

# **VI. Основен хардуер в мобилните устройства: дисплеи**



# 1. Технологии на производство

## LCD (Liquid Crystal Display)

- LCD или дисплей от течни кристали е тип екран, който използва свойствата на течните кристали да променят оптичните си качества, когато бъдат подложени на напрежение.
- LCD екраните могат да се произвеждат в много повече размери, отколкото CRT екраните, по-енергийно-ефективни са и тъй като не използват фосфор, при тях не се среща познатото ни от старите телевизори обезцветяване на част от екрана.

# 1. Технологии на производство

## LCD (Liquid Crystal Display)

- ▶ Тъй като консумират сравнително малко енергия, LCD екраните могат спокойно да се поддържат от устройства, които използват батерия. Ето защо те са най-популярният избор за екранна технология при смартфоните и таблетите.
- ▶ Има най-различни видове LCD панели като при всеки от тях принципът на работа е специфичен. Най-популярните и често използвани видове са три: TN, IPS и VA.

# 1. Технологии на производство

## TFT-LCD (Thin Film Transistor - Liquid Crystal Display)

- При тези дисплеи всеки пиксел е свързан със силициев транзистор, с който се регулира светенето и цвета на пиксела.
- Използването на транзистори за всеки пиксел се нарича „TFT активна матрица“. TN (Twisted Nematic) ефектът показва чернобяло изображение, а цветните изображения се формират от трипикселови групи, използващи червени, сини и зелени филтри.
- Изобразената картина се осветява от светлина, поставена зад течнокристалния панел.

# 1. Технологии на производство

## TN (Twisted Nematic) TFT

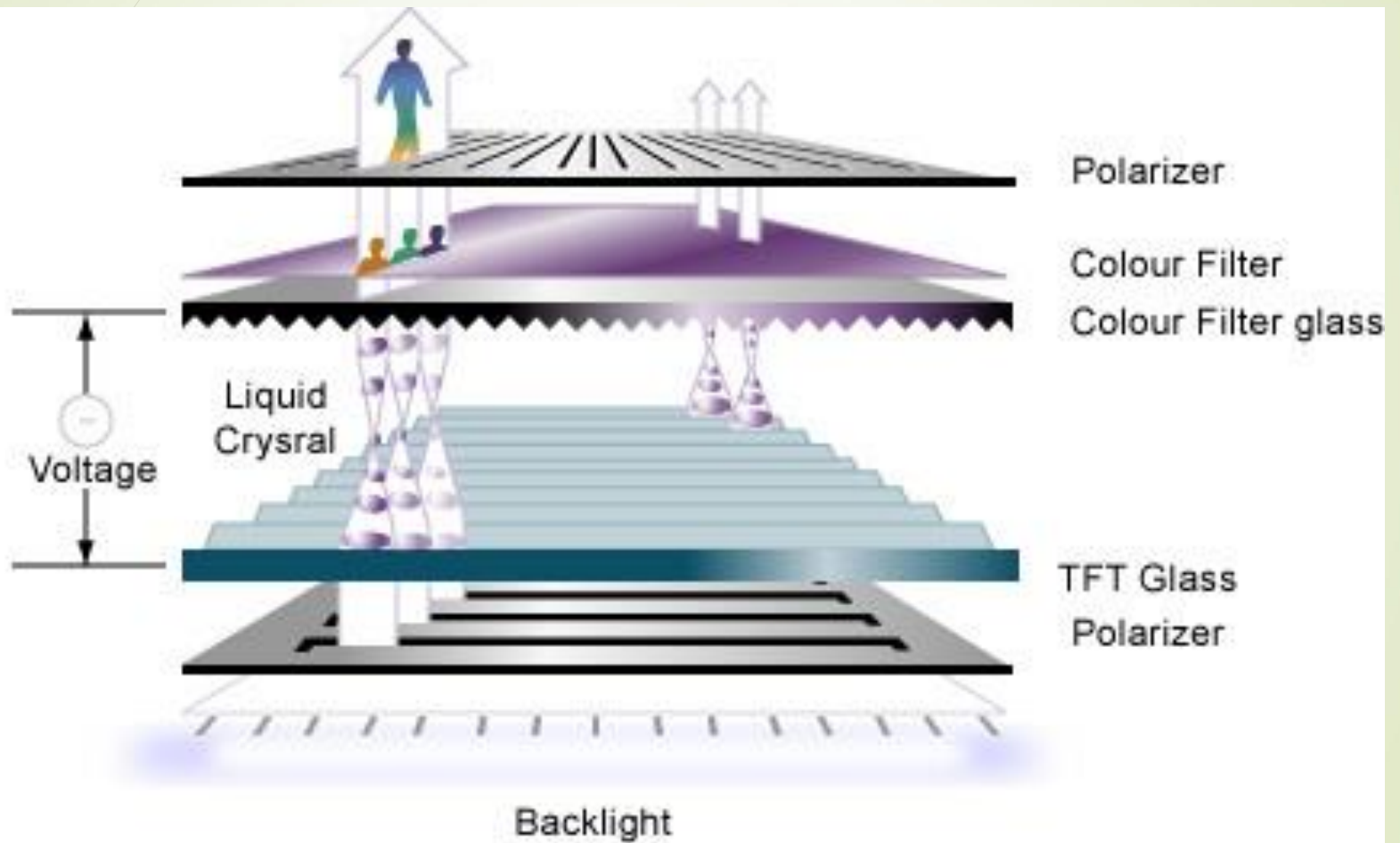
- Twisted Nematic е термин, който се използва от производителите на смартфони вместо TFT LCD.
- TN панелите са най-евтини за производство и поради тази причина са и най-популярни.
- Освен това са доста бързи, като времето им за реакция е едва две милисекунди – това ги прави най-бързият тип LCD дисплеи, макар и по-бавни от OLED панелите.
- Благодарение на тази тяхна особеност, те се справят особено добре с изобразяване на бързо движещи се обекти и често се използват в създаването на 3D дисплеи.

