



长寿命LED电源与平面变压器设计步骤



长寿命LED电源与平面变压器设计步骤

- >系统可靠性定义及指标
 - >影响寿命及可靠性的因素
 - >高寿命电源设计原则
 - >平面变压器的基本原理
 - >平面变压器的设计方法
 - >平面磁芯的选用介绍
-



系统可靠性定义及指标

系统可靠性定义及指标

开关电源是各种系统的核心部分。开关电源的需求越来越大，同时对可靠性提出了越来越高的要求。涉及系统可靠性的因素很多。目前，人们认识上的主要误区是把可靠性完全（或基本上）归结于元器件的可靠性和制造装配的工艺，忽略了系统设计和环境温度对可靠性的决定性的作用。据美国海军电子实验室的统计，整机出现故障的原因和各自所占的百分比如表1所示。

整机故障原因的统计

故障原因	占总失效数的%
设计上的原因	40
元件质量原因	30
操作与维护原因	20
制造原因	10

系统可靠性定义及指标

- 在业界上，通用的可靠性定义为：在规定条件下和规定的时间内，完成规定功能的能力。此定义适用于一个系统，也适用于一台设备或一个单元。描述这种随机事件的概率可用来作为表征开关电源可靠性的特征量和特征函数。从而，引出可靠度 $[R(t)]$ 的定义：系统在规定条件下和规定时间内，完成规定功能的概率。如系统在开始（ $t=0$ ）时有 n_0 个元件在工作，而在时间为 t 时仍有 n 个元件在正常工作，则可靠性 $R(t)=n/n_0$ $0 \leq R(t) \leq 1$ 失效率 $\lambda(t) = -\frac{d \ln R(t)}{dt}$ λ 定义为该产品在单位时间内的故障数，即 $\lambda = \frac{dn}{dt}$ 。如失效率 λ 为常数，则 $\frac{dn}{dt} = -\lambda n$ $n = n_0 e^{-\lambda t}$ $R(t) = e^{-\lambda t}$ t_0 MTBF（平均无故障时间） $= 1/\lambda$ 平均无故障时间（MTBF）是开关电源的一个重要指标，用来衡量开关电源的可靠性。

影响寿命及可靠性的因素

- 从各研究机构研究成果可以看出，环境温度和负荷率对可靠性影响很大，这两个方面对开关电源的影响很大，下面将从这两方面分析，如何设计出高可靠的开关电源。其中：**PD**为使用功率；**PR**为额定功率主。**UD**为使用电压；**UR**为额定电压。环境温度对元器件的影响，环境温度对半导体的影响 硅三极管以**PD/PR=0.5**使用负荷设计，则环温度对可靠性的影响，如表2所示。

环境温度对半导体可靠性的影响

环境温度Ta	20℃	50℃	80℃
失效率	500	2500	150000

影响寿命及可靠性的因素

1. 决定寿命的主要部件:

① 电解电容器

电解电容的封口部位会漏出气化的电解液，这种现在会随着温度升高而加速，通常会认为温度每上升 10°C ，泄漏速度会提高2倍，所以就会出现我们常说的每升高10度温度寿命减半。

② 开关晶体管 高速功率二极管

这类部件在规格的界限内使用时，基本上可以维持7-10的寿命，但电源通断时所产生的物理应力，热应力会导致元件劣化，提前损坏。

③ 光耦

电流传在率（CTR）随着时间的推移会逐渐减少，所以就会导致发光二极管的电流不断增大，有时 would 超过最大限制电流时，致系统失效。

影响寿命及可靠性的因素

④ 冲击电流保护输入电阻、功率型NTC

为防止电源输入时产生的冲击电流，设计者一般增加NTC等一些保护进去，而这个保护装置所承受的电流高达额定值的数十倍至数百倍，结果就会导致过热疲劳，引起断路。

⑤ 风扇及开关

风扇也是影响寿命的重要器件，机械部件的磨损都会加速它的老化失效，而开关也是有次数的。

高寿命电源设计原则

从前面可以不难发现：温度每升高10℃，失效率加倍，若将此并非地十分精确的法则应用在电源中，那就要将其应用于电源中的所有元件，因为整个失效率 $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots$ 这很清楚表明须要进一步降低器件温度。

