

Tomáš Fukátko
Jaroslav Fukátko

TEPLO A CHLAZENÍ V ELEKTRONICE II.

Praha 2006



Kniha má umožnit čtenáři získat rychlý přehled o problematice tepla a chlazení v oblasti elektroniky. Obsahuje řadu řešených praktických příkladů a je doplněna grafy a tabulkami, které umožňují rychlý návrh chladicích obvodů.

Publikace je rozdělena do tří částí. První obecná část se vztahuje k teorii tepla. Druhá oblast se zabývá odvodem tepla z elektronických zařízení, a to jak jednoduchých (pouhé chladiče), tak na celé elektronické soustavy (stojany). Třetí část pojednává o způsobech měření tepla.

Kniha je určena především praktikům, kteří se zabývají stavbou elektronických zařízení, a studentům středních odborných škol.

Tomáš Fukátko, Jaroslav Fukátko

Teplo a chlazení v elektronice II.

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.

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

Všechny registrované nebo jiné obchodní známky použité v této knize jsou majetkem jejich vlastníků. Uvedením nejsou zpochybněna z toho vyplývající vlastnická práva.

Veškerá práva vyhrazena

© Tomáš Fukátko, Jaroslav Fukátko, Praha 2006

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

Tomáš Fukátko, Jaroslav Fukátko: Teplo a chlazení v elektronice II.

BEN – technická literatura, Praha 2006

1. vydání

ISBN 80-7300-199-3

OBSAH

1	Vliv tepla na spolehlivost elektronických součástek	9
2	Druhy šumu	11
2.1	Tepelný šum (Johnsonův) nazývaný rovněž bílým šumem	11
2.2	Výstřelový šum (Schottkyho šum)	11
2.3	Blikavý šum	12
2.4	Praskavý šum	12
2.5	Celkový šum	12
3	Nauka o teple	13
3.1	Tepelný stav	13
3.2	Tepelná energie	13
3.3	Měření teploty	13
3.4	Tepelný obsah, tepelná kapacita	14
3.5	Skupenské teplo	16
4	Vliv tepla na roztažnost látek	17
4.1	Tepelná roztažnost tuhých látek	17
4.1.1	Délková roztažnost	17
4.1.2	Plošná roztažnost	18
4.1.3	Objemová roztažnost	18
4.2	Tepelná roztažnost kapalin	19
4.3	Tepelná roztažnost plynů	19

5	Základní způsoby přenosu tepla	20
5.1	Přenos tepla (sdílení tepla) vedením	21
5.2	Sdílení tepla konvekci (prouděním)	22
5.3	Přenos tepla zářením (radiací – sáláním)	26
6	Chlazení elektronických součástek (především polovodičových)	30
6.1	Ztrátový výkon elektronických součástek	31
6.1.1	Trvalé (klidové) výkonové zatížení	31
6.1.2	Pulzní výkonové zatížení (pro pravoúhlý impuls)	31
6.1.3	Tepelný odpor chladicího obvodu	32
7	Různé způsoby chlazení používané v elektronice	35
7.1	Chlazení vzduchem	36
7.1.1	Přirozené chlazení vzduchem	36
7.1.2	Deskové chladiče	40
7.1.3	Žebrované (profilované) chladiče	41
7.2	Výpočet chlazení elektronického zařízení pomocí odvodu tepla do klidného okolního vzduchu	45
7.3	Nucené chlazení proudícím vzduchem	47
7.4	Chlazení pomocí kapalinového média	53
7.5	Zvláštní způsoby kapalinového chlazení	58
7.6	Využití změny skupenství (fázové proměny) pro chladicí účely	59
7.7	Využití bublinového varu k chladicím účelům v elektronice	61
7.8	Využití tepelných trubic k chlazení v elektronice	66
7.9	Chlazení v elektronice pomocí zkapalněných plynů	67

