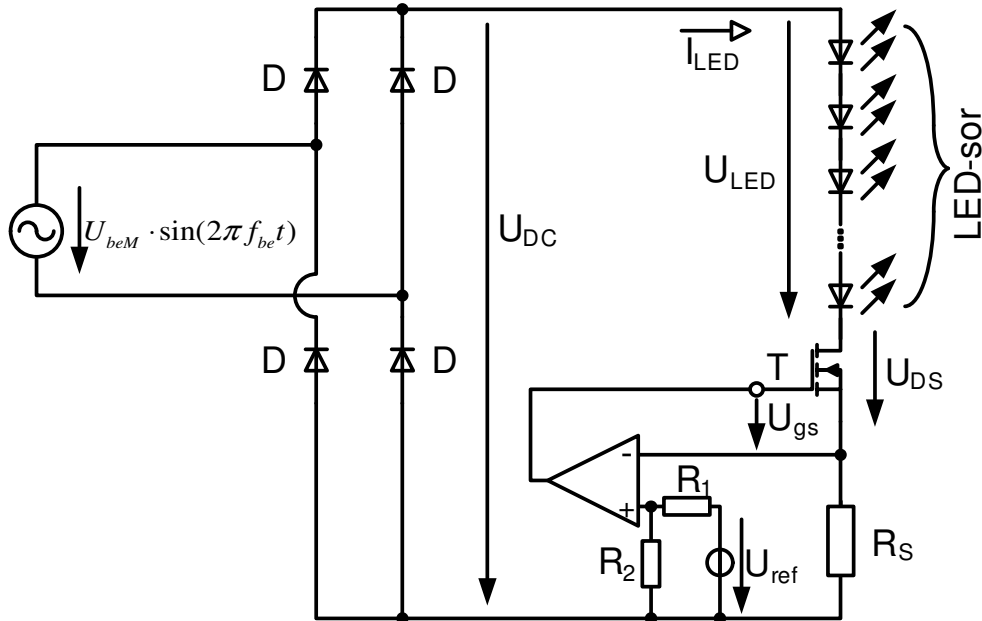


## HF\_LED\_SIN

Egy lakberendezési áruházban az alábbi LED-es lámpát vásároltuk:



Paraméterek:

$U_{beM}$  és  $f_{be}$  értéke,

LED-ek  $k$  darabszáma, egy LED  $U_T$  nyitófeszültsége

$I_{LEDMax}$ :  $I_{LED}$  áram csúcsértéke

T MOSFET karakterisztika  $I_D = m(U_{GS} - U_{GST})^2$ ;  $m$  meredekség és  $U_{GST}$  küszöbfeszültség,  $R_{DS,ON}$

$U_{ref}$  értéke

$U_{rsMax}$ :  $R_s$ -en eső feszültség megengedett csúcsértéke

$R_2$  értéke

A LED diódák PN-átmenetet tartalmaznak, és ugyanúgy modellezhetők, mint a szilíciumdiódák. A D diódák a feladatban ideálisnak tekinthetők.

Kérdések:

- 1.) Határozza meg a  $k$  darab sorbakötött LED eredő nyitófeszültségét!
- 2.) Állandósult állapotban határozza meg az  $U_{DC}$  feszültség csúcsértékét, rajzolja fel a jelalakját!
- 3.) Határozza meg az  $R_s$  ellenállás értékét úgy, hogy az  $I_{LED}$  áram maximális értéke esetén az  $R_s$ -en eső feszültség  $U_{rsMax}$  legyen!
- 4.) Határozza meg  $R_1$  értékét úgy, hogy T MOSFET az  $I_{LED}$  áramot  $I_{LEDMax}$  értékre korlátozza!
- 5.) Mekkora az  $U_{GS}$  feszültség, ha  $I_{LED} = I_{LEDMax}$ ? Milyen tartományban üzemel a T MOSFET?
- 6.) Rajzolja fel az  $I_{LED}$  áram számszerűleg is pontos jelalakját!
- 7.) Határozza meg a T MOSFET-en disszipált átlagos teljesítményét!
- 8.) Határozza meg hogy a hálózatról felvett teljesítmény mekkora hányada jut a LED-ekre? (villamos hatásfok)!
- 9.) Folyamatosan világítanak -e a LED-ek? Amennyiben nem, egészítse ki a kapcsolást egy alkatrészszel úgy, hogy folyamatosan világítsanak (pontos értéket nem kell megadni)! Indokolja a megoldást!

