

OBSAH

	SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ	13
	ÚVOD	19
1	POPIS ČINNOSTI OBVODŮ TOPSWITCH	23
1.1	Popis činnosti obvodů TOP100-104	24
1.1.1	Popis obvodů	24
1.1.1.1	Popis funkce jednotlivých vývodů	25
1.1.2	Popis funkce obvodů	26
1.1.2.1	Řídicí napětí obvodů	27
1.1.2.2	Reference typu bandgap	28
1.1.2.3	Oscilátor	28
1.1.2.4	Pulzně šířkový modulátor (PWM)	29
1.1.2.5	Budič hradla tranzistoru MOSFET	29
1.1.2.6	Chybový zesilovač (EA)	29
1.1.2.7	Proudové omezení v každém cyklu činnosti	29
1.1.2.8	Start obvodů	30
1.1.2.9	Vypínání vlivem zpětné vazby	30
1.1.2.10	Ochrana proti přehřátí	30
1.1.2.11	Vysoké napětí zpětnovazebního proudového vstupu	30
1.1.3	Zpětnovazební zdroj 5 V/5 W s TOP100	31
1.1.4	Zdroj 7,5 V/15 W se zpětnou vazbou optronem	32
1.1.5	Zdroj 15 V/30 W s přesnou zpětnou vazbou optronem	33
1.1.6	Preregulátor zvyšující vstupní napětí 110 V na výstupní 265 V	34
1.1.7	Aplikační doporučení obvodů TOPSwitch	35
1.1.8	Parametry obvodů TOP100-104	36
1.2	Popis činnosti obvodů TOP200-204, 214	38
1.2.1	Popis obvodů	38
1.2.2	Parametry obvodů	39
1.3	Popis činnosti obvodů TOP209-210	40
1.3.1	Popis obvodů	41
1.3.2	Popis vývodů	41
1.3.3	Aplikační doporučení	41
1.3.4	Parametry obvodů	42
1.4	Popis činnosti obvodů TOP221-227	43
1.4.1	Popis obvodů	43
1.4.2	Výběr typu obvodu	43
1.4.3	Popis vývodů	43
1.4.4	Dvojitý zdroj 5 V a 12 V/4 W	44

1.4.5	Univerzální zdroj 12 V/20 W	45
1.4.6	Aplikační podmínky	46
1.4.7	Nahrazení obvodů TOPSwitch obvodu TOPSwitch-II	46
1.4.8	Parametry obvodů TOPSwitch-II	47
1.5	Popis činnosti obvodů TOP232-234	48
1.5.1	Popis obvodů	50
1.5.2	Funkce vývodů	51
1.5.2.1	Činnost řídicího vývodu	53
1.5.3	Oscilátor a spínací kmitočet	55
1.5.4	Pulzně šířkový modulátor (PWM) a maximální střída spínání	55
1.5.5	Minimální střída spínání a přerušovaný režim	56
1.5.6	Chybový zesilovač	56
1.5.7	Proudové omezení na čipu s externím nastavením	57
1.5.8	Detekce podpětí (UV)	58
1.5.9	Detekce přepětí (OV)	59
1.5.10	Omezení maximální střidy DC _{MAX}	59
1.5.11	Vnější vypínání a zapínání (ON/OFF) a synchronizace	60
1.5.12	Měkký start zdroje	61
1.5.13	Vypnutí a autorestart zdroje	62
1.5.14	Tepelná ochrana s hysterezí	62
1.5.15	Reference typu bandgap	62
1.5.16	Proud vlastní spotřeby při vysokonapětovém napájení	62
1.5.17	Použití vývodů FREQUENCY a MULTIFUNCTION	63
1.5.18	Zdroj s výkonem 30 W	69
1.5.19	Zdroj s výkonem 35 W a vícenásobným výstupem	70
1.5.20	Zdroj o výkonu 17 W a pohotovostním režimem	72
1.5.21	Procesorem řízené zapínání a vypínání zdroje	73
1.5.22	Srovnání obvodů řady TOPSwitch-FX s obvody TOPSwitch-II	74
1.5.23	Pokyny k návrhu zdroje s obvody TOPSwitch-FX	75
1.5.24	Rozmístění součástek na plošném spoji	77
1.5.25	Parametry obvodů řady TOP232-234	79
1.5.26	Výběr obvodu pomocí grafů	82
1.6	Popis činnosti obvodů TOP412-414	88
1.6.1	Popis obvodů	88
1.6.2	Zdroj 5V/2A	89
1.6.2	Aplikační doporučení	90
1.6.3	Parametry obvodů TOP412-414	91
1.7	Popis činnosti obvodů TOP242-249	92
1.7.1	Popis funkce jednotlivých vývodů	93
1.7.2	Popis činnosti obvodů	95
1.7.3	Parametry obvodů	103
1.7.4	Zdroj 12 V/2,5 A	104
1.7.5	Zdroj 70 W/19 V	106
1.7.6	Zdroj 250 W/48 V/5,2 A	107

