



Shreyas Dmello, Eric Hartigan

摘要

本应用手册介绍了使用 TPS1HC100-Q1 100mΩ 汽车类高侧开关的小型、易于封装的配电板的设计过程。该板为多个低功率 ADAS 负载供电，例如加热器、电机和 LED 灯条，每个负载需要小于 2A 的直流电流。该板通过外部独立应用进行通信，可以控制多个负载并从中接收信息。负载由传感器触发，传感器会通知车辆是否有物体与其距离过近。TPS1HC100-Q1 可实现精确的电流感测和电流限制以驱动这些负载，此外，它还采用节省空间的 14 PWP (HTSSOP) 封装。

内容

1 引言.....	2
2 汽车仪表板和 ADAS 负载.....	3
3 构建 TPS1HC100 配电板.....	5
4 嵌入式系统概览.....	6
5 在参考设计中应用 TPS1HC100 配电板.....	10
6 原理图.....	11
7 布局.....	13

插图清单

图 2-1. 一些传统的低功耗汽车仪表板负载示例.....	3
图 4-1. 软件方框图 (iOS 主机).....	6
图 4-2. 流程图 (距离检测).....	7
图 5-1. 参考设计方框图.....	10
图 6-1. TPS1HC100 配电板顶层的原理图.....	11
图 6-2. 输入电源块原理图.....	11
图 6-3. LaunchPad 接头模块原理图.....	11
图 6-4. TPS1Hc100-Q1 通道器件原理图.....	12
图 7-1. TPS1HC100 配电板 PCB 顶部.....	13
图 7-2. TPS1HC100 配电板 PCB 底部.....	13

表格清单

表 3-1. 集成电路.....	5
表 4-1. 方向盘服务 (0x1987).....	7
表 4-2. 传感器距离服务 (0x0519).....	7

商标

iPad® is a registered trademark of Apple, Inc.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

汽车负载包括宽功率范围内的各种电阻性、电容性和电感性负载。从前照灯白炽灯到牵引逆变器再到车载充电器，统一的要求是驱动这些负载的器件符合 **AEC-Q100** 标准。汽车行业的一大推动力是增加可向用户提供更多车辆状态信息的驾驶辅助系统的数量。这样的系统利用不止一种反馈给用户的方法，如触摸、声音和视觉，以提供快速反馈，因此有助于提高汽车的安全性和操控性。这些负载通常称为 **ADAS** 负载或 **高级驾驶辅助系统** 负载。在电路中，用来驱动负载的开关至关重要。开关可以放置在电路的高侧（例如，电源和负载之间）或低侧（例如，负载和地之间）。通常首选高侧开关，因为它不会使负载处于关闭状态。这一点至关重要，因为常见的用例故障模式是意外接地短路，如果短路发生在低侧开关之前，则开关无法防止此事件。因此，高侧开关放置在更靠近电源的位置，而下游负载通常离控制单元或开关板更远。开关的一项关键功能是保护负载和电源免受彼此影响。

TI 高侧开关集成了基于 **NMOS** 的功率 **FET** 以及各种保护功能，以支持开关非板载负载。TI 的高侧开关产品组合包括导通电阻高达 $1\ \Omega$ 和低至 $8\text{m}\ \Omega$ 的器件。用户可根据所需的保护功能和负载的功率要求选择合适的器件。

TPS1HC100-Q1 是一款 $100\text{m}\ \Omega$ 高侧开关，在单个器件中集成了用户设置的电流限制和高精度电流感测输出等保护功能，适用于具有 **12V** 标称电压的系统。借助电流感测功能，用户可以即时获取有关器件状况和流入负载的功率的反馈，而无需具有更大额定功率的传感器或放大器。借助电流限制功能，用户可以通过将易受高电流事件影响的负载钳位到用户设定值来驱动这些负载。搭配器件集成的热保护功能，可以在需要（例如，长时间故障事件）时自动关闭电源路径。该开关还能够保护负载免受浪涌事件（例如高达 **35V** 的负载突降）的影响。

TPS1HC100-Q1 还集成了一个系统，该系统使用 **DIAG EN** 引脚的输入来跟踪 **MCU** 电压，从而不会输出超出 **MCU** 或控制器可安全处理的范围的电压（例如在故障事件期间）。有关 **TPS1HC100-Q1** 的更多信息，请参阅 [此处](#) 的数据表。有关高侧开关的 [高精度电流感测](#) 和 [高精度电流限制](#) 的更多信息，请参阅相应的应用手册。

