RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 526 611**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) **N° 83 02229**

(54) **Emetteur de télémesure performant et à commutation rapide.**

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). **H 04 B 1/38, 3/00.**

(22) Date de dépôt ..... 11 février 1983.
(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *US, 10 mai 1982, n° 376,276.*

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 45 du 10-11-1983.

(71) Déposant : Société dite : TELECTRONICS PTY. LTD. — AU.

(72) Invention de : David K. Money et Christopher N. Daly.

(73) Titulaire :

(74) Mandataire :

La présente invention concerne des émetteurs de télémesure et, plus précisément, des émetteurs de télémesure qui sont utilisés dans des applications biomédicales.

Il y a déjà de nombreuses années que des stimulateurs cardiaques de type classique ont été dotés de possibilités de programmation. Un programmateur extérieur, manipulé par un médecin, émet des impulsions codées vers un récepteur de télémesure placé à l'intérieur du boîtier du stimulateur. Suivant les valeurs de paramètres choisies par le médecin, le fonctionnement du stimulateur peut être modifié. Outre le changement du mode dans lequel fonctionne le stimulateur, il est possible de régler des choses comme la sensibilité de l'amplificateur, la cadence de stimulation et la largeur des impulsions.

Plus récemment, on s'est préoccupé de la transmission d'informations dans le sens opposé, c'est-à-dire du stimulateur ou de quelque autre prothèse médicale vers un moniteur extérieur. La prothèse médicale peut donc transmettre des données sur son mode de fonctionnement et des informations à partir desquelles il est possible de déterminer l'état médical du malade. Par exemple, il a été proposé que le stimulateur compte le nombre d'événements d'intérêt particulier, notamment le nombre de battements prématurés qui sont survenus à la suite de la dernière interrogation, et que le médecin soit renseigné sur ce point par affichage des données émises à partir du stimulateur sur un écran de contrôle extérieur.

Des systèmes de télémesure de ce genre, dans lesquels des informations peuvent être transmises dans les deux sens, sont connus depuis de nombreuses années, non seulement dans des applications biomédicales, mais aussi dans bien d'autres. Toutefois

il existe certains problèmes qui sont particuliers aux applications biomédicales, problèmes qui n'ont pas été complètement résolus. En premier lieu, beaucoup de prothèses médicales, telles que les stimulateurs cardiaques, sont complètement blindées dans un boîtier métallique hermétiquement fermé. Cela veut dire que le signal, dans les deux sens, doit traverser le boîtier. Afin d'éviter les pertes excessives par courants de Foucault si la transmission électromagnétique elle-même s'effectue à travers le boîtier, la vitesse de transmission des données doit être limitée. Dans de nombreux systèmes, la transmission alterne dans les deux sens. C'est en particulier le cas lorsque la transmission à partir du stimulateur a lieu uniquement en réponse à un signal d'interrogation produit extérieurement. Bien que les protocoles diffèrent, il est tout à fait courant que le stimulateur doive être commuté rapidement entre les modes de fonctionnement émission et réception. La nécessité que le circuit du stimulateur soit rapidement commuté de l'un à l'autre des modes de fonctionnement est particulièrement importante lorsque la cadence des données est limitée. Les systèmes de télémesure biomédicale de ce type, connus dans l'état antérieur de la technique, n'ont généralement pas permis que le stimulateur soit rapidement commuté entre les modes de fonctionnement émission et réception.

Le but général de l'invention est de fournir un émetteur de télémesure qui soit capable de démarrer et de s'arrêter rapidement. On entend par là que si une salve d'impulsions est émise, dès que l'émetteur est mis en marche, les impulsions qui sont produites ont la pleine amplitude, de telle manière que les premières impulsions d'une séquence ne soient pas "gaspillées" : il n'y a pas besoin de temps en plus pour que débute l'émission en bonne et due forme. Cela veut dire aussi qu'à la fin de l'émission d'une salve d'impulsions, une commutation immédiate dans le mode de fonctionnement réception est possible : la même bobine utilisée pour l'émission peut être utilisée immédiatement pour la réception, sans qu'il y ait un délai d'attente appréciable pour que des circuits se mettent en train.

L'un des facteurs les plus importants à prendre en considération dans la conception d'une prothèse médicale telle qu'un simulateur cardiaque est celui de la puissance dissipée. Une pile de stimulateur doit durer des années. Evidemment, les fonctions supplémentaires d'émission et de réception de données entraînent une dépense d'énergie. Pour ne pas nuire à la longévité d'un stimulateur, il est très important que le système de télémesure soit aussi performant que possible. C'est l'émetteur qui pose le problème le plus grave en ce qui concerne la dissipation d'énergie. Dans le cas typique, on utilise un circuit accordé pour commander les oscillations dans la bobine d'émission. A la fin d'une séquence d'émission, de l'énergie est accumulée dans le circuit accordé sous forme de courant qui passe à travers la bobine et de charge qui est accumulée dans un condensateur. Si on laisse l'énergie se dissiper, elle est tout simplement gaspillée. Il serait très souhaitable de conserver toute forme d'énergie qui est accumulée dans le circuit accordé, de telle manière qu'elle soit disponible pour la séquence d'émission suivante. En outre, tout circuit qui est utilisé à cet effet doit faire usage de transistors CMOS qui sont connus pour leur faible puissance dissipée (raison pour laquelle ils sont traditionnellement utilisés dans des stimulateurs cardiaques et d'autres prothèses médicales).

