

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 07.05.09.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 12.11.10 Bulletin 10/45.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-  
MIQUE Etablissement public à caractère industriel et  
commercial — FR.

⑦2 Inventeur(s) : LACHARTRE DAVID.

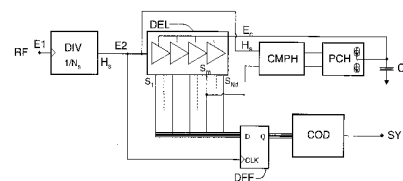
⑦3 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMI-  
QUE Etablissement public à caractère industriel et com-  
mercial.

⑦4 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

⑤4 DEMODULATEUR ET SYSTEME DE TRANSMISSION D'INFORMATIONS MODULEES, NOTAMMENT POUR  
ETIQUETTE D'IDENTIFICATION RADIOFREQUENCE.

⑤7 L'invention concerne les communications sans fil et  
notamment les systèmes de communication en champ pro-  
che de type RFID (de l'anglais "Radio Frequency IDentifica-  
tion").

Pour travailler en modulation de fréquence ou en modulation de phase sans avoir besoin d'un générateur d'horloge locale dans une étiquette RFID, l'invention propose un nouveau démodulateur qui comprend une ligne à retards multiples (DEL) apte à recevoir une fréquence d'entrée ( $H_s$ ) modulée en phase ou en fréquence par des symboles de durée égale à une période de la fréquence d'entrée ou très proche de cette période. La ligne à retards possède  $N_d$  sorties produisant  $N_d$  signaux à la fréquence d'entrée mais avec  $N_d$  retards différents décalés de  $\Delta T$  les uns par rapport aux autres. Le démodulateur comprend en outre un registre de  $N_d$  bascules recevant chacune une sortie respective de la ligne à retards et un signal d'horloge constitué par la fréquence d'entrée, pour stocker dans le registre de bascules l'état des sorties des lignes à retard à la fin d'une période de la fréquence d'entrée. Le contenu du registre représente une valeur d'un symbole (SY) de modulation de la fréquence d'entrée.



## DEMODULATEUR ET SYSTEME DE TRANSMISSION D'INFORMATIONS MODULEES, NOTAMMENT POUR ETIQUETTE D'IDENTIFICATION RADIOFREQUENCE

L'invention concerne les communications sans fil et notamment les systèmes de communication en champ proche de type RFID (de l'anglais "Radio Frequency IDentification").

Les systèmes RFID permettent une transmission de données à  
5 très courte distance (de quelques centimètres à quelques mètres, ou  
exceptionnellement plus) entre un lecteur et une étiquette (en anglais "tag")  
de petite dimension. Le lecteur émet une fréquence radio qui transporte de  
l'énergie et de l'information (par exemple une interrogation) à destination de  
l'étiquette. L'étiquette est activée par l'énergie reçue et elle transmet vers le  
10 lecteur une information en réponse à l'information ou interrogation reçue.  
L'information peut être une simple identification numérique de l'étiquette  
donc, indirectement, de l'objet sur lequel l'étiquette est apposée. L'étiquette  
comprend une antenne radio qui permet de recevoir la fréquence émise par  
le lecteur et qui permet de renvoyer vers le lecteur un signal radio modulé  
15 par l'information à transmettre en retour. La modulation est faite dans  
l'étiquette qui peut comprendre à cet effet une puce de circuit intégré. Les  
étiquettes sont parfois pourvues d'une batterie pour assurer des fonctions  
auxiliaires, mais le plus souvent, lorsque leur fonction est principalement une  
fonction d'identification, elles sont entièrement alimentées par l'énergie  
20 radiofréquence reçue du lecteur.

La modulation effectuée par le lecteur est le plus souvent une  
modulation d'amplitude d'une fréquence porteuse, mais on cherche  
maintenant aussi à faire une modulation de fréquence ou de phase,  
permettant des débits d'information plus importants. La modulation effectuée  
25 par l'étiquette peut être une modulation de charge, c'est-à-dire une  
modulation de l'impédance de l'antenne, cette modulation réagissant sur  
l'impédance de l'antenne d'émission/réception du lecteur. On s'intéresse ici  
principalement à la modulation faite par le lecteur et à la démodulation faite  
par l'étiquette.

30 Lorsque la modulation par le lecteur est une modulation de  
fréquence ou de phase d'une fréquence porteuse centrale  $F_0$ , il faut pouvoir

démoduler l'information dans l'étiquette et pour cela il faut disposer de la même fréquence centrale  $F_0$  dans l'étiquette. Dans les systèmes de communication radio usuels fonctionnant en modulation de fréquence ou de phase, le récepteur dispose dans le cas général d'un générateur de fréquence local calé sur la fréquence centrale du signal radio qu'on veut démoduler. Le générateur local permet de réaliser la démodulation par transposition de fréquence vers une fréquence intermédiaire ou vers la bande de base. Les démodulateurs peuvent aussi utiliser une boucle à verrouillage de phase recevant la fréquence d'un oscillateur local contrôlé en tension (VCO) et calant la fréquence de ce dernier sur la fréquence reçue. Avec des modulations de type très particulier on peut parfois se dispenser d'un oscillateur local, mais ce n'est pas possible dans le cas général.

Or, dans une étiquette RFID on n'a pas beaucoup de place pour loger ce générateur de fréquence ou cet oscillateur local et on ne dispose pas de beaucoup d'énergie pour le faire fonctionner. Un oscillateur local à fréquence contrôlée ou un générateur de fréquence autonome placés sur une puce de circuit intégré nécessitent en général des composants externes à la puce et on ne souhaite pas avoir de tels composants externes dans l'étiquette, pour des raisons d'encombrement.

Un but de l'invention est donc de proposer un système de transmission d'information et un circuit électronique de démodulation correspondant, particulièrement adapté à la communication entre un lecteur et une étiquette RFID. Le système peut émettre en modulation de fréquence ou de phase, sans nécessité d'un générateur de fréquence local dans le démodulateur, et sans composants externes qui viendraient se rajouter à une puce de circuit intégré unique présente dans l'étiquette.

Dans le système de transmission selon l'invention, on prévoit tout d'abord que la modulation modifie la fréquence ou la phase de la fréquence porteuse pendant des durées qui sont variables mais qui restent en relation avec la période de la fréquence radio reçue. L'information est constituée par une succession de "symboles" adjacents représentés chacun par une fréquence ou une phase spécifiques et la détection des symboles se fait en mesurant une durée qui est en relation avec cette fréquence ou cette phase ; chaque symbole possible dure par exemple  $N_s$  périodes,  $N_s$  étant un nombre entier fixe qui est le même pour tous les symboles, mais la fréquence (en

modulation de fréquence) ou la phase (en modulation de phase) varient selon le symbole. La démodulation consiste à déterminer la durée d'un groupe de  $N_s$  périodes, pour en déduire la fréquence ou la phase de la modulation donc la valeur du symbole correspondant à ce groupe de  $N_s$  périodes.

En modulation de fréquence, la durée du symbole sera de préférence exactement égale à  $N_s$  périodes de la fréquence modulée  $F$ . En modulation de phase, la durée du symbole sera de préférence aussi égale à  $N_s$  périodes de la fréquence porteuse  $F_0$  modulée en phase, cette durée dépendant de la phase, de sorte que la durée globale du symbole variera selon la modulation. Dans une variante possible applicable à la condition que l'indice de modulation de fréquence  $(F_{\min} - F_{\max})/F_0$  autour de la fréquence centrale  $F_0$  soit suffisamment faible, la durée du symbole peut être constante mais égale à ou très proche de  $N_s$  périodes de la fréquence centrale  $F_0$ , et la démodulation consistera là encore à observer la durée de  $N_s$  périodes de la fréquence modulée.

Ce type de modulation peut être démodulé par un démodulateur selon l'invention qui ne nécessite pas d'horloge locale à la fréquence centrale  $F_0$ . Le démodulateur comprend une ligne à retards multiples apte à recevoir une fréquence d'entrée modulée en phase ou en fréquence par des symboles de durée égale à une période de la fréquence d'entrée ou très proche de cette période, la ligne à retards ayant  $N_d$  sorties produisant  $N_d$  signaux à la fréquence d'entrée mais avec  $N_d$  retards différents, le démodulateur comprenant en outre un registre de  $N_d$  bascules recevant chacune d'une part une sortie respective de la ligne à retards et d'autre part un signal d'horloge constitué par la fréquence d'entrée, pour stocker dans le registre de bascules l'état des sorties des lignes à retard à la fin d'une période de la fréquence d'entrée, le contenu du registre représentant une valeur d'un symbole de modulation de la fréquence d'entrée.

La ligne à retards peut être une ligne à retards fixes. Cependant, on préfère qu'elle soit commandée par une boucle d'asservissement à constante de temps longue (devant la durée des symboles) de manière que les incréments de retard établis sur les différentes sorties de la ligne restent stables d'un symbole au suivant mais s'ajustent en moyenne à long terme sur une valeur liée à la fréquence moyenne du signal d'entrée. On expliquera

plus en détail cet asservissement dans la suite. La boucle d'asservissement comprend alors de préférence un comparateur de phase recevant d'une part la fréquence d'entrée et d'autre part une des sorties de la ligne à retard, et un intégrateur à constante de temps très supérieure à la durée des symboles, la  
5 sortie de l'intégrateur contrôlant la durée des incréments de retards établis par la ligne pour les asservir en fonction de la valeur moyenne de la fréquence d'entrée.

Le démodulateur comprend de préférence, en amont de la ligne à retard, un diviseur de fréquence par un nombre entier  $N_s$  ; ce diviseur est  
10 apte à recevoir une fréquence radio modulée en phase ou en fréquence et à fournir à l'entrée de la ligne à retards une fréquence d'entrée modulée  $N_s$  fois plus petite que la fréquence radio.

Le démodulateur selon l'invention est utilisable dans un système de transmission comprenant un lecteur et une étiquette, dans lequel le  
15 lecteur émet en modulation de fréquence ou de phase et dans lequel les symboles sont émis soit de manière synchrone (c'est-à-dire avec une durée représentant un nombre fixe de périodes du signal radio modulé) soit de manière asynchrone (avec des durées fixes, représentant de préférence un nombre fixe de périodes de la fréquence centrale non modulée).