1. 可靠性设计与器件的功能设计相结合，在满足器件性能指标的基础上，尽量提高器件的可靠性水平。
2. 应针对器件的性能水平、可靠性水平、制造成本、研制周期等相应制约因素进行综合平衡设计。
3. 在可靠性设计中尽可能采用国、内外成熟的新技术、新结构、新工艺和新原理
4. 对于关键性元器件，采用并联方式，保证此单元有足够的冗余度
5. 原则上要尽一切可能减少器件数目
6. 在同等体积下尽量采用高额度的元器件

高寿命电源设计原则

7.原则上不选用电解电容

8.应选择金属封装、陶瓷封装、玻璃封装的器件，禁止选用塑料封装的器件

9.降低应力

也可以将温度视为热应力，它会使元件失效率增加，使用寿命降低等。例如：绝大多数半导体器件最大结温额定值为 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，若保持其结温不超过 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，即可得出其应力缓解因数为 $105/150=70\%$ 。应力缓解是出色的工程师为减低器件内的应力来降低它的失效率最常用的方法之一。除上面所说的温度。器件的失效及寿命也与其电压和电流的电应力有很大关系。一般来说半导体器件的典型电压缓解因数为 80% ，它是表示施加给器件的最恶劣工作电压不超过其额定值最大电压 80% ，应力缓解意味着设计过程需要适当的选择器件的余量。

