Elektronische Displays

Karlheinz Blankenbach

Hochschule Pforzheim

Prof. Dr. Karlheinz Blankenbach

Pforzheim University

Tiefenbronner Str. 65

D-75175 Pforzheim, Germany

Phone: +49 7231 - 28 - 6658

Fax : +49 7231 - 28 - 6060

Email: kb@displaylabor.de

Web: www.displaylabor.de

Professional Display Applications

... developed in Germany / Europe

- Industrial displays
- Professional monitors
- Household appliances
- Medical displays
- Public displays
- Automotive displays, ...





















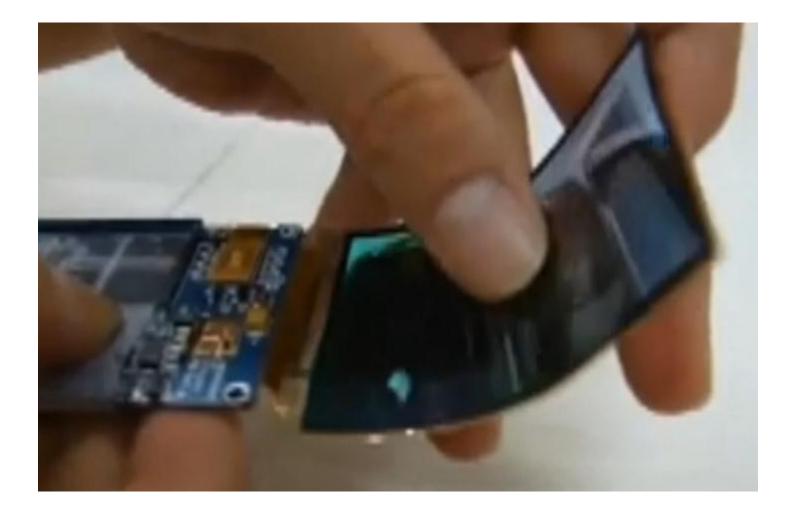


Future of Electronic Displays by CORNING



Corning_ADayMadeofGlass.wmv

Future of Electronic Displays - Flexible Displays



lope_c_videoclips_flexible_v1.wmv

Ziel der Vorlesung



- Das Display bestimmt die Hard- und Software des Gerätes (SS) wie z. B. μC, Betriebssystem, Interfaces, Rechenleistung, Speicher, ... Beispiel: 8-Bit μC kann speichermäßig kein QVGA-Display ,verwalten'.
- Display ist meist die teuerste Einzelkomponente des Gerätes Beispiel: Auto-Navi - Display ist teurer als DVD-Player.
- Inhalt des Displays muß ablesbar sein. Beispiel: Laptop im Sonnenlicht.
- Displayauswahl nach Leuchtdichte, Kontrast, Farbe, Lebensdauer, ... (WS)
- Displays werden in Asien gefertigt und in Europa ,eindesigned und veredelt'.

 Das erfordert umfassende Kenntnisse der Displaytechnologien und Messtechniken.

Aufbau der Vorlesung (Vorschlag)

Wintersemester	Sommersemester
• Einführung	• Einführung
 Display-Messtechnik 	Embedded Systems mit Displays
 Innovative Technologien: 	(Controller, Interfaces,)
Touch, 3D, E-Paper, OLED,	Grundlagen (LCD)
• "Begleitendes" Projekt (Klausur)	• "Begleitendes" Projekt (Klausur)
• Themen nach Wunsch*	Themen nach Wunsch*

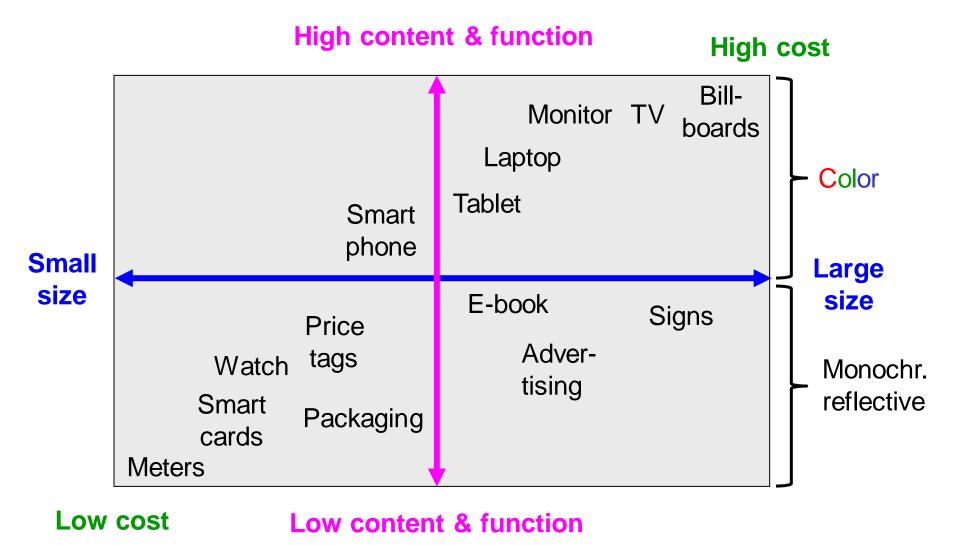
*: z.B. Signalverarbeitung für Flachbildfernseher, E-Signage, ...

Vorgehensweise:

- Praxisnah mit jeweils etwas theoretischem Background
- Fokus auf anwendungsnahen und zukunftsträchtige Themen
- Skript in Deutsch mit Englisch (teilweise ganz Englisch) da Fachsprache



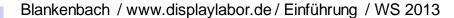
High Volume Display Applications Overview





Display ist meist die teuerste Einzelkomponente des Gerätes

Pad bill of materials	iPad 2			New	iPad (3rd	d Generat	ion)	
(BOM; Source: IHS isuppli, March 2012)	WiFi WiFi + 3G		WiFi		WiFi + 4G			
Components / Hardware Elements	16GB	16GB3	16GB6	32GB7	64GB8	16GB9	32GB10	64GB11
Retail Pricing (As of March 2012)	\$399.00	\$529.00	\$499.00	\$599.00	\$699.00	\$629.00	\$729.00	\$829.00
Total BOM Cost	\$236.95	\$262.55	\$306.05	\$322.85	\$356.45	\$347.55	\$364.35	\$397.95
Manufacturing Cost	\$8.15	\$8.45	\$10.00	\$10.00	\$10.00	\$10.75	\$10.75	\$10.75
BOM + Manufacturing	\$245.10	\$271.00	\$316.05	\$332.85	\$366.45	\$358.30	\$375.10	\$408.70
Major Cost Drivers								
Memory								
NAND Flash	\$16.80	\$16.80	\$16.80	\$33.60	\$67.20	\$16.80	\$33.60	\$67.20
DRAM	\$7.60	\$7.60	\$13.90	\$13.90	\$13.90	\$13.90	\$13.90	\$13.90
Display & Touchscreen								
Display	\$57.00	\$57.00	\$87.00	\$87.00	\$87.00	\$87.00	\$87.00	\$87.00
Touchscreen	\$40.00	\$40.00	\$40.00	\$40.00	\$40.00	\$40.00	\$40.00	\$40.00
Processor	\$14.20	\$14.20	\$23.00	\$23.00	\$23.00	\$23.00	\$23.00	\$23.00
Camera(s)	\$4.10	\$4.10	\$12.35	\$12.35	\$12.35	\$12.35	\$12.35	\$12.35
Wireless Section - BB/RF/PA (Module)		\$25.60				\$41.50	\$41.50	\$41.50
User Interface & Sensors & Combo Module (WLAN/BT/FM)	\$15.35	\$15.35	\$15.00	\$15.00	\$15.00	\$15.00	\$15.00	\$15.00
Power Management	\$5.85	\$5.85	\$10.00	\$10.00	\$10.00	\$10.00	\$10.00	\$10.00
Battery	\$22.75	\$22.75	\$32.00	\$32.00	\$32.00	\$32.00	\$32.00	\$32.00
Mechanical / Electro-Mechanical / Other	\$47.80	\$47.80	\$50.50	\$50.50	\$50.50	\$50.50	\$50.50	\$50.50
Box Contents	\$5.50	\$5.50	\$5.50	\$5.50	\$5.50	\$5.50	\$5.50	\$5.50





Displays Are The Most Expensive Subassembly

iSuppli Table: Major Cost Drivers in Amazon Kindle 2				
Component Description	Manufacturing Name	Sum of Total Component Cost !\$USD		
Display Module	Elnk	\$60.00		
Wireless Broadband Module	Novatel Wireless	2 \$39.50		
8-Layer PCB	Multek Hong Kong	\$9.83		
Multimedia Application Processor	Freescale	\$8.64		
Battery - Li-Polymer, 3. 7V , 1530mAh	LICO Technology Corp.	\$7.50		
Main Enclosure		\$4.45		
Audio Circuit & Power Management IC	Freescale	\$4.39		
EPD Controller	Epson	\$4.31		
SDRAM - Mobile DDR, 1Gbit	Samsung Semiconductor	\$3.60		
Flash - NAND, 16Gbit, MLC	Samsung Semiconductor	\$2.50		
Other Costs		\$32.11		
Total Material Costs		\$176.83		
Conversion Cost		\$8.66		
Grand Total		\$185.49		

Lohnt die Vorlesung?

Praktikant



Marc Albrecht · Display Engineer bei Apple Inc.

To: Karlheinz Blankenbach

Date: September 29, 2011

You replied to this message:

Sehr geehrter Herr Prof. Blankenbach,

ich hoffe Ihnen geht es gut. Ich habe bisher noch keine Bewerbungsunterlagen von Ihrem Studenten erhalten.

Sollte sich Ihr Student gut mit Display-Messtechnik (mich würde wundern, wenn er das nicht sogar exzellent beherrscht) auskennen, hätte ich aktuell sogar selbst großes Interesse. Bitte ermutigen Sie Ihren Studenten seine Unterlagen (Lebenslauf und Anschreiben) an mich zu schicken.

Herzliche Grüße aus Kalifornien, Marc Albrecht



Firmen in der Region, die sich mit Displays beschäftigen

... eine Auswahl bekannter größerer Firmen (Kontakte für Thesis bestehen):

- Automotive BOSCH, HARMAN-BECKER, JOHNSON, DAIMLER, PORSCHE, ...
- Weiße Ware
 E.G.O., SEUFFER, ...
- Industrie
 BARCO, EIZO, SIEMENS, ...
- Medizin, Broadcasting, ...
 WOLFF, WOLF, ALCATEL, ...
- Distribution, Messtechnik
 RUTRONIK, MSC, ...

Prof. Dr. K. Blankenbach



- Chairman "Applications" DFF (German Flat Panel Forum)



- Speaker of display group of VDE/ITG VDE ITG



- Chairman of acria steering committee (EU funded)



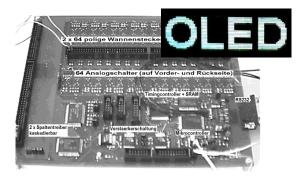


Bildschirmexperte Blankenbach (r.)*: Pixelfehler, falsche Farben, unscharfe Kanten

88 #8 E ##88

Activities at Display Lab Pforzheim

- Applied R&D 'around' displays
- Funded by BMBF, BW, industry, ...
- Many references
- Workshops, ...



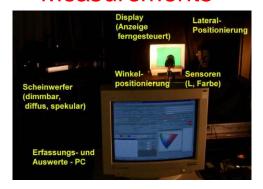
Hard- and software, prototypes



Driving



Measurements





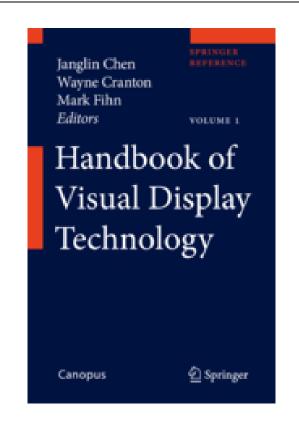




Display systems

References

- Handbook of Visual Display Technology, Springer
 ("all-in-one") available for students by SPRINGERLINK
- L.W. MacDonald, A.C. Lowe: Display Systems,
 Wiley, New York
- J-H Lee, D. N. Liu, S-T Wu, Introduction to Flat Panel Displays, Wiley, New York
- E. Lueder: Liquid Crystal Displays, Wiley, New York
- W. den Boer: Active Matrix LCDs, Newnes/Elsevier
- S. Kobayashi, LCD Backlights, Wiley, New York
- D. Cristaldi, S. Pennisi, F. Pulverenti, LCD Driver, Springer via SPRINGERLINK
- ICDM Flat Panel Display Measurement, http://www.sid.org/ICDM.aspx (free)
- R.L. Myers: Display Interfaces, Wiley, New York
- G. Berbecel: Digital Image Display, Wiley, New York (für MATLAB Freaks)



Internet Links

- WIKIPEDIA is good for definitions, overview, ...
- Society for Information Display (www.sid.org)
- Deutsches Flachdisplay Forum (www.displayforum.de)
- EU-Projekt ,Advanced Displays Research Integration Action' (adria) (www.adria-network.org)
- Display manufacturer like Sharp, Hitachi, LG, Samsung, E-INK, ...
- Display-Distributoren, z.B. DATA MODUL, MSC GLEICHMANN, ...
- Display News: www.veritasetvisus.com; www.panelx.com
- ...



Inhalt

- 1 Einführung
- 2 Messtechnik (WS), Embedded Systems with Displays (SS)
- 3 Touch, E-Paper, OLED, 3D (WS) LCDs (SS)
- Was ist ein Display ?
- Displayeigenschaften

Einige Definitionen zu Displays

- Was versteht man unter einem ,Display' oft unterschiedliche Dinge!
- Was ist ein Pixel, welche Größe hat es und "wieviele" hat ein Display ?
- Wie werden Displays eingeteilt (Technologien, Prinzipien, ...)?
- Wie entwickelt und beschafft man Displays?

Was ist ein Display ?

- Ein 'Übersetzter' von elektrischer Information zur Erkennung durch das Gehirn über das Auge
- Ein elektrooptischer Wandler von Strom bzw. Spannung zu Licht
- Ein Datenvisualisierungs-System
- Ein System aus Hard- und Software
- Ein System mit vielen unterschiedlichen Technologien wie Leiterplatten, elektr(on)ischen Bauteilen, Mechanik, ...

