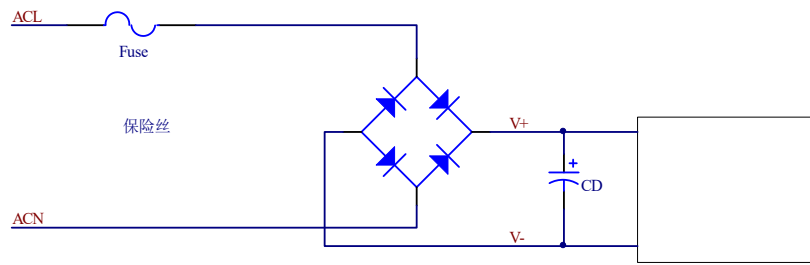


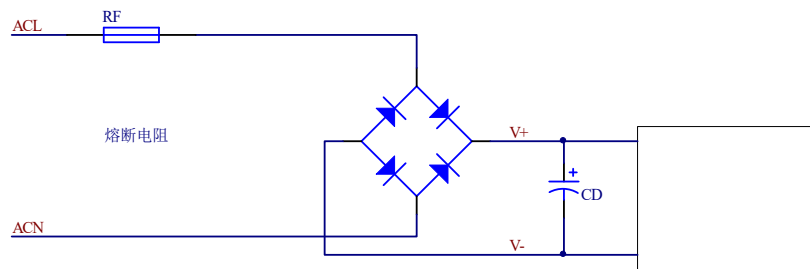
1. 传统保护电路及其简要分析

➤ 保险丝型



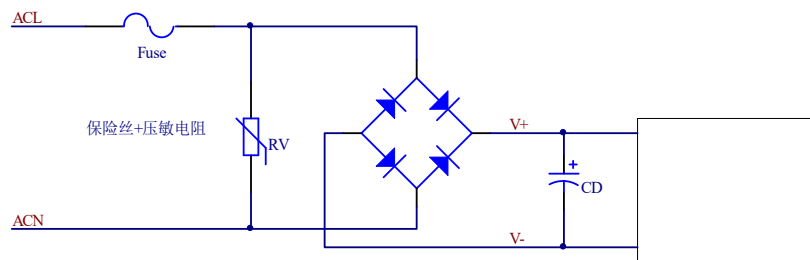
- 仅有过流保护作用；
- 快断保险丝虽有熔点低、熔断速度快的优点，但存在熔断时会产生火花、冒烟、甚至玻璃管爆裂等不安全因素；
- 慢断保险丝不存在火花、冒烟、甚至玻璃管爆裂等情况，但熔点低、熔断速度慢，保护不及时；
- 无论快断、慢断保险丝，一旦过流发生，保险丝会永久损坏，过流故障消除后必须更换，较为不便；
- 自恢复保险丝，虽能克服更换保险丝的缺点，但一般耐压不够高，无法用于此场合；
- 没有过压保护功能；
- 没有浪涌抑制功能。

