



DHA®

QJ/DHA 01.36-2015

LD33153

## 单 IGBT 栅极驱动器

### 简介

LD33153 (替代 MC33153) 是专为 IGBT 驱动器设计的, 用于包括交流感应电机控制、无刷直流电机控制和不间断电源 (UPS) 的大功率应用。虽然为驱动分立式和模块式 IGBT 而设计, 该器件也可以为驱动功率 MOSFET 和双极型晶体管提供低成本的解决方案。器件的保护功能包括去饱和或过流检测选择和欠压检测。该器件提供双列直插和表面贴装封装。

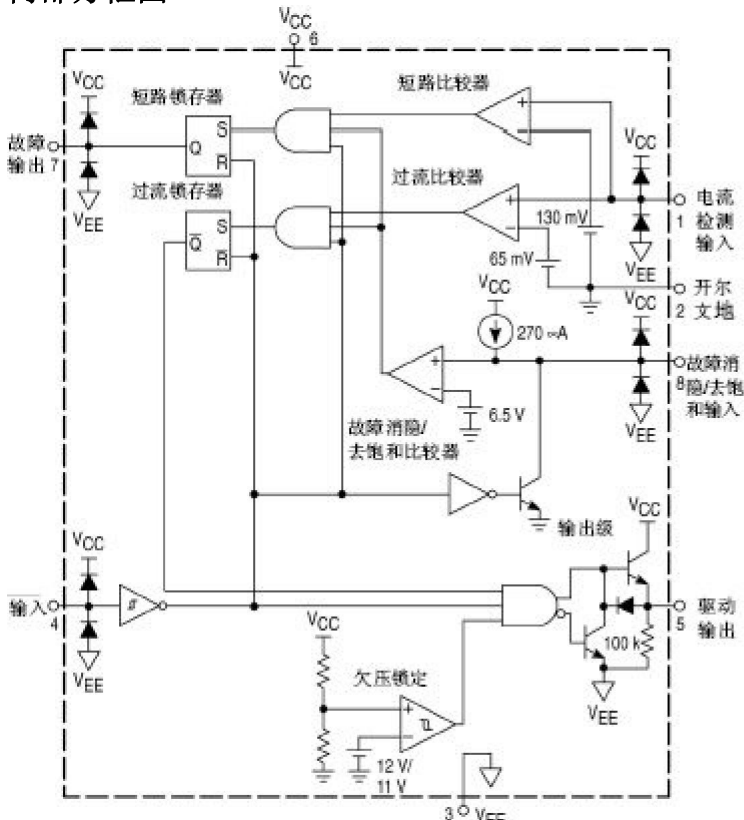
### 特点

- 大电流输出端口: 1A 拉电流/2A 灌电流
- 对常规型和感应型 IGBT 都有保护电路
- 可预设故障消隐时间
- 过流和短路保护
- 为 IGBT 优化的欠压锁定
- 负栅驱动能力
- 是驱动大功率 MOSFET 和双极型晶体管的低成本解决方案

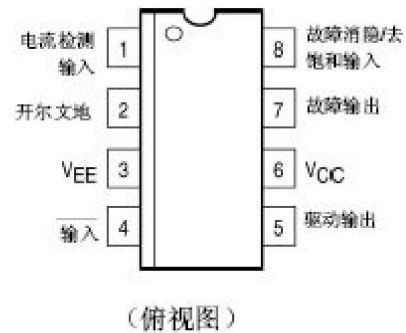
### 系列信息

| 封装   | 说明         |
|------|------------|
| SOP8 | 管装, 编带, 无铅 |
| DIP8 | 管装, 无铅     |

### 内部方框图



### 管脚图



丹东华奥电子有限公司

<http://www.huaoe.com>



**DHA**<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.36-2015

**LD33153**

## 极限参数

| 参数       |                                   | 缩写   | 数值                                     | 单位   |
|----------|-----------------------------------|--|--|------|
| 电源电压     | V <sub>CC</sub> 至 V <sub>EE</sub> | V <sub>CC</sub> -V <sub>EE</sub>               | 20                                     | V    |
|          | 开尔文地至 V <sub>EE</sub>             | K <sub>GND</sub> -V <sub>EE</sub> <sub>N</sub> | 20                                     |      |
| 逻辑输入     |                                   | V <sub>IN</sub>                                | V <sub>EE</sub> -0.3 至 V <sub>CC</sub> |      |
| 电流检测输入   |                                   | V <sub>S</sub>                                 | -0.3 至 V <sub>CC</sub>                 |      |
| 消隐/去饱和输入 |                                   | V <sub>BD</sub>                                | -0.3 至 V <sub>CC</sub>                 |      |
| 栅极驱动输入   | 拉电流                               |  | 1.0                                    | A    |
|          | 灌电流                               | I <sub>O</sub>                                 | 2.0                                    |      |
|          | 二极管箝位电流                           |  | 1.0                                    |      |
| 故障输出     | 拉电流                               | I <sub>FO</sub>                                | 25                                     | mA   |
|          | 灌电流                               |  | 10                                     |      |
| 功耗和热特性   |                                   |  |  |      |
| SOP8 封装  | 最大功耗@T <sub>a</sub> =50°C         | PD   | 0.56                                   | W    |
|          | 热阻, 结至环境                          | R <sub>θJA</sub>                               | 180                                    | °C/W |
| DIP8 封装  | 最大功耗@T <sub>a</sub> =50°C         | PD   | 1.0                                    | W    |
|          | 热阻, 结至环境                          | R <sub>θJA</sub>                               | 100                                    | °C/W |
| 工作结温     |                                   | T <sub>J</sub>                                 | 150                                    | °C   |
| 工作环境温度范围 |                                   | T <sub>A</sub>                                 | -40~+105                               |      |
| 储存温度范围   |                                   | T <sub>stg</sub>                               | -65~+150                               |      |

**电参数** (V<sub>CC</sub>=15V, V<sub>EE</sub>=0V, 开尔文地接至 V<sub>EE</sub>, T<sub>A</sub>=25°C, 除非另外说明)

| 参数          |                                    | 缩写              | 最小值  | 典型值  | 最大值 | 单位 |
|-------------|------------------------------------|-----------------|------|------|-----|----|
| <b>逻辑输入</b> |                                    |                 |      |      |     |    |
| 输入门限电压      | 高电平状态 (逻辑 1)                       | V <sub>IH</sub> |      | 2.7  | 3.2 | V  |
|             | 低电平状态 (逻辑 0)                       | V <sub>IL</sub> | 1.2  | 2.3  |     |    |
| 输入电流        | 高电平状态 (V <sub>IH</sub> =3.0V)      | I <sub>IH</sub> |      | 130  | 500 | μA |
|             | 低电平状态 (V <sub>IL</sub> =1.2V)      | I <sub>IL</sub> |      | 50   | 100 |    |
| <b>驱动输出</b> |                                    |                 |      |      |     |    |
| 输出电压        | 低电平状态 (I <sub>Sink</sub> =1.0A)    | V <sub>OL</sub> |      | 2.0  | 2.5 | V  |
|             | 高电平状态 (I <sub>Source</sub> =500mA) | V <sub>OH</sub> | 12.0 | 13.9 |     |    |
| 输出下拉电阻      |                                    | R <sub>PD</sub> |      | 100  | 200 | kΩ |



