

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 660 436 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
10.11.1999 Bulletin 1999/45

(51) Int Cl.⁶: **H01P 5/16**

(21) Numéro de dépôt: **94402904.0**

(22) Date de dépôt: **16.12.1994**

(54) Répartiteur de puissance pour signaux hyperfréquence

Leistungsverteiler für Mikrowellensignale

Power divider for microwave signals

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB IT

(30) Priorité: **20.12.1993 FR 9315299**

(43) Date de publication de la demande:
28.06.1995 Bulletin 1995/26

(73) Titulaire: **ALCATEL**
75008 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **Dusseux, Thierry**
F-31170 Tournefeuille (FR)
• **Brunet, Philippe**
F-31600 Muret (FR)

- **Saury, Jean-Marie**
F-31500 Toulouse (FR)
- **Masmoudi, Mohamed,**
c/o Université Paul Sabatier
F-31000 Toulouse (FR)

(74) Mandataire: **Smith, Bradford Lee et al**
COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL
Dépt. Propriété Industrielle
30, avenue Kléber
75116 Paris (FR)

(56) Documents cités:
DE-A- 2 732 627 **GB-A- 1 559 974**
US-A- 4 231 040 **US-A- 4 323 863**
US-A- 4 514 699

EP 0 660 436 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention porte sur un répartiteur de puissance pour signaux hyperfréquence, comprenant p entrées de signaux et n sorties de signaux (n et p étant quelconques) et un assemblage d'éléments de couplage reliant les p entrées aux n sorties en vue de répartir la puissance des signaux d'entrée sur les n sorties selon une loi d'amplitude quelconque orthogonale.

[0002] Un tel répartiteur est destiné en premier lieu à équiper une antenne multi-sources de concept actif ou passif, pour laquelle on recherche à minimiser les pertes de puissance.

[0003] On connaît déjà plusieurs types de répartiteur de puissance pour signaux hyperfréquence dans la littérature, par exemple dans les documents D1 = DE A 27 32 627 ; D2 = GB A 1 559 974 ; D3 = US A 4 231 040.

[0004] Le premier document, D1 = DE-A-27 32 627 de Siemens, décrit sur la page 7 et la figure 4 un répartiteur de puissance avec n entrées et n sorties, avec des amplitudes qui sont vraisemblablement égales car il utilise des matrices de Butler comme éléments orthogonaux de puissance ayant chacun n/2 entrées et sorties (U1, U2, V1, V2).

[0005] Le deuxième document D2 = GB-A-1 559 974 de Marconi Ltd. montre sur sa figure 2 et décrit sur la page 2, lignes 36 à 51, un dispositif répartiteur avec des éléments orthogonaux de puissance ayant chacun n/2 entrées et sorties (U1, U2, V1, V2).

[0006] Le troisième document, D3 = US-A-231 040 de Walker (Motorola) montre qu'une construction semblable en n x n peut être réalisée avec n impair (voir figure 10). L'exemple de la figure 10 de ce document est pour n = 3.

[0007] La synthèse de l'enseignement de l'art antérieur peut être illustré avec l'aide des figures 1 à 3.

[0008] La figure 1 montre un répartiteur de puissance dont l'assemblage d'éléments de couplage se présente sous la forme d'une matrice de Butler à 8 entrées E1-E8 et 8 sorties S1-S8. Dans la matrice de Butler, les coupleurs élémentaires 1 sont des coupleurs équiampitude 3dB. Cette matrice comporte des éléments de déphasage qui ont une valeur multiple de +/- 45°. La matrice de Butler présente l'inconvénient d'être limitée aux lois d'équiampitude sur un nombre de sorties égal à une puissance de 2.

[0009] La figure 2 montre une matrice de Blass ayant un nombre d'entrées E et de sorties S quelconque (le nombre d'entrées étant égal ou plus petit que le nombre de sorties). Mais cette matrice induit des pertes de puissance du fait que les coupleurs élémentaires 1 de la rangée supérieure de la matrice ont une sortie connectée à une charge adaptée.

[0010] La figure 3 montre une matrice de Blass modifiée pour éviter les pertes de puissance. Cependant une telle matrice de Blass modifiée présente le défaut d'être dissymétrique. En effet, le nombre de coupleurs élémentaires 1 reliant une entrée E à une sortie S varie en

fonction de la position de l'entrée et de la sortie. Il est nécessaire alors de prévoir des longueurs de lignes différentes en fonction des trajets suivis par les signaux d'entrée ce qui complique fortement la réalisation du répartiteur de puissance.

[0011] Le but de l'invention est de remédier aux inconvénients ci-dessus en proposant un répartiteur simple à réaliser et qui est susceptible de répartir la puissance des signaux d'entrée sur les sorties selon une loi d'amplitude quelconque. Si l'on choisit une loi d'amplitude ayant un grand nombre d'amplitudes nulles, le répartiteur se comporte comme une matrice de commutation. Si l'on choisit une loi équiampitude, les avantages de l'invention par rapport à l'art antérieur (Matrice de Butler) ne sont pas procurés.

[0012] A cet effet, l'invention a pour objet un répartiteur de puissance pour signaux hyperfréquence selon la revendication 1.. Des réalisations particulières de l'invention pour des répartiteurs p entrées, n sorties, sont définies dans les revendications 2 à 4. Selon une variante avantageuse, l'invention concerne un répartiteur dont les éléments définissent une construction ayant une forme géométrique qui se répète à l'intérieur de ces éléments par récurrence jusqu'à obtenir des éléments sous la forme de coupleurs élémentaires orthogonaux ou de diviseurs simples à réaliser.

[0013] L'invention est décrite en détail ci-dessous en référence aux dessins.

[0014] La figure 1 montre une matrice de Butler.

[0015] La figure 2 montre une matrice de Blass.

[0016] La figure 3 montre une matrice de Blass modifiée.

[0017] La figure 4 montre un répartiteur à n entrées et n sorties, n pair.

[0018] La figure 5 montre un répartiteur à n entrées et n sorties, n impair.

[0019] La figure 6 illustre la technique de construction du répartiteur de la figure 4 ou 5.

[0020] La figure 7 montre un répartiteur à 3 entrées et 3 sorties.

[0021] La figure 8 montre un répartiteur à 4 entrées et 4 sorties.

[0022] La figure 9 montre la structure générale d'un répartiteur à 8 entrées et 8 sorties.

[0023] La figure 10 montre la structure détaillée d'un répartiteur à 8 entrées et 8 sorties.

[0024] La figure 11 montre un répartiteur à p entrées et n sorties, $p \leq n/2$.

[0025] La figure 12 illustre la technique de construction du répartiteur de la figure 11.

[0026] La figure 13 montre un répartiteur à 3 entrées et 29 sorties dans un premier niveau de construction.

[0027] La figure 14 montre le répartiteur de la figure 13 dans un second niveau de construction.

[0028] La figure 15 montre le répartiteur de la figure 13 dans un troisième niveau de construction.

[0029] La figure 16 montre un répartiteur à p entrées et n sorties, n pair et $n > p > n/2$.

[0030] La figure 17 montre un répartiteur à p entrées et n sorties, n impair et $n > p > n/2$.

[0031] la figure 18 illustre la technique de construction du répartiteur de la figure 16 ou 17.

[0032] Les répartiteurs présentés sur les figures 4-10 constituent des exemples utiles à la compréhension de l'invention.

[0033] Le répartiteur de puissance selon l'invention, dans ces différents modes de réalisation, comprend un ensemble interface de coupleurs ayant une position sensiblement centrale dans le répartiteur par rapport au entrées et aux sorties du répartiteur. Cet ensemble de coupleurs reçoit des signaux d'entrées sur des liaisons brassées et/ou fournit des signaux sur des liaisons brassées. Le brassage des liaisons en entrée et/ou en sortie de l'ensemble interface de coupleurs définit une certaine symétrie de construction du répartiteur par rapport à un axe défini par la direction de propagation des signaux dans le répartiteur. A l'intérieur de cet ensemble interface de coupleurs, les signaux qui y entrent, parcourent un nombre identique de coupleurs à une unité près.

[0034] Sur la figure 4, le répartiteur de puissance a n entrées de signaux et n sorties de signaux, n étant pair.

[0035] Ces n entrées et n sorties sont reliées entre-elles par un assemblage d'éléments de couplage.

[0036] Cet assemblage se compose de $n/2$ coupleurs $C1-Cn/2$ ayant chacun deux entrées et deux sorties orthogonales. Ces coupleurs sont classiques. Il se compose aussi de quatre éléments répartiteur orthogonaux carrés $V1, U1, V2, U2$ qui ont chacun $n/2$ entrées et $n/2$ sorties.

[0037] Sur la figure 4, les entrées $E1-E_{n/2}, E'1-E'_{n/2}$ des éléments répartiteur $V1, V2$ sont les entrées du répartiteur et les sorties $S1-S_{n/2}, S'1-S'_{n/2}$ des éléments répartiteur $U1, U2$ sont les sorties de ce même répartiteur.

[0038] Les sorties $SV1.1-SV1.n/2$ de l'élément répartiteur $V1$ sont connectées respectivement aux premières entrées des $n/2$ coupleurs $C1-Cn/2$.

[0039] Les sorties $SV2.1-SV2.n/2$ de l'élément répartiteur $V2$ sont connectées respectivement aux secondes entrées des $n/2$ coupleurs $C1-Cn/2$.

[0040] Les entrées $EU1.1-EU1.n/2$ de l'élément répartiteur $U1$ sont connectées respectivement aux premières sorties des $n/2$ coupleurs $C1-Cn/2$.

[0041] Enfin, les entrées $EU2.1-EU2.n/2$ de l'élément répartiteur $U2$ sont connectées respectivement aux secondes sorties des $n/2$ coupleurs $C1-Cn/2$.

[0042] Maintenant sur la figure 5, dans le cas où n est impair, la configuration du répartiteur est identique à celle de la figure 4 sauf qu'une sortie $SV2.(n+1)/2$ de l'élément répartiteur $V2$ est directement connectée à l'entrée $EU2.(n+1)/2$ de l'élément répartiteur $U2$. Le nombre de coupleurs est égal à $(n-1)/2$.

[0043] Les répartiteurs des figures 4 et 5 sont carrés. Dans ces répartiteurs, les éléments répartiteur $V1, V2, U1, U2$ connectés aux coupleurs $C1-Cn/2$ ou $C1-C(n-1)/2$ définissent une forme géométrique, c'est à

dire un schéma de câblage. Cette forme géométrique est répétée, par récurrence, à l'intérieur de chaque élément répartiteur comme illustré sur la figure 6 tant que le nombre d'entrées ou de sorties des éléments répartiteur $V1, V2, U1, U2$, au niveau le plus profond de récurrence, est supérieur à 2. Au dernier niveau de récurrence, on obtient des éléments répartiteur à deux entrées et deux sorties c'est-à-dire des coupleurs élémentaires faciles à réaliser. Il faut comprendre que la fabrication du répartiteur passe d'abord par la détermination du schéma de câblage correspondant au niveau le plus profond de récurrence.

