RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 526 180**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) **N° 83 07241**

(54) **Circuit numérique pour la commande de la mise en marche progressive de stimulateurs électriques de tissus.**

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 05 B 19/18; A 61 N 1/36.

(22) Date de dépôt..... 2 mai 1983.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *US, 30 avril 1982, n° 373,679.*

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 44 du 4-11-1983.

(71) Déposant : Société dite : MEDTRONIC, INC. — US.

(72) Invention de : David L. Thompson, Glenn M. Roline et Richard J. Harrington.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

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

La présente invention concerne le domaine des stimulateurs électriques de tissus, utilisés dans le domaine de la médecine pour le traitement de la douleur. En particulier, l'invention concerne l'ensemble des circuits de commande numérique permettant des augmentations progressives, réglables, de l'intensité ou de l'amplitude des impulsions de stimulation délivrées par un stimulateur électrique de tissus.

Les stimulateurs de tissus ont acquis une large approbation dans le domaine de la médecine pour le traitement de douleurs persistantes chroniques. D'une façon générale, les stimulateurs de tissus comprennant des circuits électriques générant des impulsions électriques de stimulation, des électrodes destinées à être fixées à la partie concernée du corps, et des conducteurs pour transmettre les impulsions de stimulation à partir des circuits de génération vers les électrodes. Dans certains cas l'ensemble du dispositif stimulateur de tissus est destiné à être implanté dans le corps alors que dans d'autres cas les circuits de génération des impulsions sont contenues dans un boîtier extérieur au corps. Dans le cas de stimulateurs transcutanés, les électrodes ayant une surface significative sont maintenues en contact avec la peau par des dispositifs adhésifs ou autres sur les zones concernées. Un autre type de stimulation qui peut être utilisé avec des générateurs d'impulsions implantés ou externes utilise des conducteurs se prolongeant jusqu'à une électrode implantée, par exemple le long de la moelle épinière. En tout cas, l'application des impulsions électriques de stimulation au tissu du corps produit l'effet de soulagement ou de masque de la sensation de douleur. Dans des ensembles plus sophistiqués , des moyens de commandes ou de programmations peuvent être prévus pour régler des paramètres de stimulation de sortie tels que l'amplitude des impulsions et la fréquence de répétition. Beaucoup de générateurs d'impulsions de stimulateurs de tissus fournissent aussi un mode périodique ou en rafales caractérisé

en ce que des groupes d'impulsions de stimulation individuelles sont réalisés périodiquement, avec des intervalles de retard entre les groupes.

Il est très souhaitable d'obtenir certains dispositifs de commande de l'amplitude ou de l'intensité des impulsions de stimulation de sorte que le malade utilisant l'appareil puisse régler l'amplitude pour une efficacité maximum. Si l'amplitude est trop basse, il se peut qu'il y ait un soulagement insuffisant ; et si l'amplitude est trop grande, il peut y avoir une sensation désagréable de picotement ou de fourmillement. L'amplitude optimale change selon diverses conditions de fonctionnement incluant la durée effective de la stimulation. Des problèmes ont été rencontrés dans la stimulation en mode périodique ou en rafalesdans laquelle la sensation désagréable de picotement ou de fourmillement accompagne parfois la stimulation.

Afin d'alléger ce problème, des circuits ont été conçus dans l'état antérieur de la technique pour obtenir une augmentation progressive de l'amplitude des impulsions dans un groupe d'impulsions suivant un mode en rafale. Des circuits ont utilisé les caractéristiques de charge ou décharge, l'ensemble à résistance-condensateur, pour obtenir une augmentation progressive de l'amplitude des premières impulsions dans un groupe jusqu'à l'amplitude finale. Bien que cette technique ait contribué à l'allègement de la sensation de fourmillement non désirée, elle présente l'inconvénient de ne pas être adaptée aux différentes vitesses d'accroissement ou pentes et aux différentes amplitudes finales des impulsions. En outre, les circuits de charge à résistance - condensateur peuvent conduire à une consommation électrique relativement plus importante ce qui peut être une considération majeure dans le cas d'un générateur d'impulsions implantable totalement intégré.

