Stromsparende TFT-Displays

Vergissmeinnicht!

Alle Abbildungen HY-LINE Computer Components

Sind Displays vergesslich? Ja, so sehr, dass sie 60 Mal in der Sekunde daran erinnert werden müssen, welchen Inhalt sie anzeigen sollen. Doch es gibt ein Gegenmittel gegen die Vergesslichkeit: Die Memory-In-Pixel-Technologie, die den Inhalt aufrecht erhält, ohne dass das Display periodisch aufgefrischt werden muss.

Autor:
Rudolf Sosnowsky ist Technischer Leiter/Chief Technology Officer bei HY-LINE Computer Components Vertriebs GmbH in Unterhaching/ Germany

HY-LINE Computer Components Vertriebs GmbH
www.hy-line.de

Funktionsweise eines TFT-Displays

Der Vorteil eines TFT Aktiv-Matrix Displays gegenüber einem STN-Passiv-Matrix-Display liegt im deutlich gesteigerten Kontrast. Dieser wird unter anderem dadurch erzielt, dass jedes Pixel von einem eigenen Transistor angesteuert wird. Dadurch kann die Kurvenform der Ansteuerung steiler sein, das LCD-Material besser ausgesteuert werden, und der Kontrast steigt. Die Elektroden müssen sich dazu jedoch auf einem Halbleiter-Substrat befinden, im Gegensatz zum STN, wo eine einfache leitfähige Struktur ausreicht, die von außerhalb der Matrix angesteuert wird. Das Ansteuerungsprinzip für ein Punktmatrix-Display ist in beiden Fällen gleich: Sequentiell wird das Signal Zeile für Zeile an das Display gelegt, und an den Spalten stehen die Signale für Ein- und Ausschalten des entsprechenden Segments in der Zeile an.

Der Ansteuertransistor befindet sich am Kreuzungspunkt von Zeile und Spalte. Ein kleiner (in Halbleitertechnik aufgebauter) Kondensator speichert das Ansteuersignal, bis nach 1/60 s der Bildinhalt aufgefrischt wird. Diese Schaltung wird auch Sample-and-Hold-Schaltung genannt. Leider ist dessen Kapazität klein und die Ladung fließt durch Leckströme schnell ab. Daher muss bei jedem Scannen des Displays frische Energie nachgeliefert werden.

„Memory In Pixel"-Technologie

Eine logische Weiterentwicklung der Idee besteht darin, die Kombination von Transistor und Speicherkondensator durch einen Halbleiterspeicher zu ersetzen, der die Information hält, bis sie überschrieben wird, oder die Versorgungsspannung entfernt wird, siehe dazu Bild 1. Genau dies zeichnet die MIP- („Memory In Pixel")-Technologie aus.

Darstellung von Graustufen und Farbe

Anders als bei TFT, bei dem der analoge Spannungswert für ein Pixel in einem Kondensator gespeichert wird, kann die Speicherzelle für das Pixel nur zwei Zustände annehmen. Die Darstellung von mehreren Grau- oder Farbstufen ist daher nicht möglich. Bei einem Monochrom-Display können Graustufen nur durch Dithering dargestellt werden, d. h. abwechselnd weiße und schwarze Pixel erwecken den Eindruck einer Graustufendarstellung. Anders bei Farbdisplays: Ein spezielles Design der Pixelstruktur (siehe Bild 2) erlaubt es dennoch, vier unterschiedliche Graustufen oder Farbabstufungen pro Primärfarbe darzustellen. Jedes Pixel ist in zwei Subpixel mit unterschiedlichen Flächeninhalten unterteilt. Dadurch ist eine Gewichtung möglich, die unterschiedliche Intensitäten der Transmission oder Reflexion ermöglicht, siehe dazu Bild 3.