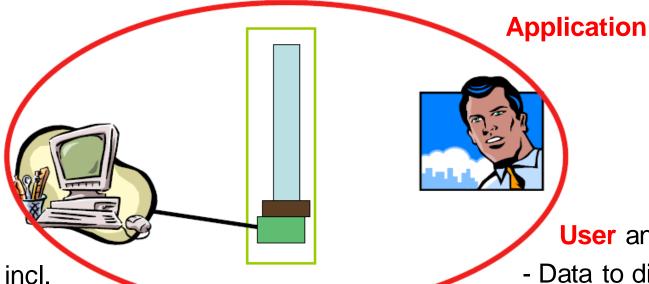


...,alles' – je nach Sichtweise aber unterschiedliche ,Interpretation'



What is a Display System?

A display SYSTEM is...



Hardware incl.

- Display interface,
- Display software,

Display (technology) incl.

- Parameters
- Environment,

User and tasks:

- Data to display
- User input,



What is a Display System?



Display (technology) incl.

- Parameters
- Environment,

- ...



Hardware incl.

- Display interface,
- Display controller,
- Software incl. OS,

- ...

Was ist ein Display ?

The three perspectives of a Display

- User space
 - Operation of the eye & variance in human perception and use
- Application space
 - Physical & environmental considerations, determining user and specification requirements (technology independent!)
- Technology space
 - Different electro-optic effects, resolutions & costs (choosing a display that is "fit for purpose")

Engineers should cover all 3 with different weight depending on job

Überblich über Display - Technologien

Reflektiv

Prinzip: Reflektieren das Umgebungslicht

→ Ablesbar im Sonnenlicht, niedriger Stromverbrauch

Beispiele: "einfache" LCDs, E-Paper

Emissiv

Prinzip: Erzeugen Licht in jedem Pixel

→ Ablesbar im Innenbereich, hoher Stromverbrauch

Beispiele: OLED, Plasma, LCDs mit Backlight

Ansteuerprinzipien (WS)

Direkt (wenig Pixel, z.B. Uhr), Passiv Matrix (niedrige Auflösung, z.B.

Einfacher MP3-Player), Aktiv Matrix (hohe Auflösung, z.B. TV)

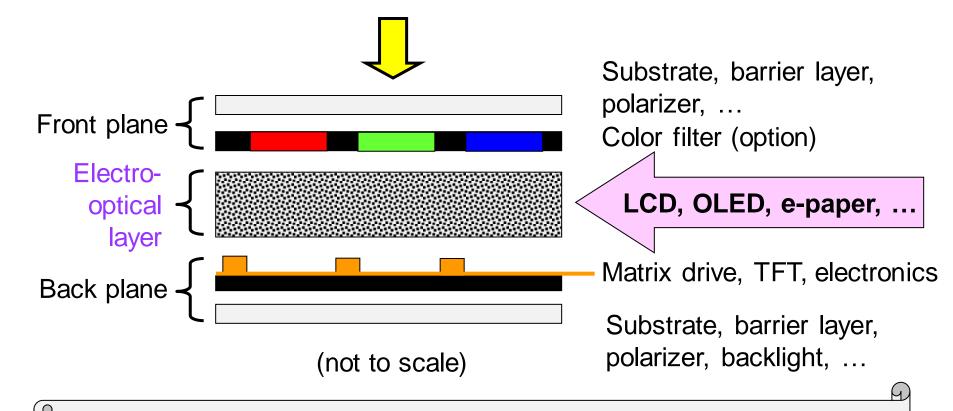
Es gibt (noch) keine universelle einsetzbare Display-Technologie!

→ Anpassen an Anwendung → Chancen für Ingenieure



Display Fundamentals

Cross section of a typical (color) display



Electro-optical layer decides on display characteristics like bistablity, image quality, environmental conditions, ...

Überblich über Display - Technologien

Reflektiv

Beispiele: "einfache" LCDs, E-Paper





Emissiv

Beispiele: OLED, Plasma, LCDs mit Backlight









- Ansteuerprinzipien (SS)
 - Direkt (wenig Pixel, siehe "einfache" LCDs)
 - Passiv Matrix (niedrige Auflösung) ------
 - Aktiv Matrix (hohe Auflösung, siehe TV)









LCDs





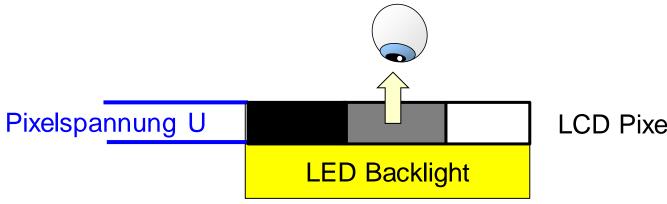




Details: siehe § LCDs (SS)

Prinzip:

- Licht des Backlights oder des Reflektors bei kleinen LCDs wird elektrisch quasi leistungslos per Spannung im Durchlass durch Flüssigkristalle moduliert.
- Die Stromaufnahme und "Helligkeit" wird bei farbigen LCDs hauptsächlich durch das LED-Backlight bestimmt.
- Deshalb als quasi emissives (lichterzeugendes) Display eingeordnet



LCD Pixel



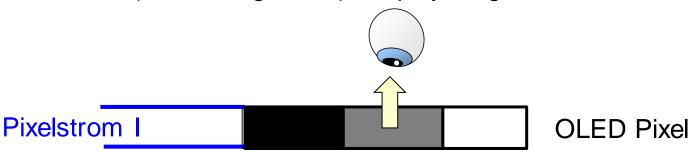
OLEDs





Prinzip:

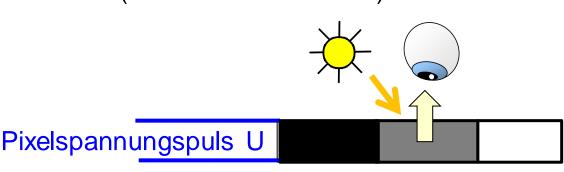
- Licht wird durch den Strom durch ein Pixel erzeugt.
- Das OLED-Pixel wandelt Strom analog zu einer LED in Licht um.
- Die Stromaufnahme von OLEDs wird hauptsächlich durch den Bildinhalt bestimmt: je "heller" desto höher (wie bei LEDs).
- Als emissives (lichterzeugendes) Display eingeordnet.



E-Paper

Prinzip:

- Licht wird "nur" durch die Pixel reflektiert.
- Ein E-Paper-Pixel wird durch kurzen Spannungspuls in seiner
 Reflexionseigenschaft geändert (üblich S/W und wenige Graustufen)
- Die Stromaufnahme von E-Paper ist quasi Null, da nur bei Inhaltsänderung ein kleiner Strom notwendig ist und Umgebungslicht reflektiert wird.
 Nachts Beleuchtung notwendig.
- Wegen reflexivem Prinzip im Sonnenlicht im Gegensatz zu emissiven (Farb-LCD und OLED) ablesbar.



E-Paper Pixel



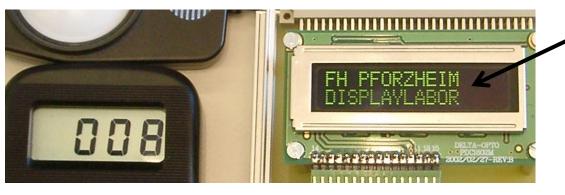
Display Technology vs. Illuminance

Reflective LCD

Emissive OLED

Illuminance

800 lx

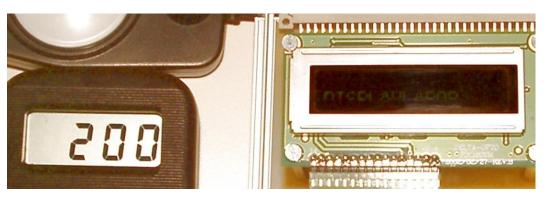


100 cd/m² in darkroom

1 camera shot @ 0.8 and 20 kLx

Luxmeter

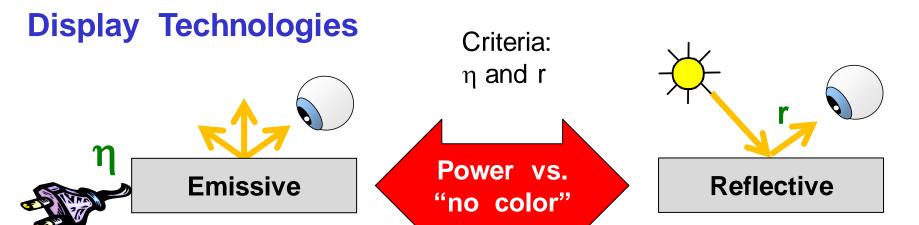
20.000 lx



Display luminance is constant but eye (here: camera) adapts to 'mean' illuminance!

Application "decides":

vivid colors vs. low power & bright ambient light"



	Emissive	Reflective		
Examples	AMLCD*, AMOLED, PDP,	E-paper, reflective LCD,		
Merits	- Multimedia performance- Widespread and standardized	- Bistable → lowest power - Sunlight readability		
Issues	Bright light performancePower consumption	Limited color reproductionSlow response time		

^{*:} Backlight is emissive



Überblick über die verbreitesten Display - Technologien

Technologie	Ausfüh- rung	Тур	Vorteile	Nachteile	Typ. An- wendung	
LCD (Liquid Crytal Display)	Direkt	Reflektiv	Niedrige Leistungsaufnahm e, billig	Wenig Pixel, monochrome	Taschen- rechner	
	Aktiv Matrix	"Emissiv" Hone Autlosung, I		Outdoor, Leistungs- aufnahme	Handy, Laptop, Monitor, TV	
OLED (Organic LED)	Aktiv Matrix	Emissiv	Hohe Auflösung, Multimedia	Outdoor, Leistungs- aufnahme	Handy, (TV)	
PDP (Plasma Display)	Passiv Matrix	Emissiv	Hohe Auflösung, Multimedia	Outdoor, Leistungs- aufnahme	Fernseher	
E-Paper (Elektronisches Papier")	Aktiv Matrix	Reflektiv	Geringe Leistungs- aufnahme, hohe Auflösung	Monochrome, kein Video	E-Reader	

Fundamental Display Characteristics

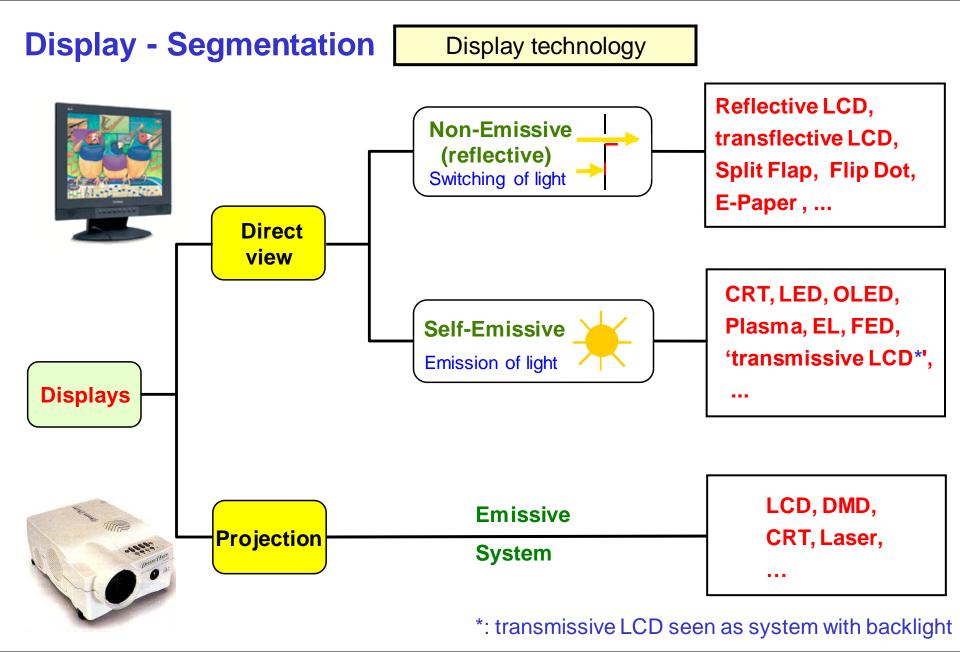
Self - Emissive (e.g. OLED)

- + Brilliant for dark to medium ambient illumination
- + ,Unlimited' viewing angle
- + Fast response
- + Wide temperature range
- High power consumption
- Wash out in bright sunlight
- Burn in, ageing of RGB

Reflective (e.g. E-Paper)

- Backlight in dark environments
- LCD viewing angle
- Some with slow response time

- + Low power
- + Readable in bright sunlight
- + Bi-stable displays possible



Fazit Displaytechnologien

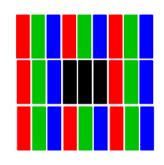
- Es gibt keine "universell" geeignete Display-Technologie
- E-Paper ist "grün" aber nicht multimedia-fähig
- LCDs decken sehr viele Bereiche von reflektiven 7-Segement-Anzeigen (stromsparend, siehe z.B. Solar-Taschenrechner) bis hin zu Multimedia-Großanzeigen ab.
- OLEDs sind eine "junge" Technologie, deren Vorteile bei professionellen Anwendungen hauptsächlich in der geringen Bautiefe besteht.
- Der Vergleich der optischen Parameter wie Kontrastverhältnis aufgrund von Datenblättern und Spezifikationen ist wenig sinnvoll, da im Dunkelraum gemessen wird.

Fazit: Viel Know-how bei der Verwendung eines Displays notwendig!



Was ist ein Pixel?

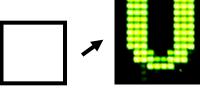
- Kleinste bildgebende Einheit von Displays
- Ein Display besteht aus vielen (bis zu Millionen von Pixeln)
- Alle Pixel müssen sich gleich verhalten (Produktionsproblem)
- Wie viele Pixel eines Displays dürfen defekt sein?
 Ca. 5 pro Million Pixel (5 ppm) für ,normale' Anwendungen (ISO 13406,2)
- Elektro-optische Funktion eines Pixels:
 Steuerung der Emission (z. B. LED) bzw. Lichtdurchlass (z.B. LCD)
 durch ein elektrisches Signal entsprechend der darzustellenden Graustufe
- Ein Farbpixel besteht üblicherweise aus 3 Subpixeln RGB. Wenn RGB ,voll an' ist, erscheint das Pixel weiß.



