

# Elektronik II, Übungsblatt 3 (15P)

Prof. G. Kemnitz, TU Clausthal, Institut für Informatik

27. Mai 2013

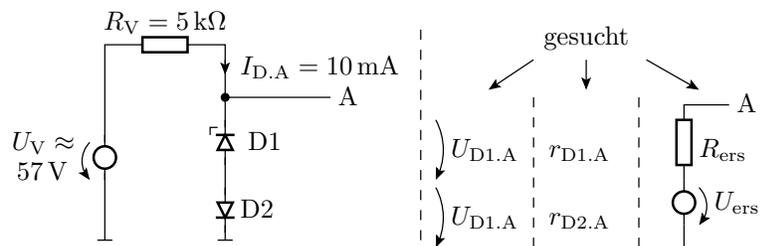
## Aufgabe 3.1

Die Zener-Diode D1 in der nachfolgenden Schaltung habe die Spice-Parameter:

$$IVB=1.5n \quad RB=0.5 \quad NBV=3 \quad BV=6.2$$

und die Kleinsignaldiode D2 habe die Spice-Parameter:

$$IS=2.5n \quad RS=0.6 \quad N=1.75 \quad IK=41m$$



- Wie heißen die gegebenen Parameter in der Vorlesung und welche Werte und Maßeinheiten haben sie? 2P
- Stellen Sie für die Dioden die für die Arbeitsbereiche relevanten Strom-Spannungsbeziehungen ohne Bahnwiderstand auf und berechnen Sie die Spannungen über den Dioden auch unter Vernachlässigung der Bahnwiderstände. 2P
- Berechnen Sie die Ersatzwiderstände der Dioden im Arbeitspunkt<sup>1</sup> auch unter Vernachlässigung der Bahnwiderstände. 2P
- Berechnen Sie die Zweipolersatzschaltung der Gesamtschaltung den Ersatzwiderstand  $R_{ers}$  und die Ersatzspannung  $U_{ers}$ , dieses Mal unter Berücksichtigung der Bahnwiderstände. 2P

## Lösung zu Aufgabe 3.1

- Bezeichner und Werte der gegebenen Parameter:

Param.	Spice	Bezeichnung	D1	D2
$I_{BR}$	IVB	Durchbruch-Kniestrom	1,5 nA	-
$n_{BR}$	NBV	Emissionskoeffizient	3	-
$U_{BR}$	BV	Durchbruchspannung	6,2 V	-
$I_S$	IS	Sättigungssperrstrom	-	2,5 nA
$n$	N	Emissionskoeffizient	-	1,75
$I_K$	IK	Kniestrom starke Injektion	-	41 mA
$R_B$	RS	Bahnwiderstand	0,5 Ω	0,6 Ω

<sup>1</sup>Der Diodenstrom ist als gegeben betrachtet, bzw. es sei angenommen, dass  $U_V$  so groß ist, dass über  $R_V$  50 V abfallen.

b) Die Z-Diode D1 arbeitet im Durchbruchbereich<sup>2</sup>:

$$\begin{aligned} I_{D.A} &= I_{BR} \cdot e^{\frac{U_{D1.A} - U_{BR}}{n_{BR} \cdot U_T}} \\ U_{D1.A} &= U_{BR} + n_{BR} \cdot U_T \cdot \ln\left(\frac{I_{D.A}}{I_{BR}}\right) \\ &= 6,2 \text{ V} + 3 \cdot 26 \text{ mV} + \ln\left(\frac{10 \text{ mA}}{1,5 \text{ nA}}\right) \\ &= 7,43 \text{ V} \end{aligned}$$

Die Diode D2 arbeitet im Durchlassbereich unterhalb des Hochstrombereichs:

$$\begin{aligned} I_{D.A} &= I_S \cdot e^{\frac{U_{D2.A}}{n \cdot U_T}} \\ U_{D2.A} &= n \cdot U_T \cdot \ln\left(\frac{I_{D.A}}{I_S}\right) \\ &= 1,75 \cdot 26 \text{ mV} \cdot \ln\left(\frac{10 \text{ mA}}{2,5 \text{ nA}}\right) \\ &= 0,69 \text{ V} \end{aligned}$$

c) Die Ersatzwiderstände sind die Kehrwerte der Ableitungen des Stroms nach der Spannung im Arbeitspunkt:

$$\begin{aligned} \frac{1}{r_{D1.A}} &= \frac{I_{D.A}}{n_{BR} \cdot U_T} \\ r_{D1.A} &= \frac{3 \cdot 26 \text{ mV}}{10 \text{ mA}} = 7,8 \Omega \\ \frac{1}{r_{D2.A}} &= \frac{I_{D.A}}{n \cdot U_T} \\ r_{D2.A} &= \frac{1,75 \cdot 26 \text{ mV}}{10 \text{ mA}} = 4,55 \Omega \end{aligned}$$

d) Die Quellspannung des Ersatzzweipols ist die Summe der Diodenspannungen im Arbeitspunkt:

$$U_{\text{ers}} = 7,43 \text{ V} + 0,69 \text{ V} = 8,12 \text{ V}$$

Der Widerstand des Ersatzzweipols ist die Summe der Dioden und Bahnwiderstände parallel zum Vorwiderstand:

$$\begin{aligned} R_{\text{ers}} &= (r_{D1} + R_{B1} + r_{D2} + R_{B2}) \parallel R_V \\ &= (7,8 \Omega + 0,5 \Omega + 4,55 \Omega + 0,6 \Omega) \parallel 50 \text{ k}\Omega = 13,4 \Omega \end{aligned}$$