Allgemeine Merkmale und verfügbare Displays

Durch die sehr niedrige Leistungsaufnahme – selbst um Vergleich zu einem STN-Display nur 1/50 - eignet sich die Technologie speziell für batteriebetriebene Geräte, die netzunabhängig für mehrere Jahre in Betrieb sein müssen. Die Technologie baut auf einem TFT mit CGS-Technologie auf, wobei die zugrunde liegende Display-Technologie TN ist,

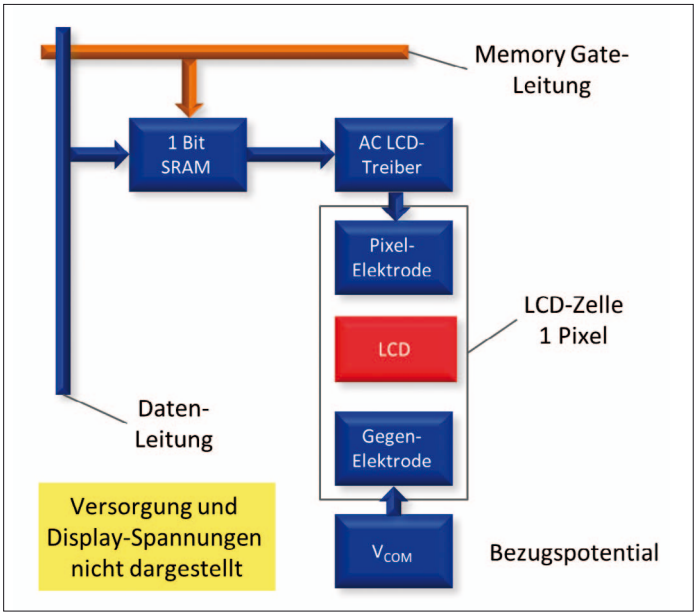

Bild 1: Funktionsprinzip MIP = Memory-in-Pixel

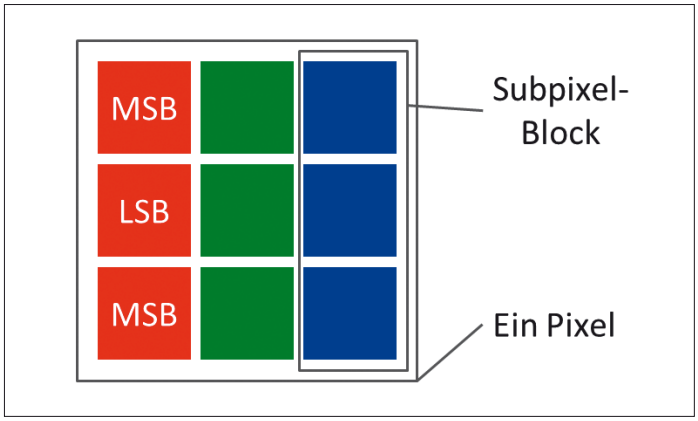

Bild 2: Aufbau eines RGB-Pixels

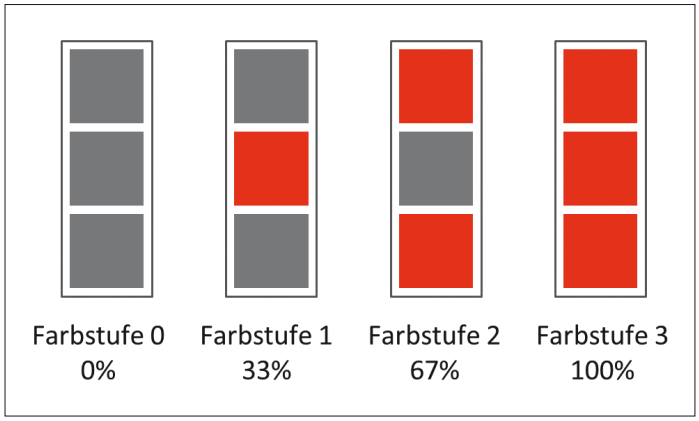

Bild 3: Ansteuerung der Farbstufen

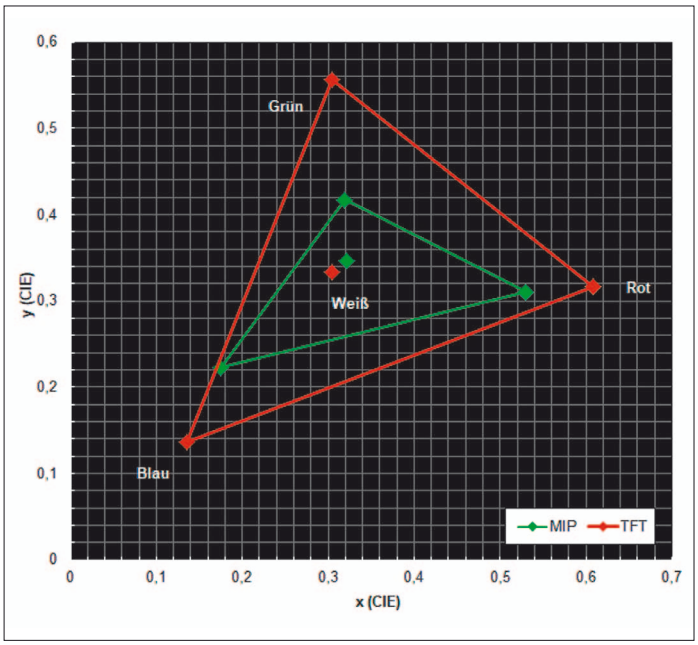

Bild 4: Vergleich der Farbkoordinaten

die im Vergleich mit anderen wie IPS mit sehr wenig Energie auskommt. Der Kontrast ist deutlich besser als bei einem STN-Display, weil die Pixel nicht gemultiplext werden. Mit kurzen Schaltzeiten eignet sich ein MIP-Display sogar für die Wiedergabe von Animationen und Video-Sequenzen. Das Interface ist sehr einfach und zeitunkritisch und daher von jedem Mikrocontroller ohne spezielle Hardwareunterstützung anzusteuern.

MIP-Displays sind in monochromer Ausführung und als Farbdisplays mit 64 Farben erhältlich. Farbdisplays werden meistens in „wearable" Applikationen eingesetzt und sind rund, während monochrome Versionen rechteckig sind, aber nicht unbedingt im Seitenverhältnis 4:3 geliefert werden. Die Diagonalen gehen von knapp über 1" bis zu 4,4" und Auflösungen bis zu 500 x 300. Die Displays sind grundsätzlich reflektiv oder schwach transmissiv ausgeführt, d. h. ohne Backlight, das in einem Display-System der größte Energie-Verbraucher ist.