# Elektronika 2 házi feladat

## LED\_SIN

Vuchetich Bálint

2016. december 10.

### Paraméterek

$$U_{beM} = 310V$$

$$f_{be} = 60Hz$$

$$k = 30$$

$$U_T = 7.5V$$

$$I_{LEDMAX} = 0.35A$$

$$m = 0.6$$

$$U_{GST} = 4V$$

$$R_{DS,ON} = 1.52\Omega$$

$$U_{ref} = 1.35V$$

$$U_{rs,max} = 0.035V$$

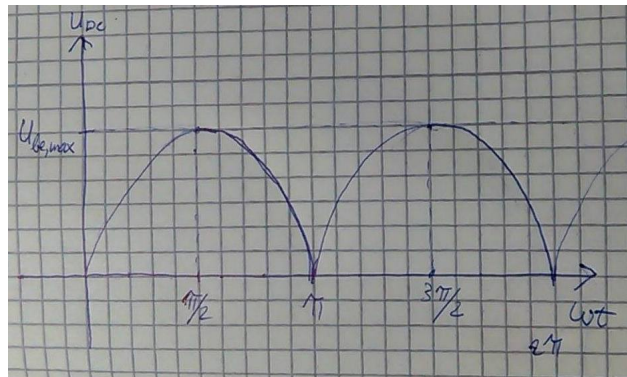
$$R_2 = 0.47k\Omega$$

### 1. feladat: k darab sorbakötött LED eredő nyitófeszültsége

Mindegyik LED nyitófeszültsége  $U_T = 7.5V$  és  $k = 30$  darab van belőlük, ezért az eredő nyitófeszültség  $U_{ET} = k \cdot U_t = 30 \cdot 7.5V = 225V$ .

### 2. feladat: $U_{DC}$ feszültség jelalakja

A bemenő jel egy  $U_{beM}$  csúcsértékű  $f_{be}$  frekvenciájú szinuszos jel. Minden félperiódusban a diódák közül pontosan 2 lesz nyitva, és mivel ideális diódák, ezért a jelalakjuk könnyen adódik.



Ábra 1:  $U_{DC}$  jelalakja

A Graetz-hidas egyenirányító a feszültség értékét nem változtatja meg, így  $U_{DCM} = U_{beM} = 310V$ .

### 3. feladat: $R_s$ meghatározása

Mivel a műveleti erősítő bemeneti árama 0, így  $I_{LEDMAX}$  halad át az ellenálláson, a rajta eső feszültség maximuma  $U_{rs,max}$ , ezért az  $R_s$  ellenállást  $R_s = \frac{U_{rs,max}}{I_{LEDMAX}}$  értékűre kell választani, ebből  $R_s = 0.1\Omega$ .

