Flyback Topology

1. DC – DC Converter 的基本結構。

   BULK 變換器的工作原理

   BOOST 變換器的工作原理

   BULK-BOOST 變換器的工作原理

2. 隔離反馳式 DC – DC 變換器（Flyback converter）。

   單端反激式變換器

   雙晶反激式變換器

3. Flyback converter 設計的注意事項。

   變壓器的計算及 CCM & DCM 的設定

   OUTPUT 電容器的選用方法

   PWM IC 及 photocoupler 的選用及其注意事項

第一章 基本 SMPS 變換器

第一節 BULK 變換器

BULK 變換器又稱為降壓變換器, 其工作的電壓及電流如圖 1 - 1 所示, 由於沒有使用變壓器, 所以輸入與輸出沒有隔離, 只能用於輸入與輸出沒有絕緣要求的場合. BULK 變換器的輸入與輸出的關系可用以下的方法求得. 若輸入電壓為 VI, 輸出電壓為 Vo, 開關導通的時間為 Ton, 開關關斷的時間為 Toff, 則當

開關導通時, 電感兩端的電壓為 VI－Vo, 因此在開關導通期間, 電感電流的變化量為:

$$\Delta I_L = \frac{V_I - Vo}{L} T_{ON} \quad \text{.....(1-1)}$$

當開關 S 關斷的期間, 續流二極體 D 導通, 此時電感上的電壓為 –Vo, 因此在 OFF 期間電感上的電流變化量為:

$$\Delta I_L = \frac{Vo}{L} T_{OFF} \quad \text{.....(1-2)}$$

若電感上的電流為連續的, 則在 Ton 及 Toff 期間的變化量應相等, 由(1－1)及(1－2)式可得:

$$V_O = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} V_I$$

若定義開關 S 導通的時間與其開關周期的比值為 D, 即:

$$D = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

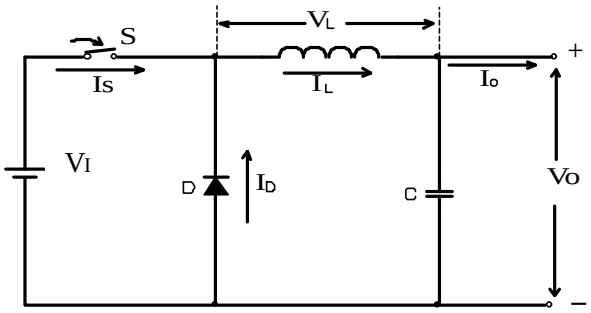
$$V_O = DV_I \quad \text{.....(1-3)}$$

若考慮輸入電壓的範圍為$V_{\mathrm{Im}in}$至$V_{\mathrm{Im}ax}$, 則

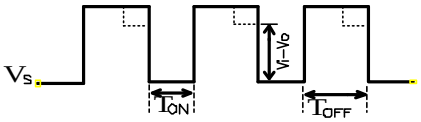
$$\frac{V_0}{V_{\mathrm{Im}in}} = D_{\max}$$

且

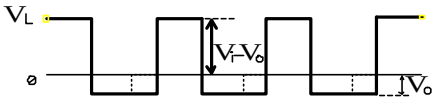
$$\frac{V_0}{V_{\mathrm{Im}ax}} = D_{\min}$$



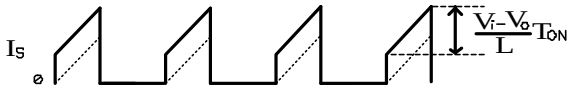
(a)



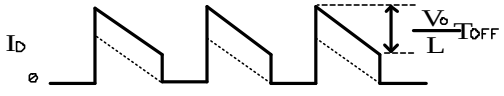
(b)



(c)



(d)



(e)

(f)

圖 1－1

第二節 BOOST 變換器

BOOST 變換器又稱為昇壓變換器，圖 1 – 2 為昇壓變換器的原理圖及其動作波形. 此電路的工作方式為:

當開關 ON 時，能量儲存在電感 L 中, OFF 時將此能量與輸入電壓重疊，經過整流二極體輸送到輸出端. 由於輸出電壓為電感電壓 V_L 與輸入電壓 V_I 的重疊，所以 $V_0 > V_I$.

開關 ON 時，加在電感 L 兩端的電壓為 V_I; OFF 時，為 $V_0 - V_I$. 在電感電流連續的情況下，電感電流的變化量相等，則:

$$\frac{V_I}{L} T_{ON} = \frac{V_0 - V_I}{L} T_{OFF} \quad \text{.....(. 1 – 4)}$$

因此:

$$V_0 = \frac{T_{ON} + T_{OFF}}{T_{OFF}} V_I \text{ .....(. 1 – 5)}$$

若把 $D = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$ 代入上式，則:

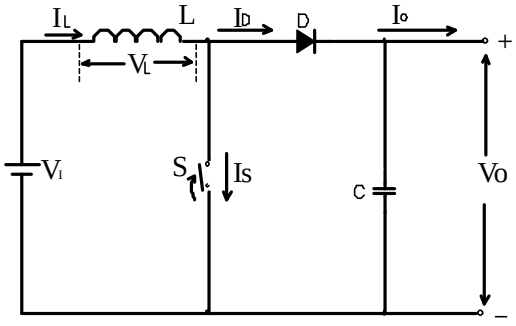
$$V_0 = \frac{1}{1-D} V_I \quad \text{.....(. 1– 6)}$$