20

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit et qui est faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente un exemple de signal à fréquence radio,  
25 modulé en fréquence par des symboles de durées variables qui sont un multiple fixe de la durée de la période de la fréquence modulée ;

- la figure 2 représente la structure d'un démodulateur selon l'invention ;

- la figure 3 représente un chronogramme temporel expliquant le  
30 principe de la démodulation effectuée, dans le cas de la réception d'un signal modulé en fréquence par des symboles de durée multiple de la période de ce signal ;

- la figure 4 représente un chronogramme temporel expliquant le  
35 principe de la démodulation dans le cas de la réception d'un signal modulé en phase ;

- la figure 5 représente un chronogramme temporel expliquant le principe de la démodulation dans le cas de la réception d'un signal modulé en fréquence par des symboles successifs de durée fixe ;

- la figure 6 représente un exemple de diviseur par  $N_s$  ;

5 - la figure 7 représente un exemple de ligne à retards logique ;

- la figure 8 représente un exemple de comparateur de phase ;

- la figure 9 représente un exemple de pompe de charge ;

- la figure 10 représente une variante de réalisation du démodulateur, avec une ligne à retard auxiliaire en amont de la ligne à retard.

Sur la figure 1 on a représenté un signal radiofréquence composé d'une fréquence centrale radio modulée en fréquence par des symboles successifs de valeurs différentes, désignés respectivement par  $SY_0$ ,  $SY_a$ ,  
 15  $SY_b$ . La valeur d'un symbole est définie par une fréquence  $F$  respective ( $F=F_0$ ,  $F_a$ ,  $F_b$  ...) affectée à ce symbole. Sur la figure 1, on a représenté la fréquence de base non modulée, ainsi qu'une fréquence modulée  $F_a$  plus élevée et une fréquence modulée  $F_b$  moins élevée.

La durée de modulation, pendant laquelle chaque fréquence est  
 20 émise, est liée à la période du signal radiofréquence.

Dans le cas le plus simple, qui est représenté sur la figure 1, la durée d'un symbole est égale à un nombre fixe de périodes du signal, de préférence un nombre entier  $N_s$ . La valeur du symbole est donc représentée non seulement par la valeur de la fréquence émise mais aussi par une durée  
 25 respective du symbole, cette durée étant  $T=N_s/F$ , c'est-à-dire  $T_0=N_s/F_0$ ,  $T_a=N_s/F_a$ ,  $T_b=N_s/F_b$ , etc. Dans l'exemple de la figure 1,  $N_s = 4$  et les variations de fréquence ont été volontairement exagérées pour mieux faire comprendre les principes.

Dans ce cas simple, la durée du symbole est exactement égale à  
 30  $N_s$  périodes et les  $N_s$  périodes ont des durées toutes identiques ; la démodulation consistera à mesurer au moyen d'une ligne à retards la durée des symboles qui est exactement la durée de  $N_s$  périodes identiques. On verra plus loin que l'invention est applicable aussi

- dans le cas d'une modulation de phase où la durée du symbole est égale à  $N_s$  périodes du signal modulé, cette durée dépendant de la phase,

- dans le cas d'une modulation asynchrone où les durées des symboles sont toutes identiques à une valeur commune  $T_0$  qui est de préférence égale à  $N_s$  périodes de la fréquence moyenne  $F_0$  du signal radio.

Dans tous les cas, la modulation est faite de sorte que la durée des symboles représente un nombre entier  $N_s$  de périodes du signal radiofréquence, que ce soit exactement  $N_s$  périodes de la fréquence modulée ( $N_s$  périodes identiques de durée  $1/F$  ou  $N_s$  périodes pas forcément identiques mais dont la somme des durées dépend de la phase), ou encore  $N_s$  périodes de la fréquence moyenne  $F_0$ . Et dans tous les cas, on mesure la durée de  $N_s$  périodes du signal modulé.

La figure 2 représente une réalisation de démodulateur selon l'invention pour démoduler un signal modulé de l'une de ces différentes manières. Il comporte une entrée E1 recevant le signal radiofréquence RF à démoduler, issu d'une antenne de l'étiquette (non représentée). L'entrée E1 est reliée à l'entrée d'un diviseur de fréquence DIV (en pratique un compteur) qui divise la fréquence reçue  $F$  par le nombre  $N_s$  et qui produit sur sa sortie un signal alternatif  $H_s$  de période égale à  $N_s/F$ . Le compteur-diviseur est facultatif : sa présence dépend de la modulation attendue ; si la modulation est faite de sorte que la durée des symboles représente  $N_s$  périodes,  $N_s > 1$ , du signal radiofréquence (exactement ou de manière approchée comme expliqué ci-dessus), un diviseur par  $N_s$  est nécessaire ; mais  $N_s$  peut à la limite être égal à 1, la modulation étant faite à chaque nouvelle période du signal radiofréquence, et dans ce cas il n'y a pas besoin de diviseur.

Le cœur du démodulateur selon l'invention est donc situé après le diviseur. L'entrée du cœur du démodulateur est une entrée E2 reliée à la sortie du diviseur, et cette entrée reçoit un signal  $H_s$  dont la fréquence est la fréquence  $F$  divisée par  $N_s$ .

L'entrée E2 est l'entrée d'une ligne à retards DEL ayant un nombre  $N_d$  de sorties  $S_1$  à  $S_{Nd}$ , chaque sortie  $S_i$  fournissant un signal de même période que le signal d'entrée  $H_s$  mais avec un retard respectif  $D_i$  où  $i$  est un indice représentant le rang de la sortie de la ligne. Les retards  $D_i$  des

$N_d$  sorties sont échelonnés régulièrement à des intervalles  $\Delta T$  entre une valeur minimale et une valeur maximale.

La ligne à retards pourrait être une ligne produisant des retards fixes échelonnés d'une valeur figée  $\Delta T$ . Cependant, il est préférable que la  
 5 valeur du retard élémentaire  $\Delta T$  soit asservie sur la fréquence moyenne  $F_0$  du signal reçu par le démodulateur. En effet, la valeur  $\Delta T$  va être utilisée pour mesurer des écarts entre des durées de périodes de signal proches de la fréquence moyenne reçue et il est souhaitable qu'il y ait un lien direct entre la fréquence moyenne reçue et la valeur du retard qui sert à la mesure des  
 10 écarts.

C'est pourquoi la figure 2 représente un démodulateur qui est pourvu d'un tel asservissement. L'asservissement est produit par une boucle à verrouillage de phase qui comprend un comparateur de phase CMPH et un intégrateur à constante de temps longue devant la durée des symboles à  
 15 démoduler (de préférence, la constante de temps est d'au moins plusieurs centaines de fois la durée d'un symbole).

Le comparateur de phase reçoit d'une part la fréquence d'entrée  $H_s$  et d'autre part un signal issu de l'une des sorties (sortie  $S_m$ ) de la ligne à retard. La sortie  $S_m$  fournit le signal  $H_s$  avec un retard de référence  $D_m$  tel que  
 20 pour la fréquence de modulation moyenne  $F_0/N_s$ , les fronts de montée du signal sur la sortie  $S_m$  soient en phase (cela pourrait être en opposition de phase, selon la constitution du comparateur de phase) avec les fronts de montée du signal non retardé  $H_s$ .

La boucle à verrouillage de phase agit sur la ligne à retard en  
 25 ajustant le retard élémentaire  $\Delta T$  dans un sens tendant à maintenir la sortie  $S_m$  en phase avec l'entrée E2 (donc un déphasage nul entre les entrées du comparateur de phase). La constante de temps élevée de la boucle permet que cette mise en phase se fasse pour une fréquence moyenne  $F_0$  du signal radio. De ce fait, la durée de retard  $\Delta T$  peut être considérée comme fixe d'un  
 30 symbole au suivant.

L'intégrateur placé en sortie du comparateur de phase est constitué par exemple à l'aide d'une pompe de charge PCH et d'un intégrateur (capacité  $C_{int}$ ). La tension intégrée aux bornes de la capacité  $C_{int}$  est appliquée à l'entrée de commande  $E_c$  de la ligne à retards ; la tension sur  
 35 cette entrée agit sur la valeur du retard élémentaire  $\Delta T$  donc sur tous les

retards établis par la ligne. Du fait de l'intégration de l'information de déphasage fournie par le comparateur de phase CMPH, la tension aux bornes de la capacité d'intégration se stabilise à une valeur telle que le déphasage moyen entre le signal  $H_s$  et le signal de sortie sur  $S_m$  soit nul (ou constant).

Les  $N_d$  sorties de la ligne à retard sont appliquées aux entrées d'un registre DFF de multiples bascules D. Chaque bascule D reçoit sur son entrée D une sortie respective parmi les  $N_d$  sorties, et reçoit sur une entrée d'horloge CLK le signal d'entrée  $H_s$  à la fréquence  $F/N_s$ . Sur le front montant (par exemple) du signal  $H_s$ , les bascules prennent chacune l'état imposé sur leur entrée D respective. Cet état dépend de l'instant d'arrivée d'un deuxième front montant de  $H_s$  après un premier front montant qui a été différemment retardé sur chacune des sorties. Le premier front montant est celui qui définit un début de symbole. Le deuxième est celui qui définit la fin de symbole (et le début d'un nouveau symbole). A la fin du symbole, l'ensemble de  $N_d$  sorties du registre de bascules définit, selon un code de type thermométrique, une valeur qui représente le symbole qui vient de se terminer.

Un circuit de codage COD placé en sortie du registre de bascules permet de fournir la valeur du symbole sous une autre forme que thermométrique, par exemple selon un code binaire. Les symboles successifs arrivent sur la sortie SY au fur et à mesure de l'arrivée des fronts montants de  $H_s$ .

La figure 3 représente un chronogramme expliquant la démodulation dans un exemple où la modulation du signal reçu est une modulation de fréquence et où chaque symbole a une durée exactement égale à  $N_s$  périodes (sur la figure 3,  $N_s = 4$ ) de la fréquence radio RF reçue à l'entrée E1 du démodulateur. On a représenté trois symboles successifs  $SY_0$ ,  $SY_a$ ,  $SY_b$  correspondant respectivement à trois valeurs de fréquence différentes  $F_0$ ,  $F_a$ ,  $F_b$  et donc à trois durées différentes. On considère ici que la fréquence  $F_0$  est la fréquence centrale autour de laquelle s'effectue la modulation, et que cette fréquence  $F_0$  est la fréquence moyenne du signal modulé ; la fréquence  $F_a$  est supérieure à  $F_0$  et la fréquence  $F_b$  est inférieure

à  $F_0$ . Un symbole  $SY_0$  est affecté dans cet exemple à la fréquence moyenne  $F_0$  mais ce n'est pas obligatoire.

