

## Spec

### Off-line High Brightness LED Driver

#### FEATURES

- Open loop peak current controller
- >90% Efficiency
- Internal 15V to 500V HV linear regulator
- Applications from a few mA to more than 1A Output
- LED String from one to Hundreds of Diodes
- PWM & Linear dimming capability

#### DESCRIPTION

The FT870x is an open loop Constant-frequency Peak Current Mode control LED driver control IC. It allows efficient operation of High Brightness (HB) LEDs from voltage sources ranging from 15VDC up to 500VDC. The FT870x controls an external MOSFET at fixed switching frequency. The LED string is driven at constant current rather than constant voltage, thus providing constant light output and enhanced reliability. The output current can be programmed by an external resistor or PWM control signal between a few milliamps and up to more than 1A.

The FT870x is ideally suited for buck LED drivers. Since the FT870x operates in open loop current mode control, the controller achieves good output current regulation without the need for loop compensation. The brightness can be up to  $V_{csmax}$  (240mV typical).

#### TYPICAL APPLICATIONS

- DC/DC or AC/DC LED Driver Applications
- RGB Backlighting LED Driver
- Back Lighting of Flat Panel Displays
- General Purpose Constant Current Source
- Signage and Decorative LED Lighting
- Automotive

TYPICAL APPLICATION CIRCUIT

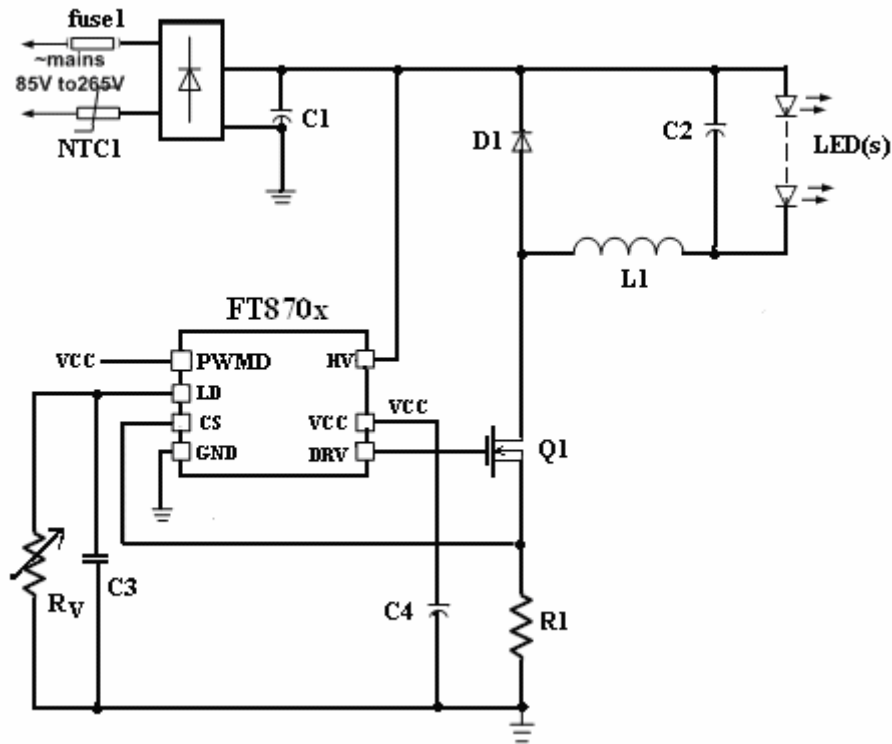


Figure 1. Typical Application Circuit

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

VCC to GND.....	-0.3V to +40V
LD to GND.....	-0.3V to +6V
CS to GND .....	-0.3V to +6V
DRV to GND.....	-0.3V to +40V
HV to GND .....	-0.3V to +500V
PWMD to GND .....	-0.3V to +20V
Operating Temperature Range .....	-40°C to +125°C
Junction Temperature.....	-40°C to +150°C
Storage Temperature Range .....	-60°C to +150°C

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

## PIN CONFIGURATION

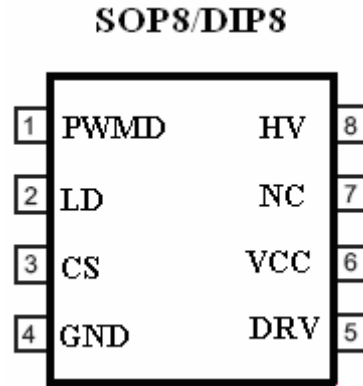


Figure 2. Pin Configuration (Top View)