Un autre but de la présente invention est de fournir un émetteur de télémesure hautement performant qui, tout en permettant un démarrage et un arrêt rapides de salves d'impulsions porteuses, réduise aussi à un minimum les pertes d'énergie.

En bref, suivant les principes de la présente invention, il est proposé un émetteur de classe C; de même que dans l'état antérieur de la technique, l'émetteur se compose d'un circuit accordé qui est pompé pendant chaque cycle de fonctionnement. Mais à la fin d'une séquence d'émission, l'émetteur est mis hors tension au moment où le courant à travers la bobine est approximativement nul et que pratiquement toute l'énergie accumulée dans le circuit accordé est sous la forme de charge dans le condensateur. Du fait qu'il n'y a presque pas de courant à travers la

bobine, le récepteur qui est raccordé à celle-ci peut commencer à fonctionner presque immédiatement, la bobine captant tout signal électromagnétique qui est émis à partir d'un dispositif extérieur. Pendant le mode de fonctionnement réception, la charge reste accumulée dans le condensateur. Au début d'un autre cycle d'émission, le condensateur est réinséré dans le circuit accordé juste à l'instant correct pour que la charge initiale du condensateur puisse commander un cycle d'oscillations à la pleine amplitude, le circuit accordé étant de nouveau pompé au cours de chaque cycle. De cette manière, non seulement un minimum d'énergie est gaspillé, mais la toute première impulsion qui est émise a la pleine amplitude et à l'achèvement de la dernière impulsion, la bobine est prête à fonctionner dans le mode réception.

D'autres buts, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée qui suit, donnée en référence aux dessins ci-annexés.

La fig.1 représente une source de signaux d'horloge pour la commande du fonctionnement du système de télémesure de la présente invention.

La fig. 2 représente le mode de réalisation de la présente invention choisi à titre d'illustration.

La fig. 3 reproduit plusieurs formes d'onde qui aideront à comprendre le fonctionnement du système de la fig. 2.

Un stimulateur cardiaque typique comprend un boîtier de titane. Comme on l'a vu, afin de réduire les courants de Foucault, les données doivent être transmises à travers ce boîtier à des cadences relativement faibles. Dans la forme de réalisation de la présente invention choisie à titre d'illustration, on utilise une fréquence de 8 kHz. L'horloge de base pour le système est un oscillateur 10 à 32 kHz, tel que représenté sur la fig. 1. Cinq bascules bistables de type D servent à diviser la fréquence de l'horloge de base (bien que les seuls signaux d'horloge qui soient effectivement utilisés dans le système de la fig. 2 soient les signaux de 1 kHz, de 8 kHz et de 32 kHz). Chaque bascule

bistable de la fig. 1 bascule lors du flanc montant de la forme d'onde appliquée à son entrée de synchronisation. Chaque bascule bistable se comporte comme un compteur de division par deux, en raison du raccordement de sa sortie $\overline{Q}$ à son entrée D, de façon connue en soi. Les six premières formes d'onde sur la fig. 3 représentent le signal d'horloge de 32 kHz et les cinq signaux d'horloge qui en dérivent. Chacune des formes d'onde de 16 kHz à 1 kHz représente le signal à la sortie Q de la bascule bistable respective. Etant donné que chaque bascule a son entrée de basculement raccordée à la sortie $\overline{Q}$ de la bascule précédente, chaque bascule est basculée au moment où la sortie $\overline{Q}$ de la bascule précédente devient haute; autrement dit, chaque bascule est basculée au moment où la sortie Q de la bascule précédente devient basse. C'est pour cette raison que les formes d'onde de 16 kHz à 1 kHz sur la fig. 3 présentent des transitions au moment où la forme d'onde de fréquence d'horloge immédiatement supérieure, correspondant à la bascule précédente, présente un flanc descendant.

Le système de la fig. 2 comprend une seule bascule bistable de type D, désignée par 14, qui est commandée par trois des signaux d'horloge. Deux transistors sont utilisés, un transistor 16 à canal P et un transistor 18 à canal N. Le circuit accordé se compose d'un condensateur 20 et d'une bobine 22. La tension au point de jonction du condensateur et de la bobine d'induction est désignée par la lettre V et le courant à travers la bobine par la lettre I. Lorsque le courant change de direction à une cadence de 8 kHz, des impulsions sont émises. De même, la bobine 22 capte des signaux produits extérieurement, la tension V représentant le signal reçu. Le récepteur 24 n'a été indiqué que sous forme de bloc, eu égard au fait qu'il peut être de n'importe quel type classique. Selon ce qui a été indiqué, ce que l'on veut, c'est un émetteur qui puisse démarrer et s'arrêter rapidement. Comme on le verra, dès qu'un cycle d'émission cesse, il ne passe pas de courant à travers la bobine et le récepteur peut commencer presque immédiatement à traiter les signaux captés par la bobine.