[0044] La figure 7 montre un répartiteur de puissance à 3 entrées $E1, E'1-E'2$ et 3 sorties $S1, S'1-S'2$. Dans ce cas, les éléments répartiteur $V1, U1$ ne sont que des déphaseurs.

[0045] La figure 8 montre un répartiteur de puissance à 4 entrées $E1-E2, E'1-E'2$ et à 4 sorties $S1-S2, S'1-S'2$. Dans ce cas, les quatre éléments répartiteur $V1, V2, U1, U2$ sont des coupleurs élémentaires à 2 entrées et 2 sorties simples à réaliser.

[0046] La figure 9 montre un répartiteur de puissance à 8 entrées $E1-E4, E'1-E'4$ et à 8 sorties $S1-S4, S'1-S'4$. Ce répartiteur est composé de 4 éléments répartiteur $V1, V2, U1, U2$ et de 4 coupleurs. Chaque élément répartiteur, par exemple $V1$, se compose lui-même de 4 éléments répartiteur $V1(V1), V2(V1), U1(V1), U2(V1)$ connectés entre eux par deux coupleurs $C1(V1), C2(V1)$ comme visible à la figure 10.

[0047] La méthode de construction des éléments répartiteur décrite ci-dessus est facilement généralisable pour des éléments répartiteur ayant un nombre d'entrées et de sorties supérieur à 8. De façon générale, le nombre de coupleurs $c(n)$ nécessaires à la réalisation d'un répartiteur de puissance ayant n entrées et n sorties, que n soit pair ou impair, est donné par la relation suivante:

$$c(n) = n.(n-1)/2.$$

[0048] Par rapport à un répartiteur agencé selon une matrice de Butler, le répartiteur selon l'invention est adapté pour répartir la puissance de n signaux d'entrée sur n sorties, n quelconque, selon une loi d'amplitude quelconque avec un nombre de coupleurs minimum dans la mesure où chaque coupleur est ajusté à cet effet.

[0049] Sur la figure 11, le répartiteur de puissance comprend p entrées $E1-Ep$ de signaux et n sorties $S1-S_{n/2}$ et $S'1-S'_{n/2}$ de signaux avec $p \leq n/2$ et n pair.

[0050] Il se compose d'abord de p coupleurs $C1-Cp$ ayant chacun deux entrées et deux sorties orthogonales, d'un premier élément répartiteur V et de deux seconds éléments répartiteur $U1, U2$. Chaque coupleur $C1-Cp$ a une de ses deux entrées terminée sur une charge et ne possède donc qu'une seule entrée effective.

[0051] Les p entrées $E1-Ep$ de l'élément répartiteur V correspondent aux entrées du répartiteur. L'élément répartiteur V a aussi p sorties $SV1-SVp$.

[0052] Les éléments répartiteur $U1, U2$ ont chacun p entrées respectivement $EU1.1-EU1.p$ et $EU2.1-EU2.p$. Ils ont chacun $n/2$ sorties respectivement $S1-Sn/2$ et $S'1-S'n/2$. Les sorties $S1-Sn/2$, $S'1-S'n/2$ des deux éléments répartiteur $U1, U2$ correspondent respectivement aux sorties du répartiteur.

[0053] Les sorties $SV1-SVp$ de l'élément répartiteur V sont connectées respectivement aux entrées effectives des p coupleurs $C1-Cp$.

[0054] Les entrées $EU1.1-EU1.p$ de l'élément répartiteur $U1$ sont connectées respectivement aux premières sorties des p coupleurs et les entrées $EU2.1-EU2.p$ de l'élément répartiteur $U2$ sont connectées respectivement aux secondes sorties des p coupleurs.

[0055] Maintenant, dans le cas où n est impair, le répartiteur est identique à celui de la figure 11 sauf que l'élément répartiteur $U1$ a $(n-1)/2$ sorties $S1-S(n-1)/2$ et l'élément répartiteur $U2$ a $(n+1)/2$ sorties $S'1-S'(n+1)/2$ comme représenté en pointillés à la figure 11.

[0056] La forme géométrique du répartiteur de la figure 11 se répète, par récurrence, à l'intérieur des éléments répartiteur $U1, U2$ comme illustré sur la figure 12 tant que les éléments répartiteur $U1, U2$ obtenus, pour un niveau de récurrence donné, ont un nombre d'entrée p et un nombre de sorties n vérifiant la relation $p \leq n/2$. Sur la figure 12, on comprend que $V(U1)$, $U1(U1)$, $U2(U1)$ désignent les éléments répartiteur qui composent, à un premier niveau de récurrence, l'élément répartiteur $U1$ de la figure 11. De même, $V(U2)$, $U1(U2)$, $U2(U2)$ désignent les éléments répartiteur qui composent, à un premier niveau de récurrence, l'élément répartiteur $U2$ de la figure 11.

[0057] La figure 13 permet de mieux comprendre la façon dont est déterminée la structure finale du répartiteur ayant p entrées et n sorties. Cette figure montre un répartiteur de puissance à 3 entrées $E1-E3$ et 29 sorties $S1 - S14$; $S'1 - S'15$ et comprenant trois éléments répartiteur $V, U1, U2$. La figure 14 montre le même répartiteur pour un premier niveau de récurrence. Les éléments répartiteur $U1$ et $U2$ ont été remplacés par des éléments répartiteur $V(U1)$, $U1(U1)$, $U2(U1)$, $V(U2)$, $U1(U2)$, $U2(U2)$. La figure 15 montre le même répartiteur que la figure 14 pour un second niveau de récurrence. Les éléments répartiteur $U1(U1)$, $U2(U1)$, $U2(U2)$ et $U2(U2)$ sont remplacés par des éléments répartiteur $V(U1(U1))...U2(U2(U2))$. La structure finale du répartiteur est telle que les éléments répartiteur $U1(U1(U1))...U2(U2(U2))$ sont remplacés par des éléments répartiteur conformes aux figures 7 (élément répartiteur 3×3) ou 8 (élément répartiteur 3×4). De façon générale, le nombre de coupleurs $c(p, n)$ nécessaires à la réalisation d'un répartiteur de puissance ayant p entrées et n sorties avec $p \leq n/2$, que n soit pair ou impair, est donné par la relation suivante:

$$c(p, n) = np - p(p+1)/2.$$

[0058] Dans le cas $p=3$ et $n=29$, $c(3, 29)$ est égal à 81.

[0059] Là encore, un tel répartiteur est adapté à une loi d'amplitude quelconque pour un nombre minimum de coupleurs.

[0060] Maintenant, la figure 16 montre un répartiteur à p entrées et n sorties avec $n > p > n/2$ et n pair.

[0061] Il se compose de $n/2$ coupleurs élémentaires $C1-Cn/2$ connectés à quatre éléments répartiteur $V1, V2, U1, U2$. Les éléments répartiteur $V1$ et $U1$ ont chacun $n/2$ entrées et $n/2$ sorties. L'élément répartiteur $U2$ a $n/2$ entrées et $n/2$ sorties. L'élément répartiteur $V2$ a r entrées et $n/2$ sorties où r est donné par la relation

$$r = p - n/2.$$

[0062] On comprend que la distribution des entrées entre les éléments $V1$ et $V2$ s'établit à partir de la construction d'une matrice carrée ayant n entrées et n sorties, la segmentation des entrées de la matrice en deux, attribution de $n/2$ entrées à l'élément répartiteur $V1$, élimination des entrées superflues parmi les $n/2$ entrées restantes attribuées à l'élément répartiteur $V2$.

[0063] Sur la figure 16, les entrées $E1-En/2$ et les entrées $E'1-E'r$ des éléments répartiteur $V1$ et $V2$ sont les entrées du répartiteur. Les sorties $S1-Sn/2$ et les sorties $S'1-S'n/2$ des éléments répartiteur $U1$ et $U2$ sont les sorties du répartiteur.

[0064] Les sorties des éléments répartiteur $V1, V2$ et les entrées des éléments répartiteur $U1, U2$ sont connectées aux entrées et aux sorties des coupleurs $C1-Cn/2$ comme décrit plus haut pour la figure 4.

[0065] Dans le cas d'un répartiteur, montré figure 17, à p entrées et n sorties avec $n > p > n/2$ et n impair, on retrouve $(n-1)/2$ coupleurs et quatre éléments répartiteur $V1, U1, V2, U2$.

[0066] Les éléments répartiteur $V1$ et $U1$ ont chacun $(n-1)/2$ entrées et $(n-1)/2$ sorties. L'élément répartiteur $U2$ a $(n+1)/2$ entrées et $(n+1)/2$ sorties. L'élément répartiteur $V2$ a r entrées et $(n+1)/2$ sorties avec r donné par la relation

$$r = p - (n-1)/2.$$

[0067] Les $(n-1)/2$ entrées $E1-E(n-1)/2$ de l'élément répartiteur $V1$ et r entrées $E'1-E'r$ de l'élément répartiteur $V2$ sont les entrées du répartiteur. Les $(n-1)/2$ sorties $S1-S(n-1)/2$ de l'élément répartiteur $U1$ et les $(n+1)/2$ sorties $S'1-S'(n+1)/2$ de l'élément répartiteur $U2$ sont les sorties du répartiteur.

[0068] Les sorties des éléments répartiteur $V1, V2$ et les entrées des éléments répartiteur $U1, U2$ sont connectées aux entrées et aux sorties des coupleurs $C1-C(n-1)/2$ comme décrit plus haut pour la figure 5.

[0069] Maintenant, les éléments répartiteur V1,U1,V2,U2 des figures 16 et 17 se composent eux-mêmes d'éléments répartiteur par répétition d'une forme géométrique comme décrit ci-dessous.

[0070] Chaque élément répartiteur V1,U1 se compose d'éléments répartiteur V1,U1,V2,U2 comme décrit ci-dessus en référence à la figure 4 dans le cas d'un répartiteur à n entrées et n sorties avec n pair. L'élément répartiteur U2 se compose d'éléments répartiteur V1,U1,V2,U2 comme décrit ci-dessus en référence à la figure 5 dans le cas d'un répartiteur à n entrées et n sorties avec n impair.