## TERMINAL FUNCTIONS

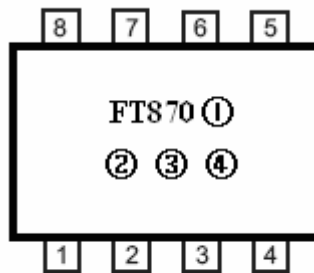
PIN	NAME	FUNCTION	DESCRIPTION
1	PWMD	PWM dimming	This is the PWM dimming input of the IC. Duty cycle controls the LED average output current. When this pin is pulled to GND, the gate driver is turned off. When the pin is pulled high, the gate driver operates normally.
2	LD	Linear dimming	Linear dimming achieved by adjusting the current limit threshold at current sense comparator through connecting programmable resistor $R_v$ to the pin 2.
3	CS	Current Sense	Senses LED string current
4	GND	IC Ground	Ground
5	DRV	Driver Output	Gate driver output to drive the external MOSFET
6	VCC	Supply Voltage	This is the power supply pin for all internal circuits. It must be bypassed with a low ESR capacitor to GND.
7	NC	NC	Unconnected Pin
8	HV	High Voltage	Input voltage 15V to 500V

### ORDERING INFORMATION

#### FT870①②

DESIGNATOR	SYMBOL	SWITCHING FREQUENCY
①	A	33KHz
	B	25KHz
②	<b>SYMBOL</b>	<b>PACKAGE TYPE</b>
	a	SOP8
	b	DIP8

### MARKING RULING



TOP VIEW

① represents frequency option (A: 33KHz; B: 25KHz)

