

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
PARIS
—

①① N° de publication : **2 902 946**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **06 05633**

⑤① Int Cl⁸ : **H 03 F 3/60** (2006.01), H 03 F 1/56

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ AMPLIFICATEUR A ENTREES MULTIPLES ET SORTIES MULTIPLES UTILISANT L'INDUC-
TION MUTUELLE DANS LE RESEAU DE RETROACTION.

②② Date de dépôt : 23.06.06.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 28.12.07 Bulletin 07/52.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 29.08.08 Bulletin 08/35.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : *EXCEM Société par actions
simplifiée* — FR.

⑦② Inventeur(s) : BROYDE FREDERIC JEROME et
CLAVELIER EVELYNE.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) :

FR 2 902 946 - B1



Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples utilisant l'induction mutuelle dans le réseau de rétroaction

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5

L'invention concerne un amplificateur capable de fournir une pluralité de signaux de sortie, ces signaux de sortie étant contrôlés par une pluralité de signaux d'entrée.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

10 Considérons le problème de la conception d'un amplificateur ayant une pluralité de bornes de sortie et une pluralité de bornes d'entrée, l'amplificateur étant tel que les signaux de sortie sont chacun, dans un domaine de fréquences, une combinaison linéaire d'une pluralité de signaux d'entrée.

Numérotons les bornes de sortie de 0 à n , le numéro 0 étant attribué à la "borne de référence", qui servira de référence pour la mesure de tension, qui est souvent appelée la borne
15 de masse, et qui est aussi une borne d'entrée. Tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à n correspond au numéro d'une borne de sortie signal de l'amplificateur, une borne de sortie signal étant une borne de sortie autre que la borne de référence. Définissons le courant de sortie i_{Oj} entrant par la borne de sortie signal j , et la tension de sortie v_{Oj} entre la borne de sortie signal j et la borne de référence. Nous pouvons aussi définir le vecteur-colonne \mathbf{I}_O des courants
20 de sortie i_{O1}, \dots, i_{On} et le vecteur-colonne \mathbf{V}_O des tensions de sortie v_{O1}, \dots, v_{On} .

Nous considérons le cas où le nombre de bornes de sortie est égal au nombre de bornes d'entrée. Nous numérotons de 1 à n les bornes d'entrée signal de l'amplificateur, une borne d'entrée signal étant une borne d'entrée autre que la borne de référence. Pour tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à n , nous définissons le courant d'entrée i_{Ij} entrant par
25 la borne d'entrée signal j et la tension d'entrée v_{Ij} entre la borne d'entrée signal j et la borne de référence. Notons \mathbf{I}_I le vecteur-colonne des courants d'entrée i_{I1}, \dots, i_{In} , et notons \mathbf{V}_I le vecteur-colonne des tensions d'entrée v_{I1}, \dots, v_{In} . Si nous supposons que l'amplificateur est linéaire, il est caractérisé, dans le domaine fréquentiel, par les deux équations suivantes :

$$\mathbf{I}_I = \mathbf{Y}_I \mathbf{V}_I + \mathbf{Y}_R \mathbf{V}_O \quad (1)$$

$$\mathbf{I}_O = \mathbf{Y}_T \mathbf{V}_I + \mathbf{Y}_O \mathbf{V}_O \quad (2)$$

où \mathbf{Y}_I , \mathbf{Y}_R , \mathbf{Y}_T et \mathbf{Y}_O sont des matrices carrées d'ordre n . Tous les éléments de ces matrices ont la dimension d'une admittance. Par conséquent, nous appellerons \mathbf{Y}_I la "matrice admittance d'entrée" de l'amplificateur, \mathbf{Y}_R la "matrice admittance de transfert inverse" de l'amplificateur, \mathbf{Y}_T la "matrice admittance de transfert" de l'amplificateur, et \mathbf{Y}_O la "matrice admittance de
35 sortie" de l'amplificateur. Ces quatre matrices ont des éléments complexes et peuvent dépendre de la fréquence.

Dans le cas où un amplificateur à n bornes de sortie signal et n bornes d'entrée signal ne répond pas exactement aux équations (1) et (2), les spécialistes comprennent que ces équations sont cependant valables pour les petits signaux, à un point de repos déterminé, si le bruit produit par l'amplificateur est négligé.

5 Si nous laissons de côté le cas d'une pluralité d'amplificateurs indépendants ayant chacun une seule entrée et une seule sortie (dans ce cas, \mathbf{Y}_I , \mathbf{Y}_R , \mathbf{Y}_T et \mathbf{Y}_O sont des matrices diagonales), le seul type d'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples que l'on trouve couramment dans la littérature est la paire différentielle, pour laquelle les courants de sortie sont les deux courants de collecteur (dans le cas d'une mise en oeuvre utilisant des transistors bipolaires) ou
 10 les deux courants de drain (dans le cas d'une mise en oeuvre utilisant des transistors à effet de champ). Dans l'approximation petits signaux, la paire différentielle devient linéaire, et le comportement idéal attendu d'une paire différentielle dans laquelle les courants d'émetteur ou de source sont fournis par une source de courant correspond à

$$15 \quad \mathbf{Y}_T = \begin{pmatrix} G_{TB} & -G_{TB} \\ -G_{TB} & G_{TB} \end{pmatrix} \quad (3)$$

où G_{TB} est une conductance dépendant de la polarisation. Nous notons que cette matrice n'est ni diagonale, ni inversible.

L'état de la technique antérieure applicable à la présente demande est constitué d'une part par l'état de l'art présenté dans la demande de brevet français numéro 06/00388 du 17 janvier 2006
 20 intitulée "Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples", et d'autre part par l'invention qui y est décrite. Dans ladite demande de brevet français numéro 06/00388, un réseau de rétroaction ayant une borne connectée à la borne de référence et n autres bornes procure une matrice admittance de transfert voisine d'une matrice admittance donnée, cette matrice admittance donnée étant une matrice carrée d'ordre n non diagonale et inversible. Dans la
 25 demande de brevet français numéro 06/00388, il est dit que le réseau de rétroaction peut être un réseau de résistances, et qu'il peut aussi comporter des éléments réactifs comme des condensateurs et/ou des inductances, et des composants actifs. Nous notons que conformément à l'usage et au "Dictionnaire CEI multilingue de l'électricité" édité en 1983 par le Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale, le terme "inductance" désigne soit
 30 la quantité aussi appelée "inductance propre", soit un dipôle comportant un enroulement, soit un dipôle linéaire (on dit aussi bipôle linéaire) idéal caractérisé par la quantité "inductance propre". Par contre, le terme "inductance" ne peut pas désigner la quantité appelée "inductance mutuelle". Dans la demande de brevet français numéro 06/00388, le phénomène d'induction mutuelle n'est donc pas envisagé.