[0071] Pour ce qui est de l'élément répartiteur V2 de la figure 16 ou de la figure 17, deux cas sont à distinguer. Si pour un niveau de récurrence, le nombre d'entrées p' et de sortie n' de l'élément répartiteur V2 vérifient la relation $p' > n'/2$, alors la forme géométrique de la construction, définie par les éléments répartiteur V1,U1,V2,U2 connectés aux coupleurs telle qu'elle apparaît à la figure 16 ou à la figure 17 selon que p' est pair ou impair, est répétée à l'intérieur de l'élément répartiteur V2. Dans le cas contraire (cas où $p' \leq n'/2$), l'élément de répartition V2 est identique au répartiteur montré à la figure 11.

[0072] La figure 18 détaille les niveaux de récurrence pour la construction d'un répartiteur ayant 45 entrées et 54 sorties. Au départ, le répartiteur se compose de 4 éléments répartiteur V1 (27 sorties, 27 entrées), U1 (27 sorties, 27 entrées), V2 (27 sorties, 18 entrées) et U2 (27 sorties, 27 entrées). L'élément répartiteur V2 se compose lui-même de quatre éléments répartiteur U1 (13,13), U2 (14,14), V1 (13,13) et V2 (14,5) et ainsi de suite. Il est entendu que les éléments répartiteur V1,U1,U2 se composent de coupleurs comme ceux montrés aux figures 4 et 5.

[0073] La structure du répartiteur se simplifie facilement dans les cas suivants.

[0074] Si $n-p=1$, p étant le nombre d'entrées et n le nombre de sorties du répartiteur, il suffit d'éliminer n'importe quelle entrée du répartiteur conçu comme décrit pour la figure 4 ou 5, c'est-à-dire de la terminer sur une charge. Dans ce cas, le nombre de coupleurs élémentaires constituant le répartiteur est donné par la relation:

$$c(n-1,n)=c(n,n).$$

[0075] Maintenant si $n-p=2$, il suffit d'éliminer deux entrées du répartiteur conçu comme décrit pour les figures 4 ou 5. Cela permet de supprimer un coupleur élémentaire et le nombre de coupleurs élémentaires constituant le répartiteur est donné par la relation:

$$c(n-2,n)=c(n,n)-c(2,2)=c(n,n)-1.$$

[0076] Les coupleurs doivent bien entendu être ajustés en fonction de la loi d'amplitude choisie.

[0077] Il faut prévoir aussi des déphaseurs à chaque

connexion ou liaison entre deux coupleurs élémentaires. Ces déphaseurs pourront être fixes ou variables. Pour un répartiteur à n entrées et n sorties, il y a $n(n+1)/2$ déphaseurs à prévoir. Pour un répartiteur à p entrées et n sorties, il y a $np-p(p-1)/2$ déphaseurs à prévoir.

[0078] Les coupleurs présentant des valeurs de couplage proches de un ou de zéro sont remplacés par deux liaisons directes croisées ou non ou par une liaison directe et une charge ce qui simplifie encore plus la structure du répartiteur de puissance. Il est entendu que le nombre de coupleurs supprimés est d'autant plus grand que l'on accepte une erreur importante sur l'approximation de la loi d'amplitude du répartiteur. Une fois la simplification réalisée, les valeurs de couplage et de déphasage pourront être facilement réajustées en fonction de l'utilisation du répartiteur. Par conséquent, pour une précision donnée de la loi de répartition, il est possible d'augmenter le nombre de coupleurs à éliminer ce qui permet d'éliminer davantage de coupleurs difficiles à fabriquer.

[0079] Lorsqu'un coupleur possède une seule entrée effectivement utilisée (l'autre étant terminée sur une charge), ce coupleur peut être remplacé par un diviseur de puissance ce qui simplifie la réalisation du répartiteur.

Revendications

1. Un répartiteur de puissance pour signaux hyperfréquence, comprenant p entrées (E) de signaux et n sorties (S) de signaux où $2 \leq p \leq n/2$ et n pair supérieur ou égal à 4, et un assemblage d'éléments de couplage reliant les p entrées aux n sorties en vue de répartir la puissance des signaux d'entrée sur les n sorties selon une loi d'amplitude, caractérisé en ce que l'assemblage d'éléments de couplage est constitué par p coupleurs élémentaires (C1-Cp) ayant chacun une entrée et deux sorties, un premier (V) élément répartiteur orthogonal de puissance ayant p entrées et p sorties, un second (U1) et un troisième (U2) éléments répartiteur orthogonal de puissance ayant chacun p entrées et n/2 sorties, les entrées (E1-Ep) du premier (V) élément répartiteur correspondant respectivement aux entrées du répartiteur, les sorties (S1-Sn/2; S'1-S'n/2) du second et troisième éléments répartiteur correspondant respectivement aux sorties du répartiteur, les sorties (SV1-SVp) du premier (V) élément répartiteur étant connectées respectivement aux entrées des coupleurs (C1-Cp), les entrées (EU1.1-EU1.p) du second (U1) élément répartiteur étant connectées respectivement aux premières sorties des coupleurs (C1-Cp) et les entrées (EU2.1-EU2.p) du troisième (U2) élément répartiteur étant connectées respectivement aux secondes sorties des coupleurs (C1-Cp).

2. Un répartiteur de puissance pour signaux hyperfréquence, comprenant p entrées (E) de signaux et n sorties (S) de signaux où $2 \leq p \leq (n-1)/2$ et n impair supérieur ou égal à 5, et un assemblage d'éléments de couplage reliant les p entrées aux n sorties en vue de répartir la puissance des signaux d'entrée sur les n sorties selon une loi d'amplitude, caractérisé en ce que l'assemblage d'éléments de couplage est constitué par p coupleurs (C1-Cp) ayant chacun une entrée et deux sorties orthogonales, un premier (V) élément répartiteur orthogonal de puissance ayant p entrées et p sorties, un second (U1) et un troisième (U2) éléments répartiteur orthogonal de puissance, le second (U1) élément répartiteur ayant p entrées et $(n-1)/2$ sorties, le troisième (U2) élément répartiteur ayant p entrées et $(n+1)/2$ sorties, les entrées (E1-Ep) du premier (V) élément répartiteur correspondant respectivement aux entrées du répartiteur, les sorties (S1-S $(n-1)/2$; S'1-S' $(n+1)/2$) du second (U1) et troisième (U2) éléments répartiteur correspondant respectivement aux sorties du répartiteur, les sorties (SV1-SVp) du premier (V) élément répartiteur étant connectées respectivement aux entrées des coupleurs (C1-Cp), les entrées (EU1.1-EU1.p) du second (U1) élément répartiteur étant connectées respectivement aux premières sorties des coupleurs (C1-Cp) et les entrées (EU2.1-EU2.p) du troisième (U2) élément répartiteur étant connectées respectivement aux secondes sorties des coupleurs (C1-Cp).
3. Un répartiteur de puissance pour signaux hyperfréquence, comprenant p entrées (E) de signaux et n sorties (S) de signaux avec $n > p > n/2$ et n pair supérieur ou égal à 4, et un assemblage d'éléments de couplage reliant les p entrées aux n sorties en vue de répartir la puissance des signaux d'entrée sur les n sorties selon une loi d'amplitude, caractérisé en ce que l'assemblage d'éléments de couplage est constitué par n/2 coupleurs élémentaires (C1-Cn/2) ayant chacun deux entrées et deux sorties, un second (U1) et un quatrième (U2) éléments répartiteur orthogonal de puissance ayant chacun n/2 entrées et n/2 sorties, un premier (V1) et un troisième (V2) éléments répartiteur orthogonal de puissance ayant respectivement r1, r2 entrées ($r1+r2=p$) et n/2 sorties, les entrées (E1-Er1; E'1-E'r2) du premier (V1) et troisième (V2) éléments répartiteur correspondant respectivement aux entrées du répartiteur, les sorties (S1-Sn/2; S'1-S'n/2) du second (U1) et quatrième (U2) éléments répartiteur correspondant respectivement aux sorties du répartiteur, les sorties (SV1.1-SV1.n/2) du premier (V1) élément répartiteur étant connectées respectivement aux premières entrées des coupleurs (C1-Cn/2) et les sorties (SV2.1-SV2.n/2) du troisième (V2) élément répartiteur étant connectées respectivement aux secondes entrées des coupleurs (C1-Cn/2), les entrées (EU1.1-EU1.(n-1)/2) du second (U1) élément répartiteur étant connectées respectivement aux premières sorties des coupleurs (C1-C(n-1)/2) et les entrées (EU2.1-EU2.(n-1)/2) du quatrième (U2) élément répartiteur étant connectées respectivement aux secondes sorties des coupleurs (C1-C(n-1)/2), la sortie (SV2.(n+1)/2) non connectée à un coupleur du troisième (V2) élément répartiteur étant connectée directement à l'entrée (EU2.(n+1)/2) non connectée à un coupleur du quatrième (U2) élément répartiteur.
4. Un répartiteur de puissance pour signaux hyperfréquence, comprenant p entrées (E) de signaux et n sorties (S) de signaux avec $n > p > (n-1)/2$ et n impair supérieur ou égal à 3, et un assemblage d'éléments de couplage reliant les p entrées aux n sorties en vue de répartir la puissance des signaux d'entrée sur les n sorties selon une loi d'amplitude, caractérisé en ce que l'assemblage d'éléments de couplage est constitué par $(n-1)/2$ coupleurs élémentaires (C1-C $(n-1)/2$) ayant chacun deux entrées et deux sorties, un premier (V1) et un second (U1) éléments répartiteur orthogonal de puissance ayant respectivement r1, $(n-1)/2$ entrées (avec $r1 \leq (n-1)/2$) et $(n-1)/2$ sorties, un troisième (V2) et un quatrième (U2) éléments répartiteur orthogonal de puissance, le troisième (V2) élément répartiteur ayant r2 entrées (avec $r1+r2=p$) et $(n+1)/2$ sorties, le quatrième (U2) élément répartiteur (U2) ayant $(n+1)/2$ entrées et $(n+1)/2$ sorties, les entrées (E1-Er1/2; E'1-E'r2) du premier (V1) et troisième (V2) éléments répartiteur correspondant respectivement aux entrées du répartiteur, les sorties (S1-S $(n-1)/2$; S'1-S' $(n+1)/2$) du second (U1) et quatrième (U2) éléments répartiteur correspondant respectivement aux sorties du répartiteur, les sorties (SV1.1-SV1. $(n-1)/2$) du premier (V1) élément répartiteur étant connectées respectivement aux premières entrées des coupleurs (C1-Cn/2) et les sorties (SV2.1-SV2. $(n-1)/2$) sauf une (SV2. $(n+1)/2$) du troisième (V2) élément répartiteur étant connectées respectivement aux secondes entrées des coupleurs (C1-Cn/2), les entrées (EU1.1-EU1. $(n-1)/2$) du second (U1) élément répartiteur étant connectées respectivement aux premières sorties des coupleurs (C1-C $(n-1)/2$) et les entrées (EU2.1-EU2. $(n-1)/2$) sauf une (EU2. $(n+1)/2$) du quatrième (U2) élément répartiteur étant connectées respectivement aux secondes sorties des coupleurs (C1-C $(n-1)/2$), la sortie (SV2. $(n+1)/2$) non connectée à un coupleur du troisième (V2) élément répartiteur étant connectée directement à l'entrée (EU2. $(n+1)/2$) non connectée à un coupleur du quatrième (U2) élément répartiteur.
5. Le répartiteur selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel chaque élément répartiteur est remplacé par l'un des répartiteurs selon les revendications 1 à 4.
6. Le répartiteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel certains coupleurs sont remplacés par des diviseurs ou des li-

gnes parallèles ou des lignes croisées.

