

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 602 201

(21) N° d'enregistrement national :

87 11000

(51) Int Cl⁴ : B 61 L 1/18.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 3 août 1987.

(30) Priorité : GB, 4 août 1986, n° 8619013.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 5 du 5 février 1988.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(71) Demandeur(s) : Société dite : GEC-GENERAL SIGNAL
LIMITED. — GB.

(72) Inventeur(s) : Damian Mounsey Poole.

(73) Titulaire(s) :

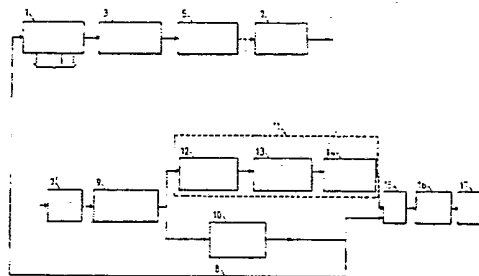
(74) Mandataire(s) : Cabinet Simonnot.

(54) Appareil de signalisation pour circuit de voie de chemin de fer.

(57) L'invention concerne un appareil de signalisation pour
circuit de voie.

Elle se rapporte à un appareil dans lequel un corrélateur 13
compare une séquence codée reçue par la voie à un code de
référence, avec utilisation de circuits de seuil 10, 14 permet-
tant la reconnaissance sans ambiguïté d'une séquence binaire
codée.

Application aux circuits de signalisation pour voies de che-
min de fer.



FR 2 602 201 - A1

D

La présente invention concerne la signalisation des circuits de voie.

Les circuits de voie de signalisation de chemin de fer constituent un dispositif permettant la détection
5 de la position d'un train sur la voie afin que ses déplacements soient contrôlés et que les accidents soient donc évités. La voie est habituellement divisée en tronçons par des joints isolés formés dans l'un des rails ou dans les deux, ou par une autre configuration électrique
10 ("sans joint") qui donne le même effet. Un émetteur est connecté entre les rails à une première extrémité du tronçon et un récepteur à l'autre extrémité. Le récepteur est normalement alimenté à partir de l'émetteur par l'intermédiaire des rails. En présence d'un train dans
15 le tronçon, les rails sont en court-circuit et désactivent le récepteur qui indique ainsi la présence du train.

Dans un système dans lequel la puissance motrice du chemin de fer est assurée par traction électrique, le trajet de retour du courant de traction est habituellement assuré par l'intermédiaire des rails eux-mêmes.
20 Dans ce cas, des précautions doivent être prises pour que le courant de traction ne perturbe pas le fonctionnement du circuit de voie et en particulier pour que le récepteur ne puisse pas être excité par le courant
25 de traction lorsque le train se trouve dans le tronçon.

La modulation du signal émis du circuit de voie, à une fréquence particulière, est classique pour l'obtention de ces caractéristiques. La fréquence de modulation peut être détectée au niveau du récepteur
30 et en conséquence le signal du circuit de voie peut être distingué des perturbations provoquées par le système de traction.

L'utilisation de l'émetteur du circuit de voie pour la transmission en outre par exemple d'ordres de
35 limite de vitesse de sécurité au train lorsqu'il se trouve dans le tronçon, est commode. Ces ordres sont captés par des enroulements montés à l'avant de l'essieu

antérieur du train et ils sont aussi soumis aux perturbations dues à la traction. La modulation du signal transmis à diverses fréquences permet la transmission au train de différentes commandes, avec une protection contre les perturbations.

L'invention a pour objet la réalisation d'un appareil de signalisation pour circuit de voie dans lequel la fréquence ou les fréquences de modulation de régime permanent du circuit de voie et/ou des fonctions de contrôle des trains sont remplacées par des séquences d'éléments binaires.

