

# OBSAH

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| I. Osciloskop a jeho základní obvody . . . . .                       | 11 |
| 1. Princip činnosti osciloskopu . . . . .                            | 11 |
| 2. Rozdělení osciloskopů . . . . .                                   | 13 |
| 3. Obrazovky pro osciloskopy . . . . .                               | 15 |
| a) Elektronové trysky [44] . . . . .                                 | 16 |
| b) Elektrostatické vychylování elektronového paprsku . . . . .       | 19 |
| Vady vychylovacích systémů . . . . .                                 | 23 |
| c) Stínítka obrazovek . . . . .                                      | 24 |
| d) Zvláštní druhy obrazovek . . . . .                                | 26 |
| Obrazovky s dorychlením elektronů . . . . .                          | 26 |
| Obrazovky pro záznam v polárních souřadnicích . . . . .              | 27 |
| Obrazovky s několika paprsky . . . . .                               | 28 |
| Paměťové obrazovky . . . . .                                         | 29 |
| Obrazovky s několikabarevným zobrazením . . . . .                    | 30 |
| Obrazovky pro přímé prostorové zobrazení . . . . .                   | 30 |
| 4. Zesilovače pro osciloskopy . . . . .                              | 31 |
| a) Základní pojmy . . . . .                                          | 31 |
| Impulsy a jejich vlastnosti . . . . .                                | 31 |
| Požadavky na měřicí zesilovač . . . . .                              | 32 |
| b) Zesilovací stupeň s elektronkou (základní zapojení) . . . . .     | 34 |
| Elektronka v zapojení SK, SG SA . . . . .                            | 35 |
| Zapojení se společnou katodou (oblast středních kmitočtů) . . . . .  | 35 |
| Stejnoseměrné podmínky . . . . .                                     | 36 |
| c) Zesilovací stupeň s tranzistorem (základní zapojení) . . . . .    | 37 |
| Stejnoseměrné podmínky (nastavení pracovního bodu) . . . . .         | 44 |
| d) Přenos v oblasti nízkých kmitočtů . . . . .                       | 46 |
| Korekce vlivu vazebního členu na přenos nízkých kmitočtů . . . . .   | 49 |
| Korekce členu v katodě (emitoru) a v obvodu stínící mřížky . . . . . | 51 |
| e) Přenos v oblasti vysokých kmitočtů . . . . .                      | 52 |
| Elektronkové zesilovací stupně . . . . .                             | 52 |
| Tranzistorové zesilovací stupně . . . . .                            | 59 |
| f) Záporná zpětná vazba . . . . .                                    | 61 |
| g) Další zapojení zesilovačů . . . . .                               | 65 |
| Katodový a emitorový sledovač . . . . .                              | 65 |
| Fázový invertor . . . . .                                            | 65 |
| Diferenciální zesilovač . . . . .                                    | 68 |
| Konecové stupně . . . . .                                            | 71 |
| h) Několikastupňové zesilovače . . . . .                             | 75 |
| Stejnoseměrné zesilovače . . . . .                                   | 76 |
| Přenos impulsu několikastupňovým zesilovačem . . . . .               | 77 |