若考慮輸入電壓的範圍為 V_{Imin} 至 V_{Imax}，則:

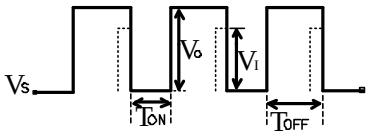
$$\frac{V_0}{V_{Imin}} = \frac{1}{1-D_{\max}}$$

且

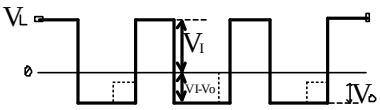
$$\frac{V_0}{V_{Imax}} = \frac{1}{1-D_{\min}}$$



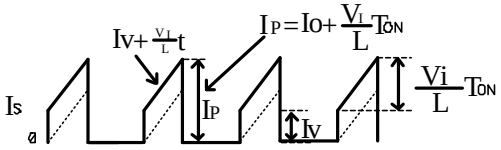
(a)



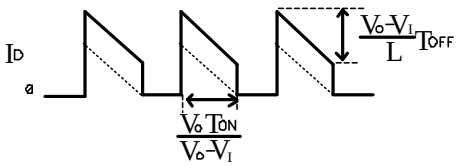
(b)



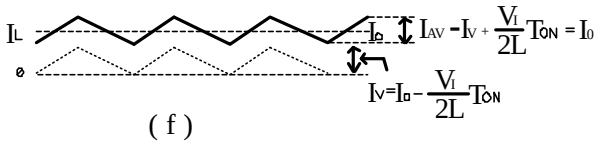
(c)



(d)



(e)



(f)

圖 1 – 2

第三節 BULK - BOOST 變換器

BULK – BOOST 變換器是 BULK 變換器及 BOOST 變換器的串聯組合，具有可昇壓及降壓的雙重功能，因為其輸出電壓與輸入電壓的極性相反，所以又稱為極性反轉型變換器. 圖 1 – 3 為其原理圖及工作波形.

此電路的工作原理為: 在每個周期裏，當開關 ON 時，電感中有電流流過，當開關 OFF 時，為了維持電流，二極體 D 導通，將儲存於 L 中的能量供給輸出端.

首先分析電感電流連續的情況，當開關 ON 時，電感兩端被加上 V_I 的電壓. 因此，在此期間的電感電流變化為 $V_I T_{ON}/L$. 當開關 OFF 時，二極體導通，加於電感兩端的電壓為 $-V_0$ ，電流的變化量為 $V_0 T_{OFF}/L$. 在正常狀態下，電感電流在 T_{ON} 與 T_{OFF} 期間的變化量相等，即:

$$\frac{V_I}{L}T_{ON} = \frac{V_0}{L}T_{OFF} \quad \text{....(1 – 7)}$$

因此:

$$V_0 = \frac{T_{ON}}{T_{OFF}}V_I$$

又因為: $D = \frac{T_{ON}}{T_S}$ 而且 $T_{ON} + T_{OFF} = 1$，所以

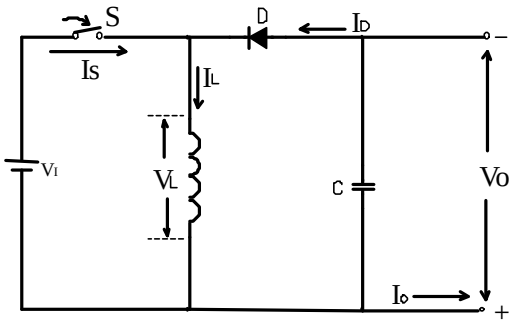
$$V_0 = \frac{D}{1-D}V_I \quad \text{.....(1 – 8)}$$

若考慮變換器輸入的電壓範圍為 $V_{\mathrm{Im}in}$ 到 $V_{\mathrm{Im}ax}$，則:

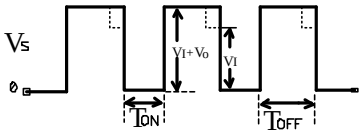
$$\frac{V_0}{V_{\mathrm{Im}in}} = \frac{D_{\max}}{1-D_{\max}} \quad \text{..... (1 – 9)}$$

且

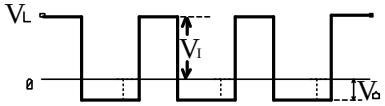
$$\frac{V_0}{V_{\mathrm{Im}ax}} = \frac{D_{\min}}{1-D_{\min}} \quad \text{...(1 – 10)}$$



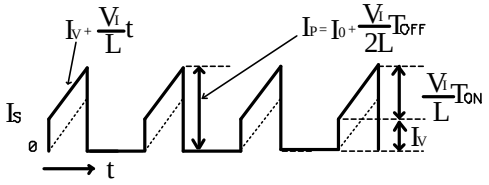
(a)



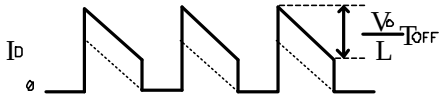
(b)