35 Dans cette approche, la suppression de certains éléments du réseau de rétroaction (et le remplacement de chacun de ces éléments par un circuit ouvert ou un court-circuit, selon le cas) peut clairement rendre diagonale la matrice impédance du réseau de rétroaction, et dans ce cas

les matrices Y_B , Y_R , Y_T et Y_O deviennent diagonales. Inversement, il est donc possible de dire que, en ajoutant certains éléments à un réseau de rétroaction ayant une matrice impédance diagonale, on obtient un nouveau réseau de rétroaction ayant une matrice impédance Z_{rFB} non diagonale, et par conséquent des éléments non diagonaux dans les matrices Y_B , Y_R , Y_T et Y_O .

- 5 Dans la demande de brevet français numéro 06/00388, les éléments non diagonaux de Y_B , Y_R , Y_T et Y_O correspondent donc à une augmentation du nombre de composants, donc du coût.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention a pour objet un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples ayant un nombre égal d'entrées et de sorties, dépourvu des limitations des techniques connues.

- 10 Selon l'invention, un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples, ayant une borne de référence, n bornes d'entrée signal et n bornes de sortie signal, où n est un entier supérieur ou égal à 3, destiné à procurer, dans une bande de fréquences connue, une matrice admittance de transfert voisine d'une matrice admittance donnée, cette matrice admittance donnée étant une matrice carrée d'ordre n non diagonale et inversible, comporte :

- 15 - n sous-circuits actifs, chaque sous-circuit actif ayant une borne d'entrée sous-circuit, une borne de sortie sous-circuit et une borne commune sous-circuit, la borne d'entrée sous-circuit étant connectée à l'une des dites bornes d'entrée signal et la borne de sortie sous-circuit étant connectée à l'une des dites bornes de sortie signal, chaque sous-circuit actif étant tel que le courant sortant de la borne commune sous-circuit et le courant entrant dans la borne de sortie sous-circuit dépendent de la tension entre la
- 20 borne d'entrée sous-circuit et la borne commune sous-circuit, chacune des dites bornes d'entrée signal étant connectée à une seule borne d'entrée sous-circuit, et chacune des dites bornes de sortie signal étant connectée à une seule borne de sortie sous-circuit ;
- 25 - un réseau de rétroaction ayant une borne connectée à ladite borne de référence, le réseau de rétroaction ayant aussi n autres bornes chacune connectée à la borne commune sous-circuit d'un des dits sous-circuits actifs, le réseau de rétroaction présentant, dans la bande de fréquences connue, une matrice impédance non diagonale, cette matrice impédance étant définie par rapport à ladite borne de référence, le réseau de rétroaction comportant au moins deux enroulements disposés de telle façon que, dans une partie
- 30 de la bande de fréquences connue, l'induction mutuelle entre les différents enroulements du réseau de rétroaction a une influence non négligeable sur la valeur d'au moins un élément non diagonal de ladite matrice impédance, le réseau de rétroaction produisant une contre-réaction telle que, dans la bande de fréquences connue, ladite matrice admittance de transfert soit voisine de ladite matrice admittance
- 35 donnée.

Selon l'invention, le réseau de rétroaction comporte au moins deux enroulements, A et B.

Notons L_A l'inductance propre de l'enroulement A, L_B l'inductance propre de l'enroulement B et M_{AB} l'inductance mutuelle entre les enroulements A et B. Le réseau de rétroaction peut aussi comporter d'autres enroulements C, D, etc, et nous définissons dans ce cas les inductances propres L_C, L_D , etc, et les inductances mutuelles $M_{AC}, M_{AD}, M_{BC}, M_{BD}, M_{CD}$, etc. Le coefficient de couplage entre deux enroulements est le rapport entre la valeur absolue de l'inductance mutuelle et la racine carrée du produit des inductances propres, par exemple $|M_{AB}|/(L_A L_B)^{1/2}$ dans le cas des enroulements A et B. Enfin il faut noter que les inductances propres, les inductances mutuelles et les coefficients de couplage dépendent de la fréquence.

À une fréquence f donnée dans ladite bande de fréquences connue, notons \mathbf{Y}_G ladite matrice admittance donnée, et notons \mathbf{Z}_{FB} la matrice impédance du réseau de rétroaction par rapport à ladite borne de référence. Selon l'invention, l'induction mutuelle entre les différents enroulements du réseau de rétroaction a une influence non négligeable sur la valeur d'au moins un élément non diagonal de la matrice \mathbf{Z}_{FB} , dans ladite partie de la bande de fréquences connue. Cette condition signifie que, si l'induction mutuelle n'était pas présente (autrement dit, si les inductances mutuelles $M_{AC}, M_{AD}, M_{BC}, M_{BD}, M_{CD}$, etc, étaient toutes nulles), au moins un élément non diagonal de la matrice \mathbf{Z}_{FB} subirait une modification non négligeable, dans ladite partie de la bande de fréquences connue.

Selon l'invention, les dits enroulements peuvent par exemple être tels qu'au moins un coefficient de couplage entre deux enroulements est supérieur ou égal à un pour cent, dans ladite partie de la bande de fréquences connue. Cette valeur est manifestement suffisante pour obtenir que l'induction mutuelle entre les différents enroulements du réseau de rétroaction puisse avoir une influence non négligeable sur la valeur d'au moins un élément non diagonal de la matrice \mathbf{Z}_{FB} . D'autre part, le spécialiste comprend qu'un coefficient de couplage supérieur ou égal à $0,01 = 1\%$ ne peut être la conséquence d'un couplage inattendu entre des inductances.

Selon l'invention, au moins deux enroulements du réseau de rétroaction disposés de telle façon qu'une induction mutuelle apparaisse entre ces enroulements, peuvent par exemple être des enroulements d'un même transformateur. Un tel transformateur peut comporter un circuit magnétique. Un tel transformateur peut aussi ne pas comporter de circuit magnétique.

Selon l'invention, au moins deux enroulements du réseau de rétroaction disposés de telle façon qu'une induction mutuelle apparaisse entre ces enroulements, peuvent par exemple être des enroulements constitués de pistes de circuit imprimé, prenant par exemple la forme d'une spirale. Des enroulements réalisés avec des pistes de circuit imprimé, sans circuit magnétique, sont par exemple décrits dans l'article de S. Stalf intitulé "Printed Inductors in RF Consumer Applications", paru dans la revue *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 47, No. 3, pages 426 à 435, en août 2001. Des enroulements réalisés avec des pistes de circuit imprimé, avec circuit magnétique, sont par exemple décrits dans l'article de M. Ludwig *et al* intitulé "PCB Integrated Inductors for Low Power DC/DC Converters", paru dans la revue *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 18, No. 4, pages 937 à 945, en juillet 2003.

