

轉換式 電源供給器 原理與設計

梁適安 編譯

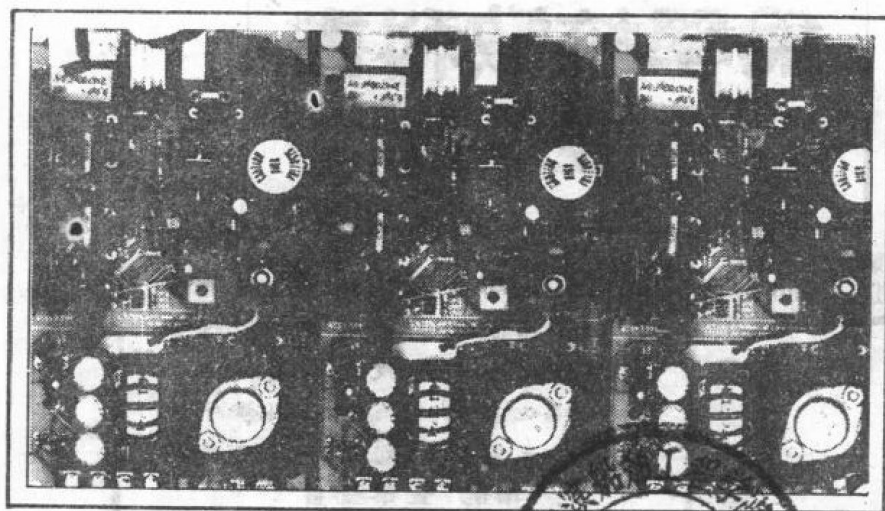
全華科技圖書股份有限公司

世界图书出版公司重印

345444

轉換式 電源供給器 原理與設計

梁適安 編譯



全華科技圖書股份有限公司 印行

世界图书出版公司重印

转换式电源供给器原理与设计

梁适安 编译

全华科技图书股份有限公司出版

世界图书出版公司 重印

(北京朝内大街137号)

北京中西印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1990年6月第1版 711×1245 $\frac{1}{4}$

1990年6月第1次印刷 印张10

印数: 0001—1300 字数: 20.6万字

ISBN 7-5062-0726-5/TN·4

定价: 4.70元

本书经全华科技图书股份有限公司香港和中国大陆总代理鑫港出版社有限公司特许世界图书公司独家重印, 限国内发行
出版社有限公司特许世界图书出版公司独家重印, 限国内发行

我們的宗旨：

**推展科技新知
帶動工業升級**

**為學校教科書
推陳出新**

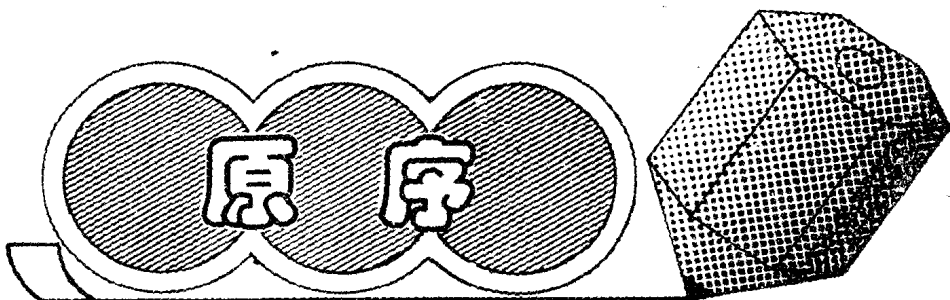
感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

「圖書之可貴，在其量也在其質」，量指圖書內容充實，質指資料新穎夠水準，我們本着這個原則，竭心盡力地為國家科學中文獻努力，貢獻給您這一本全是精華的“全華圖書”

為保護您的眼睛，本公司特別
採用不反光的米色印書紙！！

GEORGE CHRYSISS

**HIGH-FREQUENCY SWITCHING
POWER SUPPLIES:
THEORY AND DESIGN**



近年來由於微電子的快速進展，一日千里，在電源系統的設計上變得更為複雜，更有效率，且重量較輕，同時具有高功率與密度比之性能，因此，所謂的高頻率轉換式電源供給器（high-frequency switching power supply）正是符合所需，目前已被廣泛地應用於各電子电路中。