1.7.7	Zdroj 60 W s vícenásobnými výstupy	108
1.7.8	Rozložení součástek	110
2	NÁVRH ZPĚTNOVAZEBNÍHO OBVODU	113
2.1	Základní principy zpětnovazebních obvodů pro TOPSwitch	114
2.1.1	Zpětnovazební zapojení zdroje	114
2.1.2	Lineární napájecí zdroje	116
2.1.3	Spínané zdroje	116
2.1.4	Teorie zpětné vazby	118
2.1.4.1	Ideální model nespojitého režimu	118
2.1.4.2	Ideální model spojitého režimu	120
2.1.4.3	Neideální model (nespojité i spojitý mód činnosti)	122
2.2	Postup návrhu	125
2.2.1	Postup krok za krokem	127
2.3	Jednoduchá zpětná vazba u obvodů TOP200	149
2.3.1	Jednoduchý zdroj s napětím 5 V a obvodem TOP200	149
2.4	Zapojení bez zpětné vazby	157
2.4.1	Zdroj bez zpětné vazby 5,1 V/20 mA	158
2.5	Účinnost zpětnovazebního zapojení s obvodem TOPSwitch	160
2.5.1	Zdroj 24 V/34 W	160
2.5.2	Účinnost zdroje STA204A s obvodem TOPSwitch	163
2.5.2.1	Měřicí technika účinnosti	164
2.5.2.2	Návrh pro vyšší účinnost	166
2.5.2.3	Špičková hodnota primárního proudu ve spojitém a nespojitém režimu	181
3	KONSTRUKCE TRANSFORMÁTORU	185
3.1	Konstrukční materiály transformátorů	187
3.2	Metody konstrukce transformátorů	188
3.2.1	Vinutí s definovanými okraji	188
3.2.2	Konstrukce transformátoru při použití trojitě izolovaných vodičů	190
3.2.3	Technika konstrukce transformátoru	191
3.2.3.1	Technika vícenásobných výstupů transformátoru	194
3.3	Program pro konstrukci transformátoru	198
3.3.1	Parametry programu, použité pro specifikaci transformátoru	199
3.3.2	Postup kroků konstrukce transformátoru	199
3.4	Příklady konstrukce transformátorů pro zdroj 12 V/15 W	204
3.4.1	Vstupní parametry programu	204
3.4.2	Příklad konstrukce transformátoru s okraji vinutí	208
3.4.3	Příklad konstrukce transformátoru s trojitě izolovanými vodiči	213
3.5	Program pro návrh zpětnovazebního transformátoru	220