②③④ for internal reference

## BLOCK DIAGRAM

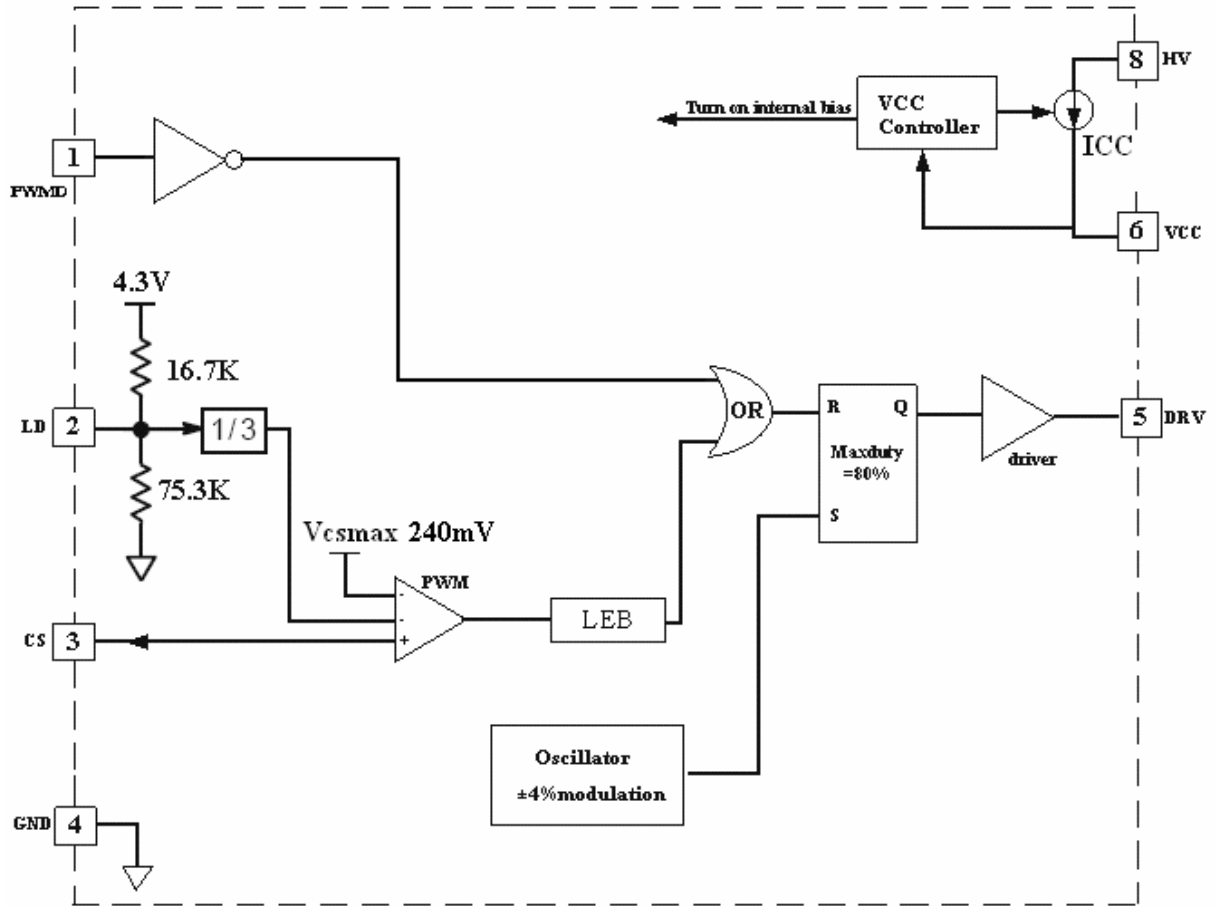


Figure 3. Block Diagram

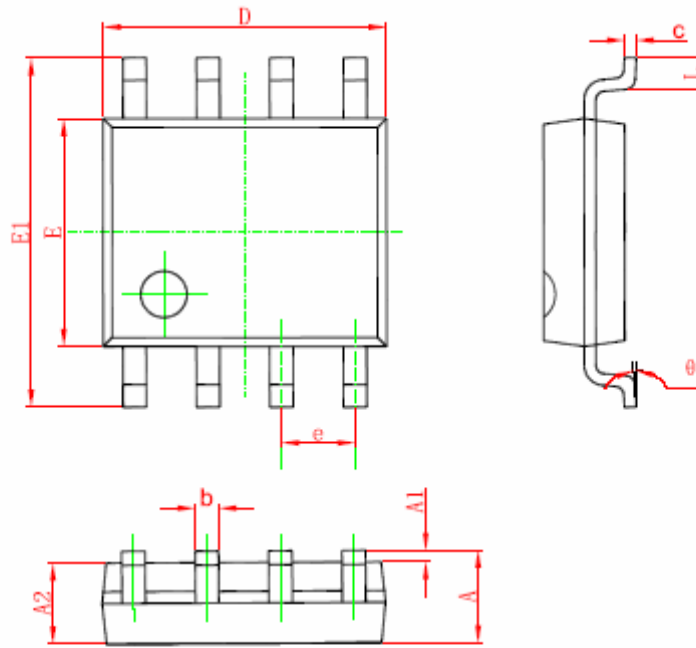
### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

For typical values  $T_j=25^{\circ}\text{C}$ , for min/max values,  $T_j=-40^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC}=10\text{V}$ ,  $HV=\text{open}$ ,  $\text{PWMD}=10\text{V}$ ,  $\text{LD}=2\text{V}$ ,  $\text{CS}=\text{Ground}$ ,  $\text{DRV}=1\text{nF}$ , unless otherwise noted

SYMBOL	PARAMETER	MIN	TYP	MAX	UNITS	CONDITIONS
$V_{\text{indc}}$	Input DC supply voltage rang	15		500	V	
$I_{\text{op}}$	Internal IC consumption,		1.2		mA	1nF at DRV
VCC	Internally regulated voltage	9	9.68	10	V	
$\Delta V_{\text{cc,line}}$	Line regulation of Vcc			1	V	VHV=15-500V
$\Delta V_{\text{cc,load}}$	Load regulation of Vcc			0.5	V	Ivcc(out)=1mA, 1nF at gate, PWMD=Vcc
UVLO	V <sub>CC</sub> under voltage lockout threshold		8.5		V	
$\Delta \text{UVLO}$	V <sub>CC</sub> under voltage lockout hysteresis		200		mV	
$V_{\text{PWMD(lo)}}$	Pin PWMD input low voltage			1	V	
$V_{\text{PWMD(hi)}}$	Pin PWMD input high voltage	5			V	
$V_{\text{csmax}}$	Maximum Current sense voltage	225	240	255	mV	
$F_{\text{osc}}$	Oscillator frequency	30	33	36	KHz	FT870A
		22	25	28		FT870B
$\Delta F_{\text{osc}}$	Oscillator Modulation Swing, in Percentage of $F_{\text{osc}}$		$\pm 4$		%	
$D_{\text{max}}$	Maximum PWM duty cycle		80		%	
$V_{\text{ld}}$	Linear dimming pin voltage range	0		240	mV	
$T_{\text{LEB}}$	Leading Edge Blanking Duration		350		ns	
$T_{\text{delay}}$	Delay from CS trip to gate output		60	150	ns	
$V_{\text{gate(hi)}}$	Gate high output voltage	$V_{\text{cc}}-0.5$			V	
$V_{\text{gate(lo)}}$	Gate low output voltage			0.5	V	
$T_{\text{rise}}$	Gate output rise time		140		ns	C4=1nF
$T_{\text{fall}}$	Gate output fall time		80		ns	C4=1nF

