

Ladislav Tóth – Vladimír Cviklovič – Stanislav Paulovič

Elektronika

Nitra 2025

Názov: **Elektronika**

Autori: **Ing. Ladislav Tóth, PhD. (AH 8,13)**
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Technická fakulta
Ústav elektrotechniky, automatizácie, informatiky a fyziky

doc. Ing. Vladimír Cviklovič, PhD. (AH 1,81)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Technická fakulta
Ústav elektrotechniky, automatizácie, informatiky a fyziky

Ing. Stanislav Paulovič, PhD. (AH 1,53)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Technická fakulta
Ústav elektrotechniky, automatizácie, informatiky a fyziky

Recenzenti: Ing. Marián Kišev, PhD.
Cryoniq s.r.o.

Ing. Dušan Marko, PhD.
HIMA Slovakia s.r.o.

Vysokoškolská učebnica bola vydaná s finančnou podporou projektu KEGA č. 006SPU-4/2021 Implementácia technológií priemyslu 4.0 do výučby inžinierskeho študijného programu riadiace systémy vo výrobnjej technike.

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 6. 12. 2023 ako vysokoškolskú učebnicu pre študentov SPU v Nitre.

ISBN 978-80-552-2687-3

OBSAH

POJMY, SKRATKY, OZNAČENIA	5
ÚVOD	7
1 ZÁKLADNÉ STAVEBNÉ PRVKY ELEKTRONIKY	8
1.1 ELEKTRONICKÉ PRVKY A OBVODY	8
1.2 REZISTOR	9
1.2.1 Definícia	9
1.2.2 Rozdelenie rezistorov	11
1.2.3 Značenie rezistorov	13
1.2.4 Základné rady rezistorov	16
1.2.5 Varistory	17
1.2.6 Termistory	19
1.2.7 Fotorezistory	23
1.2.8 Magnetorezistory	25
1.2.9 Hallove generátory – Hallova sonda	27
1.3 KONDENZÁTORY	30
1.3.1 Definícia	30
1.3.2 Rozdelenie kondenzátorov	33
1.3.3 Značenie kondenzátorov	35
1.4 CIEVKY	36
1.4.1 Definícia	36
1.4.2 Rozdelenie cievok	38
1.4.3 Značenie cievok	39
1.5 TRANSFORMÁTORY	41
2 POLOVODIČOVÉ PRVKY	43
2.1 POLOVODIČOVÉ MATERIÁLY	43
2.1.1 Vlastná a nevlastná vodivosť	44
2.1.2 Polovodič typu N	45
2.1.3 Polovodič typu P	46
2.1.4 Driftová rýchlosť a teplotná závislosť	46
2.1.5 PN priechod	47
3 DISKRÉTNÉ POLOVODIČOVÉ SÚČIASTKY	49
3.1 DIÓDY	49
3.1.1 Usmerňovacie a rýchle spínacie diódy	49
3.1.2 Zenerova dióda	53
3.1.3 Schottkyho dióda	55
3.1.4 Kapacitná dióda, varikap a varaktor	56
3.1.5 Tunelová dióda (Esakiho dióda)	57
3.1.6 Gunnova dióda	58
3.1.7 Transil a trisil (supresorová dióda)	59
3.1.8 Fotodióda PN, PIN	60
3.1.9 Luminiscenčná dióda (LED)	62
3.2 TRANZISTORY	64
3.2.1 Všeobecná charakteristika	64
3.2.2 Bipolárne tranzistory	67
3.2.3 Unipolárne tranzistory	81
3.2.4 Bipolárny tranzistor s izolovaným hradlom (IGBT)	94
4 VIACVRSTVOVÉ POLOVODIČOVÉ SÚČIASTKY	95
4.1 DIAK	95
4.2 TYRISTOR	96
4.3 VYPÍNACÍ TYRISTOR (GTO)	98
4.4 INTEGROVANÝ HRADLOM KOMUTOVANÝ TYRISTOR (IGCT)	99