Claims

1. Power distributor for microwave signals having p signal inputs (E) and n signal outputs (S) where $2 \leq p \leq n/2$ and n is even and greater than or equal to 4, and a set of coupling elements connecting said p inputs to said n outputs to distribute the power of the input signals to said n outputs according to an amplitude law, characterized in that said set of coupling elements comprises p coupling elements (C1-Cp) each having an input and two outputs, a first (V) orthogonal power distributor element having p inputs and p outputs, second (U1) and third (U2) orthogonal power distributor elements each having p inputs and $n/2$ outputs, the inputs (E1-Ep) of said first (V) distributor element corresponding to respective inputs of said distributor, the outputs (S1-Sn/2; S'1-S'n/2) of said second and third distributor elements corresponding to respective outputs of said distributor, the outputs (SV1-SVp) of said first (V) distributor element being connected to respective inputs of said couplers (C1-Cp), the inputs (EU1.1-EU1.p) of said second (U1) distributor element being connected to respective first outputs of said couplers (C1-Cp), and the inputs (EU2.1-EU2.p) of said third (U2) distributor element being connected to respective second outputs of said couplers (C1-Cp).
2. Power distributor for microwave signals having p signal inputs (E) and n signal outputs (S) where $2 \leq p \leq (n-1)/2$ and where n is odd and greater than or equal to 5, and a set of coupling elements connecting said p inputs to said n outputs to distribute the power of the input signals to said n outputs in accordance with an amplitude law, characterized in that said set of coupling elements comprises p couplers (C1-Cp) each having an input and two orthogonal outputs, a first (V) orthogonal power distributor element having p inputs and p outputs, second (U1) and third (U2) orthogonal power distributor elements, said second (U1) distributor element having p inputs and $(n-1)/2$ outputs, said third (U2) distributor element having p inputs and $(n+1)/2$ outputs, the inputs (E1-Ep) of said first (V) distributor element corresponding to respective inputs of said distributor, the outputs (S1-S(n-1)/2; S'1-S'(n+1)/2) of said second (U1) and third (U2) distributor elements corresponding to respective outputs of said distributor, the outputs (SV1-SVp) of said first (V) distributor element being connected to respective inputs of said couplers (C1-Cp), the inputs (EU1.1-EU1.p) of said second (U1) distributor element being connected to respective first outputs of said couplers (C1-Cp), and the inputs (EU2.1-EU2.p) of said third

(U2) distributor element being connected to respective second outputs of said couplers (C1-Cp).

3. Power distributor for microwave signals having p signal inputs (E) and n signal outputs (S) where $n > p > n/2$ and where n is even and greater than or equal to 4, and a set of coupling elements connecting said p inputs to said n outputs to distribute the power of the input signals to said n outputs in accordance with an amplitude law, characterized in that said set of coupling elements comprises $n/2$ coupler elements (C1-Cn/2) each having two inputs and two outputs, a second (U1) and a fourth (U2) orthogonal power distributor element each having $n/2$ inputs and $n/2$ outputs, a first (V1) and a third (V2) orthogonal power distributor element respectively having r_1, r_2 inputs where $r_1+r_2 = p$ and $n/2$ outputs, the inputs (E1-Er1; E'1-E'r2) of said first (V1) and third (V2) distributor elements corresponding to respective inputs of said distributor, the outputs (S1-Sn/2; S'1-S'n/2) of said second (U1) and fourth (U2) distributor elements corresponding to respective outputs of said distributor, the outputs (SV1.1-SV1.n/2) of said first (V1) distributor element being connected to respective first inputs of said couplers (C1-Cn/2) and the outputs (SV2.1-SV2.n/2) of said third (V2) distributor element being connected to respective second inputs of said couplers (C1-Cn/2), the inputs (EU1.1-EU1.n/2) of said third (U1) distributor element being connected to respective first outputs of said couplers (C1-Cn/2) and the inputs (EU2.1-EU2.n/2) of said fourth distributor element (U2) being connected to respective second outputs of said couplers (C1-Cn/2).
4. Power distributor for microwave signals having p signal inputs (E) and n signal outputs (S) where $n > p > (n-1)/2$ and where n is odd and greater than or equal to 3, and a set of coupling elements connecting said p inputs to said n outputs to distribute the power of the input signals to said n outputs in accordance with an amplitude law, characterized in that said set of coupling elements comprises $(n-1)/2$ coupler elements (C1-C(n-1)/2) each having two inputs and two outputs, a first (V1) and a second (U1) orthogonal power distributor element having $r_1, (n-1)/2$ inputs (where $r_1 \leq (n-1)/2$) and $(n-1)/2$ outputs, respectively, a third (V2) and a fourth (U2) orthogonal power distributor element, said third (V2) distributor element having r_2 inputs (where $r_1+r_2 = p$) and $(n+1)/2$ outputs, said fourth (U2) distributor element (U2) having $(n+1)/2$ inputs and $(n+1)/2$ outputs, the inputs (E1-Er1/2; E'1-E'r2) of said first (V1) and third (V2) distributor elements corresponding to respective inputs of said distributor, the outputs (S1-S(n-1)/2; S'1-S'(n+1)/2) of said second (U1) and fourth (U2) distributor elements corresponding

to respective outputs of said distributor, the outputs (SV1.1-SV1.(n-1)/2) of said first (V1) distributor element being connected to respective first inputs of said couplers (C1-Cn/2) and the outputs (SV2.1-SV2.(n-1)/2) of said third (V2) distributor element, with the exception of one output (SV2.(n+1)/2), being connected to respective second inputs of said couplers (C1-Cn/2), the inputs (EU1.1-EU1.(n-1)/2) of said second (U1) distributor element being connected to respective first outputs of said couplers (C1-C(n-1)/2) and the inputs (EU2.1-EU2.(n-1)/2) of said fourth (U2) distributor element, with the exception of one input (EU2.(n+1)/2), being connected to respective second outputs of said couplers (C1-C(n-1)/2), said output (SV2.(n+1)/2) of said third (V2) distributor element not connected to a coupler being connected direct to said input (EU2.(n+1)/2) of said fourth (U2) distributor element not connected to a coupler.

5. Distributor according to any one of the preceding claims wherein each distributor element is replaced by one of the distributors according to Claims 1 to 4.
6. Distributor according to any one of the preceding claims wherein some couplers are replaced by dividers or parallel lines or crossed lines.

Patentansprüche

1. Leistungsverteiler für Mikrowellensignale mit p Eingängen (E) für Signale und n Ausgängen (S) für Signale, wobei $2 \leq p \leq n/2$ ist und n eine gerade Zahl und größer als oder gleich 4 ist, und einer Anordnung von Kopplungselementen, die die p Eingänge mit den n Ausgängen verbinden, um die Leistung der Eingangssignale nach einer Amplitudenregel auf die n Ausgänge zu verteilen, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung von Kopplungselementen aus p Elementarkopplern (C1-Cp), die jeweils einen Eingang und zwei Ausgänge haben, einem ersten orthogonalen Leistungsverteiler (V) mit p Eingängen und p Ausgängen, einem zweiten (U1) und einem dritten (U2) orthogonalen Leistungsverteiler mit jeweils p Eingängen und n/2 Ausgängen gebildet ist, wobei die Eingänge (E1-Ep) des ersten Verteilerelements (V) jeweils den Eingängen des Verteilers und die Ausgänge (S1-Sn/2; S'1-S'n/2) des zweiten und dritten Verteilerelements jeweils den Ausgängen des Verteilers entsprechen, wobei die Ausgänge (SV1-SVp) des ersten Verteilerelements (V) jeweils an die Eingänge der Koppler (C1-Cp) angeschlossen sind, die Eingänge (EU1.1-EU1.p) des zweiten Verteilerelements (U1) jeweils an die ersten Ausgänge der Koppler (C1-Cp) angeschlossen sind und die Eingänge (EU2.1-EU2.p) des drit-

ten Verteilerelements (U2) jeweils an die zweiten Ausgänge der Koppler (C1-Cp) angeschlossen sind.

2. Leistungsverteiler für Mikrowellensignale mit p Eingängen (E) für Signale und n Ausgängen (S) für Signale, wobei $2 \leq p \leq (n-1)/2$ ist und n eine ungerade Zahl und größer als oder gleich 5 ist, und einer Anordnung von Kopplungselementen, die die p Eingänge mit den n Ausgängen verbinden, um die Leistung der Eingangssignale nach einer Amplitudenregel auf die n Ausgänge zu verteilen, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung von Kopplungselementen aus p Elementarkopplern (C1-Cp), die jeweils einen Eingang und zwei orthogonale Ausgänge haben, einem ersten orthogonalen Leistungsverteiler (V) mit p Eingängen und p Ausgängen, einem zweiten (U1) und einem dritten (U2) orthogonalen Leistungsverteiler gebildet ist, wobei das zweite Verteilerelement (U1) p Eingänge und (n-1)/2 Ausgänge hat und das dritte Verteilerelement (U2) p Eingänge und (n+1)/2 Ausgänge hat, wobei die Eingänge (E1-Ep) des ersten Verteilerelements (V) jeweils den Eingängen des Verteilers und die Ausgänge (S1-S(n-1)/2; S'1-S'(n+1)/2) des zweiten (U1) und dritten (U2) Verteilerelements jeweils den Ausgängen des Verteilers entsprechen, wobei die Ausgänge (SV1-SVp) des ersten Verteilerelements (V) jeweils an die Eingänge der Koppler (C1-Cp) angeschlossen sind, die Eingänge (EU1.1-EU1.p) des zweiten Verteilerelements (U1) jeweils an die ersten Ausgänge der Koppler (C1-Cp) angeschlossen sind und die Eingänge (EU2.1-EU2.p) des dritten Verteilerelements (U2) jeweils an die zweiten Ausgänge der Koppler (C1-Cp) angeschlossen sind.
3. Leistungsverteiler für Mikrowellensignale mit p Eingängen (E) für Signale und n Ausgängen (S) für Signale, wobei $n > p > n/2$ ist und n eine gerade Zahl und größer als oder gleich 4 ist, und einer Anordnung von Kopplungselementen, die die p Eingänge mit den n Ausgängen verbinden, um die Leistung der Eingangssignale nach einer Amplitudenregel auf die n Ausgänge zu verteilen, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung von Kopplungselementen aus n/2 Elementarkopplern (C1-Cn/2), die jeweils zwei Eingänge und zwei Ausgänge haben, einem zweiten (U1) und einem vierten (U2) orthogonalen Leistungsverteiler mit jeweils n/2 Eingängen und n/2 Ausgängen, einem ersten (V1) und einem dritten (V2) orthogonalen Leistungsverteiler mit jeweils r1, r2 Eingängen ($r1+r2=p$) und n/2 Ausgängen gebildet ist, wobei die Eingänge (E1-Er1; E'1-E'r2) des ersten (V1) und des dritten (V2) Verteilerelements jeweils den Eingängen des Verteilers und die Ausgänge