Selon l'invention, au moins deux enroulements du réseau de rétroaction disposés de telle façon qu'une induction mutuelle apparaisse entre ces enroulements, peuvent par exemple être des enroulements réalisés dans un circuit intégré. De tels enroulements sont par exemple décrits dans l'article de Y. K. Koutsoyannopoulos et Y. Papananos intitulé "Systematic Analysis and
 5 Modeling of Integrated Inductors and Transformers in RF IC Design", paru dans la revue *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Processing*, Vol. 47, No. 8, pages 699 à 713, en août 2000.

Comme pour le dispositif décrit dans ladite demande de brevet français numéro 06/00388, selon l'invention, ledit réseau de rétroaction peut être constitué d'éléments linéaires passifs et
 10 réciproques. A titre d'exemple, le réseau de rétroaction peut, en plus des enroulements, comporter des résistances et des condensateurs.

Ledit réseau de rétroaction peut aussi comporter au moins un composant actif, par exemple au moins un transistor à effet de champ à grille isolée (MOSFET). De plus, le spécialiste comprend que, pour obtenir que ladite matrice admittance de transfert soit plus voisine de ladite
 15 matrice admittance donnée, il peut être souhaitable de régler ladite matrice impédance non diagonale, en utilisant des composants présentant une impédance réglable. De tels composants peuvent être réglables par un moyen électrique, comme un MOSFET utilisé en régime ohmique, procurant une résistance variable, ou comme une diode à capacité variable, procurant une capacité variable. Par conséquent, selon l'invention, ledit réseau de rétroaction peut être tel que
 20 ladite matrice impédance non diagonale peut être réglée par des moyens électriques.

Les spécialistes connaissent des méthodes permettant de calculer les inductances mutuelles entre enroulements, et sont donc capables de concevoir le réseau de rétroaction d'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention. Excepté les méthodes permettant de prendre en compte les inductances mutuelles entre enroulements pour déterminer
 25 Z_{FB} , un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention peut être dimensionné avec les équations indiquées dans ladite demande de brevet français numéro 06/00388. En particulier, selon l'invention, l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples peut être tel que les dits sous-circuits actifs ont un module du rapport entre le courant sortant de la borne commune sous-circuit et la tension entre la borne d'entrée sous-circuit et la
 30 borne commune sous-circuit plus grand que les modules de tous les éléments de l'inverse de la matrice impédance Z_{FB} du réseau de rétroaction.

Le spécialiste comprend que les matrices Y_I , Y_R , Y_T et Y_O peuvent être calculées en fonction des caractéristiques de chaque sous-circuit actif et de la matrice Z_{FB} . Le spécialiste comprend que, lorsque les bornes de sortie d'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon
 35 l'invention sont connectées à une charge présentant la matrice impédance Z_L , les bornes d'entrée de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples présentent une matrice admittance Y_{Ll} , que nous appellerons la matrice admittance d'entrée chargée. La matrice admittance d'entrée chargée vaut :

$$\mathbf{Y}_{LI} = \mathbf{Y}_I - \mathbf{Y}_R (\mathbf{1}_n + \mathbf{Z}_L \mathbf{Y}_O)^{-1} \mathbf{Z}_L \mathbf{Y}_T = \mathbf{Y}_I - \mathbf{Y}_R \mathbf{Z}_L (\mathbf{1}_n + \mathbf{Y}_O \mathbf{Z}_L)^{-1} \mathbf{Y}_T \quad (4)$$

où $\mathbf{1}_n$ est la matrice unité d'ordre n . Dans le cas particulier $\mathbf{Z}_L = \mathbf{0}$, nous avons $\mathbf{Y}_{LI} = \mathbf{Y}_L$. Par conséquent, la matrice admittance d'entrée définie par l'équation (1) est un cas particulier de la matrice admittance d'entrée chargée, pour des bornes de sortie en court-circuit.

- 5 De même, le spécialiste comprend que, lorsque les bornes d'entrée d'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention sont connectées à une source présentant la matrice impédance \mathbf{Z}_S , les bornes de sortie de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples présentent une matrice admittance \mathbf{Y}_{LO} , que nous appellerons la matrice admittance de sortie chargée. La matrice admittance de sortie chargée vaut :

$$10 \quad \mathbf{Y}_{LO} = \mathbf{Y}_O - \mathbf{Y}_T (\mathbf{1}_n + \mathbf{Z}_S \mathbf{Y}_I)^{-1} \mathbf{Z}_S \mathbf{Y}_R = \mathbf{Y}_O - \mathbf{Y}_T \mathbf{Z}_S (\mathbf{1}_n + \mathbf{Y}_I \mathbf{Z}_S)^{-1} \mathbf{Y}_R \quad (5)$$

Dans le cas particulier $\mathbf{Z}_S = \mathbf{0}$, nous avons $\mathbf{Y}_{LO} = \mathbf{Y}_O$. Par conséquent, la matrice admittance de sortie définie par l'équation (2) est un cas particulier de la matrice admittance de sortie chargée, pour des bornes d'entrée en court-circuit.

- Selon l'invention, les sous-circuits actifs et le réseau de rétroaction sont dimensionnés de telle façon que la contre-réaction produise une matrice admittance de transfert \mathbf{Y}_T voisine de ladite matrice admittance donnée \mathbf{Y}_G dans la bande de fréquences connue. Le spécialiste comprend qu'il est aussi possible de dimensionner les sous-circuits actifs et le réseau de rétroaction de telle façon que la matrice admittance de sortie chargée \mathbf{Y}_{LO} de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples soit voisine d'une première matrice recherchée et/ou que la matrice admittance d'entrée chargée \mathbf{Y}_{LI} de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples soit voisine d'une deuxième matrice recherchée. Cependant, pour une matrice \mathbf{Y}_G donnée, la première matrice recherchée et/ou la seconde matrice recherchée ne peuvent être choisies arbitrairement, car les paramètres disponibles ne laissent, en général, qu'une flexibilité limitée. Notons que, selon l'équation (16) de ladite demande de brevet français numéro 25 06/00388, chaque sous-circuit actif est caractérisé par 9 paramètres complexes, et notons qu'un réseau de rétroaction réciproque est caractérisé par $n(n+1)/2$ paramètres complexes. S'il utilise un réseau de rétroaction réciproque, le concepteur peut donc au mieux contrôler $n(n+1)/2$ paramètres complexes. Ladite demande de brevet français numéro 06/00388 explique que, si la matrice admittance donnée \mathbf{Y}_G est symétrique, le concepteur peut toujours trouver des valeurs de paramètres permettant d'obtenir une matrice admittance de transfert \mathbf{Y}_T voisine de \mathbf{Y}_G , et de satisfaire à des conditions supplémentaires. Ces conditions supplémentaires peuvent être utilisées pour obtenir que la matrice admittance de sortie chargée \mathbf{Y}_{LO} approche une première matrice recherchée \mathbf{Y}_{wLO} et/ou que la matrice admittance d'entrée chargée \mathbf{Y}_{LI} approche une deuxième matrice recherchée \mathbf{Y}_{wLI} .

