

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

22 Date de dépôt : 28.06.19.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 01.01.21 Bulletin 20/53.

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) : STMICROELECTRONICS (GRE-
NOBLE 2) SAS Société par actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : CAMIOLO Jean et PONS Alexandre.

73 Titulaire(s) : STMICROELECTRONICS (GRENOBLE
2) SAS Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

54 Compensation de chute de tension.

57 Compensation de chute de tension
La présente description concerne un dispositif source de
tension comprenant: un convertisseur de tension (202) pour
générer une tension d'alimentation (Vsrc) au niveau d'un
nœud de sortie (104) du convertisseur de tension sur la
base d'un signal de rétroaction (FB) fourni sur une ligne de
rétroaction (205); au moins un commutateur (106) couplé
entre le nœud de sortie du convertisseur de tension et une
borne de sortie (102) du dispositif source de tension; et au
moins un autre commutateur (204) agencé pour coupler sé-
lectivement la ligne de rétroaction: au nœud de sortie du
convertisseur de tension pendant un premier mode de
régulation; et à la borne de sortie du dispositif source de ten-
sion pendant un deuxième mode de régulation.

Figure pour l'abrégi: Fig. 2



Description

Titre de l'invention : Compensation de chute de tension

Domaine technique

- [0001] La présente description concerne de façon générale le domaine des dispositifs sources de tension, et en particulier un circuit et un procédé pour la compensation d'une chute de tension à la sortie d'un dispositif source de tension.

Technique antérieure

- [0002] Selon le protocole USB (de l'anglais Universal Serial Bus) type C (USB-C), un dispositif comportant une prise USB-C peut agir comme source de tension pour un autre dispositif couplé par l'intermédiaire de l'interface USB-C et fonctionnant comme récepteur. Selon le protocole USB-C, le niveau de tension fourni par la source est variable dans la plage de 5 à 20 V.
- [0003] Avant que la tension soit fournie par le dispositif source, le dispositif source et le dispositif récepteur négocient le niveau de tension à fournir. Le dispositif source devra ensuite maintenir le niveau de tension d'alimentation convenu tant que le câble est connecté et que le récepteur absorbe un courant. En effet, si la tension chute en dessous d'un certain décalage par rapport au niveau convenu, le dispositif récepteur risque de détecter une sous-tension, ce qui le conduit à considérer que le câble a été débranché, et à réinitialiser la connexion, interrompant par cela la fourniture de tension au dispositif récepteur.
- [0004] Une difficulté est qu'il y a en général une résistance non négligeable entre la source de tension se trouvant dans le dispositif source et la charge se trouvant dans le dispositif récepteur. Cette résistance peut conduire à une chute de tension significative entre la source de tension du côté source et la charge du côté récepteur.
- [0005] Il y a une difficulté technique pour compenser cette chute de tension et assurer qu'il n'y aura pas de sous-tension au niveau du récepteur.

Résumé de l'invention

- [0006] Un objet des modes de réalisation décrits ici est de répondre au moins partiellement à une ou plusieurs difficultés de l'art antérieur.
- [0007] Selon un aspect, on prévoit un dispositif source de tension comprenant : un convertisseur de tension pour générer une tension d'alimentation au niveau d'un nœud de sortie du convertisseur de tension sur la base d'un signal de rétroaction fourni sur une ligne de rétroaction ; au moins un commutateur couplé entre le nœud de sortie du convertisseur de tension et une borne de sortie du dispositif source de tension ; et au moins un autre commutateur agencé pour coupler sélectivement la ligne de rétroaction : au nœud de sortie du convertisseur de tension pendant un premier mode de régulation

; et à la borne de sortie du dispositif source de tension pendant un deuxième mode de régulation.

- [0008] Selon un mode de réalisation, le dispositif source de tension comprend en outre un comparateur agencé pour comparer un niveau de tension au niveau de la borne de sortie du dispositif source de tension à une tension de seuil, et pour commander ledit au moins un autre commutateur en fonction de la comparaison.
- [0009] Selon un mode de réalisation, le dispositif source de tension comprend en outre un circuit de commande agencé pour commander ledit au moins un autre commutateur pour coupler la ligne de rétroaction au nœud de sortie du convertisseur de tension pendant le premier mode de régulation, et pour commander ledit au moins un autre commutateur pour coupler la ligne de rétroaction à la borne de sortie du dispositif source de tension lorsque le comparateur détecte que le niveau de tension au niveau de la borne de sortie du dispositif source de tension s'élève au-dessus de la tension de seuil.
- [0010] Selon un mode de réalisation, le circuit de commande est en outre agencé pour commander ledit au moins un autre commutateur pour coupler la ligne de rétroaction au nœud de sortie du convertisseur de tension avant la désactivation d'un signal d'activation de tension de source.
- [0011] Selon un mode de réalisation, le dispositif source de tension est agencé pour faire varier la tension de seuil sur la base du niveau d'une tension de source à fournir par le dispositif source de tension.
- [0012] Selon un mode de réalisation, le dispositif source de tension comprend en outre : un diviseur de tension couplé entre un nœud dudit au moins un autre commutateur et un premier rail d'alimentation, un nœud intermédiaire du diviseur de tension étant couplé via un amplificateur différentiel à la ligne de rétroaction.
- [0013] Selon un mode de réalisation, ledit au moins un autre commutateur comprend un premier commutateur couplé entre la ligne de rétroaction et le nœud de sortie du convertisseur de tension et un deuxième commutateur couplé entre la ligne de rétroaction et la borne de sortie du dispositif source de tension.
- [0014] Selon un mode de réalisation, le dispositif source de tension comprend en outre : un premier diviseur de tension couplant le nœud de sortie du convertisseur de tension à un premier rail d'alimentation et comportant un premier nœud intermédiaire, dans lequel le premier commutateur est connecté entre la ligne de rétroaction et le premier nœud intermédiaire ; et un deuxième diviseur de tension couplant la borne de sortie du dispositif source de tension au premier rail d'alimentation et comportant un deuxième nœud intermédiaire, le deuxième commutateur étant connecté entre la ligne de rétroaction et le deuxième nœud intermédiaire.
- [0015] Selon un mode de réalisation, le dispositif source de tension comprend en outre : une

source de courant agencée pour appliquer un courant à une autre borne de sortie du dispositif source de tension afin de détecter une chute de tension de câble ; et un circuit de compensation agencé pour générer un signal de compensation analogique sur la base d'une tension au niveau de l'autre borne de sortie.

- [0016] Selon un mode de réalisation, le dispositif source de tension comprend en outre un circuit de commande de rétroaction agencé pour ajuster le signal de rétroaction fourni sur la ligne de rétroaction sur la base du signal de compensation analogique.
- [0017] Selon un autre aspect, on prévoit un procédé de compensation de chute de tension dans un dispositif source de tension, le procédé comprenant : générer, par un convertisseur de tension, une tension d'alimentation au niveau d'un nœud de sortie du convertisseur de tension sur la base d'un signal de rétroaction fourni sur une ligne de rétroaction ; coupler le nœud de sortie du convertisseur de tension à une borne de sortie du dispositif source de tension par l'intermédiaire d'au moins un commutateur ; coupler, en utilisant au moins un autre commutateur, la ligne de rétroaction au nœud de sortie du convertisseur de tension pendant un premier mode de régulation ; et coupler, en utilisant ledit au moins un autre commutateur, la ligne de rétroaction à la borne de sortie du dispositif source de tension pendant un deuxième mode de régulation.
- [0018] Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre : comparer un niveau de tension au niveau de la borne de sortie du dispositif source de tension à une tension de seuil ; et commander ledit au moins un autre commutateur en fonction de la comparaison.
- [0019] Selon un mode de réalisation, la commande dudit au moins un commutateur en fonction de la comparaison comprend : commander ledit au moins un autre commutateur pour coupler la ligne de rétroaction au nœud de sortie du convertisseur de tension pendant le premier mode de régulation ; et commander ledit au moins un autre commutateur pour coupler la ligne de rétroaction à la borne de sortie du dispositif source de tension lorsque le niveau de tension au niveau de la borne de sortie du dispositif source de tension s'élève au-dessus de la tension de seuil.
- [0020] Selon un mode de réalisation, la commande dudit au moins un autre commutateur en fonction de la comparaison comprend en outre : commander ledit au moins un autre commutateur pour coupler la ligne de rétroaction au nœud de sortie du convertisseur de tension avant la désactivation d'un signal d'activation de tension de source.

