

# Aansturing van het e-paper display van Ynvisible

## Een bijdrage van Ynvisible

Dit artikel geeft aanwijzingen over het aansturen en de elektrische integratie van de e-paper displaytechnologie van Ynvisible. We introduceren zowel de hardware als de firmware die nodig is om de displays succesvol te laten werken.

De gedrukte e-paper displays van Ynvisible zijn extreem energiezuinig (**figuur 1**) [1]. De aanbevolen stuurspanning bedraagt  $\pm 1,5$  V en één vierkante centimeter actief display-oppervlak vereist ongeveer 1 mJ voor de activering. Dit komt neer op ongeveer  $1...2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  voor een always-on display.

De displays worden 'op de rol' vervaardigd met behulp van zeefdruk- en lamineerprocessen. Ze zijn niet-giftig, ITO-vrij en bestaan hoofdzakelijk uit PET-kunststof. Het plastic substraat en de productie op de rol betekenen dunne, flexibele, schaalbare en zeer kosteneffectieve displays. Voor een eerste kennismaking kun je de e-paper display kit [2] van Ynvisible gebruiken.

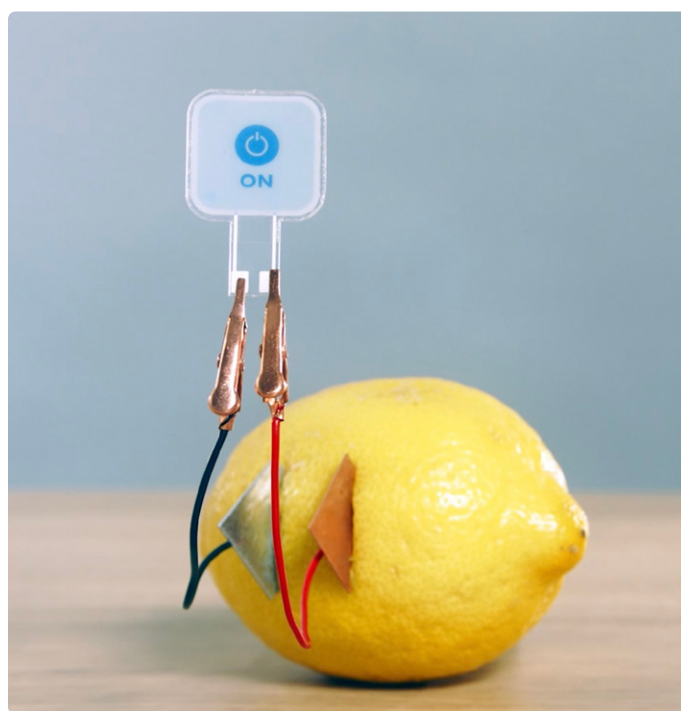
## Achtergrond

De displays van Ynvisible zijn zeer eenvoudig aan te sturen. Dat is een van de belangrijkste verschillen met andere e-paper technologieën. De GPIO's in de meeste MCU's kunnen de displays aansturen met een minimum aan extra componenten. Zet een positieve spanning op het displaysegment om het in te schakelen en leg een negatieve spanning aan (of sluit het kort) om het uit te schakelen. De spanning hoeft alleen te worden aangelegd als het display omschakelt of wordt ververs. Er zijn enkele verschillende opties,

afhankelijk van de toepassing en de systeemvereisten, die we hieronder behandelen.

## Wetenswaardigheden

- De aansturing van het display moet worden aangepast aan het uiteindelijke displayontwerp en de toepassing, maar de fundamentele principes zijn dezelfde voor alle Ynvisible-displays.



Figuur 1. De geprinte e-paper displays van Ynvisible zijn extreem energiezuinig.

