



DHA[®]

QJ/DHA 01.443-2019

LD4141

低功率接地故障断路器芯片

简介

LD4141 是用于交流插座接地故障断路器的低功率控制器。这些设备检测接地的危险电流路径以及接地到零线的故障。然后断路器在发生有害或致命的冲击之前将负载从线路断开。

LD4141 内部包含了二极管整流器，并联稳压器，精密感应放大器，电流基准，延时电路和 SCR 驱动器。

只需要两个感应变压器，SCR，电磁阀，三个电阻器和四个电容器即可构成基本的断器保护器。简单的布局和最少的元件数量确保了应用的简便性和长期可靠性。

其他 GFCI 控制器所没有的功能包括低偏移电压检测放大器，无需在检测变压器和感应放大器之间使用耦合电容，以及内部整流器，省掉了高压整流二极管。

LD4141 仅在线电压的正半周期内供电，但不论相对于线电压的相位如何都可以检测电流故障。SCR 的门极仅在线电压的正半周期期间可 以被驱动。

特点

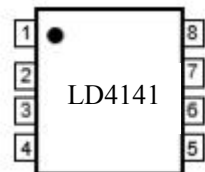
- 交流供电
- 直接驱动 SCR
- 内置高精度感应放大器
- 适用于 110V 及 220V 系统
- 8 脚 SOIC 封装
- 内置整流电路
- 静态电流低至 500uA
- 延迟时间可调
- 满足 UL943 标准

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	Amp Out	放大器输出
2	VFB	放大器负端输入
3	VREF	放大器正端输入（内部偏置+VS/2）
4	GND	地
5	Line	AC 电源输入
6	+VS	芯片电源
7	SCR Trigger	SCR 触发输出
8	Delay Cap	延迟时间设定电容





®

DHA®

QJ/DHA 01.443-2019

LD4141

功能方框图

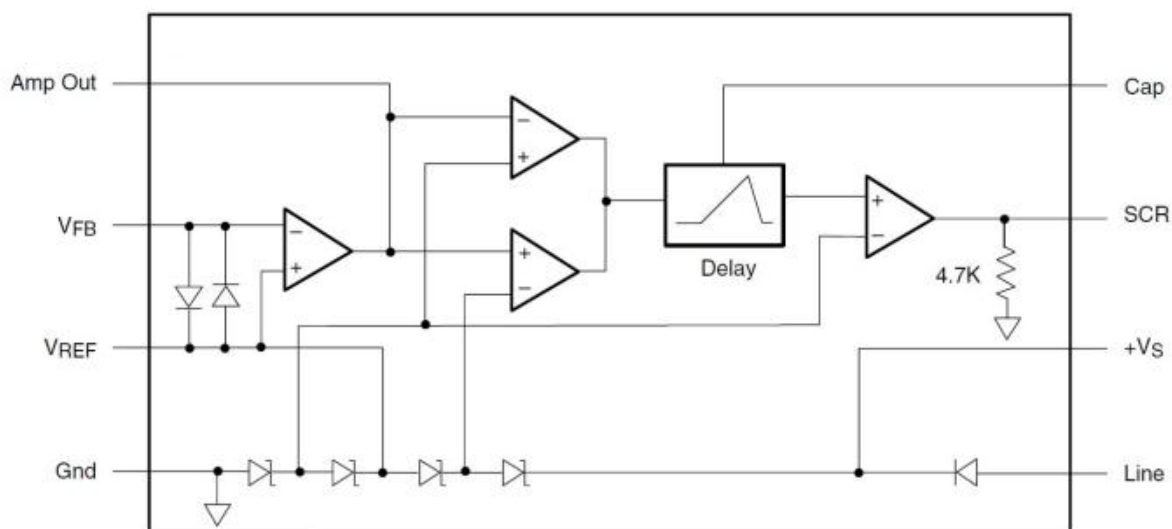


图 1. LD4141 内部功能方框图

极限参数 (注 1)

参数	缩写	数值	单位
电源电流	I _S	10	mA
最大允许的功耗	P _D	500	mW
工作温度范围	T _{OP}	-35~+85	°C
最大结温	T _{J(max)}	+125	°C
贮存温度	T _{ST}	-65~+150	°C

