

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

①1 N° de publication : **2 918 523**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **07 04889**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 04 B 3/18** (2006.01), H 05 K 1/02, H 03 K 19/0185,
H 04 B 3/32

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 DISPOSITIF D'INTERFACE PSEUDO-DIFFERENTIEL AVEC CIRCUIT D'EQUILIBRAGE.

②2 Date de dépôt : 06.07.07.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 09.01.09 Bulletin 09/02.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 11.02.11 Bulletin 11/06.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

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

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

⑦3 Titulaire(s) : EXCEM Société par actions simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : EXCEM.

FR 2 918 523 - B1



Dispositif d'interface pseudo-différentiel avec circuit d'équilibrage.

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

L'invention concerne un dispositif d'interface pour les transmissions pseudo-différentielles dans les interconnexions servant à transmettre une pluralité de signaux électriques, telles que les interconnexions réalisées avec des câbles multiconducteurs, ou avec les pistes d'un circuit imprimé, ou encore à l'intérieur d'un circuit intégré.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Considérons le problème de la transmission dans une interconnexion, pour obtenir m voies de transmission, m étant un entier supérieur ou égal à 2. Chaque voie de transmission peut être utilisée pour transmettre des signaux de type quelconque, par exemple des signaux analogiques ou des signaux numériques, entre une source et un destinataire. Nous considérons ici qu'un signal numérique est un signal dont la valeur n'est définie qu'à des instants discrets, l'ensemble des valeurs que peut prendre ce signal étant discret. Nous considérons aussi que chaque valeur d'un signal numérique correspond à un intervalle de tension ou de courant. Cette définition d'un signal numérique comme un "signal numérique défini par des intervalles de tension ou de courant" inclut :

- les signaux binaires utilisés en signalisation binaire, c'est-à-dire tout signal tel que, dans chaque voie de transmission, l'ensemble des valeurs que peut prendre ce signal a 2 éléments ;
- les signaux N -aires (N étant un entier supérieur ou égal à 3) utilisés en signalisation multiniveau (en anglais: multilevel signaling), c'est-à-dire tout signal tel que, dans chaque voie de transmission, l'ensemble des valeurs que peut prendre ce signal a N éléments.

Les signaux binaires sont ceux qui sont aujourd'hui le plus fréquemment utilisés par les circuits intégrés numériques, par exemple les circuits intégrés de la famille HCMOS bien connue des spécialistes. Les signaux multiniveau, par exemple les signaux quaternaires (parfois appelés PAM-4 ou 4-PAM), sont utilisés pour obtenir des débits de décision élevés. L'utilisation de tels signaux multiniveau est par exemple discutée dans l'article de J. L. Zerbe *et al* intitulé "1.6 Gb/s/pin 4-PAM Signaling and Circuits for a Multidrop Bus", paru dans le *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 36, No. 5, en mai 2005.

Nous considérerons que tout signal ne satisfaisant pas à cette définition d'un signal numérique est un signal analogique. Par conséquent, le résultat de tout type de modulation d'une porteuse par un signal numérique sera considéré comme un signal analogique.

Le procédé de transmission le plus simple pour obtenir m voies de transmission utilise m liaisons unifilaires, aussi appelées liaisons asymétriques (single-ended links en anglais).

Avec m liaisons unifilaires, chaque voie de transmission utilise un conducteur de transmission de l'interconnexion, et le conducteur de référence (masse) est utilisé pour le courant de retour produit par les courants circulant sur les m conducteurs de transmission. Ce procédé est vulnérable au bruit produit par des couplages électromagnétiques entre des conducteurs de ladite interconnexion et d'autres conducteurs proches, par exemple lorsque ladite interconnexion et ces autres conducteurs sont réalisés sur un même circuit imprimé.

Cependant, il existe des procédés de transmission destinés à procurer une bonne protection contre le bruit produit par les couplages électromagnétiques non voulus : les liaisons différentielles (voir par exemple le livre de H. W. Johnson et M. Graham intitulé *High-speed digital design: a handbook of black magic*, publié par Prentice Hall PTR), et les liaisons pseudo-différentielles.

Un système de transmission différentiel procurant m voies de transmission utilise une interconnexion ayant $2m$ conducteurs de transmission. Un système de transmission pseudo-différentiel procurant m voies de transmission utilise une interconnexion à m conducteurs de transmission et un conducteur commun distinct du conducteur de référence (masse).

Des dispositifs d'interface pour les transmissions pseudo-différentielles sont par exemple décrits dans le brevet des États-Unis d'Amérique numéro 5,818,261 intitulé "Pseudo-differential bus driver/receiver for field programmable devices", dans le brevet des États-Unis d'Amérique numéro 5,994,925 intitulé "Pseudo-differential logic receiver", dans le brevet des États-Unis d'Amérique numéro 6,195,395 intitulé "Multi-agent pseudo-differential signaling scheme", et dans le brevet des États-Unis d'Amérique numéro 7,099,395 intitulé "Reducing coupled noise in pseudo-differential signaling".

Deux systèmes de transmission pseudo-différentiels procurant chacun $m = 4$ voies de transmission sont représentés sur les figures 1 et 2, ces systèmes comportant chacun :

- une interconnexion (1) ayant $m = 4$ conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) plus un conducteur commun (10) distinct du conducteur de référence (7) ;
- un circuit d'émission (5) recevant en entrée les signaux des 4 voies de la source (2) ;
- un circuit de réception (6) ayant sa sortie connectée au destinataire (3).

Le circuit d'émission (5) reçoit en entrée les signaux des 4 voies de la source (2) et ses 5 bornes de sortie sont connectées aux $m + 1 = 5$ conducteurs de l'interconnexion (1), un de ces conducteurs étant le conducteur commun (10). Le circuit de réception (6) a ses 5 bornes d'entrée connectées aux conducteurs de l'interconnexion (1), un de ces conducteurs étant le conducteur commun (10). Le circuit de réception (6) produit sur ses bornes de sortie connectées au destinataire (3) des tensions, chacune de ces tensions étant déterminée par une et une seule des tensions entre un des conducteurs de transmission et le conducteur commun. Les systèmes des figures 1 et 2 procurent 4 voies de transmission, telles que les signaux des 4 voies d'une source (2) sont transmis aux 4 voies du destinataire (3).

Sur les figures 1 et 2, nous trouvons une terminaison (4), comme dans ledit brevet des États-Unis d'Amérique numéro 6,195,395. Dans le cas de la figure 1, la terminaison (4) est constituée de $m = 4$ résistances (401) (402) (403) (404) connectées chacune entre un conducteur de transmission et la masse. Dans le cas de la figure 2, la terminaison (4) est constituée de $m + 1 = 5$ résistances, $m = 4$ résistances (401) (402) (403) (404) étant connectées comme dans la figure 1, et une résistance (410) étant connectée entre le conducteur commun et le conducteur de référence.

Dans les figures 1 et 2, au lieu d'être connectées à la masse, les résistances de la terminaison (4) pourraient être connectées à un noeud destiné à présenter une tension fixe par rapport à la masse, par exemple à une tension d'alimentation. Cette technique est par exemple utilisée dans le procédé de signalisation pseudo-différentielle utilisant des circuits intégrés de la famille Gunning Transceiver Logic (GTL) bien connue des spécialistes. Chaque résistance connectée à un conducteur de l'interconnexion (1) pourrait aussi être remplacée par un autre type de terminaison connu (voir par exemple le chapitre 6 du livre de H. W. Johnson et M. Graham mentionné ci-dessus), par exemple par une "terminaison partagée" (en anglais: "split termination" ou "Thevenin termination") comportant 2 résistances, la première étant insérée entre ce conducteur de l'interconnexion et la masse, la seconde étant insérée entre ce conducteur de l'interconnexion et un noeud présentant une tension fixe par rapport à la masse.

Comme indiqué dans les dits brevets des États-Unis d'Amérique numéro 5,818,261, numéro 5,994,925, numéro 6,195,395 et numéro 7,099,395, le conducteur commun est utilisé principalement pour procurer une tension de référence fixe, et n'est pas utilisé pour la transmission des signaux dans les dites m voies de transmission.

Par conséquent, lorsque le circuit d'émission émet des signaux, les courants injectés dans les conducteurs de transmission sont associés à des courants de retour circulant principalement dans le conducteur de référence ou dans un conducteur d'alimentation. Le spécialiste comprend que cette situation crée souvent des couplages non voulus avec d'autres circuits électroniques proches de l'interconnexion.

Les spécialistes comprennent que les terminaisons (4) des figures 1 et 2 sont utilisées pour réduire les réflexions, et que de telles terminaisons produisent des courants de retour circulant principalement dans le conducteur de référence ou dans un conducteur d'alimentation. Par conséquent, ces terminaisons augmentent la génération de perturbations électromagnétiques pouvant dégrader les performances des circuits proches, et la vulnérabilité aux perturbations électromagnétiques produites par des circuits proches.

La demande de brevet français numéro 07/04421 du 21 juin 2007, intitulée "Dispositif d'interface pseudo-différentiel avec circuit de terminaison" décrit des terminaisons qui ne produisent pas de courants de retour circulant principalement dans le conducteur de référence ou dans un conducteur d'alimentation. De telles terminaisons peuvent donc être utilisées pour

améliorer les transmissions pseudo-différentielles. Cependant, les circuits d'émission pour transmission pseudo-différentielle de l'état de l'art antérieur produisent néanmoins des courants de retour circulant principalement dans le conducteur de référence ou dans un conducteur d'alimentation. Par conséquent, à cause des limitations de ces circuits d'émission connus, les systèmes de transmission pseudo-différentiels connus génèrent des perturbations électromagnétiques pouvant dégrader les performances des circuits proches, et sont vulnérables aux perturbations électromagnétiques produites par des circuits proches.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

Le dispositif d'interface selon l'invention a pour but de produire une transmission pseudo-différentielle dans une interconnexion à deux ou plus de deux conducteurs de transmission, cette transmission présentant des couplages non voulus réduits.

L'invention concerne un dispositif pour la transmission de signaux dans une pluralité de voies de transmission, dans une bande de fréquences connue, comportant :

m bornes signal, une borne commune et une borne de référence (masse), les bornes signal et la borne commune étant destinées à être connectées à une interconnexion ayant au moins $m + 1$ conducteurs, m étant un entier supérieur ou égal à 2, ladite borne commune n'étant pas connectée à ladite borne de référence ;

un circuit d'émission recevant q "signaux d'entrée du circuit d'émission" correspondant chacun à une voie de transmission, q étant un entier supérieur ou égal à 2 et inférieur ou égal à m , la sortie du circuit d'émission étant couplée à au moins q des dites bornes signal, la sortie du circuit d'émission délivrant, quand le circuit d'émission est dans l'état activé, q variables de transmission, chaque variable de transmission étant soit une tension entre une des dites bornes signal et ladite borne commune soit un courant sortant d'une des dites bornes signal, chaque variable de transmission étant principalement déterminée par un et un seul des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission" ;

un circuit d'équilibrage délivrant, lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, un courant dans ladite borne commune, le courant total sortant de ladite borne commune étant, lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, dans au moins une partie de ladite bande de fréquences connue, approximativement égal à une somme de trois termes, le premier terme étant un courant constant, le deuxième terme étant l'opposé de la somme des courants sortant des dites bornes signal et le troisième terme étant le courant qui sortirait d'un dipôle passif soumis à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence.

Selon l'invention, la borne commune n'est pas connectée à la borne de référence, pour

permettre le fonctionnement du dit circuit d'équilibrage. Dans la suite, les expressions "est dans l'état désactivé" et "n'est pas dans l'état activé" sont équivalentes.

Selon l'invention, chaque variable de transmission délivrée par ledit circuit d'émission est déterminée par un et un seul des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission", quand le
 5 circuit d'émission est dans l'état activé. Selon l'invention, il est possible qu'il existe un état désactivé du circuit d'émission, dans lequel le comportement du circuit d'émission est différent. Cependant, l'existence d'un état désactivé du circuit d'émission n'est nullement une caractéristique de l'invention.

Selon l'invention, ledit dipôle utilisé pour modéliser le courant sortant de ladite borne
 10 commune est un dipôle passif au sens de la théorie des circuits (un élément de circuit passif est un élément de circuit dans lequel l'énergie absorbée peut seulement être positive ou nulle), mais ce dipôle n'est pas nécessairement linéaire. Ledit troisième terme peut donc être le courant qui sortirait d'un dipôle passif non linéaire, par exemple une diode. Inversement, ledit troisième terme peut être le courant qui sortirait d'un dipôle passif linéaire, par exemple une
 15 résistance. Par conséquent, un dispositif selon l'invention peut être tel que ledit courant total sortant de ladite borne commune est, lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, dans au moins une partie de ladite bande de fréquences connue, approximativement égal à une somme de trois termes, le premier terme étant un courant constant, le deuxième terme étant l'opposé de la somme des courants sortant des dites bornes signal et le troisième terme étant
 20 le courant qui sortirait d'un dipôle linéaire passif soumis à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence.

