



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Numéro de publication: **0 416 498 A1**

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **90116856.7**

(51) Int. Cl.⁵: **H01P 5/16**

(22) Date de dépôt: **03.09.90**

(30) Priorité: **08.09.89 FR 8911759**

(43) Date de publication de la demande:
13.03.91 Bulletin 91/11

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB IT SE

(71) Demandeur: **ALCATEL ESPACE**
11, avenue Dubonnet
F-92407 Courbevoie Cédex(FR)

(72) Inventeur: **Raguenet, Gérard**
1710 Chemin de Tucaut
F-31600 Eaunes(FR)
Inventeur: **Remondiere, Olivier**
25bis, Chemin de Montbel
F-31270 Frouzins(FR)

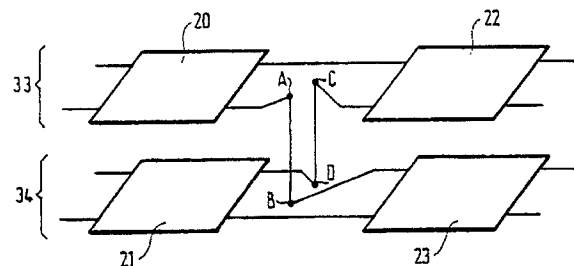
(74) Mandataire: **Weinmiller, Jürgen et al**
Lennéstrasse 9 Postfach 24
W-8133 Feldafing(DE)

(54) **Structure multi-niveaux de coupleur généralisé.**

(57) L'invention concerne une structure multi-niveaux de coupleur généralisé ayant au moins deux niveaux (33, 34) permettant d'effectuer les connexions entre coupleurs hybrides (20, 21, 22, 23) sans croisement ; l'arrangement de base d'un module à 2 entrées/2 sorties s'opérant d'une manière directe ou d'une manière dite inversée, ces deux arrangements conduisant à des topologies de base différentes.

Application notamment au domaine des composants hyperfréquences.

FIG. 4



EP 0 416 498 A1

STRUCTURE MULTI-NIVEAUX DE COUPLEUR GÉNÉRALISÉ

L'invention concerne une structure multi-niveaux de coupleur généralisé.

Les évolutions de volume de trafic de télécommunication conduisent à des systèmes de plus en plus sophistiqués. La couverture, qui auparavant était réalisée en un seul pinceau, se trouve aujourd'hui découpée en plusieurs pinceaux de gain plus élevé, couvrant une partie seulement de la zone totale de service permettant ainsi d'améliorer les performances de PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente) et de π/T . Ce passage au multi-pinceaux ne va pas sans créer de nouveaux problèmes au niveau des transpondeurs et de la gestion des ressources bord.

En effet, la répartition de trafic entre les faisceaux est une variable qui évolue au cours du temps (la demi-journée par exemple). La puissance entre les faisceaux doit pouvoir être modifiée sans impact sur le rendement de la charge utile et en général dans une dynamique pouvant aller jusqu'à P_{MAX}, P_{MAX}-6 dB, P_{MAX}-10 dB, voire P_{faisceau} = 0 dans le cas d'un faisceau éteint ou d'un trafic quasi-nul.

La reconfiguration des couvertures est souvent un souci pour celui qui doit réaliser un segment spatial. Là encore ce genre d'opération doit pouvoir être réalisée sans pertes d'efficacité des ressources bord.

Ces points qui sont les éléments clés des nouveaux systèmes spatiaux ne peuvent être résolus par une architecture de répéteur classique associant un transpondeur à un faisceau. Cette solution ne permet pas un échange simple entre les faisceaux et se trouve peu apte à répondre à ces besoins nouveaux.

On se rend compte en fait que l'échange est rendu possible si chaque amplificateur ne sert non pas à amplifier le signal d'un seul 3G faisceau mais se trouve utilisé pour tous les faisceaux.

Ainsi un premier document de l'art antérieur de Egami/Kawai intitulé "An adaptative multiple beam system concept" (IEEE/Journal on selected areas in communication vol. S.A.C. 5 N° 4 May 87) décrit un système de faisceau multiple adaptatif ou "transpondeur hybride" qui a la souplesse pour adapter la puissance du faisceau à un trafic de faisceau qui varie. Ce transpondeur comprend une paire de circuits hybrides et des amplificateurs.

Un second document de l'art antérieur de W.A. SANDRIN intitulé "The Butler Matrix Transponder" (Comsat. Technical Review volume 4 Number 2 April 1974) décrit un transpondeur à matrice de Butler qui comprend une paire de réseau matriciel Butler NxN complémentaires qui précèdent et suivent un jeu de N circuits amplificateurs, et un jeu

de filtres qui suit le réseau matriciel de sortie.

Dans les dispositifs de l'art connu, les problèmes les plus importants apparaissent au niveau des nombreux croisements de lignes et à la topologie qui en résulte.

L'objet de la présente invention consiste à proposer des architectures originales permettant d'effectuer la réalisation des matrices à partir de leur bloc-diagramme. L'invention permet d'envisager la réalisation d'ensembles d'ordre n quelconque moyennant une grande simplicité de conception.

L'invention propose, à cet effet, une structure multi-niveaux de coupleur généralisé formé d'une association de coupleurs hybrides caractérisée en ce que cette structure est une structure à au moins deux niveaux réalisée à partir de son bloc-diagramme, permettant d'effectuer les connexions sans croisement entre coupleurs hybrides, et en ce que l'arrangement de base d'un module à 2 entrées/2 sorties s'opère d'une manière directe ou d'une manière dite inversée, ces deux arrangements conduisant, pour la réalisation d'ensembles d'ordre n quelconque, à une topologie associée à une configuration directe ainsi qu'à une topologie associée à une configuration inversée.

Plusieurs topologies sont donc possibles quant aux lignes selon qu'elles sont croisées ou non.

Ainsi l'arrangement direct entre les coupleurs hybrides conduit aux géométries de connexions suivantes :

- deux coupleurs hybrides d'un même niveau, respectivement entrée/sortie, ont une connexion non croisée réalisée par une ligne située dans le même niveau,

- deux coupleurs hybrides, entrée/sortie, situés dans des niveaux différents ont une connexion croisée réalisée par une ligne qui change de niveau ;

Par contre l'arrangement inversé entre les coupleurs hybrides conduit aux géométries de connexions suivantes :

- deux coupleurs hybrides d'un même niveau, respectivement entrée/sortie, ont une connexion croisée réalisée par une ligne située dans le même niveau,

- deux coupleurs hybrides sur deux niveaux différents ont une connexion non croisée réalisée par une ligne qui change de niveau.

L'invention fait également appel à d'autres techniques de connexion, telle que mono-niveau, câblage... localement pour réaliser des étages intermédiaires.