La première ligne de la figure 3 représente le signal radiofréquence RF reçu à l'entrée E1 du démodulateur et ayant une fréquence variable F. La deuxième ligne représente le signal  $H_s$  en sortie du compteur-diviseur DIV, donc à l'entrée E2 de ce qu'on a appelé précédemment le cœur du démodulateur. Le signal  $H_s$  a une fréquence qui est la fréquence  $F/N_s$ . Les  $N_d$  lignes suivantes de la figure 3, référencées  $S_1$  à  $S_{Nd}$ , représentent  $N_d$  signaux à fréquence  $F/N_s$  retardés par la ligne à retard DEL et présents sur les  $N_d$  sorties  $S_1$  à  $S_{Nd}$  de cette ligne à retard.

Plus le nombre de sorties  $N_d$  est élevé (et plus l'incrément de retard  $\Delta T$  entre deux sorties successives est faible) plus le démodulateur est précis.

L'une des sorties,  $S_m$ , de la ligne à retard joue un rôle particulier puisqu'elle sert de référence à la boucle à verrouillage de phase. La sortie  $S_m$  est de préférence celle qui établit un retard d'une période entière du signal  $H_s$  lorsque la fréquence d'entrée est  $F_0$ . C'est la solution la plus simple pour caler la boucle à verrouillage de phase sur un retard élémentaire qui est défini par rapport à la fréquence moyenne du signal modulé en fréquence. L'incrément élémentaire  $\Delta T$  de retard entre les sorties successives de la ligne à retard peut être considéré comme fixe du fait de la boucle à verrouillage de phase à constante de temps longue.

On voit sur la figure 3 que le signal retardé de la sortie  $S_m$  a des fronts de montée qui coïncident avec les fronts de montée du signal  $H_s$  lorsque ce dernier est à la fréquence  $F_0/N_s$ , donc pendant l'émission du symbole  $SY_0$ . On pourrait aussi envisager que les fronts de montée du signal de la sortie  $S_m$  coïncident avec les fronts de descente du signal  $H_s$  en modifiant en conséquence la constitution du comparateur de phase CMPH.

A la fin du symbole  $SY_0$ , au front de remontée du signal  $H_s$ , les états logiques des sorties  $S_1$  à  $S_{m-1}$  qui précèdent la sortie  $S_m$  sont dans un premier état logique (ici : niveau haut 1), alors que les sorties  $S_m$  à  $S_{Nd}$  sont dans un deuxième état logique (ici : niveau bas 0). L'état de l'ensemble des sorties prises dans l'ordre est : 11111000000.

Le symbole suivant  $SY_a$  correspond à une fréquence plus élevée. A la fin du symbole  $SY_a$ , lors du front de remontée du signal  $H_s$ , l'état des

premières sorties de la ligne à retard, avant une sortie  $S_a$  est au niveau 1, et l'état des dernières sorties à partir de  $S_a$  (à l'exception de la sortie  $S_{Nd}$ ) est au niveau 0. L'état de l'ensemble des sorties prises dans l'ordre est dans cet exemple 110000000(1). Le dernier 1 ne joue pas de rôle.

5            Enfin, le symbole  $SY_b$  correspond à une fréquence moins élevée que  $F_0$  et l'état des sorties de la ligne à retard au moment du front de remontée du signal  $H_s$  à la fin du symbole  $SY_b$  est 11111111110, c'est-à-dire 1 avant une sortie  $S_b$  et 0 de la sortie  $S_b$  jusqu'à la sortie  $S_{Nd}$ .

10            La position de la transition de l'état 1 vers l'état 0 dans le sens des retards croissants représente donc directement l'écart entre les longueurs des symboles, le code 11111000000 représentant le symbole  $SY_0$  c'est-à-dire la fréquence moyenne  $F_0$ , le code 11000000xx représentant un symbole  $SY_a$  (fréquence plus basse) et le code 11111111110 représentant un symbole  $SY_b$  (fréquence plus élevée).

15            L'état global des sorties définit donc les symboles, selon un code thermométrique c'est-à-dire un code où la valeur est définie par la position d'une transition d'une série d'états 1 vers une série d'états 0.

20            Le registre DFF de  $N_d$  bascules D mémorise ce code au moment de la fin d'un symbole (définie par le front de remontée du signal  $H_s$ ), et le codeur COD convertit le code en binaire pur (par exemple) pour fournir sur la sortie SY une valeur de symbole qui vient d'être démodulé.

25            Dans l'exemple qui a été représenté, on considère que les valeurs des symboles sont incrémentées ou décrémentées d'une unité chaque fois que la durée du symbole est incrémentée ou décrémentée d'une valeur  $\Delta T$ , le symbole  $SY_0$  ayant une valeur 0, le symbole  $SY_a$  a une valeur -3 et le symbole  $SY_b$  a une valeur +5. On comprendra que si la modulation est faite de telle sorte qu'un incrément de valeur de symbole dans la succession des symboles possibles correspond à un incrément de retard  $2\Delta T$ , le codeur COD doit en tenir compte pour déterminer la valeur du symbole à partir du  
30 code thermométrique.

          Pour que le démodulateur fonctionne dans les meilleures conditions, il est souhaitable que le diviseur DIV (lorsqu'il est présent) soit bien synchronisé sur le début d'un symbole. Il comporte alors une entrée de synchronisation (non représentée). La synchronisation peut être recherchée

lors de l'émission répétée d'un code d'initialisation avant le début d'une véritable transmission d'informations. On reviendra plus loin sur ce point.

La figure 4 représente un exemple de fonctionnement du  
 5 démodulateur selon l'invention dans le cas où le signal radiofréquence est  
 modulé en phase. On considère encore que la durée d'un symbole est de  $N_s$   
 périodes du signal radiofréquence. La durée globale des  $N_s$  périodes est telle  
 que la fin du symbole soit déphasée d'une phase déterminée par rapport à la  
 fréquence d'horloge non modulée en phase. Par exemple, on peut  
 10 considérer que la première période a une durée  $T = (1 + \Phi/2\pi) / F_0$ , où  $F_0$  est la  
 fréquence porteuse du signal radio et  $\Phi$  est la phase qui sert à moduler ce  
 signal.  $\Phi$  est égal à zéro (par exemple) pour le symbole  $SY_0$  et égal à  $\Phi_a$  ou  
 $\Phi_b$  pour les symboles  $SY_a$  et  $SY_b$ . Les périodes suivantes ont une durée  
 $1/F_0$ . Dans l'exemple représenté,  $\Phi_a$  est négatif (conduisant à une première  
 15 période du symbole plus courte que les autres) et  $\Phi_b$  est positif (conduisant  
 à une première période plus longue). C'est cet exemple de modulation de  
 phase qui est représenté sur la figure 4.

Le signal  $H_s$  a des fronts de montée synchrones des fronts de  
 montée du signal radio en début de symbole et en fin de symbole.

20 La durée qui sépare le front de montée de  $H_s$  en début de symbole  
 et le front de montée en fin de symbole est là encore mesurée par l'état des  
 $N_d$  sorties retardées de la ligne à retard au moment du front de montée qui  
 définit la fin du symbole. La sortie  $S_m$  est celle qui fournit un signal retardé  
 d'une période entière lorsque la phase de modulation  $\Phi$  est nulle.

25 L'état des sorties du registre de bascules définit encore un code  
 thermométrique qui représente la durée de la période  $H_s$  donc la valeur du  
 symbole puisque cette durée est directement liée à la phase.

On remarquera que la modulation de phase consiste à établir un  
 déphasage par rapport à une référence temporelle absolue qui est définie  
 30 par la porteuse non modulée ; comme le démodulateur mesure une durée de  
 $N_s$  périodes par rapport à la fin du symbole précédent, le code  
 thermométrique obtenu en sortie représentera une variation de symbole par  
 rapport au symbole précédent plutôt que le symbole de modulation  
 proprement dit. Par conséquent, on obtiendra le véritable symbole qui a servi  
 35 à moduler la phase en ajoutant la variation détectée à la valeur du symbole

précédent. Un registre d'addition (non représenté) sera ajouté à cet effet en sortie du démodulateur. On adoptera alors, par sécurité, des mécanismes de correction d'erreur pour éviter qu'une erreur de démodulation sur un symbole ne se propage sur tous les symboles qui suivent.

5

La figure 2 et la figure 3 illustraient le cas d'une modulation de fréquence et d'une modulation de phase dans lesquelles la durée d'émission d'un symbole était exactement de  $N_s$  périodes entières de la fréquence radio à l'instant du symbole, la durée de la première période prenant en compte la  
 10 valeur de la phase dans le cas de la modulation de phase. Dans ces deux cas, il s'agit d'une modulation dite synchrone en ce sens que l'instant de début d'un symbole et de fin d'un symbole est calé par rapport à la fréquence radio. La durée des symboles était donc variable d'un symbole à l'autre.

Mais le démodulateur peut aussi fonctionner dans le cas où le  
 15 signal reçu est modulé de manière asynchrone, avec une durée de symbole fixe. C'est particulièrement vrai dans le cas où le signal est modulé en phase mais cela peut être le cas aussi en modulation de fréquence à la condition cependant que le taux de modulation de la fréquence radio soit relativement faible.

La figure 5 illustre la démodulation dans ce dernier cas. La durée  
 20 d'un symbole est celle pendant laquelle la fréquence est modifiée et prend la valeur définie pour ce symbole. Mais la mesure de retard reste définie par la fréquence  $H_s$ , c'est-à-dire essentiellement par une durée liée à  $N_s/F$  et c'est bien cette durée qu'on cherche à mesurer pour remonter à la fréquence donc  
 25 à la valeur du symbole.

C'est pourquoi, ce sont toujours les fronts de montée de  $H_s$   
 (=  $N_s/F$ ) qui enregistrent dans les bascules l'état des sorties de la ligne à retards. Il y a donc, dans le cas de la modulation asynchrone par des symboles de durée constante un décalage temporel entre la fin du symbole  
 30 et l'instant de basculement des bascules.

