

11 STABILIZÁTORY A LOGICKÉ OBVODY

11.1 VŠEOBECNÁ ČASŤ

Stabilizátor – je dvojbrána (štvorpól), na ktorej výstupných svorkách sú zmeny výstupného napätia ΔU_2 menšie, ako sú zmeny napätia ΔU_1 na vstupných svorkách. Mierou stabilizácie a dôležitou veličinou stabilizátora je pomer

$$K = \frac{\frac{\Delta U_1}{U_1}}{\frac{\Delta U_2}{U_2}} = \frac{U_2 \cdot \Delta U_1}{U_1 \cdot \Delta U_2}$$

pri $R_z = \text{konšt.}$, ktorý udáva, koľkokrát je stabilizátorom zmenšená pomerná zmena vstupného napätia (má byť podľa možnosti veľký a výstupný odpor R čo najmenší),

kde K je činiteľ stabilizácie,

U_1 je vstupné napätie stabilizátora,

U_2 je výstupné napätie stabilizátora,

ΔU_1 sú zmeny napätia (zvlnenie) na vstupe stabilizátora,

ΔU_2 sú zmeny napätia (zvlnenie) na výstupe stabilizátora.

Stabilizátor zaradený v sieťových napájacích zdrojoch zabezpečí, aby napájacie napätie na vstupe elektronického zariadenia (na záťaži) bolo konštantné aj vtedy, keď kolíše efektívna hodnota napätia siete, alebo sa mení zaťažovací prúd (je to vlastne zariadenie s obvodmi, ktoré automaticky vyrovnáva vznikajúce napäťové zmeny na záťaži).

Použitie stabilizátorov:

- na stabilizáciu usmerneneného napätia (potlačenie zvlnenia napájacieho napätia),
- pri riadených usmerňovačoch umožňujú plynule a bez strát riadiť veľkosť = napätia,
- podobne ako filtre sa používajú na potlačenie striedavej zložky v usmerňovačoch napätí,
- zapájajú sa zvyčajne medzi napájací zdroj a záťaž.

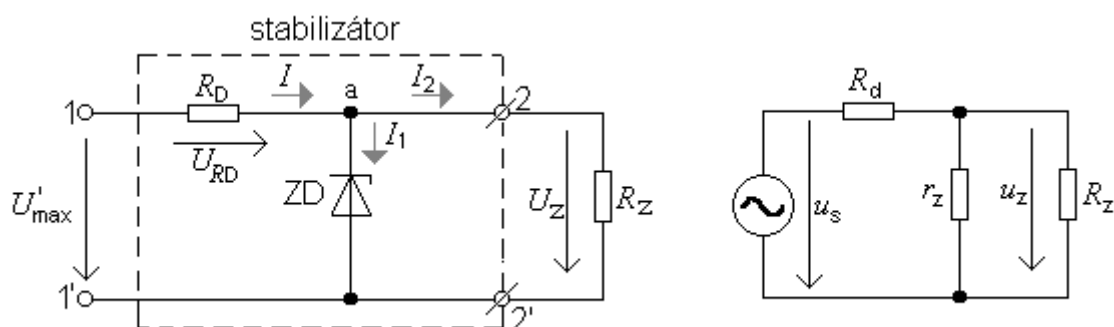
Rozdelenie stabilizátorov

- a) parametrické – využívajú na stabilizáciu napätia vhodný priebeh VA charakteristík tých elektronických prvkov (súčiastok), v ktorých nastáva pri veľkých zmenách prúdu malá zmena napätia (stabilizačné diódy, tlejivky a pod.),
- b) spätnoväzbové – sú zložitejšie elektronické systémy, obsahujúce zdroj referenčného napätia, porovnávací obvod, ktorý porovnáva referenčné napätie s výstupným napätím

a regulačný obvod (obsahujúci tzv. riadiaci prvok - napr. tranzistor), ktorý je riadený odchýlkou medzi referenčným a výstupným napätím (teda porovnávacím obvodom).

Najjednoduchším stabilizátorom je stabilizátor so stabilizačnou (Zenerovou, napäťovou referenčnou) diódou (obr. 11.1). Je to plošná kremíková dióda, s veľmi tenkým (náhlým) priechodom PN. Pri malom napätí (asi od 5 V vyššie) sa priechod v spätnom smere elektricky prerazí a dióda vlastne predstavuje skrat (bez jej poškodenia).

Predstavme si teraz, že usmernené napätie stabilizujeme pomocou Zenerovej diódy, ktorá je zapojená tak ako ukazuje obr. 11.1.



Obr. 11.1 Stabilizátor napätia so Zenerovou diódou a náhradný obvod

Zenerova dióda obmedzí napätie na zaťažovacom odpore R_Z na hodnotu U_Z . Ak je hodnota usmerneného napätia $U'_{\max} > U_Z$ (táto podmienka musí byť splnená, aby Zenerova dióda stabilizovala), rozdiel týchto dvoch napätí je podľa Kirchhoffovho zákona napätie U_{RD} na odpore R_D , čiže

$$U'_{\max} - U_Z - U_{RD} = 0 \quad \Rightarrow \quad U'_{\max} - U_Z = U_{RD}. \quad (11.1)$$

Napätie U_Z pretláča prúd cez Zenerovu diódu I_1 a cez odpor R_Z prúd I_2 . Podľa Kirchhoffovho zákona môžeme písať

$$I = I_1 + I_2 \quad (11.2)$$

kde I je celkový prúd.

