

DHA[®]

QJ/DHA 01.444-2019

LD4145

低功率接地故障断路器芯片

简介

LD4145 是用于交流插座接地故障断路器的低功耗控制器。这些设备检测危险的接地条件，例如与水池接触的设备（接触到交流线路的相对相位），并在发生有害或致命的冲击之前断开线路。

内部包含有 26V 齐纳并联稳压器，运算放大器和 SCR 驱动器。通过增加两个感应变压器，桥式整流器，SCR，继电器和一些附加组件，LD4145 可以检测并防止火线接地和中性线接地故障。设备布局简单，设计简洁，确保了应用的简便性和长期可靠性。

特点

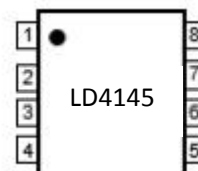
- 交流供电-内置 26V 稳压
- 直接驱动 SCR
- 中性线接地故障检测
- 适用于 110V 及 220V 系统
- 8 脚 SOIC 封装
- 无需电位器
- 灵敏度可调
- 静态电流 450uA
- 满足 UL943 标准

应用

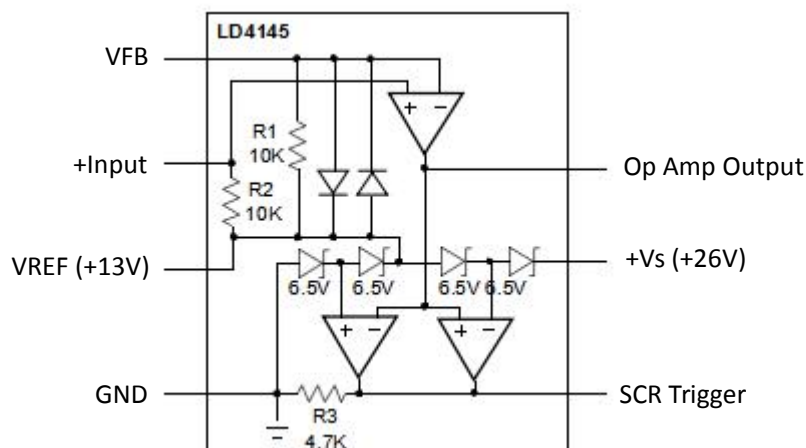
- 接地故障断路器
- 漏电保护器/插头

管脚描述

管脚	名称	功能
1	VFB	放大器负端输入
2	+Input	放大器正端输入
3	VREF	放大器偏置电压
4	GND	地
5	SCR Trigger	SCR 触发输出
6	+VS	芯片电源
7	Op Amp Output	放大器输出
8	NC	无连接



功能方框图



丹东华奥电子有限公司

<http://www.huaoe.com>



极限参数 (注 1)

参数	缩写	数值	单位
电源电流	I _S	18	mA
最大允许的功耗	P _D	500	mW
工作温度范围	T _{OP}	-35~+80	°C
最大结温	T _{J(max)}	+125	°C
贮存温度	T _{ST}	-65~+150	°C

备注：1) 不建议任何在这些条件下的功能操作。只有在不超过运行条件的情况下，才能保证性能和可靠性。

温度参数

参数	缩写	最小值	典型值	最大值	单位
热阻	θ _{JA}		240		°C/W

电参数 典型值的测试条件：V_{DD}=12V, TA=25°C。

工作特性指的是在整个工作电压和工作温度范围内，除非另有说明。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
稳压器 (Pin 5 to 4)					
调节电压	I ₂₋₃ = 11μA	25.0	27.0	29.0	V
调节电压	I _{LINE} = 750 μA, I ₂₋₃ = 9μA	25.0	27.0	29.0	V
静态电流	V ₅₋₄ = 24V	-	500	-	μA
感应放大器 (Pin 2 to 3)					
失调电压		-200	-	200	μV
增益带宽	(设计值)	-	1.5	-	MHz
输入偏置电流	(设计值)	-	30	100	nA
SCR 触发 (Pin 7 to 4)					
输出阻抗	V ₇₋₄ = Open, I ₂₋₃ = μA	3.8	4.7	5.6	kΩ
输出电压	I ₂₋₃ = 9μA	0	0.1	10	mV
输出电压	I ₂₋₃ = 11μA	2.4	3.0	3.6	V
输出电流	V ₇₋₄ = 0V, I ₂₋₃ = 11μA	400	600	-	μA
基准电压 (Pin 3 to 4)					
基准电压	I _{LINE} = 750 μA	12.0	13.0	14.0	V
延迟时间 (Pin 8 to 4)					
延迟时间 (备注 1)	C ₈₋₄ = 12nF	-	2.0	-	ms
延迟电流	I ₂₋₃ = 11μA	30	40	50	μA



工作原理 (参见方框图和图 2)

连接到管脚 1 和管脚 3 的精密运算放大器感应流入感应变压器的次级的故障电流，将其转换为管脚 1 的电压。次级电流与输出电压的比值与反馈电阻 R_{SET} 成正比。

