

设计指南

智能功率开关：在汽车环境中应用

摘要

虚地

地电位偏移

电压尖峰

电池反接

电池断线

负载陡降能力

智能功率开关（IPS）在汽车应用环境中特别受欢迎，在这类环境里这些开关必须处理一些最恶劣的电器故障——包括地线丢失或偏移，电压尖峰，反接或电池开路以及负载突变。IPS 驱动从功率继电器和电磁阀到电机和灯的这些负载的同时，针对所有这些故障提供保护。低端，高端以及不接地高边开关采用不同的内部结构来完成这些功能，因电路侧重点不同而它们的动作也有所不同。（汽车电器条件要求请参阅 ISO 7637 定义）

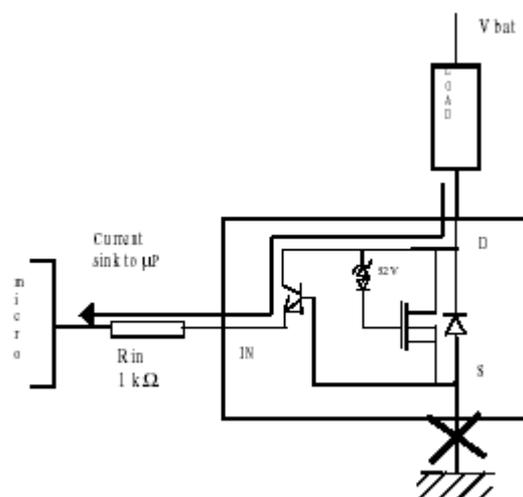
1 · 虚地

1-1 低端 IPSs

如果一个低边开关和地的连接断开，上面的负载将不会被启动。图 1 显示在这种情况下，IPS 内寄生的电路被启动。串联电阻 R_{in} 用来限制流入微处理器的电流。该电阻阻值必须足够小（约 1k），小到它上面的电压降可以忽略，以保证正常运行条件下运行正常。

1-2 高端 IPSs

高边开关的逻辑控制电位以 V_{cc} 为参考电位。如地线脱开，IN 脚被上拉至 V_{cc} 。功率 MOSFET 被关闭，负载将不会再被启动。串联电阻（约 15K）将通过 DG 和 IN 脚回注的电流限制到约 1mA。图 2



显示电线丢失期间的电流通路。
线丢失期间的电流

图 1-低边 IPS 地

通路

1-3 以 Vcc 为参考输入的高边 IPSs

以 Vcc 为参考输入的高边开关正常使用时是不接地的。所以无所谓接地丢失的问题。

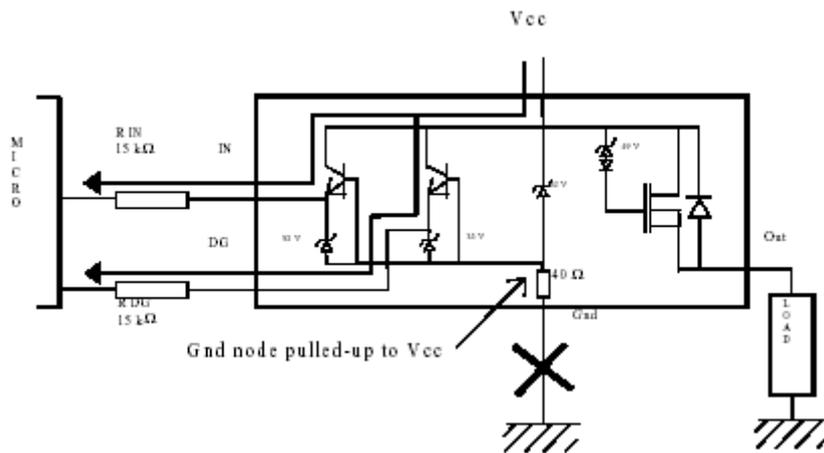


图 2-高端 IPS 地线丢失期间的电流通路

2 · 地电位偏移

高端开关的浮动门极驱动允许介于负载地和逻辑地之间的正电压和负电压。地电位偏移是指输出电压相对于逻辑地的共模电压（见图 3）。只要负载地低于 Vcc，高于 (Vcc-Vcl)，IPS 就可以始终保持有效控制。