La durée des symboles est de préférence prise égale à  $N_s$   
 périodes à la fréquence moyenne  $F_0$ . Les symboles  $SY_0$  ont donc une durée exactement égale à  $N_s/F_0$ , mais les symboles  $SY_a$  et  $SY_b$ , qui ont la même durée, sont l'un un peu plus long que  $N_s/F_a$  et l'autre un plus court que  $N_s/F_b$ .  
 35 Mais si les variations de fréquence sont faibles et régulièrement réparties,

l'erreur d'instant de mesure qui en résulte (par rapport à l'instant de fin de symbole) peut être inférieure à la durée d'un retard élémentaire  $\Delta T$  de la ligne à retard, et dans ce cas il n'y a pas d'erreur de détermination du symbole.

5            On notera que le risque d'erreur dans le cas d'une modulation asynchrone avec des symboles de durée constante est d'autant plus faible que  $N_s$  est plus grand (et, dans le cas d'une modulation de fréquence, que l'indice de modulation est plus faible).

10           Quel que soit le type de modulation, synchrone ou asynchrone, de fréquence ou de phase, le démodulateur fournit en sortie du registre de bascules un code thermométrique dans lequel la valeur du symbole démodulé est définie par l'emplacement de la transition d'une série continue d'état logiques 0 vers une série continue d'états logiques 1. Cette  
15    particularité permet, si on le souhaite, d'établir une détection d'erreurs de démodulation : si on détecte une absence de transition d'une série de 1 vers une série de 0, ou au contraire plusieurs transitions de ce type, le symbole démodulé sera considéré comme erroné et rejeté.

20           Les figures qui suivent ne sont données qu'à titre d'exemple illustratifs montrant comment on peut réaliser le diviseur de fréquence, la ligne à retards, le comparateur de phase et l'intégrateur du démodulateur de la figure 2.

              La figure 6 représente un exemple de diviseur de fréquence par  $N_s$   
25    dans le cas où  $N_s = 8$ . Il s'agit seulement d'un exemple, bien des solutions connues existant pour réaliser un diviseur de fréquence.

              Le diviseur est un compteur : il comporte trois bascules D qui forment un compteur à trois bits ; l'entrée d'horloge de ces trois bascules reçoit la fréquence radio RF issue par exemple de l'antenne d'une étiquette  
30    RFID. L'entrée D de chaque bascule reçoit la sortie d'un multiplexeur respectif MUX1, MUX2, MUX3. Les multiplexeurs servent pour assurer l'initialisation du compteur à une valeur déterminée (entre 0 et 7) pendant une phase de synchronisation, puis ils assurent les rebouclages nécessaires entre les sorties et les entrées de bascules. Ces rebouclages établissent les  
35    divisions de fréquence nécessaires ; ainsi, la première bascule divise la

fréquence RF par deux parce que son entrée D provient de sa sortie ; la deuxième bascule divise la fréquence par quatre parce que son entrée reçoit sa sortie à travers une porte OU-Exclusif commandée par la première bascule ; et la troisième bascule divise la fréquence par huit parce que son  
5 entrée ne reçoit sa sortie qu'à travers une porte OU-Exclusif commandée par les deux autres bascules.

Une entrée de synchronisation et un bus d'initialisation sont prévus. L'entrée de synchronisation "synch" commande les multiplexeurs pour appliquer aux bascules, pendant la synchronisation, des états logiques  
10 correspondant à une valeur d'initialisation (de 0 à 7).

La synchronisation peut s'effectuer de plusieurs manières, et notamment par l'envoi d'un code de synchronisation en tête d'une trame de symboles, ou l'envoi d'un symbole modulé spécifique, ou une modulation d'amplitude d'une impulsion de synchronisation.

15

Dans le cas d'une synchronisation par un code en tête de trame, on prévoit que l'en-tête contient un code de longueur  $N_c$  (nombre de symboles  $N_c$ ) répété au moins  $N_s$  fois.

Une petite machine à états, non représentée, va générer dans le  
20 démodulateur  $N_s$  fois une impulsion de synchronisation toutes les  $N_c$  périodes de la fréquence RF. A chaque impulsion la valeur d'initialisation appliquée au compteur formé par les trois bascules est incrémentée d'une unité, jusqu'à avoir produit les  $N_s$  valeurs possibles d'initialisation. Le démodulateur produit  $N_c$  codes différents du fait que l'initialisation est à  
25 chaque fois différente. L'un de ces codes sera identique à un code d'initialisation attendu et la détection du code attendu va arrêter le processus de synchronisation du compteur, celui-ci continuant à effectuer la division par  $N_s$  à partir de l'état synchronisé détecté.

30 La synchronisation peut alternativement être effectuée avec un symbole spécifique non utilisé dans la transmission de donnée, plutôt qu'avec un code spécifique de  $N_c$  symboles. Le principe est le même que précédemment, avec une succession de  $N_s$  initialisations différentes jusqu'à ce que le démodulateur trouve le symbole spécifique.

Enfin, on peut envisager aussi que l'émetteur module en amplitude une impulsion de synchronisation, mais alors le démodulateur doit être pourvu de moyens de démodulation d'amplitude.

5 La figure 7 représente un exemple de constitution d'une ligne à retards logique utilisable dans le démodulateur selon l'invention. Elle possède une entrée E2 pour recevoir le signal  $H_s$  et  $N_d$  sorties  $S_1$  à  $S_{Nd}$  fournissant un signal logique ayant les mêmes fronts de montée que le signal  $H_s$  mais retardé par rapport à ce signal. Une sortie intermédiaire (la sortie  $S_m$  10 mentionnée précédemment) fournit un signal retardé dont un front coïncide avec un front du signal  $H_s$ . Les autres sorties fournissent des signaux retardés décalés les uns par rapport aux autres d'incrément  $\Delta T$ . La ligne comporte  $N_d$  étages identiques en cascade formés chacun d'une paire de cellules inverseuses ; chaque étage propage de son entrée vers sa sortie le 15 signal qu'il reçoit de l'étage précédent en le retardant de  $\Delta T$ .

Une cellule est formée d'un transistor PMOS Q1 et un transistor NMOS en série Q2, réunis par leur drain et ayant leurs grilles réunies, un transistor d'alimentation en courant NMOS Q3 en série avec la paire Q1, Q2, ce transistor ayant sa grille commandée par une tension continue  $V_{ctrl}$  20 présente sur l'entrée de commande  $E_c$  de la ligne à retard. Une autre paire de transistors Q'1, Q'2 est montée comme la paire Q1, Q2, avec un transistor d'alimentation Q'3 monté comme Q3. La paire Q1, Q2 agit comme un premier inverseur et la paire Q'1, Q'2 comme un deuxième inverseur et la sortie de ce deuxième inverseur est reliée à l'entrée de l'étage suivant de la 25 ligne à retard. Un inverseur de sortie I1 a son entrée connectée aux drains réunis de Q'1 et Q'2 et sa sortie constitue une sortie respective de la ligne à retard parmi les  $N_d$  sorties.

L'incrément de retard  $\Delta T$  entre deux sorties de la ligne est la somme du retard de basculement du premier inverseur (Q1, Q2) et du 30 deuxième inverseur Q'1, Q'2.

Le réglage de l'incrément de retard  $\Delta T$  est fait par variation de la tension de contrôle  $V_{ctrl}$  des transistors Q3 et Q'3 ; cette tension provient (cf. figure 2) de la boucle à verrouillage de phase (en pratique : de la capacité d'intégration  $C_{int}$ ), ce qui assure un réglage automatique de l'incrément de 35 retard. Plus  $V_{ctrl}$  est élevée, plus le courant de décharge du nœud capacitif

en sortie d'une paire de transistors telle que Q1, Q2 ou Q'1, Q'2 est élevé et plus la décharge du nœud capacitif constitué sur les drains de ces paires est rapide ; le niveau de basculement de la paire de transistors suivante (du même étage ou de l'étage suivant) est atteint plus rapidement et donc le  
 5 retard produit par l'étage est plus faible. Inversement, plus  $V_{ctrl}$  diminue, plus la décharge est lente et plus le retard augmente.

On prévoit de préférence en parallèle avec chaque transistor d'alimentation (Q3, Q'3) un transistor de contre-réaction (Q4, Q'4) dont la grille est commandée par la paire de cellule suivante (du même étage s'il  
 10 s'agit du transistor Q4 en parallèle avec Q3, ou de l'étage suivant s'il s'agit du transistor Q'4 en parallèle avec Q'3). Ce transistor décharge très rapidement le nœud de sortie d'une paire de cellules après que la cellule suivante a basculé, et ceci permet d'avoir des fronts de transition plus raides lorsque ce nœud de sortie passe à zéro.

15

La figure 8 représente un exemple de comparateur de phase utilisable dans le démodulateur selon l'invention. C'est un comparateur composé d'un ensemble de portes logiques fonctionnant en logique asynchrone ; il reçoit sur ses entrées la sortie  $S_m$  de la ligne à retard et le  
 20 signal  $H_s$  en sortie du diviseur de fréquence DIV en vue de comparer les phases de ces deux sorties.

La comparaison se fait sur les fronts montants des signaux d'entrée. Le comparateur a deux sorties P+ et P- et produit sur ces sorties des impulsions positives dont le début et la fin dépendent de la position  
 25 relative des fronts de montée sur les deux entrées du comparateur. Par exemple, si le front de montée de  $H_s$  est en avance sur le front du signal de la sortie  $S_m$ , l'impulsion sur P+ démarrera plus tôt que l'impulsion sur P-.

Ce sont ces impulsions qui serviront à alimenter un intégrateur produisant sur une capacité  $C_{int}$  une tension de contrôle  $V_{ctrl}$  à destination de  
 30 la ligne à retards. L'intégrateur est constitué dans ce cas par une pompe de charge, chargeant et déchargeant la capacité  $C_{int}$  par des impulsions de courant positives ou négatives qui augmentent ou diminuent la tension  $V_{ctrl}$  en fonction du déphasage constaté. Si les impulsions positives sont plus longues que les impulsions négatives, la capacité se charge, sinon elle se  
 35 décharge. L'équilibre est atteint lorsque les signaux d'entrée sont en phase

l'un avec l'autre, le comparateur de phase fournissant alors périodiquement une courte impulsion positive et une courte impulsion négative de durées égales, qui se compensent et maintiennent la tension aux bornes de la capacité à sa valeur d'équilibre.