Pour surmonter ces problèmes et d'autres encore, la présente invention fournit un ensemble de circuits perfectionné pour la commande de la génération d'impulsions électriques dans un dispositif stimulateur de tissus. L'invention est particulièrement adaptée aux stimulateurs de tissus implantables, mais elle est aussi utilisable dans des stimulateurs externes. L'invention fournit un ensemble de circuits numériques qui commande l'apparition progressive ou accroissement de l'amplitude des impulsions initiales dans un groupe ou rafale d'impulsions de sortie. La présente invention fournit la faculté de programmation de sorte que la pente ou la vitesse réelle de l'accroissement puisse être choisie par une programmation à distance, aussi bien que la valeur finale des impulsions de sortie de pleine amplitude. Ceci permet la commande optimale des caractéristiques des impulsions pour le soulagement le plus efficace de la douleur pour le malade, et un réglage pratique des nouveaux paramètres des impulsions de sortie comme il est nécessaire ou souhaitable de temps en temps.

D' autres caractéristiques de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre donnée uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

la Fig. 1 représente un schéma-bloc électrique d'un stimulateur de tissus programmable,auquel est appliquée l'invention;

la Fig.2 représente un schéma des formes de l'onde de sortie du stimulateur de la Fig. 1 ;

la Fig.3 représente un schéma d'un couple d'impulsions de sortie de la forme d'onde de la Fig.2, à plus grande échelle ;

les Fig. 4a et 4b représentent des schémas à une échelle agrandie des impulsions de sortie en provenance du stimulateur de la Fig.1 illustrant la caractéristique de croissance en douceur pour un groupe d'impulsions.

Le stimulateur de tissus programmable représenté en schéma-bloc à la Fig. 1 est destiné à être im-

planté entièrement, et la programmation est donc réalisée par des signaux codés émis de l'extérieur du corps, et reçus par un ensemble de circuits de réception et de décodage dans le stimulateur implanté. Les signaux de programmation codés sont reçus par une antenne 11 et un circuit de commande de programmation 12 comprenant un récepteur, un circuit de commande de celui-ci, et des circuits de décodage. Le circuit de commande 12 vérifie la validité des signaux reçus, les décode et les applique par un bus de données 13 aux différentes mémoires de paramètres comme expliqué plus complètement ci-dessous. Différents types de dispositifs sont connus dans la technique pour l'émission, la réception et le décodage des signaux de programmation dans des dispositifs implantés, et par conséquent, l'ensemble du circuit de commande 12 n'est pas représenté en détails. La présente invention est de préférence utilisée avec le type particulier de récepteur de signal de programmation et de circuit de commande de celui-ci exposée dans la demande de brevet US 373 798 appartenant à la Demanderesse intitulée " Circuit pour commander un récepteur dans un dispositif implantable", bien que d'autres types de récepteurs de programmation et de circuit de commande puissent aussi être utilisés.

Le bus de données 13 est prévu pour transmettre les informations du programme à partir du circuit de commande 12 aux différentes mémoires de mode, et peut prendre la forme de trajets de données parallèles ou séries comme il est d'une façon générale connu, et des techniques d'adressage convenables sont utilisées conjointement avec ce bus pour que les informations de programmation appropriées soient transmises à la mémoire convenable.

Une mémoire de marche-arrêt 14 est reliée au bus de données 13 pour recevoir des signaux de programmation correspondant à l'état sélectionné du stimulateur,

c'est-à-dire en marche ou à l'arrêt. En outre, un relais magnétique à lame 15 est prévu dans le dispositif et est aussi relié à la mémoire 14. Ce relais est actionné d'une façon classique en plaçant un aimant externe à l'endroit où l'unité est implantée. L'état de la mémoire 14 et par conséquent l'état de marche ou d'arrêt du stimulateur peut être commandé par des signaux de programmation externes ou par l'aimant appliqué d'une façon externe à l'endroit du stimulateur implanté. L'état de la mémoire 14 est communiqué sur le conducteur 16 qui se prolonge jusqu'à la logique de commande ce qui est expliqué plus complètement par la suite.

Une mémoire de largeur des impulsions 20 comporte un compteur ou des registres pour la réception et le stockage des données numériques correspondant à la largeur d'impulsion sélectionnée. Le comptage ou contenu de la mémoire 20 est appliqué par un bus de données 21 à une entrée du circuit décodeur 22.

