

CL155X 设计指导

非隔离降压式 **PFC** 恒流控制芯片

作者	CXW
日期	2013/11/15
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.	线性补偿和负载补偿设计.....	9
3.	开路保护或 OVP 设计.....	9
4.	过功率保护设计.....	10
5.	短路保护设计.....	11
6.	电感设计.....	11
7.	设计实例.....	11

一、摘要

本文介绍了CL155X的特征和详细的工作原理，描述一种采用CL155X的非隔离降压式PFC的设计方法。

1. 芯片特征

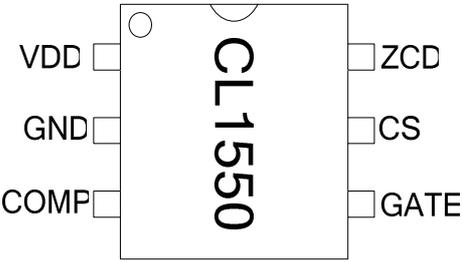
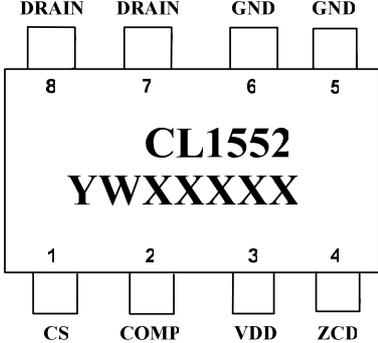
CL155X是一款应用于LED驱动电源的非隔离降压式PFC控制芯片。

- 只需一个电感，无需辅助绕组供电。
- 高PF，低THD。
- 电流精度高（芯片内置优异的线性补偿和负载补偿）
- LED开路、短路保护
- CS采样电阻开路保护

2. 应用领域

- LED照明

3. 引脚功能定义

	
<p>PIN 1 : VDD 芯片供电端 PIN 2 : GND 芯片接地端 PIN 3 : COMP 环路补偿端 PIN 4 : GATE 驱动端 PIN 5 : CS 电流采样端 PIN 6 : ZCD 过零检测端</p>	<p>PIN 1 : CS 电流采样端 PIN 2 : COMP 环路补偿端 PIN 3 : VDD 芯片供电端 PIN 4 : ZCD 过零检测端 PIN 5,6 : GND 芯片接地端 PIN 7,8 : Drain 内部功率漏极端</p>

4. 芯片工作原理

CL155X搭建的电路具有主动功率因数校正功能，是工作在临界连续模式buck降压式功率变换器。

CL155X 是一款电压模式控制器（内建三角波），通过限制系统的带宽（远小于100Hz），达到恒定 T_{on} 的目的，从而使得输入电流正弦化，并跟随输入电压变化，最终降低应用电路的无功功率，提高功率因数，降低谐波电流。（见图 1）

