

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 | Teplo, množství tepla (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 pravouhlý 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 trubíc 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 chladicí 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 103

Příloha 4

Příklady výpočtu chladicích obvodů **104**

Příklad 1 104

Příklad 2 105

Příklad 3 106

Příklad 4 107

Příklad 5 108

Příklad 6 108

Literatura **110**

Knihy nakladatelství BEN **114**

Adresy prodejen technické literatury **119**

Pár slov o nakladatelství **120**

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 chladičí 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 |