Une mémoire de cadence d'impulsions 24 comporte un compteur ou des registres reliés au bus de données 13 pour recevoir et stocker les données numériques correspondant à la cadence des impulsions choisie. Le contenu des données de la mémoire 24 est appliqué sur un bus de données 25 à une entrée d'un circuit compteur 60, ainsi qu'on le décrira plus loin.

Une mémoire 28 de temps de marche et une mémoire 32 de temps d'arrêt sont prévues pour commander la délivrance des impulsions de stimulation comme expliqué plus loin. Les deux mémoires 28 et 32 sont reliées au bus de données 13. Ces mémoires consistent en des circuits compteurs ou registres recevant et stockant les données numériques correspondant aux temps d'ouverture et de fermeture souhaités, respectivement, pour le stimulateur en mode périodique ou en rafales. Le contenu des données de la mémoire 28 est appliqué par un bus de données 29 à un circuit compteur-décodeur 30 qui reçoit aussi le signal de

sortie de la mémoire 32 à partir du bus de données 33. Un fonctionnement continu se produit quand la mémoire de temps de marche 28 est mise à zéro.

La mémoire 34 est une autre mémoire ou un jeu de registres relié au bus de données 13 pour recevoir les données numériques correspondant au nombre d'impulsions par pas choisi, qui correspond à la pente de la mise en marche progressive comme expliqué plus complètement plus loin. La mémoire 34 sert aussi de circuit de commande de marche-arrêt pour une mise en marche progressive. Le contenu des données de cette mémoire est transféré par un bus de données 35 vers un circuit décodeur 36.

La mémoire d'amplitude 38 est une autre mémoire ou un jeu de registres relié au bus de données 13 pour recevoir et stocker les données numériques correspondant à l'amplitude sélectionnée pour les impulsions de stimulation de sortie. Le contenu des données de cette mémoire est appliqué par un bus des données 39 à un circuit décodeur 40, un circuit décodeur 41, et un commutateur 42.

Les signaux de synchronisation sont produits par un cristal de référence 51. Un conducteur 52 est relié à l'entrée d'un circuit compteur de largeur 55. Le résultat du comptage dans le circuit est transféré par un bus de données 56 vers le circuit décodeur 22, et le comptage de dépassement du circuit compteur 55 est transféré par un conducteur 57 vers l'entrée d'un circuit compteur de périodes 60, et aussi vers l'entrée du circuit compteur-décodeur 30.

Un circuit basculeur 66 est mis à l'état 1 par le circuit compteur de périodes 60 par un conducteur 65, et remis à l'état 0 par le circuit décodeur 22 par un conducteur 64. Une branche du conducteur 65 est aussi reliée à une entrée d'autorisation du circuit décodeur 22. La sortie Q du circuit basculeur 66 est reliée par un conducteur 73 à une entrée d'une porte ET 70. La sortie du circuit compteur-décodeur 30 est reliée par un conducteur 71 à une autre entrée de la porte ET 70. La sortie du

circuit décodeur 41 est reliée par un conducteur 72 à une autre entrée de la porte ET 70, et le conducteur 16 partant de la mémoire 14 est relié à la dernière entrée de la porte ET 70.

La sortie de la porte ET 70 est reliée à un conducteur 76 dont une branche est reliée à un circuit compteur 80, qui est référencé comme le circuit compteur d'impulsions par pas. Une autre branche du conducteur 76 est reliée à une entrée de déblocage du circuit de sortie analogique 90. Le compte compteur 80 est appliqué par un bus de données 81 au circuit décodeur 36, et la sortie de ce circuit est reliée par un conducteur 37 à une entrée d'un circuit compteur 84 qui est référencé comme le circuit compteur d'amplitude, et à une entrée de remise à zéro du circuit compteur 80. Le compte du compteur d'amplitude 84 est transféré par un bus de données 85 au circuit décodeur 40, et par un bus de données 85 b à un commutateur 43. Le circuit compteur 84 reçoit aussi sur une entrée de remise à zéro une branche du conducteur 71. Le signal de sortie du circuit décodeur 40 est transféré par un conducteur 86 à une autre entrée du compteur 84.

