



Is Now Part of



**ON Semiconductor®**

To learn more about ON Semiconductor, please visit our website at  
[www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)

ON Semiconductor and the ON Semiconductor logo are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at [www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf). ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

# AN4140 应用指南

## 使用飞兆功率开关 (FPS™) 的离线反激式转换器变压器设计要素

### 1. 引言

对于反激式转换器，变压器是最重要的因素，它决定了效率、输出调整率和电磁干扰等性能。相比普通变压器，反激式变压器本质上是一个电感，为反激式转换器提供能量储存、耦合和隔离。在普通变压器中，电流同时通过初级线圈和次级线圈。然而在反激式变压器中，磁芯储能时，电流只会通过初级线圈，磁芯释放能量时，电流只会通过次级线圈。通常在磁芯间引入气隙，以增加能量储存能力。

本文提出了应用飞兆功率开关 (FPS) 的离线式反激式转换器变压器的实用设计要素。为了帮助读者深刻理解，本文还提供了实际设计范例。

### 2. 普通变压器设计程序

#### (1) 选择合适的磁芯

**磁芯型式：**铁氧体是商业开关式电源 (SMPS) 中最常用的磁芯材料。图 1 为各种铁氧体磁芯和骨架。磁芯型式应当依照系统需求进行选择，包括输出数量、物理高度、成本等。表 1 列明了各种磁芯的特点和典型应用。

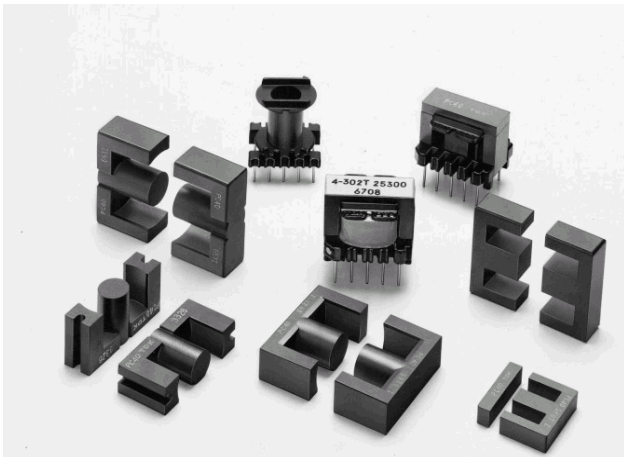


图 1 铁氧体磁芯 (TDK)

磁芯	产品特性	典型应用
EE EI	- 成本低	辅助电源 电池充电器
EFD EPC	- 外型总高小	LCD 监视器
EER	- 线圈窗口面积大 - 各种骨架适合多路输出	CRT 监视器、C-TV DVDP、STB
PQ	- 横截面积大 - 相对较贵	

表 1 各种磁芯的特点和典型应用

**磁芯尺寸：**实际上，鉴于变量太多，初始磁芯选择一定是粗糙的。正确选择磁芯的一个方法是参照制造商的磁芯选择指南。如果没有合适的参照，可以以表 2 为出发点。对于 67kHz 开关频率、12V 单一输出应用的通用输入范围，表 1 介绍的磁芯是非常典型的。当输入电压范围为 195-265Vac（欧洲输入范围）或开关频率高于 67kHz 时，可以使用较小的磁芯。对于低压和 / 或多路输出的应用，通常应使用比表中所列品种更大的磁芯。

输出功率	EI 磁芯	EE 磁芯	EPC 磁芯	EER 磁芯
0-10W	EI12.5 EI16 EI19	EE8 EE10 EE13 EE16	EPC10 EPC13 EPC17	
10-20W	EI22	EE19	EPC19	
20-30W	EI25	EE22	EPC25	EER25.5
30-50W	EI28 EI30	EE25	EPC30	EER28
50-70W	EI35	EE30		EER28L
70-100W	EI40	EE35		EER35
100-150W	EI50	EE40		EER40 EER42
150-200W	EI60	EE50 EE60		EER49

表 2 磁芯快速选择表（用于 67kHz 开关频率、12V 单一输出的通用输入范围）

当确定了磁芯型式和尺寸，以下变量便可以从磁芯数据表中获得。

- $A_e$  : 磁芯横截面积 ( $\text{mm}^2$ )
- $A_w$  : 线圈窗口面积 ( $\text{mm}^2$ )
- $B_{sat}$  : 磁芯饱和磁通密度 (tesla)

图 2 显示了磁芯中的  $A_w$  和  $A_e$ 。典型 TDK (PC40) 铁氧体磁芯磁通密度与磁场强度特性曲线如图 3 所示。由于饱和磁通密度 ( $B_{sat}$ ) 随温度升高而减小, 因此应当考虑高温性能。如果没有参考数据, 可使用  $B_{sat}=0.3\sim 0.35\text{ T}$ 。

