



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Elektronikus Eszközök Tanszéke

Elektronika alapjai

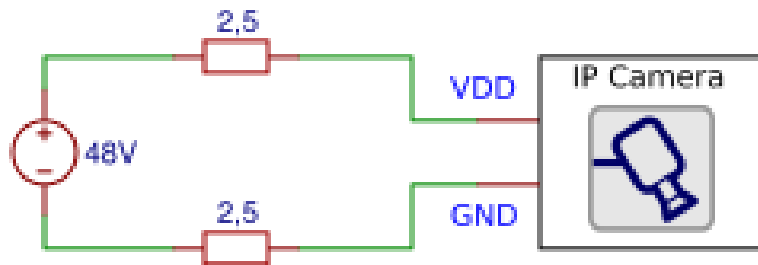
10. Gyakorlat

Összeállította:

Ress Sándor, Jani Lázár, Krammer Olivér, Straubinger Dániel

Egy 12W teljesítményű eszközt szeretnénk Etherneten keresztül ellátni. Az eszközig vezető UTP kábel hossza 50 méter, egy érpár ellenállása $50\Omega/\text{km}$.

- Határozzuk meg az energiaátvitel hatásfokát, ha az aktív PoE esetén 48V-os egyenfeszültséget használunk, a tápfeszültség továbbítása pedig 1-1 érpáron történik!



1. ábra: PoE egy érpáron

$$V_D = V_{POE} - IR$$

$$P_D = V_D I = (V_{POE} - IR)I$$

$$12 = (48 - 5I)I = -5I^2 + 48I$$

$$-5I^2 + 48I - 12 = 0$$

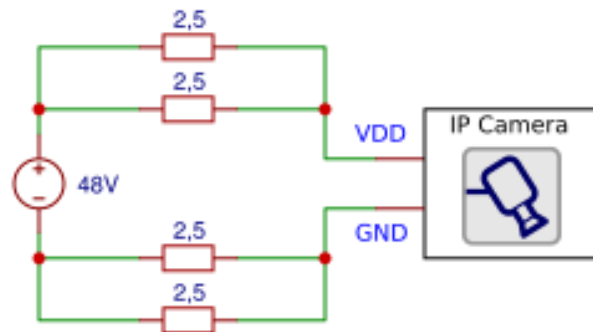
$$I_1 = 0,257A$$

$$I_2 = 9,343A$$

$$\eta = \frac{P_D}{P_{POE}} = \frac{V_D I}{V_{POE} I} = \frac{46,7}{48} = 97,3\%$$

Egy 12W teljesítményű eszközt szeretnénk Etherneten keresztül ellátni. Az eszközig vezető UTP kábel hossza 50 méter, egy érpár ellenállása $50\Omega/\text{km}$.

- A veszteséget csökkenthetjük, ha gigabites hálózatunk van és nem használjuk az UTP kábelt telefon továbbítására (ez egyre kevésbé szokásos), ekkor mind a 4 érpár rendelkezésre áll, azaz 2-2 érpárt használhatunk tápellátásra. Mekkora lesz ebben az esetben a hatásfok?



1. ábra: PoE

$$V_D = V_{POE} - IR$$

$$P_D = V_D I = (V_{POE} - IR)I$$

$$12 = (48 - 2,5I)I = -2,5I^2 + 48I$$

$$-2,5I^2 + 48I - 12 = 0$$

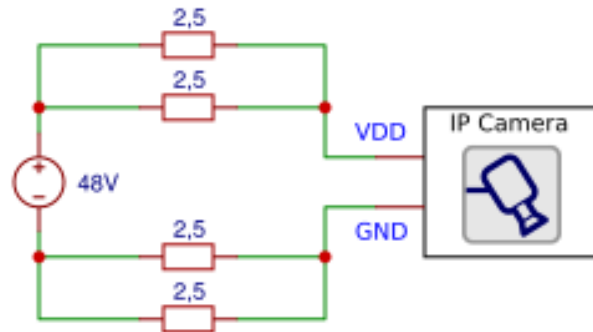
$$I_1 = 0,262A$$

$$I_2 = 18,938A$$

$$\eta = \frac{P_D}{P_{POE}} = \frac{V_D I}{V_{POE} I} = \frac{47,4}{48} = 98,7\%$$

Egy 12W teljesítményű eszközt szeretnénk Etherneten keresztül ellátni. Az eszközig vezető UTP kábel hossza 50 méter, egy érpár ellenállása $50\Omega/\text{km}$.