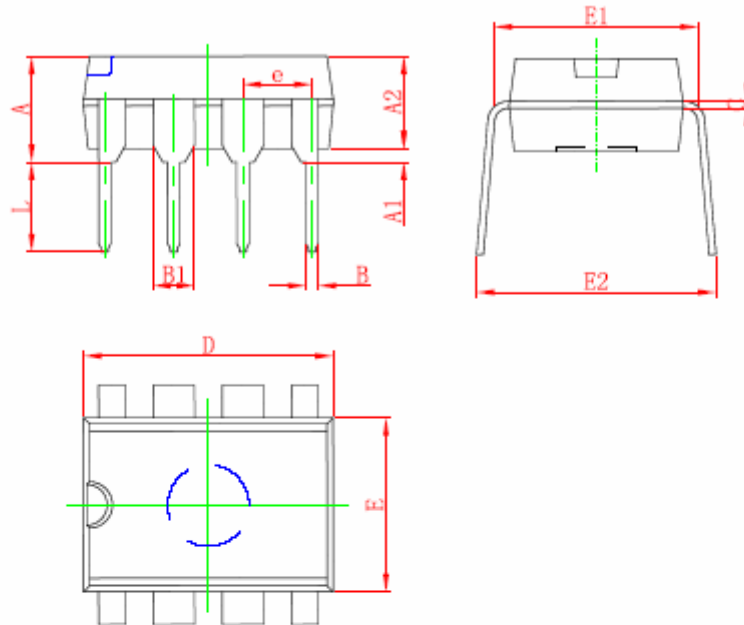
### PACKAGE INFORMATION

#### SOP8 Package



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.006	0.010
D	4.700	5.100	0.185	0.200
E	3.800	4.000	0.150	0.157
E1	5.800	6.200	0.228	0.244
e	1.270 (BSC)		0.050 (BSC)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
θ	0°	8°	0°	8°

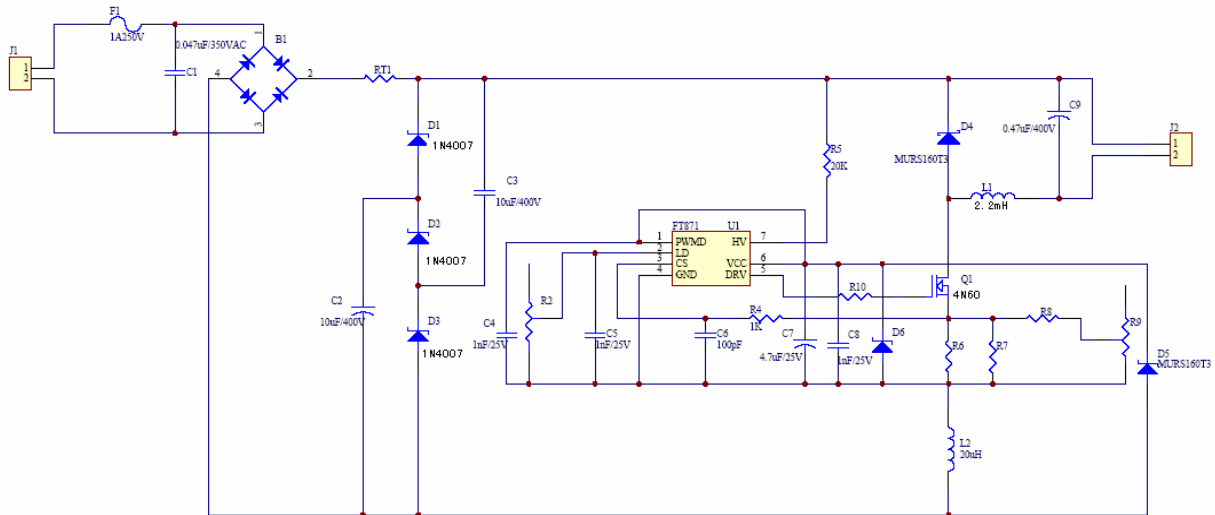
### DIP8 Package



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	3.710	4.310	0.146	0.170
A1	0.510		0.020	
A2	3.200	3.600	0.126	0.142
B	0.380	0.570	0.015	0.022
B1	1.524 (BSC)		0.060 (BSC)	
C	0.204	0.360	0.008	0.014
D	9.000	9.400	0.354	0.370
E	6.200	6.600	0.244	0.260
E1	7.320	7.920	0.288	0.312
e	2.540 (BSC)		0.100 (BSC)	
L	3.000	3.600	0.118	0.142
E2	8.400	9.000	0.331	0.354



实际应用: (日光灯管及大功率 LED 驱动)



相关参数计算:

### 1、整流桥B1(SPEC in datasheet: $V_{RRM}$ , $I_{rating}$ , $I_{FSM}$ , $t_{rr}$ , $V_F$ , temp)

(1)  $V_{RRM}$ (repetitive peak reverse voltage)

对于整流二极管耐压, 考虑要有50%的安全裕量。

$$V_{bridge} = 1.5 \times (\sqrt{2} \times V_{max,ac}) = 562V$$

(2)  $I_{rating}$ (average forward current)

