

12

**DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

22 Date de dépôt : 07.09.16.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 09.03.18 Bulletin 18/10.

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 :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public — FR.

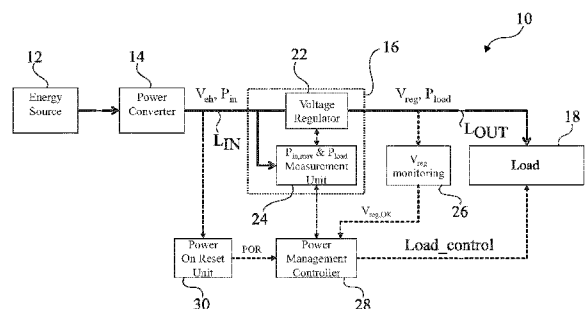
72 Inventeur(s) : SIBEUD LOIC et GREZAUD ROMAIN.

73 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public.

74 Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

54 **CIRCUIT DE TRANSMISSION D'ENERGIE ELECTRIQUE.**

57 L'invention concerne un système électronique ou électromécanique (10) comprenant au moins une source d'énergie électrique (12), un premier circuit (18) adapté à fonctionner dans au moins deux modes de fonctionnement dont l'un correspond à l'arrêt du circuit applicatif, et un circuit (16) de transmission de l'énergie électrique de la source d'énergie au circuit applicatif, le circuit de transmission étant, en outre, adapté à déterminer une première valeur de la puissance électrique instantanée maximale susceptible d'être fournie par la source d'énergie, à déterminer une deuxième valeur de la puissance électrique instantanée consommée par le circuit applicatif dans au moins l'un des modes de fonctionnement et à stocker les première et deuxième valeurs ou à sélectionner le mode de fonctionnement du circuit applicatif parmi lesdits au moins deux modes de fonctionnement à partir des première et deuxième valeurs.



**CIRCUIT DE TRANSMISSION D'ENERGIE ELECTRIQUE**Domaine

La présente demande concerne un circuit de transmission d'énergie électrique entre une source d'énergie électrique et un circuit applicatif consommant ladite énergie électrique.

5 Exposé de l'art antérieur

Un système électronique ou électromécanique autonome comprend une source d'énergie électrique et au moins un circuit applicatif alimenté à partir de l'énergie électrique fournie par la source d'énergie. Le système comprend généralement un circuit  
10 de transmission d'énergie électrique qui reçoit l'énergie électrique fournie par la source d'énergie électrique et fournit cette énergie électrique sous une forme, notamment un niveau de tension, qui est adaptée pour l'alimentation du circuit applicatif.

15 Pour certaines applications, il est souhaitable que la source d'énergie électrique corresponde à un dispositif de récolte d'énergie ambiante, adapté à extraire et à convertir en énergie électrique une ou plusieurs formes d'énergie présentes dans l'environnement, par exemple de l'énergie thermique, vibratoire,  
20 solaire, éolienne, ou radiofréquence. Comme la puissance électrique instantanée fournie par une telle source d'énergie électrique peut ne pas être constante dans le temps, il est connu

que le circuit de transmission comprenne un supercondensateur ou une batterie d'accumulateurs rechargeables pour stocker temporairement l'énergie électrique fournie par la source d'énergie et permettre de continuer l'alimentation du circuit applicatif même lorsque la puissance électrique instantanée consommée par le circuit applicatif est inférieure à la puissance électrique instantanée fournie par la source d'énergie.

Toutefois, l'utilisation d'un supercondensateur ou d'une batterie d'accumulateurs présente des inconvénients. En effet, la part de la batterie d'accumulateurs/du supercondensateur dans le coût de fabrication et le poids du système électrique ou électromécanique peut être élevée. En outre, la température de fonctionnement maximale du système électrique ou électromécanique est généralement limitée par la température de fonctionnement maximale de la batterie d'accumulateurs/du supercondensateur. De plus, la durée de vie et la fiabilité du système électrique ou électromécanique sont généralement limitées par ceux de la batterie d'accumulateurs/du supercondensateur.

#### Résumé

Un objet d'un mode de réalisation est de pallier tout ou partie des inconvénients des systèmes électriques ou électromécaniques autonomes décrits précédemment.

Un autre objet d'un mode de réalisation est que le système électrique ou électromécanique ne comprend pas de batterie d'accumulateurs ou de supercondensateur.

Un autre objet d'un mode de réalisation est que le coût de fabrication du système électrique ou électromécanique est réduit.

Un autre objet d'un mode de réalisation est que le poids du système électrique ou électromécanique est réduit.

Un autre objet d'un mode de réalisation est que la température maximale de fonctionnement du système électrique ou électromécanique est supérieure strictement aux températures maximales généralement autorisées par les batteries

d'accumulateurs/les supercondensateurs disponibles dans le commerce.

Un autre objet d'un mode de réalisation est que la durée de vie du système électrique ou électromécanique est augmentée.

5 Un autre objet d'un mode de réalisation est que la fiabilité du système électrique ou électromécanique est augmentée.

Ainsi, un mode de réalisation prévoit un système électronique ou électromécanique comprenant au moins une source d'énergie électrique, un premier circuit adapté à fonctionner dans  
10 au moins deux modes de fonctionnement dont l'un correspond à l'arrêt du circuit applicatif, et un circuit de transmission de l'énergie électrique de la source d'énergie au circuit applicatif, le circuit de transmission étant, en outre, adapté à déterminer une première valeur de la puissance électrique instantanée  
15 maximale susceptible d'être fournie par la source d'énergie, à déterminer une deuxième valeur de la puissance électrique instantanée consommée par le circuit applicatif dans au moins l'un des modes de fonctionnement et à stocker les première et deuxième valeurs ou à sélectionner le mode de fonctionnement du circuit  
20 applicatif parmi lesdits au moins deux modes de fonctionnement à partir des première et deuxième valeurs.

Selon un mode de réalisation, le circuit de transmission comprend un circuit de régulation de tension adapté à recevoir une première tension fournie par la source d'énergie, ou par un  
25 circuit de conversion de puissance interposé entre la source d'énergie et le circuit de transmission, et adapté à fournir une deuxième tension régulée à une tension de référence alimentant le premier circuit.

Selon un mode de réalisation, le circuit de régulation de tension est un régulateur de tension à faible chute de tension.  
30

Selon un mode de réalisation, le circuit applicatif est adapté à fonctionner selon une succession de modes de fonctionnement, la consommation électrique du circuit applicatif dans l'un des modes de fonctionnement de ladite succession étant  
35 strictement supérieure à la consommation électrique du circuit

applicatif dans le mode de fonctionnement suivant de ladite succession, le circuit de transmission étant, en outre, adapté à commander le fonctionnement du circuit applicatif dans le mode de fonctionnement précédant dans ladite succession lorsque la  
5 première valeur est inférieure strictement à la deuxième valeur.

Selon un mode de réalisation, le circuit de transmission comprend un circuit de puits de courant adapté à tirer un premier courant d'intensité croissante.

Selon un mode de réalisation, la source d'énergie est  
10 reliée au circuit de transmission par une première ligne de transmission. Le circuit de transmission est relié au circuit applicatif par une deuxième ligne de transmission. Le circuit de puits de courant est adapté à tirer le premier courant d'intensité croissante depuis la première ligne de transmission et le circuit  
15 de transmission comprend un circuit de détermination de l'intensité maximale du premier courant pour laquelle la deuxième tension n'est plus régulée.

Selon un mode de réalisation, le circuit de transmission est adapté à déterminer la première valeur comme le produit de la  
20 tension de référence par l'intensité maximale.

Selon un mode de réalisation, le circuit applicatif est adapté à recevoir un deuxième courant et le circuit de transmission comprend un circuit de recopie adapté à fournir un troisième courant égal au deuxième courant multiplié par un  
25 facteur de recopie.

Selon un mode de réalisation, le circuit de transmission comprend un circuit adapté à fournir un quatrième courant égal à la différence entre le troisième courant et le premier courant et un circuit de détection d'une inversion du sens du quatrième  
30 courant.

Selon un mode de réalisation, le circuit de transmission est adapté à déterminer la deuxième valeur comme le produit du facteur de recopie, de la tension de référence et de l'intensité du premier courant pour laquelle le sens du quatrième courant est  
35 inversé.

Selon un mode de réalisation, la source d'énergie électrique est un dispositif de conversion en énergie électrique d'une énergie choisie parmi le groupe comprenant l'énergie thermique, l'énergie vibratoire, l'énergie solaire, l'énergie éolienne et l'énergie radiofréquence.

Selon un mode de réalisation, le système ne comprend pas de dispositif de stockage d'énergie ayant une capacité supérieure à 100  $\mu\text{F}$ .

#### Brève description des dessins

10 Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

15 les figures 1 et 2 représentent, de façon partielles et schématiques, des modes de réalisation d'un système électronique ou électromécanique autonome ;

la figure 3 représente un mode de réalisation du circuit de transmission du système électronique ou électromécanique de la figure 2 ;

20 la figure 4 représente, de façon plus détaillée, un mode de réalisation d'éléments du circuit de transmission de la figure 3 ;

25 les figures 5 et 6 sont des chronogrammes de signaux du circuit de transmission de la figure 3 à deux phases de fonctionnement ;

les figures 7 et 8 sont des diagrammes d'états et de transitions de deux modes de réalisation d'un procédé de fonctionnement du circuit de transmission de la figure 3 ;

30 la figure 9 représente, de façon partielle et schématique, un autre mode de réalisation du circuit de transmission du système électronique ou électromécanique autonome ; et

35 la figure 10 représente un autre mode de réalisation du module de régulation de tension du système électronique ou électromécanique.

Description détaillée

De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures. Par souci de clarté, seuls les éléments qui sont utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, les sources d'énergie électrique adaptées à extraire et à convertir en énergie électrique une ou plusieurs formes d'énergie présentes dans l'environnement sont bien connues de l'homme du métier et ne sont pas décrites en détail par la suite. Sauf précision contraire, les expressions "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.

Dans la suite de la description, on appelle "bornes de puissance" d'un transistor MOS la source et le drain du transistor MOS. De plus, on appelle "signal binaire" un signal qui alterne entre un premier état constant, par exemple un état bas, noté "0", et un deuxième état constant, par exemple un état haut, noté "1". Les états haut et bas de signaux binaires différents d'un même circuit électronique peuvent être différents. En pratique, les signaux binaires peuvent correspondre à des tensions ou à des courants qui peuvent ne pas être parfaitement constants à l'état haut ou bas. Par ailleurs, dans la présente description, on utilise le terme "connecté" pour désigner une liaison électrique directe, sans composant électronique intermédiaire, par exemple au moyen d'une piste conductrice, et le terme "couplé" ou le terme "relié", pour désigner soit une liaison électrique directe (signifiant alors "connecté") soit une liaison via un ou plusieurs composants intermédiaires (résistance, condensateur, etc.).