由於電源供給器的複雜性與日俱增，因而專職的工程部門與俱高度技術的工程師們，皆紛紛開始著手其研究設計與發展。不幸的是並沒有多少大學畢業的工程師們能成為電源供給器設計專家，僅有那些專門投入於這行業，以其為職業者，才能真正成為這方面的設計工程師。

反過來說，很少的大學能提供電源方面的電子課程，來加強對轉換式電源供給器與磁性方面的研究設計，因此不管是大學院校的同學或是在社會上的工程師們，若想在這方面獲知更豐富的知識，可多加參考每一家電子公司產品的應用資料或是多看有關專業雜誌所介紹的技術資料。本書以豐富的內容，深入淺出的方式，將近年來所發展研究的轉換式電源供給器，結合理論與實際予以介紹。

本書適合於學工程方面的同學或是目前在社會上的工程師們做理論研究或實際設計，書中的原理都是以最淺顯的方式，讓讀者能深切明瞭，但是在這裡冗長的數學公式推導就予以省略，著重於理論結果與其應用設計。

本書第一章首先介紹的是轉換式電源供給器的方塊圖，接著

以後各章節將會對它的每一部份做深入的解剖分析，並配合數學方程式做實際模型的設計分析，所有基本的轉換式理論，都會在本書中予以描述，如最近才發展研究的‘CUK轉換器’，並以循序漸進的方式提供設計方面的例題。轉換式的功率電晶體包括了雙極式功率電晶體與功率型的MOSFET，其不同之點書中也做了深入分析與應用，另外如箝制電路與基極驅動電路之設計，也有詳細的分析，其它的半導體元件，如快速回復整流器、肖特基整流器，控制電路，光隔離器，在書中亦分別予以討論。

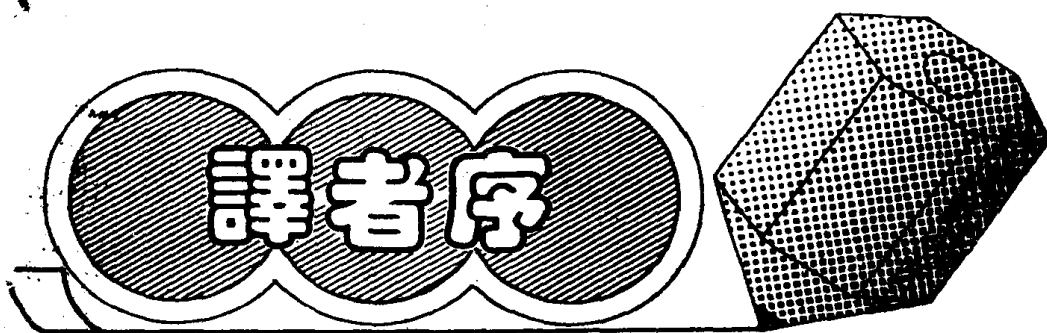
尤其是磁性元件的分析與設計，如高頻功率變壓器，電感器，陶鐵磁（ferrites）鐵心，Molypermalloy 鐵心，及鐵心的空氣間隙，都做了詳盡說明。

在第九章中，我們將對電源供給器迴授的迴路穩定度問題提供重要的解析，它包括了相位——增益特性，波德圖與實際穩定度分析。同時在第十章將對電磁與射頻干擾，提出防止解決之道。最後一章就轉換式電源供給器各國的安全設計標準提出分析討論，如UL，CSA，VDE與IEC等國的安全標準。

作者希望本書能成為有志於做轉換式電源供給器設計者，一本有價值的，且值得看的參考書籍，並能有所獲益。

最後感謝我的家人及在工作上給我幫助那些人，在寫書這段期間給我的精神鼓舞與支持，我也要感謝Ellen Dalmus與Claudia Mungle二位幫我完成打字工作。

George C. Chryssis



轉換式電源供給器 (switching power supply, 簡稱SPS) 爲荷蘭人Neti R.M. Rao於1970年所發展研究出來, SPS在應用上不但體積小、重量輕, 而且功率消耗少, 因此, 效率非常高, 所以在這日趨複雜的電子、電腦系統中, SPS扮演了一個舉足輕重的角色。

