

剖析切換式電源供應器的原理及常用元件規格

(本文發表於新電子科技雜誌第 196 期 . 2002 年 7 月號)

宋自恆¹ 林慶仁²

1. 品佳股份有限公司

2. 中央研究院地球科學研究所

一、轉換效率高、可直流輸入的切換式電源供應器

由於大部分電子器材 (如電視機、音響、電腦 等) 其內部元件所使用的電源均為直流電，故必須有電源供應器 (或整流器) 來把交流市電轉換成各種不同的直流電壓以使電器發揮功能。依其電路結構的不同，電源供應器可分為線性式和切換式電源供應器兩種，簡單的線性式電源供應器是由變壓器、二極體整流器和電容濾波器所組成 (如圖一)，其優點是電路簡單、穩定度高、暫態響應快、可靠度高、漣波小、電磁干擾小，然而因其使用大電流變壓器，體積大且重量重，大多無法直接安裝在電路基板上，轉換效率低 (約 30 ~ 50%)、不可做直流輸入都是其缺點。為克服線性式電源供應器的種種缺點所發展出的切換式電源供應器 (方塊圖如圖二所示)，其優點是轉換效率高、空載時耗電小、重量輕、可做直流輸入。雖然在電路結構上比線性式電源供應器來得複雜，漣波比較大、電磁干擾也比較大，但整體而言，切換式電源供應器仍優於線性式電源供應器，故目前電源供應器的市場乃以切換式電源供應器為主流。

一個優質的切換式電源供應器至少應具有下列特點：

- 輸入電壓範圍為 90 ~ 264 伏特之間。
- 輸入頻率範圍 47 ~ 63Hz。
- 轉換效率 80% 以上。
- 停電後輸出維持時間 (Hold up time) 最少 10 毫秒以上。
- 產生之電磁干擾 (Electromagnetic Interference, EMI) 雜訊 (Power line noise) 須符合 FCC 和 CE 標準。(註 1.)
- 輸出入端具隔離效果。
- 輸入電壓超出額定值時輸出電壓的改變量 (Line Regulation) 須小於 $\pm 1\%$ 以下。
- 輸出漣波和雜訊在 1% 以下。
- 具過電壓、過電流保護功能。
- 具有防靜電和防雷擊功能。
- 機殼的漏電流在 0.75mA 以下。

典型的切換式電源供應器是由 9 個部分所組成，分別是輸入級 (Input stage) 包括 EMI 濾波器和橋式整流電路；功率因數調整級 (Power Factor Correction, PFC

stage) 包含功率因數調整電路；功率級 (Power stage) 包含功率開關、脈波寬度調變 (Pulse Width Modulation, PWM) 與驅動電路、隔離高頻變壓器、整流二極體及輸出濾波器；回授級 (Feedback stage) 包含誤差放大器及光隔離器。

EMI 濾波器的主要目的是防止連接在同一電力系統的電氣裝置所產生的傳導性電磁雜訊經由電源導線而彼此互相干擾。橋式整流電路把輸入交流電源轉換為直流電 V_i 。功率因數調整 (PFC) 電路的目的是調整電源供應器的功率因數，使符合環保標準。PWM 與驅動電路用來控制功率開關的導通與否，當功率開關導通時，輸入電壓 V_i 會供應到隔離高頻變壓器的初級繞組上，此時初級繞組上的電流逐漸增加並將能量儲存於其中，同時把能量感應在變壓器的次級繞組上，整流二極體把變壓器次級繞組上的電壓轉變為直流電，經輸出濾波器濾除漣波成分後輸出直流電壓，當功率開關截止時，儲存在隔離高頻變壓器初級繞組上的能量轉移到次級繞組上，持續提供輸出電流。誤差放大器截取一部分輸出電壓與想得到的電壓做比較，誤差值經光隔離器耦合到 PWM 控制電路上，藉由改變脈波寬度來控制功率開關的導通時間，以精確得到想要的直流輸出電壓。

為因應各種不同的輸出功率，切換式電源供應器發展出下列幾種常用的電路拓僕 (Topology)，分別是返馳式 (Flyback)、順向式 (Forward)、全橋式 (Full Bridge)、半橋式 (Half Bridge) 和推挽式 (Push-Pull) 等，本文將針對此五種電路拓僕，分析其原理及設計方法，並提供一些目前市售元件的產品規格給讀者參考。

註 1：FCC 為美國聯邦通訊委員會的縮寫，CE 為歐盟共同標準。

二、電路簡單、成本低廉的返馳式電路拓僕

圖三為目前最普遍被使用的返馳式電路拓僕之電路簡圖，在 100W 以下的應用上，由於它的變壓器又兼作輸出儲能電感使用，且次級端僅需一個二極體，故電路簡單成本低廉，以成本的角度來說，它幾乎是沒有別的電路所能取代的。由 L_1 、PFC IC、 Q_1 、 D_1 和 C_1 組成 PFC stage，用來調整電源供應器的功率因數，使符合環保標準。 L_1 的典型值約數百 μH 數 mH 之間，一般採用鐵粉芯 (Iron Power Core) 材質， Q_1 電晶體的規格要求為耐電壓 600V，耐電流 7A 以上，表一為業界常用的規格。PFC IC 控制 Q_1 的導通與截止，一般依流過電感的電流波形分為連續式 (Continuous) 和不連續式 (Discontinuous) 兩種，業界一般採用的型號有 TI 的 UC3852 UC3854 ST 的 6561 及 Infineon 的 TDA4863 等。 D_1 為功因調整用超快速回復二極體 (PFC Hyperfast Recovery Diode)，一般規格為耐電壓 600V、耐電流 5A 以上、反向回復時間 (Reverse recovery Time, t_{rr}) 為 20ns 以下，表二為業界一般採用的規格型號。 C_1 則依其輸出漣波規格大小來決定其值，典型值通常在 100 μf 以上，耐壓在 450 500V 之間，一般採用電解電容材質。

