



A

## CIRCUIT LOGIQUE À ÉTAGES DIFFÉRENTIELS

La présente invention concerne les circuits logiques du type comprenant des étages différentiels fonctionnant en régime linéaire, tels que les circuits logiques à émetteurs couplés (ECL).

5 Les circuits ECL sont parmi les circuits logiques les plus rapides. Pour atteindre une vitesse de fonctionnement élevée, ces circuits sont conçus de manière que leurs transistors, bipolaires, n'entrent jamais en régime de saturation. Un transistor bipolaire entre en régime de saturation lorsque sa  
10 tension collecteur-émetteur  $V_{ce}$  est inférieure à sa tension base-émetteur  $V_{be}$ . Dans ce cas, la base présente une capacité notablement plus élevée que lorsque le transistor est en régime linéaire, ce qui est à l'origine de la lenteur des circuits logiques bipolaires classiques. Pour éviter la saturation des  
15 transistors, ils sont montés en étages différentiels, c'est pourquoi on utilise la terminologie "émetteurs couplés". Ainsi, les signaux traités par les circuits ECL sont le plus souvent différentiels et chaque composante d'un signal différentiel est appliquée à une entrée respective d'un étage différentiel.

La figure 1 représente un exemple de circuit ECL classique, un multiplexeur dans ce cas. Tous les transistors de ce circuit sont bipolaires du type NPN. Un premier signal complémentaire A/A\* est appliqué sur les entrées d'un premier étage différentiel constitué d'un couple de transistors Q1 et Q2. Les collecteurs des transistors Q1 et Q2 sont reliés à un potentiel d'alimentation haut  $V_{cc}$  par des résistances respectives  $R_c$ . On dira que les résistances  $R_c$  sont montées dans les branches de l'étage différentiel Q1, Q2. Un deuxième signal différentiel B/B\* est appliqué aux entrées d'un étage différentiel constitué d'un couple de transistors Q3 et Q4. Les deux branches de cet étage Q3, Q4 sont respectivement reliées aux branches de l'étage Q1, Q2.

Les étages Q1, Q2 et Q3, Q4 sont montés respectivement dans les branches d'un étage différentiel constitué d'un couple de transistors Q5, Q6, c'est-à-dire que le collecteur du transistor Q5 est relié aux émetteurs des transistors Q1 et Q2, et que le collecteur du transistor Q6 est relié aux émetteurs des transistors Q3 et Q4. L'étage Q5, Q6 est polarisé par une source de courant constituée d'un transistor Q7 dont l'émetteur est relié à un potentiel d'alimentation bas GND (la masse) par une résistance  $R_{e1}$ , et dont le collecteur est relié aux émetteurs des transistors Q5 et Q6. Une tension de référence  $V_r$  appliquée sur la base du transistor Q7 détermine le courant de polarisation de l'étage Q5, Q6. Un signal de sélection différentiel S/S\* est appliqué aux entrées de l'étage Q5, Q6 par l'intermédiaire de transistors montés en suiveur Q8, Q9.

La sortie du circuit logique est un signal différentiel D/D\* prélevé sur les branches de l'étage Q1, Q2 par des transistors montés en suiveur Q10 et Q11.

Les transistors suiveurs Q8 à Q11 sont polarisés respectivement par des transistors Q12 à Q15 reliés à des résistances d'émetteur ( $R_{e2}$  pour les transistors Q12, Q13, et  $R_{e3}$  pour les transistors Q14, Q15) comme le transistor Q7.

Le fonctionnement de ce multiplexeur est en bref le suivant. Si le signal différentiel  $S/S^*$  est à l'état haut (c'est-à-dire que les composantes  $S$  et  $S^*$  sont respectivement aux états haut et bas), le transistor  $Q5$  est passant et le transistor  $Q6$  est bloqué. L'étage  $Q3, Q4$  est alors inactif et seul l'étage  $Q1, Q2$  impose la valeur du signal  $A/A^*$  sur la sortie  $D/D^*$ . Inversement, si le signal  $S/S^*$  est à l'état bas, c'est le signal  $B/B^*$  qui est présent sur la sortie  $D/D^*$ .

