

Václav Žalud

# **MODERNÍ RADIOELEKTRONIKA**

Praha 2000



Václav Žalud

## **MODERNÍ RADIOELEKTRONIKA**

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.

© Doc. Ing. Václav Žalud CSc. 2000

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

Václav Žalud: Moderní radioelektronika

BEN – technická literatura, Praha 2000

1. vydání

**ISBN 80-86056-47-3**

# MODERNÍ RADIOELEKTRONIKA

<b>1.</b>	<b>ÚVOD DO TEORIE SIGNÁLŮ .....</b>	<b>17</b>
<b>2.</b>	<b>MODULACE .....</b>	<b>75</b>
<b>3.</b>	<b>ZDROJOVÉ A KANÁLOVÉ KÓDOVÁNÍ, EKVALIZACE, DIVERZITA .....</b>	<b>263</b>
<b>4.</b>	<b>DVOJBRANY V RADIOELEKTRONICE .....</b>	<b>331</b>
<b>5.</b>	<b>VYSOKOFREKVENČNÍ A MIKROVLNNÉ ZESILOVAČE ....</b>	<b>375</b>
<b>6.</b>	<b>NELINEÁRNÍ OBVODY .....</b>	<b>419</b>
<b>7.</b>	<b>RŮZNÉ ZPŮSOBY RÁDIOVÉHO PŘENOSU .....</b>	<b>459</b>
<b>8.</b>	<b>DRUŽICOVÉ RADIOKOMUNIKAČNÍ SYSTÉMY .....</b>	<b>485</b>
<b>9.</b>	<b>POZEMNÍ MOBILNÍ RÁDIOVÁ KOMUNIKACE .....</b>	<b>505</b>
<b>10.</b>	<b>DIGITÁLNÍ ROZHLAS DAB A DIGITÁLNÍ TELEVIZE DVB ...</b>	<b>563</b>
<b>11.</b>	<b>RÁDIOVÉ VYSÍLAČE, PŘIJÍMAČE A SOFTWAREOVÉ RÁDIO .....</b>	<b>591</b>

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>12</b>
<b>TEORETICKÉ ZÁKLADY RADIOELEKTRONIKY .....</b>	<b>16</b>
<b>1. ÚVOD DO TEORIE SIGNÁLŮ .....</b>	<b>17</b>
1.1 Deterministické elektrické signály .....	17
1.1.1 Klasifikace elektrických signálů .....	17
1.1.2 Spektrální analýza deterministických signálů .....	20
1.1.3 Fourierova transformace .....	26
1.1.4 Diskrétní Fourierova transformace a rychlá Fourierova transformace .....	33
1.1.5 Hilbertova transformace .....	35
1.1.6 Korelační a autokorelační funkce .....	35
1.1.7 Funkce delta a jednotková skoková funkce .....	39
1.2 Náhodné signály a šum .....	40
1.2.1 Základní pojmy .....	40
1.2.2 Hustota pravděpodobnosti, pravděpodobnostní distribuční funkce .....	42
1.2.3 Střední hodnoty .....	45
1.2.4 Některé funkce hustoty pravděpodobnosti a distribuční funkce .....	46
1.2.5 Autokorelační a korelační funkce .....	49
1.2.6 Spektrální analýza náhodných signálů .....	50
1.2.7 Příklady náhodných signálů .....	51
1.2.8 Šum .....	53
1.3 Úvod do teorie radioelektronických systémů .....	56
1.3.1 Základní klasifikace radioelektronických systémů .....	56
1.3.2 Systémy se soustředěnými parametry .....	58
1.3.3 Systémy s rozloženými parametry, přenosová vedení .....	59
1.3.4 Přenos determinovaných signálů lineárními systémy .....	62
1.3.5 Nezkreslený přenos, ideální dolní propust a pásmová propust .....	66
1.3.6 Pulzní odezva ideální dolní propusti a ideální pásmové propusti .....	68
1.3.7 Komplexní obálka pásmových signálů .....	70
<b>2. MODULACE .....</b>	<b>75</b>
2.1 Rádiové komunikační systémy .....	75
2.1.1 Obecné schéma rádiového komunikačního systému .....	75
2.1.2 Přenosová kapacita rádiového komunikačního systému .....	78
2.1.3 Modulace a jejich klasifikace .....	80
2.2 Analogové modulace .....	84
2.2.1 Amplitudová modulace AM .....	85
2.2.2 Odvozené amplitudové modulace DSB, SSB, ISB, VSB a QAM .....	94
2.2.3 Kmitočtová modulace FM a fázová modulace PM .....	110
2.2.4 Modulátory pro modulace FM a modulace PM .....	122