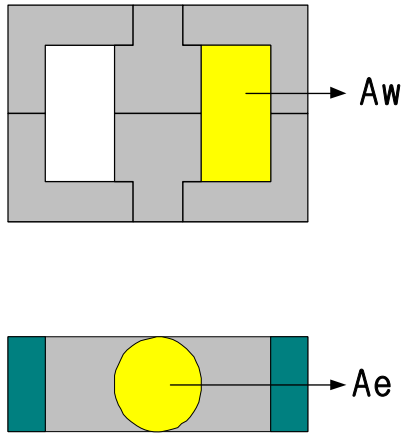


图 2 窗口面积和横截面积

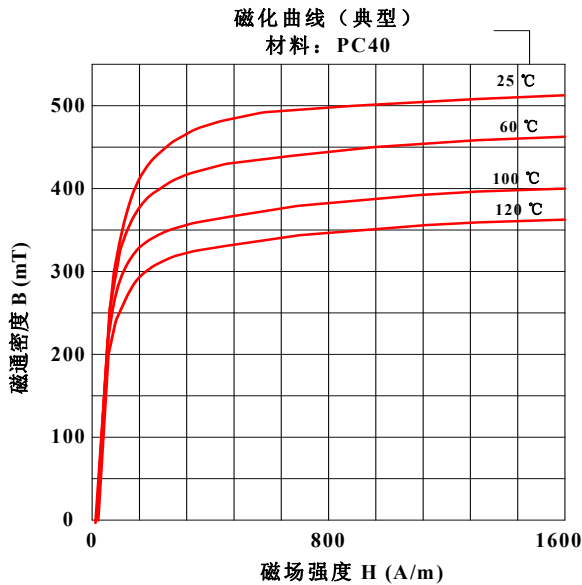


图 3 典型 (TDK/PC40) 铁氧体磁芯通量密度与磁场强度特性曲线

**(2) 确定变压器的初级端电感 ( $L_m$ )**

为确定初级端电感, 应当先确定一下变量。(想了解详细的设计程序, 请参照 AN4137 的应用指南。)

- $P_{in}$ : 最大输入功率
- $f_s$ : FPS 设备开关频率
- $V_{DC}^{min}$ : 最小直流电压
- $D_{max}$ : 最大占空比

-  $K_{RF}$ : 纹波系数, 由最小输入电压和满载条件决定, 如图 4 所示。对于 DCM 运行,  $K_{RF} = 1$ ; 对于 CCM 运行,  $K_{RF} < 1$ 。纹波系数与变压器尺寸和 MOSFET 电流有效值紧密相关。虽然可以通过降低纹波系数来减少 MOSFET 中的传导损耗, 但过小的纹波系数会迫使变压器增大尺寸。同时考虑效率和磁芯尺寸, 合理的取值为: 对于通用输入范围,  $K_{RF} = 0.3\sim 0.5$ ; 对于欧洲输入范围,  $K_{RF} = 0.4\sim 0.8$ 。与此同时, 对于尺寸要求严格的小于 5W 的低功率应用, 应使用相对较大的纹波系数, 以实现变压器尺寸最小化。在这种情况下, 对于通用输入范围, 通常  $K_{RF} = 0.5\sim 0.7$ ; 对于欧洲输入范围, 通常再  $K_{RF} = 1.0\sim 0.8$ 。

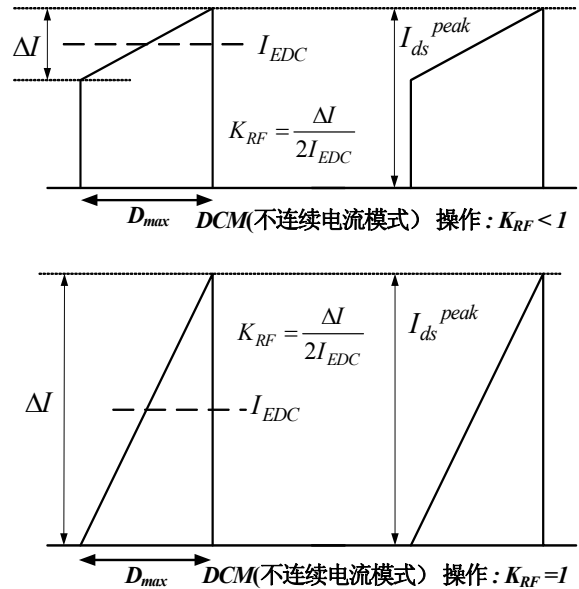


图 4 MOSFET 漏极电流和纹波系数 ( $K_{RF}$ )

通过给定的变量, 可以求得初级端电感  $L_m$  的值

$$L_m = \frac{(V_{DC}^{min} \cdot D_{max})^2}{2P_{in}f_s K_{RF}} \quad (1)$$

其中,  $V_{DC}^{min}$  为最小直流输入电压,  $D_{max}$  为最大占空比,  $P_{in}$  为最大输入功率,  $f_s$  为 FPS 设备开关频率,  $K_{RF}$  为纹波系数。

当  $L_m$  确定后, 可以求得正常工作下的最大峰值电流和电流有效值

$$I_{ds}^{peak} = I_{EDC} + \frac{\Delta I}{2} \quad (2)$$

$$I_{ds}^{rms} = \sqrt{\left[3(I_{EDC})^2 + \left(\frac{\Delta I}{2}\right)^2\right] \frac{D_{max}}{3}} \quad (3)$$

其中 
$$I_{EDC} = \frac{P_{in}}{V_{DC}^{min} \cdot D_{max}} \quad (4)$$

且 
$$\Delta I = \frac{V_{DC}^{min} D_{max}}{L_m f_s} \quad (5)$$

在选定的磁芯中，为避免磁芯饱和的变压器初级端最小圈数可以由下式得出

$$N_p^{min} = \frac{L_m I_{over}}{B_{sat} A_e} \times 10^6 \quad (\text{圈}) \quad (6)$$

其中， $L_m$  为初级端电感， $I_{over}$  为 FPS 逐脉冲限流水平， $A_e$  为磁芯横截面积， $B_{sat}$  为饱和通量密度（单位特斯拉）。

如果 FPS 的逐脉冲限流水平高于电源设计的峰值漏极电流，可能会导致变压器尺寸过大，因为如公式 (6) 所示，确定初级端最小圈数时使用了  $I_{over}$ 。因此，需要选择限流规格合适的 FPS，或通过增加纹波系数，将峰值漏极电流调整至接近  $I_{over}$ ，如图 5 所示。考虑到瞬态响应和  $I_{over}$  容差，将  $I_{ds}^{peak}$  设计为  $I_{over}$  的 70-80% 是合理的。