Nahradíme si Zenerovu diódu odporom r_z (obr. 11.1 vpravo) a zistíme, aký vplyv má stabilizátor na zvlnenie. Predpokladajme, že na vstup nášho stabilizátora je pripojený zdroj striedavého napätia u_s , ktorý predstavuje zvlnenie. Striedavé napätie u_s je pripojené vlastne na odporový delič, ktorého jeden člen je odpor R_d a druhý paralelná kombinácia odporov R_Z a r_z . Pre napätie Δu_z , ktoré vlastne predstavuje zvlnenie na odpore R_Z , môžeme teda písať

$$\Delta u_z = \frac{u_s}{R_c} \cdot (R_z \parallel r_z) = \frac{R_p}{R_c} \cdot u_s, \quad (11.3)$$

kde R_c je celkový odpor a má hodnotu

$$R_c = R_d + (R_z \parallel r_z) = R_d + R_p,$$

$$R_p = \frac{R_z \cdot r_z}{R_z + r_z}.$$

Pre obr. 11.1 vľavo (na vstupe stabilizátora je usmernené napätie U'_{\max}) analogicky platí

$$\Delta U_z = \frac{\Delta U'_{\max}}{R_c} \cdot (R_z \parallel r_z) = \frac{R_p}{R_c} \cdot \Delta U'_{\max}, \quad (11.4)$$

kde ΔU_z je zvlnenie napätia U_z na zaťažovacom odpore R_z , $\Delta U'_{\max}$ je zvlnenie usmerneného napätia U'_{\max} na vstupe stabilizátora, R_c je celkový odpor a má hodnotu

$$R_c = R_D + (R_z \parallel r_z) = R_D + R_p; \quad R_p = \frac{R_z \cdot r_z}{R_z + r_z},$$

\parallel je označenie paralelnej kombinácie odporov R_z a r_z , R_p je výsledný odpor paralelnej kombinácie odporov R_z a r_z .

Pre činiteľ stabilizácie parametrického stabilizátora so stabilizačnou (Zenerovou) diódou platí tiež vzťah

$$K = \left(\frac{R_D}{r_z} + 1 \right) \cdot \frac{U_z}{U'_{\max}}. \quad (11.5)$$

Logické obvody – predstavujú základ vnútornej štruktúry každého elektronického číslicového počítača a ostatných číslicových zariadení, ktoré nachádzajú uplatnenie vo výpočtovej, číslicovej, informačnej, oznamovacej, zabezpečovacej, telekomunikačnej, spojovacej, prenosovej, meracej a riadiacej technike. Pomocou nich sa vytvárajú všetky aritmetické, riadiace, rozhodovacie, výberové, testovacie, pomocné a iné prvky funkčných podsystemov. Správanie a štruktúru každého podsystemu možno v počítači vyjadriť príslušným *algoritmom*, ktorý možno považovať za určitý spôsob vyjadrenia logických činností príp. logických funkcií tohto podsystemu. Logické obvody (LO), niekedy označované ako logické členy, fyzikálne realizujú určité logické funkcie a pracujú s dvojhodnotovými (binárnymi, číslicovými, diskretnými, nespojitými) signálmi. Tieto signály môžu nadobúdať len dva fyzikálne odlišné stavy. V logických systémoch nadobúdajú jednotlivé premenné iba tieto dve hodnoty

$$0 \rightarrow \text{logická „0“} \rightarrow L \text{ („low“),}$$

$$1 \rightarrow \text{logická „1“} \rightarrow H \text{ („high“).}$$

V číslicových systémoch sa logická hodnota nazýva *bit* (z angl. **B**inary **D**igit – dvojková číslica). Ak logickej hodnote „1“ zodpovedá kladnejšie napätie ako napätie

zodpovedajúce logickej „0“, vtedy hovoríme o *kladnej logike*. V opačnom prípade je to *záporná logika*.

Základnými logickými funkciami sú logický súčet (konjunkcia) – OR, logický súčin (disjunkcia) – AND, negácia – NOT a opakovanie – YES. Tieto funkcie tvoria úplný súbor logických funkcií. Na základe pravidiel Boolovej algebry možno pomocou tohto úplného súboru logických funkcií odvodiť všetky ostatné logické funkcie a zostaviť tak ľubovoľné zložité logické riadiace zariadenie. Návrh a sledovanie činnosti LO umožňuje spomínaná Boolova algebra (ide o dvojhodnotovú algebru vychádzajúcu z výrokovej logiky).

Rozdelenie LO podľa závislosti výstupných veličín obvodu od hodnôt vstupných veličín:

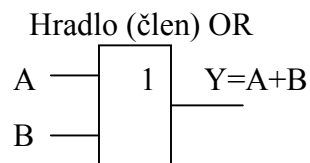
- a) **kombinačné LO** – majú hodnoty výstupných veličín jednoznačne určené len okamžitou kombináciou hodnôt vstupných veličín (patria sem logické obvody, ktoré realizujú základné logické funkcie a ktoré sú fyzikálne realizované diskretnými súčiastkami a integrovanými obvodmi rôznymi technológiami: diskretné súčiastky – DL, RTL, DTL, bipolárne IO – TTL, ECL, I²L, I³L a unipolárne IO – MOS, PMOS, NMOS, MNOS, CMOS, DMOS, VMOS, HMOS, SOS, FAMOS a CCD; jednoduché riadiace obvody; indikačné obvody; prevodníky kódov – dekodéry; logické prepínače – multiplexory; sčítačky a pod.)
- b) **sekvenčné LO** – hodnoty výstupných veličín nezávisia len od okamžitej kombinácie hodnôt vstupných veličín, ale aj od hodnôt z predchádzajúceho stavu logického obvodu. SLO je teda zložený z KLO + pamäť, ktorá registruje niektoré výstupné signály vlastných kombinačných LO (patria sem bistabilné preklápacie obvody Flip-Flop – preklápači obvod RS, RST, D, T, J-K a Schmittov; posuvné registre; počítadlá – čítače; riadiace obvody programovo riadených strojov; kalkulátory; pamäte a pod.).

Podrobnejšie sa budeme zaoberať kombinačnými logickými obvodmi (KLO).

Operácie Boolovej algebry (zápis logickej funkcie) je okrem zápisu v základnom súčtovom alebo súčinovom tvare alebo pomocou Karnaughovej mapy, najvýhodnejšie zapisovať do tzv. pravdivostných tabuliek. Na ľavú stranu tejto tabuľky zapíšeme všetky možné kombinácie vstupných premenných a na pravej strane zapisujeme výsledky operácií pre rozličné hodnoty premenných (zvýraznené časti tabuľky).