2 汽车仪表板和 ADAS 负载

高级驾驶辅助系统的理念是充分利用用户的多种感官输入。用户和/或驾驶员是目标受众，因此负载通常是功率较低的系统。仪表板和 ADAS 负载可以涵盖分别利用听觉、触觉和视觉功能的蜂鸣器、电机和照明仪表组警告。集成到车辆中的所有负载并非都以安全为目标。集成方向盘加热器和转向柱运动电机或踏板运动电机等负载的目的是提高驾驶员的舒适度和整体易用性。测量仪器照明仪表组等一些系统可以执行双重功能，既可以增加车内照明来提高舒适度，也可以对外部传感器刺激做出响应。因此，ADAS 和仪表板负载本质上可以是电阻性、电容性和电感性的。TPS1HC100-Q1 高侧开关可与电阻性、电容性和电感性负载兼容，专为驱动低功率 ADAS 负载量身定制。这些负载的示例如图 2-1 中所示



图 2-1. 一些传统的低功耗汽车仪表板负载示例

电阻性负载

电阻性负载是高侧开关最常见的负载。它们是非常简单的驱动负载，因为此类负载是线性系统。常见的电阻性负载是方向盘加热器。将一个长电阻线圈放置在方向盘周围，或者将电阻元件贴片放置在某些接触点上。当电流通过这些线圈或元件时，它们会根据直流电流的平方乘以元件的指定电阻而升温。系统的电压是已知的并且元件的导通电阻已指定，因此通过线圈的电流很容易使用欧姆定律计算得出。

在这种情况下，使用像 TPS1HC100-Q1 这样的 TI 高侧开关益处颇多，不仅因为其内置的电流限制保护功能，而且更多是因为系统集成的高精度电流感测功能。该系统测量流经功率 FET 的电流，并使用内部电流镜，通过器件的 SNS 引脚输出成比例的电流。使用从 SNS 引脚到 GND 的精确感测电阻，可以将此成比例的电流输出转换为可测量的比例电压信号。然后可以将该电压读入控制器或 ADC 并执行进一步处理。

充分利用该系统的一个应用示例是改变方向盘加热器散发的热量。加热器最初可以保持在直流开启状态，以将方向盘加热到舒适的温度，一段时间后，可以对开关进行 PWM 控制，以降低流过加热器的平均电流。然后，准确的电流感测能够告诉控制器温度是多少以及系统中是否存在任何故障。所有这些都是在不需要专用电流感测电路的情况下执行的，从而节省了宝贵的 PCB 空间。

电容性负载

TI 的高侧开关产品（如 TPS1HC100-Q1）可用于驱动大容量负载和保持电容性负载。扬声器、蜂鸣器、显示器和照明仪表组通常具有较大的输入电容，这是很常见的。根据连接到电池电压后上电时的上升时间，可能会在这些

系统中看到大浪涌电流，因为电流仅受电缆寄生电感和电阻的限制。浪涌电流可能显著高于系统所需的直流电流，这导致需要使用更长的电缆、更大的迹线和能够处理更大浪涌电流的开关。

TPS1HC100-Q1 通过提供高精度电流限制来规避这些问题。此功能对于在短路事件期间保护负载和电源也很有用，而对于导通电容性负载非常有用。该器件包括一个 **ILIM** 引脚，用户可从该引脚将一个限流电阻器接地。与电流感测系统类似，存在一个内部电流镜，将一部分负载电流推出引脚并流过该电阻器。当该引脚上的电压高于电流限制的内部阈值时，器件从线性工作模式转为电阻模式，以将电流保持在指定值。限流电阻的大小与器件达到限制的值有关。

这方面的一个应用示例是导通电容式显示器或照明仪表组。在导通过程中不会出现大的浪涌尖峰，通过器件的电流保持恒定，并且随着电容器充电，输出电压缓慢上升。这样就可以针对较低电流设计内部布线、迹线宽度和 **PCB** 面积。在要充电的电容器非常大的情况下，或者如果存在更像是对 **GND** 短路的故障，器件会将电流限制在设定的水平。由于这涉及到 **FET** 上的功耗，器件会发热并最终达到热关断，从而关闭器件并保护系统。

电感性负载

电感性负载是以磁场的形式存储能量的负载。这些负载对于高侧开关非常常见，尤其是在大功率系统中，因为将开关板连接到非板载负载的电缆长度通常具有足够的寄生电感以保持高能量。对于 **ADAS** 系统，功率级别较低且电缆长度不足，因此电机和继电器等专用电感性负载尤其值得关注。

电感器会尝试阻止流过它的电流发生任何变化。这意味着在导通事件期间，电感器将导致充电和开启速度变慢。一旦达到直流电流，电感器就被视为一个小的电阻元件。该问题出现在电感性负载发生关闭事件期间。即使开关已关断，电感器也会再次阻止流过它的电流发生变化。存储在电感器内的磁能转化为势能，并在电感器上产生很大的瞬态电压。因此，开关输出端会出现很大的非稳压电压尖峰，这可能会损坏开关。

