

Royer线路 原理分析 及参数计算

编写： 曾建华

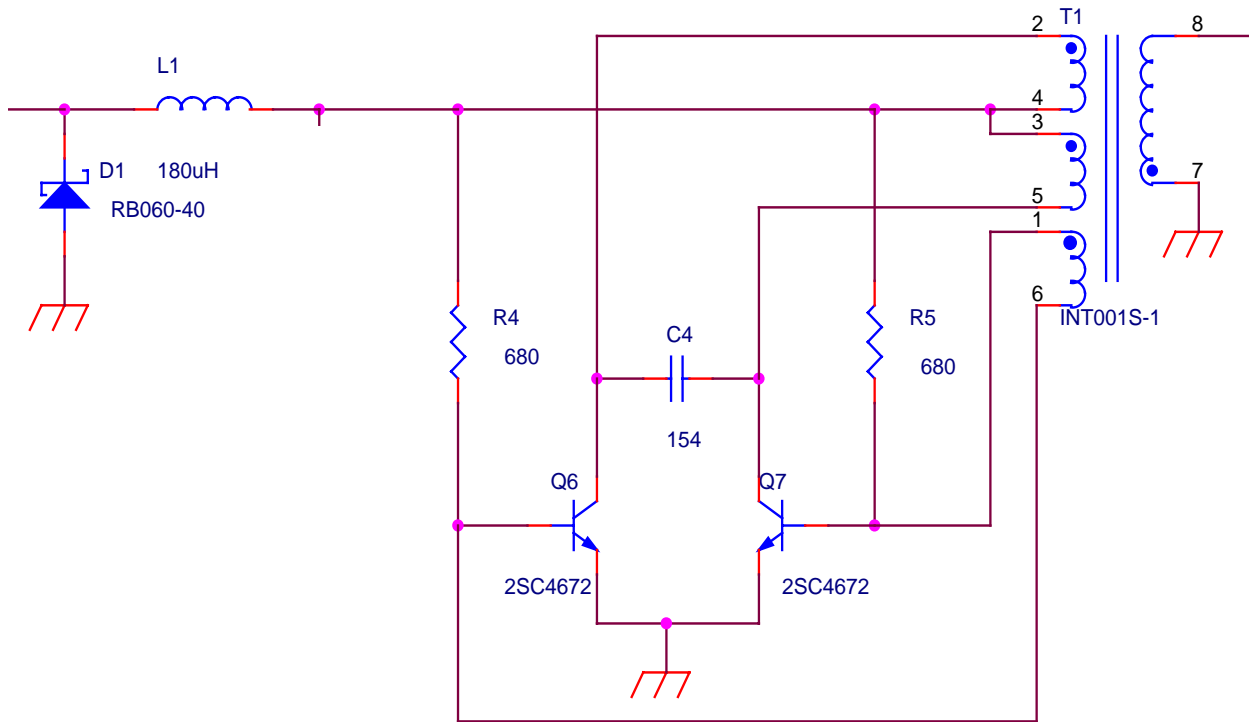


报 告 内 容

- 1、 Royer线路原理分析
- 2、 Royer线路参数计算
- 3、 Royer线路的实际运用

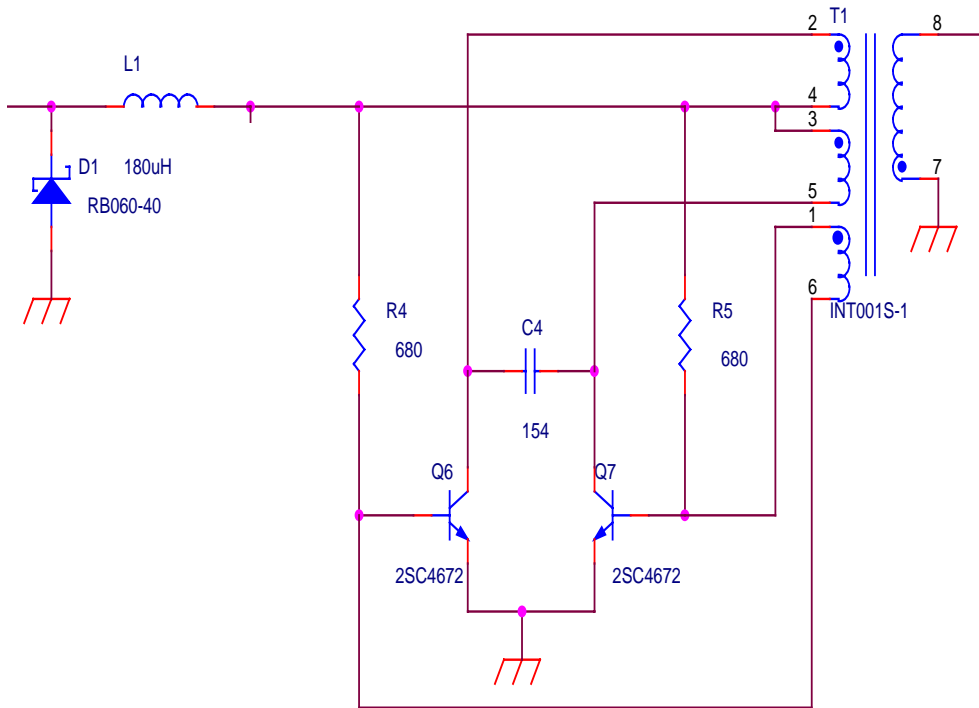
THE END

Royer线路架构



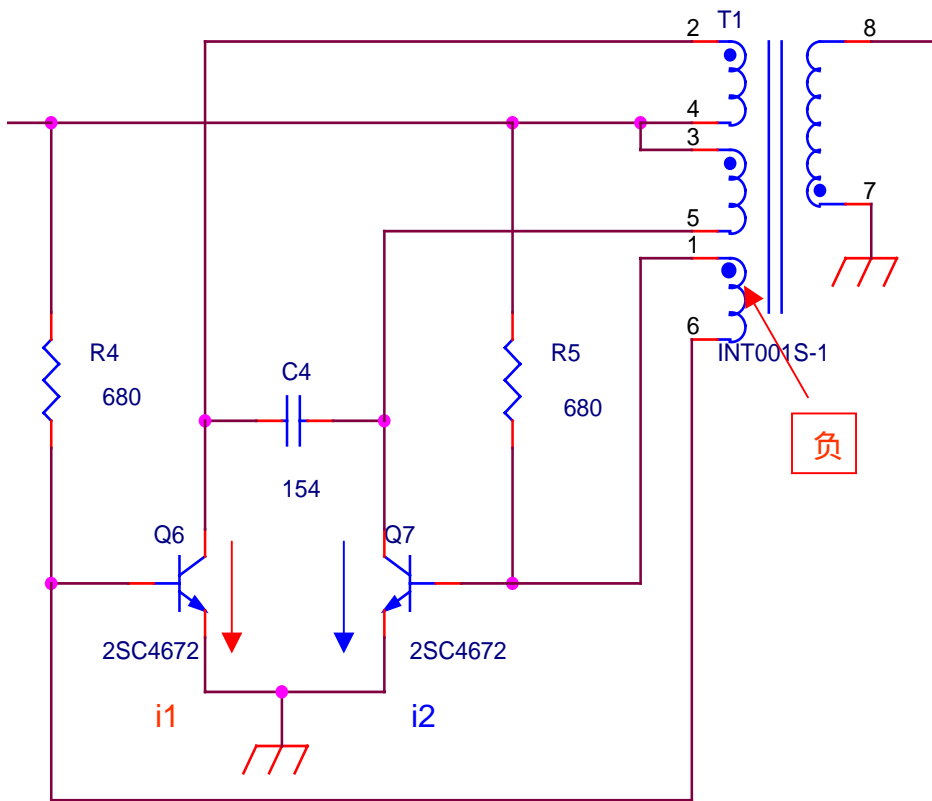