### 4. feladat: $R_1$ meghatározása

Az áram korlátozásához a műveleti erősítő pozitív lábán kell beállítani a feszültséget, hogy ha a negatív láb feszültsége ennél nagyobb lesz, akkor zárja el a MOSFET-et. A negatív láb feszültsége  $R_s \cdot I_{LED}$  aminek maximális értéke  $U_{rs,max}$  lehet, ha ennél nagyobb akarna lenni, akkor kell elzárni a MOSFET-et, tehát a pozitív láb feszültségét kell  $U_{rs,max}$ -ra beállítani. Feszültségosztással:

$$U_{rs,max} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_{ref},$$

ebből:

$$R_1 = \left( \frac{U_{ref}}{U_{rs,max}} - 1 \right) \cdot R_2 = 17.66k\Omega.$$

### 5. feladat: $U_{GS}$ meghatározása

Az  $U_{GS}$  feszültséget meghatározhatjuk a MOSFET karakterisztikájából:

$$I_D = m \cdot (U_{GS} - U_{GST})^2,$$

ebből:

$$U_{GS} = U_{GST} \pm \sqrt{\frac{I_D}{m}},$$

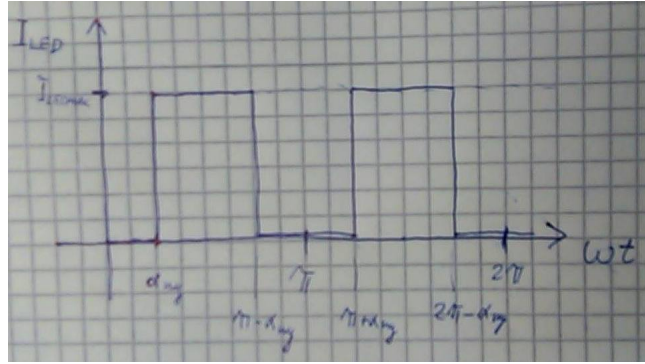
ahol nyilván a  $+$ -t fogjuk választani, mert  $U_{GS} < U_{GST}$  esetben nem folyik áram,  $I_D = I_{LEDMAX}$ , így  $U_{GS} = 4.76V$ .

A MOSFET elzáródási tartományban fog üzemelni.

### 6. feladat: $I_D$ jelalakja

Amíg a feszültség nem éri el az  $U_{ET}$  szintet, addig nem folyik áram. Miután kinyitnak a LED-ek, az áram lineárisan felfut  $I_{LEDMAX}$  értékig, a növekedés addig tart, amíg  $U_{DS}$  el nem éri  $U_{GS}$  értékét és  $U_{rs}$  az  $U_{rs,max}$  értékét. A T MOSFET nagyon gyorsan, szinte azonnal eléri az aktív tartományt, ezért a felutás is gyors lesz, így a jelalak közel négyszög lesz.

$U_{be} = U_{be,max} \cdot \sin(a)$ , ezért ott fog nyitni, ahol eléri az  $\alpha_{ny} = \arcsin\left(\frac{U_{ET}}{U_{be,max}}\right) = 0.812$  szöget, zárni pedig  $\pi - \alpha_{ny} = 2.330$ -nál fog.



Ábra 2:  $I_D$  jelalakja

## 7. feladat: a T MOSFET-en disszipált átlagos teljesítmény

Definíció szerint:

$$P_d = \frac{1}{T} \int_0^T I_d(t) \cdot U_{DS}(t) dt$$

A szimmetria miatt elég félperiódust vizsgálni, és abban is csak  $(\alpha_{ny}, \pi - \alpha_{ny})$  intervallumban fog áram folyni.

Az  $(\alpha_{ny}, \pi - \alpha_{ny})$  intervallumon  $I_D(t) = I_{LEDMAX}$  és  $U_{DS}(t) = U_{be,max} \cdot \sin(\omega t) - U_{ET} - U_{rs,max}$  ezeket behelyettesítve, és az integrálási változót  $\omega t$ -re cserélve:

$$P_d = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi-\alpha} I_{LEDMAX} \cdot (U_{be,max} \cdot \sin(\omega t) - U_{ET} - U_{rs,max}) d\omega t$$

$U_{rs,max}$  nagyon kicsi, így elhagyjuk – tovább kifejtve:

$$P_d = \underbrace{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi-\alpha} I_{LEDMAX} \cdot U_{be,max} \cdot \sin(\omega t) d\omega t}_{P_{gen}} - \underbrace{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi-\alpha} I_{LEDMAX} \cdot U_{ET} d\omega t}_{P_{LED}}$$