Selon l'invention, la sortie du dit circuit d'émission est couplée à au moins q des dites bornes signal. La sortie du dit circuit d'émission peut être aussi couplée à ladite borne commune. Par exemple, nous verrons que la sortie du circuit d'émission du septième mode de
 25 réalisation, montré sur la figure 11, est couplée à la borne commune. Inversement, la sortie du dit circuit d'émission peut ne pas être couplée à ladite borne commune. Par exemple, nous verrons que la sortie du circuit d'émission du deuxième mode de réalisation, montré sur la figure 5, et la sortie du circuit d'émission du sixième mode de réalisation, montré sur la figure 9, ne sont pas couplées à la borne commune.

30 Numérotons de 1 à m les dites bornes signal. Pour tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à m , notons i_j le courant sortant de la borne signal numéro j . Selon l'invention, si nous notons i_{c0} ledit courant constant du dit premier terme, si nous notons Y_D l'admittance, à une fréquence f donnée dans ladite partie de ladite bande de fréquences connue, du dit dipôle linéaire passif soumis à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence et
 35 si nous notons v_C la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence, le courant i_C sortant de ladite borne commune est tel que

$$\text{si } f \neq 0 \quad i_C \approx -\sum_{\alpha=1}^m i_\alpha - Y_D v_C \quad (1)$$

$$\text{et si } f = 0 \quad i_C \approx i_{C0} - \sum_{\alpha=1}^m i_\alpha - Y_D v_C \quad (2)$$

Les spécialistes comprennent comment ils peuvent réaliser un circuit d'équilibrage utilisé dans le dispositif d'interface selon l'invention.

5 Un dispositif selon l'invention peut comporter un circuit de réception délivrant, quand le circuit de réception est dans l'état activé, p "signaux de sortie du circuit de réception" correspondant chacun à une voie de transmission, p étant un entier supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à m , l'entrée du circuit de réception étant couplée à au moins p des dites bornes signal et à ladite borne commune, chacun des dits "signaux de sortie du circuit de
10 réception" étant principalement déterminé par la tension entre une des dites bornes signal et ladite borne commune.

Si le dispositif selon l'invention comporte ledit circuit de réception, ce circuit de réception délivre des "signaux de sortie du circuit de réception" correspondant chacun à une voie de transmission, quand le circuit de réception est dans l'état activé. Dans ce cas, selon
15 l'invention, il est possible qu'il existe un état désactivé du circuit de réception, dans lequel le comportement du circuit de réception est différent. Cependant, l'existence d'un état désactivé du circuit de réception n'est nullement une caractéristique de l'invention.

Un dispositif selon l'invention peut être tel que ledit circuit d'équilibrage, ledit circuit d'émission et ledit circuit de réception (si le dispositif selon l'invention comporte un circuit
20 de réception) sont tous deux à deux sans parties communes. Par conséquent, un dispositif selon l'invention peut être tel que ledit circuit d'équilibrage n'a pas de partie commune avec ledit circuit d'émission. Inversement, un dispositif d'interface selon l'invention peut être tel que ledit circuit d'équilibrage, ledit circuit d'émission et ledit circuit de réception (si le dispositif selon l'invention comporte un circuit de réception) ne sont pas tous deux à deux sans parties
25 communes. Cette possibilité sera discutée ci-dessous, dans la présentation des troisième et cinquième modes de réalisation de l'invention. En particulier, un dispositif selon l'invention peut être tel que ledit circuit d'équilibrage a au moins une partie commune avec ledit circuit d'émission.

Même dans le cas d'un dispositif selon l'invention dans lequel ledit circuit
30 d'équilibrage, ledit circuit d'émission et ledit circuit de réception (si le dispositif selon l'invention comporte un circuit de réception) ne sont pas tous deux à deux sans parties communes, le spécialiste comprend que les fonctions du circuit d'équilibrage, du circuit d'émission et du circuit de réception (si le dispositif selon l'invention comporte un circuit de réception) sont distinctes. La définition d'un dispositif selon l'invention, cette définition étant

basée sur la présence d'un circuit d'équilibrage, d'un circuit d'émission et éventuellement d'un circuit de réception, doit donc être interprétée comme une définition relative à des fonctions.

Un dispositif selon l'invention peut être utilisé de façon telle que ladite interconnexion et les autres dispositifs couplés à ladite interconnexion se comportent approximativement, du point de vue du dispositif selon l'invention, dans une bande de fréquences spécifiée, comme un réseau constitué premièrement d'un circuit isolé ayant exactement $m + 1$ bornes, chaque borne du circuit isolé étant connectée soit à une des dites bornes signal soit à ladite borne commune, et deuxièmement d'un dipôle passif connecté entre ladite borne commune et ladite borne de référence. Dans la suite, nous appellerons "l'utilisation envisagée" cette utilisation, mais "l'utilisation envisagée" n'est qu'un exemple non limitatif de mise en oeuvre d'un dispositif selon l'invention. Dans "l'utilisation envisagée", le spécialiste comprend que :

- lorsque le circuit d'émission du dispositif selon l'invention est dans l'état activé, les signaux transmis à travers l'interconnexion par le circuit d'émission ne sont associés à aucun courant circulant dans le conducteur de référence ;
- le but de procurer une transmission pseudo-différentielle présentant des couplages non voulus réduits est atteint ;
- ledit circuit isolé peut être passif, cas dans lequel "l'utilisation envisagée" correspond à une transmission unidirectionnelle ;
- ledit circuit isolé peut parfois générer des signaux, cas dans lequel "l'utilisation envisagée" peut correspondre à une transmission bidirectionnelle.

Ladite interconnexion ayant $m + 1$ conducteurs peut être réalisée avec un câble. Ladite interconnexion peut aussi être réalisée sans câble, par exemple une interconnexion réalisée dans ou sur un circuit imprimé rigide ou flexible (en utilisant des pistes et/ou des surfaces de cuivre), ou une interconnexion réalisée dans ou sur le substrat d'un module multi-puces (en anglais: multi-chip module ou MCM) ou d'un circuit hybride, ou une interconnexion réalisée à l'intérieur d'un circuit intégré monolithique.

Les explications qui seront fournies plus bas pour les modes de réalisation de l'invention montrent qu'un dispositif selon l'invention peut être tel qu'il ne comporte pas de transformateur. Cette caractéristique est essentielle pour réaliser un dispositif selon l'invention à l'intérieur d'un circuit intégré. Un dispositif selon l'invention peut être tel qu'il constitue une partie d'un circuit intégré, ladite interconnexion étant réalisée à l'intérieur du dit circuit intégré. Dans ce cas, il est possible que les dites m bornes signal et/ou ladite borne commune ne soient pas couplées à des broches du dit circuit intégré.

Un dispositif selon l'invention peut être tel qu'il constitue une partie d'un circuit intégré, chacune des dites m bornes signal étant couplée à une ou plusieurs broches du dit circuit intégré, ladite borne commune étant couplée à une ou plusieurs broches du dit circuit intégré. Cette configuration convient lorsque ladite interconnexion est réalisée à l'extérieur du

dit circuit intégré. Le spécialiste note que s'il y a de nombreuses bornes signal, par exemple plus de 16 bornes signal, la valeur absolue du courant pouvant circuler dans la borne commune peut devenir beaucoup plus grande que la valeur absolue maximale du courant circulant dans une seule borne signal. Par conséquent, dans ce cas, si une seule broche est attribuée à la borne commune, une dégradation de la transmission peut se produire pour des signaux rapides, à cause de l'inductance d'une connexion utilisant une seule broche. Dans ce cas, utiliser plusieurs broches pour la borne commune réduit cette inductance et améliore la transmission.

Un dispositif selon l'invention peut comporter un dispositif de terminaison tel que les circuits de terminaison décrits dans ladite demande de brevet français numéro 07/04421. Par conséquent, un dispositif selon l'invention peut comporter un circuit de terminaison couplé à chacune des dites bornes signal et à ladite borne commune, le circuit de terminaison étant, quand le circuit de terminaison est dans l'état activé, approximativement équivalent, pour lesdites bornes signal et ladite borne commune, à un réseau constitué de m branches, chacune des dites branches ayant une première borne et une seconde borne, chacune des dites branches étant constituée d'un dipôle passif connecté en série avec une source de tension délivrant une tension constante, la première borne de chacune des dites branches étant connectée à une et une seule des dites bornes signal, la seconde borne de chacune des dites branches étant connectée à ladite borne commune, chacune des dites bornes signal étant connectée à ladite première borne d'une et une seule des dites branches. Le circuit de terminaison dans l'état activé se comporte approximativement, pour lesdites bornes signal et ladite borne commune, comme un réseau comportant des dipôles passifs ayant chacun une borne maintenue à une tension fixe par rapport à ladite borne commune. Ladite tension fixe peut être positive, négative ou nulle. Ladite tension fixe peut être la même pour toutes les dites bornes maintenues à une tension fixe. Inversement, ladite tension fixe peut être différente pour au moins deux des dites bornes maintenues à une tension fixe.

Dans cette définition d'un circuit de terminaison, il est possible que les dits dipôles passifs puissent être considérés comme linéaires. Par conséquent, selon l'invention, ledit circuit de terminaison dans l'état activé peut être, pour lesdites bornes signal et ladite borne commune, approximativement équivalent à un réseau constitué de m branches, chacune des dites branches ayant une première borne et une seconde borne, chacune des dites branches étant constituée d'un dipôle linéaire passif connecté en série avec une source de tension délivrant une tension constante, la première borne de chacune des dites branches étant connectée à une et une seule des dites bornes signal, la seconde borne de chacune des dites branches étant connectée à ladite borne commune, chacune des dites bornes signal étant connectée à ladite première borne d'une et une seule des dites branches. Un tel circuit de terminaison dans l'état activé présente, par rapport à ladite borne commune, à toute fréquence, une matrice impédance diagonale d'ordre m . Selon l'invention, il est possible qu'il existe un

état désactivé du circuit de terminaison, dans lequel le comportement du circuit de terminaison est différent de celui défini ci-dessus. Cependant, l'existence d'un état désactivé du circuit de terminaison n'est nullement une caractéristique de l'invention.

Un dispositif d'interface selon l'invention peut être tel que ledit circuit de terminaison
5 est constitué d'un réseau de m résistances, chacune des dites résistances étant connectée entre une des dites bornes signal et ladite borne commune, chacune des dites résistances étant connectée à une borne signal différente.

Un circuit de terminaison constitué d'un réseau de résistances n'est cependant
10 nullement une caractéristique de l'invention. Selon un premier exemple, les concepteurs, en vue de réduire la puissance dissipée par le circuit de terminaison, peuvent choisir de ne permettre au circuit de terminaison d'être efficace que dans un intervalle de fréquences pertinent, par exemple en incluant des réactances appropriées dans le circuit de terminaison. Selon un deuxième exemple, le circuit de terminaison pourrait incorporer des composants
15 actifs, par exemple des transistors à effet de champ à grille isolée (MOSFET) opérant dans le régime ohmique. L'impédance du canal de tels composants peut être réglable par un moyen électrique. Par conséquent, ledit circuit de terminaison peut être tel que la matrice impédance, par rapport à ladite borne commune, du dit circuit de terminaison dans l'état activé peut être réglée par des moyens électriques.

Dans le cas où le circuit de terminaison a un état activé et un état désactivé,
20 l'impédance du canal d'un ou plusieurs MOSFET peut par exemple être contrôlée par un ou plusieurs signaux de contrôle prenant des valeurs différentes dans l'état activé et dans l'état désactivé. Par conséquent, ledit circuit de terminaison peut être tel que ledit circuit de terminaison a un état activé et un état désactivé, la matrice impédance, par rapport à ladite borne commune, du dit circuit de terminaison dans l'état activé étant différente de la matrice
25 impédance, par rapport à ladite borne commune, du dit circuit de terminaison dans l'état désactivé.

Dans le cas où le circuit de terminaison a un état activé et un état désactivé, des
composants tels que des transistors peuvent par exemple être utilisés comme des commutateurs ayant un état fermé et un état ouvert. Dans ce cas, les dits transistors peuvent par exemple être
30 dans l'état fermé quand le circuit de terminaison est dans l'état activé, et être dans l'état ouvert quand le circuit de terminaison est dans l'état désactivé. Par conséquent, ledit circuit de terminaison peut être tel que ledit circuit de terminaison a un état activé et un état désactivé, chaque courant circulant depuis ledit circuit de terminaison vers une des dites bornes signal étant pratiquement nul lorsque ledit circuit de terminaison est dans l'état désactivé. Les
35 concepteurs, en vue de réduire la puissance dissipée par le circuit de terminaison, peuvent choisir de mettre un tel circuit de terminaison dans l'état désactivé quand ledit circuit d'émission est dans l'état activé. Un tel circuit de terminaison peut par exemple utiliser un des

principes montrés sur les Figures 10 et 11 de ladite demande de brevet français numéro 07/04421.

Un dispositif d'interface selon l'invention peut être tel que ledit circuit de terminaison n'a pas de partie commune avec ledit circuit d'équilibrage et/ou avec ledit circuit d'émission
5 et/ou, si le dispositif selon l'invention comporte un circuit de réception, avec ledit circuit de réception. Inversement, un dispositif d'interface selon l'invention peut être tel que ledit circuit de terminaison a une ou plusieurs parties communes avec ledit circuit d'équilibrage et/ou avec ledit circuit d'émission et/ou, si le dispositif selon l'invention comporte un circuit de réception, avec ledit circuit de réception.