- De displays worden rechtstreeks aangestuurd: één elektrode per segment plus één gemeenschappelijke elektrode.
- Een positieve spanning ten opzichte van de gemeenschappelijke elektrode schakelt het displaysegment in.
- Een negatieve spanning (of kortsluiting van de werkelektrode tegen de gemeenschappelijke elektrode) schakelt het segment uit.
- Een hoger spanningsniveau maakt sneller schakelen mogelijk, terwijl een lagere spanning een langere levensduur betekent.
- De typische aanbeveling is  $\pm 1,5$  V over een segment voor een goede balans tussen schakelsnelheid en levensduur.
- Het verdient aanbeveling de spanning tot een minimum te beperken als de schakelsnelheid geen rol speelt. 1,2 V is al voldoende om het maximale contrast te bereiken, en het is mogelijk om de gemeenschappelijke elektrode en de werkelektrode tegen elkaar kort te sluiten ( $\approx 0$  V) om het segment uit te schakelen.

### De displaydriver en resources van Ynvisible

Ynvisible heeft een displaydriver [3] ontwikkeld, plus instructies en een bibliotheek [4] voor snelle prototypes en demonstraties. Zie de datasheet [5] voor meer informatie, inclusief elektrische en timing-specificaties. Er is ook een 16-pins adapter [6] verkrijgbaar voor gemakkelijke flex-to-pin integratie.

### Aanbevolen schakelingen

Er zijn vele manieren om het Ynvisible e-paper display aan een schakeling toe te voegen. Meestal zijn er geen of uiterst weinig extra componenten nodig. Alle suggesties zijn gebaseerd op een MCU met IO's die hoogohmig (high-Z) kunnen worden gemaakt (bijna alle MCU's bieden deze mogelijkheid).

#### Schakeling 1 (met spanningsregelaar)

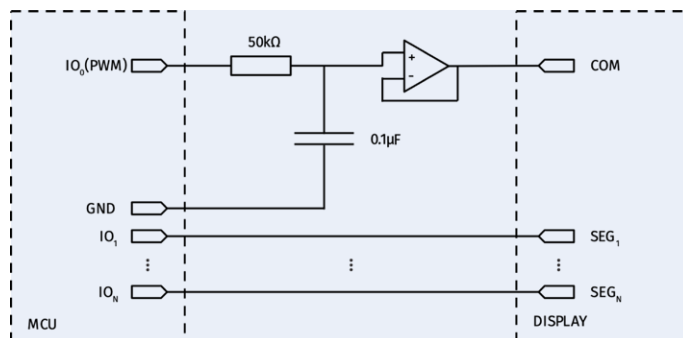
We gebruiken een laagdoorlaatfilter en een opamp om een variabele virtuele massa op de gemeenschappelijke elektrode te creëren (zie **figuur 2** en **tabel 1**). Door de frequentie van het PWM-sigitaal aan te passen, kan de spanning worden aangepast aan de gewenste stuurspanning. Zo kan de juiste spanning op de segmenten worden gezet, ongeacht de voedingsspanning van de MCU. De IO's moeten hoogohmig zijn om de weergave tussen de updates te handhaven.

#### Schakeling 2 (DAC-uitgang naar gemeenschappelijke elektrode)

Als de MCU een ingebouwde DAC heeft, kan deze worden gebruikt als virtuele massa voor de gemeenschappelijke elektrode (**figuur 3**). De DAC vervangt de externe componenten van schakeling 1. De IO's moeten hoogohmig zijn om de weergave tussen de updates te handhaven.

#### Schakeling 3 (2 spanningsniveaus voor gemeenschappelijke elektrode)

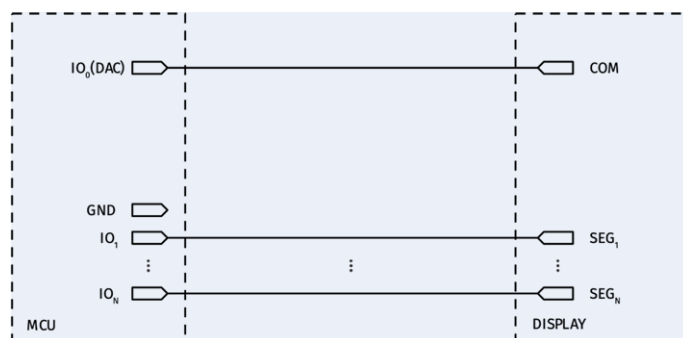
R1 en R2 vormen een spanningsdeler (zie **figuur 4** en **tabel 2**). Door IO0 hoog en IO1 laag te maken, wordt een eerste spanningsniveau op de gemeenschappelijke elektrode gezet. Het tweede niveau wordt verkregen door IO0 laag en IO1 hoog te maken. De IO's moeten hoogohmig zijn om de weergave tussen de updates te handhaven.