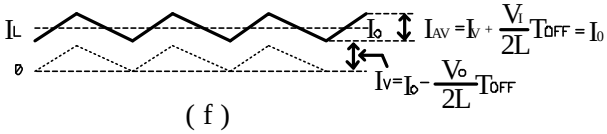
(c)



(d)



(e)



(f)

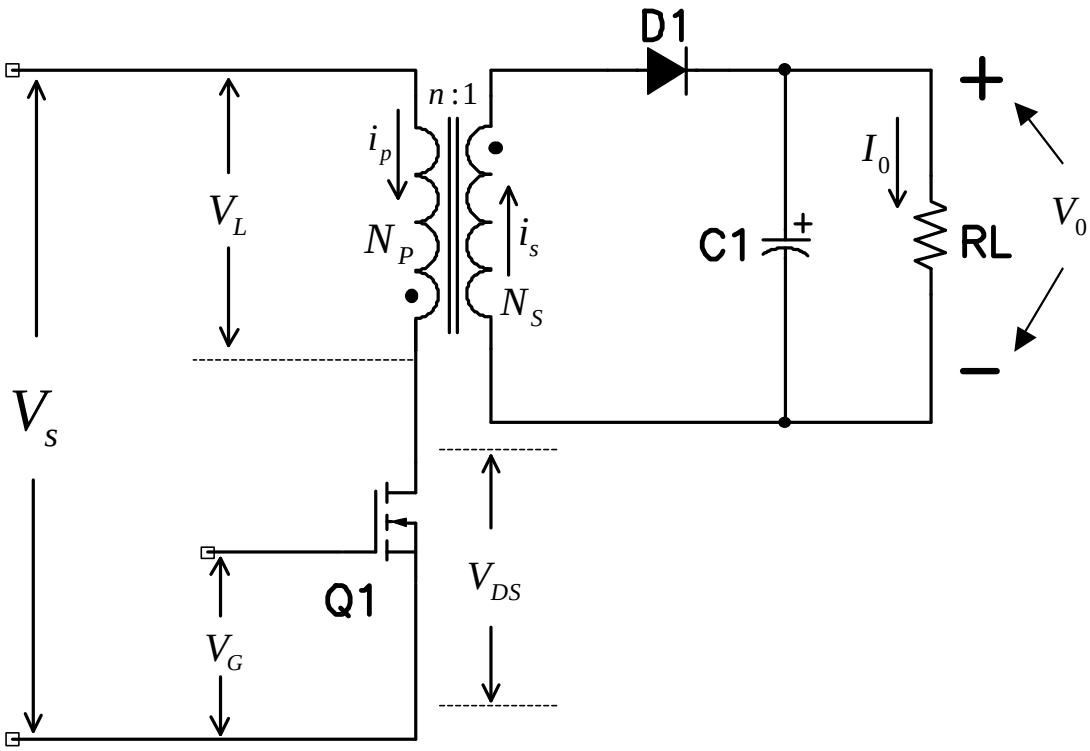
圖 1 – 3

第二章 Flyback 變換器

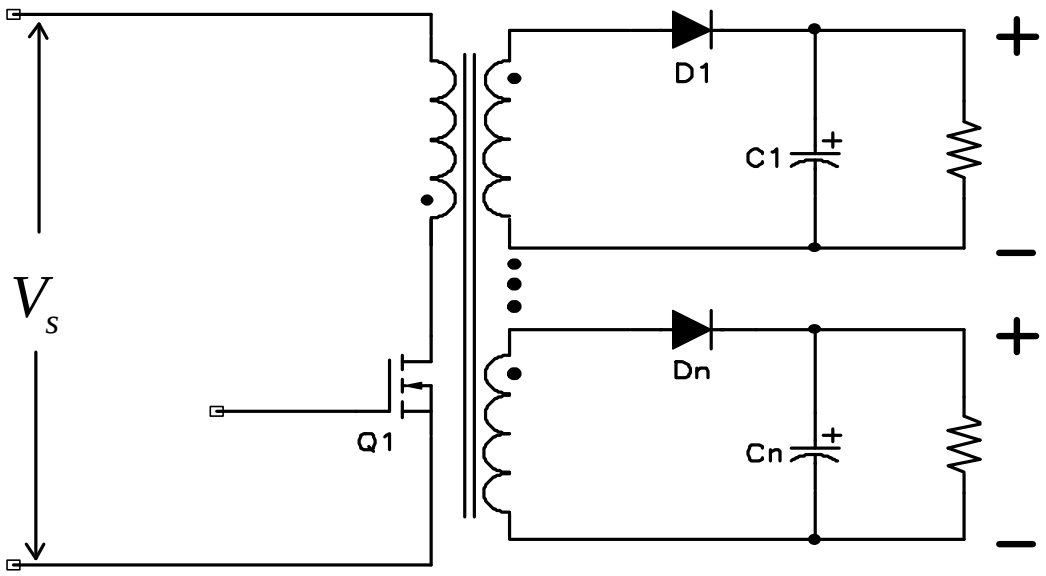
第一節 概述

由上一章可以得知，基本變換器只具有電壓變換功能，但很多實際應用中都需要輸入輸出得隔離，所以需要在基本變換器中插入變壓隔器來實現輸入到輸出的隔離。不同的變換器電路插入變壓隔離器後衣然具有其本身的本質特徵。Flyback 變換器就是在 BULK-BOOST 變換器的開關之後插入變壓隔離器而得到的，它具有可升壓，降壓及反極性等特點。