由 PWM IC、 Q_2 、 T_1 、 D_2 、 C_2 組成 Power stage，藉由 PWM IC 控制 Q_2 電子開關的導通與否，配合次級側的二極體和電容，即可得到 DC 電壓的輸出，而變壓器 T_1 因為有氣隙之故，其初級圈具有隔離、變壓和電感的三重功能，藉由 Q_2 電子開關作用將儲存於在變壓器的能量傳遞給次級側，再藉由電容 C_2 的充電保持功能來得到直流電壓 V_o ，此外改變變壓器初、次級的圈數，就可以得到想要的 DC 電源。早期的 PWM IC 大多採用 UC384X 系列(如 UC3842、UC3843)，然而近年來由於環保意識抬頭，國內的廠商如崇貿 等更改良了以往 PWM IC 的工作模式而設計了 384XG 及 6840 等具有 Green Function 的 IC (註 2)，此外歐系的 Infineon Coolset ICE2AXXX 及 ICE2BXXX 系列不僅具有 Green Function，並且把以往外加的 Q_2 電晶體包裝在 8DIP 的 IC 內，以節省空間和製造流程。現今業界一般採用的型號仍以 384X 系列的傳統 IC 居多，但由於新產品越來越積體化及環保和安規要求越來越嚴苛的趨勢下，相信不久之後，市場會有革命性的變化。 Q_2 為耐電壓 600V 的 MOSFET，業界一般採用的型號如表三所示。 T_1 的一般規格為 EI Core 或 EE Core，業界一般採用的型號為 EI28 EI40。 D_2 為肖特基二級體 (Schokky Diode)，作為整流之用，業界一般採用的型號如表四所示。 C_2 是濾波電容，其電容值視輸出漣波要求而定，一般在 400 μ f 以上，而耐壓則選擇輸出電壓的 1.2 ~ 1.5 倍之間，一般採用電解電容材質。

由 R_1 、 R_2 、 R_3 、 Ph_1 、 D_3 組成 Feedback stage， R_2 、 R_3 組成分壓電路擷取一部分輸出電壓，經 Ph_1 光耦合器回授到 PWM IC，藉調整 PWM IC 的輸出脈波寬度以穩定輸出電壓值， R_1 、 R_2 、 R_3 一般採用 1/4W 碳膜電阻， Ph_1 的型號為 Infineon 的 SFH615、SFH617， D_3 為三端穩壓元件主要產生 2.5V 的穩定參考電壓，TL431 為業界常用的型號。

註 2：Green Function 為環保功能的意思，亦有 IC 特性手冊稱之為 Blue Angel，其要求是在滿載 70W 以下的電源產品，當負載沒有輸出功率的情況下，輸入電源仍照常供應時，電路消耗功率必需小於 1W 以下。

三、輸出功率高於 150W 的順向式電路拓僕

圖四為順向式電路拓僕之電路簡圖，與返馳式電路拓僕的主要差別在於 Power stage 的次級側部分，順向式多用了一個肖特基二級體 D_4 和電感 L_2 ，當 Q_2 截止時，隔離變壓器 T_1 之繞組上的電壓極性會反轉，使得 D_2 二極體變成逆向偏壓而不導通，而 D_4 二級體則處於導通狀態，此時負載端之能量，則由 L_2 和 C_2 所儲存的能量經由 D_4 來供給。因此在順向式電路拓僕中， L_2 和 C_2 除了做為低通濾波器之外，亦為一儲能元件。在元件的採用上和 Flyback 電路大同小異，然而由於在電晶體 Q_2 關閉 (OFF) 時來自 T_1 初級側的反向電壓會和 C_1 上的輸出電壓相累積而成為兩倍的 PFC Stage 輸出電壓，故 Q_2 的耐壓必需高達 800V 以上，實務上通常都採用耐壓 800V 的 MOSFET 來擔任此任務，業界一般採用的型號如表五所示。

Forward 電路拓撲的特點為 (1) 輸出功率可高於 150W。(2) 流經變壓器初級側及次級側的電流較小 (因為變壓器不作電感作用, 無需加氣隙, 故感量高電流小), 因此變壓器的銅損 (Copper loss) 小, 所以溫升低, 可用小一點的變壓器。(3) 成本增加, 因為 Power stage 的輸出端多用了一個二極體 D_4 和電感 L_2 之故。

