la figure 16a qui représente la structure de bas d'un circuit permettant de moduler la durée,
30 ou largeur, d'une impulsions en fonction d'une variable numérique d'entrée M disponible sur m bits, un tel circuit comprend essentiellement, connectés en série :

- un circuit d'horloge H_x qui fournit un signal d'horloge à une fréquence F_x , fixe ou variable,
- une porte logique P du type ET,
- un compteur C du type programmable inverse, ce compteur comprenant m étages de comptage et comportant :
 5 une entrée d'horloge CK, une entrée de chargement L qui reçoit un signal de synchronisation S, m entrées de données recevant la donnée numérique M, une sortie d'identification $\overline{CO}$ du contenu nul de ce compteur,
 10 sur cette sortie $\overline{CO}$ est prélevé le signal de sortie E_0 .

La figure 16b représente un chronogramme des principaux signaux associés au circuit de la figure 16a qui fonctionne comme suit : aux instants t_x , le contenu du
 15 compteur C est chargé à la valeur M, ce contenu est alors décrémente à la cadence du signal d'horloge F_x , jusqu'à la valeur nulle, le compteur est alors maintenu à cette valeur nulle par le couplage de la sortie $\overline{CO}$ à l'une des entrées de la porte P ; la durée d'impulsion du signal
 20 de sortie E_0 est donnée par la relation suivante :

$$T_0 = M/F_x$$

MODULATEUR DE DUREE 16

Le modulateur de durée 16 permet, lorsque le contrôleur fonctionne en boucle fermée, de varier la valeur du
 25 RCO des électrovannes, ce modulateur 16 est représenté, sous la forme d'un schéma synoptique, sur la figure 17a. Il se compose essentiellement de deux modulateurs numériques de durée chaînés :

- 30 - un premier modulateur de durée comprenant : un compteur 161 de n bits du type programmable inverse, qui reçoit sur ses n entrées des données A_0 ou A_{n-1} , le signal numérique $M(\lambda)$ fourni par l'intégrateur

15 sur le bus B3 et une porte logique 162 du type ET,
 - un second modulateur de durée comprenant : un compteur
 programmable 163, de m bits du type inverse dont les
 m (m inférieur à n) entrées des données A_0 à A_{m-1}
 5 sont connectées à une source de signal numérique fixe
 C et une porte logique 164 du type ET.

Le signal d'horloge du premier modulateur numéri-
 que de durée est le signal d'horloge H_0 de fréquence F_0 ,
 tandis que le signal d'horloge du second modulateur est
 10 un signal d'horloge H_1 de fréquence $F_1 = F_0/2^{n-m}$ qui
 peut être fourni par le générateur 14 des signaux d'hor-
 loge ; on remarquera en effet, que la constante C
 qui correspond à un facteur de gain proportionnel ne
 nécessite pas d'être définie avec une précision de n
 15 bits.

Les signaux de sortie $R_1(\lambda)$ et $R_2(\lambda)$ corres-
 pondant respectivement aux premier et second modulateurs
 numériques sont appliqués aux deux entrées d'un commuta-
 teur électronique 165 dont l'entrée de commande C reçoit
 20 le signal de sortie $C\lambda$ du comparateur de niveau 11.

La figure 17b représente un chronogramme des
 principaux signaux associés au modulateur numérique de
 durée de la figure 17a. Le signal $C\lambda$ est représenté
 sous une forme idéalisée, en effet, la période de ce si-
 25 gnal n'est pas aussi régulière puisque celui-ci est four-
 ni par la sonde λ qui est effectivement un détecteur
 d'erreur. Le signal numérique $M(\lambda)$ fourni par l'inté-
 grateur numérique oscille légèrement autour d'une valeur
 moyenne du fait de la caractéristique non linéaire de la
 30 boucle de régulation. La valeur du RCO du signal de sor-
 tie $R(\lambda)$ dépend du signe du signal $C\lambda$

$$R_1(\lambda) = \frac{M(\lambda)}{2^n - 1}$$

$$R_2(\lambda) = \frac{M(\lambda)}{2^n - 1} + \frac{C}{2^m - 1}$$

MODULATEUR DE DUREE 18.

Le modulateur numérique de durée 18 permet, lorsque le contrôleur fonctionne en boucle ouverte, de varier le RCO des électrovannes en fonction de la température du 5 moteur, ce modulateur 18 est représenté, sous la forme d'un schéma synoptique, sur la figure 18. Il comprend un unique modulateur numérique de durée et un moyen électronique permettant de varier la fréquence du signal d'horloge de décrémentation du contenu de ce compteur. Dès mainte- 10 nant, une première remarque s'impose ; la résolution ou précision de ce modulateur ne nécessite pas d'être aussi élevée que celle du modulateur précédent, du fait qu'il est utilisé uniquement pendant le fonctionnement en boucle ouverte du contrôleur.

- 15 Le modulateur numérique de durée 18 comprend :
- un compteur 181 de m' bits, du type programmable inverse dont les m' entrées de données A_0 à $A_{m'-1}$ sont connectées en correspondance aux m' bits de poids fort de la donnée numérique $\hat{M}(\lambda)$ fournie 20 sur le bus B4 par la mémoire numérique 17,
 - une porte logique 182 du type ET dont la sortie est reliée à l'entrée d'horloge CK du compteur 181,
 - un multiplicateur de fréquence discrète 183, par exemple, de type BRM, comportant une entrée qui reçoit 25 un signal d'horloge à une fréquence $F_2 = F_0 / 2^{n-m'}$
 - un circuit de programme de température 184, par exemple, une mémoire morte (ROM) adressée par les données du bus B1.

La fréquence F_x du signal de sortie du multipli- 30 cateur 183 est donnée par la relation suivante :

$$F_x = F_2 / K$$

$$\text{avec } K = 2^P / N_x$$

où N_x est la valeur numérique de la programmation des

entrées de données du multiplicateur. A titre illustratif, si p le nombre de bits du multiplicateur est égal à huit, les entrées de données A_0 , A_1 , A_6 et A_7 positionnées au niveau haut, et les entrées des données A_2 à A_5 reliées à la sortie de la mémoire de programme de température 184, le coefficient K peut être varié entre l'unité et une valeur égale à 1,3.

On voit donc, maintenant, que la valeur du RCO des électrovannes en boucle ouverte est égale à la valeur du RCO en boucle fermée, multipliée par un facteur supérieur à l'unité et fonction de la température du moteur, par voie de conséquence, en boucle ouverte, le contrôleur agira pour produire un enrichissement du mélange A/C admis dans les cylindres du moteur.

15 MODULATEUR NUMERIQUE DE DUREE 19.

Le modulateur numérique de durée 19 permet, lorsque le contrôleur fonctionne en boucle ouverte, de varier le RCO des électrovannes en fonction de la vitesse de rotation du moteur; ce modulateur 19 est représenté, sous la forme d'un bloc diagramme, sur la figure 19, sa structure est identique à celle du modulateur 18. Il comprend les éléments suivants :

- un compteur 191 de m' bits du type programmable inverse dont les m'' entrées des données A_0 à $A_{m''-1}$ sont connectées aux m'' bits de poids fort de la donnée numérique $\hat{M}(\lambda)$ fournie sur le bus B_4 par la mémoire numérique 17,
- une porte logique 192 du type ET dont la sortie est reliée à l'entrée d'horloge CK du compteur 191,
- un multiplicateur de fréquence discrète 193, par exemple du type BRM, comportant une entrée qui reçoit un signal d'horloge à une fréquence $F_3 = F_0/2^{m-m''}$,

- un circuit de programmation de vitesse 194, par exemple une mémoire ROM adressée par les données du bus B_2 .

Toutes les considérations précédentes relatives au modulateur 18, demeurent valables, et notamment, le choix de la valeur du paramètre m' qui impose la performance de résolution du modulateur et la programmation des entrées du BRM.

MEMOIRE NUMERIQUE 17.

La figure 20a représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation de la mémoire numérique 17, cette mémoire comprenant les éléments suivants :

- un compteur 171 programmable, du type direct/inverse, comportant une entrée d'horloge CK, une entrée du sens de comptage $U/\bar{D}$, une entrée de chargement L, des entrées de données D_0 à D_{n-1} et des sorties des états des étages de comptage C_0 à C_{n-1} qui fournissent, sur un bus B_4 un signal numérique $\hat{M}(\lambda)$ qui correspond à la valeur filtrée du signal de sortie $M(\lambda)$ de l'intégrateur numérique 15,
- un comparateur numérique 172 comportant : des premières entrées A_0 à A_{n-1} reliées en correspondance aux sorties M_0 à M_{n-1} du compteur 151 de l'intégrateur numérique 15, des secondes entrées B_0 à B_{n-1} reliées en correspondance aux sorties C_0 à C_{n-1} du compteur 171 précédent et une sortie de comparaison indiquant si la grandeur du signal $M(\lambda)$ est supérieure à la grandeur du signal $\hat{M}(\lambda)$,
- des moyens d'incrément/décrément du compteur 151, incluant une bascule 173 du type D dans laquelle : l'entrée D est reliée à la sortie de comparaison du comparateur 172, la sortie Q est reliée à l'entrée $U/\bar{D}$ sens de comptage du compteur 171 et une porte 174 du

type ET dont la sortie est reliée à l'entrée d'horloge CK du compteur 171.

La vitesse de recopie de cette mémoire numérique 15 est déterminée par la fréquence F_R d'un signal d'horloge H_R de recopie, la recopie du signal $M(\lambda)$ par cette mémoire numérique 15 est autorisée par un signal RECOP.EN au niveau haut; ce signal étant fourni par le circuit logique 23 est appliqué à une première entrée de la porte 174. La fréquence F_R du signal H_R d'horloge de recopie 10 peut être égale à la fréquence de cycle F_c des électrovannes ou à un multiple de cette fréquence selon la vitesse de recopie désirée, ce signal H_R est appliqué à une seconde entrée de la porte 174 et à travers un inverseur 175 à l'entrée d'horloge CK de la bascule 173.

Lors de la première mise en service du contrôleur 6, il est nécessaire d'initialiser le contenu du compteur 171 ; à cet effet, une source de tension numérique de valeur M_0 est connectée aux entrées de données D_i à 20 D_{n-1} de poids fort et les entrées de données D_0 à D_{i-1} de poids faible sont connectées à un niveau bas, cette source de tension numérique peut être constituée par un potentiomètre numérique alimenté par la source de tension V_{cc} . Le chargement de cette grandeur numérique M_0 dans 25 le compteur 171 s'effectue sous l'action d'un signal INIT.EN d'autorisation de l'initialisation appliquée à l'entrée de chargement L de ce compteur.

La figure 20b représente, sous la forme d'un schéma électrique, un mode de réalisation d'un circuit 30 permettant d'élaborer le signal INIT.EN autorisant l'initialisation du compteur 171, ce circuit est essentiellement constitué par un transistor T1, du type NPN, alimenté à partir de la tension continue V_{cc} stabilisée, fournie par le circuit d'alimentation 27, la base de ce transistor T1 est reliée à la tension V_{cc} à travers un circuit 35

retardateur incluant les résistances R3, R4 et la capacité C2. Lors de la mise sous tension de ce transistor, la tension au point de jonction de la résistance R2 et du collecteur est au niveau haut durant une fraction de seconde, du fait du réseau retardateur en série avec la base du transistor, ce qui a pour effet d'autoriser le changement de la grandeur Mo dans le compteur 171.

La mémoire numérique 17 est continuellement alimentée par la tension Vcc d'alimentation; après une première mise en marche du moteur, le contenu de cette mémoire sera la grandeur $\hat{M}(\lambda)$, toutefois, en cas d'interruption accidentelle de la tension d'alimentation Vcc, la mémoire numérique pourra être initialisée à nouveau à la valeur Mo.