En considérant les formes d'onde de la fig. 3, on notera

que la forme d'onde de 1 kHz est désignée comme représentant également le signal TN. Le commutateur 12 est simplement un commutateur qui est intercalé entre l'horloge à 1 kHz d'une part et la bascule bistable 14 et le transistor 18 d'autre part. Le signal d'horloge de 1 kHz n'a d'effet sur le système que si le commutateur 12 est fermé (raccordé à la ligne du signal de 1 kHz). La seule contrainte imposée au fonctionnement du commutateur 12 est qu'il se ferme d'abord (lorsqu'une information doit être émise) alors que le signal d'horloge de 1 kHz est bas, qu'il reste fermé pendant que le signal d'horloge de 1 kHz est haut et qu'il ne s'ouvre qu'après que le signal d'horloge est redevenu bas. Comme on le verra ci-après, un potentiel bas appliqué à l'entrée D de la bascule bistable 14 ou à la gâchette du transistor 18 n'a aucun effet sur le fonctionnement du système. Ce n'est que quand l'entrée D de la bascule et la gâchette du transistor sont hautes que l'émission a lieu. Ainsi, pourvu que le commutateur 12 soit fermé avant que l'impulsion d'horloge de 1 kHz ne devienne haute et pourvu qu'il ne soit ouvert qu'après que le signal d'horloge est redevenu bas, c'est en fait le signal d'horloge de 1 kHz qui commande l'émission, comme si le commutateur 12 n'était même pas présent. Toutes les fois que le commutateur 12 est fermé pendant la moitié positive d'une période du signal d'horloge de 1 kHz, il commande une salve de quatre périodes. Si le commutateur reste ouvert, il n'est pas produit de salve. Le commutateur représenté est de type mécanique, mais il est bien entendu qu'on préfèrera dans la pratique un commutateur électronique : il en existe de nombreux modèles qui peuvent tous convenir.

Toutes les fois que le signal d'horloge de 8 kHZ devient haut, la bascule bistable 14 est basculée et elle prend un état qui représente le potentiel à son entrée D. On notera, d'après les formes d'onde de la fig. 3, que chaque transition positive du signal d'horloge de 8 kHz qui survient alors que le signal TN est bas n'a aucun effet sur l'état de la bascule bistable 14. Après que la bascule bistable a d'abord été positionnée dans l'état 0, elle reste dans cet état tant que son entrée D est au

potentiel bas. La sortie $\overline{Q}$ de la bascule reste donc haute, comme le montre la septième forme d'onde de la fig. 3. Lorsque le signal TN devient haut, le signal d'horloge de 8 kHz devient bas. Cela n'a pas d'effet sur l'état de la bascule; le dispositif n'est basculé que quand un gradin positif apparaît à son entrée de basculement. C'est au moment où le signal d'horloge de 8 kHz devient ensuite haut que l'état de la bascule passe à 1. A ce moment, la sortie $\overline{Q}$ devient basse, comme le montre la septième forme d'onde de la fig. 3. Cela se produit lors du flanc descendant d'un signal d'horloge de 32 kHz. Environ 15 microsecondes plus tard, le signal d'horloge de 32 kHz devient haut. Etant donné que ce signal d'horloge est appliqué directement à l'entrée de remise en l'état initial de la bascule bistable 14, celle-ci est immédiatement ramenée dans l'état 0 et sa sortie $\overline{Q}$ devient haute de nouveau. En conséquence, le résultat total est que la sortie $\overline{Q}$ de la bascule bistable présente une impulsion négative qui a une durée d'environ 15 microsecondes.

Il se produit la même chose pendant chacune des trois périodes suivantes du signal d'horloge de 8 kHz. Pendant le temps où le signal TN est haut, le flanc montant de la quatrième impulsion du signal de 8 kHz fait que la sortie $\overline{Q}$ de la bascule bistable 14 devient basse de la manière habituelle. Lors du flanc descendant du signal d'horloge TN, l'entrée D de la bascule bistable devient basse. En conséquence, le flanc montant de l'impulsion d'horloge de 8 kHZ suivante ne produit aucun changement de l'état de la bascule bistable, puisque celle-ci est déjà dans l'état 0 et qu'elle y reste.

Ce sont les quatre impulsions négatives à la sortie $\overline{Q}$ de la bascule bistable 14 qui commandent l'opération d'émission.

En supposant que le commutateur 12 est fermé alors que le signal d'horloge de 1 kHz est au potentiel bas (c'est-à-dire la situation requise, comme on le verra ci-après), la gâchette du transistor 18 est au potentiel bas et ce transistor est maintenu bloqué. De même, la sortie $\overline{Q}$ de la bascule bistable 14 est au potentiel haut; du fait que la sortie $\overline{Q}$ est raccordée à la gâchette

du transistor 16, celui-ci est également maintenu bloqué. On supposera que le condensateur 20 est initialement chargé, sa borne inférieure étant au potentiel positif et sa borne supérieure étant mise à la terre par l'intermédiaire de la bobine 22 (on verra ci-après que ces hypothèses sont justifiées). Le transistor 16 est raccordé à une source de potentiel positif 30, par exemple une pile. Si l'on néglige les chutes de potentiel à travers les deux transistors, la quasi totalité du potentiel de la source apparaît aux bornes du condensateur 20.