Kreslenie logických členov (značky hradíel realizujúcich najzákladnejšie logické funkcie) a ich pravdivostné tabuľky:

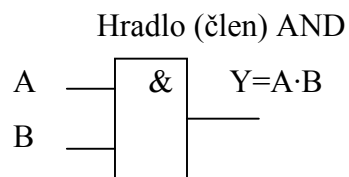
1. Logický súčet – OR



Pravdivostná tabuľka

A	B	Y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

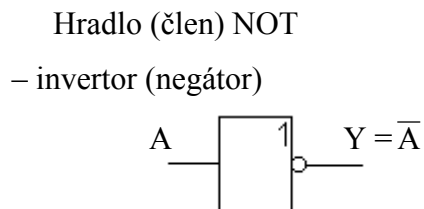
2. Logický súčin – AND



Pravdivostná tabuľka

A	B	Y
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

3. Logická negácia – NOT

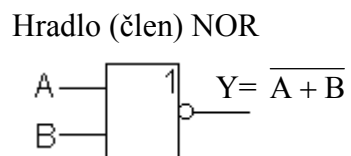


Pravdivostná tabuľka

A	Y
0	1
1	0

Poznámka: V značke invertora môže byť tiež znak „&“ alebo značka bez označenia.

4. Negácia logického súčtu – NOR



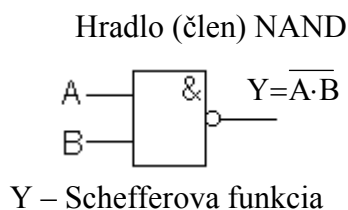
Pravdivostná tabuľka

A	B	Y
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Y – Pierceho funkcia

5. Negácia logického súčinu – NAND

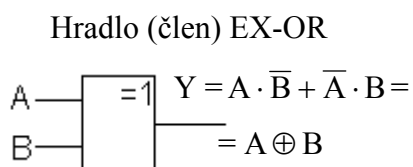
Pravdivostná tabuľka



A	B	Y
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

6. Nonekvivalencia – výhradný logický súčet – EXCLUSIVE OR

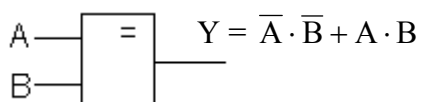
Pravdivostná tabuľka



A	B	Y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

7. Ekvivalencia

Pravdivostná tabuľka



A	B	Y
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Základným matematickým nástrojom pre analýzu (určenie tej logickej funkcie, ktorá je zadaným obvodom realizovaná) a syntézu (k zadanej funkcii v základnom súčtovom alebo súčinovom tvare alebo pomocou pravdivostnej tabuľky určenie logického obvodu realizujúceho túto funkciu) číslicových logických obvodov je *Boolova algebra*. Jej základy a základné postuláty (vlastnosti, základné zákony, De Morganove pravidlá, vzťahy založené na logickom súčte a súčine sú uvedené v literatúre:

Kosorin-Riedlmajer-Jančuška: *Elektrotechnika. Návod na laboratórne cvičenia*. Bratislava: STU, 2002 v kapitole č. 14 Logické integrované obvody.

11.2 RIEŠENÉ PRÍKLADY

Príklad 11.2.1. Na obr. 11.1 vľavo je nakreslený jednoduchý stabilizátor so stabilizačnou (Zenerovou) diódou. Určte veľkosť odporu R_D , ak prúd do záťaže I_2 sa mení v rozmedzí od 20 do 50 mA. Usmernené (jednosmerné) napätie na vstupe stabilizátora $U'_{\max} = 20$ V a má pri prúde $I_2 = 50$ mA zvlnenie $\Delta U'_{\max} = 100$ mV. Zistite, aké je zvlnenie na zaťažovacom odpore R_z a činiteľ stabilizácie K , ak odpor Zenerovej diódy $r_z = 15 \Omega$ a Zenerovo napätie $U_z = 14$ V.

Riešenie: Aby sme zabezpečili dobrú funkciu Zenerovej diódy, musí ňou tiecť prúd $I_1 = 10$ mA aj v tom prípade, ak $I_2 = 50$ mA; podľa (11.2)

$$I = I_1 + I_2 = 10 \text{ mA} + 50 \text{ mA} = 60 \text{ mA} = 0,06 \text{ A}$$

a podľa (11.1)

$$U_{RD} = U'_{\max} - U_z = 20 \text{ V} - 14 \text{ V} = 6 \text{ V}.$$

Veľkosť odporu R_D potom vypočítame z Ohmovho zákona

$$R_D = \frac{U_{RD}}{I} = \frac{6 \text{ V}}{0,06 \text{ A}} = 100 \Omega.$$

Výkon na odpore bude

$$P_{RD} = U_{RD} \cdot I = 6 \text{ V} \cdot 0,06 \text{ A} = 0,36 \text{ W} \quad (\text{použijeme normovaný odpor } R_D = 100 \Omega; 0,5 \text{ W})$$

Odpor R_z pri $I_2 = 50$ mA vypočítame z Ohmovho zákona

$$R_z = \frac{U_z}{I_2} = \frac{14 \text{ V}}{0,05 \text{ A}} = 280 \Omega.$$

Celkový odpor obvodu

$$\begin{aligned} R_c &= R_D + (R_z \parallel r_z) = R_D + R_p = R_D + \frac{R_z \cdot r_z}{R_z + r_z} = 100 \Omega + \frac{280 \Omega \cdot 15 \Omega}{280 \Omega + 15 \Omega} = \\ &= 100 \Omega + 14,24 \Omega = 114,24 \Omega \doteq 114 \Omega. \end{aligned}$$

Odpory R_D a R_p tvoria delič napätia.

