

Obsah

| | |
|---|----|
| Seznam použitých značek a symbolů | 11 |
| I. Integrovaný obvod jako měřený objekt (Ing. Tomáš Gucký) | 21 |
| 1. <i>Základní pojmy</i> | 21 |
| 2. <i>Obor měřených veličin</i> | 24 |
| 3. <i>Požadavky na způsob měření a zpracování výsledků měření</i> | 26 |
| 3.1. Měření při vývoji integrovaného obvodu | 26 |
| 3.2. Měření ve výrobě integrovaných obvodů | 27 |
| Měření testovacích obrazců | 27 |
| Měření čipů na deskách | 28 |
| Měření obvodů po zapouzdření | 29 |
| 3.3. Měření v průběhu aplikace integrovaných obvodů | 30 |
| Vstupní kontrola integrovaných obvodů | 31 |
| Kontrola zapojených integrovaných obvodů | 31 |
| 4. <i>Požadavky na měřicí zařízení pro integrované obvody</i> | 32 |
| II. Měření operačních zesilovačů (Ing. Jaroslav Trhлік) | 33 |
| 5. <i>Základní vlastnosti operačního zesilovače</i> | 33 |
| 5.1. Parametry otevřené zpětnovazební smyčky | 35 |
| 5.2. Vstupní chybové parametry | 35 |
| 5.3. Parametry souhlasného signálu | 36 |
| 5.4. Nelineární a dynamické parametry | 36 |
| 6. <i>Měření parametrů otevřené smyčky</i> | 39 |
| 6.1. Napětové zesílení rozdílového signálu A_{uD} | 39 |
| 6.2. Omezující činitele při měření napětového zesílení A_u | 49 |
| 6.3. Výstupní odpor R_O | 51 |
| 6.4. Rozdílový vstupní odpor R_{ID} | 52 |
| 6.5. Maximální rozdílové vstupní napětí U_{IDmax} | 54 |
| 6.6. Tranzitní kmitočet f_T | 55 |
| 7. <i>Měření vstupních chybových parametrů</i> | 56 |
| 7.1. Napětová nesouměrnost vstupů U_{I0} | 56 |
| 7.2. Drift napětové nesouměrnosti vstupů αU_{I0} | 60 |
| 7.3. Vstupní klidový proud I_{IB} , proudová nesouměrnost vstupů I_{I0} | 63 |
| 7.4. Drift proudové nesouměrnosti vstupů αI_{I0} a drift vstupního proudu αI_{IB} | 66 |
| 7.5. Šumové vlastnosti operačního zesilovače | 66 |
| 7.6. Praskavý šum („popcorn“) | 71 |
| 8. <i>Měření parametrů výstupní odezvy</i> | 74 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 8.1. | Jmenovité výstupní napětí U_{OP} , jmenovitý výstupní proud I_{OP} . . . | 74 |
| 8.2. | Rychlost přeběhu SR , mezní kmitočet pro jmenovitý výkon f_p . . . | 75 |
| 8.3. | Doba ustálení t_{rip} , doba ukliďnění t_{tot} | 77 |
| 8.4. | Přechodová odezva při malém signálu | 80 |
| 9. | <i>Měření parametrů souhlasného signálu</i> | 81 |
| 9.1. | Činitel potlačení souhlasného signálu CMR | 81 |
| 9.2. | Maximální souhlasné vstupní napětí U_{ICMmax} | 85 |
| 9.3. | Souhlasný vstupní odpor R_{ICM} | 86 |
| 9.4. | Činitel potlačení změn napájecího napětí SVR | 87 |
| III. | Měření obvodů pro nízkofrekvenční zesilovače (Ing. Pavel Všetula) | 89 |
| 10. | <i>Typické vlastnosti nízkofrekvenčních integrovaných zesilovačů</i> | 89 |
| 11. | <i>Měření statických parametrů nízkofrekvenčních obvodů</i> | 93 |
| 12. | <i>Měření parametrů obvodových elementů jednoduchých zesilovačů</i> | 94 |
| 13. | <i>Nízkofrekvenční zesilovač z hlediska přenosu signálu</i> | 95 |
| 14. | <i>Nastavení pracovního bodu měřeného obvodu</i> | 95 |
| 15. | <i>Vstupní a výstupní impedance Z_I, Z_O</i> | 99 |
| 16. | <i>Přenosové a výstupní parametry zesilovače</i> | 101 |