La mémoire numérique telle qu'elle vient d'être décrite, a une capacité de stockage de n bits, cette capacité étant égale à celle de l'intégrateur numérique 15, cette condition n'est absolument pas nécessaire, la capacité de stockage de cette mémoire numérique est essentiellement déterminée par le nombre de bits m' ou m'' des modulateurs numériques de durée 18 et 19. Dans le but de disposer de la dynamique maximale de fonctionnement du contrôleur, le réglage initial du carburateur doit être tel que la valeur de la source numérique Mo soit égale à 2^{n-1} , dans ce cas, les entrées de données Do à D_{n-2} sont polarisées au niveau bas et l'entrée de données D_{n-1} est polarisée au niveau haut.

CIRCUITS ANNEXES.

- un circuit de butée supérieure du signal R (λ),
- un circuit de butée inférieur du signal R (λ),
- 30 - un circuit permettant de disymétriser le gain de l'intégrateur numérique selon le signe du signal C λ ;
- un circuit permettant d'introduire un retard à l'appauvrissement.

CIRCUIT DE BUTEE SUPERIEURE.

La figure 21 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation d'un circuit de butée supérieure du signal $R(\lambda)$ de régulation en boucle fermée des électrovannes EV1 et EV2, ce circuit est essentiellement constitué par une bascule 28 du type D dans laquelle : le signal de sortie $R()$ du modulateur de durée 16 est appliqué à l'entrée D, le signal de sortie $R(N)$ du modulateur de durée 19 est appliqué à l'entrée d'horloge CK et le signal de sortie $ERC.\bar{D}$ est prélevé sur la sortie Q.

Le signal $R(\lambda)$ est échantillonné par le signal $R(N)$. Lorsque la durée du signal $R(\lambda)$ est supérieure à la durée du signal $R(N)$, le signal de sortie $ERC.\bar{D}$ est au niveau haut ; ce signal est relié à l'entrée CLR de la bascule 153 ; il en résulte que le contenu du compteur 151 de l'intégrateur numérique 15 est décrémenté.

CIRCUIT DE BUTEE INFERIEURE.

La figure 22 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation d'un circuit 29 de butée inférieure du signal $R(\lambda)$ de régulation en boucle fermée des électrovannes EV1 et EV2.

Pour certaines plages de température du moteur, notamment celle correspondant à la zone B définie au début de la description, le RCO du signal $R(\lambda)$ de régulation ne doit pas être inférieur à une grandeur $[\hat{M}(\lambda) - \Delta M] / 2^{n-1}$, ΔM étant une grandeur fixe prédéterminée ; pour ce faire, un additionneur 291 est prévu entre les sorties de poids fort de l'intégrateur numérique 15 et les entrées de poids fort du comparateur 172 de la mémoire numérique 17.

Le neur 291 comporte des premières entrées Ao-Ap-1 reliées en correspondance aux bits de poids fort du bus B3 et des secondes entrées Bo-Bo-1 reliées à la sortie d'un multiplexeur 292 commandé par le signal d'horloge Hc1, les premières

entrées Co-Cp-1 de ce multiplexeur sont connectées au niveau bas tandis que les secondes entrées Do-Dp-1 sont connectées à la grandeur numérique ΔM . Pendant un court instant, correspondant à la durée du signal d'horloge H_{c1} , la grandeur numérique ΔM est transférée aux entrées Bo-Bp-1 de l'additionneur 291 et sommée à la grandeur $M(\lambda)$. La sortie de comparaison du comparateur numérique 172 est échantillonnée par une bascule 293 du type D qui reçoit sur son entrée d'horloge CK le signal d'horloge H_{c2} . Le signal de sortie INCR prélevé sur la sortie Q de la bascule 293 indique le signe de l'écart. Lorsque la valeur du RCO du signal $R(\lambda)$ ou son correspondant $M(\lambda)$ est inférieure à la valeur $[\hat{M}(\lambda) - \Delta M]$ et que la température du moteur correspond à la zone B, le compteur 151 est forcé dans le sens direct.

15 CIRCUITS DE DÉCALAGE.

La caractéristique (Figure 3a) signal de sortie-rapport A/C d'une sonde λ est abrupte et sensiblement centrée sur le rapport stoechiométrique ($\lambda = 1$). Le rapport stoechiométrique ne correspond pas toujours au point optimal de fonctionnement en boucle fermée du contrôleur, par exemple, il est quelquefois souhaitable de décaler le point de régulation vers les mélanges carburés pauvres dans le but de réduire la consommation spécifique en carburant ou les quantités de CO et HC émises. Ce décalage peut être obtenu selon deux procédés connus : un premier procédé consistant à rendre asymétrique le gain de boucle intégrale et un second procédé consistant à retarder l'ordre à l'appauvrissement.

30 CIRCUIT D'ASYMETRIE.

La figure 23 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation d'un circuit 30

permettant d'effectuer un contrôle asymétrique du gain de
 boucle. Ce circuit 30 peut être inséré dans le bus B2,
 entre le convertisseur A/N 13 et l'intégrateur numérique
 15. On rappelle que le gain du contrôle intégral est pro-
 5 portionnel à la fréquence du signal d'horloge d'incrémenta-
 tion du compteur 151 de l'intégrateur numérique 15 et,
 d'une manière pratique, en modifiant la grandeur de la
 donnée numérique de programmation du multiplicateur BRM

10 Le circuit 30 comprend les éléments suivants :

- un multiplexeur double 301 dont l'entrée de commande
 S est reliée à la sortie du comparateur de niveau 11
 qui fournit le signal $C\lambda$, ce multiplexeur comportant
 deux groupes d'entrées : un premier groupe X_0-X_{i-1}
 et $X'_0-X'_{i-1}$ programmées respectivement par les
 15 valeurs numériques A et A' et un second groupe d'en-
 trées Y_0-Y_{i-1} et $Y'_0-Y'_{i-1}$ programmées respectivement
 par les valeurs numériques B et B', la grandeur des
 facteurs A-A' et B-B'' étant prédéterminées ; ce multi-
 plexeur comportant deux sorties W_0-W_{i-1} et Z_0-Z_{i-1} ,
- 20 - une mémoire morte (ROM) 302 comportant un nombre j
 d'entrées d'adressage à la lecture A_0-A_{j-1} ; les
 entrées A_0-A_{i-1} étant reliées en correspondance aux
 sorties W_0-W_{i-1} du multiplexeur 301, et les entrées
 A_i-A_{j-1} étant connectées en correspondance au bus B2
 25 qui transmet une donnée numérique représentative de
 la vitesse de rotation du moteur, comme indiqué pré-
 cédemment,
- un additionneur numérique 303, cet additionneur com-
 portant des premières entrées A_0-A_{i-1} reliées en
 30 correspondance aux sorties Z_0-Z_{i-1} du multiplexeur 301
 et des secondes entrées B_0-B_{i-1} reliées en correspon-
 dance aux sorties Q_0-Q_{i-1} de la mémoire ROM précédente
 les sorties S_0-S_{i-1} de cet additionneur sont reliées
 en correspondance aux entrées M_0-M_{i-1} du multiplicateur

BRM 156 de l'intégrateur numérique 15.

Le fonctionnement de ce circuit d'asymétrie est le suivant : la mémoire ROM 302 effectue, par programmation alternativement, sous le contrôle du signal $C\lambda$, le produit 5 de la vitesse de rotation N du moteur par les constantes A et A' ; l'additionneur 303 fixe l'origine des produits AN et $A'N$.

Le circuit d'asymétrie qui vient d'être décrit permet, par le choix de la valeur de $A-A'$ et $B-B'$, de 10 modifier à la demande le gain de boucle intégral, cependant, dans la pratique, une valeur unique de ces paramètres peut être déterminée, alors ce circuit d'asymétrie peut être simplifié et ne comporter que la mémoire ROM 302 adressée, d'une part, par le bus $B2$ et, d'autre part, par le signal 15 $C\lambda$.

CIRCUIT DE RETARD A L'APPAUVRISSEMENT 31.

La figure 24 représente, sous la forme d'un schéma synoptique, un mode de réalisation d'un circuit 31 permettant d'introduire un retard à l'appauvrissement. 20 Le retard à l'appauvrissement varie linéairement dans la plage des vitesses de rotation du moteur situé entre les valeurs N_i et N_s déjà définies, de part et d'autre de cette plage des vitesses, le retard à l'appauvrissement demeure constant ; pour ce faire, le circuit 31 comprend les éléments 25 suivants :

- une mémoire morte (ROM) 311, cette mémoire ROM comportant des entrées d'adressage à la lecture ; les entrées A_0-A_{i-1} étant reliées à une source numérique de grandeur fixe et les entrées A_i-A_{f-1} étant connectées en 30 correspondance avec le bus $B2$ qui porte l'information numérique de vitesse de rotation N du moteur,
- un soustracteur numérique 312, ce soustracteur comportant des premières entrées A_0-A_{k-1} reliées à une source

numérique de grandeur D fixe et des secondes entrées B_0-B_{k-1} connectées en correspondance aux sorties Q_0-Q_{k-1} de la mémoire ROM précédente,

- un compteur 313 programmable du type inverse, ce
 5 compteur comportant des entrées de programmation P_0-P_{k-1} connectées en correspondance aux sorties S_0-S_{k-1} du soustracteur précédent, une sortie $\overline{CO}$ indiquant que le contenu de ce compteur a une valeur nulle, une entrée L de chargement reliée à la sortie
 10 du comparateur de niveau 11, une entrée CLR de remise à zéro, la sortie $\overline{CO}$ et la sortie du comparateur de niveau 11 sont reliées respectivement à une première et une seconde entrées d'une porte logique 314 du type NON-OU, la sortie de cette porte étant reliée à l'en-
 15 trée CLR de ce compteur 313, de plus, ce compteur comporte une entrée d'horloge CK,
- un diviseur de fréquence 315, du type programmable, ce diviseur comportant : une entrée d'horloge CK qui reçoit un signal d'horloge H et une sortie $\overline{CO}$ reliée
 20 à l'entrée d'horloge du compteur 313, des entrées de programmation P_0-P_{k-1} reliées à une source numérique de grandeur P fixe, une entrée L de chargement reliée à une porte logique 316 de type NON-ET, une première entrée de cette porte étant reliée à la sortie $\overline{CO}$
 25 et une seconde entrée étant reliée par l'intermédiaire d'un inverseur 317 à la sortie du comparateur de niveau 11.

Le signal de sortie $C\lambda^*$ est prélevé sur la sortie de la porte 314. Le fonctionnement de ce circuit 31 est le suivant : la mémoire ROM 311, ou mémoire
 30 de programme, fournit la pente du retard à l'appauvrissement en fonction de la vitesse de rotation N du moteur, le soustracteur 312 permet d'introduire un

retard initial à l'appauvrissement, le compteur 315 permet de régler le pas du retard introduit par le compteur 313.

On voit, maintenant, plus clairement, les avantages que présente un contrôleur électronique de carburation, 5 selon l'invention, les valeurs de réglage du débit des fluides obtenues lors du fonctionnement en boucle fermée peuvent être conservées et utilisées lors du fonctionnement en boucle ouverte. Les valeurs de réglage du débit des fluides en boucle ouverte sont déduites des valeurs en boucle 10 fermée par un facteur multiplicatif fonction de la valeur d'un paramètre de fonctionnement du moteur. Durant les périodes d'arrêt du véhicule, la consommation électrique du contrôleur est extrêmement faible, toutefois l'alimentation électrique du contrôleur peut être interrompue à l'ar- 15 rêt, le contrôleur comportant des moyens internes de réinitialisation.

L'invention trouve son application dans les moteurs à combustion interne équipés d'un carburateur ou d'un système d'injection du carburant.