➤ 熔断电阻型



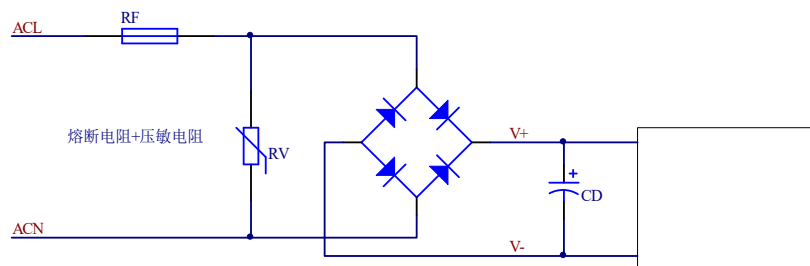
- 熔断电阻本质上与慢断保险丝相同。

➤ （保险丝+压敏电阻）型



- 与单纯的保险丝型比较，增加了过压保护功能（压敏电阻的作用）；
- 其他优缺点已有描述，不用重复。

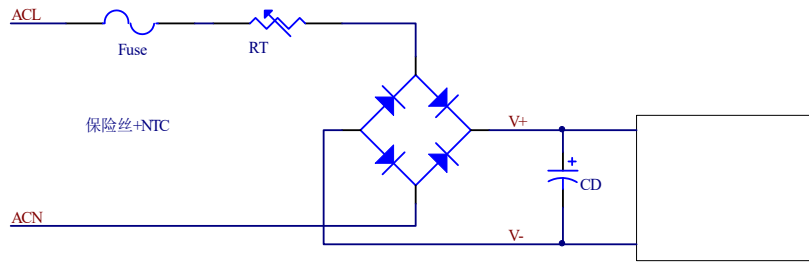
➤ （熔断电阻+压敏电阻）型



- 与单纯的熔断电阻型比较，增加了过压保护功能（压敏电阻的作用）；

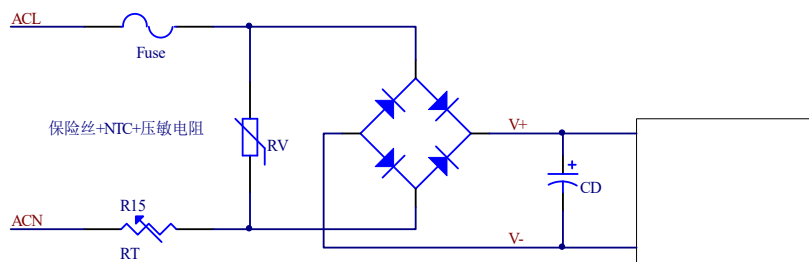
- 其他优缺点已有描述，不用重复。

➤ （保险丝+热敏电阻）型



- RT 为负温度系数的热敏电阻（温度越高，阻值越小），所以它在此的作用是抑制浪涌；
- 其他优缺点等同单纯保险丝型，已有描述，不用重复。

➤ （保险丝+热敏电阻+压敏电阻）型



- 保险丝起过流保护作用；
- 压敏电阻起过压保护作用；
- 热敏电阻（NTC）抑制浪涌。

2. 传统保护电路的痛点分析及其解决方案

➤ 以（保险丝+热敏电阻+压敏电阻）型为例：

- 过流保护靠保险丝实现。而保险丝本质上属于热敏器件（靠电流发热熔断），所以很难做到精准、快速、安全（当然，这里对精准和快速的要求并不高）；
- 过压保护靠压敏电阻实现。而压敏电阻的压敏电压参数选择很难兼顾可靠的过压保护与稳定的正常工作。可靠的过压保护要求压敏电压参数尽量低一些，稳定的正常工作要求压敏电压参数尽量高一些。实际应用中，以选用 470V、510V、560V 三种参数偏多。如下表所示：

MYG 压敏电阻型号及主要技术参数

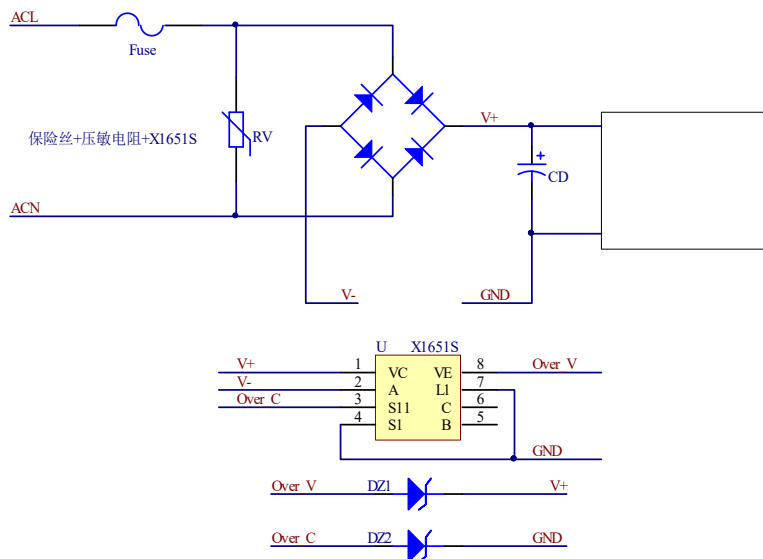
型号	最大连续工作电压		压敏电压			通流容量 (8/20μs)		最大能量 (J)	额定功率 (W)	电容量 (pF)
	AC(V)	DC(V)	V0.1mA	Vp(V)	Ip(A)	1次(A)	2次(A)			
MYG-10D471K	300	385	470(423-517)	775	25	2500	1250	45	0.4	210
MYG-10D511K	320	415	510(459-561)	845	25	2500	1250	45	0.4	190
MYG-10D561K	350	460	560(504-616)	925	25	2500	1250	45	0.4	130