Die optischen Eigenschaften sind auf die Verwendung im Umgebungslicht abgestimmt; mit einem leicht transmissiven Polfilter können sie bei schwachem Auflicht mit einem Backlight mit niedriger Stromaufnahme abgelesen werden. Durch den integrierten Speicher wird das Display quasi statisch angesteuert und muss nur bei einer Änderung des Inhalts aktualisiert werden.

Vergleich mit anderen Display-Technologien

Um die Eigenschaften eines MIP-Farbdisplays gegenüber anderen Technologien bewerten zu können, wurden ein STN-Modul und ein TFT-Modul herangezogen. Da 100 % kompatible Module nicht zur Verfügung stehen, wurden relativ vergleichbare Module ausgewählt.

Bild 4 zeigt die Farbkoordinaten des MIP und des TFT im Vergleich, wobei zu unterscheiden ist dass das MIP im reflektiven Betrieb arbeitet und das TFT transmissiv mit LED-Backlight. Da MIPs ohne Backlight geliefert werden, ist hier nur der Farbort des Farbfilters dargestellt, die tatsächlich sichtbare Farbe hängt von der Überlagerung des Farbfilters mit dem Spektrum des Backlights oder Auflichts ab.

Verschiedene Technologien im Vergleich

Bild 5 stellt Displays in verschiedenen Technologien einander gegenüber. Zum Vergleich wurden aus den Datenblättern die typischen Werte entnommen. Betreibt man das STN-Modul nur reflektiv, d. h. ohne Backlight, ist die Stromaufnahme 190 mW, während sie beim MIP im schlechtesten Betriebsfall bei 1,2 mW liegt – ein Faktor von 150. Das Backlight des flächenmäßig ähnlichen TFTs ist sparsam, das Display kann wegen seiner transmissiven Eigenschaft aber nicht ohne es betrieben werden. Alleine die Logik des TFTs benötigt den dreifachen Strom zum Betrieb. In den optischen