| 17. | <i>Měření přenosových charakteristik nízkofrekvenčních zesilovačů</i> | 104 |
| 17.1. | Kmitočtová charakteristika $A_u(f)$ | 104 |
| 17.2. | Závislosti zkreslení K_h na výstupním výkonu a kmitočtu | 105 |
| 17.3. | Závislost výstupního napětí U_O nebo výkonu P_O na vstupním napětí zesilovače | 107 |
| 18. | <i>Měření parametrů nízkofrekvenčních zesilovačů ve vztahu k napájení a teplotě</i> | 107 |
| 18.1. | Účinnost η a ztrátový výkon P_d | 108 |
| 19. | <i>Měření vlivu rušivých signálů</i> | 109 |
| 19.1. | Šumové číslo F | 110 |
| 19.2. | Potlačení zvlnění napájecího napětí SRR a separace kanálů SC | 110 |
| 20. | <i>Realizace pracoviště pro laboratorní měření nízkofrekvenčních zesilovačů</i> | 112 |
| 21. | <i>Vlastnosti obvodů pro dekódování několikakanálového přenosu zvuku</i> | 115 |
| IV. | Měření integrovaných obvodů pro vysokofrekvenční aplikace (Ing. František Striček) | 116 |
| 22. | <i>Parametry vysokofrekvenčních širokopásmových zesilovačů</i> | 116 |
| 23. | <i>Měření statických parametrů rozdílových vysokofrekvenčních zesilovačů</i> | 118 |
| 24. | <i>Měření dynamických parametrů rozdílových vysokofrekvenčních zesilovačů</i> | 119 |
| 24.1. | Měření výkonového zesílení $A_{p dif}, A_{p kas}$ | 120 |
| 24.2. | Měření šumu | 124 |
| 24.3. | Měření rozsahu řízení zesílení AGC | 127 |
| 24.4. | Měření parametrů y | 129 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 25. | <i>Parametry vysokofrekvenčních obvodů pro rozhlasové a televizní přijímače</i> | 129 |
| 26. | <i>Měření vysokofrekvenčních integrovaných obvodů zpracovávajících signál FM</i> | 131 |
| 26.1. | Měření vstupního napětí pro omezení U_{10m} a výstupního nízkofrekvenčního napětí U_{0nt} | 133 |
| 26.2. | Měření potlačení amplitudové modulace AMR | 133 |
| 27. | <i>Měření vysokofrekvenčních integrovaných obvodů zpracovávajících signál AM</i> | 134 |
| 27.1. | Měření vstupní citlivosti omezené šumem | 135 |
| 27.2. | Měření největší použitelné úrovně vstupního signálu | 137 |
| 27.3. | Měření rozsahu AVC | 137 |
| 28. | <i>Měření vysokofrekvenčních integrovaných obvodů zpracovávajících obrazově modulovaný signál</i> | 138 |
| 28.1. | Měření citlivosti omezené zesílením | 140 |
| 28.2. | Měření maximálního vstupního napětí | 140 |
| 29. | <i>Základní požadavky na měřicí přípravky pro vysokofrekvenční obvody</i> | 140 |
| 30. | <i>Měření dalších vysokofrekvenčních integrovaných obvodů</i> | 141 |
| 30.1. | Měření parametrů obvodů s automatickou fázovou synchronizací . | 142 |
| 30.2. | Integrované obvody pro televizní přijímač zpracovávající barvosný signál | 144 |
| V. | <i>Měření jednoúčelových analogových obvodů (Ing. Tomáš Gucký)</i> | 146 |
| 31. | <i>Vlastnosti obvodů pro stejnosměrné stabilizátory a regulátory</i> | 146 |
| 31.1. | Parametrické stabilizátory napětí | 147 |
| 31.2. | Zpětnovazební stabilizátory napětí (proudu) | 147 |
| 31.3. | Speciální regulátory stejnosměrného napětí (proudu) | 151 |
| 32. | <i>Měření zpětnovazebních stabilizátorů a regulátorů napětí</i> | 151 |
| 32.1. | Parametry popisující kvalitu stabilizace | 152 |