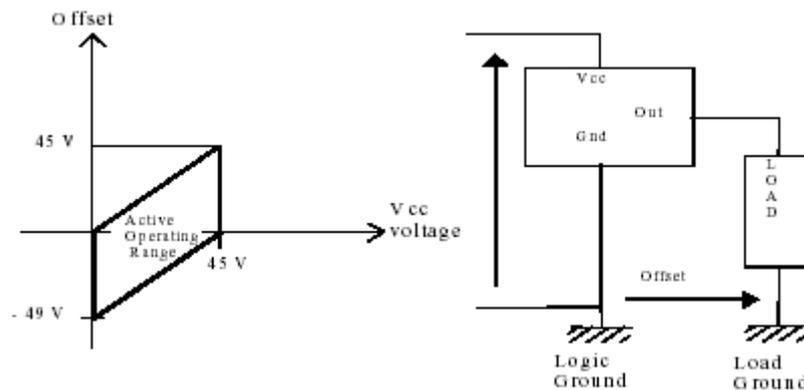


图 3 -高端 IPS 地电位偏移定义

3 · 电压尖峰

V_{cc} 或 V_{bat} 上的电压脉冲的描述典型地由上升时间，持续时间和电压源阻抗来定义。例如，在 IR 欧洲版本中一个典型的案例里，正向脉冲有如下特征描述： $V_p = 100\text{ V}$ ， $t_r = 1\text{ ms}$ ， $T_d = 50\text{ ms}$ ， $R_i = 10$ ；负脉冲的持续时间较短： $V_p = 100\text{ V}$ ， $t_r = 1\text{ ms}$ ， $T_d = 2\text{ms}$ ， $R_i = 10$ 。

两种脉冲表明了感性效应的存在：关断与器件串联的电感上的电流时，就会产生正脉冲；关断与器件并联的电感负载上的电流，就会产生负脉冲。

3-1 低端 IPS

正向脉冲

对于低端开关，当 V_{cc} 电压超过 V_{clamp} 时， V_{pulse} 与 V_{clamp} 之间的电压差启动负载，从而防止电流回注入微处理器。