**DHA**<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.36-2015

**LD33153**

电参数(续) ( $V_{CC}=15V$ ,  $V_{EE}=0V$ , 开尔文地接至  $V_{EE}$  地,  $T_A=25^\circ C$ , 除非另外说明)

| 参数  |                                | 缩写                | 最小值  | 典型值  | 最大值  | 单位      |
|---|--------------------------------|-------------------|------|------|------|---------|
| <b>故障输出</b>                               |                                |                   |      |      |      |         |
| 输出电压                                      | 低电平状态 ( $I_{Sink}=5.0A$ )      | $V_{FL}$          |      | 0.2  | 1.0  | V       |
|   | 高电平状态 ( $I_{Source}=20mA$ )    | $V_{FH}$          | 12.0 | 13.3 |      |         |
| <b>开关特性</b>                               |                                |                   |      |      |      |         |
| 传输延迟 (50%输入至 50%输出, $C_L=1.0nF$ )         |                                |                   |      |      |      |         |
| 逻辑输入至驱动输出上升                               |                                | $T_{PLH(in/out)}$ |      | 80   | 300  | ns      |
| 逻辑输入至驱动输出下降                               |                                | $T_{PHL(in/out)}$ |      | 120  | 300  |         |
| 驱动输出上升时间 (10%至 90%, $C_L=1.0nF$ )         |                                | $t_r$             |      | 17   | 55   |         |
| 驱动输出下降时间 (90%至 10%, $C_L=1.0nF$ )         |                                | $t_f$             |      | 17   | 55   |         |
| 传输延迟                                      | 电流检测输入至驱动输出                    | $t_p(OC)$         |      | 0.3  | 1.0  | $\mu s$ |
|   | 故障消隐/去饱和输入至驱动输出                | $t_p(FLT)$        |      | 0.3  | 1.0  |         |
| <b>UVLO</b>                               |                                |                   |      |      |      |         |
| 起动电压                                      |                                | $V_{CC\ start}$   | 11.3 | 12   | 12.6 | V       |
| 禁用电压                                      |                                | $V_{CC\ dis}$     | 10.4 | 11   | 11.7 |         |
| <b>比较器</b>                                |                                |                   |      |      |      |         |
| 过流门限电压 ( $V_{pin8}>7.0V$ )                |                                | $V_{SOC}$         | 50   | 65   | 80   | mV      |
| 短路门限电压 ( $V_{pin8}>7.0V$ )                |                                | $V_{SSC}$         | 100  | 130  | 160  |         |
| 故障销隐/去饱和门限 ( $V_{pin1}>100mV$ )           |                                | $V_{th(FLT)}$     | 6.0  | 6.5  | 7.0  | V       |
| 电流检测输入电流 ( $V_{SI}=0V$ )                  |                                | $I_{SI}$          |      | -1.4 | -10  | $\mu A$ |
| <b>故障销隐/去饱和输入</b>                         |                                |                   |      |      |      |         |
| 电流源 ( $V_{pin8}=0V$ , $V_{pin4}=0V$ )     |                                | $I_{chg}$         | -200 | -270 | -300 | $\mu A$ |
| 放电电流 ( $V_{pin8}=15V$ , $V_{pin4}=5.0V$ ) |                                | $I_{dschg}$       | 1.0  | 2.5  |      | mA      |
| <b>器件整体</b>                               |                                |                   |      |      |      |         |
| 电源电流                                      | 待机 ( $V_{pin4}=V_{CC}$ , 输出开路) | $I_{CC}$          |      | 7.2  | 14   | mA      |
|   | 工作 ( $C_L=1.0nF$ , $f=20kHz$ ) |                   |      | 7.9  | 20   |         |