10 Selon l'invention, le nombre m de bornes signal peut être égal au nombre q de "signaux d'entrée du circuit d'émission". Dans le cas contraire, $m > q$, et les bornes signal qui ne sont pas attribuées à une variable de transmission peuvent avoir une autre fonction, par exemple fournir des tensions de référence ou l'alimentation.

Si le dispositif selon l'invention comporte ledit circuit de réception, le nombre m de
15 bornes signal peut être égal au nombre p de "signaux de sortie du circuit de réception". Dans le cas contraire, $m > p$, et les bornes signal qui ne sont pas utilisées pour déterminer un "signal de sortie du circuit de réception" peuvent avoir une autre fonction, par exemple recevoir des tensions de référence ou l'alimentation. Un dispositif d'interface selon l'invention peut en particulier être tel que m soit supérieur ou égal à trois.

20 Selon l'invention, les q "signaux d'entrée du circuit d'émission" peuvent par exemple être appliqués au circuit d'émission en utilisant q liaisons unifilaires. Selon l'invention, les q "signaux d'entrée du circuit d'émission" peuvent par exemple être appliqués au circuit d'émission en utilisant q liaisons différentielles. Selon l'invention, les p "signaux de sortie du circuit de réception" peuvent par exemple être délivrés en utilisant p liaisons unifilaires. Selon
25 l'invention, les p "signaux de sortie du circuit de réception" peuvent par exemple être délivrés en utilisant p liaisons différentielles.

Selon l'invention, le circuit d'émission et/ou le circuit de réception peuvent avoir une fonction de filtrage, par exemple en vue de l'obtention d'une pré-accentuation, d'une désaccentuation ou d'une égalisation améliorant la transmission. Il devient alors nécessaire
30 de synthétiser les filtres correspondants, soit sous la forme de filtres analogiques, soit sous la forme de filtres numériques, par une des nombreuses méthodes connues des spécialistes.

Lorsque les pertes ne sont pas négligeables dans l'interconnexion, des distorsions de phase et d'amplitude peuvent se produire, dont on dit qu'elles sont les distorsions dues à la propagation. La réduction de ces distorsions peut être obtenue, dans un dispositif selon
35 l'invention, en utilisant une égalisation réduisant les effets des distorsions dues à la propagation, ladite égalisation étant mise en oeuvre dans ledit circuit d'émission et/ou dans ledit circuit de réception. Ce type de traitement, qui est aussi parfois appelé compensation, est

bien connu des spécialistes et peut être mis en oeuvre en utilisant un traitement analogique du signal ou un traitement numérique du signal. Les spécialistes savent qu'il est classique d'utiliser des algorithmes adaptatifs pour mettre en oeuvre ce type de traitement dans les récepteurs pour transmission de données. Un dispositif selon l'invention peut utiliser une
 5 égalisation adaptative. Ce type de traitement est bien connu des spécialistes et est souvent mis en oeuvre en utilisant un traitement numérique du signal.

BRÈVE PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTES FIGURES

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

- la figure 1 représente un premier système de transmission pseudo-différentiel comportant une interconnexion à quatre conducteurs de transmission, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 2 représente un deuxième système de transmission pseudo-différentiel
 15 comportant une interconnexion à quatre conducteurs de transmission, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 3 représente un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 montre un réseau équivalent pour le premier mode de réalisation de l'invention ;
- 20 - la figure 5 représente un circuit d'émission et un circuit d'équilibrage utilisés dans le deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 6 représente un circuit d'émission et un circuit d'équilibrage utilisés dans les troisième et quatrième modes de réalisation de l'invention ;
- la figure 7 représente un circuit de réception et un circuit de terminaison utilisés
 25 dans le quatrième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 8 représente un circuit d'émission et un circuit d'équilibrage utilisés dans un cinquième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 9 représente un circuit d'émission et un circuit d'équilibrage utilisés dans un sixième mode de réalisation de l'invention ;
- 30 - la figure 10 représente le symbole utilisé pour un amplificateur de différence différentiel totalement équilibré ;
- la figure 11 représente un circuit d'émission et un circuit d'équilibrage utilisés dans un septième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 12 représente un circuit d'émission et un circuit d'équilibrage utilisés
 35 dans un huitième mode de réalisation de l'invention.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE CERTAINS MODES DE RÉALISATION

Premier mode de réalisation.

Au titre d'un premier mode de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 3 un dispositif
5 d'interface selon l'invention réalisé à l'intérieur d'un circuit intégré, comportant $m = 4$ bornes signal (101) et une borne commune (100), les bornes signal (101) et la borne commune (100) étant destinées à être connectées à une interconnexion ayant au moins $m + 1 = 5$ conducteurs.

Un circuit d'émission (5) reçoit $q = 4$ "signaux d'entrée du circuit d'émission" provenant d'une source (2), la sortie du circuit d'émission étant couplée aux 4 bornes signal
10 (101) et à la borne commune (100). La sortie du circuit d'émission (5) délivre, quand le circuit d'émission est dans l'état activé, $q = 4$ variables de transmission, chaque variable de transmission étant une tension entre une des dites bornes signal (101) et ladite borne commune (100), chaque variable de transmission étant principalement déterminée par un seul des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission". Lorsque le circuit d'émission (5) n'est pas dans l'état
15 activé, sa sortie présente une haute impédance, de sorte que le circuit d'émission (5) ne produit pas de variables de transmission et ne cause qu'un courant négligeable à travers les bornes signal (101) et la borne commune (100).

Un circuit de réception (6) délivre, quand le circuit de réception est dans l'état activé, $p = 4$ "signaux de sortie du circuit de réception" correspondant chacun à une voie de
20 transmission, l'entrée du circuit de réception étant couplée aux 4 bornes signal (101) et à la borne commune (100), chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" étant déterminé par la tension entre une des dites bornes signal (101) et ladite borne commune (100). Les "signaux de sortie du circuit de réception" sont délivrés au destinataire (3). Lorsque le circuit de réception (6) n'est pas dans l'état activé, sa sortie présente une haute impédance, de
25 sorte que le circuit de réception (6) ne délivre pas de "signal de sortie du circuit de réception".

Les spécialistes connaissent plusieurs méthodes adaptées à produire un état haute impédance à la sortie du circuit d'émission (5) et à la sortie du circuit de réception (6). La possibilité de contrôler l'état activé d'un circuit d'émission et/ou d'un circuit de réception est habituellement utilisée dans les architectures en bus de données. Nous notons que les circuits
30 nécessaires pour contrôler l'état activé du circuit d'émission (5) et du circuit de réception (6) à un instant donné ne sont pas représentés sur la figure 3. Nous notons aussi que les lignes d'adresse et/ou de contrôle nécessaires pour coordonner l'état activé du circuit d'émission (5) et du circuit de réception (6) avec le fonctionnement des autres entités connectées à un tel bus ne sont pas représentées sur la figure 3. Ces lignes d'adresse et/ou de contrôle pourraient être
35 des conducteurs de ladite interconnexion.

Le circuit d'équilibrage (9) est tel que, lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, le courant i_c sortant de la borne commune (100) est voisin de la somme de trois termes, le premier terme étant un courant constant i_{c0} , le deuxième terme étant l'opposé $-(i_1 + i_2 + i_3 + i_4)$ de la somme des courants i_1, i_2, i_3 et i_4 sortant des bornes signal (101) et le troisième terme

5 étant le courant qui sortirait d'un dipôle linéaire passif soumis à la tension entre la borne commune et un noeud de référence du circuit intégré. Dans le cas où la tension v_c entre la borne commune et ledit noeud de référence est sinusoïdale, le troisième terme est le courant $-v_c Y_D$ qui sortirait du dipôle linéaire passif d'admittance Y_D . Nous retrouvons ici les équations (1) et (2).

10 Une interconnexion couplée aux bornes signal (101) et à la borne commune (100) voit un élément de circuit ayant $m + 2 = 6$ bornes si nous incluons la borne de référence (masse). La figure 4 montre un réseau équivalent de l'élément de circuit à $m + 2$ bornes vu par l'interconnexion lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, dans une mise en oeuvre idéale. Les spécialistes comprennent qu'un tel réseau équivalent permet seulement de

15 déterminer les tensions entre ces 6 bornes et les courants sortant de ces bornes. Sur la figure 4, on trouve un circuit isolé (81) ayant exactement $m + 1$ bornes, un dipôle linéaire passif (82) d'admittance Y_D et une source de courant (83) fournissant le courant constant i_{c0} . Le circuit isolé (81) n'est pas nécessairement linéaire. L'admittance du dipôle linéaire passif (82) peut dépendre de la fréquence. Le circuit isolé (81) ayant exactement $m + 1$ bornes, le courant

20 sortant de sa borne connectée à la borne commune (100) est exactement $-(i_1 + i_2 + i_3 + i_4)$. Par conséquent, le circuit de la figure 4 satisfait aux équations (1) et (2). Nous notons que la source de courant (83) de la figure 4 ne correspond pas au circuit d'équilibrage (9) de la figure 3 : la source de courant (83) de la figure 4 n'est qu'un élément de circuit du schéma équivalent de l'élément de circuit à $m + 2$ bornes vu par l'interconnexion, dans une mise en oeuvre idéale.

25 Le spécialiste comprend que, dans une mise en oeuvre réelle, il est possible que le courant sortant de la borne commune (100) ne corresponde pas exactement à ladite somme de trois termes. Le schéma équivalent de la figure 4 n'est donc qu'une approximation.

Le spécialiste comprend comment il peut, en utilisant des techniques antérieures, concevoir un circuit d'émission (5) délivrant des variables de transmission quand le circuit

30 d'émission est dans l'état activé, chaque variable de transmission étant une tension entre une des dites bornes signal (101) et ladite borne commune (100). Des exemples de circuits d'émission convenables pour délivrer de telles variables de transmission seront donnés dans les présentations du sixième mode de réalisation et du septième mode de réalisation.

Le spécialiste comprend qu'un récepteur pour signaux pseudo-différentiels de l'état de

35 l'art antérieur peut être utilisé comme circuit de réception (6) délivrant des "signaux de sortie du circuit de réception" quand le circuit de réception est dans l'état activé, chacun des "signaux de sortie du circuit de réception" étant déterminé par la tension entre une des dites bornes

signal (101) et ladite borne commune (100).

Deuxième mode de réalisation.

- Le deuxième mode de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, comporte le circuit d'émission et le circuit d'équilibrage montrés sur la figure 5, dans laquelle :
- chacun des $q = 3$ "signaux d'entrée du circuit d'émission" est appliqué à une entrée (57) qui est du type entrée unifilaire ;
 - chacune des $q = 3$ entrées (57) correspond à une cellule à trois transistors constituée d'un transistor d'entrée (511) et d'un miroir de courant comportant deux transistors (512) (513) ;
 - 10 - chacune des $m = 3$ bornes signal (101) est couplée au drain du transistor de sortie (513) de la cellule à trois transistors correspondante ;
 - le circuit d'émission est constitué des trois cellules à trois transistors, donc de 9 transistors (511) (512) (513) ;
 - les sources des transistors d'entrée (511) sont connectées à l'entrée d'un miroir de courant
 - 15 comportant deux transistors (911) (912) ;
 - la borne commune (100) est connectée au drain du transistor de sortie (911) de ce miroir de courant ;
 - le circuit d'équilibrage est constitué de ce miroir de courant (911) (912).

Notons que les sources des transistors de ce miroir de courant (911) (912) sont mises à la masse, le symbole de masse utilisé dans la figure 5 et dans les figures suivantes ayant exactement la même signification que l'autre symbole de masse utilisé dans les figures 1 à 4.

Le circuit d'émission montré sur la figure 5 délivre, quand la polarisation des entrées (57) est convenable, des variables de transmission, chaque variable de transmission étant un courant sortant d'une des bornes signal (101), chaque variable de transmission étant

25 approximativement déterminée par un seul des "signaux d'entrée du circuit d'émission", qui est une tension d'entrée. Le spécialiste comprend qu'appliquer une tension voisine de zéro entre chaque entrée (57) et la masse désactive le circuit d'émission représenté sur la figure 5, et que dans ce cas sa sortie présente une haute impédance.

Le spécialiste voit que les circuits représentés sur la figure 5 peuvent être dimensionnés pour que, pour des polarisations convenables des entrées (57), des bornes signal (101) et de

30 la borne commune (100), le courant sortant de la borne commune (100) soit voisin de l'opposé de la somme des courants sortant des bornes signal (101), c'est-à-dire

$$i_C \approx - \sum_{\alpha=1}^m i_{\alpha} \quad (3)$$

Cette équation approchée est indépendante de la fréquence et est compatible avec les équations (1) et (2), pour $i_{C0} = 0$ et pour $Y_D = 0$. En particulier, il est clair pour le spécialiste que les circuits représentés sur la figure 5 conviennent à “l’utilisation envisagée” définie ci-dessus.