# 1. Технологии на производство

## TN (Twisted Nematic) TFT

- Недостатъкът им е, че не поддържат толкова много цветове като други типове панели, което се отразява и на крайното качество на образа.
- Освен това, при TN панелите ъгълът на гледане е много малък, тоест ако се погледнат от страни, цветовете се променят.

# Основна диаграма на TFT LCD дисплей



# 1. Технологии на производство

## TN (Twisted Nematic) TFT

- **Принцип на работа:** светлината влиза през поларизационен филтър, който изравнява светлинните вълни в една посока и след това преминава през течния TN кристал.
- Молекулите на този кристал усукват светлината на 90 градуса (оттам и името им), след което тази светлина преминава през цветен филтър, който я оцветява в червено, зелено или синьо.
- Накрая светлината достига до втори поларизационен филтър, позициониран перпендикулярно на първия.



# 1. Технологии на производство

## TN (Twisted Nematic) TFT

- Когато върху течния кристал бъде приложено напрежение, той променя усуканата си форма, променяйки и ориентацията на светлината. По този начин по-голяма част от светлината бива блокирана от втория поларизационен филтър.
- Всеки пиксел в TN панела съдържа три правоъгълни субпиксела – червен, зелен и син. С вариране в напрежението на всеки от кристалите в тези субпиксели, трите основни цвята се смесват и се създават останалите вторични цветове.

# 1. Технологии на производство

## In-Plane Switching (IPS)

- През 1996 година компанията Hitachi представя технологията IPS, чиято цел е да преодолее ограниченията на TN TFT.
- При IPS технологията всеки от трите субпиксела може да изобразява 8-битова яркост, което означава по-реалистичен цвят.
- Освен това, IPS екраните поддържат по-широка гама от цветове, което обяснява и защо се използват във високотехнологични монитори за работа с видео, фотография или за дизайн.

# 1. Технологии на производство

## In-Plane Switching (IPS)

- ▶ При IPS ъглите на гледане са много по-големи: на практика, откъдето и да погледнем екрана, цветовете ще са почти едни и същи.
- ▶ Това обяснава защо повечето смартфони и таблети днес използват тъкмо IPS екрани.
- ▶ Недостатъците на IPS екраните спрямо TN TFT екраните са, че не са толкова ярки и толкова бързи. Поради тази причина те не стоят в основата на 3D дисплеите. Друг недостатък е, че са по-скъпи за производство.

# 1. Технологии на производство

## In-Plane Switching (IPS)

- **Принцип на работа:** структурата на IPS дисплея е почти същата като на TN TFT дисплея. Единствено структурата на кристалите е различна – всички те са подредени хоризонтално.
- При TN TFT, освен това, кристалът се намира между два електрода, докато при IPS – кристалът е над двата електрода.
- Тази структура заема повече място и обяснява защо IPS екраните не са толкова ярки – това разположение просто пропуска по-малко светлина.

# 1. Технологии на производство

## In-Plane Switching (IPS)

- Когато кристалът бъде подложен на напрежение, структурата се завърта на 90 градуса паралелно на плоския панел на дисплея.
- Колкото повече напрежение бъде подложено, толкова повече ще се завърти структурата и толкова повече светлина ще пропусне.

# 1. Технологии на производство

## In-Plane Switching (IPS)

- Понякога производителите на смартфони означават техните дисплеи като "IPS LCD" или "TFT IPS LCD", но в някои случаи използват собствени търговски имена:
  - **Retina** – това име се използва от Apple, за произведените от фирмата LG IPS LCD дисплеи с висока разделителна способност. Използват се в устройствата след iPhone 4 и iPad 3.
  - **NOVA** – това е търговското име на LG за техните изключително ярки и енергийно ефективни IPS LCD .
  - **Super LCD 2** – това е второто поколение на S-LCD, произвеждани от Sony, която преминава от TN към IPS технология. Показват много добри цветове, много голям контраст и ъгли на виждане.

# 1. Технологии на производство

## VA (Vertically Aligned)

- VA екраните условно могат да бъдат позиционирани между IPS и TN TFT екраните.
- По принцип те предават цвета по-реалистично от TN и, също като IPS, поддържат 8-битова яркост, но не осигуряват толкова широка гама от цветове като IPS панелите.
- Ъглите на гледане също са по-големи от тези осигурени от TN, но по-малки от тези при IPS.
- Същото нещо се отнася и за времето за реакция: VA екраните са малко по-бързи от IPS екраните, но по-бавни от TN TFT екраните.

# 1. Технологии на производство

## VA (Vertically Aligned)

VA панелите се разделят на два вида: MVA и PVA.

- **MVA (Multi-domain vertical alignment)** предават черния цвят много по-добре и обикновено поддържат и доста добър контраст.
- **PVA (Patterned vertical alignment)** панелите са малко по-евтини и не чак толкова добри, макар че обновената технология – S-PVA – се справя с най-големите проблеми при предаването на цветовете.



# 1. Технологии на производство

## VA (Vertically Aligned)

- **Принцип на работа:** структурата на VA панела е подобна на тази на TN TFT панела. Отново разликата е в структурата на самите кристали.
- Когато липсва напрежение, кристалите са подредени перпендикулярно на дисплея, блокирайки цялата задна светлина.
- Когато бъдат подложени на напрежение, кристалите се подреждат хоризонтално и позволяват на светлината да премине.
- И при MVA, и при PVA кристалите са ориентирани в различни ъгли, така че да се вижда едно и също, независимо от каква позиция се гледа екрана.