实际上是一个自激推挽式DC-AC升压变换电路,由续流二极管,阻尼电感,两个PNP三极管,两个基极电阻,一个谐振电容及有3个绕组的变压器组成.

Royer线路原理分析



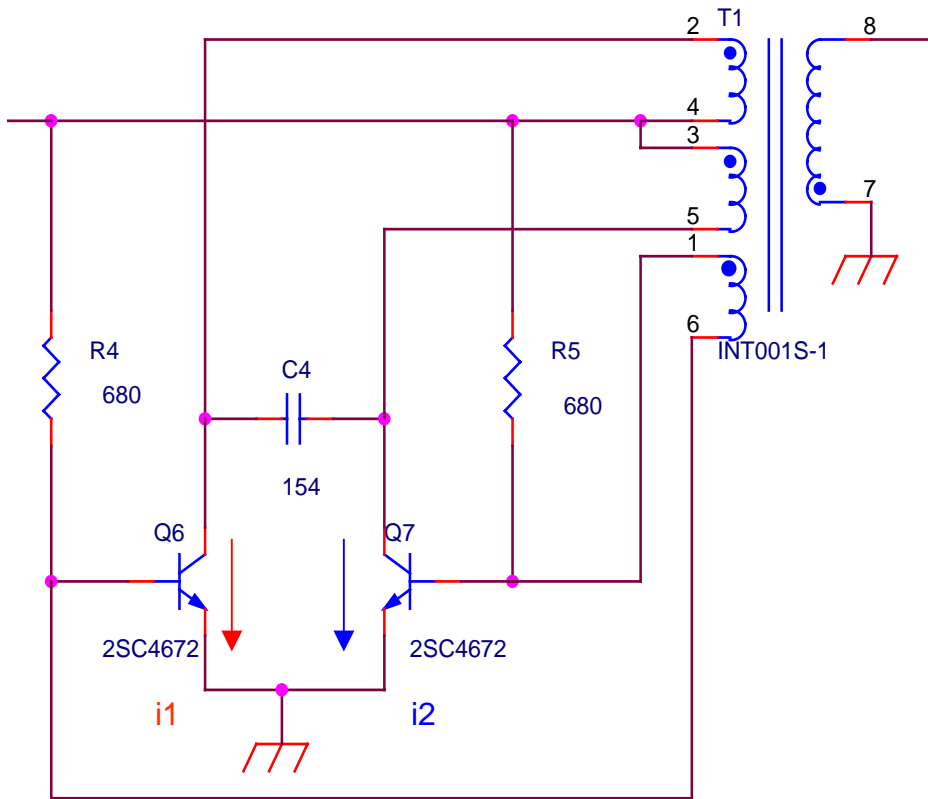
- L1为变压器的中心抽头提供一个高交流输入阻抗, R4 R5为Q6 Q7提供基极直流偏置, 变压器T1有三个绕组, 初级主绕组双线并绕, 中心轴头3, 4脚连接到电感L1, 2脚和5脚连功率三极Q6和Q7的集电极, 反馈绕组1脚和6脚连Q6和Q7的基极, 。