高寿命电源设计原则

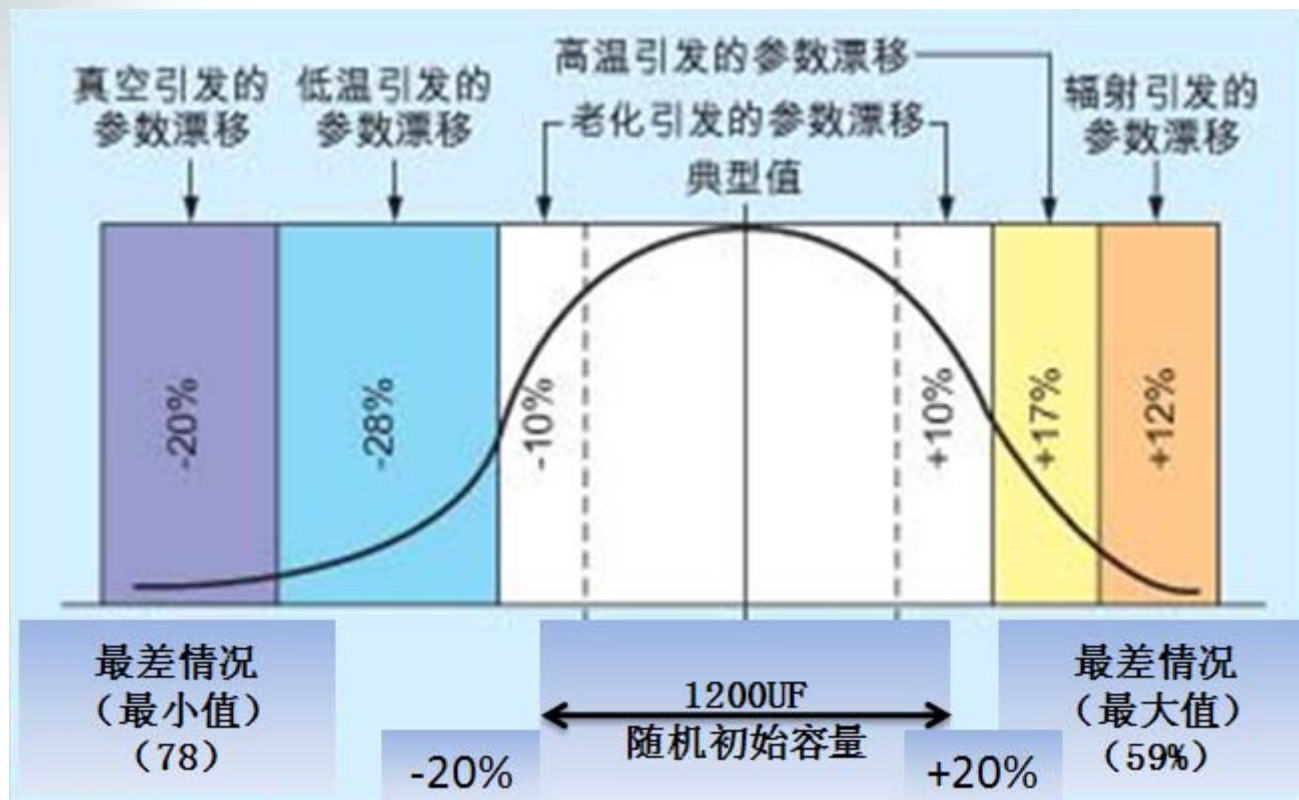
• 最差情况分析（WCA）

- 目的：无论元件的容差如何，都须满足设计指标，即每个元件容差的变化都发现在同一电源时，也要保证电源符合设计要求。
- 对于设计高寿命的电源，这一步骤非常重要，但它不同于应力，应力目的是分析验证元件的应力有没有超过规格。
- 这种分析方法具有优良的实用性，能对电路进行深入而全面的可靠性分析，**WCA**是一种全面系统分析电路可靠性的方法，在电源可靠性设计中将占据重要地位。电路中各电子器件在初始容差外还存在着潜在的大幅变化，器件参数变化可能是寿命或环境应力影响的结果，这种变化能使电路性能超出规格要求，**WCA**可以用来检查这种变化引起的电路性能变化。

高寿命电源设计原则

- WCA现已成为行业标准，其主要内容包括：1. 针对器件参数变化，评估电路容差. 2. 最差情况器件变化参数。
- **WCA分析过程：**
- 对一个电路板原理图进行WCA分析，首先将电路分为几个简单的功能模块，然后对每个模块进行WCA分析。应首先对每个模块给出详细的描述文档，然后对电路中的所有器件的关键参数进行最坏情况变化分析，给出每个参数的最大值和最小值。建立每个模块的关键电路性能需求。使用根据最坏情况下的最大最小值，判断电路的实际性能是否超过了电路要求。最后，要确定在最坏情况下，所有电路模块一起工作时能否满足整个电路板的规格要求。