Selon l'invention, un appareil de signalisation pour circuit de voie dans lequel un signal de porteuse destiné à être émis le long des rails est modulé par une séquence binaire pseudo-aléatoire, comporte un corrélateur destiné à corrélérer une séquence binaire reçue et un signal de référence et à donner un signal de sortie représentatif de la correspondance entre le signal reçu et le signal de référence. L'appareil comporte de préférence un dispositif à seuil destiné à indiquer si le signal de sortie dépasse un niveau prédéterminé.

La séquence binaire pseudo-aléatoire est de préférence choisie parmi plusieurs séquences de codes binaires qui sont sélectionnées de manière que, lorsque l'une quelconque des séquences de codes autres que la séquence sélectionnée est corrélée au signal de référence, le signal de sortie est inférieur au niveau moyen du signal de sortie obtenu par corrélation des séquences de codes aléatoires au signal de référence. Les séquences de codes binaires peuvent être des codes Gold.

Le corrélateur peut comporter un registre à décalage à plusieurs étages à travers lequel la séquence reçue est destinée à être décalée, et dans lequel le signal de sortie de chaque étage du registre est destiné à être transmis à une impédance respective, les impédances étant reliées suivant un dessin qui correspond au signal de référence afin que les signaux de sortie du registre à décalage correspondent exactement au signal de référence.

De préférence, l'appareil de signalisation pour circuit de voie comporte aussi un dispositif détecteur de train destiné à indiquer la présence d'un train dans le tronçon de circuit de voie, dans lequel l'une des
5 séquences de codes binaires indique l'absence d'un train dans ce tronçon et le générateur de codes inhibe la création de la séquence indiquant l'absence d'un train à la suite d'une indication de la présence du train, provenant du détecteur de train.

10 Le générateur de codes peut être réalisé afin qu'il crée une séquence de codes binaires transportant l'information vers le train dans le tronçon à la suite d'une indication de la présence du train, provenant du détecteur de train. La séquence mémorisée peut être
15 celle qui indique l'absence d'un train, l'appareil comprenant un dispositif destiné à indiquer l'absence d'un train dans le tronçon uniquement lorsque le détecteur de train indique cette absence et lorsque le signal de sortie du corrélateur indique que la séquence reçue
20 correspond à la séquence mémorisée.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est un diagramme synoptique d'un
25 système de signalisation pour circuit de voie, selon l'invention ;

la figure 2 est un diagramme synoptique d'un appareillage récepteur placé à bord d'un train ;

la figure 3 est un schéma d'un registre à décalage
30 à rétroaction ; et

la figure 4 est un diagramme synoptique d'un corrélateur destiné à être utilisé selon l'invention.

Des informations qui doivent être transportées soit vers un train soit vers un relais de voie sont
35 codées sous forme de séquences binaires pseudo-aléatoires, et un signal de porteuse est modulé avec ces séquences. Au niveau d'un récepteur, le signal est démodulé et

la séquence numérique est corrélée par rapport à une séquence mémorisée. Le résultat, appelé autocorrélation, est une mesure du degré de similitude des deux séquences. La séquence reçue est conservée afin qu'elle constitue la séquence mémorisée lorsque l'autocorrélation dépasse une certaine valeur de seuil.

La figure 1 représente le système de signalisation destiné à un tronçon d'un circuit de voie. L'extrémité d'alimentation en signaux du système comporte un générateur 1 de code, un modulateur 3 de fréquence, un amplificateur 5 et un ensemble 7 d'accord. Le signal codé est transmis de l'ensemble d'accord aux voies à une première extrémité (extrémité d'alimentation) du tronçon de circuit de voie et est prélevé à l'extrémité du système comprenant le relais. L'extrémité du relais comporte un autre ensemble d'accord 7', un filtre et préamplificateur 9, un détecteur 10 de seuil de porteuse, un ensemble 11 de décodage et une porte ET 15 connectée au circuit pilote 16 du relais qui excite le relais 17. L'ensemble 11 de décodage comprend un démodulateur 12 de fréquence, un corrélateur 13 et un circuit 14 à seuil de code.