®  
DHA®

QJ/DHA 01.36-2015

LD33153

图 1. 输入电流与输入电压  
关系曲线

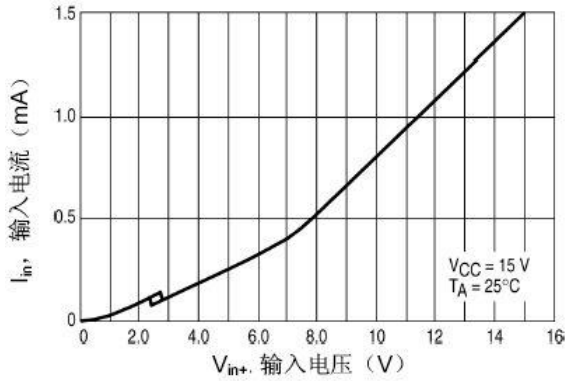


图 2. 输出电压与输入电压  
关系曲线

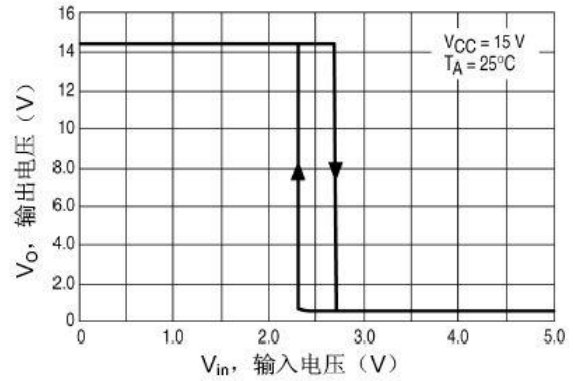


图 3. 输入门限电压与温度  
关系曲线

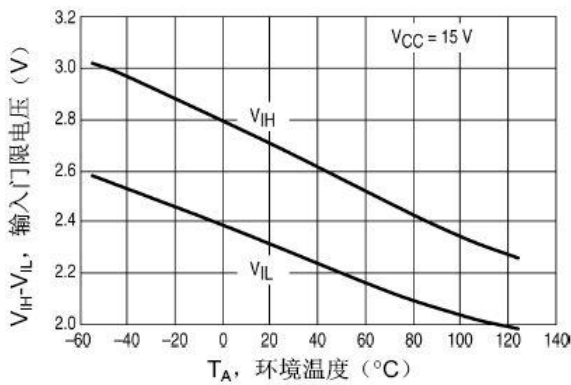


图 4. 输入门限电压与电源电压  
关系曲线

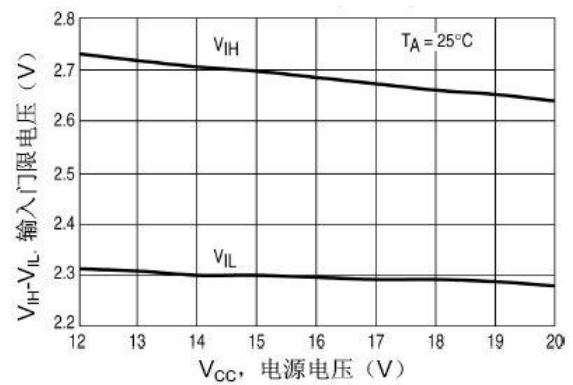


图 5. 驱动输出低电平电压与温度  
关系曲线

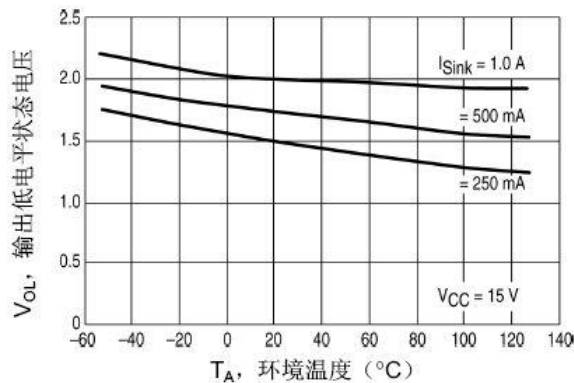
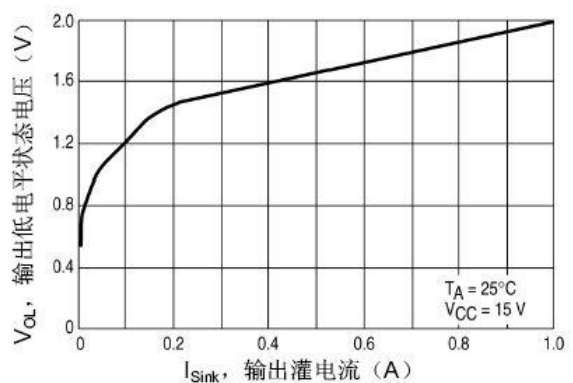


图 6. 驱动输出低电平电压与灌电流  