Brève description des dessins

- [0021] 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 :
- [0022] [fig.1] la figure 1 est un schéma de circuit d'une partie d'un dispositif source de

tension pouvant fournir une prise froide ;

- [0023] [fig.2] la figure 2 est un schéma de circuit d'un dispositif source de tension muni d'une compensation de chute de tension selon un exemple de réalisation de la présente description ;
- [0024] [fig.3] la figure 3 est un organigramme illustrant des étapes dans un procédé de compensation de chute de tension selon un exemple de réalisation de la présente description ;
- [0025] [fig.4] la figure 4 est un chronogramme représentant des signaux dans le dispositif de la figure 2 selon un exemple de réalisation de la présente description ;
- [0026] [fig.5] la figure 5 est un schéma de circuit représentant un dispositif source de tension selon un autre exemple de réalisation de la présente description ;
- [0027] [fig.6] la figure 6 est un schéma de circuit représentant un dispositif source de tension selon encore un autre exemple de réalisation de la présente description ; et
- [0028] [fig.7] la figure 7 est un graphique représentant un exemple de tensions dans le dispositif source de tension de la figure 6 et dans un dispositif récepteur attaché.

Description des modes de réalisation

- [0029] De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. En particulier, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation peuvent présenter les mêmes références et peuvent disposer de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques.
- [0030] Sauf précision contraire, lorsque l'on fait référence à deux éléments connectés entre eux, cela signifie directement connectés sans éléments intermédiaires autres que des conducteurs, et lorsque l'on fait référence à deux éléments reliés ou couplés entre eux, cela signifie que ces deux éléments peuvent être connectés ou être reliés ou couplés par l'intermédiaire d'un ou plusieurs autres éléments.
- [0031] Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement" et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.
- [0032] La figure 1 est un schéma de circuit d'une partie d'un dispositif source (SOURCE) 100 capable de fournir une prise froide. Par exemple, le dispositif source 100 se comporte comme une source de tension pour un dispositif récepteur (TO SINK - non illustré en figure 1) sur une interface comme une interface USB-C qui comprend une borne 102 par l'intermédiaire de laquelle une tension d'alimentation VBus est fournie, et un câble (non illustré).
- [0033] Une tension Vsrc est générée sur un nœud 104 dans le dispositif source 100, par exemple par un convertisseur de tension (également non illustré en figure 1). Afin de d'assurer ce que l'on appelle une "prise froide" au niveau de la borne 102, en d'autres termes une tension basse jusqu'à ce que la tension d'alimentation doive être appliquée,

un commutateur 106 est prévu entre le nœud Vsrc 104 et la borne 102. Le commutateur 106 isole le nœud 104 de la borne 102 jusqu'à ce qu'un signal d'activation de source VBus_En_Src soit activé.

[0034] Le commutateur 106 comprend par exemple une paire de transistors MOS à canal P (PMOS) 108, 110 couplés en série par l'intermédiaire de leurs sources/drains entre le nœud 104 et la borne 102. Les grilles des transistors 108, 110 sont par exemple toutes les deux couplées à un nœud 112, qui est en outre couplé à un nœud intermédiaire 114 entre les transistors 108, 110 par l'intermédiaire d'une résistance 115, et à un nœud 117 sur lequel est fourni le signal d'activation VBus_En_Src. Par exemple, chaque transistor 108, 110 a sa source connectée au nœud intermédiaire 114, et une diode intrinsèque de chaque transistor est représentée en figure 1. Une connexion de substrat de chaque transistor 108, 110 est par exemple couplée au nœud 114.

[0035] Le nœud 117 est par exemple un nœud de sortie d'un circuit d'activation de VBus 118, qui par exemple a un nœud d'entrée de tension d'alimentation Vdd 120 couplé au nœud Vsrc 104 afin d'alimenter le circuit 118, et un nœud VBus_sense 122 couplé à la borne de sortie pour recevoir la tension VBus. Le circuit d'activation 118 comprend par exemple un commutateur 124 couplant le nœud 117 à la masse afin d'activer le signal d'activation VBus_En_Src après vérification qu'il n'y a pas de tension appliquée à la borne 102. En effet, puisque l'interface USB-C peut permettre à des dispositifs de fonctionner aussi bien comme sources que comme récepteurs, cette vérification est par exemple réalisée afin d'empêcher que des convertisseurs de tension situés dans la source et dans le récepteur soient couplés en même temps au bus de tension VBus du câble USB. Cette vérification assure aussi par exemple que des condensateurs situés sur le dispositif récepteur et sur le dispositif source ont été correctement déchargés après une connexion précédente. Sinon, il serait possible par exemple qu'un condensateur du dispositif source ou récepteur qui a été chargé à 20 V d'après une négociation précédente soit connecté à une source à 5 V.

[0036] Les présents inventeurs ont noté que, alors que chacun des transistors 108, 110 du commutateur 106 peut avoir une résistance ON (à l'état passant) d'environ 10 à 20 mΩ chacune, ce qui conduit à une résistance ON globale du commutateur 106 d'environ 20 à 40 mΩ, pour des courant relativement élevés il peut quand même y avoir une chute de tension relativement élevée à travers le commutateur 106. Par exemple, un courant de 3 A pourrait provoquer une chute de tension d'environ 60 à 120 mV.

[0037] En outre, bien que cela ne soit pas illustré en figure 1, une résistance shunt est souvent prévue dans le chemin de courant entre le nœud Vsrc 104 et la borne de sortie 102 afin de surveiller le courant fourni par la source. Bien que cette résistance soit aussi relativement faible, par exemple comprise entre 10 et 25 mΩ, pour un courant de 3 A, cela peut représenter une chute de tension supplémentaire comprise entre 30 et 75

mV.

- [0038] En particulier, lorsqu'elles sont combinées avec la chute de tension dans le câble USB-C, à des courants relativement élevés, ces chutes de tension peuvent conduire à une détection de sous-tension du côté récepteur.
- [0039] La figure 2 est un schéma de circuit d'un dispositif source de tension (SOURCE) 200 assurant une compensation de chute de tension selon un exemple de réalisation de la présente description. Le dispositif 200 comprend par exemple de nombreux éléments communs avec le dispositif 100 de la figure 1, et ces éléments portent en figure 2 les mêmes références numériques et ne seront pas décrits de nouveau en détail.
- [0040] Le commutateur 106 dans le dispositif 200 est par exemple mis en œuvre comme cela est représenté en figure 1, bien que dans des variantes de réalisation il puisse être mis en œuvre par un seul transistor comme un seul transistor PMOS.
- [0041] Le dispositif 200 comprend par exemple un convertisseur de tension (VOLTAGE CONVERTER) 202 agencé pour générer la tension V_{src} sur le nœud 104. Par exemple, le convertisseur de tension 202 est un convertisseur DC (courant continu) vers DC, ou un convertisseur AC (courant alternatif) vers DC.
- [0042] Le dispositif 200 comprend en outre un commutateur 204, qui est par exemple un commutateur SPDT (unipolaire, à deux directions). Le commutateur 204 est agencé pour coupler l'un ou l'autre du nœud 104 et de la borne 102 à une ligne de rétroaction 205. La ligne de rétroaction 205 fournit par exemple un signal de rétroaction FB au convertisseur de tension 202.
- [0043] Dans certains modes de réalisation, ce signal de rétroaction FB est utilisé pour ajuster la quantité d'énergie transférée par le convertisseur de tension 202, par exemple en ajustant un rapport cyclique du convertisseur 202, et/ou en régulant une quantité de puissance transférée par un transformateur du convertisseur de tension 202.
- [0044] Ainsi, le commutateur 204 permet de sélectionner comme point de régulation utilisé pour réguler le convertisseur de tension 202 soit la tension V_{src} sur le nœud 104, soit la tension V_{Bus} sur la borne 102.
- [0045] Le commutateur 204 est par exemple contrôlé par un signal de commande SW fourni sur une ligne 206 par un circuit de commande 208. Le circuit de commande 208 reçoit par exemple le signal d'activation de source $V_{Bus_En_Src}$, qui commande aussi le commutateur 106, un signal de bus actif BusAct provenant d'un comparateur 210, et un signal V_{BES_Early} , correspondant par exemple à une version avancée du signal $V_{Bus_En_Src}$. Par exemple, le signal $V_{Bus_En_Src}$ est retardé par rapport au signal V_{BES_Early} .
- [0046] Le comparateur 210 a par exemple une entrée positive couplée à la borne de sortie 102 du dispositif source de tension 200, et une entrée négative couplée de manière à recevoir une tension de référence V_{busmin} sur une ligne 212, par exemple générée par

un DAC (convertisseur numérique-analogique - non illustré). Dans certains modes de réalisation, le signal VBus_En_Src est activé à l'état bas, et le circuit de commande 208 active le signal SW lorsque le signal VBus_En_Src est activé et lorsque la tension VBus sur la borne 102 est montée au-dessus du niveau de seuil Vbusmin, et amène à l'état bas le signal SW lorsque le signal VBES_Early est activé, indiquant par exemple que le câble a été déconnecté et ainsi que la source de tension doit être désactivée.

