



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Elektronikus Eszközök Tanszéke

# Elektronika alapjai

## **12. Gyakorlat –**

Összeállította:

Ress Sándor, Jani Lázár, Krammer Olivér, Straubinger Dániel

**1. Feladat** - Mekkora (digitális értelemben vett, bit/s) sávszélességet igényel egy full-HD kijelzés (1920×1080, másodpercenként 60 kép) átvitele, ha az egyes színekkomponenseket 8 biten visszük át?

- A. Határozza meg a „nettó” sávszélességet!
- B. Nézzen utána, hogy a valóságban, pl. HDMI esetén hogyan alakul a szükséges sávszélesség!

---

A szükséges sávszélesség:

$$X \cdot Y \cdot 3 \cdot bp \cdot f = 1920 \cdot 1080 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 60 = 2,781 \text{ Gbit/s} \quad *1 \text{ Gbit} = 2^{30} \text{ bit}$$

A valóságban a jeleket ún. TMDS kódolással viszik át, ami 8 bites szavakból 10 bites szavakat képez (8b/10b). Másrészt történelmi okokból hosszabb sorokat és több sort visznek át, mint amennyi a kép méretéből következne.

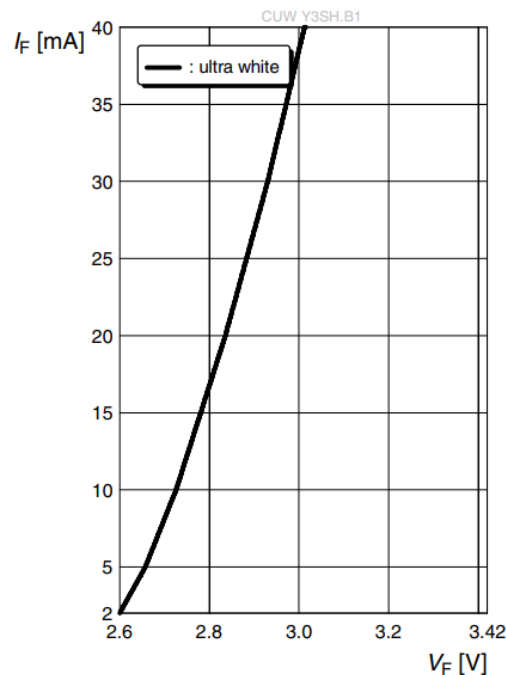
$$X \cdot Y \cdot 3 \cdot bp \cdot f = (1920 + 280) \cdot (1080 + 45) \cdot 3 \cdot 10 \cdot 60 = 4,15 \text{ Gbit/s}$$

Továbbá, <https://en.wikipedia.org/wiki/HDMI>

**2. Feladat** - Állítható háttérvilágítást készítünk LED segítségével. (OSRAM Micro SIDELED® 3806, CUW Y3SH.B1) Az adatlaprészlet alapján tekintse át a megvalósítási lehetőségeket! A LED-et az ajánlott, 20 mA-es munkapontban szeretnénk használni a maximális megvilágítás esetén. Hogyan lehet pl. 50%-os intenzitást megvalósítani?