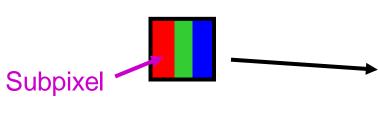
Pixel

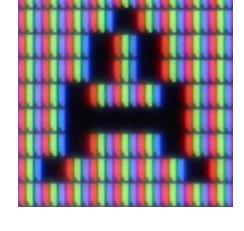
Üblicherweise quadratische Pixel:

Monochromes Pixel:



Farbpixel:



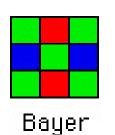


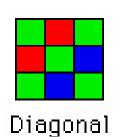
Anzahl der Pixel: Horizontale x vertikale Auflösung

Beispiel: - XGA 1.024 x 768 = 786.432 Pixel \approx 2.3 Mio. Subpixel

- Full HD 1.920 x 1.080 \approx 2 Mio. Pixel, IPAD 3 \approx 3 Mio. Pixel

Achtung: Pixelzahl Kameras: ,alle', aber kein RGB sondern Pattern. RGB-Werte pro Pixel via Algorithmus







Pixelgröße (Pixel Pitch)

Apertur:

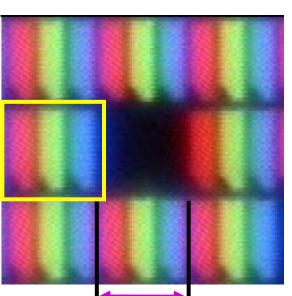
100 Genutzte Fläche Gesamtfläche

Beispiel: AMLCD 70%

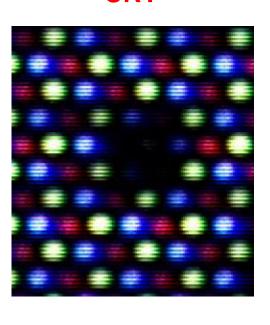
Ziel: Apertur möglichst

groß zu machen

LCD



CRT

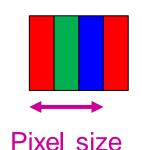


Pixel Pitch (auch pixel per inch – ppi)

Pixelgröße bestimmt Einsatz der Technologie z.B. im Handy oder als Fernseher

Ergonomics

Other unit in use: Pixel per Inch (ppi) (1" = 25.4 mm)



Eye resolution: 0.15 mm / m for pixels

→ 170 ppi for 1 m viewing distance

Useful ppi is about 50% ... 67% of this value: 100 ppi → 1' = 0,25 mm / m

e.g. APPLE retina display IPHONE: 326 ppi (78 µm); IPAD 3: 264 ppi

Viewing Distance /m	~ PPI from Eye Resolution	Eye Res. Pixel Size /mm	Useful PPI	Useful Pixel Size /mm	Typical Examples
0,3	510	0.08	300	0.08	Smartphone
0,5	340	0.13	200	0.13	Tablet, PC monitor
1	170	0.15	100	0.25	"Reference"
2	85	0.5	50	0.50	TV > 50"
10	17	3	10	2.50	E-Signage

Pixel Size & Pixel Pitch

Reasonable resolution (cost & feasibility):

100 ppi per meter observer distance

Kenngröße:
ppi (pixel per inch)

Model	♦ Generations ♦	Diagonal cm (in) \$	Resolution \$	ppcm (PPI) +		
iPhone 5 / iPod Touch	6th Gen / 5th Gen	10 (4)	640×1136	128 (326)	0.3 m (300 ppi)	
iPad	Original, 2	25 (9.7)	1024×768	52 (132)	\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \	
iPad	3rd Gen	25 (9.7)	2048×1536	104 (264)		
MacBook Air 11-inch	Late 2010 – Mid 2012	29 (11.6)	1366×768	53 (135)		
MacBook Air 13-inch	Late 2010 – Mid 2012	34 (13.3)	1440×900	50 (128)		
MacBook Pro 13-inch	Mid 2009 – Mid 2012	34 (13.3)	1280×800	44 (113)	0.0 m (470 nni)	
MacBook Pro 15-inch	Early 2006 – Mid 2012	39 (15.4)	1440×900	43 (110)	0.6 m (170 ppi)	
Source: WIKIPEDIA	TV, e-signage	130 (50) 140 (55)	1920×1080	:17 (44)	2 m (50 ppi)	
		140 (55)	1920×1000	.10 (40)		

Blankenbach / www.displaylabor.de / Einführung / WS 2013

1.5 ... 2x diagonal size (3D < 1.5x)

Recommended FHD-distance:

Source: WIKIPEDIA

Typical observer distance

Pixelgröße ≈ Augenauflösung

(0,3 mm pro m Ablesedistanz)

Pixelgröße (Pixel Pitch)

Typische Werte:

Direktsicht: - LCDs: 0,1 ... 1 mm

- OLEDs: 0,2 ... 0,8 mm

- PDP: 1mm (deshalb kein PC-Monitor!)

- LEDs: 2 ... 5 mm

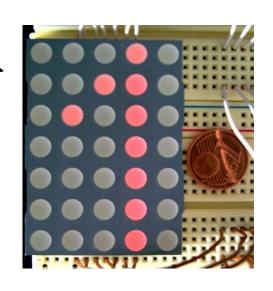
- E-Paper : 0,05 ... 0.2 mm

Projektion: - typischerweise 10 ... 20 µm

(auch Near-to-the Eye Displays)

Ferner 7-Segment (8-Segment):





Beispiele zur Hard- und Software eines Gerätes

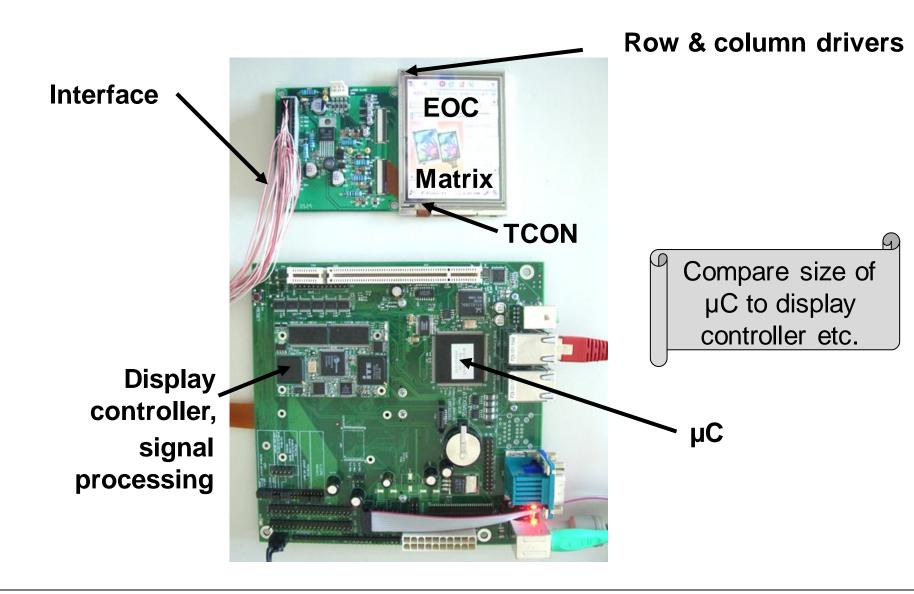
Ein Display bestimmt über seine Auflösung, Farbtiefe und Interface die Hard- und Software des Gerätes wie Microcontroller, Interface, OS, ...)! Z.B. μC-Art, Betriebssystem, Interfaces, Rechenleistung, Speicher, ...

Beispiele:

- 8-Bit μC kann speichermäßig kein QVGA-Display ,verwalten' QVGA: 320 x 240 pixel x 16 bpp (bit pro pixel, also 64k Farbe)
 - = 153.600 byte > 65.535 byte (16 bit Adressbus)
- Klappt das bei 16-bit µCs?
 - QVGA: 320 x 240 pixel x 60 Hz (Bilder pro Sekunde)
 = 9,2 MHz bei 16-bit Datenport zum Display = minimale Taktfrequenz
 Aber: meist werden viele Maschinenzyklen benötigt und der μC
- Klappt das bei 32-bit µCs? Ja, aber < VGA ⇒GDC, Betriebssystem

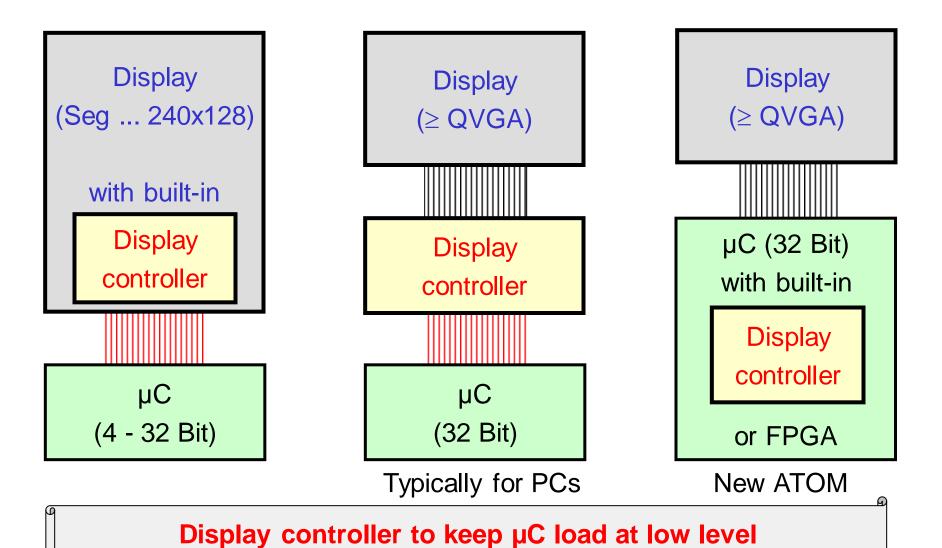
Problem: Displays ≥ QVGA haben keine Displaycontroller eingebaut ⇒ Displaydaten müssen in ,Echtzeit' bereitgestellt werden !

Example: Embedded System with OS





Systems Design for µC and Display Controller



Tasks of Subassemblies of Embedded System with Display

μC

- Delivers data to be displayed
- Interface to display controller

Display controller

- Updates display RAM with data to be displayed
- Real time data to display
- Interface to display controller and display timing controller

Display

- Interface to display controller
- Display electronics (timing controller TCON, row and column drivers) adapt digital data to electro-optic

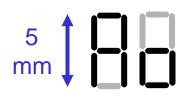






Data to be displayed

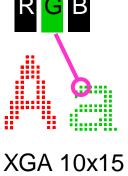
Display resolution



Starburst







Segment 8 # of Pixel 10¹

10²

10³

10⁴

10⁵

10⁶

Driving of Module

μC

Display controller

,PC[']

Data Rate

low

medium

high

Software Requirements

minor

high w/o OS or Lib

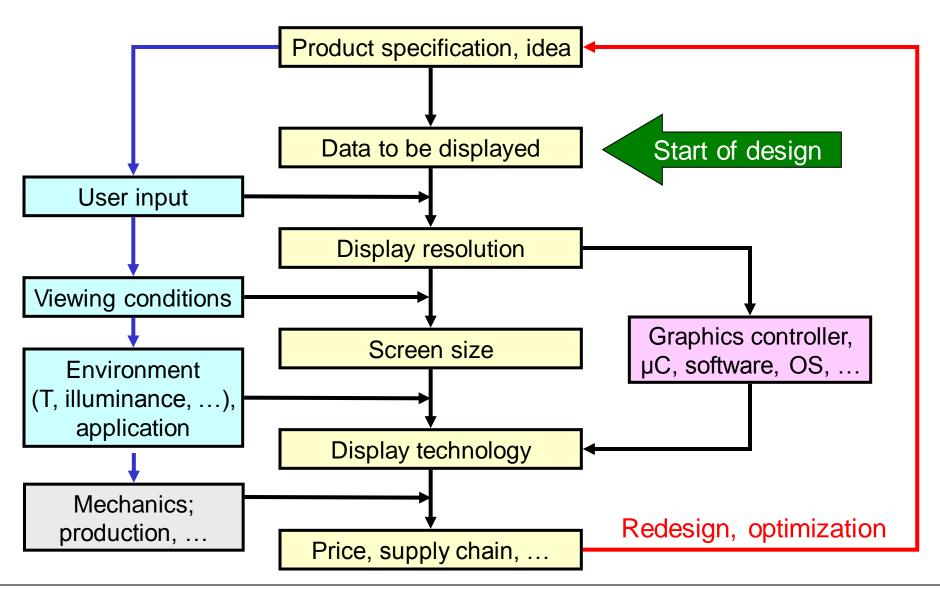
minor (OS)

Zusammenfassung zu Definitionen von Displays

- Meist werden standardisierte Auflösungen wie VGA verwendet
- Ein Pixel ist bei Direktsichtdisplays ca. 0,2mm groß (Breite = Höhe) Die Größe sollte der Augenauflösung bei typischem Betrachtungsabstand entsprechen. Beispiel: LED-Wall mit ca. 30mm Pixel Pitch
- Es gibt reflexive (Vorteile bei Umgebungslicht) und emissive (Vorteile im Dunkeln sowie technischner Natur) Displays
- Die typischen Vor- und Nachteile reflexiver und transmissiver Technologien sind entgegengesetzt. Das macht die Display-Entwicklung 'spannend'!
- Die Beschaffung ist ein 'Thema für sich', welches stark vom Auftragsvolumen abhängt (siehe Markt etc.).



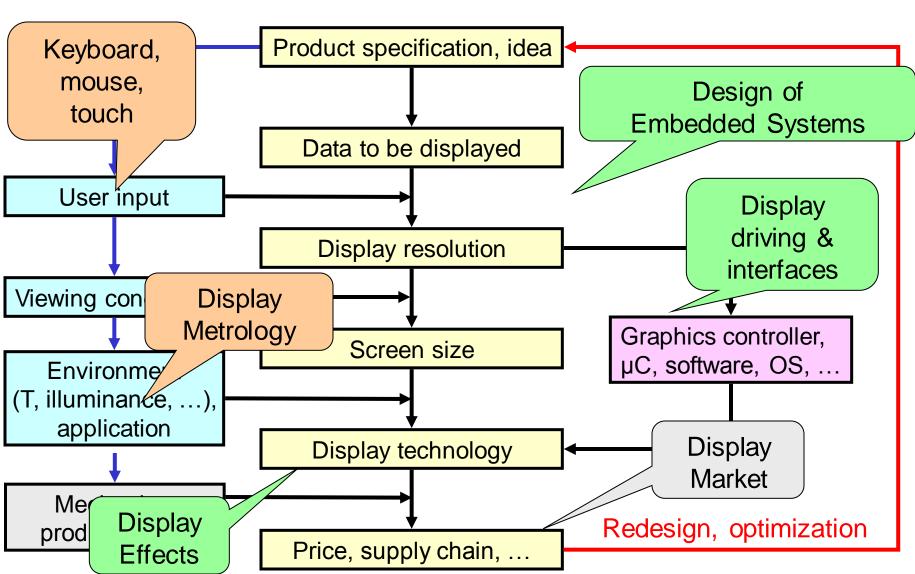
Typical Design Flow of System with Display



Typical Design Flow of System with Display

SS

WS



Summary Design Flow

- Design flow starts at data to be displayed
- Optimum solution often realizable due to
 - Availability
 - Cost
 - . . .

