

Jaroslav Doleček

MODERNÍ UČEBNICE ELEKTRONIKY

3. díl

Optoelektronika

optoelektronické prvky a optická vlákna



www.lica.cz



www.belden.com

Praha 2005



***Firma LICA** je přední český dodavatel technologií pro provozovatele telekomunikačních sítí se specializací na kabelovou televizi a Internet.*

*V nabídce **firmy LICA** najdete především optické a metalické kabely **BELDEN CDT** a související příslušenství.*



Jaroslav Doleček

Moderní učebnice elektroniky 3. díl

Lektoři:

Ing. Jiří Hozman

Ing. Martin Hájek (kap. 8 – Optická vlákna)

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoli část kopírována nebo rozmnožována jakoukoli formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky.

Autor a nakladatelství nepřijímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládaná zapojení a informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Veškerá práva vyhrazena.

© Ing. Jaroslav Doleček, 2005

© Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

Jaroslav Doleček, MODERNÍ UČEBNICE ELEKTRONIKY

BEN – technická literatura, Praha 2005

ISBN 80-7300-184-5

STRUČNÝ OBSAH

obsah 1. dílu – Základní pojmy, R, L, C

- 1 ZÁKLADNÍ ELEKTRICKÉ VELIČINY A POJMY**
- 2 IDEÁLNÍ ELEMENTÁRNÍ AKTIVNÍ A PASIVNÍ LINEÁRNÍ PRVKY**
- 3 ODPOROVÉ OBVODY A VÝKONOVÉ PŘIZPŮSOBENÍ**
- 4 EKVIVALENCE PASIVNÍCH JEDNOBRANŮ**
- 5 ANALÝZA LINEÁRNÍCH ELEKTRONICKÝCH OBVODŮ**
- 6 SLOŽENÉ JEDNOBRANY OBSAHUJÍCÍ IDEÁLNÍ OBVODOVÉ PRVKY**
- 7 PŘENOSOVÉ VLASTNOSTI DVOJBRANŮ**
- 8 REÁLNÉ LINEÁRNÍ SOUČÁSTKY ELEKTRONICKÝCH OBVODŮ**
- 9 PŘÍLOHA MATICE A DETERMINANT**

obsah 2. dílu – Polovodiče a elektronky

- 1 POLOVODIČOVÉ SOUČÁSTKY S JEDNÍM PŘECHODEM PN**
- 2 TRANZISTORY A POLOVODIČOVÉ VÝKONOVÉ A SPÍNACÍ PRVKY**
- 3 ELEKTRONKY**
- 4 POLOVODIČOVÉ SOUČÁSTKY BEZ PŘECHODU PN**

obsah 3. dílu – Optoelektronika

- 1 O SVĚTLE**
- 2 DIODY LED**
- 3 LASEROVÉ DIODY**
- 4 DETEKTORY SVĚTELNÉHO ZÁŘENÍ**
- 5 OPTOELEKTRONICKÉ VAZEBNÍ ČLENY – OPTRONY**
- 6 ZOBRAZOVACÍ JEDNOTKY – DISPLEJE**
- 7 OBRAZOVÉ SENZORY**
- 8 OPTICKÁ VLÁKNA**

PODROBNÝ OBSAH

O KNIZE	8
1 O SVĚTLE	11
1.1 Dvojí povaha optického záření	12
1.1.1 Elektromagnetická podstata optického záření	12
1.1.2 Kvantová teorie optického záření	12
1.1.3 Princip generování optického záření	13
1.1.4 Energetické hladiny vodíku	14
1.1.5 Přímý a nepřímý přechod elektronu	14
1.1.6 Luminiscence	15
2 DIODY LED	17
2.1 Princip diody led	18
2.1.1 Dva typy PN přechodů	18
2.1.2 Barva vyzařovaného světelného paprsku	19
2.1.3 RGB a bílé LED diody	20
2.1.4 Svítivost LED	21
2.1.5 Konstrukční uspořádání LED	22
2.2 Důležité parametry LED	24
2.2.1 Vyzářovací charakteristika	25
2.2.2 Volba a nastavení pracovního bodu	25
2.2.3 LED se zabudovaným rezistorem	26
2.2.4 LED v impulzním režimu	26
2.3 Příklady použití LED pro osvětlování	27
3 LASEROVÉ DIODY	29
3.1 Princip laserové diody (LD)	30
3.1.1 L-I charakteristika, prahový proud (I_{th})	31
3.2 Laserové diody VCSEL (Vertically Cavity Surface Emitting Laser)	32
3.3 Napájení laserových diod	33
3.3.1 Režimy činnosti LD	33
3.4 Pouzdření laserových diod	34
3.5 Praktické použití laserových diod	35