Dans les figures qui vont suivre comprenant des schémas-blocs, un trait plein reliant deux blocs correspond à une ligne de transmission d'un signal électrique avec passage de puissance électrique et un trait pointillé reliant deux blocs correspond à une ligne de transmission d'un signal électrique sans transmission de puissance électrique. Une ligne de transmission peut comprendre

un, deux ou plus de deux câbles conducteurs ou pistes conductrices.

La figure 1 représente un mode de réalisation d'un système électronique ou électromécanique 10. Le système 10 comprend une source d'énergie électrique 12 (Energy Source) qui est reliée, éventuellement par l'intermédiaire d'un circuit de conversion de puissance 14 (Power Converter), par une ligne de transmission  $L_{IN}$  à un circuit de transmission d'énergie électrique 16 (Voltage Regulator &  $P_{in,max}$ ,  $P_{load}$  Power sensors) qui dans le présent mode de réalisation correspond à un circuit de régulation de tension.

Le circuit de conversion de puissance 14, ou directement la source d'énergie électrique 12 lorsque le circuit de conversion de puissance 14 n'est pas présent, fournit sur la ligne de transmission  $L_{IN}$  une tension électrique  $V_{eh}$  à une puissance électrique instantanée  $P_{in}$ . La tension  $V_{eh}$  n'est pas régulée et est susceptible de varier dans le temps.

Le circuit de régulation de tension 16 est relié par une ligne de transmission  $L_{OUT}$  à un circuit applicatif 18 (Load). Le circuit de régulation de tension 16 fournit sur la ligne  $L_{OUT}$  une tension  $V_{reg}$  à une puissance électrique instantanée  $P_{load}$ . En fonctionnement, la tension  $V_{reg}$  est régulée par le circuit de régulation de tension 16, c'est-à-dire qu'elle est sensiblement égale à une valeur de référence  $V_{ref}$  constante. On notera qu'en fonctionnement, la tension  $V_{eh}$  doit être supérieure à la tension  $V_{reg}$ .

La source d'énergie électrique 12 peut correspondre à un dispositif de récolte d'énergie ambiante, adapté à extraire et à convertir en énergie électrique une ou plusieurs sources d'énergie présentes dans l'environnement. A titre d'exemple, la source d'énergie électrique 12 est un dispositif de conversion en énergie électrique d'énergie thermique, d'énergie vibratoire, d'énergie solaire, d'énergie éolienne, et/ou d'énergie radiofréquence. Selon un mode de réalisation, la puissance  $P_{in}$  fournie par la source d'énergie 12 varie peu pendant la

réalisation d'une tâche par le circuit applicatif 18. A titre d'exemple, la durée de la plus longue des tâches pouvant être réalisées par le circuit applicatif 18, par exemple de l'ordre de la seconde, est inférieure à la durée pendant laquelle la puissance  $P_{in}$  fournie par la source d'énergie 12 peut varier de 10 %.

Le circuit applicatif 18 comprend par exemple au moins un processeur, un capteur et un module de communication. Le processeur est adapté à exécuter des instructions d'un programme d'ordinateur stockées dans une mémoire. A titre de variante, le processeur est remplacé par au moins un circuit électronique dédié. Le système électronique ou électromécanique 10 ne comprend pas, entre la source d'énergie 12 et le circuit applicatif 18, de dispositif de stockage d'énergie ayant une capacité supérieure à 100  $\mu$ F. Le système électronique ou électromécanique 10 ne comprend pas, entre la source d'énergie 12 et le circuit applicatif 18, de supercondensateur, d'accumulateur électrique ou de batterie d'accumulateurs électriques capables de maintenir la tension  $V_{eh}$  au-dessus de la tension  $V_{reg}$  lorsque le circuit applicatif 18 effectue une ou plusieurs tâches alors que la puissance instantanée d'entrée  $P_{in}$  n'est pas suffisante.

Selon un mode de réalisation, l'impédance de sortie de la source d'énergie 12 et/ou du circuit de conversion de puissance 14 lorsqu'il est présent, est inférieure à 10 mégaOhms, de préférence comprise entre 10 Ohms et 100 kiloOhms.

Selon un mode de réalisation, le circuit de régulation de tension 16 est adapté à mesurer à la fois la puissance entrante instantanée maximale disponible  $P_{in,max}$  et la puissance instantanée  $P_{load}$  consommée par le circuit applicatif 18.

Selon un mode de réalisation, pour la mesure de la puissance  $P_{in,max}$ , le circuit de régulation 16 comprend une charge active de courant qui fait évoluer le courant fourni par la source d'énergie 12 jusqu'à une valeur  $I_{test,max}$  suffisante pour abaisser la tension  $V_{eh}$  au seuil de tension  $V_{reg}$ . La puissance maximale

$P_{in,max}$  disponible pour alimenter le circuit applicatif 18 vaut alors  $V_{reg} \cdot I_{test,max}$ .

Selon un mode de réalisation, pour la mesure de la puissance  $P_{load}$ , le circuit de régulation 16 réalise une recopie  
5 du courant fourni au circuit applicatif 18.

Le circuit de régulation 16 peut fournir les valeurs de puissance  $P_{in,max}$  et  $P_{load}$  à un circuit externe 20. A titre d'exemple, le circuit externe 20 peut comprendre une mémoire dans laquelle les valeurs de puissance  $P_{in,max}$  et  $P_{load}$  sont stockées.

10 De façon avantageuse, la puissance maximale  $P_{in,max}$  disponible donne des informations sur l'environnement du circuit applicatif 18 qui peut être inconnu pour certaines applications, notamment lorsque la source d'énergie électrique 12 correspond à un circuit de récupération d'énergie.

15 A partir des mesures des puissances  $P_{in,max}$  et  $P_{load}$ , le système électronique ou électromécanique 10 peut assurer le bon fonctionnement du circuit applicatif 18 et optimiser l'utilisation de la puissance disponible.

Selon un mode de réalisation, le circuit applicatif 18  
20 peut fonctionner seulement selon deux modes de fonctionnement, un mode de fonctionnement dans lequel le circuit applicatif 18 est à l'arrêt et un mode de fonctionnement dans lequel le circuit applicatif 18 est en marche. Selon un autre mode de réalisation, le circuit applicatif 18 peut être adapté à fonctionner selon plus  
25 de modes de fonctionnement, dont un mode de fonctionnement à l'arrêt, la consommation électrique du circuit applicatif 18 variant d'un mode de fonctionnement à l'autre. A titre d'exemple, dans un mode de fonctionnement, le processeur du circuit applicatif 18 peut fonctionner à une fréquence réduite, ce qui  
30 entraîne une réduction de la consommation électrique du circuit applicatif 18. Dans un autre mode de fonctionnement, toutes les fonctions de calcul, de mesure et de communication du circuit applicatif 18 sont actives et fonctionnent selon des performances maximales. La consommation électrique du circuit applicatif 18  
35 est alors maximale.

Le circuit de régulation 16 ou un autre circuit du système électronique ou électromécanique 10 peut transmettre un signal de commande Load\_control au circuit applicatif 18 pour commander le fonctionnement du circuit applicatif 18 selon l'un  
5 des modes de fonctionnement du circuit applicatif 18. De préférence, le circuit de régulation 16 ou un autre circuit du système électronique ou électromécanique 10 transmet le signal de commande Load\_control au circuit applicatif 18 pour sélectionner  
10 un mode de fonctionnement du circuit applicatif 18 dans lequel la puissance  $P_{load}$  consommée par le circuit applicatif 18 est inférieure ou égale à la puissance maximale disponible  $P_{in,max}$ .

La figure 2 représente un mode de réalisation plus détaillé du système 10 de la figure 1. Dans ce mode de réalisation, le circuit de régulation 16 comprend un module 22 (Voltage  
15 Regulator) de régulation de tension qui reçoit la tension  $V_{eh}$  et fournit la tension  $V_{reg}$ . Le circuit de régulation 16 comprend, en outre, un module 24 ( $P_{in,max}$  &  $P_{load}$  Measurement Unit) de mesure de la puissance maximale  $P_{in,max}$  et de la puissance  $P_{load}$  consommée par le circuit applicatif 18 qui reçoit la tension  $V_{eh}$   
20 à la puissance  $P_{in}$  et qui est relié au module 22.

Le système 10 comprend, en outre, un module 26 ( $V_{reg}$  monitoring) de surveillance de la tension  $V_{reg}$  qui fournit un signal binaire  $V_{reg,OK}$  à un premier état, par exemple "1", lorsque la tension  $V_{reg}$  est à un niveau adapté au bon fonctionnement du  
25 circuit applicatif 18 et qui fournit le signal binaire  $V_{reg,OK}$  à un deuxième état, par exemple "0", lorsque la tension  $V_{reg}$  n'est pas à un niveau adapté au bon fonctionnement du circuit applicatif 18, par exemple lorsque la tension  $V_{reg}$  est inférieure à une certaine fraction (entre 70 % et 95 %) de la valeur de référence  
30  $V_{reg0}$ .

Le système 10 comprend, en outre, un module 28 (Power Management Controller) de gestion de puissance qui est relié aux module de mesure 24 et au module de surveillance 26 et qui fournit le signal de commande Load\_control au circuit applicatif 18.

Le système 10 comprend, en outre, un module 30 (Power On Reset Unit) de commande du démarrage du module de gestion de puissance 28 et éventuellement d'autres éléments composant le système électronique ou électromécanique 10. A titre d'exemple, le module 30 reçoit la tension  $V_{eh}$  et transmet un signal POR au module 28. Le module 30 garantit le démarrage du module de gestion de puissance 28 dans un état prédéterminé.

L'alimentation des différents composants du système 10 peut être réalisée à partir de la tension  $V_{reg}$ .

La figure 3 représente un mode de réalisation plus détaillé du circuit de régulation 16. En figure 3, les tensions  $V_{eh}$  et  $V_{reg}$  sont référencées par rapport à un potentiel de référence bas. Dans le présent mode de réalisation, le module de régulation de tension 22 est un régulateur de tension à faible chute de tension ou régulateur LDO comprenant un transistor MOS  $T_1$ , par exemple à canal P, et un amplificateur différentiel  $Amp_1$ . La source du transistor  $T_1$  est reliée par la ligne de connexion  $L_{IN}$  au circuit de conversion de puissance 14, ou directement à la source 12 lorsque le circuit de conversion de puissance 14 n'est pas présent, et reçoit la tension  $V_{eh}$ . Le drain du transistor  $T_1$  est relié par la ligne de connexion  $L_{OUT}$  au circuit applicatif 18 et fournit la tension  $V_{reg}$ . Le transistor  $T_1$  est traversé par un courant  $I_{load}$ . L'entrée non inverseuse (+) de l'amplificateur  $Amp_1$  reçoit la tension  $V_{reg}$  et l'entrée inverseuse (-) de l'amplificateur  $Amp_1$  reçoit une tension de référence  $V_{ref}$ . L'amplificateur  $Amp_1$  fournit une tension  $V_g$  de commande de la grille du transistor  $T_1$ .