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



®

DHA®

QJ/DHA 01.443-2019

LD4141

电参数 典型值的测试条件： $V_{DD}=12V$, $T_A=25^{\circ}C$ 。

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	$I_{2-3} = 11\mu A$	25.0	27.0	29.0	V
调节电压	$I_{LINE} = 750\mu A, I_{2-3} = 9\mu A$	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	$V_{7-4} = \text{Open}, I_{2-3} = \mu A$	3.8	4.7	5.6	k Ω
输出电压	$I_{2-3} = 9\mu A$	0	0.1	10	mV
输出电压	$I_{2-3} = 11\mu A$	2.4	3.0	3.6	V
输出电流	$V_{7-4} = 0V, I_{2-3} = 11\mu A$	400	600	-	μA
基准电压 (Pin 3 to 4)					
基准电压	$I_{LINE} = 750\mu A$	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	$I_{2-3} = 11\mu A$	30	40	50	μA

备注：1) 延迟时间定义为从同步感应电流 I_{2-3} 超过 $6.5V/RSET$ 开始，一直到 SCR 触发电压 V_{7-6} 输出为高时为止



DHA[®]

QJ/DHA 01.443-2019

LD4141

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 C4 决定的频率振荡, 其典型值为 $8KHz$ 。

C2 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 C2 的值。它的典型价值是 $12nF$, 延迟 $2ms$ 。

丹东华奥电子有限公司

<http://www.huaoe.com>



DHA[®]

QJ/DHA 01.443-2019

LD4141

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%。

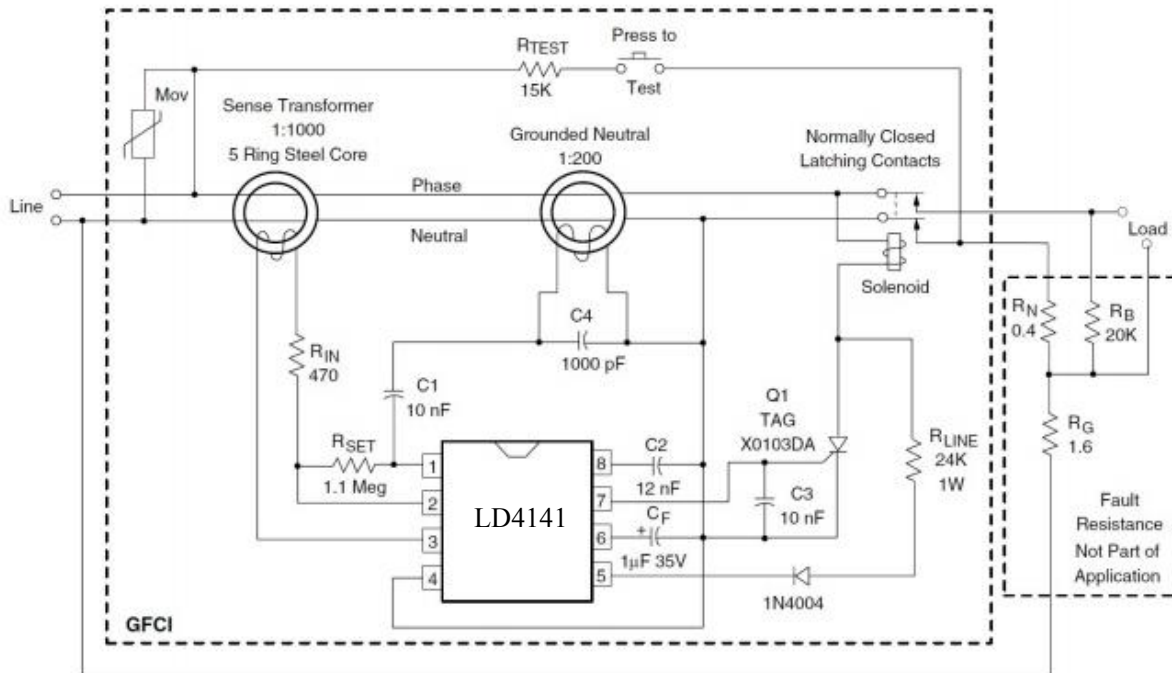


图 2. GFCI 应用原理图



®
DHA®

QJ/DHA 01.443-2019

LD4141

封装信息

SOP-8

单位: mm