[0047] Les signaux VBus_En_Src et VBES_Early sont par exemple produits par un circuit de commande de système (SYSTEM CTRL) 214 du dispositif source de tension 200.

[0048] On va maintenant décrire plus en détail le circuit de la figure 2 en faisant référence aux figures 3 et 4.

[0049] La figure 3 est un organigramme illustrant des étapes dans un procédé de compensation de chute de tension selon un exemple de réalisation de la présente description. Ce procédé est par exemple mis en œuvre par le comparateur 210, le circuit de commande 208 et le commutateur 206 du dispositif 200 de la figure 2, bien que dans des variantes de réalisation il puisse être mis en œuvre au moins partiellement par d'autres circuits, comme une machine à états finis.

[0050] La figure 4 est un chronogramme illustrant des exemples du signal VBES_Early, du signal d'activation de source VBus_En_Src et du signal de commande de commutateur SW.

[0051] Il est supposé initialement qu'aucun câble n'est attaché au dispositif source 200. Ainsi, le signal VBus_En_Src est désactivé, correspondant à un état haut dans l'exemple des figures 2 à 4, et le commutateur 106 est ouvert et non conducteur.

[0052] Dans une étape 301, la conversion de tension assurée par le convertisseur 202 est régulée, pendant un premier mode de régulation, sur la base de la tension Vsrc sur le nœud 104 pendant que le câble n'est pas connecté. Par exemple, le commutateur 204 couple le nœud 104 à la ligne de rétroaction 205. Cela correspond par exemple à un état bas du signal de commande de commutateur SW. Dans certains modes de réalisation, la tension Vsrc est régulée à une tension de sécurité par défaut de 5 V dans cet état.

[0053] Dans une étape 302, on détermine par exemple si le signal d'activation de source VBus_En_Src a été activé. Si ce n'est pas le cas, la régulation continue à être basée sur la tension Vsrc. En effet, le circuit de commande 208 maintient par exemple le signal SW à l'état bas pendant que le signal VBus_En_Src n'est pas activé. Lorsque le signal d'activation de source VBus_En_Src est activé, l'étape suivante est l'étape 303. Dans l'exemple de la figure 4, le signal VBus_En_Src est activé à un instant t0 par un front descendant 402.

[0054] Dans l'étape 303, le chemin d'alimentation est fermé par l'activation du signal VBus_En_Src, mais le récepteur ne consomme pas encore de courant. La conversion

de tension assurée par le convertisseur 202 continue à être régulée, dans le premier mode de régulation, sur la base de la tension V_{src} sur le nœud 104. En effet, le signal SW continue à être bas dans l'exemple de la figure 4. Dans certains modes de réalisation, la conversion de tension continue à être régulée pendant une durée minimale t_{check} après l'activation du signal $V_{Bus_En_Src}$, permettant ainsi de charger un condensateur de découplage (non illustré en figure 2) sur la borne de sortie 102. Dans certains modes de réalisation, la durée t_{check} est comprise entre 50 et 200 μs , et est par exemple d'environ 100 μs .

[0055] Dans une étape 304, le comparateur 210 détermine si la tension VBus est montée au-dessus du niveau de seuil V_{Busmin} . Ce niveau de seuil V_{Busmin} est par exemple compris entre 3 et 4,8 volts, et est par exemple à environ 4 V. En variante, ce niveau de seuil V_{Busmin} est inférieur de 5 % à 40 % au niveau de tension négocié à fournir par le dispositif source. Par exemple, le niveau de seuil V_{Busmin} est choisi de manière à avoir les niveaux suivants en fonction de la tension d'alimentation PDO (de l'anglais Power Data Object - objet de données d'alimentation) :

[0056] [Tableaux1]

PDO	5,1 V	9 V	12 V	15 V	20 V
Vbusmin	3,595 V	7,3 V	10,15 V	13 V	17,75 V

[0057] Tant que VBus est inférieur à V_{busmin} , la conversion de tension continue par exemple à être régulée, dans le premier mode de régulation, sur la base de la tension V_{src} . Cela empêche par exemple, dans le cas d'un défaut dans le chemin d'alimentation, que le convertisseur rentre dans une boucle ouverte, qui pourrait endommager le système entier.

[0058] Une fois que la tension VBus est montée au-dessus de V_{busmin} , dans une étape 305, la régulation de la conversion de tension est commutée sur un deuxième mode de régulation dans lequel elle est basée sur la tension VBus. Par exemple, le signal SW est activé par le circuit de commande 208 de la figure 2, et le commutateur 204 couple la borne de sortie 102 à la ligne de rétroaction 205. Dans l'exemple de la figure 4, le signal SW est activé à un instant t_1 par un front montant 404. La régulation est ensuite réalisée sur la base de VBus, et ainsi la tension V_{src} est par exemple régulée de sorte que :

$$V_{src} = V_{Bus} + (R_{dson} + R_{Shunt}) \cdot I_{charge}$$

où R_{dson} est la résistance ON (à l'état passant) du commutateur 106, R_{Shunt} est la résistance d'une éventuelle résistance shunt présente dans le chemin d'alimentation dans un but de surveillance de courant, et I_{charge} est le courant fourni par le convertisseur de tension 202.

[0059] Dans certains modes de réalisation, l'intervalle de temps entre t_0 et t_1 est au moins

égal à la durée minimum tcheck.

- [0060] Avantageusement, en commutant le point de régulation de la tension V_{src} vers la tension V_{Bus} , une régulation est réalisée, pendant le deuxième mode de régulation, sur la base de la tension après le commutateur 106, et ainsi la chute de tension aux bornes de ce commutateur est compensée. Toutefois, le point de régulation du convertisseur de tension 202 ne commute pas de la tension V_{src} vers la tension V_{Bus} avant qu'à la fois le signal d'activation de source $V_{Bus_En_src}$ ait été activé, et la tension V_{Bus} soit montée au-dessus du seuil V_{busmin} . Cela empêche par exemple que le point de régulation commute sur la borne 102 pendant que le commutateur 106 n'est pas correctement en conduction, ce qui pourrait provoquer une commande en boucle ouverte non souhaitable du convertisseur de tension 202.
- [0061] En faisant de nouveau référence à la figure 3, dans une opération 306, on détermine par exemple si le signal $VBES_Early$ est activé. Le signal $VBES_Early$ est par exemple activé si un débranchement du câble est détecté ou si l'alimentation source doit par ailleurs être interrompue. Ce type de détection est connu dans la technique, et est par exemple basé sur une tension mesurée sur une borne CC de la prise USB-C, comme cela est décrit plus en détail ci-après. Si le signal $VBES_Early$ n'a pas été activé, dans une étape 307, la conversion de tension continue à être régulée dans le deuxième mode de régulation sur la base de la tension V_{Bus} , puis l'opération 306 est répétée. Lorsque le signal $VBES_Early$ est activé, indiquant la désactivation imminente du signal d'activation de source $V_{Bus_En_Src}$, le procédé revient par exemple à l'étape 301 dans laquelle on revient au premier mode de régulation et le point de régulation est de nouveau commuté sur la tension V_{src} sur le nœud 104.
- [0062] Dans l'exemple de la figure 4, le signal $VBES_Early$ est activé par un front montant 406 à un instant t_2 , ce qui provoque une désactivation du signal SW peu de temps après, avec un front descendant 408. Le signal $V_{Bus_En_Src}$ est ensuite désactivé avec un front montant 410 à un instant t_3 . Dans certains modes de réalisation, il y a une durée minimum comprise entre t_2 et t_3 qui dépend de l'application, et en particulier de la vitesse avec laquelle le chemin d'alimentation s'ouvre, et de la vitesse de la boucle de régulation.
- [0063] La figure 5 est un schéma de circuit représentant un dispositif source de tension (SOURCE) 500 selon un autre exemple de réalisation. Le dispositif 500 comprend par exemple de nombreux éléments en commun avec le dispositif 200 de la figure 2, et ces éléments portent les mêmes références en figure 5 et ne seront pas décrits de nouveau en détail.
- [0064] En figure 5, un condensateur de découplage 502 de capacité C_{bus} est par exemple couplé entre la borne de tension 102 et la masse.
- [0065] Le dispositif source de tension 500 comprend par exemple un circuit 504 comprenant

le commutateur 124 générant le signal d'activation de source VBus_En_Src, ce commutateur 124 étant par exemple mis en œuvre par un transistor MOS à canal N (NMOS) contrôlé par l'inverse du signal VBus_En_Src.