REVENDICATIONS

1. Contrôleur électronique (6) de régulation du rapport air/carburant du mélange fourni à un moteur combustion (1) muni, notamment, d'une sonde à oxygène (5) disposée sur le trajet d'échappement des gaz brûlés, de 5 capteurs (7A à 7E) de température, de charge et de vitesse de rotation et d'au moins un dispositif d'alimentation en carburant (4), le débit duquel peut être réglé à l'aide d'une électrovanne (E.V.) commandée selon un cycle ouverture/fermeture ; ce contrôleur comprenant des 10 circuits de régulation en boucle fermée et des circuits de régulation en boucle ouverte, les modes de fonctionnement de ces circuits étant régis par les conditions d'utilisation du moteur ; contrôleur caractérisé en ce que les circuits de régulation en boucle fermée comprennent, connectés en série : un intégrateur numérique (15) 15 comportant un moyen de réinitialisation et un modulateur numérique (16) du cycle de l'électrovanne, cet intégrateur et ce modulateur étant reliés par l'intermédiaire d'un comparateur de niveau (11) à la sonde à oxygène (5) 20 et en ce que les circuits de régulation en boucle ouverte comprennent, connectés en série : une mémoire numérique (17) comportant un moyen de filtrage et de recopie du contenu de l'intégrateur numérique et au moins un modulateur numérique (18) du cycle de l'électrovanne, 25 ce modulateur comportant un moyen de réglage de la sensibilité en fonction d'un paramètre de fonctionnement du moteur, tel que la température et une sortie reliée à l'entrée du circuit de réinitialisation de l'intégrateur numérique.
- 30 2. Contrôleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'intégrateur numérique (15) comprend un

compteur programmable (151) du type direct/inverse dont l'entrée d'horloge (CK) est reliée à un multiplicateur de fréquence discrète (156) programmé par un signal numérique (B2) représentatif de la vitesse de rotation
5 du moteur.

3. Contrôleur selon la revendication 2, caractérisé en ce que le compteur programmable (151) du type direct/inverse comporte une sortie de débordement ($\overline{CO}$) connectée à une première entrée d'une porte logique (152)
10 reliée à l'entrée d'horloge (CK) de ce compteur, une seconde entrée de cette porte recevant un signal d'horloge (HC1).

4. Contrôleur selon la revendication 2, caractérisé en ce que le compteur programmable (151) du type
15 direct/inverse est relié à un circuit de sélection des directions comptage (153) comportant des moyens de forçage des directions de comptage.

5. Contrôleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le modulateur numérique (16) des circuits
20 de régulation en boucle fermée comprend : deux compteurs programmables du type inverse connectés en série, un premier compteur (161) relié à l'intégrateur numérique et un second compteur (163) relié à une source numérique (C) de valeur déterminée et un multiplexeur (165)
25 comportant une première entrée de signal reliée à la sortie du premier compteur, une seconde entrée de signal reliée à la sortie du second compteur et une entrée de commande reliée, par l'intermédiaire d'un comparateur de niveau (11) à la sonde à oxygène (5).

30 6. Contrôleur selon les revendications 1 et 4, caractérisé en ce qu'il comprend un comparateur de durée (28) comportant une première et une seconde entrée reliées respectivement à la sortie des premier (16) et

un second (19) modulateurs numériques, et une sortie reliée au moyen de forçage (153) des directions de comptage.

7. Contrôleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le second modulateur numérique (18) comprend un compteur programmable (181) du type direct dont l'entrée d'horloge (CK) est reliée à un multiplicateur de fréquence discrète (183) programmé par un signal numérique (B1) représentatif d'un paramètre de fonctionnement du moteur, tel que la température du moteur.

8. Contrôleur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est réalisé selon une technologie C.MOS (Complémentaire Métal-Oxyde Semiconducteur) et en ce que les signaux d'horloge sont interrompus pendant les arrêts du moteur.

9. Moteur à combustion interne caractérisé en ce qu'il comporte un contrôleur électronique de carburation selon l'une des revendications 1 à 8.

FIG. 1

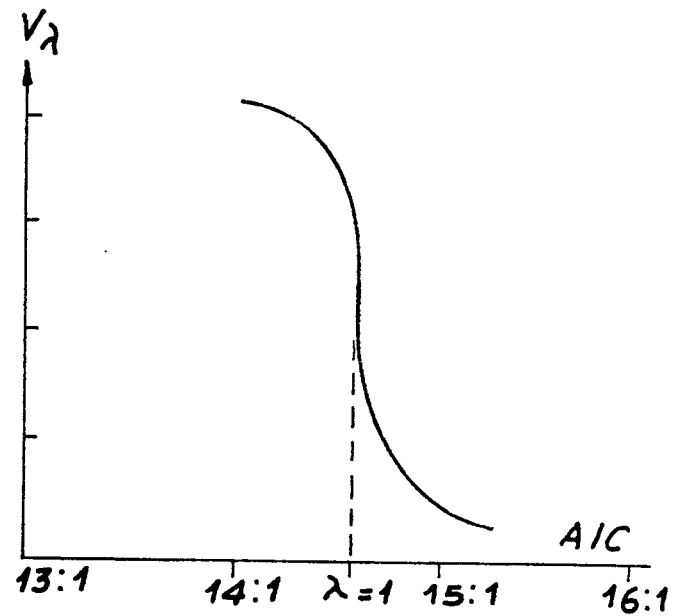
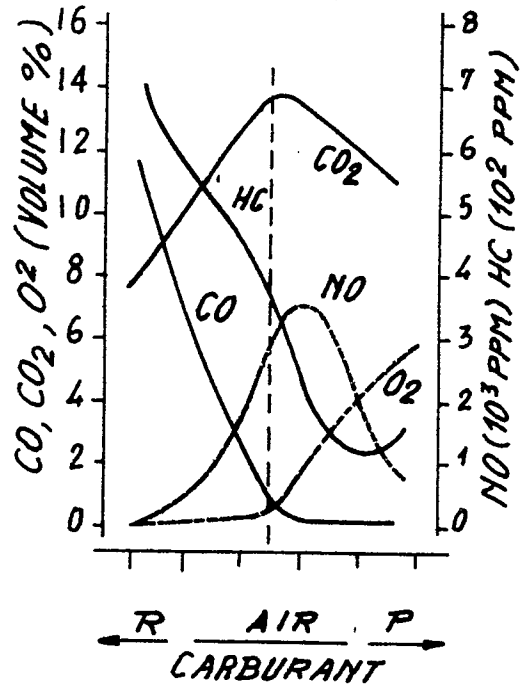