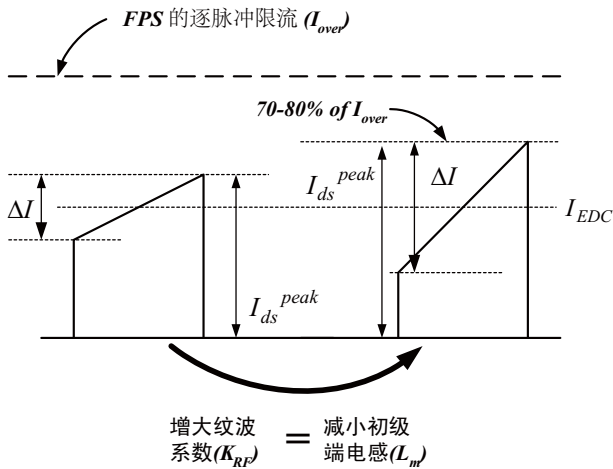


图 5 峰值漏极电流调节

### (3) 确定每个输出的圈数

图 6 为变压器简图，其中  $V_{o1}$  代表受反馈控制调节的基准输出， $V_{o(n)}$  代表第  $n$  个输出。

首先，确定初级端和反馈控制下的次级端的圈数比 ( $n$ )，用作参考。

$$n = \frac{V_{RO}}{V_{o1} + V_{F1}} = \frac{N_p}{N_{s1}} \quad (7)$$

其中， $N_p$  和  $N_{s1}$  分别为初级端和基准输出的圈数， $V_{o1}$  为输出电压， $V_{F1}$  为二极管 ( $D_{R1}$ ) 由反馈控制调节的基准输出的正向压降。

然后，为  $N_{s1}$  确定适当的整数，从而通过公式 (6) 求得  $N_p$  大于  $N_p^{min}$ 。

其他输出（第  $n$  个输出）的圈数可由下式求得

$$N_{s(n)} = \frac{V_{o(n)} + V_{F(n)}}{V_{o1} + V_{F1}} \cdot N_{s1} \quad (\text{圈}) \quad (8)$$

$V_{cc}$  线圈的圈数可由下式求得

$$N_a = \frac{V_{cc}^* + V_{Fa}}{V_{o1} + V_{F1}} \cdot N_{s1} \quad (\text{圈}) \quad (9)$$

其中， $V_{cc}^*$  为 FPS 设备电源电压的标称值， $V_{Fa}$  为  $D_a$  的正向压降，如图 6 所示。因为  $V_{cc}$  随着输出负载的增加而增加，因此应将  $V_{cc}^*$  设为  $V_{cc}$  启动电压（参照数据表），以避免在正常工作时触发过压保护。

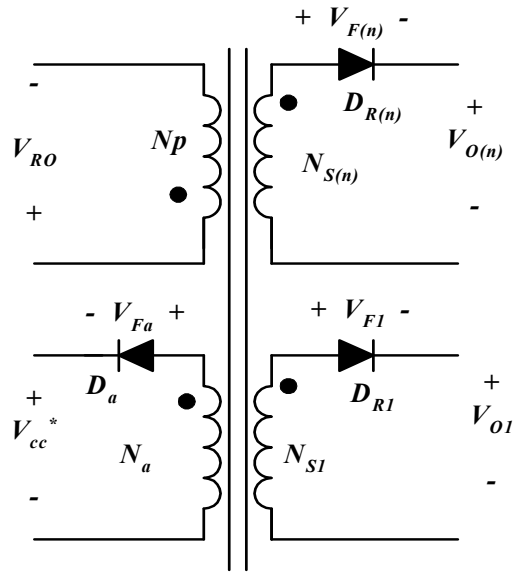


图 6 变压器简图。

当初级端圈数确定后，磁芯的气隙长度可用下式近似求得

$$G = 40\pi A_e \left( \frac{N_p^2}{1000L_m} - \frac{1}{A_L} \right) \quad (mm) \quad (10)$$

其中， $A_L$  为  $nH/turns^2$  中无气隙的  $A_L$  值， $A_e$  为图 2 所示的磁芯横截面积， $L_m$  由公式 (1) 求得， $N_p$  为变压器初级端的圈数

### (4) 确定每个线圈的线径

线径选择的基础是通过绕线的电流有效值。当绕线很长 (>1m) 时，电流密度通常为  $5A/mm^2$ 。当绕线很短、圈数很小时， $6-10 A/mm^2$  的电流密度也是可以接受的。避免使用线径大于 1mm 的绕线，以防出现严重的涡流损耗，方便缠绕线圈。对于高电流输出，最好采用并联线圈，使用多股细线，以将集肤效应最小化。

### 3. 变压器构造方法

#### (1) 线圈顺序

##### (a) 初级线圈

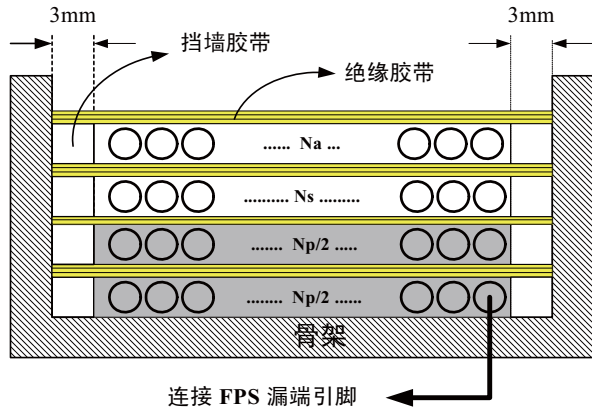


图 7 初级端线圈

通常将全部初级线圈或一部分初级线圈置于骨架最内层。这可以使绕线长度最小化，减少绕线中的传导损耗。因为其他线圈可以作为法拉第屏蔽，所以电磁干扰噪声辐射可以减少。当初级端线圈多于两层时，内层应当从 FPS 的漏端引脚开始，如图 7 所示。这使得由最高电压驱动的线圈可以被其他线圈屏蔽，从而将屏蔽效应最大化。