Les transistors suiveurs  $Q8$  et  $Q9$  sont nécessaires pour éviter la saturation des transistors  $Q5$  et  $Q6$ . En effet, par exemple, si les composantes  $A$  et  $S$  sont au même état, les tensions de collecteur et de base du transistor  $Q5$  sont égales, ce qui garantit que la tension collecteur-émetteur du transistor  $Q5$  est au moins égale à la tension base-émetteur  $V_{be}$  de ce transistor. En l'absence du transistor suiveur  $Q8$ , la tension collecteur-émetteur du transistor  $Q5$  serait pratiquement nulle, entraînant la saturation de ce transistor  $Q5$ .

Les signaux ECL ont une faible excursion, c'est-à-dire que la différence de potentiel entre l'état haut et l'état bas d'une composante d'un signal ECL est faible. Cette faible excursion, de l'ordre de 0,5 volt, contribue à augmenter la rapidité du circuit logique en diminuant l'énergie de charge et de décharge de capacités parasites.

Pour connaître l'évolution d'un signal ECL, on considère, par exemple, la tension d'émetteur ( $D^*$ ) du transistor  $Q10$ . Si les transistors  $Q1$  et  $Q4$  sont bloqués, cette tension est pratiquement égale à  $V_{cc}-V_{be}$ . Si les transistors  $Q1$  et  $Q5$  sont conducteurs, cette tension chute d'une valeur  $V_s$ , correspondant à l'excursion, égale au produit du courant du transistor  $Q7$  par la valeur de la résistance  $R_c$ . Ainsi, la tension sur la sortie  $D^*$  varie entre  $V_{cc}-V_{be}$  et  $V_{cc}-V_{be}-V_s$ . Le circuit de la figure 1 est destiné à être connecté par l'une de ses entrées ( $A/A^*, B/B^*, S/S^*$ ) à la sortie ( $D/D^*$ ) d'un autre circuit similaire. L'excursion  $V_s$  étant fixée (environ 0,5 volt), la tension  $V_{cc}$

doit être suffisamment élevée pour que la valeur minimale de la sortie de l'autre circuit n'entraîne pas la saturation des transistors Q1, Q5, Q7 ou Q8, Q5, Q7, par exemple. Ainsi, la tension minimale de la sortie D\* est égale à la somme de trois tensions  
5 Vbe (des transistors Q1 ou Q8, et Q5 et Q7 par exemple) et d'une tension Vr-Vbe apparaissant aux bornes de la résistance d'émetteur Re du transistor Q7. Cette tension minimale est donc 2Vbe+Vr. Par conséquent, la tension d'alimentation Vcc doit être telle que

10 
$$V_{cc} - V_{be} - V_s > 2V_{be} + V_r.$$

Pour des valeurs typiques Vs=0,5, Vbe=0,9, Vr=1,2, la tension Vcc doit au moins être égale à 4,4 volts. Un circuit ECL est typiquement alimenté sous 5 volts.

Un inconvénient des circuits ECL est leur importante  
15 consommation de courant due au fait que les courants délivrés par les sources de courant sont toujours consommés par des transistors suiveurs ou l'une ou l'autre branche d'un étage différentiel. Si l'on parvenait à réduire la tension d'alimentation Vcc, la consommation de courant serait réduite dans les mêmes  
20 proportions.

Un objet de la présente invention est de réaliser un circuit logique à étages différentiels dont la tension d'alimentation peut être particulièrement faible.

Un autre objet de la présente invention est de réa-  
25 liser un tel circuit logique consommant un courant particulièrement faible.

Ces objets sont atteints selon l'invention en remplaçant des transistors bipolaires particuliers du circuit logique par des transistors MOS.

30 L'invention concerne plus particulièrement un circuit logique comprenant au moins un premier étage différentiel réalisé à partir de transistors bipolaires fonctionnant en régime linéaire, monté dans une branche d'un deuxième étage différentiel polarisé par une source de courant, dans lequel le

deuxième étage et la source de courant sont réalisés à partir de transistors MOS.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, les grilles des transistors MOS du deuxième étage constituent  
5 directement des entrées du circuit logique.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, la source de courant est réalisée à partir d'un transistor MOS dont la source est directement reliée à un potentiel d'alimentation.