Z rovnosti prúdov vyplýva

$$\frac{\Delta U'_{\max}}{R_c} = \frac{\Delta U_z}{R_p},$$

kde ΔU_z je zvlnenie napätia U_z na zaťažovacom odpore R_z ; podľa (11.4)

$$\Delta U_z = \frac{\Delta U'_{\max}}{R_c} \cdot R_p = \frac{100 \text{ mV}}{114 \Omega} \cdot 14,24 \Omega \doteq 12,5 \text{ mV}.$$

Vidíme, že zvlnenie kleslo z hodnoty 100 mV na vstupe stabilizátora na hodnotu 12,5 mV na zaťažovacom odpore R_z . (Pre inú hodnotu I_2 , a teda iné R_z by sme postupovali podobne.)

Činiteľ stabilizácie určíme najprv zo vzťahu

$$K = \frac{\frac{\Delta U_1}{U_1}}{\frac{\Delta U_2}{U_2}} = \frac{\frac{\Delta U'_{\max}}{U'_{\max}}}{\frac{\Delta U_z}{U_z}} = \frac{\frac{0,1 \text{ V}}{20 \text{ V}}}{\frac{0,0125 \text{ V}}{14 \text{ V}}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-4}} \doteq 5,5,$$

kde U_1 , resp. U'_{\max} je vstupné napätie stabilizátora,

U_2 , resp. U_z je výstupné napätie stabilizátora,

ΔU_1 , resp. $\Delta U'_{\max}$ sú zmeny napätia (zvlnenie) na vstupe stabilizátora,

ΔU_2 , resp. ΔU_z sú zmeny napätia (zvlnenie) na výstupe stabilizátora.

Činiteľ stabilizácie sa dá určiť tiež podľa vzťahu (11.5)

$$K = \left(\frac{R_D}{r_z} + 1 \right) \cdot \frac{U_z}{U'_{\max}} = \left(\frac{100 \Omega}{15 \Omega} + 1 \right) \cdot \frac{14 \text{ V}}{20 \text{ V}} = 7,6 \cdot 0,7 \doteq 5,4.$$

Príklad 11.2.2. Určte veľkosť odporu R_D , ktorý treba zapojiť do obvodu jednoduchého stabilizátora so stabilizačnou (Zenerovou) diódou (obr. 11.1), ak prúd do záťaže I_2 sa mení v rozsahu od 30 do 60 mA. Nech usmernené (jednosmerné) napätie na vstupe stabilizátora je $U'_{\max} = 10 \text{ V}$ a pri prúde $I_2 = 60 \text{ mA}$ má zvlnenie $\Delta U'_{\max} = 100 \text{ mV}$. Prúd cez Zenerovu diódu nech je $I_1 = 20 \text{ mA}$. Vypočítajte, aké je zvlnenie na zaťažovacom odpore R_z , a činiteľ stabilizácie K , ak odpor Zenerovej diódy $r_z = 15 \Omega$ a Zenerovo napätie $U_z = 8 \text{ V}$.

Riešenie: Zenerova dióda stabilizuje usmernené napätie U'_{\max} vtedy, ak bude splnená podmienka

$$U'_{\max} > U_z.$$

Pre náš obvod na obr. 11.1 vľavo podľa II. Kirchhoffovho zákona platí

$$U'_{\max} - U_z - U_{RD} = 0 \quad \Rightarrow \quad U_{RD} = U'_{\max} - U_z = 10 \text{ V} - 8 \text{ V} = 2 \text{ V}.$$

Celkový prúd určíme, ak spočítame prúd cez ZD (I_1) a prúd cez zaťažovací odpor R_z (I_2)

$$I = I_1 + I_2 = 20 \text{ mA} + 60 \text{ mA} = 80 \text{ mA} = 0,08 \text{ A}.$$

Veľkosť odporu R_D vypočítame z Ohmovho zákona

$$R_D = \frac{U_{RD}}{I} = \frac{2 \text{ V}}{0,08 \text{ A}} = 25 \Omega.$$

Pre úplnosť určíme výkon predradeného odporu R_D

$$P_{RD} = U_{RD} \cdot I = 2 \text{ V} \cdot 0,08 \text{ A} = 0,16 \text{ W}.$$

Zvolíme najbližší vyšší normalizovaný výkon, teda použijeme odpor 25Ω na výkon $0,25 \text{ W}$.

Zaťažovací odpor R_z pri prúde $I_2 = 60 \text{ mA}$ vypočítame z Ohmovho zákona

$$R_z = \frac{U_z}{I_2} = \frac{8 \text{ V}}{0,06 \text{ A}} = 133,3\overline{3} \text{ } \Omega.$$

Celkový odpor obvodu stabilizátora

$$R_c = R_D + \frac{R_z \cdot r_z}{R_z + r_z} = 25 \text{ } \Omega + \frac{133,3\overline{3} \text{ } \Omega \cdot 15 \text{ } \Omega}{133,3\overline{3} \text{ } \Omega + 15 \text{ } \Omega} = 25 \text{ } \Omega + \frac{1999,95 \text{ } \Omega^2}{148,3\overline{3} \text{ } \Omega} = 25 \text{ } \Omega + 13,48 \text{ } \Omega = 38,48 \text{ } \Omega.$$

Odpory R_D a R_p (t.j. $R_z \parallel r_z$) tvoria delič napätia.

Z pomeru odporov určíme zvlnenie napätia ΔU_z na zaťažovacom odpore R_z

$$\frac{\Delta U_z}{\Delta U'_{\max}} = \frac{R_z \cdot r_z}{R_z + r_z} \Rightarrow \Delta U_z = \frac{R_z \cdot r_z}{R_z + r_z} \cdot \Delta U'_{\max} = \frac{13,48 \text{ } \Omega}{38,48 \text{ } \Omega} \cdot 100 \text{ mV} = 35,03 \text{ mV} \doteq 35 \text{ mV}.$$

Zvlnenie usmerneného napätia, ak použijeme stabilizačnú diódu klesne z hodnoty 100 mV na vstupe stabilizátora na hodnotu 35 mV na výstupe stabilizátora (na záťaži R_z).