从表中参数可知，当选取 471 时，意味着它允许的最大连续工作电压为 300V，而当电网电压为 240Vrms（正常波动 10%）时，峰值为 240*1.414=339V，就是说，这种情况下，压敏电阻在正常的工作过程中，是有可能动作的！这对正常工作的稳定性是不利的；

同理，当选取 561 时，意味着它允许的最大连续工作电压为 460V，就是说，后面的 CD 实际承受的高压可能达到 460V！如此高压，对 CD 的选择而言，是不小的挑战。这对过压保护的可靠性是不利的；这就是传统的开关电源输入保护电路最大的痛点--在压敏电阻选取上的纠结！

- 现实中，解决这一痛点的方法，一是严格要求输入电压在规范范围（现实中显然不可能 100%）；二是最大限度提高电解电容 CD 以及 DC TO DC 中功率 MOS 管耐压；三是在电解电容选用时要求防爆。应该说，在更完美的方案出现之前，这样也能解决绝大部分实际问题，毕竟电网电压波动的场合并不多，CD、MOS 管出现一些零星损坏也不是什么大问题！

➤ 完美的解决方案



- X1651S 是一颗过压、过流瞬态保护专用芯片（文档资料附后），它如图所示串接在脉动电流回路中；
- 当其中电流（瞬时值）超过其阈值（图中 DZ2 决定）时瞬间开路；
- 当 V+ 电压（对 GND）（瞬时值）超过其阈值（图中 DZ1 决定）时瞬间开路；
- 开路时，GND 与 V- 之间耐压大于 650V；
- 过流保护不再依赖保险丝，而是靠 X1651S，因此可做到精准、快速、安全！
- 之所以还保留保险丝，主要是考虑电网安全、人生安全，如果仅从电路安全考虑，保险丝可取消；
- 过压保护不再依赖压敏电阻，而是靠 X1651S，因此可做到精准、快速、安全！

➤ 参数选择说明

- 保险丝的选择只须考虑安全保护因素，不再需要考虑电路过流保护的的因素，所以，建议按传统电路选大一档的容量，以免误断；
- 压敏电阻的选择不用再纠结：只需考虑防雷保护，不必兼顾过压保护，可根据防雷击等级选 5D561 或 7D561 或 10D561 或 14D561；
- DZ1 推荐值：当用于 220V 电网时选 300V（TVS），当用于 110V 电网时选 150V（TVS）；
- DZ2 推荐值：当用于 12W 以下 ac/dc 电源时选 5.1V 稳压管（阈值 330mA），当用于 6W 以下 ac/dc 电源时选短路（阈值 160mA）。

➤ 方案优点小结

- 有效解决了过流保护和过压保护的精准、快速、安全；
- 电流阈值和电压阈值可以灵活调整（DZ1，DZ2）；
- 不再存在开机浪涌电流，自然软起动；
- 体积小，重量轻；
- 最重要的是，解决了传统的开关电源输入保护电路的最大痛点--在压敏电阻选取上的纠结！