FIG. 3b

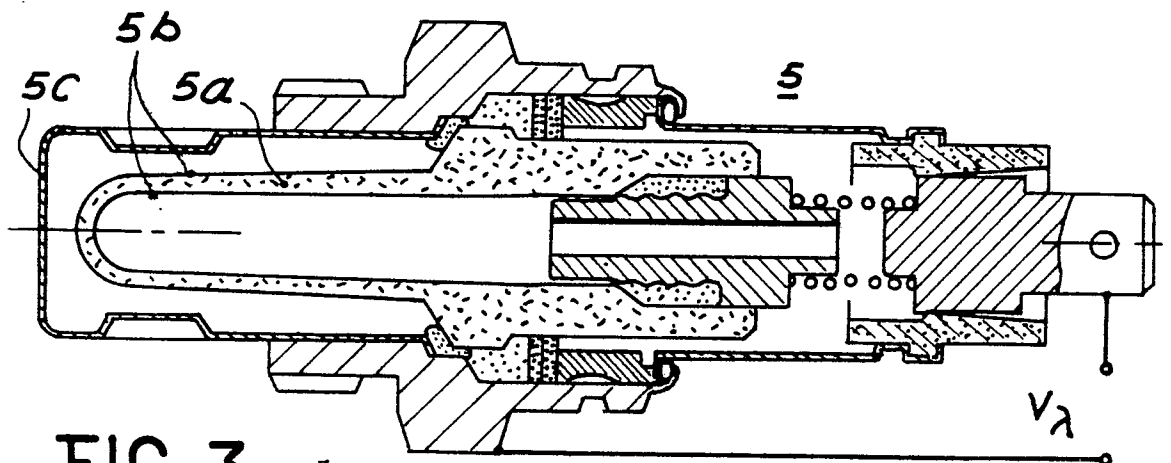


FIG. 3a

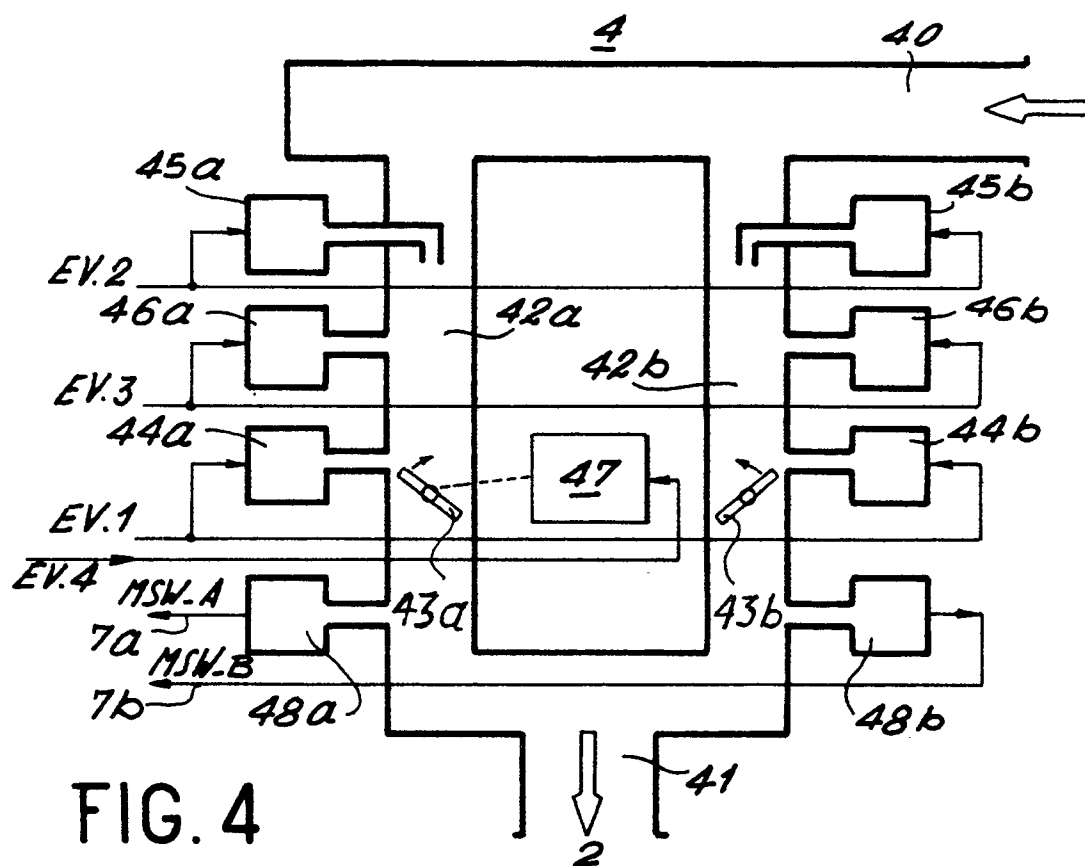


FIG. 4

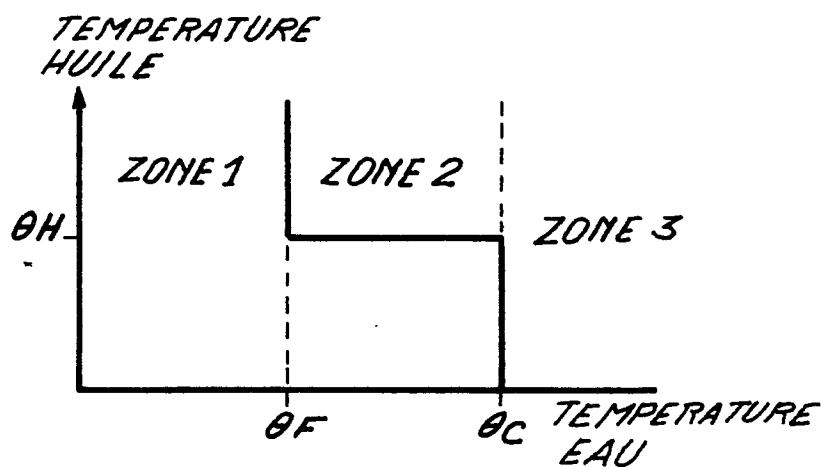


FIG. 5a

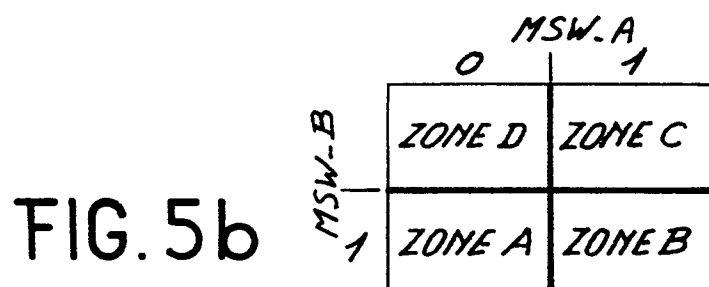
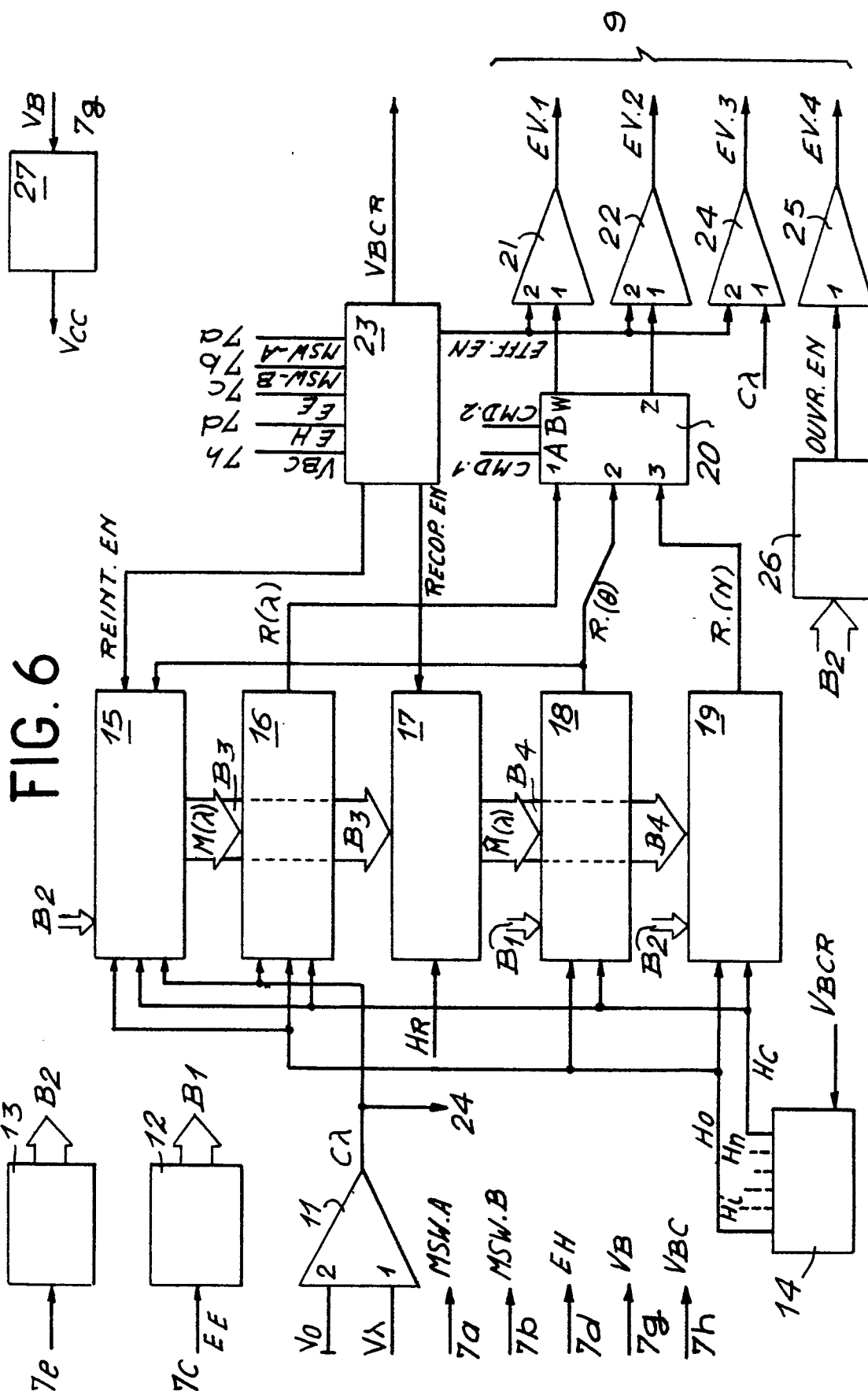
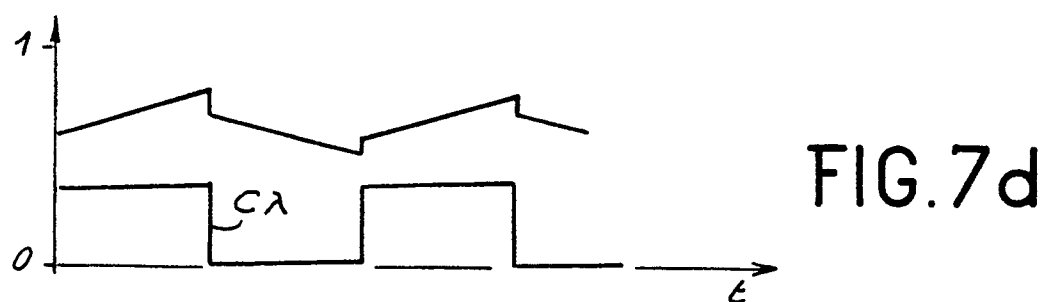
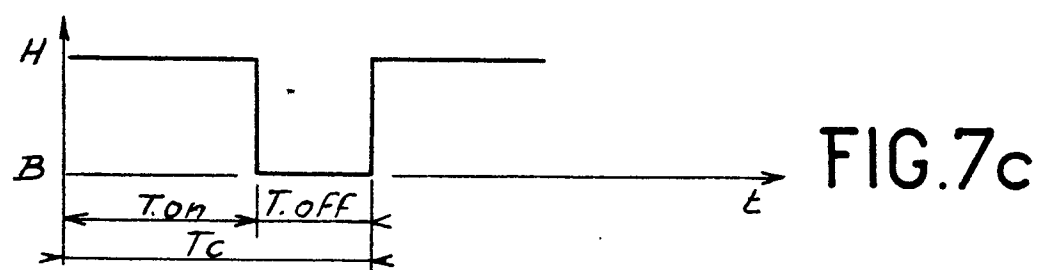
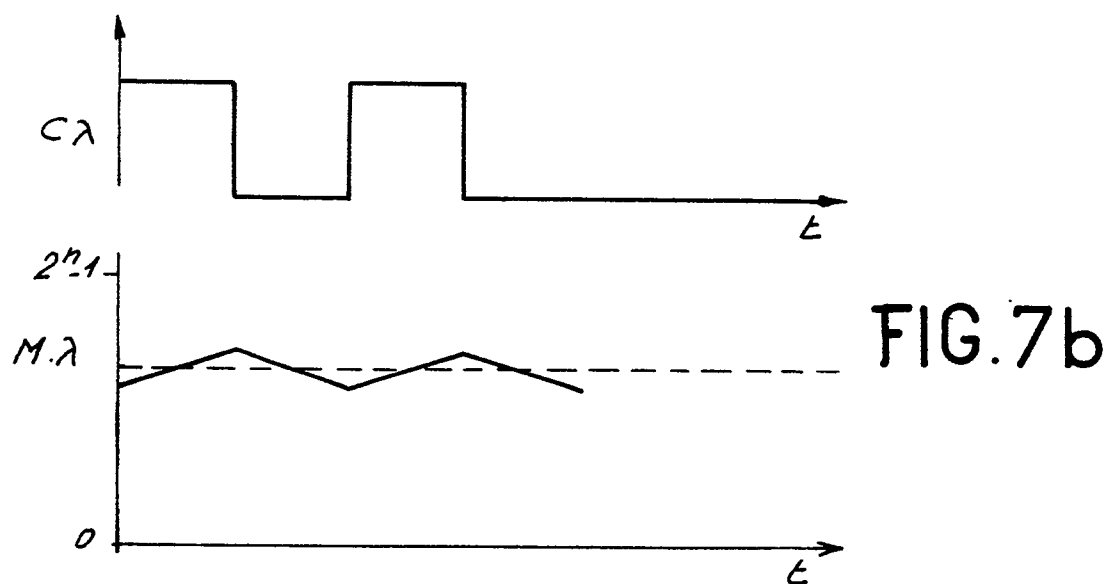
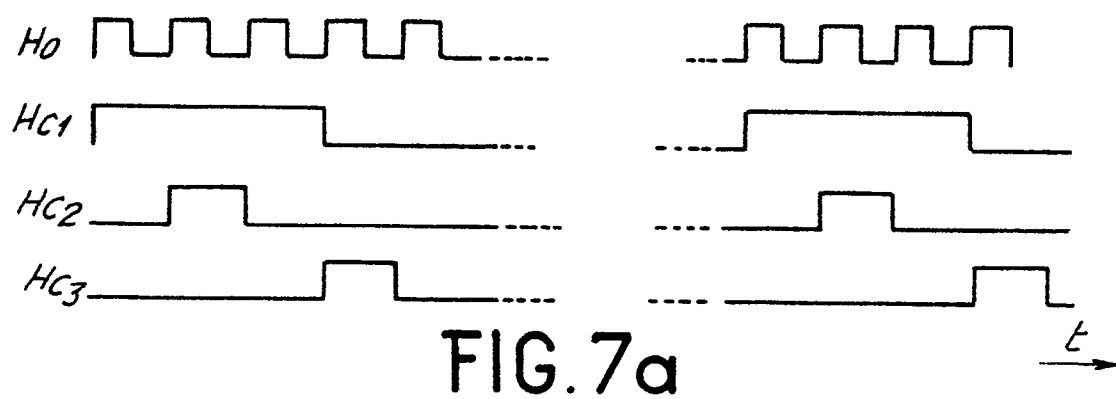


FIG. 5b

[illegible]



