

Onverwachte mogelijkheden van e-paper

Voor meer bruikbaar dan alleen de e-reader

Ruim 10 jaar geleden kwamen de eerste displays op de markt op basis van e-paper. In eerste instantie waren ze bedoeld om kranten en boeken in een elektronische variant te kunnen uitgeven. Ondertussen zien we dat e-paper is uitgegroeid tot een displayvorm die ongekende mogelijkheden biedt en bruikbaar is voor veel meer dan alleen de rechtstreekse vervanging van papier.



In de jaren 90 van de vorige eeuw ontwikkelde Joseph Jacobson de eerste echt bruikbare vorm van e-paper. Ondertussen is zijn bedrijf E Ink een belangrijke speler op de markt en maakt men films waarmee displays gemaakt kunnen worden.

De meeste mensen kennen e-paper van de diverse e-readers die overal te koop zijn. Bijna allemaal zijn ze uitgerust met dezelfde displaytechnologie, maar aangezien men e-paper in verschillende kwaliteiten kan maken, zijn er duidelijke verschillen zichtbaar tussen de diverse e-readers. Wat menigen niet weet, is dat er ook e-paper gemaakt wordt voor industrieel gebruik. Deze vorm van e-paper is nog beduidend beter dan de displays van de duurdere e-readers. Industrieel gebruik vraagt namelijk dat de resolutie zeer hoog moet zijn bij een zeer goede leesbaarheid. Ook met leesapparatuur zoals barcodelezers moet namelijk het e-paper te lezen zijn. Juist deze industriële versies van e-paper zijn interessant voor een groot aantal toepassingen waar nu bijvoorbeeld LC-displays ingezet worden en zaken als leesbaarheid en vandaalbestendigheid een rol spelen. In alle gevallen geldt dat e-paper één heel belangrijk pluspunt heeft, namelijk het energiegebruik. Ten opzichte van een TFT-scherm is dat aanzienlijk lager omdat e-paper geen achtergrondverlichting nodig heeft. Op plekken waar voldoende omgevingslicht aanwezig is, is e-paper daardoor altijd energiebewuster. Wordt daarentegen het display op een plek zonder achtergrondverlichting gebruikt, dan vervalt dit energievoordeel omdat het scherm dan op de een of andere manier aangelicht moet worden. Wel blijft over het energievoordeel dat ontstaat doordat e-paper niet vele malen per seconde herschreven hoeft te worden.

Een hele belangrijke factor is de leesbaarheid in direct zonlicht. Allemaal weten we dat een TFT-scherm dan niet leesbaar is. Bij e-paper is dit precies andersom. Hoe meer licht er op valt, hoe beter het display afleesbaar is (zie de kopfoto).

De enige factoren die eventueel de leesbaarheid kunnen beïnvloeden zijn reflectie van licht op een eventuele glas- of kunststoffen plaat die over het display gelegd is en het feit dat grote witte vlakken wel eens heel erg kunnen schitteren wanneer er grote hoeveelheden zonlicht direct op valt.

Hoe werkt het

Een display opgebouwd met e-paper bestaat uit twee belangrijke delen, namelijk de e-paperfilm en de elektronica om het display aan te sturen. De film bestaat uit twee lagen flexibel kunststof met daartussen duizenden microcapsules gevuld met een vloeistof waarin witte en zwarte geladen deeltjes zweven. Doordat de witte en zwarte deeltjes een verschillende lading hebben, kan met een extern veld er voor gezorgd worden dat of de witte of de zwarte deeltjes zich boven in de capsule bevinden (zie figuur 1). De boven- en onderkant van de film is uitgevoerd als een elektrode met de gewenste pixelmatrix (figuur 2). Hierbij is de bovenste lichtdoorlatend met als gevolg dat licht dat op de film valt gereflecteerd wordt op de plekken waar de witte deeltjes boven liggen en geabsorbeerd wordt op de plekken waar de zwarte deeltjes boven liggen. Tekst, tekeningen en foto's worden zo zichtbaar.

