

OBSAH

1.	ÚVOD	9
1.1.	Úloha a poslání mikroelektroniky	9
1.2.	Charakteristika rozvoje integrovaných obvodů	10
1.2.1.	Integrace součástek	11
1.2.2.	Integrace funkce	12
1.3.	Problémy aplikace integrovaných obvodů	18
2.	PROJEKTOVÁNÍ INTEGROVANÝCH OBVODŮ LSI	19
2.1.	Postup při projektování IO	19
2.1.1.	Důvody pro automatizaci návrhu	20
2.1.2.	Systém programů pro automatizovaný návrh IO	21
2.1.3.	Systémy programů pro návrh podle vzoru („ruční návrh“)	23
2.2.	Modelování systémů na úrovni meziregistrových přenosů	24
2.2.1.	Skupinové schéma počítače	24
2.2.2.	Instrukce	27
2.2.3.	Vývojový diagram počítače	29
2.2.4.	Popis hypotetického počítače v jazyku CDL	30
2.3.	Modelování na úrovni logické funkce	34
2.3.1.	Konvenční simulátory	35
2.3.2.	Simulátory logické funkce se vstupními údaji získanými přímo z masek	37
2.3.3.	Reprezentace smíšeného schématu grafem	41
2.3.3.1.	Svaz	43
2.3.3.2.	Směr hran	44
2.3.3.3.	Stavy signálů	45
2.3.3.4.	Pravdivostní tabulky hran a vrcholů typu A, OU	46
2.3.3.5.	Pravdivostní tabulky vrcholů typu L, LM	48
2.3.4.	Simulátor LOMACH — MIXED	50
2.4.	Modelování na úrovni elektrického schématu	51
2.4.1.	Modelování elementárních prvků	54
2.4.2.	Zvětšení kapacity elektrických simulátorů	56
2.4.2.1.	Zjednodušená časová simulace	56
2.4.2.2.	Makromodely	58
2.4.2.3.	Princip latentnosti	60
2.4.2.4.	Hybridní simulace	62
2.4.2.5.	Paralelní zpracování dat	64
2.4.3.	Elektrické a hybridní simulátory pro návrh IO v ČSSR	64
2.4.3.1.	Program SIC	65
2.4.3.2.	Program HSIC	67
2.4.3.3.	Program REGRES	68
2.4.4.	Shrnutí	69
2.5.	Návrh masek integrovaných obvodů	70
2.5.1.	Návrh integrovaných obvodů symbolickým jazykem	71
2.5.2.	Návrh integrovaných obvodů na bázi standardních buněk	75
2.5.3.	Návrh integrovaných obvodů na bázi hradlových polí	79

2.5.4.	Návrh integrovaných obvodů velmi velké integrace	81
2.5.5.	Verifikace návrhu masek	82
2.6.	Zvláštnosti návrhu analogových integrovaných obvodů	85
2.7.	Diagnostika IO LSI	90
2.7.1.	Účel diagnostiky pro IO LSI	90
2.7.2.	Návrh snadno testovatelných obvodů	92
2.7.3.	Volba modelu poruch a minimalizace poruch	94
2.7.4.	Simulace bezporuchového obvodu	96
2.7.5.	Simulace obvodu s poruchami	96
2.7.6.	Generování testu	97
2.7.7.	Lokalizace poruch	99
3.	TECHNOLOGIE VÝROBY INTEGROVANÝCH OBVODŮ LSI	
3.1.	Definice pojmů	103
3.2.	Technologie materiálu	110
3.2.1.	Funkční a nosné materiály v mikroelektronice	110
3.2.2.	Výroba monokrystalu	111
3.2.3.	Čištění monokrystalu od strukturních nečistot	112
3.2.4.	Dotace monokrystalu	113
3.2.5.	Krystalografická orientace	113
3.2.6.	Řezání krystalu na desky	114
3.2.7.	Broušení desek	114
3.2.8.	Leštění desek	114
3.2.9.	Leptání desek	115
3.2.10.	Mytí desek	115
3.2.11.	Podložky (substráty) integrovaných obvodů	115
3.2.12.	Epitaxe	115
3.2.13.	Oxidace a nitridace	115
3.3.	Technologie obvodových motivů	116
3.3.1.	Operace pro výrobu integrovaného obvodu	116
3.3.2.	Sled operací pro vytvoření tranzistoru	119
3.3.3.	Závěrečná operace	121
3.3.4.	Podrobnosti technologických operací	121
3.3.4.1.	Litografie	121
3.3.4.2.	Leptání	144
3.3.4.3.	Nanášení materiálu	147
3.3.4.4.	Oxidace křemíku	151
3.3.4.5.	Způsoby lokální dotace	154
3.3.4.6.	Vytváření spojů	156
3.4.	Obvodové principy logických obvodů	159
3.5.	Trendy technologie integrovaných obvodů	163
3.6.	Montážní technologie	165
3.7.	Organizace výroby integrovaných obvodů LSI. Organizace výrobní linky a činnosti na jednotlivých pracovištích	169
3.7.1.	Podmínky zabezpečující potřebné výtěžnosti hromadných operací	171
3.7.2.	Pracovní masky	174
3.7.3.	Fotolitografické procesy	175
3.7.4.	Vysokoteplotní procesy	176
3.7.5.	Iontová implantace	177
3.7.6.	Leptání a praní po leptání	178
3.7.7.	Metalizace	179
3.7.8.	Mezioperační kontroly	179
3.7.9.	Montážní operace	182
3.7.10.	Výstupní kontrola	183
3.7.11.	Problémy bezpečnosti práce	184
3.7.12.	Další zlepšování technologie hromadné výroby složitých obvodů	184