Činiteľ stabilizácie určíme zo vzťahu

$$K = \frac{\frac{\Delta U_1}{U_1}}{\frac{\Delta U_2}{U_2}} = \frac{\frac{\Delta U'_{\max}}{U'_{\max}}}{\frac{\Delta U_z}{U_z}} = \frac{\frac{0,1 \text{ V}}{10 \text{ V}}}{\frac{0,035 \text{ V}}{8 \text{ V}}} = \frac{0,01}{4,375 \cdot 10^{-3}} \doteq 2,3.$$

kde U_1 , resp. U'_{\max} je vstupné napätie stabilizátora,

U_2 , resp. U_z je výstupné napätie stabilizátora,

ΔU_1 , resp. $\Delta U'_{\max}$ sú zmeny napätia (zvlnenie) na vstupe stabilizátora,

ΔU_2 , resp. ΔU_z sú zmeny napätia (zvlnenie) na výstupe stabilizátora.

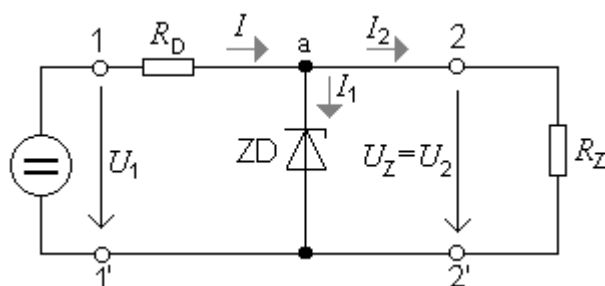
Činiteľ stabilizácie sa dá určiť tiež podľa vzťahu (11.5)

$$K = \left(\frac{R_D}{r_z} + 1 \right) \cdot \frac{U_z}{U'_{\max}} = \left(\frac{25 \text{ } \Omega}{15 \text{ } \Omega} + 1 \right) \cdot \frac{8 \text{ V}}{10 \text{ V}} = 2,6 \cdot 0,8 \doteq 2,2.$$

Príklad 11.2.3. Na obr. 11.2 máme jednoduchý stabilizátor so stabilizačnou (Zenerovou) diódou. Charakteristické hodnoty prúdu diódy sú $I_{1 \min} = 50 \text{ mA}$, $I_{1 \max} = 300 \text{ mA}$. Z VA-ch. diódy ZD odčítame toto zodpovedajúce napätie: $U_{z \min} = 10,2 \text{ V}$, $U_{z \max} = 11,1 \text{ V}$. Obvod je napájaný zdrojom napätia $U_1 = 30 \text{ V}$ a zaťažený prúdom I_2 , ktorého veľkosť sa mení v rozsahu $I_{2 \min} = 0 \text{ mA}$, $I_{2 \max} = 200 \text{ mA}$. Vypočítajte veľkosť predradeného odporu R_D .

Riešenie: Aby obvod stabilizoval, musí sa prúd diódy nachádzať v medziach $I_{1 \min} \leq I_1 \leq I_{1 \max}$ v lineárnej časti VA-charakteristiky. Stabilizačnú vlastnosť diódy zabezpečuje predradný odpor R_D , ktorého veľkosť nesmie presiahnuť veľkosť $R_{D \min} \leq R_D \leq R_{D \max}$.

Najmenší prúd prechádza diódou pri najväčšom prúdovom zaťažení



Obr. 11.2

$$R_{D \max} = \frac{U_1 - U_{z \min}}{I_{1 \min} + I_{2 \max}} = \frac{30 \text{ V} - 10,2 \text{ V}}{50 \text{ mA} + 200 \text{ mA}} = \frac{19,8 \text{ V}}{0,25 \text{ A}} = 79,2 \Omega \doteq 80 \Omega.$$

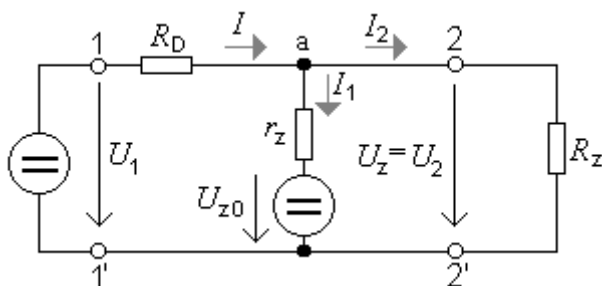
Najväčší prúd prechádza diódou v stave naprázdno, t. j. $I_2 = 0$

$$R_{D \min} = \frac{U_1 - U_{z \max}}{I_{1 \max} + I_{2 \min}} = \frac{30 \text{ V} - 11,1 \text{ V}}{300 \text{ mA} + 0 \text{ mA}} = \frac{18,9 \text{ V}}{0,3 \text{ A}} = 63 \Omega.$$

Na základe vypočítaných hodnôt volíme $R_D = 70 \Omega$.

Príklad 11.2.4. Stabilizačná dióda KZ 260/10 je podľa obr. 11.3 pripojená cez predradený odpor $R_D = 200 \Omega$ na zdroj napätia $U_1 = 28 \text{ V}$. Charakteristické hodnoty diódy $r_z = 3 \Omega$, $U_{z0} = 9,2 \text{ V}$, $R_g = 95 \text{ K/W}$, $P_{\text{tot}} = 1,4 \text{ W}$, $\vartheta_j = 175 \text{ }^\circ\text{C}$. Vypočítajte teplotu priechodu a zistite, či dióda nie je pri stave naprázdno výkonovo preťažená pri teplote okolia $\vartheta_a = 25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Riešenie: Stratový výkon stabilizačnej diódy je najväčší v stave naprázdno ($I_2 = 0$).



Obr. 11.3

Ak $I_2 = 0$, potom z rovnice $I = I_1 + I_2$ vyplýva, že $I = I_1$ a prúd diódy je

$$I = \frac{U_1 - U_{z0}}{R_D + r_z} = \frac{28 \text{ V} - 9,2 \text{ V}}{200 \Omega + 3 \Omega} = \frac{18,8 \text{ V}}{203 \Omega} \doteq 0,093 \text{ A} = 93 \text{ mA}.$$

Napätie na dióde

$$U_z = I \cdot r_z + U_{z0} = 0,093 \text{ A} \cdot 3 \Omega + 9,2 \text{ V} = 0,279 \text{ V} + 9,2 \text{ V} = 9,479 \text{ V} \doteq 9,48 \text{ V}.$$

Stabilizačná dióda nie je pri danom režime výkonovo preťažená.