2.2.5	Demodulátory pro modulace FM a modulace PM .....	128
2.2.6	Vzájemné porovnání analogových modulací .....	141
2.3	Diskrétní modulace v základním pásmu .....	143
2.3.1	Přednosti diskretních modulací .....	143
2.3.2	Nekódované modulace PAM, PPM, PWM, vzorkovací teorém .....	145
2.3.3	Impulzová kódovaná modulace PCM .....	151
2.3.4	Šum v systémech PCM.....	154
2.3.5	Odvozené impulzové kódované modulace DPCM, DM, ADM .....	157
2.3.6	Formáty signálů pro reprezentaci binárních dat, diferenciální kódování ...	162
2.3.7	Kmitočtová filtrace digitálních signálů v základním pásmu pro nulové intersymbolové interference (Nyquistova strategie) .....	165
2.3.8	Kmitočtová filtrace pro maximalizaci poměru signál/šum (přijímač s přizpůsobeným filtrem, korelační přijímač) .....	172
2.3.9	Korelační kódování .....	174
2.4	Diskrétní modulace s nosnými vlnami .....	180
2.4.1	Základní typy diskretních modulací s nosnými vlnami .....	180
2.4.2	Hlavní parametry diskretních modulací s nosnými vlnami .....	185
2.4.3	Geometrická reprezentace modulovaných signálů, signálový prostor .....	189
2.4.4	Klasifikace digitálních modulací .....	193
2.4.5	Modulace FSK (BFSK, MFSK) .....	197
2.4.6	Modulace PSK v základním provedení (BPSK, D-BPSK, MPSK) .....	199
2.4.7	Modulace QPSK a modulace D-QPSK .....	205
2.4.8	Ofsetová modulace QPSK (O-QPSK) .....	211
2.4.9	Modulace $\pi/4$ -QPSK a modulace $\pi/4$ -DQPSK .....	212
2.4.10	Modulace CPM – obecné vlastnosti .....	215
2.4.11	Modulace MSK .....	220
2.4.12	Modulace GMSK .....	223
2.4.13	Modulace M-QAM (modulace s proměnnou obálkou) .....	231
2.4.14	Další varianty modulací s proměnnou obálkou .....	236
2.4.15	Modulační formáty s více nosnými vlnami MCM, ortogonální kmitočtový multiplex OFDM .....	236
2.4.16	Obnova referenční nosné vlny (CR) a časování symbolů (STR) .....	249
2.4.17	Grafické zobrazení signálů používaných u diskretních modulací .....	253
2.4.18	Vzájemné porovnání diskretních modulací .....	255

### **3. ZDROJOVÉ A KANÁLOVÉ KÓDOVÁNÍ, EKVALIZACE, DIVERZITA..... 263**

3.1	Zdrojové kódování (redukce bitové rychlosti) .....	264
3.1.1	Základní principy zdrojového kódování .....	264
3.1.2	Přehled metod zdrojového kódování elektroakustických signálů .....	265
3.1.3	Zdrojové kódování telefonních hovorových signálů .....	265
3.1.4	Kodek ADPCM pro hovorové signály .....	270
3.1.5	Zdrojové kódování jakostních elektroakustických signálů .....	272
3.1.6	Zdrojové kódování obrazových (video) signálů .....	280

