

反激式开关电源设计全过程

後會緜萋 QQ729454923

以 21V63W 反激式开关电源的设计过程为例作较为详细的说明，公式的全过程不需要单位换算，只要跟着公式的每一步计算程序进行演算，均可顺利完成你的计算任务。非常适合初学者“摸石头过河”。由于本人水平有限，出错在所难免，欢迎大家批评指正！

输入电压：175-264VAC

输出电压：21V

输出电流：3A

输出功率 $P_o=63W$

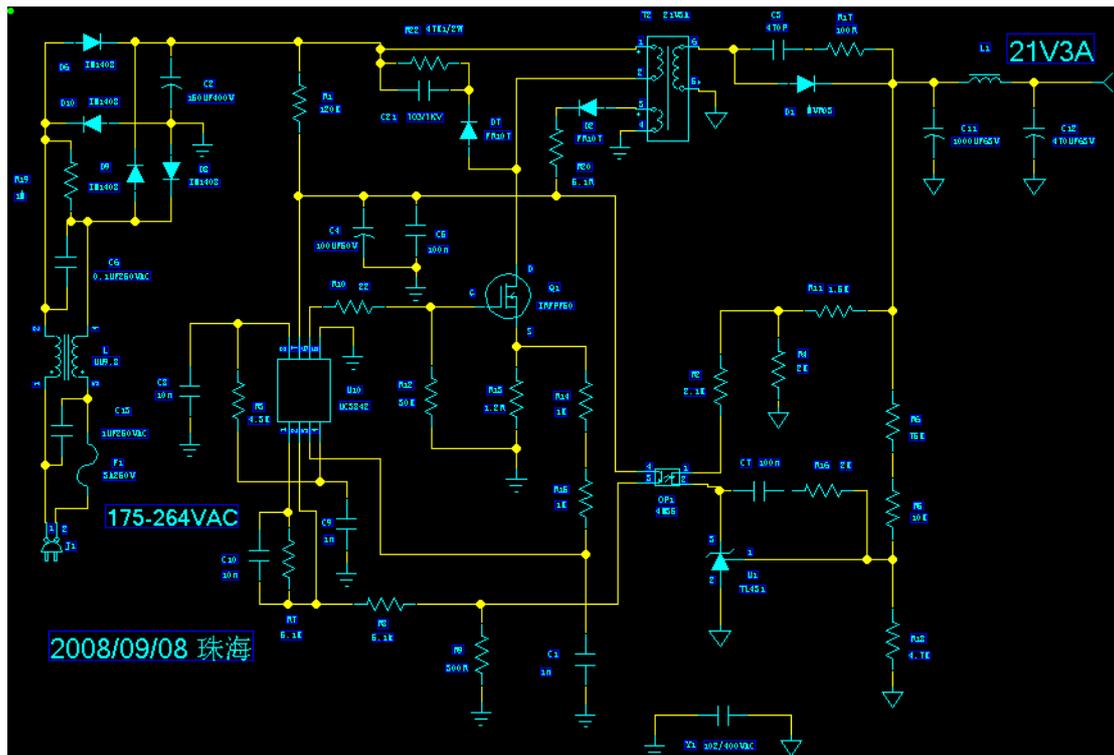
频率设定在 60KHz

占空比初步定在 0.45

反馈电压取 14.5V

反馈电流取 100Ma

总体拓扑如下



变压器计算

一.挑选磁芯。

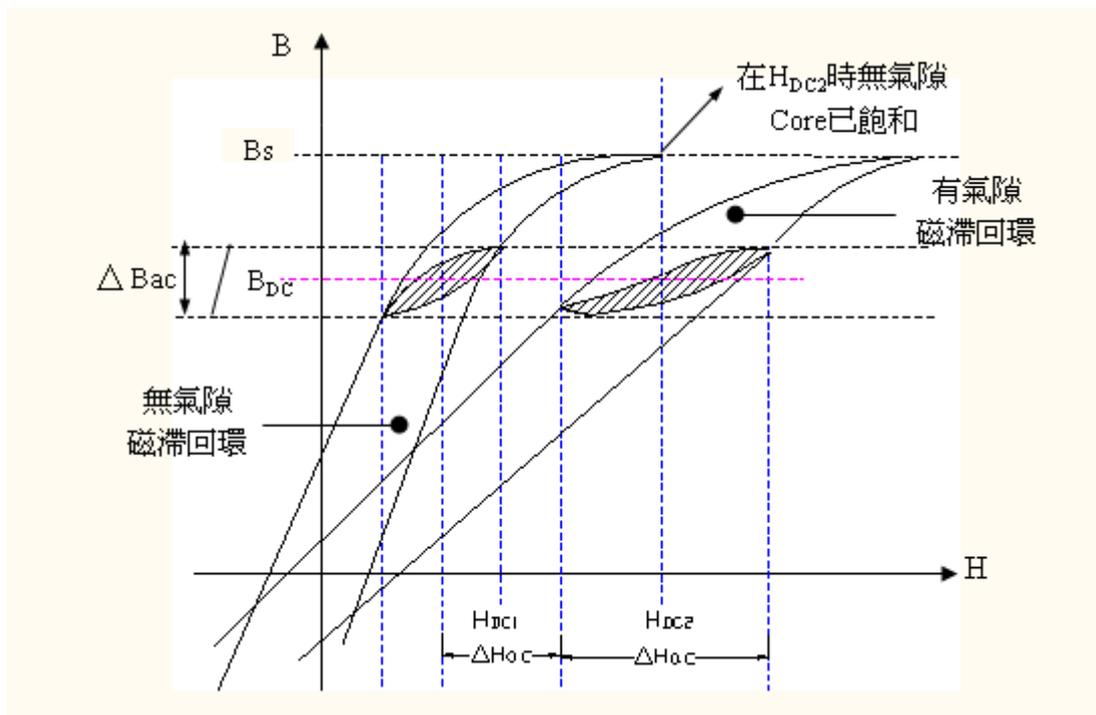
考虑成本因素在此选择 PC40 材质，查 PC40 资料得

$$B_s=0.39T \quad B_r=0.06T$$

$$\Delta B=B_s-B_r=0.39T-0.06T=0.33T$$

为了防止磁芯的瞬间出现磁饱和，我取低

ΔB 值，即 $0.33T*0.6=0.198T$ (取 0.2T)



用 AP 法计算磁芯

$$AP=[(P_o/\eta+P_o)*1000]/2*\Delta B*F_s*1000*J*K_u$$

$$AP=[(63W/0.8+63W)*1000]/(2*0.2*60KHz*1000*400*0.2)$$

$$AP=0.738(mm^4)$$

公式中

η 是效率取 0.8

F_s 开关频率 60KHz

J 电流密度取 400(A/cm²)

K_u 铜窗系数取 0.2

14	EE2329S	PC40	23*14.7*6	0.4368	35.80	122.0
15	EE25/19	PC40	25.4*9.46*6.29	0.3128	40.00	78.20
16	EE25.4	PC40	25.4*9.66*6.35	0.3173	40.30	78.73
17	EE2825	PC40	28*12.75*10.6	0.8525	86.90	98.10
18	EE30	PC40	30*13.15*10.7	0.7995	109.00	73.35
19	EE30/30/7	PC40	30.1*15*7.05	0.7455	59.70	124.8
20	EE3528	PC40	34.6*14.3*9.3	1.3398	84.80	158.0
21	EE40	PC40	40*17*10.7	2.2000	127.00	173.2
22	EE4133	PC40	41.5*17*12.7	2.8260	157.00	180.0
23	EE42/21/15	PC40	42*21.2*15	4.9484	178.00	278.0

