

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 615 061

21 N° d'enregistrement national :

87 06456

51 Int Cl⁴ : H 04 N 7/22.

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 7 mai 1987.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 45 du 10 novembre 1988.

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

71 Demandeur(s) : Société anonyme dite : TREFICABLE PI-
RELLI et INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE POUR
L'EXPLOITATION DE LA MER, Etablissement public à
caractère industriel et commercial. — FR.

72 Inventeur(s) : Jean Arnaud.

73 Titulaire(s) :

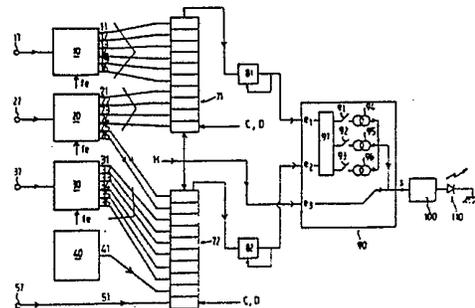
74 Mandataire(s) : Armengaud Jeune, Cabinet Lepeudry.

54 Dispositif de transmission de signaux vidéo multiplexés sur fibre optique.

57 L'invention concerne un dispositif de transmission de
signaux vidéo, comprenant des moyens pour multiplexer lesdits
signaux, des moyens électroluminescents pour transformer le
signal multiplex à une extrémité d'une fibre optique et, à
l'autre extrémité de la fibre optique, des moyens photorécep-
teurs pour recevoir ledit signal multiplex, et des moyens pour
démultiplexer le signal multiplex et restituer les signaux vidéo.

Selon l'invention, ce dispositif comprend des moyens 10, 20,
30 pour effectuer une conversion analogique/numérique bina-
ire desdits signaux vidéo analogiques avant multiplexage, les
moyens de multiplexage étant agencés pour produire un signal
multiplex présentant un nombre de niveaux électriques supé-
rieur à deux; les moyens de démultiplexage étant agencés
pour restituer, à partir du signal multiplex, les signaux vidéo
sous forme numérique binaire, des moyens 310, 320, 330
étant prévus pour effectuer une conversion numérique/analo-
gie des signaux vidéo.

Application à la télésurveillance.



R 2 615 061 - A1

L'invention concerne un dispositif de transmission de signaux vidéo, comprenant des moyens pour multiplexer lesdits signaux disponibles sous forme électrique analogique en un signal multiplex unique, des moyens électroluminescents pour transformer ledit signal multiplex sous forme lumineuse à une extrémité d'une fibre optique et, à l'autre extrémité de la fibre optique, des moyens photorécepteurs pour recevoir ledit signal multiplex et le restituer sous forme électrique, et des moyens pour démultiplexer le signal multiplex et restituer les signaux vidéo.

Le problème posé est de proposer un tel dispositif à un prix modéré, donc sans faire appel à des composants électroniques très sophistiqués.

Il est connu de transmettre des signaux vidéo grâce à un multiplexage analogique de ces signaux par répartition en fréquence, chaque signal étant présent en permanence dans une bande de fréquence qui lui est propre. Cette solution exige une assez grande bande passante. Par ailleurs, elle impose le choix de composants électriques linéaires, notamment pour les moyens électroluminescents et photorécepteurs, afin que les bandes de fréquence affectées aux différents signaux ne risquent pas de se chevaucher à la réception. Or, les moyens électroluminescents et photorécepteurs linéaires existant sur le marché sont coûteux. Il s'agit par exemple de la diode-laser, qui par ailleurs ne présente pas une grande fiabilité.

Une autre solution aurait pu consister à effectuer un multiplexage analogique des signaux vidéo par répartition en longueur d'onde, chaque signal étant présent en permanence dans une bande de longueur d'onde qui lui est propre. Cette solution impose le choix de compo-

sants électroluminescents coûteux, émettant de façon sélective autour d'une longueur d'onde donnée.

Selon l'invention, on a effectué un multiplexage à répartition dans le temps, c'est-à-dire un
5 multiplexage sous forme numérique, autorisant l'usage de composants non linéaires et peu coûteux mais fiables, tels que la diode électroluminescente. En outre, en vue de réduire la bande passante du signal multiplex, l'invention réalise un compromis entre une transmission numérique classique
10 binaire à deux niveaux électriques et une transmission analogique présentant une infinité de niveaux électriques, en effectuant une transmission présentant un nombre fini de niveaux électriques, supérieur à deux.