Un convertisseur numérique - analogique 96 reçoit des entrées numériques à partir du bus de données 97, qui est relié aux deux commutateurs 42 et 43. La sortie analogique du convertisseur 96 est reliée par un conducteur 98 à l'entrée du circuit de sortie analogique 90. Le circuit de sortie 90 délivre des impulsions électriques de stimulation aux bornes 92 et 93, dont la dernière est reliée par un condensateur 91 au circuit de sortie 90. Ces impulsions de stimulation sont dirigées par des conducteurs (non représentés) vers les électrodes (non représentées) pour fournir la stimulation électrique du tissu.

La sortie produite par le mode de réalisation de la Figure 1 dans un mode de fonctionnement périodique ou en rafales est représentée à la Figure 2, sur laquelle l'axe vertical représente l'amplitude des impulsions et

l'axe horizontal représente le temps. Deux groupes ou rafales d'impulsions sont représentés, dont chacun contient un nombre d'impulsions individuelles. Le temps de fonctionnement de la forme d'onde de la Figure 2 est indiqué par Ton, et cela correspond à la valeur présélectionnée du programme stockée dans la mémoire de temps de marche 28. Le temps d'arrêt de la forme d'onde est indiqué par Toff, et cela correspond à la quantité présélectionnée stockée dans la mémoire de temps d'arrêt 32. L'amplitude de la stimulation des impulsions est indiquée par A, et cela correspond à la valeur présélectionnée stockée dans la mémoire d'amplitude 38.

Des impulsions individuelles en rafales ou en groupes sont représentées sur la Figure 3, à des échelles horizontale et verticale agrandies. La lettre W indique la largeur des impulsions, qui correspond à la valeur présélectionnée stockée dans la mémoire de largeur des impulsions 20. La période des impulsions est indiquée par R qui correspond à la quantité présélectionnée stockée dans la mémoire de cadence d'impulsions 24. La mise en marche progressive ou départ en douceur est observée au début de chaque groupe d'impulsions à la Figure 2, et est vue plus en détail à la Figure 4, qui est représentée à plus grande échelle que la Figure 2, mais à plus petite échelle que la Figure 3. A la Figure 4, des impulsions individuelles sont représentées comme des lignes individuelles, mais on comprend que la largeur des impulsions est par exemple plusieurs fois plus petite que l'intervalle entre des impulsions successives. La Figure 4 a représente une amplitude des impulsions augmentant avec une pente ou vitesse de 2 impulsions par pas d'accroissement de l'amplitude. Ainsi, les deux premières impulsions sont au premier incrément d'amplitude, les deux impulsions suivantes sont à l'incrément suivant et ainsi de suite jusqu'à ce que l'amplitude finale choisie soit atteinte. La Figure 4 b représente le début d'un groupe de cinq impulsions par

pas d'amplitude, dans lequel chaque incrément d'amplitude successif se répète pendant cinq impulsions avant l'incrémentation de la valeur de l'amplitude suivante.

La mémoire de marche - arrêt 14 se trouvant dans la position marche, un temps de fonctionnement étant programmé dans la mémoire 28 et une impulsion non nulle par pas étant programmée dans la mémoire 34, le stimulateur de la Figure 1 délivre les groupes d'impulsions sur une base de récurrence, d'une façon générale du type indiqué à la Figure 2, à partir des bornes de sortie du stimulateur 92, 93, qui doivent bien entendu être transmises par des conducteurs à une électrode. La programmation d'une valeur zéro dans la mémoire d'impulsions par pas 34 bloquera la mise en marche progressive, auquel cas toutes les impulsions de chaque groupe seront délivrées avec une pleine amplitude.

Par exemple, dans un mode de réalisation préféré, la largeur d'impulsions est programmable entre 0,03 et 1,92 ms. La fréquence des impulsions est programmable de 1 à 256 Hz, correspondant à des intervalles d'émission de 1 s à 3,9 ms. Le temps de marche est programmable de 0,06 à 64 s. Le temps d'arrêt est programmable de 0,06 s à approximativement 17 minutes. L'amplitude est programmable de 0 à 9 v. La vitesse du départ en douceur peut être sélectionnée entre 1 à 7 impulsions par pas. Bien que les plages numériques ci-dessus soient utilisées dans le mode de réalisation préféré, elles ne représentent pas les limites de l'emploi de l'invention, car par des modifications convenables du dispositif, les gammes énumérées ci-dessus peuvent être élargies ou resserrées comme souhaité. Aussi, bien que la valeur des impulsions de sortie soit commandée en tension dans le mode de réalisation préféré, l'invention peut être employée de façon équivalente aussi bien dans la situation où les impulsions de sortie sont commandées en courant.