根据上图，我选择大于计算 AP 值的磁芯 EE3528

相关参数是：

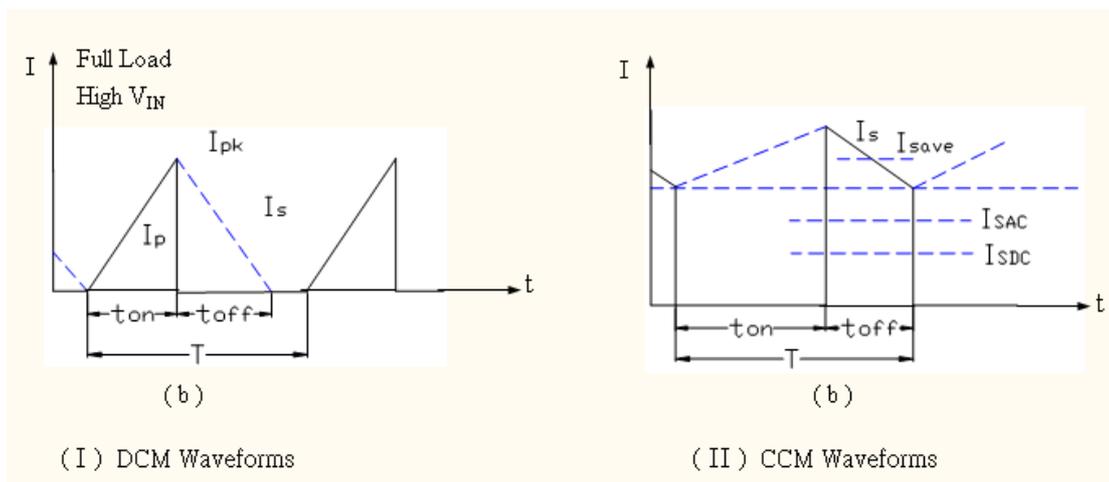
$A_e=84.8\text{mm}^2$ $AP=1.3398\text{cm}^4$

$A_w=158\text{mm}^2$ $AL=2600\text{nH/H}^2$



二.为了适应突变的负载电流，我把电源设计在临界电流模式。

临界电流 $I_{oB}=0.8*I_o=0.8*3\text{A}=2.4\text{A}$



1. 最小输入电压 $V_{imin} = V_{iACmin} * 1.2 = 210V$

2. 匝比 $n = [V_{imin} / (V_o + V_f)] * [D_{max} / (1 - D_{max})]$

$$n = [210V / (21V + 1V)] * [0.45 / (1 - 0.45)]$$

$$n = 7.8$$

3. 副边峰值电流 $\hat{I}_{sB} = 2 * I_oB / (1 - D_{max})$

$$\hat{I}_{sB} = 2 * 2.4A / (1 - 0.45)$$

$$\hat{I}_{sB} = 8.72A$$

4. 次级电感 $L_s = (V_o + V_f) * (1 - D_{max}) * [1 / (F_s * 1000)] / \hat{I}_{sB} * 1000000$

$$L_s = (21V + 1V) * (1 - 0.45) * [1 / (60KHz * 1000)] / 8.72A * 1000000$$

$$L_s = 23.58\mu H$$

5. 原边电感 $L_p = n * n * L_s$

$$L_p = 7.8 * 7.8 * 23.58\mu H$$

$$L_p = 1434\mu H$$

6. 计算连续模式时的副边峰值电流.

$$\hat{I}_{sp} = I_o / (1 - D_{max}) + (\hat{I}_{sB} / 2)$$

$$\hat{I}_{sp} = 3A / (1 - 0.45) + (8.72A / 2)$$

$$\hat{I}_{sp} = 9.81A$$

7. 计算连续模式时的原边峰值电流.

$$\hat{I}_{pp} = \hat{I}_{sp} / n$$

$$\hat{I}_{pp} = 9.81A / 7.8$$

$$\hat{I}_{pp} = 1.257A$$

三. 匝数计算.

1. 原边匝数 $N_p = L_p * \hat{I}_{pp} / (\hat{B} * A_e)$

$$N_p = 1434\mu H * 1.257A / (0.2 * 84.8)$$

$$N_p = 106.28T$$

取整 $N_p = 106T$

2. 副边匝数 $N_s = N_p / n$

$$N_s = 106T / 7.8$$

$$N_s = 13.58T$$

取整 $N_s = 14T$

3. 反馈匝数 $N_v = (V_{cc} + V_f) / [(V_o + V_f) / N_s]$

$$N_v = (14.5V + 1V) / [(21V + 1V) / 14T]$$

$$N_v = 9.87T$$

取整 $N_v = 10T$

四. 计算磁芯的空气间隙。

$$I_g = N_p * N_p * 0.000001256 * A_e / (L_p / 1000)$$

$$I_g = 106T * 106T * 0.000001256 * 84.8 / (1434\mu H / 1000)$$

$$I_g = 0.83mm$$

五. 线径.