L'invention concerne donc un dispositif
15 de transmission du type défini au début de l'exposé et caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour effectuer une conversion analogique/numérique binaire desdits signaux vidéo analogiques avant multiplexage, les moyens de multiplexage étant agencés pour produire un signal multi-
20 plex présentant un nombre de niveaux électriques supérieur à deux, les moyens de démultiplexage étant agencés pour restituer, à partir du signal multiplex, les signaux vidéo sous forme numérique binaire, des moyens étant prévus pour effectuer une conversion numérique/analogique des signaux
25 vidéo.

Avantageusement les moyens de multiplexage sont agencés pour produire simultanément deux signaux multiplex binaires, des moyens étant prévus pour produire, à partir de ces deux signaux multiplex binaires, un seul si-
30 gnal multiplex à quatre niveaux électriques, et des moyens étant prévus pour produire, à partir du signal multiplex à quatre niveaux issu des moyens photorécepteurs, deux signaux multiplex binaires reçus par lesdits moyens de démultiplexage.

35 Avantageusement le dispositif comprend un générateur agencé pour produire de façon répétitive une séquence déterminée de bits qui est transmise en même

temps que les signaux vidéo, et un dispositif agencé pour reconnaître cette séquence et qui coopère avec lesdits moyens de démultiplexage.

Selon une forme préférée de réalisation, lesdits moyens pour produire un signal multiplex à quatre niveaux électriques comprennent un décodeur recevant les deux signaux multiplex binaires et trois sources de courant montées en parallèle qui sont activées sélectivement par le décodeur en fonction de chaque paire de bits issue de ces signaux multiplex binaires.

Selon une forme préférée de réalisation lesdits moyens pour produire deux signaux multiplex binaires à partir du signal multiplex à quatre niveaux comprennent trois comparateurs de niveau montés en parallèle et produisant trois signaux intermédiaires, et une logique combinatoire agencée pour restituer les deux signaux multiplex binaires à partir de ces trois signaux.

Avantageusement lesdits moyens de multiplexage et de démultiplexage comprennent deux registres à décalage montés en parallèle.

Dans le cas où le dispositif est agencé pour recevoir trois signaux vidéo en noir et blanc, chaque signal vidéo analogique est converti sur six voies binaires et il est prévu une voie binaire supplémentaire pour la transmission de ladite séquence déterminée et une autre voie binaire supplémentaire pour la transmission d'un signal numérique, ces vingt voies binaires étant réparties en deux groupes de dix voies à partir desquels sont produits les deux signaux multiplex binaires susdits.

Avantageusement les moyens de conversion analogique/numérique comprennent des moyens d'échantillonnage.

D'autres détails et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description suivante d'une forme de réalisation préférée mais non limitative, en regard des dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 représente schématiquement le

circuit électronique relatif à la partie émetteur du dispositif de transmission selon l'invention.

La figure 2 représente le circuit électronique relatif à la partie récepteur correspondante.

5 La figure 3 précise la composition du train numérique à quatre niveaux émis sur la voie unique.

La figure 4 est un diagramme temporel du train numérique à quatre niveaux.

10 La figure 5 représente les diagrammes temporels des trois signaux binaires résultant du traitement du signal de la figure 4 par les trois comparateurs 241, 242, 243.

L'émetteur du dispositif de transmission représenté sur la figure 1 comprend trois convertisseurs analogique/numérique 10, 20, 30 recevant respectivement à leur
15 entrée 17, 27, 37 un signal vidéo relatif à une image de télévision en noir et blanc. Ces signaux proviennent par exemple de trois caméras vidéo de télé-surveillance disposées sur un site, à proximité du dispositif de transmission auquel elles sont reliées par trois câbles élec-
20 triques coaxiaux.

Chaque convertisseur analogique/numérique code le signal d'entrée : le signal vidéo analogique est échantillonné à une fréquence f_e , chaque échantillon étant transformé en un nombre binaire déterminé traduisant son amplitude. Compte tenu de l'application envisagée et du fait que l'image est en noir et blanc, il a été
25 considéré qu'un nombre binaire à six bits était suffisant pour restituer une image.