(reason is often relative small quantities compared to Asian CE products)

- Display resolution (# of pixels) set interface and driving electronics
- There are many applications requirements which are not lissted in spec. Example: Optical measurements are performed under dark room conditions

Beispiele zum Preis eines Gerätes

... kleine Stückzahlen (Start-up bis ,Mittelstand' bei Stückzahlen <1.000 pa)



3,5 stellige LCD Anzeige

- für µC mit LCD-Controller
- ~ 2 €





Dotmatrix Character LCD

- HD44780 Controller
- 4- oder 8-bit Datenbus
- ~ 5 15 €



Graphik STN LCD

- T6963 Controller
- 8-bit Datenbus
- 128 x 64 monochrome
- ~ 20 30 €



TFT-LCD Grafikdisplay

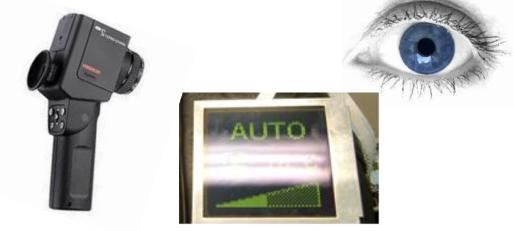
- 4,3" (10,9 cm), 480x272
- 480x272 mit Touch
- RS-232, I2C-Bus, SPI-Bus
- ~ 175€

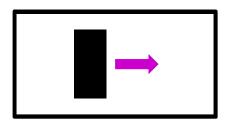
Proposals for Student Projects

50% software, 50% measurements

Static images like full screen RGBWK

- Moving images (bars, ...)
- Tool: Programming language





Task: Program test patterns and evaluate image quality

Proposals for Student Projects

100% software

- Image enhancement algorithms
- Applications: Better readability at bright light e.g. automotive
- Tool: MATLAB



Task: Implement algorithms in MATLAB and evaluate image quality

Proposals for Student Projects (IX)

- Your idea
- . . .



x% software, y% hardware

Task: tbd



Inhalt

- 1 Einführung
- 2 Messtechnik (WS), Embedded Systems with Displays (SS)
- 3 Touch, E-Paper, OLED, 3D (WS) LCDs (SS)

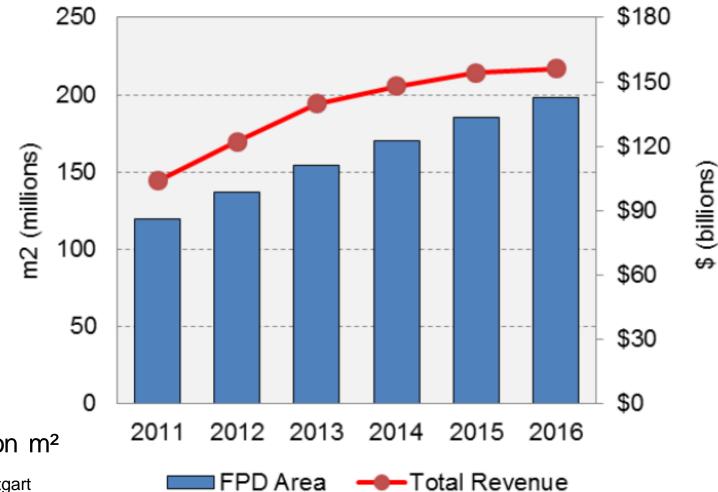


Marktübersichten

- Gut zur Abschätzung von Trends geeignet
- Geben Hinweise auf zukünftige Märkte und Chancen "Professional follows consumer" wie Seitenverhältnis 4:3 zu 16:9
- Wichtig, um Engpässe oder auslaufende Produkte zu identifizieren
- "BWL"-Methode, also für den Ingenieur eher mit der gebotenen Vorsicht zu genießen. Die meisten Zukunftsprognosen der Vergangenheit waren meist (besonders bei OLEDs) zu positiv.
- Bei Wachstum: Kurzfristig: Linearer bis exponentieller Anstieg
 - Mittelfristig: Anstieg bis hin zu Sättigung
 - $(x a \sin(bx))$ Kurve
 - Langfristig: (Gauß) Glockenkurve
 - (ansteigende später abnehmende Zahlen)

Worldwide Flat Panel Market





 $1 \text{ km}^2 = 1 \text{ Million m}^2$ $200 \text{ km}^2 = A_{\text{stuttgart}}$ pro Jahr!

Fellbach

Ostfildern

Ludwigsburg

Stuttgart ?

Filderstadt

eonberg

Source: Q1'12 DisplaySearch Quarterly Worldwide FPD Shipment and Forecast Report



Worldwide Flat Panel Market

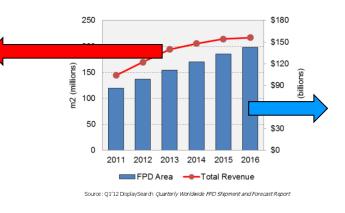
Fläche:

 $1 \text{ km}^2 = 1 \text{ Million } \text{m}^2$

200 km² = $A_{stuttgart}$

pro Jahr in 2016!

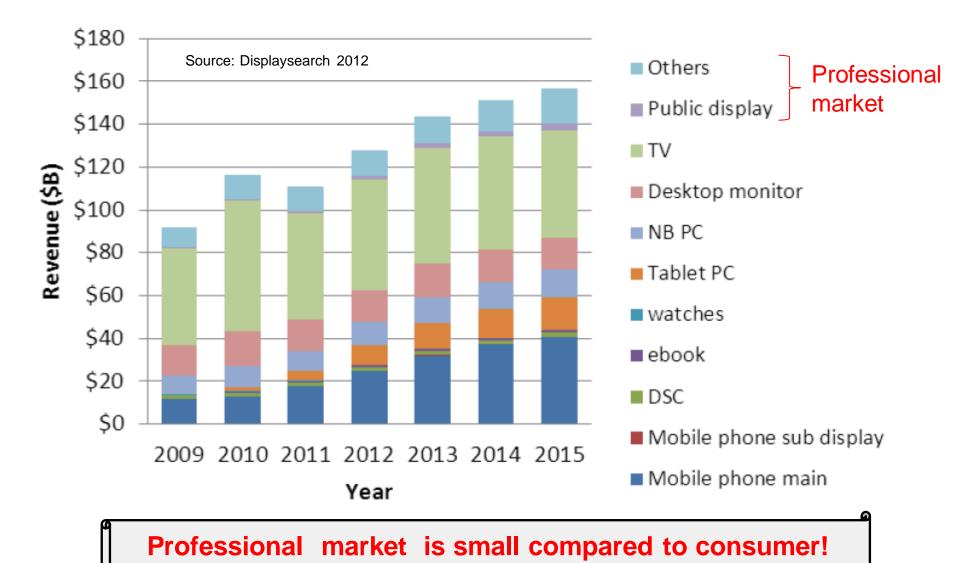




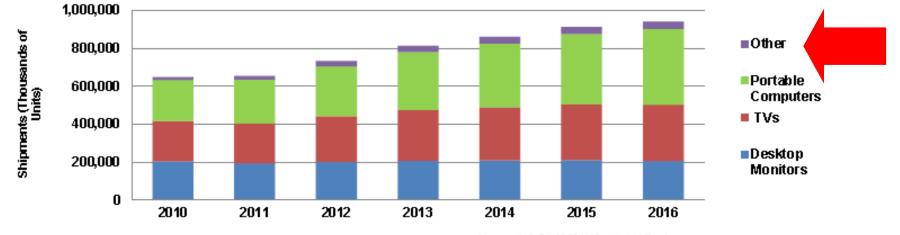
Umsatz:

- 1 B\$ ≈ 1 Mrd. € d.h. ca. 100 Mrd. €
- "Nur" Display ohneGehäuse, Hard- undSoftware, ...
- 100 Mrd. € ist der geplante Gesamtumsatz von SIEMENS für 2013

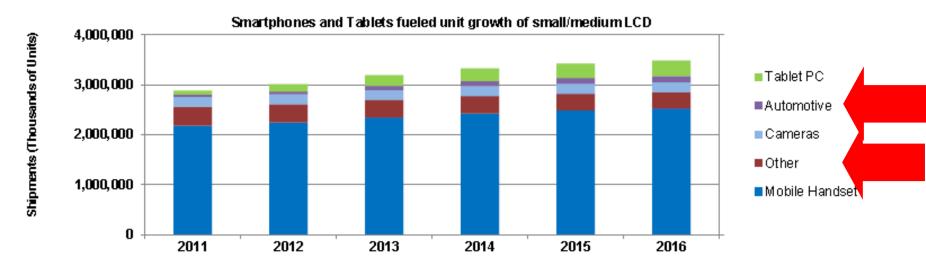
Displays by Application



Large & Small & Medium Displays by Application



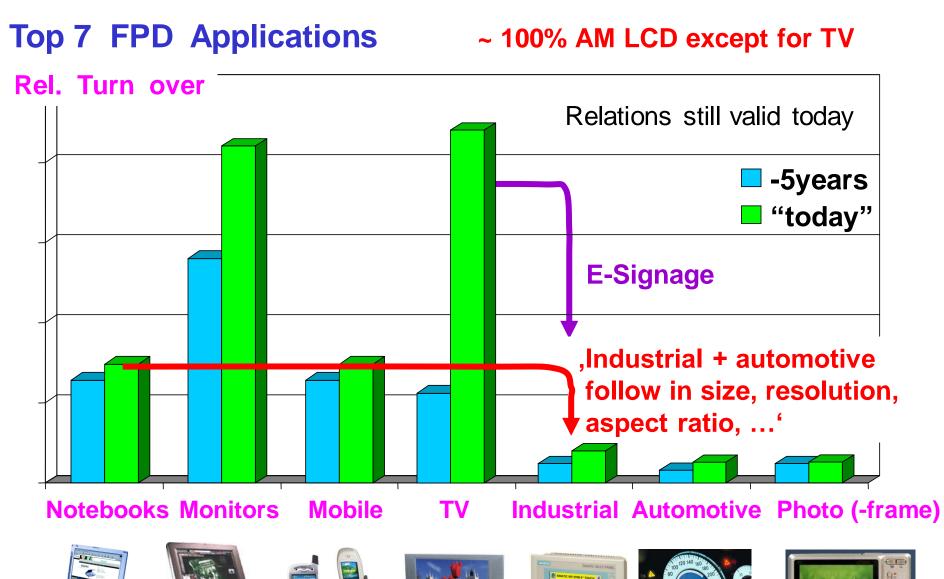
Source: IHS Q1 2012 LCD Market Tracker



Copyright @ 2012 IHS Inc. All Rights Reserved.

Source: IHS Q1 2012 Small and Medium Display Market Tracker

Professional market is small compared to consumer!



















Top 7 FPD Applications → 'Problems' in Europe

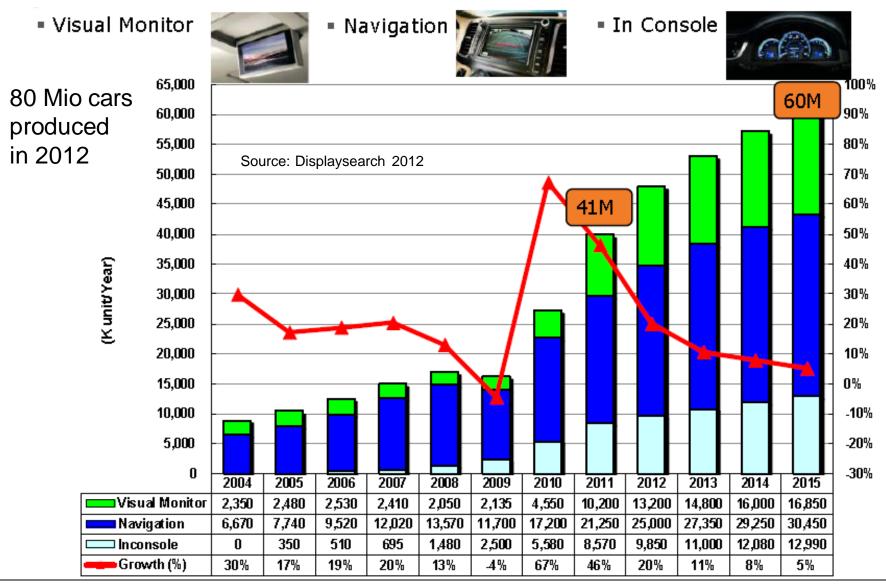
 Europa: Professionelle Anwendungen wie Automobil, Industrie, Medizintechnik, Weisse Ware und E-Signage.





- Relativ kleines Marktvolumen (keine Massenprodukte aus Europa) also kleine Stückzahlen (folglich 'Abfallprodukte' aus PC, Handy, TV, …)
- Relativ hohe Anforderungen (Temperaturbereich, Lieferdauer, ...)
- Fast alle Displays kommen aus Asien (also ,lange Wege' und ,Kleinkunde'):
 - Osteuropa: Endmontage von LCD TVs asiatischer Herstellner
 - Deutschland: seit 2005 einziges Land in Europa mit Displayfertigung:
 - BMGMIS, Ulm: LCDs für Großanzeigen (Bahn, Flugplätze, ...)
 - Plastic Logic (RUSNANO), Dresden: Flexibles AM E-Paper (?)

Automotive Display Units per Year



New Megatrends

- E-Signage
 'Small' electronic billboards
- E-paper
 Low power, sunlight readable
 (see dedicated presentation)
- Flexible displays

 enable new products
- Touch Screens
 (see dedicated presentation)
- 4k TVs
 4K Ultra HD (4 x FHD):
 3840 x 2160 (8.3 megapixels)











Task

Engineering of professional systems



E-Signage ... strong in Germany

Source: Displaysearch 2012

Application Technology Electronic Shelf Talkers **Pricing Labels Electronic Paper Displays** Passive Matrix LCDs Point of Decision Small LCDs (Digital Picture Frames) **POS Advertising in Queue** Medium Size LCDs ("Desktop Monitors" often used) Point of Purchase Industrial LCDs Large-Format Digital Signage Plasma Displays (PDPs) General Awareness, Large Format LCDs Information and Advertising Rear-Projection Digital Billboards LED Large Format LCDs? Outdoor Plasma Displays (PDPs)?