[0066] Le circuit 504 comprend aussi par exemple :

- un circuit de surveillance de VBus (VBus MONITORING) 506, qui par exemple vérifie que la tension VBus est dans une plage correcte, et ne présente pas de sous-tension ou de surtension ;
- le commutateur 204, qui dans l'exemple de la figure 5 a une borne 508 qui est couplée sélectivement soit à la tension Vsrc sur le nœud 104, soit à la tension VBus sur la borne 102 ;
- un diviseur de tension comprenant des résistances 510 et 512 couplées en série entre le nœud 508 et la masse ;
- un amplificateur différentiel 514 ayant son entrée négative couplée à un nœud intermédiaire 516 du diviseur de tension entre les résistances 510 et 512, et son entrée positive recevant une tension Vvar ; et
- un circuit (Vvar GEN) 518 pour produire la tension Vvar.

[0067] La tension Vvar représente la tension d'alimentation à fournir par le dispositif source de tension 500 sur la borne de sortie 102, cette tension étant par exemple générée par un DAC (non illustré) sur la base d'un signal d'entrée numérique.

[0068] La sortie de l'amplificateur différentiel 514 est couplée à un nœud de sortie 520 du circuit 504. Le nœud intermédiaire 516 est aussi couplé à un nœud de sortie 522 du circuit 504 fournissant un signal CV_Comp, et le nœud 522 est par exemple couplé au nœud 520 par l'intermédiaire d'un chemin de rétroaction comprenant la connexion en série d'un condensateur 524 et d'une résistance 526. Le nœud Vsrc 104 est aussi couplé au nœud de sortie 520 du circuit 504 par l'intermédiaire d'un diviseur de tension formé par la connexion en série de résistances 528 et 530. Un nœud intermédiaire 532 entre les résistances 528, 530 est par exemple couplé à l'anode d'une LED (diode électroluminescente) 534 formant l'émetteur d'un optocoupleur, la cathode de la LED 534 étant couplée au nœud de sortie 520. L'amplificateur différentiel 514 contrôle le courant passant dans la LED 534, et l'optocoupleur fournit un signal de rétroaction au convertisseur de tension 202, comme on va l'expliquer maintenant.

[0069] Le convertisseur de tension 202 dans le mode de réalisation de la figure 5 est un convertisseur AC vers DC comprenant un transformateur 536 comportant un enroulement primaire 538 ayant une extrémité couplée à une tension d'alimentation AC 540, par exemple à une tension comprise entre 200 et 400 V. Le transformateur 536 comporte un enroulement secondaire 542 ayant une extrémité couplée au nœud 104 par l'intermédiaire d'une diode 544, et son autre extrémité couplée à la masse. Un

condensateur 546 est par exemple couplé entre le nœud 104 et la masse.

[0070] L'autre extrémité de l'enroulement primaire 538 est par exemple couplée à un régulateur (REG) 548 qui régule la quantité d'énergie transférée par le transformateur 536. Par exemple, le régulateur 548 comprend un phototransistor 550 formant un récepteur de l'optocoupleur et agencé pour recevoir le signal optique généré par la LED 534. Le phototransistor 550 conduit un courant en fonction de l'intensité du signal optique.

[0071] Dans certains modes de réalisation, en plus d'assurer une compensation de chute de tension pour la chute de tension dans le commutateur 106, le dispositif source de tension est aussi agencé pour assurer une compensation de chute de tension pour une chute de tension dans le câble couplant les dispositifs source et récepteur. Une telle compensation est décrite plus en détail dans la demande de brevet au nom de la demanderesse, ayant les mêmes inventeurs, et déposée le même jour que la présente demande (référence du conseil B18855, 19-GR2-0493), dont le contenu est inclus ici comme référence dans les limites autorisées par la loi. Un système capable de fournir les deux types de compensation de chute de tension va maintenant être décrit plus en détail en faisant référence à la figure 6.

[0072] La figure 6 est un schéma de circuit représentant un dispositif source de tension (SOURCE) 600 selon un autre exemple de réalisation. Le dispositif 600 comprend par exemple certains éléments en commun avec les dispositifs 200 de la figure 2 et 500 de la figure 5, et ces éléments portent en figure 6 les mêmes références numériques et ne seront pas décrits de nouveau en détail.

[0073] Le dispositif source de tension 600 dans l'exemple de la figure 6 comprend une résistance shunt 601 couplée entre le commutateur 106 et le nœud de sortie 104 du convertisseur de tension. Cette résistance shunt est par exemple utilisée dans un but de surveillance de courant, le circuit de surveillance de courant n'étant pas illustré en figure 6.

[0074] Le dispositif source de tension 600 comprend un circuit 602 comprenant un circuit de sélection de point de régulation 603 comprenant des commutateurs 604 et 606 mettant en œuvre le commutateur 204. Le circuit 603 comprend en outre un diviseur de tension constitué de résistances 608 et 610 couplées en série entre le nœud 104 et la masse. Le commutateur 604 est couplé entre un nœud 612 et un nœud intermédiaire 614 entre les résistances 608 et 610. Le circuit 603 comprend aussi un diviseur de tension constitué de résistances 616, 618 et 620 couplées en série entre la borne de sortie 102 est la masse. Le commutateur 606 est par exemple couplé entre le nœud 612 et un nœud intermédiaire 622 entre les résistances 618 et 620. Les commutateurs 604 et 606 sont par exemple respectivement contrôlés par des signaux SW1 et SW2 produits par un circuit de commande (CTRL) 624, ces signaux ensemble formant le signal de commande SW

dans l'exemple de la figure 6. Le circuit de commande 624 produit aussi par exemple le signal d'activation de source VBus_En_Src, et reçoit le signal VBES_Early et le signal de bus actif BusAct provenant du comparateur 210.

- [0075] Le nœud 612 fournit par exemple la ligne de rétroaction 205, et est par exemple couplé à l'entrée négative de l'amplificateur différentiel 514, qui dans le mode de réalisation de la figure 6 a sa sortie couplée au nœud de commande d'un transistor 626. L'entrée positive de l'amplificateur différentiel 514 reçoit par exemple la tension Vvar. Le transistor 626 a par exemple l'un de ses nœuds de conduction principaux couplé à la masse, et son autre nœud de conduction principal couplé au nœud 104 par l'intermédiaire de la LED 534 et d'une résistance 628. Par exemple, bien qu'il ne soit que partiellement illustré en figure 6, un convertisseur de tension similaire au convertisseur 202 de la figure 5 est prévu.
- [0076] Le circuit 602 comprend aussi par exemple une source de courant 632 qui applique un courant Idu à une borne de sortie 634 du dispositif 600. Par exemple, le dispositif 600 comprend, en plus des bornes VBus et GND, d'autres bornes CC1 et CC2 couplées aux fils du câble lorsque celui-ci est connecté. Les bornes CC1 et CC2 sont par exemple des canaux de configuration. La borne CC2 est par exemple utilisée pour détecter la présence d'un câble, et est couplée sur le côté récepteur au fil de masse du câble par l'intermédiaire d'une résistance de tirage vers le bas Rd.
- [0077] Le circuit 602 comprend aussi par exemple un circuit de compensation de chute de tension 630 pour compenser la chute de tension dans le câble, et en particulier entre la borne de sortie 102 et la charge dans le dispositif récepteur (non illustré en figure 6), sur la base de la tension Vcc sur la borne 634.
- [0078] Le circuit 630 comprend par exemple un circuit fictif 635 comprenant une source de courant fictive 636 et une résistance fictive 638 couplées en série entre la tension d'alimentation VDD et la masse. Les sources de courant 636 et 632 sont par exemple agencées pour conduire sensiblement le même courant Idu. La résistance Rdu de la résistance 638 est par exemple environ égale au niveau minimum de la résistance Rd qui est autorisée par la norme USB-C, qui est par exemple une résistance de $5,1 \text{ k}\Omega - 5 \%$. Un amplificateur différentiel 640 est agencé pour amplifier une différence dans la tension Vcc au niveau de la borne de sortie 634 par rapport à la tension Vdu sur le nœud intermédiaire 642 entre la source de courant fictive 636 et la résistance fictive 638. Par exemple, l'amplificateur différentiel 640 a sa borne d'entrée négative couplée à la borne 634, et son entrée positive couplée au nœud 642. La sortie de l'amplificateur différentiel 640 est par exemple couplée aux nœuds de commande d'une paire de transistors 644 et 646, qui sont par exemple des transistors PMOS.
- [0079] Le transistor 644 est couplé par ses nœuds de conceptions principaux entre le rail d'alimentation VDD et le nœud intermédiaire 642 du circuit fictif 634. Le transistor

644 est contrôlé de manière à conduire un courant décalage I_{os} , qui est injecté dans la résistance 638.