4	DETEKTORY SVĚTELNÉHO ZÁŘENÍ	37
4.1	Fotodiody	38
4.1.1	Princip fotodiody	38
4.1.2	Optické charakteristiky fotodiody	39
4.1.3	Principiální zapojení s fotodiodou	41
4.1.4	Fotodiody PIN	42
4.1.5	Schottkyho fotodiody	43
4.1.6	Lavinová fotodiody (avalanche photodiode – APD)	43
4.2	Fototranzistor	44
4.2.1	Fototranzistor v Darlingtonově zapojení	46
4.2.2	Unipolární fototranzistor	47
4.3	Fototyristor a fototriak	47
4.4	Fotorezistory	48
4.4.1	Hlavní vlastnosti fotorezistorů	49
4.4.2	Důležité parametry fotorezistorů	50
4.4.5	Provedení fotorezistorů	51
4.4.6	Výhody a nevýhody použití fotorezistorů	52
4.4.7	Příklady použití fotorezistorů	52
5	OPTOELEKTRONICKÉ VAZEBNÍ ČLENY – OPTRONY, OPTOČLENY	55
5.1	Charakteristika optronu	56
5.2	Analogové optrony	57
5.3	Optrony pro aplikace v logických obvodech	58
5.3.1	Různé výstupy optronů	58
5.4	Optrony s fotorezistorem	61
5.5	Důležité parametry optronů	63
5.6	Příklady použití optoelektrických prvků v senzorech	64
5.7	Optrony v prostředí střídavého signálu	67
6	ZOBRAZOVACÍ JEDNOTKY – DISPLEJE	69
6.1	Úvod a rozdělení	70
6.1.1	Požadované vlastnosti zobrazovacích jednotek	70
6.1.2	Volba velikosti znaků	70
6.2	Zobrazovací jednotky s malou hustotou zobrazované informace – zobrazování znaků	71
6.2.1	Vakuová luminiscenční zobrazovací jednotka [Vacuum Fluorescent display (VFD)], (katodoluminiscenční zobrazovací jednotka)	72
6.2.2	Zobrazovací jednotky s LED diodami	74

6.2.3	Zobrazovací jednotky s malou hustotou informace s kapalnými krystaly – LCD (Liquid Crystal Display)	75
6.2.4	Elektroluminiscenční jednotky (ELD)	82
6.2.5	Způsoby buzení zobrazovacích jednotek	82
6.3	Displeje s velkou hustotou zobrazované informace	84
6.3.1	LCD displeje s aktivními maticemi (AM LCD)	85
6.3.2	Plazmové displeje – PDP (Plasma Display Panel)	88
6.3.3	Displeje OLED (Organic Light Emitting Diodes)	90
6.3.4	Varianty OLED a LCD displejů	93
6.3.5	Displeje typu FED (Field Emission Display – displeje s plošnou emisí)	95

7 OBRAZOVÉ SENZORY 97

7.1	Nábojově vázané obrazové senzory – CCD	98
7.1.1	Princip CCD senzoru	98
7.1.4	Super CCD	102
7.2	Obrazové senzory CMOS	102
7.2.1	Porovnání technologie CCD s technologií CMOS	104
7.2.2	Snímání barevného obrazu	105
7.2.3	Zvýšení účinnosti senzoru	107

8 OPTICKÁ VLÁKNA 109

8.1	Optický spoj	111
8.2	Princip uspořádání optického vlákna	112
8.2.1	Princip přenosu optického záření optickým vláknem	112
8.2.2	Světlovody (light guides) – kapalinové světlovody a svazkové světlovody (fiber optical bundles)	113
8.2.3	Typy optických vláken se skleněným nebo plastovým jádrem	114
8.3	Hlavní parametry optických vláken	117
8.3.1	Šířka pásma optického vlákna	118
8.3.2	Numerická apertura – NA	118
8.3.3	Disperze	119
8.3.4	Útlum světelného signálu v optickém vlákně	120
8.3.5	Minimální poloměr ohybu	123
8.3.6	Obsah OH–	123
8.3.7	Parametr MFD (Mode Field Diameter)	124
8.4	Jednovidová a mnohovidová vlákna	125
8.4.1	Jednovidová vlákna (Single Mode Fibers SMF)	125
8.4.2	Mnovovidová vlákna (Multi Mode Fibers – MMF)	128
8.4.3	Porovnání jednovidových a multividových vláken	130
8.5	Hlavní typy vyráběných mnohovidových optických vláken se skokovou změnou indexu lomu	131
8.5.1	Mnovovidová skleněná vlákna se skokovou změnou indexu lomu	131