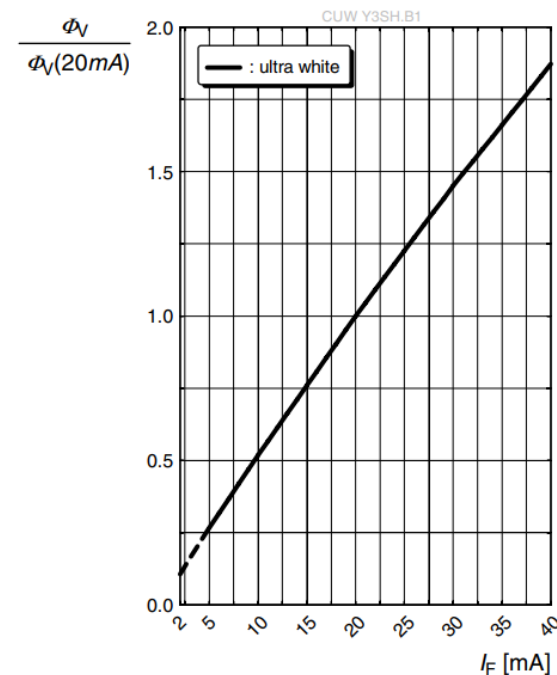
### Forward current <sup>6), 7)</sup>

$$I_F = f(V_F); T_S = 25\text{ °C}$$



### Relative Luminous Flux <sup>6), 7)</sup>

$$\Phi_V / \Phi_V(20\text{ mA}) = f(I_F); T_S = 25\text{ °C}$$



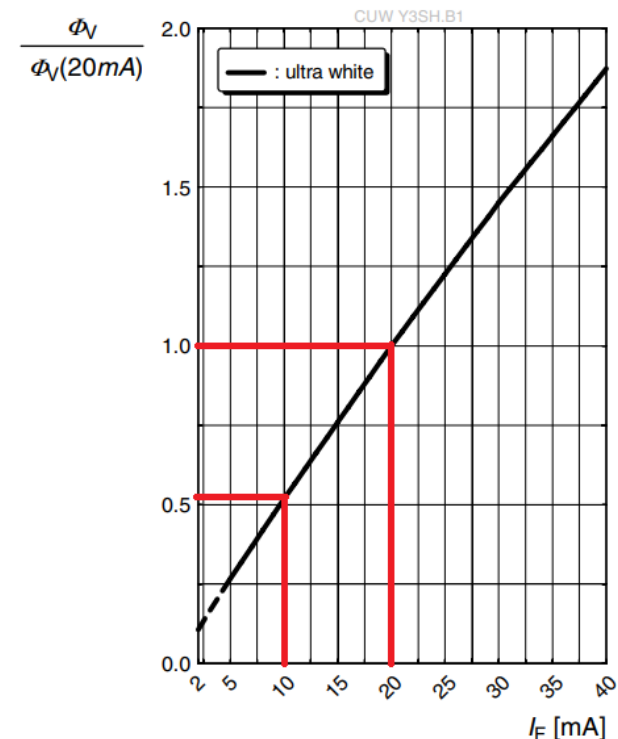
**2. Feladat** - *Állítható háttérvilágítást készítünk LED segítségével. (OSRAM Micro SIDELED® 3806, CUW Y3SH.B1) Az adatlaprészlet alapján tekintse át a megvalósítási lehetőségeket! A LED-et az ajánlott, 20 mA-es munkapontban szeretnénk használni a maximális megvilágítás esetén. Hogyan lehet pl. 50%-os intenzitást megvalósítani?*

---

1) A leggyakrabban alkalmazott megoldás a pulzus-szélesség moduláció (PWM – pulse width modulation). A LED-re kerülő áram kitöltési tényezőjét változtatjuk a kikapcsolt állapot és a 20 mA között. 50%-os megvilágításhoz az idő felében kell a LED-et bekapcsolni. A frekvenciát néhány kHz-re érdemes választani.