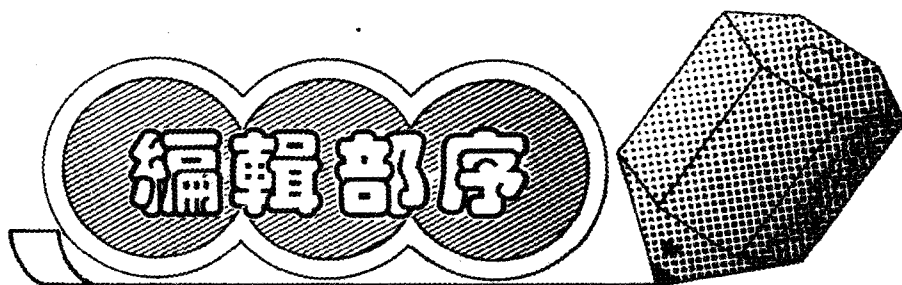
自從Apple I, IBM PC電腦相繼問世後, SPS就漸露曙光, 開始流行起來, 除了應用在電腦上, 亦可應用於monitor、terminal、數值工具機、儀器、音響、通信與飛彈系統等方面。政府在策略性工業中, 亦曾將SPS列爲策略性之產品, 因此, 在可見的未來, 確有非常大的發展潛力, 然而目前對製造業者來說, 線路中所使用之元件, 大部份似乎尚仰賴進口, 這是因爲SPS是工作於高頻(20k~200kHz)情況, 因此國內目前適合應用之高頻元件的確不多, 如: 雙極式電晶體, MOSFET, 電容器, 二極體, 鐵心等, 另外尚有做脈波寬度調變(PWM)的IC, 亦需購自國外, 寄望在未來國內這方面之元件都能自給自足, 此乃國人之幸也!

目前國內有關SPS的資料與書籍還是非常的少, 讀者若是有興趣可多參考國外的電子專業雜誌、期刊, 所刊登的相關資料, 對於設計SPS會有很大的幫助。而作者編譯此書的目的, 就是希望能提供國內設計者一本有價值且實用的參考書籍。