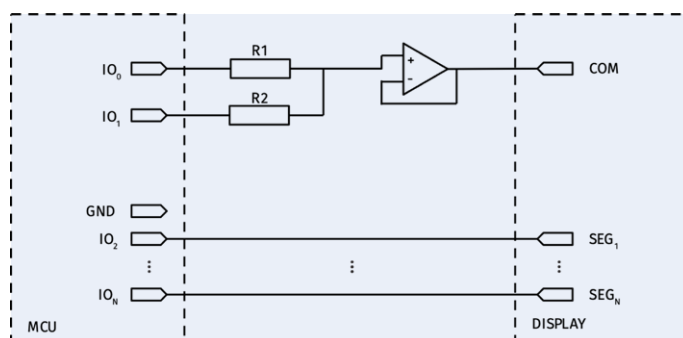
Figuur 2. Met een laagdoorlaatfilter en een opamp wordt een variabele virtuele massa gemaakt voor de gemeenschappelijke elektrode.

Tabel 1. Specificaties van de componenten van schakeling 1.

| Component   | Voorbeeld                       | Waarde eenheid | Opmerkingen                                                                                                          |
|-------------|---------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Weerstand   |                                 | 50 kΩ          | Afhankelijk van de PWM-frequentie en de vereiste reactietijd kunnen verschillende weerstandswaarden worden gebruikt. |
| Condensator |                                 | 0.1 μF         | Afhankelijk van de PWM-frequentie en de vereiste reactietijd kunnen verschillende condensatoren worden gebruikt.     |
| Opamp       | Texas Instruments TLV9001SIDBVR |                | Wordt gebruikt om een stabiel COM-potentiaal te handhaven bij verschillende belastingen.                             |



Figuur 3. De DAC vervangt de externe componenten van schakeling 1.



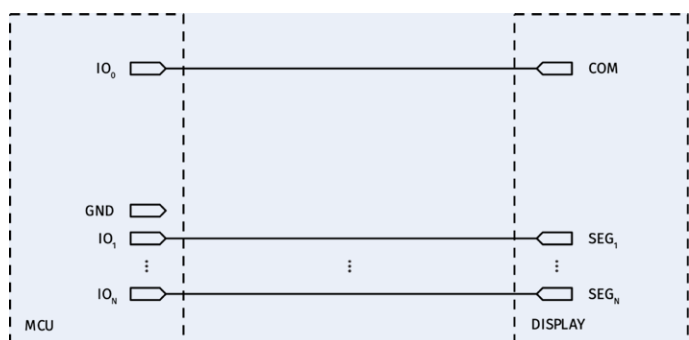
Figuur 4. Met R1 en R2 wordt een spanningsdeler gemaakt.

**Tabel 2. Weerstanden voor verschillende voedingsspanningen om  $\pm 1,5$  V aansturing bij verschillende spanningsniveaus te bereiken.**

| Voedings-spanning | R1            | R2            | Opmerkingen                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------|---------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1,8 V             | 30 k $\Omega$ | 6 k $\Omega$  | De weerstanden moeten zodanig worden gekozen dat er een spanningsdeler ontstaat met een offsetspanning van 1,5 V. Andere weerstandscombinaties zijn mogelijk. Een kleinere weerstandswaarde leidt echter tot meer lekstromen. |
| 3 V               | 30 k $\Omega$ | 30 k $\Omega$ |                                                                                                                                                                                                                               |
| 3,3 V             | 30 k $\Omega$ | 36 k $\Omega$ |                                                                                                                                                                                                                               |
| 5 V               | 30 k $\Omega$ | 70 k $\Omega$ |                                                                                                                                                                                                                               |