四、需使用 2 顆 400V 開關晶體的半橋式電路拓撲

圖五為半橋式電路拓撲之電路簡圖, Q_1 和 Q_2 電晶體為互補工作模式, 即當 Q_1 導通時, Q_2 截止。而其 PWM IC 所產生的控制信號及變壓器初級側的電壓 V_C 如圖六所示。本電路的動作方式可分為四個狀態 (state) 來討論, 其中第 1 個狀態是當 Q_1 為 ON Q_2 為 OFF 時, 電流方向如圖五中虛線所示, 此時若 PFC stage 的輸出為 $V_d = 400V$, 則變壓器之初級側電壓 V_C 約為 $V_d/2 = 200V$, 而 Q_2 所需的耐壓約為 $V_d = 400V$ 。初級側電壓 V_C 經由變壓器耦合到次級, 次級側的電流經 D_1 把能量儲存在電感 L 中, 並供應到輸出 V_o 端。當 Q_2 要由 OFF 轉到 ON 的狀態時, 為防止 Q_1 和 Q_2 同時 ON, 造成輸入端短路致使電路燒毀的嚴重後果, 必需先進到第 2 個狀態, 即 Q_1 和 Q_2 皆為 OFF 的情形, 這段時間稱為截止時間 (dead time), 此時變壓器的初級側完全沒有能量耦合到次級側, 而落在 Q_1Q_2 的壓降約各為 200V, 次級側則將上一個狀態儲存在電感 L 能量釋放到負載。接下來進入第 3 個狀態, 即 Q_1 為 OFF 而 Q_2 為 ON, 電流方向如圖五中的雙虛線所示此時若 PFC 的輸出為 $V_d = 400V$, 則變壓器之初級側電壓 V_C 約為 $-V_d/2 = -200V$, 而 Q_1 所需的耐壓約為 $V_d = 400V$, 與狀態 1 極為類似, 初級側電壓 V_C 經由變壓器耦合至次級, 使次級側電流經由 D_2 將能量儲存在電感 L 中, 同時供應到輸出 V_o 端。同樣地, 當 Q_1 要由 OFF 轉到 ON 的狀態時, 也必需先使 Q_1 和 Q_2 皆為 OFF, 以避免輸入端短路致使電路燒毀, 此為第 4 個狀態。接下來再進到第 1 個狀態, 如此週而復始不段地循環下去。

由上述地原理可知, 半橋式電路需使用 2 顆 400V 的開關晶體, 通常基於成本考量, 業界通常使用耐電壓 400V 的電晶體來擔任此任務, 其常用的規格如表六所示。而 PWM IC 則常選用以 TL494 IC。

五、輸出功率比半橋式大 1 倍的全橋式電路拓撲

圖七為全橋式電路拓撲之電路簡圖, 其 PWM IC 所產生的控制信號如圖八所示, 其中 Q_1 、 Q_4 為同步運作, 而 Q_2 、 Q_3 為同步。類似半橋式電路, 全橋式電路的動作方式也可分為四個狀態來討論, 其中第 1 個狀態是當 Q_1 、 Q_4 為 ON、 Q_2 、 Q_3 為 OFF 時, 電流方向如圖七中虛線所示, 此時若 PFC stage 的輸出為 400V, 則變壓器之初級側電壓 V_C 亦為 400V, Q_1 、 Q_4 導通而 Q_2 、 Q_3 所需的耐壓約為 400V。 V_C 經由變壓器耦合到次級, 次級側的電流經 D_2 把能量儲存在電感 L 中並供應到輸出 V_o 端。第 2 個狀態是當 Q_1 、 Q_4 、 Q_2 、 Q_3 為 OFF, 稱為截止時間 (dead time), 此時變壓器的初級側完全沒有能量耦合到次級側, 而落在 Q_1 、 Q_4 、

Q_2 、 Q_3 的壓降約各為 200V，次級側則將上一個狀態儲存在電感 L 能量釋放到負載。第 3 個狀態是即 Q_1 、 Q_4 為 OFF 而 Q_2 、 Q_3 為 ON，電流方向如圖七中的雙虛線所示，此時若 PFC 的輸出為 400V， V_C 約為 -400V， Q_2 、 Q_3 導通而 Q_1 、 Q_4 所需的耐壓約為 400V， V_C 經由變壓器耦合至次級，使次級側電流經由 D_1 將能量儲存在電感 L 中，並供應到輸出 V_O 端。第 4 個狀態和第 2 狀態同樣是 Q_1 、 Q_4 、 Q_2 、 Q_3 為均為截止，接下來再進到第 1 個狀態，如此週而復始不段地循環下去。

由上述地原理可知，全橋式電路需使用 4 顆 400V 的開關，基於成本考量，業界通常以耐電壓 400V 的電晶體來製作。比較全橋式和半橋式電路，在相同的輸出功率下，由於全橋式電路的變壓器輸入電壓 V_C 為半橋式的兩倍，因此流經全橋式電路晶體開關的電流僅有半橋式電路的一半，所以若使用相同耐電壓、耐電流的電晶體，全橋式電路輸出的功率可比半橋式大一倍，其常用的規格和半橋式相同，如表六所示。而 PWM IC 則常以 TL494 IC 加上一些邏輯閘來製作。

六、 提供大功率需求的推挽式電路拓僕

圖九為推挽式電路拓僕之電路簡圖，而 PWM IC 所產生的控制信號和各 FET 晶體的 V_{DS} 波形如圖十所示。電路的動作方式亦分為四個狀態來討論，其中第 1 個狀態是當 Q_1 為 ON、 Q_2 為 OFF 時，電流方向如圖九中的虛線所示，此時若 PFC stage 的輸出為 V_d 約 400V，則變壓器之初級側電壓 V_{C1} 為 -400V，直接傳遞能量到次級 V_{s1} ，此時 D_1 導通使電流流過電感 L 並把能量儲存其中，且供應到輸出 V_O 端，而此時 Q_2 FET 的耐壓為 $2V_d=800V$ 。這是本電路和半橋式電路的最大不同點，而業界常用的 MOSFET 規格與順向式電路所用的 MOSFET 規格相同，如表五所示。此外亦有業者為節省成本而使用高耐壓 BJT 電晶體來取代，但耐壓 800V 的 BJT 較不多見。第 2 個狀態是當 Q_1 和 Q_2 皆為截止狀態，此時變壓器沒有能量耦合到輸出端，而落在 Q_1 和 Q_2 的壓降約為 $V_d=400V$ ，次級側則將上一個狀態儲存在電感 L 上的能量釋放到負載。第 3 個狀態是即 Q_1 為 OFF 而 Q_2 轉為 ON，電流方向如圖十中的雙虛線所示，此時若 PFC stage 的輸出為 400V，則變壓器初級繞組上的電壓 V_{C2} 約為 +400V，直接傳遞能量到次級 V_{s2} ，則 D_2 導通並流過電流到電感 L ，將能量儲存於其中並供應到輸出 V_O 端，此時 Q_2 FET 的耐壓為 $2V_d=800V$ 。第 4 個狀態和第 2 狀態同樣是 Q_1 、 Q_4 、 Q_2 、 Q_3 為通通截止，接下來再進到第 1 個狀態，如此週而復始不段地循環下去。