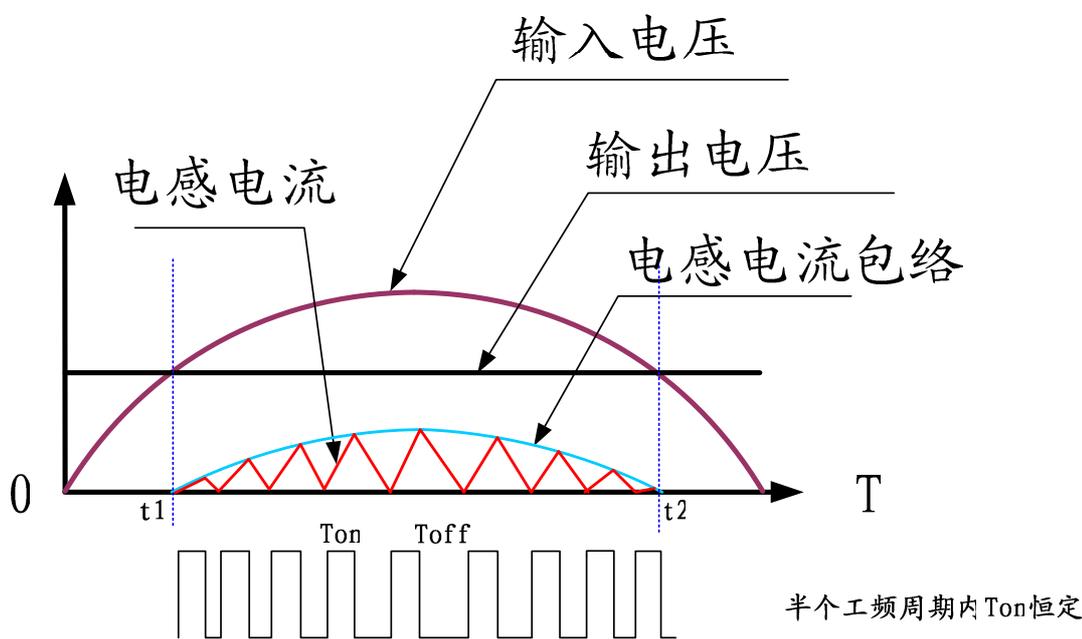


图 1、CL155X 电压电流关系图

Buck 降压式变换器，只有当输入电压大于输出电压时，才有开关动作。例如在图 1 中，只有在时间 $t1 \sim t2$ 之间有开关动作。

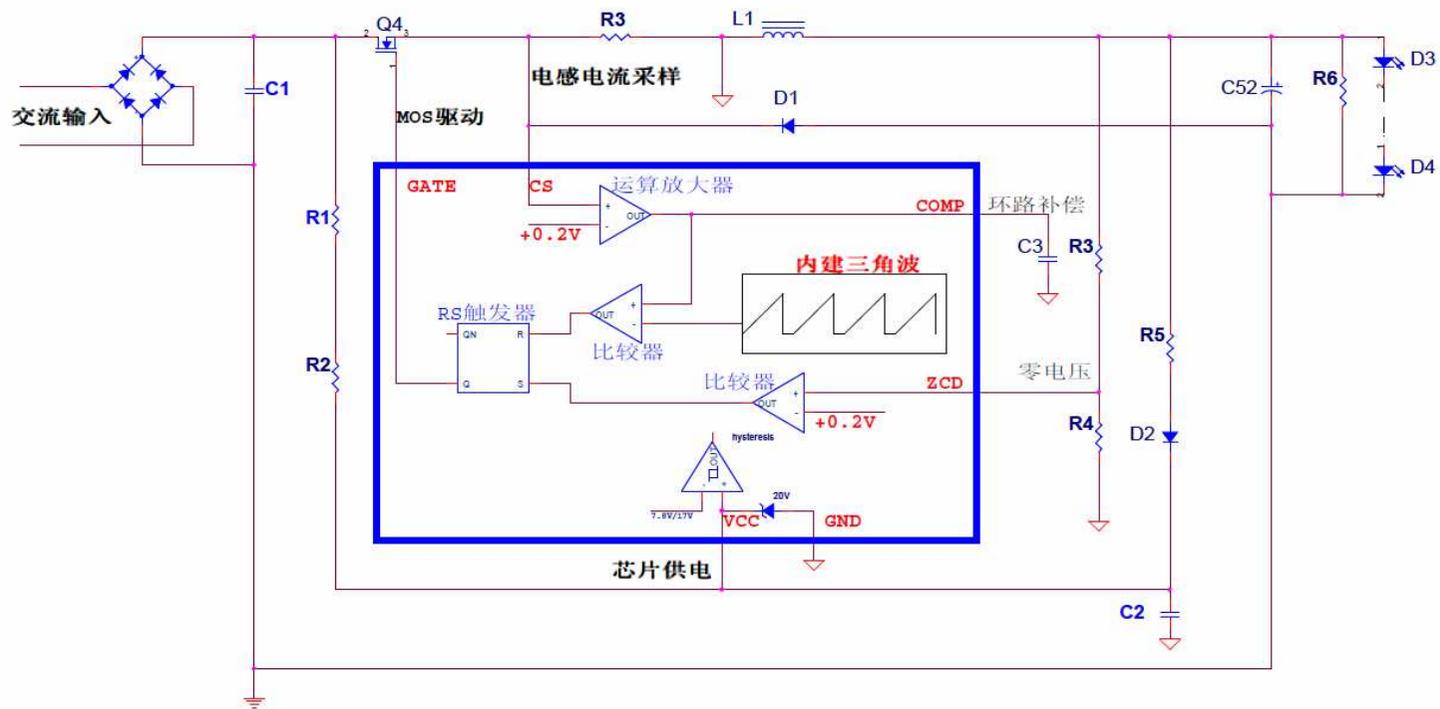


图 2、简单内部逻辑框图

图 2 中，流过电感的电流信号（该信号的平均值就是输出电流），被采样后进入运算放大器，与内部基准信号 0.2V 经过误差放大后，输出信号与三角波进入比较器，比较器输出结果就是 Ton 信号，Ton 信号决定了 MOS 管的开通时间，最终输出电流值为：

$$I_{out} = \frac{0.2V}{R_3}$$