(S1-S_n/2; S'1-S'_n/2) des zweiten (U1) und des vierten (U2) Verteilerelements jeweils den Ausgängen des Verteilers entsprechen, wobei die Ausgänge (SV1.1-SV1._n/2) des ersten Verteilerelements (V1) jeweils an die ersten Eingänge der Koppler (C1-C_n/2) und die Ausgänge (SV2.1-SV2._n/2) des dritten Verteilerelements (V2) jeweils an die zweiten Eingänge der Koppler (C1-C_n/2) angeschlossen sind, die Eingänge (EU1.1-EU1._n/2) des dritten Verteilerelements (U1) jeweils an die ersten Ausgänge der Koppler (C1-C_n/2) angeschlossen sind und die Eingänge (EU2.1-EU2._n/2) des vierten Verteilerelements (U2) jeweils an die zweiten Ausgänge der Koppler (C1-C_n/2) angeschlossen sind.

4. Leistungsverteiler für Mikrowellensignale mit p Eingängen (E) für Signale und n Ausgängen (S) für Signale, wobei $n > p > (n-1)/2$ ist und n eine ungerade Zahl und größer als oder gleich 3 ist, und einer Anordnung von Kopplungselementen, die die p Eingänge mit den n Ausgängen verbinden, um die Leistung der Eingangssignale nach einer Amplitudenregel auf die n Ausgänge zu verteilen, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung von Kopplungselementen aus $(n-1)/2$ Elementarkopplern (C1-C_{(n-1)/2}), die jeweils zwei Eingänge und zwei Ausgänge haben, einem ersten (V1) und einem zweiten (U1) orthogonalen Leistungsverteiler-element mit jeweils r₁, $(n-1)/2$ Eingängen (wobei $r_1 \leq (n-1)/2$) und $(n-1)/2$ Ausgängen, einem dritten (V2) und einem vierten (U2) orthogonalen Leistungsverteiler-element gebildet ist, wobei das dritte Verteilerelement (V2) r₂ Eingänge (mit $r_1 + r_2 = p$) und $(n+1)/2$ Ausgänge hat und das vierte Verteilerelement (U2) $(n+1)/2$ Eingänge und $(n+1)/2$ Ausgänge hat, wobei die Eingänge (E1-E_{r1/2}; E'1-E'r₂) des ersten (V1) und des dritten (V2) Verteilerelements jeweils den Eingängen des Verteilers und die Ausgänge (S1-S_{(n-1)/2}; S'1-S'_{(n+1)/2}) des zweiten (U1) und des vierten (U2) Verteilerelements jeweils den Ausgängen des Verteilers entsprechen, wobei die Ausgänge (SV1.1-SV1._{(n-1)/2}) des ersten Verteilerelements (V1) jeweils an die ersten Eingänge der Koppler (C1-C_n/2) angeschlossen sind und die Ausgänge (SV2.1-SV2._{(n-1)/2}) des dritten Verteilerelements (V2) mit einer Ausnahme (SV2._{(n+1)/2}) jeweils an die zweiten Eingänge der Koppler (C1-C_n/2) angeschlossen sind, die Eingänge (EU1.1-EU1._{(n-1)/2}) des zweiten Verteilerelements (U1) jeweils an die ersten Ausgänge der Koppler (C1-C_{(n-1)/2}) angeschlossen sind und die Eingänge (EU2.1-EU2._{(n-1)/2}) des vierten Verteilerelements (U2) mit einer Ausnahme (EU2._{(n+1)/2}) jeweils an die zweiten Ausgänge der Koppler (C1-C_{(n-1)/2}) angeschlossen sind und der nicht an einen Koppler angeschlossene Ausgang (SV2._{(n+1)/2}) des dritten Verteilerelements (V2) direkt an den nicht an einen Koppler angeschlossenen Eingang

(EU2._{(n+1)/2}) des vierten Verteilerelements (U2) angeschlossen ist.

5. Verteiler nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, bei dem jedes Verteilerelement durch einen der Verteiler nach den Ansprüchen 1 bis 4 ersetzt ist.
6. Verteiler nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, bei dem bestimmte Koppler durch Teiler oder parallele Leitungen oder gekreuzte Leitungen ersetzt sind.