推挽式電路和半橋式電路同樣使用兩個開關元件，只是電路的接法不同，然而為何較大功率需求的產品如 UPS、通信設備或儀器用電源大多仍使用此種架構呢？其實是由於在第 1 個狀態時半橋式電路的變壓器初級側電壓值 V_C 約為 $V_d/2$ ，而推挽式電路的 V_C 約為 V_d ，當變壓器要傳遞相同能量時，半橋式電路的變壓器初級側電流要比推挽式電路高上一倍，使得變壓器本身的磁滯損失和渦流損失增加而提高溫升，而使用較大的變壓器不僅增加成本，在某些應用

上由於變壓器體積變大而顯得較為麻煩。

在元件的採用上開關元件使用如表 5 的 800V 耐壓 FET，而 PWM IC 常以 TL494 來製作。推挽式電路雖然仍有其市場，但其缺點是開關元件需使用耐壓高達 800V 以上的 MOSFET，故以價格導向且數量龐大如個人電腦的 ATX 電源供應器市場較不會使用它，而採用半橋式架構為多。

七、防治 EMI 為重要課題

由於前幾節所介紹的各種電路拓撲，其輸入電壓範圍為 $90V_{AC} \sim 264V_{AC}$ (廣域輸入電壓，Universal Input)，這麼高的電壓經 PFC stage 切換後無論傳導性或輻射性電磁雜訊都已相當高，而且 PFC stage 輸出的 400V 直流電壓為又供給到 POWER stage 部分，400V 的高壓電經開關元件切換產生更大的電磁雜訊，使得切換式電源供應器的 EMI 防治方式相當複雜。而從上述各種電路如圖三的返馳式電路中 Q_2 導通時的電流迴路、圖四的順向式電路 Q_2 導通時的電流迴路、圖五的半橋式電路中虛線和雙虛線電流迴路、圖七的全橋式電路中虛線和雙虛線電流迴路、圖九的推挽式電路中虛線和雙虛線電流迴路都會和天線一樣散發出輻射性 EMI，這些雜訊都會對產品上市造成相當大的困擾，因此一個好的電源供應器產品除了其電路本身需有良好的設計技術之外，更需要有 EMI 的專家或工程師的配合才能使產品出貨無往不利。

八、結語

一般而言，切換式電源供應器以 MOS FET 或 BJT 來作為開關元件，利用馳返式電路拓撲可製作出數 W \sim 150W 之間的产品，順向式或推挽式可達到 400W 左右，半橋式約數百 W，全橋式可達 1KW 以上。本文詳述了切換式電源供應器的各種電路架構和動作原理，並且點出各大有名的廠家所提供的主動元件規格和編號，對於業界的同好而言，而論初學者或老手都可從本文中方便取得切換式電源供應器的製作技術和資料，並研發出適合的電源供應器來。

參考文獻：

- [1] <http://www.adaptorst.com/>
- [2] Ned Mohan, Tore M. Undeland, and William P. Robbins, "Power electronics :converters, applications, and design", Wiley, New York, 667pp, 1989.
- [3] Pressman, Abraham I., "Switching power supply design", McGraw-Hill, New York, 926pp, 1991
- [4] 林慶仁，宋自恆，"最新的電力電子轉換技術與產品特點"，新電子科技雜誌 2001 年 . 11 月號第 188 期。
- [5] 梁適安，"交換式電源供給器之理論與實務設計"，全華圖書公司，台北市，389pp，1994。

表一 業界常用的 PFC 級 600V 耐壓電晶體規格型號表

I(A)	Rds on (Ohm)	Type No.	Brand	Package
7	1.2	PHX7NQ60E	Philips	TO220F
7.3	0.6	SPP07N60C2	Infineon	TO220
10	0.75	PHX10NQ60E	Philips	TO220F

表二 業界常用的 PFC 二極體規格型號表

I _o (AV)/ I _F (AV) (A)	V _{RRM} (V)	t _{tr} (ns)	PACKAGE	
			SURFACE MOUNT	LEADED
			D2-PACK (SO T-404)	TO-220AC (SO D-59)
5	600	19	BYC05B-600	BYC05-600
8	600	19	BYC08B-600	BYC08-600
10	600	19	BYC10B-600	BYC10-600

表三 業界常用的 600V MOSFET 規格型號表

I(A)	Rds on (Ohm)	Type No.	Brand	Package
1	11	2SK3491	Sanyo	I Pack
1.8	3	SPU02N60S5	Infineon	I Pack
3	2.6	2SK2624	Sanyo	TO220F
4	2.5	PHX4NQ60E	Philips	TO220F
6	1.2	2SK2628	Sanyo	TO220F
7	1.2	PHX7NQ60E	Philips	TO220F
7.3	0.6	SPP07N60C2	Infineon	TO220
10	0.75	PHX10NQ60E	Philips	TO220F
11	0.38	SPP11N60C2	Infineon	TO220
11	0.38	SPW11N60C2	Infineon	TO247
20	0.19	SPP20N60C2	Infineon	TO220
20	0.19	SPW20N60C2	Infineon	TO247
47	0.07	SPW47N60C2	Infineon	TO247