Tepelný odpor R_g polovodičových súčiastok uvádza o akú teplotu sa zvýši teplota priechodu \mathcal{G}_i nad teplotu okolia \mathcal{G}_a a pri elektrickom výkone 1 W rozptylovanom do okolia

$$R_g = \frac{g_j - g_a}{p}.$$

$$\vartheta_i = R_{\vartheta} \cdot P_{z \max} + \vartheta_a = 95 \text{ K/W} \cdot 0,88 \text{ W} + 25 \text{ °C} = 108,6 \text{ °C}.$$

Riešenie: Rezistorom R_3 preteká prúd stabilizačnej diódy, odber vstupného obvodu zosilňovača možno zanedbať.

napätím U_R a pre R_3 platí

$$R_3 = \frac{U_s - U_R}{I_z} = \frac{12 \text{ V} - 6 \text{ V}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 1200 \, \Omega.$$

223

případe teda $U_{R1} = U_{R2} = 6 \text{ V}$. Prúd deličom volíme 2 mA. Proti nemu možno znovu zanedbať odber vstupného obvodu zosilňovača

$$R_1 = R_2 = \frac{U_{R1}}{I_D} = \frac{6 \text{ V}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 3000 \Omega = 3 \text{ k}\Omega$$

Použijeme najbližšiu normovanú hodnotu odporu 3,3 k Ω (3 k3).

Pri dosiahnutí maximálneho povoleného odberu prúdu zo stabilizátora, má byť na vstupe tranzistora T_2 napätie $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$, potrebné na činnosť prúdovej poistky. Toto napätie vzniká na odpore R_0 prechodom výstupného prúdu stabilizátora

$$R_0 = \frac{U_{BE}}{I_2} = \frac{0,6 \text{ V}}{1,2 \text{ A}} = 0,5 \Omega.$$

Tento rezistor je potrebné vyrobiť z odporového drôtu.

Príklad 11.2.6. Použitím pravidiel algebrickej minimalizácie a základov Boolovej algebry zjednodušte základný matematický zápis logickej funkcie $Y = \overline{A}BC + A\overline{B}C + AB\overline{C} + ABC$.

Riešenie: Funkciu môžeme napísať

$$Y = (\overline{A}BC + ABC) + (A\overline{B}C + ABC) + (AB\overline{C} + ABC).$$

V tomto zápise sme dvakrát pridali súčin ABC , čo však nemení hodnotu logickej funkcie, nakoľko platí idempotentnosť ($A + A = A$) a v našom prípade $ABC + ABC = ABC$

$$Y = BC \cdot (\overline{A} + A) + AC \cdot (\overline{B} + B) + AB \cdot (\overline{C} + C).$$

Podľa vzťahu založenom na logickom súčte $A + \overline{A} = 1$ môžeme ďalej napísať

$$Y = BC + AC + AB,$$

čo je zjednodušený tvar pôvodnej funkcie.

Príklad 11.2.7. Využitím algebrickej minimalizácie a základov Boolovej algebry upravte matematický zápis logickej funkcie $Y = \overline{A + BC}$.

Riešenie: Zo všeobecných zákonov sú najdôležitejšie De Morganove pravidlá

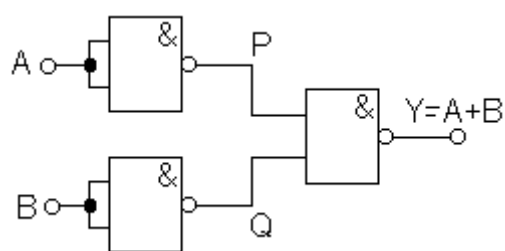
$$(\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}; \overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}).$$

V našom prípade ich použitím môžeme napísať

$$Y = \overline{A + BC} = \overline{A} \cdot \overline{BC} = \overline{A} \cdot (\overline{B} + \overline{C}).$$

Príklad 11.2.8. Použitím hradiel (členov) NAND navrhnete logický obvod, ktorý bude realizovať funkciu logického súčtu (OR). Vyplňte pravdivostnú tabuľku pre tento obvod.

Riešenie:



A	B	P	Q	Y
0	0	1	1	0
1	0	0	1	1
0	1	1	0	1
1	1	0	0	1

$$P = \bar{A}; \quad Q = \bar{B}; \quad Y = \overline{P \cdot Q} = \overline{\bar{A} \cdot \bar{B}} = \overline{\bar{A}} + \overline{\bar{B}} = A + B$$

Príklad 11.2.9. Je daný algebrický tvar kombinačnej logickej funkcie:

$Y = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}BC + ABC$. Využitím algebrickej minimalizácie zjednodušte matematický zápis zadanej logickej funkcie a syntézou navrhnete logický prepínač (použitím invertorov a hradiel NAND), ktorý bude realizovať konečný tvar funkcie.