# 1. Технологии на производство

## Видове подсветка на LCD дисплеите

- Една от най-важните характеристики на LCD дисплеите е подсветката. Подсветката е осветлението, благодарение на което работят дисплеите с течни кристали.
- За разлика от CRT дисплеите, LCD дисплеите не създават това осветление сами, а имат нужда от специално осветително тяло. Това осветление се нарича „подсветка“, защото осветява дисплея отдолу, макар че може да го прави и отстрани.
- Двата основни вида подсветка, които се използват, са CCFL и LED. Днес всички устройства използват LED технологията.

# 1. Технологии на производство

## CCFL подсветка

- Съкращението идва от “студена катодна флуоресцентна лампа”.
- Преди 2010 година това е бил най-популярният тип подсветка в телевизорите и мониторите. Големите екрани обикновено са използвали или две лампи, разположени в срещуположните ъгли на LCD панела, или редица от лампи зад панела.
- В последните години CCFL подсветката отстъпи първенството си на LED заради няколко свои недостатъка: твърде голямо потребление на енергия и нужда от твърде високо напрежение, налагане на по-дебел дизайн на панела и по-бързо остаряване.

# 1. Технологии на производство

## LED подсветка

- LED подсветката се дели на два вида: бяла LED подсветка и RGB LED подсветка.
- Почти всички екрани на таблети или смартфони използват бяла LED подсветка.
- Обикновено тя представлява син светодиод с допълнителен жълт фосфор с широк спектър, като резултатът от тази комбинация е бяла светлина.
- Тъй като кривината на спектъра, обаче, е жълта на върха си, червеният и зеленият цвят също „жълтеят“, което стеснява гамата от цветове, която поддържа този тип дисплей.

# 1. Технологии на производство

## LED подсветка

- RGB подсветката, от своя страна, съдържа червен, син и зелен светодиода и може да се контролира така, че да създава бяло с различна цветова температура.
- Този тип подсветка, разбира се, е по-скъп и се среща при лаптопи или монитори от висок клас.

# 1. Технологии на производство

## LED подсветка

- Макар и по-добра от CCFL, LED технологията също си има своите недостатъци.
- На първо място, при нея трудно се постига еднаквост в осветяването особено в процеса на стареене на светодиодите.
- Нееднаквостта е породена от това, че всеки диод остарява с различна бързина.
- Старееенето на диодите, също така, променя белия цвят – нещо, което се забелязва и в двата типа LED подсветка.

# 1. Технологии на производство

## LED подсветка

- И все пак, LED технологията има две неоспорими предимства.
- На първо място, от 2010 година насам, консумацията им на енергия силно намалява – ключов фактор, който силно влияе върху работата на батерията на таблетите и смартфоните.
- Повечето LED подсветки предлагат „ъглово осветление“, тоест, няколко диода са разположени по ъглите и осветяват LCD панела отдолу.
- Преимуществото на този дизайн е, че позволява на панелите да бъдат едновременно по-тънки и по-евтини за производство.

# 1. Технологии на производство

## LED подсветка

- Има и по-скъп вариант на LED подсветката, при който панелът се осветява не само по ъглите, но по цялата повърхност зад панела.
- При този дизайн се използва технология наречена „локално затъмняване“. Тази интелигентна технология позволява постигането на по-тъмни черни пиксели в зависимост от изображението на дисплея.



# 1. Технологии на производство

## Предимства на LCD

- Евтини за производство
- IPS дисплеите показват точно цветовете
- Мака вероятност от промяна на цветовете
- Ярки са и могат да се четат при външна среда

## Недостатъци на LCD:

- Поради необходимостта от задно осветяване не може да се получи голям контраст и напълно черен цвят
- TN дисплеите имат малък зрителен ъгъл
- В повечето случаи са енергоемки и физически дебели

# 1. Технологии на производство

## OLED (Organic Light-Emitting Diode)

- OLED дисплеите са сравнително нова технология.
- Те съдържат органично вещество, което излъчва светлина.
- Ето защо OLED дисплеите не се нуждаят от задно осветяване (което е нужно при LCD).
- Това означава, че те са по-лесни за направа, по-евтини и по-ефективни откъм енергия от LCD и дори могат да бъдат прозрачни и гъвкави.