### Schakeling 4 (digitale uitgangen)

Bij deze aanpak zijn geen externe componenten nodig (figuur 5). De spanning wordt beperkt tot de voedingsspanning van de gebruikte MCU. De ideale stuurspanning voor het display is  $\pm 1,5$  V. Spanningen van 1,8 V en hoger kunnen worden overwogen als de levensduur van ondergeschikt belang is. Het toevoegen van een weerstand tussen IO0 en COM kan de levensduur ook verlengen.



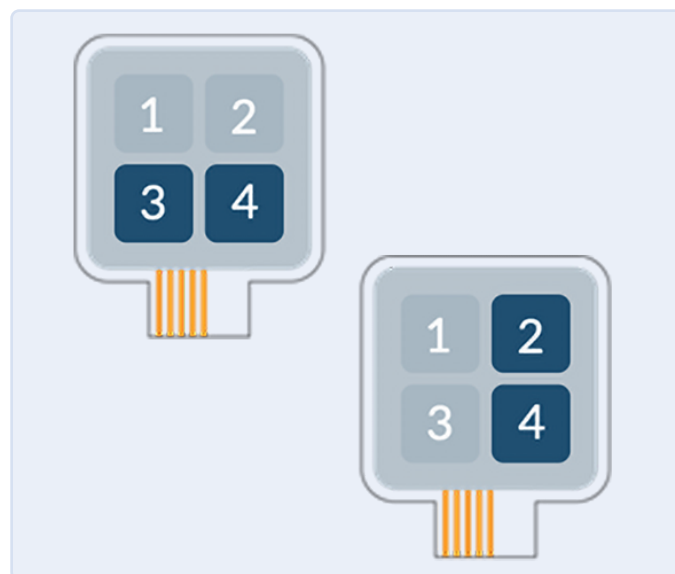
Figuur 5. Bij deze aanpak zijn geen externe componenten nodig. De spanning blijft beperkt tot de voedingsspanning van de gebruikte MCU.

### Scenario's voor de aansturing

Hieronder geven we enkele suggesties voor het aansturen van het Ynvisible e-paper (zie figuur 6 en tabel 3). We geven ook aan welke hierboven beschreven voorbeeldschakelingen compatibel zijn met deze scenario's.

**Table 3: Definition of the conventions used in the following driving schemes.**

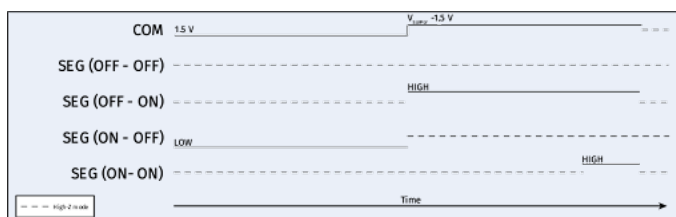
| Conventie       | Segment nr. in figuur | Definitie                                  |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------------------|
| COM             | -                     | Gemeenschappelijke elektrode               |
| SEG (OFF - OFF) | 1                     | Segmenten die uitgeschakeld moeten blijven |
| SEG (OFF - ON)  | 2                     | Segmenten die moeten worden ingeschakeld   |
| SEG (ON - OFF)  | 3                     | Segmenten die moeten worden uitgeschakeld  |
| SEG (ON - ON)   | 4                     | Segmenten die ingeschakeld moeten blijven  |



Figuur 6. Links: voor de refresh. Rechts: na de refresh.