高寿命电源设计原则

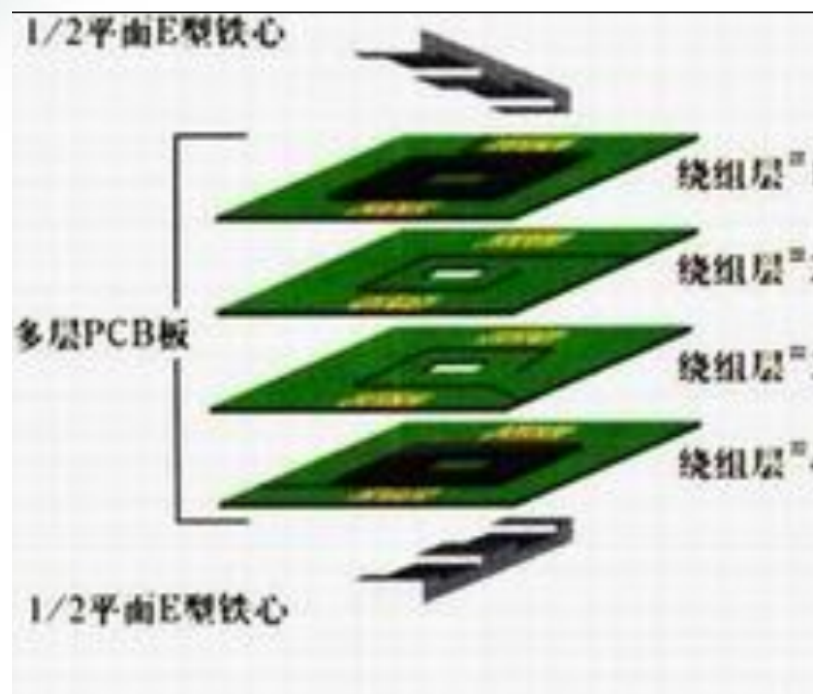




平面变压器的基本原理

平面变压器的基本原理

- 平面变压器没有漆包线绕组，而是将扁平的连续铜质螺旋线刻蚀在印制电路板上，然后叠放在磁心上，其典型结构如下图所示：



典型的平面变压器结构图

平面变压器的基本原理

- 低造型、功率密度高，因此体积大缩小，原度远小于普通变压器。
- 低损耗、绕组由薄铜层组成，同进整个变压器可以做成扁平状，降低趋肤效应的损耗。
- 低漏感、一般小于0.2%，因此EMI辐射低。
- 提高了热特性，由于其面积与体积较大，与普通磁芯相比，平面磁芯热阻小

平面变压器的设计步骤

- 24W的常用输入（90-265）反激变压器，输出24/1A，假设开关频率150K，尽量用600V的MOSFET

- 1. 确定 V_{OR} 与 V_Z

$$V_{INMAX} = \sqrt{2} \times V_{ACMAX} = \sqrt{2} \times 265 = 373V$$

- MOSFET电压为600V，故在 V_{INMAX} 时，留至少30V的裕量，那么漏极电压不能超过570V，由右图所示，漏极电压是

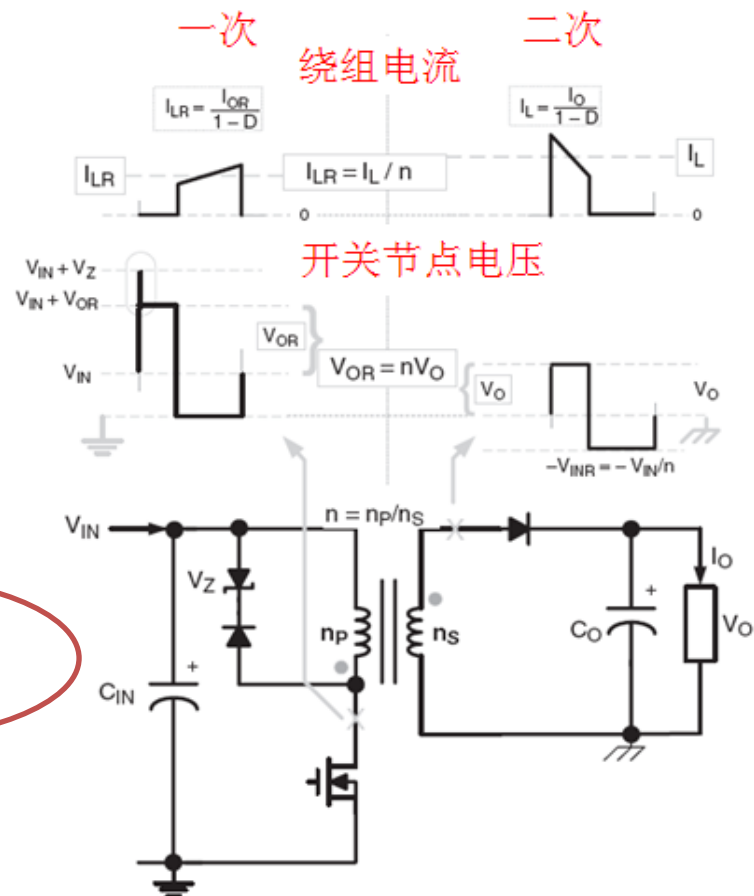
$$V_{IN} + V_Z, \text{ 那么 } V_{IN} + V_Z = 373 + V_Z \leq 570V$$