##### (b) Vcc 线圈

通常来说，每个线圈的电压会受到临近线圈电压的影响。Vcc 线圈的最佳放置方法由过压保护 (OVP) 敏感度、Vcc 工作范围和控制策略决定。

- **过压保护 (OVP) 敏感度**：当异常情况导致输出电压大于正常工作值时，Vcc 电压也会增加。FPS 使用 Vcc 电压来间接监控次级端过压情况。然而如图 8 所示，一个 RCD 缓冲器网络充当了另一个输出，Vcc 电压也受到缓冲器电容电压的影响。由于缓冲器电压随着漏极电流的增加而增加，因此 FPS 过压保护不仅会在输出过压时触发，也会在过载时触发。

过压保护敏感度与线圈间距紧密相关。如果 Vcc 线圈临近次级端输出线圈，Vcc 电压会敏感地转变为输出电压的变化值。与此同时，如果 Vcc 线圈临近初次级端线圈，Vcc 电压随着缓冲器电容而敏感地变化。

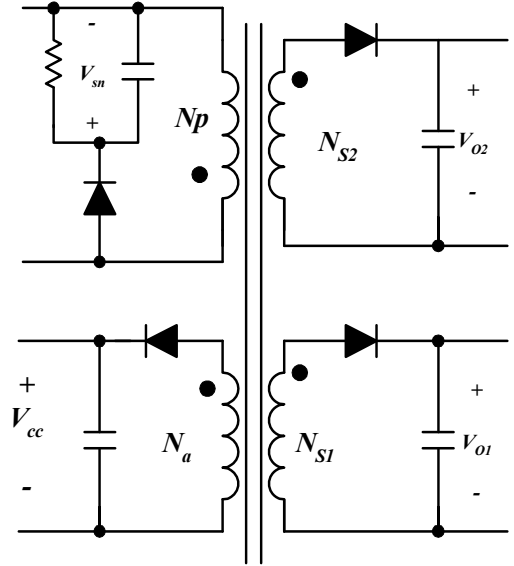


图 8 初级端线圈

- **Vcc 工作范围**：如前文所述，Vcc 电压会受到缓冲器电容电压的影响。由于缓冲器电容电压随着漏极电流变化，Vcc 电压可能会超出工作范围，在正常工作时触发过压保护。这种情况下，Vcc 线圈应紧邻反馈控制调节的基准输出线圈，远离初级端线圈，如图 9 所示。

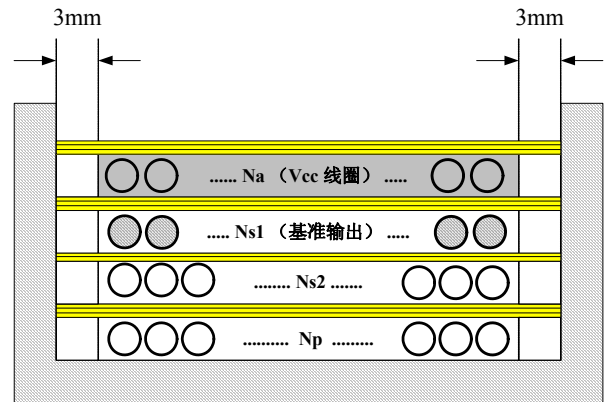


图 9 减少 Vcc 变化的线圈顺序

- **控制策略**：在初级端调节中，输出电压应紧随 Vcc 电压，以实现良好的输出调节。因此，Vcc 线圈应当临近次级线圈，以使 Vcc 线圈和次级线圈的耦合最大化。与此同时，Vcc 线圈应当远离初级线圈，以使其与初级线圈的耦合最小化。在次级端调节中，Vcc 线圈可以放置在初级和次级线圈之间，或放置在最外层位置。

### (c) 次级端线圈

当变压器具有多路输出时，最高输出功率线圈应当紧邻初级端线圈，以减少漏磁电感，使能源转换效率最大化。如果次级端线圈圈数相对较少，那么线圈应当间隔开，横贯缠绕区域的全部宽度，从而提高耦合。使用绕线多股并联也能在圈数较少的情况下，帮助提高占空因数及与次级线圈的耦合，如图 10 所示。为使负载调节最大化，调节要求严格的输出线圈应当紧邻反馈控制调节下的基准输出线圈。