E-Signage

Source: Displaysearch 2012

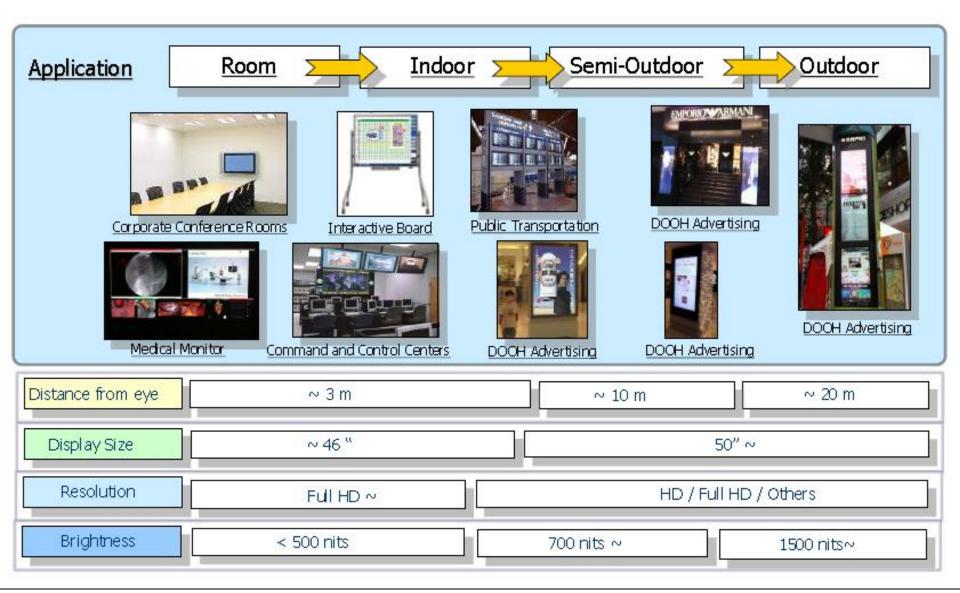


- Dior Taipei101 Flagship Store
 - 140x40" Samsung 400UXn-3 displays
 - 10x55" Samsung ME55A (1x10) video wall
- http://youtu.be/wcden7iLYUs



Source: Displaysearch 2012

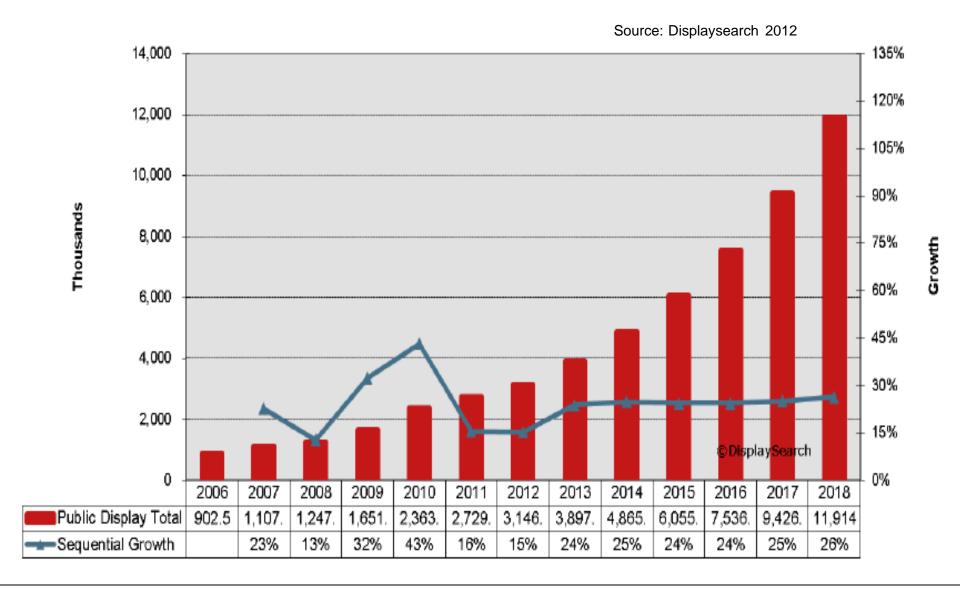
E-Signage ... strong in Germany





E-Signage

... strong in Germany

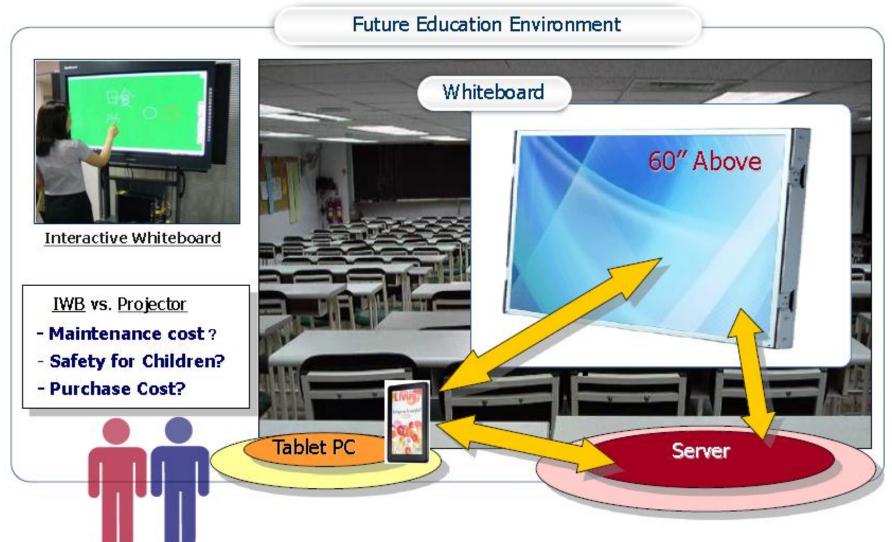




Education = E-Signage + Touch

Source: Displaysearch 2012

... strong in Germany

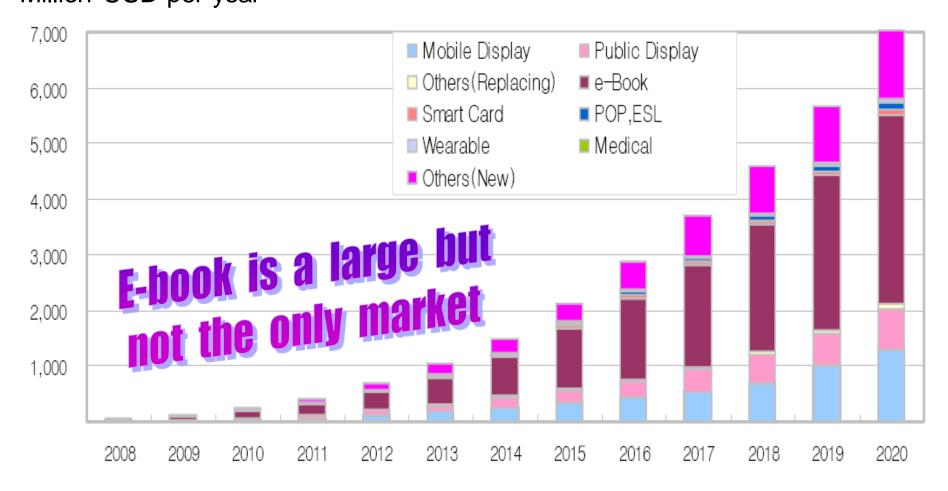




E-Paper Display

Million USD per year

- Reflective: Sunlight readable
- Bistable: Lowest to no power



Source: DISPLAYBANK, 2009

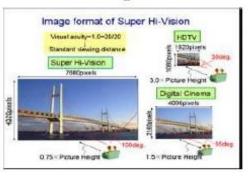
4K Displays (4x Full HD) 4K good for glass-free 3D

How Far Off is 4K? ... Like 3D, Biggest Issue is Content

Hollywood



4K Broadcasting



4K Camera



Transmission and Storage

3-hour 4Kx2K movie

- = 3 terabytes data
- = 200 current Blu-ray discs needed
- → Solution: HEVC & HDMI1.4a (High Efficiency Video Coding)

4K Camcorder



4K Up-scaling



Source: Displaysearch 2012

Zusammenfassung Marktübersichten

- Displays haben überdurchschnittlich hohe Wachstumsraten
- Für Deutschland und Europa sind automotive, Industrie, Weiße Ware und E-Signage relevant.
- Neue Technologien ermöglichen neue Märkte und Produkte wie E-Signage, E-Paper (Energie-effizient und Sonnenlicht-ablesbar), ...

Consumer Trend

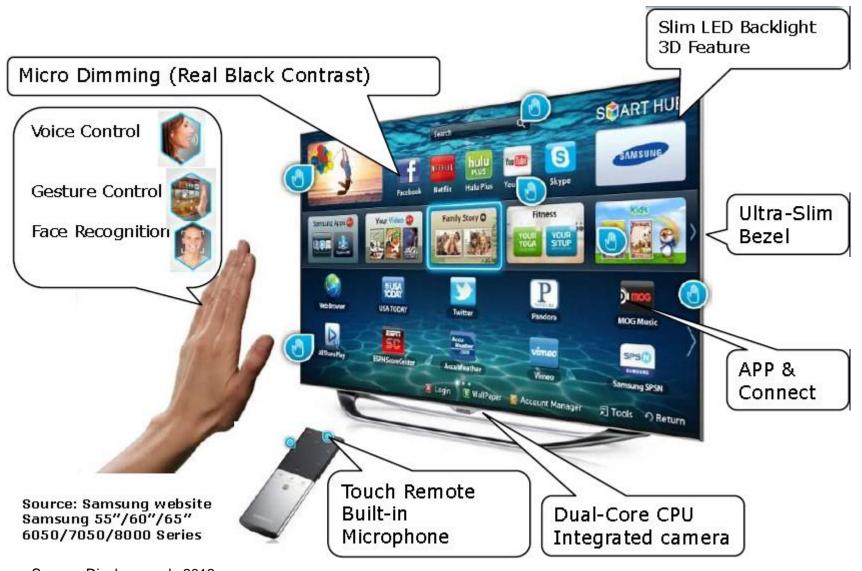


Trend in consumer electronic devices

- Integration of multiple functions in one device
- Smart and convenient handling



Consumer Systems Influencing Embedded Systems



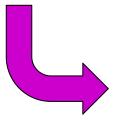
Source: Displaysearch 2012

"Pictures of the Future"

- Information age
- Aging society
- Global warming
- Raw materials scarcity
- Emerging countries
- ...

- → "Ubiquitous IT"
- → "Medical"
- → "Green"
- **⇒** "Smart Production"
- **→** "Megacities"

- "Digital Lifestyle"
- "Smart Buildings"
- "Energy Saving"
- "Transportation"



Trends and technologies are presented here not market data



Source: wikipedia.org

Consumer Trend: Smartphones & Tablets

Trend in consumer electronic devices:

- Integration of multiple functions in one device
- Smart and convenient handling







Key features with impact for professional displays

- **High ppi (resolution)**
- Multi touch, gesture control
- **Apps for "everything"**

⊠Vaillant

HTML 5.0

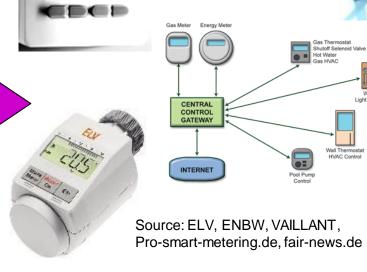
Consumer Trend: Smart Home (Automation)







Future





- From large displays to small ones with basic HMI
- Full control by CE devices & apps

Industrial Trend: IPC & Panel PC with Touch

Standardized HW with standard PC graphics IF; OS mostly WIN.



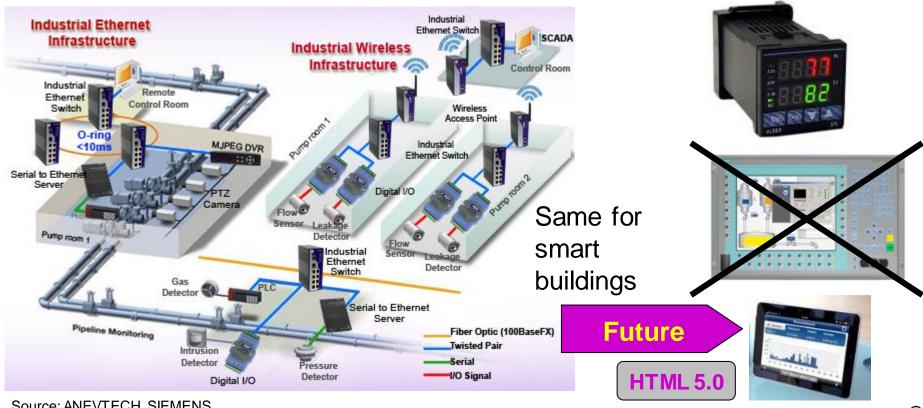
HMI / GUI will be developed OS – independent (HTML 5.0 or JAVA, ...) to ensure compatibility with mobile devices.