Les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront d'ailleurs de la description qui va suivre, à titre d'exemple non limitatif, en référence aux figures annexées sur lesquelles :

- Les figures 1 et 2 illustrent plusieurs exemples de transpondeurs de l'art connu ;
- La figure 3 illustre une structure de coupleur généralisé ;
- Les figures 4 et 5 illustrent deux structures de coupleur généralisé selon l'invention ;
- La figure 6 illustre une structure de coupleur généralisé ;
- Les figures 7 à 10 illustrent des structures de coupleur généralisé selon l'invention.
- Les figures 11 et 12 donnent un exemple de réalisation d'un coupleur généralisé à 32 entrées/32 sorties, respectivement dans un plan supérieur et dans un plan inférieur.

Comme représenté sur la figure 1, le concept le plus simple de transpondeur à 2 faisceaux consiste en l'association de deux coupleurs hybrides 10, 11 disposés de part et d'autre de deux amplificateurs 12, 13, pour laquelle on se rend compte qu'à puissance d'entrée constante les amplificateurs travaillent avec un niveau constant, quelle que soit la charge des signaux d'entrée incohérents U1 et U2.

Dans le cas d'un transpondeur à matrice, tel que représenté sur la figure 2, une première matrice 14, ou premier "coupleur généralisé" formé d'une association de coupleurs hybrides, réalise un étalement équipuissant au niveau de n amplificateurs 15, tandis qu'une seconde matrice 16, ou second "coupleur généralisé" ayant une structure inverse de celle du premier restitue les signaux amplifiés. L'emploi de la structure hybride entraîne un retournement caractéristique entre les entrées/sorties.

Dans le cas de p entrées incohérentes entre elles, comme représenté sur la figure 2, correspondant à p porteuses ou p faisceaux, on utilise une première matrice 14 d'ordre n : n étant une puissance de 2 supérieure ou égale à p ($n = 2^k \geq p$) qui étale les signaux de façon équipuissante sur les n amplificateurs 15. Ceux-ci travaillent rigoureusement de façon identique et sont dimensionnés par rapport à des besoins de linéarité. La seconde matrice 16 restitue les signaux amplifiés en les retournant.

De telles architectures classiques de matrice utilisée dans des chaînes d'amplification permettent de répondre globalement aux problèmes de :

- dimensionnement des amplificateurs ;
- efficacité de la chaîne ;
- reconfigurabilité de couverture ;
- échange de puissance et variation de trafic.

L'invention a pour objet une structure multi-niveaux dans laquelle on réalise les croisements de base en disposant les éléments les uns par rapport aux autres de sorte qu'aucun croisement physique entre les lignes ou les conducteurs n'intervienne.

Pour expliciter cette réalisation on considère

tout d'abord un module élémentaire, à quatre entrées e1 à e4 et à quatre sorties s1 à s4 comportant quatre circuits hybrides 20, 21, 22, 23 et deux croisements, dont le synoptique est représenté à la figure 3.

Dans une première réalisation de la présente invention, on solutionne le problème du croisement en utilisant un ensemble de base fonctionnant sur deux niveaux 33 et 34. Ensuite on construit les étages supérieurs en conservant cette philosophie de croisement réalisé sur deux niveaux. Cette approche permet d'étendre à un ordre quelconque le rang de la matrice toujours basé sur une architecture bi-couche.

Une réalisation de l'ensemble de base est illustrée sur la figure 4 où l'on remarque que les trajets directs sont obtenus dans le plan soit inférieur 34 soit supérieur 33 en ce qui concerne les connexions directes. Par ailleurs les connexions croisées hybrides sont obtenues en croisant une ligne au niveau supérieur et l'autre au niveau inférieur et en opérant, en des points distincts physiquement, les changements de plan : transitions A-B ; C-D. La topologie de la figure 4 reproduit le schéma du synoptique de base représenté à la figure 3 en le distribuant sur deux niveaux.

On peut aussi fort bien proposer une autre version de cette approche en modifiant l'implantation des hybrides 22 et 23. Si l'on réalise une inversion de 22 et 23 on s'aperçoit que les trajets croisés peuvent se faire dans le plan supérieur ou inférieur tandis que les trajets directs nécessitent un changement de plan, passage niveau inférieur/niveau supérieur.

La figure 5 illustre une réalisation relative à cette inversion.

Plusieurs techniques peuvent être employées quant à la génération des matrices d'ordre supérieur selon d'une part que l'on utilise des configurations directes ou retournées ou d'autre part que l'on impose des directions particulières à des blocs.

Si on implante les différents niveaux de circuits d'hybrides de manière séquentielle. On peut imposer que les entrées se trouvent disposées d'un côté et que les sorties de l'autre et ainsi de suite au fur et à mesure que s'élaborent les rangs successifs de matrice.

Une telle approche peut être étendue à des niveaux d'ordre supérieur sans aucun croisement des lignes conductrices. Dans une configuration d'ordre 8, on dispose de deux ensembles 4x4 (20 à 23 et 20' à 23') tels que représentés sur la figure 5 dont les sorties sont connectées avec la dernière rangée de circuits hybrides 24 à 27 selon une topologie du type de celle représentée sur la figure 6.

En adoptant la numérotation de la figure 6 pour

les circuits hybrides on peut proposer une implantation pour la matrice 8x8 respectant toutes les règles de construction multi-niveaux (non croisement de lignes).

A titre d'exemple l'organisation de la matrice 8x8 de la figure 6 l'est représentée sur la figure 7. La réalisation d'une telle matrice 8x8 3G passe par l'emploi de deux blocs de type 4x4 référencés 30 et 31 sur la figure 6. Le troisième niveau de circuits hybrides est mis en oeuvre par les blocs 32' et 32'' qui sont traités comme des entités de type 4x4.

Dans l'exemple de la figure 7 on a reconduit l'architecture retournée à la fois pour les blocs 4x4 et pour les blocs 32' et 32'' : c'est-à-dire qu'une liaison directe passe par un changement de plan et que les liaisons croisées sont réalisées par des connexions quasi-parallèles l'une totalement au niveau supérieur 33, l'autre totalement au niveau inférieur 34.

On s'aperçoit qu'une telle solution peut s'étendre à un ordre quelconque sans aucune difficulté, les éléments de croisement s'effectuant de façon parallèle et à l'aide d'un simple changement de plan. L'emploi d'une topologie directe ou retournée ne change pas le problème : elle ne fait que modifier la géométrie des lignes et leur interprétation par rapport au synoptique.

L'obtention d'une matrice 16x16 se fait en mettant côte-à-côte deux matrices 8x8 et en ajoutant une 4ème rangée de circuits hybrides. La connexion qui en découle est traitée selon les mêmes règles que précédemment et ne pose aucun problème puisque les entrées se trouvent toutes d'un même côté et les sorties de l'autre.

Les figures 11 et 12 donnent un exemple de réalisation d'un coupleur généralisé à 32 entrées/sorties, respectivement dans un plan supérieur et dans un plan inférieur les transitions étant référencées 40.

Il est bien évident que les réalisations décrites précédemment sont des configurations de base, permettant d'envisager des implantations données de matrices, qui peuvent être combinées entre elles.