| 32.2. | Parametry určující provozní podmínky stabilizátoru | 156 |
| 32.3. | Další vlastnosti obvodů pro stabilizátory | 156 |
| 33. | <i>Obvody pro řízení tyristorů a triaků</i> | 160 |
| 33.1. | Integrovaný obvod MAA 436 pro fázové řízení | 162 |
| 33.2. | Integrované obvody pro řízení tyristorů a triaků při průchodu napětí nulou | 166 |
| 34. | <i>Komparátory, čtecí zesilovače, přijímače pro přenos logických signálů</i> | 169 |
| 35. | <i>Základní vlastnosti integrovaných komparátorů a jejich měření</i> | 170 |
| 36. | <i>Základní vlastnosti čtecích zesilovačů</i> | 177 |
| 37. | <i>Základní vlastnosti přijímacích zesilovačů pro přenos logických signálů (interface)</i> | 181 |
| 38. | <i>Základní vlastnosti budičů pro přenos logických signálů</i> | 183 |
| 39. | <i>Základní vlastnosti obvodů pro bezkontaktní tlačítka</i> | 185 |
| VI. | <i>Měření číslicových integrovaných obvodů s bipolárními tranzistory (Ing. Tomáš Gucký, Ing. Karel Hyánek, Ing. Zdeněk Cholasta)</i> | 187 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 40. | <i>Charakteristické vlastnosti základních řad číslicových integrovaných obvodů</i> | 187 |
| 41. | <i>Vliv stupně integrace na způsoby měření</i> | 188 |
| 42. | <i>Definice statických parametrů</i> | 191 |
| 42.1. | Vstupní parametry | 191 |
| 42.2. | Výstupní parametry | 193 |
| 42.3. | Parametry napájení obvodu | 196 |
| 42.4. | Parametry speciálních vývodů | 196 |
| 42.5. | Parametry vztahující se ke vstupu i k výstupu | 197 |
| 42.6. | Způsob udávání statických parametrů | 198 |
| 43. | <i>Podmínky pro měření statických parametrů</i> | 198 |
| 44. | <i>Rozbor činnosti obvodu ve vztahu k podmínkám měření</i> | 202 |
| 45. | <i>Realizace pracoviště pro měření statických parametrů</i> | 205 |
| 45.1. | Vybavení laboratorního pracoviště | 206 |
| 45.2. | Postup při laboratorním měření statických parametrů | 207 |
| 45.3. | Požadavky na prvky zapojení laboratorního pracoviště | 208 |
| 45.4. | Využití snímače charakteristik pro měření statických parametrů | 209 |
| 46. | <i>Podmínky pro měření dynamických parametrů číslicových integrovaných obvodů</i> | 210 |
| 46.1. | Parametry vstupního signálu | 211 |
| 46.2. | Podmínky zátěže na výstupu měřeného obvodu | 212 |
| 46.3. | Napájecí podmínky | 213 |
| 46.4. | Měřicí body | 214 |
| 46.5. | Napěťové úrovně, teplota okolí | 214 |
| 47. | <i>Měření spínacích dob a zpoždění signálu</i> | 214 |
| 48. | <i>Měření maximálního kmitočtu</i> | 218 |
| 49. | <i>Měření předstihu a přesahu</i> | 218 |
| 50. | <i>Měřicí přípravek pro dynamické parametry</i> | 220 |
| 51. | <i>Použití osciloskopu pro měření dynamických parametrů</i> | 226 |
| 52. | <i>Metody vhodné pro automatizaci měření dynamických parametrů</i> | 229 |
| 52.1. | Čítací metoda | 230 |
| 52.2. | Vzorkovací metoda s převodem čas—číslo | 231 |
| 52.3. | Integrační metoda | 232 |
| 53. | <i>Testování logické funkce — účel a oblast použití</i> | 234 |
| 54. | <i>Poruchy v logických obvodech</i> | 235 |
| 55. | <i>Metody testování logické funkce</i> | 238 |
| 55.1. | Funkční test srovnáním | 238 |
| 55.2. | Diagnostický detekční test | 242 |