10 Un multiplexeur selon l'invention comprend deux premiers étages dont les branches correspondantes sont reliées entre elles, ces deux étages étant respectivement montés dans les branches du deuxième étage.

Une porte logique selon l'invention comprend un  
15 premier étage monté dans une première branche du deuxième étage, la deuxième branche du deuxième étage étant reliée à une branche du premier étage.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, les transistors bipolaires sont de type NPN et les transistors  
20 MOS sont à canal N.

Ces objets, caractéristiques et avantages ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés plus en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif à l'aide des figures jointes  
25 parmi lesquelles :

la figure 1, précédemment décrite, représente un circuit ECL classique ;

la figure 2 représente un exemple de circuit logique à étages différentiels selon l'invention ; et

30 la figure 3 représente un autre exemple de circuit logique selon l'invention.

Un circuit logique à étages différentiels selon l'invention comprend, de façon générale, un premier niveau d'étages différentiels constitués de transistors bipolaires

NPN. Un deuxième niveau d'étages différentiels, comprenant dans leurs branches des étages différentiels du premier niveau, est, au contraire, constitué de transistors MOS à canal N. De même, les sources de courant de polarisation des étages du deuxième  
5 niveau et de transistors suiveurs sont également constituées de transistors MOS à canal N.

La figure 2 illustre un exemple de circuit logique ainsi réalisé selon l'invention. Le circuit de la figure 2 est un multiplexeur du même type que celui de la figure 1 et des  
10 mêmes éléments sont désignés par des mêmes références. L'étage différentiel Q5, Q6 de la figure 1 est remplacé dans la figure 2 par un étage différentiel à transistors MOS M5 et M6. De même, les sources de courant constituées des transistors Q7, Q14 et Q15 ainsi que les résistances d'émetteur associées  $R_e$  de la  
15 figure 1 sont remplacés par des transistors MOS M7, M14 et M15, directement reliés à la masse GND. En outre, il s'avère que l'étage M5, M6 peut directement recevoir le signal différentiel  $S/S^*$ , sans qu'il soit nécessaire de prévoir des transistors suiveurs et des sources de polarisation correspondantes (Q8, Q9,  
20 Q12 et Q13 dans la figure 1). La consommation de courant du circuit est donc réduite par l'omission d'autant de couples de sources de polarisation que d'étages différentiels à transistors MOS.

La tension seuil grille-source  $V_t$  d'un transistor MOS  
25 joue le même rôle que la tension base-émetteur  $V_{be}$  d'un transistor bipolaire. Ainsi, on pourrait croire, d'après les calculs effectués pour le circuit de la figure 1, que la tension  $V_{cc}$  minimale est  $2V_t + 2V_{be} + V_s$ . Cette valeur serait supérieure à la tension  $V_{cc}$  minimale calculée pour le circuit de la figure 1  
30 (avec les valeurs typiques  $V_s = 0,5$ ,  $V_{be} = 0,9$ , et  $V_t = 1,2$ ). Toutefois, un aspect de l'invention est de constater qu'il n'est pas gênant que la tension drain-source d'un transistor MOS soit inférieure à la tension seuil  $V_t$ . En effet, la capacité de grille du transistor MOS ne varie pas. La seule différence, non

gênante, est que le transistor MOS se met à fonctionner en régime résistif, où la résistance drain-source varie en fonction de la tension grille-source. En pratique, cette tension drain-source en régime résistif, notée  $V_{on}$ , ne dépasse pas 0,3 volt.

5           Ainsi, la tension  $V_{cc}$  minimale s'exprime par  $2V_{be}+2V_{on}+V_s$  qui est de l'ordre de 2,9 volts avec les valeurs susmentionnées. Un circuit logique selon l'invention convient particulièrement bien à une intégration en technologie 0,7 micron qui admet une tension d'alimentation de l'ordre de 3,3 V.