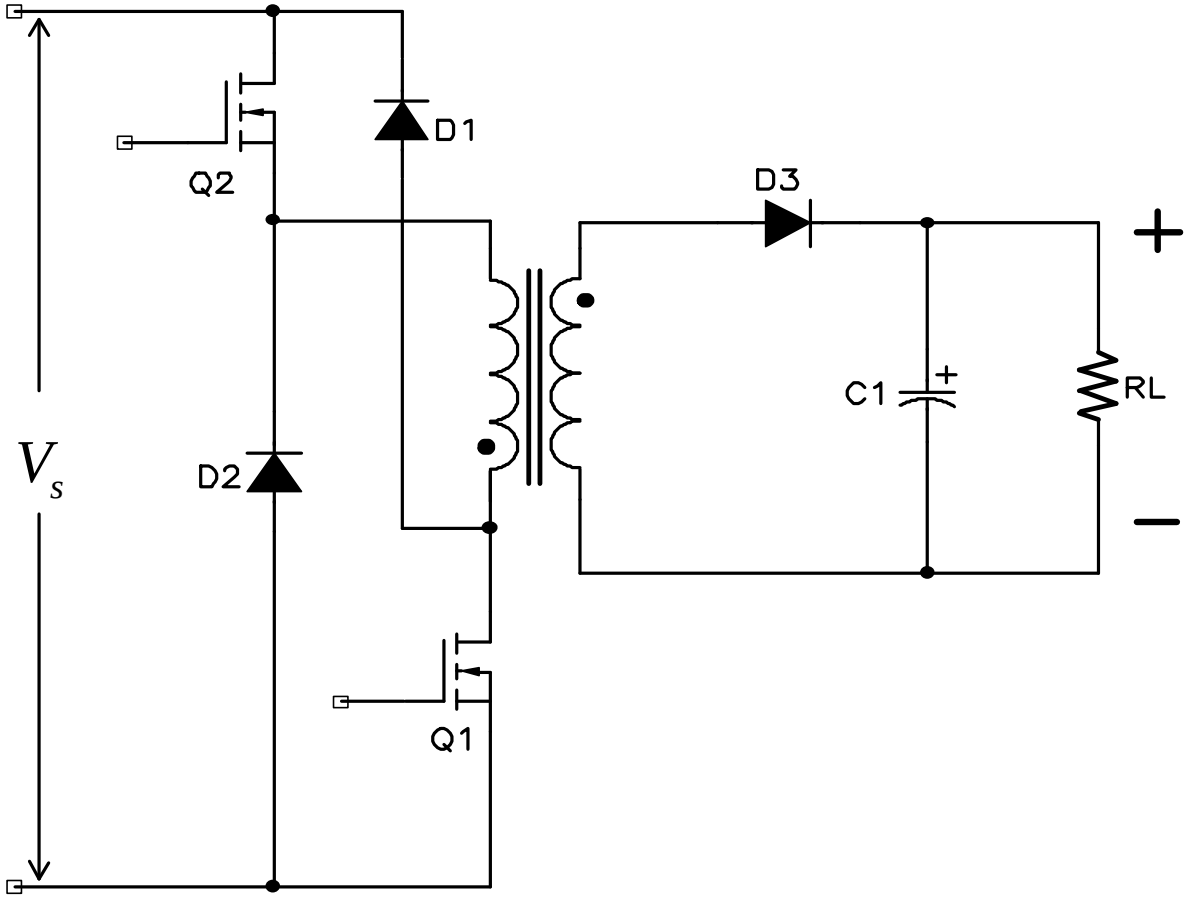
第二節 反激變換器的工作原理



Flyback Converter 的基本結構

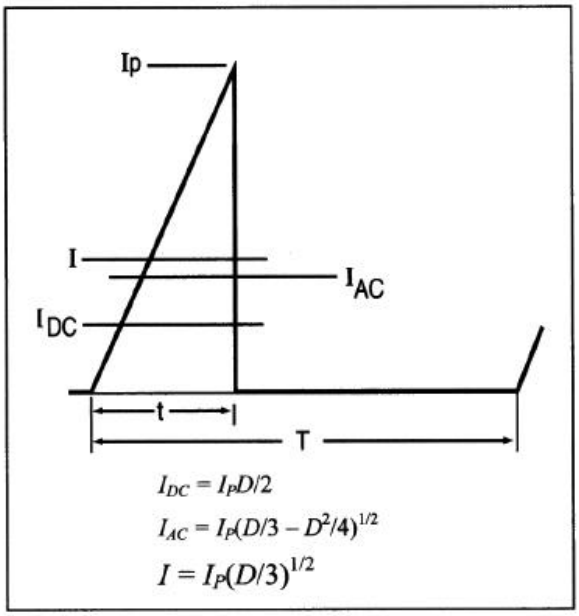


多路輸出的 Flyback Converter



多晶体的 Flyback Converter

$I^2 = I_{DC}^2 + I_{AC}^2 \qquad D = t/T$

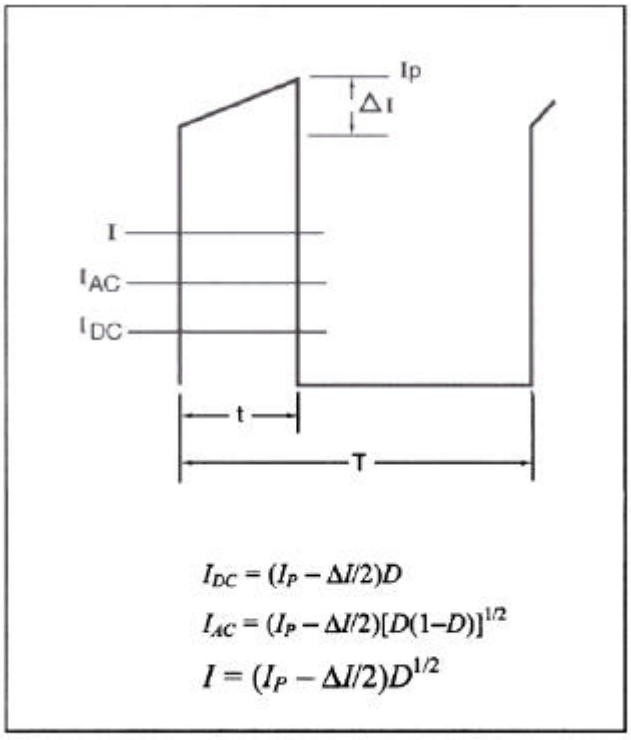


$I_{DC} = I_P D/2$

$I_{AC} = I_P(D/3 - D^2/4)^{1/2}$

$I = I_P(D/3)^{1/2}$