Tout arrangement particulier des entrées/sorties peut être envisagé à des fins pratiques. La conformité à la présente invention résultant de la réalisation des liaisons entre coupleurs par la technique double niveau. Certaines variantes de l'invention peuvent être envisagées afin de réduire la complexité et/ou l'encombrement d'une solution qui utiliserait uniquement l'approche double couche. On peut convenir d'utiliser des techniques de réalisation combinées mettant en jeu une architecture double couche d'une part et une technique plus classique d'autre part. La réalisation d'une matrice d'ordre élevé peut devenir prohibitive en masse/complexité/encombrement, si on s'impo-

se de n'être qu'en double couche. A titre d'exemple, une matrice 64 entrées/64 sorties peut être décomposée en trois blocs :

- deux sous matrices 32 x 32 réalisées selon l'approche à deux niveaux,
- un sous ensemble intégrant la dernière rangée d'hybrides ainsi que les éléments de connexion aux deux sous-matrices précédentes. Dans un cas de réalisation en triplaque pour les matrices 32 x 32, le jeu de connexion peut être effectué à l'aide de lignes coaxiales.

Dans son principe et de part l'architecture des entrées/sorties, une solution à deux niveaux permet de concevoir des matrices ayant un ordre quelconque, car elle solutionne par essence le problème des connexions entrecroisées par la technique du changement de niveau.

Une seconde réalisation de l'invention peut comporter également une structure planaire dans laquelle on réalise les croisements de base en disposant les éléments les uns par rapport aux autres de sorte qu'aucun croisement physique entre les lignes ou les conducteurs n'intervienne.

Pour expliciter cette réalisation on considère tout d'abord le module élémentaire, à quatre entrées e1 à e4 et à quatre sorties s1 à s4 représenté à la figure 3.

Dans une implantation planaire représentée sur la figure 8, les circuits hybrides d'entrée 20 et 21 (et de sortie 22 et 23) sont disposés face à face et non côte à côte. On obtient ainsi des trajets électriques d'égale longueur ; en raison des symétries de structure.

Une telle approche peut être étendue à des niveaux d'ordre supérieur en utilisant toujours un concept en arbre sans aucun croisement des lignes conductrices. Dans une configuration d'ordre 8, on dispose de deux ensembles 4x4 (20 à 23 et 20' à 23') tels que représentés sur la figure 8 dont les sorties sont connectées avec la dernière rangée de circuits hybrides 24 à 27 selon une topologie du type de celle représentée sur la figure 6.

En adoptant la numérotation de la figure 6 pour les circuits hybrides on peut proposer différentes implantations pour la matrice 8x8 respectant toutes les règles de construction planaires (non croisement de lignes).

Les figures 9 et 10 donnent deux solutions d'implantation de type planaire.

On s'aperçoit à l'évidence que les connexions entre la 2ème et 3ème rangée d'hybrides suit la même topologie que celle des niveaux 1 et 2 conduisant à une similitude complète entre la réalisation des blocs 30, 31, 32' et 32''.

La figure 9 présente une topologie dont l'agencement respecte des symétries entre les blocs 32' et 32'' tandis que la figure 10 présente une alternative avec un éclatement vers l'extérieur de l'ensem-

ble 32' et une configuration totalement intérieure pour 32". D'autres versions sont potentiellement possibles dépendant de la numérotation ou de l'arrangement entre blocs. Dans tous les cas de figure on retrouve la topologie de base de la figure 6 avec :

- mise face à face des blocs entrée (et sortie) pour réaliser les jonctions sans croisement ;
- limitation du concept à trois rangées de circuits hybrides en approche strictement planaire (matrice 8x8) en raison de sorties intérieures/extérieures.

On peut, sans sortir du cadre de l'invention, réaliser des structures multi-niveaux plus compactes que celles représentées précédemment. Là encore la propriété originale résulte de l'exploitation de niveaux différents afin de réaliser les jonctions porte à porte qui se croiseraient en technologie planaire. On peut envisager également des réalisations combinant à la fois une structure multi-niveaux et une structure planaire.

Selon l'invention, on peut utiliser une matrice aval n'ayant pas les mêmes caractéristiques que la matrice amont au niveau radio-électrique. En effet les pertes radio-électriques doivent être impérativement minimisées entre l'étage d'amplificateurs et les éléments rayonnants. Les technologies employées peuvent donc être différentes puisque les contraintes et les objectifs ne sont pas les mêmes. Pour l'une des deux matrices on peut utiliser des technologies "à perte" et on peut par exemple miniaturiser le composant. Pour l'autre matrice on ne peut envisager sa réalisation qu'en adoptant des circuits hyperfréquence ultra faibles pertes.

Dans le cas d'une matrice multi-niveaux selon l'invention le choix précis du type de propagation et de ses caractéristiques dépend d'une analyse de missions :

. Dans le cas d'un multi-niveaux en Microstrip l'architecture est immédiate et ne requiert qu'un seul composant par rapport à la matrice planaire : la transition Microstrip/Microstrip est orthogonale. Plusieurs solutions peuvent être envisagées : trou de couplage/passage en mode coaxial. On obtient de façon immédiate la structure de base du microstrip multi-niveaux. La transition microstrip/coaxial réalisant ainsi un changement de plan : composant de base de l'architecture multi-niveaux.

. Dans le cas d'un multi-niveaux ou triplaque le composant de base se trouve être la transition entre deux niveaux. En technologie triplaque il est coutumier de réaliser des transitions orthogonales triplaque/coaxial à l'aide d'un piège formant une sorte de U ou de fer à cheval. Le changement de plan complet requiert donc trois éléments : deux transitions orthogonales triplaque/coaxial séparée par une longueur de ligne coaxiale.

. Dans le cas d'un multi-niveaux en guide d'onde, il

apparaît plus intéressant de construire la cellule centrale sur le mode de l'ensemble à deux niveaux de type retourné de la figure 5.

- Dans le cas d'hybrides plan H les trajets directs avec changement de plan se font à l'aide d'un S en plan E, et les trajets croisés dans le même plan se font à l'aide d'un S en plan H.

- Dans le cas d'hybride plan E les résultats précédents sont inversés les trajets directs nécessitent un S plan H tandis que les trajets croisés se font à l'aide d'un S en plan E.

Il est bien entendu que la présente invention n'a été décrite et représentée qu'à titre d'exemple préférentiel et que l'on pourra remplacer ses éléments constitutifs par des éléments équivalents sans, pour autant, sortir du cadre de l'invention.

Revendications

1/ Structure multi-niveaux de coupleur généralisé formé d'une association de coupleurs hybrides, caractérisée en ce que cette structure est une structure à au moins deux niveaux (33, 34) réalisée à partir de son bloc-diagramme, permettant d'effectuer les connexions sans croisement entre coupleurs hybrides (20, 21, 22, 23), et en ce que l'arrangement de base d'un module à 2 entrées/2 sorties s'opère d'une manière directe ou d'une manière dite inversée, ces deux arrangements conduisant, pour la réalisation d'ensembles d'ordre n quelconque, à une topologie associée à une configuration directe ainsi qu'à une topologie associée à une configuration inversée.