Příloha 1

Vybrané typy chladičů pro odvod tepla z polovodičových součástek 70

P1.1	Speciální chladiče pro polovodičové usměrňovače (diody, tyristory, triaky)	71
P1.2	Chladič pro chlazení proudícím vzduchem	72
P1.3	Chladič s lokálním ventilátorem pro chlazení procesorů	72
P1.4	Velkokapacitní chladičí agregáty	73
P1.5	Chladiče pro vodní chlazení	74

Příloha 2

Teploměry a měření teploty v elektronice 76

P2.1	Přímo ukazující teploměry	76
P2.1.1	Teploměry pracující na principu roztažnosti kapalin nebo plynu	76
P2.2	Nepřímo ukazující teploměry	78
P2.3	Regulátory teploty	78
P2.4	Snímače teploty	81
P2.4.1	Kontaktní (nespojité) snímače teploty	81
P2.4.2	Materiály pro zhotovení termoelektrických snímačů	83
P2.4.3	Termoelektrické snímače pro nízké teploty	84
P2.4.4	Termoelektrické snímače pro vyšší teploty	84
P2.5	Polovodičové součástky citlivé na teplotu	85
P2.5.1	Termistory	85
P2.6	Vliv teploty na vlastnosti polovodičových diod a tranzistorů	87
P2.7	Použití polovodičových diod pro měření teploty	89
P2.7.1	Závislosti velikosti proudu diodou na teplotě v propustném směru	89
P2.7.2	Závislosti velikosti proudu diodou na teplotě v nepropustném směru	91
P2.8	Vliv teploty na odpor kovů	92
P2.9	Kovové odporové snímače teploty	93
P2.10	Měření oteplení vinutí elektrických strojů	93

Příloha 3

Ventilátory **95**

P3.1 Volba vhodného ventilátoru 100

Příloha 4

Příklady výpočtu chladicích obvodů **101**

Příklad 1 101

Příklad 2 102

Příklad 3 103

Příklad 4 104

Příklad 5 105

Příklad 6 105

Literatura **107**

Adresy prodejen technické literatury **111**

Pár slov o nakladatelství **112**

Seznam tabulek

Tab. 1	Hodnoty měrného tepla c_p pro různé látky	15
Tab. 2	Hodnoty skupenského tepla pro různé látky	16
Tab. 3	Koeficienty délkové teplotní roztažnosti látek	17
Tab. 4	Koeficienty objemové teplotní roztažnosti kapalin	18
Tab. 5	Koeficienty tepelné vodivosti látek	22
Tab. 6	Různé způsoby styků polovodiče s chladičem	23
Tab. 7	Jednotlivé druhy proudění chladicího média	24
Tab. 8	Tepelné vlastnosti vzduchu při atmosférickém tlaku v závislosti na teplotě	26
Tab. 9	Koeficient sálavosti	27
Tab. 10	Ekvivalentní veličiny a zákony tepelně-elektrické analogie	28
Tab. 11	Korekční faktory podle plochy chladicí desky	34
Tab. P2.1	Termoelektrické napětí	80
Tab. P2.2	Měrný odpor a teplotní koeficient u diod a tranzistorů	92
Tab. P3.1	Tabulka ventilátorů vyráběných firmou Sunon	98



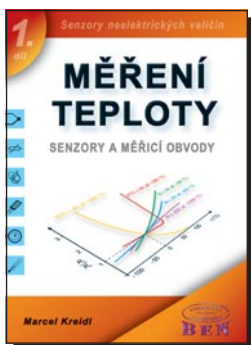
Teplota a chlazení v elektronice

Publikace je určena k jednoduchému návrhu chladičů elektro-technických součástek. V úvodní části rekapituluje poznatky z oblasti fyziky tepla, podstatné pro řešenou problematiku, v další části ukazuje náhradu reálných tepelných obvodů náhradními schémata a jejich řešení pomocí tepelně-elektronických analogií. Obsahuje rovněž vysvětlující příklady a grafické závislosti tepelného odporu na rozměrech vybraných typů chladičů.

Úspěšné využití příručky předpokládá znalost základů fyziky tepla a znalost řešení jednoduchých lineárních elektronických obvodů pomocí Ohmova a Kirchhoffových zákonů.