DCM 狀態的初級電流

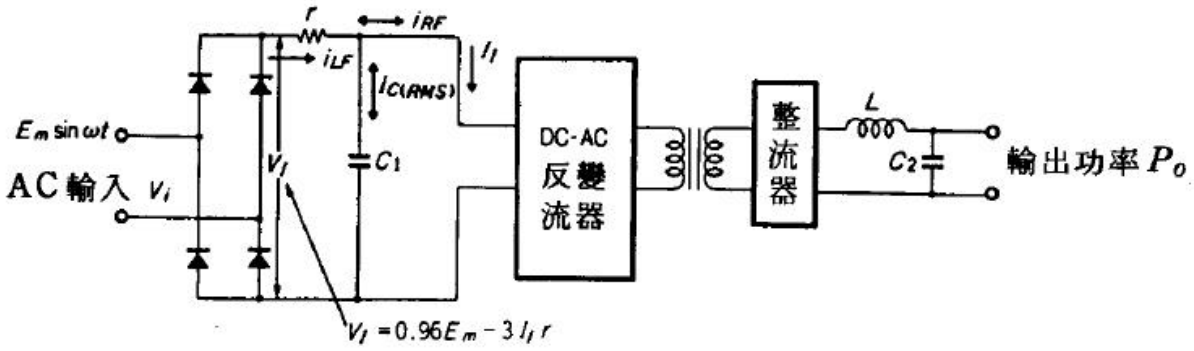


$I_{DC} = (I_P - \Delta I/2)D$

$I_{AC} = (I_P - \Delta I/2)[D(1-D)]^{1/2}$

$I = (I_P - \Delta I/2)D^{1/2}$

CCM 狀態的初級電流



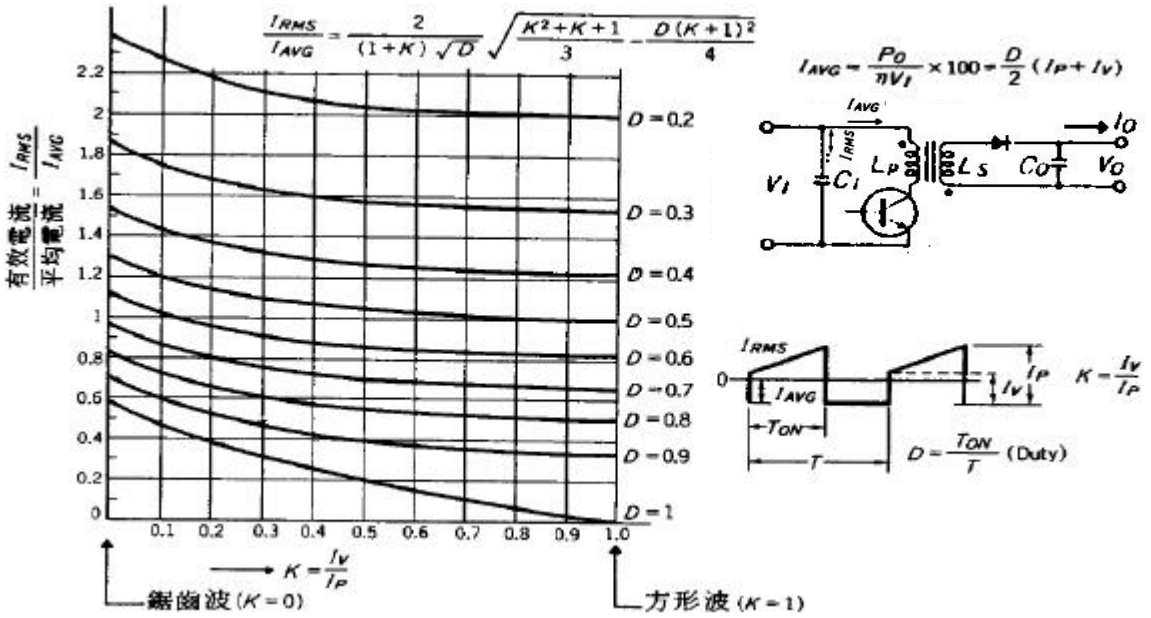
$$I_{C(RMS)} \fallingdotseq \frac{100 P_O \sqrt{5.5 + \left(\frac{I_{RMS}}{I_{AVG}}\right)^2}}{\eta V_I}$$