# 1. Технологии на производство

## OLED (Organic Light-Emitting Diode)

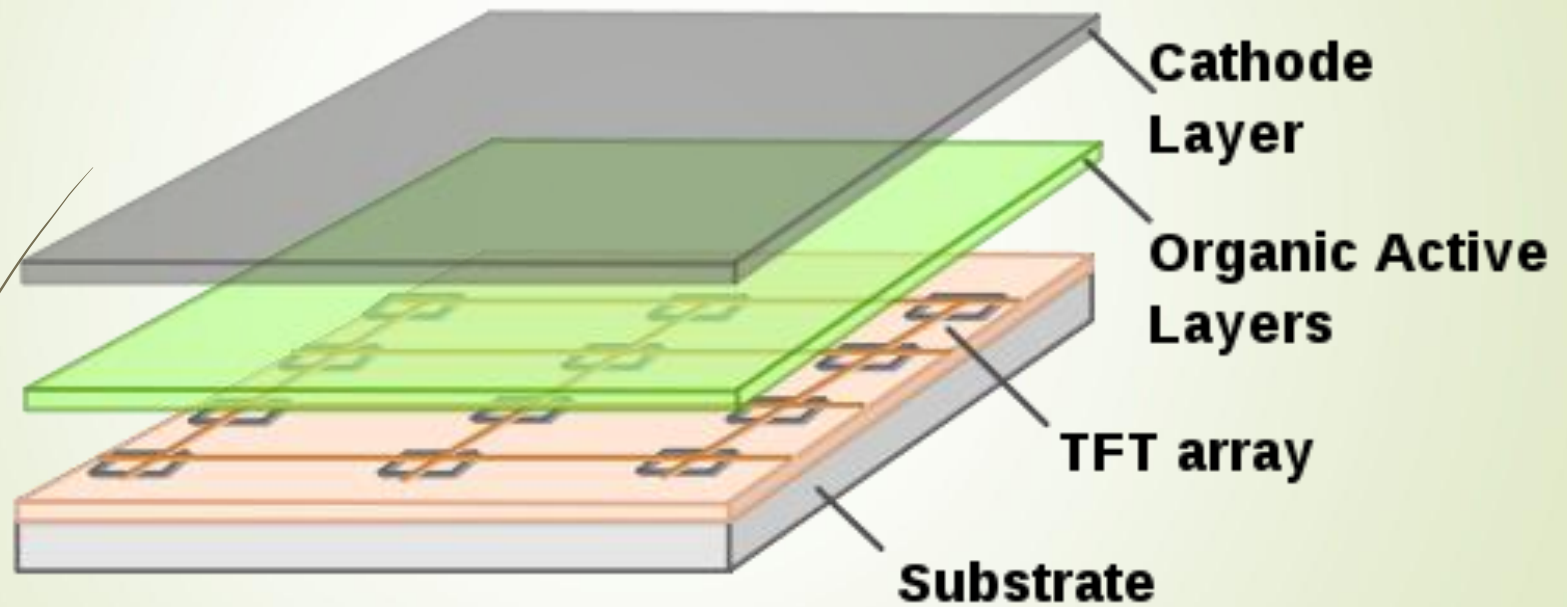
- **AMOLED.** Докато LCD дисплеите се състоят от набор от различни слоеве, които работят съгласувано, за да възпроизведат изображение, AMOLED дисплеите са по-прости като конструкция.
- AMOLED е съкращение от Active-Matrix Organic Light-Emitting Diode, което означава, че дисплеят излъчва цветовете директно от органичните диоди и не се нуждае от поляризационни филтри, кристали и задно осветление.

# 1. Технологии на производство

## OLED - AMOLED

- Начинът, по който AMOLED дисплеят работи е много прост. Най-отдолу има транзисторен слой, който управлява напрежението към по-горния органичен слой.
- Когато се приложи напрежение върху органичните диоди те излъчват светлина, като нейният цвят зависи от молекулярната структура на диода.
- Интензитетът на светлината може да се променя в зависимост от напрежението, подадено от транзисторите, което позволява получаването на милиони цветове, подобно на завъртането на течните кристали при LCD дисплеите.

# Диаграма на AMOLED дисплей



# 1. Технологии на производство

## OLED - AMOLED

- ▶ Понеже диодите излъчват светлина, те не се нуждаят от никакво задно осветяване.
- ▶ Това спомага не само да се намали консумацията, но също да се намали значително дебелината на дисплея, което е предимство за телефоните, които трябва да са възможно най-тънки.
- ▶ Липсата на постоянно задно осветление осигурява висок контраст, тъй като за да се получи черен цвят органичните диоди трябва само да се изключат (не трябва да им се подава напрежение).

# 1. Технологии на производство

## OLED - AMOLED

- Съществуват и някои недостатъци на AMOLED дисплеите.
- Тъй като за получаване на пълната гама от цветове се използват червен, зелен и син подпиксел, трябва да се използват различни органични смеси за осигуряване на всеки от трите цвята.
- Свойствата на всяка смес варират значително и е много трудно всеки диод да излъчва светлина с един и същ интензитет при пълна мощност. Това води до редица проблеми. Ако един цвят е твърде интензивен той може да добави малък нюанс на дисплея.

# 1. Технологии на производство

## OLED - AMOLED

- Обикновено сините диоди са причината белите web страници да изглеждат синкави.
- Тъй като AMOLED дисплеите са много чувствителни към интензитета на диодите, възпроизвеждането на цветовете не е толкова точно, колкото при IPS LCD.



# 1. Технологии на производство

## OLED - AMOLED

- Последният проблем е животът на различните типове диоди.
- Тъй като всеки цвят се получава чрез различно органично химическо съединение, диодите могат да „живеят“ (или да излъчват светлина) различно време, в зависимост от цвета.
- В ранните версии на AMOLED дисплеите е установено, че сините диоди „умират“ два пъти по-бързо в сравнение със зелените.
- При последните версии технологията е значително подобрена и това не се наблюдава.

# 1. Технологии на производство

## OLED - AMOLED

- ▶ Както при LCD дисплеите, съществуват търговски имена, показващи използването на технологията от определена компания:
  - ▶ **Super AMOLED.** Това е първото поколение на дисплея, разработен от Samsung. При този дисплей тъчскрийн технологията е включена в производствения процес, като това спестява наслабването му на по-късен етап и е осигурено по-добро четене при външни условия.
  - ▶ **Super AMOLED Plus.** Това е новото поколение на Samsung AMOLED, която вместо старата PenTile матрица използва нова RGB матрица с цел по-добро възпроизвеждане на цветовете. Използвана е за първи път при Samsung Galaxy S2.

# 1. Технологии на производство

## OLED - AMOLED

- ▶ **HD Super AMOLED.** "Super" означава, че в дисплея на Samsung има интегрирана тъчскрийн технология, а липсата на "Plus", означава че се използва PenTile матрица. HD, че има HD разделителна способност.
- ▶ **ClearBlack AMOLED.** Използва се от Nokia. Този AMOLED дисплей има "ClearBlack" покритие с антиотразяваща поляризация, която подобрява четенето при външни условия.