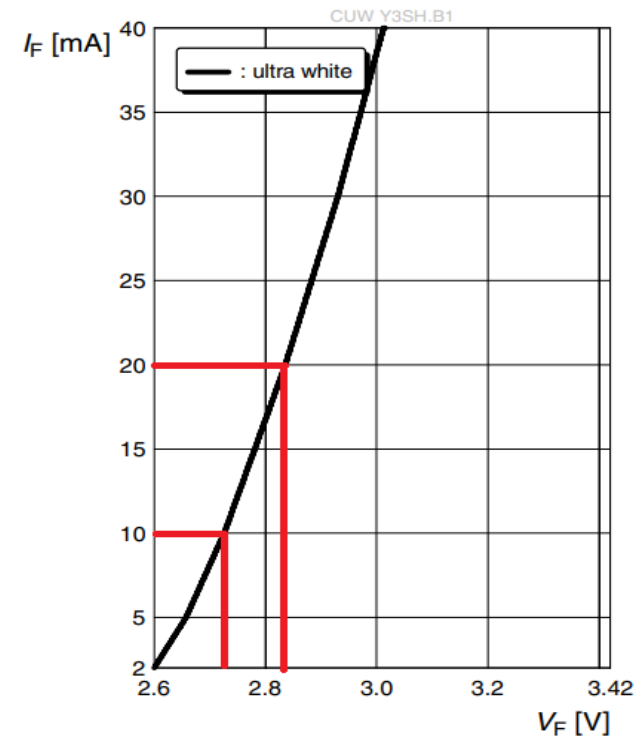
**2. Feladat** - Állítható háttérvilágítást készítünk LED segítségével. (OSRAM Micro SIDELED® 3806, CUW Y3SH.B1) Az adatlaprészlet alapján tekintse át a megvalósítási lehetőségeket! A LED-et az ajánlott, 20 mA-es munkapontban szeretnénk használni a maximális megvilágítás esetén. Hogyan lehet pl. 50%-os intenzitást megvalósítani?

2) Másik lehetőség az áram változtatása. Igényesebb monitorok esetén ezt történik, nem PWM. A PWM stroboszkóphatást okozhat, ami az erre érzékenyeknél fejfájást válthat ki. Látható, hogy az intenzitás csaknem lineárisan szabályozható az áram függvényében.



**2. Feladat** - Állítható háttérvilágítást készítünk LED segítségével. (OSRAM Micro SIDELED® 3806, CUW Y3SH.B1) Az adatlaprészlet alapján tekintse át a megvalósítási lehetőségeket! A LED-et az ajánlott, 20 mA-es munkapontban szeretnénk használni a maximális megvilágítás esetén. Hogyan lehet pl. 50%-os intenzitást megvalósítani?

3) Harmadik lehetőségünk a feszültséggel történő vezérlés. Ez a gyakorlatban kerülendő, hiszen a LED elektromos szempontból egy dióda; azaz kis feszültségváltozáshoz nagy áramváltozás (és ebből következően fényességváltozás) tartozik. A 20 mA-hez 2,84V, a 10 mA-hez pedig 2,73V tartozik.



**3. Feladat** - Egy laptop fogyasztása átlagosan 10 W, ebből az aktív LCD kijelző 75%-os fényességen 2 W-ot fogyaszt. A teljesen feltöltött akkumulátor 5200 mAh kapacitású és 11,1 V-os. Mennyi ideig fogja bírni 100%-os ill. 50%-os fényességgel?

---

Az akkumulátor energiatartalma (közelítőleg)

$$E = 5200 \text{ mAh} \cdot 11,1 \text{ V} = 57,72 \text{ Wh}$$

(1 kWh kb. 40Ft, ebből kb. 18x töltjük fel)

1) A teljesítmény 100%-os fényerő mellett:

$$P = 8 + \frac{100\%}{75\%} 2 = 10,67 \text{ W}$$

Az üzemidő:

$$t = E / P = 57,72 / 10,67 = 5,4 \cong 5 \text{ h } 25 \text{ p}$$

**3. Feladat** - Egy laptop fogyasztása átlagosan 10 W, ebből az aktív LCD kijelző 75%-os fényességen 2 W-ot fogyaszt. A teljesen feltöltött akkumulátor 5200 mAh kapacitású és 11,1 V-os. Mennyi ideig fogja bírni 100%-os ill. 50%-os fényességgel?