Les circuits représentés sur la figure 5 sont tels que le circuit d’équilibrage et le circuit d’émission sont sans parties communes. Nous notons que, sur la figure 5, le circuit d’émission n’est pas couplé à la borne commune (100). Nous notons aussi que, sur la figure 5, quand le circuit d’émission est dans l’état activé, le courant instantané sortant de chaque borne signal (101) est positif et le courant instantané sortant de la borne commune (100) est négatif. Cependant, ceci n’est pas une caractéristique générale d’un dispositif selon l’invention.

10 Troisième mode de réalisation.

Le troisième mode de réalisation d’un dispositif d’interface selon l’invention, donné à titre d’exemple non limitatif, comporte le circuit d’émission et le circuit d’équilibrage représentés sur la figure 6, dans laquelle :

- chacun des $q = 3$ “signaux d’entrée du circuit d’émission” est appliqué à une entrée (57) qui est une entrée différentielle comportant 2 bornes (571) (572) ;
- chacune des $q = 3$ entrées (57) correspond à l’entrée d’une paire différentielle constituée de deux transistors (514) (913) dont les sources sont polarisées par une source de courant (515) fournissant un courant I pratiquement constant ;
- chacune des $m = 3$ bornes signal (101) est connectée au drain du premier transistor (514) de chacune des dites paires différentielles et à une source de courant (531) fournissant un courant voisin de $I/2$ et pratiquement constant ;
- la borne commune (100) est connectée aux drains des q seconds transistors (913) des dites paires différentielles et à une résistance (821) connectée à une borne d’alimentation.

Le spécialiste comprend que les sources de courant (515) (531) représentées sur la figure 6 sont des éléments de circuit idéaux qui peuvent être réalisées avec des composants réels, par exemple en utilisant des miroirs de courant. Le circuit d’émission montré sur la figure 6 délivre, quand le circuit d’émission est dans l’état activé, des variables de transmission, chaque variable de transmission étant un courant sortant d’une des bornes signal (101), chaque variable de transmission étant approximativement déterminée par un des “signaux d’entrée du circuit d’émission”.

Le spécialiste comprend qu’il est facile de réaliser un circuit contrôlant le paramètre I déterminant le courant fourni par les sources de courant (515) (531), et qu’un signal de contrôle “enable” peut assigner à ce paramètre une valeur voisine de zéro. Dans ce cas, le circuit d’émission représenté sur la figure 6 n’est pas dans l’état activé et sa sortie présente une haute impédance.

Le spécialiste voit que les circuits représentés sur la figure 6 produisent, à chacune des m bornes signal (101), un courant déterminé par un seul des “signaux d’entrée du circuit d’émission”, et tel que

$$i_C \approx -\frac{qI}{2} - \sum_{\alpha=1}^m i_\alpha + \frac{V_{CC} - v_C}{R_D} \quad (4)$$

- 5 où V_{CC} est la tension entre ladite borne d’alimentation et la borne de référence et où R_D est la valeur de la résistance (821). Cette équation est indépendante de la fréquence et est compatible avec les équations (1) et (2), pour

$$i_{C0} \approx \frac{V_{CC}}{R_D} - \frac{qI}{2} \quad (5)$$

- 10 et pour $Y_D = 1/R_D$. En particulier, il est clair pour le spécialiste que les circuits représentés sur la figure 6 conviennent à “l’utilisation envisagée” définie ci-dessus.

- Le spécialiste note que, sur la figure 6, pour des polarisations convenables des entrées (57), des bornes signal (101) et de la borne commune (100), tous les composants contribuent à la fonction du circuit d’émission et à la fonction du circuit d’équilibrage. Par conséquent, seule une décision arbitraire pourrait répartir les composants entre des composants n’appartenant qu’au circuit d’émission et des composants n’appartenant qu’au circuit d’équilibrage. Dans le cas de la figure 6, nous voyons donc que le circuit d’équilibrage a des parties communes avec le circuit d’émission.

Quatrième mode de réalisation.

- 20 Le quatrième mode de réalisation d’un dispositif d’interface selon l’invention, donné à titre d’exemple non limitatif, comporte :

- le circuit d’émission et le circuit d’équilibrage représentés sur la figure 6,
- le circuit de réception et le circuit de terminaison représentés sur la figure 7.

Le circuit d’émission et le circuit d’équilibrage représentés sur la figure 6 ont déjà été présentés dans les explications concernant le troisième mode de réalisation.

- 25 Dans le circuit de réception et le circuit de terminaison représentés sur la figure 7 :
- chacun des $p = 3$ “signaux de sortie du circuit de réception” est délivré à une sortie (68) qui est une sortie différentielle comportant 2 bornes (681) (682) ;
 - chacune des p sorties (68) correspond à la sortie d’une paire différentielle constituée de deux transistors (611) (612) dont les sources sont polarisées par une source de courant (613) et dont
 - 30 les drains sont polarisés par deux résistances (631) (632) ;
 - chacune des $m = 3$ bornes signal (101) est connectée à la grille du premier transistor (611) d’une des dites paires différentielles ;

- la borne commune (100) est connectée à la grille des p seconds transistors (612) des dites paires différentielles ;
- le circuit de terminaison est constitué de m résistances (411), chacune de ces résistances étant connectée entre une borne signal (101) et la borne commune (100), le circuit de réception étant

5 composé des autres composants montrés sur la figure 7.

Le spécialiste voit que le circuit de réception représenté sur la figure 7 produit à ses sorties p "signaux de sortie du circuit de réception" correspondant chacun à une des voies de transmission, chacun des "signaux de sortie du circuit de réception" étant déterminé par la tension entre une des dites bornes signal (101) et ladite borne commune (100).

10 Dans la figure 7, si nous négligeons les courants de grille des transistors (611) (612) des paires différentielles, seules les résistances (411) du circuit de terminaison produisent des courants dans les bornes signal (101) et dans la borne commune (100). Cependant, nous notons que les équations (4) et (5) restent applicables au dispositif selon l'invention.

Ce quatrième mode de réalisation convient à l'émission et à la réception de signaux
15 analogiques ou numériques.

Cinquième mode de réalisation.

Le cinquième mode de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, comporte le circuit d'émission et le circuit d'équilibrage représentés sur la figure 8, dans laquelle :

- 20 - chacun des $q = 3$ "signaux d'entrée du circuit d'émission" est appliqué à une entrée (57) qui est une entrée unifilaire ;
- chacune des $q = 3$ entrées (57) est reliée à la grille d'un premier transistor (516) formant avec un second transistor (914) une paire différentielle, les sources de cette paire différentielle étant polarisées par le drain d'un transistor (5151) de sortie d'un premier miroir de courant, ce drain
- 25 fournissant un courant I pratiquement constant ;
- une résistance (5153) définit le courant traversant le transistor (5152) d'entrée du dit premier miroir de courant ;
- le courant de drain d'un transistor (5154) de sortie du dit premier miroir de courant définit le courant traversant le transistor (5312) d'entrée d'un deuxième miroir de courant ;
- 30 - chacune des $m = 3$ bornes signal (101) est connectée au drain du premier transistor (516) d'une des dites paires différentielles et au drain d'un transistor (5311) de sortie du deuxième miroir de courant, ce drain fournissant un courant voisin de $I/2$ et pratiquement constant ;
- la borne commune (100) est connectée aux drains des q seconds transistors (914) des dites paires différentielles et au drain d'un transistor (915) de sortie du dit deuxième miroir de
- 35 courant, ce drain fournissant un courant voisin de $qI/2$ et pratiquement constant ;

- le circuit d'équilibrage est constitué des q seconds transistors (914) des paires différentielles et du transistor (915) de sortie du deuxième miroir de courant, le circuit d'émission étant composé des autres composants montrés sur la figure 8.

Le circuit d'émission montré sur la figure 8 délivre, quand le circuit d'émission est dans l'état activé, des variables de transmission, chaque variable de transmission étant un courant sortant d'une des bornes signal (101), chaque variable de transmission étant approximativement déterminée par un et un seul des "signaux d'entrée du circuit d'émission".

Le spécialiste voit que, comme dans le deuxième mode de réalisation, les circuits représentés sur la figure 8 produisent, pour des polarisations convenables des entrées (57), des bornes signal (101) et de la borne commune (100), un courant sortant de la borne commune (100) voisin de l'opposé de la somme des courants sortant des bornes signal (101), c'est-à-dire que l'équation (3) est applicable. En particulier, il est clair pour le spécialiste que les circuits représentés sur la figure 8 conviennent à "l'utilisation envisagée" définie ci-dessus.

Les circuits représentés sur la figure 8 sont définis de telle façon que le circuit d'équilibrage et le circuit d'émission sont sans parties communes. Cependant, il est clair que les q seconds transistors (914) des paires différentielles, définis comme faisant partie du circuit d'équilibrage, sont nécessaires au fonctionnement du circuit d'émission. Inversement, il est clair que les q transistors (5151) de sortie du premier miroir de courant fournissant chacun un courant I à une paire différentielle, définis comme faisant partie du circuit d'émission, sont nécessaires au fonctionnement du circuit d'équilibrage. Par conséquent, il serait également possible de considérer que le circuit d'équilibrage et le circuit d'émission ont des parties communes.

Nous notons que, sur la figure 8, quand le circuit d'émission est dans l'état activé, le courant instantané sortant de chaque borne signal (101) et le courant instantané sortant de la borne commune (100) peuvent prendre des valeurs positives et/ou négatives.

Ce cinquième mode de réalisation est destiné à transmettre des signaux numériques. Dans ce cinquième mode de réalisation, le dispositif d'interface selon l'invention comporte aussi un circuit de réception (non représenté sur la figure 8), qui peut être de n'importe quel type connu convenable de récepteur pseudo-différentiel pour signaux numériques, par exemple un des récepteurs pseudo-différentiels décrits dans les dits brevets des États-Unis d'Amérique numéro 5,994,925 et 7,099,395.

Sixième mode de réalisation.

Le sixième mode de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, comporte le circuit d'émission et le circuit d'équilibrage représentés sur la figure 9, dans laquelle :

- chacun des $q = 3$ "signaux d'entrée du circuit d'émission" est appliqué à une entrée (57) qui est une entrée différentielle comportant 2 bornes (571) (572) ;
- chacune des $q = 3$ entrées (57) correspond à l'entrée d'une paire différentielle constituée de deux transistors (517) (518) dont les sources sont polarisées par une source de courant (519) fournissant un courant I_1 pratiquement constant ;
- les drains des transistors (517) (518) des paires différentielles sont polarisés par des charges actives (520) (521) ;
- la tension de drain du premier transistor (517) de chaque paire différentielle est l'entrée d'un buffer de sortie (522) en drain commun dont la sortie est reliée à une des $m = 3$ bornes signal (101) ;
- les sources des charges actives (520) (521) et les drains des buffers de sortie (522) sont polarisés par une source de courant (916) fournissant un courant I_2 pratiquement constant, ce courant I_2 étant supérieur à qI_1 , et par un régulateur de tension shunt (917) maintenant une tension pratiquement constante par rapport à la borne commune (100) ;
- la borne commune (100) est connectée à une source de courant (918) fournissant un courant I_3 pratiquement constant, ce courant étant voisin de $I_2 - qI_1$;
- une résistance (822) est connectée en parallèle avec cette dernière source de courant (918) ;
- le circuit d'équilibrage est constitué de la source de courant (916) fournissant le courant I_2 , du régulateur de tension shunt (917), de la source de courant (918) fournissant le courant I_3 et de la résistance (822), le circuit d'émission étant composé des autres composants montrés sur la figure 9.

Le spécialiste comprend comment les sources de courant (519) (916) (918) représentées sur la figure 9 peuvent être réalisées avec des composants réels, par exemple en utilisant des miroirs de courant. Les circuits représentés sur la figure 9 produisent, à la borne commune (100), un courant tel que

$$i_C \approx - \sum_{\alpha=1}^m i_{\alpha} + \frac{V_C}{R_D} \quad (6)$$

où R_D est la valeur de la résistance (822). Cette équation est indépendante de la fréquence et est compatible avec les équations (1) et (2), pour $i_{C0} = 0$ et pour $Y_D = 1/R_D$. En particulier, il est clair pour le spécialiste que les circuits représentés sur la figure 9 conviennent à "l'utilisation envisagée" définie ci-dessus.

Le circuit d'émission montré sur la figure 9 délivre, quand le circuit d'émission est dans l'état activé, des variables de transmission, chaque variable de transmission étant une tension entre une des dites bornes signal (101) et ladite borne commune (100). Nous notons que le circuit d'émission représenté sur la figure 9 n'est pas connecté à la borne commune (100).

Le spécialiste comprend qu'il peut concevoir facilement un circuit contrôlant les

paramètres I_1 et I_2 déterminant les courants fournis par les sources de courant (519) (916) (918), et qu'un signal "enable" peut assigner à ces paramètres une valeur voisine de zéro. Dans ce cas, le circuit d'émission représenté sur la figure 9 n'est pas dans l'état activé et sa sortie présente une haute impédance.