3.8.	Řízení technologického postupu s využitím výpočetní techniky	185
3.9.	Magnetické bublinové paměti	191
3.9.1.	Základní pojmy a princip činnosti	191
3.9.2.	Fyzika magnetických domén	192
3.9.2.1.	Výměnná energie	192
3.9.2.2.	Energie anizotropie	193
3.9.2.3.	Magnetostatická energie	194
3.9.2.4.	Blochova stěna	195
3.9.2.5.	Doménová struktura v jednoosých látkách	196
3.9.3.	Funkční prvky bublinových pamětí	200
3.9.3.1.	Translační prvky	201
3.9.3.2.	Generace, replikace, detekce a anihilace bublin	203
3.9.3.3.	Bublinový čip a jeho organizace	204
3.9.4.	Bublinové materiály a výroba čipů	204
3.9.4.1.	Krystaly GGG	206
3.9.4.2.	Epitaxní vrstvy	206
3.9.4.3.	Zhotovení nadstruktury	207
3.9.5.	Mechanická struktura MBP	208
3.9.6.	Přehled komerčních bublinových pamětí a jejich použití	209
3.9.6.1.	Podpůrné integrované obvody	211
3.9.6.2.	Přednosti MBP	211
3.9.6.3.	Použití MBP	212
3.9.7.	Prognóza MBP	213

4. MĚŘENÍ INTEGROVANÝCH OBVODŮ A MĚŘICÍ TECHNIKA

4.1.	Úkol měření	217
4.1.1.	Strategie měření ve výrobě	218
4.1.2.	Technické podmínky	219
4.2.	Zjišťování spolehlivosti u výrobce i uživatele	220
4.2.1.	Zkoušky spolehlivosti	221
4.3.	Měření elektrických parametrů technologie	224
4.3.1.	Parametry elektrického modelu	226
4.4.	Měření integrovaných obvodů LSI	227
4.4.1.	Měření statických parametrů	227
4.4.2.	Dynamické parametry	231
4.4.3.	Testování logické funkce	232
4.4.4.	Měření za mezních teplot	233
4.4.5.	Měření pro spolehlivostní zkoušky	234
4.5.	Zpracování výsledků měření a testů	234
4.6.	Organizace testovacího pracoviště	240
4.7.	Měřicí technika	242
4.7.1.	Technika pro měření elektrických parametrů technologie	242
4.7.2.	Technika pro měření laboratorních vzorků	243
4.7.3.	Technika pro měření funkčních vzorků	243
4.7.3.1.	Minipočítač a jeho konfigurace	243
4.7.3.2.	Sestava testeru	244
4.7.3.3.	Potřebné jednotky a moduly	244
4.7.3.4.	Programové vybavení	245
4.7.4.	Technika pro testování ve výrobě	245

5. OBLASTI A METODY VYUŽITÍ INTEGROVANÝCH OBVODŮ VLSI

5.1.	Rozvoj integrovaných obvodů VLSI ve světě	248
5.2.	Oblasti současných i budoucích aplikací integrovaných obvodů VLSI	256

5.2.1.	Výpočetní technika	257
5.2.1.1.	Počítač páté generace	258
5.2.1.2.	Malé stolní počítače	259
5.2.1.3.	Kancelářská a organizační technika	259
5.2.1.4.	Aplikace mikroprocesorů a jednočipových mikropočítačů	260
5.2.2.	Robotika	261
5.2.3.	Automobilová technika	263
5.2.3.1.	Perspektiva rozvoje automobilové techniky z hlediska použití elektroniky	264
5.2.4.	Spotřební elektronika	267
5.2.4.1.	Další rozvoj spotřební elektroniky	269
5.2.5.	Zdravotnictví	269
6.	EKONOMICKÝ VÝZNAM MIKROELEKTRONIKY	273
6.1.	Přínosy mikroelektroniky v oblasti použití	273
6.2.	Ekonomie výroby integrovaných obvodů	275
7.	ZÁVĚR	279
7.1.	Perspektivy rozvoje aplikací integrovaných obvodů VLSI	279
7.2.	Perspektivy rozvoje technologie	281
8.	PŘEHLED NEJPOUŽÍVANĚJŠÍCH TECHNOLOGIÍ	286
9.	SLOVNÍK	302
10.	REJSTRÍK	312