Royer线路原理分析



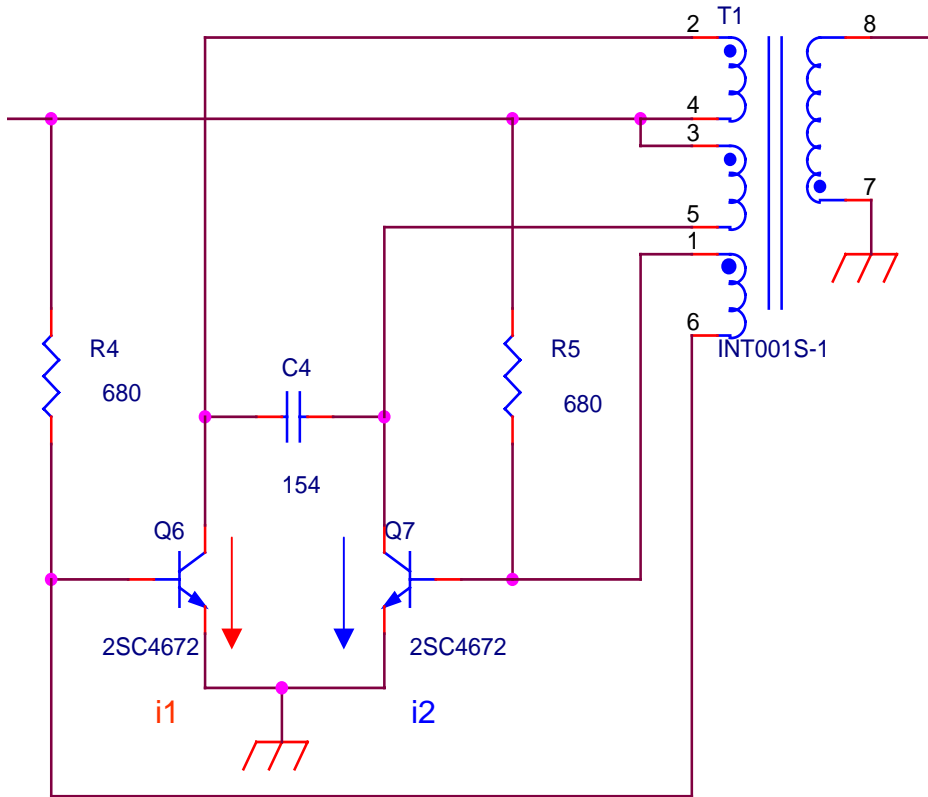
➤ 由于开关管Q6 Q7的性能不可能完成一样,所以在接通电源的瞬间, V_{CC} 向开关管基极注入的电流也不可能绝对平衡, 流经两开关管集电极的电流也不可能完全一致。设 $i_1 > i_2$, 则变压器的磁通大小与方向由 i_1 决定, 而磁通的变化在反馈绕组也产生响应的感应电势, 感应电势使变压器反馈绕组的“.”(1脚) 为负。