| 55.3. | Dynamické testování logické funkce | 243 |
| 56. | <i>Diskuse podmínek testu logické funkce</i> | 244 |
| VII. | Měření unipolárních číslicových integrovaných obvodů (Ing. Jan Hoherčák) | 247 |
| 57. | <i>Typické vlastnosti unipolárních číslicových obvodů</i> | 247 |
| 58. | <i>Měření sériových posuvných registrů MIS</i> | 249 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 58.1. | Vstupní proud I_I | 253 |
| 58.2. | Mezní hodnota vstupního napětí | 254 |
| 58.3. | Výstupní napětí U_{OL} , U_{OH} | 254 |
| 58.4. | Odběr z napájecích zdrojů | 255 |
| 58.5. | Měření dynamických parametrů | 255 |
| 58.6. | Měření kapacity vstupů | 256 |
| 58.7. | Testování logické funkce | 256 |
| 59. | <i>Měření paměti MIS typu ROM</i> | 258 |
| 59.1. | Měření parametrů vstupů paměti | 261 |
| 59.2. | Měření výstupních napětí U_{OH} , U_{OL} | 261 |
| 59.3. | Měření svodových proudů výstupů I_{LO} | 262 |
| 59.4. | Měření odběrů z napájecích zdrojů | 263 |
| 59.5. | Měření dynamických parametrů | 263 |
| 59.6. | Testování logické funkce | 264 |
| 60. | <i>Měření paměti MIS typu RAM</i> | 264 |
| 60.1. | Statické parametry vstupů | 271 |
| 60.2. | Měření výstupních proudů | 271 |
| 60.3. | Odběr z napájecích zdrojů | 272 |
| 60.4. | Měření dynamických parametrů | 273 |
| 60.5. | Měření kapacity vstupů | 274 |
| 60.6. | Obecná pravidla testování logické funkce RAM | 275 |
| 60.7. | Testovací algoritmy | 275 |
| | Test „samé nuly“, „samé jedničky“ | 276 |
| | Test „šachovnice“ | 276 |
| | Testy s lineárním uspořádáním nul a jedniček | 276 |
| | Test paritou | 277 |
| | Test postupující jedničkou nebo nulou | 277 |
| | Test „ping-pong“ | 278 |
| | Test „Galpat“ | 278 |
| 60.8. | Podmínky testu logické funkce RAM | 282 |
| 61. | <i>Filozofie testování</i> | 283 |
| 61.1. | Volba testu | 283 |
| 61.2. | Generování testů | 284 |
| 61.3. | Strategie testování | 285 |
| 61.4. | Návrh obvodů z hlediska jejich jednoduššího testování | 286 |
| 61.5. | Zpracování výsledků testů | 287 |
| 62. | <i>Číslíkové subsystémy velké integrace</i> | 291 |
| VIII. | Měřicí zařízení pro integrované obvody (Ing. Tomáš Gucký) | 295 |
| 63. | <i>Obecné vlastnosti měřicích zařízení pro integrované obvody</i> | 295 |
| 64. | <i>Jednouúčelová zařízení pro analogové obvody</i> | 299 |
| 65. | <i>Univerzální měřicí zařízení pro analogové obvody</i> | 302 |
| 66. | <i>Jednouúčelová zařízení pro číslíkové integrované obvody</i> | 306 |
| 67. | <i>Logické sondy a komparátory</i> | 310 |
| 68. | <i>Ruční měřiče statických parametrů a analyzátory funkce číslíkových integrovaných obvodů</i> | 313 |
| 69. | <i>Automatické měřiče statických parametrů číslíkových integrovaných obvodů</i> | 316 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 70. | <i>Měřiče dynamických parametrů číslicových obvodů</i> | 318 |
| 71. | <i>Automatické analyzátory a testery logické funkce</i> | 323 |
| 72. | <i>Testovací a měřicí systémy řízené počítačem</i> | 329 |
| 72.1. | Technické vybavení systémů | 330 |
| 72.2. | Programové vybavení systémů (software) | 337 |
| | Literatura | 340 |
| | Rejstřík | 345 |