R_{SET} 将感应变压器次级电流转换为管脚 1 上的电压。由于虚拟接地在引脚处产生感应放大器由其负反馈回路输入，感应变压器的负担等于 R_{IN} 的值。从变压器来看， R_{IN} 的理想值是 0Ω ，这将使其成为误差最小的理想电流互感器。但是，由于感应运算放大器非常高的直流增益， R_{IN} 等于零会使得管脚 1 处的失调电压很大。所以 R_{IN} 应在保持感应变压器运行于真正的电流模式情况下尽可能选择较大的值。 R_{IN} 的典型值在 $200\sim 1000\Omega$ 之间。

如下式所示，最大的 R_{IN} 值可以使放大器输出端的直流失调误差最小。管脚 1 上的直流失调电压直接影响到跳闸电流错误。管脚 1 的失调电压为：

$$V_{OS} \times R_{SET} / (R_{IN} + R_{SEC})$$

其中： V_{OS} = 放大器输入失调电压

R_{SET} = 反馈电阻

R_{IN} = 输入电阻

R_{SEC} = 变压器次级绕组阻抗

感应放大器具有设定的 $200\mu V$ 最大失调电压，以最大限度地减少跳闸电流误差。

连接到感应放大器输出的两个比较器配置为窗口检测器，其参考值为相对于管脚 3 的 $-6.5V$ 和 $+6.5V$ 。当感应变压器次级电流有效值超过 $4.6/R_{SET}$ 时，窗口检测器就会启动延迟电路。如果感应变压器次级电流超过预定的跳闸电流超过预设的延迟时间，则管脚 7 会产生一个脉冲电流从而触发 SCR 动作。

SCR 阳极直接连接到螺线管或继电器线圈。只有当阳极电压高于阴极时，SCR 才会被触发导通。

供电电流要求

LD4141 直接通过串联限流电阻的交流线路供电，限流电阻称为 R_{LINE} ，阻值介于 $24\sim 91k\Omega$ 之间。IC 有内置的二极管整流器而无需外部功率二极管。应用与 $110V$ 系统时， R_{LINE} 的推荐值是 $24\sim 47k\Omega$ 。应用于 $220V$ 系统时， R_{LINE} 推荐值是 $47\sim 91k\Omega$ 。当 R_{LINE} 为 $47k\Omega$ 时，内部稳压器电流限定于 $3.6mA$ 。建议通过 R_{LINE} 的最大峰值线电流是 $10mA$ 。

GFCI 应用 (参见图 1)

GFCI 通过检测火线和零线电流差异来判断接地故障。差异电流是被认为是从火线到大地可能造成潜在的危险的故障电流。由于火线和零线均穿过感应变压器的中心，只有差分初级电流会感应到次级。假设匝数比为 $1:1000$ ，则次级感应电流为故障电流的 $1/1000$ 。LD4141 的感应放大器将次级电流转换为电压并与两个窗口检测器参考电压中的任何一个比较。如果故障电流超过设计值，LD4141 会在预设的延迟时间内将驱动电流脉冲发送到 SCR 的门极。

检测大地到零线的故障会更加困难。 R_B 代表正常的接地故障电阻， R_N 是电气线路中负载/零线对地的阻抗。 R_G 代表接地线到零线的故障状态。根据 UL943，GFCI 必须在 $R_N=0.4\Omega$ ， $R_G=1.6\Omega$ ，并且正常接地故障为 $6mA$ 时跳闸。

假设接地故障为 $5mA$ ，则通过 R_G 为 $1mA$ ，通过 R_N 为 $4mA$ ，分别造成 $1mA$ 有效的故障电流。该电流由感应变压器检测并由感应放大器放大。接地/零序互感器和感应变压器现在通过 R_G ， R_N 和零线接地回路相互耦合，在感应放大器上产生正反馈。新创建的反馈环路使感应放大器以由接地/零序互感器次级电感量和 C_4 决定的频率振荡，其典型值为 $8KHz$ 。

C_2 用于设定在 SCR 被触发之前故障状态所需维持的时间。参考下面的方程用于计算 C_2 的值。它的典型价值是 $12nF$ ，延迟 $2ms$ 。



R_{SET} 用于设置 GFCI 跳闸时的故障电流。当与 1:1000 感应变压器一起使用时,对于设计为 5 mA 跳闸的 GFCI,其典型值是 $1M\Omega$ 。

R_{IN} 应该是去可选的最高值从而保证来自感应变压器的可预测的次级电流。如果 R_{IN} 设定得太高,正常产品的感应变压器的磁导率差异会导致次级电流的个体间的差异。如果它太低,管脚 1 上会产生较大的失调电压。该误差电压反过来产生与输入失调电压成正比的感应放大器跳闸电流误差。例如,如果 R_{IN} 为 500Ω , R_{SET} 为 $1M\Omega$, R_{SEC} 为 45Ω 且感应放大器的 V_{OS} 为其最大值 $200\mu V$,则跳闸电流误差为 $\pm 5.6\%$ 。