3.2	Kódování kanálu (detekce a korekce chyb) .....	289
3.2.1	Základní pojmy a klasifikace kanálových kódů .....	289
3.2.2	Kanálový detekční kód s paritními bity .....	292
3.2.3	Konvoluční korekční kódy .....	293
3.2.4	Blokové korekční kódy .....	296
3.2.5	Opakované vysílání .....	299
3.2.6	Prokládání (interleaving) .....	300
3.2.7	Řetězové kódy .....	301
3.3	Ekvalizace .....	301
3.3.1	Ekvalizace u analogových radiokomunikačních systémů .....	303
3.3.2	Adaptivní ekvalizace u digitálních radiokomunikačních systémů .....	306
3.3.3	Adaptivní ekvalizér s transversálním filtrem .....	313
3.3.4	Ekvalizér s rozhodovací zpětnou vazbou DFB .....	314
3.4	Diverzitní příjem .....	314
3.4.1	Principy diverzity .....	315
3.4.2	Různé koncepce vytváření nezávislých rádiových kanálů .....	316
3.4.3	Metody sdružování přijímaných signálů .....	318
3.4.4	Příklady systémů pro diverzitní příjem .....	322
3.5	Kódované modulace .....	324
3.6	Porovnání ochranných kanálových kódů .....	328

## **RADIOELEKTRONICKÉ OBVODY A SUBSYSTÉMY**

<b>4.</b>	<b>DVOJBRANY V RADIOELEKTRONICE .....</b>	<b>331</b>
4.1	Admitanční parametry a rozptylové parametry dvojbranů .....	331
4.2	Rozptylové parametry trojbranů .....	334
4.3	Vstupní a výstupní admitance, činitelé odrazu a stabilita .....	338
4.4	Napěťové zesílení a výkonová zesílení .....	343
4.5	Šumové vlastnosti .....	349
4.6	Kmitočtová a nelineární zkreslení .....	356
4.7	Dynamický rozsah .....	360
4.8	Měření šumových a výkonových parametrů dvojbranů .....	362
4.9	Aktivní lineární dvojbrany (bipolární tranzistory, tranzistory řízené elektrickým polem) .....	365
<b>5.</b>	<b>VYSOKOFREKVENČNÍ A MIKROVLNNÉ ZESILOVAČE .....</b>	<b>375</b>
5.1	Úzkopásmové tranzistorové zesilovače .....	375
5.1.1	Používaná zapojení jednostupňových zesilovačů .....	375
5.1.2	Obecný postup návrhu jednostupňových zesilovačů .....	380
5.1.3	Pasivní úzkopásmové vazební obvody .....	382
5.1.4	Několikastupňové úzkopásmové zesilovače .....	388
5.2	Širokopásmové tranzistorové zesilovače .....	389
5.2.1	Širokopásmové zesilovače se zpětnou vazbou .....	391

5.2.2	Širokopásmové zesilovače s reaktančními vazebními obvody .....	394
5.2.3	Širokopásmové zesilovače s rozprostřeným zesílením .....	399
5.2.5	Vzájemné porovnání širokopásmových zesilovačů .....	400
5.3	Výkonové pásmové tranzistorové zesilovače .....	401
5.3.1	Rozdělení výkonových pásmových zesilovačů do pracovních tříd .....	401
5.3.2	Příklady zapojení .....	405
5.3.3	Zjednodušené postupy návrhu .....	408
5.3.4	Konverze AM-AM a AM-PM u výkonových pásmových zesilovačů .....	411
<b>6.</b>	<b>NELINEÁRNÍ OBVODY .....</b>	<b>419</b>
6.1	Směšovače .....	419
6.1.1	Klasifikace směšovačů .....	419
6.1.2	Základní parametry směšovačů .....	420
6.1.3	Příklady konkrétních směšovačů .....	423
6.2	Modulátory a demodulátory .....	430
6.2.1	Diodový kvadrurní modulátor .....	430
6.2.2	Tranzistorový kvadrurní modulátor .....	432
6.2.3	Mnohastavové modulátory MQAM s nelineárními zesilovači .....	433
6.3	Oscilátory .....	436
6.3.1	Základní parametry oscilátorů .....	437
6.3.2	Oscilátory LC se zpětnou vazbou .....	438
6.3.3	Oscilátory se záporným odporem .....	440
6.4	Fázový závěs PLL .....	444
6.4.1	Základní principy .....	444
6.4.2	Aplikace fázového závěsu .....	447
6.5	Návrh vysokofrekvenčních a mikrovlnných obvodů počítačem .....	447
6.5.1	Přednosti a nedostatky návrhu obvodů počítačem .....	447
6.5.2	Charakteristické vlastnosti simulačních programů .....	449
6.5.3	Ukázky analýz radioelektronických obvodů .....	450