ic 爲 i_{LF} 與 i_{RF} 之和

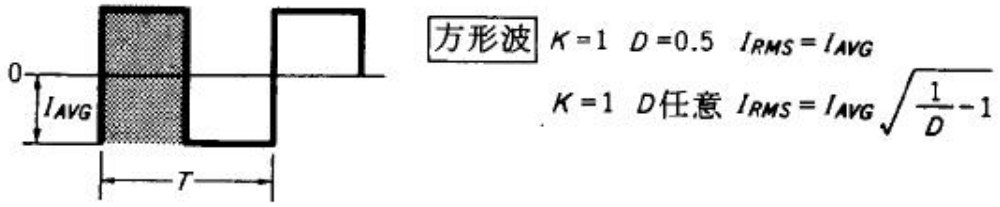
ic 之有效值 I_{CRMS} 爲

$$I_{CRMS} = \sqrt{I_{LFRMS}^2 + I_{RFRMS}^2}$$

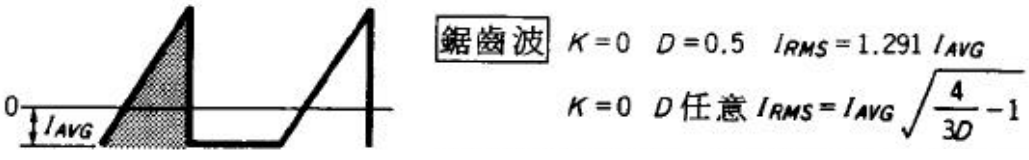
輸入整流濾波電容器的紋波電流有效值與阻抗的關係



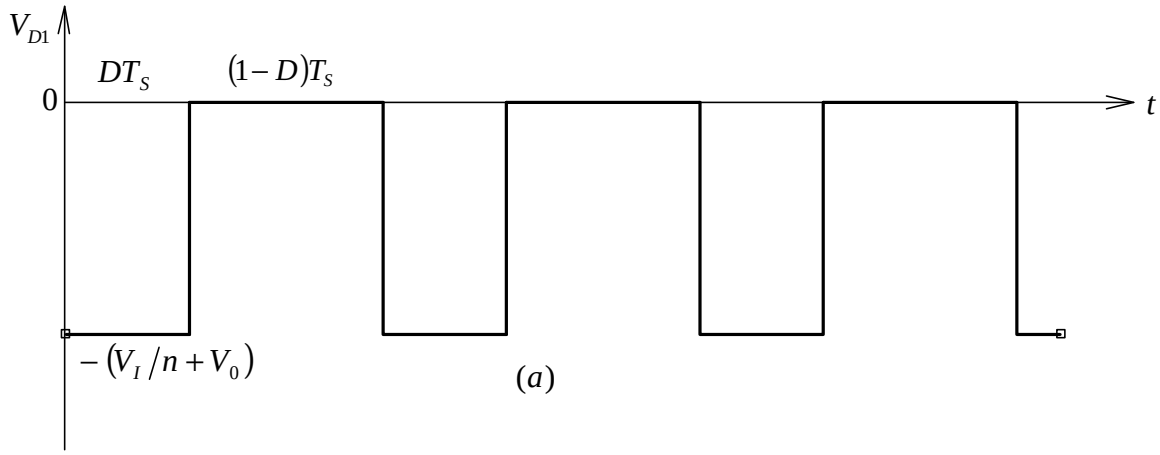