---

Az akkumulátor energiatartalma (közelítőleg)

$$E = 5200 \text{ mAh} \cdot 11,1 \text{ V} = 57,72 \text{ Wh}$$

(1 kWh kb. 40Ft, ebből kb. 18x töltjük fel)

2) A teljesítmény 50%-os fényerő mellett:

$$P = 8 + \frac{50\%}{75\%} 2 = 9,33 \text{ W}$$

Az üzemidő:

$$t = E / P = 57,72 / 9,33 = 6,2 \cong 6 \text{ h } 11 \text{ p}$$



**4. Feladat** - Egy 10%-os kitöltésű oldalt jelenítünk meg. (azaz az oldal fehér, a betűk feketék) Ebben az esetben a kijelző fogyasztása 2W. Mekkora lesz a fogyasztás, ha invertálva (fehér betűk fekete háttéren) jelenítjük meg ugyanazt az oldalt, ha a kijelző:

#### A. LCD

---

LCD esetében a fogyasztás legnagyobb részét a háttérvilágítás adja. Valódi energiamegtakarítás a fényesség csökkentésével érhető el. A képernyő tartalomtól függő fogyasztása, azaz a bekapcsolt pixelek feszültségének invertálása (ld. előadás) dinamikus fogyasztást fog okozni, de ennek frekvenciája (pl. 60Hz) kicsi. Valószínűleg valamivel kevesebbet fog fogyasztani, de nem biztos, hogy ez alapesetben kimérhető, tehát kb. 2W-nál egy kicsit kevesebbet fogunk mérni.

A legmodernebb LED kijelzők sok LED-et tartalmaznak és azok fényességét a környező képtartalom függvényében egyedileg állítják, itt energiamegtakarítás érhető el.

**4. Feladat** - Egy 10%-os kitöltésű oldalt jelenítünk meg. (azaz az oldal fehér, a betűk feketék) Ebben az esetben a kijelző fogyasztása 2W. Mekkora lesz a fogyasztás, ha invertálva (fehér betűk fekete háttéren) jelenítjük meg ugyanazt az oldalt, ha a kijelző:

## B. OLED

---

OLED esetén maga a pixel világít, fehér szín esetén mindegyik pixel. Ha  $n$  pixelt feltételezünk, akkor a 10%-os oldal esetén a képpontok 90%-a világít, tehát az egy pixelre eső fogyasztás:

$$P_{pixel} = P / 0,9n$$

Invertált módban:

$$P_{inv} = \frac{P}{0,9n} 0,1n = \frac{P}{9} = \frac{2}{9} = 222 \text{ mW}$$

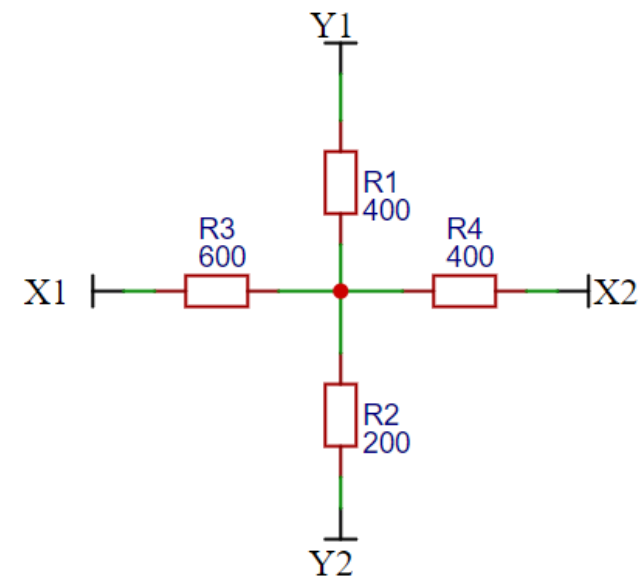
OLED kijelző esetén tehát jelentős energiamegtakarítás érhető el, amely akkumulátor idő növekedésben jelentkezik.