30 Par ailleurs, la fréquence maximale du spectre des signaux vidéo analogiques en noir et blanc étant de l'ordre de 5 MHz, la fréquence d'échantillonnage f_e a été choisie égale à 9,6 MHz.

Les convertisseurs analogique/numérique sont ceux commercialisés par la Société ANALOG DEVICE sous la référence AD 9000.

L'émetteur de la figure 1 comprend aussi
5 un générateur numérique 40 agencé pour produire de façon répétitive une séquence déterminée de seize bits portant la référence 47 sur la figure 3, dite séquence pseudo-aléatoire. Les bits "0" ou "1" constituant cette séquence sont émis successivement à une fréquence déterminée. Comme
10 indiqué par la suite, cette séquence pseudo-aléatoire permettra une resynchronisation des signaux vidéo à la réception.

L'émetteur comporte encore une entrée 57 pour un signal numérique, par exemple un signal de commande des
15 caméras-vidéo, pouvant présenter un débit inférieur ou égal à 1 Mbits/s.

Selon l'invention, les vingt voies numériques précitées sont réparties en deux groupes de dix voies chacun qui attaquent respectivement deux registres à décalage 71,
20 72. Chaque registre à décalage comprend dix bascules bistables montées en série et présente donc dix entrées parallèles et une sortie série. Ainsi, les six voies numériques du convertisseur 10 et quatre voies numériques du convertisseur 20
attaquent le registre 71, tandis que les deux autres voies
25 numériques du convertisseur 20, les six voies du convertisseur 30 et les deux voies numériques relatives à la séquence pseudo aléatoire et au signal numérique attaquent le registre 72.

De façon connue en soi, sous l'effet d'un signal
30 de commande de chargement C, toutes les bascules prennent simultanément un état correspondant au bit présent à leur entrée, et sous l'effet d'un signal de décalage D, le contenant de chaque bascule est décalé vers la bascule reliée à sa sortie jusqu'à ce que les dix bits chargés soient
35 sorties séquentiellement du registre à décalage.

Un signal d'horloge H de fréquence 96 MHz impose le rythme de décalage des registres 71, 72, de sorte

qu'en sortie de ceux-ci sont produits deux trains numériques binaires de débit 96Mbits/s selon deux niveaux de tension "0" et "1".

En pratique, chaque registre à décalage à dix
5 bascules est obtenu en combinant deux registres à décalage à cinq bascules, eux-mêmes composés d'un registre à quatre bascules auquel est adjointe une bascule.

Deux embrouilleurs 81, 82 sont reliés res-
pectivement aux sorties des registres à décalage 71, 72 et
10 comprennent eux-mêmes deux registres à décalage à quatre bascules, rebouclés. De façon connue en soi, un embrouilleur a pour fonction de produire à sa sortie des bits "0" et "1" d'une manière pseudo-aléatoire, alors que l'information présente à son entrée n'a pas forcément ce caractère aléa-
15 toire. Le but est de créer un grand nombre de transitions favorisant la récupération de la raie du signal d'horloge par le récepteur.

Une logique 90 reçoit à ses entrées e_1 , e_2
les signaux provenant des deux embrouilleurs 81, 82, et à
20 une entrée e_3 le signal d'horloge H. Selon l'invention, cette logique est agencée pour produire à sa sortie un signal dont l'amplitude est proportionnelle à :

$$s = e_1 + 2e_2$$

25 que l'on peut encore définir par le tableau (I) suivant, où e_1 , e_2 , s désignent les signaux présents aux entrées et à la sortie correspondante et "1" désigne l'amplitude maximale du signal considéré :

T A B L E A U I			
30	Nature du signal	e_1	e_2
	niveaux	0	0
	électriques	1	0
	possibles	0	1
35	pour ce signal	1	1

On remarquera que l'on transforme deux signaux multiplex e_1 , e_2 binaires, c'est-à-dire à deux niveaux électriques, arrivant sur deux voies, en un seul signal multiplex s à quatre niveaux électriques qui sera transmis sur une
5 voie unique.

En pratique, on utilise avantageusement trois sources de courant 94 à 96 disposées en parallèle et produisant des courants d'amplitudes respectives $1/3$, $2/3$ et 1. Chaque source de courant est montée en série avec une
10 porte 91, 92, 93 commandée par un décodeur 97, lequel reçoit en entrée les deux signaux e_1 , e_2 . En utilisation, le décodeur 97 recevant par exemple à son entrée les valeurs (0, 1), il commande la fermeture de la porte 92 pour transmettre un courant de niveau $2/3$ produit par la source
15 de courant 95, jusqu'à l'arrivée de deux nouvelles valeurs (e_1 , e_2).

