

# CL350X 非隔离 BUCK 设计指导

作者	LXX
日期	2015/12/21
版本	V0.1
更改记录	

一、 摘要.....	3
1. 芯片特征.....	3
2. 应用领域.....	3
3. 引脚功能定义.....	3
4. 芯片工作原理.....	4
二、 设计指导.....	7
1. 启动电路设计.....	7
2. Ton/Toff 时间限制.....	8
3. OVP 设计.....	10
4. 短路保护设计.....	10
5. PCB 设计指导.....	11
6. 电感设计.....	12
7. 设计实例.....	12

## 一、 摘要

本文介绍了CL350X的特征和详细的工作原理，描述一种采用CL350X的非隔离BUCK的设计方法。

### 1. 芯片特征

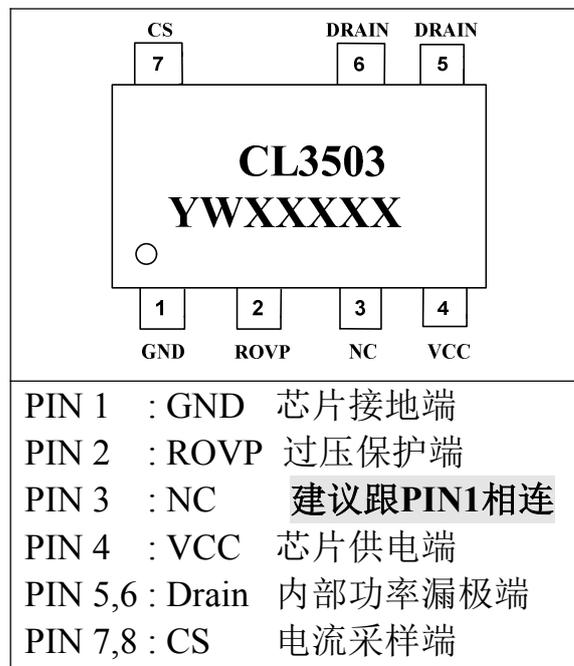
CL350X是一款应用于LED驱动的非隔离BUCK控制芯片。

- 抗干扰能力强，应用于高温高湿环境不会闪灯
- 非隔离电路，外围简单，效率高
- 应用于低输入输出压差不会闪灯
- 电流精度高
- LED开路、短路保护
- CS采样电阻开路、短路保护

### 2. 应用领域

- LED照明

### 3. 引脚功能定义



#### 4. 芯片工作原理

CL350X是BUCK恒流的控制芯片，工作在电流临界模式，是通过恒定每个周期的电感峰值电流，达到逐周期恒流的目的。

由BUCK电路的特点，系统输出电流值为电感电流的平均值，当BUCK电路工作在电流临界连续模式（见图1），那么电感平均值电流为电感峰值电流的一半，那么输出电流为电感峰值电流的一半。