5 Sur la figure 9, la résistance (822) pourrait être remplacée par le canal d'un transistor à effet de champ à grille isolée opérant dans le régime ohmique, présentant une admittance qui peut être réglée par des moyens électriques. Par conséquent, un dispositif pour la transmission de signaux selon l'invention peut être tel que ledit courant total sortant de ladite borne commune est, lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, voisin d'une somme de trois
10 termes, le premier terme étant un courant constant, le deuxième terme étant l'opposé de la somme des courants sortant des dites bornes signal et le troisième terme étant le courant qui sortirait d'un dipôle linéaire passif soumis à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence, ledit dipôle linéaire passif soumis à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence ayant une admittance réglable par des moyens électriques.

15 Septième mode de réalisation.

Le septième mode de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, est un exemple de dispositif selon l'invention comportant un circuit d'émission utilisant une contre-réaction, pour une meilleure précision.

La figure 10 représente un amplificateur de différence différentiel totalement équilibré
20 (ci-après appelé FB-DDA). Un FB-DDA peut par exemple être tel que décrit dans l'article de J. F. Duque-Carrillo *et al* intitulé "Fully Differential Building Blocs Based on Fully Differential Difference Amplifiers with Unity-Gain Difference Feedback" paru dans la revue *IEEE Transactions on Circuits and Systems I*, vol. 42, No. 3, en mars 1995 ou tel que décrit dans l'article de H. Alzaher et M. Ismail intitulé "A CMOS Fully Balanced Differential
25 Difference Amplifier and its Applications" paru dans la revue *IEEE Transactions on Circuits and Systems II*, vol. 48, No. 6, en juin 2001. Le FB-DDA (523) représenté sur la figure 10 a cinq bornes d'entrée correspondant aux 5 tensions v_{pp} , v_{pn} , v_{ref} , v_{np} et v_{nn} par rapport à la masse, deux bornes d'alimentation repérées Vdd et Vss, et deux bornes de sortie. La borne de sortie positive et la borne de sortie négative correspondent respectivement aux tensions v_{op} et v_{on} par
30 rapport à la masse. Par définition, le FB-DDA (523) répond, en petits signaux, aux deux équations

$$v_{op} - v_{on} = A \left[(v_{pp} - v_{pn}) - (v_{np} - v_{nn}) \right] \quad (7)$$

et

$$\frac{v_{op} + v_{on}}{2} = v_{ref} \quad (8)$$

35 où A est un gain en tension.

Le septième mode de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention comporte le circuit d'émission et le circuit d'équilibrage représentés sur la figure 11, dans laquelle :

- chacun des $q = 2$ "signaux d'entrée du circuit d'émission" est appliqué à une entrée (57) qui est une entrée différentielle comportant 2 bornes (571) (572) ;
- chacune des $q = 2$ entrées (57) est couplée à un circuit comportant un FB-DDA (524) et deux diviseurs de tension composés chacun de deux résistances (525) (526), ce circuit étant tel que la contre-réaction impose que la tension $v_{op} - v_{on}$ ne dépend que de la tension entre les bornes (571) (572) de l'entrée différentielle correspondante, et tel que la tension $v_{op} - v_{on}$ est proportionnelle à la tension entre les bornes (571) (572) de l'entrée différentielle correspondante ;
- la sortie positive de chaque FB-DDA est connectée à une borne signal (101) ;
- le circuit d'équilibrage est constitué, pour chaque FB-DDA (524), de la partie du FB-DDA correspondant à sa sortie négative, cette sortie négative étant connectée à la borne commune (100), d'une alimentation flottante constituée de deux sources de courant (919) (920) et de deux régulateurs de tension shunt (921) (922) maintenant une tension pratiquement constante entre les bornes d'alimentation du FB-DDA (524) ;
- le circuit d'émission est constitué de tous les composants montrés sur la figure 11, excepté les composants et parties de composant déjà identifiés comme appartenant au circuit d'équilibrage.

Les circuits représentés sur la figure 11 produisent, à la borne commune (100), un courant satisfaisant l'équation (3). En particulier, il est clair pour le spécialiste que les circuits représentés sur la figure 11 conviennent à "l'utilisation envisagée" définie ci-dessus. Le circuit d'émission montré sur la figure 11 délivre, quand le circuit d'émission est dans l'état activé, des variables de transmission, chaque variable de transmission étant une tension entre une des dites bornes signal (101) et ladite borne commune (100). Nous notons que le circuit d'émission représenté sur la figure 11 est connecté à la borne commune (100), car certaines des résistances (526) sont connectées à la borne commune (100). Nous notons aussi que, sur la figure 11, quand le circuit d'émission est dans l'état activé, le courant instantané sortant de chaque borne signal (101) et le courant instantané sortant de la borne commune (100) peuvent prendre des valeurs positives et/ou négatives.

Le spécialiste comprend que les circuits montrés sur la figure 11 peuvent être beaucoup plus précis que les circuits montrés sur la figure 9, et que les circuits montrés sur la figure 9 peuvent être beaucoup plus rapides que les circuits montrés sur la figure 11. Les circuits montrés sur la figure 11 sont donc particulièrement adaptés à la transmission de signaux analogiques dans une largeur de bande inférieure à 500 MHz.

Huitième mode de réalisation.

Le huitième mode de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, est un exemple de dispositif selon l'invention utilisant un couplage en courant alternatif avec l'interconnexion. Le huitième mode de réalisation d'un

5 dispositif d'interface selon l'invention comporte le circuit d'émission et le circuit d'équilibrage représentés sur la figure 12, dans laquelle :

- comme dans la figure 11, chacun des $q = 2$ "signaux d'entrée du circuit d'émission" est appliqué à une entrée (57) qui est une entrée différentielle comportant 2 bornes (571) (572) ;
- comme dans la figure 11, chacune des $q = 2$ entrées (57) est couplée à un circuit comportant

10 un FB-DDA (524) et deux diviseurs de tension composés chacun de deux résistances (525) (526) ;

- la sortie positive de chaque FB-DDA est couplée à une borne signal (101) à travers un condensateur (527) procurant un couplage en courant alternatif ;
- le circuit d'équilibrage est constitué d'un condensateur (923) ayant une première borne

15 connectée à la borne commune (100), d'une résistance (823) connectée à la masse et à une seconde borne du dit condensateur (923) ayant une première borne connectée à la borne commune (100), et, pour chaque FB-DDA (524), de la partie du FB-DDA correspondant à sa sortie négative, d'une alimentation flottante constituée de deux sources de courant (919) (920) et de deux régulateurs de tension shunt (921) (922) maintenant une tension pratiquement

20 constante entre les bornes d'alimentation du FB-DDA (524) ;

- la sortie négative de chaque FB-DDA (524) est couplée à la borne commune (100) à travers ledit condensateur (923) ayant une première borne connectée à la borne commune (100) ;
- le circuit d'émission est constitué de tous les composants montrés sur la figure 12, excepté

25 les composants et parties de composant déjà identifiés comme appartenant au circuit d'équilibrage.

Ledit condensateur (923) ayant une première borne connectée à la borne commune (100), et ladite résistance (823) connectée à la masse et à la seconde borne du dit condensateur (923) ayant une première borne connectée à la borne commune (100), sont tels que le courant total sortant de ladite borne commune est, dans au moins une partie de ladite bande de

30 fréquences connue, voisin de la valeur donnée par l'équation (6) où R_D est la valeur de ladite résistance (823) connectée à la masse et à la seconde borne du dit condensateur (923) ayant une première borne connectée à la borne commune (100). Le circuit d'émission montré sur la figure 12 délivre, quand le circuit d'émission est dans l'état activé, des variables de transmission, chaque variable de transmission étant une tension entre une des dites bornes

35 signal (101) et ladite borne commune (100).

INDICATIONS SUR LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Le circuit d'interface selon l'invention est adapté à la transmission pseudo-différentielle entre circuits intégrés dans une interconnexion à deux ou plus de deux conducteurs de transmission, la transmission présentant des couplages non voulus réduits.

5 Nous notons que, dans les modes de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention, donnés ci-dessus à titre d'exemples non limitatifs et représentés sur les figures 5 à 9, les composants actifs sont des MOSFET. Ceci n'est nullement une caractéristique de l'invention, et les spécialistes comprennent qu'il eût également été possible d'utiliser des transistors bipolaires ou d'autres types de composants actifs. Par conséquent, le dispositif
10 d'interface selon l'invention peut être mis en oeuvre dans des circuits intégrés réalisés en utilisant n'importe quel procédé de fabrication applicable.

L'invention est adaptée à la protection contre le bruit produit par des couplages électromagnétiques non voulus sur des circuits imprimés. Elle est particulièrement avantageuse pour les circuits imprimés comportant des circuits analogiques à large bande ou des circuits
15 numériques rapides. Pour émettre dans q voies de transmission, l'invention présente l'avantage de ne nécessiter que $q + 1$ broches sur un circuit intégré assurant les fonctions de circuit d'émission et de circuit d'équilibrage, au lieu de $2q$ broches dans le cas d'un émetteur pour transmission différentielle.

Le circuit d'interface selon l'invention est particulièrement adapté à la transmission
20 pseudo-différentielle à l'intérieur d'un circuit intégré, car il procure une bonne protection contre le bruit lié aux courants circulant dans le conducteur de référence et dans le substrat du circuit intégré.

Un dispositif d'interface selon l'invention peut être réalisé à l'intérieur d'un circuit intégré, mais ceci n'est nullement une caractéristique de l'invention. Par exemple, il pourrait
25 être intéressant que le circuit d'émission et le circuit d'équilibrage soient réalisés à l'intérieur d'un circuit intégré, un circuit de terminaison étant réalisé à l'extérieur de ce circuit intégré.

Puisque l'invention inclut la possibilité d'un état désactivé pour les bornes prévues pour être connectées à ladite interconnexion, par exemple un état haute impédance, l'invention est adaptée à une mise en oeuvre dans une architecture en bus de données.

30 L'invention est particulièrement adaptée à la signalisation multiniveau, car ce type de procédé de transmission est plus sensible au bruit que la signalisation binaire.

L'invention, en particulier lorsque les variables de transmission utilisées par ledit circuit d'émission sont des courants, est particulièrement adaptée à la signalisation bidirectionnelle simultanée, car ce type de procédé de transmission est plus sensible au bruit
35 que la signalisation unidirectionnelle.

REVENDICATIONS

1. Dispositif pour la transmission de signaux dans une pluralité de voies de transmission, dans une bande de fréquences connue, comportant :
- 5 m bornes signal, une borne commune et une borne de référence, les bornes signal et la borne commune étant destinées à être connectées à une interconnexion ayant au moins $m + 1$ conducteurs, m étant un entier supérieur ou égal à 2, ladite borne commune n'étant pas connectée à ladite borne de référence ;
- 10 un circuit d'émission recevant q "signaux d'entrée du circuit d'émission" correspondant chacun à une voie de transmission, q étant un entier supérieur ou égal à 2 et inférieur ou égal à m , la sortie du circuit d'émission étant couplée à au moins q des dites bornes signal, la sortie du circuit d'émission délivrant, quand le circuit d'émission est dans l'état activé, q variables de transmission, chaque variable de transmission étant soit une
- 15 tension entre une des dites bornes signal et ladite borne commune soit un courant sortant d'une des dites bornes signal, chaque variable de transmission étant principalement déterminée par un et un seul des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission" ;
- 20 un circuit d'équilibrage délivrant, lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, un courant dans ladite borne commune, le courant total sortant de ladite borne commune étant, lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, dans au moins une partie de ladite bande de fréquences connue, approximativement égal à une somme de trois termes, le premier terme étant un courant constant, le deuxième terme étant l'opposé de la somme des courants sortant des dites bornes signal et le troisième terme étant le courant qui sortirait d'un dipôle passif soumis à la tension entre ladite borne commune
- 25 et ladite borne de référence.
2. Dispositif pour la transmission de signaux selon la revendication 1, dans lequel ledit courant total sortant de ladite borne commune est, lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, dans au moins une partie de ladite bande de fréquences connue, approximativement égal à une somme de trois termes, le premier terme étant un courant constant, le deuxième terme étant
- 30 l'opposé de la somme des courants sortant des dites bornes signal et le troisième terme étant le courant qui sortirait d'un dipôle linéaire passif soumis à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence.
3. Dispositif pour la transmission de signaux selon la revendication 2, dans lequel ledit dipôle linéaire passif soumis à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence a
- 35 une admittance réglable par des moyens électriques.

4. Dispositif pour la transmission de signaux selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant en outre un circuit de réception délivrant, quand le circuit de réception est dans l'état activé, p "signaux de sortie du circuit de réception" correspondant chacun à une voie de transmission, p étant un entier supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à m , l'entrée du circuit de réception étant couplée à au moins p des dites bornes signal et à ladite borne commune, chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" étant principalement déterminé par la tension entre une des dites bornes signal et ladite borne commune.
5. Dispositif pour la transmission de signaux selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit circuit d'équilibrage a au moins une partie commune avec ledit circuit d'émission.
6. Dispositif pour la transmission de signaux selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit dispositif pour la transmission de signaux constitue une partie d'un circuit intégré, ladite interconnexion étant réalisée à l'intérieur du dit circuit intégré.
7. Dispositif pour la transmission de signaux selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit dispositif pour la transmission de signaux constitue une partie d'un circuit intégré, chacune des dites m bornes signal étant couplée à une ou plusieurs broches du dit circuit intégré, ladite borne commune étant couplée à une ou plusieurs broches du dit circuit intégré.
8. Dispositif pour la transmission de signaux selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant en outre un circuit de terminaison couplé à chacune des dites bornes signal et à ladite borne commune, le circuit de terminaison étant, quand le circuit de terminaison est dans l'état activé, pour lesdites bornes signal et ladite borne commune, approximativement équivalent à un réseau constitué de m branches, chacune des dites branches ayant une première borne et une seconde borne, chacune des dites branches étant constituée d'un dipôle linéaire passif connecté en série avec une source de tension délivrant une tension constante, la première borne de chacune des dites branches étant connectée à une et une seule des dites bornes signal, la seconde borne de chacune des dites branches étant connectée à ladite borne commune, chacune des dites bornes signal étant connectée à ladite première borne d'une et une seule des dites branches.
9. Dispositif pour la transmission de signaux selon la revendication 8, dans lequel la matrice d'impédance, par rapport à ladite borne commune, du dit circuit de terminaison dans l'état activé peut être réglée par des moyens électriques.