## **RÁDIOVÉ KOMUNIKAČNÍ SYSTÉMY**

<b>7.</b>	<b>RÚZNÉ ZPŮSOBY RÁDIOVÉHO PŘENOSU .....</b>	<b>459</b>
7.1	Radiokomunikační systémy s mnohonásobným přístupem (MAP) .....	459
7.2	Obecná klasifikace protokolů mnohonásobného přístupu MAP .....	461
7.3	Protokoly s deterministickým přístupem .....	462
7.4	Protokoly se stochastickým přístupem .....	463
7.5	Protokoly s kódovým dělením CDMA .....	466
7.6	Technika kmitočtového, časového a kódového multiplexu .....	466
7.7	Referenční model OSI .....	475
7.8	Dva základní typy veřejných sítí pro přenos dat (CSPDN a PSPDN) .....	477
7.9	Rádiový přenos simplexní, duplexní a monofrekvenční .....	480
7.10	Synchronní přenosový mód STM a asynchronní přenosový mód ATM ....	482

<b>8.</b>	<b>DRUŽICOVÉ RADIOKOMUNIKAČNÍ SYSTÉMY ....</b>	<b>485</b>
8.1	Radiokomunikační rovnice .....	485
8.2	Systémový zisk .....	490
8.3	Úroňový diagram .....	491
8.4	Přijímací systém pro individuální příjem družicové televize .....	493
8.5	Družicový telemetrický systém s digitální modulací (Mariner 10) .....	497
8.6	Družicový systém Iridium pro globální pozemní komunikaci .....	498
<b>9.</b>	<b>POZEMNÍ MOBILNÍ RÁDIOVÁ KOMUNIKACE .....</b>	<b>505</b>
9.1	Obecné otázky pozemní mobilní radiokomunikace .....	505
9.1.1	Celulární koncepce systémů pozemní mobilní radiokomunikace .....	505
9.1.2	Přehled hlavních systémů pro veřejnou mobilní komunikaci .....	508
9.1.3	Obecný popis veřejného celulárního radiotelefonního systému .....	511
9.1.4	Šíření rádiových vln v pozemních rádiových kanálech .....	517
9.2	Digitální veřejný celulární radiotelefonní systém GSM .....	522
9.2.1	Celková koncepce systému GSM .....	522
9.2.2	Zpracování signálu v systému GSM .....	528
9.2.3	Služby poskytované systémem GSM .....	534
9.3	Bezšňurové telefony, evropský systém DECT .....	538
9.3.1	Charakteristika bezšňurových telefonů .....	538
9.3.2	Celoevropský digitální bezšňurový telefon DECT .....	540
9.3.3	Transceiver mobilní stanice bezšňurového telefonu DECT .....	547
9.4	Veřejný rádiový paging .....	549
9.4.1	Základní koncepce rádiového pagingu .....	549
9.4.2	Evropský pagingový systém ERMES .....	552
9.5	Nejblížší vývoj systémů pozemní mobilní rádiové komunikace .....	554
9.5.1	Evoluční zdokonalování současných systémů .....	554
9.5.2	Univerzální mobilní telekomunikační systém UMTS .....	558
<b>10.</b>	<b>DIGITÁLNÍ ROZHLAS DAB</b>	
	<b>A DIGITÁLNÍ TELEVIZE DVB .....</b>	<b>563</b>
10.1	Digitální rozhlas DAB .....	563
10.1.1	Přechod od analogového rozhlasu k digitálnímu rozhlasu DAB .....	563
10.1.2	Popis systému DAB .....	565
10.1.3	Pozemské systémy T-DAB a družicové systémy S-DAB .....	570
10.1.4	Obecná koncepce vysílačů a přijímačů DAB .....	572
10.2	Digitální televize DVB .....	575
10.2.1	Vývoj digitální televize .....	575
10.2.2	Celková koncepce digitální družicové televize DVB-S .....	576
10.2.2	Digitální pozemská televize DVB-T .....	582
10.2.3	Digitální kabelová televize DVB-C .....	587

