

4.

Za vreme dok vodi zener dioda i isključena je strujna zaštita (tranzistor T3) važi

$$v_P = \frac{1 + \frac{R_1}{R_2}}{1 + (1 + \frac{R_1}{R_2}) \frac{r_Z}{R_3}} (V_Z + V_{BE}(1 - \frac{r_Z}{R_3}) + \frac{r_Z}{R_3} v_U - r_Z (\frac{R_S}{R_3} + \frac{1}{1 + \beta}) i_P) = 11.96 \text{ V} + 0.015 v_U - 0.048 i_P$$

$$v_U = 12 \text{ V} \implies v_P = 12.14 \text{ V} - 0.048 i_P$$

$$v_U = 18 \text{ V} \implies v_P = 12.23 \text{ V} - 0.048 i_P$$

$$v_U = 24 \text{ V} \implies v_P = 12.32 \text{ V} - 0.048 i_P$$

Uslov za postojanje ovog režima je da je

$$i_Z = \frac{v_U - (v_P + R_S i_P + V_{BE})}{R_3} - \frac{i_P}{1 + \beta} \geq 0$$
$$i_{Pgr} = \frac{v_U - (1 + \frac{R_1}{R_2}) V_Z - (2 + \frac{R_1}{R_2}) V_{BE}}{R_S + \frac{R_3}{1 + \beta}} = 0.306 v_U - 3.929 \text{ A}$$

$v_U = 12 \text{ V} \implies i_{Pgr} = -0.26 \text{ A}$ što nema fizičkog smisla, odnosno za ovaj ulazni napon zener dioda uopšte nema uslove da vodi.

$$v_U = 18 \text{ V} \implies i_{Pgr} = 1.57 \text{ A}$$

$$v_U = 24 \text{ V} \implies i_{Pgr} = 3.41 \text{ A}$$

Napon na izlazu kada struja zener diode padne na nulu je

$$v_{Pgr} = (1 + \frac{R_1}{R_2})(V_Z + V_{BE}) = 12.15 \text{ V}$$

Drugi deo karakteristike, kada ne vodi zener dioda i ne vodi strujna zaštita:

$$i_P = \frac{(1 + \beta)(v_U - v_P - V_{BE})}{R_3 + (1 + \beta)R_S} \implies v_P = v_U - V_{BE} - (\frac{R_3}{1 + \beta} + R_S) i_P = v_U - 0.7 - 3.27 i_P$$

$$v_U = 12 \text{ V} \implies v_P = 11.3 \text{ V} - 3.27 i_P$$

$$v_U = 18 \text{ V} \implies v_P = 17.3 \text{ V} - 3.27 i_P$$

$$v_U = 24 \text{ V} \implies v_P = 23.3 \text{ V} - 3.27 i_P$$

Struja kratkog spoja:

$$v_P = 0 \implies i_{PKS} = \frac{(1 + \beta)(v_U - V_{BE})}{R_3 + (1 + \beta)R_S} = 0.306 v_U - 0.214$$

$$v_U = 12 \text{ V} \implies i_{PKS} = 3.46 \text{ A}$$

$$v_U = 18 \text{ V} \implies i_{PKS} = 5.29 \text{ A}$$

$$v_U = 24 \text{ V} \implies i_{PKS} = 7.13 \text{ A}$$

Strujna zaštita se uključuje kada

$$i_{Pmax} = \frac{V_Z}{R_S} = 2.33 \text{ A}$$