# 1. Технологии на производство

## OLED - AMOLED

### Предимства на AMOLED:

- много тънки и понякога гъвкави;
- ярки цветове и висок контраст благодарение на органичните диоди;
- отлични ъгли за виждане;
- ниска консумация на енергия.

### Недостатъци на AMOLED:

- понякога има неточно представяне на цветовете;
- по-кратък живот в сравнение с LCD дисплеите.

## 2. Сензорни технологии

- ▶ През 2012 година са съществували поне 18 различни тъч технологии. Днес вероятно са още повече. Някои от тях разчитат на видима или инфрачервена светлина, други използват звукови вълни, а трети – сензори за сила.
- ▶ Като най-популярни сред тези технологии се доказаха две: резистивната и капацитивната.
- ▶ Тези технологии са много различни: едната разпознава допира, разчитайки на създаденото електрическо съпротивление, а другата – на капацитета.
- ▶ Мултитъч. Така се нарича технологията, позволяваща да се разпознават едновременни докосвания в няколко точки върху сензорния екран.

## 2. Сензорни технологии

### Резистивни сензорни дисплеи

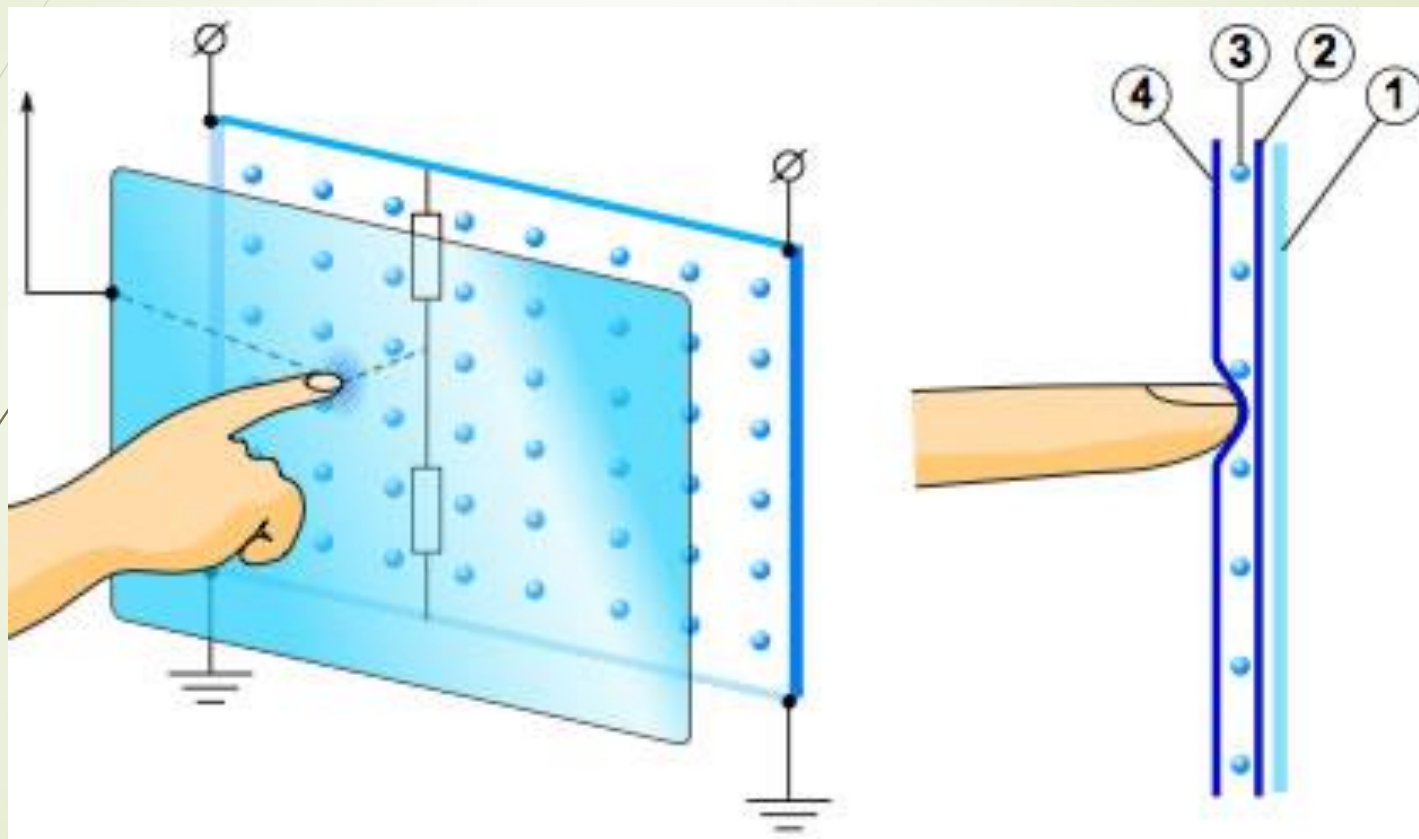
- Този тип панели отчитат каква промяна в съпротивлението настъпва, когато точка от екрана бъде натисната.
- Панелите са съставени от два слоя: обикновено долният слой е изработен от стъкло, а горният представлява пластмасов филм.
- Когато докоснем този филм, той, от своя страна, осъществява контакт със стъклото и създава електрическа верига.

## 2. Сензорни технологии

### Резистивни сензорни дисплеи

- И двата слоя са покрити най-често с прозрачен материал с проводящи свойства, като електродите по единия слой са разположени под един и същи ъгъл спрямо електродите по другия.
- Когато докоснем тъч екрана се създава контакт между мрежата на стъклото и мрежата на филма; измерва се напрежението на веригата и се изчисляват X и Y координатите на позицията на докосване на базата на нивото на съпротивление.
- След това създаденото напрежение се превръща в цифров сигнал благодарение на аналогово-цифрово преобразуване.