Lorsqu'aucun train n'est présent dans le tronçon, le générateur 1 de code crée de façon continue un code binaire particulier d'"absence de train". Le code est appliqué au signal de la porteuse alternative, provenant d'un générateur alternatif non représenté, par le modulateur 3 de fréquence qui décale légèrement la fréquence de la porteuse vers le haut ou vers le bas selon la valeur des éléments du code "0" et "1". Après amplification, le signal est transmis par des câbles à l'ensemble 7 d'accord placé du côté de la voie puis à la voie elle-même. La largeur de bande de l'ensemble d'accord recouvre toutes les fréquences du signal modulé.

Ce signal d'absence de train est capté à partir des voies à l'extrémité opposée du tronçon de circuit de voie par l'ensemble supplémentaire d'accord 7' qui est placé à côté de la voie. Des câbles transmettent

le signal au filtre et préamplificateur 9. Le signal de sortie passe alors au circuit 10 de seuil de porteuse et à l'ensemble 11 de décodage. Le circuit 10 de seuil de porteuse est réglé à une amplitude au-dessus de laquelle l'absence d'un train est indiquée. Lorsqu'aucun train n'est présent, le signal transmis à la porte ET 15 par le circuit 10 à seuil de porteuse est à l'état logique "1". L'autre signal d'entrée de la porte ET est le signal de sortie de l'ensemble 11 de décodage qui n'est à l'état logique "1" que lorsque le code convenable est reçu au niveau du corrélateur 13. Le code d'"absence de train" est chargé préalablement dans le corrélateur comme décrit dans la suite afin que, pour tout code reçu qui n'est pas proche au code d'absence de train ou identique à ce code, le signal de sortie du corrélateur soit inférieur au seuil de code. Le signal de sortie du dispositif 14 à seuil de code est alors à l'état logique zéro.

Ce n'est que lorsque le circuit 10 de seuil de porteuse et le circuit 14 de seuil de code indiquent tous deux l'absence de train que le signal de sortie de la porte ET 15 est à l'état logique un. Le signal de sortie parvient à un circuit pilote 16 du relais puis au relais 17 de voie.

Lorsqu'un train pénètre dans le tronçon de circuit de voie, l'amplitude du signal tombe au-dessous du seuil de porteuse et, quel que soit le signal de sortie de seuil de code, le signal de sortie de la porte ET 15 est à un niveau logique zéro indiquant au relais de voie la présence d'un train. Le signal de sortie du circuit de seuil de porteuse est aussi utilisé par l'intermédiaire d'un circuit 8 de rétroaction afin qu'il commande le générateur 1 de code. Lorsque l'amplitude du signal reçu dépasse le seuil de porteuse, le générateur de code continue à créer le code d'absence de train. Cependant, lorsque l'amplitude du signal tombe au-dessous du seuil de porteuse, le signal du trajet 8 de rétroaction commande le générateur 1 de code qui crée un code choisi

parmi plusieurs codes de protection automatique de train (ATP). Le code qui est choisi est déterminé par l'état des circuits de signalisation. Les codes ATP transmettent des informations au train lui-même, chaque code transmet-

5 tant un message différent, par exemple une limite de vitesse. Les signaux codés sont transmis à la voie de la même manière mais ils sont captés par un appareillage récepteur placé sur le train. La figure 2 représente un schéma de l'appareillage récepteur. Le signal démodulé

10 provenant du démodulateur 12' est transmis par une série de corrélateurs 13', 13'', etc., afin que celui des codes reçus qui fait partie d'un certain nombre de codes possibles puisse être identifié. Chaque corrélateur est chargé préalablement d'un code différent de référence,

15 correspondant par exemple à des limites de vitesse de 10 km/h, 20 km/h, etc. Lorsque l'un de ces codes est reçu, le dispositif de seuil de code correspondant 14', 14'', etc. transmet un signal de sortie qui forme un signal convenable parvenant au panneau d'affichage ou

20 de commande du conducteur, par exemple par éclairage d'une lampe ou écriture d'un message sur un visuel. Le processus de corrélation peut être mis en oeuvre par logiciel.

