

1	ÚVOD	11
2	ZÁKLADY HLEDÁNÍ PORUCH	15
2.1	ZÁKLADNÍ ODBORNÉ POJMY	15
2.2	PŘÍČINY CHYB, MECHANISMY CHYB A MODELÝ CHYB	17
2.2.1	<i>Příčiny chyb ve vývoji a v servisu</i>	<i>17</i>
	Příčiny chyb ve vývoji	17
	Příčiny poruch v servisu	22
2.2.2	<i>Chybové mechanizmy a chybové hypotézy</i>	<i>24</i>
	Chybové mechanizmy v polovodičích	25
	Chybové mechanizmy v zařízeních nebo funkčních jednotkách	31
	Chybové mechanizmy podmíněné prostředím	31
2.2.3	<i>Modely chyb</i>	<i>32</i>
2.3	TESTOVACÍ A DIAGNOSTICKÉ PRINCIPY	34
2.3.1	<i>Testovací a zkušební postupy</i>	<i>34</i>
2.3.2	<i>Kritéria kvality zkušebního postupu</i>	<i>35</i>
2.3.3	<i>Úrovně testování, rozsah testování, tvrdost testů</i>	<i>37</i>
	Stav techniky	42
	Neúplnost při testování	50
	Příčiny nedostatečné tvrdosti testu, popřípadě nedostatečného pokrytí ...	52
2.3.4	<i>Návrh systému z hlediska testování a servisu</i>	<i>54</i>
2.4	ROZPOZNÁVÁNÍ PORUCH (VERIFIKACE)	61
2.4.1	<i>Pozorování a sledování normálních průběhů</i>	<i>61</i>
2.4.2	<i>Sledování diagnostických průběhů</i>	<i>61</i>
2.4.3	<i>Rozpoznávání přechodných poruch (krátkodobých výpadků)</i>	<i>64</i>
2.4.4	<i>Zahořovací testy (burn-in-tests)</i>	<i>65</i>
2.5	LOKALIZACE PORUCH	66
2.5.1	<i>Strategie hledání poruch</i>	<i>66</i>
2.5.2	<i>Logické uvažování při hledání poruch</i>	<i>66</i>
2.5.3	<i>Sledování průběhu nebo sledu signálů</i>	<i>69</i>
	Časové poměry při testování	70
	Metody sledování signálů	70
	Jmenovité chování	76
	Jednoduché příklady	76
	Latentní poruchy a sledování signálů	80
	Zpětná vazba v průbězích signálu	80
2.5.4	<i>Sledování signálu při neúplné dokumentaci</i>	<i>83</i>
2.5.5	<i>Principy brokovnice (shotgun principles)</i>	<i>84</i>
2.6	VYMĚŇOVAT NEBO MĚŘIT?	84

2.7	„OBRÁCENÁ“ VÝMĚNNÁ METODA: TESTERY A REFERENČNÍ ZAŘÍZENÍ (MASTER MACHINE)	87
2.7.1	<i>Testery, simulátory a testovací pomůcky</i>	88
2.7.2	<i>Referenční zařízení (master machines)</i>	89
2.8	DIFERENČNÍ DIAGNOSTIKA	90
3	VESTAVĚNÉ PROSTŘEDKY PRO TESTOVÁNÍ A HLEDÁNÍ PORUCH	91
3.1	Přehled	91
3.2	Rozpoznávání poruch on line	94
3.2.1	Zdvojování (dvojnásobná redundance)	94
	Princip Master – Checker (hlavní zapojení – kontrolní zapojení)	95
	Hledání poruch u dvojnásobné redundance	95
3.2.2	<i>Kontrola paritou</i>	99
	Obvody pro kontrolu parity na paralelních informačních vedeních	100
	Účinnost kontroly paritou	104
3.2.3	<i>Kontrolní kódy CRC</i>	106
	Účinnost kontroly CRC	108
	Cyklické kódy jako základ komprese testových dat	110
3.2.4	<i>Časové kontroly a měření času</i>	110
	Metody kontroly času	110
	Měření času	114
	Obvody pro kontrolu a měření času	115
	Testování prvků pro kontrolu a měření času	126
3.2.5	<i>Další testy plauzibility</i>	128
3.2.6	<i>Hlídaní podmínek prostředí a provozních podmínek</i>	130
	Minimální technické požadavky	131
	Základní zapojení	133
	Kontrola napětí	135
	Kontrola teploty	139
	Ochrana před krádeží a sabotáží	140
	Příklad hlídacího integrovaného obvodu	140
3.2.7	<i>Ochranná opatření</i>	142
3.3	POZOROVATELNOST A DOSAŽITELNOST	143
3.3.1	<i>Nejjednodušší formy přístupnosti</i>	143
3.3.2	<i>Testovací rozhraní</i>	147
3.3.3	<i>Dotazovací čili serializační princip</i>	148
3.3.4	<i>Adresovací čili deserializační princip</i>	152
3.3.5	<i>Posuvná čili skenovací metoda</i>	156
	Princip	156
	Level Sensitive Scan Design (LSSD)	157
	Skenování s náhodným přístupem (Random Access Scan)	160
	Scan/Set Princip	161
	Boundary Scan	161