Le circuit de régulation 16 comprend, en outre, une charge active IC commandable adapté à tirer un courant  $I_{test}$  et dont une borne  $A_1$  est reliée par l'intermédiaire d'un interrupteur  $SW_1$  à un noeud  $A_2$  de la ligne  $L_{IN}$  et dont l'autre borne est reliée à une source du potentiel de référence bas GND, par exemple la masse. On appelle  $V_{test}$  la tension aux bornes de la charge active IC et  $I_{in,max,test}$  le courant traversant l'interrupteur  $SW_1$ .

Le circuit de régulation 16 comprend, en outre, un transistor MOS  $T_2$ , par exemple à canal P, dont la source est reliée au noeud  $A_2$  et dont la grille reçoit la tension  $V_G$ . Le transistor  $T_2$  est traversé par un courant  $I_{load,test}$ . Les dimensions des transistors  $T_1$  et  $T_2$  sont choisis pour que le rapport Coeff entre le courant  $I_{load,test}$  et le courant  $I_{load}$  soit supérieur à 10, de préférence supérieur à 50, par exemple environ égal à 100. Le circuit de régulation 16 comprend, en outre, un transistor MOS  $T_3$ , par exemple à canal P, dont la source est reliée au drain du transistor  $T_2$  et dont le drain est relié au noeud  $A_1$  par l'intermédiaire d'un interrupteur  $SW_2$ . Le circuit de régulation 16 comprend, en outre, un amplificateur différentiel  $Amp_2$ . L'entrée inverseuse (-) de l'amplificateur  $Amp_2$  est reliée à la source du transistor  $T_3$  et l'entrée non inverseuse (+) de l'amplificateur  $Amp_2$  reçoit la tension  $V_{reg}$ .

De plus, le circuit de régulation 16 comprend un détecteur DECT recevant la tension  $V_G$  et fournissant un signal binaire  $S_{dect}$  à un premier état, par exemple "1", lorsque la tension  $V_G$  est supérieure strictement à 0 V et fournissant le signal binaire  $S_{dect}$  à un deuxième état, par exemple "0", lorsque la tension  $V_G$  est inférieure ou égale à 0 V.

Le circuit de régulation 16 comprend, en outre, un comparateur COMP qui fournit un signal  $S_{comp}$ , par exemple un signal binaire, et dont l'entrée est reliée au drain du transistor  $T_3$  et reçoit un courant  $I_{comp}$ . Selon un mode de réalisation, le comparateur COMP est adapté à fournir le signal  $S_{comp}$  à l'état "0" lorsque le courant  $I_{comp}$  est positif et à fournir le signal  $S_{comp}$  à l'état "1" lorsque le courant  $I_{comp}$  est négatif ou nul.

De plus, le circuit de régulation 16 comprend un module de commande 30 qui fournit un signal  $I_{test,sel}$  de commande de la charge active IC, un signal  $S_{max,test}$  de commande de l'interrupteur  $SW_1$  et un signal  $S_{load,test}$  de commande de l'interrupteur  $SW_2$ . Le module de commande 30 reçoit les signaux  $S_{dect}$  et  $S_{comp}$  et des signaux binaires  $test_{Pload}$  et  $test_{Pin}$ . Le module de commande 30 fournit, en outre, un signal  $P_{load}$

représentatif de la puissance consommée par le circuit applicatif 18 et un signal  $P_{in,max}$  représentatif de la puissance maximale fournie par la source d'énergie 12. Selon un mode de réalisation, le module de commande 30 comprend un automate fini 32 (FSM  $P_{load}$ ) qui reçoit les signaux  $S_{comp}$  et  $test\_P_{load}$  et fournit le signal  $P_{load}$ . L'automate fini 32 est, en outre, relié à la charge active IC par un interrupteur  $SW_3$ . Le module de commande 30 comprend, en outre, un automate fini 34 (FSM  $P_{in}$ ) qui reçoit les signaux  $S_{dect}$  et  $test\_P_{in}$  et fournit le signal  $P_{in,max}$ . L'automate fini 34 est, en outre, relié à la charge active IC par un interrupteur  $SW_4$ .

La figure 4 représente un mode de réalisation de la charge active IC. La charge active IC comprend un transistor MOS T, par exemple à canal P, dont la source est reliée au noeud  $A_1$  et dont le drain est reliée à une borne d'une résistance  $R_{ref}$ , l'autre borne de la résistance  $R_{ref}$  étant reliée à la source du potentiel de référence bas GND. La résistance  $R_{ref}$  est traversée par un courant  $I_{ref}$ . La charge active IC comprend, en outre, un amplificateur différentiel Amp dont l'entrée non inverseuse (+) est reliée au drain du transistor T et dont l'entrée inverseuse (-) reçoit une tension de référence ref. La sortie de l'amplificateur Amp commande la grille du transistor T. La charge active IC comprend, en outre, k transistors MOS  $T_{Hi}$ , par exemple à canal P, où i varie de 1 à k et où k est un nombre entier pouvant varier de 1 à 100. La source de chaque transistor  $T_{Hi}$  est reliée au noeud  $A_1$  et le drain de chaque transistor  $T_{Hi}$  est relié à un noeud  $A_3$  par l'intermédiaire d'un interrupteur  $SW_{Hi}$  commandé par un signal  $S_{Hi}$ . Les grilles des transistors sont reliées à la grille du transistor T. La charge active IC comprend, en outre, k transistors MOS  $T_{Lj}$ , par exemple à canal P, où j varie de 1 à k. La source du transistor  $T_{L1}$  est reliée à la grille du transistor  $T_{L1}$  et est reliée au noeud  $A_3$  par l'intermédiaire d'un interrupteur  $SW_{L1}$  commandé par un signal  $S_{L1}$ . La source de chaque transistor  $T_{Hj}$ , j variant de 1 à k, est reliée au noeud  $A_1$  par l'intermédiaire d'un interrupteur  $SW_{Lj}$  commandé par un signal  $S_{Lj}$ . Le drain de chaque transistor  $T_{Lj}$  est relié à la source du

potentiel de référence bas GND. La charge active IC comprend, en outre, un multiplexeur MUX commandé par le signal  $I_{test,sel}$ , recevant une entrée à "1" et une entrée à "0" et fournissant les signaux  $S_{H1}$  à  $S_{Hk}$  et  $S_{L1}$  à  $S_{Lk}$ . L'état à "0" ou à "1" de chaque signal  $S_{H1}$  à  $S_{Hk}$  et  $S_{L1}$  à  $S_{Lk}$  dépend du signal  $I_{test,sel}$ .

Lors d'une opération de mesure de la puissance maximale disponible en entrée  $P_{in,max}$ , le module 30 commande la charge active IC pour augmenter progressivement le courant  $I_{test}$  jusqu'à un courant maximal  $I_{in,max}$ . Le courant maximal  $I_{in,max}$  est le courant que doit tirer la charge active IC pour abaisser la tension de sortie  $V_{eh}$  de la source d'énergie 12 à la tension d'alimentation  $V_{reg}$ . La puissance  $P_{in,max}$  est alors égale à  $I_{in,max} \cdot V_{reg}$ . La mesure de la puissance  $P_{load}$  consommée par le circuit applicatif 18 est réalisée en mesurant la copie de courant  $I_{load,test}$ . La puissance  $P_{load}$  est alors égale à  $Coeff \cdot I_{load,test} \cdot V_{reg}$ .

Selon un mode de réalisation, la mesure de la puissance maximale disponible en entrée  $P_{in,max}$  et la mesure de la puissance  $P_{load}$  consommée par le circuit applicatif 18 ne sont pas réalisés simultanément. A titre d'exemple, le signal  $test\_P_{in}$  est à "1" lorsqu'une opération de mesure de la puissance maximale disponible en entrée  $P_{in,max}$  doit être réalisée et est à "0" dans le cas contraire et le signal  $test\_P_{load}$  est à "1" lorsqu'une opération de mesure de la puissance  $P_{load}$  consommée par le circuit applicatif 18 doit être réalisée et est à "0" dans le cas contraire.

Les figures 5 et 6 représentent des chronogrammes de tensions et de courants du circuit de régulation 16 respectivement lors d'une mesure de la puissance maximale disponible en entrée  $P_{in,max}$  et lors d'une mesure de la puissance  $P_{load}$  consommée par le circuit applicatif 18. Les valeurs numériques indiquées sur ces figures sont données à titre d'exemple. Les instants  $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  et  $t_4$  sont des instants successifs.

Une requête de mesure de la puissance maximale disponible en entrée  $P_{in,max}$  est transmise par le signal  $test\_P_{in}$ , non représenté en figure 5, qui est, par exemple, mis à "1".

L'interrupteur  $SW_1$  est fermé à l'instant  $t_0$  par la mise à "1" du signal  $S_{max, test}$ . L'interrupteur  $SW_2$  est ouvert pendant la mesure de la puissance maximale disponible en entrée  $P_{in, max}$ , ce qui correspond au signal  $S_{load, test}$  à "0". Le noeud  $A_2$  est alors  
5 connecté à la charge active IC. Dans l'exemple présenté sur la figure 5, le courant  $I_{test}$  croît à partir de l'instant  $t_0$  par paliers de courant, par exemple d'environ 100  $\mu A$ . Comme l'impédance de sortie de la source d'énergie 12 ou du circuit de conversion de puissance 14 est finie, la tension  $V_{eh}$  baisse au  
10 fur et à mesure que le courant  $I_{test}$  croît. Ceci entraîne une diminution de la tension  $V_G$  dans le cas où le transistor  $T_1$  du module de régulation 22 est un transistor MOS à canal P. Lorsque la tension  $V_{eh}$  atteint le seuil de tension  $V_{reg}$  à l'instant  $t_1$ , la tension de grille  $V_G$  est égale à 0 V. Le passage de la tension  
15  $V_G$  à 0 V est détecté par le détecteur DECT et la charge active IC est déconnectée du noeud  $A_2$  par l'ouverture de l'interrupteur  $SW_1$  (signal  $S_{max, test}$  à "0").