**5. Feladat** - Egy  $10 \times 6$  cm rezisztív érintőképernyő bal alsó sarkától vett  $x = 6$  cm,  $y = 2$  cm pontot nyomjuk meg. A kijelző kiolvasásához használt feszültség  $5$  V és  $12$  bites A/D konverterrel mintavételezzük, melynek referencia feszültsége szintén  $5$  V. Az ellenállásréteg:  $R = 100 \Omega/\text{cm}$ .

**A.** Milyen érték lesz az A/D  $x$  illetve  $y$  koordinátát tároló regiszterében?

A teljes képernyő  $x$  irányban  $1000 \Omega$ ,  $y$  irányban összesen  $600 \Omega$  ellenállású. A megadott ponton összeérintve a kapcsolási rajz:

Kiolvasáskor először az X2 pontot  $+5\text{V}$ -ra, az X1-et  $0$ -ra kapcsoljuk. Az Y1 pontot az A/D konverterre vezetjük, Y2-t nem használjuk. Ebben az esetben – mivel az A/D mintavevő és tartó áramkörének bemeneti ellenállása nagy, ezért áram nem folyik, az A/D bemenetére az R3-R4 ellenálláson megosztott feszültség kerül.



**5. Feladat** - Egy  $10 \times 6$  cm rezisztív érintőképernyő bal alsó sarkától vett  $x = 6$  cm,  $y = 2$  cm pontot nyomjuk meg. A kijelző kiolvasásához használt feszültség  $5$  V és  $12$  bites A/D konverterrel mintavételezzük, melynek referencia feszültsége szintén  $5$  V. Az ellenállásréteg:  $R = 100 \Omega/\text{cm}$ .

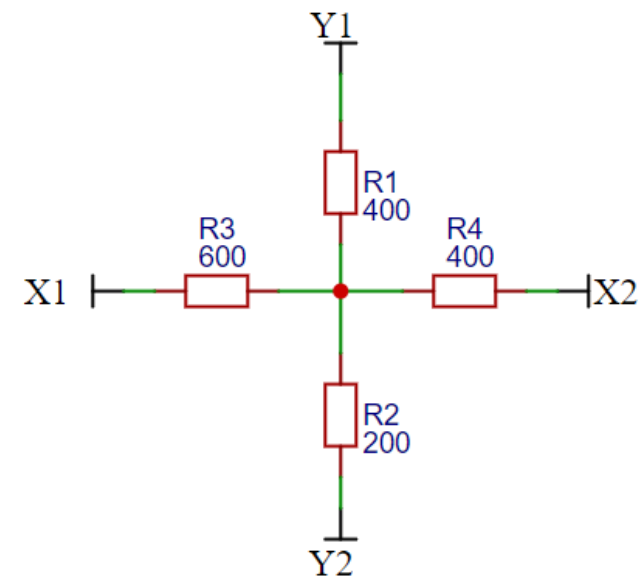
**A.** Milyen érték lesz az A/D  $x$  illetve  $y$  koordinátát tároló regiszterében?

A teljes képernyő  $x$  irányban  $1000 \Omega$ ,  $y$  irányban összesen  $600 \Omega$  ellenállású. A megadott ponton összeérintve a kapcsolási rajz:

$$V_x = V_{cc} \frac{R_3}{R_3 + R_4} = 5 \frac{600}{600 + 400} = 3 \text{ V}$$

A  $12$  bites A/D értéke ez alapján:

$$x = \frac{V_x \cdot 2^n}{V_{ref}} = \frac{3 \cdot 2^{12}}{5} = 2458$$

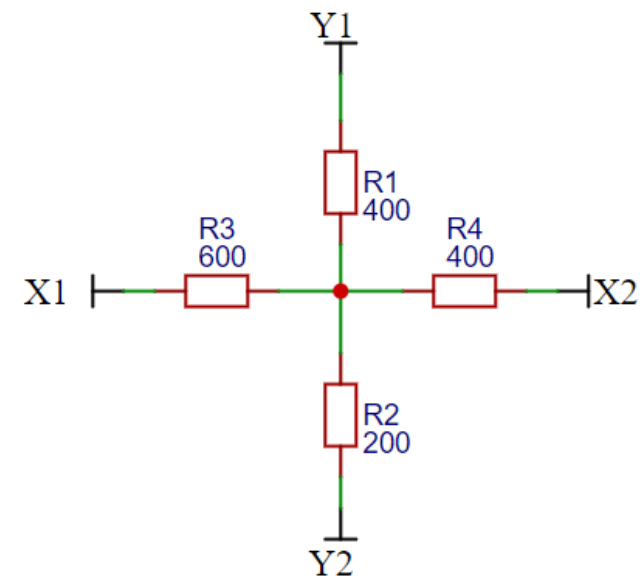


**5. Feladat** - Egy  $10 \times 6$  cm rezisztív érintőképernyő bal alsó sarkától vett  $x = 6$  cm,  $y = 2$  cm pontot nyomjuk meg. A kijelző kiolvasásához használt feszültség  $5$  V és  $12$  bites A/D konverterrel mintavételezzük, melynek referencia feszültsége szintén  $5$  V. Az ellenállásréteg:  $R = 100 \Omega/\text{cm}$ .

**A.** Milyen érték lesz az A/D  $x$  illetve  $y$  koordinátát tároló regiszterében?

A teljes képernyő  $x$  irányban  $1000 \Omega$ ,  $y$  irányban összesen  $600 \Omega$  ellenállású. A megadott ponton összeérintve a kapcsolási rajz:

Az  $y$  koordináta kiolvasásához az  $Y2$ -t földeljük és  $Y1$ -re kapcsoljuk a  $+5\text{V}$ -ot, majd pl.  $X1$  segítségével mérjük a feszültségosztó feszültségét. Áram itt sem folyik az A/D bemenetére, arra az  $R2$ - $R1$  ellenálláson megosztott feszültség kerül.



**5. Feladat** - Egy  $10 \times 6$  cm rezisztív érintőképernyő bal alsó sarkától vett  $x = 6$  cm,  $y = 2$  cm pontot nyomjuk meg. A kijelző kiolvasásához használt feszültség  $5$  V és  $12$  bites A/D konverterrel mintavételezzük, melynek referencia feszültsége szintén  $5$  V. Az ellenállásréteg:  $R = 100 \Omega/\text{cm}$ .

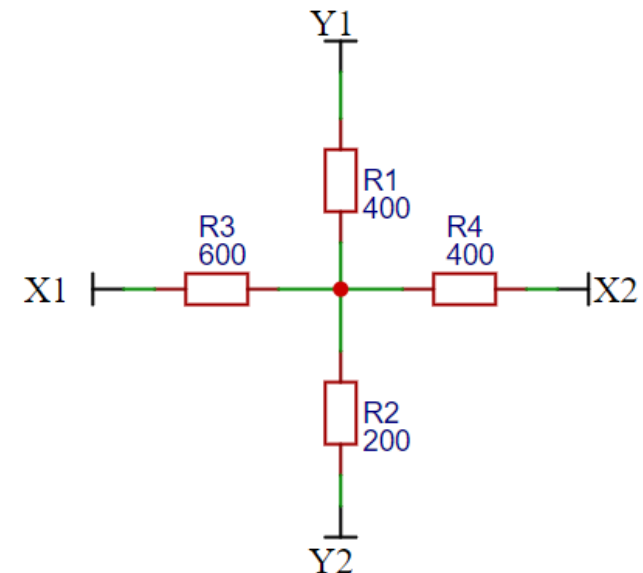
**A.** Milyen érték lesz az A/D  $x$  illetve  $y$  koordinátát tároló regiszterében?