Les impulsions d'horloge de l'oscillateur 51

sont comptées dans le compteur de largeur 55, dont le compte complet correspond à la largeur maximale d'impulsions pouvant être choisie. Le compteur 55 compte de façon continue jusqu'au maximum et recommence ensuite un nouveau comptage, etc. les impulsions de dépassement étant délivrées sur le conducteur 57 et comptées dans les compteurs 30 et 60. Selon une variante, les impulsions d'horloge de l'oscillateur 51 peuvent être appliquées directement aux compteurs 60 et 30 qui devraient être conçus en conséquences, mais la technique préférée utilise essentiellement un compteur de largeur 55 en tant que diviseur, car la largeur des impulsions est beaucoup plus petite que tous les autres incréments de temps intéressant le dispositif. Les comptes de la fréquence, du temps de marche et du temps d'arrêt sont calculés en tant que multiples du compte maximum du compteur de largeur, dans le mode de réalisation préféré.

Les impulsions provenant du conducteur 57 sont comptées dans un compteur 60, qui est placé initialement à un compte présent dans la mémoire 24. Quand l'intervalle de temps à partir de l'impulsion précédente est égal à celui choisi pour la fréquence choisie, le compteur 60 produit un signal de sortie de dépassement sur le conducteur 65 qui remet à l'état 1 le circuit basculeur 66 et débloque le circuit décodeur 22. En supposant pour l'instant que les autres entrées à la porte ET 70 sont à un niveau logique 1, la mise à l'état 1 du circuit basculeur 66 débloque la porte 70 et produit un signal de niveau logique 1 sur le conducteur 76, qui est transmis au circuit de sortie analogique 90. Après l'impulsion de dépassement sur le conducteur 57 qui se met à l'état 1 par suite des événements décrits ci-dessus, le compteur de largeur 55 recommence un comptage, et pendant ce temps le circuit décodeur 22 est débloqué et produit un signal de sortie sur le conducteur 64 quand le comptage dans le compteur de largeur 55 atteint la correspondance avec la largeur

d'impulsion choisie dans la mémoire 20. Cette impulsion sur le conducteur 64 remet à 0 le circuit basculeur 66, mettant fin au signal de niveau logique 1 sur le conducteur 76.

Le processus ci-dessus se répète alors de sorte que les impulsions sont produites sur le conducteur 76 avec une largeur correspondant à la largeur des impulsions choisie dans la mémoire 20, et se produisant à une fréquence de répétition correspondant à la fréquence définie dans la mémoire 24. Ces impulsions, dont l'une est représentée par la forme d'onde 77, provoquent par le circuit de sortie analogique 90 la production d'impulsions de stimulation de sortie. Les impulsions de sortie se produisent à des instants commandés par l'apparition des impulsions sur le conducteur 76, et elles durent pendant le temps commandé par la durée des impulsions sur ce même conducteur. De toutes façons, l'amplitude des impulsions de sortie est commandée par le signal analogique sur le conducteur 98 provenant du convertisseur numérique - analogique 96.

La séquence ci-dessus de génération des impulsions individuelles a été réalisée en supposant qu'un intervalle de temps de marche Ton était en cours, ce qui plaçait un signal de déblocage sur le conducteur 71 à la porte ET 70. Pendant un intervalle d'arrêt, Toff, un signal de niveau logique 0 est placé sur le conducteur 71 inhibant la production d'impulsions de sortie. Le circuit compteur-décodeur 30 compte les impulsions sur le conducteur 57, et les compare aux valeurs dans la mémoire de temps de marche 28 ou la mémoire de temps d'arrêt 32, pour inverser alternativement le signal de sortie sur le conducteur 71 et produire les périodes de marche et d'arrêt correspondant aux intervalles de temps programmés.