表四 業界常用的肖特基二極體規格型號表

I _o (AV) I _F (AV) (A)	VRRM (V)	VF (mV)	@IF (A)	Single /Dual	Package								
					SURFACE MOUNT			LEAD					
					SOT 223	D-PACK (SOT 428)	D2-PACK (SOT 404)	TO220AC (SOD 59)	TO220AB (SOT 78)	SOD 113 (SOT 186A)	SOT 186A	TO247 (SOT 429)	
2	40	450	1	DUAL	PBYR240 CT								
2	25	450	1	DUAL	PBYR245 CT								
3	40	570	1.5	DUAL		PBYR340 CTD							
3	45	570	1.5	DUAL		PBYR345 CTD							
6	40	600	3	DUAL		PBYR640 CTD							
6	45	600	3	DUAL		PBYR645 CTD							
7.5	40	570	7.5	Single		PBYR740 D	PBYR740B	PBYR740			PBYR740X		
7.5	45	570	7.5	Single		PBYR745 D	PBYR745B	PBYR745			PBYR745X		

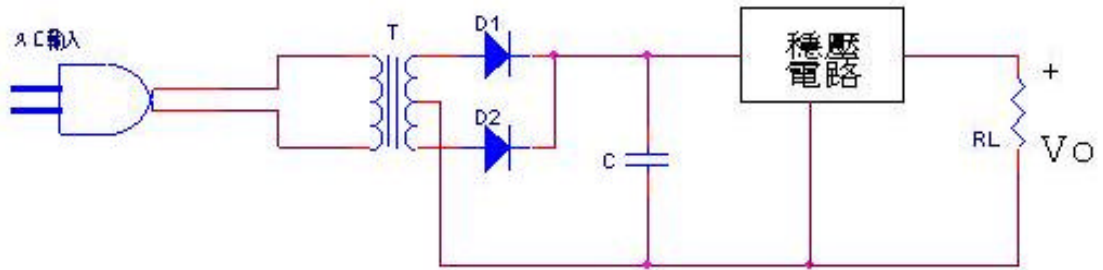
10	40	570	10	Single		PBYR104 0D	PBYR1040B	PBYR1040				
10	40	590	10	Single						PBYR1040X		
10	40	600	5	DUAL		PBYR104 0CTD						
10	45	570	10	Single		PBYR104 5D	PBYR1045B	PBYR1045				
10	45	590	10	Single						PBYR1045X		
10	45	600	5	DUAL		PBYR104 5CTD						
10	60	700	10	Single			PBYR1060B	PBYR1060				
10	100	700	10	Single			PBYR10100 B	PBYR10100				
15	40	570	7.5	DUAL			PBYR1540 CTB		PBYR1540 CT		PBYR154 0CTX	
15	45	570	7.7	DUAL			PBYR1545 CTB		PBYR1545 CT		PBYR154 5CTX	
16	40	570	16	Single			PBYR1640B	PBYR1640				
16	40	600	16	Single						PBYR1640X		
16	45	570	16	Single			PBYR1645B	PBYR1645				
16	45	600	16	Single						PBYR1645X		
20	40	570	10	DUAL			PBYR2040 CTB		PBYR2040 CT		PBYR204 0CTX	
20	40	650	20	DUAL							PBYR254 0CTX	
20	45	570	10	DUAL			PBYR2045 CTB		PBYR2045 CT		PBYR204 5CTX	
20	45	650	20	DUAL							PBYR254 5CTX	
20	60	700	10	DUAL			PBYR2060 CTB		PBYR2060 CT			
20	100	700	10	DUAL			PBYR20100 CTB		PBYR2010 0CT			
30	40	600	20	DUAL								PBYR3040 WT
30	40	620	20	DUAL			PBYR2540C TB		PBYR2540 CT			
30	45	600	20	DUAL								PBYR3045W T
30	45	620	20	DUAL			PBYR2545C TB		PBYR2545 CT			
30	60	700	15	DUAL								PBYR3060W T
30	100	700	15	DUAL								PBYR30100 WT
40	40	600	20	DUAL								PBYR4040W T
40	45	600	20	DUAL								PBYR3045W T
60	40	600	30	DUAL								PBYR6040W T
60	45	600	30	DUAL								PBYR6045W T

表五 業界常用的 800V MOSFET 規格型號表

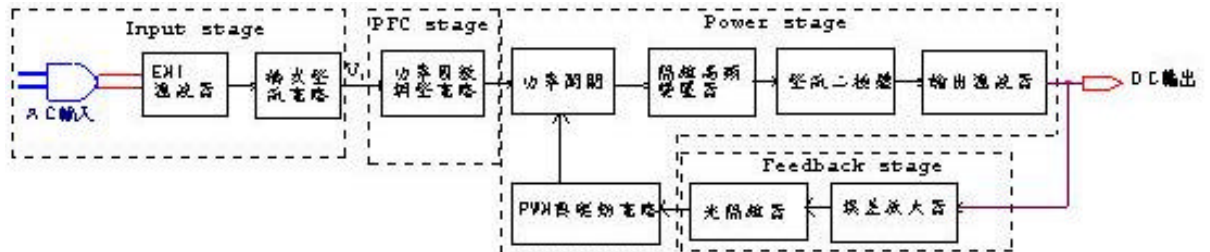
I(A)	Rds on (Ohm)	Type No.	Brand	Package
3.4	1.3	SPA04N80C3	Infineon	TO220F
6	0.95	SPP06N80C3	Infineon	TO220
4.9	0.65	SPA08N80C3	Infineon	TO220F
5.9	0.45	SPA11N80C3	Infineon	TO220F
17	0.29	SPP17N80C3	Infineon	TO220
17	0.29	SPW17N80C3	Infineon	TO247