Royer线路原理分析



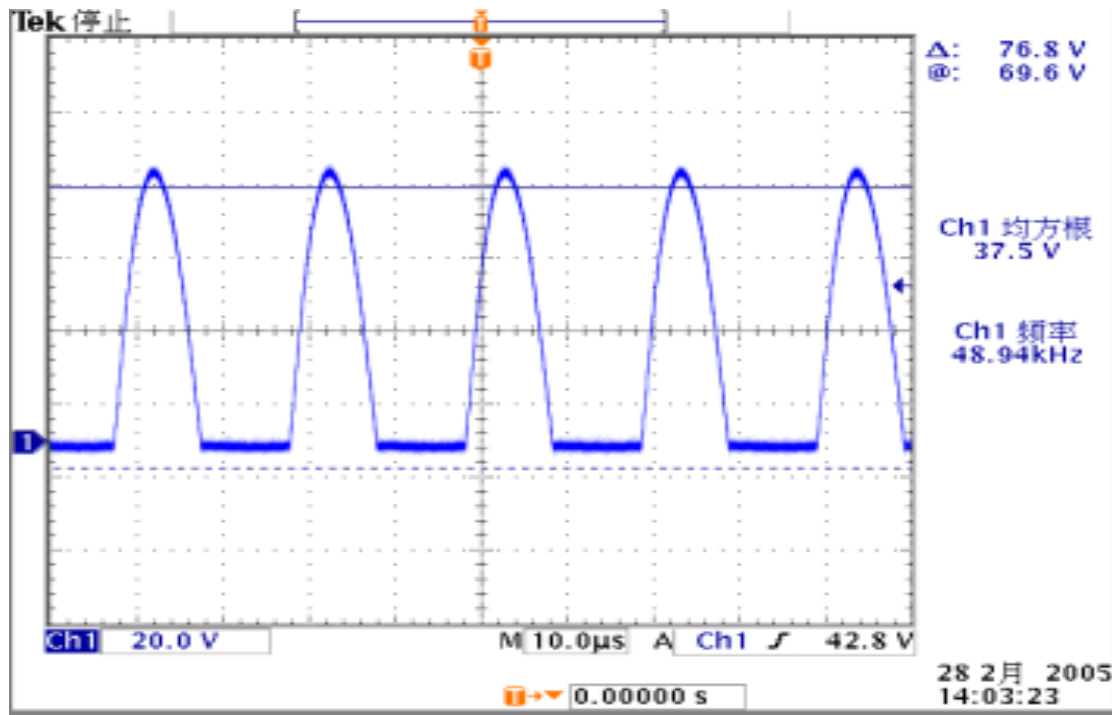
➤ 由于反馈绕组的感应电势使Q7基极的电位下降, Q6的基极电位上升, 从而对Q7形成负反馈, 使Q7的集电极电流 i_2 越小, 对Q6形成正反馈, 使Q6的集电极电流 i_1 越大, 合成磁通也越大, 磁通的变化及感应电势的相互作用使Q6饱和导通, Q7截止. 此时磁通达最大值, 而与磁通变化率成正比的感应电势也为零.

Royer线路原理分析



➤ 反馈绕组上感应电势的消失使Q6基极的电位下降, Q6的集电极电流也下降, 电流的变化率反向引起磁通的变化率反向, 从而导致绕组的感应电势反向, 即反馈绕组的“.”(1脚)为正, 这样引起Q7的基极电位上升, Q6的基极电位下降, 从而对Q6形成负反馈, 使Q6的集电极电流 i_1 越小, 对Q7形成正反馈, 使Q7的集电极电流 i_2 越大, 合成磁通也越大, 磁通的变化及感应电势的相互作用使Q7饱和导通, Q6截止. 此时磁通达最大值, 而与磁通变化率成正比的感应电势也为零.

Royer线路原理分析



- 如图所示为Q6工作时的半波波形.
- Q7工作时的半波波形在量测试与此图一样. 但相位相反.
- 上述两个过程不断循环, 从而在变压器的次级形成振荡, 而谐振电容C4的存使振荡电路按照特定的频率进行简谐振荡.

Royer线路参数计算



基本参数的符号设定:

- 启动电压: V_{start}
- 镇流电容 C_{bal}
- 工作电流 I_{ccfl}
- 次级电感 L_{sec}
- 工作电压 V_{on}
- 初级与次级绕组的匝比 N
- 工作频率 f_{opt}
- 谐振电容 C
- 灯管等效电阻 R_{ccfl}
- 初级电感 L

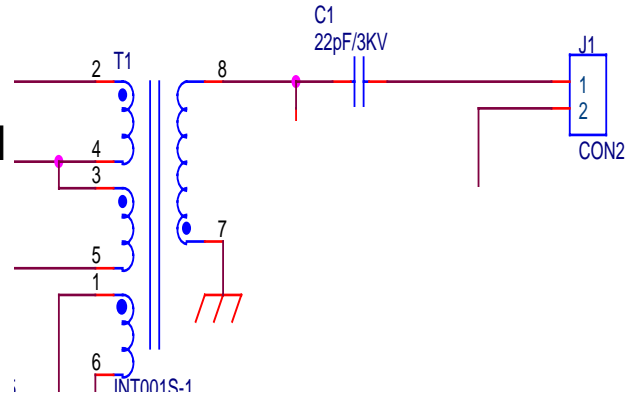
Royer线路参数计算



1. 计算镇流电容:

- 根据CCFL启动电压与工作电压确定镇流C_{bal}

$$C_{bal} = \frac{I_{ccfl}}{2\pi f_{opt} \sqrt{V_{start}^2 - V_{on}^2}}$$



- 设V_{start}=1500Vrms V_{on}=600Vrms I_{ccfl}=8mA f_{opt}=50KHz
- 计算可得C_{bal} = 0.008 / (2 * 3.14 * 50 * 1000 * SQRT(1500 * 1500 - 600 * 600))
= 18PF

Royer线路参数计算

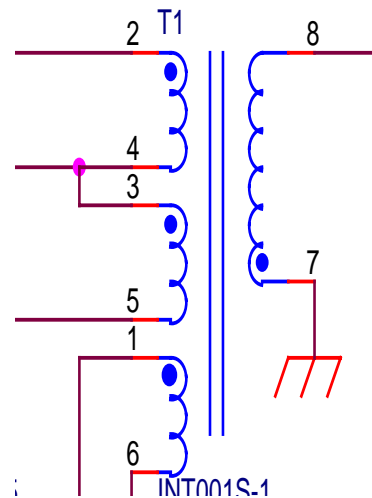


2.计算初次与次级绕组的匝比:

- 根据CCFL启动电压与输入电压确定匝比N

$$N = \frac{\pi}{\sqrt{2}} * \frac{V_{in} - V_{ce}}{V_{start}}$$

- 设 $V_{start}=1500V_{rms}$ $V_{in}=9V$ $V_{ce}=0.7V$
- 计算可得 $N=3.14 * (9-0.7) / (1.414 * 1500)$
=0.0123



Royer线路参数计算



实际用的变压器参数:

WINDING	TURN(Ts)	WIRE		INDUCTANCE	DCR ohms	Q值 REF
		TYPE	DIAMETER			
NS (6-7)	1800TS	1UEW	0.04	310mH ±5%	550 MAX	3.78
NP1 (4-3)	11TS	2UEW	0.2	12uH REF	150m MAX	
NP2(3-2)	11TS	2UEW	0.2	12uH REF	150m MAX	
NP3(5-1)	3TS	2UEW	0.2	0.9uH REF	60m MAX	

- 计算可得 $N=N_p/N_s=11*2/1800=0.0122$
- 其中 N_p 为跨接谐振电容C两端的绕组, 中心抽头将初级分为 N_{p1} 和 N_{p2}

Royer线路参数计算

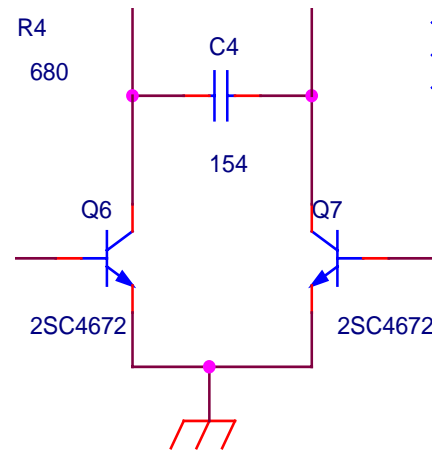


3.选择开关管:

- 开关管所承受的最大集-发射极电压

$$V_{ceo} \geq \sqrt{2} (N_p / N_s) V_{start}$$

- 设 $N_p=22$ $N_s=1800$ $V_{start}=1500V_{rms}$
- 计算可得 $N > 1.414 * 0.0122 * 1500 = 25V$



Royer线路参数计算



实际用的开关管:

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Ta=25°C)

PARAMETER	SYMBOL	RATING	UNIT
Collector-base voltage	Vcbo	40	V
Collector-emitter voltage	Vceo		V
2SD965		20	
2SD965A		30	
Emitter-base voltage	VEBO	7	V
Collector power dissipation	Pc	1	W
Collector current	Ic	5	A
Junction Temperature	Tj	150	°C
Storage Temperature	TSTG	-65 ~ +150	°C

- 所以我们在使用2SD965时, 应该用2SD965A, 才为安全的选择

Royer线路参数计算

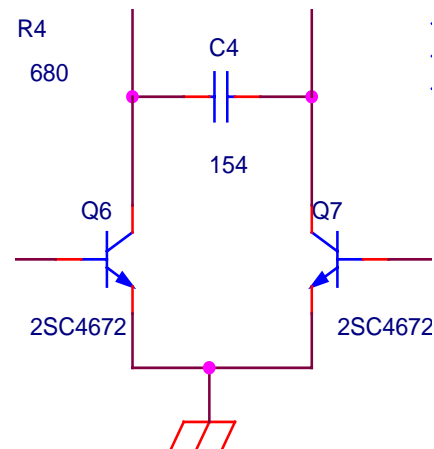


3.选择开关管(续):

- 开关管所承受的最大集电极电流

$$I_c = \frac{N_s \pi}{N_p \sqrt{2}} I_{on}$$

- 设 $N_p=22$ $N_s=1800$ $I_{on}=8mA$
- 计算可得 $I_c=1800*3.14*0.008/(22*1.414)=1.45A$
- 2SD965A为5A, 故可带双灯没有问题.



Royer线路参数计算



4.确定谐振电容C和初级电感l:

- 为了得到正弦振荡波形,初级电路必须满足下列条件:

$$\sqrt{\frac{l}{C}} < \left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2 \cdot R_{ccfl}$$

WINDING	TURN(Ts)	WIRE		INDUCTANCE
		TYPE	DIAMETER	
NS (6-7)	1800TS	1UEW	0.04	310mH ±5%
NP1 (4-3)	11TS	2UEW	0.2	12uH REF
NP2 (3-2)	11TS	2UEW	0.2	12uH REF
NP3 (5-1)	3TS	2UEW	0.2	0.9uH REF

- 设 $l=12\mu\text{H}$ $C=0.15\mu\text{F}$ $N_p=22$ $N_s=1800$ $R_{ccfl}=100\text{Kohm}$

- 计算可得: $\sqrt{\frac{l}{C}} = 8.9$ $\left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2 \cdot R_{ccfl} = 14.9$

Royer线路参数计算



4.确定谐振电容C和初级电感l(续)

- 同时, 电路所输出的呈现良好特性的正弦的振荡频率为:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L/C}}$$

WINDING	TURN(Ts)	WIRE		INDUCTANCE
		TYPE	DIAMETER	
NS (6-7)	1800TS	1UEW	0.04	310mH ±5%
NP1 (4-3)	11TS	2UEW	0.2	12uH REF
NP2 (3-2)	11TS	2UEW	0.2	12uH REF
NP3 (5-1)	3TS	2UEW	0.2	0.9uH REF

- 设 $l = 12\mu\text{H}$ $C = 0.15\mu\text{F}$
- 计算可得: $f_0 = 1 / (2 * 3.14 * \text{SQRT}(4 * (12\text{E}-6) * (0.15\text{E}-6)))$
= 59KHz

Royer线路参数计算



4.确定谐振电容C和初级电感L(续)

- 根据如上两式可解得:

$$C > \left(\frac{N_s}{N_p}\right)^2 \frac{1}{4\pi f_0 R_{cft}} \quad l = \frac{1}{4 C (2\pi f_0)^2}$$

- 计算从略
- 实际使用中,也是C越大,波形越好看,越趋于正弦波,但相应的l会越小,磁芯Gap会越大,损耗加大,同时初级的铜损也越大,整个效率会降低.

Royer线路参数计算



5.确定阻尼电感L:

- 阻尼电感L决定了流经L的电流 i_L 的纹波的大小:

L的电感越大,纹波越小, i_L 越小

一般取 $L > 10I = 10 * 12\mu\text{H} = 120\mu\text{H}$

WINDING	TURN(Ts)	WIRE		INDUCTANCE
		TYPE	DIAMETER	
NS (6-7)	1800TS	1UEW	0.04	310mH $\pm 5\%$
NP1 (4-3)	11TS	2UEW	0.2	12uH REF
NP2 (3-2)	11TS	2UEW	0.2	12uH REF
NP3 (5-1)	3TS	2UEW	0.2	0.9uH REF

- 实际使用过程中,也是电感越大越好,但在一定体积内,感量越大,线径越小.

Royer线路参数计算



6.确定基极电阻:

- Q6 Q7的基极电流 $i_B=(V_{in}-V_{be})/R_5$, 为了开关管能工作在高效率的情况下, 必须保证开关管工作在饱和状态, 故:

$$R_5 \leq \frac{\beta_{\min} (V_{IN, \min} - V_{be})}{I_{\max}}$$

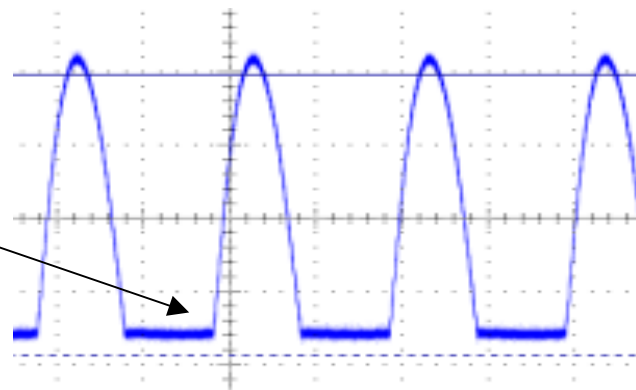
- 设 $V_{in}=9V$ $V_{be}=0.7V$ $I=1.45$ 放大倍数取200
- $R_5=200*(9-0.7)/1.45=1.145K$

Royer线路参数计算

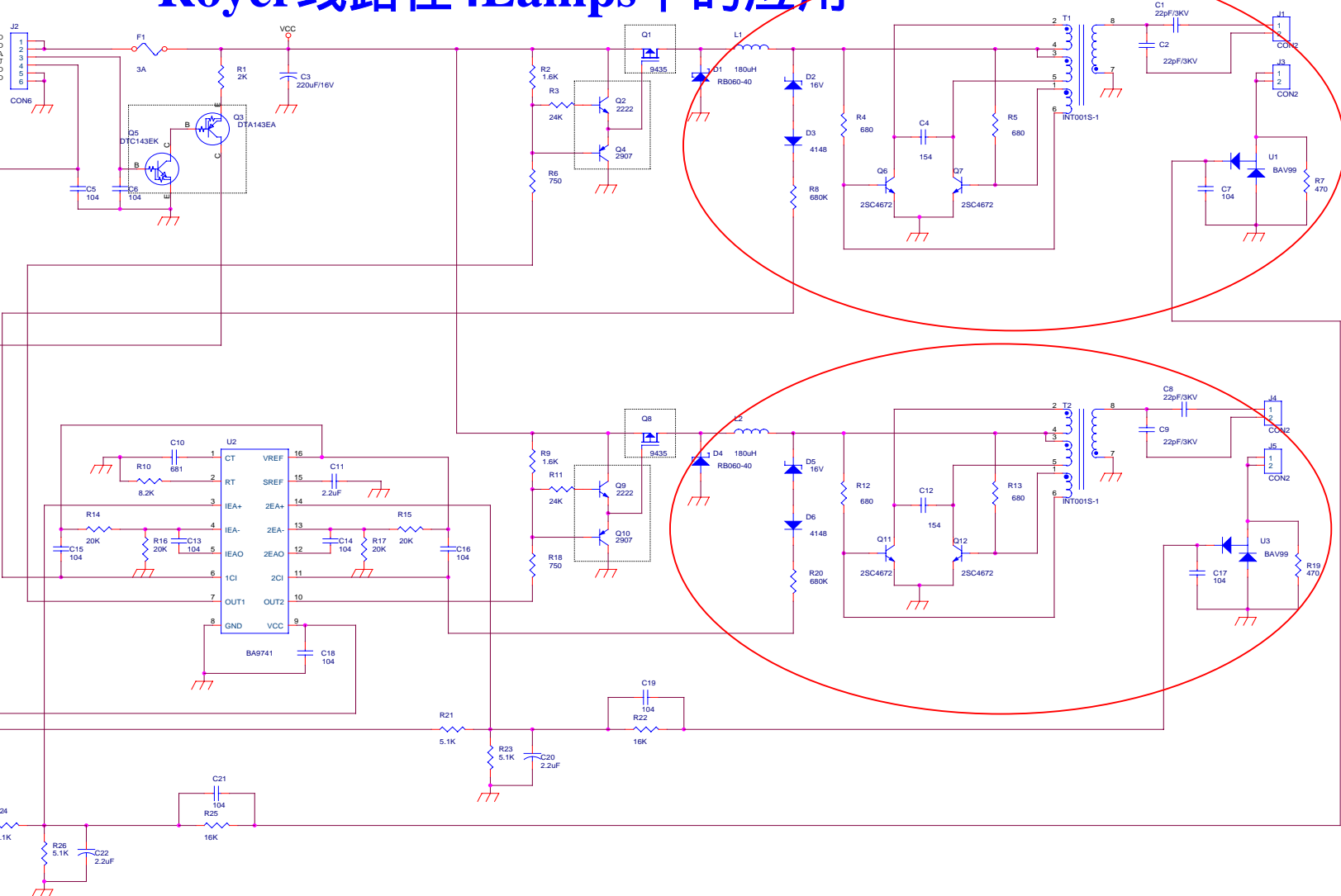


6.确定基极电阻(续):

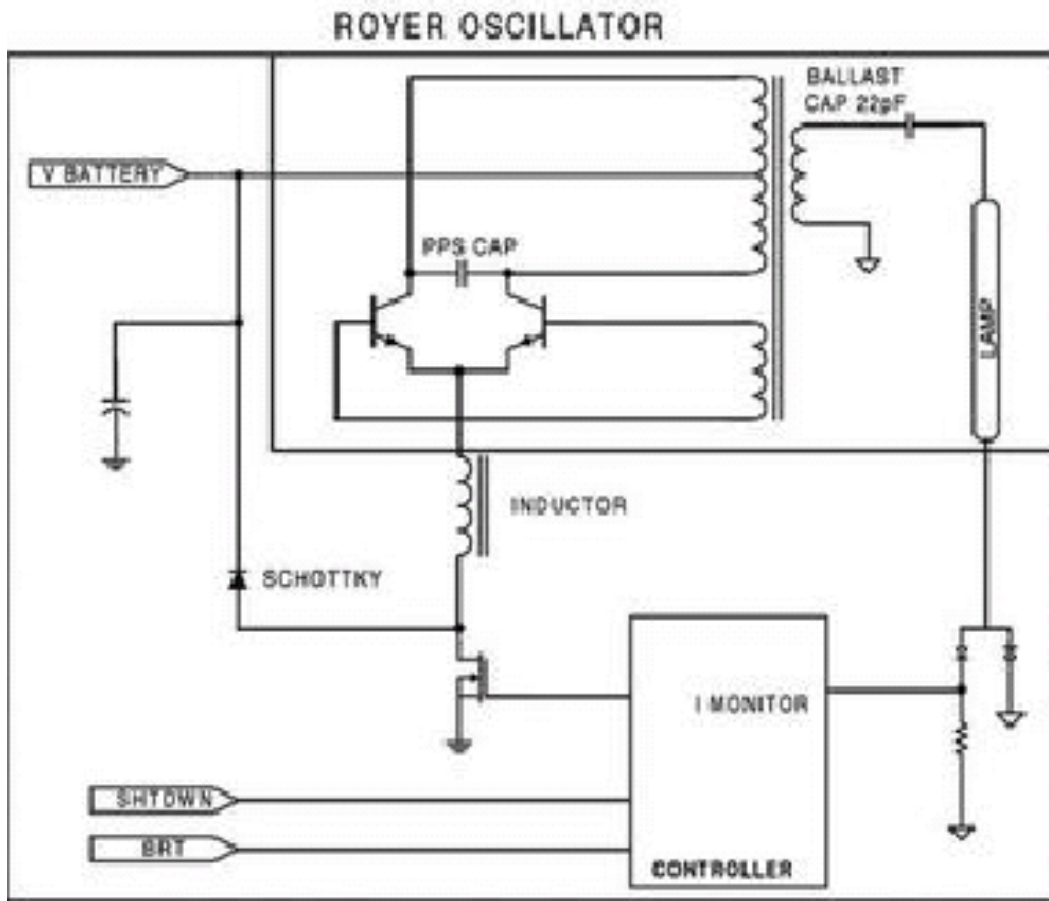
- 在实际设计中,当基极电阻越大时,我们会发现该点波形会往上凸
- 我们通常选用1K的电阻