Een belangrijke eigenschap van de bolletjes is dat ze bistabiel zijn. Dit wil zeggen dat het voldoende is om het elektrisch veld even actief te hebben. Nadat de bolletjes naar de gewenste kant van de film zijn gegaan, kan

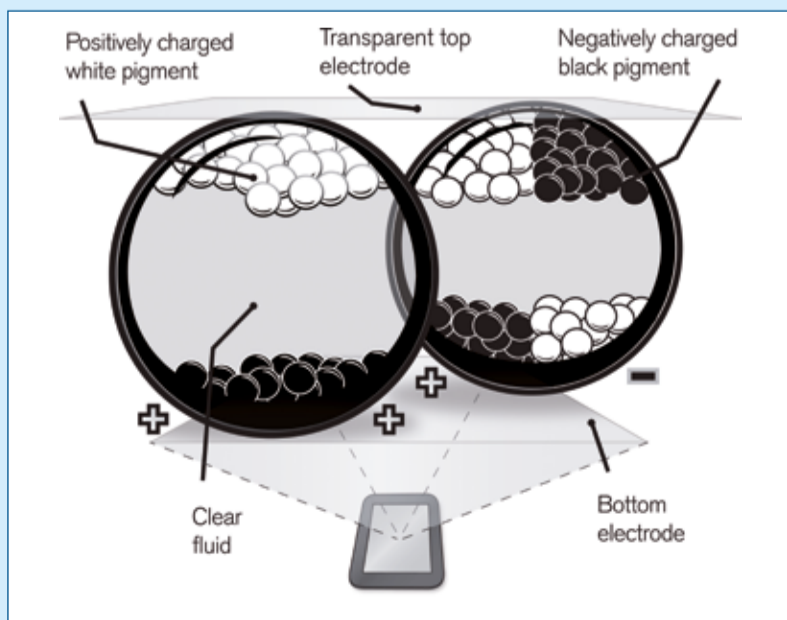
het veld uitgeschakeld worden en blijft de situatie gehandhaafd totdat er opnieuw een veld aangelegd wordt. Dit maakt dan ook dat e-paper zeer zuinig met energie om gaat. Alleen als er iets anders op het scherm weergegeven moet worden, wordt er energie gebruikt. E-paper is wat dit punt betreft te vergelijken met normaal papier. Hier wordt immers ook alleen maar energie gebruikt tijdens het drukproces.

De pixelmatrix moet natuurlijk nog wel aangestuurd worden. Densitron Displays en Pervasive Displays zijn o.a. firma's die de films van E Ink voorzien van de juiste elektronica zodat het display veel gemakkelijker is aan te sturen. Zij bouwen de e-paper-film in een display dat via een SPI-bus is aan te sturen. Figuur 3 toont het aansluitschema van een display van Pervasive. Naast de SPI-bus en een aantal controleaansluitingen zijn er een aantal condensatoren vereist voor het maken van ladingspompen voor het verkrijgen van de gewenste elektrische veldsterkte voor de pixels.

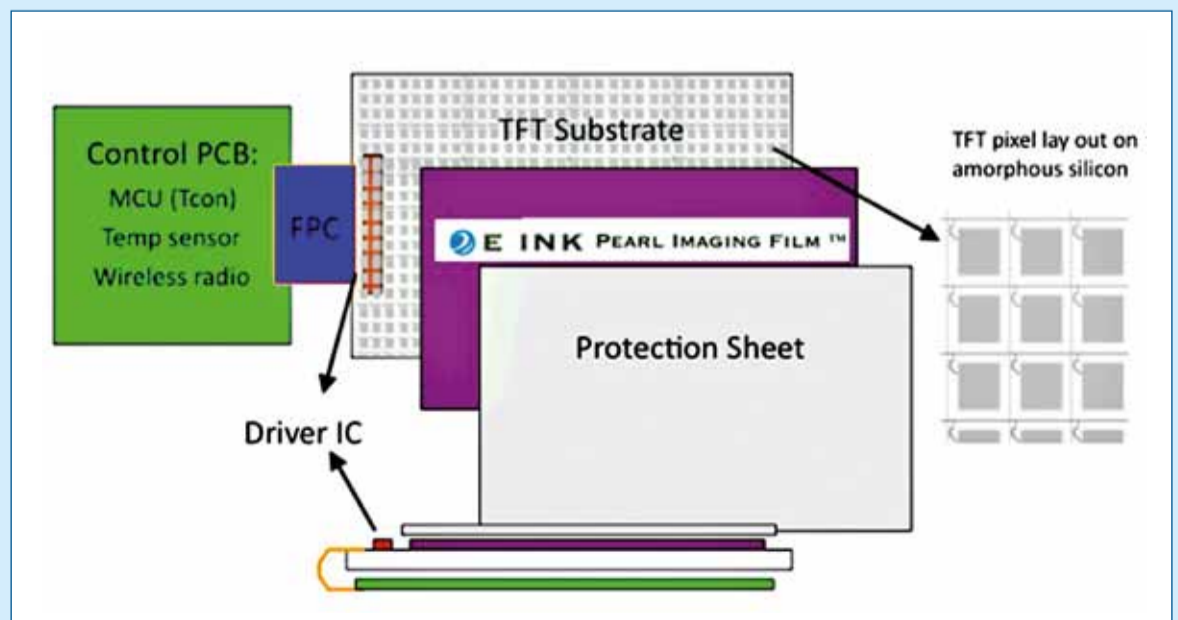
Toepassingen

E-paper is in principe alleen zwart/wit. Een pixel is namelijk of in de witte of in de zwarte toestand. Grijswaarden moeten dan ook op dezelfde manier verkregen worden zoals vroeger bij krantenfoto's gedaan werd. Gezien de hoge resolutie van de hedendaagse displays levert dit goede plaatjes op, ook van foto's en tekeningen.