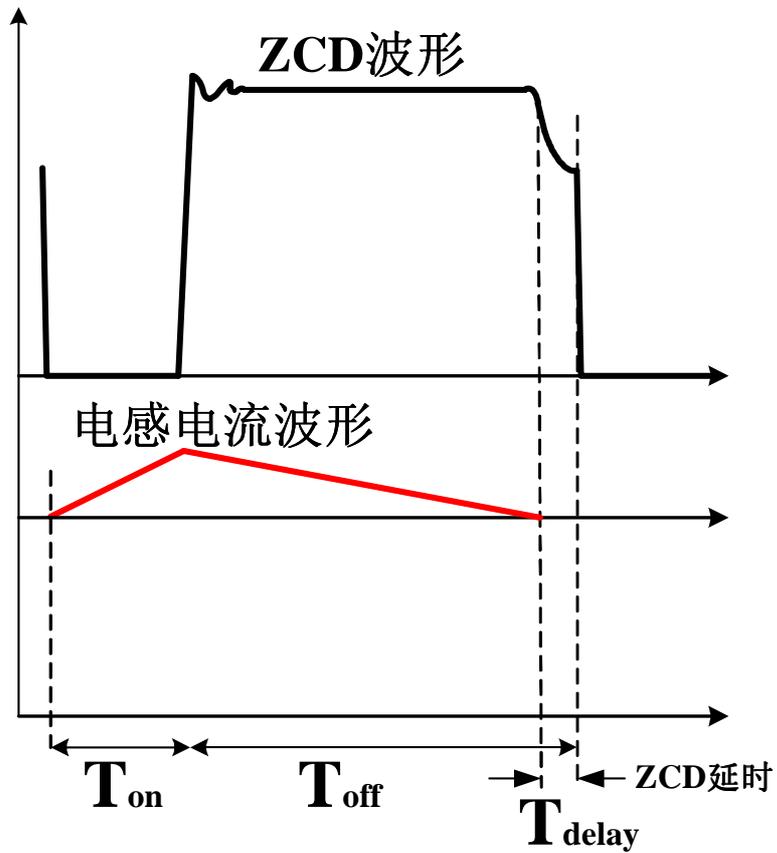


图 3、开关波形

图 3 中，CL155X 通过 ZCD 检测，当 MOS 管漏极和源极电压信号在谷底的时候，使得 MOS 管开通，提高了系统效率，降低了 EMI。

二、 设计指导

1. 启动电路设计

图 2 中，芯片的参考地是浮地的，CL155X 搭建的 Buck 降压式变换器是浮地结构。

系统上电后，母线电压通过启动电阻(图中 R1、R2)对芯片 VDD 脚外接电容（图中 C2）充电，当 VDD 电压上升到启动阈值电压 17V 后，内部控制电路开始工作，COMP 脚电压上拉到 1.5V，芯片开始 PWM 控制，GATE 脚输出驱动脉冲信号，完成启动过程，正常工作中，CL155X 依靠由 R5 和 D2 组成的供电回路给芯片供电，VDD 电压受到芯片内部 20V 的钳位。