Si la puissance disponible en entrée  $P_{in}$  est telle que la tension  $V_{eh}$  ne diminue pas jusqu'à la tension  $V_{reg}$  alors  
20 l'interrupteur  $SW_1$  est ouvert lorsque le courant  $I_{test}$  atteint la valeur maximum  $I_{test\_max}$  pouvant être tirée par la charge active IC. L'avant-dernière valeur du courant  $I_{test}$  atteinte au moment où l'interrupteur  $SW_1$  est ouvert, est le courant maximum  $I_{in, max}$  que peut tirer la charge active IC sous la tension d'alimentation  
25 du système  $V_{reg}$ . La puissance maximale disponible en entrée  $P_{in, max}$  vaut alors  $P_{in, max} = I_{in, max} * V_{reg}$ . La valeur  $P_{in, max}$  peut être mémorisée et/ou communiquée à un circuit extérieur. Dans l'exemple donné, la durée d'une mesure du courant  $I_{in, max}$  est la durée entre les instants  $t_0$  et  $t_1$ , par exemple environ 200 ms.  
30 Selon un autre mode de réalisation, le courant  $I_{test}$  croît exponentiellement lors d'une opération de mesure. Selon un autre mode de réalisation, le courant  $I_{test}$  croît par dichotomie lors d'une opération de mesure.

Selon un mode de réalisation, la mesure de la puissance  
35 maximale disponible  $P_{in, max}$  est réalisée "à vide", c'est-à-dire

lorsque le circuit applicatif 18 est éteint, ce qui correspond au courant  $I_{load}$  égal à 0 A entre les instants  $t_0$  et  $t_2$ .

La mesure de la puissance maximale disponible  $P_{in,max}$  donne directement une information sur l'environnement du système électronique ou électromécanique 10 qui peut ne pas être connu. Il est par exemple possible, à partir de la valeur de la puissance maximale disponible  $P_{in,max}$  d'accéder à l'information sur la vitesse du vent si la source d'énergie 12 est une éolienne, sur la température si la source d'énergie 12 est un thermo-élément, sur l'ensoleillement si la source d'énergie 12 est une cellule photovoltaïque ou sur la qualité du lien radiofréquence si le système 10 est télé-alimenté.

En combinaison avec la mesure de la puissance  $P_{load}$  consommée par le circuit applicatif 18 qui va être décrite plus en détails par la suite, la mesure de la puissance  $P_{in,max}$  permet d'assurer le bon fonctionnement du circuit applicatif 18 et d'optimiser l'exploitation de la puissance disponible en sortie de la source d'énergie 12.

La puissance consommée  $P_{load}$  du circuit applicatif 18 alimenté sous la tension régulée  $V_{reg}$  est susceptible de varier avec le temps, la température, ou tout autre paramètre. La puissance  $P_{load}$  peut donc ne pas être connue a priori.

La mesure de la puissance  $P_{load}$  est réalisée lorsque le circuit applicatif 18 est en fonctionnement. En figure 5, le circuit applicatif 18 démarre à l'instant  $t_2$ .

Une requête de mesure de la puissance  $P_{load}$  est transmise par le signal  $test\_P_{load}$ , non représenté en figure 6, qui est, par exemple, mis à "1". L'interrupteur  $SW_2$  est fermé à l'instant  $t_3$  par la mise à "1" du signal  $S_{load,test}$ . L'interrupteur  $SW_1$  est ouvert pendant la mesure de la puissance  $P_{load}$ , ce qui correspond au signal  $S_{max,test}$  à "0". Le courant  $I_{load}$  qui alimente le circuit applicatif 18 est recopié par un miroir de courant qui fournit le courant  $I_{load,test}$  égal au courant  $I_{load}$  divisé par le facteur  $Coeff$ , par exemple égal à 100. Le courant  $I_{load,test}$  est égal à la somme du courant  $I_{test}$  qui

circule à travers la charge active IC et du courant  $I_{comp}$  qui circule à travers le comparateur de courant COMP. Dans l'exemple présenté sur la figure 6, le courant  $I_{test}$  croît par paliers de courant, par exemple d'environ 500 nA à partir de l'instant  $t_3$  et ce, jusqu'à ce que le courant  $I_{comp}$  change de sens et devienne négatif. Cette inversion est détectée par le comparateur COMP, qui fournit par exemple un signal  $S_{comp}$  à "1". La charge active IC en courant est alors déconnectée par l'ouverture de l'interrupteur  $SW_2$  à l'instant  $t_4$  par la mise à "0" du signal  $S_{load,test}$ . La valeur du courant  $I_{load}$  est la dernière valeur du courant  $I_{test}$  qui précède l'inversion du courant  $I_{comp}$  multipliée par le rapport Coeff. On obtient finalement  $P_{load} = Coeff * I_{load,test} * V_{reg}$ . Dans l'exemple illustré en figure 6, la durée de mesure du courant  $I_{load}$  est la durée entre les instants  $t_3$  et  $t_4$  et est d'environ 5 ms. Selon un autre mode de réalisation, le courant  $I_{test}$  croît exponentiellement lors d'une opération de mesure. Selon un autre mode de réalisation, le courant  $I_{test}$  croît par dichotomie lors d'une opération de mesure.

La valeur  $P_{load}$  peut être mémorisée et/ou communiquée à un circuit externe. L'évolution de la puissance  $P_{load}$  peut ainsi être suivie et la dernière valeur déterminée de la puissance  $P_{load}$  peut servir de nouvelle référence lors du prochain démarrage du circuit applicatif 18.

Selon un autre mode de réalisation, une valeur approximative de la puissance  $P_{load}$  peut être déterminée en réalisant une mesure de la puissance disponible  $P_{in,max}$  alors que le circuit applicatif 18 est en fonctionnement. La différence entre la valeur de  $P_{in,max}$  "à vide", c'est-à-dire lorsque le circuit applicatif n'est pas en fonctionnement, et la valeur de  $P_{in,max}$  en charge est une approximation de la puissance  $P_{load}$ . Ce mode de réalisation de mesure de la puissance  $P_{load}$  est indépendant de la structure du module de régulation de tension 22. Toutefois, ce mode de réalisation de détermination d'une approximation de la puissance  $P_{load}$  est moins précis que le mode

de réalisation de mesure de la puissance  $P_{load}$  décrit précédemment.

La figure 7 représente un diagramme d'états et de transitions d'un mode de réalisation d'un procédé de fonctionnement du circuit de transmission 16 tel que représenté sur la figure 2, dans lequel le circuit applicatif 18 fonctionne selon un mode de fonctionnement unique et mettant en oeuvre un procédé de régulation utilisant les valeurs des puissances  $P_{in,max}$  et  $P_{load}$ . Dans le présent mode de réalisation, les puissances  $P_{in,max}$  et  $P_{load}$  sont mesurées au démarrage du circuit applicatif 18.

A l'étape 40, le module de commande de démarrage 30 démarre, par exemple lorsque la tension  $V_{eh}$  dépasse un seuil. Lorsqu'il a démarré, le module de commande de démarrage 30 fournit un signal POR à "1". Le procédé se poursuit alors à l'étape 42.

A l'étape 42, le module 30 commande le démarrage du module de gestion de puissance 28. Le procédé se poursuit alors à l'étape 44.

A l'étape 44, le module de gestion de puissance 28 charge la dernière valeur déterminée de la puissance  $P_{load}$ , qui est par exemple stockée dans une mémoire, et qui est utilisée comme valeur de puissance de référence. Le procédé se poursuit alors à l'étape 46.

A l'étape 46, le module 24 détermine la puissance maximale  $P_{in,max}$ , par exemple comme cela a été décrit précédemment, et fournit la valeur de la puissance maximale  $P_{in,max}$  ainsi déterminée au module de gestion de puissance 28. Le procédé se poursuit alors à l'étape 48.

A l'étape 48, le module de gestion de puissance 28 compare la puissance maximale  $P_{in,max}$  à la valeur de puissance  $P_{load}$  de référence. Si la puissance maximale  $P_{in,max}$  est inférieure à la puissance  $P_{load}$  de référence, le procédé retourne à l'étape 46. Si la puissance maximale  $P_{in,max}$  est supérieure à la valeur de puissance  $P_{load}$  de référence, le procédé se poursuit à l'étape 50.

A l'étape 50, le module de gestion de puissance 28 commande le démarrage du circuit applicatif 18. Le procédé se poursuit à l'étape 52.

A l'étape 52, au cours du fonctionnement du circuit applicatif 18, le module 26 de surveillance de la tension  $V_{reg}$  fournit le signal binaire  $V_{reg,OK}$  au module de gestion de puissance 28. Si le signal  $V_{reg,OK}$  est dans un état, par exemple "0", qui indique que la tension  $V_{reg}$  n'est pas à un niveau suffisant pour le bon fonctionnement du circuit applicatif 18, le procédé se poursuit à l'étape 54. Si le signal  $V_{reg,OK}$  est dans un état, par exemple "1", qui indique que la tension  $V_{reg}$  est à un niveau suffisant pour le bon fonctionnement du circuit applicatif 18, le procédé se poursuit à l'étape 56.

A l'étape 54, le circuit applicatif 18 est arrêté et le procédé se poursuit à l'étape 46.

A l'étape 56, le module 24 détermine la puissance  $P_{load}$ , comme cela a été décrit précédemment, et fournit la valeur de la puissance  $P_{load}$  ainsi déterminée au module de gestion de puissance 28. Cette valeur est utilisée comme nouvelle valeur de puissance  $P_{load}$  de référence.

La figure 8 représente le diagramme d'états et de transitions du circuit de transmission 16 tel que représenté sur la figure 2, mettant en oeuvre un procédé de régulation utilisant les valeurs des puissances  $P_{in,max}$  et  $P_{load}$  et dans lequel le circuit applicatif 18 peut fonctionner selon N modes de fonctionnement, dont un mode de fonctionnement à l'arrêt, N étant un nombre entier pouvant varier de 2 à 10. Dans le présent mode de réalisation, les puissances  $P_{in,max}$  et  $P_{load}$  sont mesurées au démarrage du circuit applicatif 18. Dans le présent mode de réalisation, le mode de fonctionnement dans lequel fonctionne le circuit applicatif 18 est commandé par le signal  $Load\_control$  fourni par le module de gestion de puissance 28. A titre d'exemple, lorsque le signal  $Load\_control$  est égal à 0, le circuit applicatif 18 est à l'arrêt et lorsque le signal  $Load\_control$  varie de 1 à N, le circuit applicatif 18 est alimenté et consomme une puissance

moyenne  $P_{load}$  sous une tension régulée  $V_{reg}$  qui augmente avec le signal `Load_control`.

A l'étape 60, le module de commande de démarrage 30 démarre. Lorsqu'il a démarré, le module de commande de démarrage  
5 30 fournit un signal POR à "1". Le procédé se poursuit alors à l'étape 62.

A l'étape 62, le module 30 commande le démarrage du module de gestion de puissance 28. Le procédé se poursuit alors à l'étape 64.