[0080] Le transistor 646 conduit aussi par exemple un courant égal ou proportionnel au courant I_{os} , qui est par exemple recopié par un miroir de courant pour produire un courant I_{comp} . Le miroir de courant comprend par exemple un transistor NMOS 648 couplé par ses nœuds de conduction principaux entre le transistor 646 et la masse, et un transistor 650 couplé par ses nœuds de conduction principaux à un nœud intermédiaire 652 entre les résistances 616 et 618 du circuit de sélection de point de régulation 603 et la masse. Les nœuds de commande des transistors 648 et 650 sont par exemple couplés entre eux et au drain du transistor 648. Ainsi, le courant I_{comp} est tiré du nœud intermédiaire 652. Par exemple, le courant I_{comp} est égal à $\alpha \cdot I_{os}$, où α est un rapport résultant de rapports de taille entre les transistors 644, 646 et/ou entre les transistors 648, 650.

[0081] En fonctionnement, lorsqu'un câble est connecté, l'amplificateur différentiel 640 régule la tension V_{du} aux bornes de la résistance fictive 638 en contrôlant le courant de décalage I_{os} . Lorsqu'aucune charge n'est présente sur le côté récepteur, la tension V_{Bus} est par exemple à une valeur d'absence de charge V_{Bus0} , et la tension V_{du} va être égale à la tension V_{cc} . Ainsi, des valeurs d'absence de charge I_{os0} et I_{comp0} du courant de décalage I_{os} et du courant de compensation I_{comp} vont s'écouler, où :

$$I_{os0} = I_{du} \cdot (R_d / R_{du} - 1)$$

et

$$I_{comp0} = \alpha \cdot I_{du} \cdot (R_d / R_{du} - 1)$$

[0082] Lorsqu'une charge est appliquée, une chute de tension va apparaître dans le fil de masse GND du câble, et ainsi la tension V_{du} va monter à $V_{cc} + R_{gnd} \cdot I_{cable}$, où R_{gnd} est la résistance du câble de masse, et I_{cable} est le courant passant dans le câble. Il en résulte que le courant de décalage I_{os} et le courant de compensation I_{comp} vont croître de la façon suivante :

$$I_{os} = I_{os0} + R_{gnd} / R_{du} \cdot I_{cable}$$

$$I_{comp} = I_{comp0} + \alpha \cdot R_{gnd} / R_{du} \cdot I_{cable}$$

[0083] Le courant de compensation I_{comp} est fourni dans la boucle de régulation, par exemple par l'intermédiaire du nœud intermédiaire 652, et crée un décalage tel que :

$$V_{Bus} = V_{Bus0} + R_{comp} \cdot I_{comp0} + \alpha \cdot R_{comp} \cdot R_{gnd} / R_{du} \cdot I_{cable}$$

où R_{comp} est la résistance de la résistance 616.

[0084] Le fil de masse du câble a par exemple la moitié de la résistance du fil V_{Bus} , et ainsi dans certains modes de réalisation la valeur de α et celles des résistances R_{comp} et R_{du} sont choisies de telle sorte que :

$$\alpha \cdot R_{comp} / R_{du} = 2$$

Ainsi :

$$V_{Bus} = V_{Bus0} + R_{comp} \cdot I_{comp0} + 2 \cdot R_{gnd} \cdot I_{cable}$$

- [0085] La figure 7 est un graphique de tensions simulées dans le dispositif source de tension 600 de la figure 6 et dans un dispositif récepteur correspondant en fonction de la charge en courant.
- [0086] Une courbe 702 représente la tension V_{Bus} du côté source dans le cas où il n'y a pas de compensation de chute de tension, et en supposant une tension V_{src} de 5 V. On peut voir que, pour un courant de 1 A, la tension V_{Bus} du côté source chute à environ 4,85 V, et pour un courant de 3 A, la tension V_{Bus} du côté source chute à environ 4,5 V.
- [0087] Une courbe 704 représente la tension V_{Bus} du côté récepteur dans le cas où il n'y a pas de compensation de chute de tension, et en supposant une tension V_{src} de 5 V. On peut voir que, avec la chute de tension ajoutée dans le câble, pour un courant de 1 A, la tension V_{Bus} du côté récepteur chute à environ 4,75 V, et pour un courant de 3 A, la tension V_{Bus} du côté récepteur chute à environ 4,25 V. Une telle tension pourrait être détectée comme étant une sous-tension par le dispositif récepteur.
- [0088] Une courbe 706 représente la tension V_{src} après une compensation de chute de tension à la fois de la chute de tension dans le commutateur 106 et de la chute de tension dans le câble. Pour un courant de 1 A, la tension V_{src} est maintenant à environ 5,4 V, et pour un courant de 3 A, la tension V_{src} est maintenant à environ 5,85 V.
- [0089] Une courbe 708 représente la tension V_{Bus} sur le côté source avec la tension V_{src} de la courbe 706. Pour un courant de 1 A, la tension V_{Bus} est maintenant à environ 5,3 V, et pour un courant de 3 A, la tension V_{Bus} est maintenant à environ 5,6 V.
- [0090] Une courbe 710 représente la tension V_{Bus} sur le côté récepteur avec la tension V_{src} de la courbe 706. Pour un courant de 1 A, la tension V_{Bus} sur le côté récepteur est maintenant à environ 5,15 V, et pour un courant de 3 A, la tension V_{Bus} sur le côté récepteur est maintenant à environ 5,1 V. Ces niveaux sont suffisamment élevés pour ne pas être considérés comme des sous-tensions du côté récepteur, et sont même légèrement supérieurs au niveau cible de 5 V.
- [0091] Un avantage des modes de réalisation décrits ici est qu'une chute de tension à travers un commutateur du chemin d'alimentation d'un dispositif source de tension peut être compensée tout en maintenant une régulation stable de la tension d'alimentation.
- [0092] Divers modes de réalisation et diverses variantes ont été décrits. L'homme de l'art comprendra que certains éléments de ces modes de réalisation peuvent être combinés et d'autres variantes apparaîtront facilement à l'homme de l'art. Par exemple, il apparaîtra clairement à l'homme de l'art que la tension de masse décrite ici pourrait être remplacée par toute tension de référence positive ou négative qui est par exemple inférieure aux tensions d'alimentation V_{src} et V_{Bus} .
- [0093] En outre, la mise en œuvre du commutateur 204 de la figure 6 pourrait être utilisée dans les modes de réalisation des figures 2 et 5, et la mise en œuvre du commutateur

106 en figure 1 pourrait être utilisée dans l'un quelconque des modes de réalisation des figures 2, 5 et 6.

[0094] En outre, les divers transistors des divers circuits pourraient être mis en œuvre par des technologies de transistors CMOS, ou par d'autres technologies de transistors, et des transistors à canal N pourraient être remplacés par des transistors à canal P, et vice versa, dans des variantes de réalisation.

[0095] En outre, alors que le signal d'activation de source VBus_En_Src a été décrit comme étant actif à l'état bas, il apparaîtra clairement à l'homme de l'art que dans des variantes de réalisation ce signal pourrait être actif à l'état haut, en fonction de la mise en œuvre particulière du commutateur 106.