與變壓器平均輸入電流對應的電容器有效電流



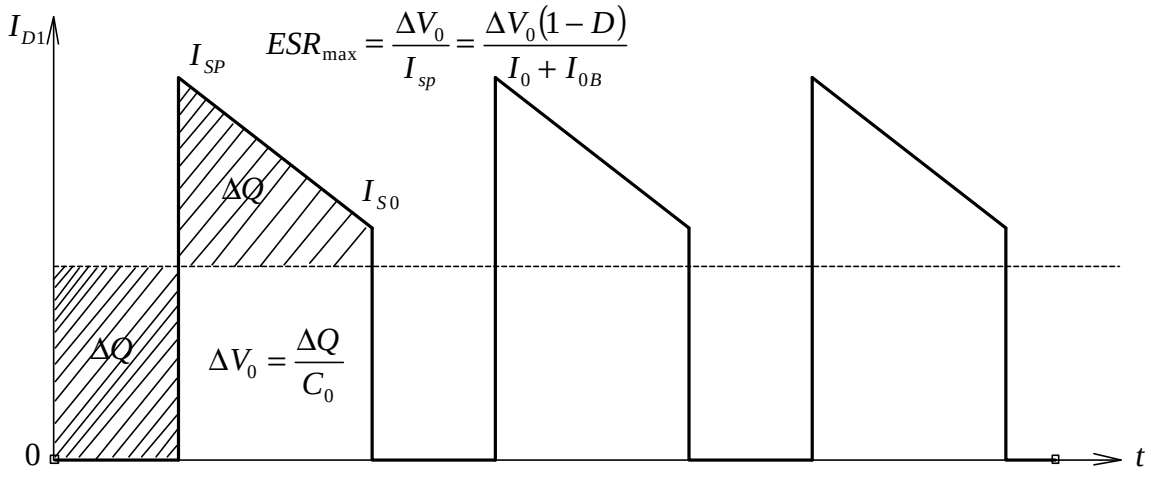
輸出側之電感很大的情況



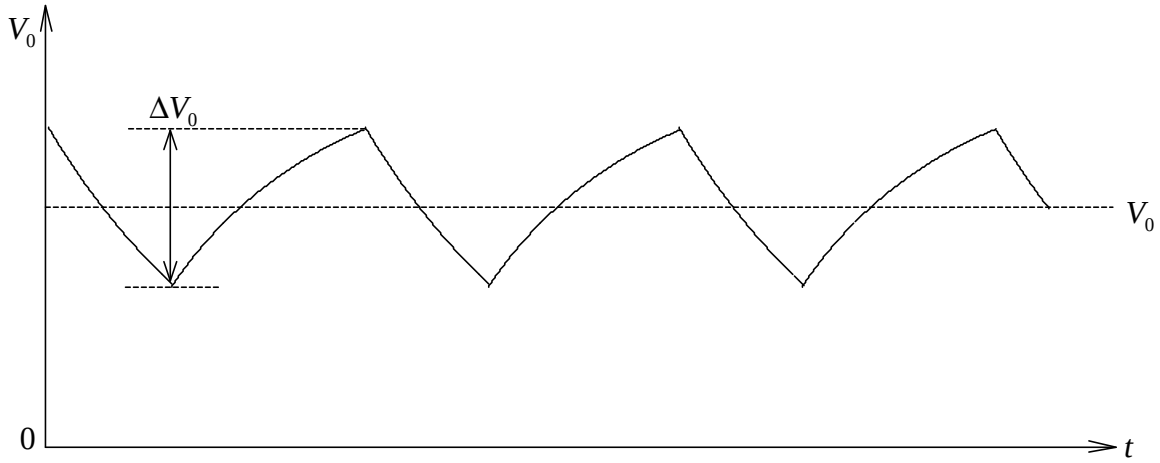
工作在 DCM 的情況



(*a*)

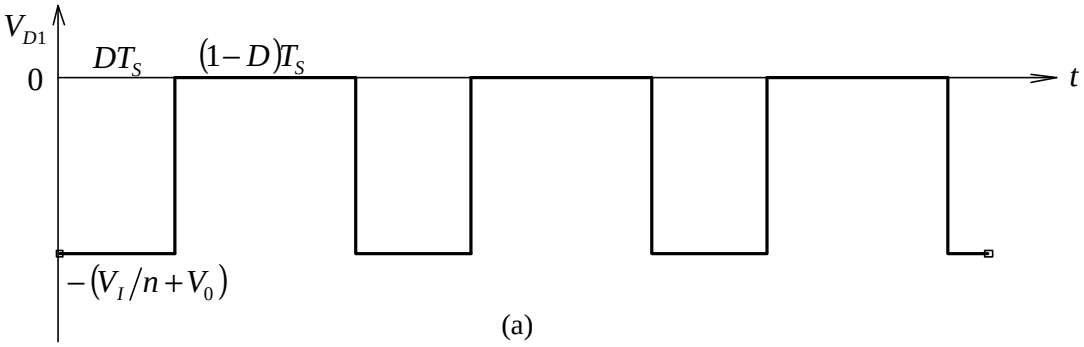


(*b*)

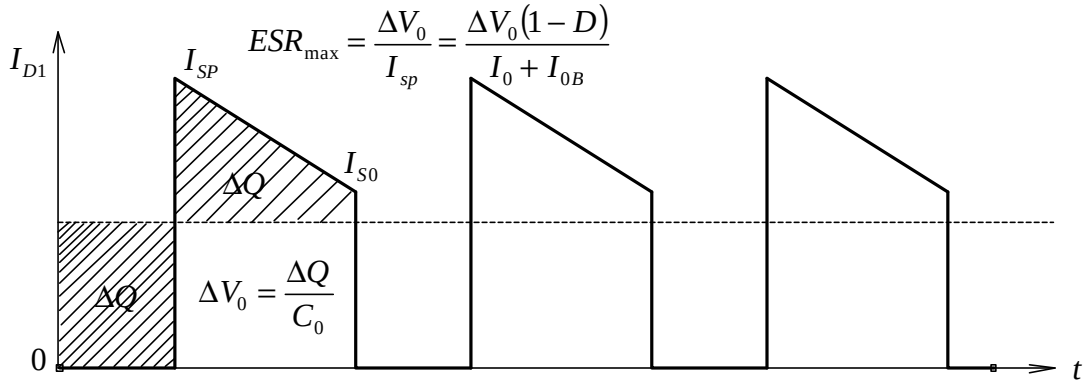


(*C*)