Par ailleurs, le signal d'horloge e_3 est transmis directement à la sortie s .

Ce signal s est amplifié par un amplificateur
20 100 qui attaque une diode électroluminescente rapide 110 émettant latéralement un rayonnement infra-rouge de longueur d'onde égale à 850 ou 1300 nm.

La diode électroluminescente 110 émet à l'extrémité d'une fibre optique du type à gradient d'indice, par exemple une fibre 50/125 présentant un diamètre
25 de coeur égal à $50\mu\text{m}$ et un diamètre de gaine égal à $125\mu\text{m}$.

En variante et en remplacement du décodeur 97, des portes 91 à 93, et des sources de courant 94 à 96, on pourrait utiliser un sommateur à deux résistances.

30 Il faut noter toutefois que, si cette deuxième solution peut être utilisée, celle de la figure 1 est préférable car elle permet une production plus rapide du signal à quatre niveaux s .

La composition du signal s à quatre niveaux est précisée sur la figure 3. Chaque information élémentaire de ce signal traduit deux informations binaires provenant simultanément des registres à décalage 71, 72, par exemple les bits (11, 25) présents respectivement sur la première voie numérique du convertisseur 10 et sur la cinquième voie du convertisseur 20, puis les bits (12, 26), puis les bits (13, 31) présents respectivement sur la troisième voie numérique du convertisseur 10 et sur la première voie numérique du convertisseur 31, etc... jusqu'aux bits (24, 51).

L'ensemble du contenu des registres 71, 72 est ainsi transféré de façon répétitive sur la fibre optique. En ce qui concerne les informations 41 provenant successivement du générateur de séquence pseudo-aléatoire 40, on notera qu'elles correspondent aux différents bits de cette séquence, lus dans l'ordre. Sur la figure 3, les deux informations 41 correspondent aux deux premiers bits "0", "0" de la séquence.

Le récepteur du dispositif de transmission est représenté sur la figure 2. Les moyens photorécepteurs comprennent une diode PIN 200 disposée à l'autre extrémité de la fibre optique précitée, qui attaque un amplificateur 210. Un dispositif de contrôle automatique de gain 211 est monté en contre-réaction sur cet amplificateur et permet de façon connue en soi de restituer le signal électrique s à quatre niveaux dont l'amplitude maximale a une valeur constante, égale ici à 1,5 V.

La composante continue du signal à quatre niveaux, annulée avant l'émission de celui-ci sur la fibre optique, est récupérée de façon connue en soi par verrouillage dans un dispositif 220.

Les moyens pour récupérer, à partir du signal ou train numérique à quatre niveaux, deux signaux ou trains numériques binaires, comprennent trois comparateurs 241 à 243 montés en parallèle à la sortie du dispositif 220

de récupération de la composante continue. Il s'agit de comparateurs ultrarapides commercialisés par la Société ANALOG DEVICE sous la référence AM 685.

Ces trois comparateurs 241 à 243 produisent à leur sortie respectivement trois signaux binaires c_1 , c_2 , c_3 à deux niveaux électriques "0" ou "1" selon que le niveau du signal à leur entrée est inférieur ou supérieur à un seuil déterminé et égal respectivement à 1/6, 3/6 et 5/6 de l'amplitude maximale du signal à quatre niveaux. Sur la figure 5, l'amplitude des signaux c_1 , c_2 , c_3 est représentée en fonction du temps. Sur la figure 4, l'amplitude du signal s à quatre niveaux est représentée en fonction du temps, et les seuils des trois comparateurs 241 à 243 sont représentés en pointillés.

Du tableau (I) précité et des figures 4 et 5, on peut tirer le tableau (II) suivant, qui précise la relation entre d'une part les niveaux des signaux c_1 , c_2 , c_3 et d'autre part celui du signal s , c'est-à-dire celui des signaux e_1 et e_2 .