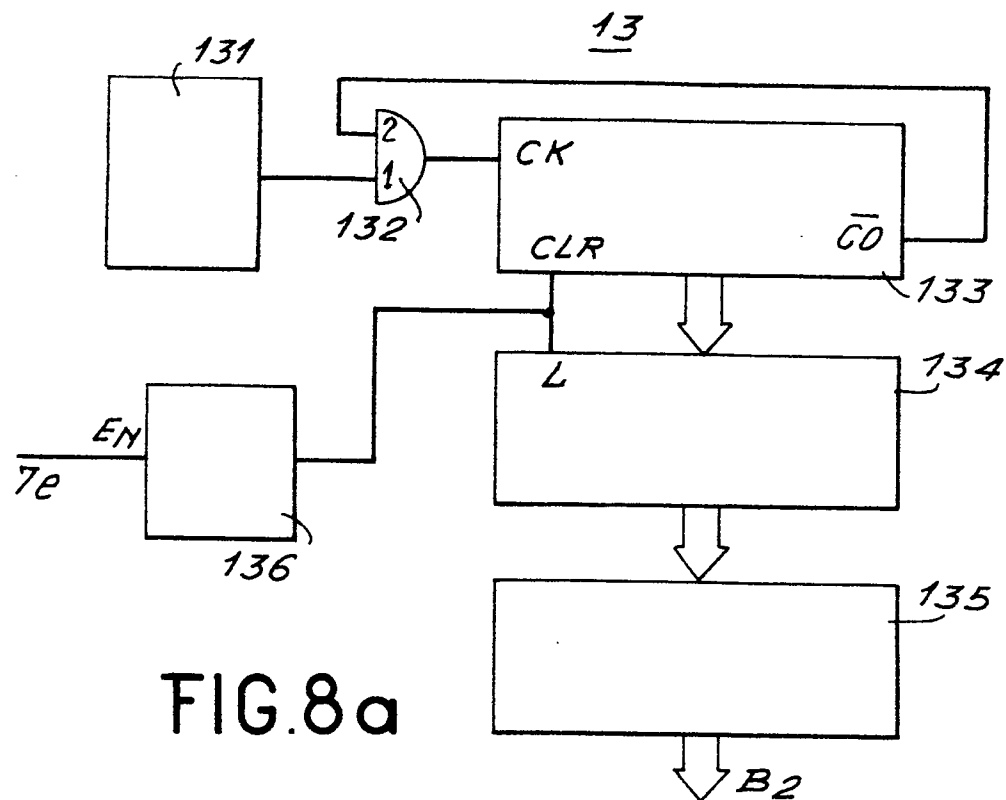


FIG. 8a

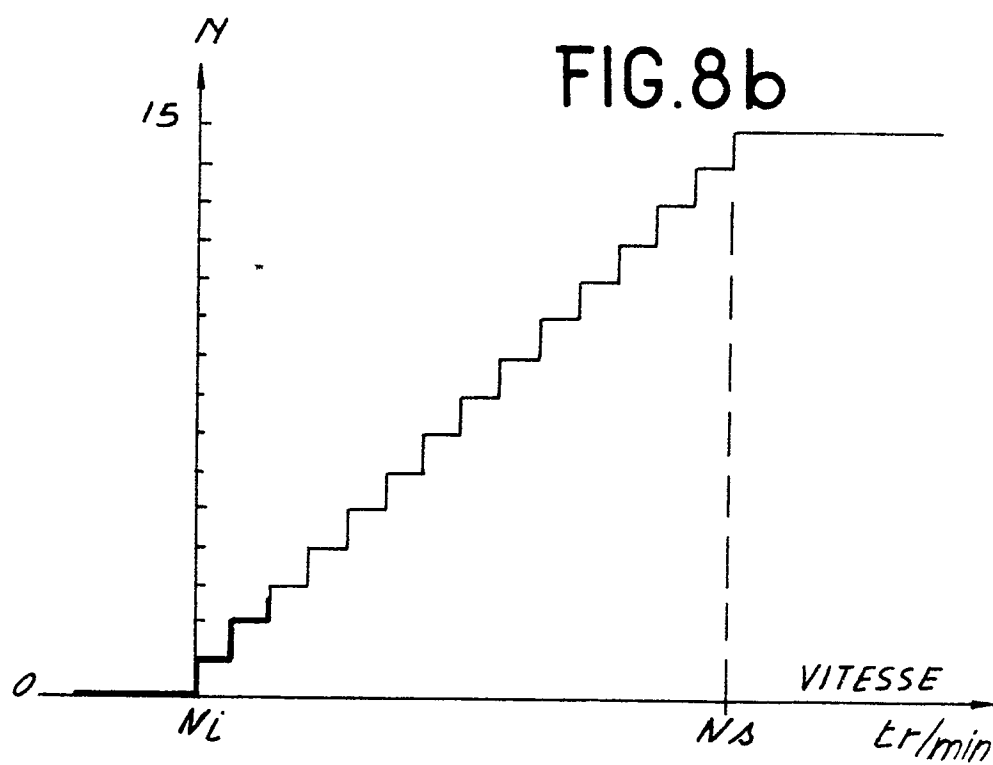
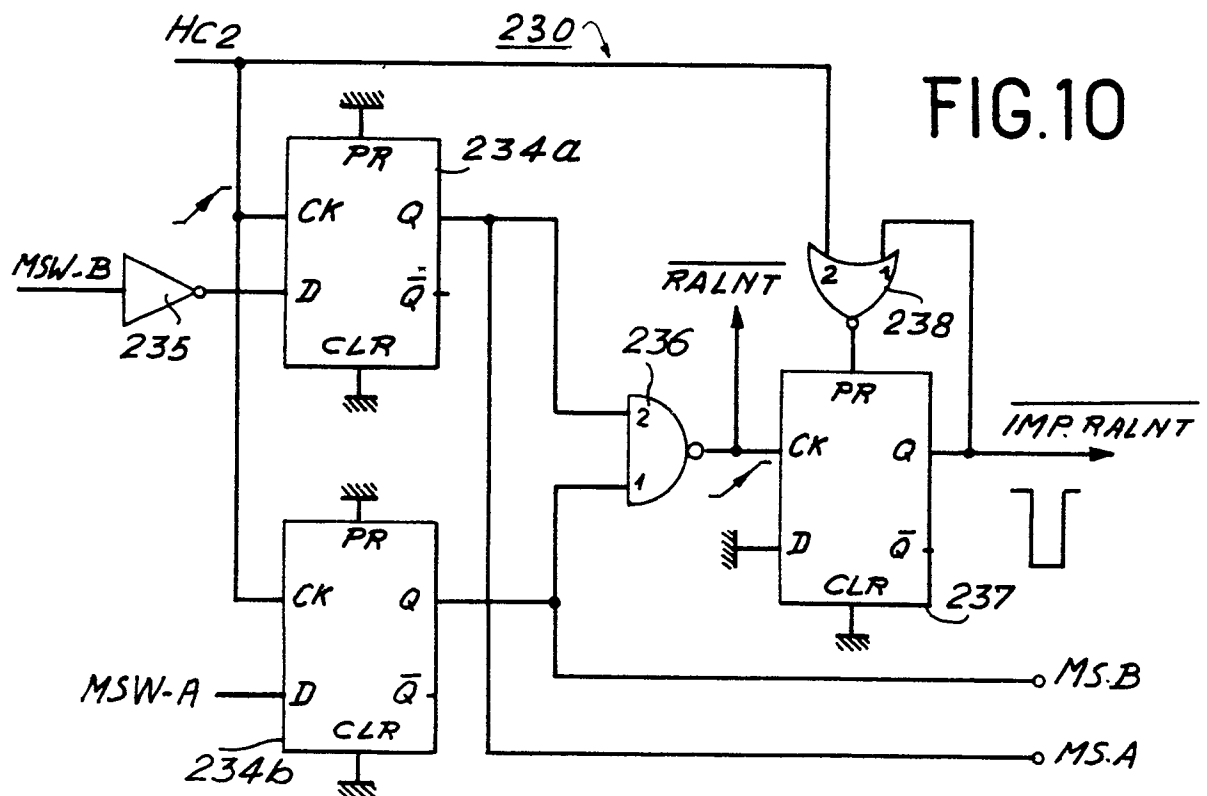
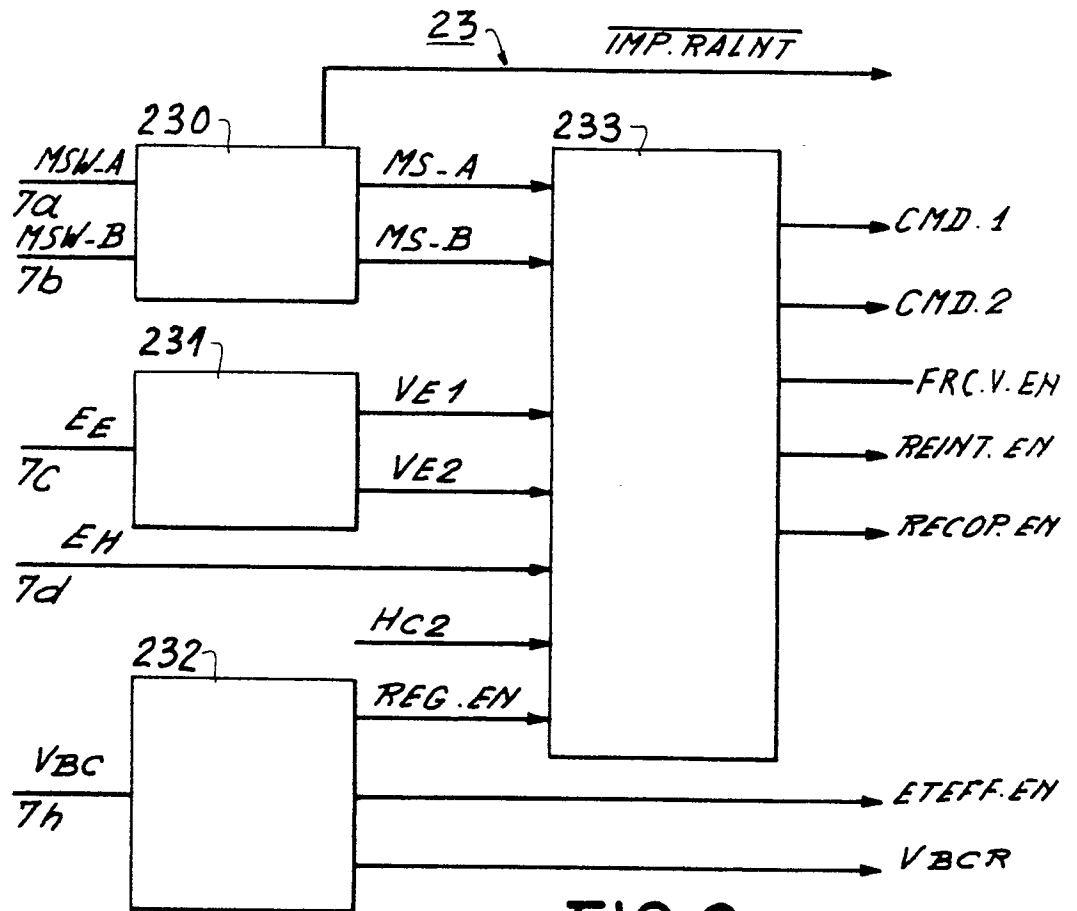


FIG. 8b



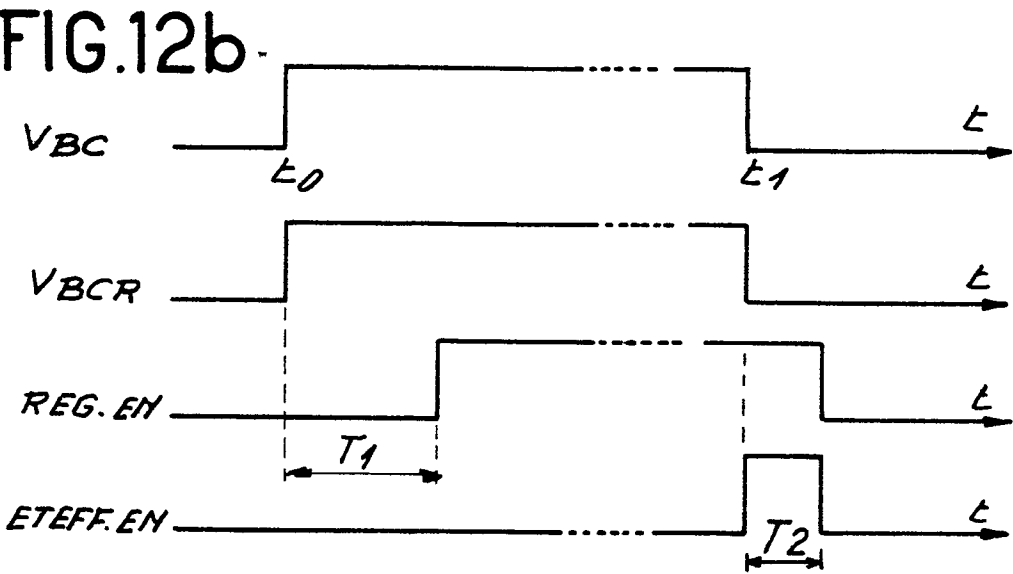
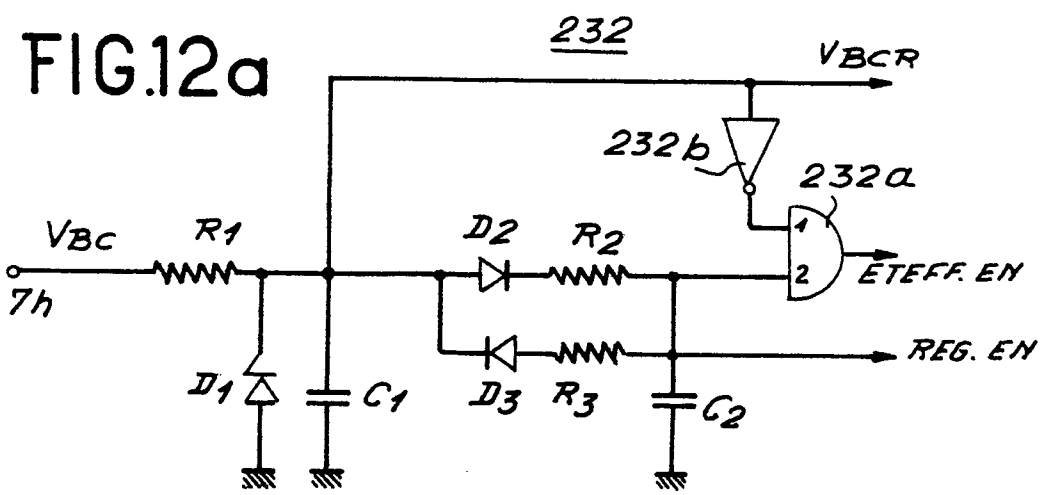
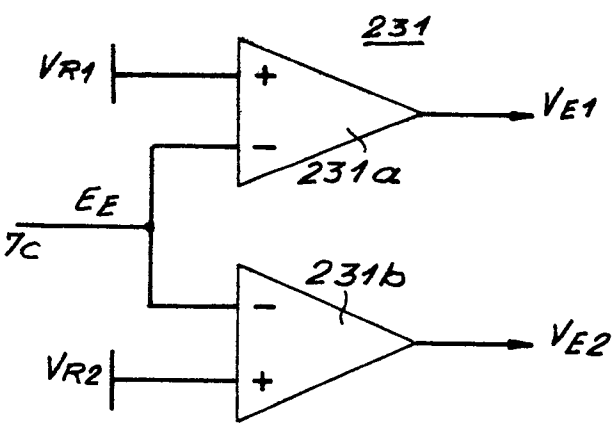