Les séquences de codes ATP peuvent aussi être

25 captées par l'ensemble 7' d'accord de l'extrémité du relais, mais elles n'activent pas le relais car le corrélateur 13 du relais a été chargé préalablement afin qu'il ne donne un signal logique de sortie "1" qu'après détection du code d'absence de train et aussi parce que l'amplitude

30 du signal est inférieure au seuil de porteuse pendant tout le temps où un train est présent dans le tronçon de voie.

Le critère fondamental de sécurité d'un décodeur destiné à des applications de signalisation de chemin

35 de fer est qu'il ne doit pas indiquer qu'il est en cours de réception d'un code particulier lorsqu'il ne reçoit pas en fait ce code ; ce critère doit être rempli dans

toutes les circonstances crédibles, comprenant notamment les pannes des éléments à l'intérieur des décodeurs eux-mêmes. Cette caractéristique est représentée par l'expression "à sécurité intégrée" dans le présent mémoire.

5 La panne d'un composant quelconque dans le registre à décalage ou le réseau additionneur provoque une réduction du rapport de la valeur de crête à la valeur moyenne à la sortie du réseau additionneur et en conséquence le critère de "sécurité intégrée" du
10 décodeur est satisfait.

 Il est manifestement souhaitable que les différentes séquences de codes présentent la plus faible autocorrélation possible afin que les risques de considération d'un code pour un autre après perturbation par
15 des interférences soient réduits au minimum. Des valeurs d'autocorrélation ont été prédites mathématiquement pour certaines familles de séquences. Des familles ayant avantageusement de faibles valeurs d'autocorrélation sont choisies pour la mise en oeuvre de l'invention. Le
20 nombre de codes disponibles est considérablement supérieur au nombre des différentes fréquences de modulation qui peuvent être créées et distinguées en toute sécurité par les appareils classiques des circuits de voie, si bien que la gamme d'informations qui peuvent être transmises
25 au train par ce procédé est considérablement agrandie.

 Les codes Gold sont un exemple de codes qui peut être utilisé avec l'invention. Les codes Gold sont créés par des registres à décalages dont le "polynome générateur" est le produit de deux autres polynomes créant chacun
30 une séquence maximale.

 Des séquences binaires pseudo-aléatoires peuvent être créées par un registre à décalage tel que représenté sur la figure 3, recevant à l'entrée la somme modulo 2 des signaux de sortie d'au moins deux étages du registre
35 à décalage. L'addition modulo 2 est réalisée par des portes OU exclusif 6. Lorsque le registre à décalage a n étages, son contenu peut prendre jusqu'à 2^n états dif-

férents. Si les connexions de rétroaction sont choisies convenablement, le registre présente un cycle dans 2^{n-1} états (l'état comprenant uniquement des zéros est exclu) avec ainsi création d'une séquence de 2^{n-1} bits de longueur. Une telle séquence est appelée séquence pseudo-aléatoire maximale. Des procédés de sélection de connexions convenables de rétroaction font l'objet d'une documentation importante.

Le circuit du registre à décalage peut être décrit par un "polynôme générateur" de la forme

$$f(x) = 1 + x^{n_1} + x^{n_2} + \dots \text{ (i.e. } 1 + x^{n_1} + x^{n_2} + \dots \text{)}$$

dans laquelle n_1 , n_2 , etc sont les numéros des étages à partir desquels les connexions de rétroaction sont réalisées. La figure 3 représente un registre à décalage