La huitième forme d'onde de la fig. 3 représente le potentiel V dans le circuit de la fig. 2. Au début de la séquence d'émission, le signal TN devient haut et le transistor 18 devient passant. Mais le transistor 16 est toujours bloqué et le résultat net du passage à l'état passant du transistor 18 est que le condensateur 20 et la bobine 22 sont en circuit fermé. Le circuit commence à osciller, le courant circulant vers le haut à travers la bobine 22. Dès que la borne inférieure du condensateur est reliée à la terre par le transistor 18, du fait que le potentiel de la pile apparaît toujours aux bornes du condensateur, le potentiel V tombe rapidement, comme le montre la fig. 3.

La dernière forme d'onde de la fig. 3 représente le courant à travers la bobine. Initialement, le courant de la bobine est nul. Lorsque le circuit accordé commence à osciller lors du flanc montant de la forme d'onde TN, le courant qui passe à travers la bobine est dans le sens opposé au sens "positif" indiqué sur la fig. 2, ce qui fait que le courant initial dans la dernière forme d'onde de la fig. 3 est négatif.

Le condensateur et la bobine d'induction sont accordés sur 8 kHz. On notera que le signal d'horloge de 8 kHz devient bas lorsque le signal TN devient haut. Après qu'une demi-période du signal d'horloge de 8 kHz s'est déroulée, une demi-période de l'oscillation du circuit accordé a eu lieu. En conséquence, au moment où le signal d'horloge de 8 kHz devient haut, le potentiel V est au maximum de ce qu'il peut atteindre et le courant à travers la bobine est passé par son maximum négatif et est

revenu à zéro, en préparation d'un changement de sens. C'est juste à ce moment que la sortie $\overline{Q}$ de la bascule bistable 14 devient basse pour 15 microsecondes, pour mettre à l'état passant le transistor 16. A cet instant, il se produit une montée rapide du potentiel V, en raison du raccordement du point de jonction du condensateur et de la bobine d'induction à l'alimentation positive par l'intermédiaire du transistor 16. Le transistor est maintenu à l'état passant pendant 15 microsecondes environ et le potentiel V reste donc à la valeur de l'alimentation (en négligeant la chute à travers le transistor) jusqu'à ce que la sortie $\overline{Q}$ devienne haute et mette le transistor à l'état bloqué. A ce moment, le circuit accordé commence à osciller de nouveau. Une période presque complète se produit et juste au moment où le potentiel V approche d'un maximum, le transistor 16 conduit de nouveau. Quelle que soit la mesure dans laquelle le potentiel aux bornes du condensateur n'est plus égal au potentiel de l'alimentation en raison des pertes dans le circuit accordé, le potentiel du condensateur (potentiel V) est amené par pompage à la valeur maximale. A la fin de la seconde impulsion de pompage de 15 microsecondes, le circuit accordé oscille de nouveau. Ce processus se poursuit jusqu'à ce que le condensateur ait été pompé pour la quatrième fois. A la fin de la quatrième impulsion de pompage, le circuit accordé oscille de nouveau. Cette fois, le transistor 18 est mis à l'état bloqué au milieu de la période, au moment où le signal TN devient bas. En conséquence, le circuit accordé ne peut plus osciller, du fait que le condensateur et la bobine d'induction ne sont plus raccordés en circuit fermé. La borne supérieure du condensateur est reliée de nouveau à la terre à travers la bobine d'induction et, tandis que le condensateur reste chargé, le potentiel V s'élève au niveau de la terre; la borne inférieure du condensateur reste flottante. L'énergie accumulée dans le condensateur est utilisée pour mettre le circuit accordé sous tension au début de la séquence d'émission suivante.

Le courant à travers la bobine 22 peut être analysé de

manière semblable. Comme on l'a déjà vu, jusqu'à ce que la première impulsion à la sortie $\overline{Q}$ de la bascule bistable soit produite, la forme d'onde du courant parcourt une demi-période. Il apparaît une certaine déformation de la forme d'onde du courant au moment où le transistor 16 devient passant et où le courant à travers la bobine est pompé dans le sens positif. La forme d'onde du courant présente donc une montée rapide au début de chaque impulsion $\overline{Q}$. A la fin de chaque impulsion de pompage, le courant continue à osciller et il atteint un maximum juste au moment où la tension aux bornes du condensateur est nulle. Vers la fin de l'opération par impulsions, lorsque l'oscillateur est interrompu avec le blocage du transistor 18, la tension aux bornes du condensateur est près de sa valeur négative maximale. Le courant dans la bobine d'induction approche d'une valeur nulle à cet instant et il cesse de passer presque instantanément.

Ainsi, non seulement le courant dans la bobine d'induction est très près de zéro lorsque l'émission cesse, mais la borne supérieure du condensateur est mise à la terre, ce qui justifie l'hypothèse posée au début, à savoir que la tension aux bornes du condensateur est proche du maximum, sa borne supérieure - ou potentiel V - étant au potentiel de la terre. Il est donc visible que le récepteur peut commencer à fonctionner presque immédiatement, sans perturbation due au circuit d'émission. De fait, la tension aux bornes du condensateur 20 n'a aucune importance pendant la réception, puisque sa borne inférieure est flottante en raison du fait que le transistor 18 ne conduit pas. Il n'y a pas de passage de courant à travers la bobine et tout signal produit extérieurement qui est capté par la bobine donne lieu à un potentiel V qui peut être traité par le récepteur. Pourvu que l'émission extérieure cesse avant que le commutateur 12 ne soit fermé et que le potentiel V ne revienne au potentiel de la terre, le potentiel V présente un gradin négatif de forte pente au début du cycle d'émission suivant.