FIG.13b

A	B	W	Z
0	0	$R(\theta)$	$R(\theta)$
0	1	$R(\lambda)$	$R(\lambda)$
1	0	$R(\theta)$	$R(\lambda)$
1	1	$R(V)$	$R(V)$

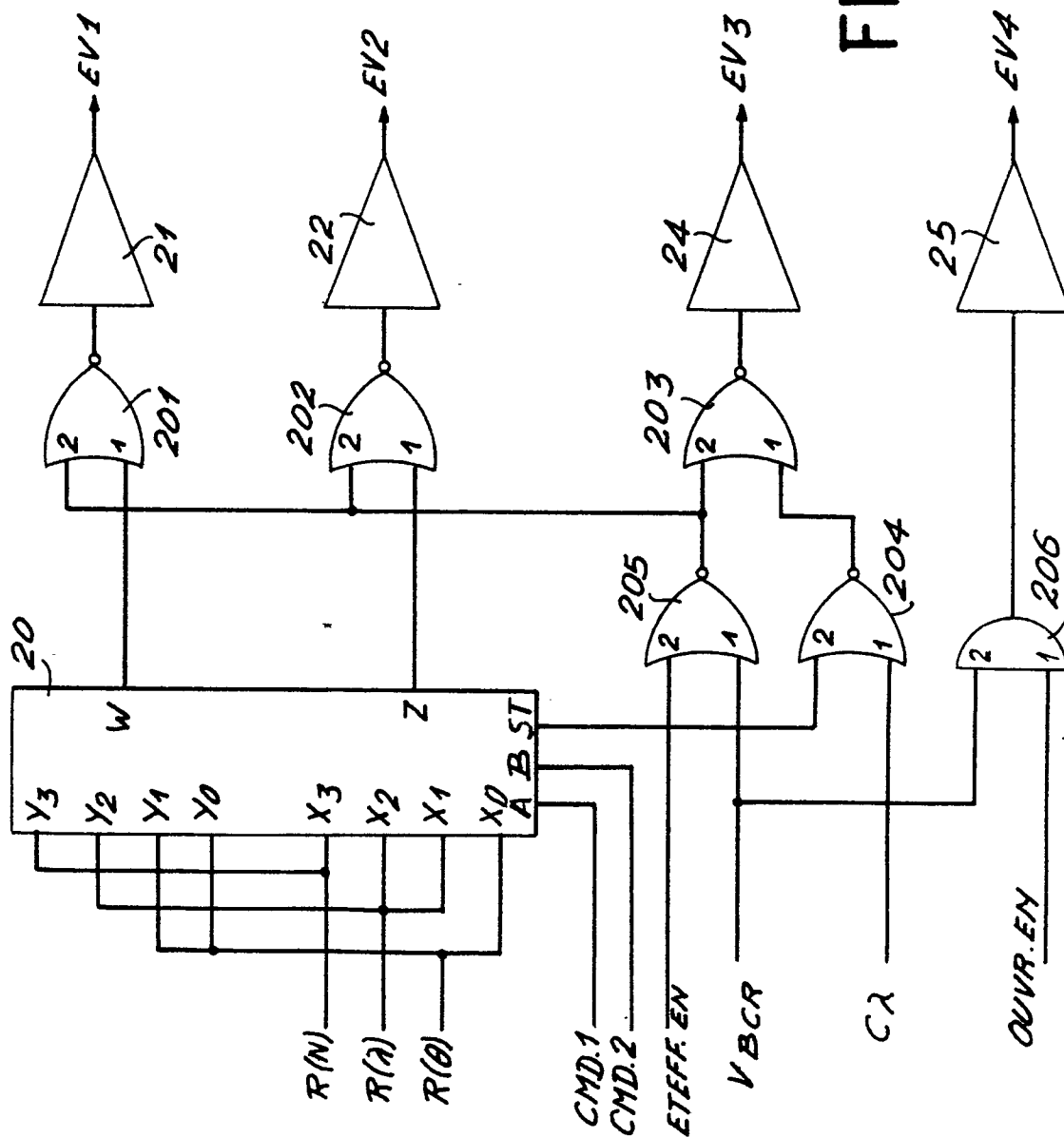


FIG.13a

FIG.14

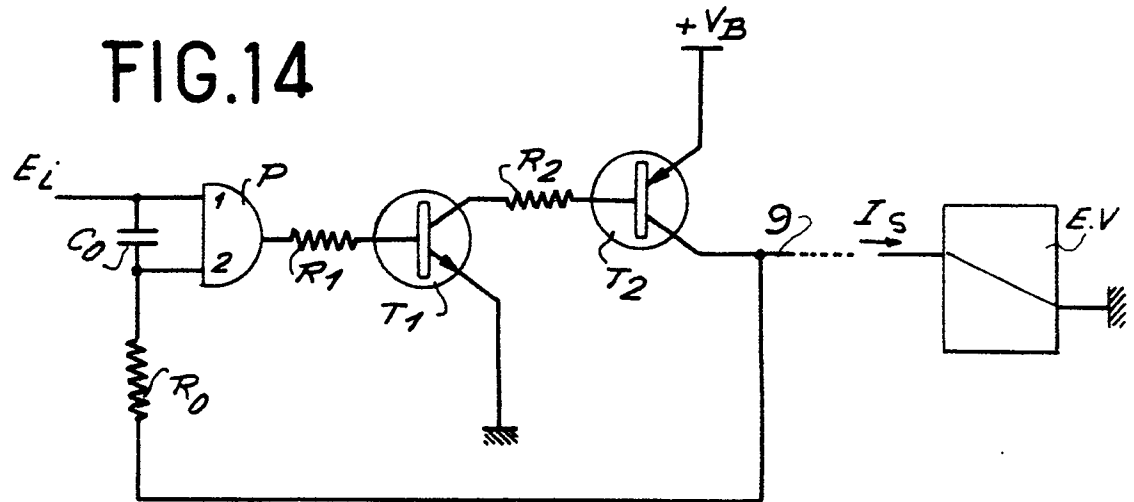


FIG.16a

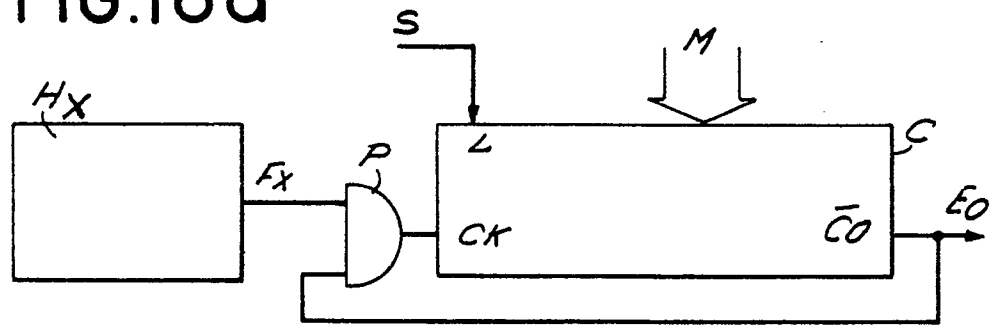
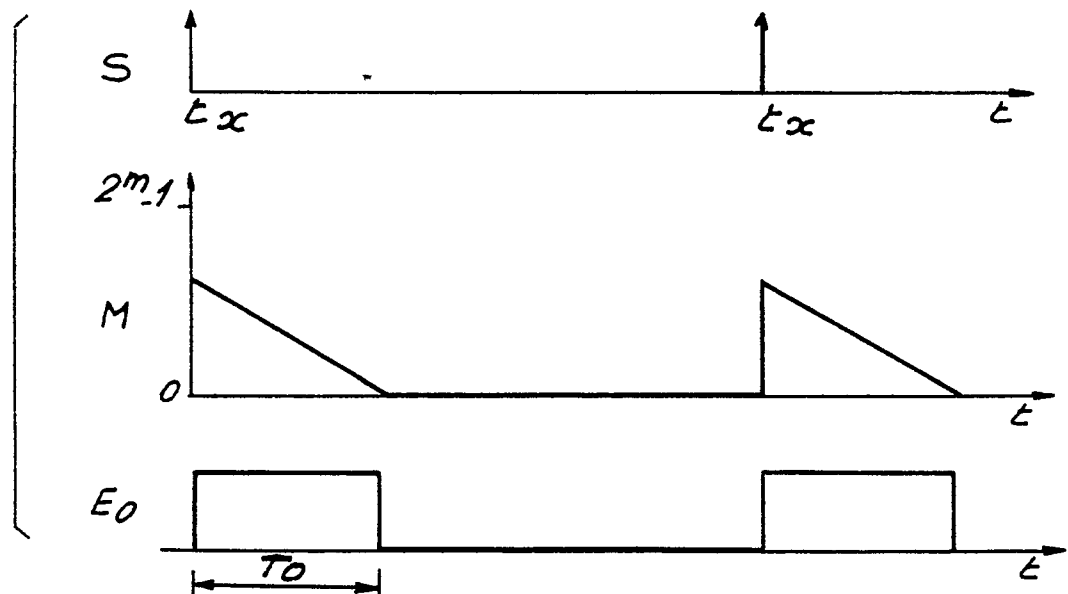