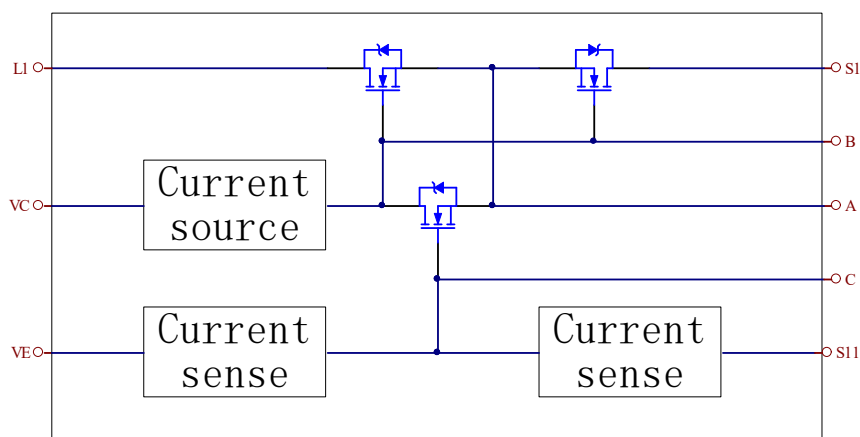
1. 概述

- **x1651S**是一种单通道、低电容、既可工作在单向也可工作在双向的快速保护器件；
- 其应用范围可涵盖**x1651**和**x2651**；
- 可用于高压交、直流电路中过流快速保护；
- 可用于高压交、直流电路中过压快速保护；
- 可用于高压交、直流电路中可编程开关；
- 正常情况下，一旦保护事件发生，器件会一直锁定在关断状态，除非电流回零或者反向，或者通过复位端口实施复位（通过**B**、**C**同时对**A**短接）；
- 器件导通的必要条件是：**VC**处于最高电位，**VE**处于最低电位；
- 器件关断的充分条件是：**VE=VC**；
- 导通状态下，
 - L1**、**A**之间导通电阻为**60**欧姆；
 - S1**、**A**之间导通电阻为**60**欧姆；
 - L1**、**S1**之间导通电阻为**60**欧姆；
 - S1//L1**、**A**之间导通电阻为**30**欧姆。
- 当导通电流超过其阈值时，器件会瞬间（小于**1**微秒）断开；
- 阈值可通过外接不同稳压管改变。具体方法是：
 - 在**L1**与**S11**之间外接稳压管（设稳压值为**VD**），则**L1**、**A**之间的阈值 **$(4.7+VD)/0.06$** mA；
 - 同理，在**S1**与**L11**之间外接稳压管（设稳压值为**VD**），则**S1**、**A**之间的阈值 **$(4.7+VD)/0.06$** mA；
- 关断状态下，能承受**650V**高压，漏电流小于**0.2**毫安；
- 采用**cpc8**标准封装，符合行业标准要求，如**RoHS**。

2. 应用场景：高速过电流保护和高速过电压保护。如：

- 中继电话线（**DAA**）电力线触碰、电力线感应、浪涌雷击等快速保护；
- 直流电路的过流过压断电保护；
- 交流电路的过流断电和过压锁定保护。

3. 原理框图



4. 极限参数(@TA=25° C, 除非另有说明)

符号	参数	典型值	单位
Vimp	峰值脉冲电压持续时间小于10 ms	650	V
Vrms	交流电压有效值	390	V
Top	工作温度范围	-55--125	°C
Tstg	贮存温度范围	-65--150	°C
ESD	HBM ESD保护IEC61000-4-2	±2k	V

5. 一般电性能指标 (@TA=25° C, 除非另有说明)