10. Dispositif pour la transmission de signaux selon l'une quelconque des revendications 8 ou 9, dans lequel ledit circuit de terminaison a un état activé et un état désactivé, chaque courant circulant depuis ledit circuit de terminaison vers une des dites bornes signal étant pratiquement nul lorsque ledit circuit de terminaison est dans l'état désactivé.

1 / 10

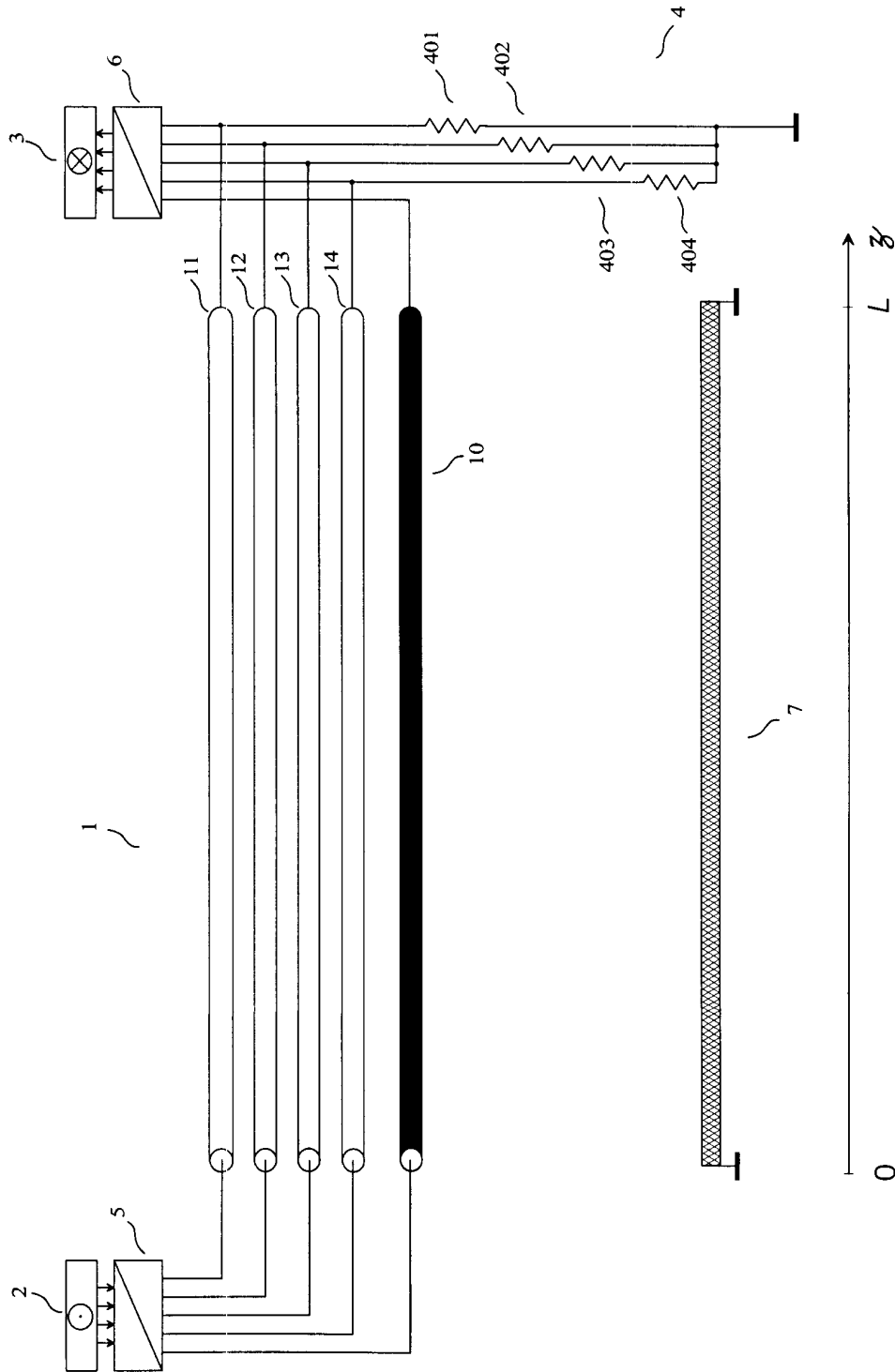


FIG. 1

2 / 10

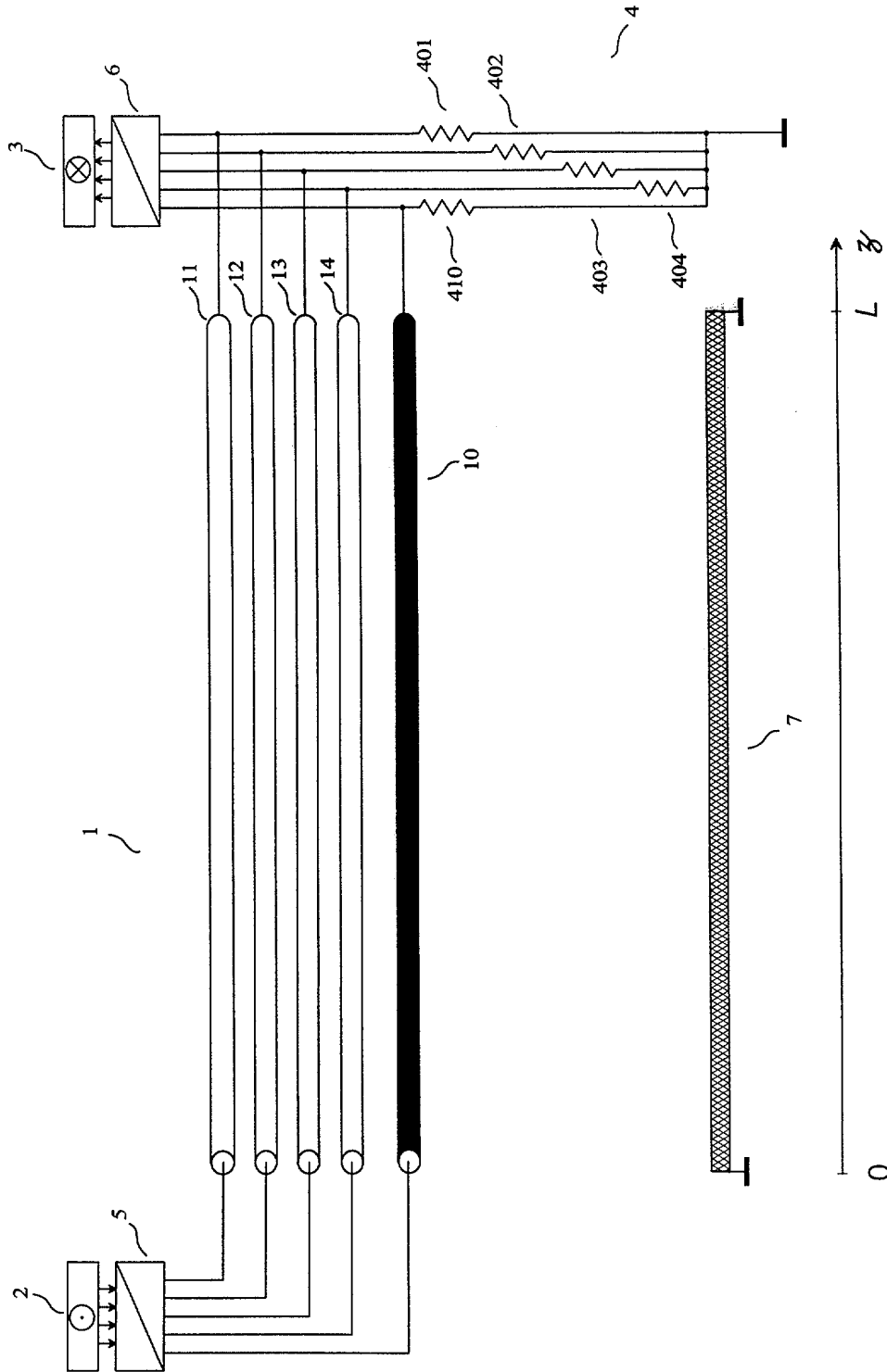


FIG. 2

3 / 10

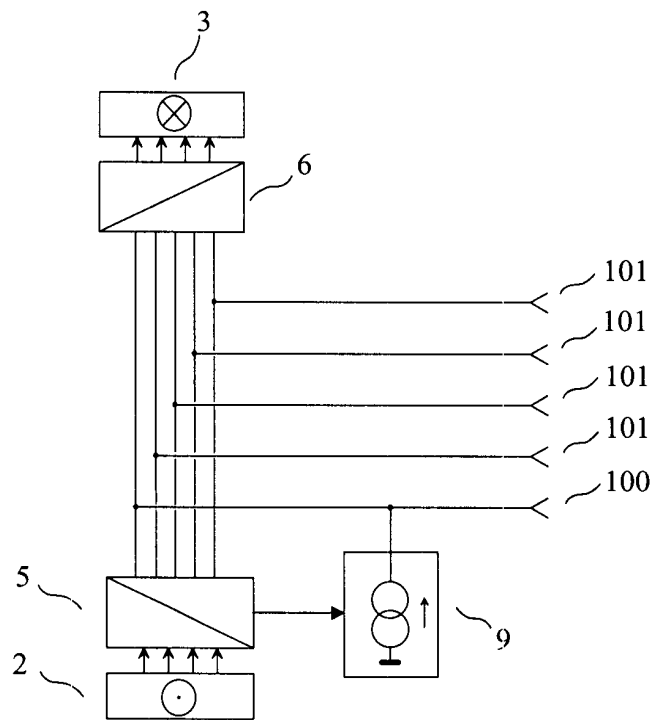


FIG. 3

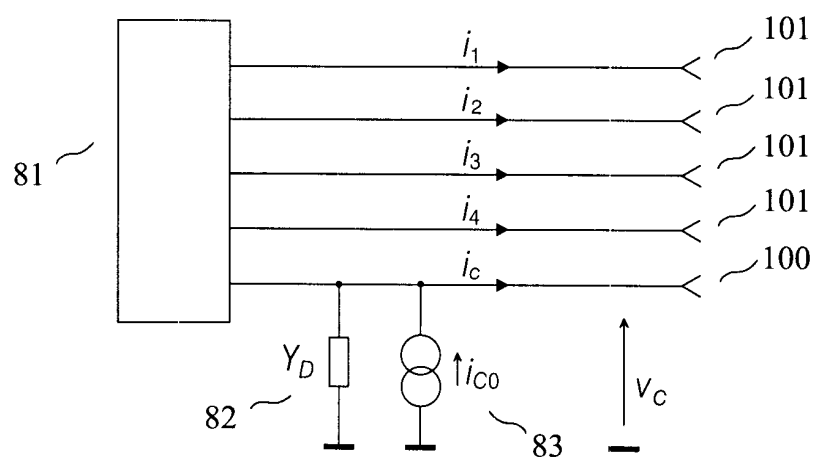


FIG. 4

4 / 10

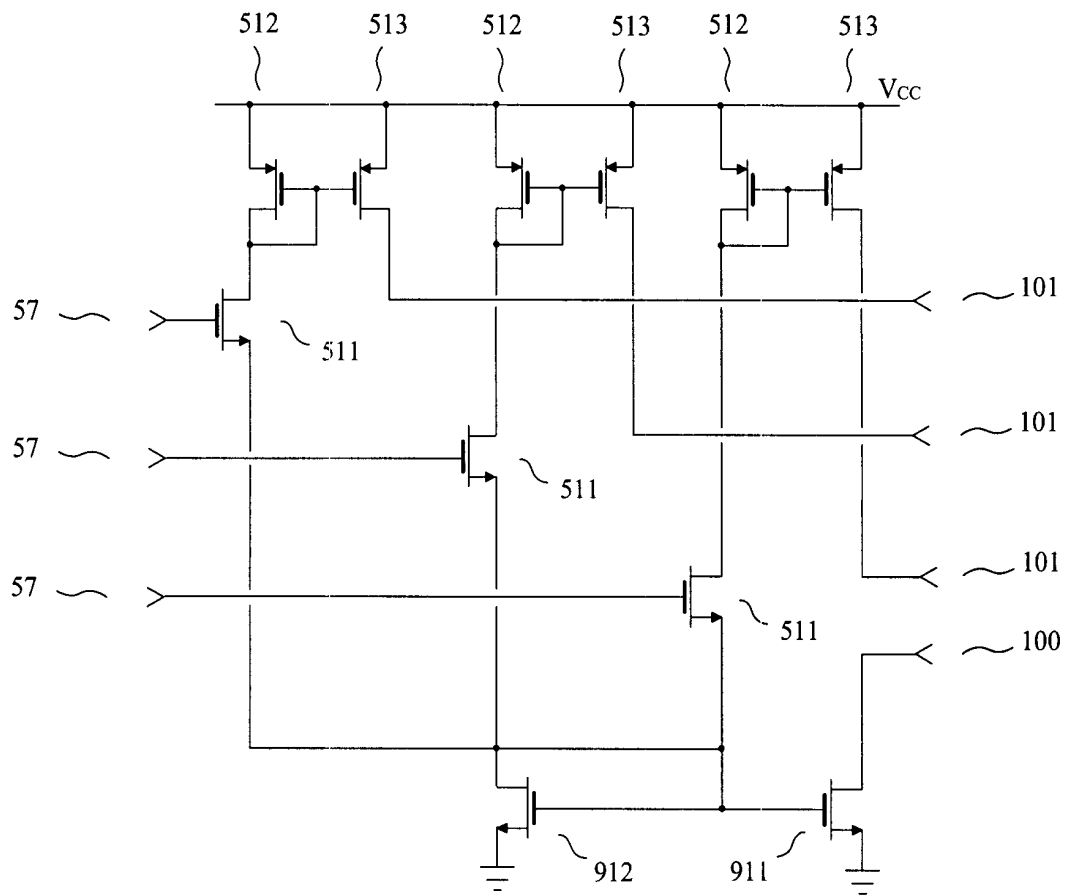