HTML 5.0

Key features with impact for professional displays

- Standardized hardware
- Added value for specialized displays
- Touch

Industry Trend: Wired & Wireless Networks

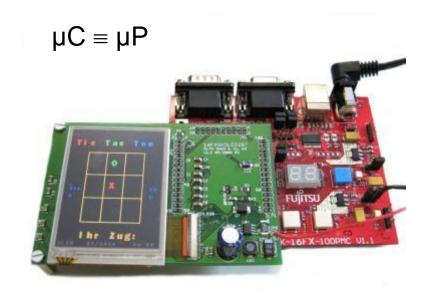


Source: ANEVTECH, SIEMENS

Key features with impact for professional displays

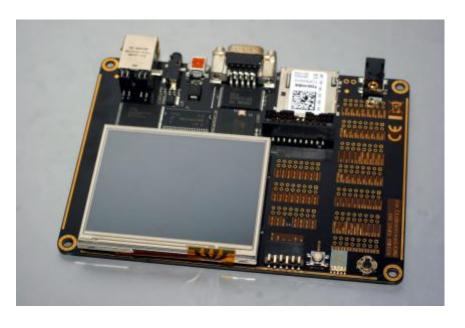
- From large displays to small ones with basic HMI
- Few monitors + mobile devices

Industrial + CE Trend: µC with Display Controller and OS





Key features with impact for professional displays



32-bit µC with LINUX & GUI-SW

- Less hardware variety → ARM
- All with OS and featured HMI
- Touch



Future Trend: μ C + Low Res Display & Energy Harvesting

- "Green" displays
- Low resolution displays





16-bit µC and E-INK display powered by thermal energy harvester



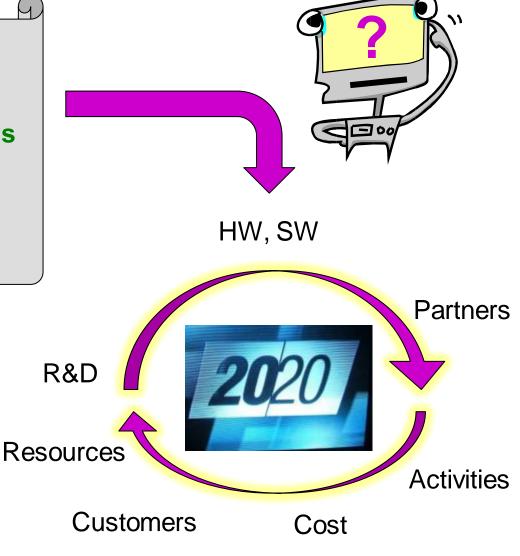
Highly integrated system incl. HV supply

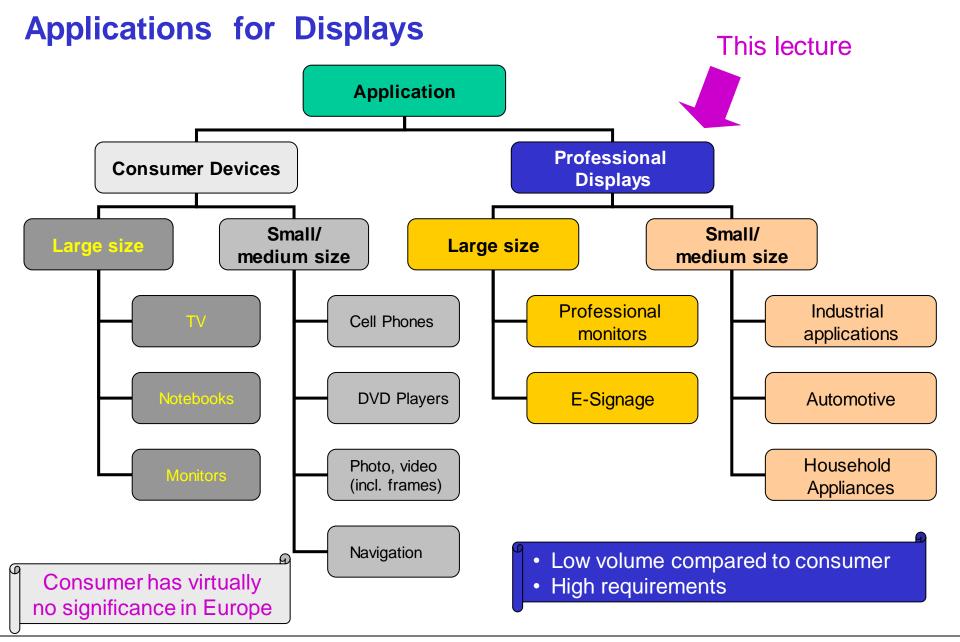
D. Faigle, Display Lab, PFU

From Trends to Future Display Strategy

- "Green" displays
- Low resolution displays
- "Standard" larger displays
- Touch "everywhere"
- Bright light capability
- ...

Professional displays follow CE trends!







Comparison of Consumer and Professional Displays

	Consumer displays	Professional displays	
Minimum order quantity	High	low	
Targeted display life	9-18 month	3 to 5 years and longer	
Optimisation	Typically cost	Typically performance	
ECO (Engineering Change Order) notification	Maybe	Yes	
LTB (last time buy) notification	B (last time buy) notification Maybe		
Requirements	Low	High	
Operation time	Limited warranty for long-time operation	Designed for 24/7 use	
Housing	Plastic bezels, no internal cooling	Enhanced bezels	
Location of production	Usually complete value chain located in Asia	Display panels mainly produced in Asia. Value added in Europe	



Übersicht Displayapplikationen in Deutschland

- Automotive, Industrie, Weiße Ware, Medizintechnik, E-Signage
- Diese Einsatzgebiete haben andere Anforderungen als Consumer-Produkte wie Smartphones, Fernseher, Notebooks, Monitore, ...
- Praktisch allgemein gültige Regel:
 Trend zu größeren und hochwertigeren Displays:
 - Diagonale im Industriemonitorbereich folgt PC-Trend
 - Buchstaben ⇒ Grafik
 - monochrom ⇒ farbig
 - STN LCD ⇒ TFT LCD
 - Tasten ⇒ Touch Screens

Die wesentlichen Display - Märkte in Deutschland (Europa)

Haushalts-Geräte (Weisse Ware, white goods, household appliances)
 Typischerweise höhere Stückzahlen (Mio. pa) und kleine Größen

Automotive

Typischerweise Stückzahlen 100.000 pa bei hohem T-Anforderungen

Industrie

- Stationär (z.B. Visualisierung in der Automatisierungstechnik) mit kleinen Stückzahlen und langer Betriebsdauer, eher Monitor-artig
- Mobil (z.B. Messgeräte) größere Stückzahlen, eher kleinformatig
- Medizintechnik (Patienten-Monitor, Analysegeräte, ...)

E-Signage

geringe Stückzahlen bei großen Diagonalen, Systemkompetenz, oft Sonnenlicht-Ablesbarkeit



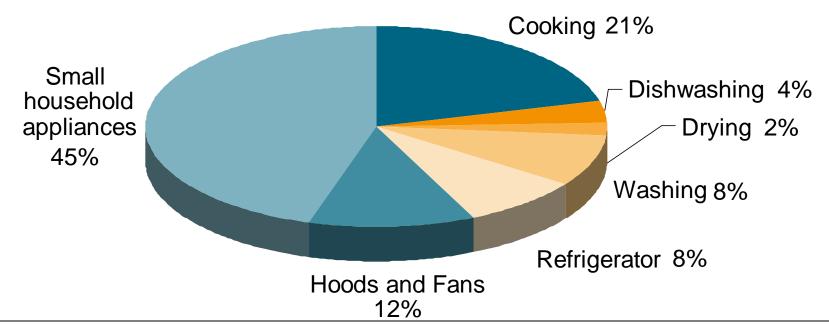
Household Appliances Market

300+ Mio. units produced in Europe with a total value of ~ 40 billion €

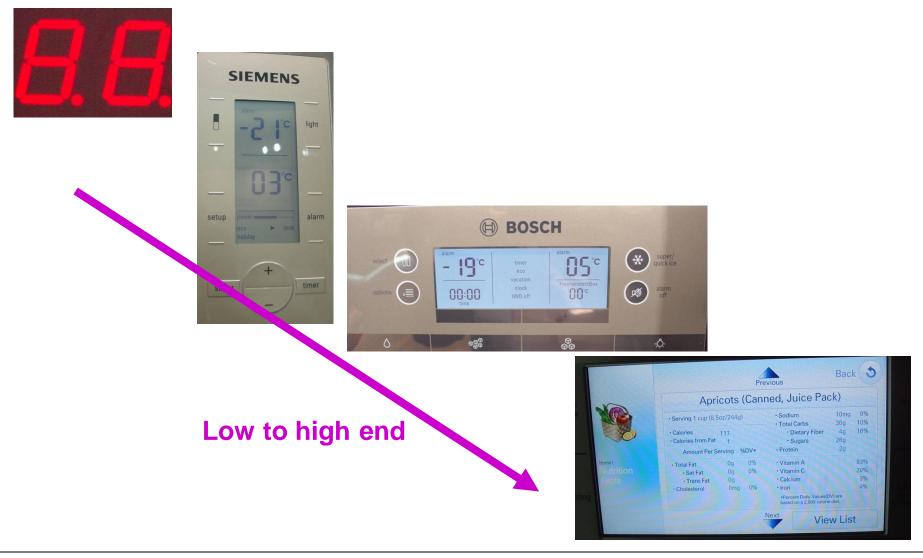




Market distribution of large and small household appliances (unitwise)



Household Appliances Refrigeration



Automotive Displays

What are displays used for in the car?

- Driver safety information within instrument cluster
 e.g. for on-board computer new: head-up display
- Co-driver information, navigation central information display / center console and beyond e.g. for navigation
- Radio / heating / air conditioning
- Passenger entertainment rear seats





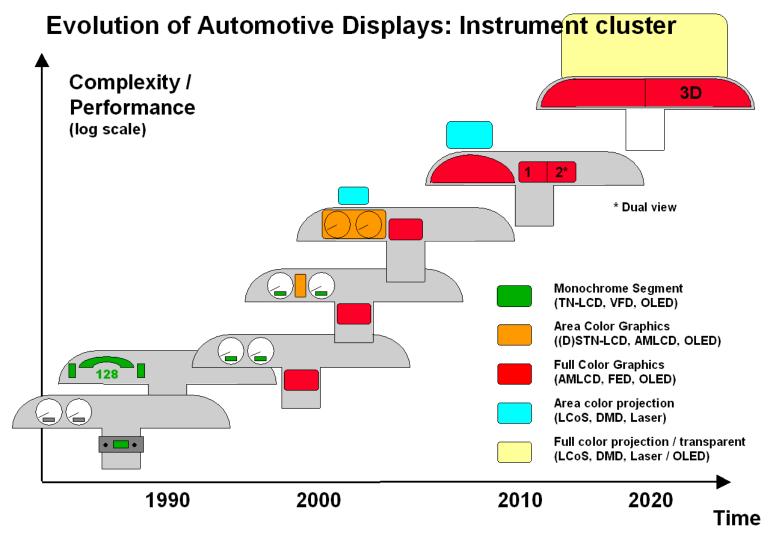








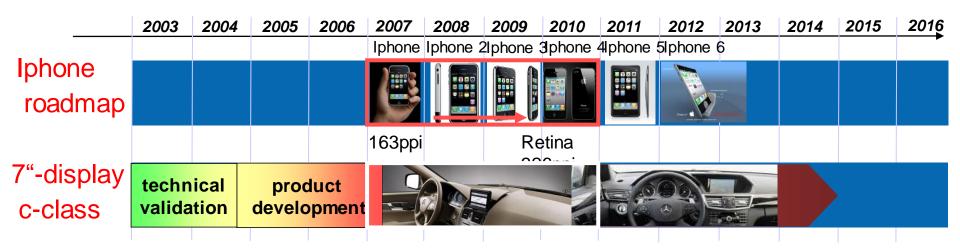
Automotive Displays



Source: Adria European Advanced Displays Roadmap

Challenges for Automotive Displays

Development and Life Cycle



Smartphone

- New device generations with extended functionality and design face-lift every year
- •Lifetime of displays 4 years, but with revolutionary development steps (retina resolution)

Automotive display

- •Perceived quality to displays of leading mobile devices shall be achieved (e.g. resolution)
- •Development of automotive products implies conformance to automotive requirements

MERCEDES Approach for Future Automotive Displays



Enjoy digital lifestyle seamlessly and safely in the vehicle by continuous connectivity with the cloud

Industrial and Professional Displays

- While displays for household appliances and automotive displays can be assigned to small and medium displays, industrial displays incl. medical have a much broader range of application and thus sizes.
- The industrial field comprises a huge variety of different applications and customer-specific displays with only small lot sizes.
- The upper end of industrial displays is often referred to as public displays
- Extremely large sizes (display-walls) often realized by tiling a large number of individual displays, e.g. rear-projection displays.









Industrial and Large Area Display Systems from Europe





















Zusammenfassung Displayapplikationen in Deutschland

 Automotive, Industrie, Medizintechnik, E-Signage und Weiße Ware haben viele identische aber auch unterschiedliche Anforderungen

• Gleiche Anforderungen:

- Lang andauernde Produktion der Displays (Handy 6 Monate)
- Hohe Qualitätsanforderungen (Umwelt, Vibration, Temperatur, ...)
- Lange Lebensdauer (Jahrzehnte statt 2 Jahre bei Handies)

• Unterschiedliche Anforderungen:

- Automotive: moderate Stückzahlen bei hohen Umweltanforderungen
- Industrie, Med.: eher kleine Stückzahlen bei moderaten Einsatzbedingungen
- Weiße Ware: hohe Stückzahlen bei moderaten Einsatzbedingungen
 - (außer Herd)
- E-Signage: Geringe Stückzahlen, oft im Außenbereich

Trends in Größe (Diagonale und Produktion)

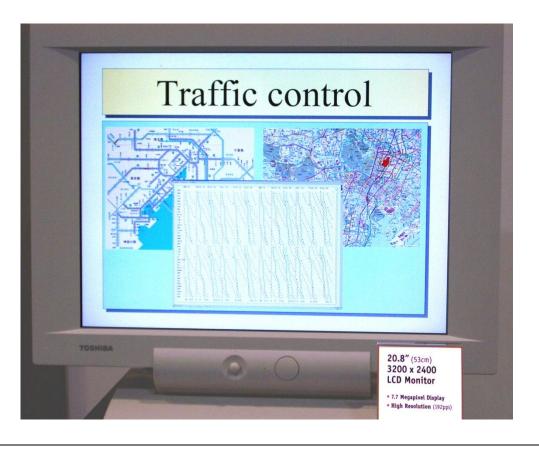
- Allgemeiner Trend zu größeren Displays
 - Handy ⇒ Smartphone
 - Desktop Monitor 15" ⇒ 24"
 - LCD Fernseher 27" ⇒ 50" (aber Limitierung durch Raumgröße)
 - Laptops eher konstant bis sinkend (keine 19" Laptops mehr)

- Größere "Muttergläser" (Substrate) in der Produktion bringen signifikante Kostenreduktion bei größeren Panels (ab ca. 15").
 - Größenangaben der Substrate nach Generation (GEN)
 - Automotive und Weiße Ware wird auf GEN 3-5 produziert (abgeschriebene Laptop- und Monitorlinien)