Parameter	MIP Sharp LS012B7DD06A	STN Data Image GM126401SFAYD	TFT Startek KD014QQTBN001
Beschreibung	1,19", 64 colour, 240 x 240	3,3", monochrom, 128 x 64	1,44", full colour, 128 x 128
Leistungsaufnahme Weiß/Schachbrett	11µW (kein Update) 30µW (update 1 Hz) 1200µW (update 30Hz) Kein Backlight (reflektiv)	Total ca. 1,6W (180cd/m²) Logik 5V x 3,8mA = 0,19W Backlight 4,2V x 330mA = 1,4W	Total ca. 68mW (140cd/m²) Logik 3,3V x 1,2mA = 3,96mW Backlight 3,2V x 20mA = 64mW
Kontrast	25:1	3:1	700:1
Blickwinkel/° (LRUD)	60 rundum (Kontrast = 2)	30/30/60/60 (Kontrast = 1,5)	60/60/30/60 (Kontrast = 10)
Farbraum (% NTSC)	18	-	40
Temperatur T_{op}	-20...+70°C	-20...+70°C	-20...+70°C

Bild 5: Vergleichstabelle MIP-STN-TFT

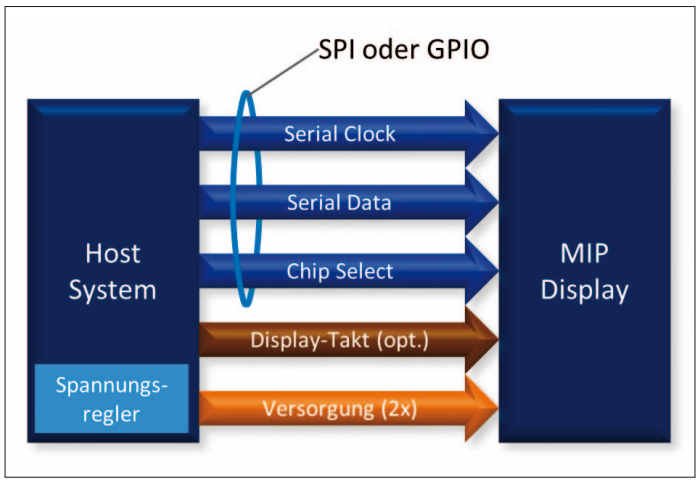

Bild 6: Schnittstelle eines MIP-Displays

Eigenschaften abgeschlagen liegt das STN-Display. Der Blickwinkel ist nur bei mäßigem Kontrast mit den anderen Displays vergleichbar. Bei der Leistungsaufnahme der Logik ist beim STN-Modul der Controller und der Framebuffer eingeschlossen, es braucht also wie das MIP im Gegensatz zum TFT nur einmalig beschrieben zu werden und stellt den Inhalt autark dar.

Systemintegration

Die elektrische Schnittstelle eines MIP ist relativ einfach. Da das Display die Informationen speichert, ist kein kontinuierlicher Refresh nötig, und die Daten können vom Timing her unkritisch über SPI oder eine Software-Schnittstelle an das Display übertragen werden. Dadurch eignen sich MIPs auch für leistungsschwache oder anderweitig ausgelastete Prozessoren, siehe dazu Bild 6.

In Hardware muss das Display mit zwei Spannungen für die Logik (typisch 3,3 V) und das Display selbst (typisch 5 V) versorgt werden. Da LCDs mit einer Wechselspannung betrieben werden müssen, um Elektrolysevorgänge innerhalb der Zelle auszuschließen, kann ein Displaytakt entweder über einen separaten Anschluss oder per Software erzeugt werden; er braucht nur in der Größenordnung von 1 Hz zu liegen.

Anwendungsbeispiele

Mit seiner extrem geringen Leistungsaufnahme kann das MIP-Display überall dort eingesetzt werden, wo Geräte aus leistungsschwachen Energiequelle versorgt werden müssen: Batterien, Solarzellen, durch „Energy Harvesting“ betriebene netzunabhängige Geräte. Geringe Leistungsaufnahme bedeutet auch, dass Energiequellen mit limitierter Kapazität sehr lange zur Versorgung eines MIP-Displays ausreichen. Durch den reflektiven Betrieb mit leichter Transmissivität kann ein Backlight temporär zur Beleuchtung im dunklen Umfeld zugeschaltet werden, im Normalfall jedoch ist das Display durch das Umgebungslicht ablesbar. Ähnlich wie ePaper ist die Ablesbarkeit in hoher Helligkeit am besten, das Display ist jedoch deutlich schneller und kann Videos und Animationen flüssig wiedergeben.