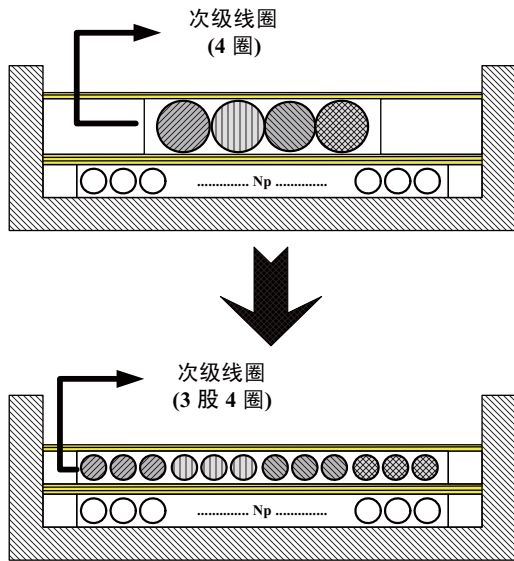


图 10 多股并联线圈

## (2) 缠绕方法

- **堆叠缠绕在其他线圈之上**：相同电极具有共同点的多路输出的常见缠绕技术为堆叠次级线圈，无需分别缠绕每个输出线圈，如图 11 所示。这种方法会改善堆叠输出的负载调节，减少次级线圈的总圈数。最低电压输出的线圈可以充当回路和更高级电压输出的一部分线圈圈数。最低电压输出和更高级电压输出的线圈圈数可以充当其后各级输出的线圈圈数。每个输出的绕线大小必须能够容纳其输出电流及其所有堆叠输出的输出电流总和。

- **堆叠缠绕在其他输出之上**：如果变压器具有高电压和低电流输出，线圈可以堆叠在更低一级电压输出之上，如图 12 所示。这种方法具有更好的调节效果，可减少堆叠输出的二极管电压应力。每个输出的绕线和整流二极管大小必须能够容纳其输出电流及其所有堆叠输出的输出电流总和。

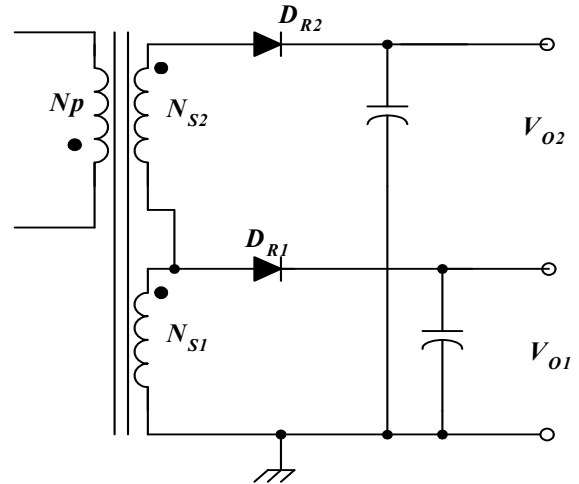


图 11 堆叠缠绕在其他线圈之上

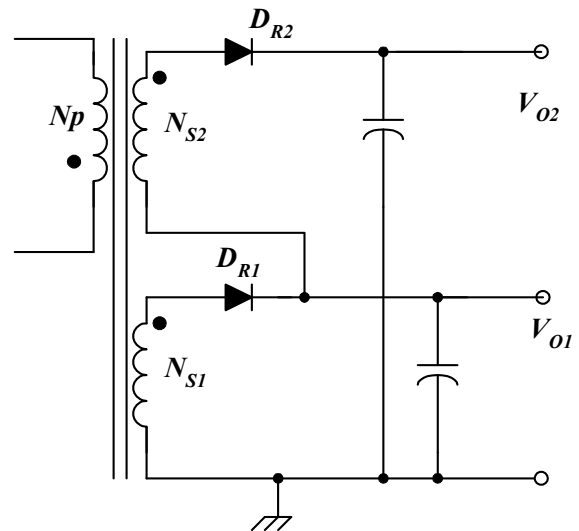


图 12 堆叠缠绕在其他输出之上

## (3) 漏磁电感最小化

变压器的线圈顺序对漏磁电感有重大影响。在多路输出变压器中，输出功率最高的次级线圈应当紧邻初级线圈，以实现最佳耦合和最低漏感。使漏磁电感最小化的最常见且有效的方法是三明治缠绕，如图 13 所示。圈数少的次级线圈不应紧密捆绑，应当间隔缠绕在骨架窗口处，以使其与初级线圈的耦合最大化。对于圈数较少的线圈，使用绕线多股并联是提高占空因数和耦合的另一种技术，如图 10 所示。



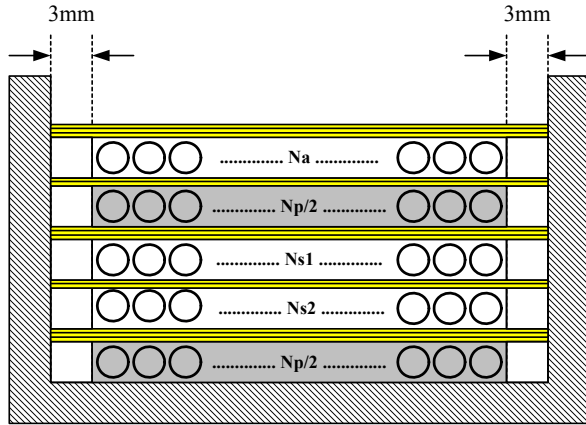
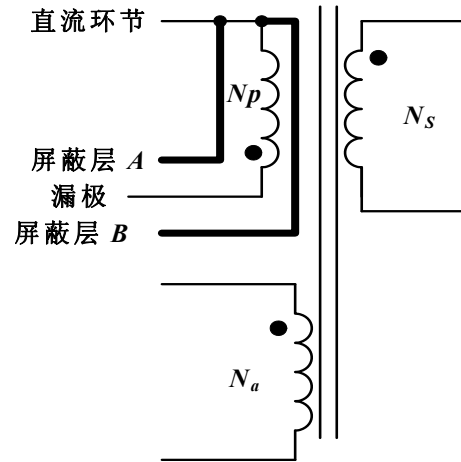