10 A l'étape 64, le module de gestion de puissance 28 charge les dernières valeurs déterminées de puissance  $P_{load}$  pour les différents modes de fonctionnement du circuit applicatif 18. Ces valeurs sont par exemple stockées dans une mémoire. Elles sont utilisées comme valeurs de puissance de référence par la suite.  
15 Le procédé se poursuit alors à l'étape 66.

A l'étape 66, le module de gestion de puissance 28 commande le maintien à l'arrêt du circuit applicatif 18. Le procédé se poursuit alors à l'étape 68.

20 A l'étape 68, le module 24 détermine la puissance maximale  $P_{in,max}$ , comme cela a été décrit précédemment, et fournit la valeur de la puissance maximale  $P_{in,max}$  ainsi déterminée au module de gestion de puissance 28. Le procédé se poursuit alors à l'étape 70.

25 A l'étape 70, le module de gestion de puissance 28 incrémente la valeur à appliquer au signal `Load_control` sans toutefois la transmettre au circuit applicatif 18. Le procédé se poursuit alors à l'étape 72.

30 A l'étape 72, le module de gestion de puissance 28 compare la puissance maximale  $P_{in,max}$  à la dernière valeur de référence de la puissance  $P_{load}$  correspondant au signal `Load_control` égal à 1. Si la puissance maximale  $P_{in,max}$  est inférieure à la dernière valeur de référence de la puissance  $P_{load}$ , le procédé retourne à l'étape 68. Si la puissance maximale  $P_{in,max}$  est supérieure à la dernière valeur de référence de la  
35 puissance  $P_{load}$ , le procédé se poursuit à l'étape 74.

A l'étape 74, le module de gestion de puissance 28 incrémente la valeur à appliquer au signal Load\_control sans toutefois la transmettre au circuit applicatif 18. Le procédé se poursuit alors à l'étape 76.

5 A l'étape 76, le module de gestion de puissance 28 compare la puissance maximale  $P_{in,max}$  à la dernière valeur de référence de la puissance  $P_{load}$  correspondant à la valeur du signal Load\_control déterminée à l'étape 74. Si la puissance maximale  $P_{in,max}$  est inférieure à la dernière valeur de référence  
10 de la puissance  $P_{load}$ , le procédé retourne à l'étape 78. Si la puissance maximale  $P_{in,max}$  est supérieure à la dernière valeur de référence de la puissance  $P_{load}$ , le procédé se poursuit à l'étape 80.

A l'étape 78, le module de gestion de puissance 28  
15 décrémente la valeur à appliquer au signal Load\_control sans toutefois la transmettre au circuit applicatif 18. Le procédé se poursuit alors à l'étape 82.

A l'étape 80, le module de gestion de puissance 28 compare la valeur du signal Load\_control déterminée à l'étape 74  
20 à la valeur N. Si la valeur du signal Load\_control est inférieure strictement à N, le procédé retourne à l'étape 74. Si la valeur du signal Load\_control est égale à N, le procédé se poursuit à l'étape 82.

A l'étape 82, le module de gestion de puissance 28  
25 commande le démarrage du circuit applicatif 18 avec la dernière valeur du signal Load\_control déterminée à l'étape 76. Le procédé se poursuit à l'étape 84.

A l'étape 84, au cours du fonctionnement du circuit applicatif 18, le module 26 de surveillance de la tension  $V_{reg}$   
30 fournit le signal binaire  $V_{reg,OK}$  au module de gestion de puissance 28. Si le signal  $V_{reg,OK}$  est dans un état, par exemple "1", qui indique que la tension  $V_{reg}$  est à un niveau suffisant pour le bon fonctionnement du circuit applicatif 18, le procédé se poursuit à l'étape 86. Si le signal  $V_{reg,OK}$  est dans un état,  
35 par exemple "0", qui indique que la tension  $V_{reg}$  n'est pas à un

niveau suffisant pour le bon fonctionnement du circuit applicatif 18, le procédé se poursuit à l'étape 88.

A l'étape 86, le module 24 détermine la puissance  $P_{load}$ , comme cela a été décrit précédemment, et fournit la valeur de la puissance  $P_{load}$  ainsi déterminée au module de gestion de puissance 28.

A l'étape 88, le module de gestion de puissance 28 décrémente la valeur du signal `Load_control` et la transmet au circuit applicatif 18. Le procédé se poursuit alors à l'étape 90.

A l'étape 90, le module de gestion de puissance 28 compare la valeur du signal `Load_control` déterminée à l'étape 88 à 0. Si la valeur du signal `Load_control` est supérieure strictement à 0, le procédé retourne à l'étape 84. Si la valeur du signal `Load_control` est égale à 0, le procédé se poursuit à l'étape 92.

A l'étape 92, le circuit applicatif 18 est arrêté et le procédé se poursuit à l'étape 68.

La figure 9 représente un autre mode de réalisation d'un système électronique ou électromécanique 100 comprenant l'ensemble des éléments du système électronique ou électromécanique 10 représenté en figure 2 à la différence que la source d'énergie 12 est remplacée par plusieurs sources d'énergie  $12_A$ ,  $12_B$ ,  $12_C$  et  $12_D$ , et que le module 30 de commande de démarrage 30 reçoit un signal  $S_{source}$ . Les sources d'énergie  $12_A$ ,  $12_B$ ,  $12_C$  et  $12_D$  correspondent, par exemple, à un récupérateur d'énergie radiofréquence  $12_A$  fournissant une puissance électrique  $P_{rf}$ , à un récupérateur d'énergie thermique  $12_B$  fournissant une puissance électrique  $P_{teg}$ , à un récupérateur d'énergie solaire  $12_C$  fournissant une puissance électrique  $P_{pv}$  et à un récupérateur d'énergie éolienne  $12_D$  fournissant une puissance électrique  $P_w$ . Les sources d'énergie  $12_A$ ,  $12_B$ ,  $12_C$  et  $12_D$  alimentent des circuits de conversion de puissance  $14_A$ ,  $14_B$ ,  $14_C$  et  $14_D$  respectifs qui fournissent des tensions électriques  $V_{rf}$ ,  $V_{teg}$ ,  $V_{pv}$  et  $V_w$ . A titre de variante, au moins l'un des circuits de conversion de puissance  $14_A$ ,  $14_B$ ,  $14_C$  et  $14_D$  peut ne pas être présent. Le système 100

comprend, en outre, un multiplexeur 102 commandé par un signal  $S_{eh}$ , qui permet de sélectionner une ou plusieurs des sources d'énergie  $12_A$ ,  $12_B$ ,  $12_C$  et  $12_D$ . Selon un mode de réalisation, la puissance maximale  $P_{in,max}$  disponible peut être mesurée séparément en sortie de chaque source d'énergie  $12_A$ ,  $12_B$ ,  $12_C$  et  $12_D$ , ou de certaines d'entre elles, de manière séquentielle. A partir de ces résultats, il est ensuite possible de choisir la source d'énergie la plus adaptée pour l'alimentation du circuit applicatif 18. Le signal  $S_{eh}$  peut être représentatif de la source d'énergie qui est sélectionnée pour l'alimentation du circuit applicatif 18.

Dans le mode de réalisation décrit précédemment en relation avec la figure 3, la charge active IC est reliée par l'interrupteur  $SW_1$  au noeud  $A_2$  qui est situé sur la ligne de transmission  $L_{IN}$  entre la source d'énergie 12 et le circuit de conversion de puissance 16. Selon un autre mode de réalisation, la charge active IC peut être reliée par l'interrupteur  $SW_1$  à un noeud qui est situé entre le circuit de conversion de puissance 16 et le circuit applicatif 18, notamment lorsque le circuit de conversion de puissance 16 est du type à faible chute de tension. Toutefois, la puissance  $P_{in,max}$  ainsi mesurée tient compte de la puissance consommée par le circuit de conversion de puissance 16.

Des modes de réalisation particuliers ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, bien que dans les modes de réalisation décrits précédemment avec la figure 3, le module de régulation de tension 22 soit du type à faible chute de tension, le module de régulation de tension 22 peut avoir une structure différente. A titre d'exemple, le module de régulation de tension 22 peut correspondre à un circuit d'alimentation à découpage à tension de sortie régulée.

La détermination de la puissance  $P_{in,max}$  peut être réalisée comme cela a été décrit précédemment à la différence que le courant  $I_{in,max}$  est le courant que doit tirer la charge active IC pour abaisser la tension de sortie  $V_{eh}$  de la source d'énergie 12 jusqu'à la tension minimale  $V_{eh,min}$  pour laquelle le circuit

de régulation de tension 16 est capable de fournir la tension  $V_{reg}$ , la tension  $V_{eh,min}$  pouvant être différente de la tension  $V_{reg}$  selon le type de circuit de régulation 16 considéré. La détermination de la puissance  $P_{load}$  peut être réalisée comme cela a été décrit précédemment à la différence le courant  $I_{load,test}$  est de préférence tiré depuis la ligne de transmission  $L_{OUT}$ .

La figure 10 représente un autre mode de réalisation du module de régulation de tension 22 du type à découpage. Le module de régulation de tension 22 comprend un premier interrupteur  $SW_A$ , par exemple un transistor MOS à canal N, commandé par un signal SA et reliant le noeud  $A_2$  à un noeud  $A_4$ . Le module de régulation de tension 22 comprend, en outre, un deuxième interrupteur  $SW_B$ , par exemple un transistor MOS à canal N, commandé par un signal SB et reliant le noeud  $A_4$  à une source du potentiel de référence bas GND. Le module de régulation de tension 22 comprend, en outre, une inductance L reliant le noeud  $A_4$  à la ligne de transmission  $L_{OUT}$  et un condensateur C reliant la ligne de transmission  $L_{OUT}$  à source du potentiel de référence bas GND.

Les interrupteurs  $SW_A$  et  $SW_B$  sont commandés de façon complémentaire de sorte que lorsque l'un des interrupteurs  $SW_A$  ou  $SW_B$  est ouvert, l'autre interrupteur est fermé. Le signal SA peut être un signal binaire modulé en largeur d'impulsion, le rapport entre les tensions  $V_{reg}$  et  $V_{eh}$  dépendant du rapport cyclique du signal SA et étant, par exemple, proportionnel au rapport cyclique du signal SA.