关系曲线





®  
DHA®

QJ/DHA 01.36-2015

LD33153

图 7. 驱动输出高电平电压与温度线  
关系曲线

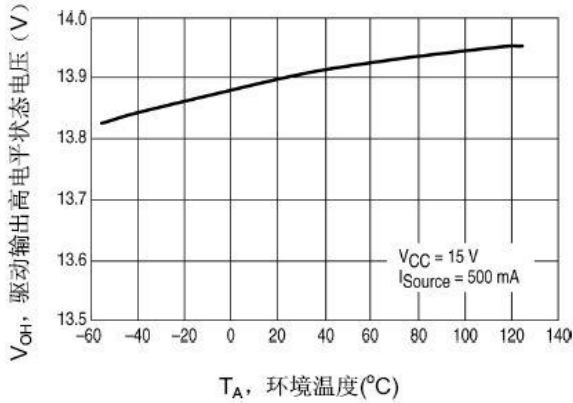


图 8. 驱动输出高电平电压与拉电流  
关系曲线

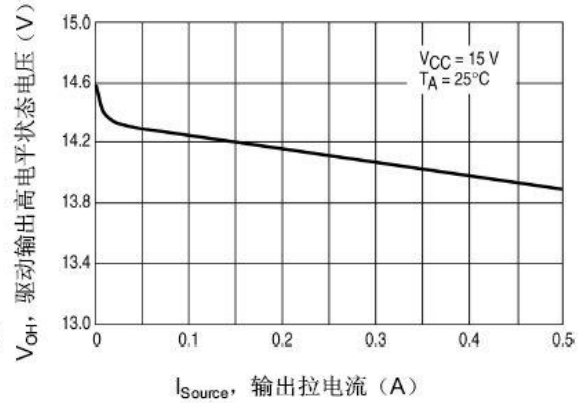


图 9. 驱动输出电压与电流检测输入电压  
关系曲线

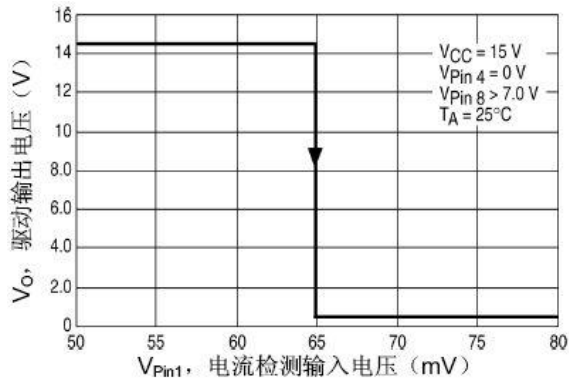


图 10. 故障输出电压与电流检测输入电压  
关系曲线

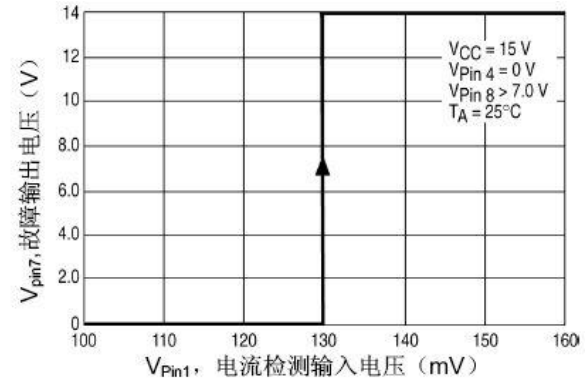


图 11. 过流保护门限电压与温度  
关系曲线

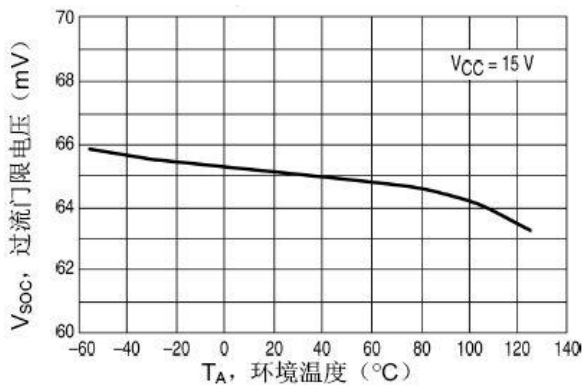
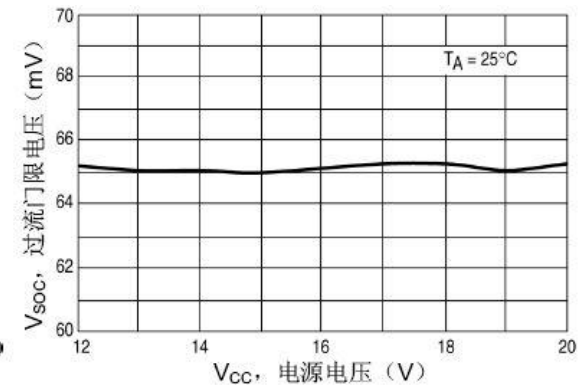