<b>11. RÁDIOVÉ VYSÍLAČE, PŘIJÍMAČE A SOFTWAREVÉ RÁDIO .....</b>	<b>591</b>
11.1 Rádiové vysílače pro analogové modulace .....	591
11.1.1 Rozhlasový vysílač AM .....	591
11.1.2 Rozhlasový vysílač FM .....	594
11.2 Rádiové přijímače pro analogové modulace .....	594
11.2.1 Přímozesilující přijímače a přijímače superheterodynní .....	594
11.2.2 Superheterodynní přijímače s dvojitým směřováním, homodyn .....	597
11.3 Rádiové vysílače a přijímače pro digitální modulace .....	599
11.3.1 Reálný digitální rádiový komunikační systém .....	599
11.3.2 Vysílač/přijímač mobilní stanice GSM 900/GSM 1800 .....	601
11.4 Softwarevé rádio pro analogové a digitální modulace .....	603
11.4.1 Softwarevé rádio v analogových rádiových přijímačích a vysílačích .....	603
11.4.2 Softwarevý komunikační přijímač pro analogové modulace .....	611
11.4.3 Softwarevá koncepce přijímače základnové stanice GSM .....	615
11.5 Univerzální rádiová síť BLUETOOTH .....	617
11.5.1 Základní popis .....	618
11.5.2 Zpracování signálu .....	619
11.5.3 Transceiver Bluetooth .....	621
<b>DODATKY .....</b>	<b>623</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>627</b>
<b>REJSTŘÍK .....</b>	<b>635</b>
<b>KNIHY BEN – technická literatura .....</b>	<b>645</b>

# ÚVOD

Vydavatelství ČVUT v Praze vydalo v roce 1993 knižní monografii s názvem **RADIO-ELEKTRONIKA**. Uvedená publikace se setkala s příznivým ohlasem, což svědčí o tom, že v našich nových společensko-ekonomických podmínkách je o tento velmi důležitý obor slaboproudé elektrotechniky stále značný zájem, a že by mu tedy měla být věnována náležitá pozornost. Vzhledem k tomu, že uvažovaná publikace již není na knižním trhu delší dobu k dispozici, je nyní předkládána nakladatelstvím technické literatury BEN odborné čtenářské veřejnosti zcela přepracované vydání.

Počátky radioelektroniky, nebo spíše jejího nejdůležitějšího odvětví – rádiové komunikace, spadají již do konce minulého století. Po Hertzových experimentech s vyzařováním elektromagnetických vln uskutečňuje v roce 1894 Lodge první rádiové spojení na vzdálenost 150 yardů, v roce 1896 Marconi realizuje v praxi již využitelné radiotelegrafní spojení na vzdálenost několika mil, a v roce 1901 se rovněž Marconimu daří uskutečnit rádiový přenos dokonce již přes oceán. První vysílače byly založeny na principech „jiskrové“ telegrafie, k získávání větších vysílacích výkonů potom musely používat speciální alternátory, schopné generovat nosné vlny o kmitočtech až několika desítek kilohertzů a o výkonech až několika desítek kilowatů. Doslova revolučním krokem vpřed v rozvoji techniky rádiové komunikace však byl až Flemingův objev vakuové diody v roce 1904, za níž přichází po dvou letech Lee De Forestova vakuová zesilovací trioda. Diody se začaly uplatňovat v detektorech přijímačů, kde úspěšně nahradily dosavadní technicky méně dokonalé typy (detektory elektrolytické apod.). Triody potom byly vůbec první elektronickou aktivní součástí, umožňující realizaci zesilovačů. Armstrong a Colpitts však již v roce 1912 využívají triody také v elektronických zpětnovazebních oscilátorech, v roce 1913 se pak objevuje první anodový modulátor pro amplitudovou modulaci. A právě díky těmto obvodům, mohlo být již v roce 1920 zahájeno v Pittsburgu v USA první veřejné rozhlasové vysílání. V Evropě měla primát rozhlasová stanice v Berlíně, pracující na vlnové délce 400 metrů s výkonem 1 kW, která byla uvedena do provozu v roce 1923. Koncem dvacátých let předvádí Zworikin svůj elektronický televizní systém, k výraznému rozvoji veřejného televizního vysílání však dochází až asi o dvacet let později.