### Scenario A (compatibel met schakelingen 1, 2 en 3)

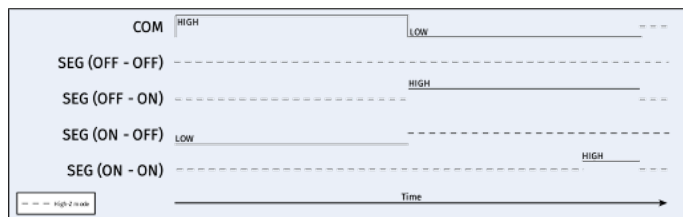
Dit schema werkt het display in twee stappen bij (figuur 7). Eerst worden sommige segmenten uitgeschakeld door de gemeenschappelijke elektrode aan 1,5 V te leggen en de relevante segmentelektroden laag/0 V te maken (wat resulteert in  $-1,5$  V over de segmenten). Dan worden sommige segmenten ingeschakeld door de gemeenschappelijke aansluiting aan  $V_{\text{SUPPLY}} - 1,5$  te leggen en de relevante segmentelektroden aan hoog/ $V_{\text{SUPPLY}}$  (wat resulteert in  $+1,5$  V over de betreffende segmenten). Een kortere refreshpuls is nodig voor de segmenten die in de ON-status moeten blijven. Het proces eindigt met het hoogohmig maken van alle signalen om de toestand te handhaven.



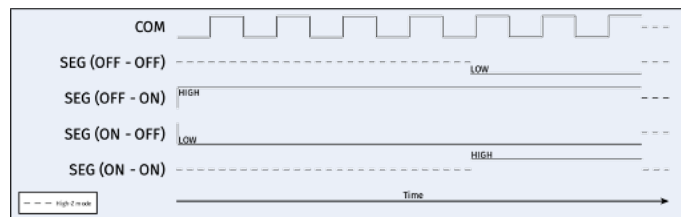
Figuur 7. Dit scenario werkt het scherm in twee stappen bij.

### Scenario B (compatibel met schakelingen 1, 2, 3 en 4)

Dit scenario werkt het display in twee stappen bij, zoals in scenario A, maar zonder variabele gemeenschappelijke elektrodespanning (figuur 8). Eerst worden sommige segmenten uitgeschakeld door de gemeenschappelijke elektrode hoog te maken en de relevante segmentelektroden laag/0 V (wat resulteert in  $-V_{\text{SUPPLY}}$  over de segmenten). Vervolgens worden sommige segmenten ingeschakeld door de gemeenschappelijke aansluiting laag te maken en de betreffende segmentelektroden hoog (wat resulteert in  $+V_{\text{SUPPLY}}$  over de segmenten). Een kortere refreshpuls is nodig voor de segmenten die in de ON-status moeten blijven. Het proces eindigt met het hoogohmig maken van alle signalen om de toestand te handhaven. Als het systeem bij een lage spanning werkt of als de levensduur van ondergeschikt belang is, kan dit een goede optie zijn.



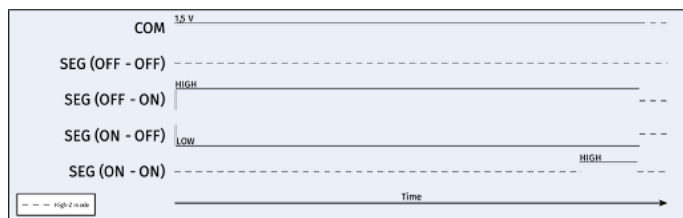
Figuur 8. Dit scenario werkt het display in twee stappen bij, zoals scenario A, maar zonder variabele spanning op de gemeenschappelijke elektrode.



Figuur 10. Dit scenario werkt het display in één stap bij. Het display wordt ingeschakeld door een PWM-sigitaal aan te leggen op de gemeenschappelijke elektrode.