Jaroslav Fukátko, Tomáš Fukátko, Jiří Šindelka, 32 stran A5,
obj. číslo 120884, 49 Kč
DOPRODEJ

<http://shop.ben.cz/120884>

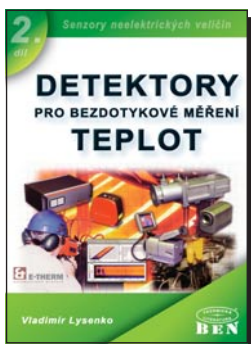


Měření teploty – senzory a měřicí obvody

V knize jsou přehledně zpracovány fyzikální principy senzorů teploty a dle těchto principů jsou pak senzory rozděleny do jednotlivých kapitol jako jsou odporové kovové a polovodičové, termoelektrické, dilatační, speciální a bezdotykové senzory. U jednotlivých typů senzorů jsou uvedeny konstrukce, charakteristiky a tabulky, měřicí obvody. Příloha knihy obsahuje podrobné tabulky kovových a termoelektrických senzorů a emisivní materiálu. Nedílnou součástí knihy jsou statické a dynamické vlastnosti senzorů teploty. V souladu s řadou mezinárodních předpisů je vyjadřování přesnosti měření uváděno prostřednictvím nejistot měření. Vzhledem k tomu, že v technické praxi zatím není pojem nejistota měření běžně používán, je v úvodní části knihy uveden podrobný výklad.

Marcel Kreidl, 240 stran B5, obj. číslo 121194, 299 Kč

<http://shop.ben.cz/121194>



Detektory pro bezdotykové měření teplot

Knihou pojednává o detektorech, principech jejich činnosti a aplikacích při bezdotykovém měření teplot. Více je věnováno kvantovým typům detektorů, jejich parametrům a nestabilitám. Závěr je věnován metodám bezdotykového měření teploty. Pro snadnější pochopení je text doplněn velkým množstvím tabulek a grafů. Použitý matematický aparát odpovídá rozsahu přednášeném na technických vysokých školách.

Knihou je určena studentům, technikům a inženýrům pracujícím v oblasti měřicí a řídicí techniky. Fyzikálně-technologické problémy zmiňovaných detektorů nejsou náplní této knihy.

Vladimír Lysenko, 160 stran B5, obj. číslo 121253, 199 Kč

<http://shop.ben.cz/121253>

Úvodní slovo

V roce 1997 vydalo nakladatelství BEN – technická literatura drobnou brožuru autorů J. Fukátka, T. Fukátka a J. Šindelky s názvem „*Teplota a chlazení v elektronice*“. O brožuru byl relativně velký zájem především mezi studenty středních odborných škol.

Kniha „*Teplota a chlazení v elektronice II.*“ na tuto brožuru navazuje a rozšiřuje problematiku chlazení elektronických obvodů o oblast celých elektronických bloků a stojanů včetně méně běžných způsobů chlazení (kapalinové, bublinový var, tepelné trubice, chlazení pomocí zkapalněných plynů...). Obsahuje řadu grafů a tabulek včetně řešených příkladů a tím umožňuje rychlý a praktický návrh chladicích obvodů.

Publikace je členěna do tří kapitol – „*Základní nauka o teple*“, „*Různé způsoby chlazení v elektronice*“ a třetí část uvádí přehled o „*Měření teploty v elektronice*“. Přílohy obsahují vybrané typy chladičů pro odvod tepla z polovodičových součástek, teploměry a měření teploty v elektronice, ventilátory a příklady výpočtu chladicích obvodů.

Autoři se snažili u všech literárních pramenů, ze kterých čerpali, uvádět původní literaturu. Uvedené prameny umožňují čtenáři případné vyhledání dalších informací.

Kniha je určena široké technické veřejnosti, především pak studentům středních odborných škol a praktikům, kteří se zabývají vývojem elektronických zařízení.

autoři
Praha 22. 3. 2006