Il importe d'analyser de façon plus détaillée les formes d'onde de tension et de courant. Pendant l'émission, le

transistor 18 est maintenu à l'état passant et le transistor 16 est commandé par des impulsions étroites à la fréquence de résonance de la bobine accordée (ou à une fréquence qui est au moins approximativement égale à la fréquence de résonance). Pour mettre fin à une salve d'impulsions, le transistor 18 est mis à l'état bloqué, alors que le potentiel V est presque à sa valeur négative maximale et que le courant à travers la bobine est presque nul. Le courant à travers la bobine n'est pas tout à fait nul, du fait que la dernière demi-période d'oscillation du courant n'est pas une demi-période complète : l'oscillation ne peut pas débuter avant que la dernière impulsion de 15 microsecondes soit terminée et cela signifie forcément que le courant à travers la bobine n'est pas tombé à zéro au moment où le transistor 18 est mis à l'état bloqué. Néanmoins, le courant à travers la bobine tombe rapidement à zéro; les oscillations sont produites à la fréquence de résonance de la bobine et d'une éventuelle capacité parasite dans son entourage. Le fort amortissement auquel on peut s'attendre fait que le courant décroît rapidement, comme on peut le voir sur la forme d'onde du bas sur la fig. 3. En réalité, il y a très peu d'énergie qui se dissipe de cette manière, car la quasi totalité de l'énergie primitivement accumulée dans le circuit accordé est maintenant sous la forme de charge dans le condensateur, ce qui en laisse très peu à pouvoir être dissipée dans la bobine sous forme de pertes.

Lorsque le transistor 18 passe à l'état bloqué et interrompt le fonctionnement du circuit accordé, il apparaît presque le potentiel total de la pile aux bornes du condensateur 20, la borne inférieure du condensateur étant positive par rapport à sa borne supérieure. Dès que le courant à travers la bobine cesse et que la borne supérieure du condensateur s'élève au potentiel de la terre (comme indiqué à l'extrémité droite de la forme d'onde de tension sur la fig. 3), la borne inférieure du condensateur 20 devient flottante. Le potentiel aux bornes du condensateur persiste, à l'exception de pertes minimes dues aux fuites, jusqu'à ce que le transistor 18 soit de nouveau mis à l'état passant.

Lorsque cela se produit, la borne inférieure du condensateur est remise à la terre par l'intermédiaire du transistor. Etant donné que le potentiel presque total de la pile est toujours présent aux bornes du condensateur, la borne supérieure devient négative par rapport à la terre, ce qui est indiqué par la chute rapide du potentiel V au début d'une salve d'impulsions. C'est l'énergie qui est ainsi accumulée dans le condensateur qui permet la formation pratiquement instantanée de la première impulsion de la salve.

On notera qu'avec les horloges utilisées dans la forme de réalisation de l'invention ici décrite, dans chaque période de 1 milliseconde du signal d'horloge de 1 kHz, 0,5 millisecondes sont disponibles pour l'émission, pendant laquelle quatre impulsions peuvent être émises en une salve, et que 0,5 millisecondes sont disponibles pendant lesquelles le récepteur 24 peut traiter un signal émis extérieurement.

En ce qui concerne la forme d'onde de tension et comme on l'a vu précédemment, au début d'un cycle d'émission, la tension V tombe brusquement à un niveau approximativement égal à la tension d'alimentation négative. Une demi-période complète du signal d'horloge de 8 kHz se déroule avant que la première impulsion de pompage de courant de 15 microsecondes ne survienne. Par conséquent, le circuit accordé accomplit une demi-période complète de fonctionnement et la tension V est au maximum du signal oscillant naturellement au moment où la sortie $\overline{Q}$ de la bascule bistable 14 devient basse pour la première fois. La tension V est alors maintenue au potentiel de la pile pendant 15 microsecondes. Cela correspond à un quart d'une demi-période positive du signal d'horloge de 8 kHz. L'impulsion de pompage suivante survient au début de la demi-période positive suivante du signal d'horloge de 8 kHz. Cela veut dire que le circuit accordé n'accomplit en fait pas une période complète de fonctionnement entre le moment où le transistor 16 passe à l'état bloqué et le moment où il revient à l'état passant. Au lieu de cela, il accomplit seulement sept huitièmes d'une période complète. C'est pour cette raison que la