TI 高侧开关（如 **TPS1HC100-Q1**）能够经受住此类事件带来的考验。关断电路后，高侧开关输出端的电压瞬间开始下降。该器件在 **FET** 的漏极和源极之间集成了一个电压钳位，以保持主动放电路径，感应电能可以通过该路径进行去磁。因此，压降被调节至钳位电压，并且在系统中看不到较大负尖峰。电流能够通过钳位再循环，能量以热量的形式耗散。这种集成钳位意味着不需要反激式或大功率再循环二极管，从而节省了电路板空间和 **PCB** 成本。

有关驱动电阻性、电容性和电感性负载的更多信息，请参阅[此处](#)的应用手册。有关为 **TPS1HC100-Q1** 设置电流限制和电流感测电阻器的更多信息，请参阅[此处](#)的数据表。

3 构建 TPS1HC100 配电板

表 3-1 描述了用于构建 TPS1HC100 配电板的集成电路，并简要介绍了它们的用途。

表 3-1. 集成电路

器件型号	数量	用途
TPS1HC100-Q1	8	用于 2A 最大负载的高侧开关，每个
TPL0102	8	为每个 TPS1HC100-Q1 设置唯一的 RSNS、RILIM
TCA9539-Q1	1	IO 扩展，控制每个 TPS1HC100-Q1 的 DIA_EN、LATCH
TPS629210-Q1	1	将电池电压转换为 3.3V 系统 VDD

TP1HC100 配电模块由 4-2oz 铜层构成，具有 FR4 内核和 PP-006 半固化片。选择 2oz 铜以减少电源路径 (VBB 和 GND) 中的电流拥挤效应。GND 被构造为内部平面层，以便于布线和电流分配，而 VBB 在顶层和底层被布线为多边形以最大限度地减小路径阻抗。GND 和 VBB 信号都利用过孔拼接来缓解层更改期间的瓶颈。另一个内层专门用作 VDD 的平面，以减轻布线限制。最后，顶层主要是一个低电流信号层，用于将 IO 信号从 CC2652R7 LaunchPad 扇出到外围 IC。随着顶层空间变得有限，额外的低功耗信号通路被移至 VDD 平面和底层。IC_GND 以多边形覆铜的形式在顶层布线，以提供热质量来散发每个 TPS1HC100 器件产生的热量。

配电模块上共有 18 个集成电路。8-TPS1HC100-Q1 用于驱动 8 个负载，每个负载具有高达 2A 的直流电流。每个 TPS1HC100-Q1 都与一个支持 TPL0102 2CH I2C 的数字电位器配对。8 个 TPL0102 中的每一个都用于设置 RSNS 和 RILIM，以代替分立式电阻。这样就可以在给定通道需要新负载的情况下使用软件可控电阻。RSNS 和 RILIM 可以在软件中调整大小以更适合所应用的任何负载。TPL0102 有 3 个地址引脚，以避免 I2C 总线上的地址冲突。放置了一个 TCA9539-Q1 I2C-GPIO 扩展器以在 CC2652R7 Launchpad 和每个 TPS1HC100-Q1 之间提供额外的数字 IO。TCA9539-Q1 通过 I2C 总线进行通信以设置或读取其 16 个 IO 引脚中的任何一个。在这种情况下，所有 IO 引脚都设置为输出，以控制每个通道的 DIAG_EN 和 LATCH 引脚。这些引脚通常没有严格的时序要求，因此发送 I2C 事务的时间不会显著影响系统性能。相比之下，EN 引脚直接连接到 LaunchPad，以实现更精确的时序/PWM 控制。

最后，使用 TPS629210-Q1 1A 可调节 VOUT 降压转换器为 TCA9539-Q1、8-TPL0102 和 CC2652R7 LaunchPad 提供 3.3V 电压。在线性稳压器上选择了降压转换器，以降低电压转换中的损耗。例如，系统的空闲电流消耗为 30mA。假设 TPS629210-Q1 的效率为 90%， $P_{LOSS} = P_{IN} - P_{OUT} = P_{IN} - 0.9 * P_{IN} \dots P_{LOSS} = 0.1 * P_{IN} = 0.1 * (12V * 0.03A) = 36mW$ 。将此结果与 LDO 进行对比，其中功率可近似为 $P_{LOSS} = (V_{IN} - V_{OUT}) * I_{IN} = (12V - 3.3V) * 0.03A = 261mW$ 。

TPS1HC100-Q1 直接由汽车电池/直流电源供电。所有其他 IC 和启动板通过 TPS269210-Q1 3.3V 输出接收电力。该输出电平还决定了系统中的逻辑电平和 FLT 电压电平。TI LaunchPad 配有 2 组 100mil 接头。TPS1HC100 配电模块上放置了一组相匹配的接头，以为发送给/来自每块板的所有信号创建一个干净的接口。每个 TPS1HC100-Q1 和 CC2652R7 LaunchPad 之间必须传递五个信号 - EN、DIAG_EN、LATCH、FLT 和 SNS。各信号之间的接口如下：