4	NÁVRH ZDROJE POMOCÍ KŘIVEK	235
4.1	Typické ztráty	236
4.2	Přehled křivek rychlého výběru	237
4.3	Rychlý návrh	239
4.4	Výběr správného obvodu TOPSwitch-II	239
4.5	Univerzální zdroj +5 V s výkonem 30 W	240
4.6	Zdroj s výstupním výkonem 30 W, napájený z napětí 230 V	240
4.7	Teplota obvodu TOPSwitch-II	240
4.8	Vliv vstupního napětí na zdroj +12 V/35 W	242
4.9	Určení kapacity vstupního kondenzátoru	243
5	METODY OCHRANY PROTI SÍŤOVÉMU PŘEPĚTÍ	245
5.1	Typický přechodný napět'ový test	246
5.2	Měření obvodových parametrů	248
5.3	Měření v diferenciacím módu	253
6	PROBLÉMY NÁVRHU	255
6.1	Příklady předcházení problémům v obvodech napájecího zdroje	260
6.1.1	Popis zapojení zdroje ST200 – 5 V/1 A	261
6.1.2	Popis zapojení zdroje ST202A – 7,5 V/2 A	262
6.1.3	Popis zapojení zdroje ST204A – 15 V/30 W	263
6.2	Ochrana interního tranzistoru proti přepětí	264
6.3	Návrh plošného spoje	265
6.3.1	Metoda zemnění do jednoho bodu	265
6.3.2	Ideální rozmístění součástek	266
6.3.3	Pravidla pro rozmístění součástek na plošném spoji	266
6.4	Návrh zpětnovazebního transformátoru	267
6.4.1	Výkon a indukčnost primárního vinutí	267
6.4.2	Křivky transformačního poměru závitů	270
6.5	Optimalizace účinnosti spínaného zdroje	270
6.6	Návrh tepelných poměrů	271
6.6.1	Chladič	271
6.6.2	Tepelná ochrana celého spínaného zdroje	272
6.7	Autorestart	272
6.8	Výstupní přepět'ová ochrana	273
6.9	Proud pro změnu střídý	275

6.10	Činnost při minimální hodnotě střídavy	275
6.11	Smyčka zpětné vazby	275
6.11.1	Základní techniky	275
6.11.2	Obvod TOPSwitch s rozšířenou šířkou pásma	277
6.12	EMI (Electromagnetic Interference, elektromagnetické rušení) ...	278
6.12.1	Přednosti obvodů TOPSwitch	278
6.12.2	Návrh odrušovacího filtru	278
6.13	Měkký start	278
6.13.1	Zpětná vazba s optronem	278
6.13.2	Zpětná vazba ze samostatného vinutí	279
6.14	Doporučené zapojení optronu	280
6.15	Obvod vypínání při vstupním podpětí	280
6.15.1	Zpětná vazba s optronem	280
6.15.2	Zpětná vazba ze samostatného vinutí	281
6.16	Zdvojovač napětí pro zvýšení výstupního napětí	282
6.17	Preregulátor PFC	
	(Power Factor Correction = korekce účinníku)	283
6.17.1	Inverzní (závěrné) napětí kolektor-emitor	284
6.17.2	Autorestart	284
6.17.3	Příklad zapojení preregulátoru pro výkon 65 W	284
7	OBVODY PRO REGULACI	
	NA KONSTANTNÍ PROUD A VÝKON	287
7.1	Tranzistorový obvod proudového limitu zdroje 7,5 V/1 A	288
7.1.1	Napěťový řídicí obvod	290
7.1.2	Proudový řídicí obvod	291
7.1.3	Vliv teploty přechodu	292
7.1.4	Kmitočtová kompenzace	292
7.1.5	Zdroj zpětnovazebního napětí	292
7.1.6	Napěťové poměry na optronu	293
7.1.7	Snímání proudu operačním zesilovačem	294
7.2	Popis zdroje 15 V/2 A	294
7.2.1	Napěťový řídicí obvod	295
7.2.2	Obvod řízení proudu	296
7.2.3	Primární a sekundární napájecí zdroj zpětnovazební smyčky	296
7.2.4	Sériový odpor optronu	299
7.2.5	Kmitočtová kompenzace smyček napěťové a proudové zpětné vazby	299
7.3	Řízení zdroje 15 V/2 A na konstantní výkon	300
7.3.1	Popis obvodu	300
7.3.2	Korekce nepřesného napětí Zenerovy diody	303