FIG.1

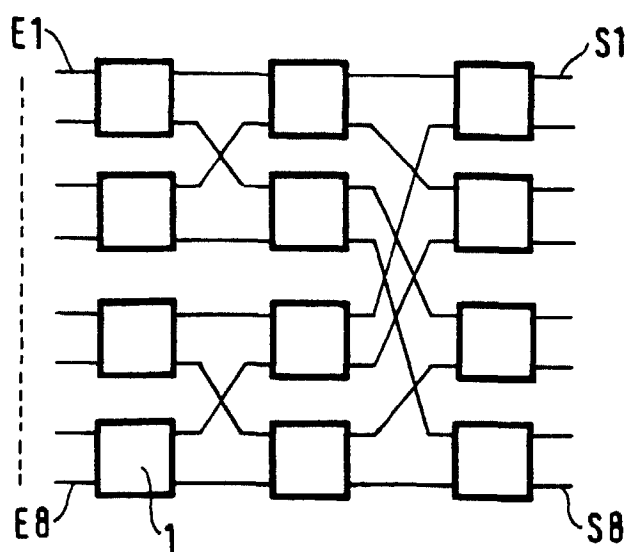


FIG.2

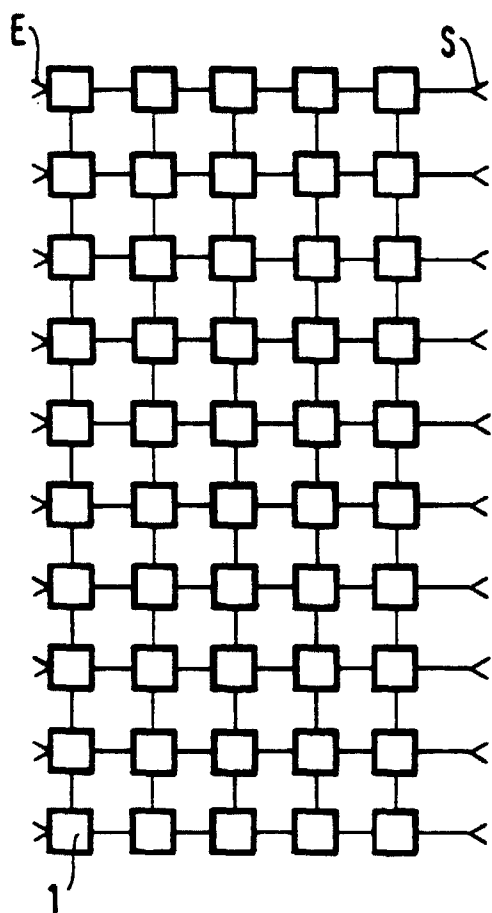


FIG.3

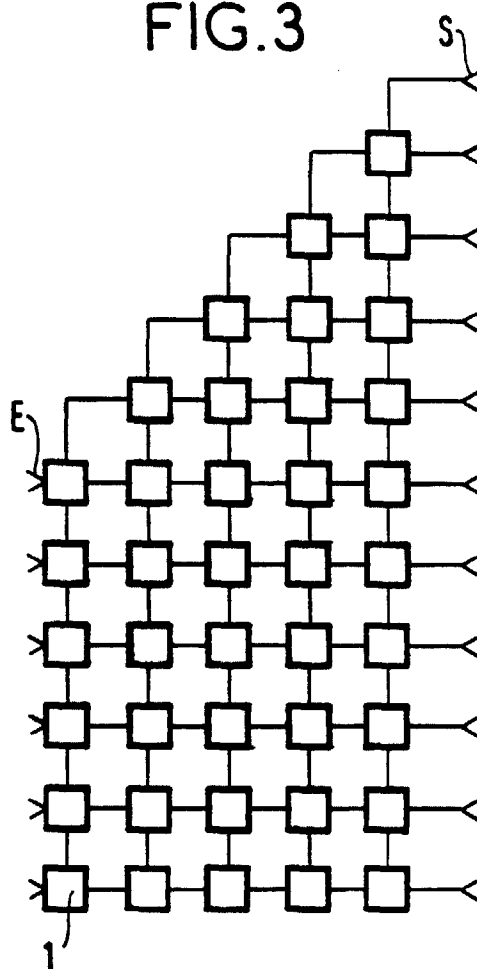


FIG.4

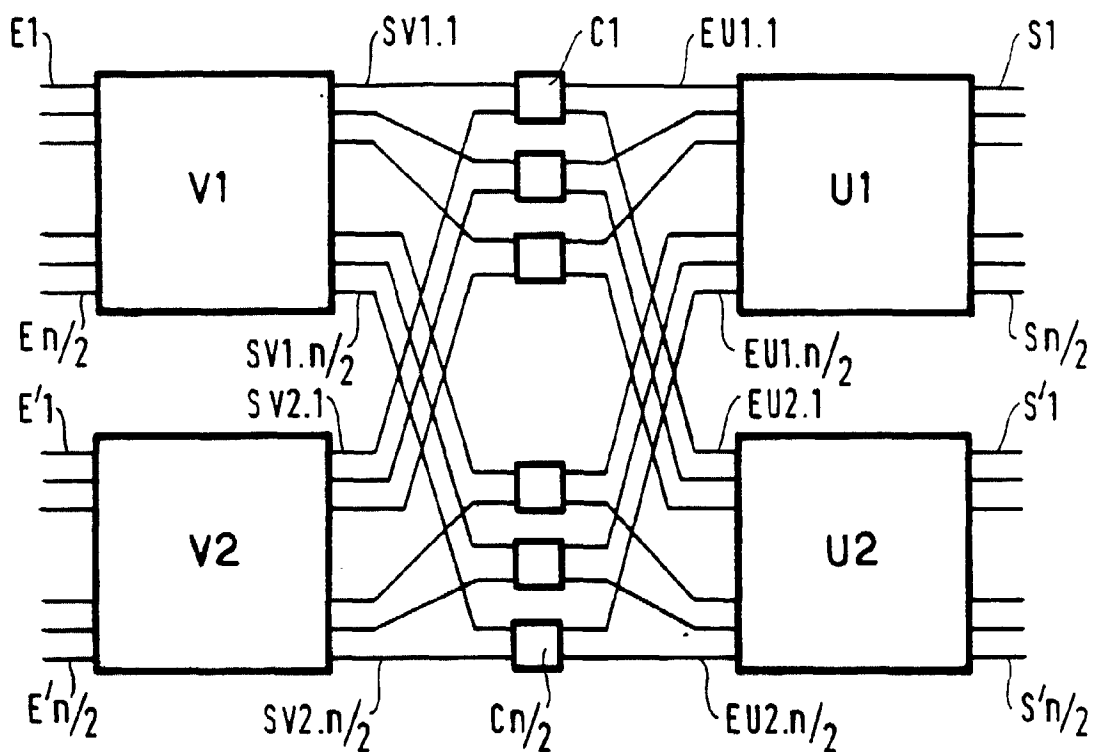


FIG.5

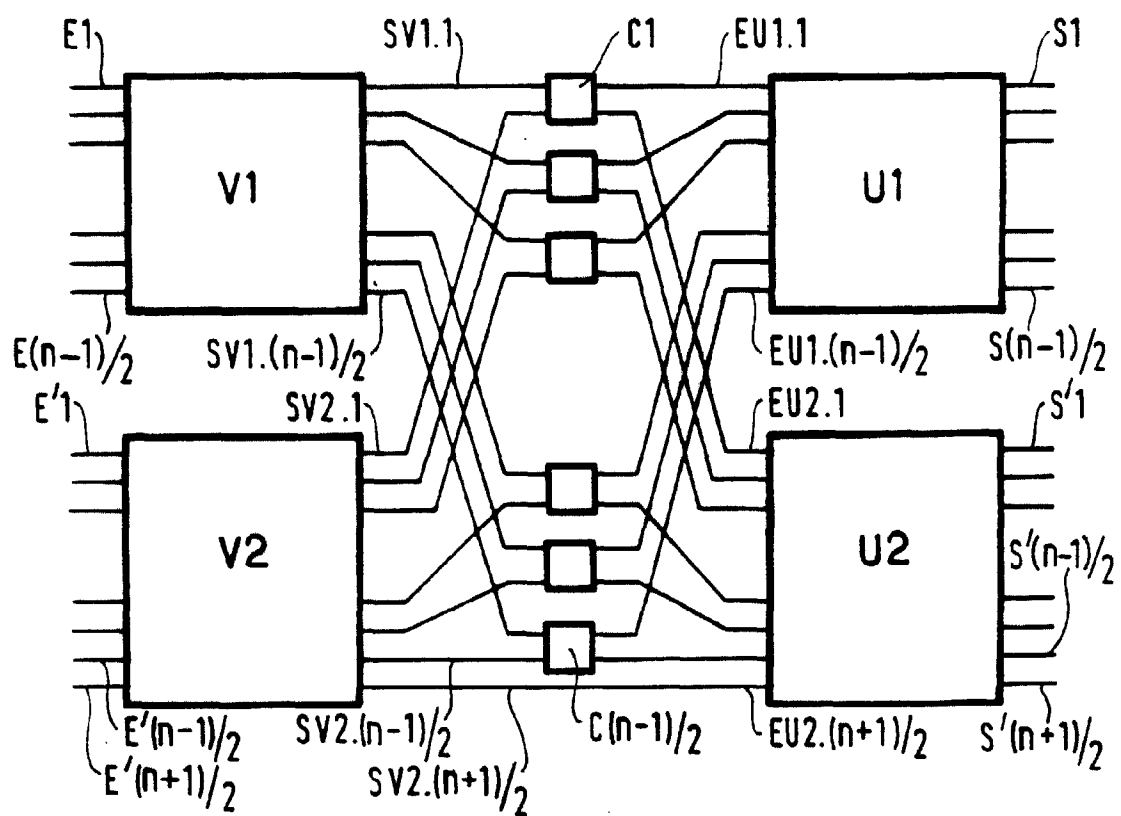


FIG.6

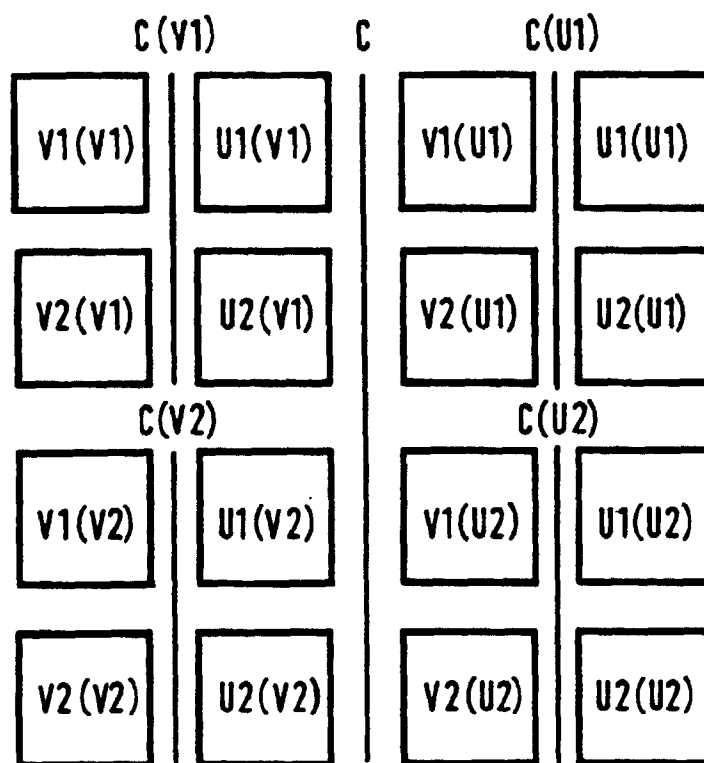


FIG.7

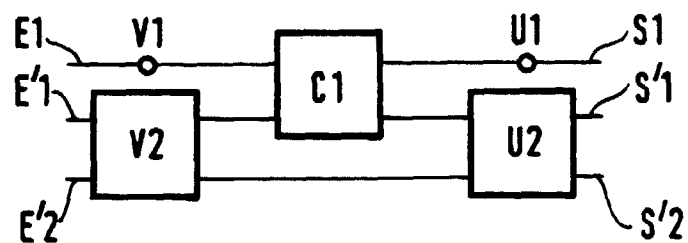
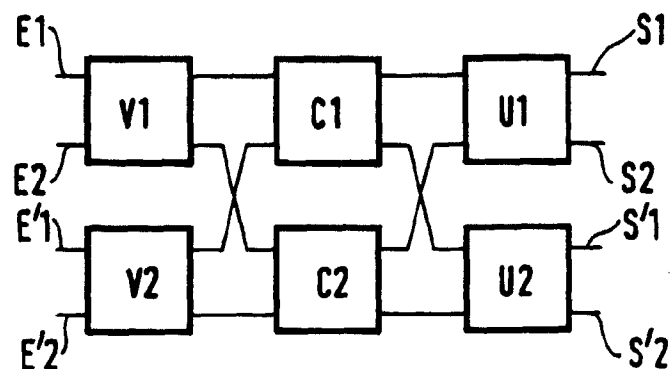


FIG.8



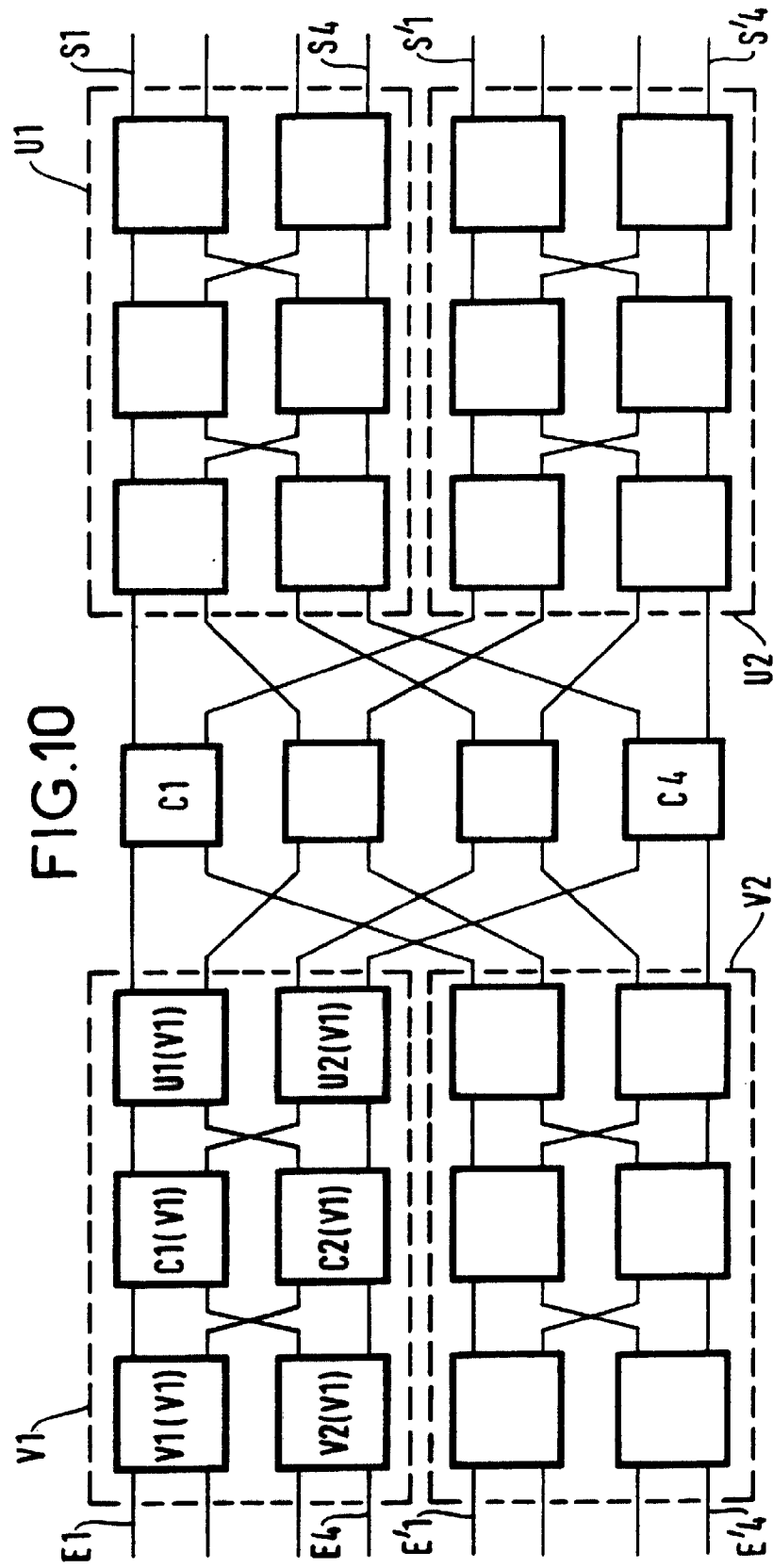
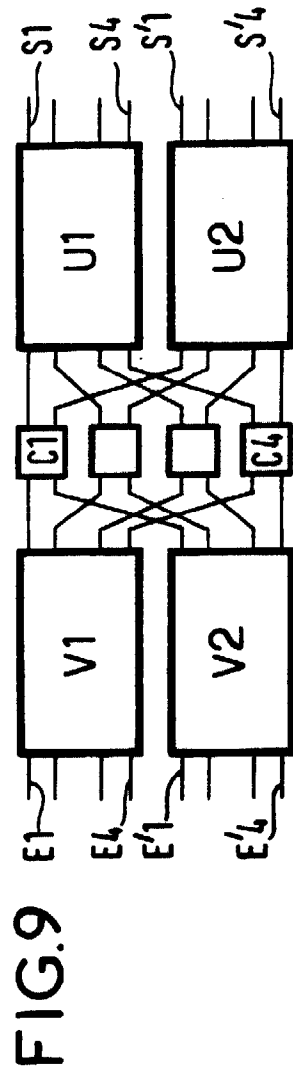