1. 原边线径.

有效电流 $I_{prms} = P_o / n / V_{imin}$

$$I_{prms} = 63W / 0.8 / 210V$$

$$I_{prms} = 0.375A$$

线径

$$d_{wp} = 1.13 * \sqrt{I_{prms} / J}$$

$$d_{wp} = 1.13 * 0.3$$

$$d_{wp} = 0.339mm$$

用两根直径 0.18mm 的漆包线并绕.

J 电流密度取 4(A/mm²)

2. 次级线径.

$$d_{ws} = 1.13 * \sqrt{I_o / J}$$

$$d_{ws} = 1.13 * 0.886$$

$$d_{ws} = 1.0mm$$

用 4 根直径 0.25mm 的漆包线并绕.

J 电流密度取 4(A/mm²)

六. 电流趋肤深度计算.

$$\hat{I} = 76.5 / \sqrt{F_s * 1000}$$

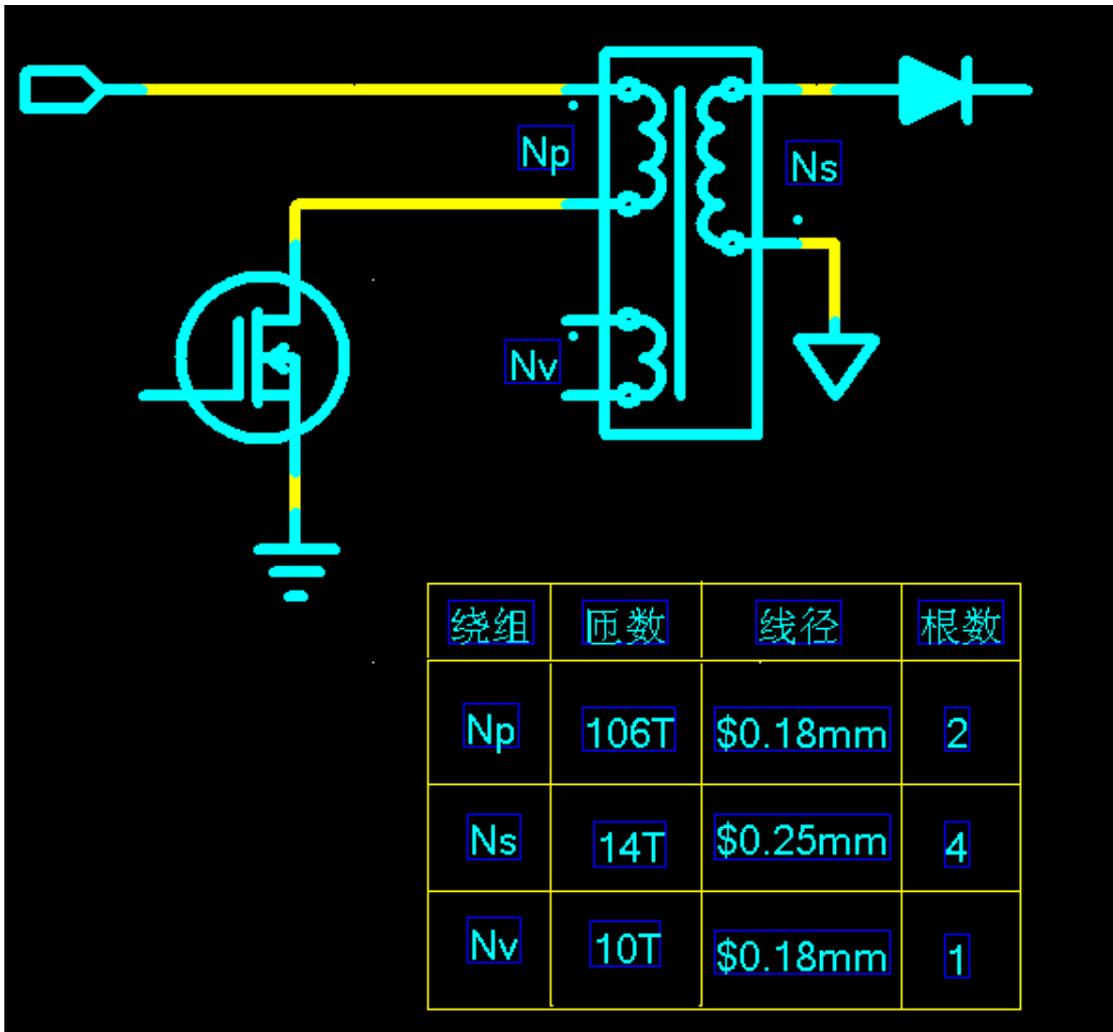
$$\hat{I} = 76.5 / 244.9$$

$$\hat{I} = 0.31 \text{mm}$$

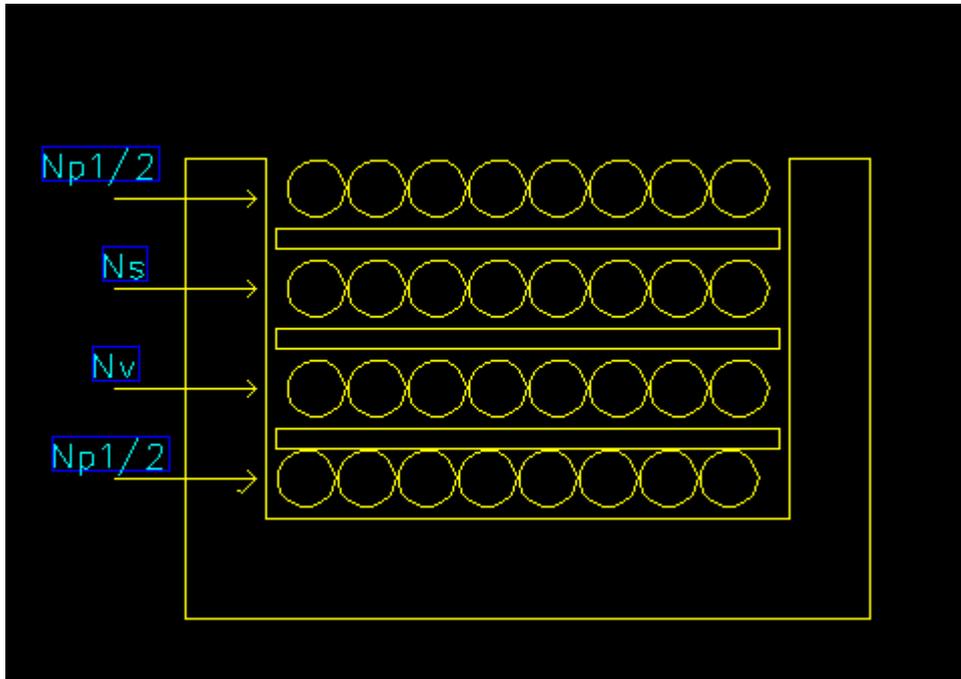
$$\text{核对 } dwH = \hat{I} * 2 * 0.9$$

$$dwH = 0.558 \text{mm}$$

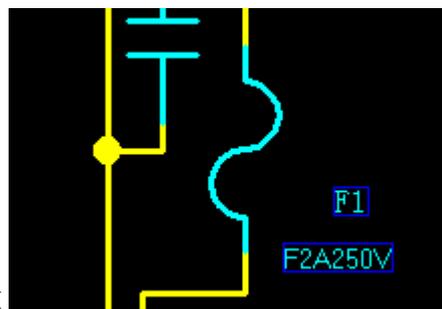
多股并绕时的线径必须小于或等于 dwH 值，单线绕制时，线径如果超过 dwH 值就要考虑采用多股并绕。



变压器结构绕制.