3.3.6	<i>Pozorovatelnost a dosažitelnost ve vlastních konstrukcích</i>	169
3.4	VESTAVĚNÉ AUTOTESTOVACÍ A JINÉ TESTOVACÍ PROSTŘEDKY	170
3.4.1	<i>Autotestovací prostředky</i>	170
3.4.2	<i>Pseudonáhodné testy</i>	171
3.4.3	<i>Sběrnice s vysokou impedancí</i>	173
3.4.4	<i>Strom z logických členů NAND</i>	173
3.4.5	<i>Testovací prostředky v programovatelné logice</i>	175
3.4.6	<i>Hlídací a testovací prostředky ve výkonových zapojeních</i>	176

4 TECHNIKA MĚŘENÍ A TESTOVÁNÍ..... 179

4.1	ZÁKLADY	179
4.1.1	<i>K volbě měřicích a testovacích přístrojů</i>	179
4.1.2	<i>Základní technická data</i>	180
4.1.3	<i>Chyby měření, citlivost, rozlišovací schopnost</i>	182
	Chyby (neurčitosti) měření	182
	Citlivost	185
	Rozlišovací schopnost	185
	Volba přístroje	186
	Chyby podmíněné měřicím uspořádáním	187
	Cejchování/kalibrace	188
4.2	MĚŘENÍ ZÁKLADNÍCH ELEKTRICKÝCH VELIČIN	188
4.2.1	<i>Měřicí přístroje pro napětí a proud</i>	188
	Analogové měřicí přístroje	188
	Číslicové měřicí přístroje	193
4.2.2	<i>Měření napětí</i>	195
	Praktická zapojení	200
	Napájení číslicových přístrojů	201
	Problémy s rušením u stejnosměrných měření	203
	Přesnější měření napětí: měření proti zvýšenému napětí (zvednutí)	204
	Měření vysokého napětí	205
4.2.3	<i>Měření proudu</i>	207
	Měření proudu bez rozpojení	210
	Otázky z praxe	212
	Měření napětí na nízkoohmových odporech: čtyřdrátové připojení (Kelvin sensing)	215
4.2.4	<i>Současné měření proudu a napětí</i>	216
4.2.5	<i>Měření odporu</i>	216
	Určování odporu z proudu a napětí	217
	Přímo ukazující měřiče odporu (ohmmetry)	217
	Přesné měření odporů	219
	Určení vnitřního odporu měřicího přístroje	220
4.2.6	<i>Měření výkonu</i>	221
4.2.7	<i>Kompenzační metody měření</i>	221

4.2.8	<i>Měření střídavých veličin</i>	224
	Měření napětí a proudu	224
	Měření výkonu	226
4.2.9	<i>Měřicí můstky</i>	228
4.2.10	<i>Měření frekvence</i>	229
4.2.11	<i>Analogové stimuly</i>	231
	Zdroje stejnosměrného napětí	231
	Síťové napájecí zdroje a (laboratorní) síťové napájecí přístroje	231
	Zátěže	236
4.3	OSCILOSKOPY	240
4.3.1	<i>Běžný (analogový) osciloskop</i>	240
	Konstrukce	240
	Přehled funkčních jednotek	242
	Paměťové osciloskopy	248
4.3.2	<i>Digitální paměťový osciloskop (DSO)</i>	248
	Konstrukce	248
	Základy vzorkování signálu	250
	Elementární souvislosti v časové oblasti	254
	Rozpoznávání špičkových hodnot	260
	Metody vzorkování	264
4.3.3	<i>Charakteristické hodnoty</i>	266
	Všeobecné charakteristiky	266
	Charakteristické hodnoty digitálních paměťových osciloskopů	272
4.3.4	<i>Volba a testování osciloskopů</i>	275
	Analogový nebo digitální?	275
	Co nám osciloskop ukáže	278
	Testování osciloskopů	281
	Testovací zapojení	282
	Příklady měření	286
4.3.5	<i>Měřicí praxe</i>	293
	Základní nastavení	293
	Pracovní režimy (1) Režim Y-t (zobrazení časového průběhu signálu)	295
	Pracovní režimy (2): režim X-Y	299
	Různé praktické rady	302
	Spouštění	306
	Režimy spouštění	306
	Volba zdroje spouštěcího signálu	307
	Připojení signálu	310
	Zvláštnosti	315
	Adaptace	316
4.4	TESTOVÁNÍ V ČÍSLICOVÉ (DIGITÁLNÍ) TECHNICE	321
4.4.1	<i>Základy</i>	321
	Analogové a digitální testování	321
	Adaptace	323
	Příprava stimulu	334
4.4.2	<i>Logický analyzátor</i>	346
	Přehled funkčních jednotek	347