2/ Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'arrangement direct entre les coupleurs hybrides conduit aux géométries de connexions suivantes :

- deux coupleurs hybrides d'un même niveau, respectivement entrée/sortie, ont une connexion non croisée réalisée par une ligne située dans le même niveau,

- deux coupleurs hybrides, entrée/sortie, situés dans des niveaux différents ont une connexion croisée réalisée par une ligne qui change de niveau.

3/ Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'arrangement inversé entre les coupleurs hybrides conduit aux géométries de connexions suivantes :

- deux coupleurs hybrides d'un même niveau, respectivement entrée/sortie, ont une connexion croisée réalisée par une ligne située dans le même niveau,

- deux coupleurs hybrides sur deux niveaux différents ont une connexion non croisée réalisée par une ligne qui change de niveau.

4/ Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle fait

appel à d'autres techniques de connexion localement pour réaliser des étages intermédiaires.

5/ Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que la génération d'une matrice à l'ordre n est obtenue de façon séquentielle en utilisant les modules élémentaires à deux niveaux.

5

6/ Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les entrées, respectivement les sorties, sont toutes situées du même côté, facilitant de ce fait les interfaces et une démarche séquentielle.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1

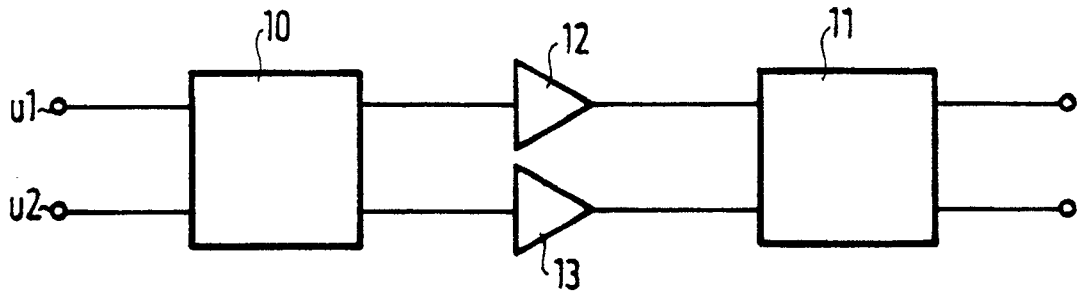


FIG. 2

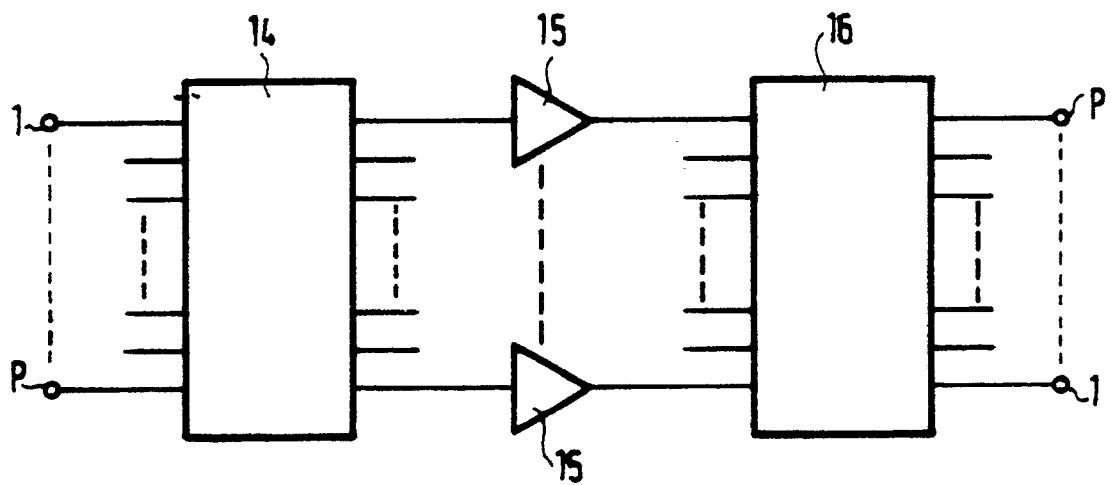


FIG. 3

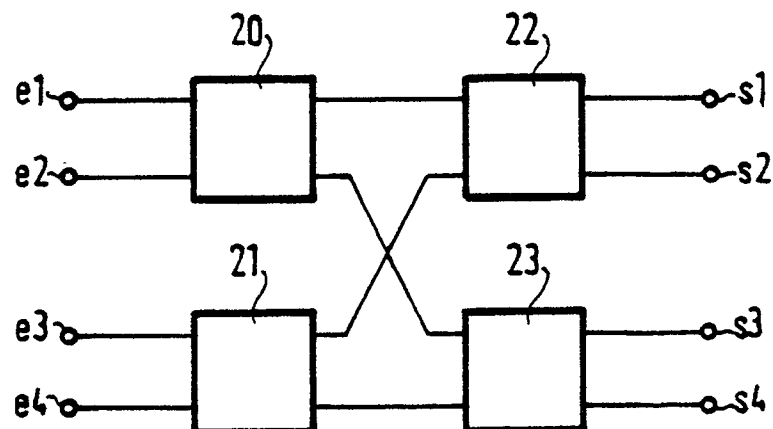


FIG. 4

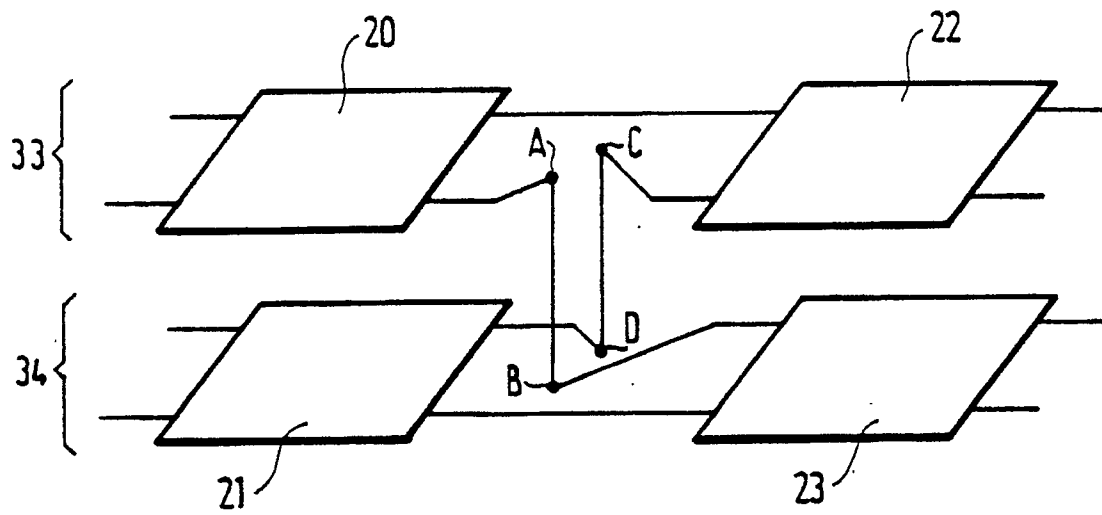


FIG. 5

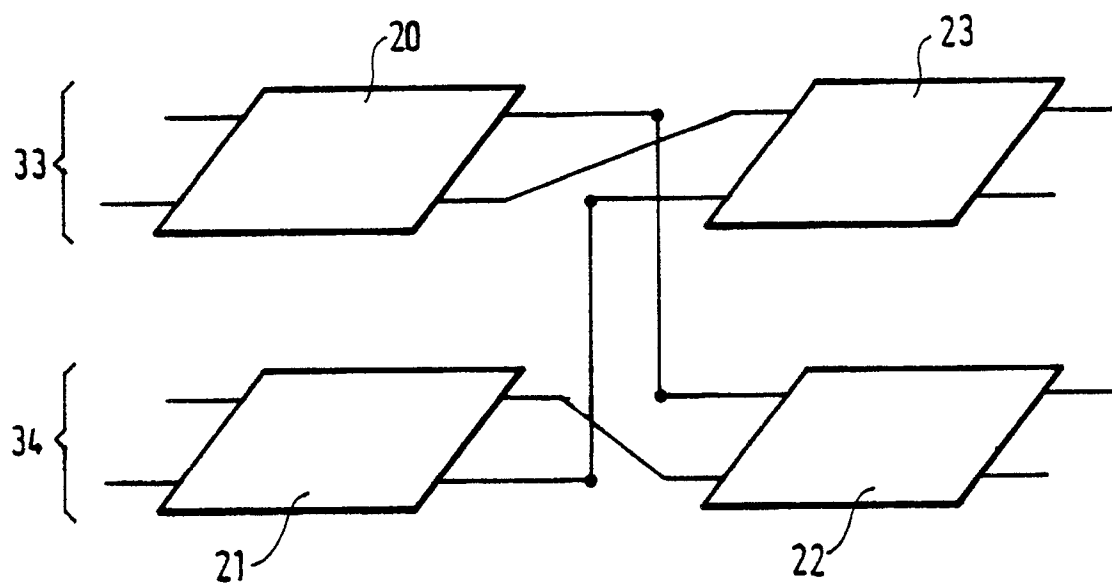


FIG. 6

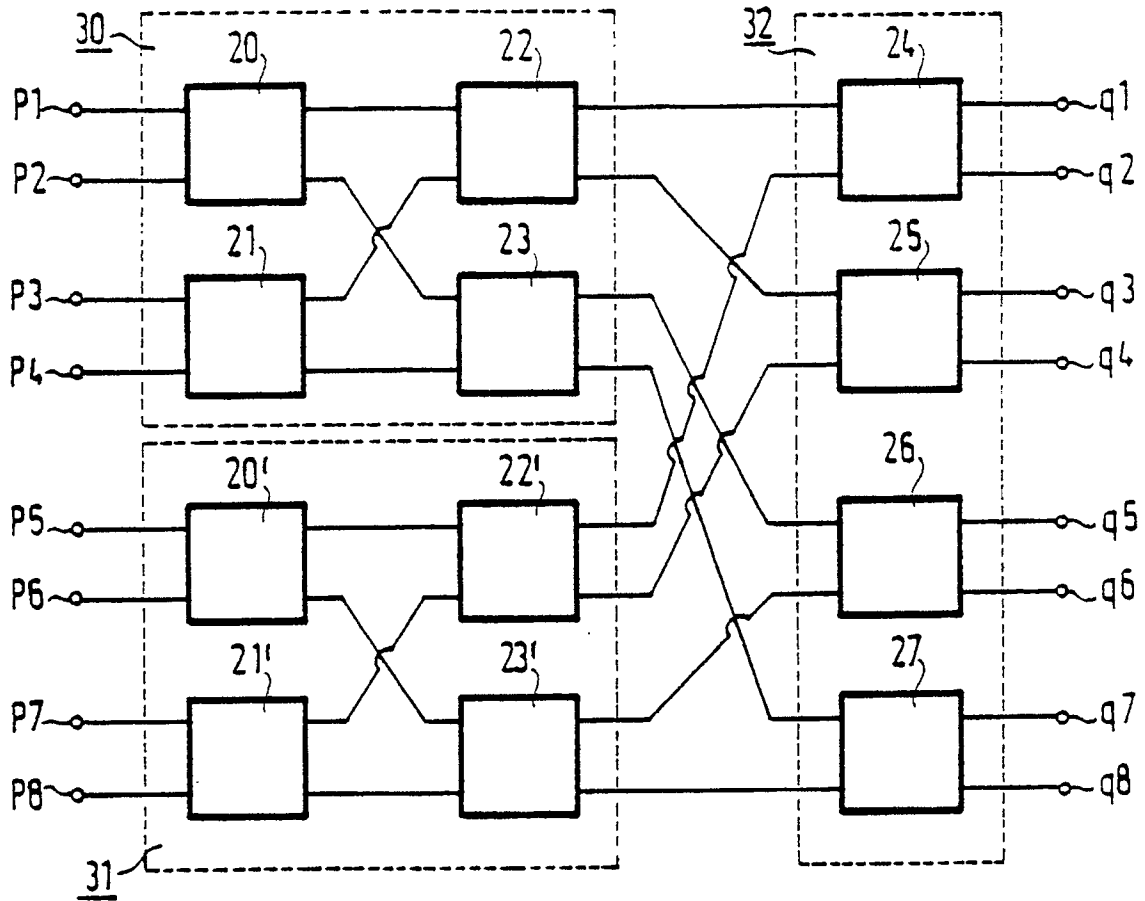


FIG. 8

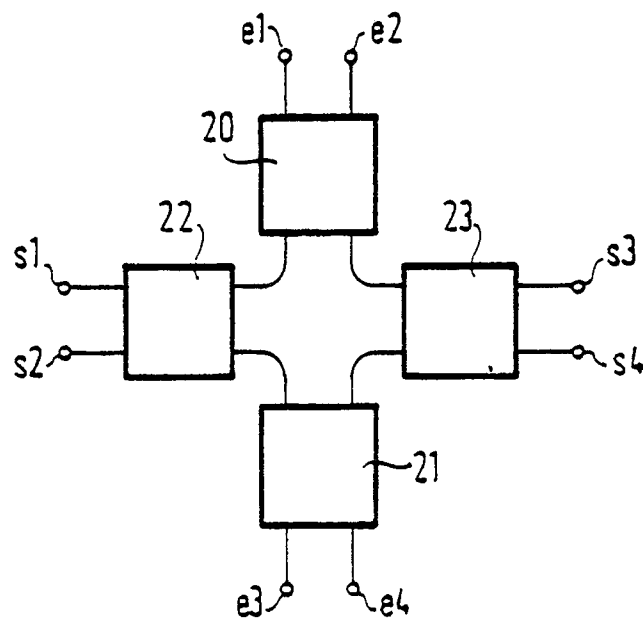
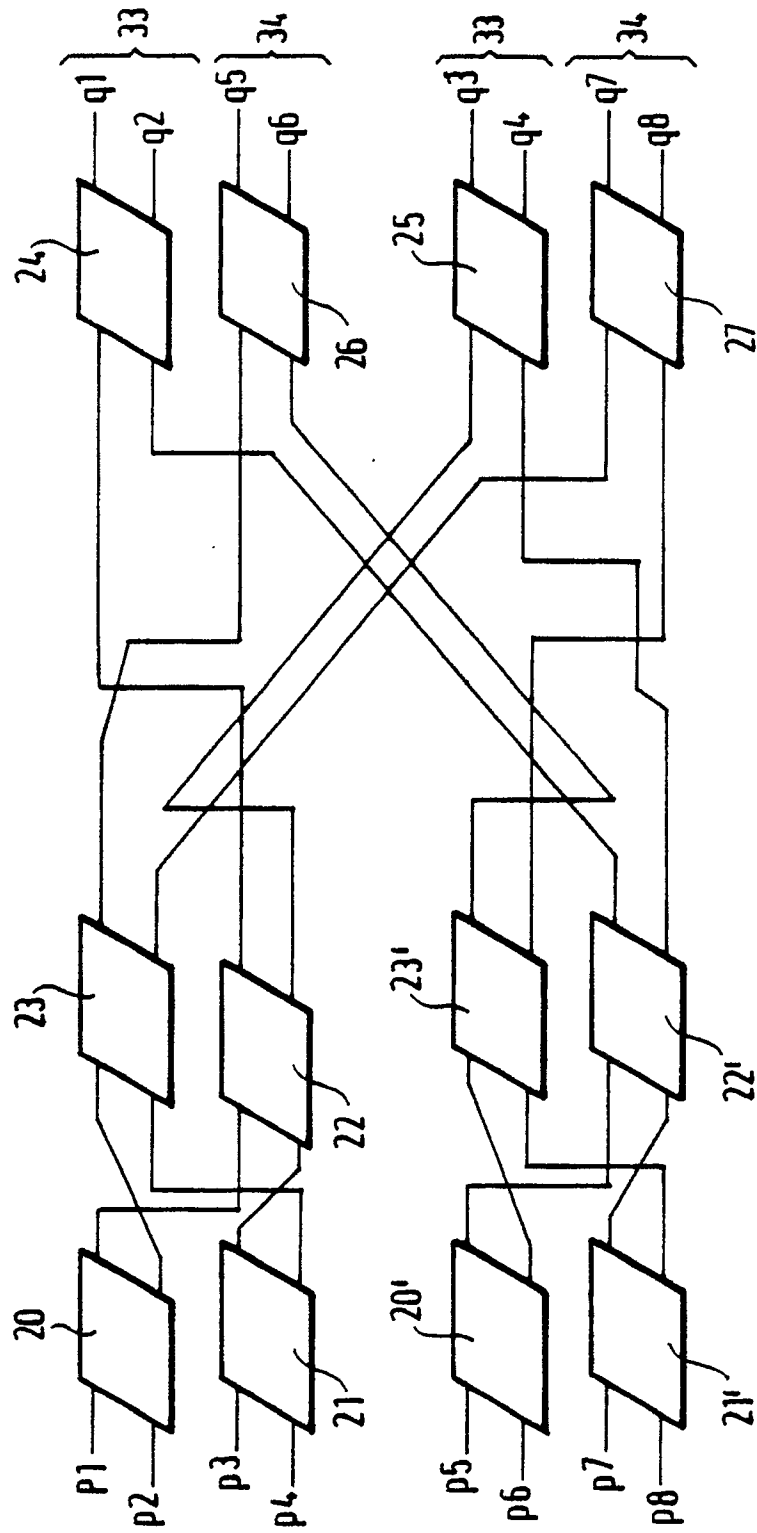