元器件计算



1. 保险丝计算

$$I_{\max} = P_o / \sqrt{n} / V_{\min}$$

$$I_{\max} = 63 / 0.8 / 175$$

$$I_{\max} = 0.45 \text{ A}$$

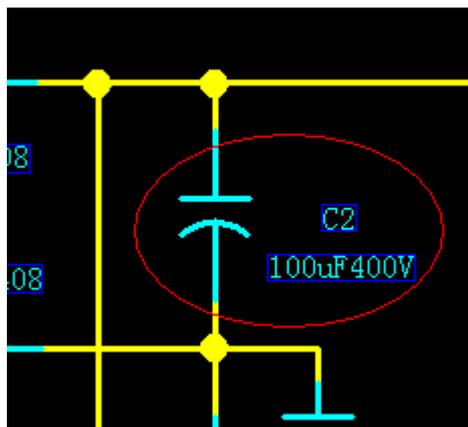
$$\text{FUSE} = 0.45 * K_r$$

$$\text{FUSE} = 1.998 \text{ A}$$

保险丝选择 **F2A250V**

式中 K_r 值是 4.44046

具体计算公式见本人 QQ 里有详细计算过程。



2. 输入滤波电容计算.

容量

$$C=V_o \cdot I_o \cdot [2 \cdot 3.14 / f \cdot (V_{\min} / 3.14 / 3.14 - 4.44)]$$

$$C=21 \cdot 3 \cdot [2 \cdot 3.14 / 50 \cdot (175 / 3.14 / 3.14 - 4.44)]$$

$$C=105.2 \mu\text{F}$$

最大施加电压

$$V_H = V_{\max} \cdot 1.414$$

$$V_H = 264 \cdot 1.414$$

$$V_H = 373.2 \text{V}$$

电容选择 100uF400V

2. 工频整流管计算.

3. 启动电阻计算.

4.

5. 功率开关计算.

6. 振荡频率计算

7. 输出整流管计算.

8. 整流管 RC 吸收支路计算.

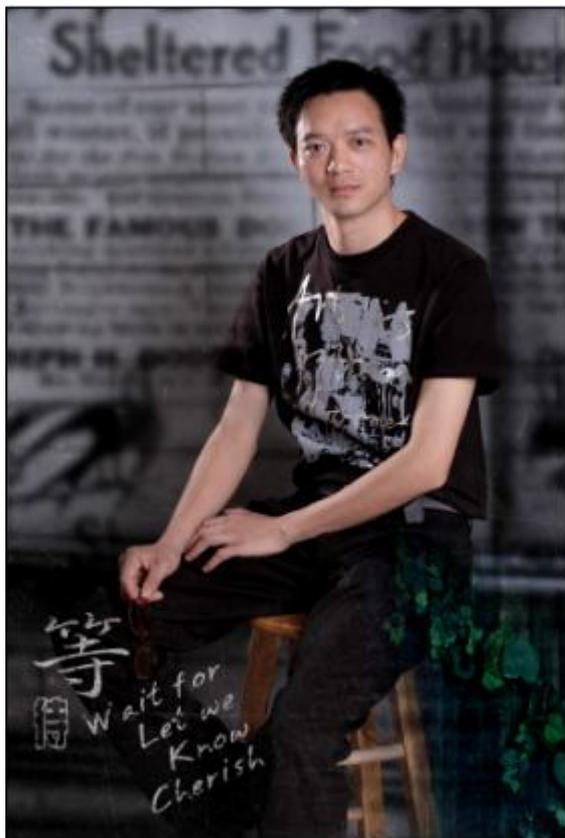
9. 输出滤波电容计算.

10. 输出电感计算.

11. TL431 外围元件计算.

12. RCD 尖峰吸收支路计算.

13. 电流检测电阻计算.



本人 01



本人 02

自我介绍： 大家好，首先告诉大家的是我的水平不高，缺乏技术理论，很多东西都是硬着头皮做，这段时间在电源网和世纪电源网以及 QQ 群认识了不少的业界朋友，技术也跟着提了一些，但比起大家却差之甚远。

我今天发表的这个小文目的是进一步接近大家，与大家共同探讨技术的精髓。

谢谢大家的支持！

联系方式：

QQ：後會緋萋 QQ729454923

邮箱：pads2005pcb@126.com

最后祝大家

元旦快乐！

日期：2008/12/31