**REVENDICATIONS**

1. Système électronique ou électromécanique (10 ; 100) comprenant au moins une source d'énergie électrique (12 ; 12<sub>A</sub>, 12<sub>B</sub>, 12<sub>C</sub>, 12<sub>D</sub>), un premier circuit (18) adapté à fonctionner dans au moins deux modes de fonctionnement dont l'un correspond à l'arrêt du circuit applicatif, et un circuit (16) de transmission de l'énergie électrique de la source d'énergie au circuit applicatif, le circuit de transmission étant, en outre, adapté à déterminer une première valeur de la puissance électrique instantanée maximale susceptible d'être fournie par la source d'énergie, à déterminer une deuxième valeur de la puissance électrique instantanée consommée par le circuit applicatif dans au moins l'un des modes de fonctionnement et à stocker les première et deuxième valeurs ou à sélectionner le mode de fonctionnement du circuit applicatif parmi lesdits au moins deux modes de fonctionnement à partir des première et deuxième valeurs.

2. Système selon la revendication 1, dans lequel le circuit de transmission (16) comprend un circuit de régulation de tension (22) adapté à recevoir une première tension ( $V_{eh}$ ) fournie par la source d'énergie (12), ou par un circuit de conversion de puissance (14) interposé entre la source d'énergie et le circuit de transmission, et adapté à fournir une deuxième tension ( $V_{reg}$ ) régulée à une tension de référence ( $V_{ref}$ ) alimentant le premier circuit (18).

3. Système selon la revendication 2, dans lequel le circuit de régulation de tension (22) est un régulateur de tension à faible chute de tension.

4. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le circuit applicatif (18) est adapté à fonctionner selon une succession de modes de fonctionnement, la consommation électrique du circuit applicatif dans l'un des modes de fonctionnement de ladite succession étant strictement supérieure à la consommation électrique du circuit applicatif dans le mode de fonctionnement suivant de ladite succession, le circuit de transmission (16) étant, en outre, adapté à commander le

fonctionnement du circuit applicatif dans le mode de fonctionnement précédant dans ladite succession lorsque la première valeur est inférieure strictement à la deuxième valeur.

5           5. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le circuit de transmission (16) comprend un circuit de puits de courant (IC) adapté à tirer un premier courant ( $I_{test}$ ) d'intensité croissante.

10           6. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la source d'énergie (12) est reliée au circuit de transmission (16) par une première ligne de transmission ( $L_{IN}$ ), dans lequel le circuit de transmission (16) est relié au circuit applicatif (18) par une deuxième ligne de transmission ( $L_{OUT}$ ) et dans lequel le circuit de puits de courant (IC) est adapté à tirer le premier courant ( $I_{test}$ ) d'intensité croissante depuis la  
15 première ligne de transmission et dans lequel le circuit de transmission (16) comprend un circuit (DECT, 30) de détermination de l'intensité maximale ( $I_{in,max}$ ) du premier courant ( $I_{test}$ ) pour laquelle la deuxième tension ( $V_{reg}$ ) n'est plus régulée.

20           7. Système selon la revendication 6, dans lequel le circuit de transmission (16) est adapté à déterminer la première valeur comme le produit de la tension de référence ( $V_{ref}$ ) par l'intensité maximale.

25           8. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le circuit applicatif (18) est adapté à recevoir un deuxième courant ( $I_{load}$ ) et dans lequel le circuit de transmission (16) comprend un circuit de recopie ( $T_2$ ) adapté à fournir un troisième courant ( $I_{load,test}$ ) égal au deuxième courant ( $I_{load}$ ) multiplié par un facteur de recopie.

30           9. Système selon la revendication 8 dans son rattachement à la revendication 5, dans lequel le circuit de transmission (16) comprend un circuit adapté à fournir un quatrième courant ( $I_{comp}$ ) égal à la différence entre le troisième courant ( $I_{load,test}$ ) et le premier courant ( $I_{test}$ ) et un circuit (COMP) de détection d'une inversion du sens du quatrième courant.

10. Système selon la revendication 9, dans lequel le circuit de transmission (16) est adapté à déterminer la deuxième valeur comme le produit du facteur de recopie, de la tension de référence ( $V_{ref}$ ) et de l'intensité du premier courant ( $I_{test}$ ) pour laquelle le sens du quatrième courant ( $I_{comp}$ ) est inversé.

11. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel la source d'énergie électrique (12) est un dispositif de conversion en énergie électrique d'une énergie choisie parmi le groupe comprenant l'énergie thermique, l'énergie vibratoire, l'énergie solaire, l'énergie éolienne et l'énergie radiofréquence.

12. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, ne comprenant pas de dispositif de stockage d'énergie ayant une capacité supérieure à 100  $\mu$ F.