Okolo roku 1930 se začaly provozovat také první radiotelefonní systémy, určené zpočátku jen pro neveřejné instituce. Do druhé poloviny této dekády je pak datován nástup a vzápětí nato i intenzivní rozvoj rádiové lokace, nepochybně podnětený očekávanou válkou. Ve válečném období se výzkum, ale i nasazení všech uvedených radiokomunikačních prostředků do provozu doslova explozivně urychlilo. Tehdy také začal prudce vzrůstat zájem o rádiovou navigaci a o prostředky „protielektronického boje“. Připomeňme si, že radioelektronická zařízení byla tehdy stále ještě realizována v oblasti nižších kmitočtů diskrétními pasivními prvky a vakuovými aktivními součástkami, v mikrovlnné oblasti se potom používaly klasické mikrovlnné obvody s rozprostřenými parametry.

V prvních poválečných letech se začíná ve vyspělých zemích výrazněji prosazovat rozhlas FM v pásmech velmi krátkých vln a také veřejné televizní vysílání, nejprve monochromatické, později i barevné. V tomto období se však nejrůznější vysokofrekvenční

a mikrovlnná zařízení počínají stále častěji uplatňovat i mimo rámec rádiové komunikace. Objevují se nové aplikace ve vědě, v medicíně, v průmyslu, v dopravě a zemědělství, v zábavní oblasti apod.

Rozvoj radioelektroniky v poválečných letech byl významně ovlivněn první úspěšnou realizací tranzistoru v roce 1948, který bývá označován za jeden z nejdůležitějších objevů dvacátého století. Neméně důležitý byl ovšem za deset let nato přicházející nástup monolitických integrovaných obvodů, které totiž umožňovaly realizaci stále složitějších radioelektronických zařízení, vyznačujících se miniaturními rozměry, nízkou hmotností, velkou spolehlivostí, relativně nízkou cenou a dalšími přednostmi.

Jednou z nejdůležitějších aplikací radioelektroniky je od šedesátých let družicová rádiová komunikace. První družicové systémy používaly aktivní retranslátory umístěné na nestacionárních družicích, přičemž byly určeny výhradně pro neveřejné účely. V sedmdesátých letech však byla kosmická technika již schopna realizovat také stacionární radiokomunikační družice. To potom umožnilo rozvíjet rychlým tempem družicové televizní vysílání pro individuální účastníky. V současné době prochází obdobím bouřlivého rozvoje již plně digitální družicová televize a také digitální družicový rozhlas, a to jak pro stacionární, tak mobilní pozemní přijímače.

Dalším z intenzivně rozvíjených oborů rádiové komunikace se stala v nedávném období pozemní mobilní rádiová komunikace, a zejména její nejatraktivnější odvětví – veřejné celulární radiotelefonní systémy. Analogové celulární systémy budované v Evropě i jinde již od počátku osmdesátých let jsou postupně doplňovány a nahrazovány systémy digitálními, které mají řadu výhod, především pak vyšší kvalitu přenosu, širší nabídku poskytovaných služeb, možnost mezinárodních spojení apod. Podobný vývoj probíhal i v oblasti bezšňůrových telefonů a systémů radiového pagingu. Již v prvních letech nového 21. století však budou všechny tyto prostředky veřejné mobilní komunikace postupně konvergovat a společně s perspektivními fixními systémy vytvářet univerzální globální telekomunikační systémy. Pozemní radiokomunikace tak dynamikou rozvoje předstihuje na přelomu století prakticky většinu ostatních radiokomunikačních služeb.