图 13 三明治缠绕



#### (4) 变压器屏蔽

开关式电源 (SMPS) 共模电磁干扰的主要来源是寄生电容与开关设施产生耦合。MOSFET 漏极电压驱动电容电流通过各种寄生电容。一部分电容电流流向接地的中性线，表现为共模噪声。通过在线圈间（初级线圈端，或次级线圈端，或两者皆有）使用静电分离屏蔽，共模信号有效地短接至地面，电容电流降低。如果设计合理，该屏蔽层可以有效减少传导和辐射的发射和敏感度。通过使用这种技术，可以缩小电磁干扰滤波器的尺寸。屏蔽层可以使用铜箔或紧密绕线轻松实现。屏蔽层应当与静点实际接地，例如初级端直流环节、初级地线或次级地线。

图 14 为屏蔽层实例，在该实例中，可以移除通常用来消除共模电磁干扰的 Y- 电容。如图所示，屏蔽层不仅用在最底层，也用在初级线圈上部，以消除寄生电容的耦合。图 15 同样显示了屏蔽层的详细构造。

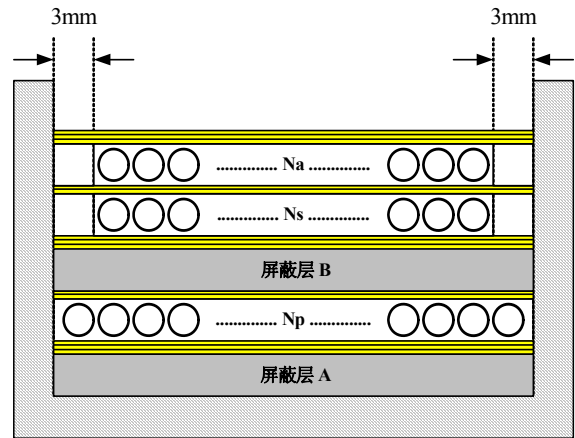


图 14 可以移除 Y- 电容的屏蔽层实例

#### (5) 变压器构造实例

如前面几章所述，在确定线圈顺序和缠绕方法时，应当考虑许多因素。本章将介绍一些变压器构造的实例，使读者全面了解实际的变压器构造。

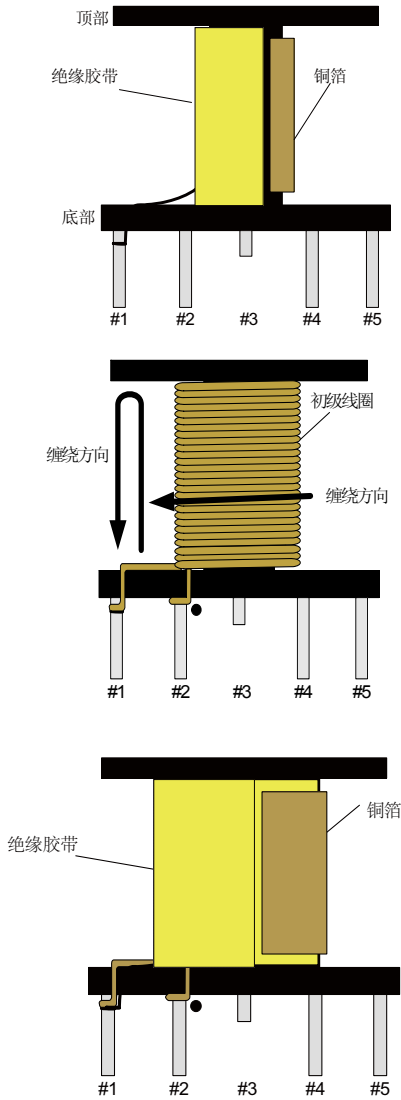


图 15 移除 Y- 电容的屏蔽方法

a) LCD 监视器开关式电源实例

图 16 为典型 LCD 监视器开关式电源的变压器简化示意图。5V 输出供应微处理器，13V 输出供应 LCD 背光的逆变器输入。5V 输出由反馈控制调节，13V 输出取决于变压器圈数比，通常使用堆叠缠绕以使调节作用最大化。

**变压器构造实例 A (图 17)**：在此实例中，三明治缠绕的使用将漏磁电感最小化。外层放置 Vcc 线圈，以提供屏蔽效应。由于 Vcc 线圈放置在初级线圈的上半部，因此 Vcc 线圈和 5V 输出线圈的耦合很差，需要在 5V 输出上增加假性负载，以防在空载情况下触发欠压锁定 (UVLO)。

**变压器构造实例 B (图 18)**：由于没有使用三明治缠绕，所以此实例的漏磁电感比实例 A 中更大。然而，Vcc 线圈与 5V 输出线圈紧密耦合，Vcc 在空载情况下可以保持其正常工作范围。虽然这种方法无需模拟负载，即可防止空载情况下触发欠压保护，但与实例 A 相比，因其漏磁电感较大，所以功率转换效率相对较低。