La génération du départ en douceur ou de la caractéristique de mise en marche progressive se fait de la façon suivante. Au début d'une période de temps de marche, le compteur d'amplitude 84 est réinitialisé par une branche

du conducteur 71 à une valeur correspondant à la valeur de petite amplitude pour la ou les premières impulsions d'un groupe. La valeur utilisée pour l'incrément initial et les suivants peut être choisie par la conception du compteur 84 et du convertisseur numérique - analogique 96. Une plage de valeurs de l'incrément peut être utilisée, le mode de réalisation recommandé utilisant un incrément initial correspondant à une amplitude d'impulsions de sortie de 0,25 v. En mode périodique ou en rafales, le contenu du compteur 84 est appliqué par le bus 85 b, le commutateur 43, et le bus de données 97 au convertisseur numérique - analogique 96, et c'est le comptage du compteur d'amplitude 84 qui commande l'amplitude des impulsions de sortie. A l'apparition des premières impulsions dans une nouvelle période de temps de marche, la valeur de l'amplitude initiale est appliquée au convertisseur numérique - analogique 96, ce qui provoque à la sortie du circuit de sortie analogique 90 les premières impulsions à l'incrément d'amplitude le plus bas ou petit, comme indiqué par les premières impulsions dans l'une ou l'autre des Figures 4 a ou 4 b. En même temps, l'apparition des impulsions de commande sur le conducteur 76 est comptée dans le compteur 80. Le compte du compteur 80 est comparé par le circuit décodeur 36 aux impulsions par pas programmées dans la mémoire 34. Si le compte du compteur 80 est égal à un nombre présélectionné d'impulsions par pas, le circuit décodeur 36 fournit un signal de sortie sur le conducteur 37 qui incrémente le compteur d'amplitude 84 à la valeur de l'amplitude suivante, et remet aussi à l'état 0 le compteur 80. Si le compteur 80 n'a pas atteint le nombre choisi d'impulsions par pas, alors l'impulsion suivante est délivrée à la même amplitude. De cette façon, l'amplitude est maintenue à une valeur donnée pour le nombre d'impulsions choisi à l'avance puis elle est incrémentée à la valeur suivante pour le même nombre d'impulsions, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'amplitude correspondante à l'amplitude maximum choisie soit atteinte.

A ce moment, le compte du compteur d'amplitude 84 correspond à l'amplitude dans la mémoire 38, et le circuit décodeur 40 fournit un signal sur le conducteur 86 pour inhiber le compte du compteur 84. Les impulsions restantes du groupe pour ce temps de marche prennent la valeur maximale.

Dans le cas où le mode périodique ou en rafales n'est pas souhaité, la valeur zéro dans la mémoire 34 est détectée par le circuit décodeur 26, qui produit un signal de sortie sur le conducteur 45 provoquant le déblocage du commutateur 42 et le blocage du commutateur 43, de sorte que l'amplitude choisie dans la mémoire 38 soit appliquée directement au convertisseur numérique - analogique 96 et que toutes les impulsions soient délivrées à la valeur choisie.

Le circuit décodeur 41 est prévu pour décoder le cas particulier d'une amplitude programmée à 0, auquel cas un signal de niveau logique 0 apparaît sur le conducteur 72 pour inhiber la production des impulsions de sortie.

Une comparaison des Figures 4 a et 4 b montre la commande qui peut être obtenue sur la pente ou vitesse à laquelle la construction progressive de l'amplitude des impulsions dans un groupe peut se faire. Dans l'exemple 4 a, les impulsions par pas étaient au nombre de 2, et l'ensemble des circuits de la Figure 1 a autorisé 2 impulsions avant l'incrémentation du compteur d'amplitude et ceci chaque fois jusqu'à ce que la valeur maximale soit atteinte.

REVENDICATIONS

1. Circuit de commande de la mise en marche progressive de la stimulation électrique de tissus caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de registres pour maintenir des signaux numériques correspondant à l'amplitude des impulsions de stimulation devant être délivrées ; un dispositif générateur d'impulsions sensibles auxdits signaux numériques produisant des impulsions électriques de stimulation des tissus ; et un dispositif pour la modification desdits signaux numériques en réponse aux apparitions successives d'un nombre prédéterminé d'impulsions pour provoquer des accroissements discrets de l'amplitude des impulsions de stimulation depuis le début d'un intervalle de stimulation jusqu'à ce qu'une amplitude maximale prédéterminée soit obtenue.