	Metody záznamu	349
	Základy zachycování binárních signálů	350
	Spouštění	356
	K praktickému používání	361
4.4.3	<i>Příznaková analýza</i>	364
	Příznakový analyzátor	364
	Příznaková analýza jako vestavěný autotestovací prostředek	368
	Kompresi testových dat pomocí příznaků	372
4.4.4	<i>Prokazování událostí a spouštění</i>	373
	Další příklady zapojení pro sekvenční analýzu	379
4.4.5	<i>Čítání a čítače</i>	392
5	ÚVOD DO PRAXE TESTOVÁNÍ A HLEDÁNÍ CHYB	403
5.1	TESTOVÁNÍ SOUČÁSTEK	403
5.1.1	<i>Testovací metody a prostředky</i>	403
5.1.2	<i>Testování v zapojení</i>	404
	Očividné příznaky chyb	404
	Sledování signálu	405
	Dva triky pro hledání chyb	407
	Testy „in-circuit“	409
	Ruční testování v zapojení	414
	Porovnávací testování	420
5.1.3	<i>Testovací normály</i>	421
5.1.4	<i>Přizpůsobení pro měření (adaptace)</i>	427
	Propojovací prvky a kabely	427
	Adaptace součástek v zapojení (vytvoření kontaktu pro měření)	432
	Adaptace jednotlivých součástek	438
5.1.5	<i>Pasivní součástky</i>	442
5.1.6	<i>Tranzistory</i>	451
5.1.7	<i>Integrované obvody</i>	455
5.2	TESTOVÁNÍ NAPÁJENÍ	460
5.2.1	<i>Měření na rozvodné síti 230 V</i>	460
	Síťová instalace	460
	Napětí a proudy u síťového připojení	461
	Připojení sítě	468
	Měření napětí a proudu	481
	Měření osciloskopem	485
	Síťový měřicí adaptér	487
	Prokazování síťového rušení	493
	Testování bezpečnostních opatření	496
5.2.2	<i>Testování síťových napájecích zdrojů</i>	498
	Testovací úlohy	504
5.2.3	<i>Baterie, akumulátory a jimi napájená zařízení</i>	507
	Testování nabíječek	510

5.3	TESTOVÁNÍ KABELŮ	512
5.3.1	<i>Testování průchodnosti (propojení) a zkratů</i>	512
	Ruční testování	512
	Automatické testování kabelů	515
	Testování kabelů střídavým napětím	517
	Dvojice vodičů zapojené do kříže (split pairs)	518
5.3.2	<i>Identifikace kabelů</i>	518
5.3.3	<i>Oční diagram (eye pattern)</i>	523
5.3.4	<i>Reflexní testování (time domain reflectometry, TDR)</i>	527
5.4	HLEDÁNÍ CHYB NA DESKÁCH PLOŠNÝCH SPOJŮ	531
5.4.1	<i>Obvyklé chyby na deskách plošných spojů</i>	531
5.4.2	<i>Hledání poruch ve stavu bez napájení</i>	533
5.4.3	<i>Hledání chyb za provozu</i>	537
	Hledání chyb sledováním signálu	537
	Hledání chyb pomocí in-circuit testu	538
5.5	HLEDÁNÍ CHYB V DIGITÁLNÍCH ZAPOJENÍCH	542
5.5.1	<i>Testy plauzibility</i>	542
5.5.2	<i>Sledování signálů</i>	547
	Praktické problémy se sledováním signálů	551
	Poruchy nulování (reset)	556
	Hodinové generátory	557
5.5.3	<i>Hledání poruch na sběrníkových systémech</i>	557

DODATKY 561

DODATEK 1.	OPATŘENÍ PROTI VÝBOJŮM ELEKTROSTATICKÉHO NÁBOJE (ESD)	561
DODATEK 2.	BEZPEČNOST PRÁCE	563
DODATEK 3.	PLOVOUCÍ ZEM	564
DODATEK 4.	ÚROVNĚ SIGNÁLŮ A HRANY SIGNÁLŮ	566
DODATEK 5.	CHARAKTERISTIKY STŘÍDAVÉHO PROUDU	569
DODATEK 6.	POSUVNÉ REGISTRY SE ZPĚTNOU VAZBOU	573
DODATEK 7.	ZÍSKÁVÁNÍ INFORMACÍ POMOCÍ ON-LINE SYSTÉMŮ	584
DODATEK 8.	ODKAZY NA LITERATURU	587

REJSTRÍK 591