



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
25.04.2018 Bulletin 2018/17

(51) Int Cl.:
G09G 3/34 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **16306375.3**

(22) Date de dépôt: **20.10.2016**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
MA MD

(71) Demandeur: **Gemalto SA**
92190 Meudon (FR)

(72) Inventeur: **TOUVET, Stéphane**
13881 GEMENOS Cedex (FR)

(54) **PROCEDE DE REALISATION D'UN DISPOSITIF D'AFFICHAGE BISTABLE AVEC MICROCONTROLEUR BASSE TENSION**

(57) L'invention concerne un procédé de réalisation d'un dispositif d'affichage électrophorétique à segments (1A) comportant un afficheur bistable (2) fonctionnant avec des tensions prédéterminées opposées (+ dV ; - dV) et un circuit électronique (10A, 25) avec microcontrôleur (10, 24) pour le pilotage de l'afficheur selon un programme de pilotage (P). Le dispositif est caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- fourniture d'un microcontrôleur configuré pour délivrer

des tensions (Vsegment), inférieures en valeur absolue aux tensions prédéterminées (+ dV ; - dV),
- compensation desdites tensions (Vsegment) avec au moins une tension de compensation (Vcom) pour au moins atteindre lesdites tensions prédéterminées opposées (+dV ; - dV).

L'invention concerne également le dispositif correspondant.

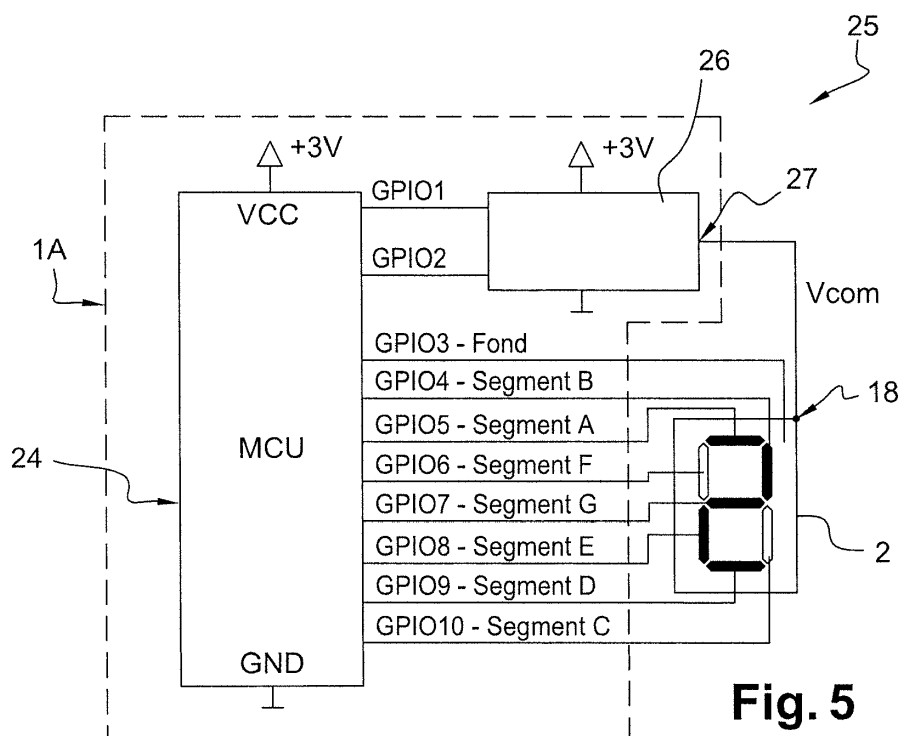


Fig. 5

DescriptionDomaine de l'invention.

[0001] L'invention concerne un procédé de réalisation (ou de fabrication) d'un dispositif d'affichage pour afficheur de type électrophorétique ou bistable.

[0002] L'invention concerne plus particulièrement, un procédé et dispositif pour le pilotage d'un afficheur électrophorétique à segments.

[0003] De tels afficheurs, visés préférentiellement par l'invention, comprennent une couche (ou un film) de microcapsules contenant des particules colorées en suspension dans un fluide ou un gaz, cette même couche étant prise en sandwich entre deux électrodes :

- au moins une première électrode ayant la forme du segment à afficher
 - une seconde électrode transparente réalisée par une couche conductrice en oxyde d'indium-étain (ITO) par exemple.
- Des électrodes alternatives à base d'un film mince de nanostructures de carbone, de fils d'argent ou cuivre peuvent être également utilisées.

[0004] L'invention concerne également des produits ou dispositifs électroniques qui utilisent le type d'afficheur susvisé. L'afficheur peut être utilisé par exemple, dans des cartes à puce, notamment bancaires ou autres types de cartes ayant une zone d'affichage de faible épaisseur et nécessitant une certaine flexibilité, des clés USB, des montres...

Art antérieur.

[0005] Dans les cartes bancaires, on assiste actuellement à l'apparition de système intégré dans la carte permettant l'affichage d'un cryptogramme dynamique (dCVV). Ce code peut varier avec le temps et est affiché notamment avec de petits afficheurs au dos d'une carte bancaire. Des afficheurs permettent aussi d'afficher des codes à usage unique de type OTP (one time password) pour effectuer des transactions sécurisée en ligne.

[0006] Il existe des microcontrôleurs intégrant des pilotes d'affichage spécifiques pour des écrans de type électrophorétique ou équivalents. On connaît par exemple, le microcontrôleur EPSON S1C17F57 pouvant réaliser cette fonction.

Problème technique.

[0007] Certaines cartes à puce à afficheur, telles des cartes à cryptogramme dynamique (DCVV), requièrent un affichage électrophorétique bistable en raison du besoin d'affichage permanent et de contraintes de consommation d'énergie.

[0008] Les afficheurs de type électrophorétique requièrent un pilote ou microcontrôleur spécifique car la tension nécessaire en valeur absolue pour leur pilotage ne peut être généralement fourni par des microcontrôleurs de type courant (ou standard), d'autant plus si ce dernier est alimenté par une batterie ne délivrant qu'une tension notamment de 3V nettement inférieure à la tension de fonctionnement en valeur absolue de l'afficheur.

[0009] Les microcontrôleurs spécifiques pour écran électrophorétique à segments, sont encore peu répandus et de fait demeurent plus onéreux.

[0010] L'invention a pour objectif de proposer un procédé de réalisation de dispositifs de pilotage des afficheurs électrophorétiques plus économique pouvant remplacer les microcontrôleurs de pilotage spécifiques.

[0011] Des alternatives à l'invention proposées ci-après par l'inventeur présentent les inconvénients suivants :

- Une alternative possible serait d'alimenter le microcontrôleur par 2 batteries lithium en série permettant d'élever la tension à 6V. Cette solution a comme inconvénient d'augmenter le coût de la batterie et la place occupée par celle-ci ;
- Une autre alternative serait d'augmenter la tension de la batterie lithium de 3V à 5V pour l'alimentation du microcontrôleur, mais en raison des contraintes d'épaisseur de la carte, une solution de convertisseur continu-continu, si possible sans inductance, devrait être utilisée. Une telle solution utiliserait une pompe de charge à base de capacité, mais le rendement et l'augmentation du courant résultant engendrerait des performances médiocres de consommation électrique et réduisant d'autant la durée de vie de la batterie ;
- Le recours à un microcontrôleur standard associé à un contrôleur d'affichage externe conduirait à avoir deux circuits et donc à être plus onéreux ;
- Enfin, la fonction contrôleur d'écran électrophorétique pourrait être ajoutée avec un microcontrôleur et une mémoire programme (Flash, ROM) dans un ASIC, mais le développement d'un tel circuit est relativement onéreux.

[0012] L'offre actuelle du marché pour un microcontrôleur intégrant un pilote pour afficheur électrophorétique à seg-

ments, étant peu répandu, cela entraîne des difficultés pour diversifier les sources d'approvisionnement.

Résumé de l'invention.

[0013] L'invention propose un procédé simple et peu onéreux de fabrication / réalisation d'un dispositif à afficheur électrophorétique à segments.

[0014] L'invention propose également un procédé / programme pour le pilotage d'un afficheur électrophorétique à segments.

[0015] Dans le principe d'un mode préféré, l'invention prévoit des composants standards (non spécifiques aux afficheurs bistables susvisés). Elle prévoit un microcontrôleur courant ou standard (ayant une tension de sortie maximale inférieure aux tensions minimales de fonctionnement, en valeur absolue, de l'afficheur, une mémoire programmable, de préférence flash et intégré au microcontrôleur, quelques composants externes et un programme de pilotage spécifique (décrit ultérieurement).

[0016] Le microcontrôleur est de préférence également alimenté en une tension dite basse tension, inférieure en valeur absolue à celles requises pour piloter l'afficheur. Dans son application préférentielle, le microcontrôleur est alimenté par une tension de 3V (V = volts) ou voisine de 3V et comprend des ports d'entrées/sorties (GPIOs) présentant une excursion des tensions de sortie de 0 à 3 volts. L'afficheur visé présente une tension minimale de fonctionnement en valeur absolue de 5 volts.

[0017] Un point remarquable du mode préféré de l'invention réside dans une conception spécifique d'un générateur, ici sous forme de pompe de charge, permettant de fournir + 5V et -2V sur une électrode commune de l'afficheur. Ce générateur peut être piloté directement par le microcontrôleur avec seulement deux ports d'entrées/sortie présentant une excursion en tension comprise entre 0 et 3V.

[0018] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de réalisation d'un dispositif d'affichage électrophorétique à segments (25) comportant un afficheur bistable fonctionnant avec des tensions prédéterminées opposées (+dV ; -dV) et un circuit électronique avec microcontrôleur pour le pilotage de l'afficheur selon un programme de pilotage (P), caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- fourniture d'un microcontrôleur configuré pour délivrer des tensions (Vsegment) sur des ports d'entrées/sorties, inférieures en valeur absolue aux tensions prédéterminées (+dV ; -dV),
- compensation des tensions (Vsegment) avec au moins une tension de compensation (Vcom) pour au moins atteindre lesdites tensions prédéterminées opposées (+dV ; -dV).

[0019] Le dispositif ainsi configuré permet d'effectuer un pilotage d'un afficheur bistable à moindre coût, avec un microcontrôleur (standard) peu onéreux, les tensions de sortie étant complétées par des tensions (ou potentiels) supplémentaires générées notamment à l'aide d'un circuit de composants discrets tel que capacités, diodes et transistors.

[0020] Selon d'autres caractéristiques :

- La compensation s'effectue à l'aide d'un générateur de tension ;
- Le programme de pilotage comprend des instructions configurées pour piloter ledit générateur de tension de manière à fournir ladite compensation ;
- Le générateur de tension est configuré pour fournir des valeurs de tensions (+5 ; -2) volts.
- Le microcontrôleur est configuré pour fournir un premier couple de tensions (+3 ; 0) volts.
- Le microcontrôleur comprend des ports d'entrées sorties pouvant être piloté individuellement avec un état « 0 », « 1 » et haute impédance (HIZ) et incluant une mémoire programme.
- Le programme prévoit des valeurs de (-5V, +5V) pour piloter un basculement de couleur des segments ou du fond de l'afficheur et des valeurs de tensions égales à (-2V, +2V) pour un maintien des couleurs des segments (ou du fond) ;
- Le programme (P) peut prévoir l'enchaînement successif des séquences (ou étapes) :
 - homogénéisation en une couleur uniforme de tous les segments y compris le fond en noir ou blanc avec une durée de 5 unités de temps ;
 - inversion de la couleur uniforme de tous les segments y compris le fond en blanc si précédemment noir ou en noir si précédemment blanc avec une durée de 7 unités de temps ;
 - mise à jour des segments qui le nécessite en blanc si précédemment noir ou noir si précédemment blanc avec une durée de 5 unités de temps.

[0021] L'invention a également pour objet le dispositif correspondant au procédé ci-dessus ; Le dispositif d'affichage électrophorétique à segments comporte un afficheur bistable fonctionnant avec des tensions prédéterminées opposées (+dV ; -dV) et un circuit électronique avec microcontrôleur pour le pilotage de l'afficheur selon un programme de pilotage ;

Le dispositif est caractérisé en ce qu'il comprend :

- un microcontrôleur configuré pour délivrer des tensions (V_{segment}) sur des ports d'entrées/sorties, inférieures en valeur absolue aux tensions prédéterminées ($+dV$; $-dV$),
- un générateur (V_{com}) de tension de compensation configuré pour compenser lesdites tensions (V_{segment}) et atteindre au moins lesdites tensions prédéterminées opposées ($+dV$; $-dV$).

[0022] Ainsi, l'invention permet d'utiliser simplement un microcontrôleur commun basse tension qui n'est pas destiné à piloter un afficheur bistable électrophorétique à segments, en le complétant par un générateur et quelques composants discrets électriques / électroniques).

- De préférence, le générateur de tension comprend une pompe de charge ;
- Le microcontrôleur comprend de préférence un programme de pilotage (P) configuré pour fournir les tensions à des instants et pendant des durées conformes à un schéma de pilotage équilibré de façon à ce que la valeur moyenne de la tension vu de chacun des segments tende vers 0 ;
- Le générateur de tension comprend de préférence une pompe de charge hybride combinant un circuit doubleur de tension et un circuit inverseur de tension, les tensions de sortie respectives du circuit doubleur et du circuit inverseur étant combinées alternativement sur une seule sortie de la pompe de charge ; Ce générateur, à pompe de charge hybride, a l'avantage de combiner les deux fonctions doubleur de tension et inverseur de tension de façon à ce que le signal issu de l'une ou de l'autre fonction soit généré sur une seule sortie. Cette sortie correspond ici à l'électrode commune de l'afficheur ;
- Le microcontrôleur comprend un programme de pilotage (P) pour fournir les tensions à des instants et pendant des durées conformes à un schéma de pilotage équilibré de façon à ce que la valeur moyenne de la tension vu de chacun des segments soit proche de 0 volt.

Brève description des figures.

[0023]

- La figure 1 illustre une coupe schématique transversale d'un afficheur bistable à capsules d'encre parmi ceux utilisables par l'invention ;
- La figure 2 illustre un afficheur en vue de dessus présentant trois zones de caractères numériques formés par des segments tels qu'utilisés dans un mode de réalisation préféré de l'invention ;
- La figure 3 illustre un objet à afficheur avec dispositif d'affichage, conforme à ceux visés par l'invention et sous forme de carte à puce ;
- La figure 4 illustre un schéma possible de circuit électrique et/ou électronique de l'objet avec dispositif d'affichage de la figure précédente ;
- La figure 5 illustre un circuit électronique de pilotage d'une zone de caractères numériques de l'afficheur conforme au mode de mise en oeuvre ou de réalisation préféré de l'invention ;
- La figure 6 illustre un exemple de réalisation du générateur de tension 26 du circuit de la figure précédente, ledit générateur étant ici, sous forme de pompe de charge hybride ;
- La figure 7 illustre des étapes et/ou transitions préconisées (ou préférées) intermédiaires de couleur et/ou d'images du dispositif d'affichage, conforme au mode préféré de l'invention ;
- La figure 8 illustre les différentes étapes élémentaires du procédé (et/ou programme P) de pilotage du dispositif d'affichage, dont les transitions préconisées (ou préférées) sont conformes à la figure 7.

Description.

[0024] A la figure 1, un afficheur bistable électrophorétique 2 (ou complexe d'affichage) (également appelé « ePaper » ou papier électronique) pour le dispositif 1 (fig. 3 et 4) à afficheur selon un mode préféré de l'invention comprend un film 5 de microcapsules contenant de l'encre, notamment blanche 5B et noire 5N, en suspension dans un fluide 5C et prise en sandwich entre une couche ITO 4 ou électrode transparente et des autres électrodes constituée par un circuit imprimé 6 porté par un substrat 6A ici flexible.

[0025] La couche ITO est fixée à (ou supportée par) un substrat polymère transparent 3. Le circuit imprimé face aux microcapsules contient autant d'électrode que de segment et la forme de chaque électrode définit la forme de chaque segment respectif. Enfin une connexion est reportée entre chaque segment et le connecteur de l'afficheur. L'ensemble comprenant le polymère transparent 3, la couche ITO 4, la couche 5 de microcapsules 5C et une couche ou circuit imprimé 6, forme le complexe d'affichage 2.

[0026] Les particules d'affichage 5B, 5N ici sont chargées électriquement et se déplacent dans les microcapsules 5 en fonction de la tension qui est appliquée d'une part sur la couche conductrice transparente 4, d'autre part sur chacun des segments de la couche conductrice 6B du circuit imprimé flexible 6.

[0027] Revenant à la figure 1, l'afficheur 2 comprend une électrode commune 18 disposée sur le circuit imprimé 6 et reliée électriquement à l'électrode transparente conductrice 4 via un adhésif ou conducteur 19 notamment de type anisotropique ou non.

[0028] Le circuit imprimé 6 comprend des zones conductrices de pilotage (ou de commande) 20 et 21, 22, 23 correspondant respectivement à une zone de fond 20 de l'afficheur et des zones de segment 21, 22, 23 ; Les zones de segment affichent l'information d'une couleur de segment contrastant avec la couleur de la zone de fond.

[0029] Le circuit imprimé 6 peut contenir de préférence, un circuit de pilotage de la couche d'affichage ou contenir au moins des pistes ou zones conductrices 6B de pilotage destinées à présenter une polarité électrique pour influencer sur la couche d'affichage 5.

[0030] En fonction de la différence de tension (dV en volts) appliquée sur l'électrode commune et les zones conductrices de segment, les particules polarisées des capsules seront concentrées en partie supérieure et inférieure des capsules selon leur polarité respective. Tous les segments ont une électrode commune 18 (reliée à la couche conductrice transparente 4).

[0031] Par convention dans la description, on peut désigner le terme « volt » également par (V) et les valeurs numériques / digitale « 0 », « 1 » quand ils sont mis entre guillemets. Les valeurs numériques / digitales « 0 », « 1 » correspondent respectivement aux valeurs de tension 0 volt (ou 0V) et +3 volts (ou +3V).

[0032] Aux figures 2, 3 et 4, l'afficheur 2 de type électrophorétique est illustré en vue de dessus; Il est intégré, dans l'exemple (figure 3), dans un objet (ou dispositif) électronique) 1 à dispositif ou circuit afficheur intelligent 2 (et à microprocesseur). L'objet 1 est sous forme de carte à puce notamment bancaire.

[0033] L'afficheur 2 est relié à un circuit électronique d'affichage 1A intégré dans le corps de carte 1 (non visible sur la figure 3). L'ensemble comprenant le circuit électronique d'affichage 1A et l'afficheur 2, forme, comprend ou constitue un dispositif d'affichage 25 (fig. 4 et 5).

[0034] Alternativement, le dispositif d'affichage 25 (ou circuit d'affichage 1A) de l'invention peut être utilisé pour des produits ou dispositifs électroniques nécessitant un affichage bistable qui permet la visualisation d'indicateur par des symboles graphique ou de caractère alphanumérique tels que montre, jouet, indicateur d'état... et étant alimenté par une tension inférieure notamment à 5V. Le dispositif d'affichage 25 (ou circuit d'affichage 1A) peut être un sous-ensemble électrique et/ou électronique (insert ou « inlay ») destiné à fabriquer un des dispositifs susvisés comprenant au moins une zone d'affichage ou afficheur 2.

[0035] De même, le dispositif d'affichage 25 (ou circuit d'affichage 1A) peut être un module ou un insert, (produit intermédiaire) prêt à l'emploi ou destiné à être encarté ou inséré / connecté dans un autre corps ou support. Il peut comprendre au moins la zone d'affichage, un ou plusieurs composant(s) de connexion ou d'interconnexion et un circuit imprimé avec des composants de circuit intégré notamment de pilotage de la couche d'affichage.

[0036] La figure 4 illustre un circuit électrique/électronique C de la carte à puce 1 de la figure 3 ; Le circuit C comprend l'afficheur 2 relié au circuit électronique 1A comprenant un microcontrôleur 24 de contrôle (ou de pilotage) de l'affichage d'information sur l'écran 2.

[0037] Le circuit C peut comprendre une interface radiofréquence comportant un contrôleur radiofréquence NFC (11) et une antenne 12, reliée au microcontrôleur 10, une horloge temps réel 15 (RTC), une batterie 9, le cas échéant un bouton interrupteur. La carte 1 peut comprendre un module 17 de carte à puce combiné à contacts électriques et/ou sans contact avec une antenne radiofréquence 13.

[0038] A la figure 5, est illustré, le dispositif d'affichage 25, réalisé selon un procédé de réalisation (ou de fabrication) correspondant à un premier mode préféré de mise en oeuvre et pouvant convenir pour constituer / remplacer le circuit à microcontrôleur 1A de la figure précédente; Ce dispositif comporte un afficheur bistable 2, d'un des types visés précédemment (électrophorétique à segments 1A); l'afficheur bistable 2 fonctionne ou se pilote sous des tensions prédéterminées d'alimentation (et/ou de commande ou de pilotage) minimales opposées, positive et négative (+dV ; -dV) ; le dispositif 25 comprend un circuit électronique d'affichage 1A avec microcontrôleur 24 pour le pilotage de l'afficheur selon un programme de pilotage (P) compris ici dans une mémoire programme du microcontrôleur ;

[0039] Dans l'exemple, l'afficheur est un afficheur de type électrophorétique 3 digits à segments (elnk corporation réf : SC004221) bien qu'un seul digit soit illustré, le principe peut être appliqué à plusieurs digits). La tension de fonctionnement et/ou de pilotage (ou commande) est comprise de 5 à 15 volts et de - 5 à - 15 volts;

[0040] Autrement dit, pour faire basculer la teinte d'un segment ou de chaque capsule, il est nécessaire d'appliquer une différence de tension, entre l'électrode commune 4 (ou 18) et l'électrode de pilotage ou de commande du fond ou d'un segment 20 - 23 d'au moins +5 volts (+dV) pour changer de couleur et d'au moins - 5 volts (-dV) pour revenir à la couleur initiale ;

[0041] Conformément à ce mode préféré, le procédé comprend les étapes ci-après :

- a) fourniture d'un microcontrôleur 24 configuré pour délivrer des tensions (qui peuvent dépendre de la source d'alimentation 9), inférieures en valeur absolue aux tensions prédéterminées (+dV ; -dV),
- b) compensation des tensions délivrées par le microcontrôleur pour au moins atteindre lesdites tensions prédéterminées opposées (+dV ; -dV) requises pour le fonctionnement.

[0042] Le microcontrôleur 24 retenu pour l'invention à l'étape a) est configuré pour délivrer une première tension de pilotage de l'afficheur inférieure à la tension minimale de 5 volts susvisée;

[0043] Dans l'exemple, le microcontrôleur (standard) 24 fonctionne à une tension d'alimentation égale à (ou de l'ordre de) 3 volts et est capable de délivrer sur des ports d'entrée / sortie une tension dont l'excursion en tension est de (ou de l'ordre de) 0 à 3 volts. Il est prévu pour être alimenté en 3 volts par une batterie 9.

[0044] De manière générale, on peut considérer une tension égale à une valeur au sens de la présente demande lorsqu'elle est proche de 10 % de cette valeur, voire 5 % de préférence. Ainsi une tension comprise de 2,7 volts à 3,3 volts est considérée être égal à 3 volts.

[0045] Le microcontrôleur comprend également une pluralité d'interfaces de sortie ;

Ici dans l'exemple illustré, il comprend des ports d'entrées / sorties (GPIO) à des fins générales de 1 à 10 (GPIO1 - GPIO10). Les ports de sortie GPIO4 à GPIO10 sont connectés chacun à leur segment respectif repéré de a à f (et correspondant aux zones conductrices 21-23 du circuit imprimé 6, pour les piloter). De même, le port de sortie GPIO3 est connecté à la zone conductrice 20 correspondant au fond de l'écran d'afficheur 2.

[0046] Avec ce microcontrôleur 24 sélectionné pour l'invention, les ports GPIOs ne peuvent délivrer qu'une tension maximale de +3 volts aux différents segments de l'afficheur, ce qui est insuffisant pour activer les capsules 5C et les changements de couleur des différentes zones d'affichage (fond et segments 20-23).

[0047] Tout au plus, ce microcontrôleur 24 pourrait permettre de fournir une tension de 0 volt à l'électrode commune et de +3 volts à un segment (ou fond) soit une tension $dV = +3V$ et inversement une tension de +3 volts à l'électrode commune et de 0 volt à un segment (ou fond) soit une tension $dV = -3$ volts. Il manque donc une tension de 2 volts en valeur absolue pour permettre un fonctionnement de l'afficheur. L'invention permet d'apporter cette tension (ou ce potentiel) manquante par au moins une tension (ou potentiel) de compensation d'au moins 2 volts).

[0048] Un microcontrôleur (standard) MCU 24 pouvant convenir à l'invention comprend de préférence les fonctions ci-après.

- Les fonctions normales d'un microprocesseur CPU (le nombre de bits importe peu) ;
- Des ports d'entrées / sorties GPIO ; De préférence ces entrées / sorties sont configurables individuellement :
 - en entrée ou haute impédance (HIZ),
 - en sortie (« push-pull » ou totem pôle) (« 1 » ou « 0 »)

[0049] De préférence, le microcontrôleur devrait permettre de configurer individuellement chaque port GPIO en HIZ, en valeur digitale « 1 » ou « 0 » (équivalent respectivement à 3 volts et 0 volt).

- Le microcontrôleur devrait avoir de préférence au moins autant de ports GPIO que de segments nécessaires, additionnés de quatre ports GPIO supplémentaires (respectivement pour la zone 20 de fond d'écran, la zone de l'électrode commune transparente 18 et de deux ports pour le pilotage de la pompe de charge). Par exemple, pour un afficheur dCVV à 3 chiffres (cryptogramme dynamique - Dynamic Card Verification Value): il convient d'avoir $(7 \times 3) + 2 + 2 = 25$ ports GPIOs ;
- Une mémoire programme (mais elle peut être externe) ;
- Eventuellement, le microcontrôleur peut avoir des temporisateurs (timers) pour une gestion plus facile des durées indiquées T1, T2, T3 mais ne sont pas indispensable, puisque substituable notamment à l'aide d'une simple boucle d'attente, par exemple.

[0050] Aujourd'hui, la plupart des microcontrôleurs (CPUs) supportent toutes les fonctions ci-dessus.

[0051] Pour rendre l'afficheur fonctionnel, l'invention prévoit l'étape b) ci-dessus de compensation des tensions issues du microcontrôleur pour au moins atteindre lesdites tensions prédéterminées opposées (+dV ; -dV) requises pour le fonctionnement.

[0052] Dans l'exemple, l'invention fournit donc et ajoute une seconde tension à la première tension de +3 volts pour fournir au moins la tension minimale requise (en l'occurrence + 5 volts). Cela est obtenu de préférence avec le circuit générateur 26 décrit infra (fig.6).

[0053] Selon un mode préféré de mise en oeuvre ou de réalisation, l'invention prévoit une source de tension particulière permettant une compensation de tensions / potentiels (ou compensation d'écart de tensions) obtenue selon le tableau ci-dessous.

[0054] Dans l'exemple, la source est donc un générateur de tension 26. Ce générateur est de préférence piloté par le microcontrôleur 24 ; Pour cela, ce dernier comprend des ports de sortie GPIO 1 et GPIO2 connectées à ce générateur de tension 26.

[0055] Ce générateur 26 est alimenté comme le microcontrôleur par une batterie 9 qui est de préférence la même que celle du microcontrôleur (+3V). Le générateur de tension dispose aussi d'une sortie 27 (Vcom) qui est connectée à l'électrode commune transparente 18.

[0056] Ainsi, grâce à un programme P adaptée, fourni au microcontrôleur 24 standard, de préférence dans une mémoire EEPROM ou flash interne (ou non) au microcontrôleur, l'invention propose de piloter l'afficheur 2. Ce pilotage intervient comme si le dispositif d'affichage 25 avait un microcontrôleur dédié capable de délivrer une tension de sortie suffisante de commande d'au moins 5 volts.

[0057] De préférence, l'invention prévoit selon ce programme P (ou convention), qu'une seule tension, positive ou négative (par exemple +5 et -5 volts), provoque un changement de couleur dans l'afficheur.

[0058] Selon le mode préféré, le microcontrôleur 24 applique les valeurs de tensions positive +0 ou +3 volts (qu'il est capable de délivrer normalement) sur les segments (ou fond) selon un programme P de gestion de la tension des segments (ou fond). La pompe de charge 26 délivre en sortie 27 et applique les valeurs de tensions Vcom = +5 volts ou (-2) volts à l'électrode commune 18 également selon le programme P de gestion de la tension / potentiel de l'électrode 18.

[0059] On obtient ainsi une première différence de potentiel de pilotage de -5 volts « $dV = 0 - 5$ » en mettant la plus basse valeur de potentiel du microcontrôleur (0 volt) sur les segments ou fond ; cette dernière tension est compensée (ou complétée) par une tension (ou potentiel) de +5 volts mis sur l'électrode 18 et obtenue par une pompe de charge 26.

[0060] On obtient également une seconde différence de potentiels de pilotage de +5 volts « $dV = 3 - (-2)$ » en mettant la plus haute valeur de potentiel du microcontrôleur (+3 volts) toujours sur les segments (ou fond), cette dernière valeur de potentiel étant compensée (ou complétée) par une tension (ou un potentiel) Vcom de - 2 volts mise sur l'électrode 18, obtenue par la pompe de charge.

[0061] Grâce à ce schéma de compensation préféré, il est possible de piloter l'afficheur avec les tensions requises pour le fonctionnement de l'afficheur.

[0062] Dans l'exemple, ce générateur 26 comprend (ou est constitué d') une pompe de charge (détaillée ultérieurement en référence à la figure 6).

[0063] Le fonctionnement du pilotage de l'afficheur est décrit en relation avec les étapes du diagramme de la figure 7 pouvant correspondre à des étapes d'un programme P (ou circuit à logique câblée) prévu dans le microcontrôleur pour commander un segment ou zone de fond 20.

[0064] Compte tenu d'une limitation de l'excursion de tension de sortie ici dans l'exemple de 0 à 3V pour les ports de sortie (GPIO1 à GPIO10), ce mode préféré de l'invention prévoit des tensions possibles pour actualiser l'affichage, reportées sur le tableau ci-après :

Tension Vcom sur électrode commune (volts)	Tension Vsegment sur segments (ou fond) GPIO3 à GPIO10 (volts)	Ecart (dV) de tensions (Vsegment - Vcom) sur capsules 5C (volts)
+5	+3	$3-5=-2$
+5	0	$0-5=-5$
-2	+3	$3-(-2)=+5$
-2	0	$0-(-2)=+2$

[0065] Un autre point remarquable de ce mode préféré de l'invention réside dans la faible sensibilité de l'affichage lorsque la valeur absolue de l'écart de tension dV, entre les segments (ou le fond) et l'électrode commune transparente (ou 18), est inférieure à 2,5 volts.

[0066] Il peut être considéré que cette faible tension n'a pas d'effet significatif sur l'état courant du segment (blanc ou noir).

[0067] Ainsi, la faible sensibilité est utilisée avantageusement par ce mode préféré de l'invention pour un schéma ou principe de pilotage particulier ci-après :

- Les écarts dV de tension élevées (-5V, +5V) peuvent être utilisés pour piloter un changement de couleur du segment (noir à blanc ou inversement) ;
- Les écarts dV de tension basses (-2V, +2V) peuvent être utilisés pour maintenir la couleur du segment (noir à noir ou blanc à blanc).

[0068] Pour un affichage de type électrophorétique, il est nécessaire d'avoir une méthode de forme d'onde (ou séquence) spécifique pour éviter des artefacts ou effets «fantômes» (dus à des interférences entre des zones adjacentes de l'écran qui ont des couleurs différentes). Un artefact principal peut être évité par une commutation de tous les segments et du fond, du blanc au noir ou inversement.

[0069] A la figure 7, on utilise une méthode de « forme d'onde » recommandée de la Société E Ink, pour éviter les problèmes ci-dessus est appelée « Global White Black Waveform ». Les valeurs des tensions appliquées sur l'électrode commune 18, segments et fond, apparaissant en ordonnée à droite du diagramme, correspondent à celles du mode préféré de l'invention.

[0070] Pour éviter de dégrader l'afficheur, il est préférable d'avoir un mode de pilotage, dit équilibré. Cela signifie que la tension moyenne entre l'électrode commune 18 et chacun des segments doit tendre vers 0, sur l'ensemble des cycles de l'afficheur au cours de toute sa durée de vie. Un déséquilibre peut cependant exister ponctuellement pour l'affichage d'une couleur donnée, mais sur un cycle consistant au basculement d'une couleur à une autre puis retour à la couleur initiale, la valeur moyenne de la tension appliquée pour le segment concerné doit tendre vers 0.

[0071] La méthode préférée de « forme d'onde globale blanc-noir », implique un rapport cyclique spécifique sur le cycle d'affichage formé par T1+T2+T3 (figure 7). Quatre cas de figures pouvant se produire simultanément sur un cycle d'affichage sont à considérer :

1- Maintien du segment en Noir (courbe 1) :

- T1 : période de 5/17, basculement de Noir à Blanc ;
- T2 : période de 7/17, basculement de Blanc à Noir ;
- T3 : période de 5/17, configuration n'entraînant pas de changement de couleur.

2- Maintien du segment en Blanc (courbe 2) :

- T1 : période de 5/17, configuration n'entraînant pas de changement de couleur.
- T2 : période de 7/17, basculement de Blanc à Noir ;
- T3 : période de 5/17, basculement de Noir à Blanc.

3- Basculement du segment de Noir à Blanc (courbe 3) :

- T1 : période de 5/17, basculement de Noir à Blanc ;
- T2 : période de 7/17, basculement de Blanc à Noir ;
- T3 : période de 5/17, basculement de Noir à Blanc.

4- Basculement du segment de Blanc à Noir (courbe 4) :

- T1 : période de 5/17, configuration n'entraînant pas de changement de couleur ;
- T2 : période de 7/17, basculement de Blanc à Noir ;
- T3 : période de 5/17, configuration n'entraînant pas de changement de couleur.

[0072] Ce rapport cyclique spécifique permet le pilotage équilibré de l'afficheur dont le calcul est décrit ci-après.

[0073] De manière similaire, il est possible également d'utiliser la méthode de forme d'onde « Global Black White Waveform » ou « forme d'onde globale noir-blanc » qui consiste à inverser les 2 séquences T1 et T2.

[0074] Un prototype complet a été réalisé avec succès à l'aide d'une carte de développement de ST (STM8 Discovery avec MCU STM8L152C6, d'une platine d'expérimentation et de composants discrets pour le circuit de pompe de charge, d'un afficheur EPD à 3 chiffres de la société « E Ink ».

[0075] Un programme ou microcode P a été développé pour programmer le microcontrôleur 24 de manière à afficher les 3 chiffres sur l'écran de l'afficheur.

[0076] A la figure 8, est illustré un aperçu de ce programme P est décrit en relation ci-après, pour la commutation d'un segment ; Il est extrapolable aux autres segments et ports.

[0077] Le microcontrôleur 24 reçoit une information notamment un numéro OTP à afficher sur l'afficheur (l'information OTP comprend ou requiert, par exemple, au moins un basculement d'un segment b parmi les sept segments compris dans l'afficheur pour former un chiffre). Ce segment b est relié au port GPIO4 (fig. 5)

[0078] Le microcontrôleur peut connaître l'état courant bistable du segment b notamment en consultant soit directement une mémoire répertoriant le dernier état du segment noir ou blanc ou indirectement par le biais d'une information externe au microcontrôleur.

[0079] A l'étape du procédé (ou du programme P) 100, le microcontrôleur déduit que le segment est dans un état

EP 3 312 827 A1

« blanc » et/ou qui correspond à un jeu d'instructions émis précédemment et ayant conduit à un écart de tension ayant provoqué une commutation en blanc.

[0080] Le programme peut alors basculer la couleur du segment en noir 200 ou maintenir la couleur du segment en blanc et basculer d'autres segments de l'afficheur 250 en noir 252 ou en blanc 251.

[0081] Une fois le segment basculé en noir, le programme peut de nouveau basculer la couleur du segment en blanc 300 ou il peut maintenir la couleur du segment en noir et basculer d'autres segments de l'afficheur 260 en noir 262 ou en blanc 261.

[0082] Une fois le segment de nouveau basculé en blanc, le programme peut revenir à la séquence initiale et peut redémarrer une nouvelle séquence.

[0083] A défaut, le microcontrôleur peut prévoir une étape de « reset » ou mise à zéro (blanc ou noir) de l'ensemble des segments indépendamment de savoir leur état initial. Cette procédure est particulièrement utile, lors de la première initialisation du produit ou l'état initial des segments n'est pas nécessairement connu.

[0084] Le programme P du microcontrôleur est configuré pour piloter les ports, en fonction de la séquence, de la manière suivante :

Pour le basculement du segment de blanc à noir (200), le programme P du microcontrôleur configure le port GPIO4 à un niveau "1" soit (+3V), le port GPIO1 à un niveau logique "1" soit (+3V) et génère un signal d'horloge carré de 1 kHz et de niveaux 0 et +3 V sur le port GPIO2, ce qui génère une tension Vcom de -2V en sortie 27 de la pompe de charge 26 et une tension Vsegment de +3V.

[0085] Il en résulte un écart de tension dV de +5V suffisante pour basculer la couleur visible des capsules formant le segment 4, d'un état de couleur « blanc » à un état de « noir ». Pour le basculement du segment de noir à blanc (300), le programme P du microcontrôleur configure le port GPIO4 à un niveau "0" soit (+0V), le port GPIO2 à un niveau logique "0" soit (+0V) et génère un signal d'horloge carré de 1 kHz et de niveaux 0 et +3 V sur le port GPIO1, ce qui génère une tension Vcom de +5V en sortie 27 de la pompe de charge 26 et une tension Vsegment de +0V.

[0086] Il en résulte un écart de tension dV de -5V suffisante pour basculer la couleur visible des capsules formant le segment 4, d'un état de couleur « noir » à un état de « blanc ».

[0087] Pour le maintien de la couleur et du basculement des autres segments de blanc à noir (252, 262), le programme P du microcontrôleur configure le port GPIO4 à un niveau "0" soit (+0V), le port GPIO1 à un niveau logique "1" soit (+3V) et génère un signal d'horloge carré de 1 kHz et de niveaux 0 et +3 V sur le port GPIO2, ce qui génère une tension Vcom de -2V en sortie 27 de la pompe de charge 26 et une tension Vsegment de +0V.

[0088] Il en résulte un écart de tension dV de +2V qui maintient la couleur courante du segment et permet le basculement des capsules formant les autres segments d'un état de couleur « blanc » à un état de « noir » si la GPIO correspondante est à un niveau logique "1" soit (+3V).

[0089] Pour le maintien de la couleur et du basculement des autres segments de noir à blanc (251, 261), le programme P du microcontrôleur configure le port GPIO4 à un niveau "1" soit (+3V), le port GPIO2 à un niveau logique "0" soit (+0V) et génère un signal d'horloge carré de 1kHz et de niveaux 0 et +3 V sur le port GPIO1, ce qui génère une tension Vcom de +5V en sortie 27 de la pompe de charge 26 et une tension Vsegment de +3V. Il en résulte un écart de tension dV de -2V qui maintient la couleur courante du segment et permet le basculement des capsules formant les autres segments d'un état de couleur « noir » à un état de « blanc » si la GPIO correspondante est à un niveau logique "0" soit (+0V).

[0090] A la fin des différentes séquences de pilotage ci-dessus, les différents ports utilisés pour le pilotage de l'afficheur GPIO1, GPIO2 & GPIO4 dans un mode préféré, peuvent être configurés à « 0 » (0 V) ou dans un état de haute impédance (HIZ).

[0091] Pour chacun des cas, le microcontrôleur peut sauvegarder de préférence (ou non), le changement d'état du ou des segments en mémoire pour consultation ultérieure.

[0092] A la figure 6 est illustré un schéma électrique et fonctionnement de la pompe de charge :

La pompe de charge 26 constitue un générateur de tension conforme au mode préféré de réalisation de l'invention ; Le schéma électrique / électronique comprend deux étages (ou sous-parties 28, 29) ayant respectivement une entrée GPIO 1, GPIO2 et une sortie commune Vcom :

- L'étage 28 (ou circuit doubleur), relatif à l'entrée GPIO1, comprend un transistor Q1 à effet de champ de type P monté avec des diodes D1, D2 et capacités C1, C3;
- L'étage 29 (ou circuit inverseur), relatif à l'entrée GPIO2, comprend un transistor Q2 à effet de champ de type N, monté avec des diodes D3, D4 et capacités C2, C4.

La pompe de charge est donc basée ici préférentiellement sur la combinaison d'un circuit électrique doubleur de tension 28 et d'un circuit électrique inverseur de tension 29 qui peut être alternativement commuté grâce à deux

transistors MOS FET et dont la tension de sortie issus de l'une ou de l'autre pompe de charge est combinée sur une seule ligne.

[0093] Pour l'affichage d'un segment électrophorétique, aucun multiplexage n'est possible, signifiant que chaque segment doit être piloté individuellement par un port GPIO du microcontrôleur.

[0094] Deux autres broches sont nécessaires: l'un (20) pour le fond de l'afficheur (zone 20 visible autre qu'un segment, mais considéré comme segment pour le pilotage) et l'autre 18 pour le commun des segments.

[0095] Un affichage électrophorétique est un affichage bistable qui signifie que seul un changement d'état doit être piloté. Le fonctionnement de base est le suivant :

- lorsque une tension de + 5V est appliquée entre un segment et l'électrode commune, le segment passe au noir ;
- et lorsque une tension de - 5V est appliquée entre un segment et l'électrode commune, le segment commute vers blanc ;
- Autrement, quand aucune tension n'est appliquée, le segment demeure stable en préservant son état courant (blanc ou noir) ou bien lorsque la valeur absolue de la tension est inférieure à 2,5 volts.

[0096] Sur le mode de réalisation, les segments 21, 22, 23 et le fond 20 sont directement reliés aux ports d'entrées/sorties du microcontrôleur présentant une excursion en tension de 0 à 3V.

[0097] Une tension Vcom, provenant de la pompe de charge et présentant une excursion en tension de -2V ou +5V par rapport à la masse, est appliquée sur l'électrode commune transparente 18 des segments. Ceci est une conception viable dans la mesure où ces deux valeurs de tension ne peuvent pas être appliquées directement sur ou généré par les ports d'entrées/sorties du microcontrôleur (limitation de l'excursion de la tension de sortie entre 0 et 3V).

[0098] Les composants utilisés dans l'exemple réalisé, comprennent un transistor Q1 : N-MOS FET CSD13381F4 ; un transistor Q2 : P-MOS FET CSD23381F4 ; Quatre capacités C1-C4 : 100 nF 10V ; Quatre diodes D1-D4 : RB521.

Le fonctionnement de la pompe de charge est le suivant :

[0099]

La tension de sortie de la pompe de charge Vcom = +5V lorsque :

- Une horloge de 1 KHz ayant un rapport cyclique de 50% est générée sur GPIO1 ;
- GPIO2 est mis à «0» (0V) ;

Dans ce cas, le transistor Q2 est à l'état bloqué et l'étage 29 comprenant la capacité C2 et les diodes D1, D2 n'a pas d'incidence sur la sortie Vcom. Par contre, l'étage 28 comprenant les composants Q1, C1, C3, D1 et D2, forme un doubleur de tension et VCom atteint 5 V en raison de la chute de tension dans les diodes D1 et D2 dans le sens direct.

- La tension de sortie de la pompe de charge Vcom = -2V lorsque :

- GPIO1 est mis à "1" (+3V);
- Une horloge de 1 KHz ayant un rapport cyclique de 50% est générée sur GPIO2.

[0100] Dans ce cas, le transistor Q1 est à l'état bloqué et l'étage 28 comprenant les composants C1, D1, D2 n'a pas d'incidence sur la sortie Vcom ; Par contre, l'étage 29 comprenant les composants Q2, C2, C4, D3 et D4 constitue un inverseur de tension et la tension de sortie VCom atteint -2V en raison de la chute de tension dans les diodes D3 et D4 dans le sens direct.

[0101] Alternativement, un autre mode de réalisation possible du générateur peut être un système générateur comprenant deux pompes de charge indépendantes pouvant être activées ou désactivées par le microcontrôleur et générant respectivement +5V et -2V et dont l'une ou l'autre des tensions seraient sélectionnées par un commutateur électronique. Toutefois, une telle réalisation serait plus complexe et onéreuse en raison principalement du commutateur (qui est évité dans le mode préféré).

- La figure 7 illustre des étapes et/ou transitions préconisées (ou préférées) intermédiaires de couleur et/ou d'images du dispositif d'affichage, conforme au mode préféré de l'invention détaillées ci-après. Pour le basculement de couleur ou d'état des zones segments de l'afficheur, l'invention préfère utiliser un cycle particulier de transition d'états des segments (et/ou du fond) (dessin 43) pour un basculement des zones d'affichage du noir au blanc ou inversement.

EP 3 312 827 A1

[0102] Les dessins 41, 42 et 43 (fig. 7) illustrent les différentes courbes de changement d'état des segments pour le basculement du chiffre « 1 » au chiffre « 2 ». Chaque courbe de basculement (ou maintien) de couleur de segment référencé b, f, c, e est numérotée respectivement de 1 à 4 comme suit :

- 1 pour un maintien du segment b de noir à noir ;
- 2 pour un maintien du segment f de blanc à blanc ;
- 3 pour le basculement du segment c de noir à blanc ;
- 4 pour le basculement du segment e de blanc à noir.

[0103] Aux dessins 42 et 43, sont illustrées en image les transitions intermédiaires de couleur des segments et/ou du fond (ou d'état des segments ou du fond) se déroulant pour effectuer l'opération de changement de chiffre de 1 à 2. Un cycle complet d'affichage comprend la succession de 3 étapes principales :

- une première étape de mise à la couleur blanche de tous les segments (y compris du fond) qui sont noirs pendant un temps préconisé T1 égal à 5 unités de temps (soit 500ms, l'unité étant égal à 100 millisecondes) ;
- suivie d'une seconde étape de mise au noir de l'ensemble des segments (y compris du fond) pendant un temps T2 égal à 7 unités de temps (soit 700ms) ;
- et terminé par une troisième étape de mise à la couleur finale noir des segments affichant le chiffre « 2 » pendant un temps T3 égal à 5 unités de temps (soit 500ms).

[0104] Le dessin 43 (fig.7), illustre aussi les différentes tensions requises des segments et de l'électrode commune (ITO) pour chaque étape de transition illustrée au dessin 42 (et conforme au mode préféré de l'invention) :

- « Vcom » pour l'électrode commune transparente 18 ;
- « V segment » pour le segment concerné a à f ;
- ainsi que la différence de tension résultant (dV) aux bornes du segment.

[0105] A gauche, en ordonnée, se trouvent les zones électriques concernées, respectivement, l'électrode commune transparente 18 (ou ITO), le segment b qui doit se maintenir à la couleur noire, le segment f et le fond qui doivent se maintenir à la couleur blanche, le segment c qui doit basculer de noir à blanc et les segments a, d, e & g qui doivent basculer de blanc à noir.

[0106] A droite, en ordonnée, sont indiquées, les tensions appliquées de +5 volts, +3 volts, 0 volt -2 volts et -5 volts à chaque zone électrique susvisée.

[0107] L'invention peut prévoir de préférence, pour le pilotage de l'afficheur les étapes et/ou transitions d'image ou de couleur indiquées et respectant les durées et tensions décrites sur la figure 7.

[0108] Ces étapes et/ou transitions ci-dessus sont mises en oeuvre grâce à un programme P correspondant, enregistré en mémoire du microcontrôleur 24 de la figure 5 (ou mémoire externe au microcontrôleur). Ce programme est exécuté par le microcontrôleur pour commander ou piloter directement les entrées de l'afficheur 2 (via les ports de sortie correspondants « GPIO3 à GPIO10 » du microcontrôleur) par un signal de tension égal à 0 ou +3 volts.

[0109] Le programme P pilote également, via les ports de sorties GPIO1 et GPIO2 du microcontrôleur, la tension Vcom de l'électrode transparente (18), via le générateur 26, pour obtenir un signal Vcom de +5 volts, - 2 volts ou 0 volt.

[0110] Ainsi, l'invention permet d'augmenter la tension différentielle Vsegment-Vcom appliqués aux segments a à f et/ou du fond tout en utilisant des ports d'entrées / sorties présentant une excursion en tension de 0V à +3V. La compensation pour obtenir une différence de potentiel suffisante de pilotage s'effectue en injectant sur l'électrode commune Vcom 18 une tension / potentiel de +5V ou -2V.

[0111] On obtient ainsi de écarts de tension dV sur les capsules d'encre 5C peuvent atteindre +5V ou -5V pour changer la couleur et les écarts de tension dV peuvent atteindre +2V ou -2V pour maintenir la couleur.

Vérification de l'équilibre en tension du signal de pilotage en relation avec la figure 7.

[0112] Le signal est dit équilibré si la valeur moyenne de la tension est nulle pour l'enchaînement des différentes phases sur un cycle complet. Un cycle complet comprend un changement de couleur et un retour à la couleur initiale.

1) Noir à noir : L'intégration de la tension du signal sur la période T1 + T2 + T3 pour basculer de noir à noir : $(-5 \times 5) + (5 \times 7) + (-2 \times 5) = 0$;

2) Blanc à blanc : L'intégration de la tension du signal sur la période T1 + T2 + T3 pour basculer de blanc à blanc : $(-2 \times 5) + (5 \times 7) + (-5 \times 5) = 0$;

3) Noir à blanc : L'intégration de la tension du signal sur la période T1 + T2 + T3 pour basculer de noir à blanc : $(-5$

$$\times 5) + (5 \times 7) + (-5 \times 5) = -15 ;$$

4) Blanc à noir : L'intégration de la tension du signal sur la période T1 + T2 + T3 pour basculer de blanc à noir : $(-2 \times 5) + (5 \times 7) + (-2 \times 5) = 15$.

5 **[0113]** Pour un cycle complet, l'invention alterne le cycle 3) noir à blanc, puis le cycle 4) pour basculer de blanc à noir avec éventuellement l'insertion d'étapes 1) et 2). L'intégration de la tension du signal des périodes respectives T1 + T2 + T3 pour passer de noir à blanc et des périodes T1 + T2 + T3 pour basculer de blanc à noir : $dT = -15 + 15 = 0$. L'insertion d'étapes 1) et ou 2) pour maintenir la couleur noire ou la couleur blanche ne modifient pas l'équilibre du signal, car l'intégration du signal sur T1 + T2 + T3 pour ces 2 étapes est nul.

10 **[0114]** Donc, l'équilibre du signal (qui consiste à avoir une valeur moyenne de la tension nulle sur un cycle complet) est atteint par ce schéma de pilotage et de transitions de la figure 7 selon le mode préféré.

[0115] Le diagramme d'état de la figure 8 illustre un exemple du procédé (ou programme) d'affichage conforme à un mode élémentaire de l'invention pour un basculement du segment d'une couleur à une autre.

15 **[0116]** A l'étape 100, le programme P démarre pour la première fois et n'a donc encore effectué aucune séquence de pilotage des segments. Ici l'état initial des segments est supposé blanc.

[0117] En absence de connaissance de l'historique, le programme peut commander une « mise à zéro » préalable (ou effacement) de l'afficheur en basculant tous les segments et/ou le fond préalablement à une commande d'affichage, en un état de couleur tout blanc ou tout noir. Cela peut se produire notamment lors d'une mise en marche pour la première fois ou suite à un changement de pile par exemple.

20 **[0118]** A tout moment, le programme peut basculer un segment de blanc à noir 200 ou de noir à blanc 300.

[0119] Si l'afficheur comprend plusieurs segments, des étapes complémentaires de maintien de la couleur du segment 250, 260 peuvent être exécutées, de façon à avoir des couleurs différentes entre les segments. 2 séquences sont alors possibles :

- 25
- Le maintien de la couleur du segment et le basculement des autres segments de noir en blanc (251 & 261)
 - Le maintien de la couleur du segment et le basculement des autres segments de blanc en noir (252 & 262)

[0120] En fonction des séquences, le programme P configure les GPIO conformément à la description précédente.

30 **[0121]** A tout moment (200, 250, 260 & 300), le programme peut être suspendu après l'exécution d'une séquence de pilotage et la mémorisation de préférence, de l'état courant des segments. Un historique des états des segments peut être ainsi gardé en mémoire du microcontrôleur ou mémoire externe pour consultation ultérieure ou bien encore être recalculé en fonction de paramètres internes ou externes au microcontrôleur. Le programme pourra ainsi reprendre le cycle approprié suivant grâce à la connaissance de l'état courant des segments qui a été mémorisé.

35 **[0122]** Après l'exécution d'une séquence de pilotage, l'afficheur conserve alors les couleurs de chacun des segments, ce dernier étant bistable.

[0123] Ces étapes de pilotage du dispositif d'affichage peuvent être conformes à des étapes du programme P, notamment pour la succession des séquences et la durée respectives des séquences préconisées selon le mode préféré de l'invention pour éviter les artefacts décrits précédemment. Le mode préféré de pilotage peut comprendre l'enchaînement successif des 3 séquences (étapes ou transitions) :

- 40
- 1- Homogénéisation en une couleur uniforme de tous les segments y compris le fond en noir ou blanc avec une durée de 5 unités de temps.
 - 2- Inversion de la couleur uniforme de tous les segments y compris le fond en blanc si noir précédemment ou en noir si blanc précédemment avec une durée de 7 unités de temps.
 - 45 3- Mise à jour des segments qui le nécessite en blanc si précédemment noir ou noir si précédemment blanc avec une durée de 5 unités de temps.

50 **[0124]** L'invention a également pour avantage de permettre une souplesse dans les approvisionnements de composants en évitant une dépendance vis-à-vis d'un microcontrôleur spécifique intégrant un pilote d'écran électrophorétique (les pilotes électrophorétiques ou EPD intégrés dans un microcontrôleur étant peu répandus). Elle permet de réduire les coûts dans la mesure où les microcontrôleurs standards avec les composants externes supplémentaires peuvent être plus compétitifs que les microcontrôleurs avec pilote électrophorétique intégré.

[0125] Ce système de pilotage a l'avantage d'utiliser des composants standards dont les épaisseurs sont compatibles avec un facteur de forme de type carte à puce.

55 **[0126]** L'invention peut s'appliquer à tout autre appareil électrique utilisant des afficheurs à segments (tels que des afficheurs numériques, alphanumériques ou des voyants indicateurs) et ayant un microcontrôleur de pilotage de l'affichage conçu pour délivrer sur des ports de sortie, une tension maximale inférieure en valeur absolue à la tension de fonctionnement de l'afficheur.

[0127] En particulier, tout dispositif à afficheur électrophorétique bistable à segments, alimenté notamment par une tension inférieure à +5 volts, pourrait mettre en oeuvre l'invention.

5 Revendications

1. Procédé de réalisation d'un dispositif d'affichage électrophorétique à segments (25) comportant un afficheur bistable (2) fonctionnant avec des tensions prédéterminées opposées (+dV ; -dV) et un circuit électronique (25) avec micro-contrôleur (24) pour le pilotage de l'afficheur selon un programme de pilotage (P), **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes suivantes :
 - fourniture d'un microcontrôleur configuré pour délivrer des tensions (Vsegment) sur des ports d'entrées/sorties, inférieures en valeur absolue aux tensions prédéterminées (+dV ; -dV),
 - compensation des tensions (Vsegment) avec au moins une tension de compensation (Vcom) pour au moins atteindre lesdites tensions prédéterminées opposées (+dV ; -dV).
2. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** ladite compensation (Vcom) s'effectue à l'aide d'un générateur de tension (26).
3. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** ledit programme de pilotage (P) pilote ledit générateur de tension pour fournir ladite tension de compensation (Vcom).
4. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** ledit générateur de tension (26) est configuré pour fournir des valeurs de tension égales à (+5 ; -2) volts sur une seule sortie (Vcom).
5. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** ledit microcontrôleur (24) est configuré pour fournir un couple de tensions (Vsegment) égal ou proche de (+3 ; 0) volts sur des ports d'entrées / sorties.
6. Procédé selon l'une des revendications 3 à 5, **caractérisé en ce que** ledit programme (P) prévoit des valeurs de tension égales à (-5V, +5V) pour piloter un basculement de couleur des segments ou du fond de l'afficheur et des valeurs de tensions égales à (-2V, +2V) pour un maintien des couleurs des segments ou du fond.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit microcontrôleur (24) comprend des ports d'entrées sorties GPIO pouvant être piloté individuellement avec un état « 0 », « 1 » et haute impédance (HIZ).
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit programme (P) prévoit l'enchaînement successif des séquences :
 - homogénéisation en une couleur uniforme de tous les segments y compris le fond en noir ou blanc avec une durée de 5 unités de temps ;
 - inversion de la couleur uniforme de tous les segments y compris le fond en blanc si précédemment noir ou en noir si précédemment blanc avec une durée de 7 unités de temps ;
 - mise à jour des segments qui le nécessite en blanc si précédemment noir ou noir si précédemment blanc avec une durée de 5 unités de temps.
9. Dispositif d'affichage (25) électrophorétique à segments comportant un afficheur bistable (2) fonctionnant avec des tensions prédéterminées opposées (+ dV ; - dV) et un circuit électronique (1A) avec microcontrôleur (24) pour le pilotage de l'afficheur selon un programme de pilotage (P), **caractérisé en ce qu'il** comprend :
 - un microcontrôleur configuré pour délivrer des tensions (Vsegment) sur des ports d'entrées/sorties, inférieures en valeur absolue aux tensions prédéterminées (+dV ; -dV),
 - un générateur (Vcom) de tension de compensation configuré pour compenser lesdites tensions (Vsegment) et atteindre au moins lesdites tensions prédéterminées opposées (+ dV ; - dV).
10. Dispositif selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le générateur de tension (26) comprend une pompe de charge hybride combinant un circuit doubleur de tension (28) et un circuit inverseur (29) de tension, les tensions de sortie respectives du circuit doubleur (28) et du circuit inverseur (29) étant combinées alternativement

sur une seule sortie (27) de la pompe de charge (26).

11. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 10, **caractérisé en ce que** le microcontrôleur comprend un programme de pilotage (P) pour fournir les tensions à des instants et pendant des durées conformes (T1, T2, T3) à un schéma de pilotage équilibré de façon à ce que la valeur moyenne de la tension vu de chacun des segments soit proche de 0 volt.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

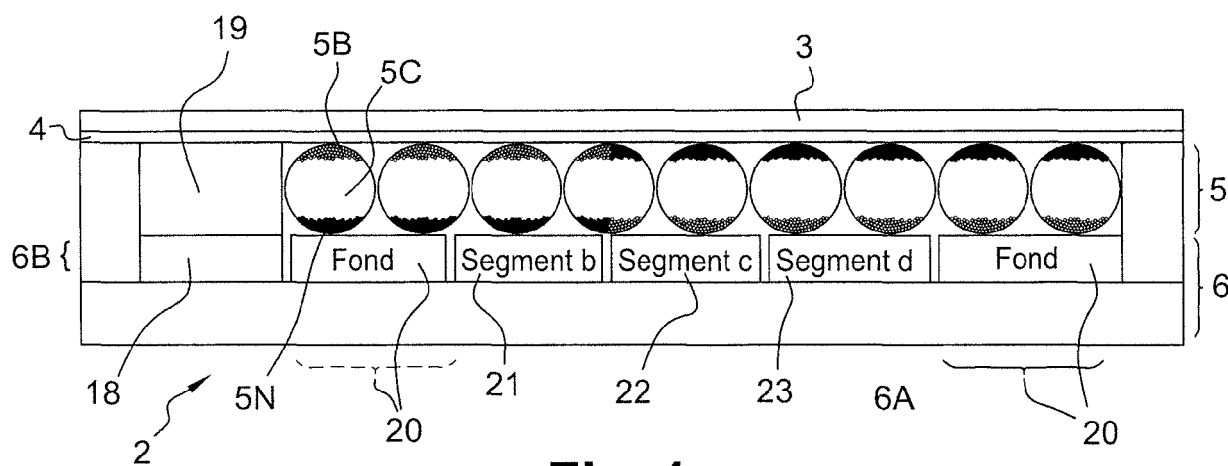


Fig. 1

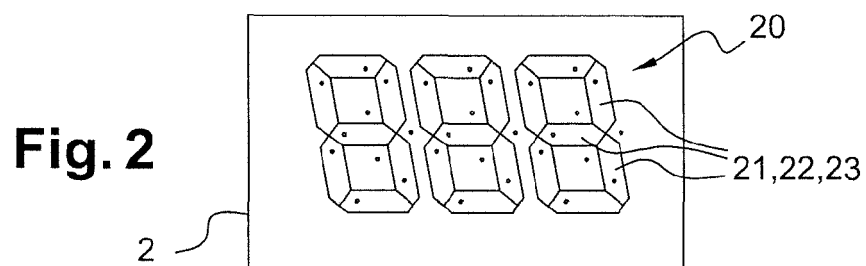


Fig. 2

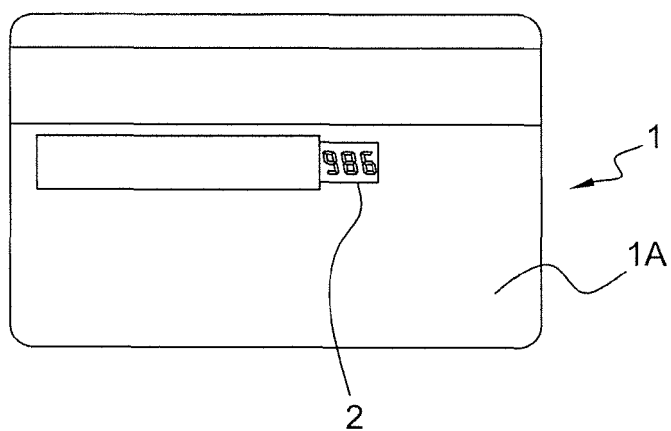


Fig. 3

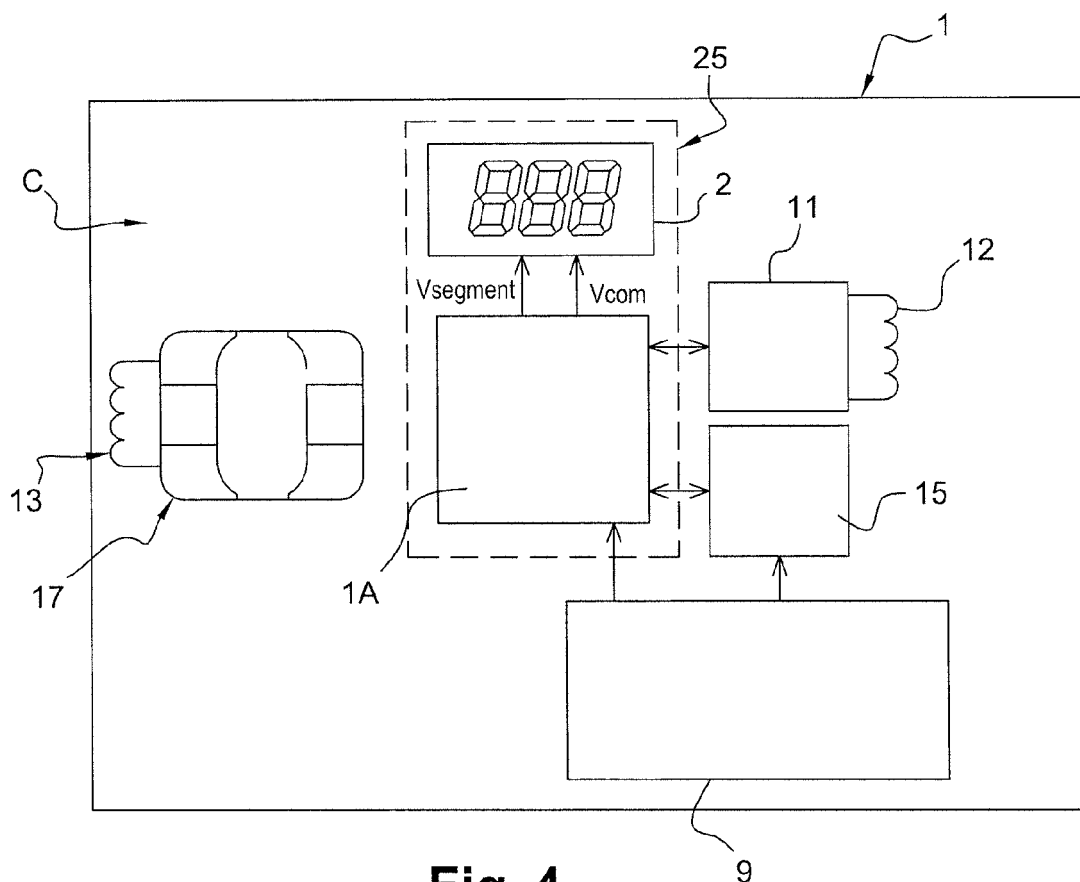


Fig. 4

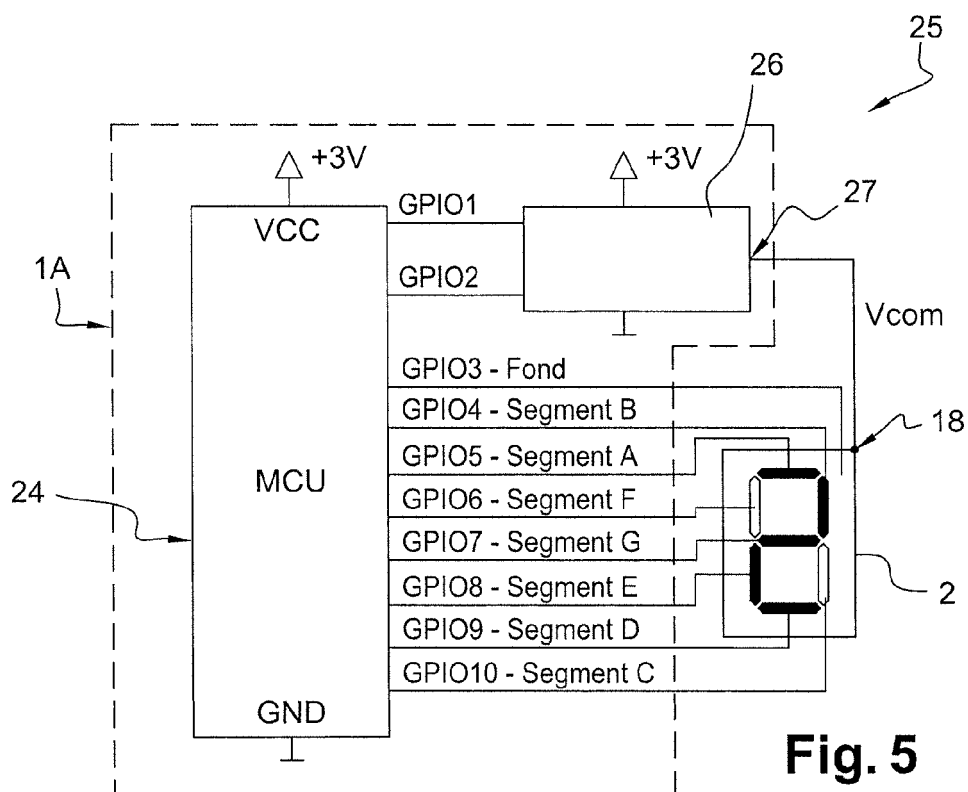


Fig. 5

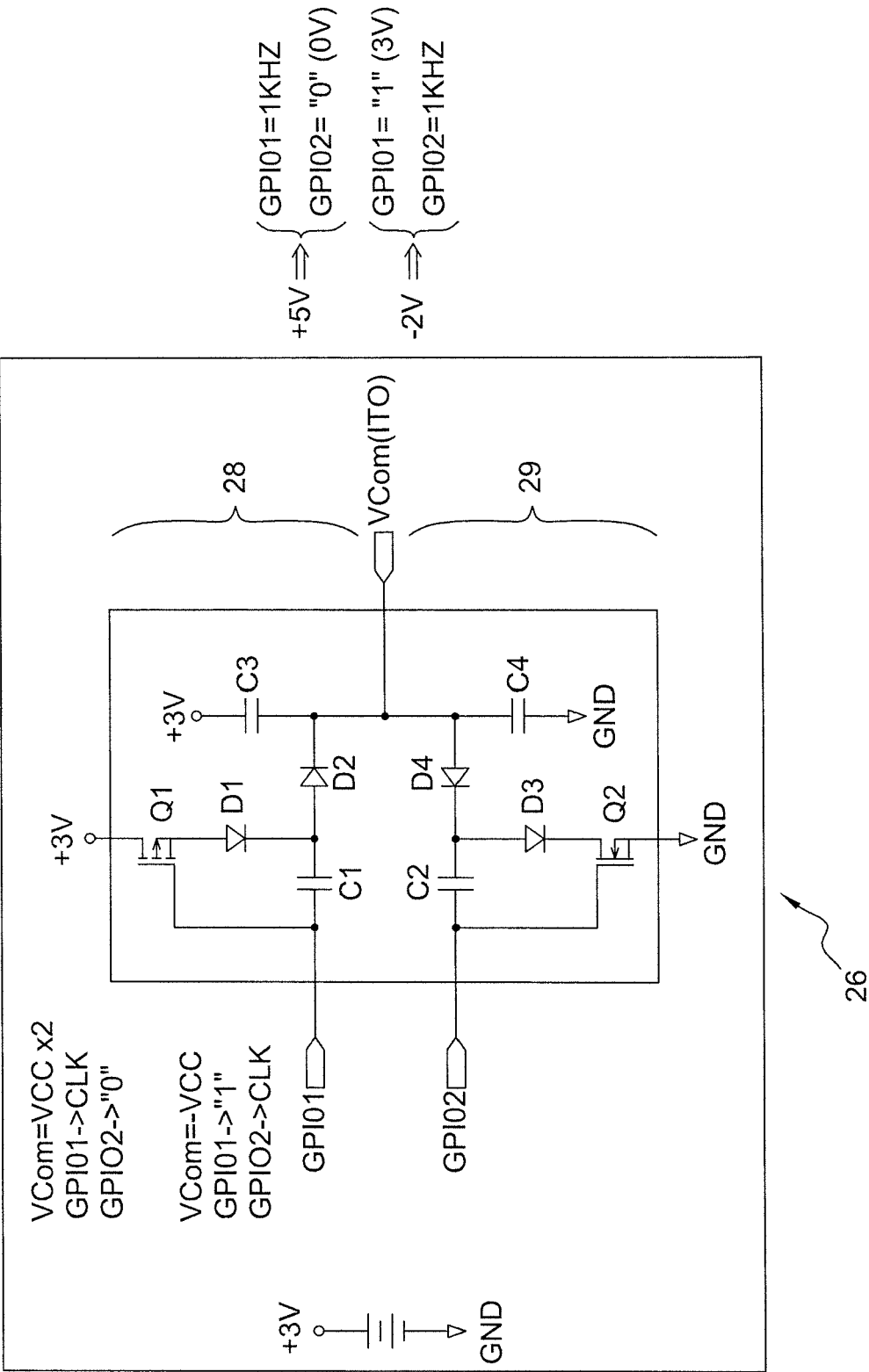


Fig. 6

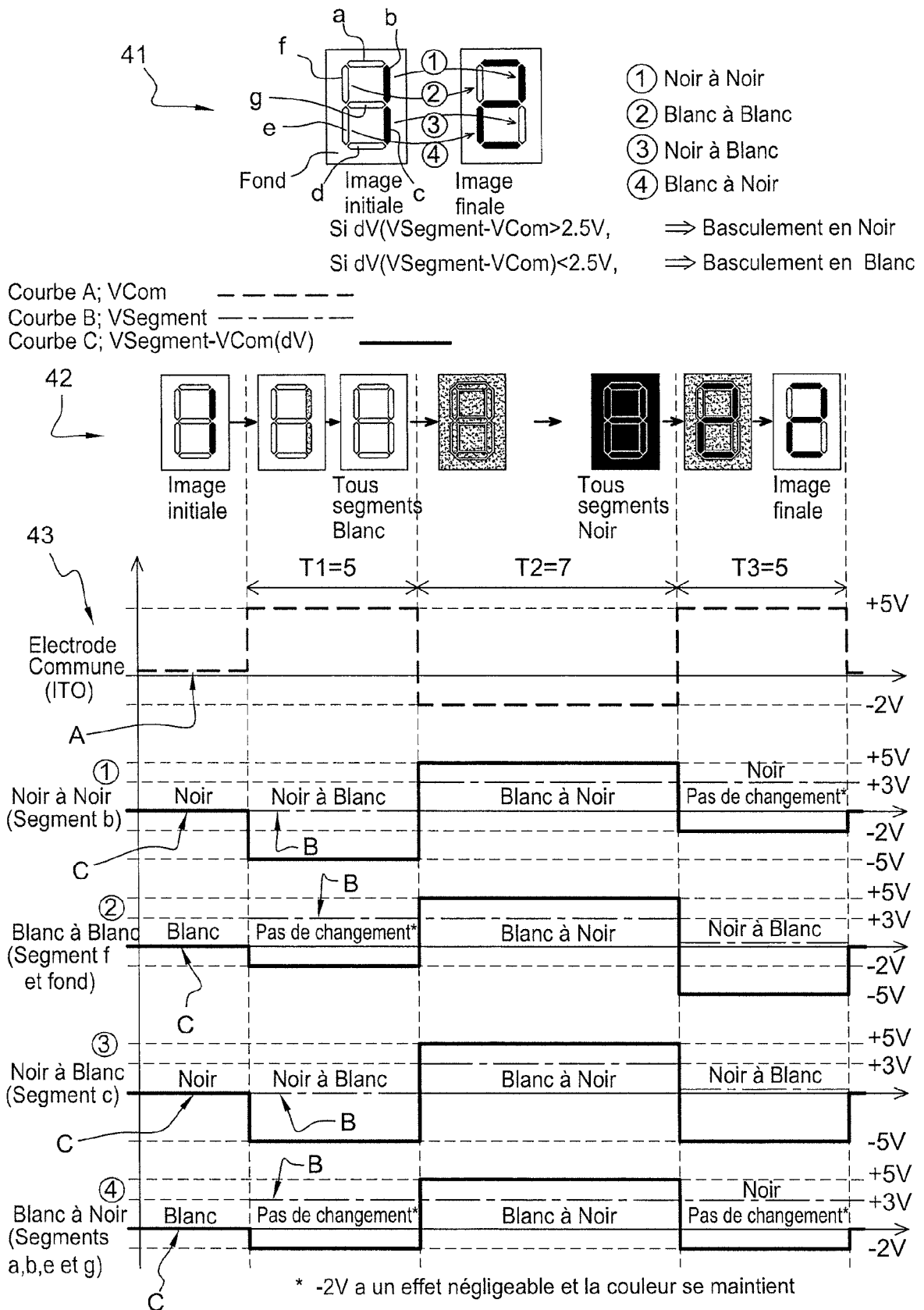


Fig. 7

Diagramme d'état du basculement des segments

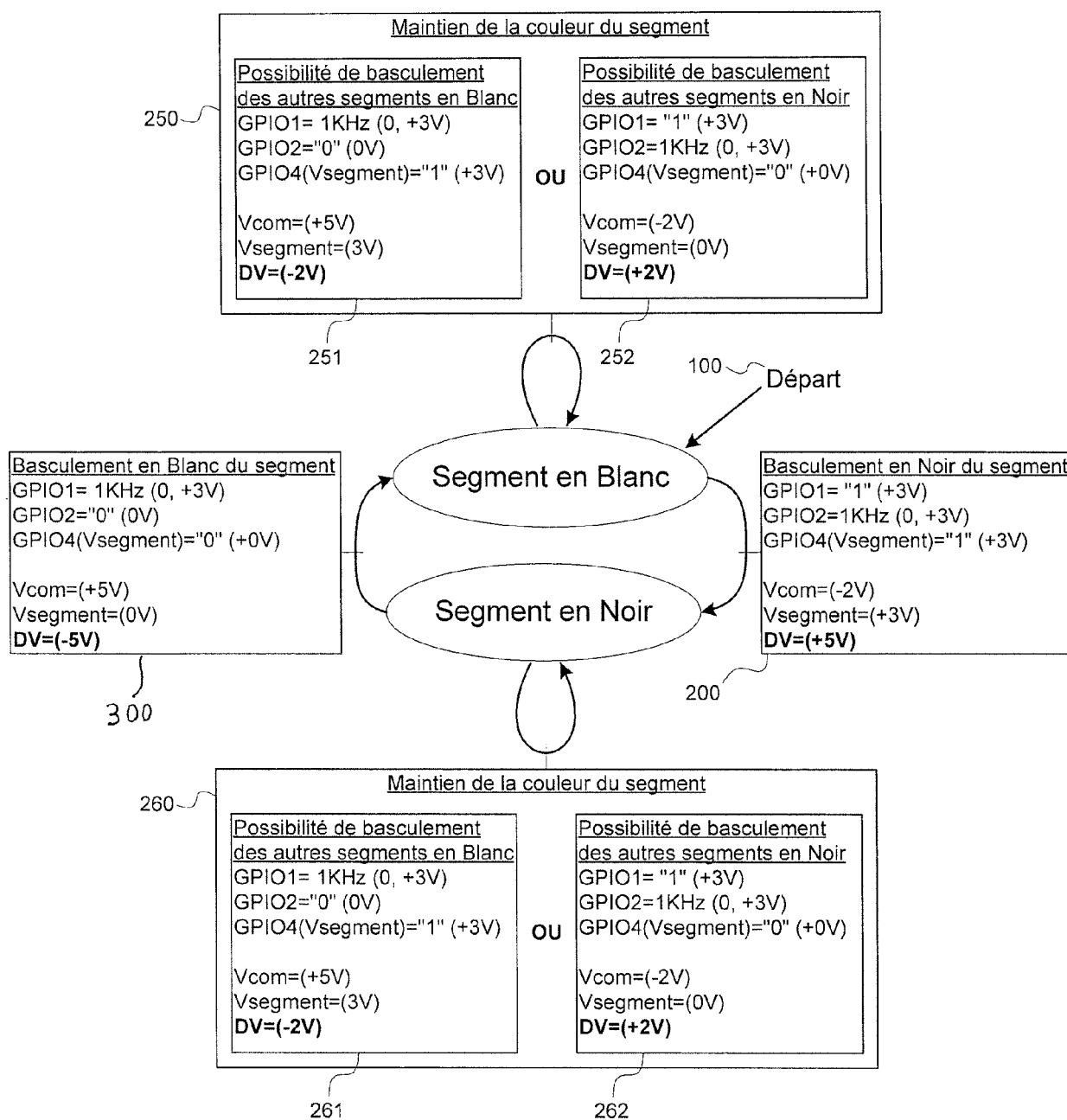


Fig. 8



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 16 30 6375

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2008/238900 A1 (SAITO HIDETOSHI [JP]) 2 octobre 2008 (2008-10-02)	1,9	INV. G09G3/34
Y	* abrégé; figures 1-3 * * alinéa [0064] - alinéa [0088] *	2-8,10,11	
Y	US 2008/273007 A1 (NG WAI HON [HK] ET AL) 6 novembre 2008 (2008-11-06) * abrégé; figures 9,10 * * alinéa [0008] * * alinéa [0015] * * alinéa [0023] * * alinéa [0042] *	2-8,10,11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G09G
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 24 mars 2017	Examineur Gonzalez Ordenez, O
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 16 30 6375

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

24-03-2017

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2008238900 A1	02-10-2008	CN 101276551 A	01-10-2008
		JP 5098395 B2	12-12-2012
		JP 2008242381 A	09-10-2008
		US 2008238900 A1	02-10-2008

		CN 101329838 A	24-12-2008
		KR 20080097939 A	06-11-2008
		TW 200903410 A	16-01-2009
		US 2008273007 A1	06-11-2008

EPO FORM P0460

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82