Riešenie: Pôvodnú rovnicu najskôr upravíme na vhodný tvar. Z prvých dvoch členov vyjadríme súčin $\bar{A}\bar{C}$, z druhých dvoch členov súčin BC . Dostaneme

$$Y = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}BC + ABC,$$

$$Y = \bar{A}\bar{C} \cdot (\bar{B} + B) + BC \cdot (\bar{A} + A).$$

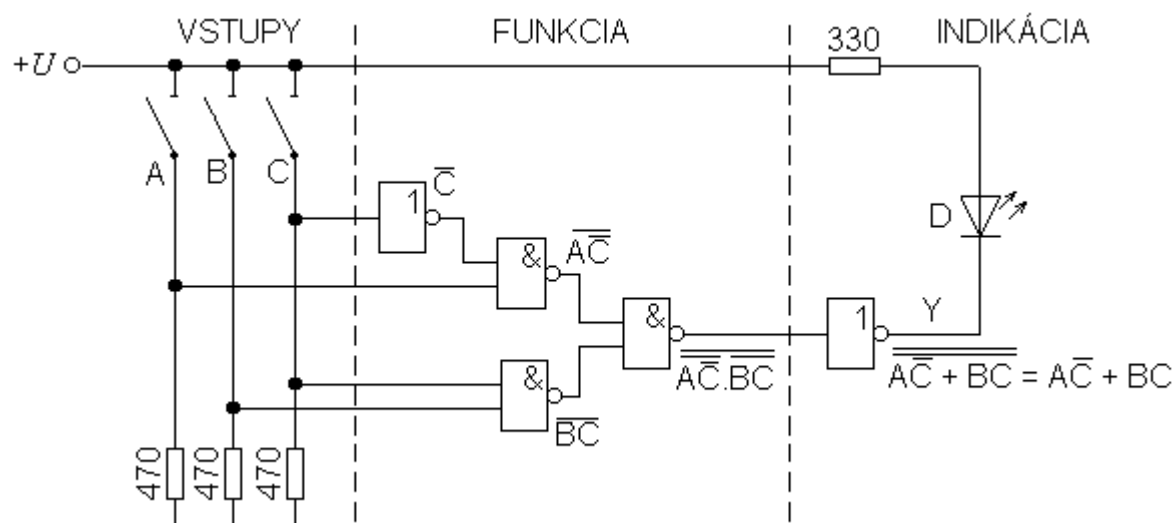
Pretože platí nasledujúci vzťah $A + \bar{A} = 1$, výsledný zjednodušený tvar je

$$Y = \bar{A}\bar{C} + BC.$$

Využitím De Morganových zákonov a princípu dvojitej negácie dostaneme konečný tvar vhodný na realizáciu logického prepínača integrovanými obvodmi (invertor a NAND).

$$P = \overline{\bar{A}\bar{C}}, \quad Q = \overline{BC}, \quad Y = \overline{P \cdot Q}, \quad Y = \bar{A}\bar{C} + BC = \overline{\overline{\bar{A}\bar{C}} + \overline{BC}} = \overline{\overline{\bar{A}\bar{C}} \cdot \overline{BC}}.$$

Realizácia tohto obvodu, vrátane indikácie je znázornená na obr. 11.5.



Obr. 11.5

11.3 ÚLOHY NA SAMOSTATNÉ RIEŠENIE

Úloha 11.3.1. Majme stabilizátor napätia so Zenerovou (stabilizačnou) diódou podľa obr. 11.1 vľavo. Nech je usmernené napätie na vstupe stabilizátora $U'_{\max} = 12 \text{ V}$, prúd pretekajúci Zenerovou diódou $I_1 = 25 \text{ mA}$, prúd do záťaže $I_2 = 50 \text{ mA}$, odpor Zenerovej diódy $r_z = 4 \Omega$ a Zenerovo napätie $U_z = 5 \text{ V}$.

a) Určte hodnotu predradeného odporu R_D .

$$(R_D = 93,3 \Omega)$$

b) Zistite, aké je zvlnenie ΔU_z na zaťažovacom odpore, ak usmernené napätie na vstupe stabilizátora má zvlnenie $\Delta U'_{\max} = 70 \text{ mV}$.

$$(\Delta U_z = 2,77 \text{ mV} \approx 3 \text{ mV})$$

c) Vypočítajte činiteľ stabilizácie K dvoma skôr uvedenými spôsobmi.

$$(K \doteq 10,2 \text{ a } 10,5)$$

Úloha 11.3.2. Stabilizátor so stabilizačnou diódou na obr. 11.2 má pri vstupnom napätí $U_1 = 12 \text{ V}$ výstupné napätie $U_2 = 4 \text{ V}$. Zmene vstupného napätia $\Delta U_1 = 1,2 \text{ V}$ zodpovedá zmena výstupného napätia $\Delta U_2 = 0,05 \text{ V}$. Vypočítajte činiteľ stabilizácie K stabilizačného obvodu.

$$(K = 8)$$

Úloha 11.3.3. Stabilizátor napätia so stabilizačnou diódou (obr. 11.1) má dodávať stabilizované napätie $U_z = 6 \text{ V}$, pri odbere $I_2 = 20$ až 100 mA . Vstupné napätie stabilizátora vzniklo usmernením napätia sieťového, ktoré sa podľa normy môže meniť o $\pm 10 \%$ nominálnej hodnoty. Určte veľkosť potrebného vstupného napätia U'_{\max} a predradného odporu R_D .

($U'_{\max} \geq 8,55 \text{ V}$, teda zvolíme hodnotu 10 V ; $20 \leq R_D \leq 24,2$, tzn., že volíme hodnotu podľa normalizovaného radu $R_D = 22 \Omega$)

Úloha 11.3.4. Stabilizačná dióda KZ 722 (jej náhradná schéma je na obr. 11.3, $r_z = 10 \Omega$, $U_{z0} = 9,8 \text{ V}$) je pripojená na zdroj napätia $U_1 = 30 \text{ V}$, ktorý kolíše v rozmedzí $\pm 3 \text{ V}$. Pri zaťažení obvodu prúdom $I_2 = 200 \text{ mA}$ vypočítajte činiteľ stabilizácie K , ak $R_D = 80 \Omega$. Určte hraničnú veľkosť výstupného napätia $U_{2 \min}$ a $U_{2 \max}$, stratový výkon $P_{z \max}$, ktorým je zaťažená dióda.

$$(K \doteq 3; U_{2 \min} = 9,98 \text{ V}; U_{2 \max} = 10,55 \text{ V}; P_{z \max} = 0,8 \text{ W})$$

Úloha 11.3.5. Určte činiteľ stabilizácie K a vnútorný odpor stabilizátora podľa príkladu 11.3.3., ak vnútorný odpor stabilizačnej diódy $r_z = 1 \Omega$.