与输入电流有关。实际电路工作时, 输入电流要小于额定电流。

$$I_{input} = (V_{o,max} I_{o,max}) / (V_{min,dc} \times \eta)$$

$$I_{input,max} = 134mA$$

(3)  $I_{FSM}$  (peak forward surge current)

与Inrush current有关。主要要求 $I_{FSM}$ 大于inrush current, 保证在启动的时候, inrush current不会把整流桥烧坏。

(4)  $t_{rr}$ (reverse recovery time)

在集成的整流桥的 datasheet 中, 没有这个参数, 估计是由于输入 ac 电压通常频率很小, 对二极管的  $t_{rr}$  要求不高的缘故, 所以没有列出。

(5)  $V_F$  (forward voltage drop)

与效率有关。考虑关于功耗的问题,  $V_F$  越小, 消耗的导通功耗就越小, 效率就越高。

(6) temp

实际温度不能超出其额定温度范围。

所以, 选择  $V_{RRM}$  大于或等于 562,  $I_{rating}$  大于 134mA 的整流桥。

### 2、D1, D2, D3(SPEC in datasheet: $V_{RRM}$ , $I_{rating}$ , $I_{FSM}$ , $t_{rr}$ , $V_F$ , temp)

(1)  $V_{RRM}$

$$V_{D1,D2,D3} = 1.5(0.5 \times \sqrt{2} \times V_{\max,ac}) = 281V$$

(2)  $I_{rating}$

$$t_1 = \frac{\frac{1}{2}\pi}{2\pi f} = 1.67ms$$

$$I_{D1,D3} = \frac{1}{2} \times \frac{2t_1}{T} \times \frac{I_p + I_l}{2} D$$

$$I_{D1,D3(max)} = 7mA$$

$$I_{D2} = 2 \times I_{D1,D3}$$

$$I_{D2(max)} = 13mA$$

其中,  $t_1$  是正弦电压, 从 0 变化到峰值电压一半的时候所需要的时间。

(3)  $I_{FSM}$

只需要考虑 D2 的  $I_{FSM}$ , 因为只有 D2 在启动的阶段, 有 inrush current 流过。

(4)  $V_f$

与效率有关。要越小越好, 这样消耗的导通功耗就越小。

(5) temp

实际温度不能超出其额定温度范围。

所以, 选择  $V_{RRM}$  大于 281V,  $I_{rating}$  大于 18mA 的二极管。

3、对于 C2, C3 (SPEC in datasheet of aluminum electrolytic capacitor: C, tolerant,  $V_{dss}$ , ESR,  $I_{rating}$ , leakage current, endurance, shelf life, temp, size)

(1) C and tolerant

与系统稳定性有关。

$$t_2 = \frac{1}{2 \times \pi \times f} \sin^{-1} \left( \frac{V_{\min,dc}}{\sqrt{2} \times V_{\min,ac}} \right)$$

$$C \geq \frac{V_{o,max} \times I_{o,max} \left( t_2 + \frac{\frac{1}{2}\pi}{2\pi} \times T \right)}{\left( \frac{1}{2} V_{\min,ac}^2 - V_{\min,dc}^2 \right) \eta}$$

得出一个结论: 加了本 PFC 结构后, 如果要求  $V_{in}$  从 85 到 265 Vac 范围内系统都要稳定, 则是输出电压不能超过 30V。

计算如下:  $\frac{1}{2} V_{\min,ac}^2 - V_{\min,dc}^2 > 0$ , 当 Vac=85V 时,  $V_{\min,dc} < 30$ 。

(2) type

由于用到的电容量较大, 从成本角度考虑, 一般使用铝电解电容。

(3)  $V_{dss}$

$$V_c = V_{diode} = 281V$$

(4) ESR

与功耗、高频滤波有关。首先， $P_{LOSS} = I_{rms}^2 R$ ，所以 ESR 越小，电容损耗的功耗就越小。其次，ESR 对于电容的高频滤波效果产生不利影响，即当充放电电流很大的时候，实际电容两端的电压变化较大，造成电压较大波动。不过，通过并联小电容可以克服这个问题。