5 La figure 9 représente une réalisation possible de la pompe de charge, des schémas classiques de pompes de charge pouvant également être utilisés à la place de ce schéma.

Les impulsions P+ et P- issues du comparateur de phase sont appliquées aux deux entrées de la pompe de charge et la pompe de charge  
10 produit des courants positifs et négatifs fonction respectivement des largeurs des impulsions sur P+ et sur P-, l'un des courants chargeant la capacité d'intégration  $C_{int}$  et l'autre déchargeant cette capacité.

La figure 10 représente une variante de réalisation du  
15 démodulateur, utilisant une ligne à retard auxiliaire en amont de la ligne déjà décrite. Cette variante est utile pour réduire le nombre de sorties de la ligne à retard DEL dans certains cas et notamment dans le cas où le nombre  $N_s$  est plus élevé que 2 ou 4, ou encore lorsque le nombre de symboles possibles est élevé. En effet, par exemple dans le cas où  $N_s$  est important, il faut  
20 produire à la fois un retard moyen important sur la sortie  $S_m$  (retard d'une période entière de  $H_s$  donc  $N_s$  fois la durée d'une période du signal RF) et en même temps des incréments de retards  $\Delta T$  de faible valeur entre les différentes sorties pour pouvoir distinguer les différentes durées de symboles. Dans ce cas, on préfère utiliser une ligne à retard auxiliaire  $DEL_{aux}$   
25 fournissant un signal déjà retardé à la ligne à retards DEL. La ligne à retard auxiliaire établit donc un retard principal, et la ligne DEL établit à partir de ce retard principal les  $N_d$  incréments successifs  $\Delta T$  nécessaires à la démodulation. Le retard principal est choisi en fonction de la durée minimale qu'on veut mesurer. Typiquement, si la modulation est une modulation de  
30 fréquence autour d'une fréquence  $N_s/F_0$ , engendrant des périodes de signal  $H_s$  allant de  $N_s/F_{max}$  à  $N_s/F_{min}$ , on choisira un retard principal égal à  $N_s/F_{max}$  pour la ligne à retard  $DEL_{aux}$ .

La ligne à retard auxiliaire  $DEL_{aux}$  possède donc une sortie  $X_a$  qui fournit le signal  $H_s$  retardé du retard principal, et la ligne à retard DEL  
35 possède toujours  $N_d$  sorties qui établissent des retards qui sont incrémentés

de  $\Delta T$  par rapport à ce retard principal. La sortie  $S_m$  fournit de préférence, comme dans la réalisation de la figure 2, un signal dont les fronts de montée sont en phase avec ceux de  $H_s$  pour la fréquence moyenne de modulation  $F_0$ . La ligne  $DEL_{aux}$  est de préférence également asservie sur cette fréquence

5 moyenne de modulation  $F_0$ , l'asservissement étant fait de la même manière que pour la ligne DEL ; à cet effet, la ligne  $DEL_{aux}$  possède de préférence une autre sortie retardée  $X_b$  dont les fronts de montée sont sensiblement synchrones des fronts de montée de  $H_s$  pour la fréquence moyenne  $F_0$ , et c'est cette sortie  $X_b$  qui sert à l'asservissement des retards de la ligne

10 auxiliaire  $DEL_{aux}$  de la même manière que la sortie  $S_m$  sert à l'asservissement de la ligne DEL. La boucle d'asservissement de la ligne  $DEL_{aux}$  comprend donc un comparateur de phase  $CMPH_{aux}$  recevant le signal  $H_s$  et la sortie  $X_b$ , une pompe de charge  $CHP_{aux}$  recevant les sorties du comparateur de phase, et une capacité d'intégration  $C_{int-aux}$  qui intègre la

15 sortie de la pompe de charge avec une constante de temps très supérieure à la durée des symboles de modulation.

Avec le schéma de la figure 10, si on prend comme retard principal établi par la ligne  $DEL_{aux}$  une valeur de retard égale à  $N_s/F_0 - N_d \cdot \Delta T/2$ , la ligne à retard DEL établira  $N_d$  retards successifs de valeur  $\Delta T$  à

20 partir de ce retard principal, de sorte que l'ensemble des retards établis par la ligne DEL va d'un retard  $N_s/F_0 - N_d \cdot \Delta T/2$  à un retard  $N_s/F_0 + N_d \cdot \Delta T/2$ , permettant la mesure de symboles de durées correspondant à cet intervalle avec une résolution  $\Delta T$ .

La ligne à retard  $DEL_{aux}$  n'a pas besoin d'avoir de nombreux

25 étages comme la ligne DEL, mais ses étages établissent des retards plus importants que  $\Delta T$ .

## REVENDICATIONS

1. Démodulateur qui comprend une ligne à retards multiples (DEL) apte à recevoir une fréquence d'entrée ( $H_s$ ) modulée en phase ou en fréquence par des symboles ( $SY_0$ ) de durée égale à une période de la fréquence d'entrée ou très proche de cette période, la ligne à retards ayant  
5  $N_d$  sorties produisant  $N_d$  signaux à la fréquence d'entrée mais avec  $N_d$  retards différents, le démodulateur comprenant en outre un registre (DFF) de  $N_d$  bascules recevant chacune une sortie respective de la ligne à retards et un signal d'horloge constitué par la fréquence d'entrée, pour stocker dans le registre de bascules l'état des sorties des lignes à retard à la fin d'une  
10 période de la fréquence d'entrée, le contenu du registre représentant une valeur d'un symbole de modulation de la fréquence d'entrée.

2. Démodulateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la ligne à retards est une ligne à retards fixes.

15

3. Démodulateur selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le démodulateur comprend en outre, en amont de la ligne à retard, un diviseur de fréquence par un nombre entier  $N_s$  apte à recevoir une fréquence radio (RF) modulée en phase ou en fréquence et à  
20 fournir à l'entrée de la ligne à retards une fréquence d'entrée ( $H_s$ ) modulée  $N_s$  fois plus petite que la fréquence radio.

4. Démodulateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la ligne à retards est une ligne à retard commandée par une boucle d'asservissement, la boucle d'asservissement comprenant :

25

- un comparateur de phase (CMPH) recevant d'une part la fréquence d'entrée et d'autre part une des sorties de la ligne à retard,

- et un intégrateur (PCH,  $C_{int}$ ) à constante de temps très supérieure à la durée des symboles, recevant la sortie du comparateur de phase et produisant un signal d'asservissement de la ligne à retard pour  
30 asservir les retards de cette ligne en fonction de la valeur moyenne  $F_0/N_s$  de la fréquence d'entrée.

5. Démodulateur selon la revendication 4, caractérisé en ce que le démodulateur comprend en outre, en amont de la ligne à retard, un diviseur de fréquence par un nombre entier  $N_s$  apte à recevoir une fréquence radio (RF) modulée en phase ou en fréquence et à fournir à l'entrée de la  
5 ligne à retards une fréquence d'entrée ( $H_s$ ) modulée  $N_s$  fois plus petite que la fréquence radio.

6. Démodulateur selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend une ligne à retard auxiliaire ( $DEL_{aux}$ ) placée  
10 en amont de la première ligne à retard, recevant la fréquence d'entrée ( $H_s$ ) et fournissant un signal retardé à la première ligne à retard.

7. Démodulateur selon la revendication 6, caractérisé en ce que la ligne à retard auxiliaire est commandée par une deuxième boucle d'asservissement, la deuxième boucle d'asservissement comprenant :  
15 - un deuxième comparateur de phase recevant d'une part la fréquence d'entrée et d'autre part une sortie de la ligne à retard auxiliaire,  
- et un intégrateur à constante de temps très supérieure à la  
20 durée des symboles, recevant la sortie du deuxième comparateur de phase et produisant un signal d'asservissement de la ligne à retard auxiliaire pour asservir les retards de cette ligne en fonction de la valeur moyenne  $F_0/N_s$  de la fréquence d'entrée.