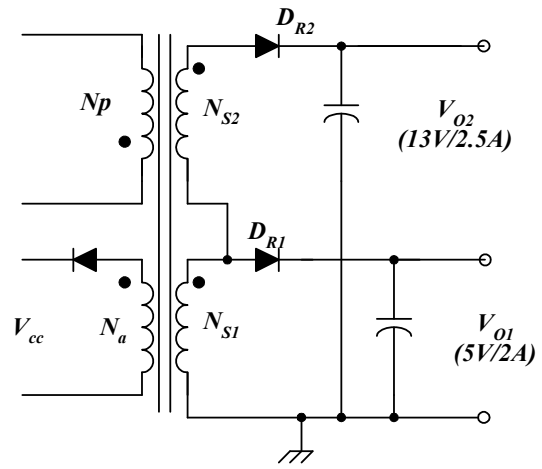


图 16. LCD 监视器开关式电源变压器实例

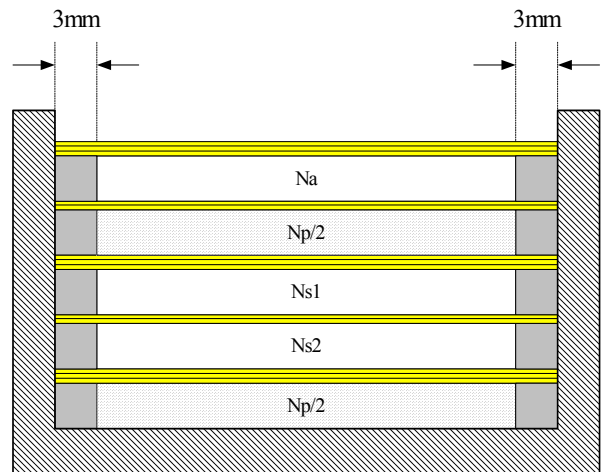


图 17. LCD 监视器开关式电源变压器构造实例 (A)



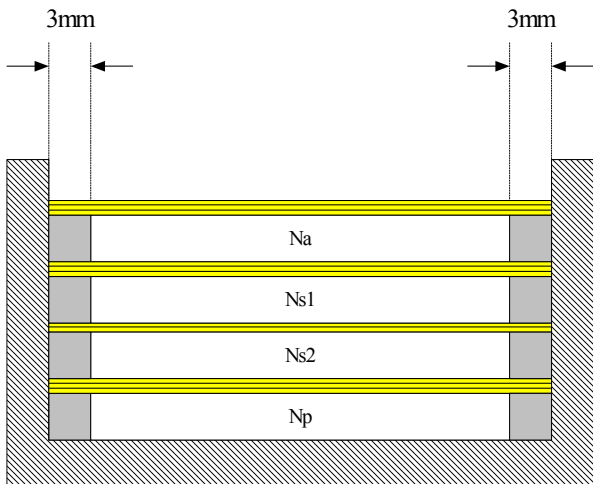


图 18. LCD 监视器开关式电源变压器构造实例 (B)

**(b) CRT 监视器开关式电压实例 - 初级端调节 (PSR)**

图 19 为采用初级端调节的典型 CRT 监视器开关式电源的变压器简化示意图。80V 和 50V 输出为主要输出，具有高输出功率。与此同时，5V 和 6.5V 输出为辅助输出，具有低输出功率。80V 输出线圈堆叠缠绕在 50V 输出之上，以减少整流二极管 ( $D_{R1}$ ) 的电压应力。

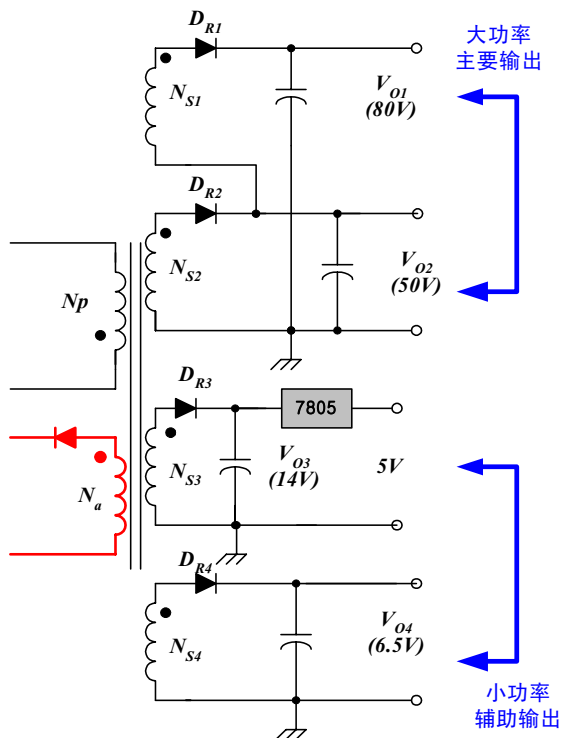


图 19. CRT 监视器开关式电源变压器实例 - PSR

图 20 显示了变压器的详细构造。为使漏磁电感最小化，使用了三明治缠绕，主要输出线圈紧邻初级线圈。Vcc 线圈紧邻主要输出线圈，以提供主要输出的严格调节。辅助输出线圈置于初级线圈之外，以提供屏蔽效应。

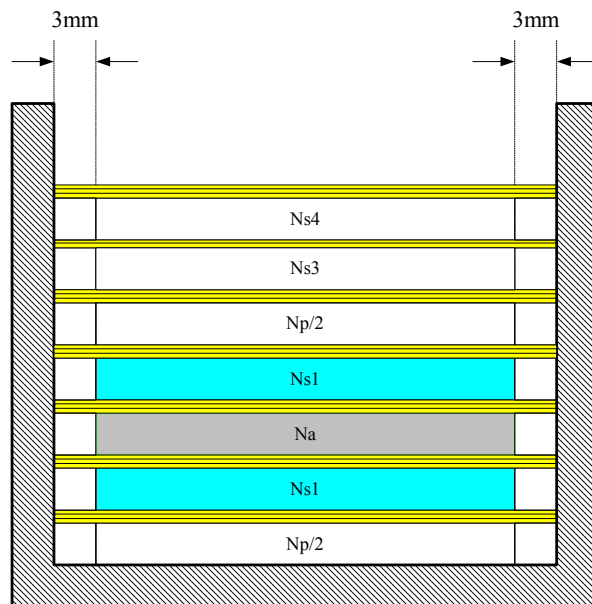


图 20 CRT 监视器开关式电源变压器构造实例 (PSR)