(6) leakage current (绝缘电阻)，

与电路效率有关。由于电容很多时间内是处于 DC 电压下，会在电容两端漏电。所以这个也是电容损耗的一部分。

(7) endurance

与电容寿命有关。是表征工作一段时间后，主要参数的变化情况。可以作为衡量电容寿命的一个主要参照。

(8) shelf life

与电容使用寿命有关。是表征高温贮存一段时间后，主要参数的变化情况。可以作为衡量电容寿命的一个次要参照。

(9) temp

实际温度不能超出其额定温度范围。

(10) size

与电容值，耐压以及材料种类有关。由于电容值较大，而且耐压要求高，size 会比较大，但是成本较低。

所以要选择耐压大于 281V 的铝电解电容。

#### 4、L1(SPEC in datasheet : L, tolerant, Isaturation, Irating, Rdc, SRF, temp ,size)

(1) L and tolerant

与 output current ripple, size, efficiency 有关。L 值决定了 current ripple, L 太小 current ripple 会很大，会对缩短 LED 的寿命。L 太大，虽然 current ripple 减小了，但是 size 会大，Rdc 会大，效率也会低。

$$L1 = \frac{V_{o,max} \times \left(1 - \frac{V_{o,max}}{\sqrt{2} \times V_{nom,ac}}\right)}{1.9 \times I_{o,max} \times f_s} = 2.2mH$$

(2) Isaturation

$$I_{peak} = (I_{set} + I_{overshot})$$

$$I_{peak,max} = 419mA$$

与电感寿命，工作稳定情况有关。如果 Ipeak 比饱和电流大，则会出现电感饱和的情况。

所以要求 L 的 Saturation current 大于 Ipeak。

(3) Irating

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{I_l^2 + I_p^2 + I_l \times I_p}{3}}$$

$$I_{rms,max} = 239mA$$

与电感寿命有关。Rdc 的存在，使流经电感的电流会使电感产生热量，当实际的电流太大，导致热量积累，不能及时散热，则对电感的寿命有坏的影响。

(4) R<sub>dc</sub>

与效率有关。考虑到电感上的 R<sub>dc</sub> 功率损耗，影响效率，R<sub>dc</sub> 越小越好。

(5) SRF (self resonant frequency)

与芯片工作频率有关。

(6)temp

实际温度不能超出其额定温度范围。

(7)size

与电感值有关。一般来说，电感量越大，Size 越大，但是 output current ripple 会越小。

所以，选择 L 为 2.2mH，I<sub>saturation</sub> 大于 419mA，I<sub>rating</sub> 大于 239mA，SRF 大于 33KHz 的电感

5. MOSFET (Q1) (SPEC in datasheet : V<sub>DSS</sub>, I<sub>rating</sub>, I<sub>DM</sub>, V<sub>GStH</sub>, R<sub>dson</sub>, C<sub>GS</sub>, C<sub>GD</sub>, temp)

(1) V<sub>DSS</sub>

$$V_{FET} = 1.5 \times (\sqrt{2} \times V_{max,ac}) = 562V$$

应用中一般还要留有一定的余量，所以取 600V

(2) I<sub>rating</sub>

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{I_l^2 + I_p^2 + I_l \times I_p}{3} \times D}$$

$$I_{rms,max} = 143mA$$

实际应用经验上，为了减少开关时 MOSFET 的电阻损耗，一般会取三倍的电流值。

(3) I<sub>DM</sub>

与流过的峰值电流有关。实际电路中，流经 MOSFET 的最大电流要低于这个值。不过这值一般都是 I<sub>o</sub> 的几十倍。通常不需要过多考虑。

(4) V<sub>GStH</sub>

芯片驱动电压要大于 V<sub>GStH</sub>。即 V<sub>GStH</sub> 小于 11V，由于一般 MOSFET 的 V<sub>GStH</sub> 为 3V 到 5V，所以，这个参数不需要过多考虑。

(5) R<sub>dson</sub>

与效率，驱动电压有关。R<sub>dson</sub> 越小越好，MOSFET 损耗的功率就越小。

(6) C<sub>GS</sub>, C<sub>GD</sub>

在关闭以及导通 mosfet 瞬间，会影响到 V<sub>cs</sub> 电压的检测，特别是在关闭瞬间，这两个电容的充电电流会流过 R<sub>cs</sub>，而使在关闭瞬间 V<sub>cs</sub> 增大，如果太大的话，会导致前面的所说的大小波的误触发。

(7)temp

实际温度不能超出其额定温度范围。

所以选择耐压大于或等于 600V，I<sub>rating</sub> 大于或等于 429mA 的 MOSFET。

6、D4 (SPEC in datasheet : V<sub>RRM</sub>, I<sub>rating</sub>, I<sub>FSM</sub>, t<sub>rr</sub>, V<sub>F</sub>, temp)

(1) V<sub>RRM</sub>

$$V_{diode} = V_{FET} = 562V$$

(2) I<sub>rating</sub>

$$I_{diode} = \frac{I_l + I_p}{2} (1 - D)$$

$$I_{diode,max} = 377mA$$

(3)  $I_{FSM}$

与流过的峰值电流有关。实际电路中，流经 diode 的最大电流要低于这个值。不过这值一般都是  $I_{Diode}$  的几十倍，通常不需要过多考虑。

(4)  $t_{rr}$

与电路工作的稳定性有关。 $T_{rr}$  会影响到  $V_{CS}$  的波形，特别是关闭的瞬间，会导致  $V_{CS}$  太高而导致大小波的误触发，影响系统的稳定性。建议选用 50~75ns。