1. EN: LaunchPad 数字 IO 设置为 OUTPUT
2. FLT : LaunchPad 数字 IO 设置为 INPUT
3. DIAG_EN : TCA9539-Q1 数字 IO 输出，由 LaunchPad 控制的 I2C 总线
4. LATCH : TCA9539-Q1 数字 IO 输出，由 LaunchPad 控制的 I2C 总线
5. SNS : LaunchPad 模拟输入 (ADC)

EN 和 FLT 直接连接到 LaunchPad，因为这些信号对时间要求极为严格。例如，用户可能希望使用脉冲宽度调制的 EN 信号来控制其负载，这在 I2C 总线上无法实现。此外，FLT 可用于触发中断。使用 uC 上的数字边缘而不是 I2C 事务进行检测速度会更快。最后，将 SNS 连接到 ADC 输入，因为它是模拟信号

4 嵌入式系统概览

在参考设计系统中，在外设模式下使用了一对不同的无线微控制器。方向盘上使用 CC2652R7 ARM Cortex-M4F 微控制器来控制和配置 TPS1HC100B-Q1 高侧开关系列。CC2652R7 为主机广播一组 BLE 服务/特性以供操作和配置。对于连接到模型车的距离传感器，按比例缩小的 CC2651P3 ARM Cortex-M4F 微控制器用于连续测量传感器阵列的电流并将读数报告给 BLE 主机。该系统中的 BLE 主机是标准 Apple iPad®，运行带有 CoreBluetooth 后端的简单 Swift 应用程序。iOS 应用程序充当系统的中央大脑，从 CC2651P3 读取传感器值，执行分析/处理以确定对象的距离，然后在发生警报事件时向方向盘上的 CC2652R7 微控制器发出警报。该系统嵌入式部分的方框图如图 4-1 所示。

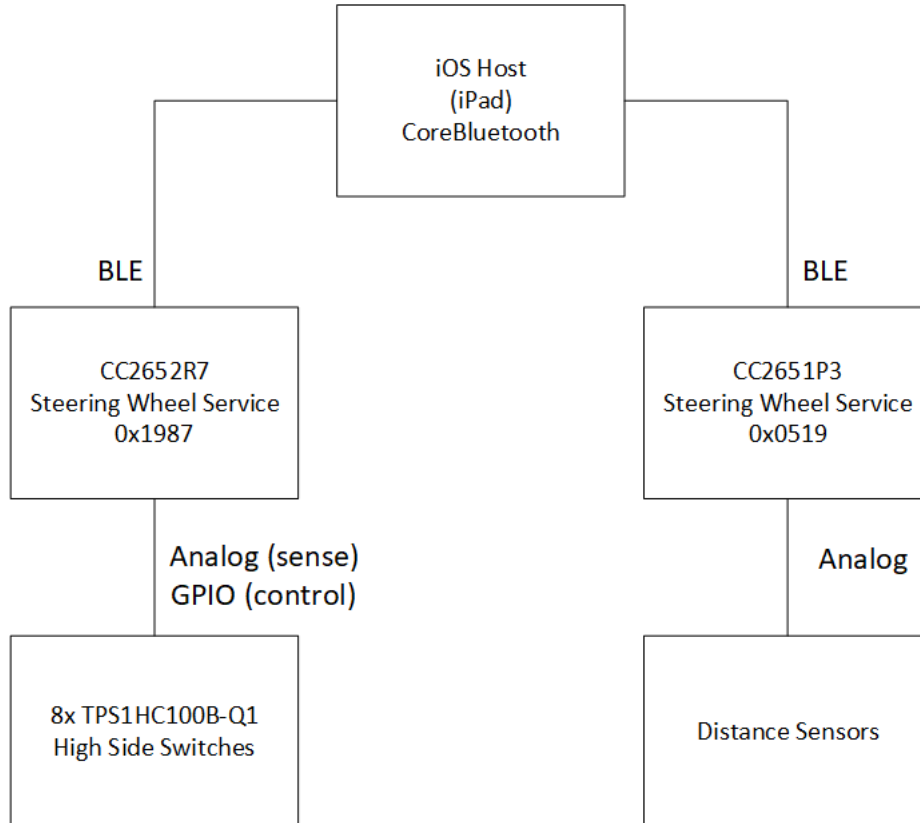


图 4-1. 软件方框图 (iOS 主机)