### Aufgabe 3.2

In der Aufgabe zuvor nimmt die Spannung über der Z-Diode bei gleichem Strom um 0,02% je K zu und die Durchlassspannung der Universaldiode um 1,7 mV/K ab. Um wie viel mV/K ändert sich die Ersatzquellspannung  $U_{\text{ers}}$ ? 2P

### Lösung zu Aufgabe 3.2

Die Spannung über der Z-Diode erhöht sich um

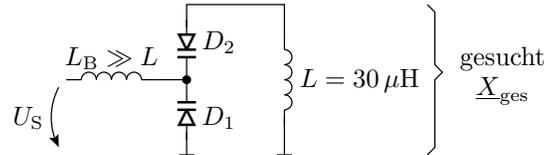
$$0,02\% \text{ K}^{-1} \cdot U_{D1.A} = 0,02\% \text{ K}^{-1} \cdot 7,43 \text{ V} = 1,49 \frac{\text{mV}}{\text{K}}$$

und die Spannung über der Universaldiode verringert sich um 1,7 mV/K. In Summe verringert sich die Ersatzspannung etwa um 0,2 mV/K, d.h. die Temperatureinflüsse kompensieren sich überwiegend gegeneinander.

<sup>2</sup>Die Pfeile von  $I_D$  und  $U_{D1}$  zeigen in Sperrichtung und  $U_{BR}$  ist eine Betragsangabe. Drei geänderte Vorzeichen.

### Aufgabe 3.3

Gegeben ist die nachfolgende in der Vorlesung beschriebene Schaltung zur Frequenzabstimmung mit einem LC-Kreis.



Die beiden Kapazitätsdioden D1 und D2 seien vom Typ MV2201 haben die Parameter:

- Kapazitätskoeffizient:  $m_S = 0,426$
- Kapazität für  $U_D = 0$ :  $C_{S0} = 15 \text{ pF}$
- Diffusionsspannung:  $U_{\text{Diff}} = 0,75 \text{ V}$
- Bahnwiderstand:  $R_B = 1 \Omega$

- a) Wie lauten die Spice-Bezeichner der gegebenen Parameter in der Vorlesung? 1P
- b) Welchen Bedeutung haben die Parameter  $\alpha$  und  $\omega_0$  in der Gleichung zur Berechnung des komplexen Widerstands? 2P

$$X_{\text{ges}} = \frac{j\omega L \cdot \left(1 + j\alpha \cdot \frac{\omega}{\omega_0}\right)}{1 + j\alpha \cdot \frac{\omega}{\omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

- c) Welche Werte hat die Resonanzfrequenz  $f_0$  für die Steuerspannungen  $U_S \in \{0 \text{ V}, 1 \text{ V}, 2 \text{ V}, 5 \text{ V}, 10 \text{ V}\}$ ? 2P

### Lösung zu Aufgabe 3.3

- a) Die gegebenen Parameter als Tabelle:

Param.	Spice	Bezeichnung	D1, D2
$R_B$	RS	Bahnwiderstand	$1 \Omega$
$C_{S0}$	CJ0	Kapazität für $U_D = 0$	$15 \text{ pF}$
$U_{\text{Diff}}$	VJ	Diffusionsspannung	$0,75 \text{ V}$
$m_S$	M	Kapazitätskoeffizient	$0,426$

- b) Der Parameter  $\omega_0$  ist Resonanzkreisfrequenz, bei der der Betrag des komplexen Widerstands ein Maximum hat. Der Parameter  $\alpha$  beschreibt, wie groß diese Maximum im Vergleich zu dem für eng benachbarte Frequenzen ist.

- c) Die Resonanzfrequenz  $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$  beträgt laut Vorlesung mit  $U_S = -U_D$ :

$$\begin{aligned} f_0 &= \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{2}{L \cdot C_{S0}}} \cdot \left(1 + \frac{U_S}{U_{\text{Diff}}}\right)^{\frac{m_S}{2}} \\ &= \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{2}{30 \mu\text{H} \cdot 15 \text{ pF}}} \cdot \left(1 + \frac{U_S}{0,75 \text{ V}}\right)^{0,213} \end{aligned}$$

Für die gegebenen Werte beträgt sie:

$U_S$	0	1 V	2 V	5 V	10 V
$f_0$	10,6 MHz	12,7 MHz	14,0 MHz	16,4 MHz	18,7 MHz