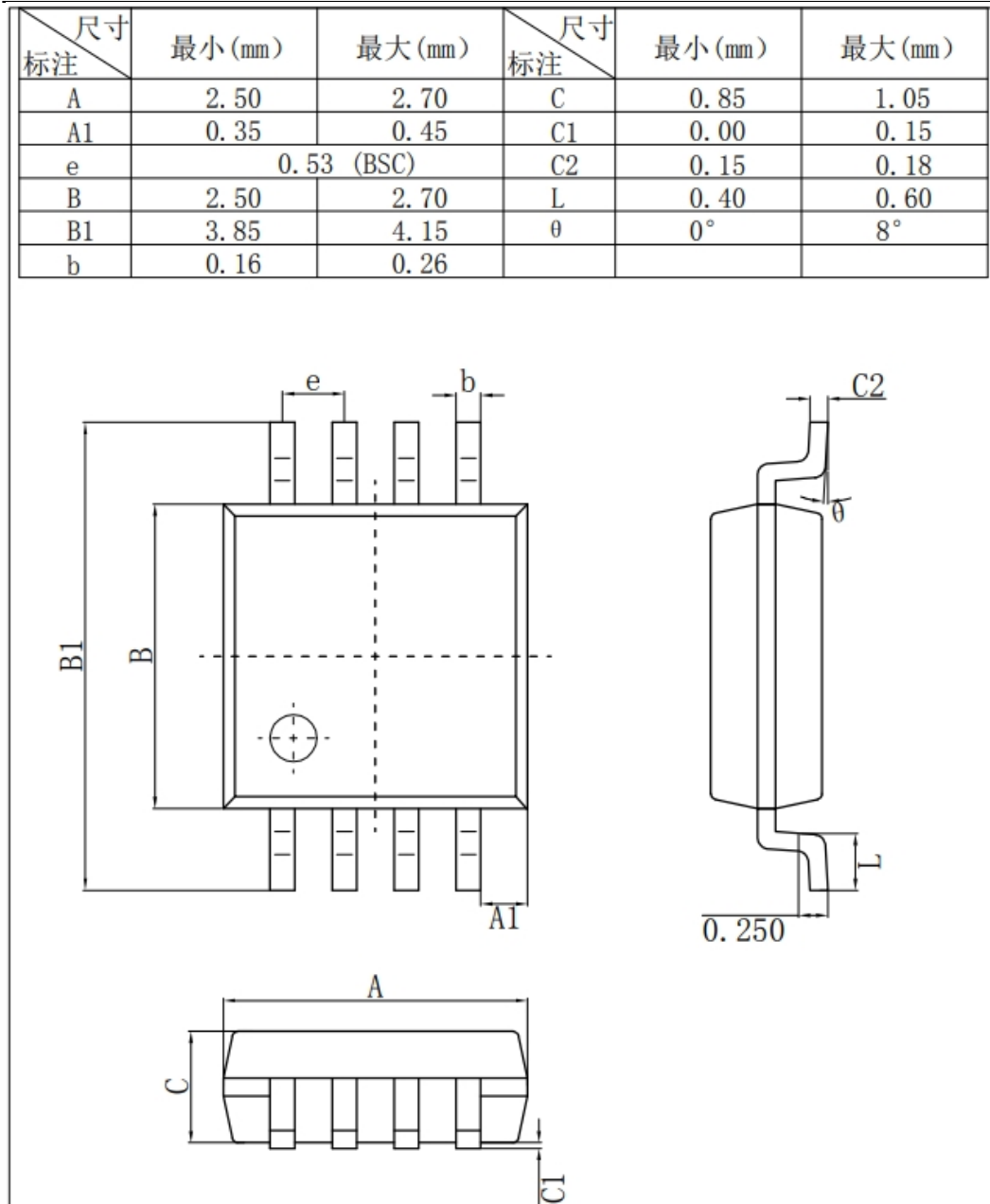
符号	参数	典型值	单位	备注
Itr	电流阈值 (从导通到关断)	$(4.7+VD)/0.06$	mA	L1、A之间 S11接VD到L1
		$(4.7+VD)/0.06$	mA	S1、A之间 S11接VD到S1
		80	mA	L1、S1之间 L1连接VE S11连接S1
		160	mA	L1//S1、A之间 S11连接S1
		$(4.7+VD)/0.03$	mA	L1//S1、A之间 S11接VD到S1
Rd	导通电阻	60	Ω	L1、A之间
		60	Ω	S1、A之间
		60	Ω	L1、S1之间
		30	Ω	L1//S1、A之间
Tb	触发时间(导通到关断)	1	us	
IQ	关断期间维持电流	0.2	mA	
Ic	VC工作电流	0.2	mA	
Ie	VE工作电流	0.2	mA	
Vce	最大工作电压范围 (VC-VE)	650	V	
Ti	解除器件锁定状态所需脉冲宽度		us	

Rth	热阻（使用最小的推荐焊盘，FR4）	110	°C/W
------------	--------------------------	------------	-------------

注释1 此处的VC、VE是针对被保护电路中的基准电位而言，而本保护器件本身任意脚都与该基准无直接关联。所以，如果要定义VC的最高耐压（对地）或者是VE的最低耐压（对地）无意义，只能定义Vc与Ve之间的最大电位差（表中Vce），该参数极限值为650V，且取决于外接二极管击穿电压；