2. Circuit selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit dispositif pour la modification comprend un circuit de décodage (36) sensible à une première mémoire (34) maintenant des signaux numériques correspondant audit nombre prédéterminé et à un compteur comptant lesdites impulsions pour provoquer desdits accroissements discrets et pour remettre à zéro ledit compteur lorsque le compte dudit compteur est égal audit nombre prédéterminé.

3. Circuit selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit dispositif pour la modification comprend un circuit de décodage (40) sensible à une seconde mémoire (38) maintenant des signaux numériques correspondant à ladite amplitude maximale prédéterminée et audit registre pour empêcher les signaux numériques dans ledit registre d'être modifiés quand les signaux dans ledit registre correspondent à ladite amplitude maximale prédéterminée.

4. Circuit selon l'une quelconque des revendications 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que ledit dispositif de registres est pourvu d'un compteur.

5. Circuit pour la commande de la mise en marche progressive de la stimulation électrique de tissu carac-

térisé en ce qu'il comporte un dispositif d'horloge (51) produisant des signaux périodiques à une fréquence de stimulation prédéterminée ;un dispositif de comptage (60) relié audit dispositif d'horloge produisant un signal d'incrémentation de l'amplitude en réponse à l'apparition d'un nombre prédéterminé desdits signaux périodiques ; un dispositif de comptage par pas (80) de l'amplitude des impulsions sensible à chacun desdits signaux d'incrémentation augmentant l'amplitude des impulsions de stimulation d'une quantité discrète et remettant à zéro ledit dispositif de comptage lors de chaque accroissement ; et un dispositif de commande de l'amplitude maximale empêchant ledit dispositif d'incrémentation d'accroître l'amplitude des impulsions de stimulation au-dessus d'une amplitude prédéterminée.

6. Circuit selon la revendication 5, caractérisé en ce ce que le dispositif de comptage (60) est sensible à un circuit de décodage (36) relié à une mémoire(34) maintenant des signaux numériques correspondant audit nombre prédéterminé.

7. Circuit selon la revendication 6, caractérisé en ce que le dispositif de commande de l'amplitude maximale est pourvu d'un circuit de décodage (40) relié à une mémoire (38) de maintien de signaux numériques correspondant à ladite amplitude prédéterminée, ledit circuit de décodage empêchant le dispositif d'accroissement par pas de ladite amplitude d'être incrémenté lorsque ladite amplitude des impulsions correspondant à ladite amplitude prédéterminée.

8. Circuit selon la revendication 7, caractérisé en ce que le dispositif d'accroissement par pas de ladite amplitude des impulsions est pourvu d'un compteur (84).

9. Circuit pour la commande de la mise en marche progressive de la stimulation électrique des tissus, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif oscillateur (51) produisant des signaux périodiques à une fréquence de stimulation prédéterminée, un premier dispositif de comptage (55) relié audit dispositif oscillateur pour

compter lesdits signaux périodiques, un premier dispositif de mémoire (21) maintenant des signaux numériques correspondant à un nombre prédéterminé desdits signaux périodiques, un premier dispositif de décodage (22) relié audit premier dispositif de mémoire et audit dispositif de comptage pour produire un signal de commande pas à pas et pour remettre à zéro ledit premier dispositif de comptage lorsque le comptage dans ce dernier correspond aux signaux numériques maintenus dans ledit premier dispositif de mémoire, un deuxième dispositif de comptage recevant comme signal d'horloge ledit signal d'accroissement par pas pour produire les signaux numériques commandant l'amplitude correspondant à l'amplitude des impulsions de stimulation devant être délivrées, un dispositif de génération d'impulsions sensible aux signaux commandant ladite amplitude produisant les impulsions électriques de stimulation des tissus, un deuxième dispositif de mémoire (38) pour maintenir les signaux numériques correspondant à une amplitude prédéterminée desdit impulsions de stimulation des tissus ; et un deuxième dispositif de décodage (40) relié audit deuxième dispositif de mémoire et audit deuxième dispositif de comptage empêchant le comptage dans ce dernier de continuer lorsque ce comptage correspond aux signaux numériques maintenus dans ladite deuxième mémoire.