$$V_Z \leq 570 - 373 = 197V$$

- 2. 那么选择180V的稳压管

$$V_{OR} = \frac{V_Z}{1.4} = 180 \div 1.4 = 128$$

1.4为
 V_Z/V_{OR} 的
最优点系数



平面变压器的设计步骤

- 3. 匝比

$$n = \frac{V_{OR}}{V_O + V_D} = \frac{128}{24.6} = 5.2$$

- $I_O = 1A$
- 一次输出电压 V_{OR} , 负载电流为 I_{OR} , 其中

$$I_{OR} = \frac{I_O}{n} = \frac{1}{5.2} = 0.192$$

- 假如 $\eta = 0.8$ 那么 $P_{in} = 30W$ $I_{in} = 0.236A$

- 占空比 $D = \frac{I_{IN}}{I_{IN} + I_{OR}} = \frac{0.236}{0.236 + 0.192} = 0.551$

平面变压器的设计步骤

- 那么再去计算一次及二次电流斜坡实际中心值

二次电流斜坡中心值 $\longrightarrow I_L = \frac{I_o}{1-D} = \frac{1}{1-0.551} = 2.23A$

一次电流斜坡中心值 $\longrightarrow I_{LR} = \frac{I_L}{n} = \frac{2.23}{5.2} = 0.428A$

峰值电流 $\longrightarrow I_{PK} = (1 + \frac{r}{2}) \times I_{LR} = 1.25 \times 0.428 = 0.535$

平面变压器的设计步骤

$$L_P = \frac{V_{INMIN} D_{MAX}}{F_{MIN} I_{PK}} = \frac{127 \times 0.551}{100 \times 10^3 \times 0.535} = 1.2MH$$

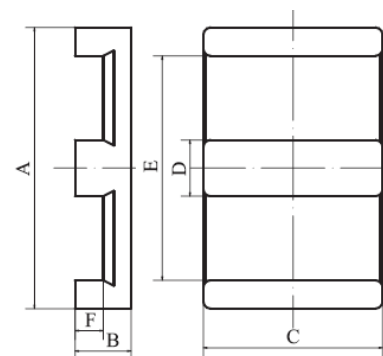
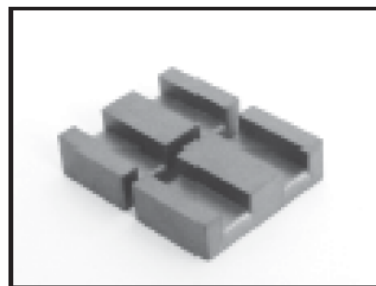
选择磁芯

$$V_e = 0.7 \times \frac{(2+r)^2}{r} \times \frac{Pin}{f} cm^3$$

其中f单位为KHZ，由前面数据得出

$$V_e = 0.7 \times \frac{(2.5)^2}{0.5} \times \frac{30}{110} cm^3 = 2.386cm^3$$

平面变压器的设计步骤



FEE型/FEE CORE

型号 TYPE	尺寸 Dimensions (mm)					
	A	B	C	D	E	F
FEE14/7/5	14.0±0.3	3.5±0.1	5.0±0.15	3.0±0.1	10.52min	1.9min
FEE18/8/10	18.0±0.4	4.0±0.1	10.0±0.2	4.0±0.1	13.7min	1.8min
FEE22/11/16	21.8±0.4	5.7±0.2	15.8±0.35	5.0±0.2	16.8±0.4	3.2±0.2
FEE32/13/20	31.75±0.64	6.35±0.2	20.32±0.4	6.35±0.15	24.5min	3.18±0.2
FEE38/16/25	38.1±0.76	8.26±0.25	25.4±0.51	7.6±0.2	30.23min	4.45±0.25
FEE43/19/28	43.2±0.6	9.55±0.3	27.9±0.4	8.15±0.3	34.4min	5.7±0.3
FEE64/21/51	64.0±1.0	10.35±0.15	51.0±0.8	10.3±0.2	53.8±1.0	5.3±0.25