SCR 阳极直接连接到螺线管或继电器线圈。只有当阳极相对阴极更高时它才会被触发。SCR 必须具有高 dV/dt 等级才能确保线路噪声(由电噪声设备产生)不会错误地触发它。它的门驱动要求也必须低于 $200\mu A$ 。C3 是一个噪声滤波器用于防止高频脉冲触发 SCR。

使用的继电器电磁阀应具有 3ms 或更少的响应时间,以满足 UL943 的时序要求。

感应变压器及铁芯

感应和接地/零序变压器铁芯通常是采用高磁导率层压钢环制造。他们的单匝初级是通过火线和零线穿过其核心中心产生。次级线圈通常为 200 到 1500 匝。

R_{SET} 和 C2 的计算

确定标称接地故障跳闸电流要求。这在北美通常为 5mA (117V AC), 在英国和欧洲为 22mA (220V AC)。确定防止误跳闸所需的最短延迟时间,这通常为 1~2ms。计算 C2 的值需要提供所需的延迟时间是: $C2 = 6 \times T$ 其中: C2 的单位为 nF, T 是以 ms 为单位的所需的延迟时间。

满足标称接地故障跳闸电流规格的 R_{SET} 的值是:

$$R_{SET} = \frac{4.6 \times N}{I_{FAULT} \times \cos 180\left(\frac{T}{P}\right)}$$

其中: R_{SET} 的单位为 $k\Omega$, T 是以 ms 为单位的延迟时间, P 是以 ms 为单位的交流电周期, I_{FAULT} 是以 mA (RMS) 为单位的所需的接地故障跳闸电流, N 是感应变压器次级匝数。

该公式假定使用理想的感应变压器。使用非理想变压器时 R_{SET} 值可能最多需要按计算值修改 30%。



DHA®

QJ/DHA 01.444-2019

LD4145

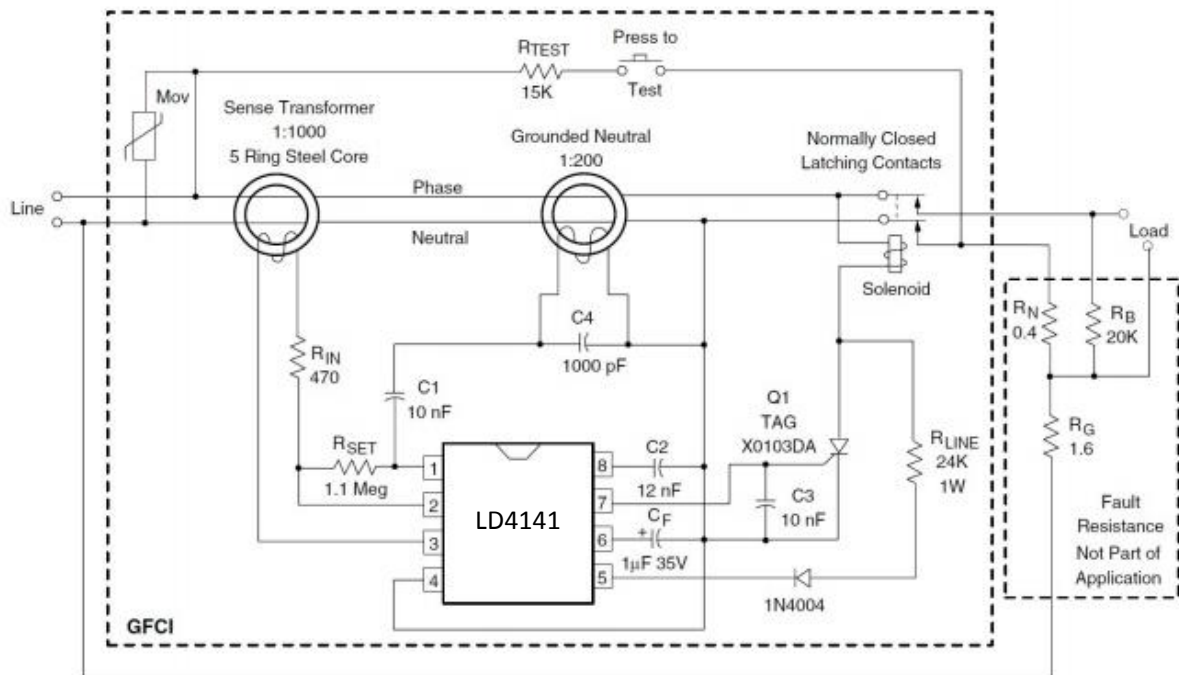


图 2. GFCI 应用原理图



®
DHA ®

QJ/DHA 01.444-2019

LD4145

封装信息

SOP-8

单位: mm