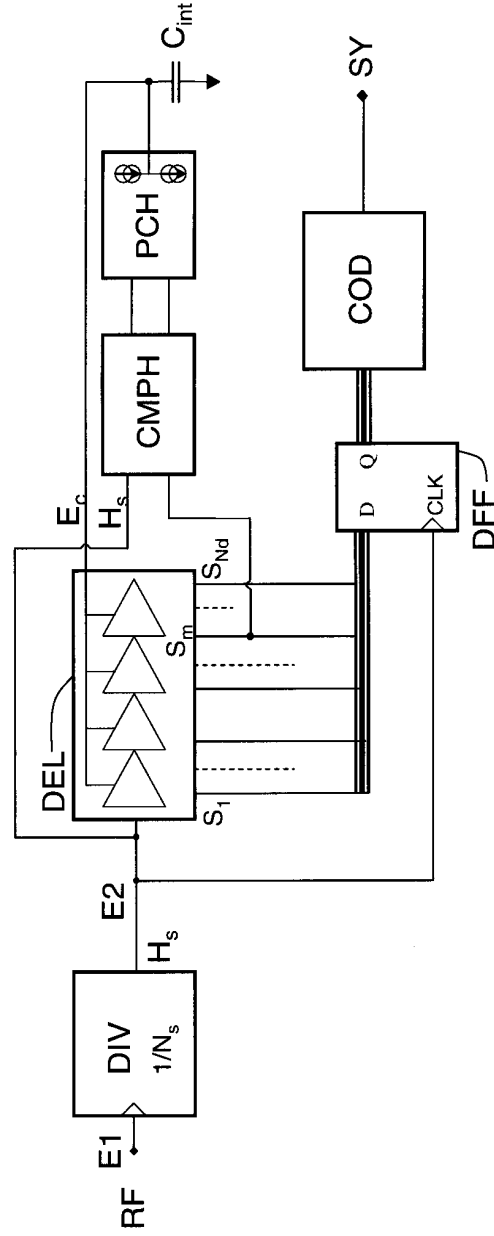
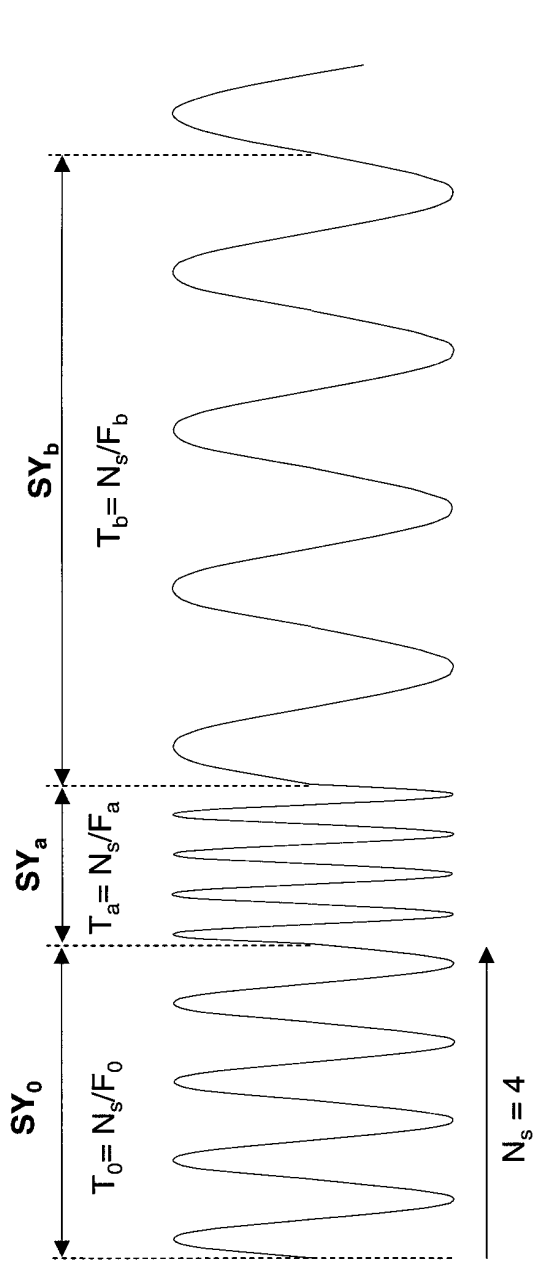
8. Système de transmission d'information entre un lecteur et une étiquette de radio-identification, caractérisé en ce qu'il comporte un démodulateur selon l'une des revendications 1 à 7, dans l'étiquette.  
25

9. Système de transmission d'information selon la revendication 8, caractérisé en ce que le lecteur est apte à émettre un signal radiofréquence modulé en fréquence ou en phase.  
30

10. Système de transmission d'information selon l'une des revendications 8 et 9, caractérisé en ce que le lecteur est apte à émettre des

informations sous forme de symboles dont la durée est égale à  $N_s$  périodes successives du signal radiofréquence modulé.

11. Système de transmission d'information selon l'une des  
5 revendications 8 et 9, caractérisé en ce que le lecteur est apte à émettre des informations sous forme de symboles dont la durée est égale à un nombre entier  $N_s$  de fois la période du signal radiofréquence non modulé.