tension V au début de la deuxième impulsion à la sortie $\overline{Q}$ de la bascule bistable n'atteint pas le même maximum qui est atteint au moment où survient la première impulsion de pompage. Les mêmes observations s'appliquent aux autres impulsions de la salve. Mais cela est sans importance, puisque l'impulsion de pompage élève la tension V au potentiel complet de la pile. Les trois dernières impulsions sont toutes déphasées, par rapport à la première, d'un huitième d'une période du signal d'horloge de 8 kHz, en raison du retard introduit par les impulsions de pompage par rapport à la première demi-période d'oscillation. Cela n'a guère d'importance, pourvu que le récepteur extérieur soit capable de répondre à une salve de quatre impulsions qui surviennent à une fréquence de répétition d'environ 8 kHz. Il est également intéressant de noter que la tension qui persiste aux bornes du condensateur 20 à la fin d'une séquence d'émission n'est pas tout à fait égale au potentiel total de la pile. Cela provient de ce que l'oscillation du circuit accordé cesse brusquement lors du flanc descendant du signal d'horloge de 1 kHz, au moment où le transistor 18 passe à l'état bloqué, et que la dernière demi-période d'oscillation débute lors du flanc arrière de l'impulsion $\overline{Q}$, empiétant d'un huitième sur une période du signal d'horloge de 8 kHz. Cela veut dire que la tension V n'a pas tout à fait atteint un maximum négatif à l'instant où les oscillations cessent brusquement. C'est pour cette raison que les tensions du début et de la fin sont représentées, dans la forme d'onde de la tension sur la fig. 3, comme ayant une grandeur légèrement inférieure à celle des tensions maximales qui sont atteintes lors d'oscillations normales.

Pour ce qui est de la forme d'onde du courant sur la fig. 3, on notera que le courant accomplit une demi-période et revient à zéro juste au moment où la tension V a atteint un maximum au cours de l'oscillation naturelle, comme on peut s'y attendre puisque la première demi-période d'oscillation est complète. Pendant la première impulsion de pompage de 15 microsecondes, le courant à travers la bobine augmente dans le sens positif au-delà de

l'augmentation qui se produirait du fait d'une oscillation naturelle. A la fin de l'impulsion de pompage, le courant augmente donc à une vitesse moindre que celle à laquelle il augmenterait normalement, le maximum de courant étant atteint au moment où la forme d'onde de la tension passe par zéro. Il y a donc une certaine déformation de la forme d'onde du courant. Mais cela n'a pas d'importance, puisqu'un récepteur extérieur ordinaire répond à des salves d'énergie, et non à des impulsions bien définies. Une déformation semblable apparaît dans chacune des impulsions de courant suivantes, au moment où le courant est positif et où il augmente. Il convient de noter que le courant à travers la bobine n'est pas tombé à zéro au moment où le transistor 18 est mis à l'état bloqué. Si le courant n'est pas tombé à zéro, c'est précisément pour la même raison que celle pour laquelle la tension V n'a pas atteint un maximum négatif au moment où le transistor 18 est mis à l'état bloqué. Certes, on pourrait obtenir un fonctionnement "parfait" en prolongeant légèrement la demi-période positive de la forme d'onde de 1 kHz - jusqu'à ce que le courant soit réduit à zéro et que la tension aux bornes du condensateur ait atteint un maximum négatif - mais on gagnerait peu de chose d'un tel surcroît de complexité : l'énergie qui est alors gaspillée est insignifiante et la tension qui reste aux bornes du condensateur est suffisamment élevée pour que la première impulsion ait presque la pleine amplitude.

Le système de la fig. 2 commande une salve de quatre impulsions toutes les fois que le commutateur 12 est fermé, mais des programmes plus sophistiqués d'émission de signaux sont possibles. L'invention a pour but de maximiser les performances de l'émetteur et de permettre un démarrage et un arrêt rapides de l'émission; de nombreux codes différents peuvent être utilisés en appliquant les mêmes principes. Par exemple, un code possible pourrait comprendre une certaine forme de modulation d'amplitude. Pour émettre un bit de valeur 0, le commutateur 12 pourrait être fermé pendant une demi-période et demie du signal d'horloge de 1 kHz, le commutateur étant fermé juste avant que la forme d'onde du

signal d'horloge devienne haute, puis restant fermé tant que la forme d'onde du signal est haute, qu'elle est basse pendant une demi-période, puis haute pendant une autre demi-période. Les deux salves successives de quatre impulsions (séparées par un intervalle de 0,5 millisecondes pendant lequel se produit une réception de données) pourrait représenter un bit de valeur 0. Pour émettre un bit de valeur 1, le commutateur 12 pourrait rester fermé pendant seulement une demi-période du signal d'horloge de 1 kHz. L'absence d'une seconde salve de quatre impulsions à la suite d'une première représenterait un bit de valeur 1.