选择FEE22磁芯



平面变压器的设计步骤

从规格书已得出FEE22磁芯 $V_e=2.564^3$
稍大于所须尺寸，刚好满足要求

型号 TYPE	C1 (mm ⁻¹)	Ae (mm ²)	Le (mm)	Ve (mm ³)	AL±25%(nH/N2)			重量(g)
					TP4	TP4A	TP4W	Weight
FEE14/7/5	1.34	15.3	20.1	315	1050	1100	1300	1.7
FEE18/8/10	0.60	39.5	24.3	960	2600	2700	3300	5.1
FEE22/11/16	0.41	79.0	32.4	2564	4500	4600	5500	13.5
FEE32/13/20	0.32	129.0	41.7	5380	6200	6400	7600	28.4
FEE38/16/25	0.28	190.3	52.9	10069	8100	8300	10000	53.2
FEE43/19/28	0.28	220.7	62.1	13701	7200	7300	9400	72.3
FEE64/21/51	0.16	517.8	80.7	41781	14200	14800	18000	220.6

平面变压器的设计步骤

$$N_P = (1+r) \times \frac{V_{ON} \times D}{B_{PK} \times A_e \times f}$$

$$N_P = (1+r) \times \frac{127 \times 0.551}{0.3 \times 79 \times 10^{-6} \times 110 \times 10^3} = 40.2T$$

选择8T

$$N_S = \frac{N_P}{n} = \frac{40.2}{5.2} = 7.7T$$

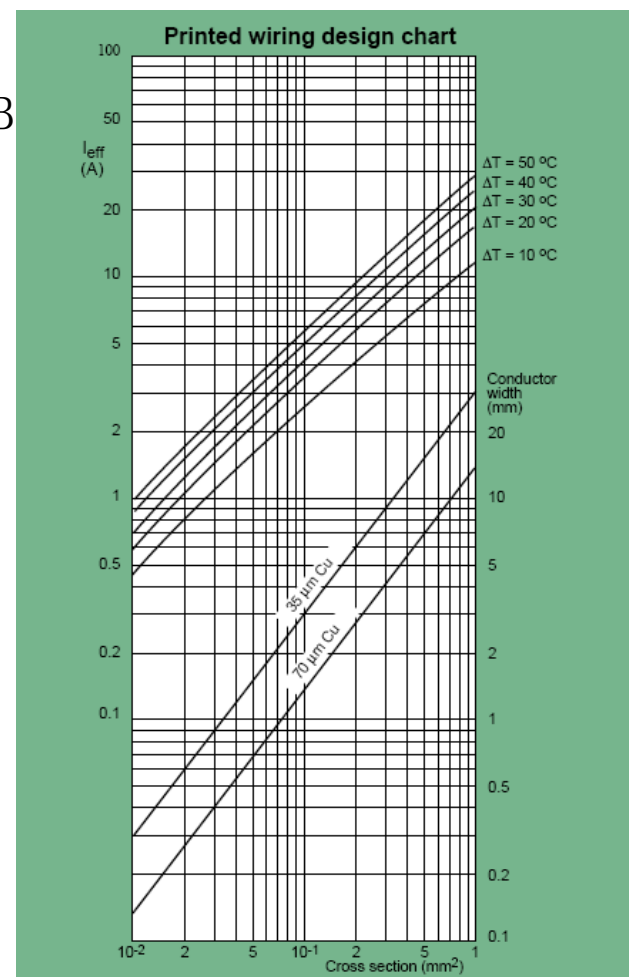
那么根据相同的变化 (VOR不变)