- Meg tudnánk-e ugyanezt valósítani passzív PoE-vel, 12V-os feszültség esetén?



2. ábra: PoE két érpáron

$$V_D = V_{POE} - IR$$

$$P_D = V_D I = (V_{POE} - IR)I$$

$$12 = (12 - 2,5I)I = -2,5I^2 + 12I$$

$$-2,5I^2 + 12I - 12 = 0$$

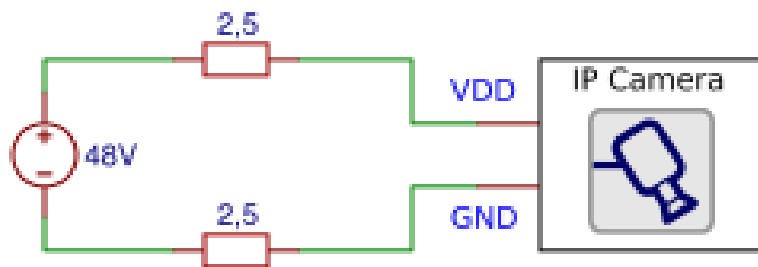
$$I_1 = 1,42A$$

$$I_2 = 3,38A$$

$$\eta = \frac{P_D}{P_{POE}} = \frac{V_D I}{V_{POE} I} = \frac{8,45}{12} = 70,4\%$$

Egy 12W teljesítményű eszközt szeretnénk Etherneten keresztül ellátni. Az eszközig vezető UTP kábel hossza 50 méter, egy érpár ellenállása $50\Omega/\text{km}$.

- Meg tudnánk-e ugyanezt valósítani passzív PoE-vel, 12V-os feszültség esetén?



1. ábra: PoE egy érpáron

$$P_D = V_D I = (V_{POE} - IR)I$$

$$12 = (12 - 5I)I = -5I^2 + 12I$$

$$-5I^2 + 12I - 12 = 0 \quad \text{Nincs valós megoldása!}$$

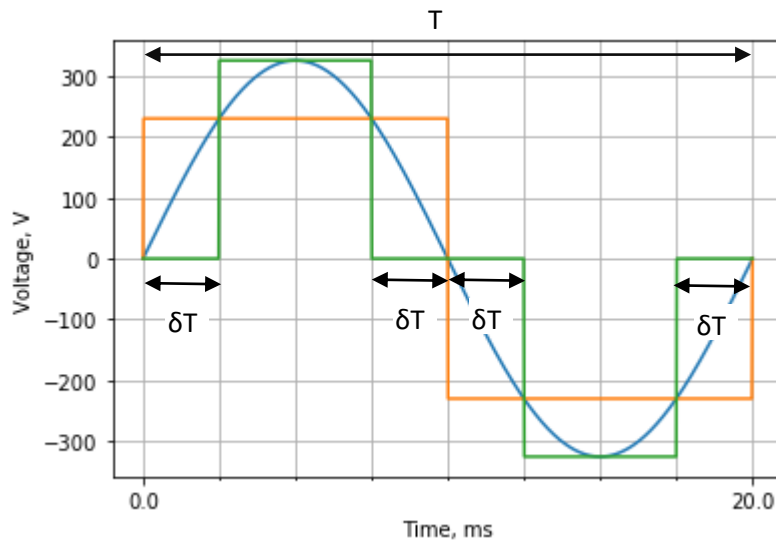
Max átvihető teljesítmény:

$$\frac{\partial P_D}{\partial I} = V_{POE} - 2IR = 0$$

$$I = \frac{V_{POE}}{2R} = \frac{12}{10} = 1,2A$$

Max átvihető teljesítmény 7,2W, ekkor a hatásfok 50%

Az olcsó inverterek az ábrán sárgával jelölt négyszögjelet, a kissé drágábbak a zölddel jelölt „módosított szinusz” (modified sine) jelet produkálják a kimenetükön. Határozzuk meg a feszültségszinteket és az ábrán látható időzítéseket úgy, hogy a váltakozó jel effektív értéke megegyezzen a 230V-os hálózati szinuszos feszültséggel!



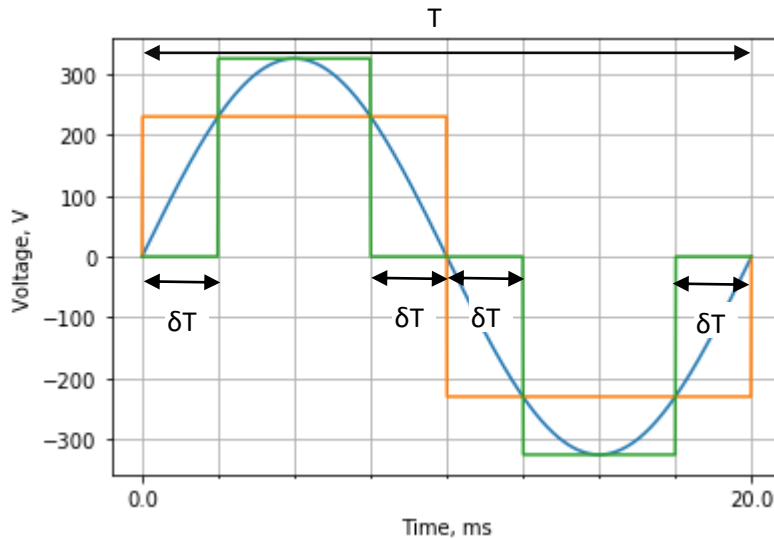
3. ábra: inverter kimenete

- Effektív érték az az egyenfeszültség, amely egy ellenálláson ugyanakkora hőt hoz létre, mint a váltakozó feszültség

$$\frac{V_{EFF}^2 T}{R} = \int_0^T \frac{V^2(t)}{R} dt \rightarrow V_{EFF} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt}$$

- 230V a hálózati feszültség effektív értéke, ami $\sqrt{2} \cdot 230V$ amplitúdójú szinuszos jelnek felel meg
- A sárgával jelölt négyszögjel amplitúdója 230V volt kell legyen (a négyszögjel négyzete megegyezik a DC feszültség négyzetével)

Az olcsó inverterek az ábrán sárgával jelölt négyszögjelet, a kissé drágábbak a zölddel jelölt „módosított szinusz” (modified sine) jelet produkálják a kimenetükön. Határozzuk meg a feszültség szinteket és az ábrán látható időzítéseket úgy, hogy a váltakozó jel effektív értéke megegyezzen a 230V-os hálózati szinuszos feszültséggel!



3. ábra: inverter kimenete

- A zöld jel csúcsértéke a szinuszos jel csúcsértékével egyezik meg, effektív értékük ugyanannyi. $\delta T = ?$