表六 業界常用的 400V 功率晶體規格型號表

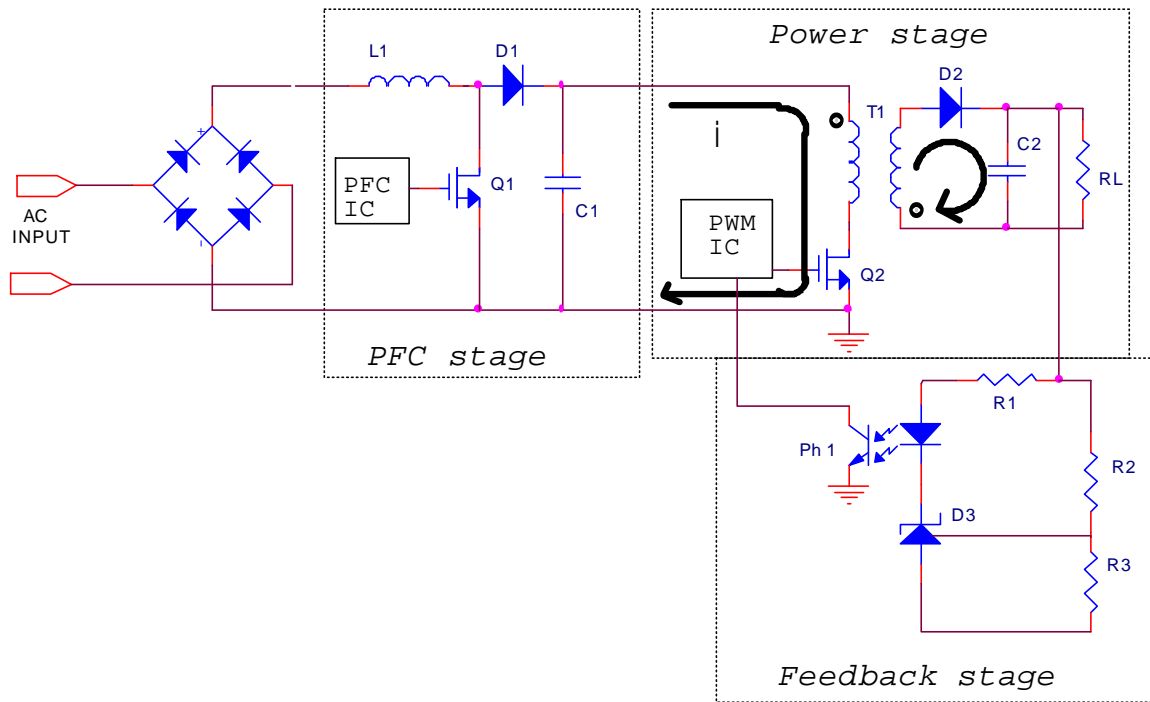
I(A)	Type No.	Brand
4	PHE13005	Philips
7	2SC5763	Sanyo
7	2SC4106	Sanyo
8	PHE13007	Philips
12	PHE13009	Philips
12	TT2144	Sanyo
12	2SC4108	Sanyo
16	2SC4109	Sanyo
25	2SC4110	Sanyo