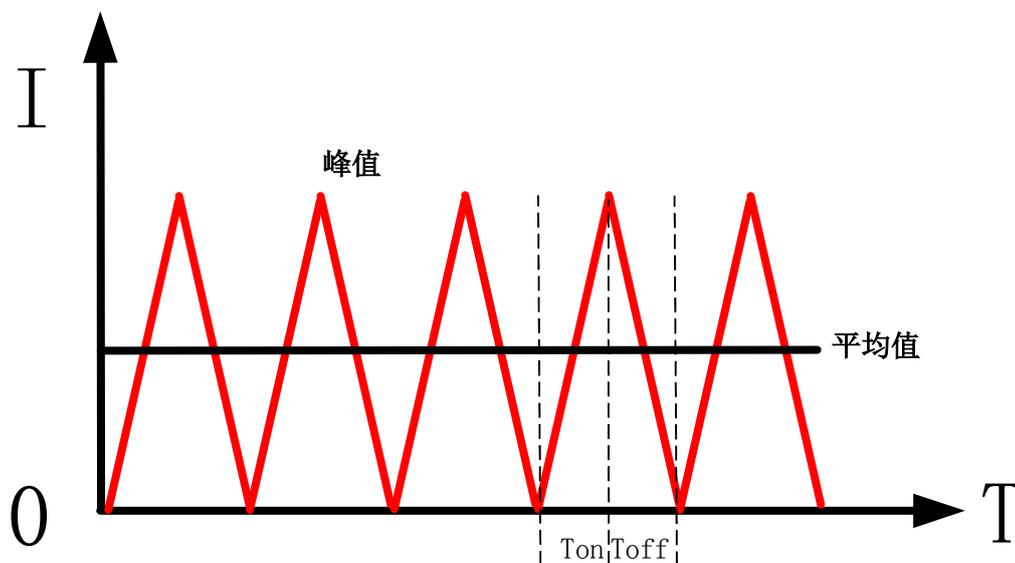


图 1、BUCK 电路电感波形和平均值

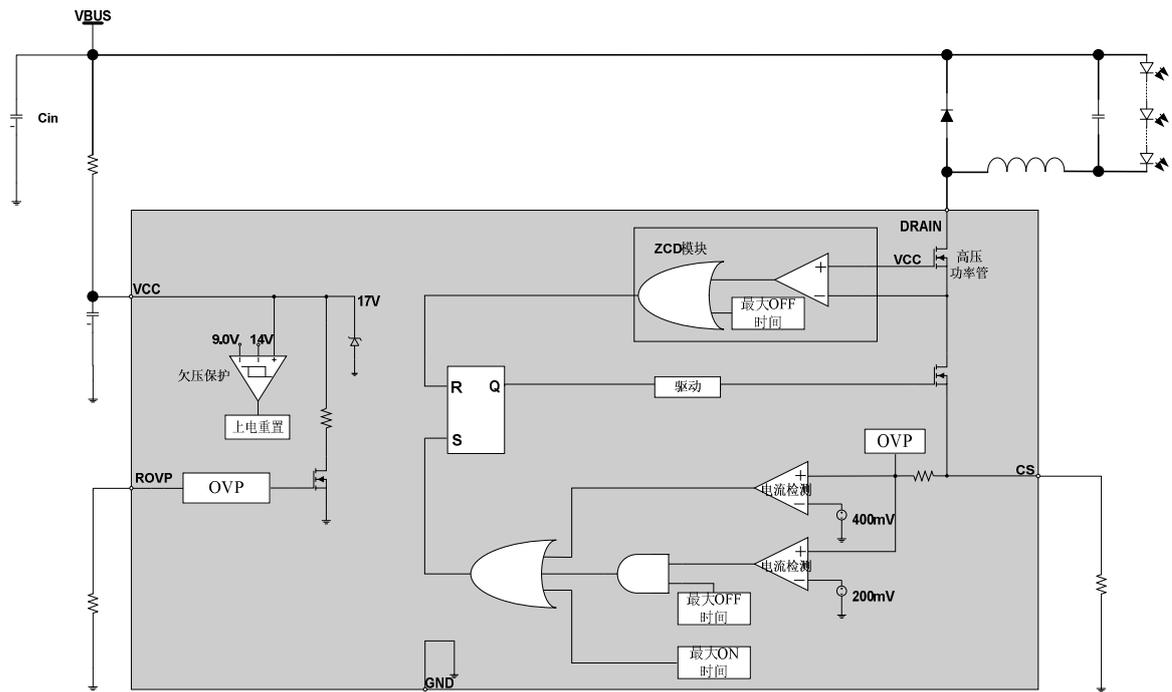


图 2、简单内部逻辑框图

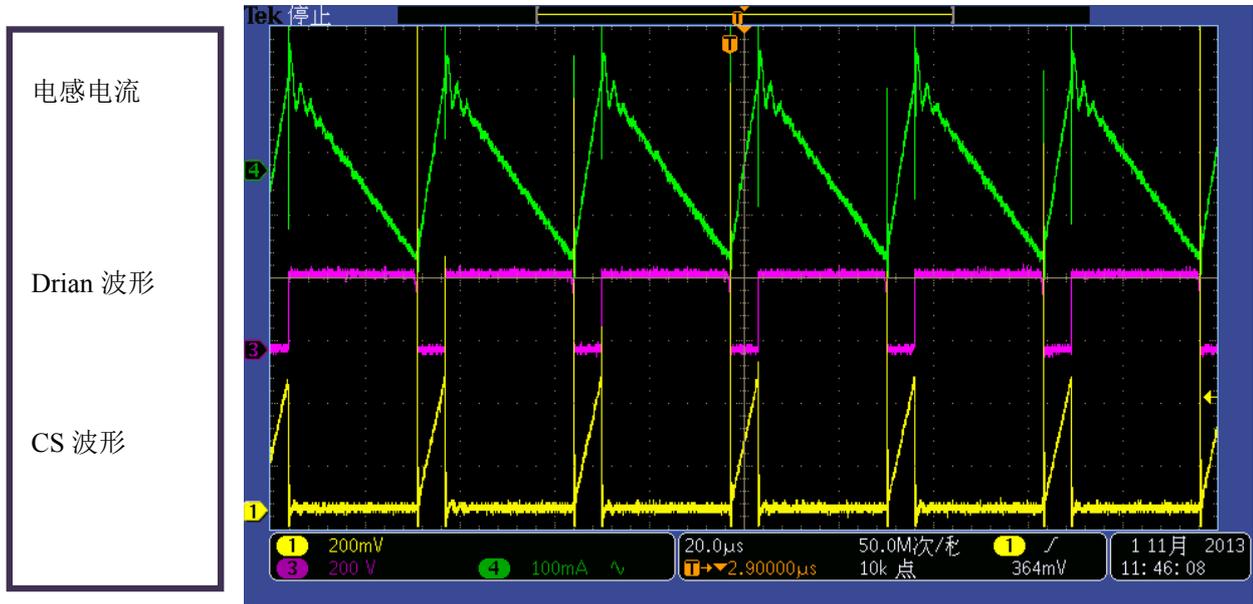


图 3、重要波形

经过初级采样电阻，得到初级电感峰值电流： $I_{L\_peak} = \frac{400mV}{R_{CS}}$

由上面阐述，可以知道输出电流为： $I_{LED} = 0.5 * I_{L\_peak}$

## 二、 设计指导

### 1. 启动电路设计

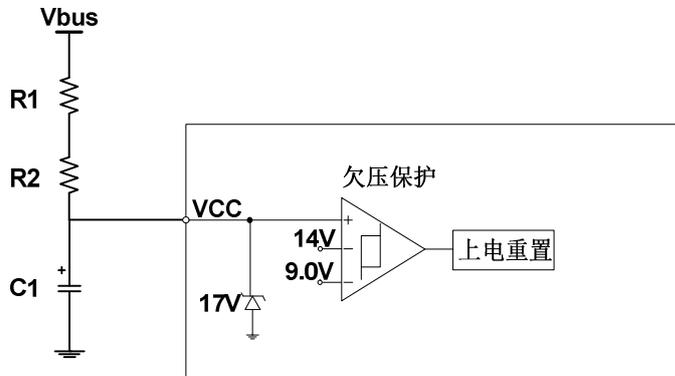


图 4、启动电路示意图

系统上电后，母线电压通过启动电阻(图中 $R1$ 、 $R2$ )对芯片 $VCC$ 脚外接电容(图中 $C1$ )充电，当 $VCC$ 电压上升到启动阈值电压 $14V$ 后，内部控制电路开始工作，芯片开始PWM控制，内部 $GATE$ 脚输出驱动脉冲信号，完成启动过程，且 $C1$ 电压将维持在 $17V$ 左右。

1:在高压输入时，输出电压大于 $120V$ ， $R1$ 和 $R2$ 的取值通常在 $820K$ 左右；

2:在高压输入时，输出电压大于 $60V$ ，小于 $120V$ 时， $R1$ 和 $R2$ 的取值通常在 $750K$ 左右；

3: 在高压输入时，输出电压小于 $60V$ ， $R1$ 和 $R2$ 的取值通常在 $680K$ 左右；

4: 在全电压输入时， $R1$ 和 $R2$ 的取值通常在 $300K$ 左右；

5:  $C1$ 通常选取 $1\mu F$ 。

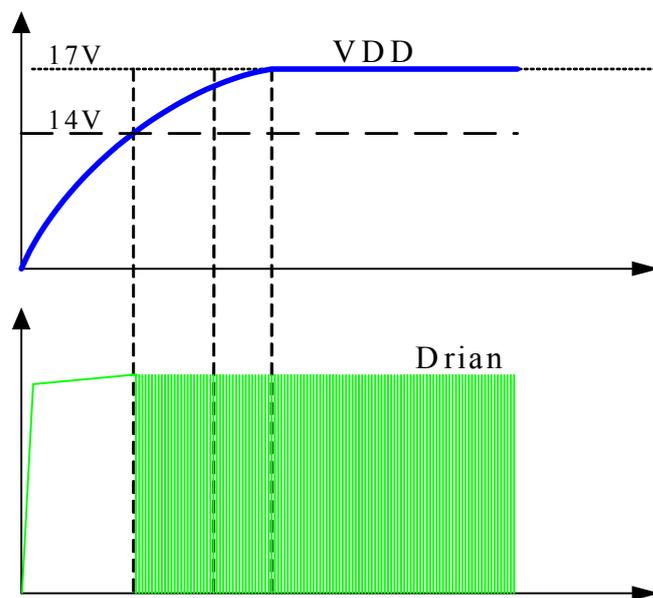


图 5、启动时序示意图

## 2. Ton/Toff时间限制

CL350X为保证整个系统的可靠性，对系统的 $T_{on}$ 和 $T_{off}$ 做出了必要限制。其中 $T_{on}$ 的最大值为40uS。 $T_{off}$ 的最大值为240uS， $T_{off}$ 最小值为4.5uS或者由Rovp脚设置。所以针对一个固定的系统，应选择合适的电感值，使 $T_{on}$ 和 $T_{off}$ 在芯片的额定范围内，保证系统工作在正确的工作模式。

由BUCK电路的特性，有：

$$T_{on} = \frac{L * I_{L\_peak}}{V_{in} - V_o} \quad T_{off} = \frac{L * I_{L\_peak}}{V_o} \quad f_s = \frac{1}{T_{on} + T_{off}}$$

其中， $V_{in}$ 为输入母线电压， $V_o$ 为输出电压，从公式可以看出：

输入电压越高，开关频率越大；

频率最低点出现在输出电压的两个极致（最低输出电压，最高输出电压），如图6。

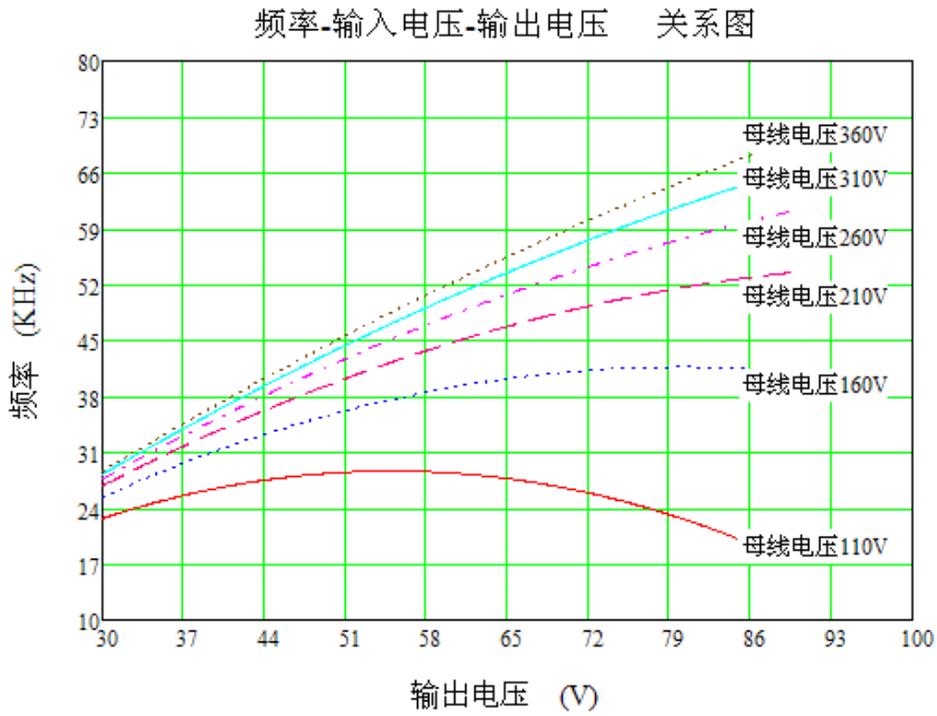


图 6、CL350X 频率关系图

图 6 中的系统，输入母线电压为 110V 到 370V，输出电压为 30V 到 80V，输出电流为 60mA,电感量为 8.5mH。

### 3. OVP设计

CL350X是通过限制最小 $T_{off}$ 时间，来实现OVP的功能。

由BUCK电路的伏秒平衡：
$$V_o = \frac{L * I_{L\_peak}}{T_{off}}$$

其中：

$V_o$ 为输出电压，

$L$ 为续流电感的电感量，

$I_{L\_peak}$ 为电感峰值电流，

在CL350X的电源系统中， $L$ 和 $I_{L\_peak}$ 是固定的，通过改变 $T_{off}$ 的大小，可以控制输出电压的大小。

芯片内部固定的最小 $T_{off}$ 时间为4.5uS，同时可以通过OVP脚外置电阻，自由调节最小 $T_{off}$ 时间的大小，来调节不同的OVP电压值。

其计算公式为：

$$R_{OVP} = \frac{0.135 \times R_{CS} \times V_{OVP}}{V_{CS} \times L} (\Omega)$$

其中：

$R_{ovp}$ 为外置电阻，单位为Kohm，

$L$ 为续流电感，单位为mH，

$V_{OVP}$ 为设置的最高输出电压，单位为V。

此项为CL3503独特的优化设计，OVP抗干扰能力强，更加实用于高湿环境的应用。

### 4. 短路保护设计

根据图2，当输出短路时，去磁时间很长，受到芯片内部最大 $T_{off}$ 时间240uS限制，同时把CS的阈值降低到200mV，减小输入能量，此时系统的工作频率在5KHz左右。

## 5. PCB设计指导

### ●地线

电流采样电阻的功率地线尽可能粗，且要离芯片的地(Pin1)尽量近，以保证电流采样的准确性，否则可能会影响输出电流的调整率。另外，信号地需要单独连接到芯片的地引脚。

### ●功率环路的面积

减小大电流环路的面积，如功率电感、功率管、母线电容的环路面积，以及功率电感、整流二极管、输出电容的环路面积，以减小EMI辐射。

### ●ROVP引脚

建议用地线把芯片的ROVP脚包围起来，能更有效的屏蔽干扰。当PCB为红胶工艺时，建议在包围ROVP脚的铜箔上面裸铜。如图7所示，芯片PIN2（ROVP脚）被铜箔包围，且裸铜。