**(c) CRT 监视器开关式电压实例 - 次级端调节 (SSR)**

图 21 为采用次级端调节的典型 CRT 监视器开关式电源的变压器简化示意图。80V 和 50V 输出为主要输出，具有高输出功率。与此同时，5V 和 6.5V 输出为辅助输出，具有低输出功率。80V 输出线圈堆叠缠绕在 50V 输出之上，以减少整流二极管 ( $D_{R1}$ ) 的电压应力。

图 22 显示了变压器的详细构造。为使漏磁电感最小化，使用了三明治缠绕，主要输出线圈紧邻初级线圈。最外层放置 Vcc 线圈，以提供屏蔽效应。辅助输出线圈置于主要输出线圈之间，以获得更好的调节效果。

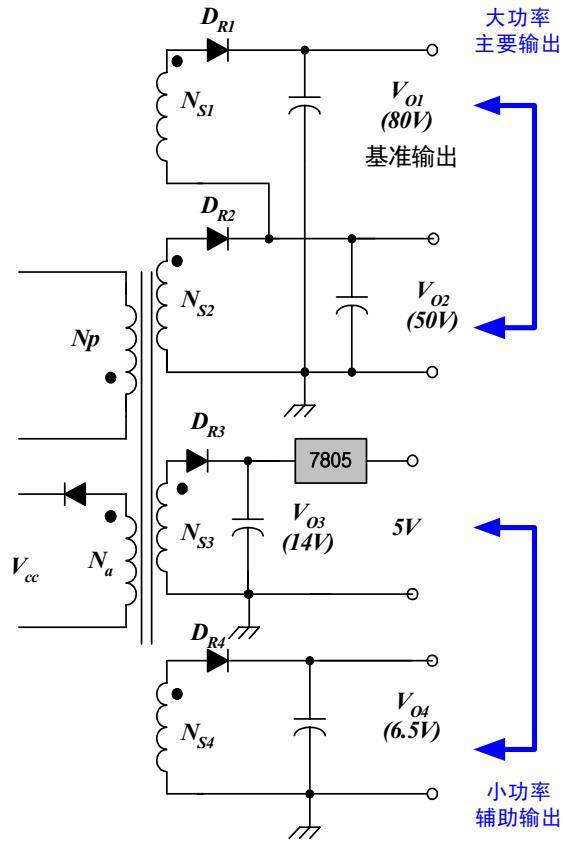


图 21 CRT 监视器开关式电源变压器实例 - SSR

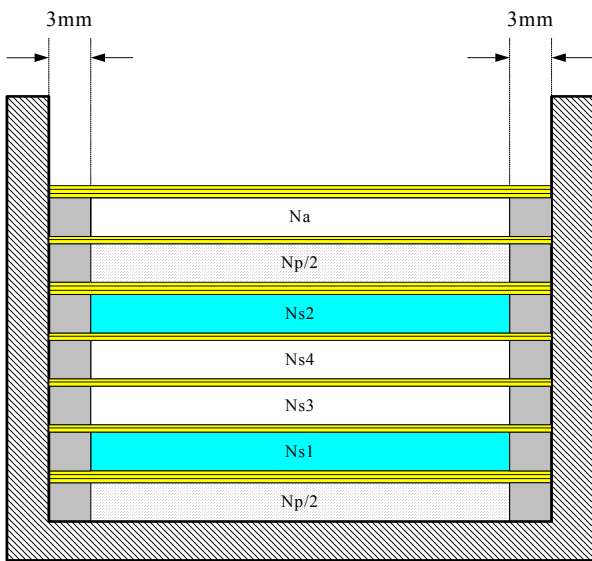


图 22 CRT 监视器开关式电源变压器构造实例 (SSR)

## 参考文献

Colonel Wm. T. McLyman, *Transformer and Inductor design Handbook, 2nd ed.* Marcel Dekker, 1988.

Anatoly Tsaliovich, *Electromagnetic shielding handbook for wired and wireless EMC application*, 1998

Bruce C. Gabrielson and Mark J. Reimold, "Suppression of Powerline noise with isolation transformers", EMC expo87 San Diego, 1987.

D.Cochrane, D.Y.Chen, D. Boroyevich, "Passive cancellation of common mode noise in power electronics circuits," PESC 2001, pp.1025-1029

Otakar A. Horna, "HF Transformer with triaxial cable shielding against capacitive current", IEEE Transactions on parts, hybrids, and packaging, vol.php-7, N0.3 , Sep. 1971.

作者 **Hang-Seok Choi** / 博士

飞兆半导体公司 / 电源小组

电话: +82-32-680-1383 传真: +82-32-680-1317

电子邮件: [hschoi@fairchildsemi.co.kr](mailto:hschoi@fairchildsemi.co.kr)

---

#### **DISCLAIMER**

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

---

#### **LIFE SUPPORT POLICY**

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

ON Semiconductor and  are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at [www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf). ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

## PUBLICATION ORDERING INFORMATION

### LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA  
**Phone:** 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
**Fax:** 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
**Email:** [orderlit@onsemi.com](mailto:orderlit@onsemi.com)

**N. American Technical Support:** 800-282-9855 Toll Free  
USA/Canada  
**Europe, Middle East and Africa Technical Support:**  
Phone: 421 33 790 2910  
**Japan Customer Focus Center**  
Phone: 81-3-5817-1050

**ON Semiconductor Website:** [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)  
**Order Literature:** <http://www.onsemi.com/orderlit>  
For additional information, please contact your local  
Sales Representative