Doordat het veranderen van een pixel enige tijd in beslag neemt, is helaas een e-paper-display niet geschikt voor het weergeven van video. Dit is een duidelijke beperking. Misschien dat men in de komende jaren hier een oplossing voor weet te vinden, maar voorlopig moeten we dan ook hiermee leren leven. Daar staat dan wel tegenover dat de weergave op het display blijft staan, ook als de voedingsspanning uitgeschakeld is. Dit is voor veel applicaties een duidelijk voordeel. Bedenk dat het display bij het uitschakelen van een apparaat actief op wit of zwart gezet moet worden.



Figuur 1. Microcapsules met witte en zwarte geladen deeltjes vormen de basis voor e-paper.



Figuur 2. De opbouw van een e-paper-display.

Doet u dit niet, dan zou de gebruiker kunnen denken dat het apparaat nog aan staat, omdat we niet gewend zijn dat een display de informatie vast blijft houden wanneer het apparaat uitgeschakeld wordt.

In principe kunnen er ook e-papers in kleur gemaakt worden. Men kan natuurlijk de witte deeltjes vervangen door gekleurde deeltjes om zo een display te maken dat bijvoorbeeld wit/rood is. Het schijnt zelfs mogelijk te zijn om te werken met drie verschillende deeltjes met elk een andere lading. Op de site van E Ink zijn hiervan al voorbeelden te vinden.

Een ander systeem gaat uit van een aparte film met minuscule rode, groene en blauwe vlakjes die over het display gelegd wordt. Het licht dat door een wit inktdeeltje gereflecteerd wordt, krijgt hierdoor een kleur en kan men RGB-plaatjes weergeven.

Ondanks dat er op internet al uitgebreid gesproken wordt over e-paper met kleurenweergave, blijkt men in de praktijk dit nog niet te kunnen leveren. Hierop moeten we dus nog even wachten.

Waar is e-paper uiteindelijk allemaal voor te gebruiken? Op deze vraag is lastig een antwoord te geven, omdat het aantal toepassingen legio is. Allereerst is een e-paper-display natuurlijk te gebruiken voor e-readers, maar wat dacht u van orderbonnen op kratten, prijskaartjes in de supermarkt, displays van batterijgevoede apparaten, waarschuwborden, etc. Op alle plekken waar nu een LCD of LED-display wordt toegepast, kan e-paper een mogelijk alternatief zijn. Zelfs voor grote displays is e-paper te gebruiken. Op dit moment maakt men displays met maten variërende van 1,44 inch tot ruim 10 inch, maar zoals u in figuur 4 kunt zien, kunnen er meerdere displays samen gebruikt worden om één groot display te vormen. Een aparte driver moet er daarbij voor zorgen dat het totale beeld opgedeeld wordt in segmenten die door elk display apart weergegeven worden. Dit is dezelfde techniek die men ook gebruikt bij de grote LED-schermen die toegepast worden bij o.a. evenementen.

Uw creativiteit is uiteindelijk bepalend voor dat wat u met e-paper allemaal kunt doen.

Buigen, maar niet barsten

Zoals gezegd bestaat e-paper uit twee lagen kunststof met daartussen de microcapsules met e-inkt. Samen vormen ze een flexibel geheel wat wil zeggen dat e-paper net als gewoon papier gebogen kan worden. In principe is de e-paper-film op een rond oppervlak aan te brengen. Technisch zou het kunnen, maar voorlopig kan dit nog niet omdat de film verwerkt moet worden in een display en dat is veel lastiger flexibel uit te voeren.

Opvallend zijn de mechanische eigenschappen. Op de site van E Ink staat een filmpje waarin getoond wordt dat e-paper-film behoorlijk vandaalbestendig is. Snijden, branden en zelfs gaten boren beïnvloed de werking slechts minimaal en ook het in brand zetten of het display in de magnetron doen heeft geen invloed op het beeld dat op het e-paper weergegeven wordt. Bij de magnetron moet wel opgemerkt

worden dat de geleidende delen niet tegen de straling bestand zijn. Deze branden wel weg waardoor het plaatje dus niet meer is te veranderen.