FIG.16b





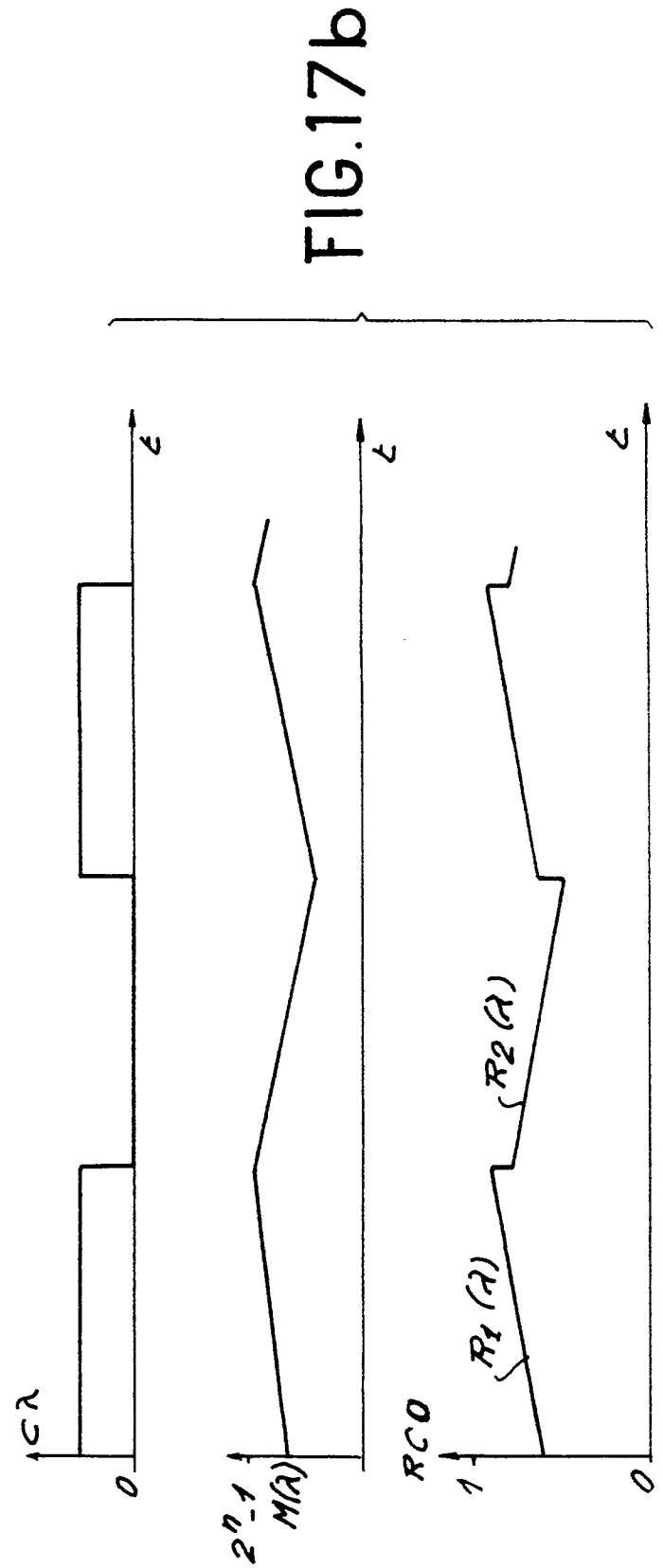
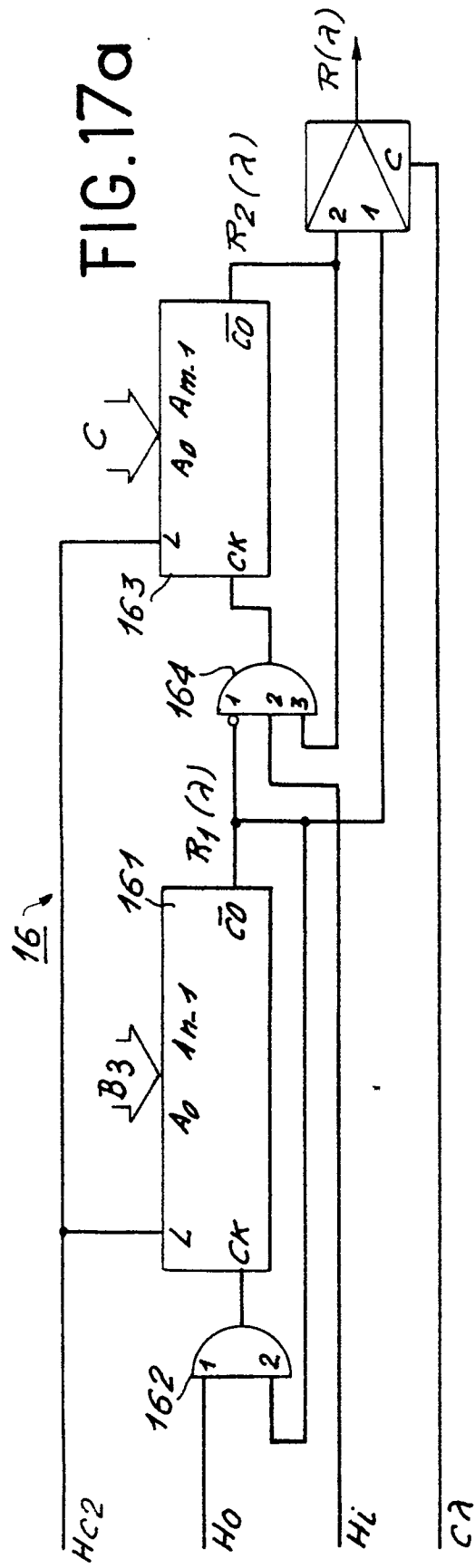


FIG.18

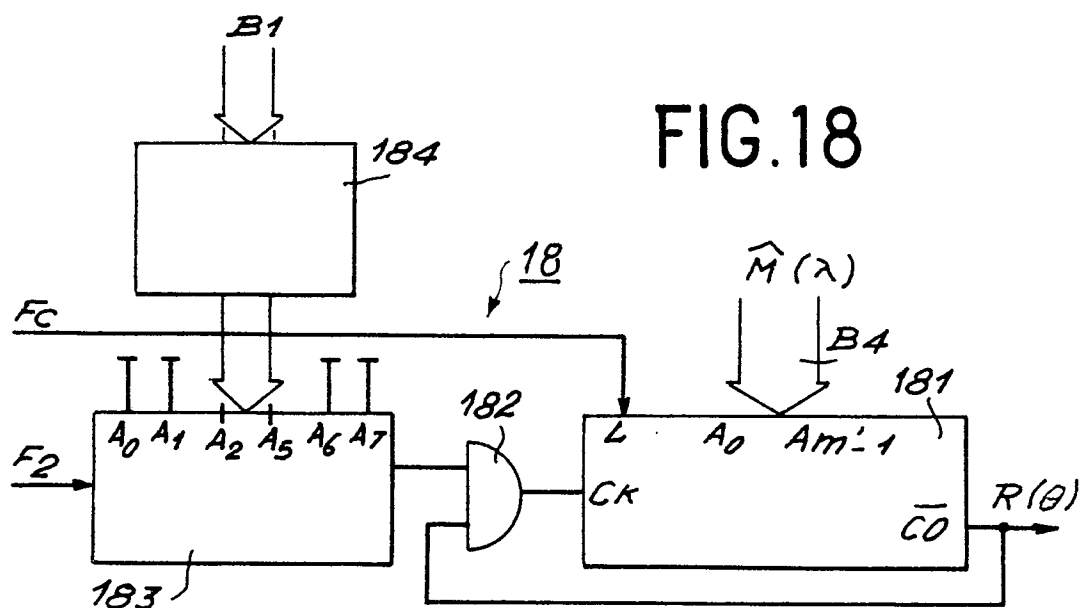


FIG.21

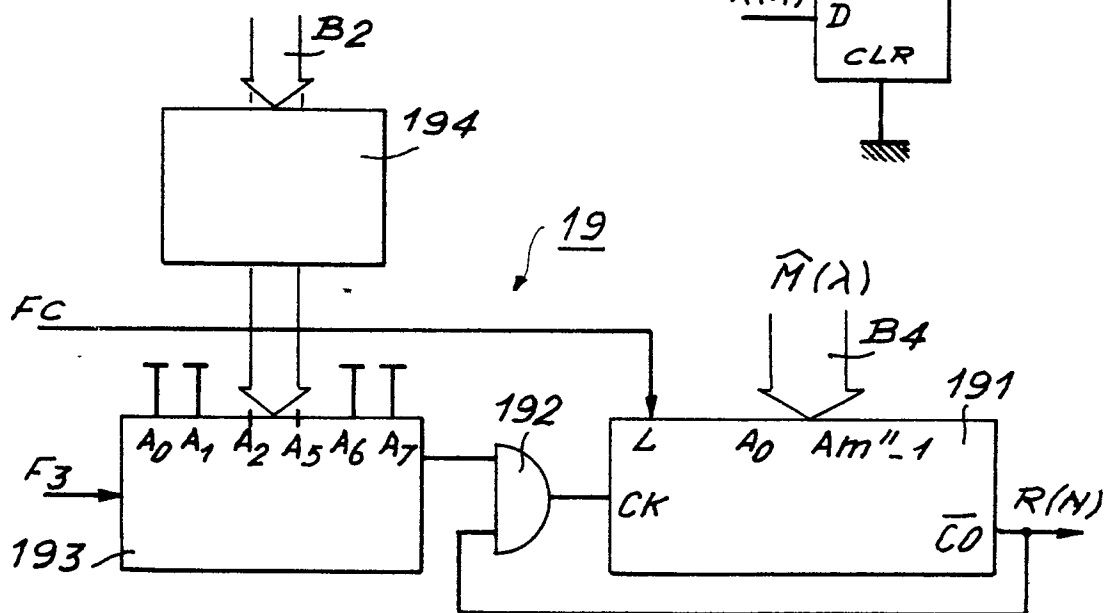
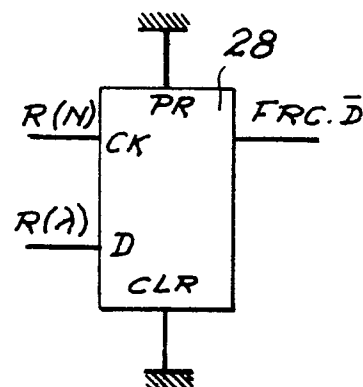
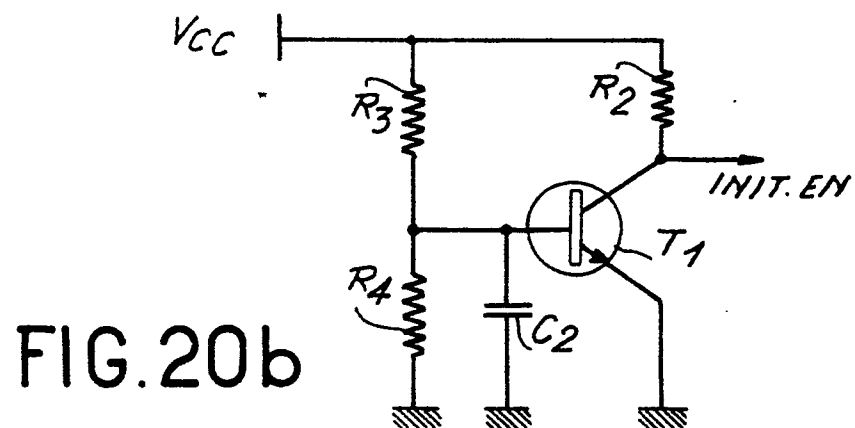
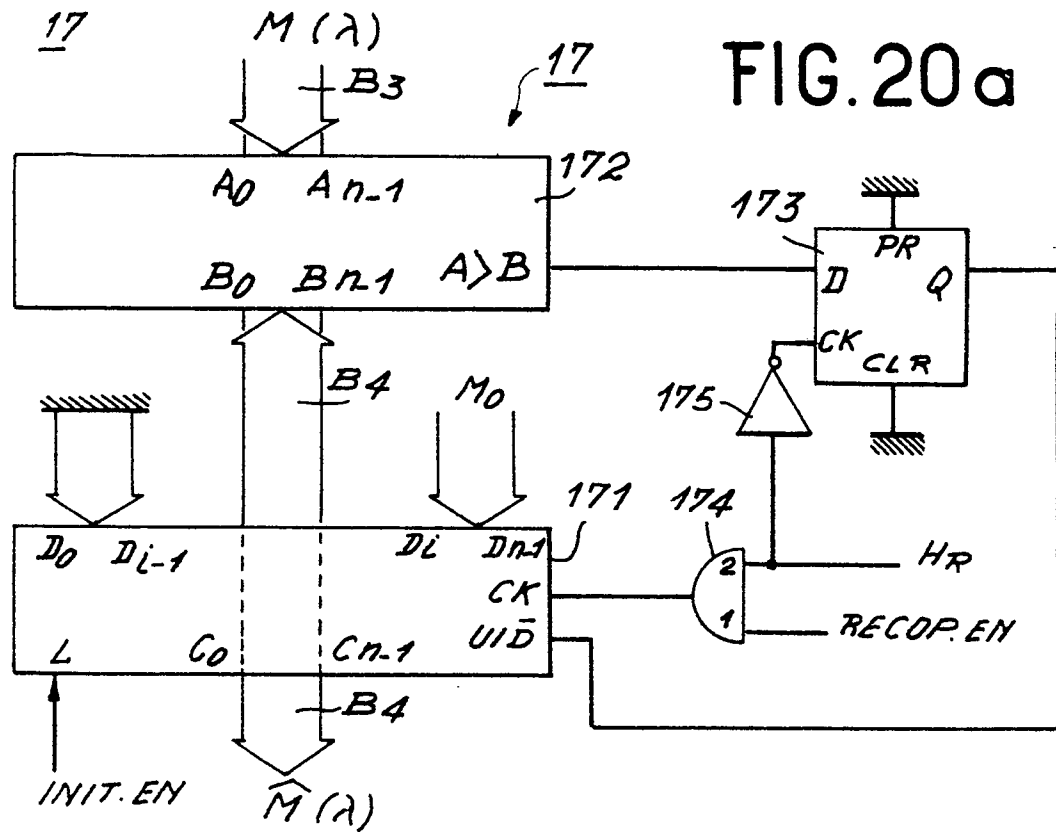