FIG. 7



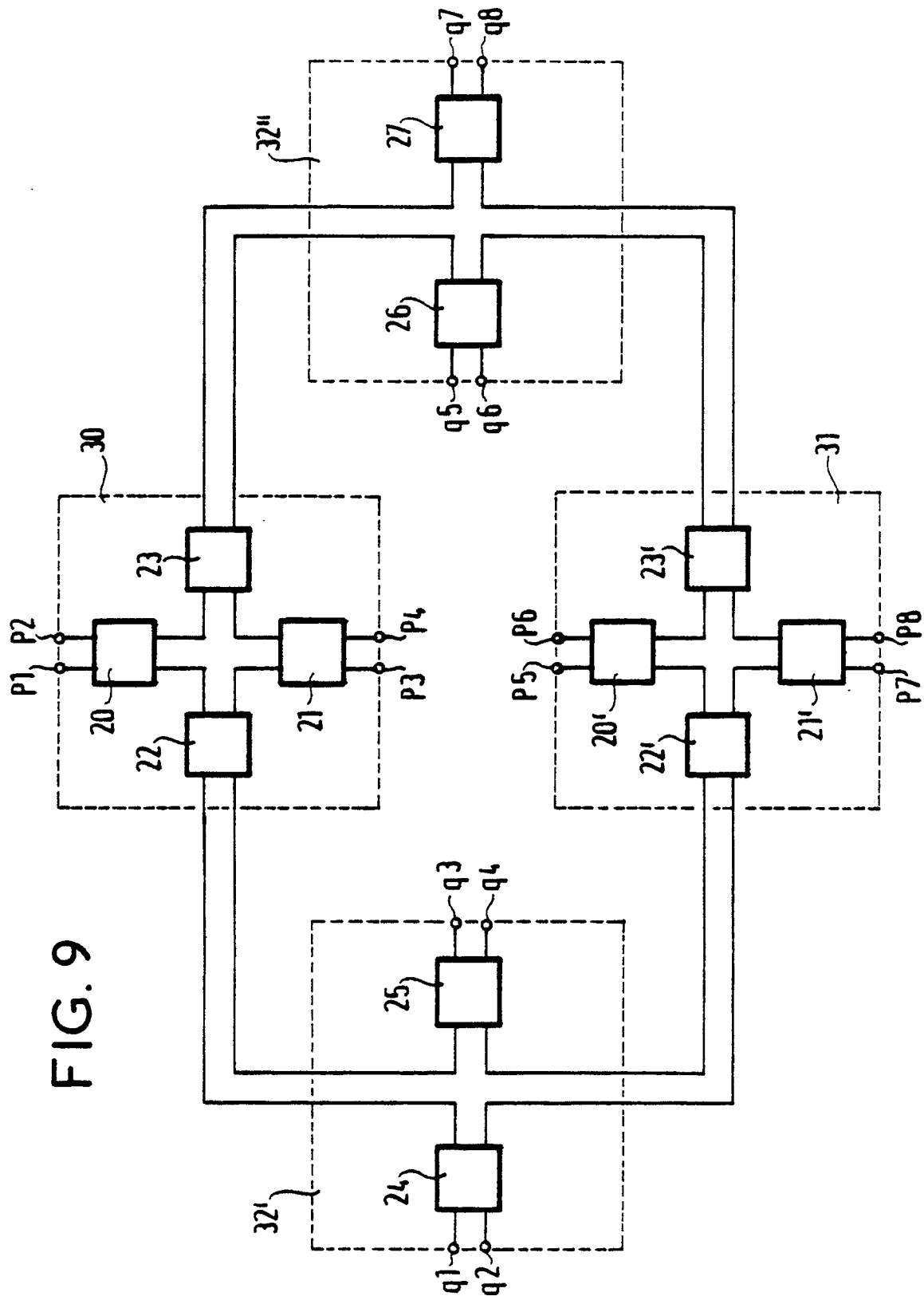
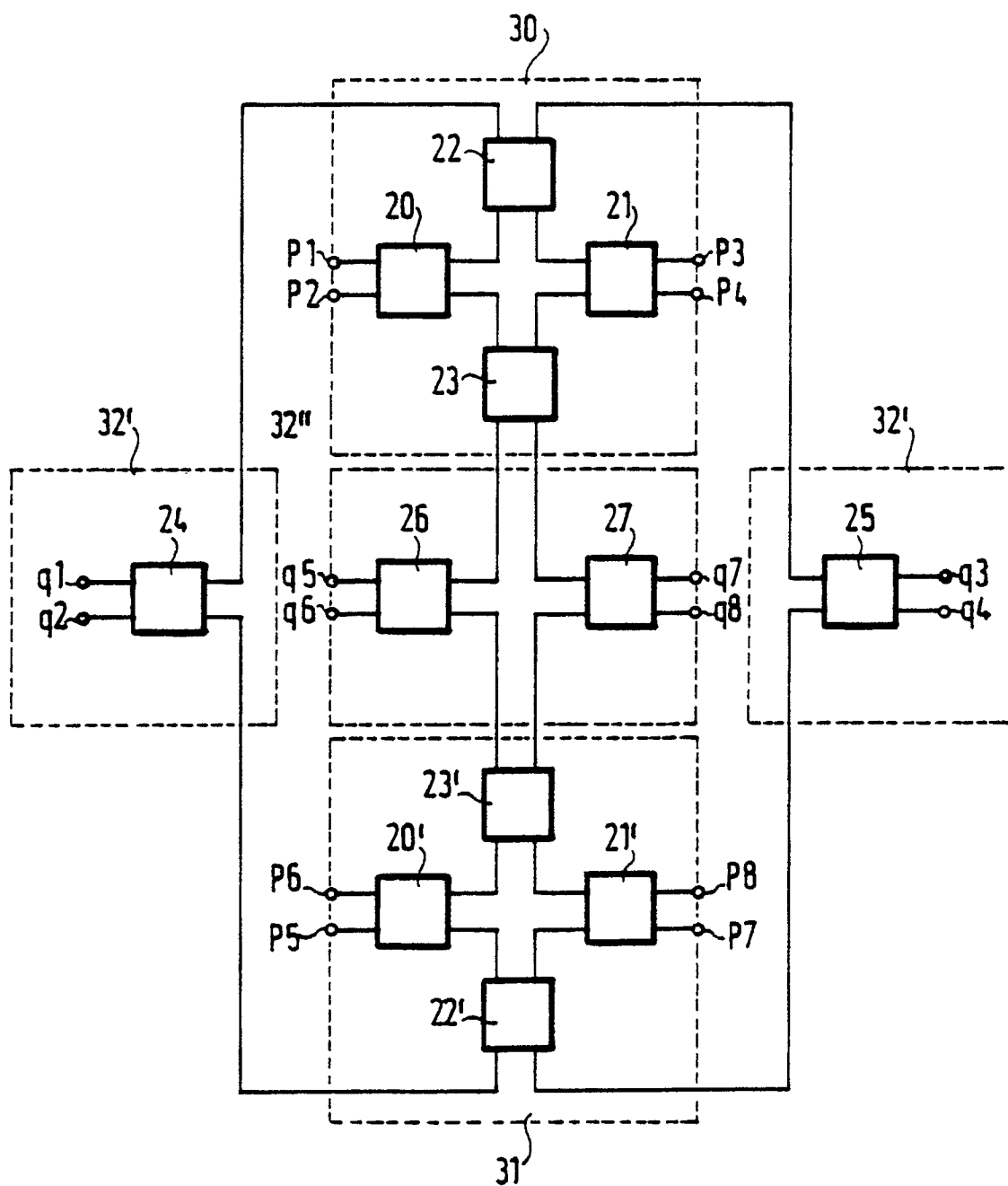


FIG. 10



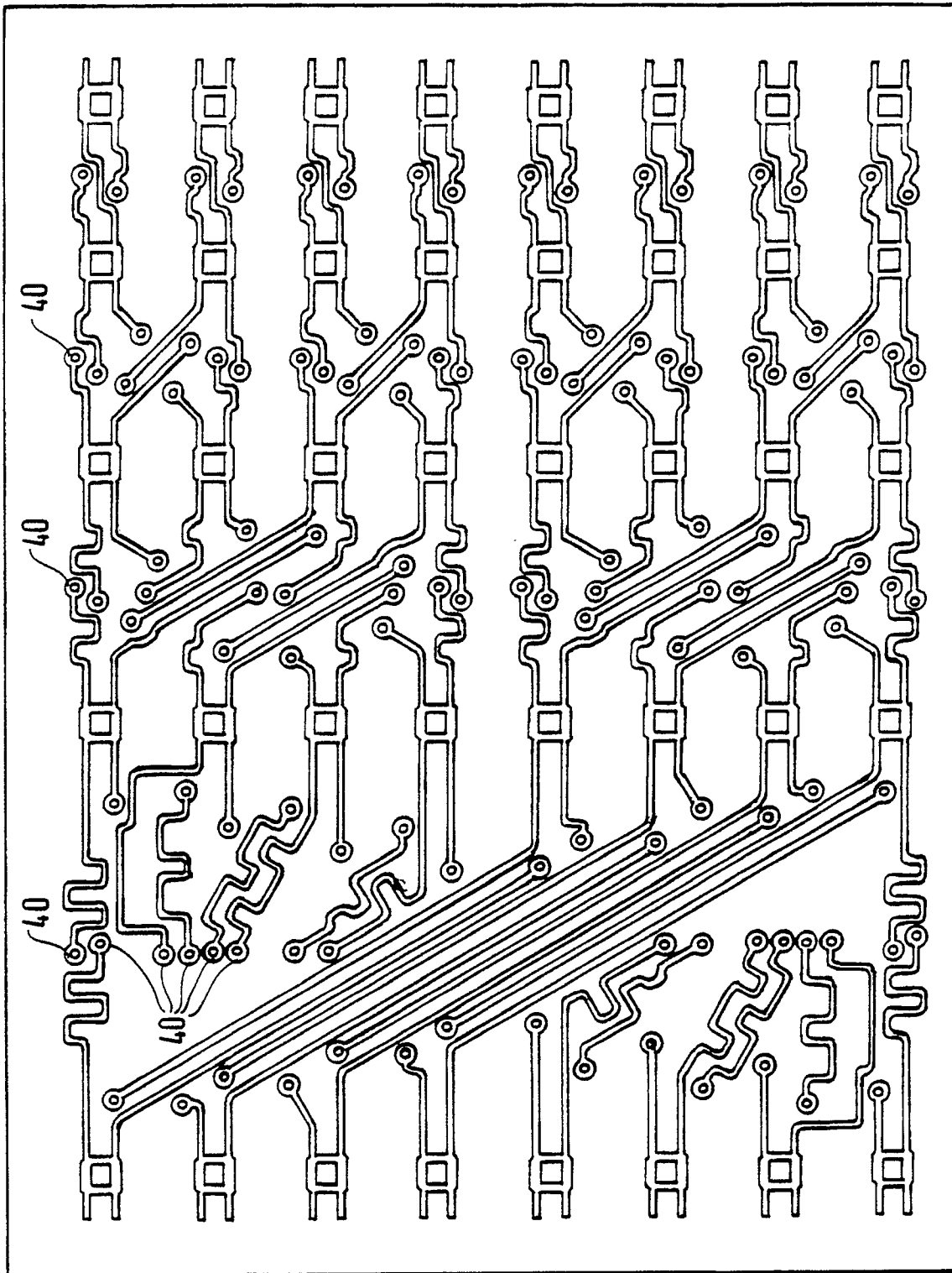


FIG. 11

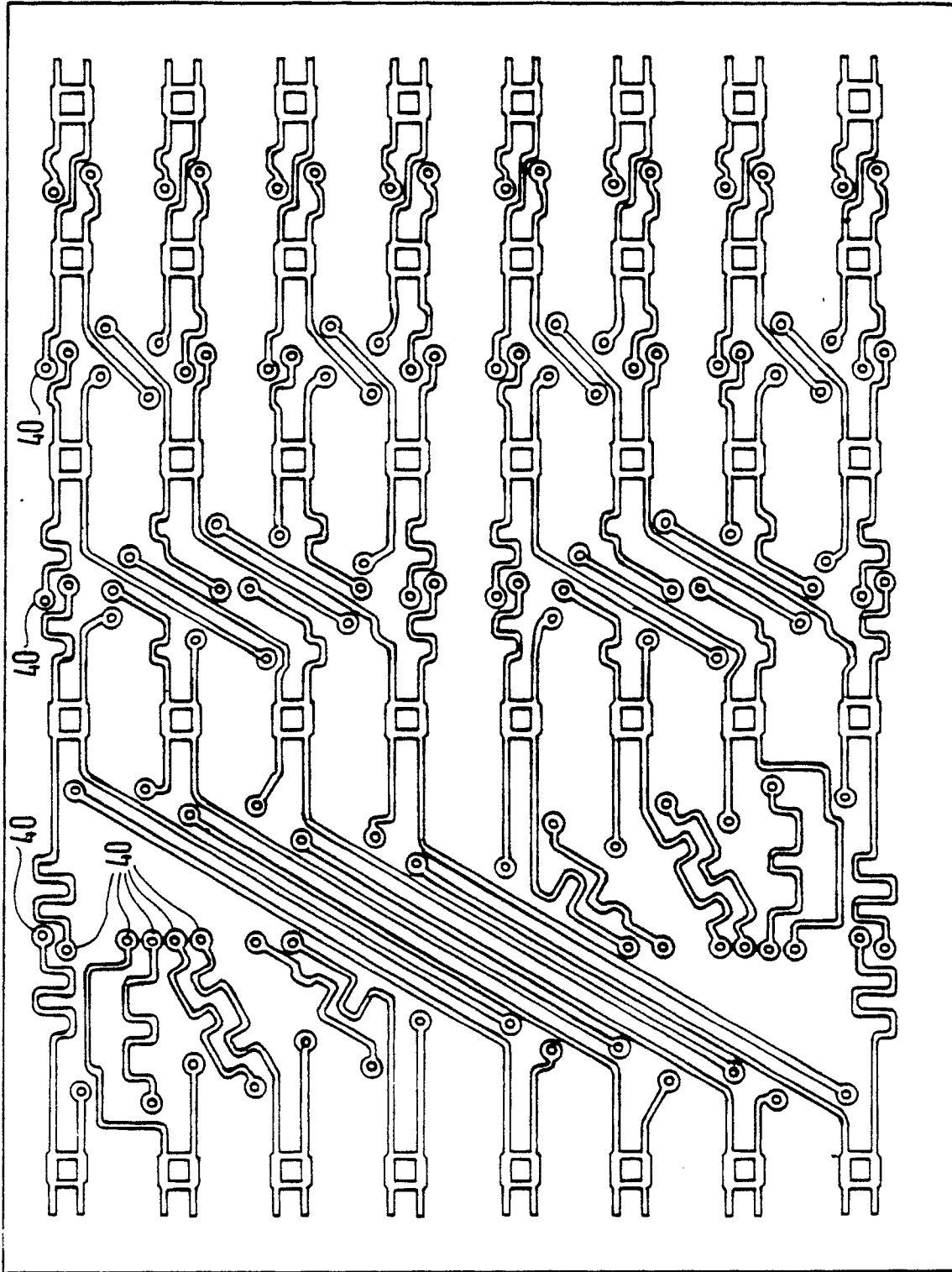


FIG.12



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 90 11 6856

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
X	THE 1986 IEEE-MTT-S INTERNATIONAL MICROWAVE SYMPOSIUM-DIGEST, Baltimore, Maryland, 2-4 juin 1986, pages 143-146, IEEE, New York, US; M.D. ABOUZAHA: "Design and performance of a wideband multilayer feed network" * Page 143, colonne de droite, lignes 1-24; page 144, colonne de gauche, ligne 27 - colonne de droite, ligne 14; figures 1,4 *	1,4	H 01 P 5/16
X	DE-A-3 435 583 (SIEMENS AG) * Page 6, ligne 17 - page 7, ligne 24; page 9, ligne 8 - page 10, ligne 24; figures 1,2 *	1,4	
A	US-A-4 424 500 (VIOLA et al.) * Colonne 1, lignes 13-35 *	1	
A	PROCEEDINGS OF THE 1973 EUROPEAN MICROWAVE CONFERENCE, Bruxelles, 4-7 septembre 1973, article A.14.3, Université de Gand, BE; J.R. WALLINGTON: "Analysis, design and performance of a microstrip butler matrix" * Section 6; figures *	5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			H 01 P H 01 Q
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 06 décembre 90	Examineur DEN OTTER A.M.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X: particulièrement pertinent à lui seul Y: particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D: cité dans la demande L: cité pour d'autres raisons &: membre de la même famille, document correspondant			