à sept étages qui a le polynôme générateur

$$f(x) = 1 + x + x^2 + x^3 + x^7$$

Si ce polynôme est multiplié (modulo -2) par exemple par

$$f^1(x) = 1 + x + x^2 + x^3 + x^4 + x^5 + x^7$$

qui crée une autre séquence maximale, le polynôme produit résultant

$$g(x) = f(x).f^1(x) = 1 + x^2 + x^6 + x^8 + x^{11} + x^{12} + x^{14}$$

crée des séquences ayant, comme décrit par Gold, une valeur maximale d'autocorrélation de

$$2^{1/2(n+1)} + 1 \text{ si } n \text{ est impair, ou}$$

$$2^{1/2(n+2)} + 1 \text{ si } n \text{ est pair.}$$

Il existe $2^n + 1$ séquences de ce type ayant chacune une longueur $2^n - 1$, la séquence réelle créée étant déterminée par l'état initial du registre à décalage.

Ainsi, le polynôme produit $g(x)$ indiqué précédemment forme 129 séquences différentes de longueur 127 ayant une autocorrélation maximale de 17.

La figure 4 représente le corrélateur 13. Les corrélateurs 13', 13'', etc. sont identiques. Le corrélateur comporte un registre à décalage 18, les signaux de sortie des différents étages étant additionnés par un réseau d'impédances 19. Ces impédances 19 sont connectées suivant un dessin qui correspond aux zéros et aux uns dans le code que le décodeur est destiné à détecter.

La séquence reçue est décalée dans le registre 18 et lorsque le dessin de bits de la séquence reçue correspond au dessin des connexions d'impédances du réseau sommateur, un signal de crête important est obtenu
5 à la sortie du réseau.

Un circuit 20 de différentiation mesure le rapport du signal à la sortie du réseau d'addition à sa valeur moyenne mesurée par un circuit 21 de formation de moyenne afin que le fait que la séquence prévue est
10 présente soit déterminé. Ce rapport est alors comparé à un seuil prédéterminé. Lorsque ce seuil est dépassé, la séquence prévue est supposée présente. La valeur de seuil est réglée de manière que la présence de la séquence puisse être détectée même lorsqu'elle a été
15 partiellement perturbée par des interférences, mais à un niveau nettement supérieur à celui du signal de sortie qui serait créé en moyenne par une séquence binaire aléatoire dans le registre. De cette manière, les "codes" créés par les interférences ne peuvent pas être pris
20 pour des signaux véritables, mais un léger degré d'interférence n'empêche pas la reconnaissance d'un signal véritable.

Les séquences de codes utilisées sont spécifiées de manière que pour tous les autres décalages et pour
25 tous les autres codes, le signal de sortie du réseau additionneur soit inférieur à une valeur spécifiée relativement faible, inférieure au signal de sortie produit en moyenne par corrélation d'une séquence de codes aléatoires. Mis à part les codes Gold, les codes Kasami et
30 les codes Bent peuvent aussi être utilisés.

REVENDEICATIONS

1. Appareil de signalisation pour circuit de
voie comprenant un corrélateur (13) destiné à corrélér
une séquence binaire reçue avec un signal de référence
5 et à transmettre un signal de sortie représentatif de la
correspondance entre la séquence reçue et le signal
de référence, caractérisé en ce que la séquence binaire
est pseudo-aléatoire, un signal de porteuse étant destiné
à être émis le long des rails et à être modulé par la
10 séquence binaire pseudo-aléatoire.

2. Appareil selon la revendication 1, caracté-
risé en ce qu'il comprend un dispositif à seuil (14)
destiné à indiquer si le signal de sortie dépasse un
niveau prédéterminé.