FIG.12

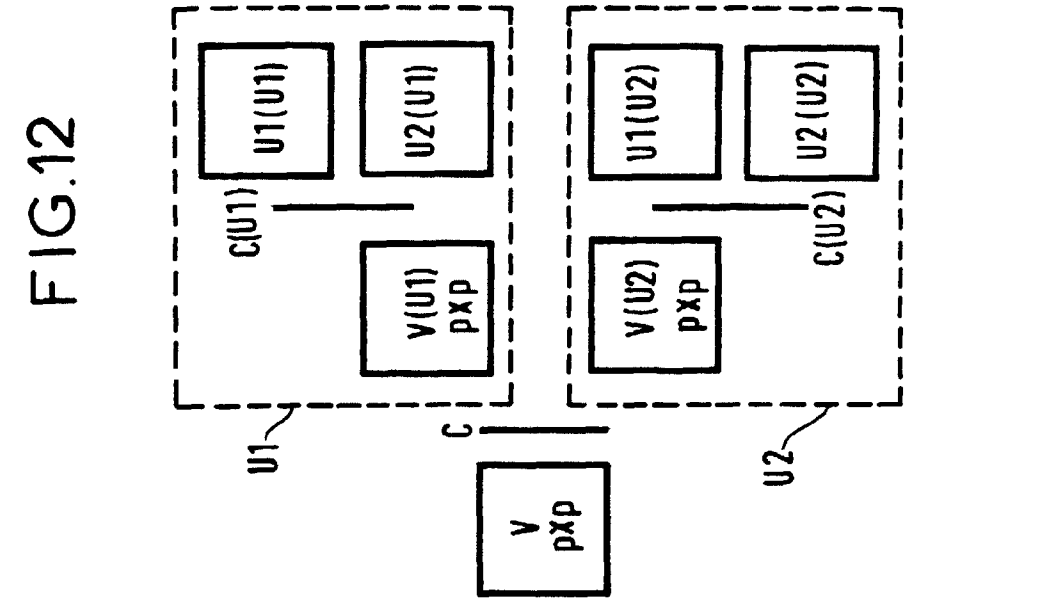


FIG.11

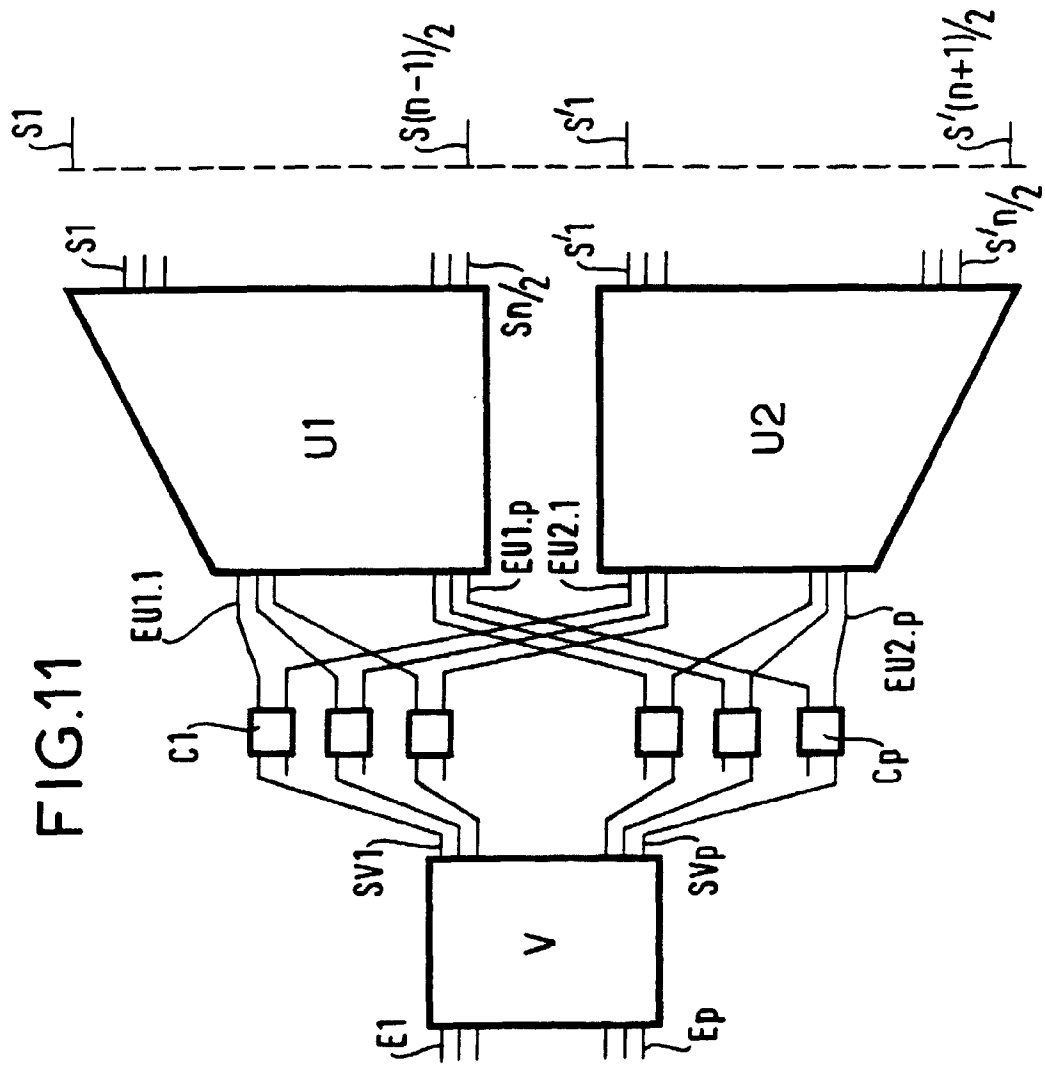


FIG.13

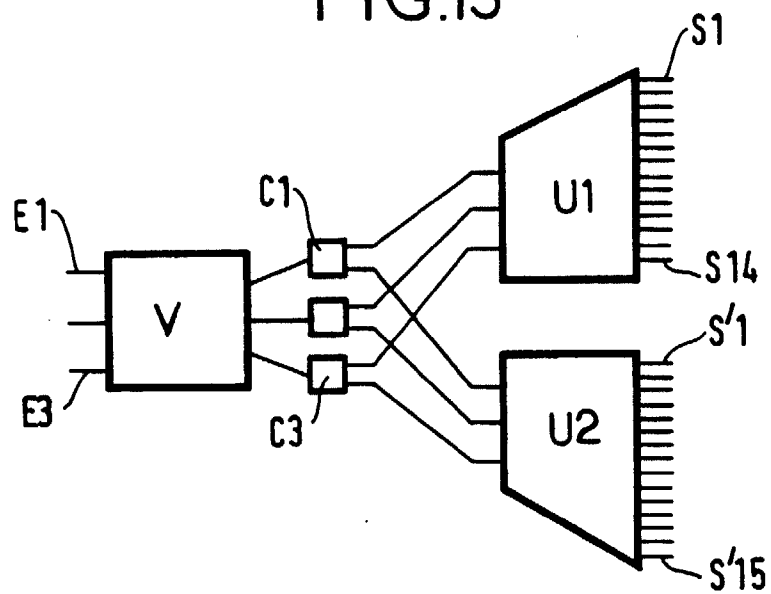


FIG.14