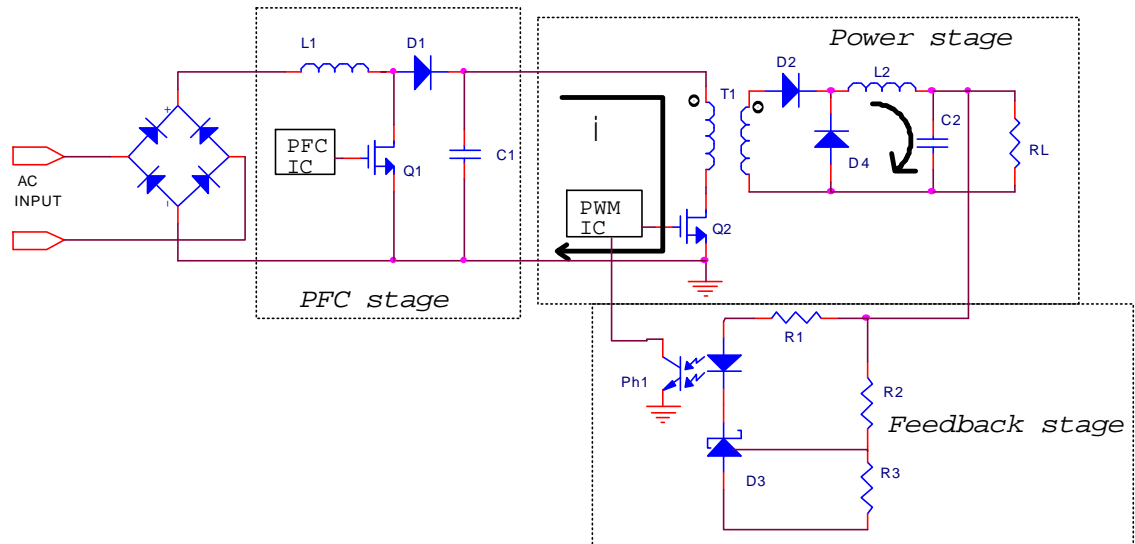
圖一 線性式電源供應器電路簡圖



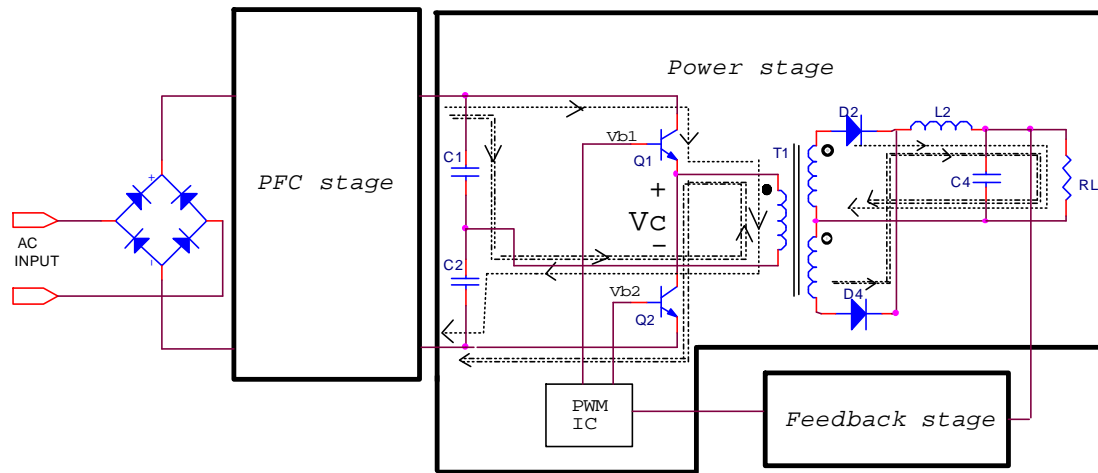
圖二 切換式電源供應器方塊圖



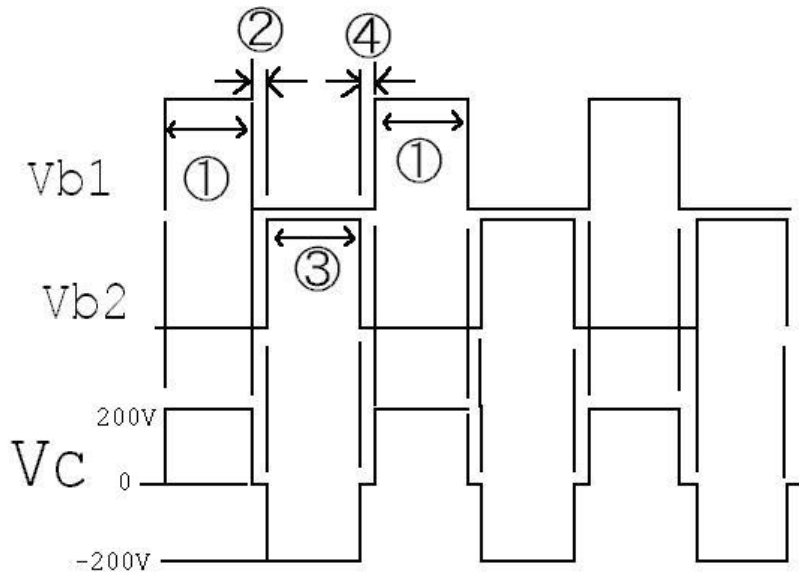
圖三、返馳式電路拓僕之電路簡圖



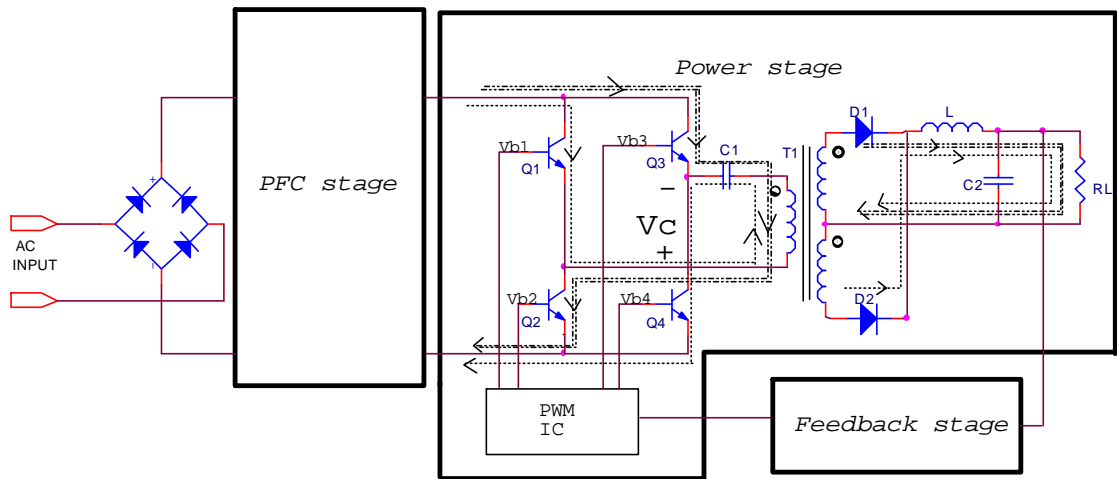
圖四、順向式電路拓僕之電路簡圖