6. 脚位定义与封装（尺寸）

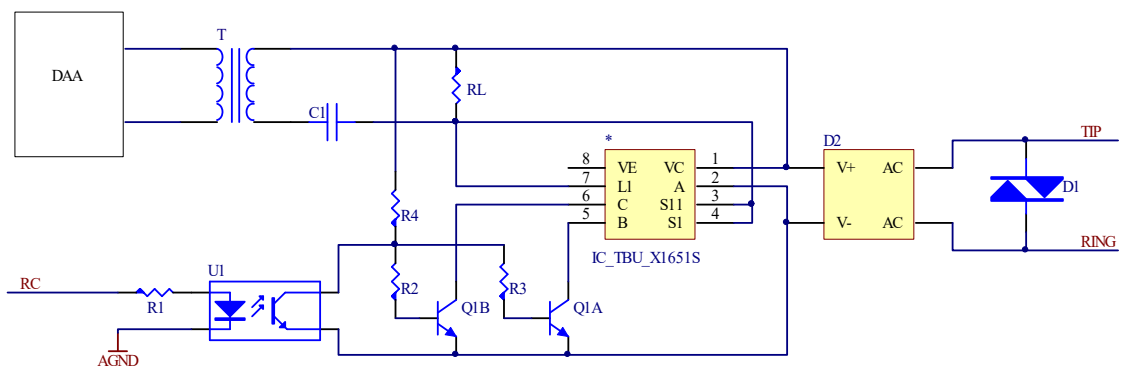
脚位序号	符号	定义	备注
1	VC	最高工作参考电位。通常接被保护电路的主电源。	
2	A	电流通道端口。	
3	S11	电流取样输入端。通常接稳压二极管到S1以决定电流阈值。	详见性能指标
4	S1	电流通道端口。	
5	B	复位端口。一般情况下悬空。	
6	C	复位端口。一般情况下悬空。	
7	L1	电流通道端口。	
8	VE	最低工作参考电位。不需过压保护时可悬空。	



7. 典型应用及其原理简介

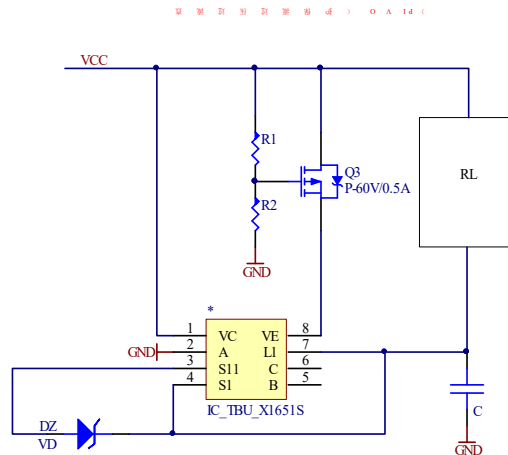
➤ 中继接口保护

中 继 接 口 保 护 电 路 原 理 图 (0 A 1 4)