图 12. 过流保护门限电压与电源电压  
关系曲线





**DHA**<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.36-2015

**LD33153**

图 13. 短路比较器门限电压与温度关系曲线

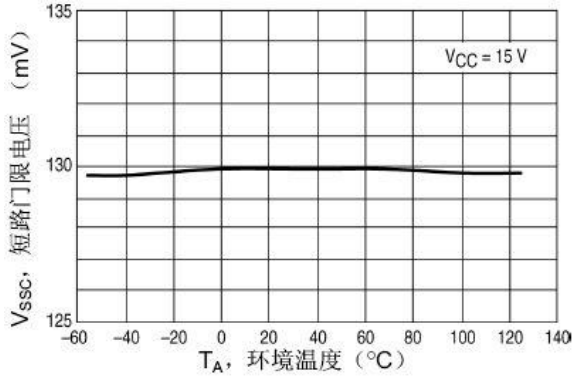


图 14. 短路比较器门限电压与电源电压关系曲线

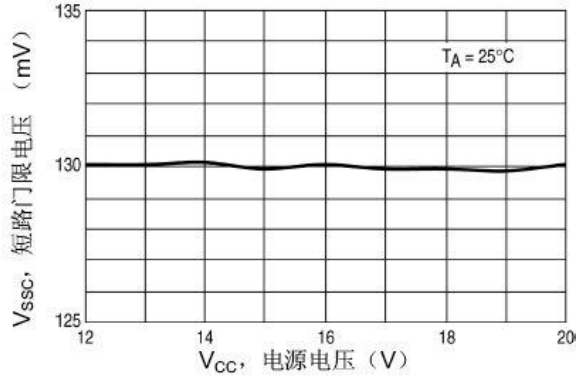


图 15. 电流检测输入电流与电压关系曲线

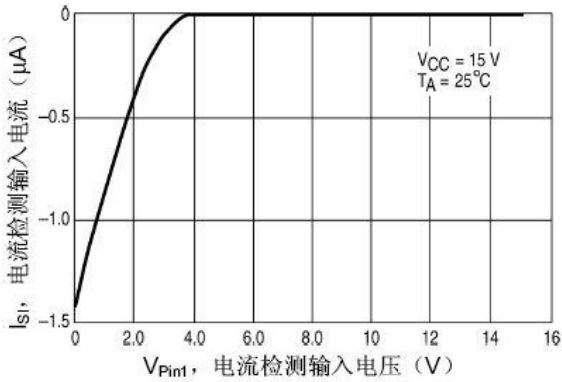


图 16. 驱动输出电压与故障消隐/去饱和输入电压关系曲线

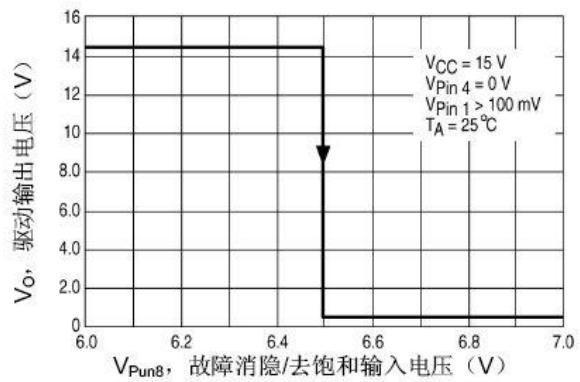


图 17. 故障消隐/去饱和比较器门限电压与温度关系曲线

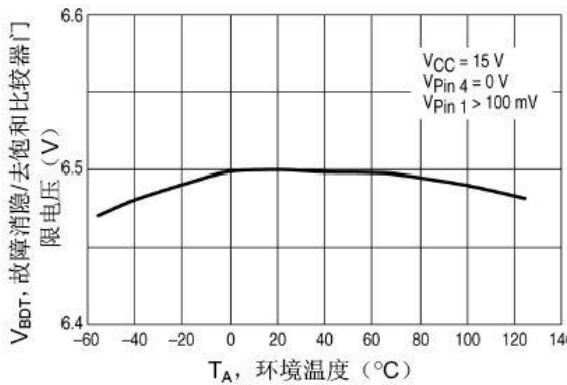


图 18. 故障消隐/去饱和比较器门限电压与电源电压关系曲线

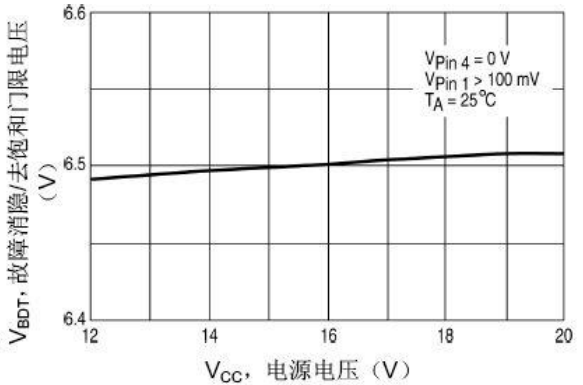






图 19. 故障消隐/去饱和电流源与温度关系曲线

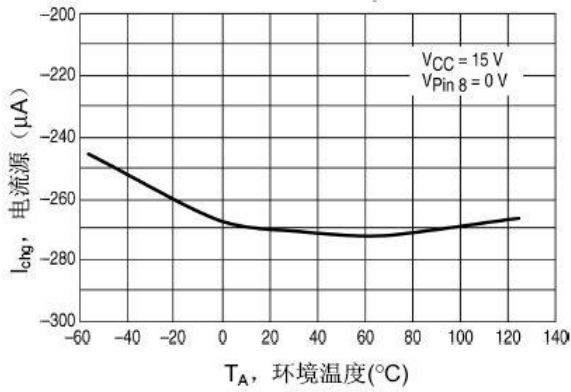


图 20. 故障消隐/去饱和电流源与电源电压关系曲线

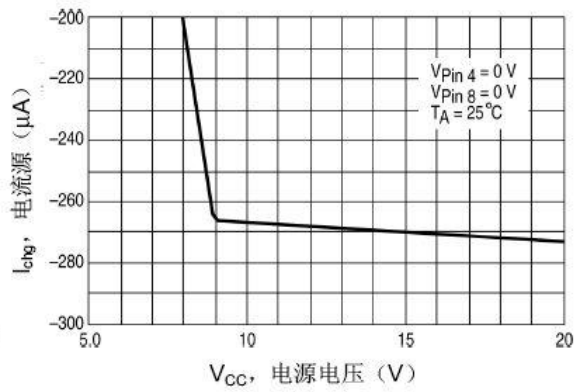


图 21. 故障消隐/去饱和电流源与输入电压关系曲线

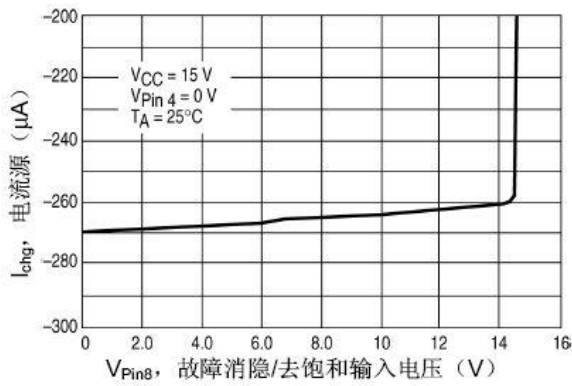


图 22. 故障消隐/去饱和放电电流与输入电压关系曲线

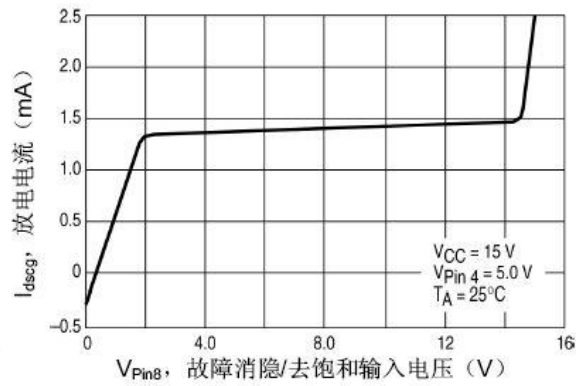


图 23. 故障输出低电平电压与灌电流关系曲线

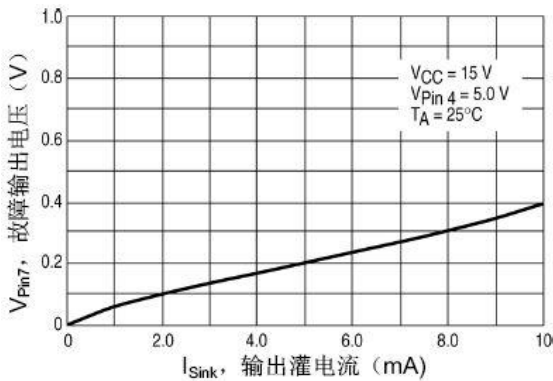
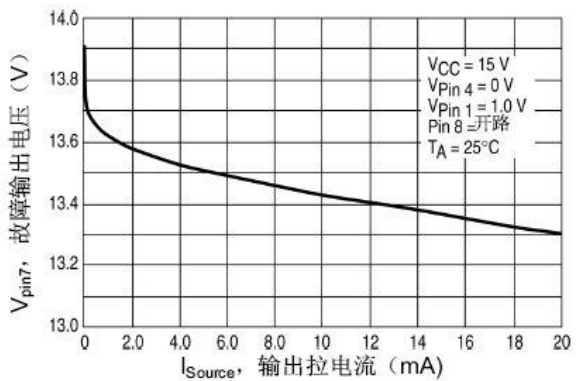


图 24. 故障输出高电平电压与拉电流关系曲线





®  
DHA®

QJ/DHA 01.36-2015

LD33153

图 25. 驱动输出电压与电源电压  
关系曲线

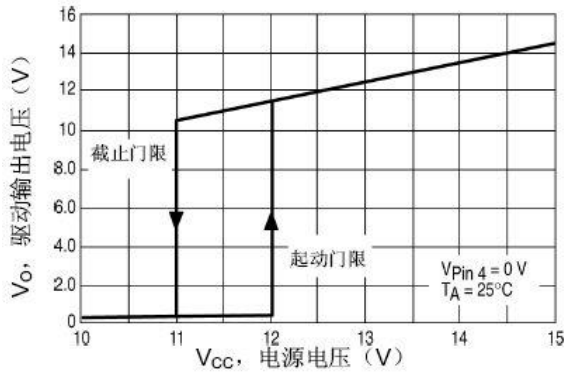


图 26. UVLO 与温度  
关系曲线

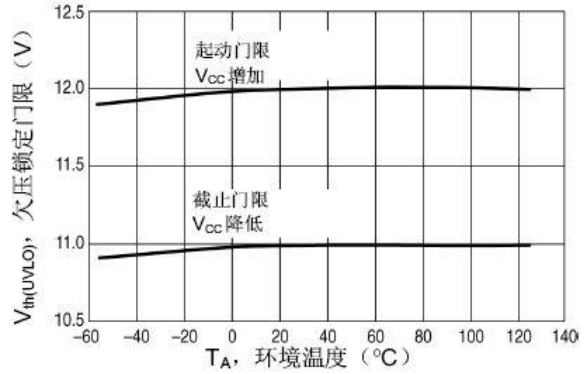


图 27. 电源电流与电源电压  
关系曲线

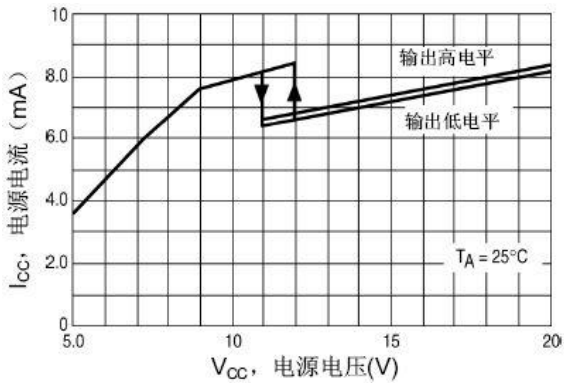


图 28. 电源电流与温度  
关系曲线

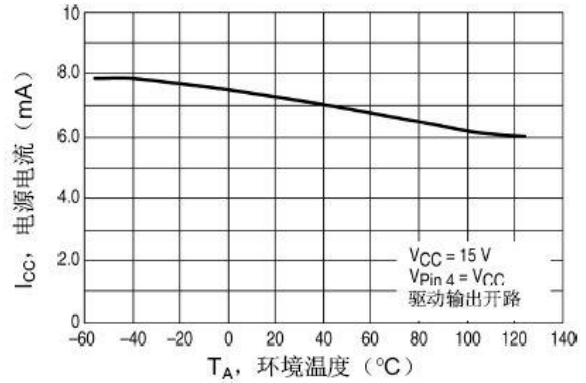
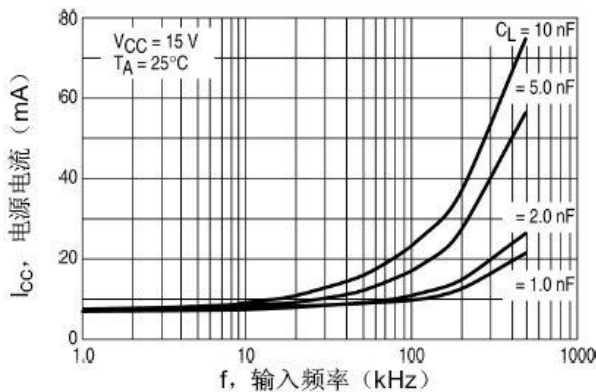


图 29. 电源电流与输入频率  
关系曲线







## 功能描述

### 栅极驱动开关时间控制（管脚 Pin5）

栅极驱动的 IGBT 设计特点主要是优化开关功能特性。在桥式直流电机控制中的脉宽调制（PWM）晶体管的开关功能特性是非常重要的。在选择这类 IGBT 的栅极驱动电路的应用元件时，应当优先考虑开关时间和截止态阻抗。图 30 中所示的是只用一个电阻控制导通和关断。然而，这个电阻值要在导通冲击和关断泄流之间进行折衷选择。通常，采用这种单一电阻的方式只适合于低频率的 PWM。图 31 所示是优化的栅极驱动输出级，该电路分别对导通和关断进行了优化。在电机控制电路中，导通电阻  $R_{on}$  用于控制 IGBT 的导通速度。该电阻设定导通的  $di/dt$ ，以控制关断续流二极管  $D_{off}$  的时间。IGBT 和续流二极管的相互作用决定了导通  $dv/dt$ 。过量的导通  $dv/dt$  是半桥型电路中共同存在的问题。关断电阻  $R_{off}$  控制关断速度，并确保 IGBT 在电压转换时保持截止。关断要求必须是低开关损耗，这是由于 IGBT 的少数载流子复合有固定的最小损耗，一个缓慢的栅极驱动将控制关断损耗。对于快速 IGBT 这是非常正确的，过快速度的关断 IGBT 将有可能导致大的过冲电压。通常，关断电阻要小于导通电阻。

LD33153 包括一个双极型图腾柱输出极，峰值电流为 1.0A 拉电流和 2.0A 灌电流。此输出端口还包含一个下拉电阻，以确保 LD33153 的  $V_{CC}$  电压不足时关断 IGBT。

IGBT 的控制是用一个 PWM 调制的正反向半桥电路，这样至少一个器件总是截止的。当 IGBT 关断时，它将承受由其它器件引起的电压突变，这时相对的晶体管如果导通，就特别容易出问题。

当下部晶体管导通时，连接在上部晶体管发射极和下部晶体管集电极的二极管同时导通，这决定了这个方向的导通  $dv/dt$ 。为消除击穿电流，必须向处于关断态的 IGBT 提供一个低灌电流阻抗。在大多数的应用电路中，在电压变换时既要保证 IGBT 关断，而又不会产生过快关断速度的情况下，尽可能选择小的关断电阻。

一个负偏置电压可用于驱动 IGBT 至截止态。这实际是双极达林顿驱动的用法，通常对于 IGBT 是不需要的。但是，负偏压可减少击穿的可能性。LD33153 对  $V_{EE}$  地和开尔文地有分离的管脚。这就允许使用 +15/-5.0V 电源工作。

图 30. 只用一个栅极电阻

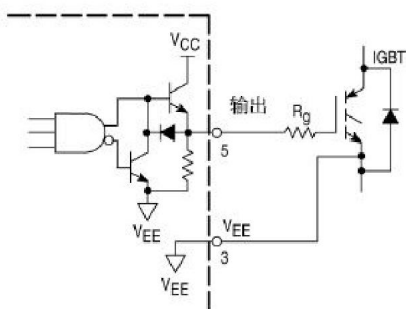
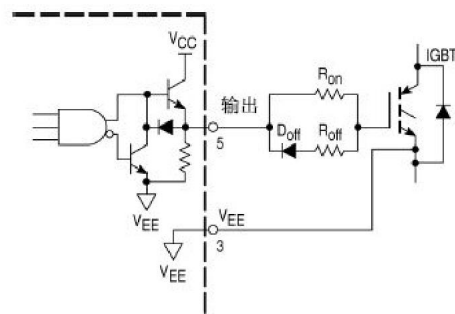


图 31. 分别使用导通和关断电阻





DHA®

QJ/DHA 01.36-2015

LD33153

## 两个光隔离器接口

光隔离器可用于电平转换和隔离交流电压。

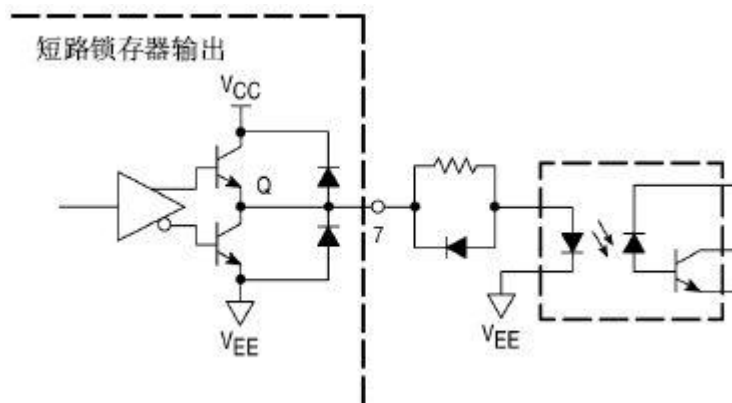
### 光隔离器输入（管脚 Pin4）

LD33153 有一个光隔离器输入端口。当使用一个具有极高  $dv/dt$  性能的光隔离器，例如惠普 HCPL4053。输出端口的 IGBT 栅极导通电阻应该足够大，以确保不超过光隔离器的  $dv/dt$ 。与大多数光隔离器一样，HCPL4053 具有一个低电平有效的集电极开路输出。这样，当 LED 点亮时，输出为低电平。输入管脚需要使用一个上拉电阻与光隔离器直接连接，实现正、反相变换。此输入也可直接连接到 5.0V 的 CMOS 逻辑器件或微控制器上。见图 34。