8.5.2	Optická vlákna HCS (HPCS) a PCS	131
8.5.3	Polymerová optická vlákna (POF – Plastic Optical Fiber)	133
8.5.4	Optická vlákna pro přenos optického záření v infračervené oblasti	134
8.5.5	Skleněná světlovodná dutá vlákna (kapilární)	135
8.5.6	Konstrukce svazků vláken	135
8.6	Optické kabely	136
8.6.1	Sekundární ochrana optického vlákna	137
8.6.2	Materiály používané pro výrobu optických vláken a kabelů	137
8.6.3	Jednovláknové kabely – kabely simplex	138
8.6.4	Kabel „duplex“	139
8.6.5	Vícevláknové kabely	140
8.7	Optické spojovací a vazební prvky	141
8.7.1	Trvalé spoje	142
8.7.2	Rozebíratelné spoje	142
8.7.3	Spojky (coupler)	143
8.8	Výhody a nevýhody používání optických vláken vůči metalickým vláknům pro přenos dat	144
8.9	Závěr	145
DODATEK		147
LITERATURA		149
ODBORNÁ LITERATURA A ČLÁNKY		150
REJSTŘÍK		153
KNIHY NAKLADATELSTVÍ BEN – TECHNICKÁ LITERATURA		155
KONTAKTY NA PRODEJNY TECHNICKÉ LITERATURY		159

Optoelektronika je technická disciplína, která se zabývá způsoby zpracování a praktického využití elektrických a optických signálů. Miniaturizací a integrací optoelektronických součástek jsou vytvářeny optoelektronické prvky obdobné elektronickým integrovaným obvodům, v optoelektronice přejímá úlohu elektrického signálu svazek světelných paprsků.

Optické komunikační systémy mají počátek na konci 18. století. V 90. letech tohoto století vynalezl francouzský inženýr Claude Chappe „optický telegraf“. Jeho systém sestával z množství semaforů namontovaných na věžích, ze kterých obsluhy postupně signalizovaly zprávy z vysílacího místa k příjemci informace. První demonstrační pokusy v oblasti optiky a vedení světla však lze datovat až do poloviny 19. století. Např. v roce 1854 anglický fyzik John Tyndall předváděl britské královské učené společnosti vedení světla proudem vody vytékajícím z nádoby, do které svítil zdrojem světla v podobě lampy. Realizoval takto vlastně první uměle vytvořený optický vlnovod.

V roce 1880 patentoval Alexander Graham Bell optický telefonní systém, který nazval foton („Photophone“). Jeho dřívější vynález, telefon, však byl v té době mnohem praktičtější. Uvažoval o přenosu signálů vzduchem, ale atmosféra není pro přenos světla tak spolehlivá jako dráty pro přenos elektrického signálu.

Skutečný rozvoj optické komunikační techniky byl umožněn až počátkem 70. let minulého století, kdy americká firma Corning Glass Work vyvinula technologii výroby nízkoutlumových optických vláken. První vyrobená vlákna se vyznačovala útlumem 20 dB/km. Vývojem byla zdokonalena na útlum 0,2 dB/km u současných špičkových výrobků. V současné době není útlum vláken limitujícím faktorem.

Rostoucí nároky na množství a rychlost přenosu informací vyžadují, aby přenosová rychlost vedení vzrostla nad 10 Gb/s. Vědci v laboratořích Bell Labs vypočítali maximální množství informací, které je možné přenést přes optická vlákna za 1 sekundu. Přes jedno optické vlákno je teoreticky možné přenést současně 100 terabitů informací, čemuž odpovídá přibližně 20 miliard jednostránkových zpráv. Současné optické systémy mohou přenášet méně než dva terabity informací za sekundu. Komerčně běžně dosahované rychlosti přenosu jsou na úrovni 40 Gbitů za sekundu.

Základními aplikacemi optoelektroniky jsou

- Optické komunikace – vlnovodné, atmosférické, kosmické;
- Optická výpočetní technika – optická a holografická propojení součástí a prvků výpočetního systému a spínání (Způsob zobrazování, založený na interferenci paprskových svazků, tzv. holographic data storage systém, tedy „systém pro holografické ukládání dat“, je schopen na nepatrném prostoru uchovat obrovské množství dat s vysokou přístupovou rychlostí);
- Měřicí a automatizační technika – optické vysoce citlivé senzory;
- CD a DVD jednotky;
- Zobrazovací technika – displeje;
- Různé lékařské přístroje a zařízení (např. laserový skalpel);
- Ochrana dokumentů proti falšování (holografie).