FIG. 5

5 / 10

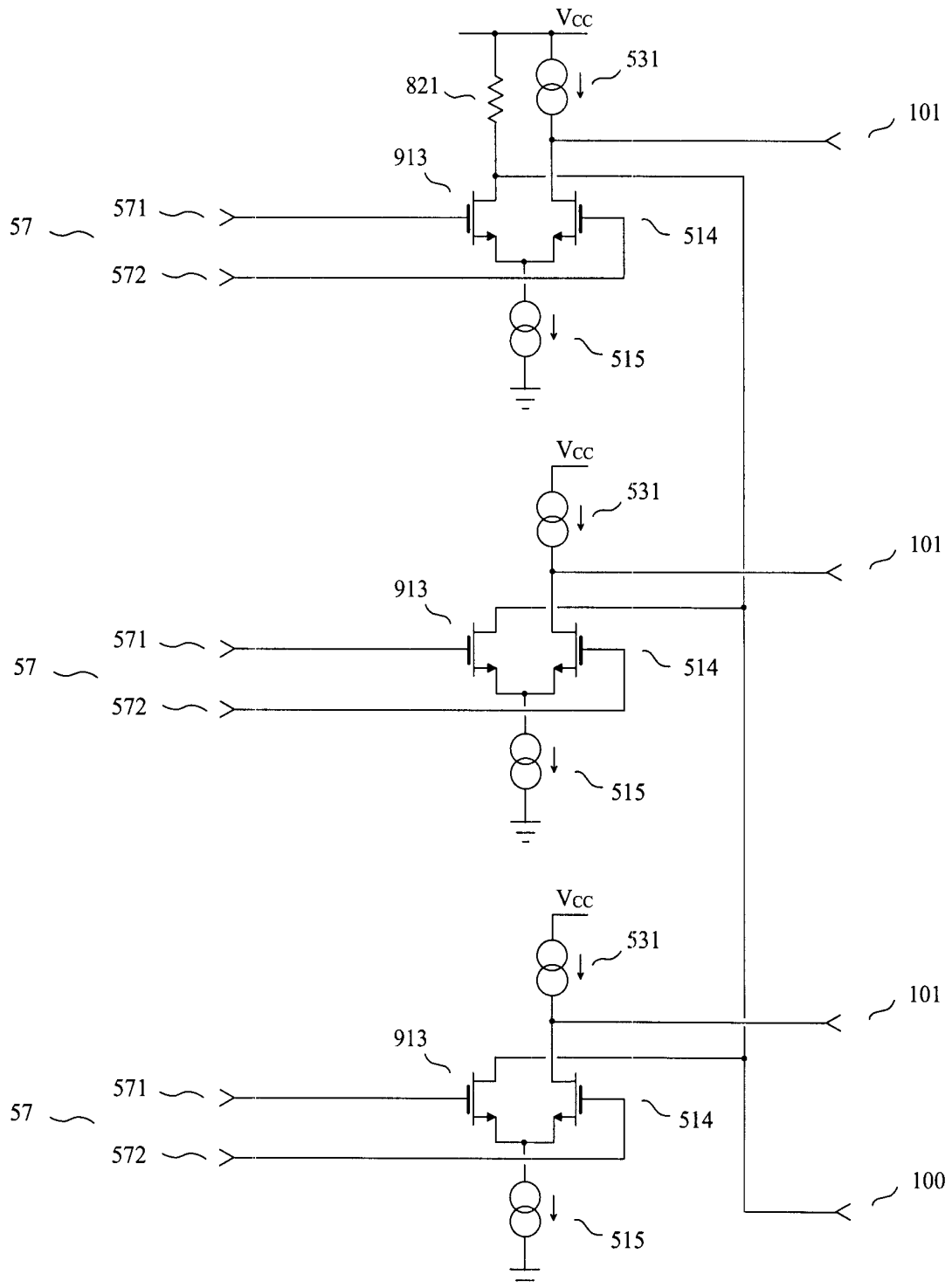


FIG. 6

6 / 10

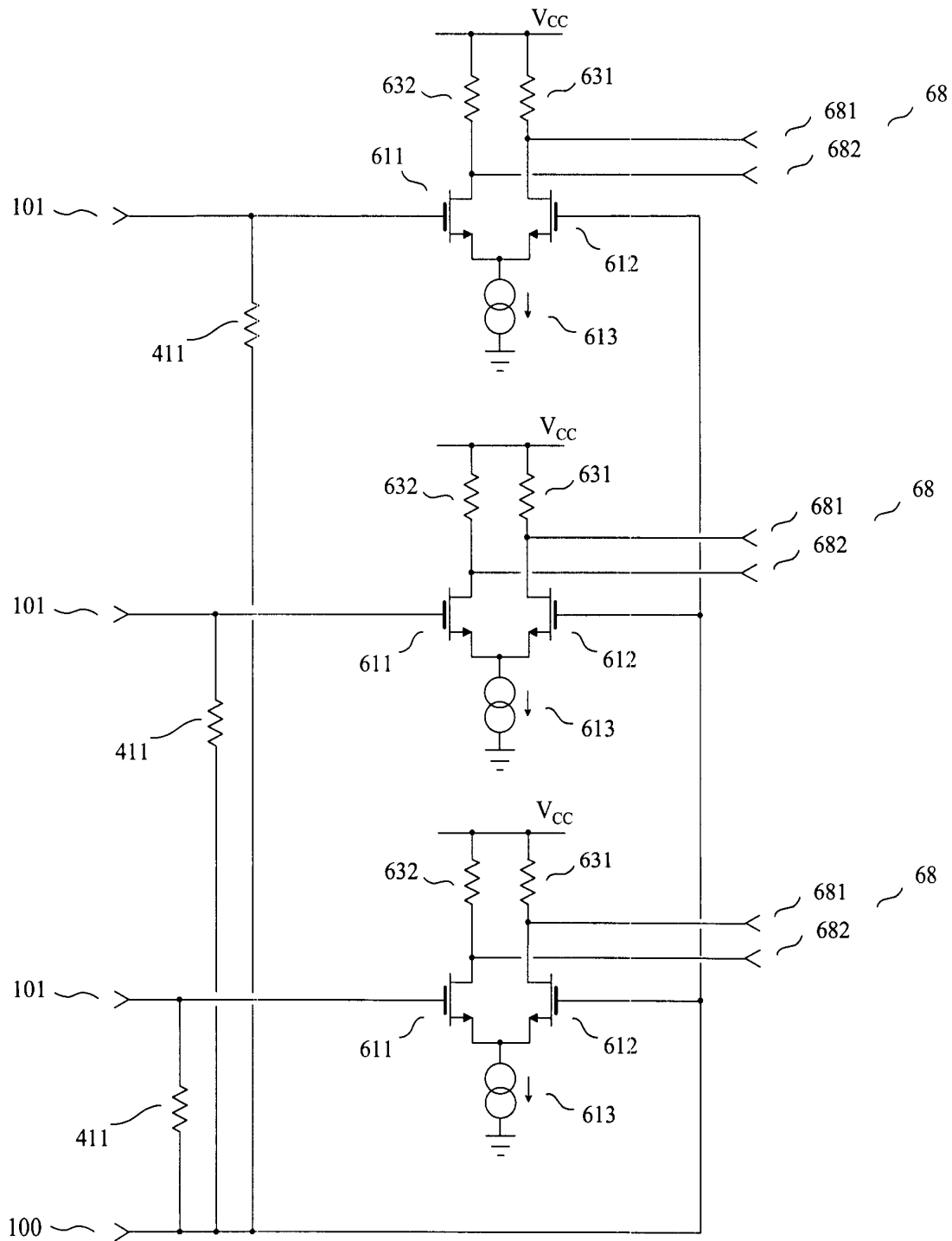


FIG. 7

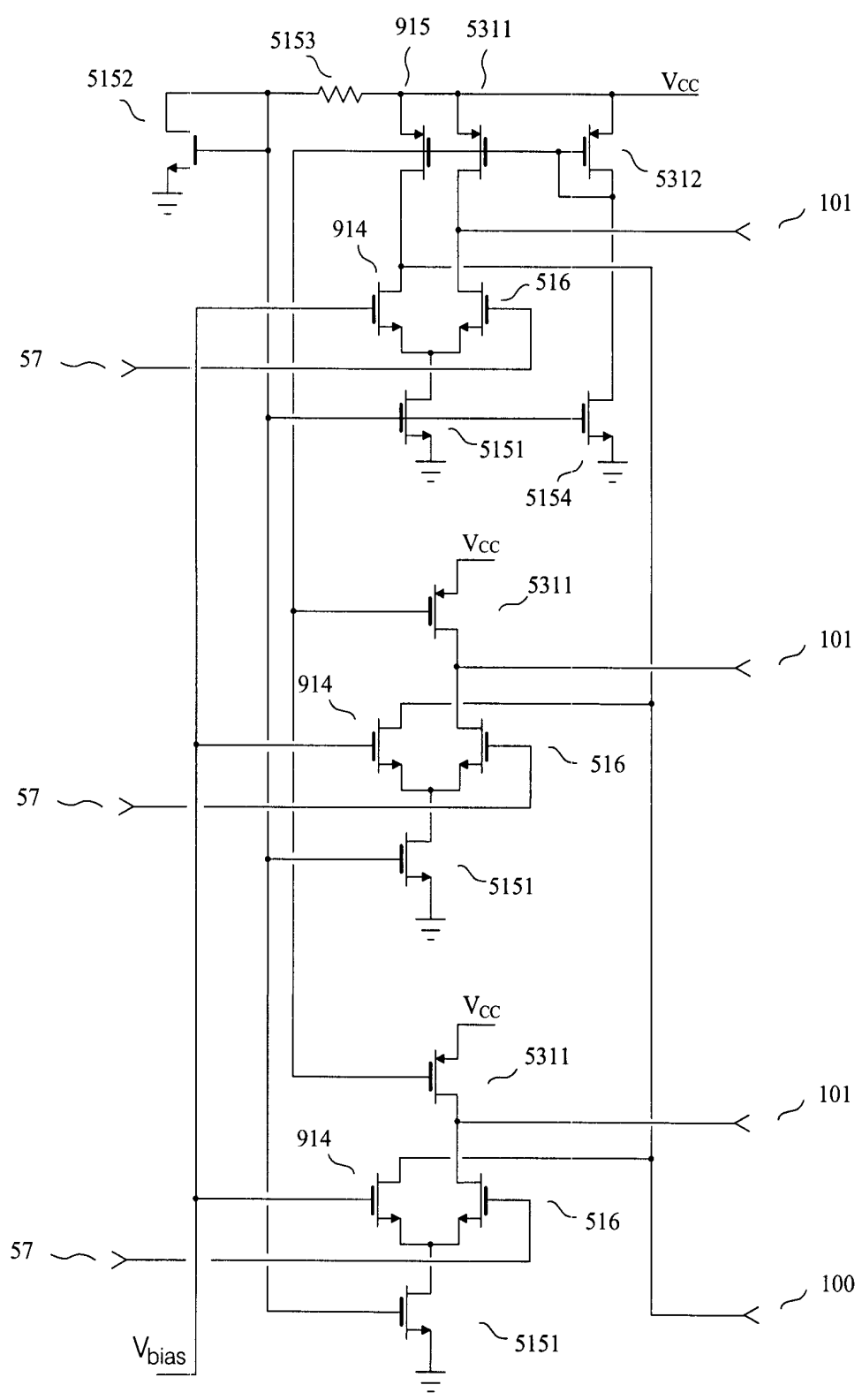


FIG. 8

8 / 10

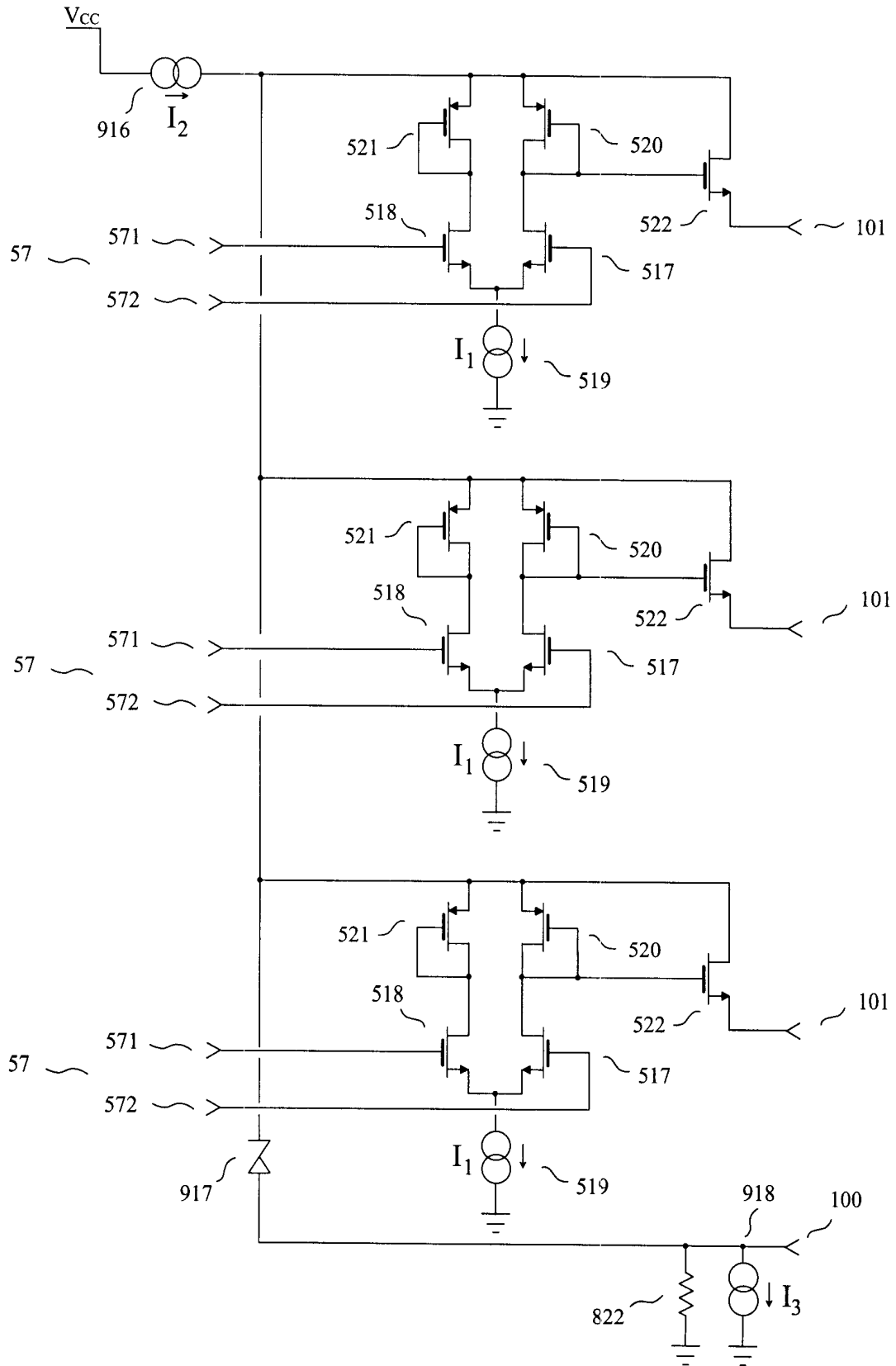


FIG. 9

9 / 10

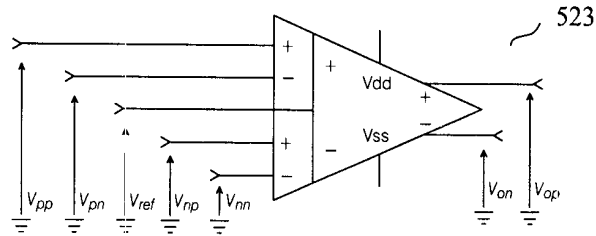


FIG. 10

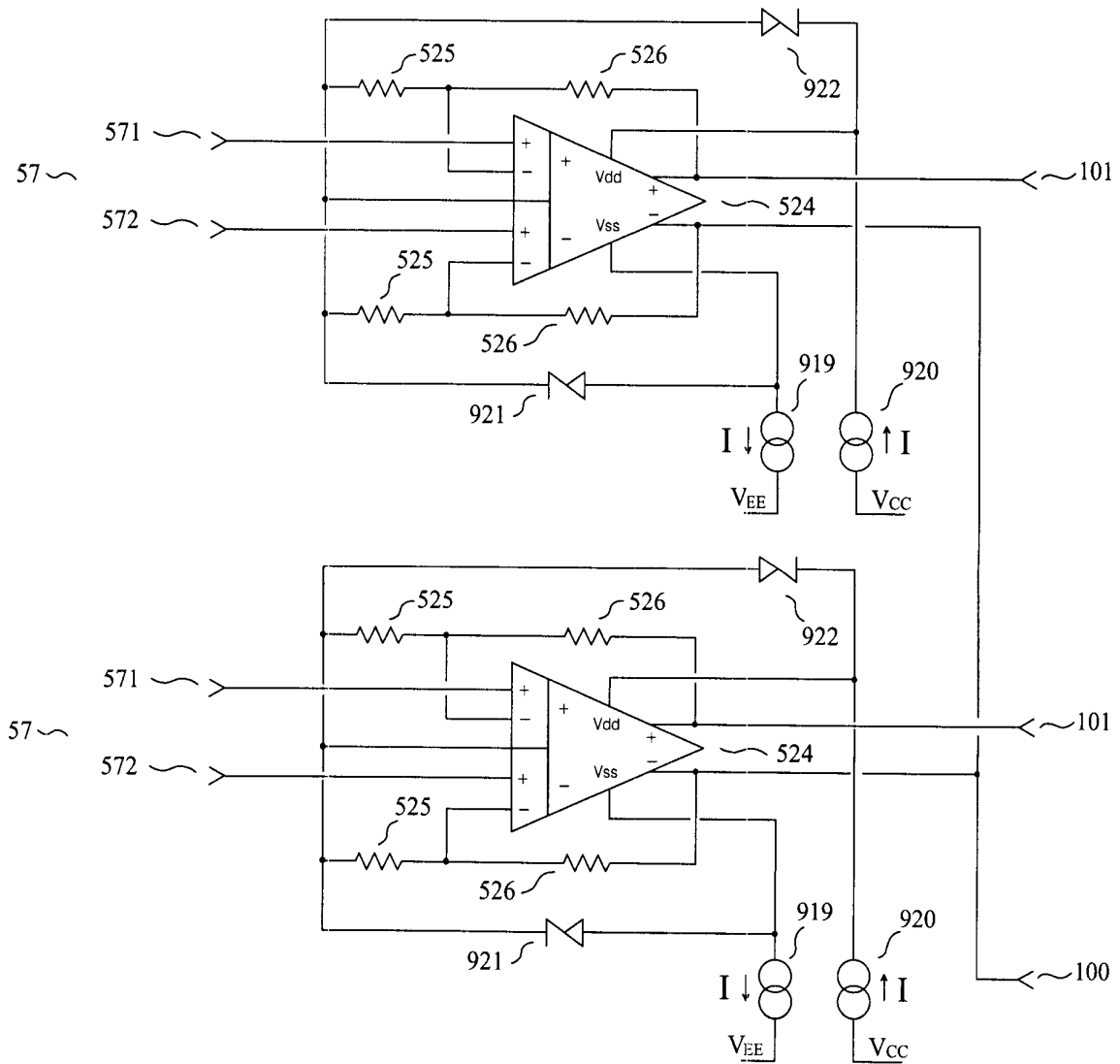


FIG. 11

10 / 10

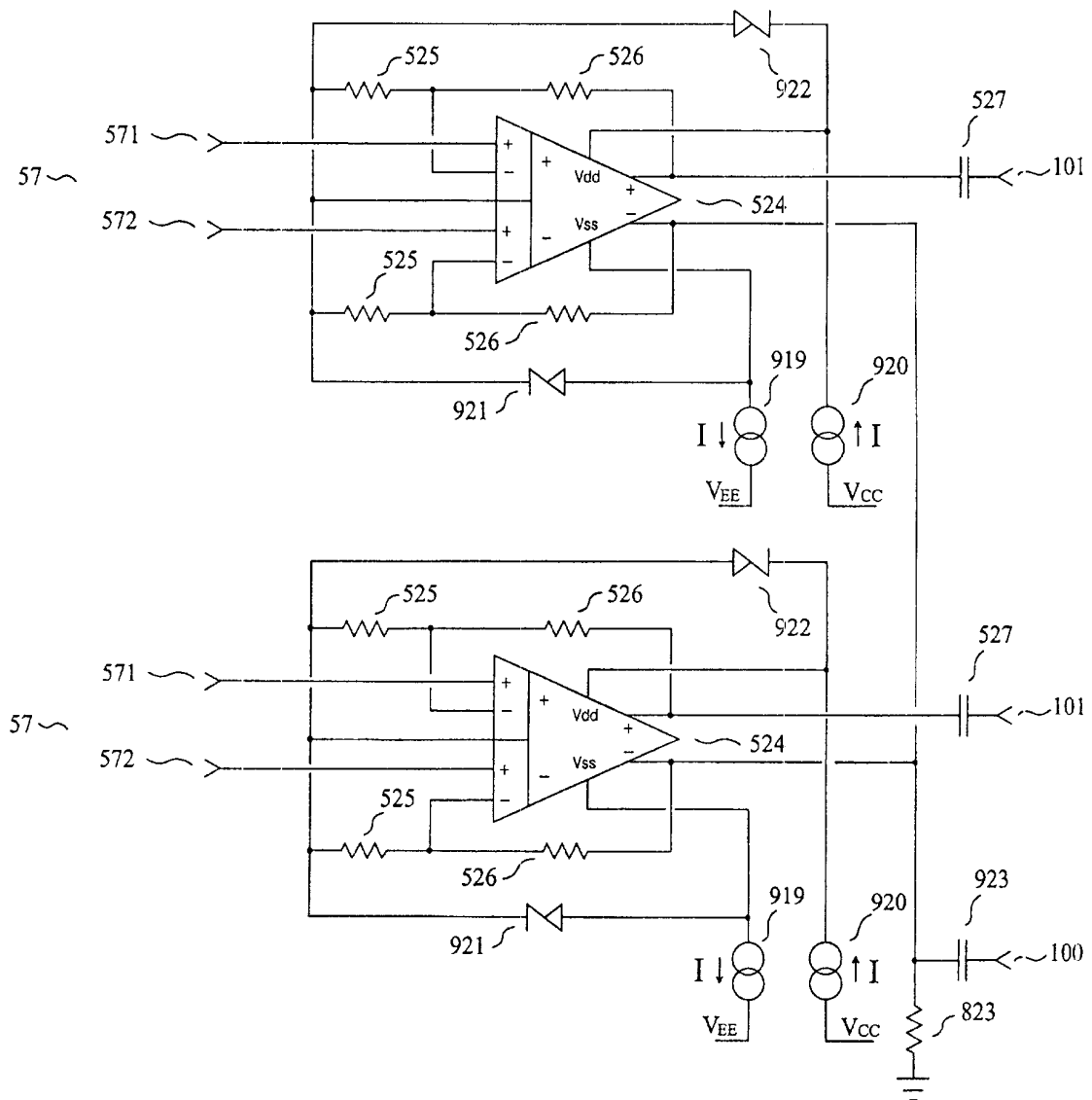


FIG. 12

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

L'I.N.P.I. annexe 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, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du 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

US 5 638 322 A (LACEY TIMOTHY M [US])
10 juin 1997 (1997-06-10)

US 7 113 437 B2 (SCHWEICKERT ROBERT [US] ET AL SCHWEICKERT ROBERT [US] ET AL)
26 septembre 2006 (2006-09-26)

AHMED NADER MOHIELDIN ET AL: "A FULLY BALANCED PSEUDO-DIFFERENTIAL OTA WITH COMMON-MODE FEEDFORWARD AND INHERENT COMMON-MODE FEEDBACK DETECTOR"
IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 38, no. 4, avril 2003 (2003-04), pages 663-668, XP001158206 ISSN: 0018-9200

FR 2 852 467 A (EXCEM [FR])
17 septembre 2004 (2004-09-17)

US 2006/267633 A1 (KING GREG [US])
30 novembre 2006 (2006-11-30)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT