

# Comment piloter l'afficheur E-Paper d'Ynvisible

Proposé par Ynvisible

Cet article fournit des instructions sur la commande des afficheurs et l'intégration électrique de la technique E-paper (papier électronique) d'Ynvisible. Nous présenterons le matériel et le micrologiciel nécessaires au bon fonctionnement des afficheurs.

Les afficheurs E-paper (papier électronique) imprimés d'Ynvisible sont à très faible consommation d'énergie (**figure 1**) [1]. La tension de commande recommandée est de  $\pm 1,5$  V. Un centimètre carré de surface d'affichage active nécessite environ 1 mJ pour être activé. Cela correspond à environ 1 à 2  $\mu$ W/cm<sup>2</sup> pour un affichage toujours activé.

Les afficheurs sont fabriqués par des processus de lamination et de sérigraphie rouleau à rouleau. Ils sont non toxiques, exempts d'ITO (oxyde d'indium étain) et principalement constitués de plastique PET. Le substrat plastique et la production rouleau à rouleau permettent d'obtenir des afficheurs fins, flexibles, extensibles et très rentables. Commencez à utiliser le kit d'affichage E-paper d'Ynvisible [2].

## Contexte

La technique d'Ynvisible est simple à utiliser. C'est l'un des principaux facteurs de différenciation des autres techniques de papier électronique. Les E/S de la plupart des microcontrôleurs permettent de commander les afficheurs avec un minimum de composants. Appliquez une tension positive au segment d'affichage pour l'allumer ou appliquez une tension négative pour l'éteindre. La tension ne doit être appliquée que lorsque l'afficheur

s'allume ou se rafraîchit. Il existe différentes options, en fonction du cas d'utilisation et des conditions préalables du système, que nous allons aborder ici.

## Quelques faits

- La commande de l'afficheur devra être adaptée à la configuration finale de l'afficheur et au cas d'utilisation, mais

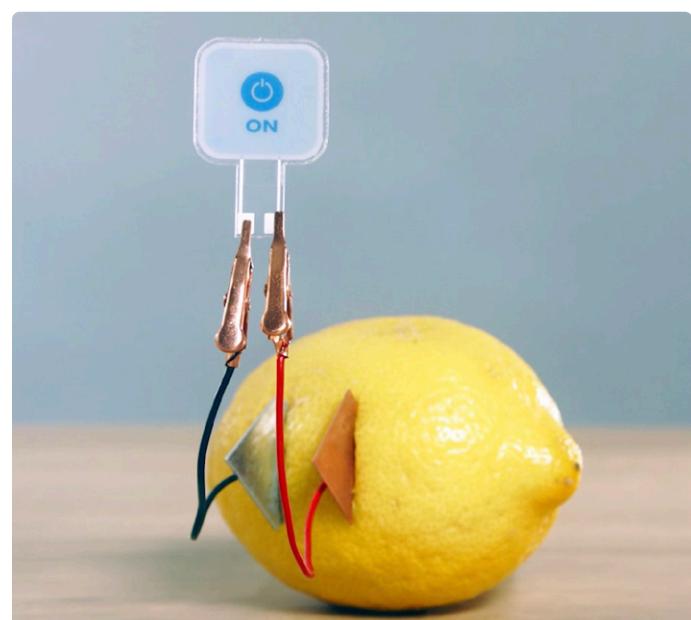


Figure 1. Les afficheurs imprimés E-paper d'Ynvisible sont à très faible consommation d'énergie.

les principes fondamentaux sont les mêmes pour tous les afficheurs d'Ynvisible.

- Les afficheurs sont commandés directement, une électrode par segment plus une électrode commune.
- Une tension positive appliquée à l'électrode commune active le segment.
- Une tension négative (ou un court-circuit entre l'électrode et l'électrode commune) éteint le segment.
- Une tension plus élevée offre une vitesse de commutation plus rapide, tandis qu'une tension plus faible assure une durée de vie plus longue.
- 1,5 V environ à travers le segment est un bon compromis entre la vitesse de commutation et la durée de vie.
- Il est recommandé de maintenir la tension au minimum si la vitesse de commutation n'est pas un souci. Une tension de 1,2 V est suffisante pour un contraste maximal.

### Pilote d'affichage et ressources d'Ynvisible

Ynvisible a conçu un pilote d'affichage [3] ainsi que des instructions et une bibliothèque [4] pour le prototypage rapide et pour les démonstrateurs. Veuillez consulter la fiche technique [5] pour plus d'informations, notamment les caractéristiques électriques et temporelles. Ynvisible offre également un adaptateur à 16 broches [6] pour une intégration aisée.

### Exemples de circuits

Il existe de nombreux exemples de circuits avec l'afficheur E-Paper d'Ynvisible. Ils ne nécessitent généralement aucun ou peu de composants supplémentaires. Toutes les suggestions sont basées sur un microcontrôleur avec des entrées/sorties qui peuvent fonctionner en mode haute impédance (High-Z) (presque tous les microcontrôleurs savent le faire).

### Circuit 1 (régulateur de tension)

Le circuit utilise un filtre passe-bas et un amplificateur opérationnel pour créer une référence variable sur l'électrode commune (voir **figure 2** et **tableau 1**). En ajustant la fréquence du signal MLI, il est possible de réguler la tension pour obtenir la tension de commande souhaitée. Ainsi, il est possible d'appliquer la tension correcte aux segments, indépendamment de la tension de fonctionnement du microcontrôleur. Les sorties qui pilotent les segments doivent être à un état de haute impédance pour maintenir l'image pendant les mises à jour.

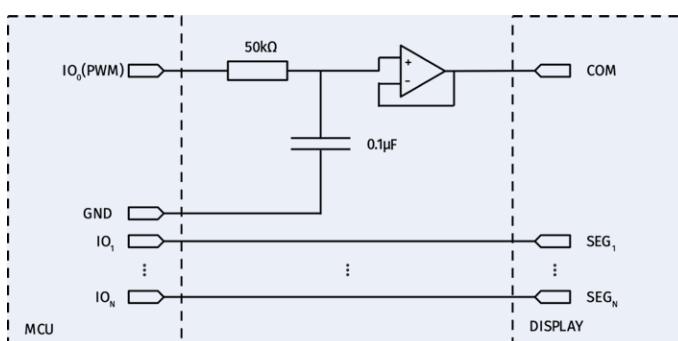


Figure 2. Un filtre passe-bas et un amplificateur opérationnel sont utilisés pour créer une référence variable sur l'électrode commune.

**Tableau 1. Caractéristiques des composants du circuit 1.**

Composant	Exemple	Valeur	Commentaire
Résistance		50 kΩ	Il est possible d'utiliser différentes valeurs de résistance en fonction de la fréquence PWM et du temps de réponse requis.
Condensateur		0,1 µF	Il est possible d'utiliser différents condensateurs en fonction de la fréquence PWM et du temps de réponse requis.
Amplificateur opérationnel	Texas Instruments TLV9001SIDBVR		Utilisé pour maintenir un potentiel COM stable pour différentes charges.

### Circuit 2 (sortie du CN/A sur électrode commune)

Si le microcontrôleur est doté d'un CN/A intégré, ce dernier peut servir de référence pour l'électrode commune (**figure 3**). Le CN/A remplace les composants externes du circuit 1. Les sorties qui pilotent les segments doivent être à un état de haute impédance pour maintenir l'image pendant les mises à jour.

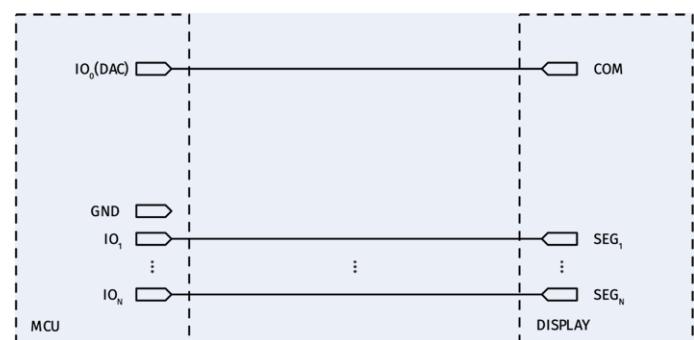


Figure 3. Le CN/A remplace les composants externes du circuit 1.

### Circuit 3 (2 niveaux variables à électrode commune)

Un diviseur de tension est formé avec R1 et R2 (voir **figure 4** et **tableau 2**). En mettant IO0 à l'état haut et IO1 à l'état bas, nous obtenons un premier niveau de tension sur l'électrode commune. Pour obtenir une deuxième tension, il faut mettre IO0 à l'état haut (HIGH) et IO1 à l'état bas (LOW). Les sorties qui pilotent les segments doivent être à un état de haute impédance (High-Z) pour maintenir l'image pendant les mises à jour.

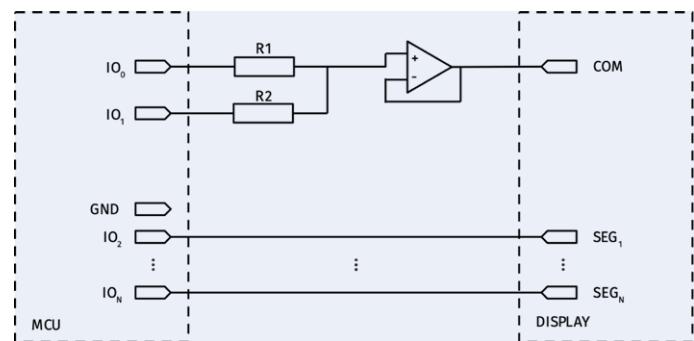


Figure 4. Diviseur de tension créé avec R1 et R2.

**Tableau 2. Suggestions de résistances pour différentes tensions d'alimentation permettant d'obtenir une commande de  $\pm 1,5$  V.**

Alimentation	R1	R2	Commentaire
1,8 V	30 k $\Omega$	6 k $\Omega$	
3 V	30 k $\Omega$	30 k $\Omega$	
3,3 V	30 k $\Omega$	36 k $\Omega$	
5 V	30 k $\Omega$	70 k $\Omega$	Les résistances doivent être sélectionnées pour créer un signal de commande de $+/-1,5$ V. D'autres paires de valeurs sont possibles, mais plus elles sont faibles, plus la consommation du circuit augmentera

### Circuit 4 (sorties numériques)

Cette approche ne nécessite aucun composant externe (figure 5). La tension sera limitée à la tension d'alimentation du microcontrôleur utilisé. La tension de commande idéale pour l'afficheur est de  $\pm 1,5$  V. Vous pouvez utiliser des tensions de 1,8 V et plus si les exigences de durée de vie sont limitées. Il est possible d'augmenter la durée de vie en ajoutant une résistance entre IO<sub>0</sub> et COM

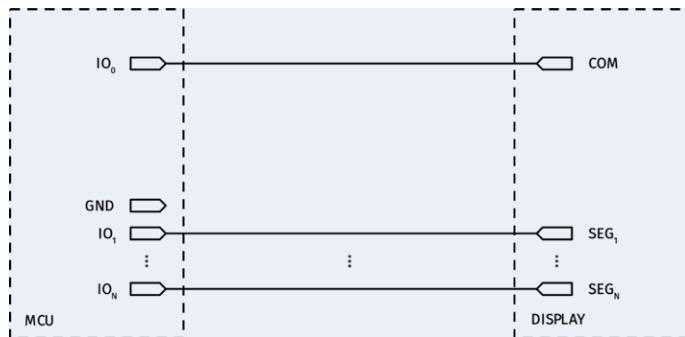


Figure 5. Cette approche ne nécessite aucun composant externe. La tension sera limitée à la tension d'alimentation du microcontrôleur utilisé.

## Méthodes de commande de l'afficheur E-Paper d'Ynvisible

Vous trouverez ci-dessous quelques suggestions de méthodes de commande différents (voir figure 6 et tableau 3). Nous indiquons également les suggestions de circuits décrites précédemment compatibles avec les méthodes de commande.

**Tableau 3. Définitions utilisées dans les systèmes de commande suivants.**

Convention	N° de segment	Définition
COM	-	Électrode commune
SEG (OFF - OFF)	1	Segments qui doivent être maintenus à l'état bas (OFF)
SEG (OFF - ON)	2	Segments qui doivent être activés (ON)
SEG (ON - OFF)	3	Segments qui doivent être désactivés (OFF)
SEG (ON - ON)	4	Segments qui doivent être maintenus à l'état activé (ON)

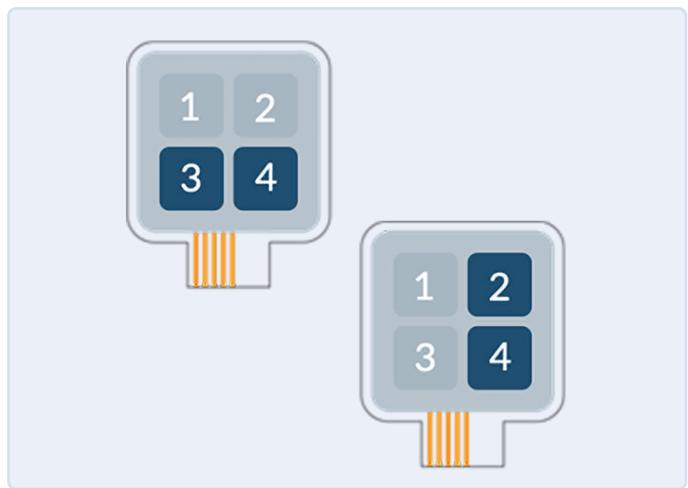


Figure 6. À gauche : avant la mise à jour; à droite : après la mise à jour.

### Méthode de commande A (compatible avec les circuits 1, 2 et 3)

Cette technique actualise l'afficheur en deux étapes (figure 7). Premièrement, certains segments sont désactivés en réglant la tension de l'électrode commune à 1,5 V et les électrodes des segments concernés à l'état bas (OFF, 0 V, ce qui fournit -1,5 V aux segments). Deuxièmement, certains segments sont activés en réglant la tension commune à  $V_{SUPPLY} - 1,5$  et les électrodes du segment concerné à l'état haut (HIGH,  $V_{SUPPLY}$ , ce qui fournit +1,5 V aux segments). Une impulsion de rafraîchissement plus courte est nécessaire au niveau des segments qui doivent être maintenus à l'état haut (ON). La séquence se termine par configurer toutes les sorties en haute impédance (HIGH-Z) pour maintenir l'état.

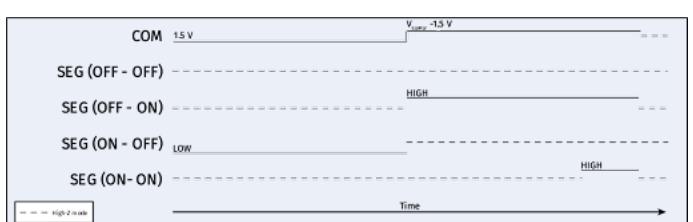


Figure 7. Chronogramme pour actualiser l'afficheur en deux étapes.

### Méthode de commande B (compatible avec les circuits 1, 2, 3 et 4)

Cette technique de commande actualise l'afficheur en deux étapes, comme avec la méthode de commande A, mais sans tension d'électrode commune variable (figure 8). Premièrement, certains segments sont désactivés en mettant l'électrode commune à l'état haut (HIGH) et les électrodes des segments concernés à l'état bas (LOW)/0 V (ce qui fournit - $V_{SUPPLY}$  aux segments). Deuxièmement, certains segments sont activés en mettant la tension commune au niveau bas et les électrodes des segments concernés à l'état haut (résultant en + $V_{SUPPLY}$  à travers les segments). Une impulsion de rafraîchissement plus courte doit être appliquée aux segments qui doivent être maintenus à l'état actif (ON). La séquence se termine par mettre toutes les sorties en haute impédance (High-Z) pour maintenir l'état. Si le système est à une basse tension ou si les exigences de durée de vie sont limitées, cette technique peut être une bonne option.

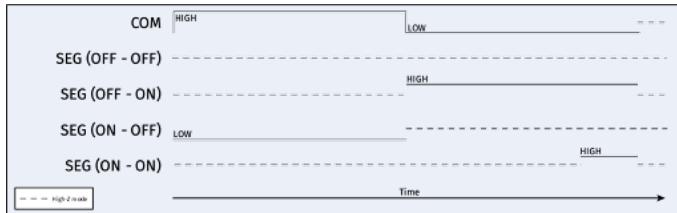


Figure 8. Cette technique de commande actualise l'afficheur en deux étapes, comme dans la méthode de commande A, mais sans tension d'électrode commune variable.

### Méthode de commande C (compatible avec les circuits 1, 2 et 3, si $|VON| + |VOFF| = VSUPPLY$ )

Cette technique de commande actualise l'afficheur en une seule étape (figure 9). Les segments sont activés et désactivés en même temps. Cela est possible en réglant la tension de l'électrode commune à une valeur comprise entre le niveau bas (LOW) et le niveau haut (HIGH), typiquement  $\pm 1,5$  V pour un système fonctionnant à 3 V, mais qui peut aussi être, par exemple,  $\pm 1$  V pour un système fonctionnant à 2 V. Ainsi, il est possible d'appliquer simultanément une tension positive et une tension négative aux segments respectifs. Une impulsion de rafraîchissement plus courte est nécessaire sur les segments qui doivent être maintenus à l'état haut (ON). La séquence se termine par le réglage de toutes les sorties en haute impédance (High-Z) pour maintenir l'état.

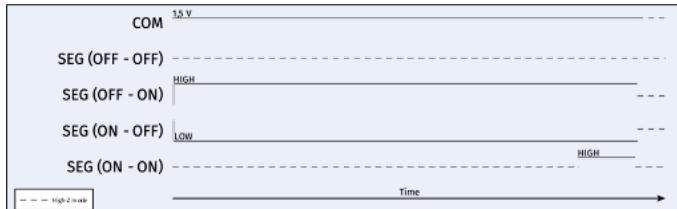


Figure 9. Ce processus de commande permet de mettre à jour l'afficheur en une seule étape.

### Méthode de commande D (compatible avec le circuit 4)

Cette technique de commande actualise l'afficheur en une seule étape (figure 10), tel que dans la méthode de commande C. L'afficheur est activé en appliquant un signal PWM à l'électrode commune pour simuler une masse virtuelle entre LOW et HIGH. Pour de nombreux microcontrôleurs, cette technique de commande provoque des pertes d'énergie importantes, ce qui entraîne une consommation d'énergie nettement supérieure à celle de la méthode de commande C. La séquence se

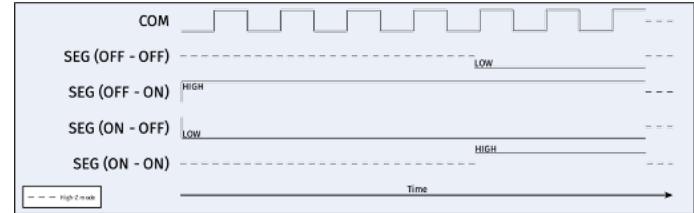


Figure 10. Ici l'afficheur est actualisé en une seule étape. L'afficheur est activé en appliquant un signal PWM à l'électrode commune.

termine par le réglage de toutes les sorties en haute impédance (High-Z) pour préserver l'état

### Méthode de commande E (compatible avec Circuit 4)

Cette technique de commande actualise l'afficheur en une seule étape comme dans la méthode de commande C, mais à la différence que la tension de désactivation est de 0 V (figure 11). La désactivation des segments avec 0 V est nettement plus lente que lorsqu'on applique une tension négative (par exemple -1,5 V). Pour cette raison, il faut un délai plus long pour que le segment à éteindre commute, par rapport aux segments à allumer. Une impulsion de rafraîchissement plus courte est nécessaire sur les segments qui doivent être maintenus à l'état haut (ON). La séquence se termine par la configuration de toutes les sorties en haute impédance (High-Z) pour maintenir l'état. Cette méthode permet de connecter l'électrode commune directement à la masse.

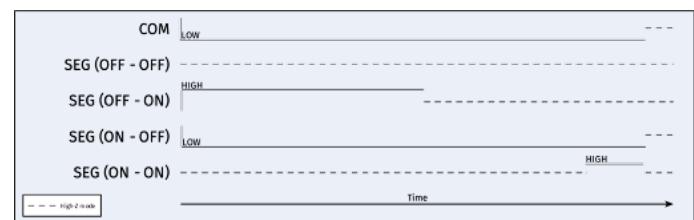


Figure 11. Cette technique de commande actualise l'afficheur en une seule étape, mais à la différence que la tension d'extinction est de 0 V.

## Conclusions

L'intégration et la commande des afficheurs E-paper d'Ynvisible sont relativement simples par rapport aux autres techniques d'affichage. Pour vous lancer dès maintenant, visitez la boutique d'Ynvisible [7] pour découvrir notre matériel disponible. N'hésitez pas à nous contacter (sales@ynvisible.com) si vous avez des questions..

220411-04

## LIENS

- [1] Exemples de consommation d'énergie : [www.ynvisible.com/segment-displays#Energy](http://www.ynvisible.com/segment-displays#Energy)
- [2] Kit d'affichage E-paper : [www.ynvisible.com/product/e-paper-display-kit](http://www.ynvisible.com/product/e-paper-display-kit)
- [3] Pilote d'affichage : [www.ynvisible.com/product/e-paper-display-driver](http://www.ynvisible.com/product/e-paper-display-driver)
- [4] Instructions et bibliothèque : [www.ynvisible.com/getting-started#driver](http://www.ynvisible.com/getting-started#driver)
- [5] Fiche technique : [www.ynvisible.com/datasheet](http://www.ynvisible.com/datasheet)
- [6] L'adaptateur à 16 broches proposé : [www.ynvisible.com/product/adapter](http://www.ynvisible.com/product/adapter)
- [7] Boutique d'Ynvisible : [www.ynvisible.com/shop](http://www.ynvisible.com/shop)