### 光隔离器故障输出（管脚 Pin7）

LD33153 有一个高电平有效的故障输出。该端口可方便地与光隔离器连接。正确报告所有错误是相当重要的，但不传输虚假信号也是同样重要。必须再次使用高  $dv/dt$  性能的光隔离器。通过预设一个高电平有效输出电阻提供 10~20mA 的 LED 导通驱动电流，并在关断时用一个小信号二极管提供了低阻抗通路。这样构成一个优良的 LED 驱动器。见图 32。

图 32. 光隔离器故障输出



## 欠压闭锁

IGBT 的栅极需要达到 15V 的额定导通电压，栅极电压不足时需要保护 IGBT。栅极电压低于 13V 时，IGBT 导通电压急剧上升，特别是在大电流情况下，在低于 10V 时，IGBT 工作在线性区域并且快速过热。许多 PWM 电机驱动采用自举电路来提升栅极驱动。UVLO 在自举电容放电时为 IGBT 提供保护。

LD33153 通常在大约 12V 时起动。UVLO 电路有约 1.0V 的滞后，并且在电源电压降至约 11V 以下时禁用输出。



DHA®

QJ/DHA 01.36-2015

LD33153

## 保护电路

### 去饱和保护（管脚 Pin8）

双极型功率电路普遍采用“去饱和检测”。通过监控集电极电压，并在此电压超过预设关断晶体管。双极型晶体管的导通电流取决于基极驱动电流，在基极过驱动时晶体管进入饱和区。当集电极电流超过限制值时，晶体管需要去饱和。晶体管工作在线性区域内时，导通的最大电流与基极直流电流是正比例增益（ $h_{FE}$ ）的函数关系。

IGBT 的输出特性与双极型器件相似，只是，器件的最大输出电流取决与栅极电压而不是电流。IGBT 在短路情况下比双极型器件具有更大的跨导和更高的电流。所以，用 IGBT 控制电机时，如果发生短路，需要进行较低电流和承受较长的短路时间的设计。

见图 33。检测去饱和的最佳方法是采用一个高压箝位二极管和一个比较器。LD33153 有一个故障消隐/去饱和比较器端口，可在器件未完全饱和时检测集电极电压并提供输出指示。二极管 D1 是外部的高压二极管，用于比较功率器件的额定电压。当 IGBT “导通”和饱和时，D1 下拉故障消隐/去饱和端口上的输入电压。当 IGBT “截止”和去饱和时，电流源将上拉输入端口，并关断比较器。比较器门限为 6.5V，允许的最大导通电压约为 5.8V。

当栅极输入为高电平，并且  $V_{CE}$  大于最大允许  $V_{CE(sat)}$  时，故障发生。去饱和比较器的输出和栅极输入信号相与后，馈入短路和过流锁存器。当检测到故障时，过流锁存器将在周期的剩余时间内关断 IGBT。当栅极输入再次为高电平时，两个锁存器均复位。参考电压被连接至开尔文地而不是  $V_{EE}$ ，以使门限与栅极偏压无关。注意，为正确操作去饱和比较器和故障输出，电流检测输入端的偏置必须高于过流和短路比较器门限。这可通过将管脚 1 接至  $V_{CC}$  上实现。

LD33153 还可预设故障消隐时间。在导通时，IGBT 必须关断相应的续流二极管。集电极电压将保持高电平直至二极管被关断。一旦二极管已关断，电压将快速降至器件的  $V_{CE(sat)}$ 。导通之后通常在集电极上出现由 IGBT 的  $C_{oss}$  电容和线圈寄生电感所产生的大振荡。来自去饱和比较器的故障信号必须被足够消隐，以使二极管被关断而消除振荡。

当栅极输入为低电平时，消隐功能用一个 NPN 晶体管去箝位比较器的输入。当输入转换为高电平时，将关断箝位晶体管，以允许内部电流源给消隐电容充电。从内部 NPN 晶体管关断，到消隐电容充电至比较器触发电平所需的时间，就是消隐时间。如果在 IGBT 导通和饱和后发生短路，电流源为消隐电容充电，从 IGBT 的  $V_{CE(sat)}$  电平至比较器触发电平所需的时间，就是延迟时间。可以通过将管脚 8 悬空，来禁用故障消隐。



**DHA**<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.36-2015

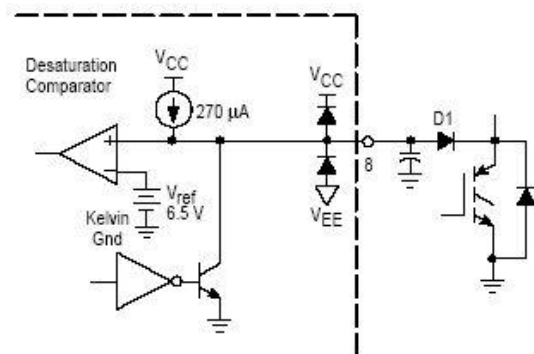
**LD33153**

### IGBT 电流检测保护（管脚 Pin1）

保护 IGBT 的另一种方法是监测发射极电流，可以使用电流取样电阻或内部集成有电流检测电路的 IGBT（即 Sense IGBT）。用管脚 Pin1 可以很方便的使用没有任何内部短路保护能力的高增益 IGBT。在大多数情况下，IGBT 的电流检测和 MOSFET 的电流检测的工作原理是相同的，使用极低的过流检测电压仍然是最基本的工作方式。Sense IGBT 是通过检测相对于集电极电流的有线性变化的通道来实现的。因为 IGBT 的导通电阻增量极低，Sense IGBT 的运作很象低导通电阻的 MOSFET 电流检测。能准确关断 Sense IGBT 的输出电压很低，通常小于 100mV。

Sense IGBT 需要使用故障消隐，以防止在导通期间产生错误触发，也需要在栅极为低电平时忽略检测信号。这是因为，由于集电极的耦合电容，在导通和关断期间，通常会产生大的瞬态耦合电压输出。不使用 Sense IGBT 时，可采用小阻值的取样电阻（5.0 至 50mΩ），检测发射极电流。当输出是实际短路时，电感将非常小。由于消隐电路仅提供了固定的最小导通时间，在短路条件下的峰值电流可能非常高。通过有更高触发电压的次级比较器，实现短路识别功能。短路信号被锁存并出现在故障输出端。当检测到短路时，IGBT 被关断几毫秒，以使其在再次接通前进行冷却。电流检测电路与去饱和电路非常相似。LD33153 的这两个端口的电路组合，可以为 IGBT 和 Sense IGBT 都提供短路保护。

图 33. 去饱和和检测



### 应用信息

图 34 是基本的 IGBT 驱动器应用。当用光隔离器驱动时，需要一个输入上拉电阻。此电阻值的设置应使输出晶体管偏置在需要的电流上。在靠近 IC 的地方应置一个去耦合电容以减小开关噪声。