De vandaalbestendigheid geldt voor de film. Om ook het complete display vandaalbestendig te maken, heeft men uitvoeringen met een speciale afwerking.

Leesbaarheid

De leesbaarheid van e-paper is te vergelijken met die van gewoon papier. Met name komt dit naar voren bij het aflezen van het display bij veel (zon)licht. Daarnaast heeft het display een zeer grote afleeshoek, hetgeen in veel gevallen ook uiterst prettig is.

Door de hoge resolutie en het feit dat het display niet constant gerefreshed wordt, kan met elektronische leesapparatuur ook probleemloos weergegeven van bijvoorbeeld barcodes gelezen worden. Bij andere displays kan dit immers door Moiré of stroboscoopeffecten tot problemen leiden.

Aansturing

Omdat de displayfabrikanten het moeilijke werk voor ons uit handen hebben genomen en zij de aansturing van de pixelmatrix al op een intelligente manier verwerkt hebben, is het weergeven van tekst en plaatjes op een e-paper niet veel anders dan bij een LC-display.

De grootte van het display en daaraan gekoppeld de hoeveelheid data die weergegeven moet worden plus de vraag of het wenselijk is om de maximale snelheid te halen, bepalen wat voor soort processor ingezet moet worden om de uiteindelijke applicatie mee te bouwen. In veel gevallen hoeft dit geen echt krachtig systeem te zijn en kan zelfs het grootste display met een Arduino Uno gestuurd worden. Na alle initialisatie kan dan met bijvoorbeeld de instructie Serial.println informatie op het display weergegeven worden.

Tot slot

Juist door het feit dat de informatie blijft staan ook al is de voedingsspanning uitgeschakeld, maakt dat e-paper voor zeer specifieke applicaties is in te zetten. Dit geldt ook voor applicaties die een energiezuinig display vragen. Helaas is de snelheid van het display zeer laag waardoor bewegende beelden niet weergegeven kunnen worden. Hetzelfde geldt op dit moment eigenlijk ook nog voor kleur, alhoewel dit waarschijnlijk binnen een aantal jaren tot het verleden behoort.

Helaas is e-paper op dit moment nog wel duurder dan LCD's. Dit geldt zeer zeker voor de industriële versies. Bedenk daarbij wel dat e-paper vele voordelen heeft, met name als het gaat om de optische, elektrische eigenschappen. Een vergelijkbaar LCD is ook behoorlijk aan de prijs.

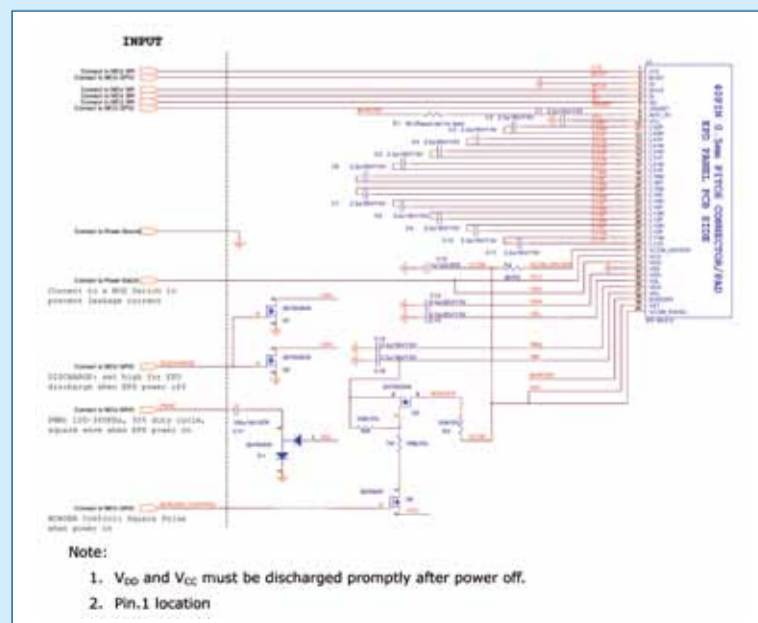
Al met al kan gesteld worden dat e-paper nu al zeer interessante opties biedt en we raden u dan ook aan om eens verder te duiken in de materie om te kijken of deze displaytechnologie misschien een betere optie is dan dat wat u nu zou willen gebruiken.

Voor meer informatie zie www.etotaal.nl/achtergrond.

Artikel "Onverwachte mogelijkheden van e-paper".

Ewout de Ruiter

Met dank aan Densitron en Comdes.



Figuur 3. De aansluitingen van een e-paper-display.



Figuur 4. Net als bij LCD's en LED-schermen, kunnen meerdere e-paper-displays ook samengevoegd worden tot één grote.