# Принцип на действие на резистивен дисплей





## 2. Сензорни технологии

### Резистивни сензорни дисплеи

- Преимуществена на резистивните тъч екрани е, че са сравнително евтини за производство и могат да се управляват с почти всичко, което има заострен връх (стилус, молив или пръст).
- Недостатъците им, обаче, са доста. Често се налага да бъдат повторно калибрирани.
- Материалът, от който е изработен прозрачният, след продължителна употреба може да се напука, при което се създава „мъртва зона“ по екрана.

## 2. Сензорни технологии

### Резистивни сензорни дисплеи

- Освен това, между двата споменати слоя трябва да има някакво пространство, което обикновено е изпълнено с въздух. Това прави тези панели едновременно по-дебели и по-накачествени, тъй като въздухът има различен индекс на отражение на светлината от двата слоя, между които се намира. Поради това резистивните екрани не са подходящи за използване при пряката слънчева светлина.
- Най-големият недостатък на резистивните екрани, който в крайна сметка направи капацитивните по-популярни е липсата на поддръжка на мултитъч - докосване с няколко пръста по едно и също време.

## 2. Сензорни технологии

### Капацитивни сензорни дисплеи

- Този тип дисплеи се създават по технологията позната под името „проектирано капацитивно съпротивление (pro-cap или p-cap).
- Капацитивните екрани използват технология, която определя промяната в заряда.
- По-старото поколение капацитивни екрани са покрити директно с проводников слой. Този метод, обаче, се е оказал неефективен, тъй като чувствителният слой се поврежда твърде бързо.
- Съвременните капацитивни екрани разполагат с втори проводим слой покритие.

## 2. Сензорни технологии

### Капацитивни сензорни дисплеи

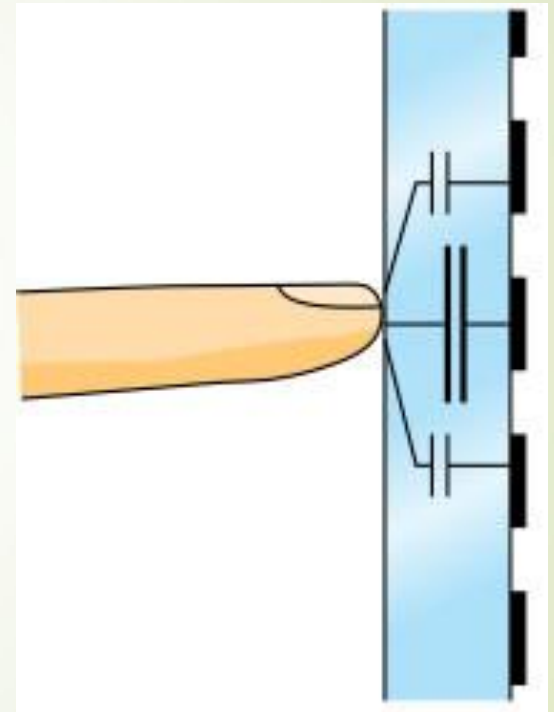
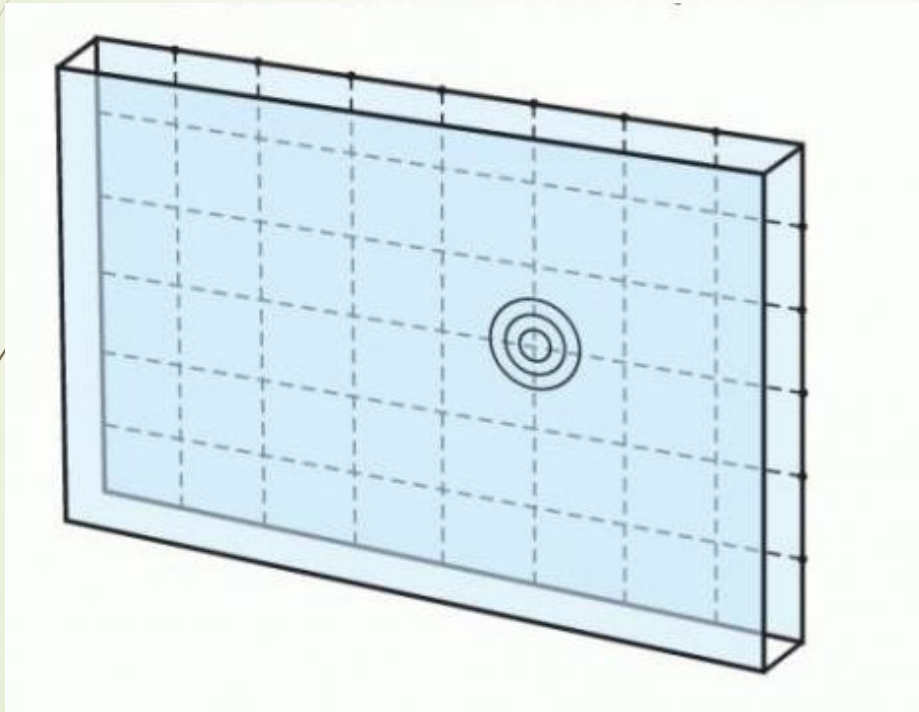
- Капацитивните дисплеи са съставени от два проводящи слоя, между които има изолиращ материал, обикновено тънък слой стъкло.
- За разлика резистивните дисплеи, слоевете тук не се огъват и между тях няма въздух, следователно и животът им е по-дълъг.
- На обратната страна на екрана е нанесена мрежа от проводници (или редици електроди), на които се подава слаб ток.
- Проводниците във всеки слой са отделни, така че капацитивното им съпротивление да може също да се измерва отделно.