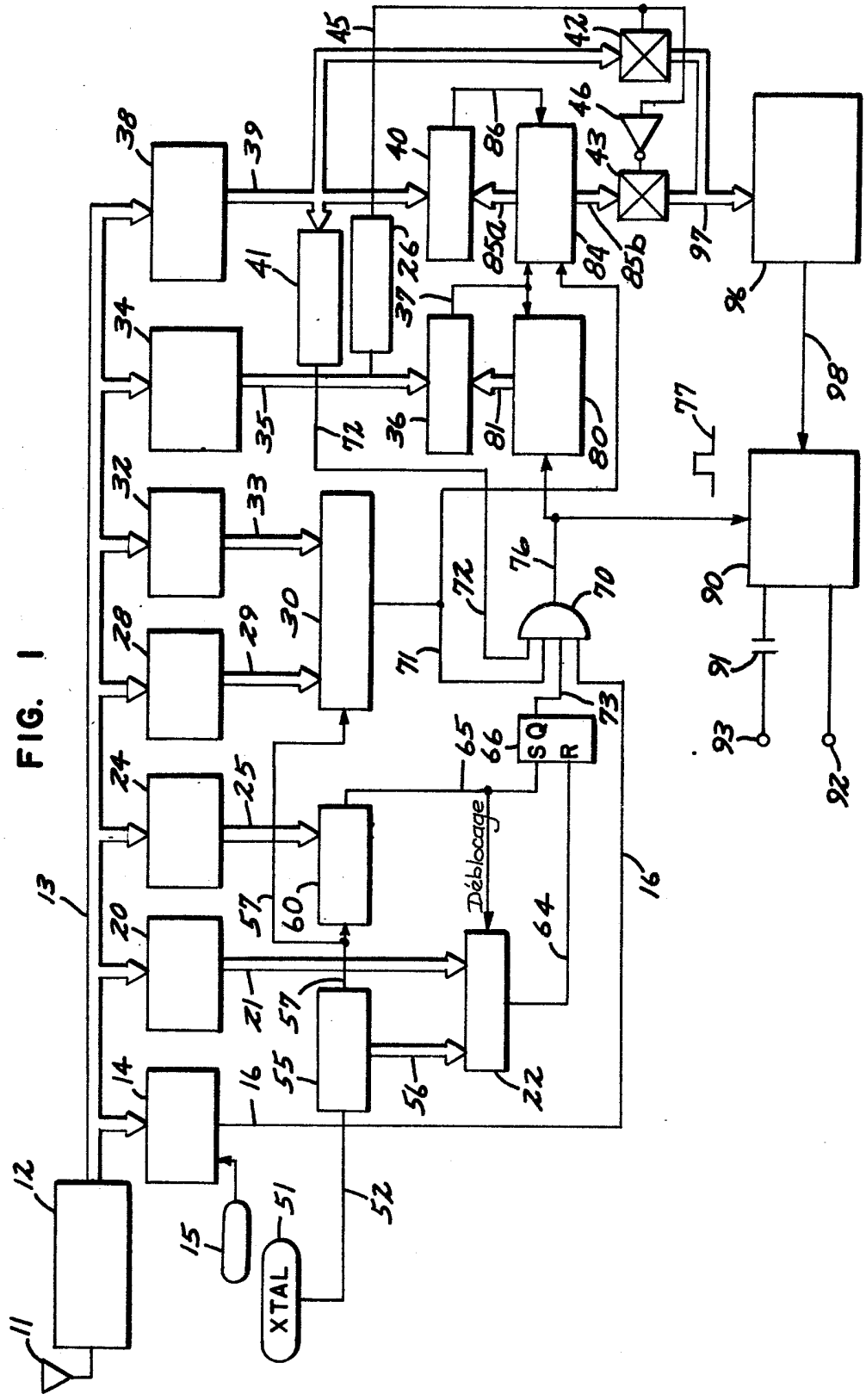

FIG. 1



FIG. 2

FIG. 4A

FIG. 4B

FIG. 3