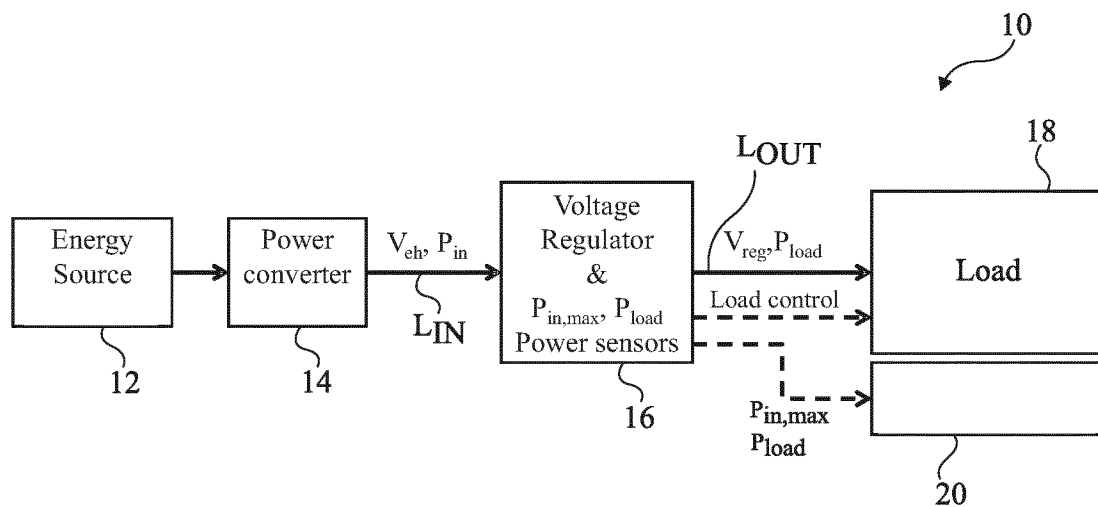


Fig 1

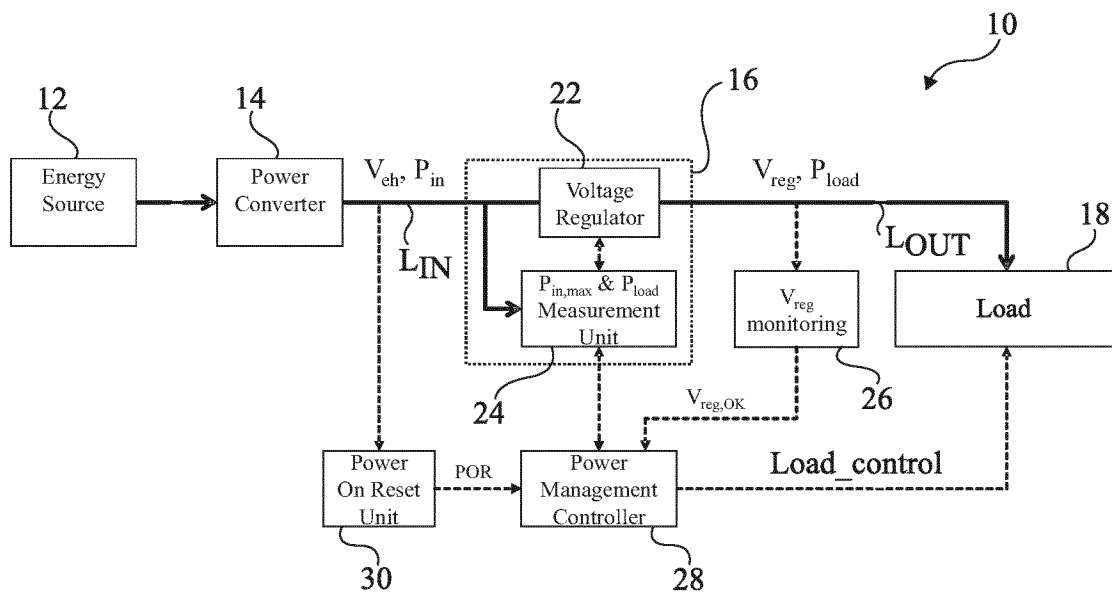


Fig 2

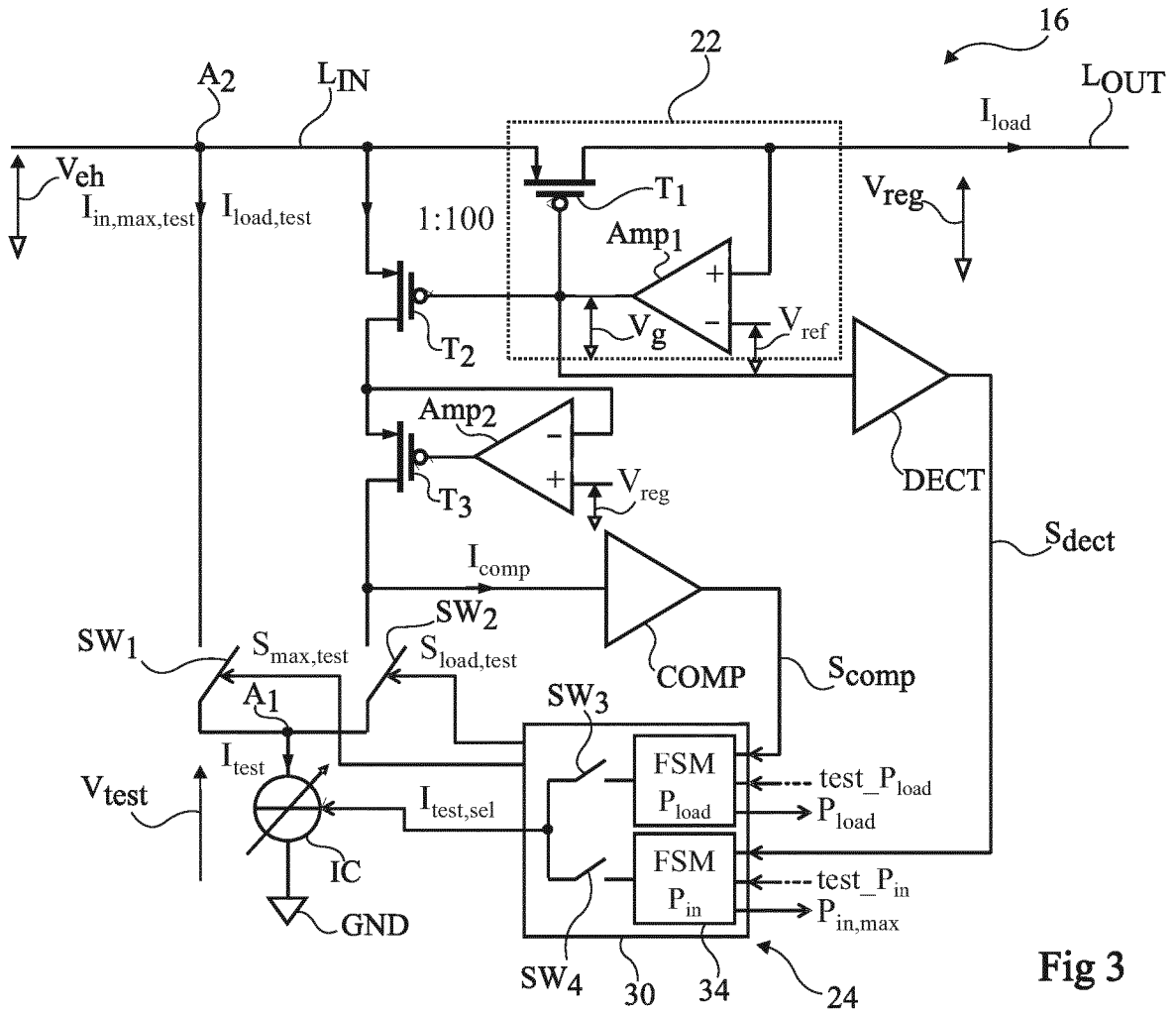


Fig 3

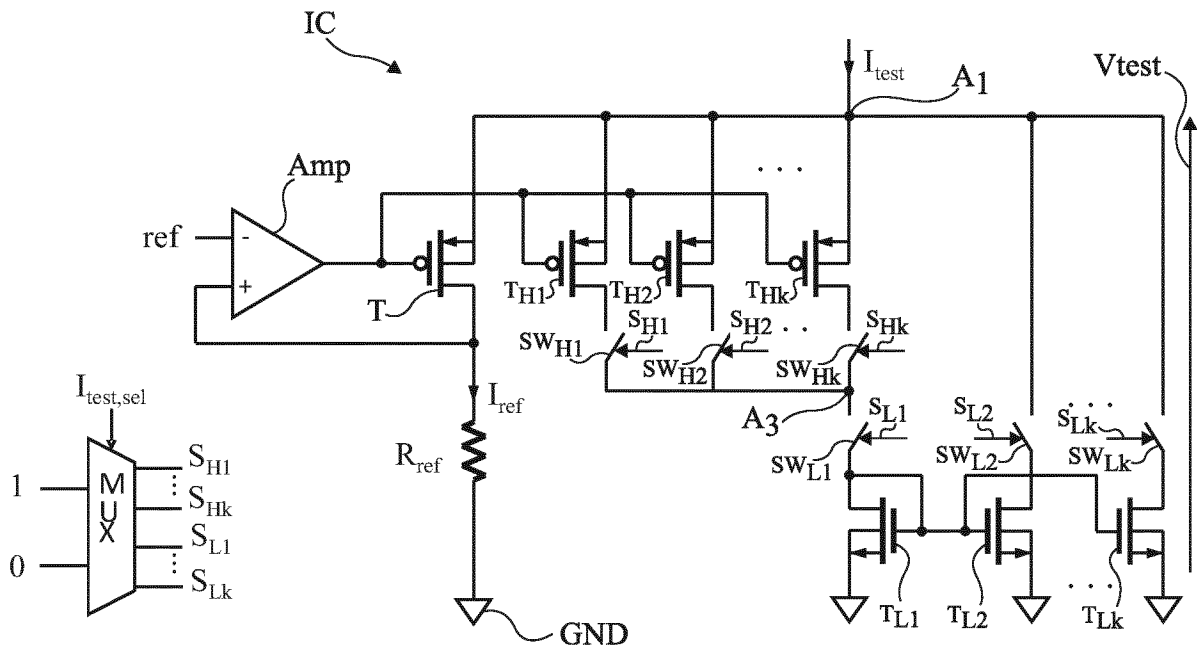


Fig 4

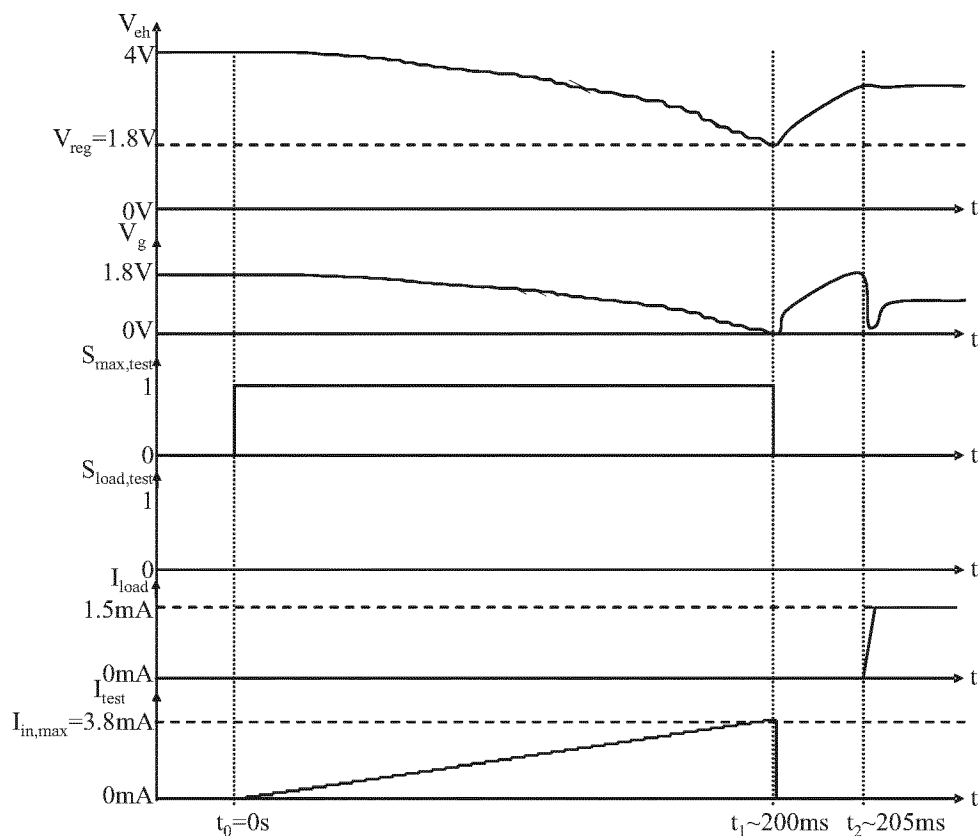


Fig 5

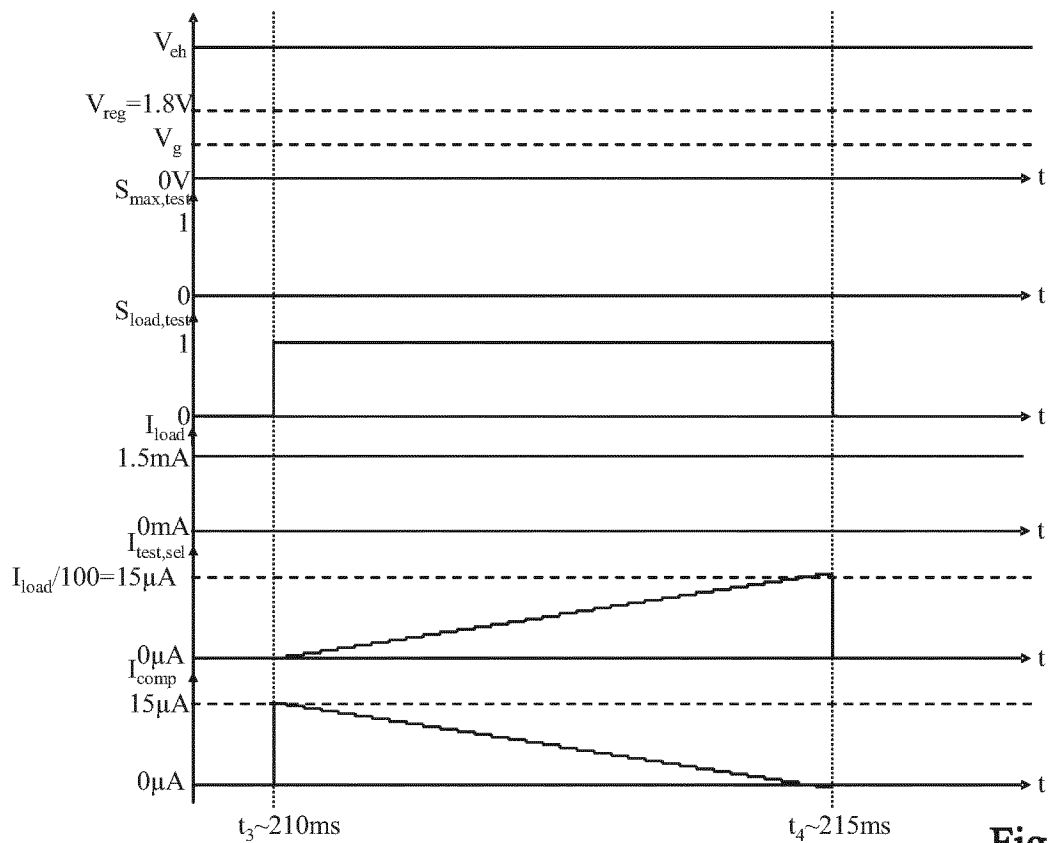


Fig 6

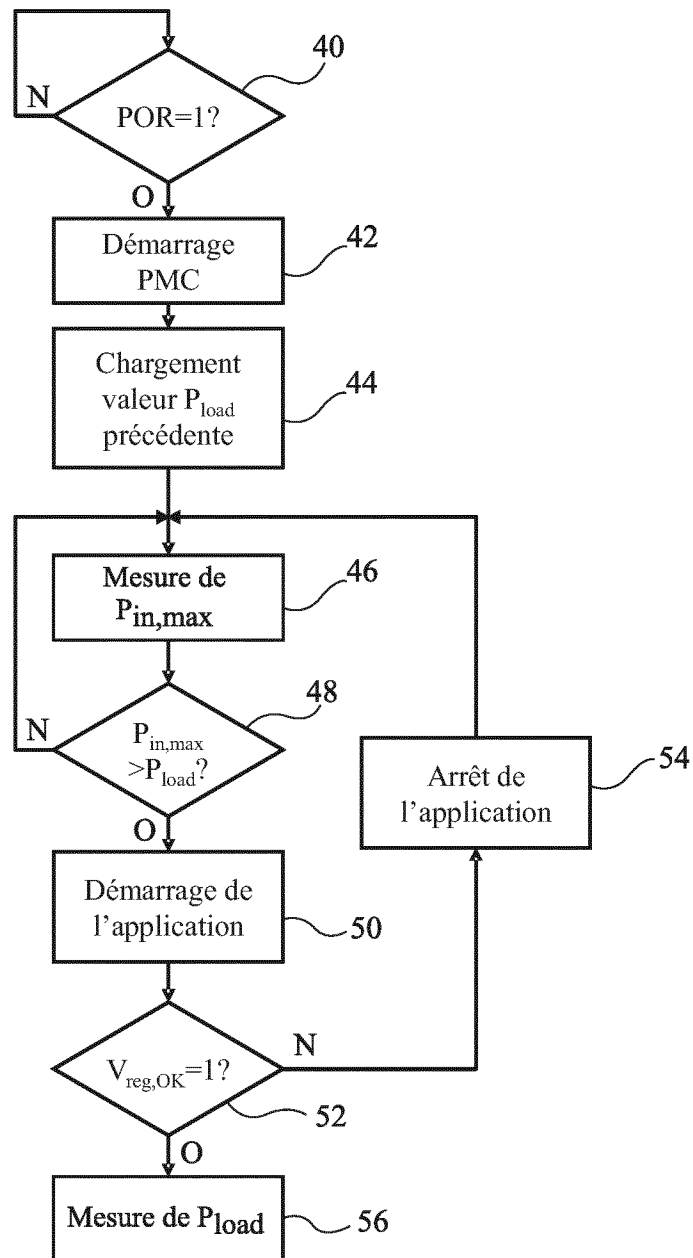


Fig 7

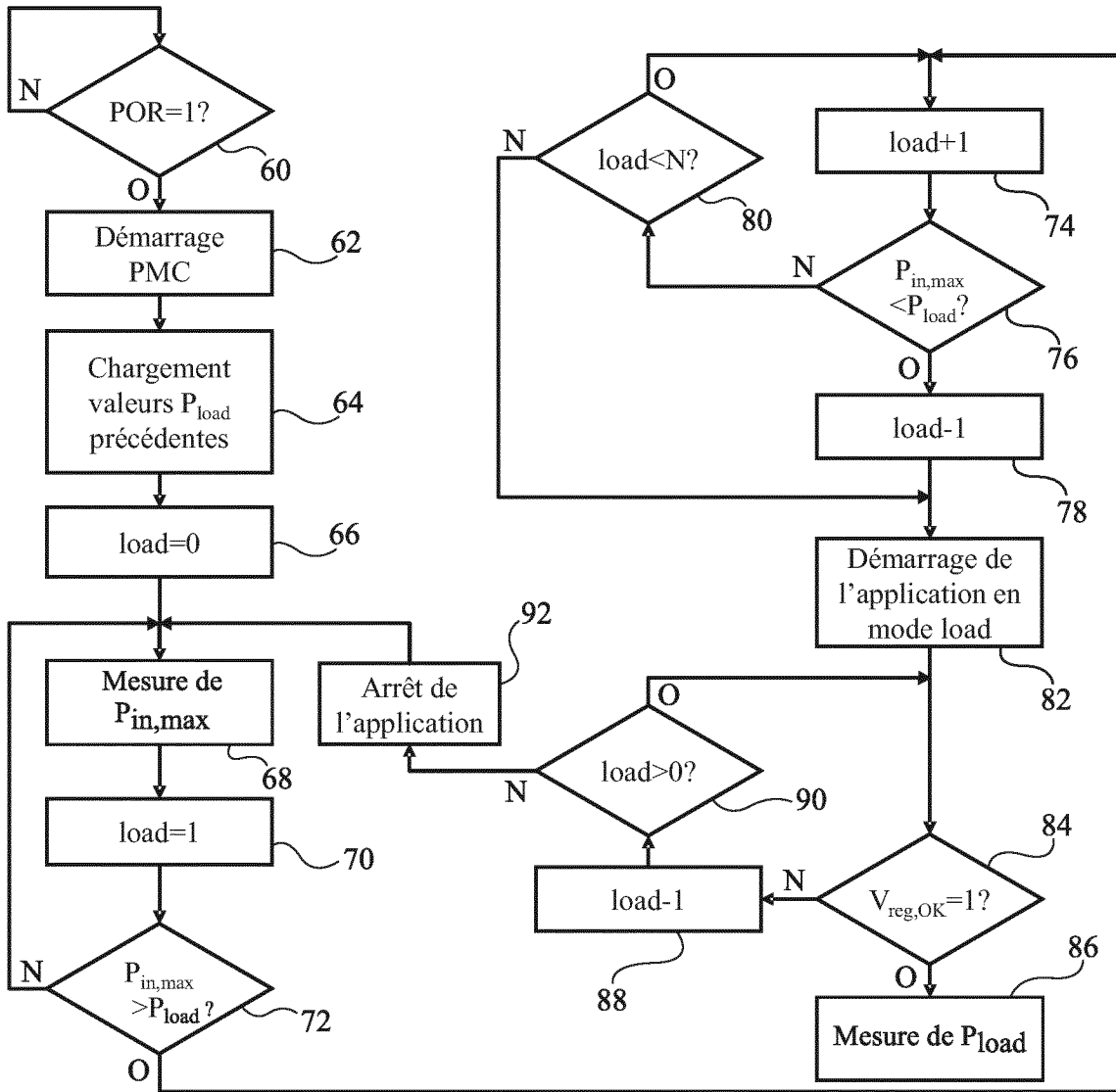


Fig 8

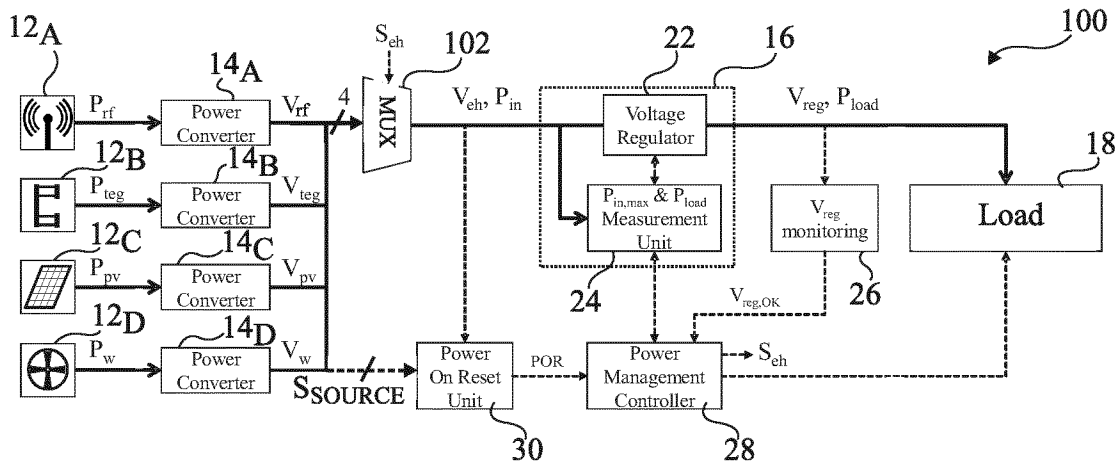


Fig 9

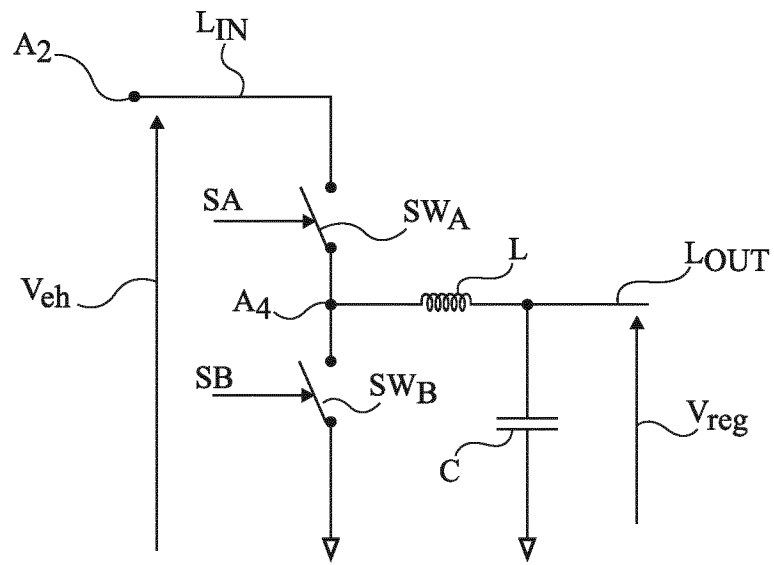


Fig 10

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 828917  
FR 1658299

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2013/007515 A1 (SHAW MARK E [US] ET AL) 3 janvier 2013 (2013-01-03)	1,4,11	H02J1/00 G06F1/26
Y	* alinéas [0003], [0013] - [0022]; figures 1,2 *	2,3,5,12	
X	US 2013/147274 A1 (KU CHEN-WEI [TW] ET AL) 13 juin 2013 (2013-06-13) * alinéa [0025] - alinéa [0037] *	1-5,11, 12	
Y	US 2002/046354 A1 (OSTROM KEN [US] ET AL) 18 avril 2002 (2002-04-18) * alinéa [0029] - alinéa [0032]; figure 1 *	2,3,5,12	