Az első  $P_{gen}$  a generátor által leadott teljesítmény, a második  $P_{LED}$  a LED által felvett, ezek különbsége adja a MOSFET-en disszipált teljesítményt.

$$P_{gen} = \frac{I_{LEDMAX} \cdot U_{be,max}}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi-\alpha} \sin(\omega t) d\omega t = \frac{I_{LEDMAX} \cdot U_{be,max}}{\pi} [-\cos(\omega t)]_{\alpha}^{\pi-\alpha} = 47.54W$$

$$P_{LED} = \frac{I_{LEDMAX} \cdot U_{ET}}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi-\alpha} d\omega t = \frac{I_{LEDMAX} \cdot U_{ET} \cdot (\pi - 2\alpha)}{\pi} = 38.04W$$

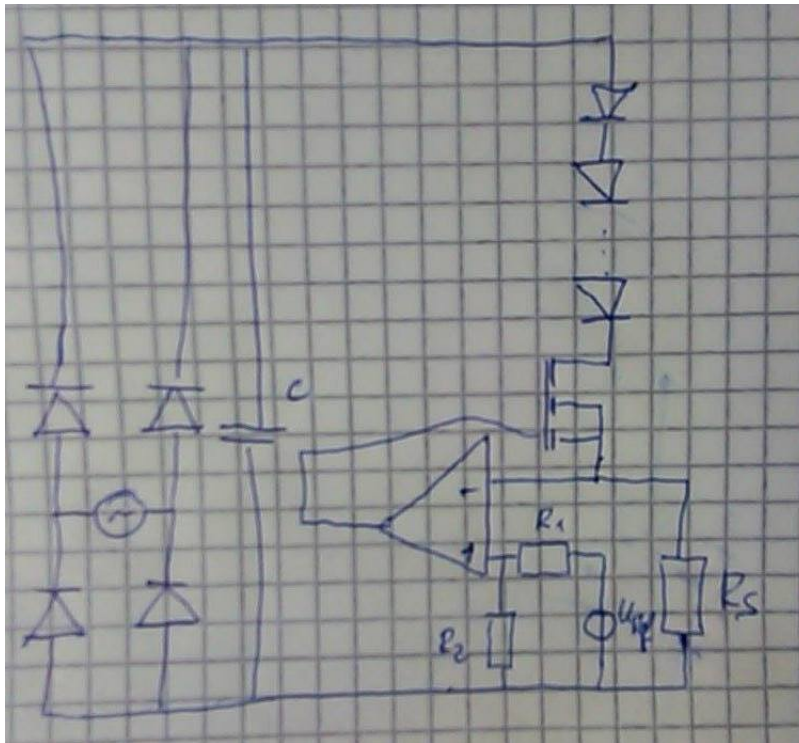
$$P_d = P_{gen} - P_{LED} = 9.50W$$

## 8. feladat: a villamos hatásfok meghatározása

$$\eta = \frac{P_{LED}}{P_{gen}} = 80.0\%$$

### 9. feladat: a LED-ek folyamatos üzeme

A LED-ek nem világítanak folyamatosan, hiszen a diódák csak  $U_{ET}$  feszültség fölött nyitnak ki. Ezt tudjuk biztosítani egy beiktatott kondenzátorral, ekkor a diódák csak akkor nyitnak ki, ha a bementi feszültségük nagyobb lesz az  $U_c$ -nél, ekkor töltik a kondenzátort, ha ez alá csökken, akkor a kondenzátor elkezd kisülni a LED-eken és a MOSFET-en keresztül megfelelő méretezés esetén ezzel biztosítva az  $U_{ET}$ -nél nagyobb feszültséget a LED-eken, így azok folyamatosan világítani fognak.



Ábra 3: Kondenzátoros kiegészítés