10           On doit également calculer la tension  $V_{cc}$  minimale par rapport à la tension à appliquer aux grilles des transistors M5 et M6. Cette tension minimale s'exprime alors par  $V_{be}+V_t+V_{on}$ , où  $V_t$  est la tension seuil des transistors M5 et M6 et  $V_{on}$  la tension drain-source du transistor M7. Cette tension  $V_{cc}$  mini-  
15 male est sensiblement égale à celle précédemment calculée, car la tension  $V_t$  est sensiblement égale à  $V_{on}+V_{be}$ .

Il est inutile de faire précéder les transistors M5 et M6 de transistors suiveurs comme dans la figure 1. En effet, par exemple, si les composantes A et S sont au même potentiel, la  
20 tension drain-source du transistor M5 est égale à  $V_t-V_{be}$ , c'est-à-dire environ  $V_{on}$ .

En outre, il est inutile de munir les transistors M7, M14 et M15 de résistances de source. Dans la figure 1, des résistances d'émetteur étaient prévues pour compenser des  
25 différences entre les tensions base-émetteur des transistors et des chutes de tension entre les émetteurs provoquées par des courants relativement importants circulant dans les conducteurs reliant les émetteurs. Un transistor bipolaire a une transconductance importante et, en l'absence de résistances d'émetteur,  
30 une faible différence entre les tensions base-émetteur de deux des transistors des sources de courant provoquerait une notable différence entre les courants de collecteur de ces transistors. Par contre, un transistor MOS a une faible transconductance qui rend inutile de prévoir des résistances de source.



Bien entendu, du fait que les transistors MOS ont une plus faible transconductance que les transistors bipolaires, la taille des transistors M5 et M6 doit être relativement importante pour que la transconductance de ces transistors MOS soit du même ordre de grandeur que celle des transistors bipolaires Q5 et Q6 de la figure 1. Cette augmentation de taille n'est pas gênante car elle est compensée par le fait que les transistors suiveurs Q8 et Q9, les sources de polarisation correspondantes, et les résistances d'émetteur de la figure 1 sont omises.

10 L'augmentation de taille entraîne une augmentation de la capacité de grille des transistors MOS. Toutefois, la perte de rapidité qui peut en résulter est compensée en augmentant le courant de polarisation des étages à transistors MOS, cette augmentation de courant n'étant pas gênante puisque de nombreuses sources de polarisation (Q12, Q13) ont été omises, et qu'elle contribue en

15 outre à augmenter la transconductance des transistors MOS.

Il ne convient pas de remplacer les transistors Q1 à Q4 par des transistors MOS car, si la tension  $V_{cc}$  est choisie à sa valeur minimale, la tension grille-source maximale de ces transistors MOS serait de l'ordre de  $V_{be} + V_s$  qui dépasse à peine la tension seuil  $V_T$  d'un transistor MOS. Un transistor MOS serait à peine rendu conducteur et ne pourrait que partiellement aiguiller le courant de l'étage différentiel vers sa branche correspondante. Au contraire, la valeur  $V_{be} + V_s$  est nettement

20 suffisante pour rendre entièrement passant un transistor bipolaire.

Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée au circuit multiplexeur de la figure 2 qui ne représente qu'un exemple.

30 La figure 3 illustre un autre exemple de circuit logique selon l'invention, ici une porte ET (ou NON ET selon que l'on intervertit les sorties D/D\* ou non). Un premier signal différentiel A/A\* est appliqué aux entrées d'un étage constitué de transistors Q1 et Q2 connectés comme les transistors Q1 et Q2

de la figure 2 à des résistances de collecteur  $R_c$  et à des transistors de sortie Q10 et Q11. L'étage Q1, Q2 est monté dans une branche d'un étage différentiel à transistors MOS M5 et M6, dont l'autre branche (drain du transistor M6) est reliée au  
5 collecteur du transistor Q2. Cet étage M5, M6 reçoit un signal différentiel B/B\* et est polarisé par un transistor MOS M7 comme l'étage M5, M6 de la figure 2.