De même, on pourrait aussi adopter une certaine forme de modulation de phase. Dans un tel cas, le commutateur 12 pourrait toujours être fermé pendant une période et demie du signal d'horloge de 1 kHz, de façon à permettre que deux salves d'impulsions se produisent. Toutefois, pendant la seconde salve d'impulsions, les impulsions du signal d'horloge de 8 kHz pourraient être retardées d'une demi-période. Ainsi, si les impulsions des deux salves sont en phase mutuelle, cela pourrait représenter un bit de valeur 1, tandis que si elles sont mutuellement déphasées, cela pourrait représenter un bit de valeur opposée (avec ce type de code et afin de ne pas avoir à faire varier la phase du signal d'horloge de 1 kHz, il ne pourrait être produit, dans la seconde salve, que trois impulsions, puisque le retardement de la première impulsion de pompage par rapport au flanc montant du signal UN ne permettrait pas que quatre impulsions complètes soient produites). De façon générale, on comprendra aisément que de nombreux codes différents peuvent être utilisés. C'est la raison pour laquelle le commutateur 12 a été représenté symboliquement sur la fig. 2. On peut comprendre le principe de l'invention en considérant que le signal d'horloge de 1 kHz est appliqué directement à l'entrée D de la bascule bistable 14 et à la gâchette du transistor 18 lorsque celles-ci peuvent devenir hautes afin de commander l'émission. Ce qui est important pour bien comprendre la présente invention, c'est ce qui se produit du début à la fin d'un cycle pendant lequel une salve d'impulsions est produite.

L'invention a été décrite à propos d'une forme de réalisation particulière, mais il est bien entendu que cette forme de réalisation n'est qu'une illustration de l'application des principes de l'invention. De nombreuses modifications peuvent y être faites et d'autres dispositions peuvent être imaginées, sans que l'on s'écarte pour autant de l'esprit et de la portée de l'invention.

- REVENDICATIONS -

1.- Système de communication par signaux, comprenant un circuit accordé émetteur qui contient un condensateur (20) et une bobine d'induction (22), des moyens pour valider et invalider sélectivement ce circuit accordé en ce qui concerne son fonctionnement oscillant, des moyens pour pomper le circuit accordé, lorsqu'il est validé, à une fréquence qui est au moins approximativement égale à sa fréquence de résonance, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour commander l'invalidation du circuit accordé, à la suite d'une validation précédente, alors qu'à peu près toute l'énergie qui y est accumulée est sous la forme de tension aux bornes du condensateur (20) et pour maintenir, puis utiliser la tension (V) aux bornes du condensateur pour mettre initialement sous tension le circuit accordé lorsqu'il est ensuite validé.

2.- Système de communication par signaux selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un récepteur (24) raccordé à la bobine d'induction (22), cette bobine d'induction ayant les deux fonctions d'émettre un rayonnement et de recevoir un rayonnement provenant d'une autre source, les moyens de commande permettant que le récepteur fonctionne, conjointement avec la bobine d'induction, presque instantanément après que le circuit accordé a été invalidé par le fait que le circuit accordé est commandé de manière à être invalidé au moment où le courant qui passe à travers la bobine d'induction en conséquence de la validation précédente du circuit accordé a oscillé à une valeur de zéro approximativement.

3.- Système de communication par signaux selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens faisant que les moyens de validation et d'invalidation fonctionnent continuellement de manière à valider et invalider alternativement le circuit accordé, d'où il résulte que des périodes d'émission et de réception alternent continuellement entre elles.

4.- Système de communication par signaux selon la revendication 3, caractérisé en ce que la fréquence de résonance du circuit accordé est telle que l'émission puisse se produire à travers le boîtier métallique d'une prothèse médicale.

5.- Système de communication par signaux selon la revendication 4, caractérisé en ce que le récepteur (24), le condensateur (20) et la bobine d'induction (22) sont interconnectés en un noeud commun, en ce que les moyens de validation et d'invalidation sont des premiers moyens commutateurs susceptibles de raccorder entre elles les autres extrémités du condensateur et de la bobine d'induction, et en ce que les moyens de pompage comprennent une source de potentiel et des seconds moyens commutateurs susceptibles de raccorder cette source de potentiel au noeud commun.

6.- Système de communication par signaux selon la revendication 5, caractérisé en ce que la source de potentiel est dimensionnée en référence à un niveau de terre, en ce que ladite autre extrémité de la bobine d'induction (22) est connectée sur ce niveau de terre et en ce que les premiers moyens commutateurs sont montés entre ladite autre extrémité du condensateur et le niveau de terre.

7.- Système de communication par signaux selon la revendication 6, caractérisé en ce que les premiers moyens commutateurs (12) se ferment tandis que les seconds moyens commutateurs sont ouverts, en ce que les seconds moyens commutateurs ne se ferment ensuite périodiquement que brièvement lorsque le potentiel au noeud commun est approximativement à un maximum dont la polarité est la même que celle de la source de potentiel du fait de l'oscillation naturelle du circuit accordé, et en ce que les premiers moyens commutateurs s'ouvrent alors que les seconds moyens commutateurs sont ouverts et au moment où le potentiel au noeud commun est approximativement à un maximum dont la polarité est opposée à celle

de la source de potentiel du fait de l'oscillation naturelle du circuit accordé.

8.- Système de communication par signaux selon la revendication 1, caractérisé en ce que la fréquence de résonance du circuit accordé est telle que l'émission puisse se produire à travers le boîtier métallique d'une prothèse médicale.

9.- Système de communication par signaux selon la revendication 1, caractérisé en ce que le récepteur, le condensateur et la bobine d'induction sont interconnectés en un noeud commun, en ce que les moyens de validation et d'invalidation sont des premiers moyens commutateurs susceptibles de raccorder entre elles les autres extrémités du condensateur et de la bobine d'induction, et en ce que les moyens de pompage comprennent une source de potentiel et des seconds moyens commutateurs susceptibles de raccorder cette source de potentiel au noeud commun.