由於譯者才疏學淺, 利用閒暇之餘來編譯此書, 加以時間匆促, 疏誤之處在所難免, 尚祈先進不吝指正。

譯書期間承蒙全華科技圖書公司陳本源先生之協助與支持，
及吾妻——芬芬幫忙謄稿及校稿，使本書得以順利出版，不勝感
激。

譯者 謹識

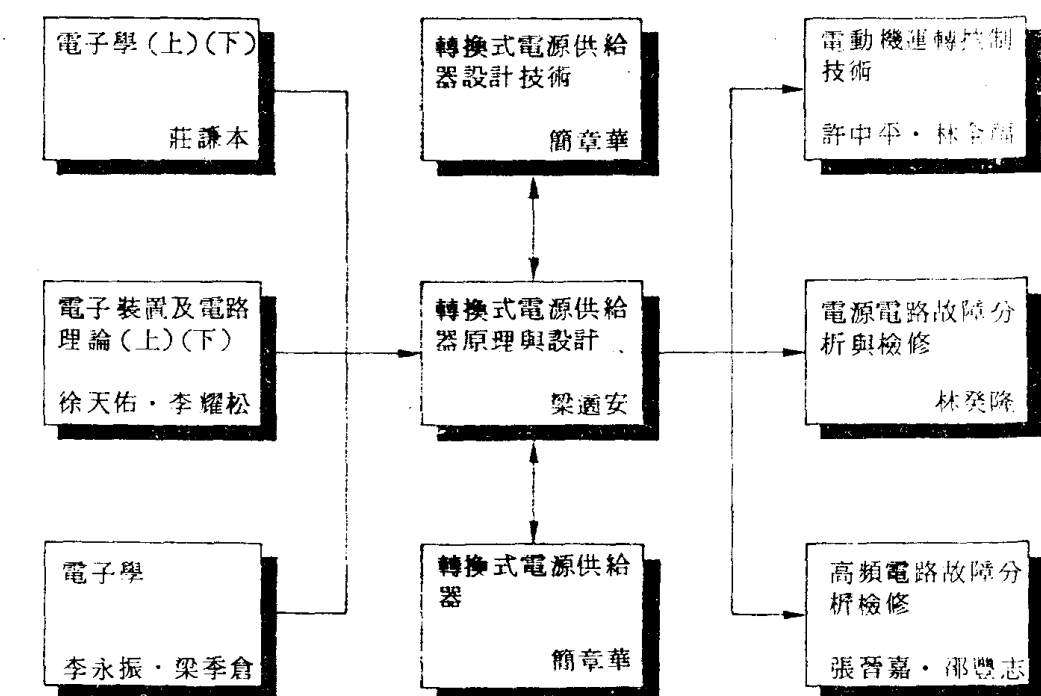


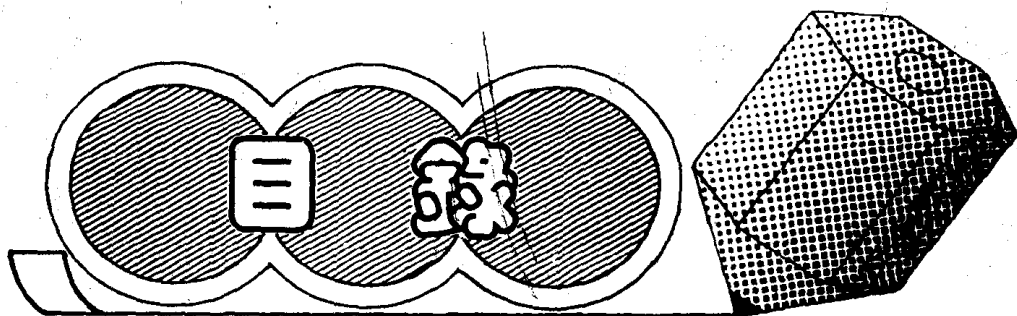
「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

隨著微電子的快速進展，IBM PC 電腦的相繼問世，轉換式電源供給器已經挾著其體積小、重量輕而且功率消耗少的優點開始在工業界嶄露頭角。本書中將轉換式電源供給器的整個結構做深入的解剖分析，並以循序漸進的方式提供設計例題，尤其是對磁性元件的分析與設計提供重要的解析，是從事電源供給器設計工程師最佳的參考書。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習電子方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

流 程 圖





1	轉換式電源供給器	1
1-0	概 論	1
1-1	非線上轉換式電源供給器	2
1-2	電源供給器專有名詞	3
2	電源輸入部份	5
2-0	雙倍電壓的技巧	5
2-1	零件選擇與設計方法	6
2-1.1	輸入整流器	6
2-1.2	輸入濾波電容器	7
2-2	輸入保護元件	8
2-2.1	突波電流	8
2-2.2	輸入暫態電壓保護	9
3	電源轉換器的種類	11
3-0	各類轉換器定義與原理	11
3-1	隔離返馳式轉換器	14
3-1.1	返馳式轉換器交換電晶體	15
3-1.2	返馳式轉換器變壓器——扼流圈	17
3-1.3	基本返馳式轉換器的變化型式	18
3-2	隔離順向式轉換器	19

3-2.1	順向式轉換器交換電晶體	21
3-2.2	順向式轉換器變壓器	22
3-2.3	基本順向式轉換器的變化型式	23
3-3	推挽式轉換器	25
3-3.1	推挽式轉換器變壓器	25
3-3.2	推挽式轉換器電晶體	27
3-3.3	推挽式電路的限制	28
3-4	推挽式轉換器的變化型式	30
3-4.1	半橋式轉換器	30
3-4.2	串聯式耦合電容器	33
3-4.3	轉換二極體	36
3-5	全橋式電路	36
3-6	新型式無漣波輸出的轉換器	38



轉換器功率電晶體的設計 43

4-0	概 論	43
4-1	電晶體的選擇	43
4-2	雙極式功率電晶體的開關作用	44
4-3	雙極式電晶體交換時間的定義（電阻性負載）	45
4-4	電感性負載交換時間的關係	46
4-5	電晶體及飽和電路	47
4-6	雙極式電晶體基極驅動電路的方法	49
4-6.1	恒定驅動電流電路	49
4-6.2	比例式基極驅動電路	55
4-6.3	反飽和電路用於基極驅動	57
4-7	雙極式電晶體二次崩潰的考慮	58
4-7.1	順向偏壓的二次崩潰	58
4-7.2	逆向偏壓的二次崩潰	60
4-8	交換式電晶體保護電路：RC 箝制電路	62