7.4	Zapojení zdroje s vysokou přesností proudového omezení výstupu	304
7.4.1	Nastavení výstupního napětí a výstupního proudu	305
7.4.2	Zpětnovazební vinutí primární strany	306
7.4.3	Zpětnovazební vinutí sekundární strany	307
8	NÁVRH ZDROJE S VÍCE VÝSTUPY	309
8.1	Postup návrhu	311
8.2	Požadavky na výstupní napětí	311
8.3	Návrh transformátoru	313
8.3.1	Přehled parametrů návrhu transformátoru	315
8.3.2	Výpočet počtu sekundárních závitů	316
8.3.3	Výběr výstupního vodiče	318
8.3.4	Oddělená sekundární vinutí	320
8.3.5	Společná výstupní vinutí	320
8.3.6	Konstrukce vinutí pro zlepšení křížové regulace	322
8.3.7	Kontrola návrhu	322
8.4	Návrh výstupního usměrňovače	323
8.5	Popis činnosti obvodu	325
8.6	Spojení optronem	329
8.7	Obvod měkkého startu	330
8.8	Zlepšení regulace při malých hodnotách výstupní zátěže	331
8.9	Výstupy záporného napětí	331
8.10	Výstupy 3,3 V a 5 V	332
8.10.1	Lineární stabilizátor	332
8.10.2	Odbočka na vinutí +5 V	333
8.10.3	Samostatná vinutí	333
8.11	Konstrukční detaily transformátoru	335
9	NEIZOLOVANÝ ZPĚTNOVAZEBNÍ ZDROJ	339
9.1	Zdroj pro stejnosměrný motor	340
9.1.1	Výběr součástek pro nastavení hodnoty výstupního napětí	342
9.1.2	Zatěžovací a převodní charakteristika, teplotní závislost	342
9.1.3	Zpětnovazební řídicí vstup a součástky zpětné vazby	343
9.2	Zdroj pro motor 5 V s pomocnými výstupy	343
9.3	Levný zdroj s výstupním napětím +5 V	345
9.4	Návrh transformátoru	347

10	DALŠÍ PŘÍKLADY SPÍNANÝCH ZDROJŮ	349
10.1	Levný zdroj s malým počtem součástek	350
10.2	Napájecí zdroj pro výkonový přijímač	355
10.2.1	Souhrn požadavků přijímače PLT-20 na napájení	356
10.2.2	Souhrn vlastností návrhu	356
10.2.3	Seznam součástek	358
10.2.4	Postup vinutí transformátoru	359
10.2.5	Zatěžovací charakteristika	360
10.2.6	Převodní charakteristika	361
10.2.7	Přechodová charakteristika na pulzní změnu zátěže	361
10.2.8	Závislost účinnosti na vstupním střídavém napětí	362
10.2.9	Závislost účinnosti zdroje na zatěžovacím proudu	363
10.2.10	Oteplení klíčových součástek	363
10.2.11	Měření základního střídavého šumu	363
10.2.12	Střídavá vstupní impedance	364
10.3	DC/DC měniče	365
10.3.1	Měnič z $-48\text{ V}/+3,3\text{ V}$	366
10.3.1.1	Transformátor	367
10.3.2	Měnič s vícenásobným výstupem $+5\text{ V}/\pm 15\text{ V}$	371
10.3.2.1	Transformátor měniče	373
10.3.3	DC/DC měnič $+48\text{ V}/-55\text{ V}$	375
10.3.3.1	Transformátor měniče	376
10.4	Spínaný zdroj 375 V/15 V bez transformátoru	378
10.5	Nabíječka pro akumulátory 12 V	380
	PŘÍLOHA I	383
	PŘÍLOHA II	384
	PŘÍLOHA III	385
	LITERATURA	386