X	US 5 536 976 A (CHURCHILL JONATHAN D [US]) 16 juillet 1996 (1996-07-16) * colonne 6, ligne 20 - colonne 6, ligne 40; revendications 1-12; figure 1 *	1,4,5, 11,12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H02J G05F G06F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 mai 2017		Telega, Paweł	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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 & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1658299 FA 828917**

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 **02-05-2017**

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 au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2013007515 A1	03-01-2013	CN 103620520 A	05-03-2014
		EP 2726954 A1	07-05-2014
		US 2013007515 A1	03-01-2013
		WO 2013002889 A1	03-01-2013
-----			
US 2013147274 A1	13-06-2013	EP 2602903 A1	12-06-2013
		JP 2013123355 A	20-06-2013
		TW 201325004 A	16-06-2013
		US 2013147274 A1	13-06-2013
-----			
US 2002046354 A1	18-04-2002	AU 8703401 A	13-03-2002
		EP 1314081 A2	28-05-2003
		JP 3742059 B2	01-02-2006
		JP 2004507829 A	11-03-2004
		JP 2006012194 A	12-01-2006
		JP 2008198227 A	28-08-2008
		TW 521177 B	21-02-2003
		US 2002046354 A1	18-04-2002
		US 2006250119 A1	09-11-2006
WO 0219074 A2	07-03-2002		
-----			
US 5536976 A	16-07-1996	US 5536976 A	16-07-1996
		US 5630341 A	20-05-1997
-----			