- 35 Lorsque les bornes de sortie d'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention sont connectées à une charge présentant la matrice impédance \mathbf{Z}_L , nous avons :

$$\mathbf{V}_O = -(\mathbf{1}_n + \mathbf{Z}_L \mathbf{Y}_O)^{-1} \mathbf{Z}_L \mathbf{Y}_T \mathbf{V}_I = -\mathbf{Z}_L (\mathbf{1}_n + \mathbf{Y}_O \mathbf{Z}_L)^{-1} \mathbf{Y}_T \mathbf{V}_I \quad (6)$$

Par conséquent, nous pouvons définir la matrice gain en tension \mathbf{G}_V de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention par :

$$\mathbf{G}_V = -(\mathbf{1}_n + \mathbf{Z}_L \mathbf{Y}_O)^{-1} \mathbf{Z}_L \mathbf{Y}_T = -\mathbf{Z}_L (\mathbf{1}_n + \mathbf{Y}_O \mathbf{Z}_L)^{-1} \mathbf{Y}_T \quad (7)$$

- 5 Il est donc équivalent de dire qu'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples est "destiné à procurer, dans une bande de fréquences connue, une matrice admittance de transfert voisine d'une matrice admittance donnée", ou qu'il est "destiné à procurer, dans une bande de fréquences connue, une matrice gain en tension voisine d'une matrice gain donnée". Le spécialiste comprend que d'autres formulations équivalentes sont également possibles.

10 BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, et représentés dans les dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente un premier mode de réalisation de l'invention, pour $n = 4$;
- 15 - la figure 2 représente un réseau de rétroaction utilisé dans le premier mode de réalisation ;
- la figure 3 représente un réseau de rétroaction utilisé dans le deuxième mode de réalisation ;
- la figure 4 représente un troisième mode de réalisation.

20 EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE CERTAINS MODES DE RÉALISATION

Premier mode de réalisation.

- Au titre d'un premier mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 1 un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention comportant 4 bornes d'entrée signal (11) (12) (13) (14), 4 bornes de sortie signal (21) (22) (23) (24), 4 sous-circuits actifs (30) et un réseau de rétroaction (40). Chaque sous-circuit actif a une borne d'entrée sous-circuit connectée à une des bornes d'entrée signal (11) (12) (13) (14), une borne de sortie sous-circuit connectée à une des bornes de sortie signal (21) (22) (23) (24), et une borne commune sous-circuit. Chaque sous-circuit actif est tel que le courant sortant de la borne commune sous-circuit et le courant entrant dans la borne de sortie sous-circuit dépendent de la tension entre la borne d'entrée sous-circuit et la borne commune sous-circuit. Le réseau de rétroaction (40) a une borne connectée à la borne de référence, représentée par le symbole de masse sur la figure 1. Le réseau de rétroaction (40)

a aussi 4 autres bornes, chacune étant connectée à la borne commune sous-circuit d'un sous-circuit actif (30) différent. Le réseau de rétroaction présente, dans la bande de fréquences connue, une matrice impédance \mathbf{Z}_{FB} , cette matrice impédance étant définie par rapport à ladite borne de référence, le réseau de rétroaction produisant une contre-réaction telle que, dans la bande de fréquences connue, la matrice admittance de transfert \mathbf{Y}_T de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples soit voisine de ladite matrice admittance donnée \mathbf{Y}_G .

Le schéma de la figure 2 montre le réseau de rétroaction (40) utilisé dans ce premier mode de réalisation, ayant une borne connectée à la borne de référence (représentée avec le symbole de masse) et 4 autres bornes (499). Le réseau de rétroaction (40) est constitué de quatre enroulements (501) (502) (503) (504) connectés chacun entre l'une des autres bornes (499) et la borne de référence. Nous noterons L_1, L_2, L_3 et L_4 les inductances propres des enroulements (501), (502), (503) et (504), respectivement. Nous noterons R_1, R_2, R_3 et R_4 les résistances des enroulements (501), (502), (503) et (504), respectivement. Entre ces enroulements, six inductances mutuelles M_{ij} doivent être prises en compte. La matrice impédance \mathbf{Z}_{FB} du réseau de rétroaction vaut :

$$\mathbf{Z}_{FB} = \begin{pmatrix} R_1 + j\omega L_1 & j\omega M_{12} & j\omega M_{13} & j\omega M_{14} \\ j\omega M_{12} & R_2 + j\omega L_2 & j\omega M_{23} & j\omega M_{24} \\ j\omega M_{13} & j\omega M_{23} & R_3 + j\omega L_3 & j\omega M_{34} \\ j\omega M_{14} & j\omega M_{24} & j\omega M_{34} & R_4 + j\omega L_4 \end{pmatrix} \quad (8)$$

où ω est la pulsation. Dans ce mode de réalisation, les coefficients de couplage $|M_{12}|/(L_1 L_2)^{1/2}$, $|M_{23}|/(L_2 L_3)^{1/2}$ et $|M_{34}|/(L_3 L_4)^{1/2}$ sont supérieurs à 4 %, et tous les éléments non diagonaux de la matrice \mathbf{Z}_{FB} sont imputables à l'induction mutuelle entre les différents enroulements du réseau de rétroaction.

Comme montré dans ce premier mode de réalisation, selon l'invention, l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples peut être tel que le nombre n de bornes de sortie signal est supérieur ou égal à 4.

Dans ce premier mode de réalisation, chaque sous-circuit actif a des connexions (non représentées sur la figure 1) à la borne de référence et à une source de puissance électrique fournissant la tension de + 4,5 V, chaque sous-circuit actif comportant un seul composant actif (qui est un transistor bipolaire) et plusieurs composants passifs. Les sous-circuits actifs et le réseau de rétroaction sont dimensionnés de telle façon que la contre-réaction produit une matrice admittance de transfert \mathbf{Y}_T voisine de ladite matrice admittance donnée \mathbf{Y}_G dans la bande de fréquences connue, qui est dans ce premier mode de réalisation la bande de fréquences de 1,8 GHz à 2,0 GHz. Les sous-circuits actifs et le réseau de rétroaction sont dimensionnés de telle façon que la matrice admittance d'entrée chargée \mathbf{Y}_{LI} de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples soit voisine d'une matrice recherchée \mathbf{Y}_{WLB} , qui procure un rapport signal sur bruit élevé.

Deuxième mode de réalisation.

Le deuxième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également à l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention représenté sur la figure 1.