Fazit

Die an Stelle eines Kondensators verwendete Speicherzelle erlaubt, den Leistungsbedarf des Displays enorm zu reduzieren. Durch Reduktion der Framefrequenz kann die Stromaufnahme sogar bis auf wenige Mikrowatt reduziert werden. Die Ansteuerung bleibt dabei einfach genug, um vom Systemprozessor nur niedrige Rechenleistung zu fordern. Monochrom- und Farbtypen ermöglichen einer Vielzahl an Applikationen, trotz beschränkten Energiebudgets ein Display zur Visualisierung einzusetzen. Die Ablesbarkeit des reflektiven Displays kann bei Bedarf durch ein einfaches Backlight gesteigert werden.

Glossar

Aktiv-Matrix
Punktmatrix-Display, bei dem an den Kreuzungen von Zeilen und Spalten aktive Bauelemente, z. B. Transistoren, die Ansteuersignale verstärken → Passiv-Matrix

CGS
Continuous Grain Silicon; Silizium-Halbleitertechnologie als Trägermaterial für TFT-Displays. Silizium liegt hier in regelmäßiger statt amorpher Kristallstruktur vor.

MIP
Memory In Pixel; hier beschriebene Erweiterung der → Aktiv-Matrix-Technologie um ein Speicherelement an der Kreuzung von Zeilen und Spalten

Passiv-Matrix
Punktmatrix-Display, bei dem die an den Kreuzungen von Zeilen und Spalten resultierende Differenzspannung Flüssigkristalle beeinflussen und damit Bildinhalte sichtbar machen → Aktiv-Matrix

Reflektiv
Display-Aufbau, bei dem die Pixel im angesteuerten Zustand das einfallende Licht reflektieren und dadurch sich von denen im nicht angesteuerten Zustand unterscheiden → Transmissiv → Transflektiv

SPI
Serial Peripheral Interface; Schnittstelle, bei der die Daten seriell und durch einen Takt synchronisiert übertragen werden

STN
Super Twisted Nematic; üblicher Zellaufbau eines Passiv-Matrix LCDs; fortgeschrittene Version von → TN

TN
einfachste Flüssigkristall-Technologie → STN

TFT
Thin Film Transistor; gemeint sind → Aktiv-Matrix-Displays, die auf einem Halbleitersubstrat anstelle eines mit ITO beschichteten Glases aufbauen

Transflektiv
Display-Aufbau, bei dem transmissive Anteile des Backlights und reflektive Anteile des einfallenden Lichts zusammenwirken → Transmissiv → Reflektiv

Transmissiv
Display-Aufbau, bei dem die Pixel im angesteuerten Zustand das Licht des Backlights (ggf. gefiltert durch den Farbfilter) von hinten nach vorne passieren lassen → Reflektiv → Transflektiv

Anwendungen für MIP-Displays

- Am Körper tragbar: Smartwatch, Fitnessuhren, medizinische Langzeit-Überwachung (z. B. Blutdruck), GPS-Tracker, Armbanduhren für ältere Leute (always on)
- Mobile Anzeigen: Cockpit von e-Bikes, Miet-Scooter Batteriestand und Status
- Test- und Messgeräte: Medizin: Glukose, Blutdruck; Verbrauchsmessung, Heizkostenerfassung, Anlagenüberwachung, Baumaschinen im Outdoorbereich, Datenlogger, Bedienknöpfe mit integrierter Anzeige, TAN- oder Passwort-Generatoren
- Gebäudeautomatisierung: Raumreservierung, Preisschilder (ESL), Gästerufsystem im Selbstbedienungsrestaurant
- Keine oder nur geringe externe Energie verfügbar: Timer für Gartenbewässerung, Wetterstation ◄

Referenzen

HY-LINE Computer Components Vertriebs GmbH https://www.hy-line.de/
Sharp Devices Europe https://www.sharpsde.com/products/displays/memory-lcd/
Datenblatt der Sharp LS012B7DD06A, LS32B07DD02 MIP-Displays