(5)  $V_F$

与效率有关。考虑关于功耗的问题，要越小越好，这样消耗的导通功耗就越小。

(6)temp

实际温度不能超出其额定温度范围。

所以，选择  $V_{RRM}$  大于或等于 562V， $I_{rating}$  大于 377mA 以及  $t_{rr}$  较小的二极管。

7、检测电阻  $R_s$ ,  $R_r$  (SPEC in datasheet :  $R_r$ , and tolerant,  $P_{rating}$ , size, temp)

(1)  $R$  and tolerant

与输出电流有关。实际上，阻值的 tolerant 要求比较严格。因为微小的电阻变化，都会导致电流的较大变化。

$$R_{CS} = (0.25 + V_{delay}) / (1.9 + I_{o,max}) = (0.58 + R_{delay}) \Omega$$

实际电路应用时，大概取  $R=0.68$  时候，输出电流在 200mA(如果电感改变，平均电流值也会改变)

(2)  $P_{rating}$

实际电阻功耗要小于  $P_{rating}$ ，保证不烧坏电阻。

$$P_{Rcs} = I_{rms}^2 \times R$$

$$P_{Rcs,max} = 0.013W$$

(3)temp实际温度不能超出其额定温度范围。

所以，选择  $R$  为 0.58 欧， $P$  大于 0.013W 的电阻。

8、D6 (SPEC in datasheet : BV,  $P_{rating}$ , temp)

(1) BV (breakdown voltage)

与效率有关。由于 VCC 电压正常值在 11V 到 16V 之间。用 BV=12V 的 zener diode 来钳住电压，这个电压太大了芯片功耗会变大，太小的话，没有关闭由 HV 提供电仍然会消耗电流，没有达到原来提高系统效率的初衷。

(2)  $P_{rating}$

与 L2 电感值选择有关。由于电路中，要求 Zener diode 的损耗尽可能要小，所以 L2 的电感值，一般不会选得太大。从而，损耗在 Zener diode 上的功耗就会小。所以这个额定功耗不需选择太大。

(3)temp

实际温度不能超出其额定温度范围。

所以，选择 BV 等于 12V，功率为稳压管。

9、D5 (SPEC in datasheet:  $V_{RRM}$ ,  $I_{rating}$ ,  $I_{FSM}$ ,  $t_{rr}$ , VF, temp)

(1)  $V_{RRM}$

与 Zener diode 的 BV 有关。由于 zener diode 的稳压作用，使得当 MOSFET 导通时，D5 要承受这个电压。

(2)  $I_{rating}$

由于电感取得很小，下降的斜率很大，电流流经 D5 的时间很短，所以流过 D5 的平均电流很小。

(3)  $I_{FSM}$

与电感电流峰值。也就是说明不能高于电感的  $I_{peak}$ 。

(4)  $t_{rr}$

与系统的稳性性有关。同 D6 一样，会影响到  $V_{cs}$  的波形，特别是关闭的瞬间，会导致  $V_{cs}$  在 LEB 之后还是太高，就会导致大小波误触发。一般建议选用 50~75ns。

(5)  $V_F$

与效率有关。由于平均电流很小，所以消耗的功耗很小。

(6)temp

实际温度不能超出其额定温度范围。

所以，选择  $V_{RRM}$  大于或等于 15V， $I_{rating}$  大于 2mA，而且  $t_{rr}$  较小的二极管。

10、L1 (SPEC in datasheet : L, tolerant,  $I_{saturation}$ ,  $I_{rating}$ , Rdc, , SRF, size, temp)

(1) L and tolerant

由于电路工作稳定后，芯片所需功率只由电感在关闭 MOSFET 阶段，所充的能量提供。

$$\frac{1}{2} L I_p^2 = \frac{1}{2} C (V_1^2 - V_2^2) + P_{chip} + p_{zd1} \quad (\text{电感放电阶段})$$

$$\frac{1}{2} C (V_1^2 - V_2^2) = P_{chip} + p_{zd2} \quad (\text{电感充电阶段})$$

假设 Zener diode 的功耗很小，则

$$L1 = \frac{4 \times P_{chip}}{I_{peak}^2} = 22\mu H$$

(2)  $I_{saturation}$

$$I_{peak,max} = 419mA$$

与电感寿命，工作稳定情况有关。如果  $I_{peak}$  比饱和电流大，则会出现电感饱和的情况。所以要求 L 的 Saturation current 大于  $I_{peak}$ 。