自举二极管可用于浮动电源。如果不需要保护特性，那么故障消隐/去饱和和电流检测输入应当接到开尔文地（管脚 2）。当全部使用是单电源时，开尔文地和 VEE 管脚应当连在一起。建议使用不同阻值的栅极电阻，以优化驱动器的导通和关断。

图 35 是双电源应用。开尔文地应当接至 IGBT 的发射极。如果不使用保护特性，故障消隐/去饱和端和电流检测输入端均应接地。输入光隔离器要参考连接到 VEE。

**丹东华奥电子有限公司**

<http://www.huaaoe.com>



**DHA**<sup>®</sup>

QJ/DHA 01.36-2015

**LD33153**

图 34. 基本应用电路

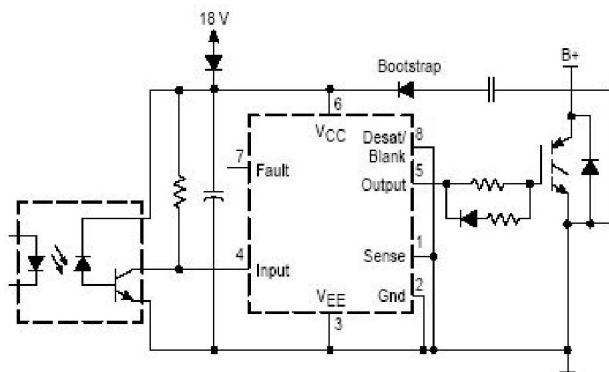
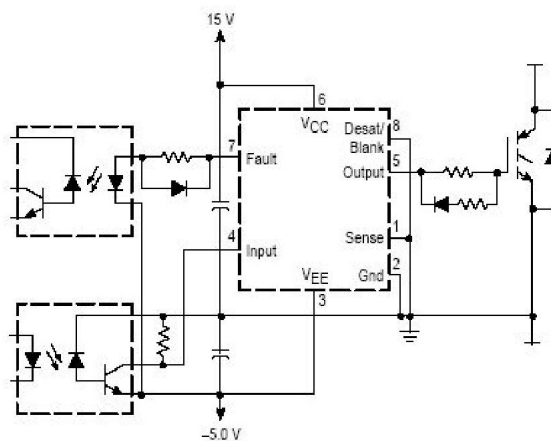


图 35. 双电源应用电路



如果需要使用去饱和保护功能，高压二极管应当连接至故障消隐/去饱和管脚。消隐电容应当从去饱和管脚连接至  $V_{EE}$  管脚。如果使用双电源，消隐电容应当连接至开尔文地。因为两个比较器输出是相与关系，所以电流检测输入端口应置为高电平。虽然 IGBT 集电极上的反相电压被续流二极管箝位至发射极，但通常要考虑到器件封装自身内部产生的电感。与二极管串联的小电阻可用于在产生反相瞬时电压时保护 IC。

当使用 Sense IGBT 或检测取样电阻时，检测电压被输入至电流检测输入端。检测开关电压参考与开尔文地的管脚。检测电压很小，典型值约为 65mV，且对噪声非常敏感。因此，检测线路和地线应分开布线。RC 滤波器用于滤除任何高频噪声。消隐电容从消隐管脚连接至  $V_{EE}$ 。如果开路，消隐管脚上的寄生电容也会产生极小的消隐。当需要电流检测时，消隐管脚不应接地，这样会禁用电流检测。消隐管脚不应置为高电平，那将短路箝位晶体管。

图 36. 去饱和应用电路

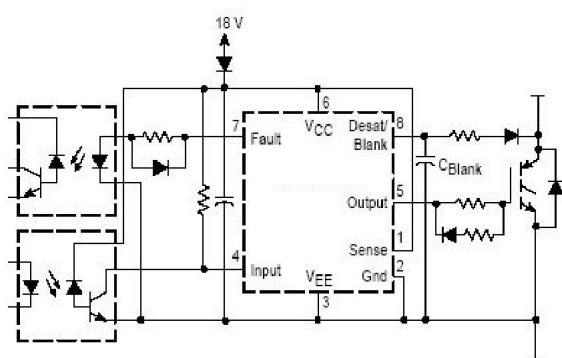
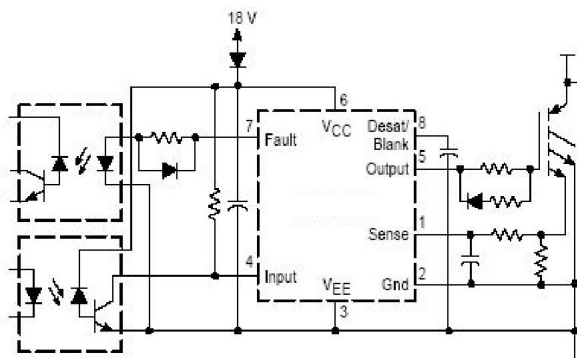


图 37. Sense IGBT 应用电路







**DHA**<sup>®</sup>

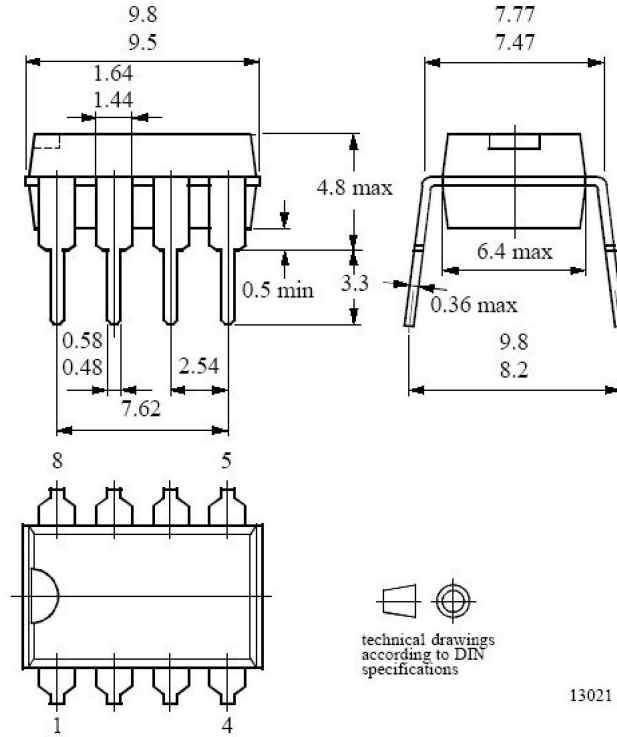
QJ/DHA 01.36-2015

**LD33153**

**封装信息**

**DIP8**

单位: mm



**SOP8**

单位: mm