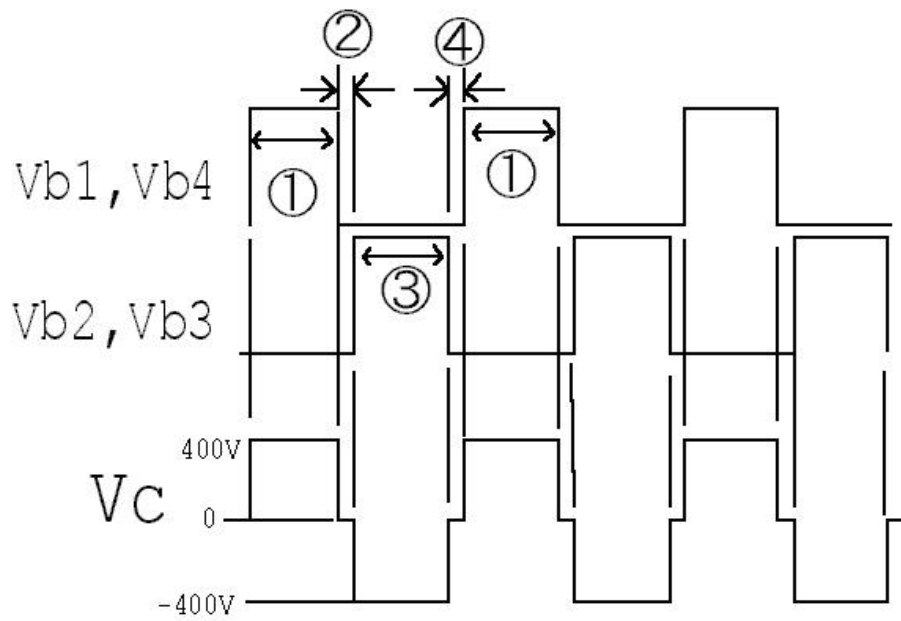
圖五、半橋式電路拓僕之電路簡圖



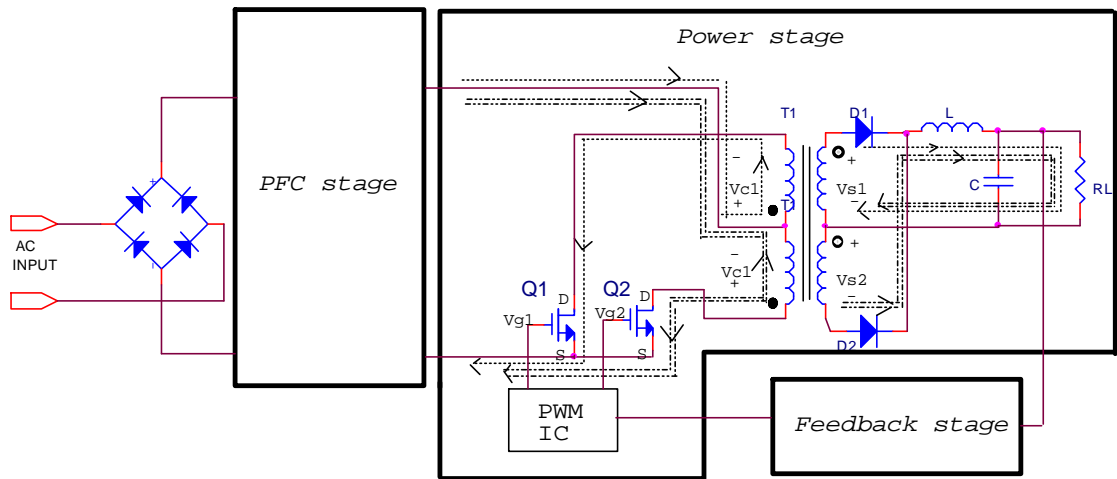
圖六、半橋式電路之控制信號時序圖



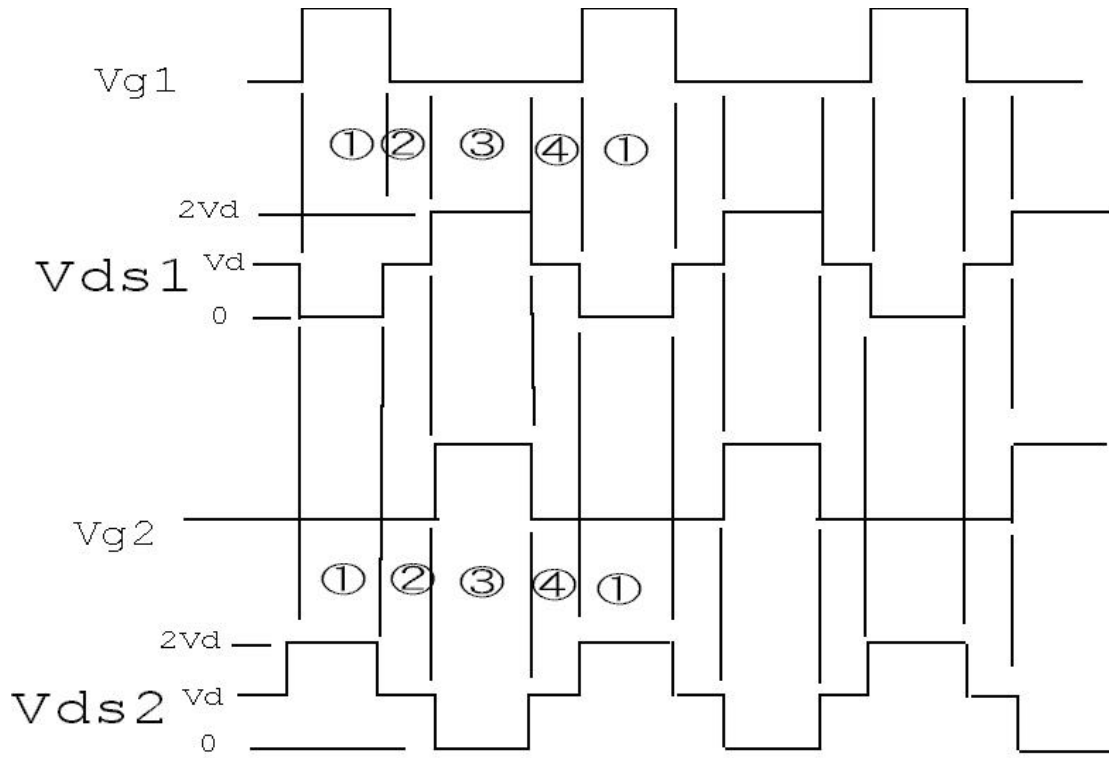
圖七、全橋式電路拓僕之電路簡圖



圖八、全橋式電路之控制信號時序圖



圖九、推挽式電路拓僕之電路簡圖



圖十、推挽式電路之控制信號時序圖