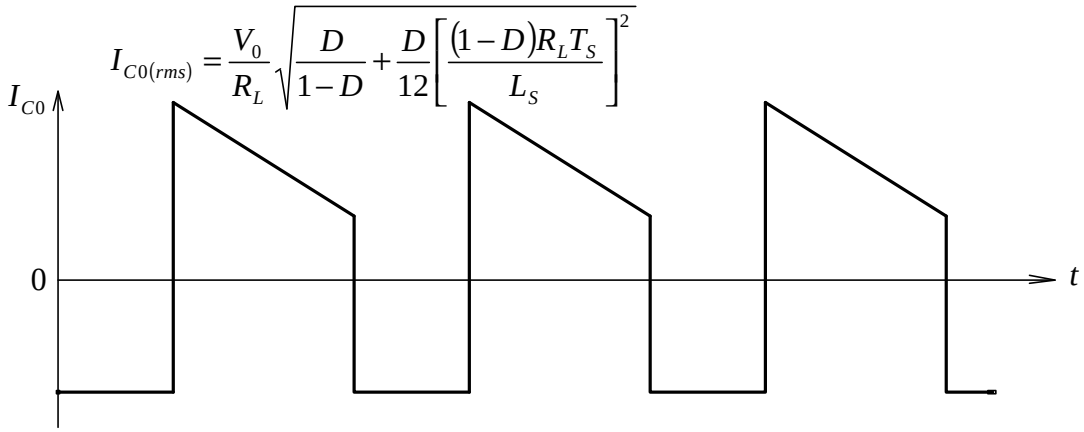
Flyback Converter **工作在** CCM **情况下的輸出波形**



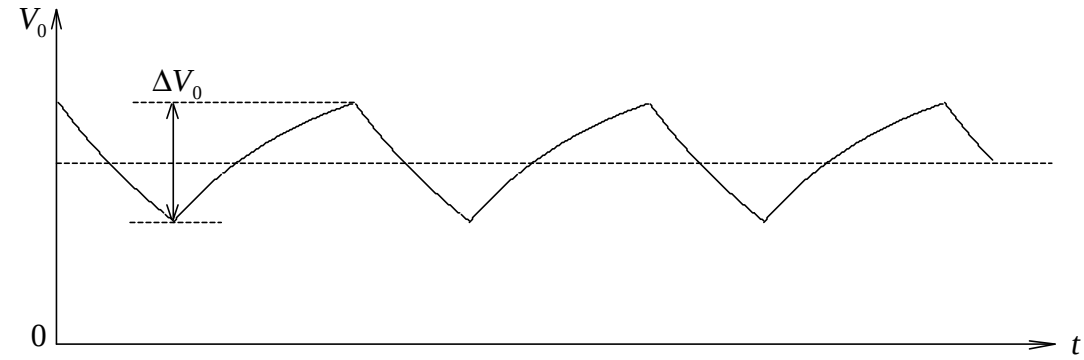
(a)



(b)

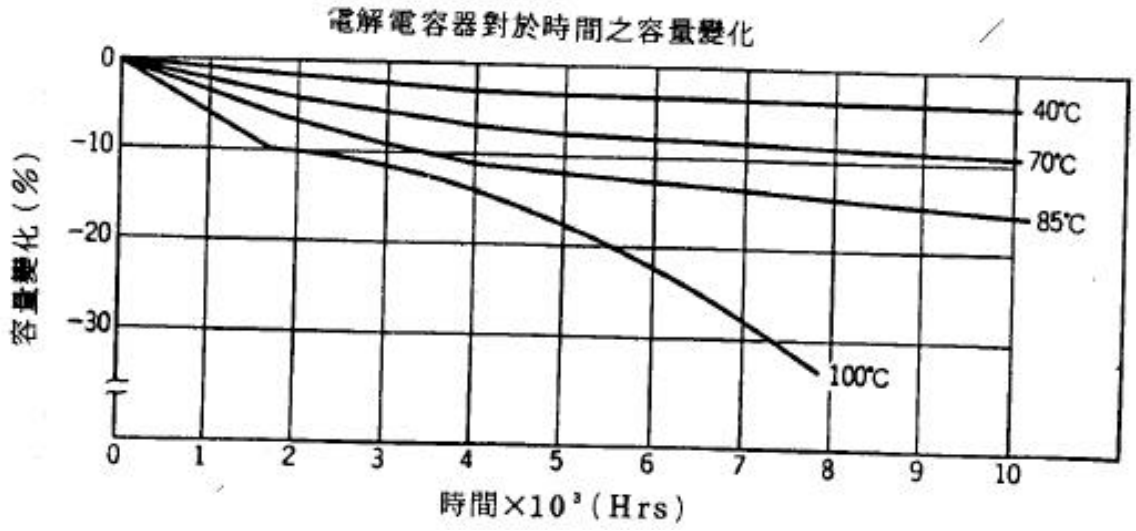


(c)



(d)

Flyback Converter **操作在** CCM **情況下的輸出波形**



電解電容器之壽命與溫度之關係，稱爲“亞雷紐斯之 10 度原則”，卽溫度每上昇 10℃ 則壽命減少一半。因此，在 105℃時具有 1000 小時壽命之電容器，在 65℃使用時，其壽命將成爲 16000 小時。