5 Le schéma de la figure 3 montre le réseau de rétroaction (40) utilisé dans ce deuxième mode de réalisation, ayant une borne connectée à la borne de référence (représentée avec le symbole de masse) et 4 autres bornes (499). Le réseau de rétroaction (40) est constitué de quatre enroulements (501), (502), (503) et (504), connectés chacun en série avec une des quatre résistances (401), (402), (403), et (404). Les éléments non diagonaux de la matrice impédance
10 Z_{FB} du réseau de rétroaction sont imputables à l'induction mutuelle entre les différents enroulements et aux cinq résistances (412), (423), (434), (413) et (424). Nous notons que, dans ce deuxième mode de réalisation, la matrice impédance Z_{FB} du réseau de rétroaction est inversible et non diagonale à toute fréquence.

Dans ce deuxième mode de réalisation, chaque sous-circuit actif est un convoyeur de
15 courant de seconde génération (en anglais: "second-generation current conveyor"), et chaque sous-circuit actif a des connexions (non représentées sur la figure 1) à la borne de référence et à des sources de puissance électrique fournissant les tensions de + 5 V et - 5 V. Les sous-circuits actifs et le réseau de rétroaction sont dimensionnés de telle façon que la contre-réaction produise une matrice admittance de transfert Y_T voisine de ladite matrice admittance donnée Y_G dans la
20 bande de fréquences connue, qui est dans ce deuxième mode de réalisation la bande de fréquences de 0 Hz à 300 MHz. Au moins 20 % du module d'au moins un élément non diagonal de la matrice impédance Z_{FB} du réseau de rétroaction est imputable à l'induction mutuelle entre les différents enroulements du réseau de rétroaction, dans la partie de la bande de fréquences connue correspondant aux fréquences supérieures à 50 MHz. Les sous-circuits actifs et le réseau
25 de rétroaction sont dimensionnés de telle façon que la matrice admittance de sortie chargée Y_{LO} et la matrice admittance d'entrée chargée Y_{LI} de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples peuvent être considérées comme nulles.

Troisième mode de réalisation.

Le troisième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple
30 non limitatif, correspond à l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention représenté sur la figure 4. Cet amplificateur à entrées multiples et sorties multiples comporte 4 bornes d'entrée signal (11) (12) (13) (14), 4 bornes de sortie signal (21) (22) (23) (24), 4 sous-circuits actifs (30) et un réseau de rétroaction.

Dans la figure 4, les 4 sous-circuits actifs (30) comporte chacun un premier MOSFET (31)
35 et un second MOSFET (32) en montage cascode, bien connu des spécialistes. Les quatre sources

de courant (38) fournissent la polarisation des bornes de sortie sous-circuit. La tension de polarisation V_G des grilles des seconds MOSFET (32) doit être fournie par des circuits externes non représentés sur la figure 4. Une polarisation appropriée des bornes d'entrées signal (11) (12) (13) (14) doit être fournie par des circuits externes non représentés sur la figure 4.

- 5 Le réseau de rétroaction est constitué de quatre résistances (401), (402), (403) et (404) et de quatre enroulements (501), (502), (503) et (504) présentant entre eux une induction mutuelle non négligeable. Nous notons que, dans ce troisième mode de réalisation, la matrice impédance Z_{FB} du réseau de rétroaction est inversible à toute fréquence, mais non diagonale seulement à des fréquences supérieures à 0 Hz.
- 10 Les sous-circuits actifs et le réseau de rétroaction sont dimensionnés de telle façon que la contre-réaction produise une matrice admittance de transfert Y_T voisine de ladite matrice admittance donnée Y_G , dans la bande de fréquences connue, qui est dans ce troisième mode de réalisation la bande de fréquences de 0 Hz à 5 GHz. Tous les éléments non diagonaux de la matrice Z_{FB} sont imputables à l'induction mutuelle entre les différents enroulements du réseau
- 15 de rétroaction.

INDICATIONS SUR LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

L'invention est adaptée aux applications dans lesquelles des amplificateurs à entrées multiples et sorties multiples procurant, dans une bande de fréquences connue, une matrice admittance de transfert voisine d'une matrice admittance Y_G donnée sont nécessaires, cette

20 matrice admittance donnée étant une matrice carrée d'ordre n , non-diagonale et inversible. Pour les réalisations dans lesquelles le réseau de rétroaction est constitué d'éléments linéaires passifs et réciproques, cette matrice Y_G doit être voisine d'une matrice symétrique. Par conséquent, l'invention est particulièrement appropriée comme dispositif procurant n combinaisons linéaires de n signaux, définies par une telle matrice carrée. De tels dispositifs peuvent par exemple être

25 utilisés pour du traitement analogique du signal.

Du fait du rôle joué par l'induction mutuelle dans le réseau de rétroaction, l'invention est particulièrement adaptée aux applications dans lesquelles les éléments non diagonaux de la matrice admittance donnée Y_G dépendent de la fréquence, dans la bande de fréquences connue.

Les spécialistes savent que l'induction mutuelle ne produit pas de bruit thermique,

30 contrairement à la dissipation de puissance dans les résistances. Par conséquent, le réseau de rétroaction d'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention peut être conçu de façon à ne produire qu'un faible bruit. L'invention est donc particulièrement adaptée aux applications dans lesquelles un faible niveau de bruit est nécessaire.

Les spécialistes savent que les amplificateurs à une seule entrée et une seule sortie utilisant

35 une rétroaction série-série produite par une inductance peuvent procurer simultanément un faible

facteur de bruit et un gain en puissance maximal, comme indiqué dans l'article de B.K. Ko et K. Lee intitulé "A Comparative Study on the Various Monolithic Low Noise Amplifier Circuit Topologies for RF and Microwave Applications", paru dans la revue *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 31, No. 8, pages 1220 à 1225, en août 1996. Nous avons indiqué qu'un

5 amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention peut être tel que la matrice admittance de sortie chargée Y_{LO} approche une première matrice recherchée Y_{wLO} et que la matrice admittance de d'entrée chargée Y_{LI} approche une deuxième matrice recherchée Y_{wLI} . Les spécialistes comprennent que cette possibilité peut procurer une matrice admittance de sortie chargée et une matrice impédance d'entrée chargée produisant un gain en puissance maximal.

10 Les spécialistes comprennent aussi qu'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention peut procurer simultanément un facteur de bruit optimal et un gain en puissance optimal, de la même façon que dans le cas d'un amplificateur à une seule entrée et une seule sortie.

Le spécialiste comprend qu'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples combiné

15 ayant m bornes d'entrée signal et n bornes de sortie signal peut comporter :

- un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples en mode tension ayant m bornes d'entrée signal et n bornes de sortie signal, procurant, dans une bande de fréquences connue, une matrice gain en tension G_V à n lignes et m colonnes, les bornes d'entrée signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples combiné étant connectées aux bornes d'entrée signal de

20 l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples en mode tension ;

- un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention ayant n bornes d'entrée signal et n bornes de sortie signal, procurant, dans la bande de fréquences connue, une matrice admittance de transfert voisine d'une matrice admittance Y_G donnée, cette matrice admittance donnée étant une matrice carrée d'ordre n , non-diagonale et inversible, les bornes

25 de sortie signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples en mode tension étant connectées aux bornes d'entrée signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention, et les bornes de sortie signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention étant connectées aux bornes de sortie signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples combiné, de telle façon que, dans la bande de fréquences

30 connue, la matrice admittance de transfert de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples combiné soit voisine de la matrice admittance $Y_G G_V$ à n lignes et m colonnes.