|    |                                                                                              |     |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| i) | Pomočné obvody v zesilovačích . . . . .                                                      | 78  |
|    | Regulace zisku . . . . .                                                                     | 78  |
|    | Zpožďovací vedení . . . . .                                                                  | 80  |
| j) | Speciální zesilovače . . . . .                                                               | 84  |
|    | Zesilovač s postupnou vlnou (zesilovač s rozloženými parametry, řetězový zesilovač). . . . . | 84  |
| 5. | Časové základny . . . . .                                                                    | 86  |
| a) | Základní pojmy . . . . .                                                                     | 86  |
| b) | Princip činnosti volně běžící časové základny . . . . .                                      | 87  |
| c) | Princip činnosti spouštěné časové základny . . . . .                                         | 88  |
|    | Základní vlastnosti spouštěné časové základny . . . . .                                      | 90  |
|    | Rozsvěcení a zhasnění paprsku . . . . .                                                      | 92  |
| d) | Linearizace procesu nabíjení kondenzátoru . . . . .                                          | 92  |
|    | Nabíjení kondenzátoru přes odpor . . . . .                                                   | 92  |
|    | Nabíjení kondenzátoru přes tranzistor . . . . .                                              | 92  |
|    | Nabíjení kondenzátoru přes elektronku . . . . .                                              | 93  |
|    | Millerův integrátor . . . . .                                                                | 94  |
|    | Obvod s linearizací kladnou zpětnou vazbou (sledovací obvod, bootstrap circuit) . . . . .    | 95  |
|    | Zapojení se třemi pentodami . . . . .                                                        | 96  |
| e) | Tvarové oscilátory (generátory nesinusových kmitů) . . . . .                                 | 98  |
|    | Astabilní klopný obvod (multivibrátor). . . . .                                              | 99  |
|    | Monostabilní klopný obvod . . . . .                                                          | 101 |
|    | Bistabilní klopný obvod (obvod Eccles-Jordanův, klopný obvod flip-flop) . . . . .            | 102 |
|    | Schmittův obvod (trigger) . . . . .                                                          | 103 |
|    | Blokovací oscilátor . . . . .                                                                | 105 |
|    | Tranzitron . . . . .                                                                         | 106 |
|    | Fantastron (Millerův tranzitron). . . . .                                                    | 108 |
|    | Fantastron s tranzistory . . . . .                                                           | 109 |
| f) | Tvarování impulsů . . . . .                                                                  | 111 |
|    | Omezovací obvody . . . . .                                                                   | 111 |
|    | Derivační a integrační obvody . . . . .                                                      | 114 |
|    | Použití tvarovacích obvodů . . . . .                                                         | 118 |
| g) | Synchronizace . . . . .                                                                      | 119 |
| h) | Horizontální zesilovač (X) . . . . .                                                         | 122 |
| i) | Časová kalibrace . . . . .                                                                   | 123 |
| j) | Příklady zapojení . . . . .                                                                  | 126 |
| k) | Speciální časové základny . . . . .                                                          | 130 |
|    | Zpožděná časová základna . . . . .                                                           | 130 |
|    | Kruhová časová základna . . . . .                                                            | 131 |
|    | Spirálová časová základna . . . . .                                                          | 134 |
|    | Časová základna obecného průběhu . . . . .                                                   | 134 |
| 6. | Napájecí obvody osciloskopů . . . . .                                                        | 136 |
|    | Síťový transformátor . . . . .                                                               | 136 |
|    | Usměrňovací ventily . . . . .                                                                | 137 |
|    | Filtreační obvod . . . . .                                                                   | 139 |
|    | Stabilizační obvod . . . . .                                                                 | 141 |
|    | Vysokofrekvenční zdroje vysokého napětí . . . . .                                            | 145 |
| 7. | Doplňková zařízení k osciloskopům . . . . .                                                  | 145 |
| a) | Měřicí sondy . . . . .                                                                       | 145 |
|    | Sonda s malou vstupní kapacitou . . . . .                                                    | 145 |
|    | Sonda s oddělovací kapacitou . . . . .                                                       | 145 |
|    | Sonda s děličem napětí . . . . .                                                             | 146 |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| Proudová sonda . . . . .                                        | 146 |
| Detekční sonda . . . . .                                        | 149 |
| Sonda s impedančním převodníkem . . . . .                       | 149 |
| b) Elektronický prepínač . . . . .                              | 150 |
| c) Rozmítač . . . . .                                           | 154 |
| Princip činnosti . . . . .                                      | 154 |
| Rozmítání kmitočtu oscilátoru . . . . .                         | 157 |
| Kmitočtové značky . . . . .                                     | 159 |
| d) Vzorkovací (stroboskopická) zařízení . . . . .               | 160 |
| Princip činnosti . . . . .                                      | 160 |
| Vzorkovací systém s pevným vzorkováním . . . . .                | 163 |
| Vzorkovací systém s náhodným vzorkováním . . . . .              | 164 |
| Provedení vzorkovacího hradla . . . . .                         | 165 |
| 8. Osciloskopické pomůcky . . . . .                             | 166 |
| a) Masky s dělicím rastrem . . . . .                            | 166 |
| b) Zařízení pro překreslování oscilogramů ze stínítka . . . . . | 167 |
| c) Fotografování oscilogramů . . . . .                          | 167 |
| Zaostření pomocí mikroučků . . . . .                            | 169 |
| Zaostření pomocí předsádkové čočky . . . . .                    | 170 |
| Jednouúčelová zařízení pro fotografování oscilogramů . . . . .  | 171 |
| 9. Zásady konstrukce osciloskopů . . . . .                      | 172 |
| a) Příklady konstrukčního uspořádání . . . . .                  | 175 |