### Scenario C (compatibel met schakelingen 1, 2 en 3, indien $|V_{ON}| + |V_{OFF}| = V_{SUPPLY}$ )

Dit scenario werkt het display in één enkele stap bij (figuur 9). De segmenten worden tegelijkertijd in- en uitgeschakeld. Dit wordt mogelijk gemaakt door de gemeenschappelijke elektrode in te stellen op een spanning tussen laag en hoog, gewoonlijk  $\pm 1,5$  V voor een 3V-systeem, maar bijvoorbeeld ook  $\pm 1$  V voor een 2V-systeem. Op die manier kan tegelijkertijd een positieve en een negatieve spanning op de betreffende segmenten worden gezet. Een kortere refreshpuls is nodig voor de segmenten die in de ON-status moeten blijven. Het proces eindigt met het hoogohmig maken van alle signalen om de toestand te handhaven.



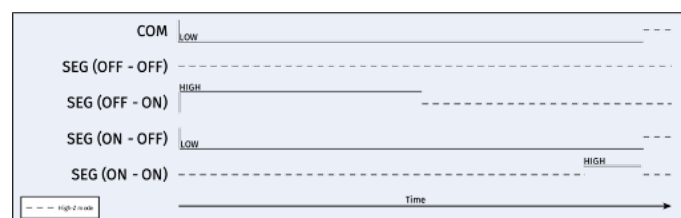
Figuur 9. Dit scenario werkt het display in één enkele stap bij.

### Scenario D (compatibel met schakeling 4)

Dit scenario werkt het display in één stap bij (figuur 10), net als scenario C. Het display wordt ingeschakeld door een PWM-sigitaal aan te leggen op de gemeenschappelijke elektrode om een virtuele massa tussen laag en hoog te simuleren. Bij veel MCU's veroorzaakt deze aanpak aanzienlijke lekstromen, wat leidt tot een aanzienlijk hoger energieverbruik dan scenario C. Het proces eindigt met het hoogohmig maken van alle signalen om de toestand te handhaven.

### Scenario E (compatibel met schakeling 4)

Dit scenario werkt het display in één enkele stap bij zoals scenario C, maar met dit verschil dat de uitschakelspanning 0 V is (figuur 11). Het uitschakelen van de segmenten met 0 V is aanzienlijk trager dan het aanleggen van een negatieve spanning (bijvoorbeeld  $-1,5$  V). Daarom duurt het langer voordat het segment dat moet worden uitgeschakeld daadwerkelijk omschakelt (vergeleken met de segmenten die moeten worden ingeschakeld). Een kortere refreshpuls is nodig voor de segmenten die in de ON-status moeten blijven. Het proces eindigt met het hoogohmig maken van alle signalen om de toestand te handhaven. In dit scenario kan de gemeenschappelijke elektrode rechtstreeks aan massa worden gelegd.



Figuur 11. Dit scenario werkt het display in één enkele stap bij, maar met het verschil dat de uitschakelspanning 0 V bedraagt.

## Samenvattend

Het integreren en aansturen van de e-paper displays van Ynvisible is relatief eenvoudig in vergelijking met andere display-technologieën. Bezoek de Ynvisible Store [7] om direct aan de slag te gaan met de hardware die we in de aanbieding hebben. En aarzel niet om bij vragen contact op te nemen met [sales@ynvisible.com](mailto:sales@ynvisible.com). 

220411-03

## WEBLINKS

- [1] Voorbeelden van het energieverbruik: [www.ynvisible.com/segment-displays#Energy](http://www.ynvisible.com/segment-displays#Energy)
- [2] E-paper Display Kit: [www.ynvisible.com/product/e-paper-display-kit](http://www.ynvisible.com/product/e-paper-display-kit)
- [3] Displaydriver: [www.ynvisible.com/product/e-paper-display-driver](http://www.ynvisible.com/product/e-paper-display-driver)
- [4] Handleiding en bibliotheek: [www.ynvisible.com/getting-started#driver](http://www.ynvisible.com/getting-started#driver)
- [5] Datasheet: [www.ynvisible.com/datasheet](http://www.ynvisible.com/datasheet)
- [6] 16-pin adapter : [www.ynvisible.com/product/adapter](http://www.ynvisible.com/product/adapter)
- [7] De Ynvisible Store: [www.ynvisible.com/shop](http://www.ynvisible.com/shop)