Royer线路在4Lamps中的应用

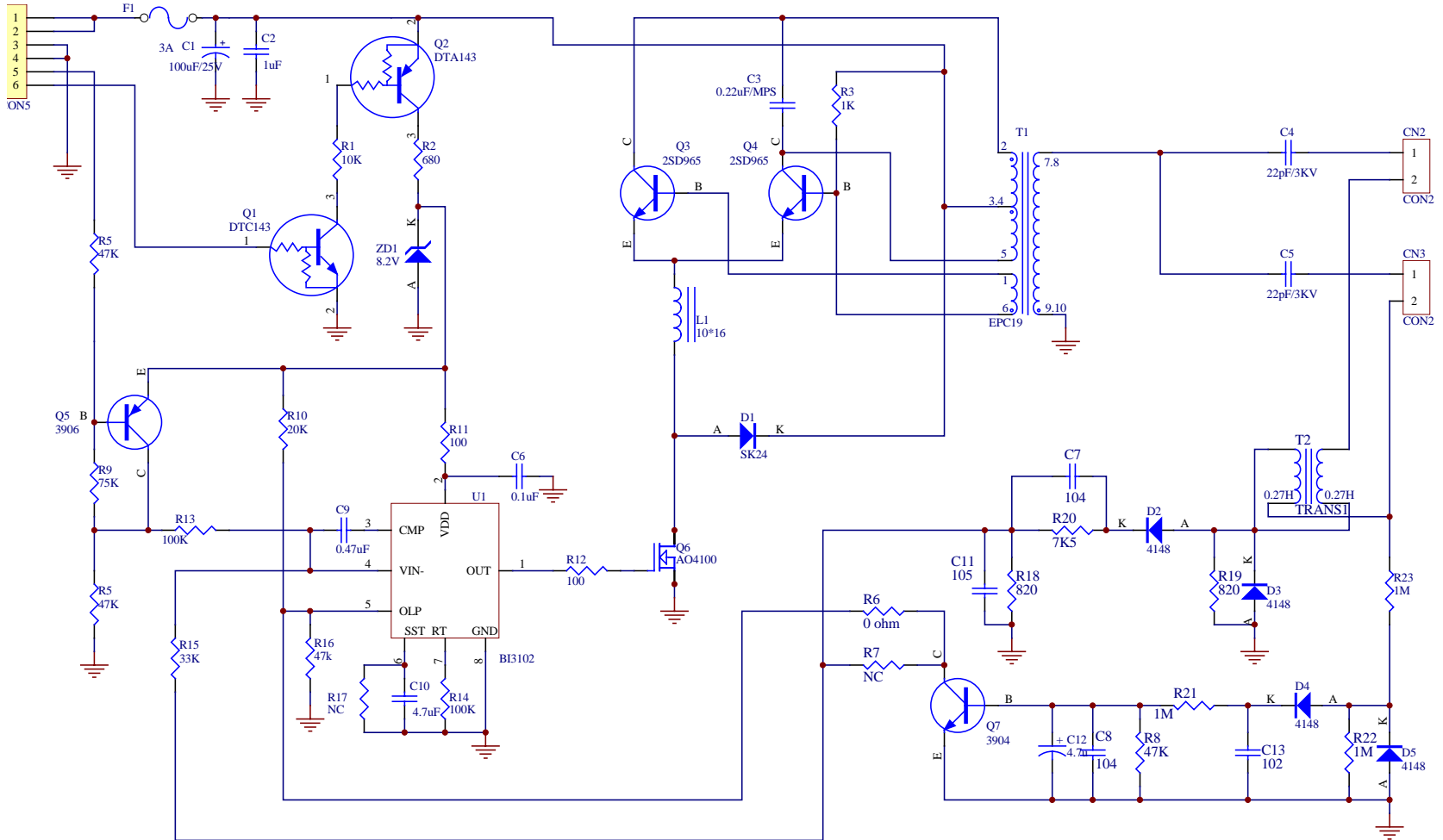


Royer线路另一种架构





在实际线路中的应用



THE END

THANK YOU!