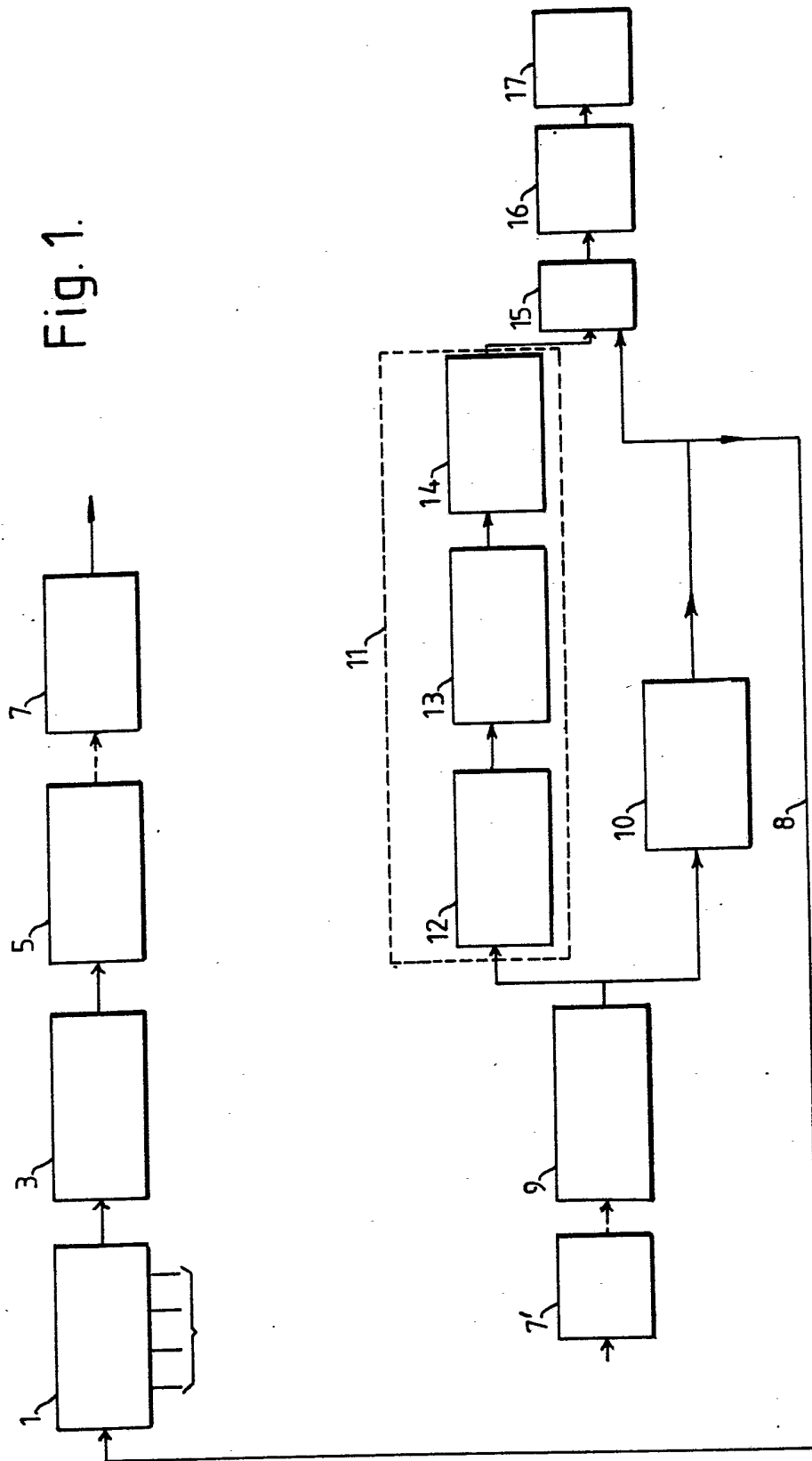
15 3. Appareil selon l'une des revendications 1
et 2, caractérisé en ce que la séquence binaire pseudo-
aléatoire est choisie parmi plusieurs séquences de codes
binaires, les séquences de codes étant choisies de manière
que le signal de sortie soit inférieur à un niveau prédé-
20 terminé lorsque l'une quelconque des séquences de codes
autre que la séquence choisie est corrélée avec le signal
de référence, le niveau prédéterminé étant inférieur au
niveau moyen de sortie produit par corrélation de séquences
de codes aléatoires avec le signal de référence.