$$(K = 13,8; R_{i \text{ stab}} = r_z = 1 \Omega)$$

Úloha 11.3.6. Použitím pravidiel algebrickej minimalizácie a základov Boolovej algebry zjednodušte základný matematický zápis logickej funkcie:

a) $Y = A + A \cdot B$

b) $Y = A \cdot (A + B)$

c) $Y = A \cdot (\bar{A} + B)$

d) $Y = A + \bar{A} \cdot B$

(a) $Y = A$; b) $Y = A$; c) $Y = A \cdot B$; d) $Y = A + B$)

Úloha 11.3.7. Použitím pravidiel algebrickej minimalizácie a základov Boolovej algebry zjednodušte základný matematický zápis logickej funkcie:

a) $Y = \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + A\bar{B}\bar{C}D$

b) $Y = A\bar{B}\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}\bar{C}D + A\bar{B}C\bar{D} + A\bar{B}CD$

c) $Y = \bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D} + \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + A\bar{B}\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}C\bar{D}$

(a) $Y = \bar{B}\bar{C}D$; b) $Y = A\bar{B}$; c) $Y = \bar{B}\bar{D}$)

Úloha 11.3.8. Dané sú dve úplné normálne formy logickej funkcie:

a) Súčtová forma: $Y = \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C} + ABC\bar{C} + ABC + A\bar{B}C$

b) Súčinová forma: $Y = (A + B + C) \cdot (A + B + \bar{C}) \cdot (A + \bar{B} + C)$

Minimalizujte obidve formy logickej funkcie a napíšte minimálnu súčtovú a súčinovú formu.

$$(Y = A + BC)$$

Úloha 11.3.9. Syntézou navrhnete logickú sieť (obvod) pre členy NAND a vyplňte pravdivostnú tabuľku, ktorá realizuje

a) funkciu logického súčinu (AND)

(sú potrebné dva členy NAND, z toho jeden vo funkcii invertora),

b) funkciu negácie logického súčtu (NOR)

(sú potrebné štyri členy NAND, z toho tri vo funkcii invertora),

c) funkciu výhradného logického súčtu (EX-OR)

(sú potrebné štyri členy NAND, z toho jeden vo funkcii invertora).

Úloha 11.3.10. Syntetizujte logickú sieť (navrhните logický obvod pre členy NAND), ktorá realizuje túto minimálnu súčtovú formu: $Y = \overline{A}BC + E\overline{F} + D$.

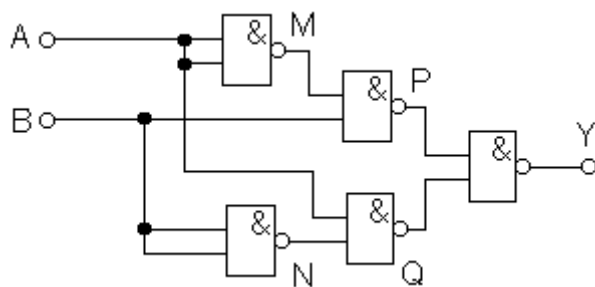
(Minimálnu formu treba upraviť uplatnením zákona dvojitej negácie a De Morganovho zákona na tvar, ktorý zodpovedá Schefferovej forme $Y = \overline{\overline{\overline{A}BC} \cdot \overline{\overline{E\overline{F}}} \cdot \overline{\overline{D}}}$)

Úloha 11.3.11. Syntetizujte logickú sieť (navrhните logický obvod s členmi NOR), realizujúcu túto minimálnu súčinovú formu: $Y = (\overline{A} + B + C) \cdot (\overline{D} + E) \cdot (\overline{F} + G + \overline{H})$.

(Minimálnu formu treba upraviť uplatnením zákona dvojitej negácie a De Morganovho zákona na tvar, ktorý zodpovedá Piercehovej forme $Y = \overline{(\overline{\overline{A} + B + C}) + (\overline{\overline{D} + E}) + (\overline{\overline{F} + G + \overline{H}})}$)

Úloha 11.3.12. Analýzou určte logickú funkciu (výraz) a vyplňte pravdivostnú tabuľku, ktorú realizuje logická sieť (obvod) na obr. 11.6.

($M = \overline{A}$; $N = \overline{B}$; $P = \overline{\overline{A}B}$; $Q = \overline{\overline{A}\overline{B}}$; $Y = \overline{P \cdot Q} = \overline{\overline{\overline{A}B} \cdot \overline{\overline{A}\overline{B}}} = \overline{\overline{A}B} + \overline{\overline{A}\overline{B}} = \overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B}$)

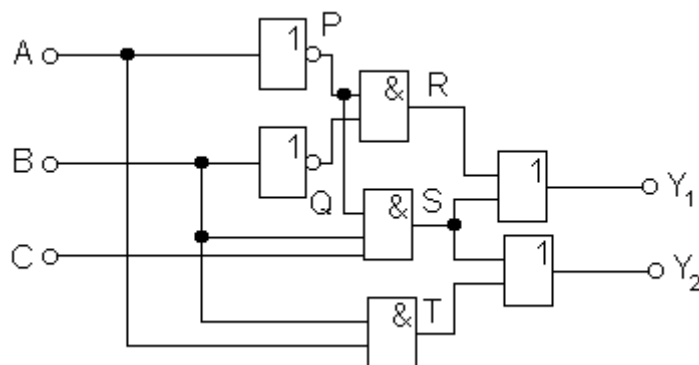


Obr. 11.6

Úloha 11.3.13. Analyzujte logickú sieť na obr. 11.7, určte logickú funkciu (výraz) a vyplňte pravdivostnú tabuľku pre túto sieť.

($P = \overline{A}$; $Q = \overline{B}$; $R = P \cdot Q = \overline{A} \overline{B}$; $S = \overline{A}BC$; $T = AB$; $Y_1 = R + S = \overline{A} \overline{B} + \overline{A}BC$;

$Y_2 = S + T = \overline{A}BC + AB$)



Obr. 11.7