4.5 TRIAK	99
5 NAPÁJACIE ZDROJE	101
5.1 VŠEOBECNÉ, ROZDELENIE - SPOJITÉ, NESPOJITÉ	101
5.2 LINEÁRNE ZDROJE A LINEÁRNE MENIČE NAPÁTIA	102
5.3 SPÍNANÉ ZDROJE – SPÍNANÉ MENIČE NAPÁTIA	102
5.3.1 <i>Menič napätia typu AC/AC</i>	103
5.3.2 <i>Menič napätia typu AC/DC</i>	104
5.3.3 <i>Menič napätia typu DC/AC</i>	104
5.3.4 <i>Menič napätia typu DC/DC</i>	105
6 FREKVENČNÉ SELEKTORY – FILTRE	111
6.1 AMPLITÚDOVÁ FREKVENČNÁ CHARAKTERISTIKA	111
6.2 FÁZOVÁ FREKVENČNÁ CHARAKTERISTIKA	111
6.3 ZISK, ÚTLM A STRMOSTĚ FREKVENČNÝCH SELEKTOROV	112
6.3.1 <i>Zisk</i>	112
6.3.2 <i>Útľm</i>	112
6.3.3 <i>Strmost'</i>	112
6.4 IDEÁLNY A REÁLNY FREKVENČNÝ SELEKTOR	113
6.5 ZÁKLADNÉ TYPY FREKVENČNÝ SELEKTOROV	114
6.5.1 <i>Dolný priepust – integračný článok</i>	114
6.5.2 <i>Horný priepust – derivačný článok</i>	115
6.5.3 <i>Pásmový priepust – Wienov článok</i>	117
6.5.4 <i>Pásmová zádrž – premostený T článok</i>	117
7 OPERAČNÉ ZOSILŇOVAČE	118
7.1 PARAMETRE A ARCHITEKTÚRA OPERAČNÉHO ZOSILŇOVAČA	118
7.2 ZAPOJENIA S OPERAČNÝMI ZOSILŇOVAČMI	122
7.3 PRAKTICKÉ PŘÍKLADY PRE ZAPOJENIA S OPERAČNÝMI ZOSILŇOVAČMI	128
8 ANALÓGOVO-ČÍSLICOVÉ A ČÍSLICOVO-ANALÓGOVÉ PREVODNÍKY	131
8.1 AD PREVODNÍKY	131
8.1.1 <i>Parametre prevodníkov</i>	132
8.1.2 <i>Architektúry AD prevodníkov</i>	134
8.2 DA PREVODNÍKY	139
9 POUŽITÁ LITERATÚRA	142