## II. Návod k stavbě osciloskopů . . . . . 184

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 10. Malý osciloskop . . . . .                                                   | 184 |
| a) Zapojení a jeho vlastnosti . . . . .                                         | 184 |
| Základní technické údaje . . . . .                                              | 184 |
| Měřicí zesilovač . . . . .                                                      | 185 |
| Časová základna . . . . .                                                       | 187 |
| Zdroj a obvody obrazovky . . . . .                                              | 187 |
| b) Konstrukční provedení . . . . .                                              | 188 |
| Deska A . . . . .                                                               | 188 |
| Deska B . . . . .                                                               | 191 |
| c) Uvedení do chodu a nastavení . . . . .                                       | 195 |
| d) Možnost dalšího rozšiřování . . . . .                                        | 198 |
| 11. Velký osciloskop . . . . .                                                  | 198 |
| a) Zapojení a jeho vlastnosti . . . . .                                         | 198 |
| Základní technické údaje . . . . .                                              | 198 |
| b) Konstrukční uspořádání . . . . .                                             | 201 |
| c) Popis jednotlivých dílů . . . . .                                            | 202 |
| Napáječ (díl A) . . . . .                                                       | 202 |
| Stabilizátor $\pm 12$ V (díl E) . . . . .                                       | 207 |
| Stabilizátor $+150$ V a stabilizátor $-1\,000$ V (díl D) . . . . .              | 210 |
| Koncové zesilovače a obvody obrazovky (díl G) . . . . .                         | 213 |
| Měřicí zesilovač (díl F) . . . . .                                              | 221 |
| Uvedení do chodu a nastavení dílů F a G . . . . .                               | 229 |
| Horizontální zesilovač (díl C) . . . . .                                        | 233 |
| Časová základna (díl B) . . . . .                                               | 235 |
| Nastavení časové základny . . . . .                                             | 240 |
| Kalibrační díl (díl Z) . . . . .                                                | 242 |
| Propojení dílů a konstrukce celého přístroje . . . . .                          | 247 |
| d) Příklady k rozšíření základního vybavení . . . . .                           | 249 |
| Stejnoseměrný elektronický prepínač a diferenciální zesilovač (díl P) . . . . . | 249 |

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| Rozmítač (díl W) . . . . .                           | 243 |
| Snímač charakteristik polovodičových prvků . . . . . | 245 |

### III. Osciloskopická měření . . . . . 248

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12. Zásady obsluhy osciloskopu . . . . .                                                       | 248 |
| a) Práce s neznámým osciloskopem . . . . .                                                     | 249 |
| b) Funkční zkouška a nastavení osciloskopu před měřením . . . . .                              | 260 |
| 13. Měření napětí . . . . .                                                                    | 261 |
| a) Napětová kalibrace . . . . .                                                                | 261 |
| Napětová kalibrace zdrojem nastavitelného kalibračního napětí . . . . .                        | 261 |
| Napětová kalibrace zdrojem nenastavitelného střídavého napětí . . . . .                        | 262 |
| b) Měření napětí osciloskopem s pevným (resp. skokově proměnným) kalibračním napětím . . . . . | 262 |
| c) Měření napětí osciloskopem s plynule proměnným kalibračním napětím . . . . .                | 263 |
| Měření napětí posuvem po stínítku . . . . .                                                    | 264 |
| Měření napětí osciloskopem s kalibrovaným ziskem . . . . .                                     | 265 |
| 14. Měření proudu . . . . .                                                                    | 265 |
| a) Měření pomocí úbytku napětí . . . . .                                                       | 265 |
| b) Měření proudovou sondou . . . . .                                                           | 265 |
| 15. Měření kmitočtu a času . . . . .                                                           | 265 |
| a) Měření pomocí časové základny . . . . .                                                     | 266 |
| b) Měření pomocí časových značek . . . . .                                                     | 267 |
| Použití vnějšího generátoru časových značek . . . . .                                          | 267 |
| c) Měření Lissajousovými obrazy . . . . .                                                      | 268 |
| d) Měření modulovanou kruhovou stopou . . . . .                                                | 269 |
| e) Měření přerušovanou kruhovou stopou . . . . .                                               | 271 |
| f) Měření kruhovými cykloidami . . . . .                                                       | 271 |
| g) Absolutní měření kmitočtu . . . . .                                                         | 274 |
| 16. Měření fázového posuvu . . . . .                                                           | 275 |
| a) Měření Lissajousovými obrazy . . . . .                                                      | 275 |
| Kontrola vlastní fázové chyby osciloskopu . . . . .                                            | 275 |
| b) Měření fázového posuvu metodou dvou obrazů . . . . .                                        | 276 |
| c) Přesné měření fázového posuvu přípravkem a elektronickým přepínačem . . . . .               | 277 |
| 17. Měření na zesilovačích . . . . .                                                           | 278 |
| a) Základní funkční zkouška zesilovače . . . . .                                               | 278 |
| b) Měření napětového zisku . . . . .                                                           | 280 |
| c) Měření výstupního výkonu . . . . .                                                          | 281 |
| d) Měření hluku pozadí (brumu) a šumu . . . . .                                                | 281 |
| e) Určení dynamiky přenosu . . . . .                                                           | 283 |
| f) Měření lineárního zkreslení . . . . .                                                       | 283 |
| Měření bod po bodu . . . . .                                                                   | 283 |
| Měření rozmítačem . . . . .                                                                    | 283 |
| Měření na obrazovce s dlouhým dosvitem . . . . .                                               | 284 |
| Měření obdélníkovým průběhem . . . . .                                                         | 285 |
| g) Měření nelineárního zkreslení . . . . .                                                     | 287 |
| h) Měření intermodulačního zkreslení . . . . .                                                 | 289 |
| 18. Měření na obrazových zesilovačích . . . . .                                                | 290 |
| a) Měření kmitočtové charakteristiky zesilovače rozmítačem . . . . .                           | 291 |
| b) Měření přechodné charakteristiky . . . . .                                                  | 292 |
| c) Měření fázové charakteristiky . . . . .                                                     | 292 |
| 19. Měření na vysokofrekvenčních zesilovačích . . . . .                                        | 292 |