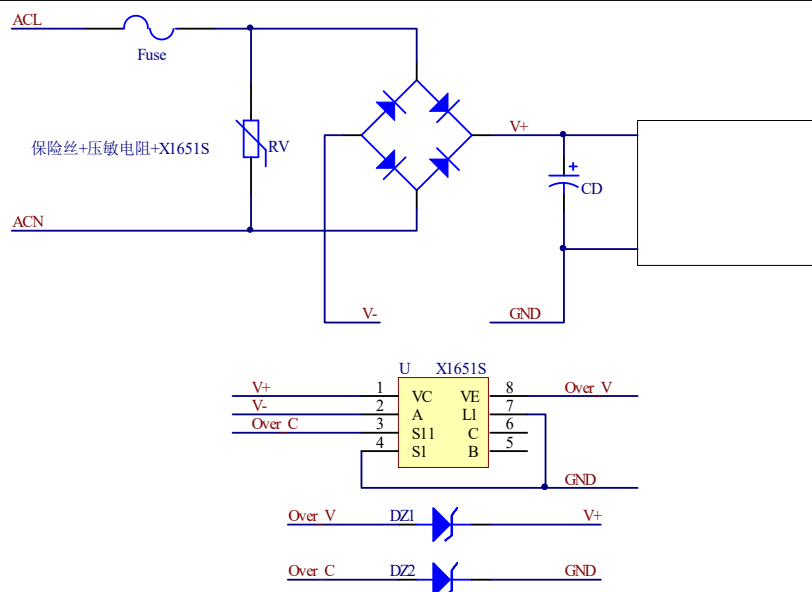
- 如图，为中继接口的部分电路举例。其中，RL为电子负载，有多种实现形式，只要保证直流阻抗小（至少小于300欧姆），交流阻抗大（至少大于20K）；T、C1完成交流、直流信号的分离以及交流信号的隔离传送；D1为功率保护器件TSS；D2为桥堆；U1为通用光耦；Q1A、Q1B为通用小功率三极管；R1、R2、R3、R4为电阻；
- x1651s在这里的作用，一是充当中继接口电路模拟摘挂机所必须的高压开关，二是实现对线路异常高压（如雷击、浪涌、电力线）所引起的过流保护；
- 模拟挂机：当RC=0时，U1输出开路，复位端B、C分别通过Q1、Q2接到最低电位A，x1651s断开，实现模拟挂机；
- 模拟摘机：当RC=1时，U1输出短路，Q1A、Q1B同时开路，复位端B、C同时悬空，x1651s导通，实现模拟摘机；
- 过流保护：一旦TIP、RING之间电流值大于Itr（100mA），x1651s关断（关断电流小于0.5mA，关断时间小于1us），实现过流保护；
- 高压保护：一旦TIP、RING之间电压绝对值高于350V时，D1（TSS）会动作而形成短路，保护x1651s免受击穿（x1651s在关断时所能承受的最高电压为650V。）；
- 解锁：x1651s一旦因过流保护而截止后，即便故障消除，只要其中电流能维持在0.5mA以上，它就会锁定在截止状态。如果此时将RC置0，则复位端B、C通过Q1A、Q1B分别接到最低电位A，“电流维持在0.5mA以上”的条件将不复存在，x1651s将会完全断开，而当RC再次置1时，x1651s将会重新导通，实现解锁；
- 典型参数推荐：R1=2K/0402 R2=R3=10K/0402 R4=200K/0805 C=106/16V。

➤ 直流电路过流过压保护



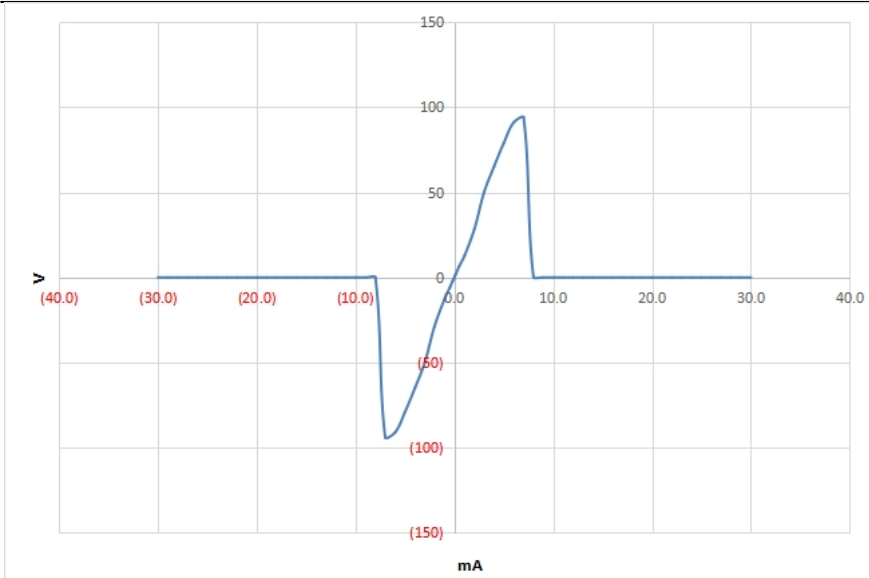
- 过流保护：一旦负载RL中电流值大于电流阈值Itr，x1651s关断（关断电流小于0.5mA，关断时间小于1us）；
- 该阈值可通过稳压管DZ的稳压值设置： $I_{tr} = (4.7 + V_D) / 0.03 \text{ (mA)}$ ；
- 当DZ短路时， $I_{tr} = 160 \text{ mA}$ ；
- 过压保护：一旦电源电压VCC高于所设定的电压阈值Vtr，x1651s关断（关断电流小于0.5mA，关断时间小于1us）；
- 该阈值可由R1、R2的不同比值及Q3的导通阈值VGS设定： $V_{tr} = V_{GS} * (1 + R_2 / R_1)$
- 图中C的作用是消除因x1651s内阻对电路交流参数的影响。