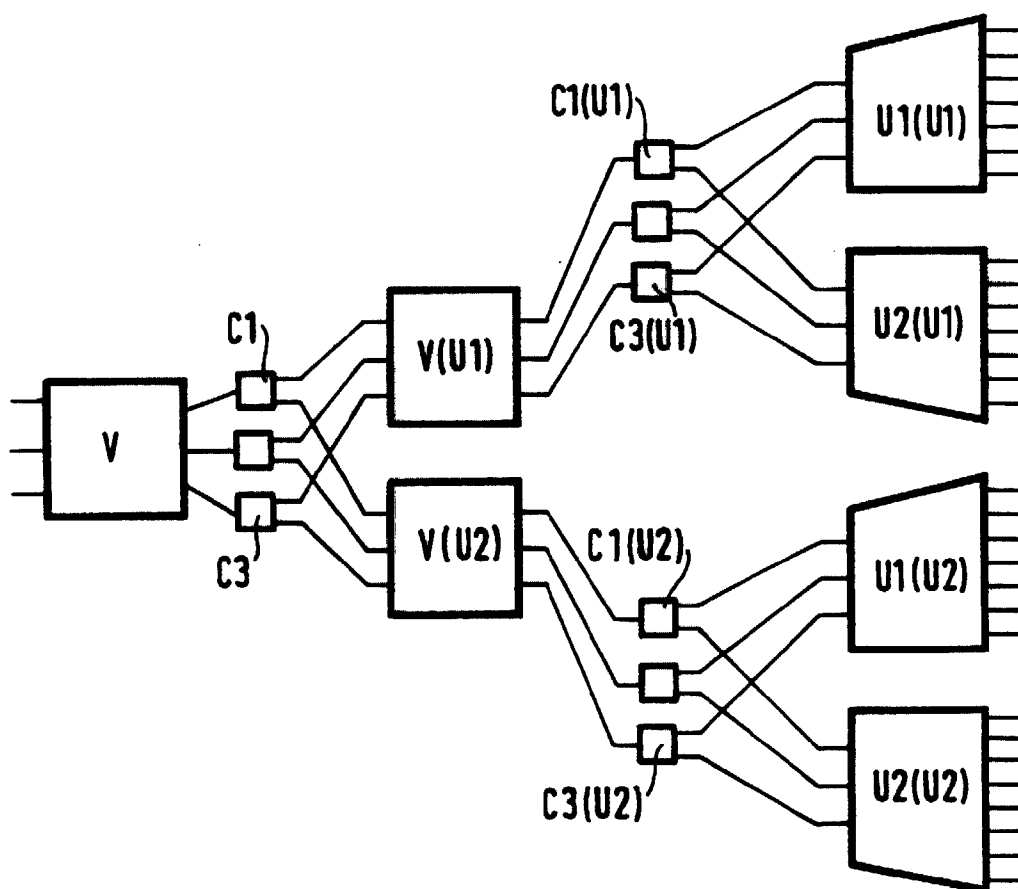


FIG.15

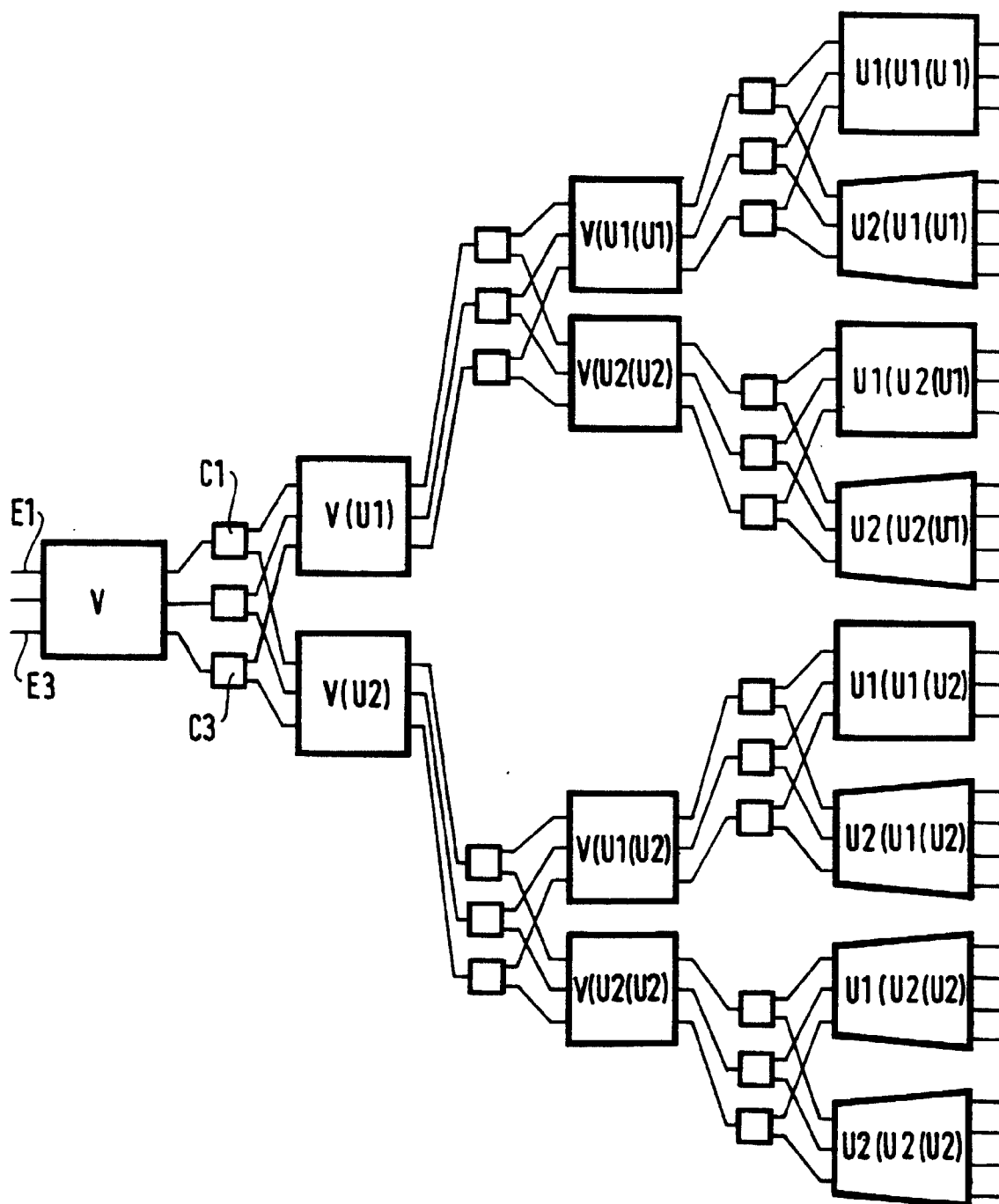


FIG.16

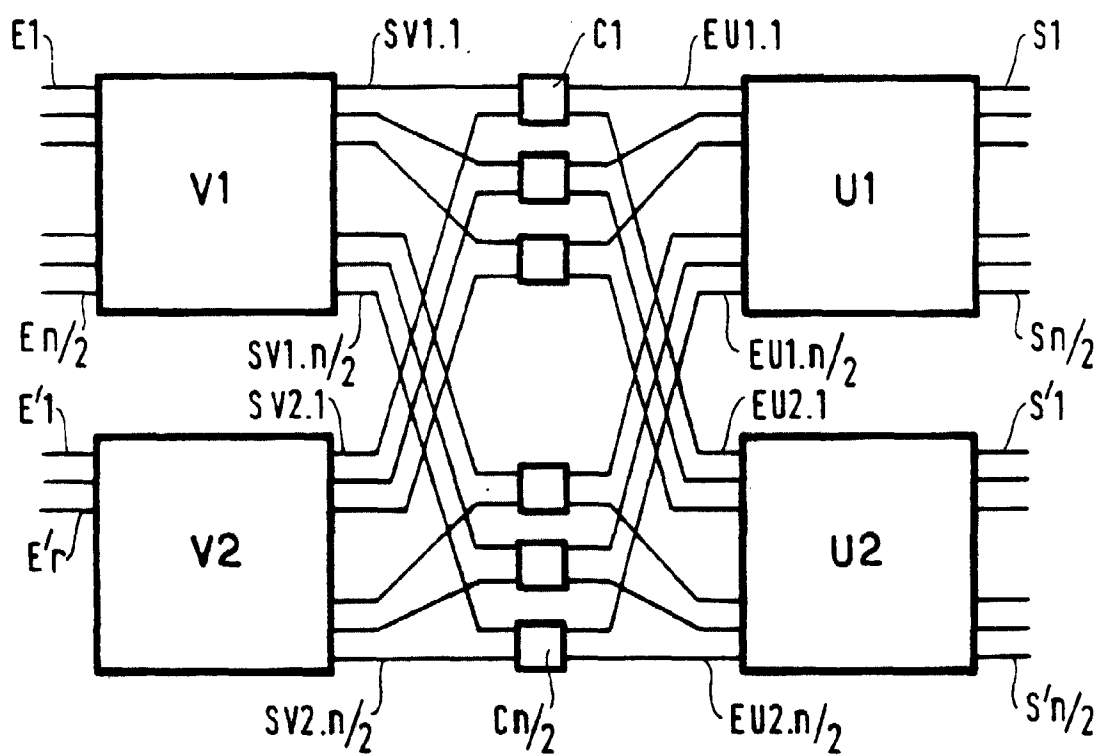


FIG.17

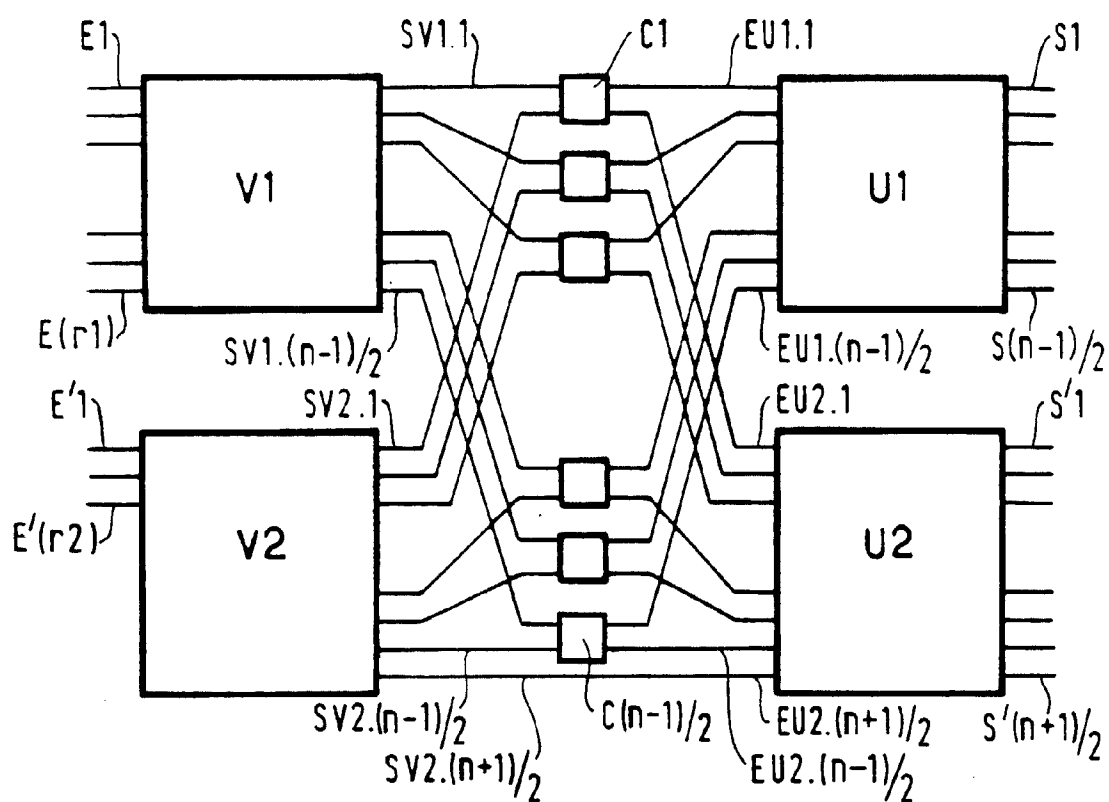


FIG.18