负向脉冲

负脉冲通过体二极管导通，也可以启动负载。一个反偏保护指示有助于防止电流回注入微处理器（图 4b）。

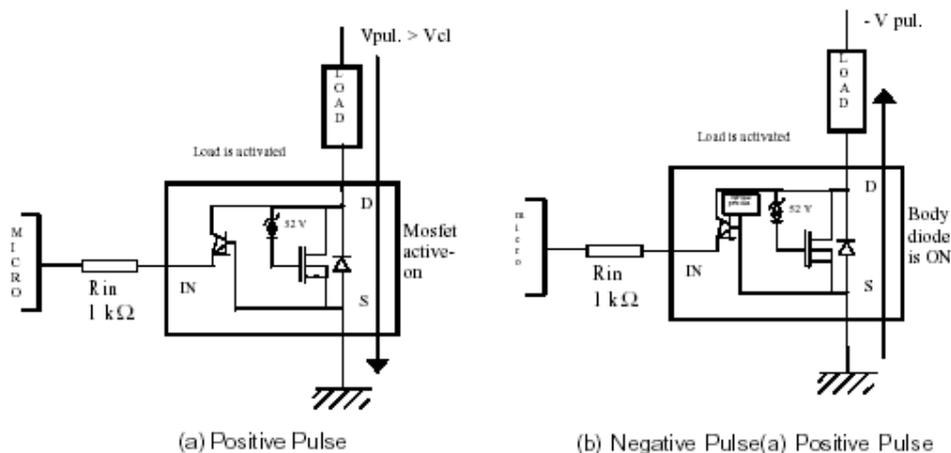


图 4-低端 IPS 有正负脉冲期间的电流通路

3-2 高端 IPS

对于 V_{cc} 上的正脉冲或负脉冲，也许有必要加一个齐纳二极管来补偿高边 IPS 器件内部电路有限的功率耗散能力。（见图 5）

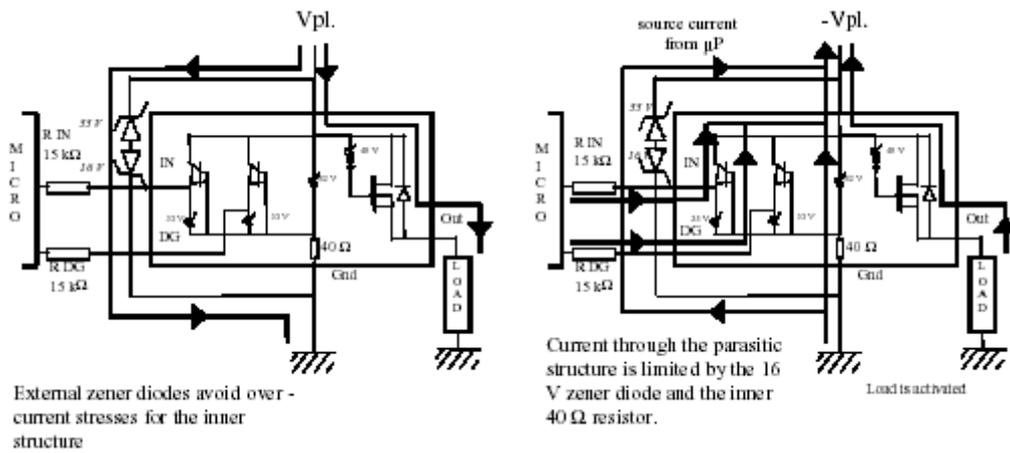


图 5-高端 IPS 有正负脉冲期间的电流通路

3-3 以 Vcc 为参考输入的高边 IPS

对于以 Vcc 为参考输入的高边开关，如 IPS 5551T，在 Vcc 和 IN 之间必须加一个齐纳二极管，如图 6 所示，这是为了限制流入和流出微处理器的电流。不论有正脉冲还是负脉冲，负载始终处于工作状态。