|     |                                                                 |     |
|-----|-----------------------------------------------------------------|-----|
| a)  | Sladění vysokofrekvenčního zesilovače . . . . .                 | 293 |
| b)  | Měření na rezonančních obvodech . . . . .                       | 294 |
|     | Měření činitele jakosti . . . . .                               | 294 |
|     | Indikace závitových zkratů . . . . .                            | 296 |
|     | Měření činitele vazby vázaných obvodů . . . . .                 | 296 |
| 20. | Měření na modulačních a demodulačních obvodech . . . . .        | 297 |
| a)  | Nastavení modulatoru vysílače s amplitudovou modulací . . . . . | 297 |
|     | Metoda inusového průběhu . . . . .                              | 297 |
|     | Metoda lichoběžníkového obrazce . . . . .                       | 299 |
| b)  | Nastavení detektoru pro frekvenční modulaci . . . . .           | 300 |
| 21. | Měření impulsových průběhů . . . . .                            | 301 |
| a)  | Zobrazení čela impulsu . . . . .                                | 301 |
| b)  | Stanovení správné doby náběhu impulsu . . . . .                 | 301 |
| c)  | Měření se zpožděnou časovou základnou . . . . .                 | 303 |
|     | Použití osciloskopu se dvěma základnami . . . . .               | 303 |
|     | Použití dvou osciloskopů . . . . .                              | 305 |
| d)  | Měření časových intervalů u neperiodických impulsových průběhů  | 307 |
|     | Synchronizace generátoru značek měřeným průběhem . . . . .      | 308 |
|     | Synchronizace generátoru značek a generátoru měřeného impulsu   |     |
|     | společným základním oscilátorem . . . . .                       | 309 |
| 22. | Měření voltampérových charakteristik . . . . .                  | 310 |
| a)  | Význam snímání charakteristik osciloskopem . . . . .            | 311 |
| b)  | Základní zapojení pro snímání charakteristik . . . . .          | 312 |
|     | Charakteristiky diod . . . . .                                  | 312 |
|     | Charakteristiky elektronek . . . . .                            | 314 |
|     | Charakteristiky tranzistorů . . . . .                           | 316 |
| c)  | Dokonalejší snímače charakteristik . . . . .                    | 317 |
| d)  | Zobrazení křivky strmosti elektronky . . . . .                  | 320 |
| 23. | Různá další měření . . . . .                                    | 320 |
| a)  | Měření magnetických vlastností . . . . .                        | 320 |
| b)  | Měření průběhu světelného toku v závislosti na čase . . . . .   | 322 |
| c)  | Měření vlastností závěrky fotografického přístroje . . . . .    | 322 |
|     | Metoda záznamu pomocí měřeného přístroje . . . . .              | 322 |
|     | Metoda záznamu dalším přístrojem nebo obrazovkou s dlouhým      |     |
|     | dosvitem . . . . .                                              | 323 |
| d)  | Měření otáček . . . . .                                         | 325 |
| e)  | Měření vibrací . . . . .                                        | 325 |
| 24. | Použití osciloskopu ve vyučování . . . . .                      | 326 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Seznam literatury . . . . . | 327 |
|-----------------------------|-----|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Rejstřík . . . . . | 331 |
|--------------------|-----|