Le spécialiste comprend qu'une caractéristique importante d'un tel amplificateur à entrées multiples et sorties multiples combiné est que la matrice admittance $Y_G G_V$ n'est pas nécessairement une matrice carrée. Quand elle est une matrice carrée, cette matrice admittance

35 $Y_G G_V$ n'est ni nécessairement inversible, ni nécessairement symétrique quand Y_G est symétrique.

Par conséquent, l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention peut être utilisé comme un constituant d'un autre amplificateur à entrées multiples et sorties

multiples, tel que l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples combiné décrit ci-dessus. Le spécialiste comprend que l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention peut aussi être utilisé comme un constituant d'autres types d'amplificateurs à entrées multiples et sorties multiples. Par exemple, il est possible de mettre en cascade deux

5 amplificateurs à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention, en connectant les bornes de sortie signal du premier amplificateur à entrées multiples et sorties multiples, aux bornes d'entrée signal du deuxième amplificateur à entrées multiples et sorties multiples.

Le spécialiste comprend qu'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à réseau d'entrée ayant n bornes d'entrée signal et n bornes de sortie signal peut comporter :

- 10 - un réseau linéaire passif ayant n bornes d'entrée signal et n bornes de sortie signal, les bornes d'entrée signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à réseau d'entrée étant connectées aux bornes d'entrée signal du réseau linéaire passif ;
- un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention ayant n bornes d'entrée signal et n bornes de sortie signal, les bornes de sortie signal du réseau linéaire passif
- 15 étant connectées aux bornes d'entrée signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention, et les bornes de sortie signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention étant connectées aux bornes de sortie signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à réseau d'entrée. Le spécialiste comprend qu'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à réseau d'entrée peut procurer des
- 20 caractéristiques nécessaires pour une application particulière.

Le spécialiste comprend qu'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à réseau de sortie ayant n bornes d'entrée signal et n bornes de sortie signal peut comporter :

- un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention ayant n bornes d'entrée signal et n bornes de sortie signal, les bornes d'entrée signal de l'amplificateur à entrées
- 25 multiples et sorties multiples à réseau de sortie étant connectées aux bornes d'entrée signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention ;
- un réseau linéaire passif ayant n bornes d'entrée signal et n bornes de sortie signal, les bornes de sortie signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention étant connectées aux bornes d'entrée signal du réseau linéaire passif, et les bornes de sortie signal du
- 30 réseau linéaire passif étant connectées aux bornes de sortie signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à réseau de sortie. Le spécialiste comprend qu'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à réseau de sortie peut procurer des caractéristiques nécessaires pour une application particulière. Le spécialiste comprend qu'il peut aussi définir un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à réseau d'entrée et à réseau de sortie,
- 35 pour obtenir des caractéristiques nécessaires pour une application particulière.

Le spécialiste comprend qu'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à réseau parallèle ayant n bornes d'entrée signal et n bornes de sortie signal peut comporter :

- un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention ayant n bornes

- d'entrée signal et n bornes de sortie signal, les bornes d'entrée signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à réseau parallèle étant connectées aux bornes d'entrée signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention, et les bornes de sortie signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à réseau parallèle étant
- 5 connectées aux bornes de sortie signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'invention ;
- un réseau linéaire passif ayant n bornes d'entrée signal et n bornes de sortie signal, les bornes d'entrée signal de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à réseau parallèle étant connectées aux bornes d'entrée signal du réseau linéaire passif, et les bornes de sortie signal de
- 10 l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à réseau parallèle étant connectées aux bornes de sortie signal du réseau linéaire passif. Le spécialiste comprend qu'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à réseau parallèle peut procurer des caractéristiques nécessaires pour une application particulière, par exemple grâce à une rétroaction supplémentaire causée par le réseau linéaire passif.

REVENDEICATIONS

1. Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples, ayant une borne de référence, n bornes d'entrée signal et n bornes de sortie signal, où n est un entier supérieur ou égal à 3, destiné à
 5 procurer, dans une bande de fréquences connue, une matrice admittance de transfert voisine d'une matrice admittance donnée, cette matrice admittance donnée étant une matrice carrée d'ordre n non diagonale et inversible, comportant :
- n sous-circuits actifs, chaque sous-circuit actif ayant une borne d'entrée sous-circuit, une
 10 borne de sortie sous-circuit et une borne commune sous-circuit, la borne d'entrée sous-circuit étant connectée à l'une des dites bornes d'entrée signal et la borne de sortie sous-circuit étant connectée à l'une des dites bornes de sortie signal, chaque sous-circuit actif étant tel que le courant sortant de la borne commune sous-circuit et le courant entrant dans la borne de sortie sous-circuit dépendent de la tension entre la borne d'entrée sous-circuit et la borne commune sous-circuit, chacune des dites bornes
 15 d'entrée signal étant connectée à une seule borne d'entrée sous-circuit, et chacune des dites bornes de sortie signal étant connectée à une seule borne de sortie sous-circuit ;
 - un réseau de rétroaction ayant une borne connectée à ladite borne de référence, le réseau de rétroaction ayant aussi n autres bornes chacune connectée à la borne commune sous-circuit d'un des dits sous-circuits actifs, le réseau de rétroaction présentant, dans
 20 la bande de fréquences connue, une matrice impédance non diagonale, cette matrice impédance étant définie par rapport à ladite borne de référence, le réseau de rétroaction comportant au moins deux enroulements disposés de telle façon que, dans une partie de la bande de fréquences connue, l'induction mutuelle entre les différents enroulements du réseau de rétroaction a une influence non négligeable sur la valeur
 25 d'au moins un élément non diagonal de ladite matrice impédance, le réseau de rétroaction produisant une contre-réaction telle que, dans la bande de fréquences connue, ladite matrice admittance de transfert soit voisine de ladite matrice admittance donnée.
2. Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon la revendication 1, dans lequel au
 30 moins un coefficient de couplage entre deux enroulements est supérieur ou égal à un pour cent, dans ladite partie de la bande de fréquences connue.
3. Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon la revendication 1, dans lequel au moins deux enroulements du réseau de rétroaction disposés de telle façon qu'une induction mutuelle apparaisse entre ces enroulements, sont des enroulements d'un même transformateur.
- 35 4. Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'une quelconque des

revendications précédentes, dans lequel au moins deux enroulements du réseau de rétroaction disposés de telle façon qu'une induction mutuelle apparaisse entre ces enroulements, sont des enroulements constitués de pistes de circuit imprimé.