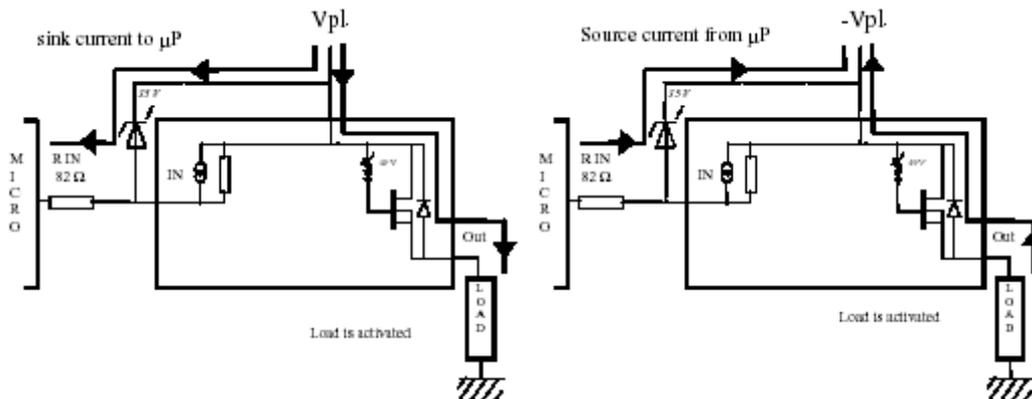


图 6 在输入端串接电阻限制电流时，外加齐纳二极管保护输入脚

4 · 电池反接

4-1 低端 IPS

如果电池反接，电流将通过处于正向偏置的体二极管，启动负载。在这种情况下，必须对结温进行评估，因为几秒钟后二极管的功耗会将结加热到一个高的温度。

一个内置的反向偏置保护电路会防止该电流回流向微处理器。

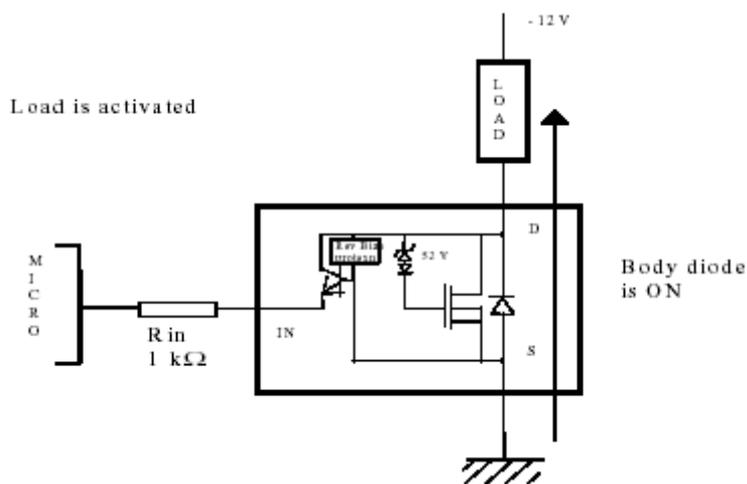


图 7-低端 IPS 电池反接期间的电流通路

4-2 高端 IPS

串接在地线返回处的肖特基二极管用来防止负向偏置（图 8）。通过体二极管可以驱动负载工作，但必须评估结温升（由于二极管功耗）。如果负载不能被驱动而工作，Vcc 正端必须串入一只功率肖特基二极管。（可以用一个低 Rds(on) 的 IPS 代替肖特基二极管以减小电压降。）

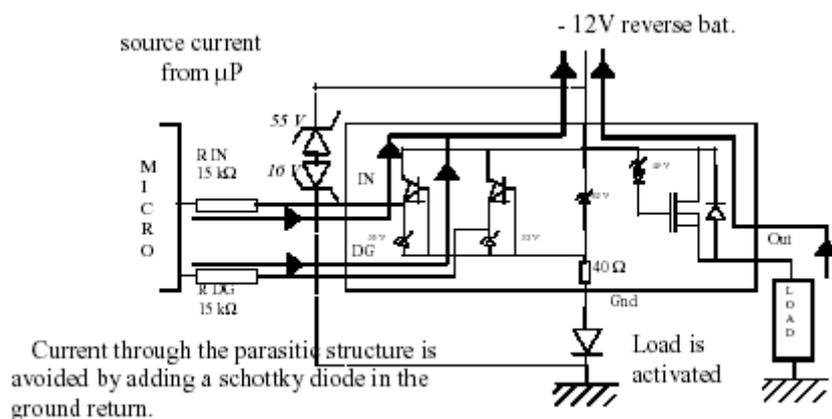


图 8-高端 IPS -14V 电池反接期间的电流通路

4-3 以 Vcc 为参考输入的高边 IPS

在输入端串入一个肖特基二极管用来防止负向偏置（图 9）。（选择小功率肖特基二极管比较合适）。同样，负载通过体二极管被驱动。

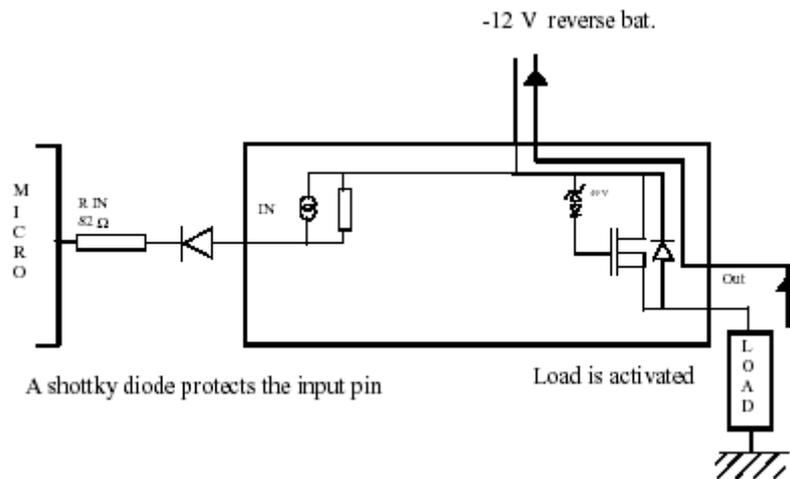


图 9-无地线高边 IPS -14V 电池反接期间的电流通路

5 • 电池断线

如果在驱动一个电感负载时电源断开，电流必须找到替代路径。然而，由于低端开关和以 Vcc 为参考输入的高端开关不能提供任何消磁通路，电池断线导致的后果将和‘电池反接’相似。