Druhé vydání této monografie se zabývá celou řadou základních problémů radioelektroniky. Na rozdíl od prvního vydání zde však jsou redukovány teoretické partie, neboť kniha není teoretickou učebnicí, nýbrž je zaměřena především na aplikovanou teorii a zejména na praktické aspekty daného oboru. Náležitá pozornost je věnována otázkám analogových a především diskrétních modulací, otázkám zdrojového a kanálového kódování a dále problematice ekvalizace a diverzity. Následující články zabývající se obvodovým řešením různých radioelektronických obvodů jsou vůči prvnímu vydání však rovněž omezeny, neboť moderní přístup návrhu těchto obvodů je založen již téměř výhradně na použití výpočetní techniky (CAD), což ovšem rovněž vybočuje z daného tematického rámce této publikace.

Naproti tomu zde jsou podrobněji zpracovány články pojednávající o různých moderních radiokomunikačních systémech, zmíněných výše. Probírají se zde základní otázky družicové radiokomunikační techniky, obecný výklad je potom doplněn konkrétním po-

pisem družicového systému analogové televize, dále digitálního telemetrického systému a družicového systému pro mobilní komunikaci IRIDIUM. Značná pozornost je věnována prostředkům pro pozemní mobilní komunikaci, a to mobilním telefonům GSM a bezšňůrovým telefonům DECT, stručně se probírají i pagingové systémy. V příslušných souvislostech je zde také naznačen evoluční vývoj těchto systémů v nejbližších letech, který bude vyústit do evropského Univerzálního mobilního telekomunikačního systému UMTS a později i do celosvětového systému IMT2000. Pozornost je věnována rovněž problematice digitálního rozhlasu DAB a digitální televize DVB. Stručnou kapitolou pojednávající o rádiových vysílačích a přijímačích, a to jak v konvenčním tak v tzv. softwarovém provedení, je kniha zakončena.

Celá publikace je koncipována tak, aby byla srozumitelná – zejména v aplikačních partiích – co nejširšímu okruhu čtenářů, tedy inženýrům, technikům ale i vyspělým radioamatérům. Úvodní teoretické kapitoly potom mohou pomoci pracovníkům s důkladnějšími teoretickými znalostmi proniknout hlouběji do podstaty některých složitých problémů, které nelze bez určitého matematického aparátu beze zbytku zvládnout.

Na závěr by chtěl autor poděkovat všem, kteří se podíleli na přípravě této publikace. Byl to především Ing. Josef Dobeš, CSc. z Elektrotechnické fakulty ČVUT v Praze, který zpracoval stručné, avšak výstižné partie pojednávající o velmi aktuální problematice návrhu radioelektronických obvodů počítačem [čl. 6.5]. Svůj dík by chtěl vyjádřit také recenzentům publikace, a to Doc. Ing. Pavlu Zörnigovi, CSc., Ing. Františku Straňákovvi, CSc., Doc. Ing. Borisi Šimákovi, CSc. a Ing. Josefu Skálovi, za jejich cenné připomínky při konečné úpravě rukopisu. V neposlední řadě patří autorův dík i panu Jaroslavu Duškovi/st., za pečlivé překreslení obrázků.

Jakékoliv dotazy nebo kritické připomínky ke knize, tedy k její věcné náplni, formálnímu provedení, rozsahu apod., mohou čtenáři zasílat na adresu vydavatelství BEN – technická literatura nebo přímo na e/mailovou adresu autora: [zalud@fel.cvut.cz](mailto:zalud@fel.cvut.cz)

**Malé Horky 2**

**Václav Žalud**