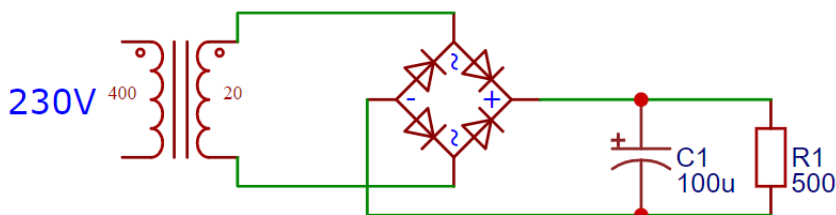
$$V_{EFF}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt = \frac{1}{T} \cdot 2 \cdot \int_{\delta T}^{\frac{T}{2} - \delta T} V_A^2 dt =$$

$$= \frac{1}{T} \cdot 2 \cdot \left(\frac{T}{2} - 2\delta T \right) \cdot V_A^2 = (1 - 4\delta) \cdot 2V_{EFF}^2$$

$$\rightarrow 1 = (2 - 8\delta) \rightarrow \delta = \frac{1}{8}$$

Az ábrán látható transzformátoros kapcsolásban a primer tekercs menetszáma 400, a szekunder tekercs menetszáma pedig 20.

- A nyitott diódát 0,7V feszültséggel közelítve mekkora lesz a kimeneti feszültség csúcsértéke?



4. ábra: Transzformátoros kapcsolás

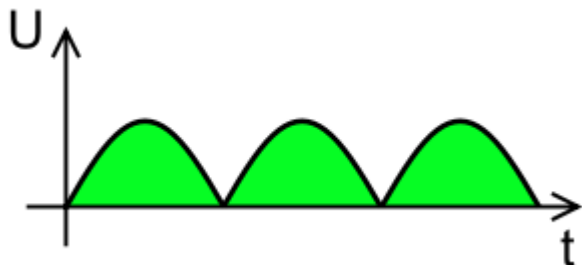
A transzformátor szekunder feszültsége a menetszámokból kiszámítható

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P} \rightarrow V_S = \frac{N_S}{N_P} V_P = \frac{20}{400} 230V = 11,5V$$

A csúcsfeszültség ennek a $\sqrt{2}$ -szerese, $V_A = 16,3V$

A Graetz kapcsolásban kondenzátor a csúcsfeszültség – 2 dióda feszültségre töltődik fel:

$$V_{OUT} = V_A - 2V_D = 16,3 - 2 \cdot 0,7 = 14,9V$$

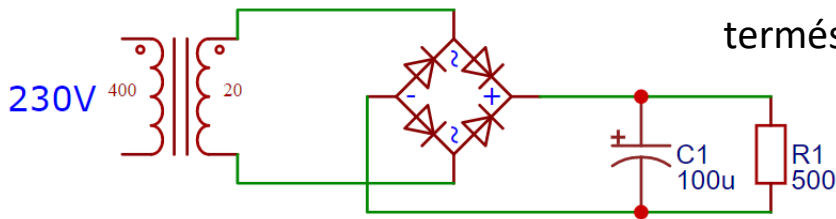


5. ábra: Graetz híd kimenete

3. Feladat

Az ábrán látható transzformátoros kapcsolásban a primer tekercs menetszáma 400, a szekunder tekercs menetszáma pedig 20.

- Adjon becslést a hullámmosságra!

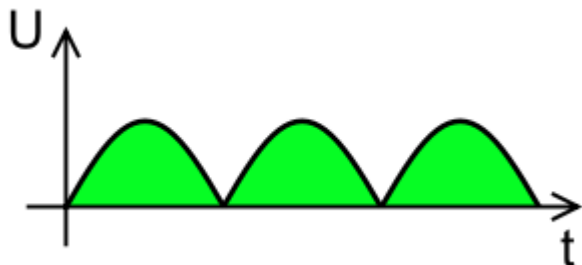


4. ábra: Transzformátoros kapcsolás

A hullámmosságot becsüljük úgy, hogy 1/2 periódus múlva újra csúcspotenzáltságra töltődik a kondenzátor, addig viszont kisül. Ez természetesen egy elég durva becslés. A kisülés időfüggvénye:

$$V_{OUT}(t) = V_0 e^{-t/\tau}$$

Ahol $\tau = RC = 500 \cdot 100\mu = 50ms$ az időállandó.