FIG.19



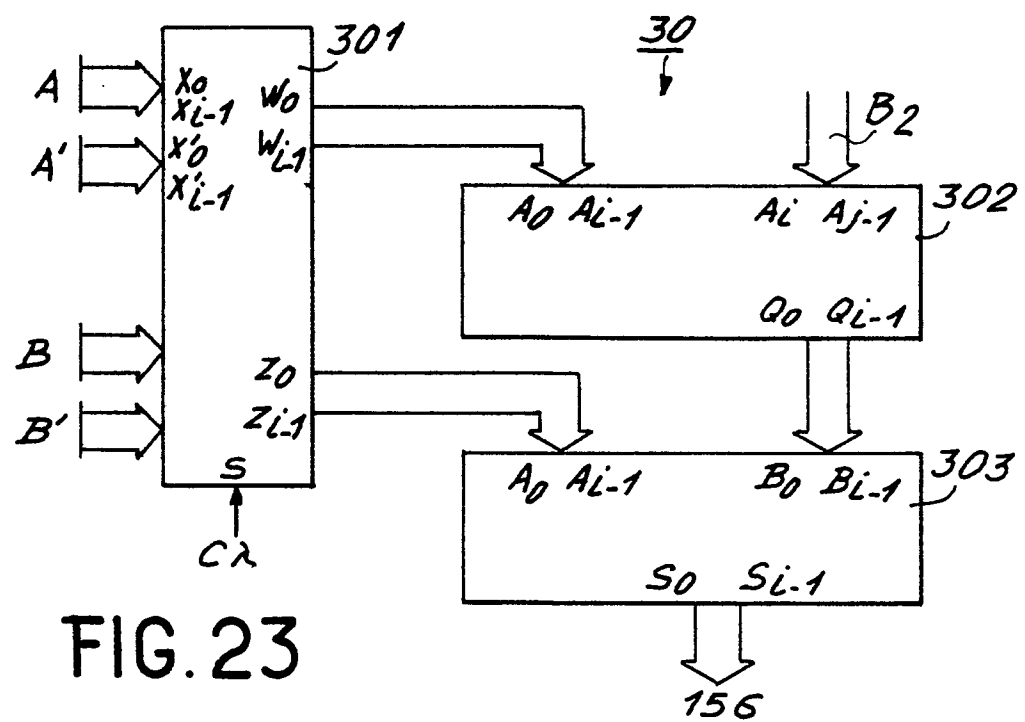
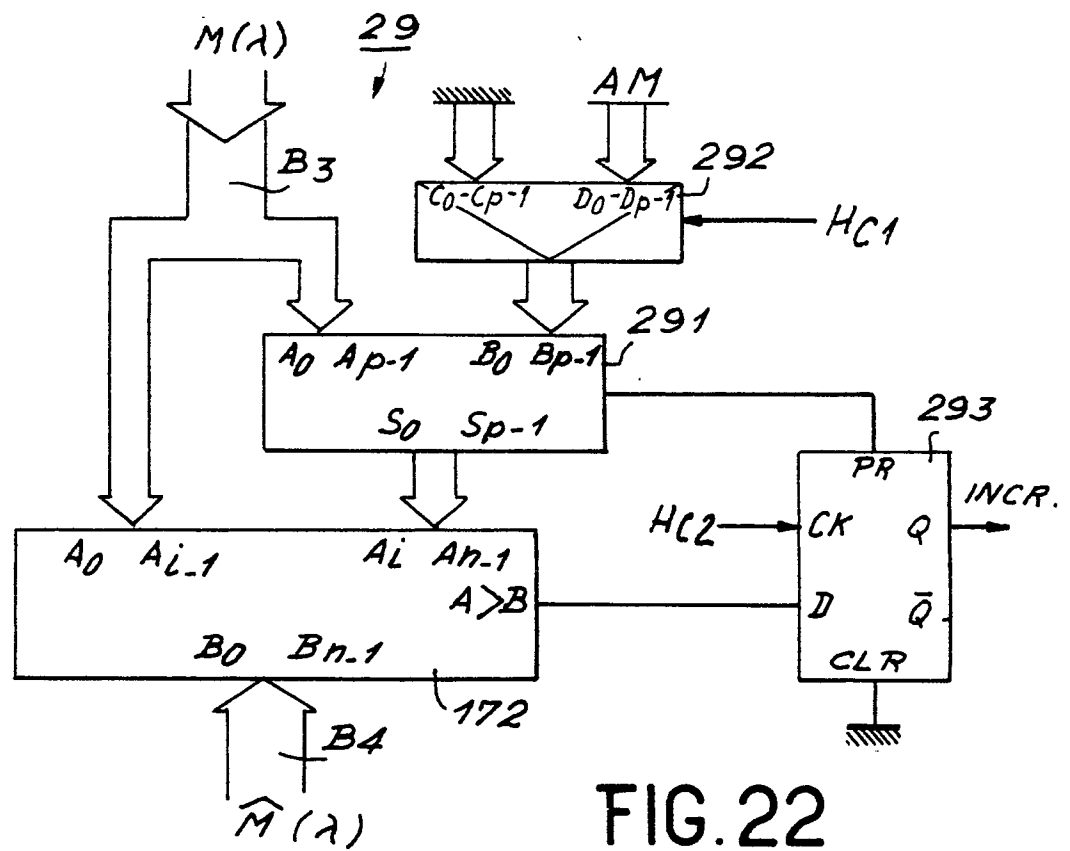
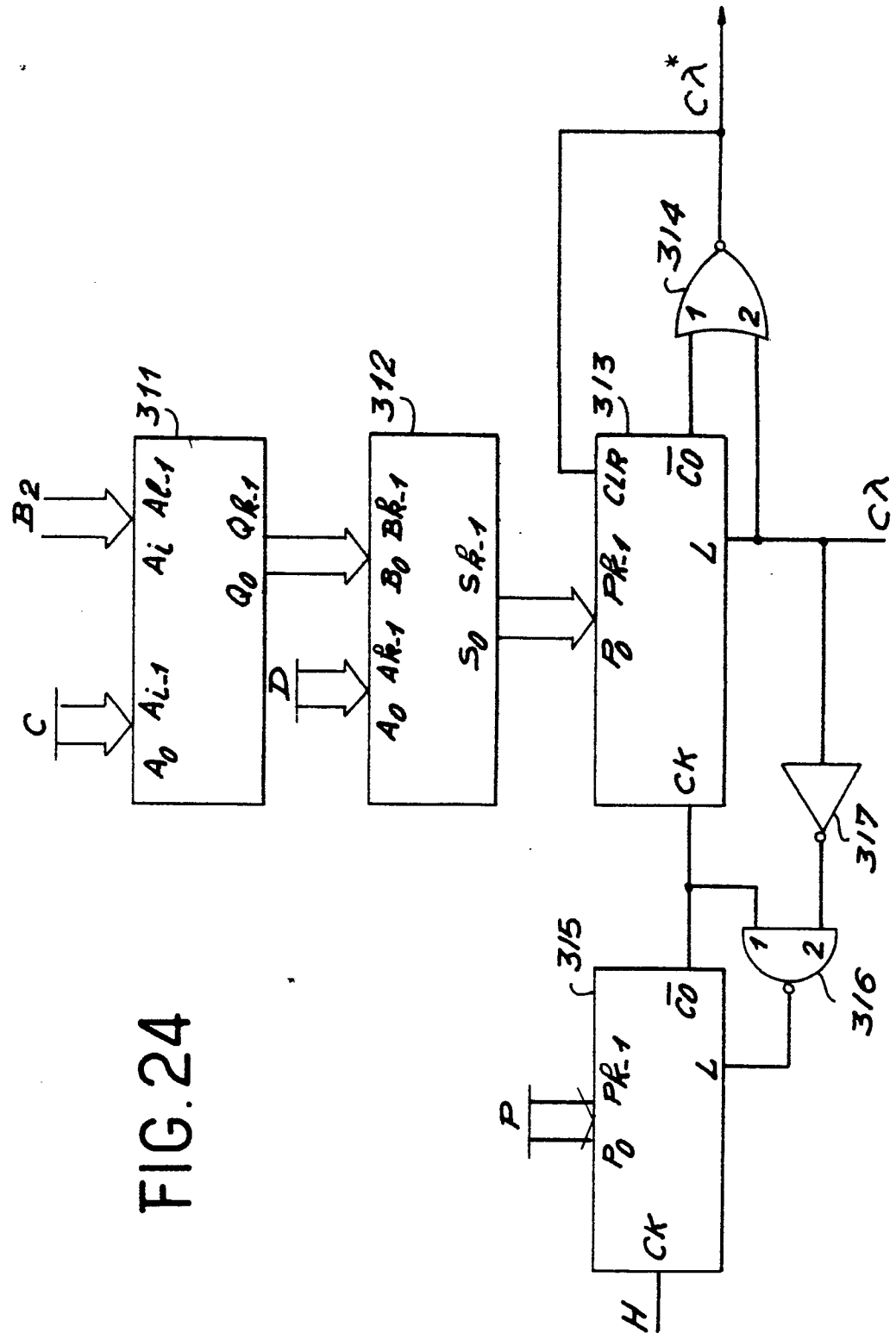


FIG. 24





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 3)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
X	<u>FR - A - 2 359 985</u> (ROBERT BOSCH GMBH) * Page 7, ligne 17 - page 8, ligne 40; page 11, ligne 29 - page 12, ligne 6 et ligne 34 - page 19, ligne 20; figures 1,3,4,5 *	1,2,4, 6,7,9	F * 02 D 5/02
	--		
	<u>US - A - 4 122 811</u> (L.L. BOWLER et al.) * Colonne 1, ligne 49 - colonne 2, ligne 19; colonne 3, ligne 67 - colonne 7, ligne 33; colonne 9, ligne 38 - colonne 10, ligne 13; figures 4 et 5 *	1-4,9	
	--		
	<u>US - A - 3 895 611</u> (KUNIO ENDO et al.) * Colonne 4, ligne 13 - colonne 9, ligne 11; figures 1,2,3,5,8 *	1-4	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3) F 02 D 5/00 5/02
	--		
	<u>FR - A - 2 029 418</u> (F. MURTIN et al.) * Page 1, ligne 1 - page 6, ligne 39; figures 1 et 2 *	5,7	
	--		
	<u>FR - A - 2 263 384</u> (SOPROMI) * En entier *	1,3-5, 7	CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons
DA	<u>FR - A - 2 389 770</u> (SOCIETE INDUSTRIELLE DE BREVETS ET D'ETUDES S.I.B.E.) ----		&: membre de la même famille, document correspondant
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye	Date d'achèvement de la recherche 13-01-1981	Examineur FOURNIER	