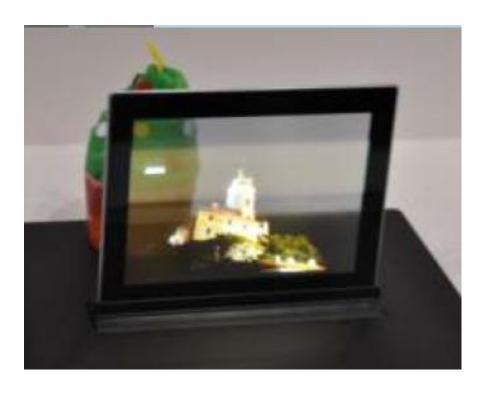
Trends: High Resolution Displays ≥ 5 MPixel

- Nur LCDs
- Anwendungen : Medizin, CAD, Simulation





Trends: Transparent Displays

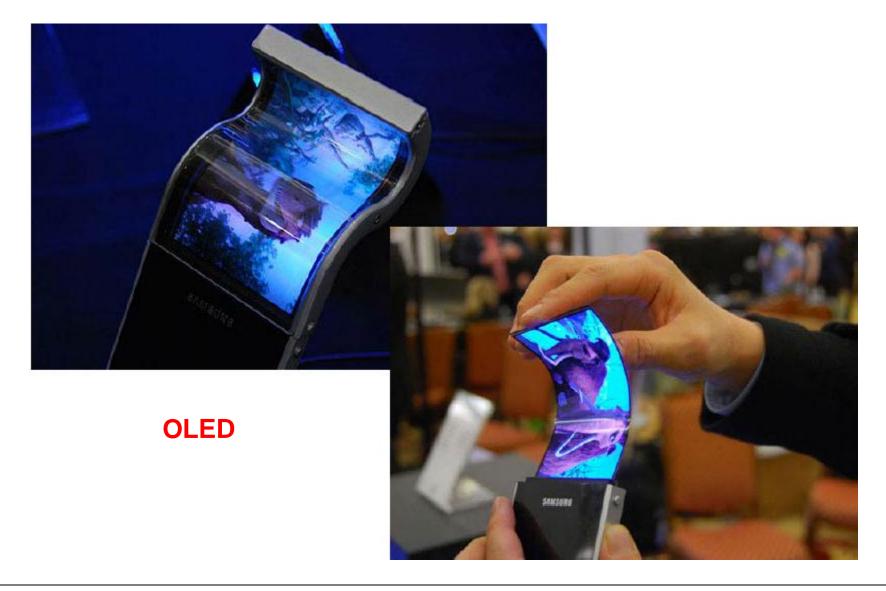




OLED

LCD

Trends: Flexible Displays



Entwicklung der Displaygröße bei LCDs





2004 : 57"

2005:82"

2008:108"

Commodity up to 70"

Gen 10 SHARP



Die 'größten' Plasma - Displays

z.B. Stuttgarter Flughafen





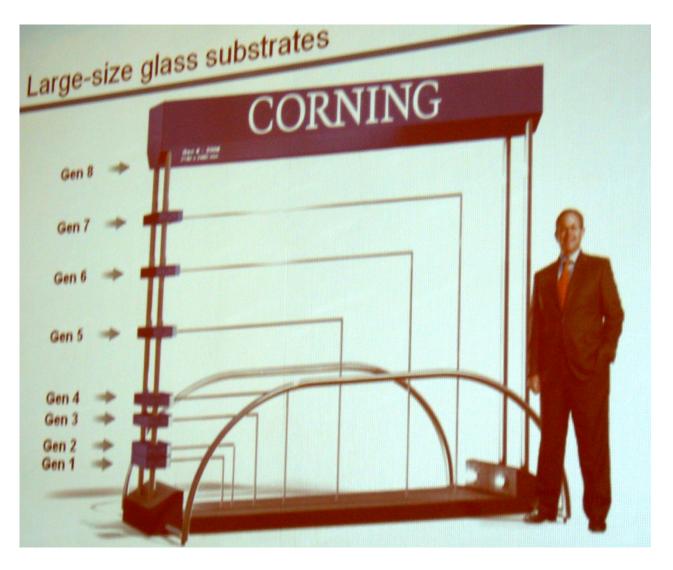




103"

150"

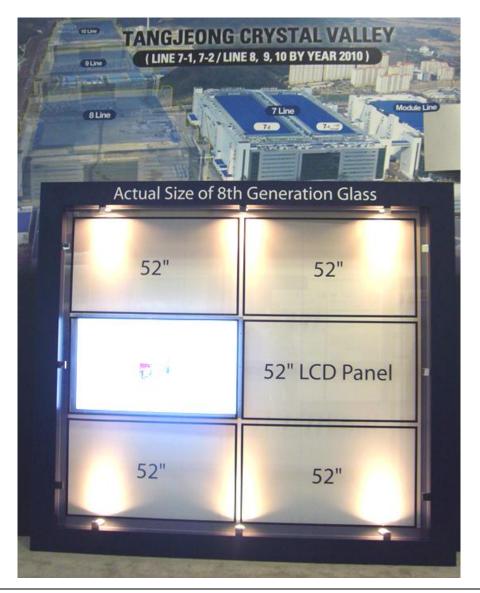
The Race for Size (I)



Production issue

Micrometer precision required in meter range!

The Race for Size (II)





SAMSUNG

Kosten für GEN 8 Fab = 1 B\$

The Race for Size (III)

SHARP GEN 10 (2.8 x 3.1 m²) fab 2010









Inhalt

- 1 Einführung
- 2 Messtechnik (WS), Embedded Systems with Displays (SS)
- 3 Touch, E-Paper, OLED, 3D (WS) LCDs (SS)



Spezifikationen von Displays

- Es gibt große Unterschiede zwischen Consumer-Spezifikationen (z.B. Verpackungsaufdruck, Werbung) und 'professionellen' Spezifikationen
- · Spezifikationen sind wichtig, da danach gekauft wird
- Erläutert werden die (für ET/IT & TI) wichtigsten Teile der Spezifikationen:
 - Elektrisches Interface (Kapitel Embedded Systems & Ansteuerung)
 - Optische Eigenschaften (Kapitel Display-Messtechnik)



Consumer Display Spezifikationen

LCD panel

Type Screen size	TFT LCD
Screen size	18 1"/ 46cm_diagonal_
Pixel pitch	0.280 x 0.280mm
• LCD parier type	1200 x 1024 pixeis, K.G.B.Vertical stripe
	Anti-glare polarizer, hard coated
 Effective viewing area 	350 v 287 2mm
Display colors	8 bits interface (16M colors)

Scanning

Vertical refresh rate
 Horizontal Frequency
 56~76 Hz
 30~82 kHz

Optical characteristics (at 25°C)

•	Contrast ratio:	250 (typ.)
	Reightnoss	200 nits (typ.)
	VA (Indiana Champion and Alberta	0.001

 White Chromatcity: 	x: 0.281	y: 0.311 (at 9300°K)
	x: 0.312	y: 0.338 (at 6500° K)

Viewing Angle:	Upper	≥80° (min.)
(C/R≥5)	Lower Left	≥80° (min.) ≥80° (min.)
	Right	≥80° (min.)

Response time: ≤50ms (typ.)



Display

•	Visible diagonal	42", 106 cm
•	Display type	AC-Plasma

Number of pixels 852 (*3)*480

•	Gray	scale	levels	256
---	------	-------	--------	-----

٠	Contrast	480:1
	COHUASE	100.1

Aspect ratio 16:9

Anti-reflex coated glass screen

Picture

- Viewing modes
 - Data: 16x9, 4x3
 - Video: 16x9, 14x9, 4x3

Was bedeuten die Angaben?

What is in a Specification?

- Mechanical parameters
- Connectors
- Electrical interface
- Electrical characteristics
- Interface timing characteristics
- Absolute maximum ratings
- Backlight section for LCDs iele Beispiele: www.data-module.l
- Optical characteristics
- Reliability (tests)
- Handling instructions



Ausführliche Display Spezifikation (zur Info – nicht Klausur)

Specification

AUO G043FW01 V0

(source

www.datamodul.de)

2. General Description

G043FW01 V0 is designed for Parchinko applications with WQVGA ($480 \times RGB \times 272$) resolution and 16.7M colors (RGB 8-bits). It is composed of a TFT-LCD panel, driver ICs and backlight unit. G043FW01 V0 offers TTL interface for display signal input.

2.1 Display Characteristics

The following items are G043FW01 V0 characteristics summary at 25 (Room Temperature).

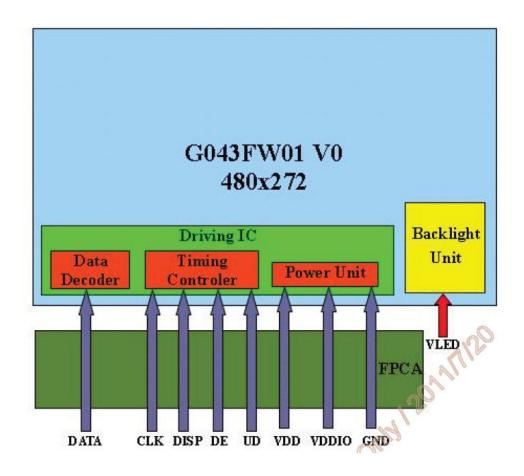
Items	Unit	Specifications
Screen Diagonal	inch	4.3
Active Area	mm	95.04(H)×53.856(V)
Pixels H x V	mm	480RGB(H)×272(V)
Pixel Pitch	mm	0.198(H)×0.198(V)
Pixel Arrangement		R.G.B. Vertical Stripe
Display Mode		TN, Normally White
Nominal Input Voltage VDD	Volt	3.3 typ.
Typical Power Consumption	Watt	0.73W (LCD:0.08W/LED BLU: 0.65W) @ All black pattern
Weight	Grams	68 (max.)
Physical Size	mm	105.7(H) × 67.4(V) × 4.19(D) (typ.)
Electrical Interface		Digital T(L) 8bit
Surface Treatment		Anti-Glare, Hardness 3H
Support Color		16.7M Colors
The most suitable view angle	of Magazine	6 o'clock (gray inversion)
Temperature Range Operating Storage (Non-Operating)	°°°	-20 to +70 -30 to +80
RoHS Compliance	The same of the sa	RoHS Compliance

Ca. 25 DIN A4 Seiten

Ausführliche Display Spezifikation

3. Functional Block Diagram

The following diagram shows the functional block of the G043FW01 V0 color TFT/LCD module.

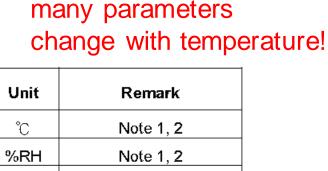


4. Absolute Maximum Ratings

4.1 Absolute Ratings

ltem	Symbo	Min	Max	Unit	Remark
Logic/LCD Drive Voltage	VDD	-0.3	6	Volt	Ta= 25°C
LCD Input Signal Voltage	VIN	-0.3	6	Volt	Ta= 25°C
LED BLU Drive Current	I _{LED}	-	30.0	mA	Ta= 25°C

4.2 Absolute Ratings of Environment



refer to 25°C but

Many values in specs

ltem	Symbol	Min	Max	Unit	Remark
Operating Temperature	ТОР	-20	70	°C	Note 1, 2
Operation Humidity	HOP	5	90	%RH	Note 1, 2
Storage Temperature	TST	-30	80	°C	Note 1
Storage Humidity	HST	5	90	%RH	Note 1

5.2 Backlight Unit Driving

5.2.1 Parameter guideline for LED

Following characteristics are measured under stable condition at 25 (Room Temperature).

Symbol	Parameter	Min	Тур	Max	Units	Remark
V_{LED}	Input Voltage	-	(26)	-	Volt	Ta = 25 ℃
I _{LED}	Input Current	-	25	-	mA	Ta = 25 °C
P _{LED}	Power Consumption	-	0.65	-	W	Ta = 25 °C
0		20000				Ta = 25 °C , I _{LED} = 25mA
Operating Life		30000	-	-	Hrs	Note 3,4

6.4 TFT- LCD Interface Signal Description

Recommended connector: FH12A-45S-0.5SH

Pin no	Symbol	I/O	
1	GND	G	GND
2	GND	G	GND
3	VDD	PI	Power supply for ar
4	VDDIO	PI	Power supply for di
5	R0	1	Red Data Signal (L
6	R1	1	Red Data Signal
7	R2	1	Red Data Signal
8	R3	ı	Red Data Signal
9	R4	I	Red Data Signal
10	R5	ı	Red Data Signal
11	R6	1	Red Data Signal
12	R7	ı	Red Data Signal (N
13	G0	ı	Green Data Signal

- 1	D0	1 1	gree Data Signal
28	В7	10	Blue Data Signal (MSB)
29	GND 🦠	G	GND
30	DCLK	I	Pixel clock
31	DISP	I	Display on/off signal
32	GND	G	GND
33	GND	G	GND
34	DE	I	Data enable



6.5 TFT- LCD Interface Timing

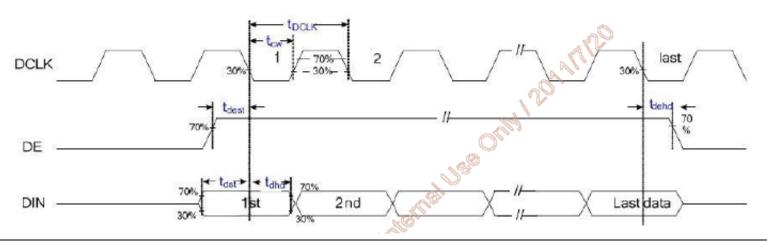
6.5.1 Rising Timing Characteristics

a. Rising Timing Characteristics



Item	Symbol	Min.	Тур.	Max.	Unit	Remark
DGLK time	tocux	84	111	200	ns	
DGLK width	tow	42	-	-	ns	Dow=50%
DGLK duty cycle	Dow	40	50	60	%	tow / toducc100%
Data setup time	tde≮	6	-	-	ns	Input data to DCLK
Data hold time	taha	6	-	-	ns	Input data to DCLK
DE setup time	ldest	0	-	-	ns	DE to DOLK
DE hold time	tdehd .	6	-	-	ns	DE to DCLK

b. Rising Timing Diagram



2.2 Optical Characteristics

The optical characteristics are measured under stable conditions at 250 (Room Temperature).