A hullámmosság:

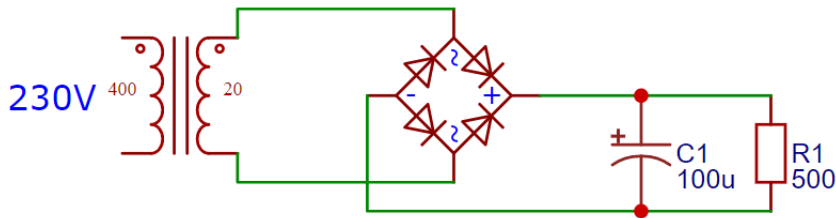
$$\Delta V_{OUT} = V_{OUT}(0) - V_{OUT}\left(\frac{T}{2}\right) = V_0 \left(1 - e^{-T/2\tau}\right) = 2,7V$$

5. ábra: Graetz híd kimenete

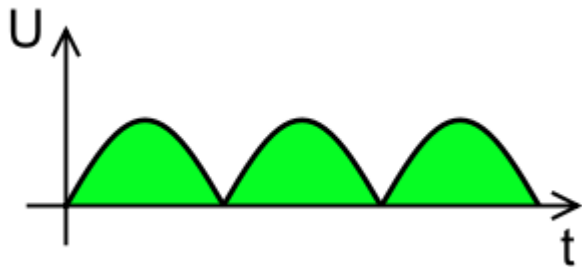
3. Feladat

Az ábrán látható transzformátoros kapcsolásban a primer tekercs menetszáma 400, a szekunder tekercs menetszáma pedig 20.

- Miért folyik nagy áram kezdetben, ha a rendszert a hálózathoz csatlakoztatjuk?



4. ábra: Transzformátoros kapcsolás

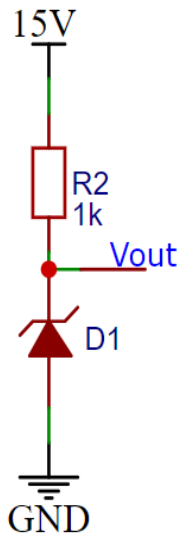


5. ábra: Graetz híd kimenete

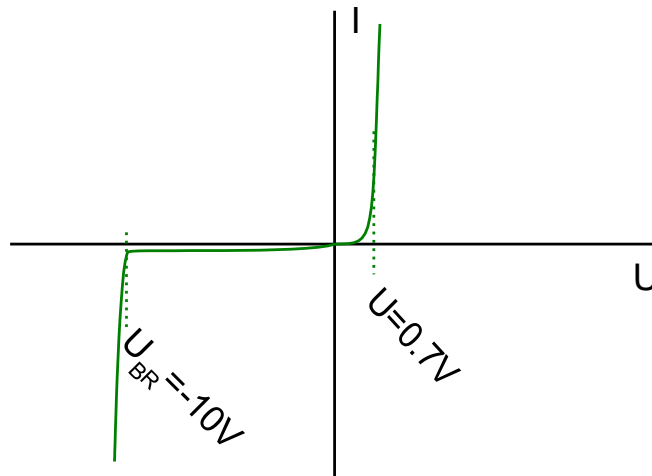
A kondenzátor kezdetben energiamentes. Ha a váltakozó feszültség csúcsértékénél sikerül bekapcsolni, akkor a kezdeti áramot a transzformátor, a diódák és az összeköttetések ohmikus ellenállása korlátozza csak. Ez az áram nagy mértékben meghaladhatja a névleges áramot.

Az adott Zener diódás feszültségstabilizáló kapcsolásban a Zener letörési feszültsége 10V, differenciális ellenállása 10Ω , a stabilizálatlan V_{IN} tápfeszültség 15V, a kimenetet nem terheljük.

- Határozza meg a kimenet feszültségét!



6. ábra: Zener diódás feszültségstabilizáló



6. ábra: Dióda karakterisztika (wikipedia)

A Zener diódát helyettesítsük a letörési feszültségével és a differenciális ellenállásával!