[0096] Finalement, la mise en œuvre pratique des modes de réalisation et des variantes qui sont décrits ici est dans les capacités de l'homme de l'art sur la base de la description fonctionnelle fournie ci-dessus. Par exemple, la mise en œuvre de divers types de convertisseurs de tension DC vers DC et AC vers DC est connue de l'homme de l'art et n'a pas été décrite en détail.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif source de tension comprenant :
- un convertisseur de tension (202) pour générer une tension d'alimentation (V_{src}) au niveau d'un nœud de sortie (104) du convertisseur de tension sur la base d'un signal de rétroaction (FB) fourni sur une ligne de rétroaction (205) ;
 - au moins un commutateur (106, 108, 110) couplé entre le nœud de sortie du convertisseur de tension et une borne de sortie (102) du dispositif source de tension ; et
 - au moins un autre commutateur (204, 604, 606) agencé pour coupler sélectivement la ligne de rétroaction : au nœud de sortie du convertisseur de tension pendant un premier mode de régulation ; et à la borne de sortie du dispositif source de tension pendant un deuxième mode de régulation.
- [Revendication 2] Dispositif source de tension selon la revendication 1, comprenant en outre un comparateur (210) agencé pour comparer un niveau de tension (V_{Bus}) au niveau de la borne de sortie (102) du dispositif source de tension à une tension de seuil (V_{busmin}), et pour commander ledit au moins un autre commutateur (204, 604, 606) en fonction de la comparaison.
- [Revendication 3] Dispositif source de tension selon la revendication 2, comprenant en outre un circuit de commande (208, 624) agencé pour commander ledit au moins un autre commutateur (204, 604, 606) pour coupler la ligne de rétroaction (205) au nœud de sortie (104) du convertisseur de tension (202) pendant le premier mode de régulation, et pour commander ledit au moins un autre commutateur pour coupler la ligne de rétroaction à la borne de sortie du dispositif source de tension lorsque le comparateur (210) détecte que le niveau de tension (V_{Bus}) au niveau de la borne de sortie du dispositif source de tension s'élève au-dessus de la tension de seuil (V_{busmin}).
- [Revendication 4] Dispositif source de tension selon la revendication 3, dans lequel le circuit de commande (208, 624) est en outre agencé pour commander ledit au moins un autre commutateur (204, 604, 606) pour coupler la ligne de rétroaction (205) au nœud de sortie (104) du convertisseur de tension (202) avant la désactivation d'un signal d'activation de tension de source ($V_{Bus_En_Src}$).
- [Revendication 5] Dispositif source de tension selon l'une quelconque des revendications 2

à 4, agencé pour faire varier la tension de seuil (V_{busmin}) sur la base du niveau d'une tension de source (V_{Bus}) à fournir par le dispositif source de tension.

[Revendication 6] Dispositif source de tension selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant en outre :

- un diviseur de tension (510, 512) couplé entre un nœud (508) dudit au moins un autre commutateur (204, 604, 606) et un premier rail d'alimentation (GND), un nœud intermédiaire (516) du diviseur de tension étant couplé via un amplificateur différentiel (514) à la ligne de rétroaction (205).

[Revendication 7] Dispositif source de tension selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel ledit au moins un autre commutateur (204, 604, 606) comprend un premier commutateur (604) couplé entre la ligne de rétroaction (205) et le nœud de sortie (104) du convertisseur de tension (202) et un deuxième commutateur (606) couplé entre la ligne de rétroaction et la borne de sortie du dispositif source de tension.

[Revendication 8] Dispositif source de tension selon la revendication 7, comprenant en outre :

- un premier diviseur de tension (608, 610) couplant le nœud de sortie (104) du convertisseur de tension (202) à un premier rail d'alimentation (GND) et comportant un premier nœud intermédiaire (614), dans lequel le premier commutateur (604) est connecté entre la ligne de rétroaction (205) et le premier nœud intermédiaire (614) ; et
- un deuxième diviseur de tension (616, 618, 620) couplant la borne de sortie (102) du dispositif source de tension au premier rail d'alimentation (GND) et comportant un deuxième nœud intermédiaire (622), dans lequel le deuxième commutateur (606) est connecté entre la ligne de rétroaction (205) et le deuxième nœud intermédiaire (622).

[Revendication 9] Dispositif source de tension selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, comprenant en outre :

- une source de courant (632) agencée pour appliquer un courant à une autre borne de sortie (634) du dispositif source de tension afin de détecter une chute de tension de câble ; et
- un circuit de compensation (630) agencé pour générer un signal de compensation analogique (I_{comp}) sur la base d'une tension (V_{cc}) au niveau de l'autre borne de sortie (634).

[Revendication 10] Dispositif source de tension selon la revendication 9, comprenant en outre un circuit de commande de rétroaction (603) agencé pour ajuster

le signal de rétroaction (FB) fourni sur la ligne de rétroaction (205) sur la base du signal de compensation analogique (Icomp).

- [Revendication 11] Procédé de compensation de chute de tension dans un dispositif source de tension (200, 500, 600), le procédé comprenant :
- générer, par un convertisseur de tension (202), une tension d'alimentation (V_{src}) au niveau d'un nœud de sortie (104) du convertisseur de tension sur la base d'un signal de rétroaction (FB) fourni sur une ligne de rétroaction (205) ;
 - coupler le nœud de sortie (104) du convertisseur de tension à une borne de sortie (102) du dispositif source de tension par l'intermédiaire d'au moins un commutateur (106, 108, 110) ;
 - coupler, en utilisant au moins un autre commutateur (204, 604, 606), la ligne de rétroaction (205) au nœud de sortie (102) du convertisseur de tension pendant un premier mode de régulation ; et
 - coupler, en utilisant ledit au moins un autre commutateur (204, 604, 606), la ligne de rétroaction (205) à la borne de sortie du dispositif source de tension pendant un deuxième mode de régulation.
- [Revendication 12] Procédé selon la revendication 11, comprenant en outre :
- comparer un niveau de tension (V_{Bus}) au niveau de la borne de sortie (102) du dispositif source de tension (200, 500, 600) à une tension de seuil (V_{busmin}) ; et
 - commander ledit au moins un autre commutateur (204, 604, 606) en fonction de la comparaison.
- [Revendication 13] Procédé selon la revendication 12, dans lequel la commande dudit au moins un commutateur (204, 604, 606) en fonction de la comparaison comprend :
- commander ledit au moins un autre commutateur (204, 604, 606) pour coupler la ligne de rétroaction (205) au nœud de sortie (104) du convertisseur de tension (202) pendant le premier mode de régulation ; et
 - commander ledit au moins un autre commutateur (204, 604, 606) pour coupler la ligne de rétroaction à la borne de sortie du dispositif source de tension lorsque le niveau de tension (V_{Bus}) au niveau de la borne de sortie du dispositif source de tension s'élève au-dessus de la tension de seuil (V_{busmin}).
- [Revendication 14] Procédé selon la revendication 12 ou 13, dans lequel la commande dudit au moins un autre commutateur (204, 604, 606) en fonction de la comparaison comprend en outre :

- commander ledit au moins un autre commutateur pour coupler la ligne de rétroaction (205) au nœud de sortie (104) du convertisseur de tension (202) avant la désactivation d'un signal d'activation de tension de source (VBus_En_Src).

[Fig. 1]

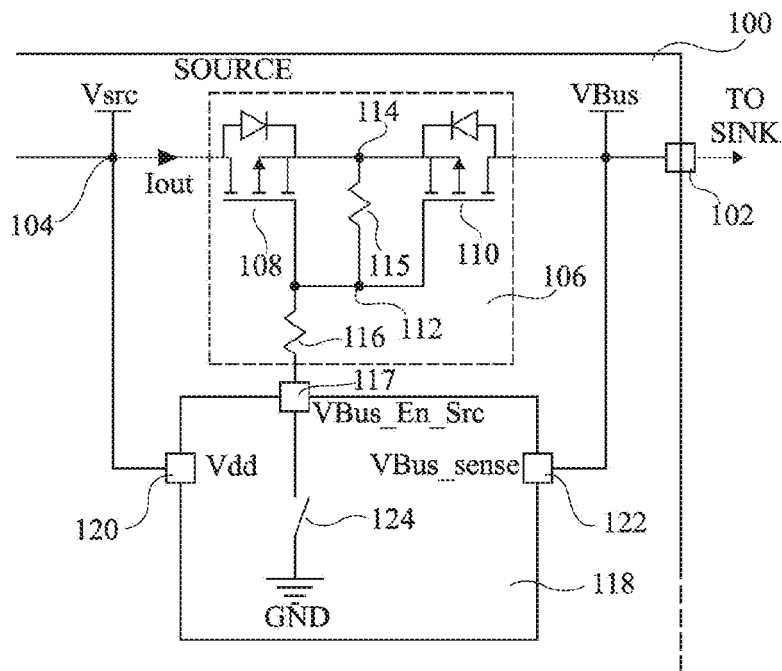


Fig 1

[Fig. 2]

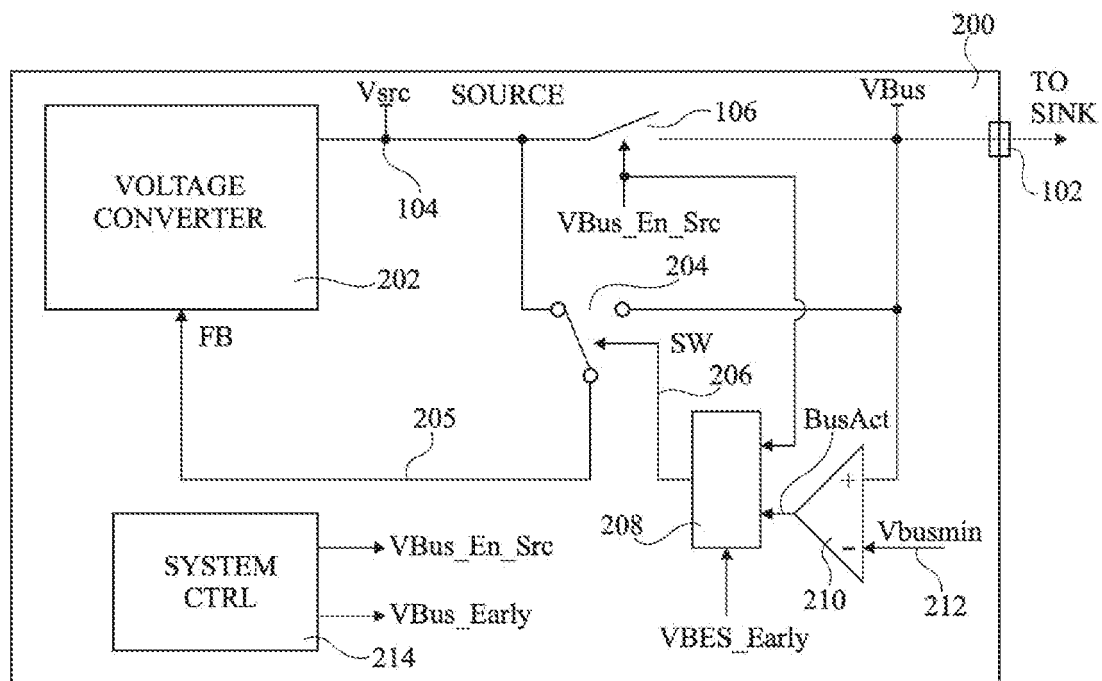


Fig 2

[Fig. 3]

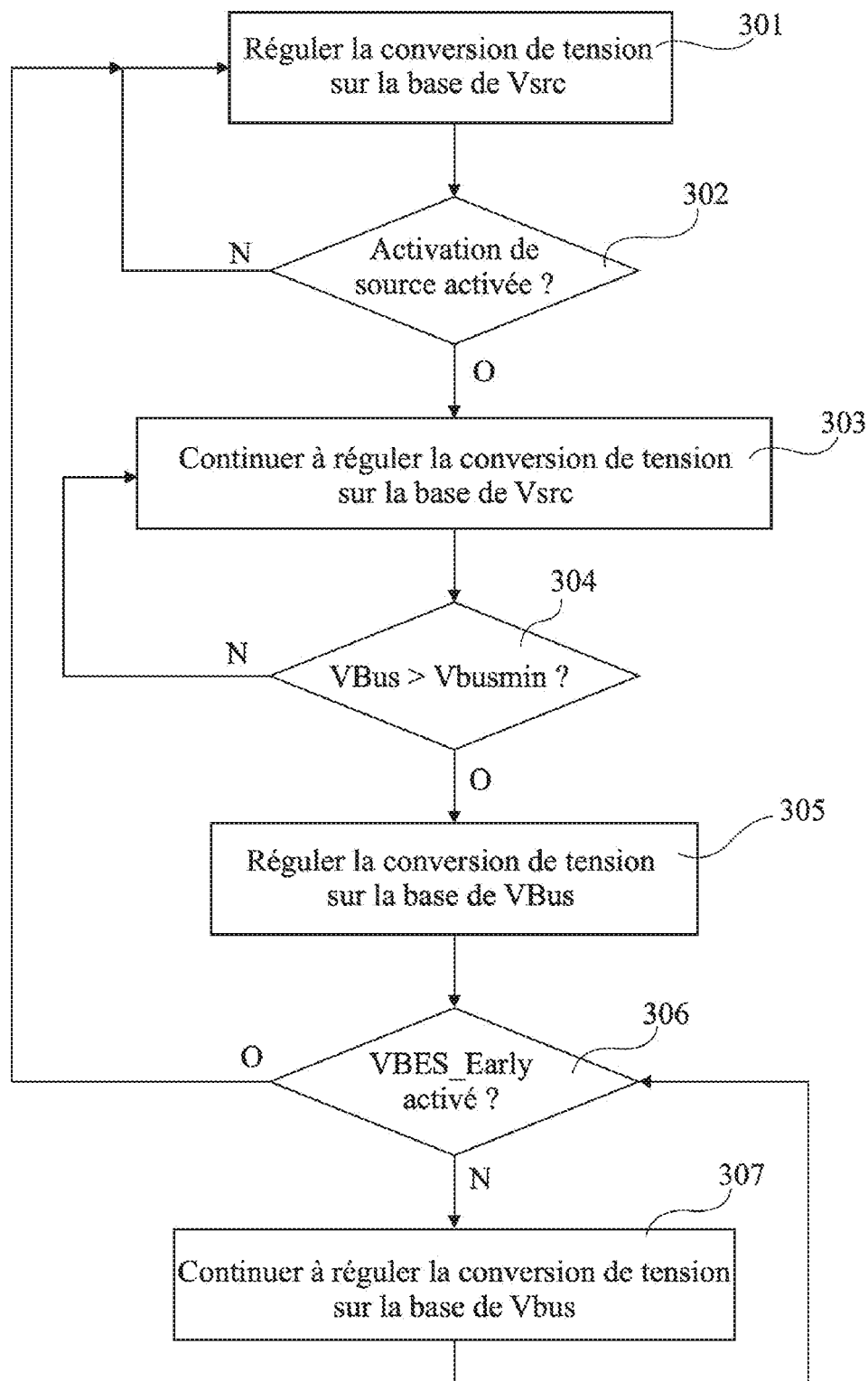


Fig 3

[Fig. 4]

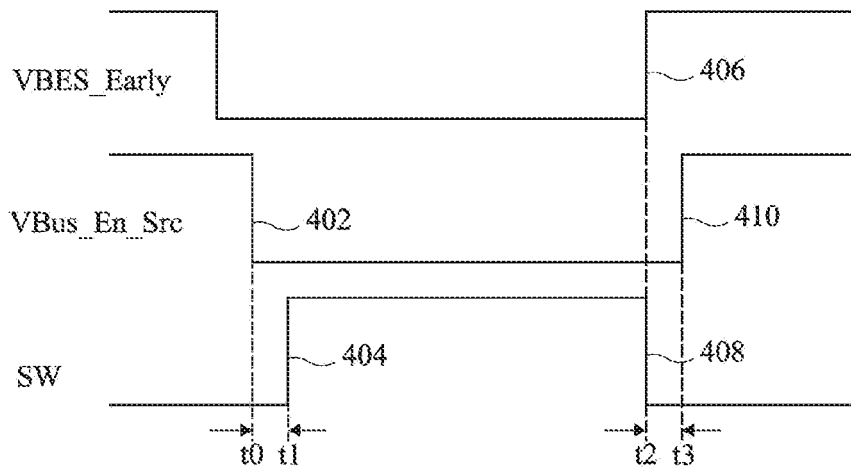


Fig 4

[Fig. 5]