4-9	功率型MOSFET 用作開關	66
4-9.1	概 論	66
4-9.2	基本MOSFET 的定義	66
4-9.3	MOSFET 閘極驅動的考慮	67
4-9.4	MOSFET 靜態操作點的特性	69
4-9.5	MOSFET 的安全操作區 (SOA)	71
4-9.6	驅動功率型MOSFET 的設計考慮	72
4-9.7	用於驅動MOSFET 的電路	74
4-9.8	功率型MOSFET 開關保護電路	81

5 高頻率的功率變壓器 83

5-0	概 論	83
5-1	電磁的原理	83
5-2	磁滯迴路	86
5-3	基本變壓器原理	89
5-4	鐵心材料與幾何形狀的選擇	91
5-5	脈波寬度調變的半橋式轉換器的功率變壓器設計	93
5-6	實際上的考慮	97
5-7	返馳式轉換器的變壓器——扼流圈設計	98
5-7.1	設計過程	99
5-8	一般高頻變壓器的考慮	106

6 電源輸出部份：整流器、電感器與電容器 109

6-0	概 論	109
6-1	輸出整流與濾波電路	110
6-2	轉換式電源供給器設計上功率整流器的特性	112
6-2.1	快速與超快速回復二極體	113
6-2.2	肖特基障壁整流器	114

6-2.3	暫態過電壓抑制電路	115
6-2.4	計算返馳式、順向式與推挽式轉換器整流二極體 峯值電流的容許值	117
6-3	輸出電感器的設計	121
6-3.1	一般性的考慮	121
6-3.2	設計方程式的推導	121
6-4	輸出濾波電容器的設計	131



轉換式穩壓器的控制電路 135

7-0	概 論	135
7-1	轉換式穩壓器系統的隔離方法	135
7-2	脈波寬度調變 (PWM) 系統	137
7-2.1	單端的、不連續的元件、PWM控制電路	137
7-2.2	積體電路 PWM 控制器	139
7-3	應用於商業上的單石 PWM 控制電路	141
7-3.1	TL 494 PWM 控制電路	142
7-3.2	UC 1840 可規劃，非線上的 PWM 控制器	147
7-4	其它型式的 PWM 控制器	152



轉換式電源轉換器周邊附加電路與元件 153

8-0	概 論	153
8-1	光耦合器	153
8-2	自給偏壓的方法	155
8-3	作為輸入與輸出隔離之用的光耦合器電路設計	157
8-4	柔和起動電路設計	160
8-5	電流限制電路	162
8-5.1	應用於初級參考直接驅動的電流限制電路	163
8-5.2	應用於基極驅動器的電流限制電路	164
8-5.3	一般的電流限制電路	167

8-6	過電壓保護電路	168
8-6.1	以稽納二極體做偵測的保護電路	169
8-6.2	以積體電路做過電壓保護電路	170
8-7	交流線路損失偵測電路	175

9 轉換式電源供給器穩定度分析與設計 177

9-0	概 論	177
9-1	拉普拉斯轉換	177
9-2	轉移函數	179
9-3	波德圖	180
9-4	回授原理與穩定度的準據	183
9-5	穩定度的分析	185
9-5.1	控制一輸出轉移函數	185
9-5.2	誤差放大器的補償	187
9-6	環路穩定度的測量	197

10 電磁與射頻干擾(EMI-RFI)的考慮 201

10-0	概 論	201
10-1	FCC 與VDE 傳導的雜訊規格	202
10-2	在轉換式電源供給器中RFI 的來源	203
10-3	RFI 抑制用的交流輸入線路濾波器	204

11 電源供給器電氣安全標準 207

11-0	概 論	207
11-1	電源供給器結構的安全需求	208
11-1.1	空間需求	208
11-1.2	電介質測試承受度	210
11-1.3	漏電流測量	211
11-1.4	絕緣電阻	211

11-1.5	PC 板需求	211
11-2	變壓器結構的安全需求	211
11-2.1	變壓器的絕緣	212
11-2.2	變壓器電介質強度	213
11-2.3	變壓器絕緣電阻	214
11-2.4	變壓器沿面與間隙距離	214
11-2.5	變壓器的水阻	215
11-2.6	VDE 規格的變壓器溫度額定值	215
11-2.7	UL 與 CSA 規格的變壓器溫度額定值	216