此外，距离检测的软件流程图如下方的图 4-2 所示。此流程图是从控制 CC2652R7 和 CC2651P3 微控制器的 iOS 主机这个层面加以考虑的。

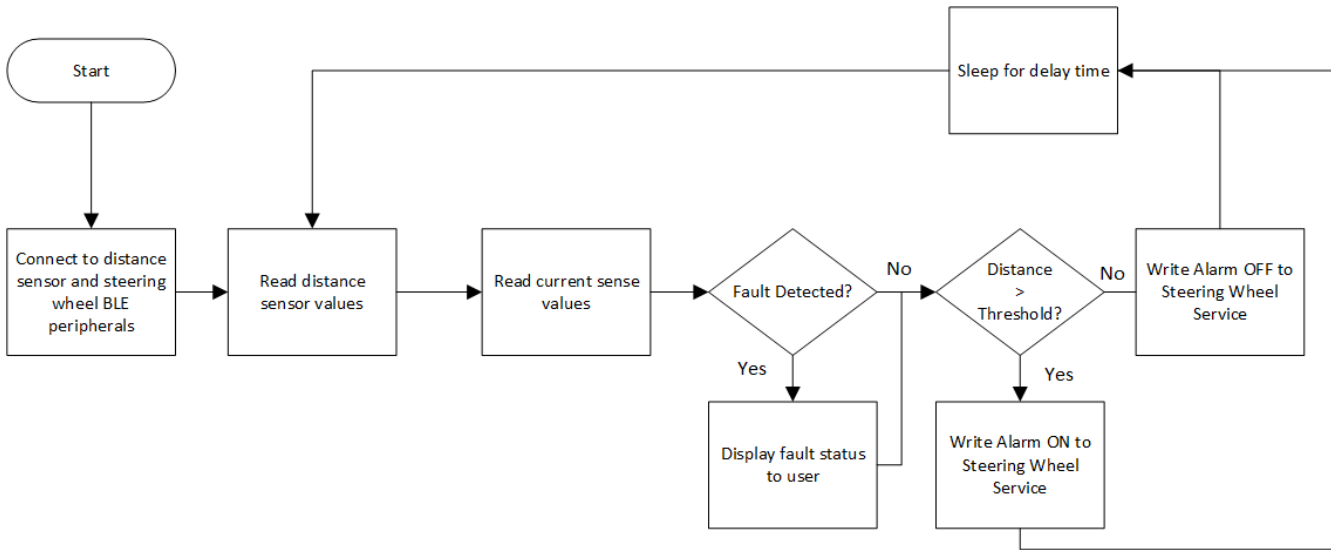


图 4-2. 流程图 (距离检测)

连接在方向盘上的 CC2652R7 通过 BLE 广播具有表 4-1 中所列特性的以下服务。

表 4-1. 方向盘服务 (0x1987)

特性	UUID (十六进制)	格式	说明
传感器警报	0xFFF1	uint8_t	启用/禁用驱动警报负载的值。
传感值	0xFFF2	uint16_t [8]	感测电流的原始 ADC 转换结果
陀螺仪值	0xFFF3	uint16_t [6]	来自 BOOSTXL-SENSORS 的原始陀螺仪值
加热器启用	0xFFF4	uint8_t	启用/禁用方向盘加热器

附在模型车上的 CC2651P3 会广播表 4-2 中所示的服务/特性。

表 4-2. 传感器距离服务 (0x0519)

特性	UUID (十六进制)	格式	说明
传感器距离 1	0xFFF1	uint16_t	左距离传感器
传感器距离 2	0xFFF2	uint16_t	中心距离传感器
传感器距离 3	0xFFF3	uint16_t	右距离传感器

嵌入在方向盘中的 CC2652R7 BLE 微控制器可控制连接到系统的 TPS1HC100B-Q1 高侧开关阵列的所有方面。CC2652R7 包括以下任务：

- 在距离事件中启用/禁用汽车负载的电源
- 连续测量所连接负载的负载电流
- 广播配置 BLE 服务和特性
- 管理来自 BOOSTXL-SENSORS BoosterPack 的附加陀螺仪
- 监控所连接的 TPS1HC100B-Q1 汽车负载的故障状态 (过流、开路负载等)。

CC2652R7 是专为低比例嵌入式系统设计的微控制器，因此 CC2652R7 本身不会执行算法密集型计算或 CPU 繁重的计算。相反，iOS 主机用于执行有关数据处理和距离检测的所有繁重任务。而 CC2652R7 则从 TPS1HC100B-Q1 的电流感测中获取被读取的值，并将它们放在缓冲区中供 iOS 主机读取。为了对连接到系统的