## 2. Сензорни технологии

### Капацитивни сензорни дисплеи

- В мястото на докосване се променя електрическият капацитет, а контролерът определя в коя точка на пресичане на електродите се е случило това и определя координатите.
- Тъй като всеки проводник се измерва отделно, панелът може да идентифицира много едновременно докосвания на различни места – може да поддържа мултитъч.

# Принцип на действие на кондензаторен дисплей



## 2. Сензорни технологии

### Капацитивни сензорни дисплеи

- ▶ Въпросният мултитъч варира, като обикновено телефоните поддържат петпръстов, а таблетите – десетпръстов мултитъч.
- ▶ Поддръжката на мултитъч изисква значителна изчислителна производителност, което прави контролерът за тъч-екраните скъп.
- ▶ Освен това, капацитивният екран може да се управлява единствено с проводящ материал (например пръсти), но не и чрез повечето стилуси.

## 2. Сензорни технологии

### Други типове сензорни технологии

- Съществуват и други сензорни технологии - например, използване на мрежа от инфрачервени лъчи или генериране на ултразвукови вълни.
- Има и системи с използване на камери, проследяващи движението (тук също се използва мултитъч), както и технологии с използване на тензопокритие, деформацията на което променя електрическото съпротивление.



### 3. Основни характеристики на дисплеите

- ▶ Няколко са техническите особености на дисплеите, които влияят върху цялостното качество на съдържанието, с което боравим:
- ▶ Разделителна способност;
- ▶ Яркост;
- ▶ Съотношение на страните;
- ▶ Цветова гама;
- ▶ 18-битов / 24-битов цвят
- ▶ Зрителни ъгли;
- ▶ Време за реакция;
- ▶ Защитно стъкло.

## 3. Основни характеристики на дисплеите

### Разделителна способност

- ▶ Най-популярните видове разделителна способност, използвани от съвременните смартфони и планшети са:
  - ▶ HVGA: 480X320
  - ▶ VGA: 640X480
  - ▶ WVGA: 800X480
  - ▶ FWVGA: 854X480
  - ▶ WXGA/HD: 1280X720
  - ▶ HD+: 1600X900
  - ▶ FHD: 1920X1080

### 3. Основни характеристики на дисплеите

#### Яркост

- Яркостта на един дисплей се измерва в  $\text{Cd/m}^2$  – кандела на квадратен метър.
- Това, на което трябва да обърне особено внимание е правопрпорционалната зависимост между нивото на яркост и живота на батерията. Колкото по-ярък е екранът, толкова по-бързо ще се изтощи батерията.
- Трябва да взимаме предвид и факта, че екран настроен с твърде висока или твърде ниска яркост, причинява умора в очите след продължително ползване.

## 3. Основни характеристики на дисплеите

### Съотношение на страните

- ▶ Може да се изчисли какво е съотношението на страните на едно устройство като се раздели вертикалната на хоризонталната резолюция на екрана му.
- ▶ Съотношението на страните от 16:9 се нарича още „широкоъгълно“ и е подходящо за гледане на филми и видео. То е често срещано сред смартфоните и таблетите.
- ▶ Но има и такива, които използват съотношения 4:3, които са по-близо до книжния формат, с който сме свикнали.

## 3. Основни характеристики на дисплеите

### Цветова гама

- Това е гамата на цветовете, които един дисплей възпроизвежда. Погрешно се смята, че колкото по-наситена е тя, толкова по-добре.
- За да виждаме цветовете реалистично в снимките и клиповете, дисплеят е добре да поддържа стандартната цветова гама, която се използва при създаването на съдържание и се нарича sRGB.
- Тоест, дисплей, който поддържа по-наситена гама, няма да може да възпроизведе повече цветове в една снимка, отколкото има записани в нея. Потребителският клас LCD екрани често поддържат по-малка гама от sRGB.

## 3. Основни характеристики на дисплеите

### 18-битов и 24-битов цвят

- Голяма част от дисплеите поддържат така наречения 24-битов цвят. Всеки от трите основни цвята има нужда от 256 нива на интензитет, което се равнява на 8 бита. Тъй като са три, основните цветове общо създават 24 бита.
- Някои устройства, обаче, използват не толкова качествени дисплеи, при които основните цветове имат само по 64 нюанса или 6 бита, които, когато се умножат по три, стават 18 бита. При тези дисплеи понякога се получават резки граници при възпроизвеждането на контрастни обекти.

## 3. Основни характеристики на дисплеите

### Зрителни ъгли

- Под този термин се има предвид пълният ъгъл (спрямо 180 градуса), под който можем да гледаме екрана без забележима промяна в цветовете.
- На практика, това означава, че при упоменат в описанието на продукт ъгъл на видимост от 170 градуса, образът се вижда идеално под ъгъл до 85 от общо 90 градуса.
- Често, обаче, тези ъгли са илюзорни, тъй като в техния обхват, цветовете се запазват, но нивото на контраста видимо намалява. При бюджетните екрани, при ъгъл на гледане от 15 градуса вече ясно се виждат измененият в цветовете.

### 3. Основни характеристики на дисплеите

#### Време за реакция

- Времето за реакция измерва в милисекунди бързината, с която дисплеят реагира при възпроизвеждането на различен вид съдържание. Това всъщност е времето за промяна на пиксела от един цвят в друг.
- Стандартното видео съдържание, например, се опреснява със скорост от 25-60 кадъра в секунда, което означава, че кадрите се редуват със скорост максимум от 17 мили секунди.