25 4. Appareil selon l'une quelconque des revendica-
tions 1 à 3, caractérisé en ce que le corrélateur (13)
comprend un registre à décalage (18) à plusieurs étages
dans lequel le signal reçu est destiné à être décalé, et
en ce que le signal de sortie de chaque étage du registre
30 à décalage est destiné à être transmis à une impédance
respective (19), les impédances étant raccordées suivant
un dessin qui correspond au signal de référence si bien
que le signal de sortie du corrélateur (13) est maximal
lorsque les signaux de sortie du registre à décalage
35 correspondent exactement au signal de référence.

5. Appareil selon la revendication 3, caractérisé
en ce que les séquences de codes binaires sont des codes
Gold.

6. Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un détecteur de train destiné à indiquer la présence d'un train dans un tronçon de circuit de voie, et en ce que l'une des séquences de codes binaires indique l'absence de train dans le tronçon, et un générateur de code (1) empêche la création de la séquence indiquant l'absence de train à la suite de l'indication de la présence d'un train par le détecteur de train.
7. Appareil selon la revendication 6, caractérisé en ce que le générateur de code (1) est destiné à former une séquence de codes binaires transmettant des informations au train se trouvant dans le tronçon à la suite d'une indication de la présence du train par le détecteur.
8. Appareil selon l'une des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que la séquence mémorisée est celle qui indique l'absence d'un train, et l'appareil comporte un dispositif destiné à indiquer l'absence d'un train dans le tronçon uniquement lorsque le détecteur de train indique cette absence et lorsque le signal de sortie du corrélateur (13) indique que la séquence reçue correspond à la séquence mémorisée.

Fig. 1.



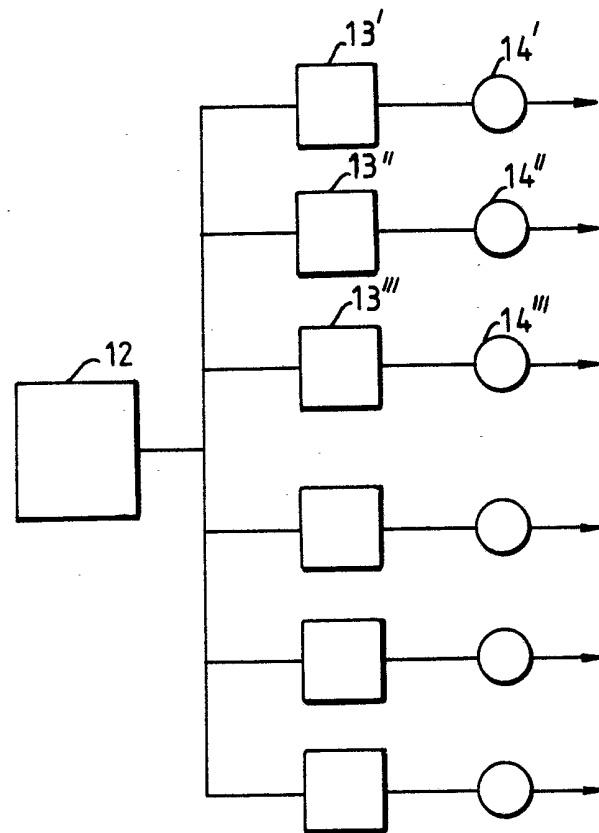


Fig. 2

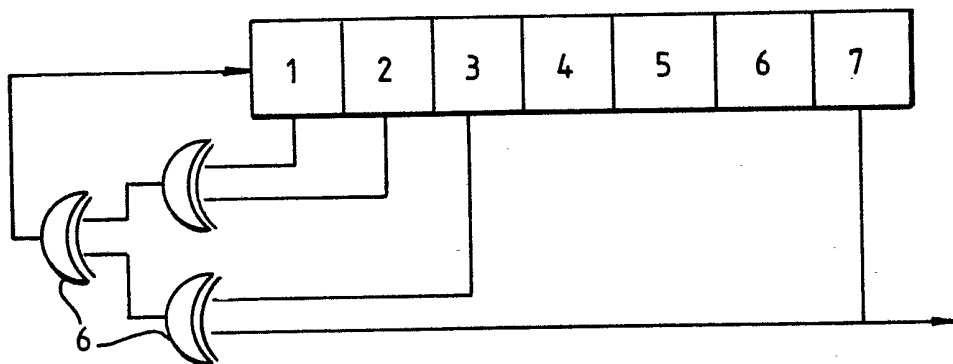


Fig. 3

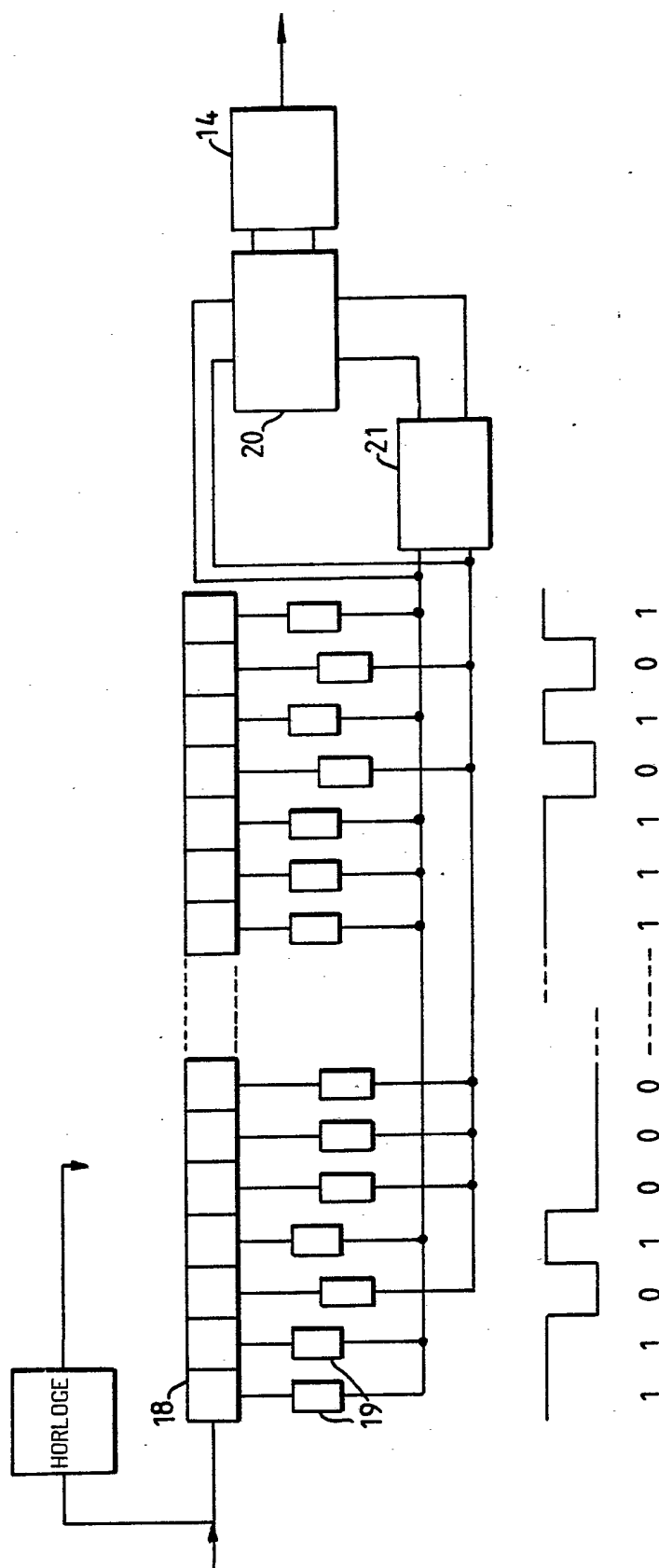


Fig. 4