在高压输入时，R1 和 R2 的取值通常在 620K 左右；

在全电压输入时，R1 和 R2 的取值通常在 300K 左右；

C2 通常选取 1~10uF 的贴片电容。

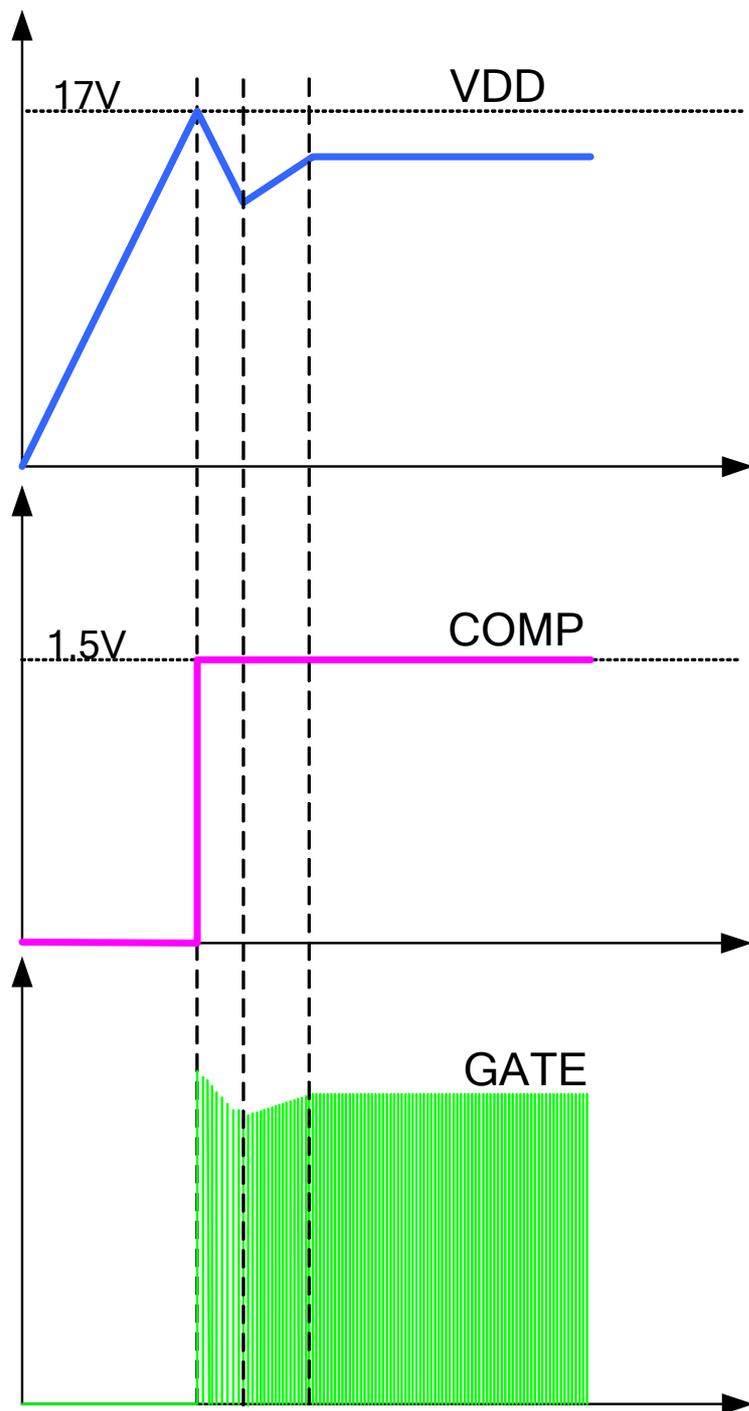


图 4、启动时序示意图

2. 线性补偿和负载补偿设计

由于关断延迟和ZCD延迟的影响，影响了输出电流精度。为提高电流精度，CL155X芯片内部集成了线性补偿和负载补偿。

3. 开路保护或OVP设计

检测芯片 ZCD 脚电压，当电压升高到 1.6V 阈值时（对应空载输出电压），发生保护，芯片停止 PWM 动作，启动电阻重新给启动电容充电，到达 UVLO 阈值时，芯片正常启动。