10.- Système de communication par signaux selon la revendication 9, caractérisé en ce que la source de potentiel est dimensionnée en référence à un niveau de terre, en ce que ladite autre extrémité de la bobine d'induction est connectée sur ce niveau de terre et en ce que les premiers moyens commutateurs sont montés entre ladite autre extrémité du condensateur et le niveau de terre.

11.- Système de communication par signaux selon la revendication 10, caractérisé en ce que les premiers moyens commutateurs se ferment tandis que les seconds moyens commutateurs sont ouverts, en ce que les seconds moyens commutateur ne se ferment ensuite périodiquement que brièvement lorsque le potentiel au noeud commun est approximativement à un maximum dont la polarité est la même que celle de la source de potentiel du fait de l'oscillation naturelle du circuit accordé, et en ce que les premiers moyens commutateurs s'ouvrent alors que les seconds moyens commutateurs sont ouverts et à un moment où le potentiel au noeud commun est approximativement à un maximum dont la polarité est opposée à celle de la source de potentiel du fait de l'oscillation naturelle du circuit accordé.

12.- Système de communication par signaux selon la revendication 11, caractérisé en ce que la fréquence de résonance du

circuit accordé est telle que l'émission puisse se produire à travers le boîtier métallique d'une prothèse médicale.

13.- Système de communication par signaux selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un récepteur raccordé à la bobine d'induction, cette bobine d'induction ayant les deux fonctions d'émettre un rayonnement et de recevoir un rayonnement provenant d'une autre source, les moyens de commande permettant que le récepteur fonctionne, conjointement avec la bobine d'induction, presque instantanément après que le circuit accordé a été invalidé par le fait que le circuit accordé est commandé de manière à être invalidé à un moment où le courant qui passe à travers la bobine d'induction en conséquence de la validation précédente du circuit accordé a oscillé à une valeur approximativement nulle.

14.- Système de communication par signaux selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un récepteur raccordé à la bobine d'induction, cette bobine d'induction ayant les deux fonctions d'émettre un rayonnement et de recevoir un rayonnement provenant d'une autre source, les moyens de commande permettant que le récepteur fonctionne, conjointement avec la bobine d'induction, presque instantanément après que le circuit accordé a été invalidé, par le fait que le circuit accordé est commandé de manière à être invalidé à un moment où le courant qui passe à travers la bobine d'induction en conséquence de la validation précédente du circuit accordé a oscillé à une valeur approximativement nulle.

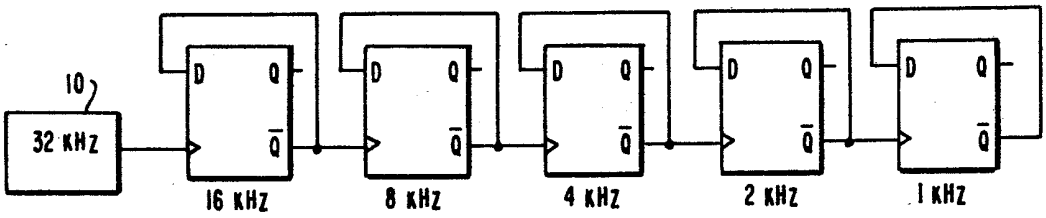

10
32 kHz
D
Q
Q̄
16 kHz
8 kHz
4 kHz
2 kHz
1 kHz

FIG. 1

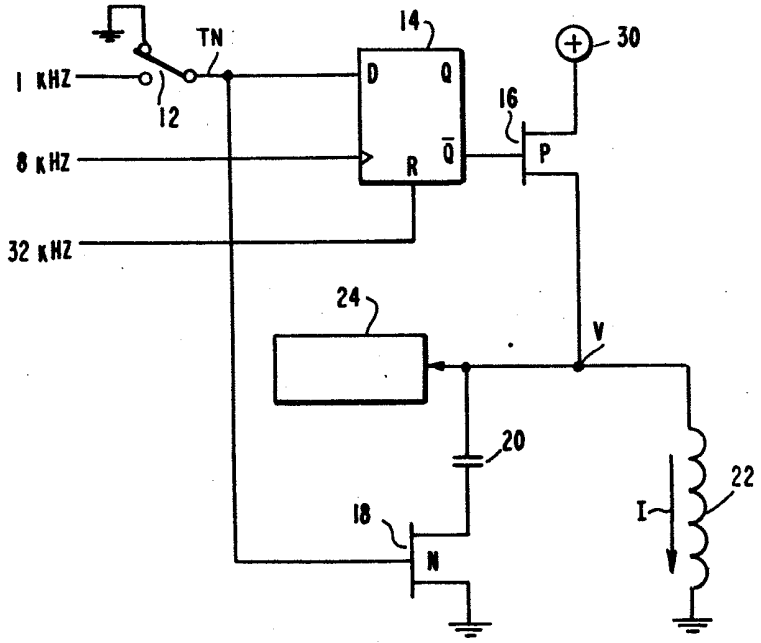

1 kHz
8 kHz
32 kHz
TN
12
14
D
Q
R
Q̄
16
P
30
24
V
20
18
N
I
22

FIG. 2

FIG. 3