(3)  $I_{rating}$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \left( \frac{I_l^2 + I_p^2 + I_l \times I_p}{3} D \times T + \frac{I_p^2}{3} \times t_3 \right)}$$

$$I_{rms,max} = 143mA$$

其中， $t_3$  为 L1 在 MOSFET 关闭时候，电流减少到 0 所需的时间。

与电感寿命有关。Rdc 的存在，使流经电感的电流会使电感产生热量，当实际的电流太大，导致热量积累，不能及时散热，则对电感的寿命有坏的影响。

(4) Rdc

与效率有关。考虑到电感上的 Rdc 功率损耗，影响效率。Rdc 越小越好。

(5) SRF (self resonant frequency)

与芯片工作频率有关。不能超过电路的开关频率。

(6)temp

实际温度不能超出其额定温度范围。

(7)size

与电感值有关。一般来说，电感量越大，Size越大

所以，选择 L 稍大于 22uH， $I_{saturation}$  大于 419mA， $I_{rating}$  大于 120mA，SRF 大于 33KHz 的电感。

11、对于C7(SPEC in datasheet of aluminum electrolytic capacitor: C, tolerant, Vdss, ESR, ripple current(Irms), leakage current, endurance, shelf life, temp, size)

(1) C and tolerant

与电路工作的稳定性以及效率有关。由以芯片电流仅由电容供电的时候，电压会减少，但是保证 Vcc 电压不低於 9V，所  $C_{min} = \frac{i\Delta t}{\Delta u} = 4.5nF$ 。而实际应用时候，该电容是越大越好，因为保证 Vcc 不会有很大变化。但是主要是受限于 cost 以及 size 的影响。

(2) type

由于用到的电容量较大，从成本角度考虑，一般使用铝电解电容。

(3) Vdss

与 zener diode 的稳压值有关。

(4) ESR

与功耗、高频滤波有关。首先， $P_{LOSS} = I_{rms}^2 R$ ，所以 ESR 越小，电容损耗的功耗就越小。其次，ESR 对于电容的高频滤波效果产生不利影响，即当充放电电流很大的时候，实际电容两端的电压变化较大，造成电压较大波动。不过，通过并联小电容可以克服这个问题。

(6)leakage current (绝缘电阻)，

与电路效率有关。由于电容很多时间内是处于 DC 电压下，会在电容两端漏电。所以这个也是电容损耗的一部分。

(7)endurance

与电容寿命有关。是表征工作一段时间后，主要参数的变化情况。可以作为衡量电容寿命的一个主要参照。

(8) shelf life

与电容使用寿命有关。是表征高温贮存一段时间后，主要参数的变化情况。可以作为衡量电容寿命的一个次要参照。

(9) temp

不能超过电路工作的环境温度范围。

(10) size

与电容值，耐压以及材料种类有关。由于电容值较大，而且耐压要求高，size 会比较大。

(11) life time

所以，选择电容量大于 4.5nF，耐压大于 20V 的铝电解电容。

12、C8 (SPEC in datasheet of aluminum electrolytic capacitor: C, tolerant, Vdss, temp, size)

(1) C Tolerance

由于只是用于高频滤波使用，电容值不能太小，否则会起不到滤波的功能。电容不能太大，是基于 cost 以及 size 的考虑。

(2)Vdss

与 zener diode 的 BV 电压有关。Vdss 要求大于 BV。

(3) type

陶瓷贴片电容。相比与铝电解电容，这种电容 SPEC 的信息比较少，只有电容值，容差，尺寸以及温度。估计是由于是电容值小，而且陶瓷电容材料，使得其他的一些参数，ripple current(Irms)，

ESR, leakage current 都是趋向于理想化, 所以在实际电路应用时都没有必要考虑。

(4) temp

保证不超出电路正常工作温度范围。

(5)size

与耐压、封装有关。从 cost 以及 size 考虑, 小容量, 耐压低的电容一般采用小体积的贴片陶瓷电容。  
所以选择小容量,  $V_{dss}$  大于 20V 的陶瓷贴片电容。

13、 $C_4, C_5$  (SPEC in datasheet of aluminum electrolytic capacitor: C, tolerant,  $V_{dss}$ , temp, size)

(1) C Tolerance

与  $C7$  考虑的情况一样。

(2) $V_{dss}$

与引脚的电压有关。 $V_{dss}$  要求大于引脚电压。

(3) type

陶瓷贴片电容。

(4) temp

保证不超出电路正常工作温度范围。

(5)size

与耐压、封装有关。从 cost 以及 size 考虑, 小容量, 耐压低的电容一般采用小体积的贴片陶瓷电容。  
所以  $C_4, C_5$  选择小容量,  $V_{dss}$  大于 5V 的贴片陶瓷电容。

14、 $R_2$

建议不接,  $V_{cs}$  默认为 0.25V。