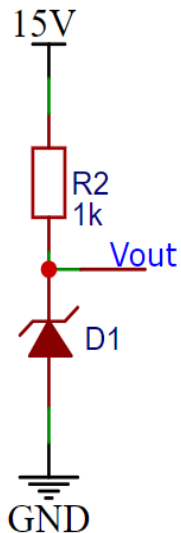
$$I = \frac{V_{IN} - V_{BR}}{R + r_d}$$

A kimenet feszültsége pedig megegyezik a Zener diódán mérhető feszültséggel, azaz:

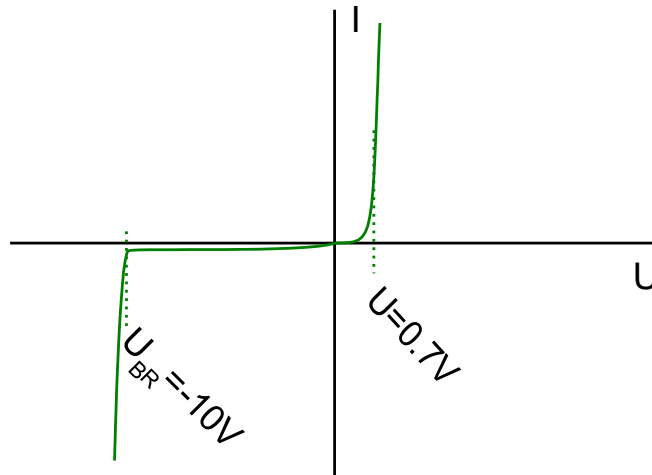
$$\begin{aligned} V_{OUT} &= V_{BR} + r_d I = \\ &= \frac{R}{R + r_d} V_{BR} + \frac{r_d}{R + r_d} V_{IN} = 10,05V \end{aligned}$$

Az adott Zener diódás feszültségstabilizáló kapcsolásban a Zener letörési feszültsége 10V, differenciális ellenállása 10Ω , a stabilizálatlan V_{IN} tápfeszültség 15V, a kimenetet nem terheljük.

- Mekkora a kimeneti feszültség ingadozása, ha a tápfeszültség ingadozása 1V?



6. ábra: Zener diódás feszültségstabilizáló



6. ábra: Dióda karakterisztika (wikipedia)

A kimenet feszültsége:

$$V_{OUT} = \frac{R}{R + r_d} V_{BR} + \frac{r_d}{R + r_d} V_{IN}$$

Ennek deriváltja:

$$\frac{\partial V_{OUT}}{\partial V_{IN}} = \frac{r_d}{r_d + R} \approx \frac{r_d}{R}$$

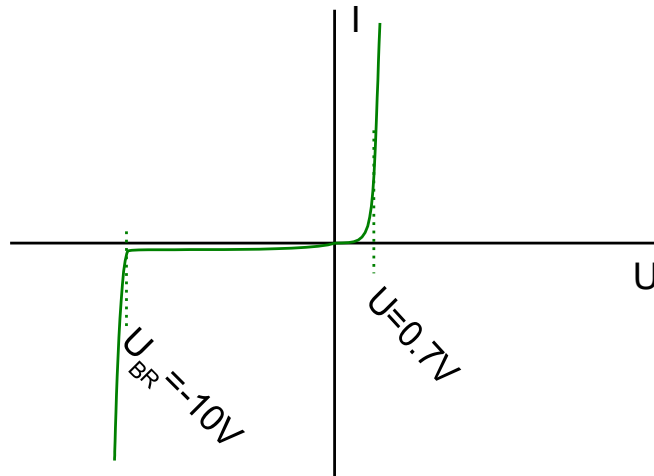
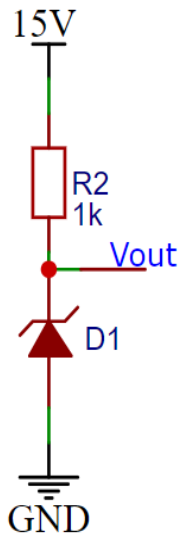
mivel $r_d \ll R$

Tehát:

$$\Delta V_{OUT} \approx \frac{r_d}{R} \Delta V_{IN} = 10mV$$

Az adott Zener diódás feszültségstabilizáló kapcsolásban a Zener letörési feszültsége 10V, differenciális ellenállása 10Ω , a stabilizálatlan V_{IN} tápfeszültség 15V, a kimenetet nem terheljük.