ltem	Unit	Conditions	Min.	Тур.	Max.	Remark
White Luminance	cd/m2	I _{LED} =25mA, D _{PWM} =100% (center point)	350	450	-	Note 1
Uniformity	%	9 Points	70	75		Note 1, 2, 3
Contrast Ratio			300	400	_	Note 4
	msec	Rising	_	15	25	
Response Time	msec	Falling	-	20	30	Note 5
	msec	Rising + Falling	_	35	55	
	degree	Horizontal (Right)	50	65	-	
Viewing Angle	degree	CR = 10 (Left)	50	65	_	Note 6
Viewing Angle	degree degree		35	50	-	
	degree	White x	40	55	- 0.20	
		White y	0.26	0.31	0.36	_
			0.27	0.32	0.37	1
		Redx	0.56	0.60	0.64	_
Color / Chromaticity Coordinates		Red y	0.31	0.35	0.39	
(CIE 1931)		Green x	0.31	0.35	0.39	
		Green y	0.53	0.57	0.61	
		Blue x	0.11	0.15	0.19	
		Blue y	0.08	0.12	0.16	
Color Gamut	%		-	50	-	



Power vs. Display Technology vs. Application

(typical values)

Standard AMLCD

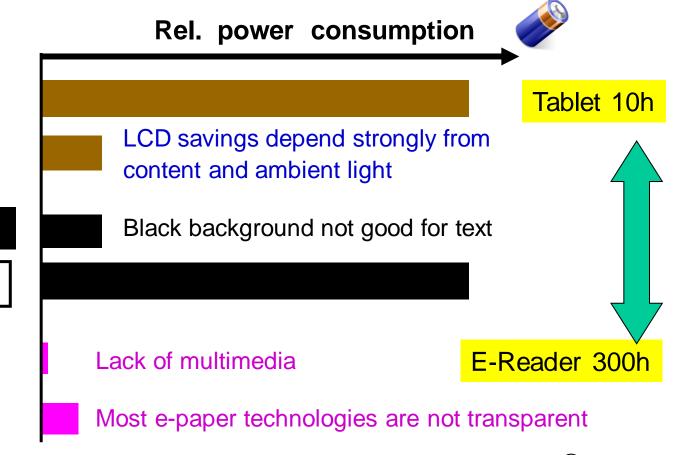
AMLCD + dimming

AMOLED 80% black

AMOLED 80% white

E-Paper day

E-Paper night

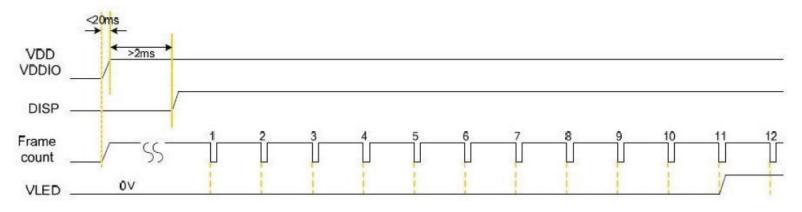


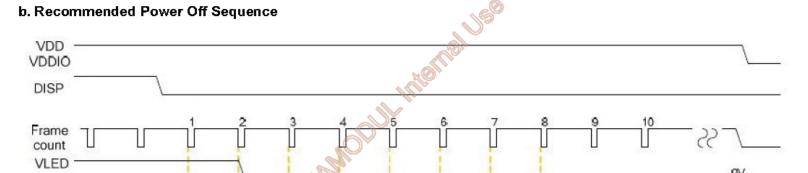
- Low power consumption is crucial for many applications!
- "10h color multimedia vs. 300h monochrome" preference ?

6.7 Power ON/OFF Sequence

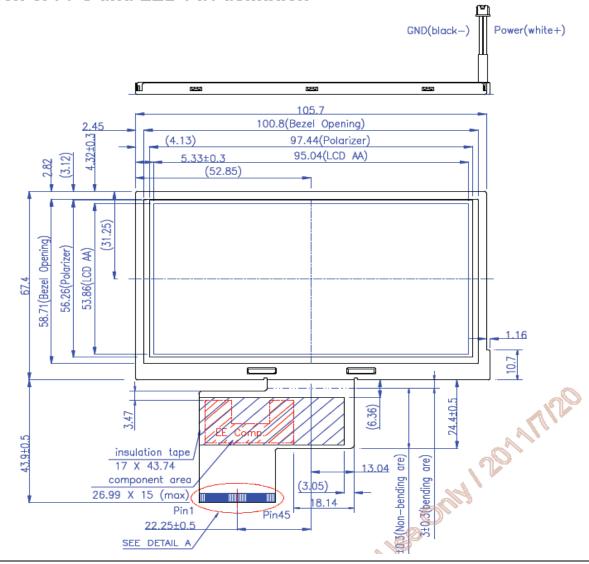
VDD power, LCD interface signals and backlight on/off sequence are shown in the following chart. Signals from any system shall be Hi-Z state or low level when VDD is off.

a. Recommended Power On Sequence





7.3 PIN definition of FPC and LED PIN definition





Specification: Reliability Test Items

8. Reliability Test Criteria

Items	Required Condition
Temperature Humidity Bias	60□/90%,240Hr
High Temperature Operation	70□,240Hr
Low Temperature Operation	-20□,240Hr
High Temperature Storage	80□,240 hours
Low Temperature Storage	-30°C ,240 hours
Thermal Shock Test	-30°⊜/60 min ,80°⊜/60 min ,50cycles
Shock Test (Non-Operating)	100G, 6ms for ±x, ±y, ±z; 6 directions
Vibration Test (Non-Operating)	1.5G, 10~55~10Hz, Sine wave, 2hrs/axis for 3 direction (X, Y, Z)

Zusammenfassung: Spezifikationen von Displays

- ,Professionellen' Spezifikationen sind sehr umfangreich
- Viele Parameter sind ausführlich und korrekt spezifiziert
 (z.B. Interface, Stecker, Belegung) aber Stecker und Kabel meist 'exotisch'
- Optische Messwerte sind unter Dunkelraumbedingungen gemessen, die sich nur bedingt auf reale Einsatzbedingungen extrapolieren lassen
 ⇒ Evaluierung unbedingt erforderlich
- Mechanisches Interface und Handling wird oft vernachlässigt



Inhalt

- 1 Einführung
- 2 Messtechnik (WS), Embedded Systems with Displays (SS)
- 3 Touch, E-Paper, OLED, 3D (WS) LCDs (SS)



Siehe auch GUI – Vorlesung!

Einführung Ergonomie

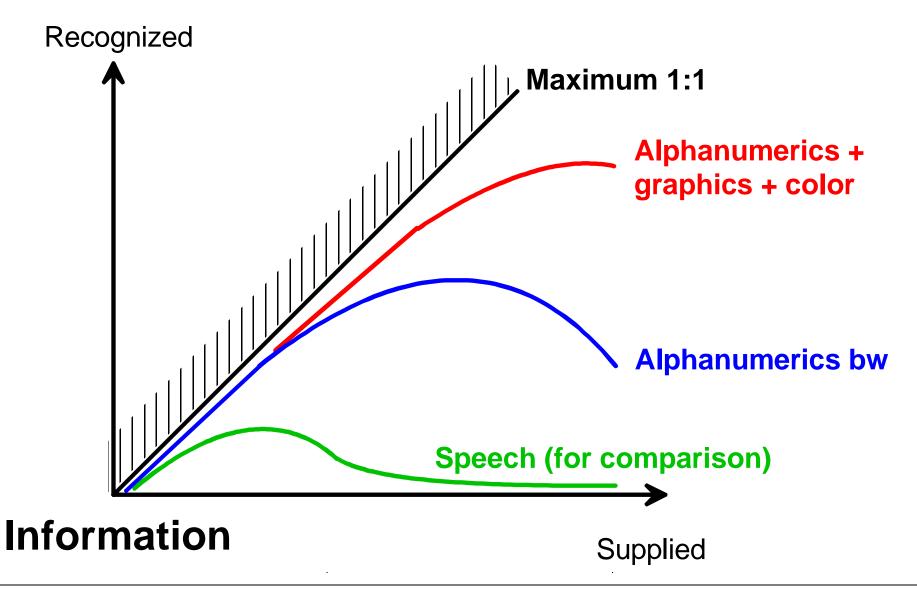
- Warum haben Displays hohe Datenraten und Auflösungen?
- Warum sind bei vielen Anwendungen monochrome Displays durch farbige ersetzt worden?
- Wie groß sollte ein Pixel sein?
- Welche Regeln gibt's es für Fontgrößen etc. ?
- Wie wirken Display und Inhalt zusammen ?

Datenraten der menschlichen Sinnesorgane

- Sehen 300 MBit/s
- Hören 20 kBit/s
- Tasten 10 Bit/s
- Schmecken 4 Bit/s
- Wärme 0,1 Bit/s

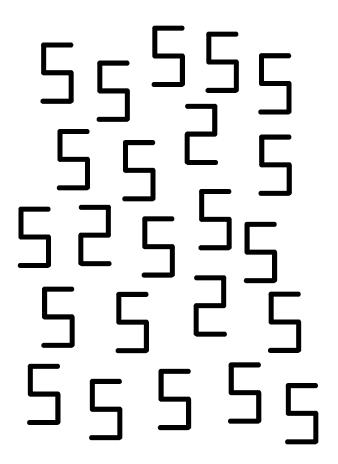
Der Sehsinn hat die höchsten Datenrate bei der Mensch -Maschine Kommunikation (MMI, HMI)

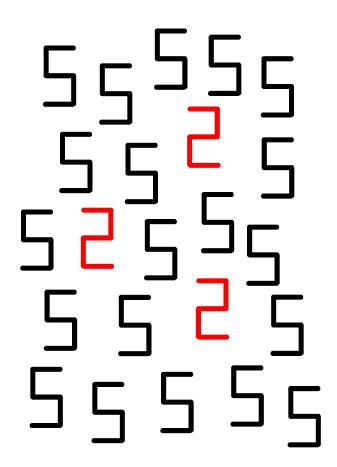
Informationsverarbeitung





Information & Erkennen





Wie viel unterschiedliche Zeichen und wie viele der 'Minderheit' gibt es?

Ergonomie

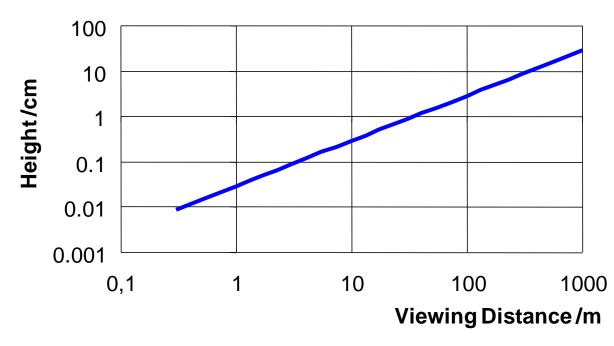
Auflösung des Auges

$$\alpha \approx$$
 1' = 1/60° \approx 0,0003

$$\tan\alpha \approx \alpha = \frac{\mathsf{h}}{\mathsf{d}}$$

1 m Entfernung $\equiv 0.3$ mm

Minimum Recognizable Object Size



Bsp.:

- Monitor $d = 0.5 \text{ m} \rightarrow \text{Auflösbare Pixelgröße } h = 0.15 \text{ mm}$, typisch 0.3 mm
- XGA Beamer Bildbreite 3 m → 1 Pixel 3 mm breit (1024 H-Pixel)
 - → Betrachtungsabstand = Augenauflösung : $d \approx \frac{h}{c} = 10 \text{ m}$



Ergonomie

Weitere Größe: Pixel per Inch (ppi) (1" = 25,4 mm)

Augenauflösung: 0,3 mm/m

→ 100 ppi bei 1 m Betrachtungsabstand, Pixelgröße 250 µm

z.B. APPLE Retinadisplay im IPHONE 4: 326 ppi (78 µm); IPAD 3: 264 ppi

Betrachtungs- abstand /m	~ PPI aus Augenauflösung	Pixelgröße /mm	Beispiel
0,3	300	0,08	Handy
0,5	200	0,13	Tablet, PC Monitor
1	100	0,25	"Referenz"
2	30	0,5	Fernseher > 50"
10	10	3	E-Signage



Ergonomie

Empfohlene Zeilenzahl

Bsp: h = 30 cm, d = 50 cm
$$\rightarrow$$
 Z = 15

Anzahl Zeilen $\approx \frac{25 \cdot \text{Bildschirmh\"ohe}}{\text{Betrachtungsabstand}}$

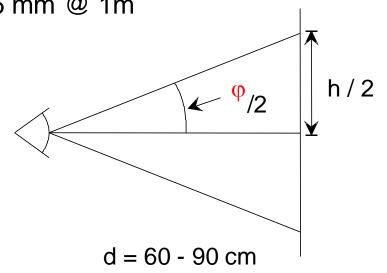
Empfohlene minimale Zeichenhöhe bei

- großen Betrachtungsabständen Zeichenhöhe $\approx \frac{\text{Betrachtungsabs} \tan d}{250}$ Bsp: d = 25 m \rightarrow h = 10 cm (5 m \rightarrow 2 cm)
- kleinen Betrachtungsabstände 16 x 1: 5 mm @ 1m

Blickkegel : Öffnungswinkel φ

typisch 20° - 40°, empfohlen: 30°

Büro (d = 60 cm) : 14" (20°) - 28" (40°)



Bedeutung von Displays

- Displays sind (der wichtigste) Teil der Mensch-Maschine-Schnittstelle
- Displays stellen große Herausforderungen an die mechanische Gerätekonstruktion
- Displays sind ein wesentliches Element des Gerätesdesigns
- Displays vermitteln den "ersten" Eindruck eines Gerätes (ggf. Kaufentscheidungs-relevant)

Aber:

Die 'Inhalte' der Displays werden durch Software (<u>G</u>raphical <u>U</u>ser <u>I</u>nterface) bestimmt. Das beste Display nutzt wenig bei 'schlechtem' GUI und umgekehrt.

Zusammenfassung Ergonomie

- Hohe Auflösung und farbige Darstellung bringt viele Vorteile
- Warum sind bei vielen Anwendungen monochrome Displays durch farbige ersetzt worden?
- Die Augenauflösung entspricht ca. 0,3mm bei 1m Betrachtungsabstand
- Buchstabengroße, Farbe und Hintergrund müssen auf Einsatzbedingungen abgestimmt werden
- Die Qualität der Mensch-Maschine-Schnittstelle wird gleichermaßen von Displays und den darzustellenden Inhalten (GUI, Vorlesung MES) bestimmt.