➤ 电力线过流过压保护

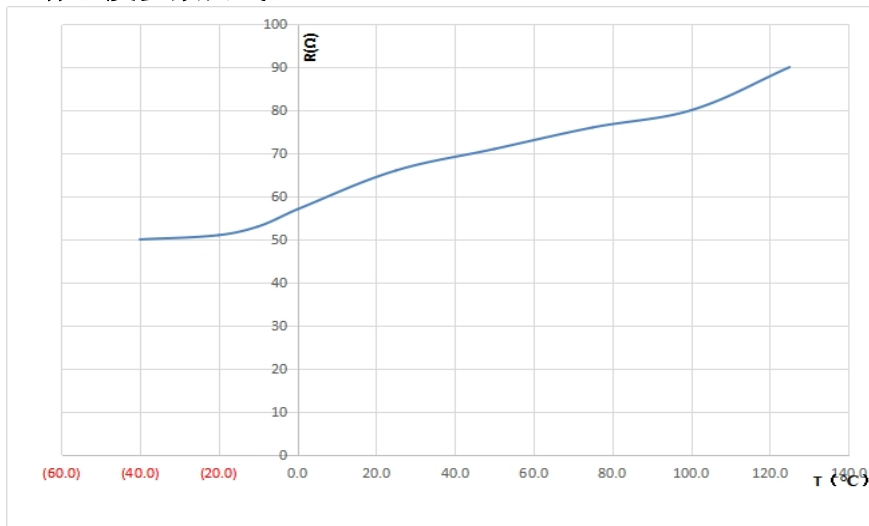


- X1651S 是一颗过压、过流瞬态保护专用芯片，它如图所示串接在脉动电流回路中；
- 当其中电流（瞬时值）超过其阈值（图中 DZ2 决定）时瞬间开路，耐压大于 600V；
- 当 V+ 电压（瞬时值）超过其阈值（图中 DZ1 决定）时瞬间开路，耐压大于 600V；
- 这里，过流保护不再依靠保险丝，而是靠 X1651S，因此可做到精准、快速、安全！
- 之所以还保留保险丝，主要是考虑电网安全、人生安全，如果仅从电路安全考虑，保险丝可取消；
- 压敏电阻的作用，仅作为防雷击之用：只要将雷击信号的巨大瞬态能量吸收至 600V 以内，其它就靠 X1651S 防控了；
- 最核心的还是有效解决了传统保护电路的最大痛点：不管电网电压升高至多少，超出设置阈值（DZ1）的电压会被瞬间隔断！
- 保险丝的选择只须考虑安全保护因素，不再需要考虑电路过流保护的因素，所以，建议按传统电路选大一档的容量，以免误断；
- 压敏电阻可根据防雷击等级要求按传统电路选型原则不变，选 5D 或 7D 或 10D 或 14D；
- DZ1 推荐值：当用于 220V 电网时选 300V（TVS），当用于 110V 电网时选 150V（TVS）；
- DZ2 推荐值：当用于 12W 以下 ac/dc 电源时选 5.1V 稳压管（阈值 330mA），当用于 6W 以下 ac/dc 电源时选短路（阈值 160mA）。
- 图中器件型号或者参数推荐：DZ1=J300A；CD耐压400V。

◇ 典型V-I参数曲线（@TA=25° C，测试电压加在L，S之间，除非另有说明。下同。）



◇ 导通电阻-工作温度参数曲线



◇ 电流阈值-工作温度参数曲线