A teljes képernyő  $x$  irányban  $1000 \Omega$ ,  $y$  irányban összesen  $600 \Omega$  ellenállású. A megadott ponton összeérintve a kapcsolási rajz:

$$V_y = V_{cc} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 5 \frac{200}{400 + 200} = \frac{5}{3} \text{ V}$$

A  $12$  bites A/D értéke ez alapján:

$$y = \frac{V_y \cdot 2^n}{V_{ref}} = \frac{5/3 \cdot 2^{12}}{5} = 1365$$



**5. Feladat** - Egy  $10 \times 6$  cm rezisztív érintőképernyő bal alsó sarkától vett  $x = 6$  cm,  $y = 2$  cm pontot nyomjuk meg. A kijelző kiolvasásához használt feszültség  $5$  V és  $12$  bites A/D konverterrel mintavételezzük, melynek referencia feszültsége szintén  $5$  V. Az ellenállásréteg:  $R = 100 \Omega/\text{cm}$ .

**B.** Egy LSB-nek hány mm felel meg?

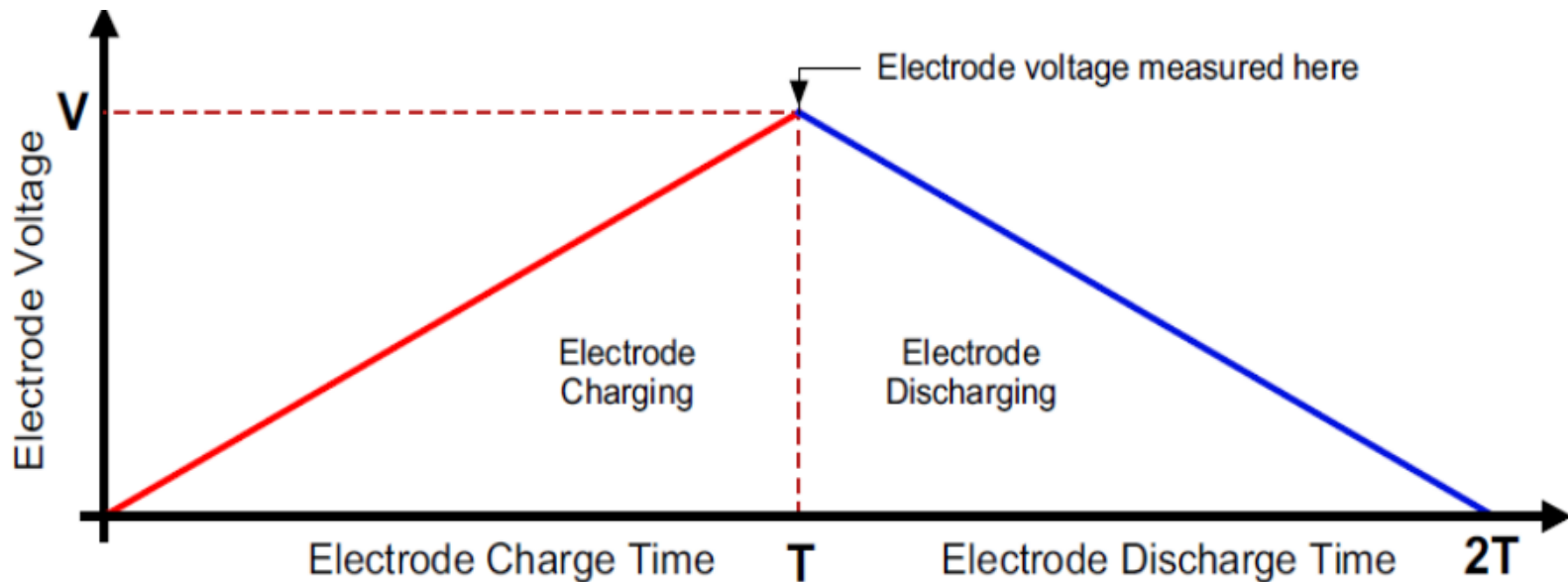
---

Mindkét irányban  $2^{12} = 4096$  részre bontjuk a mért feszültséget, ezáltal a távolságot is, tehát:

