

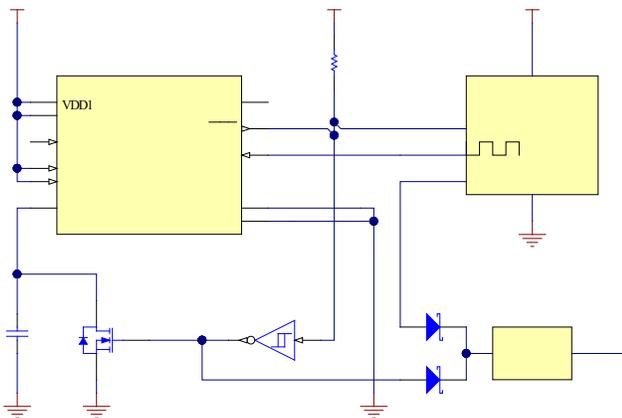
BCM 中的开路负载检测和跛行模式功能

Henry Zhou, SEM



跛行回家功能（limp home function）是车身控制器（Body control module）一项非常关键且重要的功能。它的作用是保障汽车在行驶过程中，当车身控制器突然发生故障，系统无法正常工作的情况下，跛行回家功能（limp home function）可以产生一个不需要微处理器参与的硬件信号即跛行回家信号（Limp Home Signal），跛行回家信号可以直接控制硬件，使车灯，车门，雨刮器等关键功能可以正常工作，确保汽车可以安全开回家或到附近的维修点。

Figure 1. Limp home function Schematic



跛行回家功能（limp home function）的工作原理是用硬件方案检测车身控制器的软件运行状态，一旦发现软件运行有误时，跛行回家功能（limp home function）就会立即产生一个高电平信号。利用 TI 的看门狗器件 TPS3430-Q1 可以设计一个有效且稳定的跛行回家信号产生电路（limp home）如上图 Figure 1。TPS3430 是一个带窗口的看门狗，有效的喂狗信号必须是在给定的时间窗口范围内进行，否则就会触发 WDO 输出低电平。WDO 通常接 MCU 的 RESET 引脚，WDO 输出低电平，可以使系统重启或锁死。U2 是一个反相器，它的作用是把 WDO 的低电平信号转换为高电平信号用来驱动功率高边开关 HSS。D1 和 D2 的作用是，只要 LH 和 EN_HSS 两个信号中的一个为高电平，就可以打开高边功率开关。Figure1 的工作如下。

当系统软件运行正常时，WDI 脚会收到正常周期的喂狗信号如 300mS 的方波信号。WDO 就会一直保持高电平输出，不会复位。一旦系统发生错误，喂狗信号的周期就会变化，如大于 300mS 或小于 300mS，甚至没有喂狗信号，这时 WDO 脚就会从高电平变成低电平，表示系统软件发生故障。

从测试的波形可以看到，一旦喂狗信号的周期错误，LH 的高电平信号就会立即产生，即由正常的低电平变为高电平，同时状态被 Q1 永久锁死，这个高电平信号就可以用来使能车灯，雨刮等，不需要 BCM 内的微处理器参与。Q1 的作用是锁死 TPS3430-Q1 的 CRST 脚为低电平，使 TPS3430-Q1 不再复位。

Figure 2. Limp home signal testing waveform

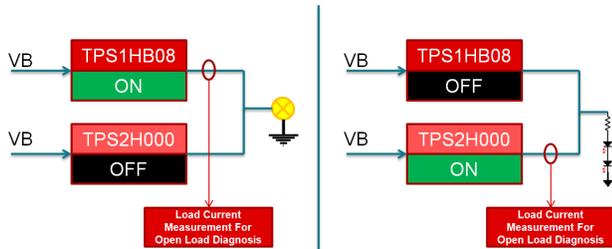


要想解锁 LH 信号，就需要整个系统重新上电或者单独对 TPS3430 重新上电。这个设计是灵活的，可以在 WDO 这个信号上串入计数电路，让它经过 3~5 次故障再进入跛行回家模式（limp home），也可以在 TPS3430 的电源输入端加上开关，通过控制 TPS3430 的电源重新上电，让系统自动脱离跛行回家模式（limp home）。