所有八个 **TPS1HC100B-Q1** 器件高效地执行此操作，使用 **SimpleLink SDK** 驱动程序包中的 **ADC_convertChain** 函数执行一系列通道转换。这种转换可以在下面的代码片段中看到：

```

adc[0] = ADC_open(SNS1, &params);
adc[1] = ADC_open(SNS2, &params);
adc[2] = ADC_open(SNS3, &params);
adc[3] = ADC_open(SNS4, &params);
adc[4] = ADC_open(SNS5, &params);
adc[5] = ADC_open(SNS6, &params);
adc[6] = ADC_open(SNS7, &params);
adc[7] = ADC_open(SNS8, &params);

while(1)
{
    ADC_convertChain(adc, sampleBuffer, 8);
    SteeringWheelProfile_SetParameter(STEERINGWHEEL_CHAR2, 16,
                                     &sampleBuffer);
    Task_sleep(1000);
}
    
```

iPad 上运行的 iOS 软件会定期轮询 **STEERINGWHEEL_CHAR2** 中的值，解析出 ADC 转换结果所代表的各种负载电流，然后显示在 iPad 前端以供用户查看。

距离检测本身是在 iOS 主机上使用简单的阈值算法完成的。每个传感器都有一个与其相关联的 *far*、*medium* 和 *close* 阈值。如果从 **CC2651P3** 读取的值超过这些阈值中的任何一个，则会将值 3、2 或 1 写入方向盘中 **CC2652R7 MCU** 的 **STEERINGWHEEL_CHAR1** 特性。这些值对应于应在方向盘系统上触发警报的强度。例如，*close* 值对应于碰撞避免事件，在该事件中，系统将以最大强度在方向盘上触发负载/警报。处理阈值的 iOS 代码片段如下：

```

if(characteristic == leftChar)
{
    let intValue = (UInt16(data[1]) << 8) | UInt16(data[0])

    leftValues[frontPos] = intValue
    leftPos+=1

    if(leftPos == NUM_DIST_VALS)
    {
        leftPos = 0
        leftPassed = true
    }

    var curSum: Int = 0
    for curVal in leftValues
    {
        curSum += Int(curVal)
    }

    let curAvg = curSum / NUM_DIST_VALS

    if(curAvg >= LEFT_THRESH3)
    {
        leftLevel = 3
    }
    else if(curAvg >= LEFT_THRESH2)
    {
        leftLevel = 2
    }
    else if(curAvg >= LEFT_THRESH1)
    {
        leftLevel = 1
    }
    else
    {
        leftLevel = 0
    }
}
    
```

在此片段中，左传感器与一组 *far*、*medium* 和 *close* 距离的阈值进行比较。根据相应的级别，将一个整数值分配给 **leftLevel** 变量。该变量稍后会组合成一个 8 位整数，并在触发警报时写入方向盘的警报特性。另请注意，距离

算法实现了对 **NUM_DIST_VALS** 个值 (默认为五个) 求平均/积分的基本形式。这是为了避免距离传感器的灵敏度导致的任何 **错误触发**。警报的实际编写是使用以下包装器函数中显示的标准 **CoreBluetooth API** 完成的：

```
func writeAlarm(command: UInt8)
{
    if((autoPeripheral != nil) && (autoPeripheral.state == .connected))
    {
        autoPeripheral.writeValue(Data([command]),
                                   for: autoAlarmChar, type: .withResponse)
    }
}
```

5 在参考设计中应用 TPS1HC100 配电板

结合上述嵌入式系统和配电板，可以创建参考仪表板系统，以提供关于 TPS1HC100-Q1 的特性和优势的实时示例。如第 2 节所述，该参考设计使用各种负载来表示面临的不同挑战。该参考设计中的负载是方向盘加热器、触觉电机、蜂鸣器和 LED，它们代表了一大部分的电阻性、电容性和电感性负载。此外，配电板与微控制器一同封装在传统方向盘中。虽然此类系统只能通过移除驾驶员安全气囊和安全气囊点火系统来实现，但这并不现实，这凸显了使用 TI 高侧开关的另一个主要优势，即小 PCB 封装面积和高功率密度。图 5-1 显示了参考设计的方框图。