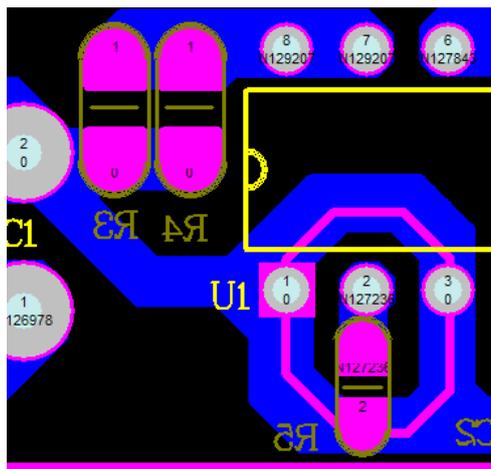


图 7、CL350X LAYOUT 示例

## 6. 电感设计

建议使用CL350X设计助手进行设计。

## 7. 设计实例

假设设计一款：输入175Vac~264Vac，输出电流为240mA，最大输出电压设为75V的LED驱动电源，如图8为CL350X的典型应用。

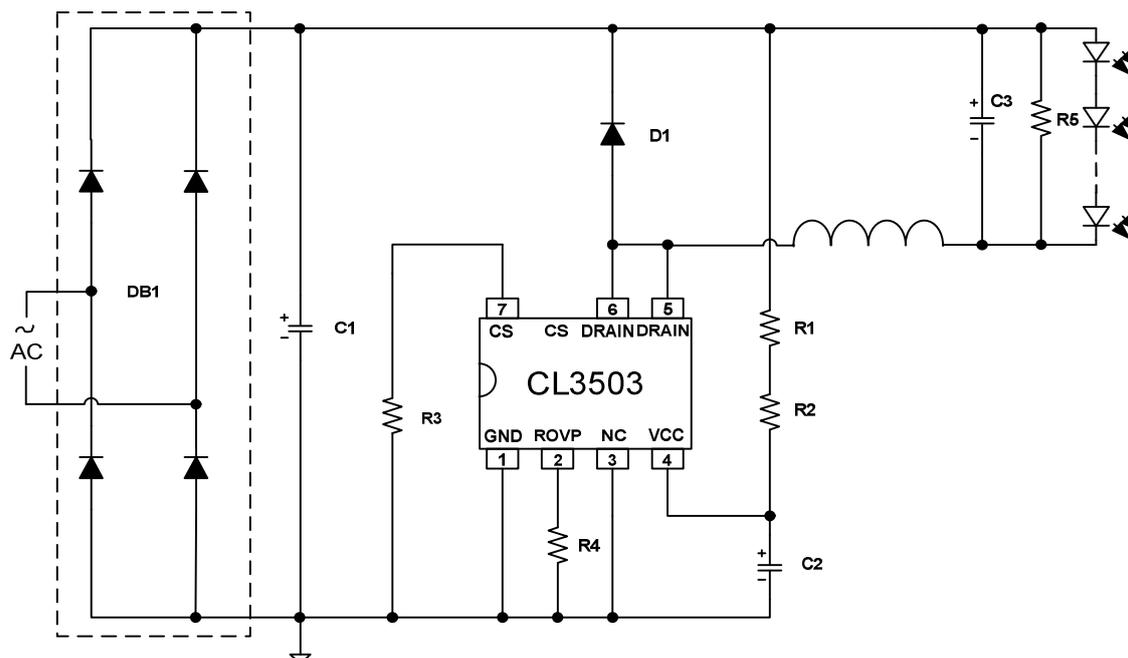


图 8、CL350X 的典型应用

**第一步：**预估效率90%；选用EPC13变压器，EPC13变压器 $A_e$ 为 $12.5 \text{ mm}^2$ ；把系统最小开关频率设为35K（注：最小开关频率需选择在25K以上，避开音频噪声）；峰值磁通密度取0.29T。

**第二步：**利用CL350X设计助手计算出变压器理论参数，如图9。

交流输入参数设置		
最小输入电压: ( $V_{line}^{min}$ )	175.00	Vac
最高输入电压: ( $V_{line}^{max}$ )	264.00	Vac
输入交流电频率: ( $f_L$ )	50.00	Hz
输入功率: ( $P_{in}$ )	19.78	Walt
输入电容选择: ( $C_I$ )	10.00	$\mu F$
输出参数设置		
最大灯串电压: ( $V_{o\_max}$ )	75.00	Vdc
最小灯串电压: ( $V_{o\_min}$ )	30.00	Vdc
空载电压: ( $V_{ovp}$ )	96.75	V
输出电流: ( $I_{out}$ )	240	mA
输出功率: ( $P_{out}$ )	18.00	Walt
最小母线电压: ( $V_{in\_min\_dc}$ )	183.55	V
最大母线电压: ( $V_{in\_min\_dc}$ )	373.35	V
系统参数设计		
预估转换效率: ( $E_{ff}$ )	91.00	%
最小开关频率: ( $f_{swmin}$ )	30.00	KHz
续流二极管耐压: ( $V_{diode}$ )	373.35	V
MOS峰值电流 ( $I_{L\_peak}$ )	480.00	mA
变压器参数设计		
变压器磁芯截面积: ( $A_e$ )	12.50	$mm^2$
变压器磁芯峰值磁通: ( $B_{peak}$ )	0.290	T

图 9

第三步：参考变压器理论计算值，对变压器实际参数进行调整，调整范围正负10%。（图10）

电感量: (L)	1.74	mH	根据参考值选择实际值	初级电感量	1.74	mH	
匝数: (N)	230.8	TS	根据参考值选择实际值	初级匝数	229.9	TS	
				电感线径	0.20	mm	->OK!
				电感并联股数	1		
				电感电流密度	8.8	A/mm <sup>2</sup>	->OK!
				趋肤深度	0.23	mm	->OK!
				<b>实际系统参数</b>			
				最大Ton时间: T <sub>on_max</sub>	7.7	uS	->OK!
				最小Ton时间: T <sub>on_min</sub>	2.4	uS	->OK!
				最大Toff时间: T <sub>off_max</sub>	27.9	uS	->OK!
				最小Toff时间: T <sub>off_min</sub>	11.2	uS	->OK!
				最小开关频率: (f <sub>swmin</sub> )	30.0	KHz	->OK!
				最大开关频率: (f <sub>swmax</sub> )	71.6	KHz	->OK!
				最大占空比 (D <sub>min</sub> )	0.4		->OK!
				磁芯峰值磁通密度: (B <sub>peak</sub> )	0.29	T	->OK!
				<b>采样电阻设计</b>			
				CS采样电阻: (R <sub>CS</sub> )	0.68	Ω	->OK!
				OVP保护电阻: (V <sub>ovp</sub> )	15.61	KΩ	
				启动电阻: (R <sub>st</sub> )	1469.54	KΩ	
				假负载: (R <sub>dl</sub> )	201.14	KΩ	

图 10

第四步：对照原理图（图8），根据CL350X设计助手推荐的BOM表参数（图11），进行实际调试验证。

输入	C1		10.00	$\mu F$
	D_bridge	耐压要求	推荐型号	DB106S
		过流要求		
启动部分	R1		680	$K$
	R2		680	$K$
	C2		1.00	$\mu F$
CS电阻	Rcs		0.68	$\Omega$
输出部分	D1	耐压要求	推荐型号	SF18
		过流要求		
	输出电容 C3		2.20	$\mu F$
	OVP保护电阻 R4		15.61	$K\Omega$
	假负载 R5		200	$K\Omega$

图 11