$$LSB_x = \frac{10 \text{ cm}}{2^{12}} \cong 24 \mu\text{m}$$

$$LSB_y = \frac{6 \text{ cm}}{2^{12}} \cong 15 \mu\text{m}$$

**6. Feladat** – Bevezetés: Kapacitásváltozás mérését teljesen digitális módszerrel (kapacitás feltöltése, majd adott ellenálláson történő kisütés idejének mérése) a 8. gyakorlaton láttuk. Ez a módszer azonban nem túl pontos, az érintőképernyők esetén gyakrabban alkalmazzák egy adott ideig állandó árammal történő feltöltést majd kisütést, és az elért maximális feszültséget mérik meg egy A/D konverterrel:





**6. Feladat** - Legyen a 10 bites A/D konverter referencia feszültsége 1,8 V, a mérendő kapacitás maximuma 10 pF, az áramot  $\mu\text{A}$ -ben 6 biten, a feltöltési-kisütési időt pedig 3 biten programozhatjuk a következőképpen:  $T=0,5 \cdot 2^{n-1} \mu\text{s}$ . ( $n=0$  kombináció tiltott) Hogyan állítsuk be a regisztereket, hogy az A/D konverterrel közel maximális értéket mérjünk?

Definíció szerint, valamint a mért feszültségnek nagyjából a referencia feszültséggel kell egyezni:

$$Q = C \cdot V = I \cdot T \quad \rightarrow \quad I \cdot T = 10 \text{ pF} \cdot 1,8 \text{ V} = 18 \text{ pC}$$

A feltöltési-kisütési idő 2 hatványa szerint változtatható, az első három kombináció az, ahol az áram egész értékre jön ki  $\mu\text{A}$ -ben ( $I = Q/T$ ):

Kombináció	Idő	Áram
$n = 1$	0,5 $\mu\text{s}$	36 $\mu\text{A}$
$n = 2$	1 $\mu\text{s}$	18 $\mu\text{A}$
$n = 3$	2 $\mu\text{s}$	9 $\mu\text{A}$

**7. Feladat** - Egy LED adatlapján a hőellenállásra két értéket találunk:

- Real thermal resistance junction/solderpoint typ. 107K/W

- Electrical thermal resistance junction/solderpoint typ. 50 K/W

Mi a kettő közötti különbség? Számolja ki a LED hatásfokát!

---

A hőellenállás definíció szerint 1W hőteljesítményre normált hőmérséklet emelkedés, azaz

$$R_{TH} = \frac{\Delta T}{P_{HEAT}}$$

Ez az érték a valódi hőellenállás, amit nehéz mérni, mert a LED a betáplált elektromos energia egy (lehetőség szerint minél nagyobb) részét fény formájában kisugározza. Ezért kényelmesebb az elektromos teljesítményre (U·I) normált értékkel számolni, ez a második paraméter:

$$R_{THEL} = \frac{\Delta T}{P_{EL}}$$

**7. Feladat** - Egy LED adatlapján a hőellenállásra két értéket találunk:

- Real thermal resistance junction/solderpoint typ. 107K/W

- Electrical thermal resistance junction/solderpoint typ. 50 K/W

Mi a kettő közötti különbség? Számolja ki a LED hatásfokát!

---

A két hőellenállás értékének segítségével a hatásfokot becsülhetjük:

$$P_{EL} = P_{OPT} + P_{HEAT} = \eta P_{EL} + (1 - \eta) P_{EL}$$

Ez alapján az optikai hatásfok,  $\eta$ :

$$\eta = \frac{P_{OPT}}{P_{EL}} = 1 - \frac{P_{HEAT}}{P_{EL}} = 1 - \frac{R_{THEL}}{R_{TH}} = 53\%$$

Azaz a betáplált elektromos energia több mint fele fény formájában távozik.