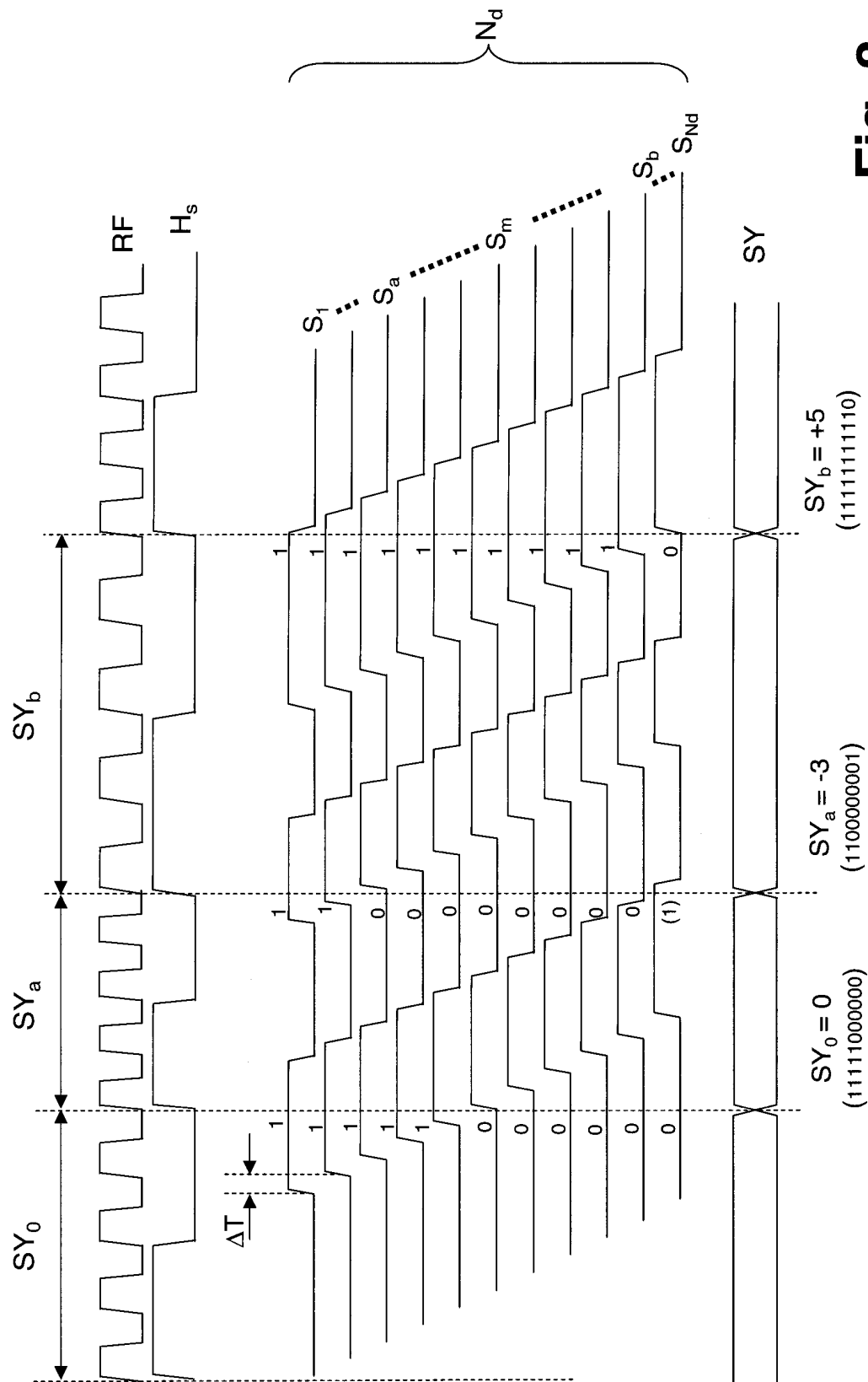


Fig. 3

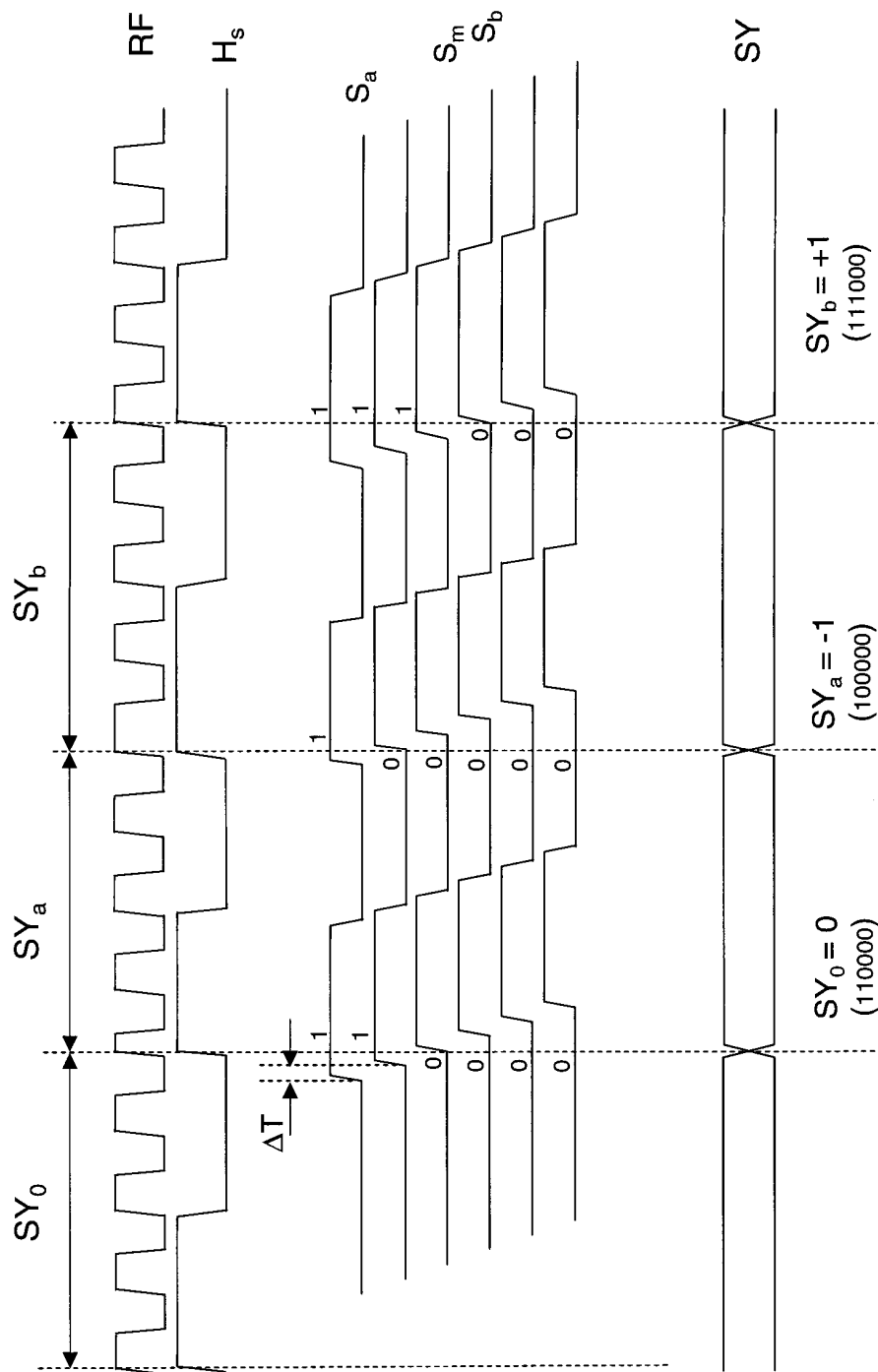


Fig. 4

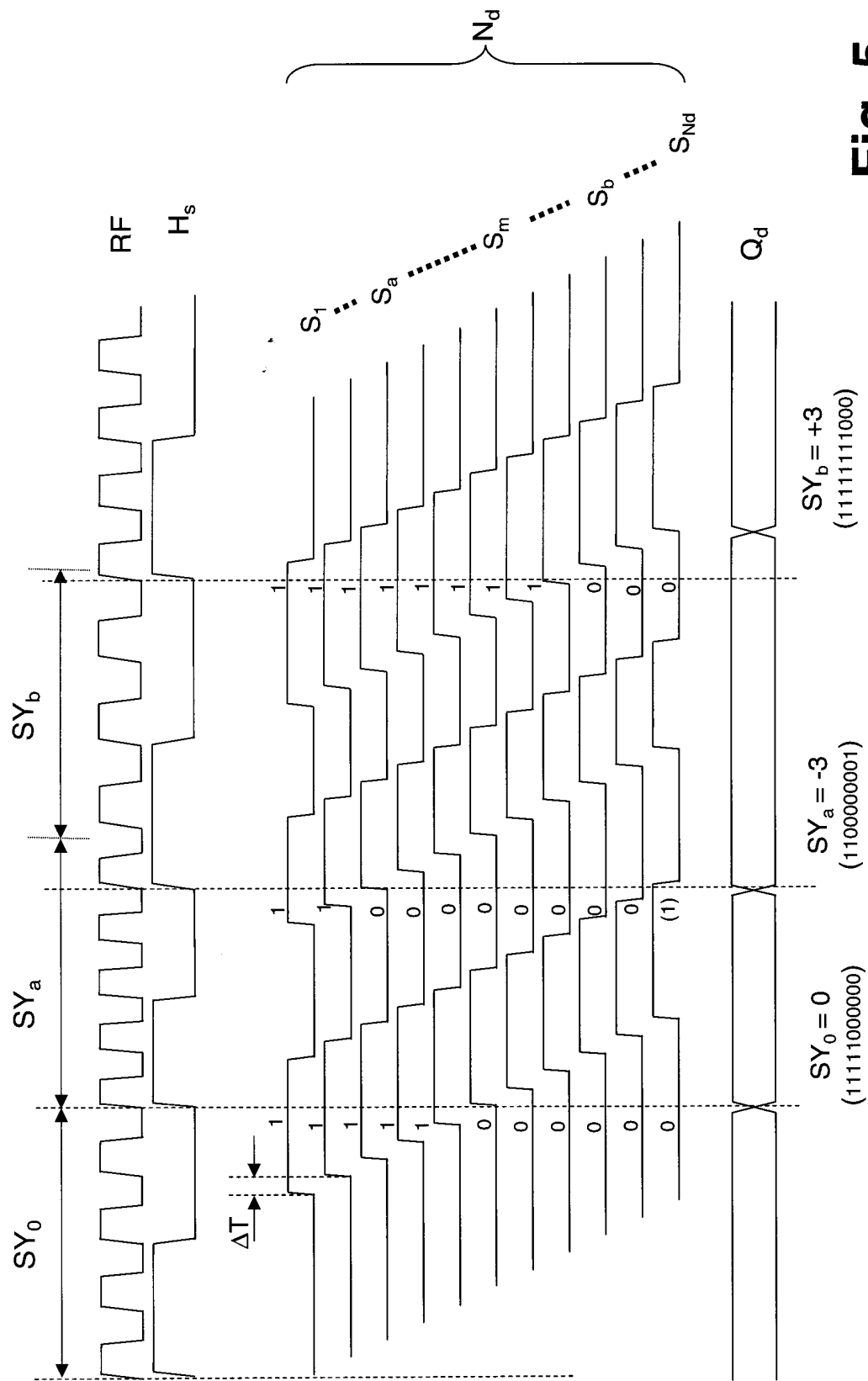


Fig. 5

Fig. 6

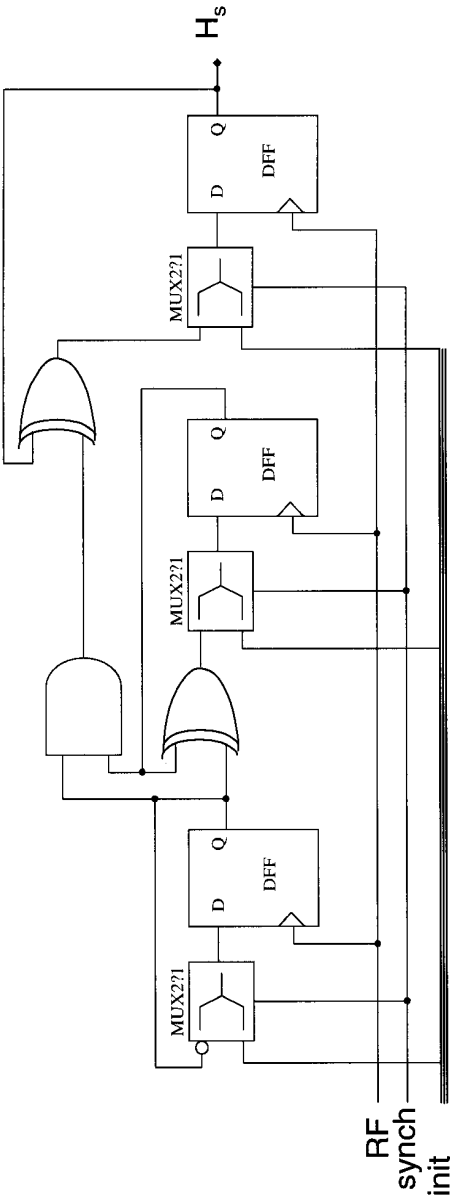
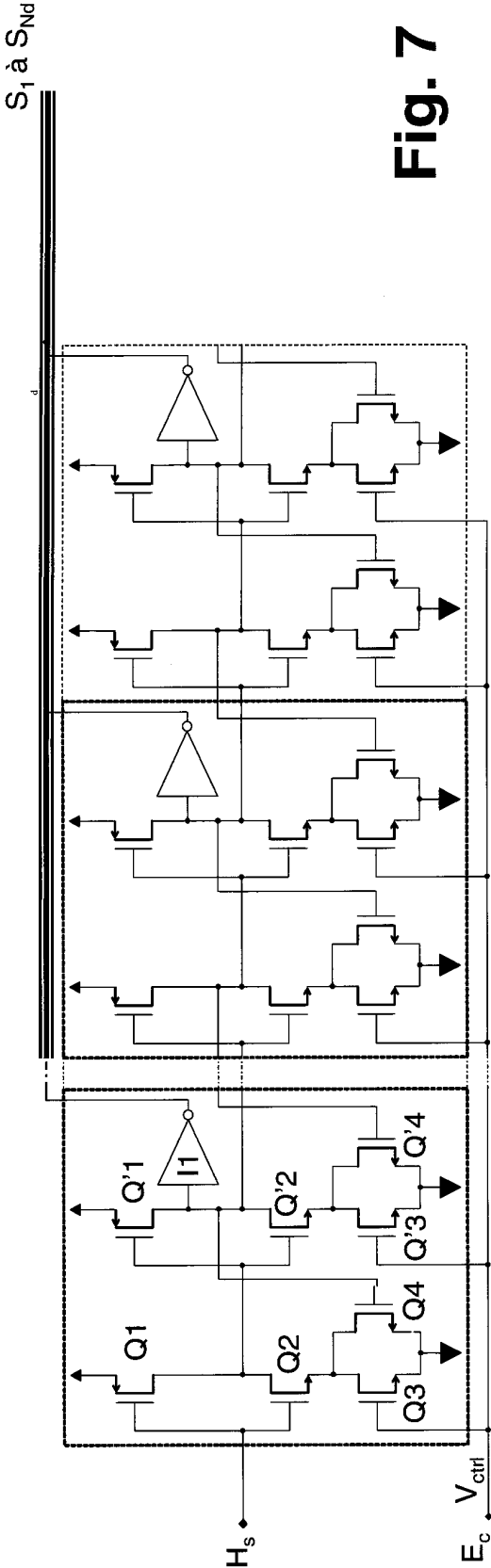
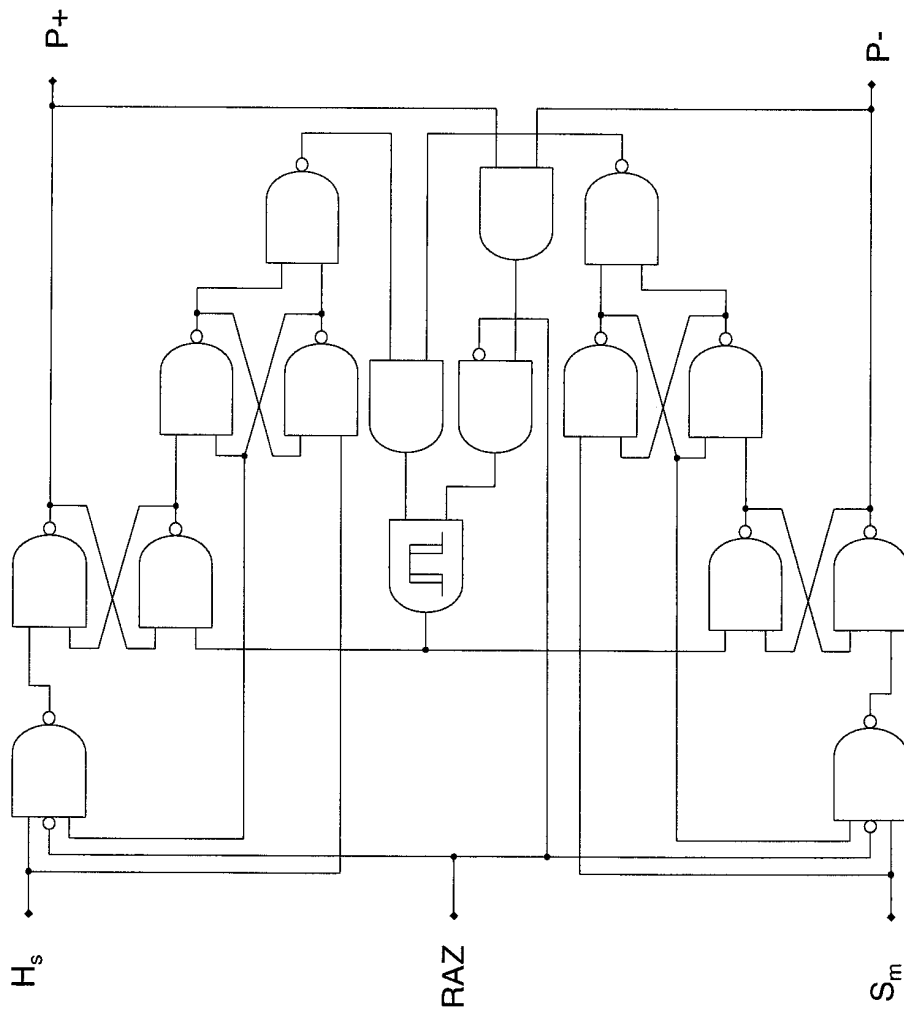
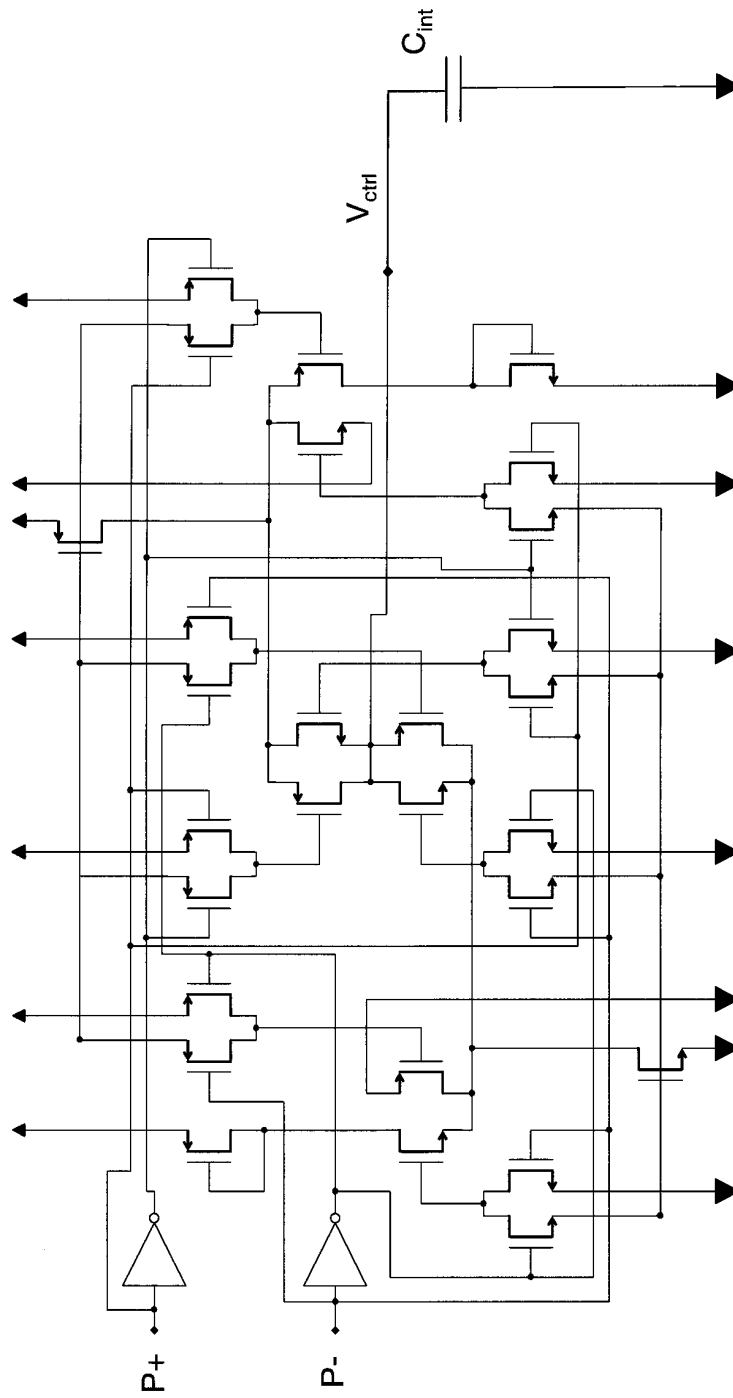