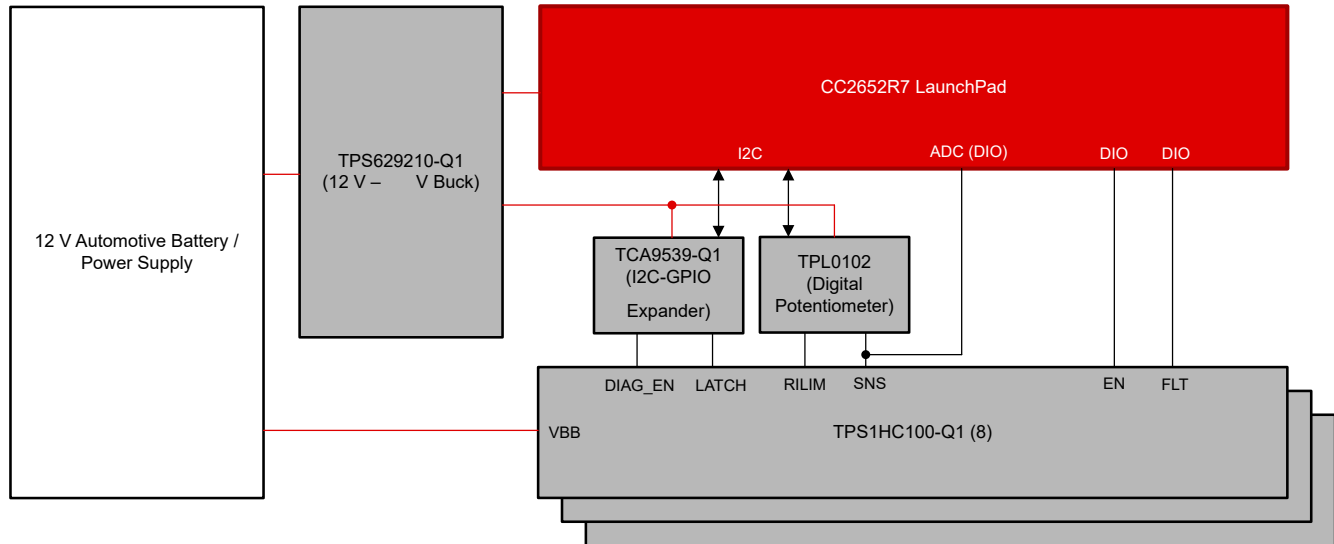


图 5-1. 参考设计方框图

距离传感器并非直接由配电板驱动。虽然可以使用 TPS1HC100-Q1 来驱动这些器件，但此参考设计使用两个独立的电路，它们通过 iOS 主机相互通信。为此，将距离传感器安装在遥控车上，而遥控车可以放置在不同的位置，以触发由配电板驱动的负载的不同响应。将它们安装在遥控车的左前、右前和中前部。传感器数据被发送至辅助 MCU，然后辅助 MCU 将这些数据发送至 iOS 主机。用户还可以使用 iOS 主机手动打开方向盘加热器，因为此负载不会由任何接近警告触发。板载陀螺仪还提供旋转数据，该数据被发送至 iOS 主机，并由实时更新其位置的方向盘表示。

当遥控车上的距离传感器被触发时，接近数据被发送至 iOS 主机。根据感知项的距离和位置，即左侧、右侧或中心，iOS 主机确定需要启用哪组负载以及接近警告的严重程度。严重程度分为三个等级，PWM 频率越高，严重程度越高。最严重的警告会使系统向负载发送直流通信号。LED、蜂鸣器和触觉电机都同时响应这个接近触发器。用户可以轻松解析有关项目位置及其严重性的信息，因为左侧的负载是根据左前传感器的接近度触发的，而右侧的负载是根据右前传感器的接近度触发的。如果左右负载都启用，则意味着接近警告是从正前方的某物生成的。