由图 2 可以知道，芯片通过 R3 和 R4 检测输出电压值，当 R4 两端电压超过 1.6V 时，芯片停止工作，并重新启动。

所以有：

$$V_{OVP} = \frac{1.6V(R_3 + R_4)}{R_4}$$

V_{OVP} 理论输出最大值，即为空载电压。

4. 过功率保护设计

输出过功率时，CS峰值电压会比较高，当CS电压上升到1V保护阈值时，该开关周期立即停止，下个开关周期由ZCD正常触发，从而达到逐周期限流，保护功率开关管、变压器及输出续流二极管的目的。过流保护时Vcs波形及局部放大细节见图5、图6。

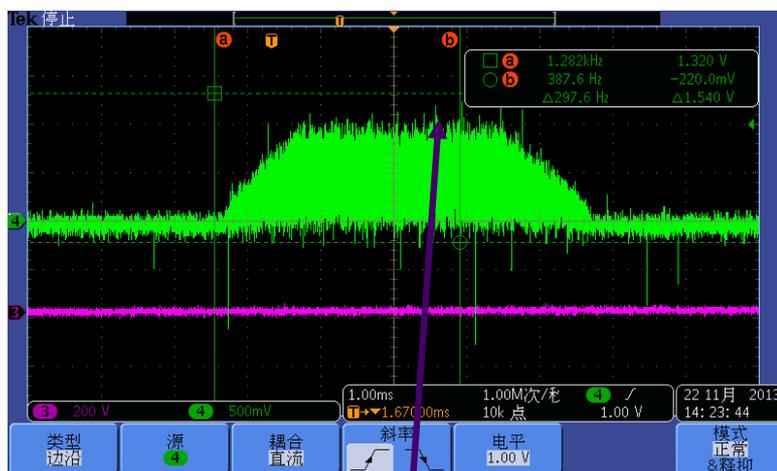


图5、CL155X逐周期限流保护



图6、CL155X逐周期限流保护局部放大

5. 短路保护设计

输出短路时，为了降低输入功耗，芯片以10KHz的频率工作，故障排除，则系统会重新开始正常工作。



图 7、CL1550 的短路保护

6. 电感设计

建议使用CL155X设计助手进行设计。

7. 设计实例

假设设计一款：输入90V~264V，输出电流为220mA，最大输出电压设为75V的LED驱动电源。

第一步：预估效率90%；选用EPC13变压器，EPC13变压器 A_e 为12.5mm²；把系统最小开关频率设为40K（注：推荐最小开关频率选择在25K-50K频率范围之内），峰值磁通密度取0.29T。

第二步：利用CL155X设计助手计算出变压器理论参数，如图8。

交流输入参数设置		
最小输入电压: (V_{line}^{min})	90.00	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
输入电容选择: (C_I)	220	nF
输入功率: (P_{in})	18.33	Watt
输出参数设置		
空载电压: (V_{ovp})	95.70 < >	V
输出最大灯串电压: (V_{o_max})	75.00	Vdc
输出最小灯串电压: (V_{o_min})	40.00	Vdc
输出电流: (I_{out})	220	mA
纹波电流: ΔI	150	mA
输出功率: (P_{out})	16.50	Watt
输出滤波电容容量: (C_O)	124.39	uF

图 8

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9）

系统参数设计					
预估转换效率: (E_{ff})	90.00	%			
最小开关频率: (f_{smin})	40.00	KHz			选择最小开关频率越低，对电感要求越高。
续流二极管耐压: (V_{diode})	373.35	V			
变压器参数设计					
变压器磁芯截面积: (A_e)	12.50	mm ²			选择更大磁芯，更大峰值磁通密度。
变压器磁芯峰值磁通: (B_{peak})	0.330	T			
电感量: (L)	0.626	mH	根据参考值选择实际值	初级电感量	0.626 < >
匝数: (N)	189.1	Ts	根据参考值选择实际值	初级匝数	189.1 < >
				电感线径	0.23 < >
				电感并联股数	1 < >
				电感电流密度	13.1 A/mm ²
				趋肤深度	0.31 mm
				实际系统参数	
				开关周期	25.0 μs
				最大Ton时间: T_{on_max}	14.9 μs
				最小Ton时间: T_{on_min}	2.7 μs
				最大Toff时间: T_{off_max}	10.1 μs
				电感电流有效值 (I_{RMS})	546.1 mA
				MOS管电流有效值	422.0 mA
				电感最大峰值电流 (I_{L_peak})	1246.41 mA
				磁芯峰值磁通密度: (B_{peak})	0.29 T
				采样电阻设计	
				CS采样电阻: (R_{CS})	0.91 Ω