POJMY, SKRATKY, OZNAČENIA

AC	Striedavý prúd	(Alternative Current)
AD	Analógovo-digitálny	(Analog to Digital)
ADC	Analógovo-digitálny prevodník	(Analog to Digital Converter)
BJT	Bipolárny tranzistor	(Bipolar Junction Transistor)
BLDC	Bezuhlíkový jednosmerný motor	(BrushLess Direct Current)
CCC	Farebný kód kondenzátora	(Capacitor Color Code)
COB	Čip na doske	(Chip On Board)
COG	Čip na skle	(Chip On Glass)
DA	Digitálno-analógový	(Digital to Analog)
DAC	Digitálno-analógový prevodník	(Analog to Digital Converter)
DC	Jednosmerný prúd	(Direct Current)
DFET	Unipolárny tranzistor s dvoma bránami	(Dual-Gate Field Effect Transistor)
DIP	Typ prevedenia puzdra súčiastky s dvoma vývodmi v rade	(Dual In-line Package)
DMOS	Dvojmo difundovaný polovodič s prímiesami oxidov kovov	(Double-diffused Metal Oxid Semiconductor)
DNL	Diferenciálna nelinearita	(Differential NonLinearity)
DSP	Digitálny signálny procesor	(Digial Signal Processor)
ESD	Elektrostatický výboj	(ElectroStatic Discharge)
ESL	Ekvivalentná sériová indukčnosť	(Equivalent Series inductance)
ESR	Ekvivalentný sériový odpor	(Equivalent Series Resistance)
FCOG	Čip na sklenenom vlákne	(Filament Chip On Glass)
FET	Pol'om riadený tranzistor	(Field Effect Transistor)
FFT	Rýchla Fourierova transformácia	(Fast Fourier Transformation)
FRD	Rýchla spínacia dióda	(Fast Recovery Diode)
GND	Zemný potenciál, nulový potenciál	(GrouND)
HEMT	Tranzistor s vysokou pohyblivosťou elektrónov	(High Electron Mobility Transistor)
IGBT	Bipolárny tranzistor s izolovaným hradlom	(Insulated Gate Bipolar Transistor)
IG-FET	Pol'om riadený tranzistor s izolovaným hradlom	(Insulated Gate Field Effect Transistor)
INL	Integrálna nelinearita	(Integral NonLinearity)
IO, IC	Integrovaný Obvod	(Integrated Circuit)
LDR	Rezistor závislý od svetla (fotorezistor)	(Light dependent resistor)
LED	Elektroluminiscenčná dióda	(Light-Emitting Diode)
LSB	Najmenej významný bit	(Least Significant Bit)
MCOB	Viac čipov na doske	(Multi Chip On Board)
MOS	Polovodič s prímiesami oxidov kovov	(Metal Oxid Semiconductor)
MOV	Varistor vyhotovený z oxidov kovov	(Metal Oxid Varistor)
MPPT	Sledovanie bodu maximálneho výkonu	(Maximum Power Point Tracking)
MSB	Najvýznamnejší bit	(Most Significant Bit)
N	Polovodič s väčším počtom elektrónov	(N-type semiconductor)
NF	Nízko frekvenčný	(Low Frequency)
NTC	Záporný teplotný koeficient	(Negative Temperature Coefficient)
OSC	Oscilátor	(Oscillator)
OZ	Operačný zosilňovač	(Operational Amplifier)
P	Polovodič s väčším počtom dier	(P-type semiconductor)
PN	Polovodič typu P difundovaný do polovodiča typu N – priedchod	(PN junction)
PIN	Obohatená štruktúra PN s čistým polovodičom	(P-type Intrinsic N-type)
PFC	Účinník jalovej zložky	(Power Factor Correction)

PN-FET	Poľom riadený tranzistor so záverne polarizovaným hradlom	
PTC	Kladný teplotný koeficient	(Positive Temperature Coefficient)
PWM	Pulzná šírková modulácia	(Pulse Width Modulation)
Q	Selektivita filtra	(Filter Quality)
SAR	Register s postupnou aproximáciou	(Successive Approximation Register)
SB	Zapojenie so spoločnou bázou	(Common Base)
SC	Zapojenie so spoločným kolektorom	(Common Collector)
SE	Zapojenie so spoločným emitorom	(Common Emitter)
SEPIC	Jednocestný menič s primárnou indukčnosťou	(Single-Ended Primary-Inductor Converter)
SMD	Povrchovo montované súčiastky	(Surface Mounted Devices)
SMT	Technológia povrchovej montáže	(Surface Mount Technology)
SNR	Odstup signál / šum	(Signal to Noise Ratio)
SSR	Elektronické relé založené na báze polovodičov	(Solid State Relays)
Sps	Počet vzoriek za sekundu	(Sample Per Second)
TED	Zariadenie s preneseným elektrónom	(Transferred Electron Device)
THT	Technológia montáže cez otvor	(Through Hole Technology)
TVS	Supressorova dióda na potlačenie prechodných napätí	(Transient Voltage Suppression diode)
UHF	Ultra vysoká frekvencia	(Ultra High Frequency)
UPS	Záložný zdroj energie	(Uninterrupted Power Supply)
VDR	Rezistor závislý od napätia – varistor	(Voltage Dependent Resistor)
VF	Vysoko frekvenčný	(High Frequency)
VHF	Veľmi vysoká frekvencia	(Very High Frequency)
A_u	Napät'ové zosilnenie	(Voltage Gain)
A_i	Prúdové zosilnenie	(Current Gain)
A_p	Výkonové zosilnenie	(Power Gain)
f_{md}, f_L	Dolná medzná frekvencia	(Low Frequency Limit)
f_{mh}, f_H	Horná medzná frekvencia	(High Frequency Limit)
r_{vst}	Vstupný odpor / impedancia	(Input Resistance / Impedance)
$r_{výst}$	Výstupný odpor / impedancia	(Output Resistance / Impedance)
φ	Fázový posun medzi vstupným a výstupným signálom	(Phase Shift)
Wb	Jednotka magnetického toku	(Weber)
J	Prúdová hustota	(Current density)
U_o	Napätie naprázdno	(Open circuit voltage)