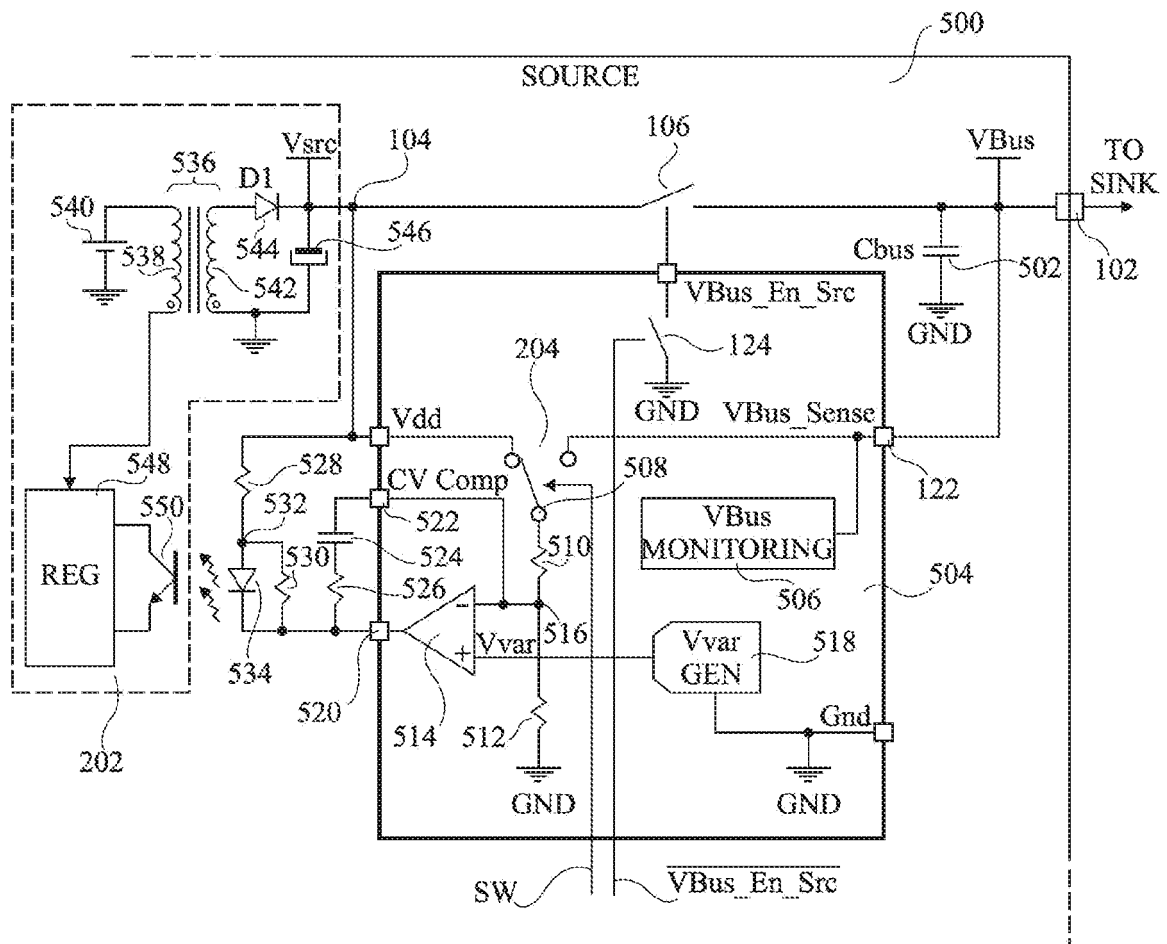


Fig 5

[Fig. 7]

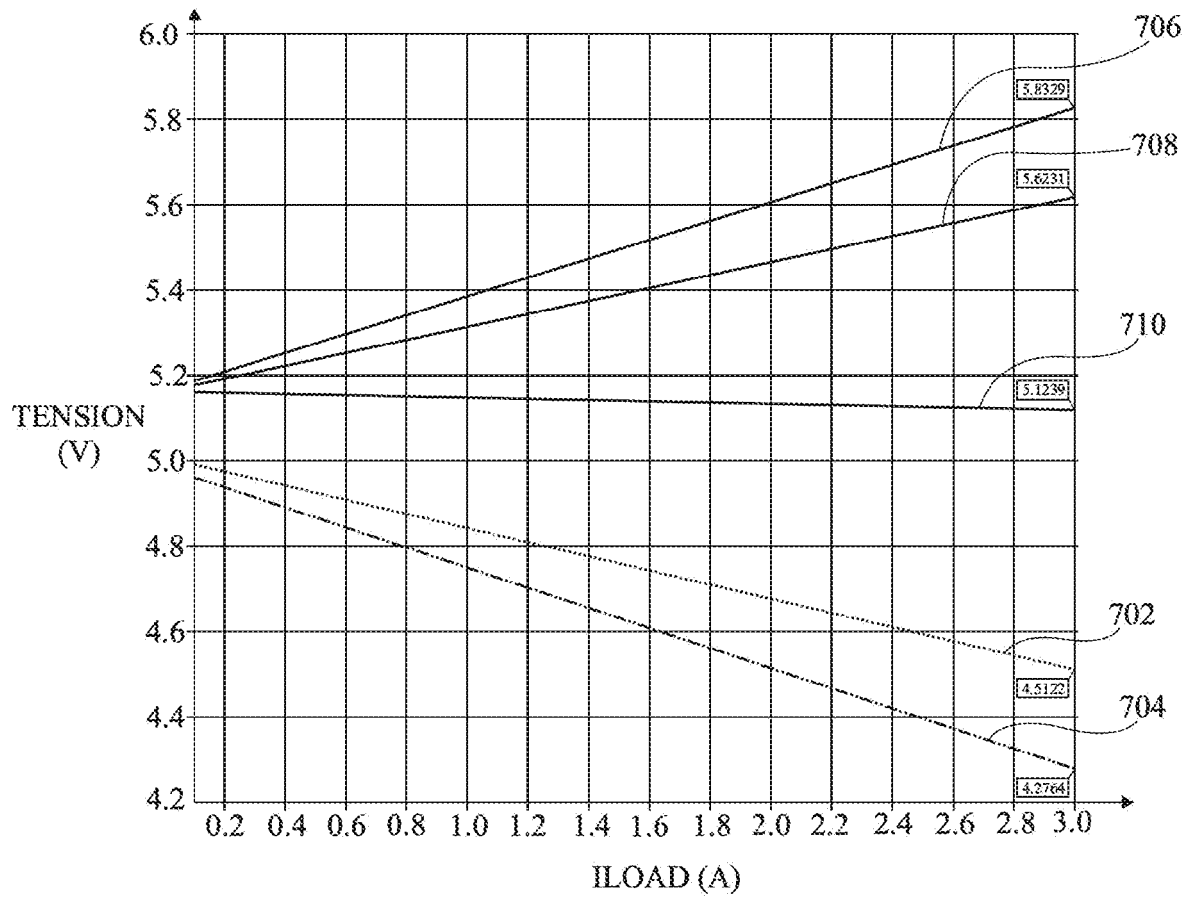


Fig 7

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 870979
FR 1907196

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 A	US 2016/118880 A1 (MOTOKI KENICHI [JP]) 28 avril 2016 (2016-04-28) * abrégé * * figures 1-8 * * alinéa [0046] * * alinéa [0058] * * alinéa [0071] - alinéa [0072] * * alinéa [0076] *	1-3,5-13 4,14	G05F1/10 G05F1/625 G01R17/00
X A	EP 2 545 631 A2 (APPLE INC [US]) 16 janvier 2013 (2013-01-16) * abrégé * * figures 1-7 * * alinéa [0002] - alinéa [0005] * * alinéa [0018] * * alinéa [0028] - alinéa [0032] *	1-3,5-13 4,14	
A	FR 3 070 774 A1 (STMICROELECTRONICS ALPS SAS [FR]) 8 mars 2019 (2019-03-08) * abrégé * * figures 1-10 * * page 18 - page 20 *	9,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H02M G06F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
27 février 2020		Adami, Salah-Eddine	
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 1907196 FA 870979**

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 **27-02-2020**
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 2016118880	A1	28-04-2016	JP	6416580 B2		31-10-2018
			JP	2016086527 A		19-05-2016
			US	2016118880 A1		28-04-2016

EP 2545631	A2	16-01-2013	CN	102934044 A		13-02-2013
			EP	2545631 A2		16-01-2013
			US	2011221604 A1		15-09-2011
			US	2013099745 A1		25-04-2013
			WO	2011112379 A2		15-09-2011

FR 3070774	A1	08-03-2019	CN	109426294 A		05-03-2019
			CN	208673175 U		29-03-2019
			FR	3070774 A1		08-03-2019
			US	2019074763 A1		07-03-2019