- 5 5. Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins deux enroulements du réseau de rétroaction disposés de telle façon qu'une induction mutuelle apparaisse entre ces enroulements, sont des enroulements réalisés dans un circuit intégré.
- 10 6. Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit réseau de rétroaction est constitué d'éléments linéaires passifs et réciproques.
7. Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit réseau de rétroaction comporte au moins un transistor à effet de champ à grille isolée.
- 15 8. Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit réseau de rétroaction est tel que ladite matrice impédance non diagonale peut être réglée par des moyens électriques.
- 20 9. Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les dits sous-circuits actifs ont un module du rapport entre le courant sortant de la borne commune sous-circuit et la tension entre la borne d'entrée sous-circuit et la borne commune sous-circuit plus grand que les modules de tous les éléments de l'inverse de la matrice impédance du réseau de rétroaction.
- 25 10. Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la matrice admittance de sortie chargée de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples est voisine d'une première matrice recherchée et/ou la matrice admittance d'entrée chargée de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples est voisine d'une deuxième matrice recherchée.

1 / 3

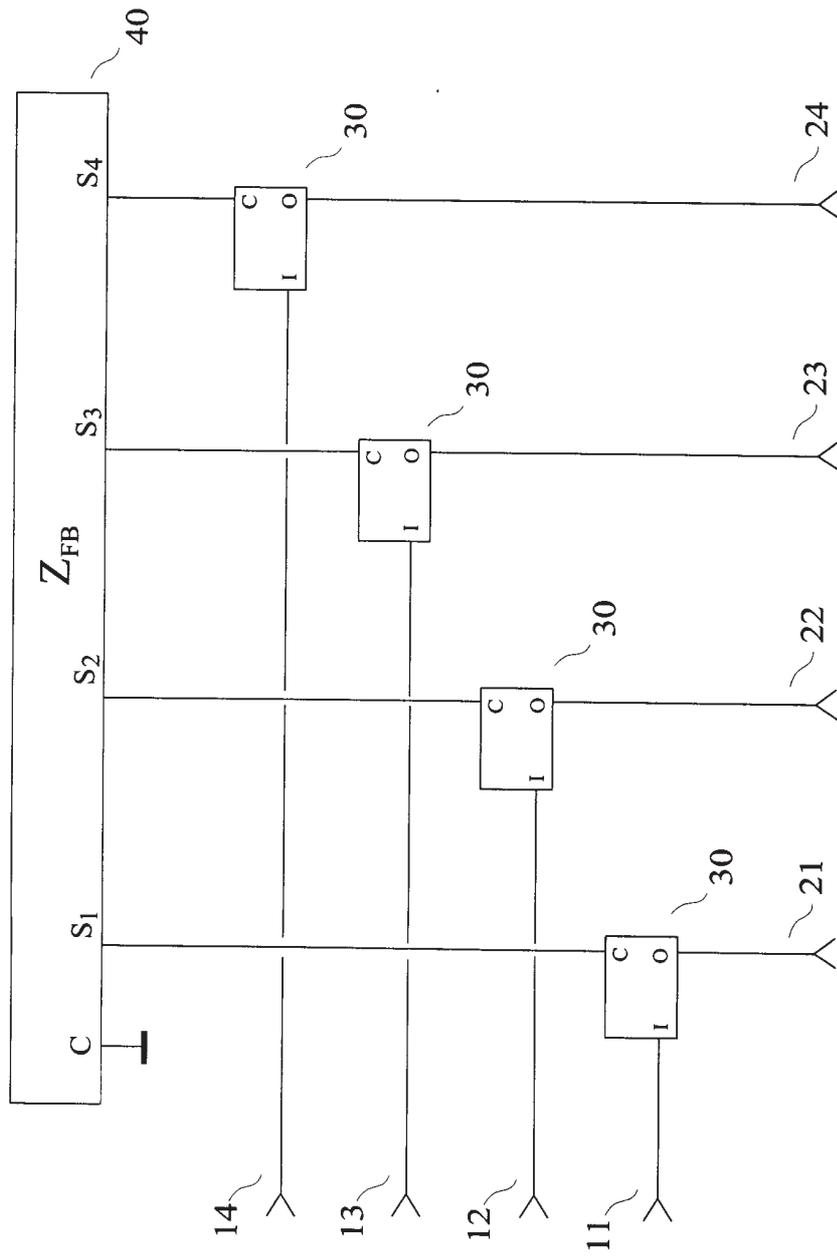


FIG. 1

2 / 3

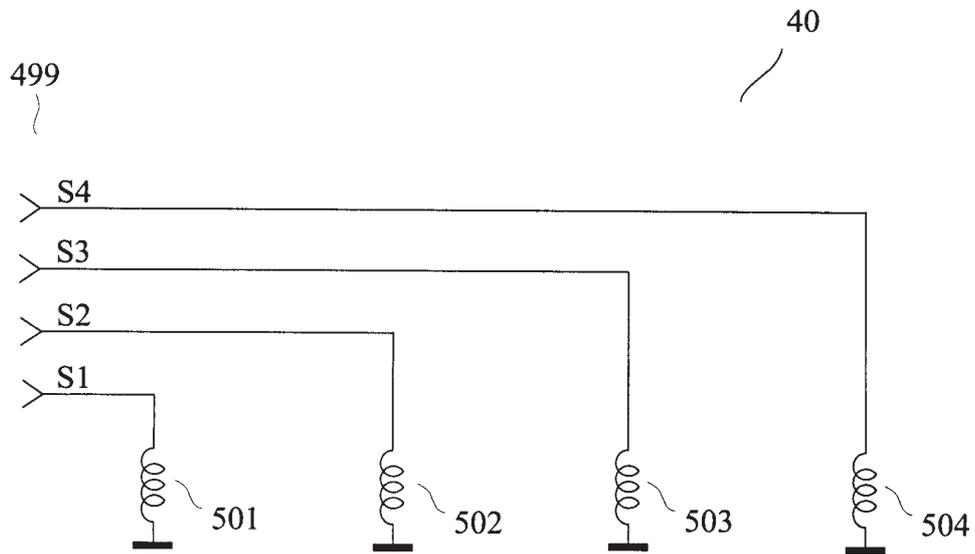


FIG. 2

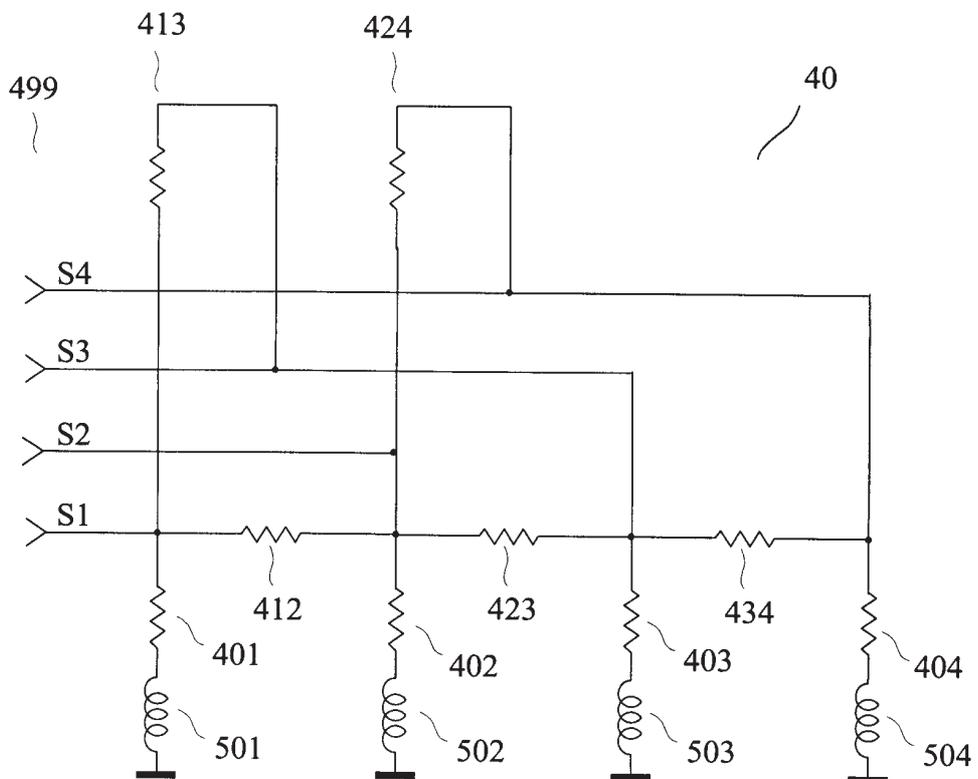


FIG. 3

3 / 3

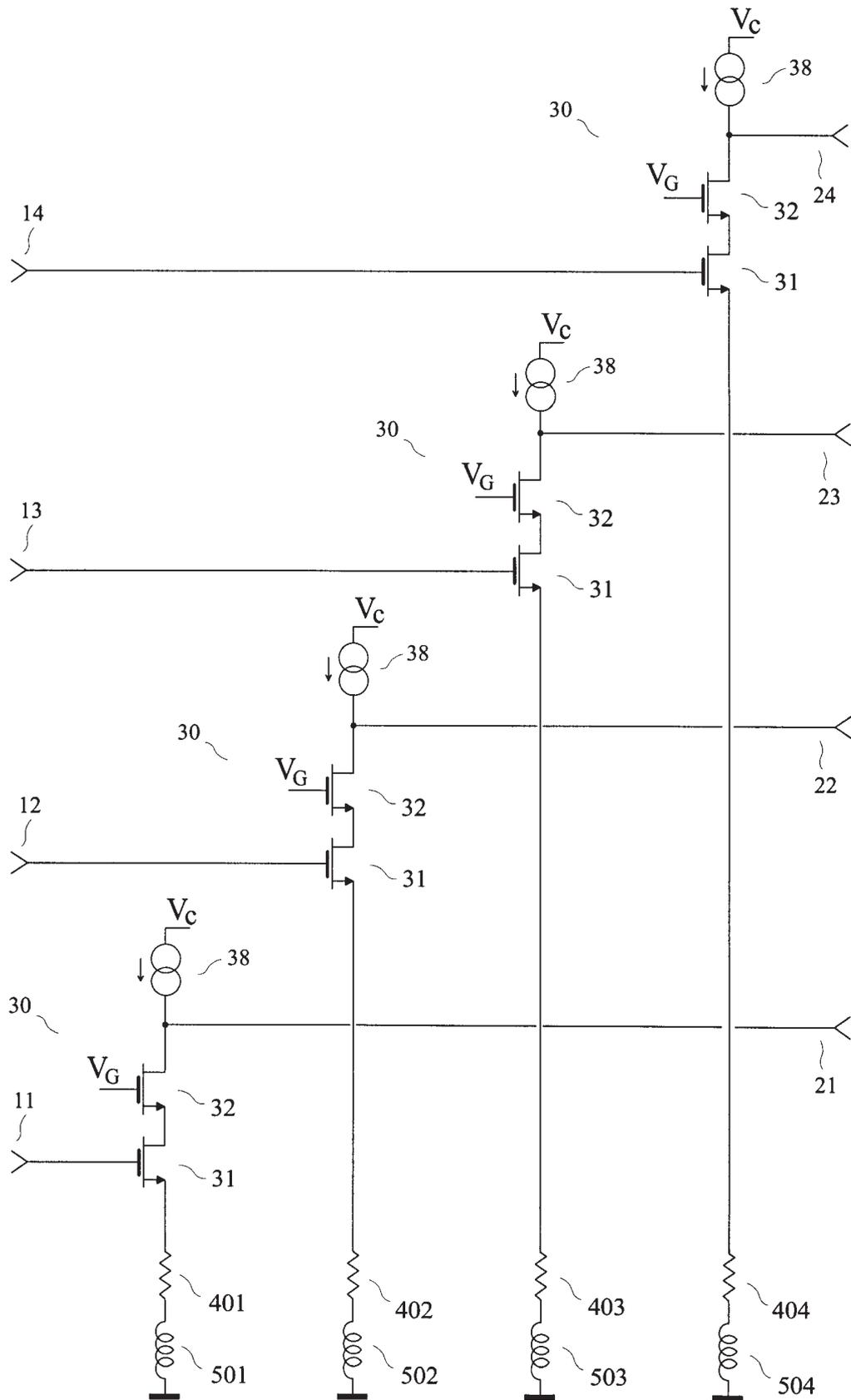


FIG. 4

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

Après l'accomplissement de la procédure prévue par les textes rappelés ci-dessus, le brevet est délivré. L'Institut National de la Propriété Industrielle n'est pas habilité, sauf dans le cas d'absence **manifeste** de nouveauté, à en refuser la délivrance. La validité d'un brevet relève exclusivement de l'appréciation des tribunaux.

L'I.N.P.I. doit toutefois annexer à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention. Ce rapport porte sur les revendications figurant au brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n' étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1.ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION	
Référence des documents (avec indication, le cas échéant, des parties pertinentes)	Revendications du brevet concernées
NEANT	
2.ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL	
US 2005/275458 A1 (MUKHERJEE DEBANJAN US ET AL) 15 décembre 2005 (2005-12-15)	
US 6 690 243 B1 (HENRION WIDGE S US) 10 février 2004 (2004-02-10)	
3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES	
Référence des documents (avec indication, le cas échéant, des parties pertinentes)	Revendications du brevet concernées
NEANT	