- Mekkora a kimeneti feszültségelnyomási tényező, dB-ben?



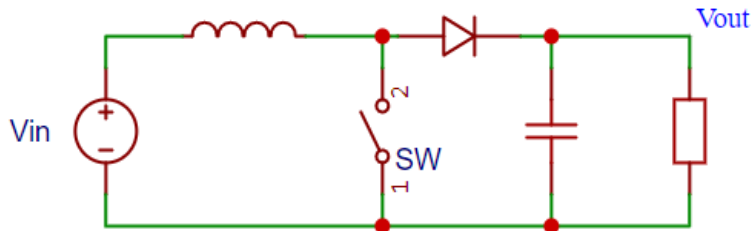
6. ábra: Dióda karakterisztika (wikipedia)

Feszültség elnyomási tényező =
Power Supply Rejection Ratio

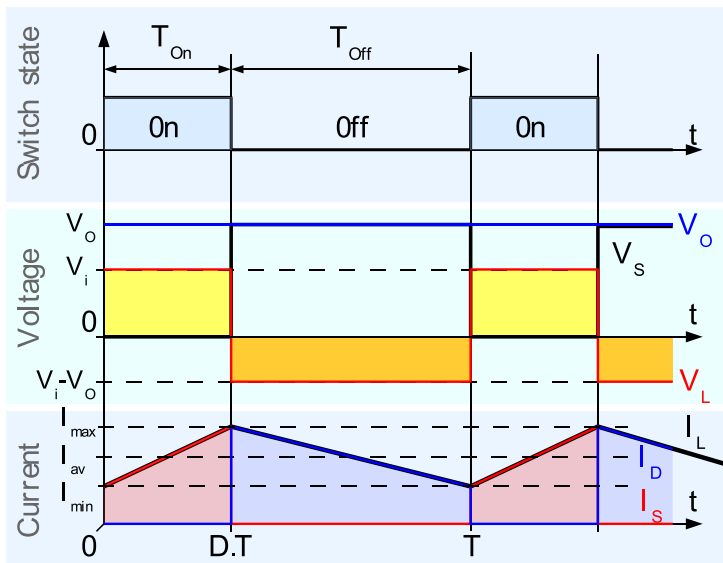
$$PSRR = 20 \lg \frac{\Delta V_{IN}}{\Delta V_{OUT}} = 20 \lg \frac{R}{r_d} \approx 40 \text{ dB}$$

6. ábra: Zener diódás feszültségstabilizáló

Az előadáson megismert periodikus egyensúlyban vizsgálja meg az alábbi feszültségnövelő (BOOST) kapcsolást! A kapcsolót és a diódát ideálisnak tekintheti. Határozza meg a kimeneti feszültséget a kapcsolás kitöltési tényezőjének (δ) függvényében!



7. ábra: BOOST kapcsolás



Tekercs feszültsége:

$$U_L = L \frac{dI_L}{dt}$$

Tekercs árama nő, $U_L > 0$, ha csökken, akkor $U_L < 0$.

Kapcsoló be van kapcsolva:

$$U_L = V_{IN}$$

Kikapcsolt esetben:

$$U_L = V_{IN} - V_{OUT}$$

Periodikus egyensúlyban a tekercs átlagos feszültsége 0V.

$$\delta V_{IN} + (1 - \delta)(V_{IN} - V_{OUT}) = 0$$

$$V_{IN} = (1 - \delta)V_{OUT}$$

$$V_{OUT} = \frac{V_{IN}}{1 - \delta}$$