图 9

第四步：对照原理图（图10），根据CL155X设计助手推荐的BOM表参数（图11），进行实际调试验证。

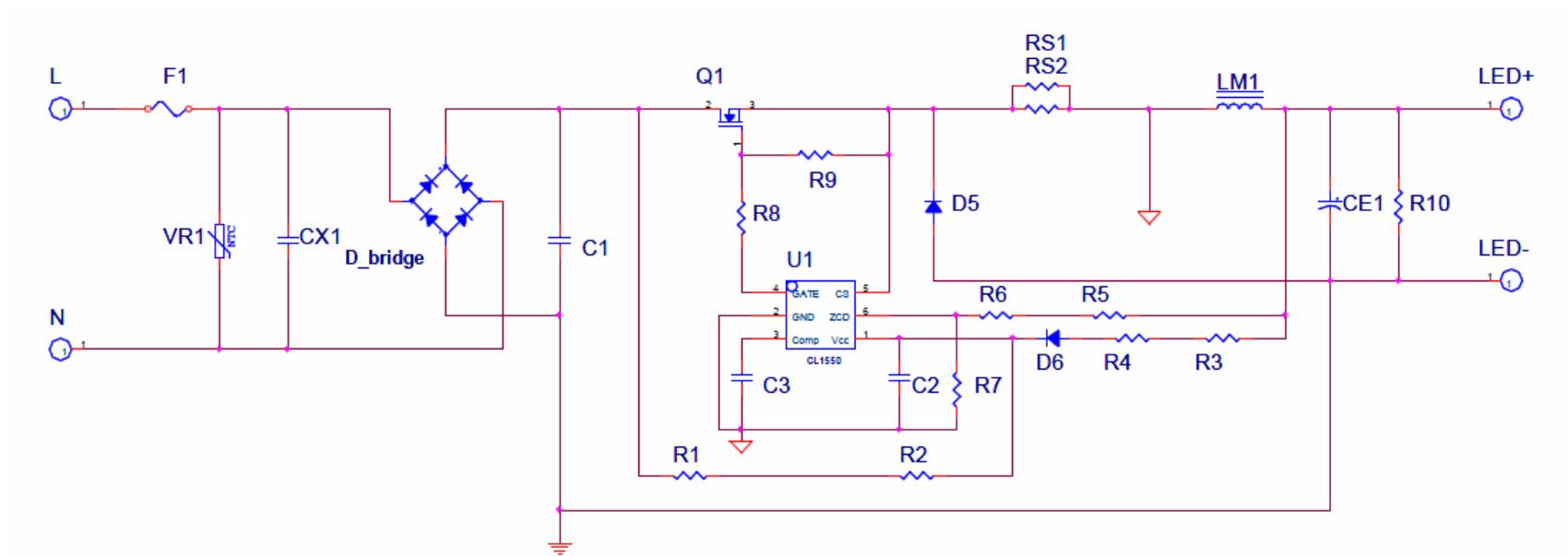


图 10

输入	C1		220	nF
	D_bridge	耐压要求	推荐型号	DB106S
过流要求				
启动部分	R1+R2		660	$K\Omega$
	C2		2.2	μF
芯片供电	D6		推荐型号	RS1#
	R3+R4		13.33	$K\Omega$
CS电阻	RS1//RS2		0.91	Ω
补偿电容	C3		0.33	μF
MOS	Q1	耐压要求	推荐型号	2N60
		过流要求		
输出部分	D5	耐压要求	推荐型号	SF18
		过流要求		
	输出电容 CE1		150	μF
	空载设置电阻 R7		5.00	$K\Omega$
	空载设置电阻 R5+R6		304.69	$K\Omega$
假负载 R10		150.00	$K\Omega$	

图 11