负载开路诊断 (Open Load Diagnose) 是车身控制器 (Body control module) 一项非常关键且重要的功能。它的作用是保障汽车在行驶或停止的状态下, 车身控制器可以对其负载, 比如车灯、雨刮电机等进行开路诊断。对负载进行开路诊断是高边功率开关的一项重要功能。负载开路诊断主要是通过测量流过功率开关的电流实现的, 通常高边功率开关都集成了负载电流的诊断功能。负载开路诊断可以在负载打开时进行, 也可以在负载关闭时进行。负载开路检测不仅有利于安全驾驶, 更有利于保养和维修。

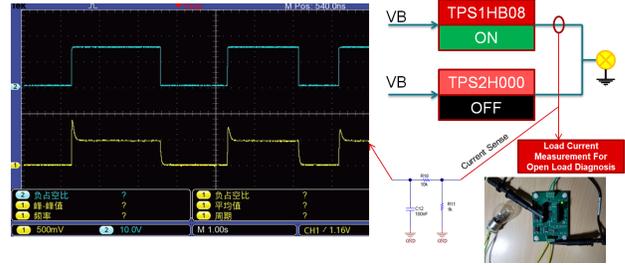
市场上不同厂商的功率开关也都有此项功能, 但随着 LED 车灯的流行, OEM 要求一个车灯驱动器既要兼容负载是灯泡的大电流诊断, 也要兼容负载是 LED 灯的小电流诊断, 市场上的传统高边开关很难做到两者兼容, 大部分高边开关不支持 300mA 以下的电流诊断。这里我们将介绍 TI 的方案, 既能诊断负载是传统灯泡的大电流如大于 10A 的电流, 也能诊断负载是 LED 的小电流, 如大于 5mA 的电流。它是通过并联一个高 RDS_ON 的高边功率开关和一个低 RDS_ON 的高边功率开关实现的。如下图 Figure 3

Figure 3 Limp home function Schematic



当需驱动负载是灯泡等大电流负载时, 可以通过软件把高 RDS_ON 的高边开关 TPS2H000 关闭, 此时驱动, 诊断等功能都由低 RDS_ON 的功率高边开关 TPS1HB08 完成, 测试结果如下图 Figure 4 所示。

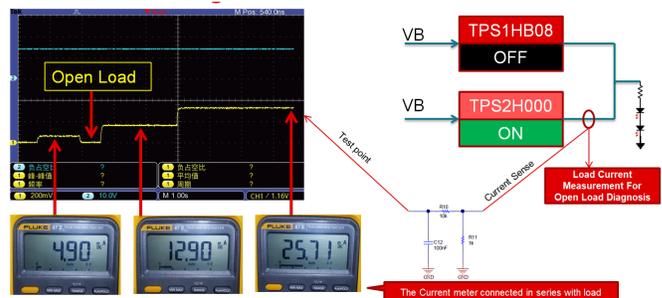
Figure 4 The Bulb current measurement



负载是 21W 的灯泡, 示波器的黄色波形是高边开关 TPS1HB08 的电流反馈脚 CS 的电压。当负载灯泡打开时, CS 脚的电压是 500mV, 当负载灯泡关闭时, CS 脚的电压是 ~0mV, 这样的电压测量结果很容易用 10 位或 12 位的单片机 ADC 判断是否发生了负载开路。

当需驱动负载是 LED 灯等小电流负载时, 如功率小于 3W 或电流小于 300mA 的 LED 灯, 就可以通过软件把低 RDS_ON 的高边开关 TPS1HB08 关闭, 此时驱动, 诊断等功能都由高 RDS_ON 的功率高边开关 TPS2H000 完成, 测试结果如下图 Figure 5 所示。

Figure 5 The LED current measurement



电流表是串在负载的回路中, 示波器的黄色波形是高边开关 TPS2H000 的电流反馈脚 CS 的电压。当切换不同的 LED 灯, 负载电流分别为 4.9mA, 12.9mA, 25.7mA 时, 用示波器从功率开关 TPS2H000 电流反馈脚 CS 测得的电压分别是 ~65mV, ~160mV, ~330mV。这个精确度可以让 12 位或 10 位的单片机 ADC 很容易地判断是否发生了负载开路。

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性及其可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及ti.com.cn上或随附TI产品提供的其他可适用条款的约束。TI提供所述资源并不扩展或以其他方式更改TI 针对TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122

Copyright © 2020 德州仪器半导体技术（上海）有限公司