Fig. 7



**Fig. 8**

**Fig. 9**

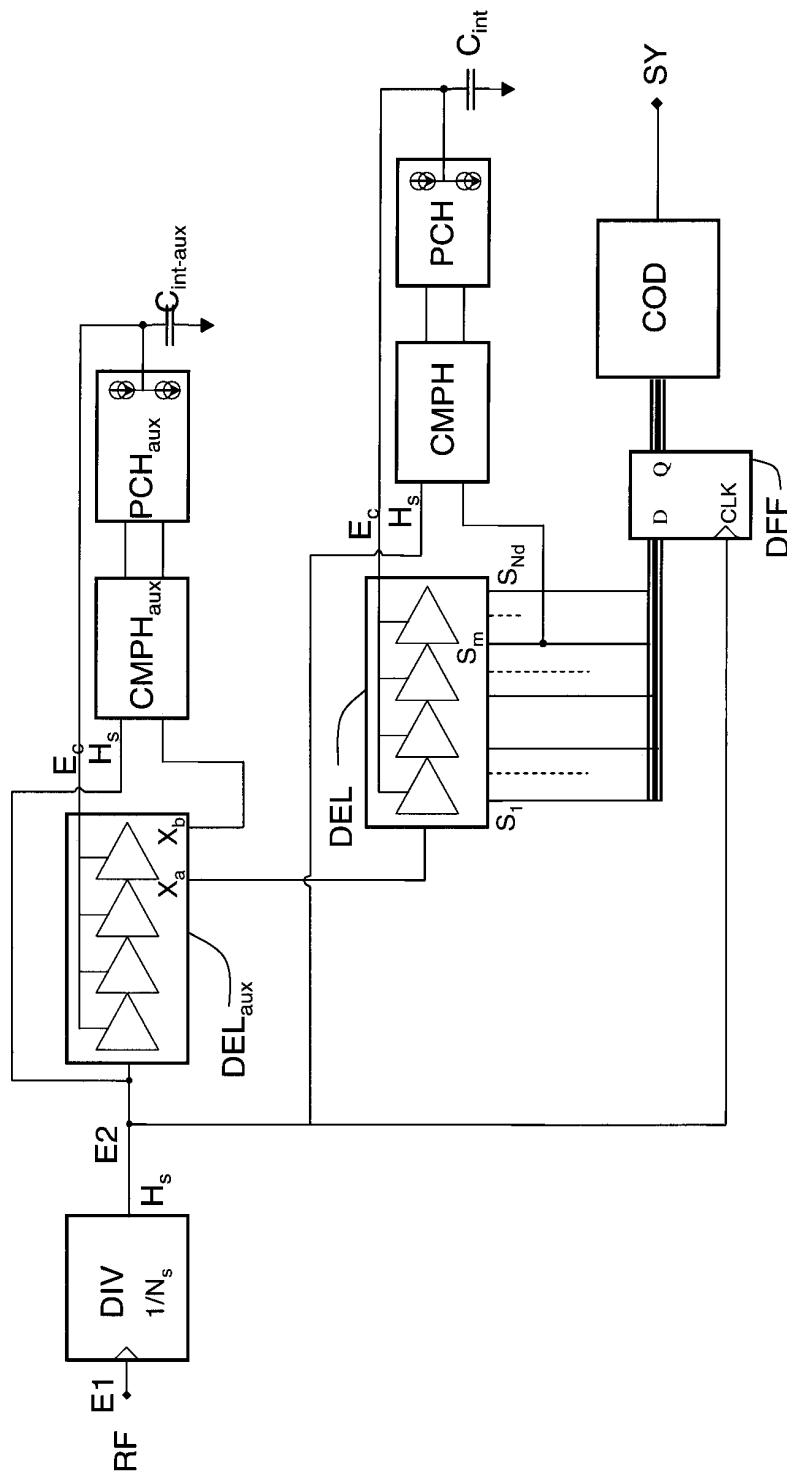


**Fig. 10**



# **RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 725582  
FR 0902226

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                     | Revendication(s)<br>concernée(s) | Classement attribué<br>à l'invention par l'INPI             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes                                                                                  |                                  |                                                             |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | US 5 990 733 A (MAHANY RONALD L [US] ET<br>AL) 23 novembre 1999 (1999-11-23)<br>* colonnes 1,5,7,8 *<br>* figures 1-3 *                                             | 1-11                             | H04L27/14<br>H04L27/22<br>H04B5/02<br>G06K19/07             |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | US 2009/045871 A1 (MASSON GILLES [FR] ET<br>AL) 19 février 2009 (2009-02-19)<br>* alinéas [0044], [0049] - [0052],<br>[0072] - [0078] *<br>* revendications 1,7-9 * | 8-11                             | DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHÉS (IPC)<br><br>H04L<br>G06K |
| Date d'achèvement de la recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                     | Examineur                        |                                                             |
| 19 février 2010                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                     | Belloni, Paolo                   |                                                             |
| <p><b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un<br/>autre document de la même catégorie<br/>A : arrière-plan technologique<br/>O : divulgation non-écrite<br/>P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure<br/>à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date<br/>de dépôt ou qu'à une date postérieure.<br/>D : cité dans la demande<br/>L : cité pour d'autres raisons<br/>.....<br/>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |                                                                                                                                                                     |                                  |                                                             |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**  
**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0902226 FA 725582**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **19-02-2010**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |    | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|----|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| US 5990733                                      | A  | 23-11-1999             | AUCUN                                   |                        |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |
| US 2009045871                                   | A1 | 19-02-2009             | EP 2003834 A1                           | 17-12-2008             |
|                                                 |    |                        | FR 2917557 A1                           | 19-12-2008             |
| -----                                           |    |                        |                                         |                        |