ÚVOD

Elektronika je jedným z vedných odborov elektrotechniky, ktorý sa zaoberá štúdiom fyzikálnej podstaty javov v súvislosti s elektrickou vodivosťou v tuhej fáze (vodiče a polovodičové prvky), v plynach (výbojky) a vo vákuu (elektrónky). Elektronika je tiež technickým odborom, ktorý využíva poznatky vedného odboru na navrhovanie, výrobu a využitie elektronických zariadení. Termín elektronika súvisí aj so súhrnným označením elektronických zariadení a prístrojov, ktoré pozostávajú z elementárnych aktívnych a pasívnych elektronických prvkov.

Vysokoškolská učebnica oboznamuje študentov so základnými stavebnými prvkami elektronických obvodov, všeobecnými parametrami, funkciami a činnosťou súčiastok v elektrickom obvode. Učebnica je taktiež zameraná na implementáciu elektronických obvodov vo forme riešených príkladov najčastejšie používaných diskretných elektronických súčiastok v praxi.

Rôzne elektronické súčiastky majú rôzne vlastnosti a parametre. Jednotlivé súčiastky sa neustále vylepšujú, prípadne vedeckým bádáním sú spozorované nové doteraz nevídané vlastnosti. V rámci tejto publikácie sa snažíme priblížiť vybrané vlastnosti základných súčiastok používaných pri návrhu elektronických obvodov, ich parametre v dostatočnej miere tak, aby študent porozumel princípom činnosti súčiastok a obvodom, ktoré v praxi bude môcť aplikovať. V učebnici sú uvedené kľúčové parametre súčiastok, ktoré treba rešpektovať najmä pri návrhu elektronických obvodov. Uvedené parametre nie sú pre všetky typy jednej kategórie súčiastok rovnaké, ale vytvárajú smerodajnú predstavu o limitných hodnotách parametrov pri návrhu.

Pri návrhu elektronických obvodov platí jedna zásada, vždy je potrebné sa riadiť odporúčaniami a parametrami výrobcu a odbornou literatúrou. Pri návrhu je potrebné predovšetkým vedieť charakteristické vlastnosti a limity elektrických veličín jednotlivých navrhovaných súčiastok, aby navrhované elektronické obvody pracovali spoľahlivo s plánovanou najdlhšou životnosťou.

autori

Ladislav Tóth – Vladimír Cviklovič – Stanislav Paulovič

Elektronika

Vydavateľ: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vydanie: prvé

Náklad: 120 ks

Rok vydania: 2025

Jazyková úprava: Katarína Drábiková

Návrh obálky: autori

Tlač: Vydavateľstvo SPU v Nitre

AH-VH: 11,47-11,72

Neprešlo grafickou úpravou vo Vydavateľstve SPU v Nitre.

ISBN 978-80-552-2687-3