然而对于高端 IPS，负载电流将会流过内部二极管和 40Ω 电阻。为了保护此电阻（它只能承受 0.4 的电流），有必要用如图 10 里一只齐纳二极管 (DZ1) 和一只二极管 (D2) 串联来附加一条替代的电流通路。

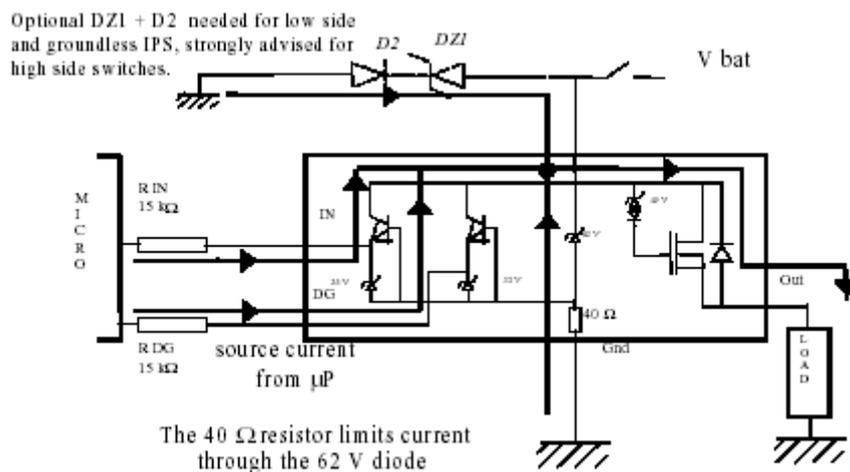


图 10-高端 IPS 电池断线时的电流通路

6 · 负载陡降能力

负载陡降指在交流发电机满功率输出的时候电池断线。我们通过描述 V_{cc} 来定义负载陡降值，用最高峰值电压，上升时间，持续时间和电压源阻抗来描述负载陡降时的 V_{cc} 。例如，在我们的欧洲版本中，典型的负载陡降值是： $V_p = 37\text{ V}$ ， $T_r = 10\text{ ms}$ ， $T_{on} = 200\text{ ms}$ ， $R_i = 2$ 。

一个总的原则，IPS 的额定 V_{cl} 必须在负载陡降电压之上（防止电流回流至微处理器）。负载陡降过电压保持低于 V_{cl} ，在开关关断时就不会出现问题。而在开关开通时，功耗增加 ($R_{dson} \times I^2$ 负载陡降)，结温上升，必须对 T_j 进行评估。

如果要求系统在负载陡降期间仍然工作，则漏极电流必须始终低于 I_{sd} 。

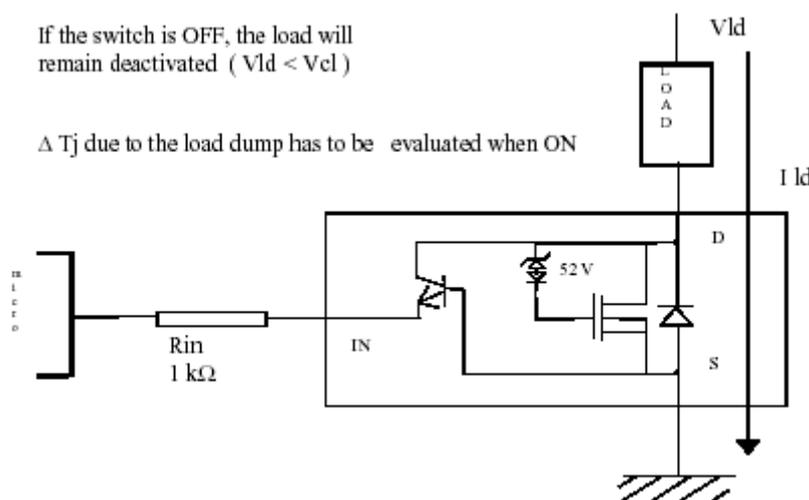


图 11-低端 IPS 负载陡降时的电流通路

7 · 结论

本计指南深入讲解了 IPS 在汽车应用环境中的工作情况。有关这类器件所具有的基本保护特点，请参阅设计指南 DT99-4。设计提示 DT99-5 讲解 IPS 器件的开关能力和故障诊断功能。

IR Xi' an Application Centre