$$N_P = N_S \times n = 8 \times 5.2 \approx 42$$

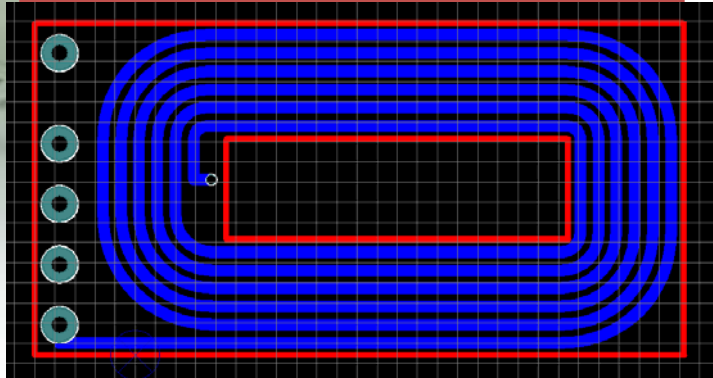
$$N_{S_AUX} = 5T$$

平面变压器的设计步骤

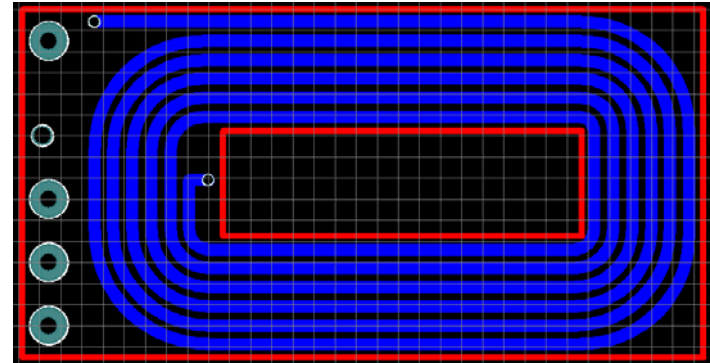
- 从前例算出LP:42T NS:8T NS-AUX:5T
- 选择电流密度再根据实际PCB大小算出绕组PCB
- 线宽开始LAYOUT



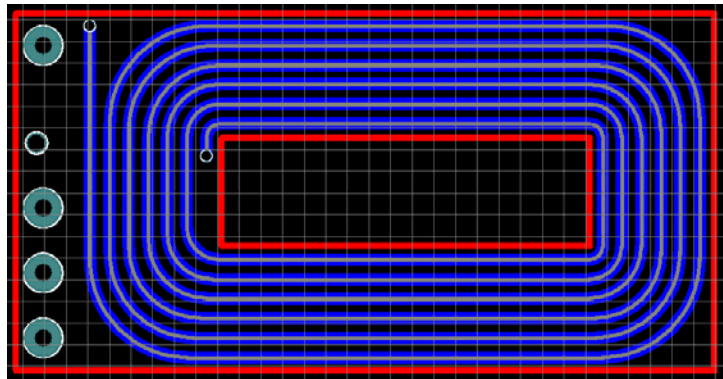
平面变压器的设计步骤



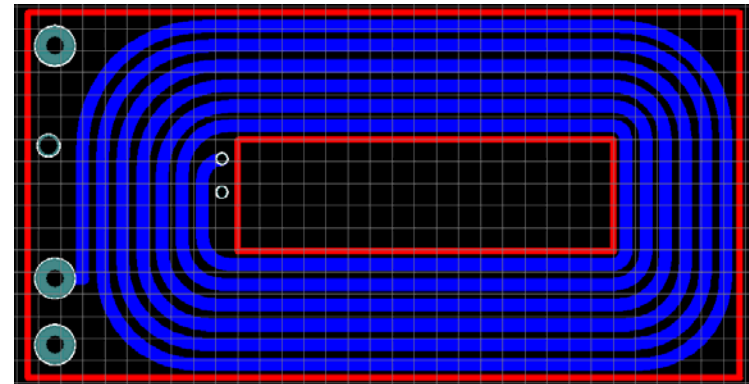
TOP



LAY2



LAY3



LAY4

平面变压器的设计步骤

- **注意：**
- **高频短路：**在PCB布线时，如果间隙太小，引起线和线的暴光不干净，可能使线和线间的绝缘漆膜变的很薄很薄，因而产生一个比较大的线间分布电容。在低频测试时，分布电容的影响不大，但在测试频率增高时，由于分布电容的高频旁路作用增大，测试值就会降低，测试频率越高，降低的越厉害（你可以在你的电感线圈上并联一个电容，做一个测试进行验证）。因此，在设计平面变压器PCB时，要适当控制间隙，要注意匝和匝间留有一定的间隙。



Thank
YOU!