## 3. Основни характеристики на дисплеите

### Защитно стъкло

- ▶ В настоящият момент има четири основни технологии, които се използват за защита на дисплеите:
  - ▶ Gorilla Glass
  - ▶ Dragontrail
  - ▶ Закалено стъкло
  - ▶ Сапфирено стъкло
- ▶ В момента фирмата Huawei започва да използва в своите смартфони собствена разработка стъкло - Kunlun Glass. Проведени експерименти показват, че смартфонът Huawei Mate50 Pro, използващ Kunlun Glass, може да бъде изпуснат от 4.2 м без повреди, тъй като съдържа 10 000 трилиона нанокристали за предотвратяване на пукнатини.

## 3. Основни характеристики на дисплеите

### Corning Gorilla Glass

- Използват се в 4,5 милиарда мобилни устройства, което е 73% от всички устройствата.
- Gorilla Glass е минал през пет етапа на развитие, а те са следните:
  - 2005 - 2012 Първа серия използвана в iPhone;
  - 2012 - 2013 Втора генерация, която е с 20% по-тънка от първата и използвана в над 1 милиард устройства;
  - 2013 - 2015 Трета генерация, която е с 40% по-устойчива на надраскване от предходната и 3 пъти по-здрава;

## 3. Основни характеристики на дисплеите

### Corning Gorilla Glass

- ▶ 2015 Четвърта генерация характеризираща се със съдържанието на сребърни йони, които убиват до 90% от бактериите. Два пъти по-здрави са от третата генерация и след тестове дават с 80% по-голяма защита. Дебелината е едва 0.4 мм.
- ▶ 2016 Пета генерация. То е по-здраво и устойчивостта на изпускане е увеличена с 60%. Gorilla Glass 5 остава здраво при 80% от случаите на падане от височина 1.60 метра, т.е. от нивото на рамото на възрастен човек.
- ▶ 2016 Gorilla Glass SR+ осигурява устойчивост към драскотини, съпоставима с алтернативните скъпи защитни материали. 70% по-добре от алтернативите по отношение повреди от удари и 25% по-добре по отношение на отразяващите способности.

## 3. Основни характеристики на дисплеите

### Corning Gorilla Glass

- ▶ 2018 Шеста генерация. Gorilla Glass 6 издържа до 15 падания от един метър височина и е до два пъти по-добре от Gorilla Glass 5.
- ▶ 2020 Седма генерация. Gorilla Glass Victus - издръжливост при многократно падане от височина до 2 метра върху твърди и груби повърхности. Два пъти по-висока устойчивост на надраскване спрямо Gorilla Glass 6.
- ▶ Въпреки здравината си основния, недостатък на Gorilla Glass е възможността за поява на микро-драскотини причинени най-често от пясък.

## 3. Основни характеристики на дисплеите

### Dragontrail Glass

- Dragontrail Glass се произвежда от японския гигант Asahi Glass и е втората най-популярна марка сред производителите на мобилни устройства.
- Dragontrail Glass се предлага в няколко варианта — Dragontrail, Dragontrail X и Dragontrail Pro.
- Dragontrail Pro от 2016 г. е последният продукт на фирмата, който осигурява 30% по-добра издръжливост срещу падане и издържа на по-голямо огъване от стандартния Dragontrail.
- Смартфоните на Google Pixel 3a и Pixel 3a XL използват стъкло Dragontrail вместо Corning Gorilla Glass. Това стъкло се използва и при по-нови устройства като например Realme X7 Max.

## 3. Основни характеристики на дисплеите

### Закалено стъкло

- Това е най-евтиното решение и е предпочитан материал за много протектори за екрани на по-малки производители.
- Закаленото стъкло първо се изрязва по размер и след това се подлага на нагряване в печ до малко над 600 градуса. След това се подлага на бързо охлаждане със студен въздух за няколко секунди.
- Този процес прави външната повърхност на стъклото по-хладна от вътрешната, създавайки компресия отвън и напрежение отвътре. По този начин се получава по-здраво стъкло.

## 3. Основни характеристики на дисплеите

### Закалено стъкло

- Закаленото стъкло обикновено има якост, която е шест пъти по-висока от тази на обикновеното стъкло.
- Закаленото стъкло има и недостатъци:
  - Поради вътрешните напрежения всяка повреда по ръбовете на стъклото предизвиква начупване на дребни парчета. Това е причината то да бъде разрязвано преди закаляване и да не може да бъде обработвано след това.
  - Повърхността на закаленото стъкло е по-мека от тази на обикновеното и е по-податлива на надраскване.

## 3. Основни характеристики на дисплеите

### Сапфирени стъкла

- Алтернативата на Gorilla Glass са сапфирните стъкла.
- Сапфирът като материал има различни разновидности, но този който се използва в мобилните устройства е белият сапфир.
- Материалът е втория по здравина (след диаманта).



## 3. Основни характеристики на дисплеите

### Сапфирени стъкла

- ▶ Сапфирното покритие има няколко основни недостатъка :
  - ▶ Цена за производство на инч е няколко долара, докато това на Gorilla Glass е над 10 пъти по-ниска.
  - ▶ Доста по-високо ниво на отразяване, което след появата на Gorilla Glass 4 се превръща в основна слабост.
  - ▶ Средния живот на смартфоните е 18 - 24 месеца, което обезсмисля използването на толкова скъп материал.
- ▶ Технологията се използва основно в часовници и в малко модели смартфони.

## TESTS THAT REPLICATE REAL WORLD USE

The Tumble Test replicates scratch and impact damage from exposure to common contents of a purse.

### SCRATCH FREQUENCY SCALE



### THINNESS

Materials with a high retained strength best enable thinner and lighter weight device designs. The graph below shows the relative thickness required of different cover materials to achieve similar retained strength.