REVENDICATIONS

1. Circuit logique comprenant au moins un premier étage différentiel (Q1, Q2) réalisé à partir de transistors bipolaires fonctionnant en régime linéaire, monté dans une branche d'un deuxième étage différentiel (M5, M6) polarisé par  
5 une source de courant (M7), caractérisé en ce que le deuxième étage et la source de courant sont réalisés à partir de transistors MOS.

2. Circuit logique selon la revendication 1, caractérisé en ce que les grilles des transistors MOS du deuxième étage  
10 (M5, M6) constituent directement des entrées du circuit logique.

3. Circuit logique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la source de courant est réalisée à partir d'un transistor MOS (M7) dont la source est directement reliée à un potentiel d'alimentation (GND).

15 4. Multiplexeur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend deux premiers étages (Q1-Q4) dont les branches correspondantes sont reliées entre elles, ces deux étages étant respectivement montés dans les branches du deuxième étage (M5, M6).

20 5. Porte logique selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend un premier étage (Q1, Q2) monté dans une première branche du deuxième étage (M5, M6), la deuxième branche du deuxième étage étant reliée à une branche du premier étage.

25 6. Circuit logique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les transistors bipolaires sont de type NPN et les transistors MOS sont à canal N.

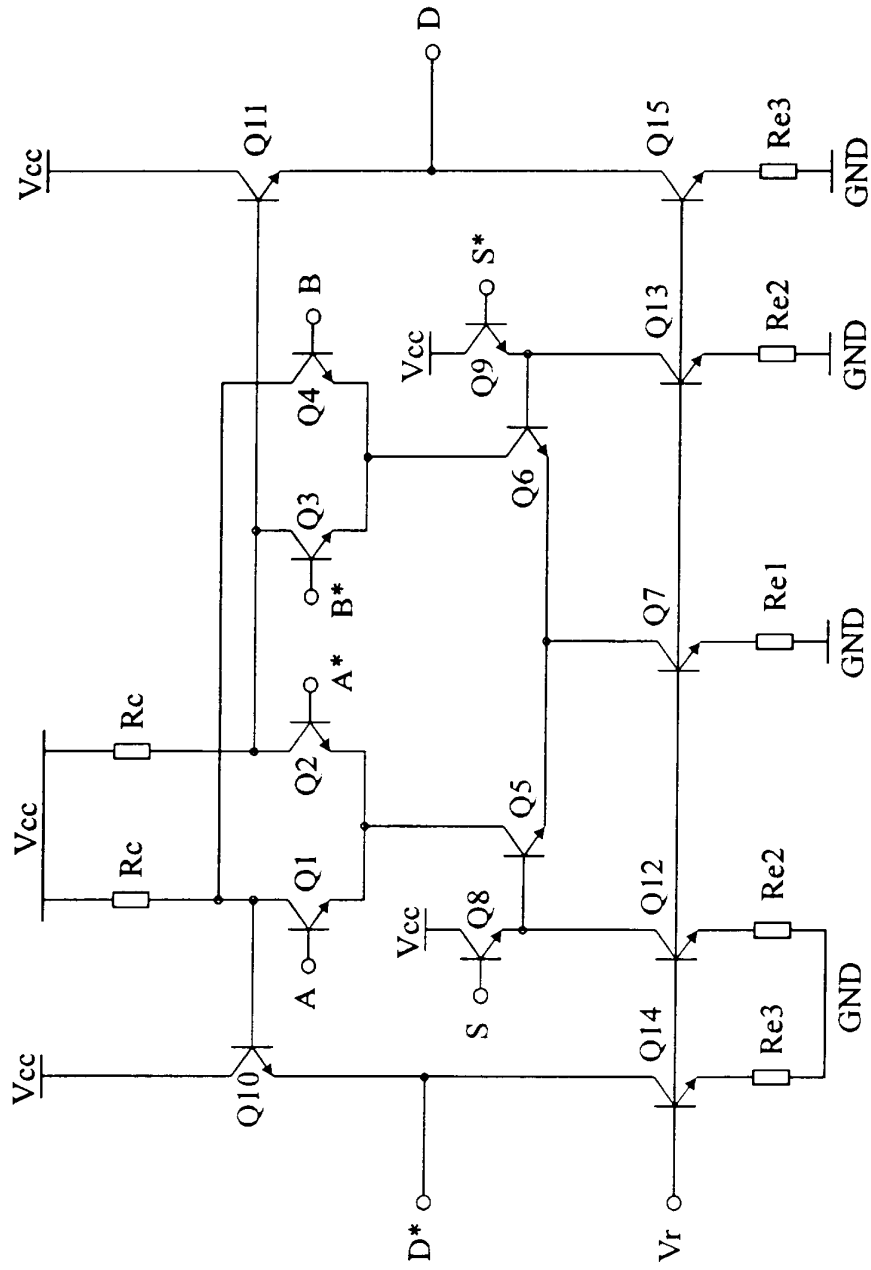


Fig 1

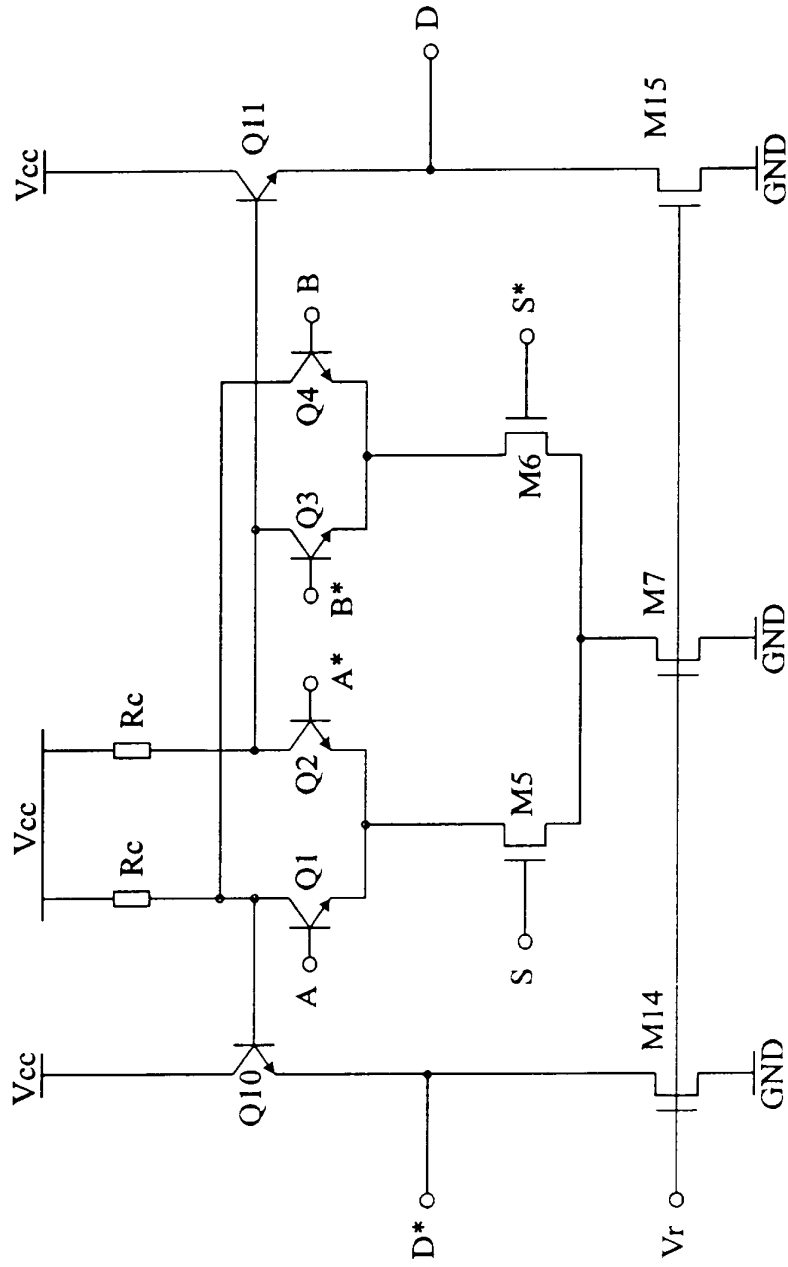


Fig 2

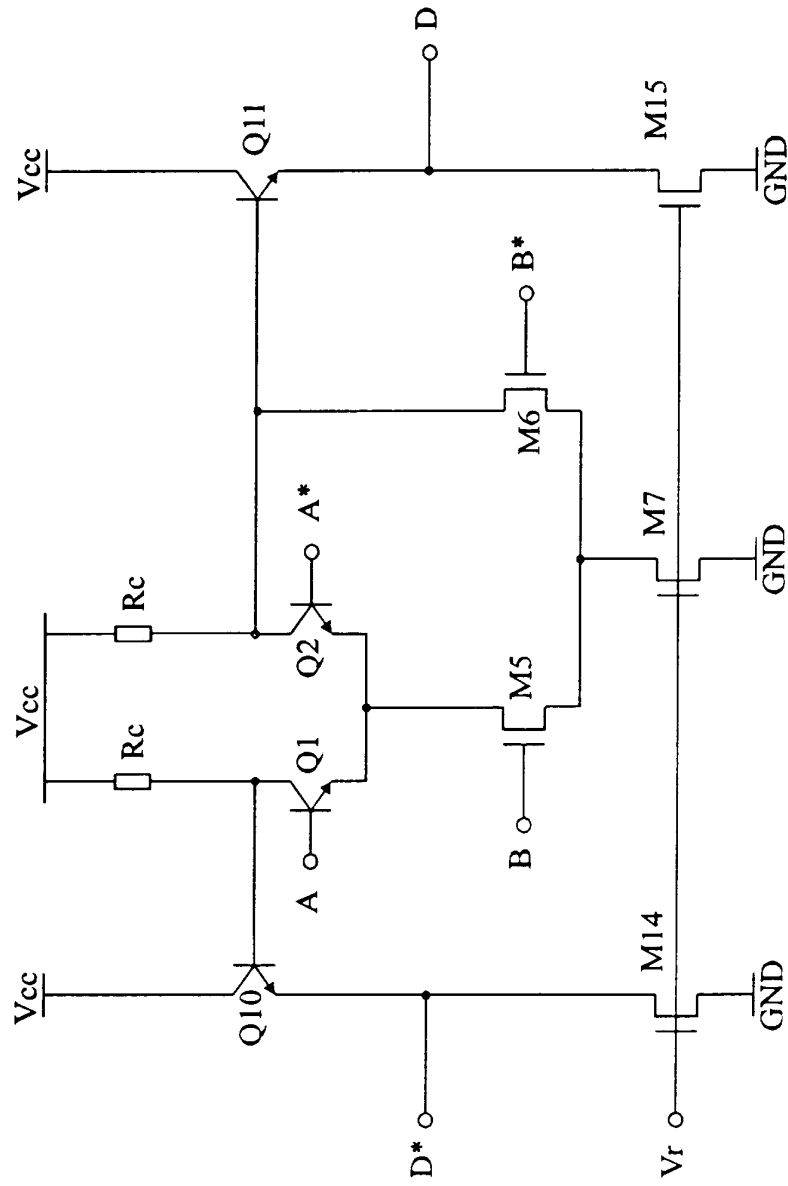


Fig 3

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16 no. 288 (E [1223] ,25 Juin 1992 & JP-A-04 072916 (HITACHI) 6 Mars 1992, * le document en entier *	1,2
A	---	4,6
Y	US-A-5 287 016 (DANSKY ET AL) * colonne 3, ligne 44 - colonne 6, ligne 8; figures 1,2 *	1,2,5,6
Y	---	1,2,5,6
A	EP-A-0 326 897 (SIEMENS) * figure 5 *	4
A	---	1
	US-A-5 124 588 (BALTUS ET AL) * le document en entier * -----	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		H03K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
3 Mai 1995		Feuer, F
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		