20

T A B L E A U II

s	c_1	c_2	c_3	e_1	e_2
1er niveau nul	0	0	0	0	0
25 2ème niveau	1	0	0	1	0
3ème niveau	1	1	0	0	1
4ème niveau	1	1	1	1	1

Les deux équations suivantes peuvent être déduites du tableau (II) et montrent que l'on peut retrouver les signaux e_1 et e_2 produits par l'émetteur, à partir des trois signaux c_1 , c_2 , c_3 :

$$e_1 = c_3 + c_1 \cdot \overline{c_2}$$

$$e_2 = c_2$$

35 La production des deux signaux e_1 , e_2 à partir des signaux c_1 , c_2 , c_3 est assurée par une logique combinatoire 250. Ensuite, les deux signaux e_1 , e_2 sont traités

par deux désembrouilleurs 261, 262 qui sont des circuits dual des embrouilleurs 81, 82 de l'émetteur et restituent donc les signaux tels qu'ils apparaissent à l'entrée de ces embrouilleurs 81, 82.

5 Ces signaux sont reçus respectivement par deux registres à décalage 271, 272 présentant une entrée série et dix sorties parallèles. Des signaux de commande (D,A) des registres permettent d'assurer le décalage des informations arrivant à leur entrée pour charger les re-
10 gistres, puis l'arrêt de ce décalage pour transmettre en parallèle ces informations. Aux sorties des deux registres 271, 272 sont branchés trois convertisseurs numérique/analogique 310, 320, 330 restituant à leurs sorties 317, 327, 337 les trois signaux vidéo analogiques présents à l'entrée
15 de l'émetteur, tandis que le signal numérique est fourni directement par le registre 272 à une sortie 357.

Afin que les signaux multiplexés puissent être correctement aiguillés vers les sorties correspondantes des registres à décalages 271, 272 et de façon connue en
20 soi, un dispositif 340 de reconnaissance de la séquence pseudo-aléatoire 47 (figure 3) reçoit en entrée le signal démultiplexé relatif à cette séquence et provenant du registre à décalage 272, et fournit en sortie un signal de commande aux deux registres à décalage 271, 272. Ce
25 dispositif de reconnaissance 340 comprend de façon connue en soi un registre à décalage et un comparateur logique montés en série.

Un dispositif 230 de récupération du signal d'horloge H est monté en sortie de l'amplificateur 210.
30 Il comprend de façon connue en soi une boucle à verrouillage de phase à bande très étroite constituée à partir d'un VCO (oscillateur commandé en tension). Le signal d'horloge H récupéré est appliqué à la logique combinatoire 250 et aux registres à décalage 271, 272.

35 Toutes les fonctions électroniques de l'émetteur et du récepteur sont réalisées au moyen de circuits de technologie ECL 10 000.

On notera que le dispositif de transmission décrit précédemment offre une grande souplesse d'emploi puisqu'il possède dix-neuf voies numériques utilisables pour transmettre une information, par exemple dix-neuf signaux numériques de débit 1Mbits/s, moyennant la suppression des convertisseurs analogique/numérique et numérique/analogique. Toute autre affectation est également possible, par exemple celle consistant à conserver six voies numériques pour la transmission d'un signal vidéo en noir et blanc et treize voies pour la transmission de treize signaux numériques.

Le dispositif de transmission selon l'invention peut trouver différentes applications dans lesquelles il est nécessaire de transmettre à distance des informations, et notamment des images. La distance de transmission utile pour ce dispositif est de 9 Km sur une fibre 50/125. On peut ainsi relier un véhicule sous-marin d'observation à un bateau, une caméra de télésurveillance disposée sur un site à un local de surveillance, etc...

Dans le présent exemple, le nombre de niveaux du signal multiplex s sur la voie unique a été choisi égal à quatre, ce qui conduit à une dégradation de 4dB du rapport signal/bruit en comparaison avec les deux signaux binaires e_1 , e_2 . Le choix d'un nombre de niveaux plus important est possible, mais risque de conduire à une dégradation non acceptable du rapport signal/bruit et d'imposer le remplacement des comparateurs numériques du récepteur par des dispositifs analogiques complexes.

Le doublement du nombre de niveaux permet avantageusement de diviser la fréquence de transmission dans un rapport 2.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de transmission de signaux vidéo, comprenant des moyens (10, 20, 30, 71, 72) pour multiplexer lesdits signaux disponibles sous forme électrique analogique en un signal multiplex unique, des moyens électroluminescents (110) pour transformer ledit signal multiplex sous forme lumineuse à une extrémité d'une fibre optique et, à l'autre extrémité de la fibre optique, des moyens photorécepteurs (200) pour recevoir ledit signal multiplex et le restituer sous forme électrique, et des moyens (271, 272, 310, 320, 330) pour démultiplexer le signal multiplex et restituer les signaux vidéo, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (10, 20, 30) pour effectuer une conversion analogique/numérique binaire desdits signaux vidéo analogiques avant multiplexage, les moyens de multiplexage étant agencés pour produire un signal multiplex présentant un nombre de niveaux électriques supérieur à deux, les moyens de démultiplexage étant agencés pour restituer, à partir du signal multiplex, les signaux vidéo sous forme numérique binaire, des moyens (310, 320, 330) étant prévus pour effectuer une conversion numérique/analogique des signaux vidéo.
2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel les moyens de multiplexage sont agencés pour produire simultanément deux signaux multiplex binaires, des moyens (90) étant prévus pour produire, à partir de ces deux signaux multiplex binaires, un seul signal multiplex à quatre niveaux électriques, et des moyens (241 à 243, 250) étant prévus pour produire, à partir du signal multiplex à quatre niveaux issu des moyens photorécepteurs, deux signaux multiplex binaires reçus par lesdits moyens de démultiplexage.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou la revendication 2, qui comprend un générateur (40) agencé pour produire de façon répétitive une séquence déterminée de bits qui est transmise en même temps que les signaux vidéo, et un dispositif (340) agencé pour reconnaître cette séquence et qui coopère avec lesdits moyens de démultiplexage.

4. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel lesdits moyens pour produire un signal multiplex à quatre niveaux électriques comprennent un décodeur (97) recevant les deux signaux multiplex binaires et trois sources de courant (94, 95, 96) montées en parallèle qui sont activées sélectivement par le décodeur en fonction de chaque paire de bits issue de ces signaux multiplex binaires.
- 5
5. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel lesdits moyens pour produire deux signaux multiplex binaires à partir du signal multiplex à quatre niveaux comprennent trois comparateurs de niveau (241, 242, 243) montés en parallèle et produisant trois signaux intermédiaires, et une logique combinatoire (250) agencée pour restituer les deux signaux multiplex binaires à partir de ces trois signaux.
- 10
- 15
6. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel lesdits moyens de multiplexage et de démultiplexage comprennent deux registres à décalage (71, 72; 271, 272) montés en parallèle.
- 20
7. Dispositif selon la revendication 3 agencé pour recevoir trois signaux vidéo en noir et blanc, dans lequel chaque signal vidéo analogique est converti sur six voies binaires et il est prévu une voie binaire supplémentaire pour la transmission de ladite séquence déterminée et une autre voie binaire supplémentaire pour la transmission d'un signal numérique, ces vingt voies binaires étant réparties en deux groupes de dix voies à partir desquels sont produits les deux signaux multiplex binaires susdits.
- 25
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les moyens de conversion analogique/numérique comprennent des moyens d'échantillonnage.
- 30

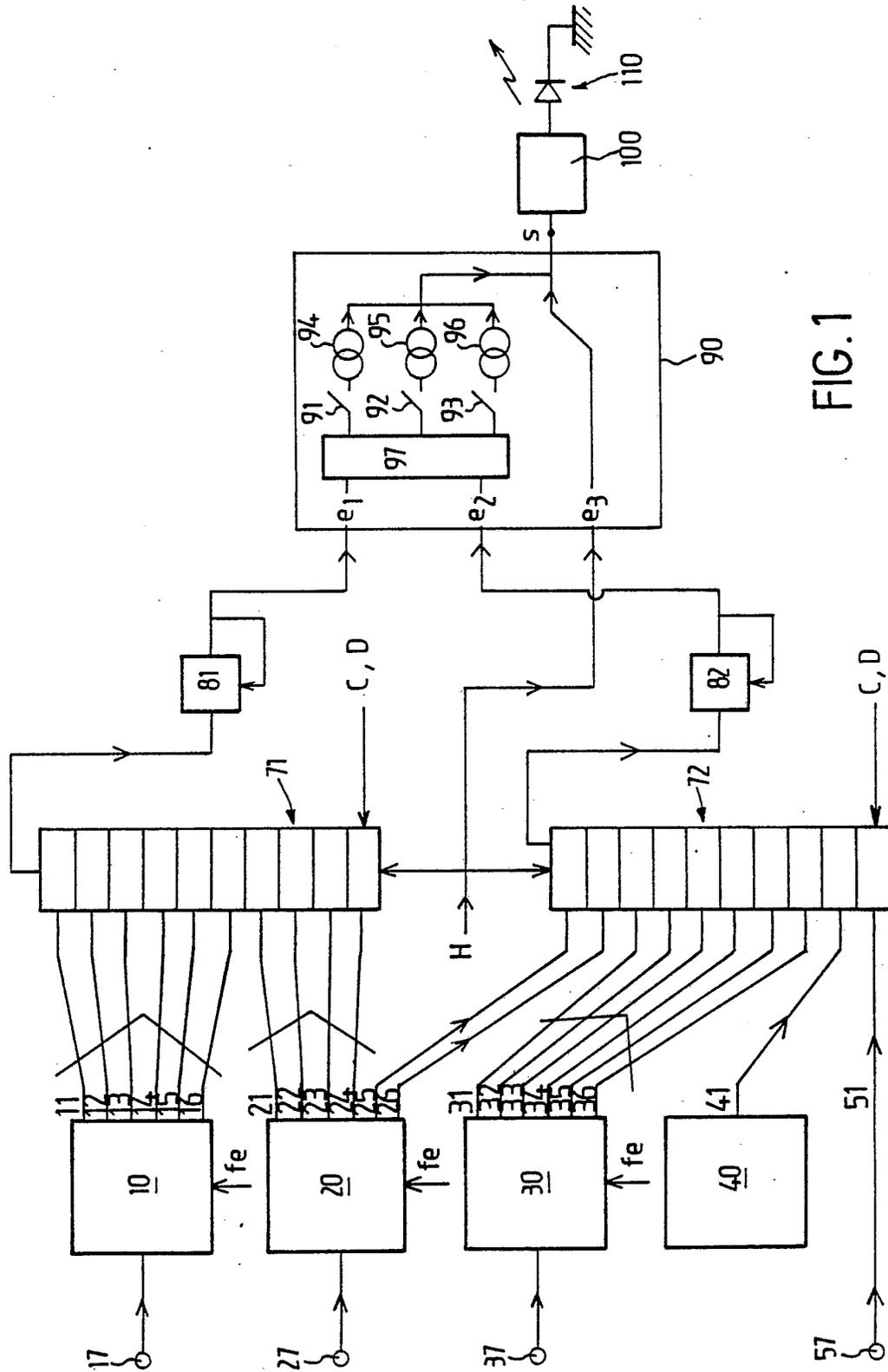


FIG. 1

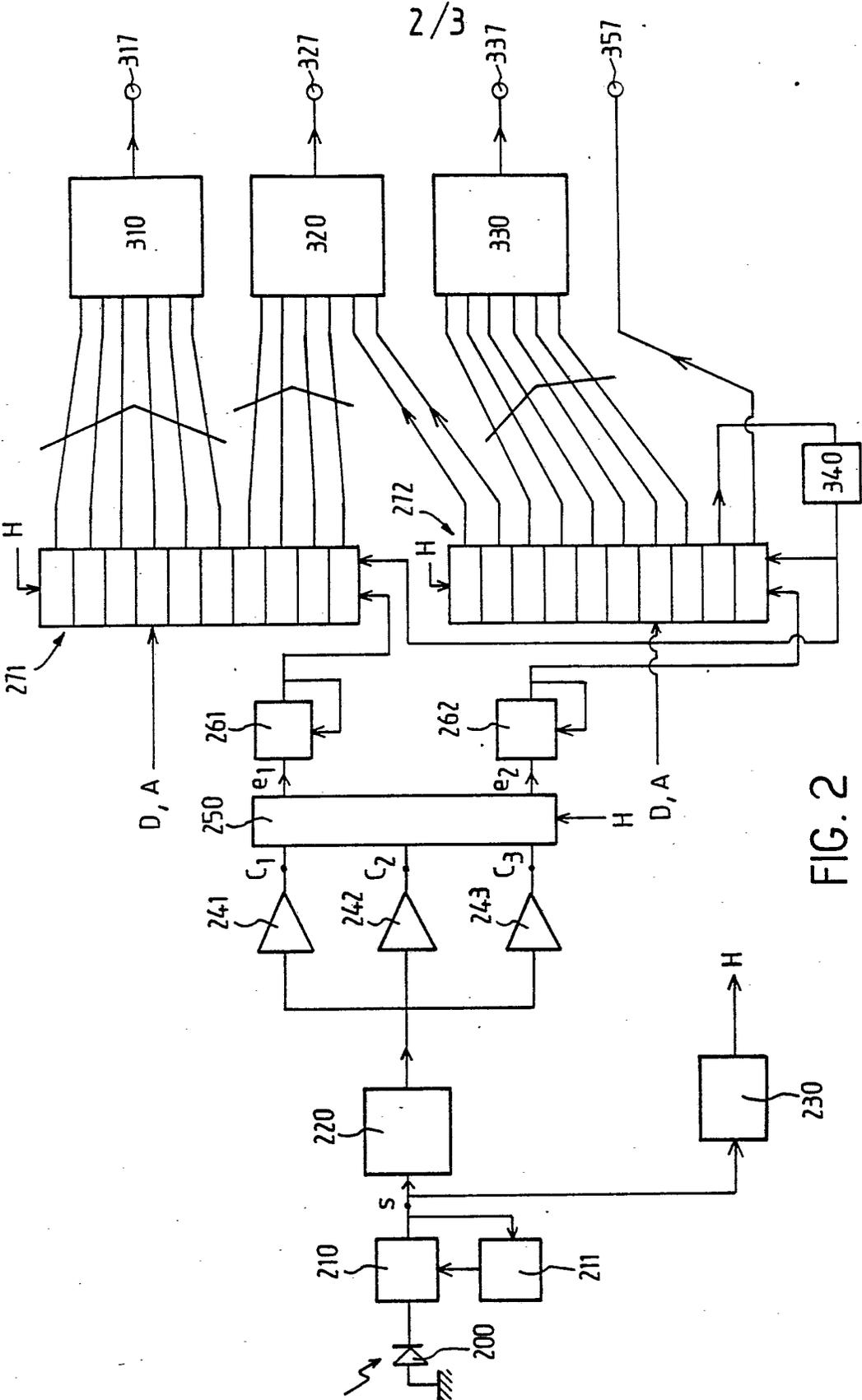


FIG. 2

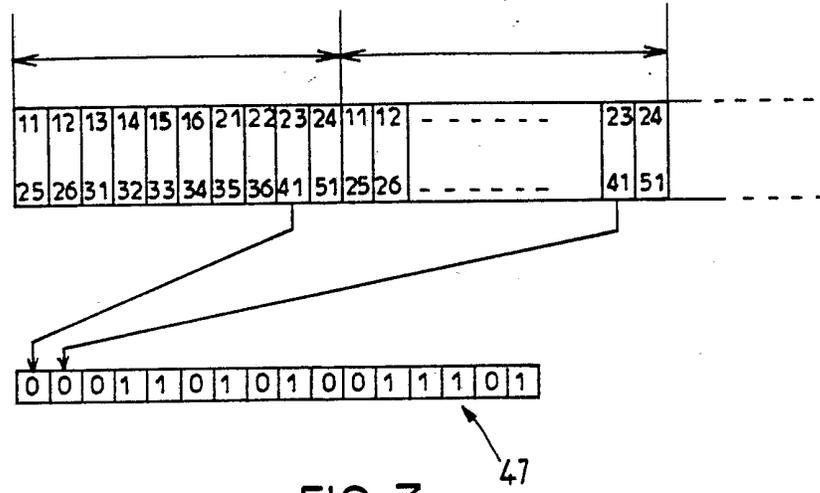


FIG. 3

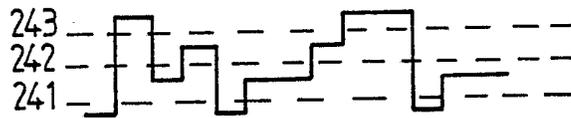


FIG. 4

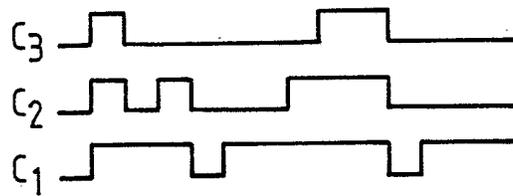


FIG. 5