6 原理图

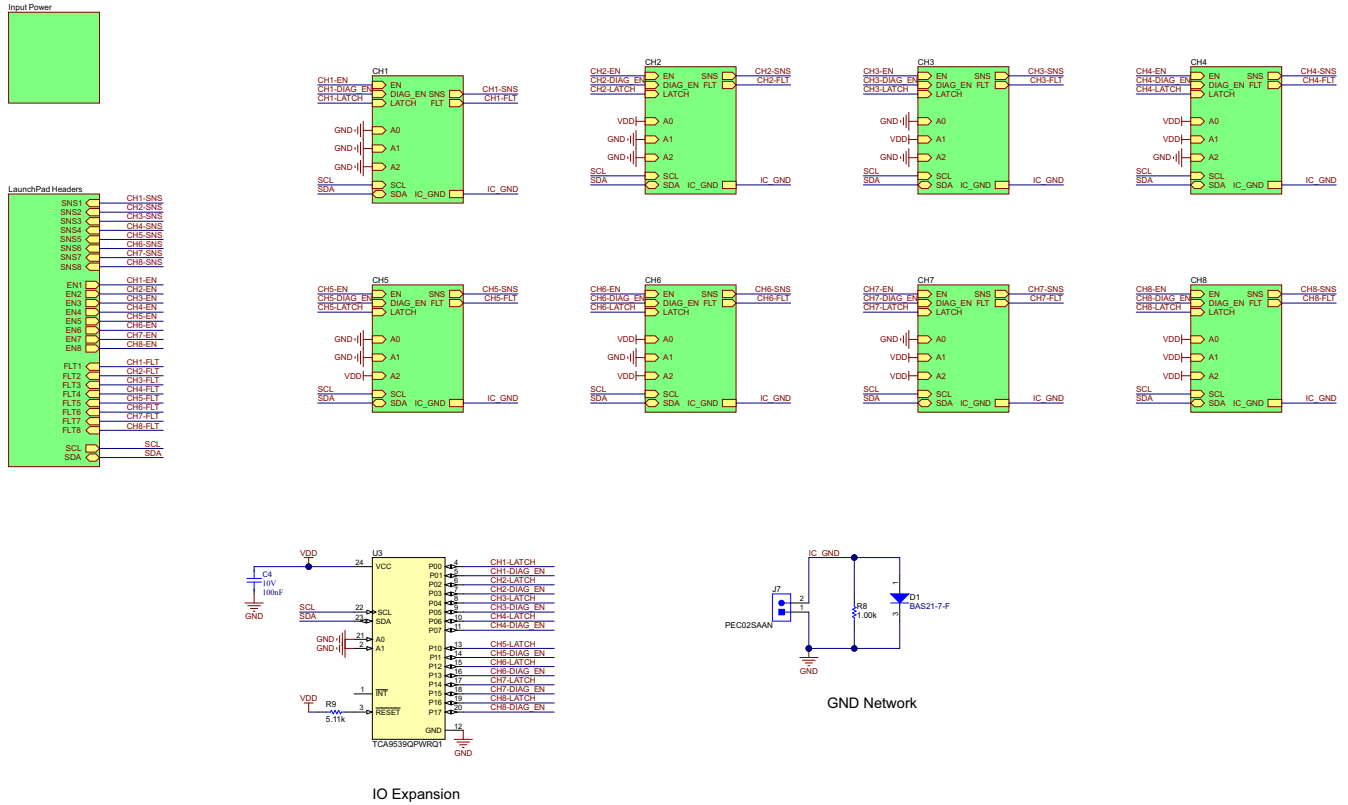


图 6-1. TPS1HC100 配电板顶层的原理图

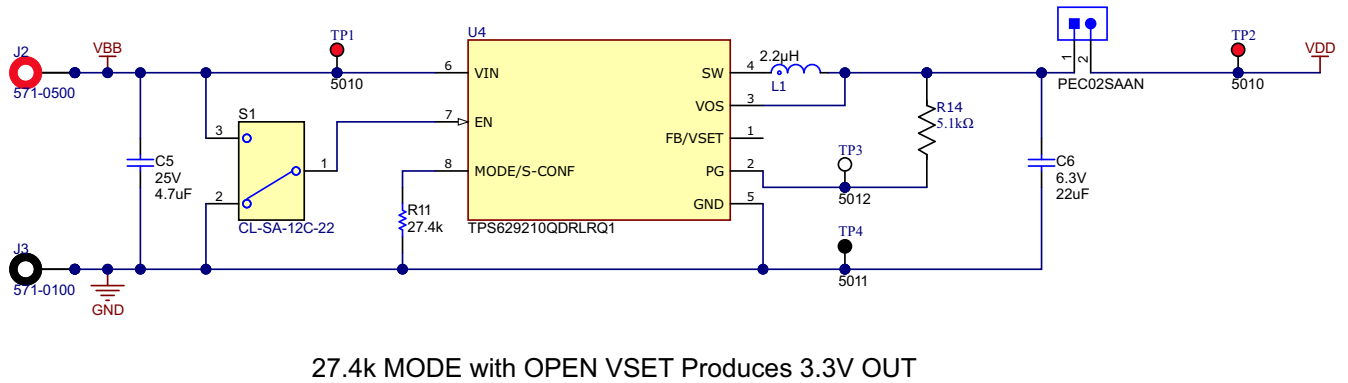


图 6-2. 输入电源块原理图

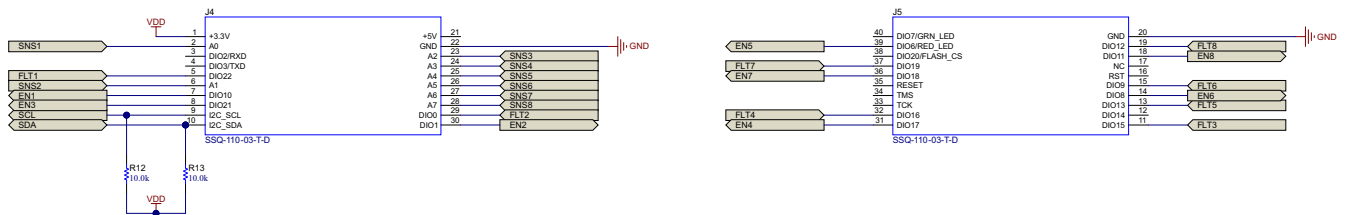


图 6-3. LaunchPad 接头模块原理图

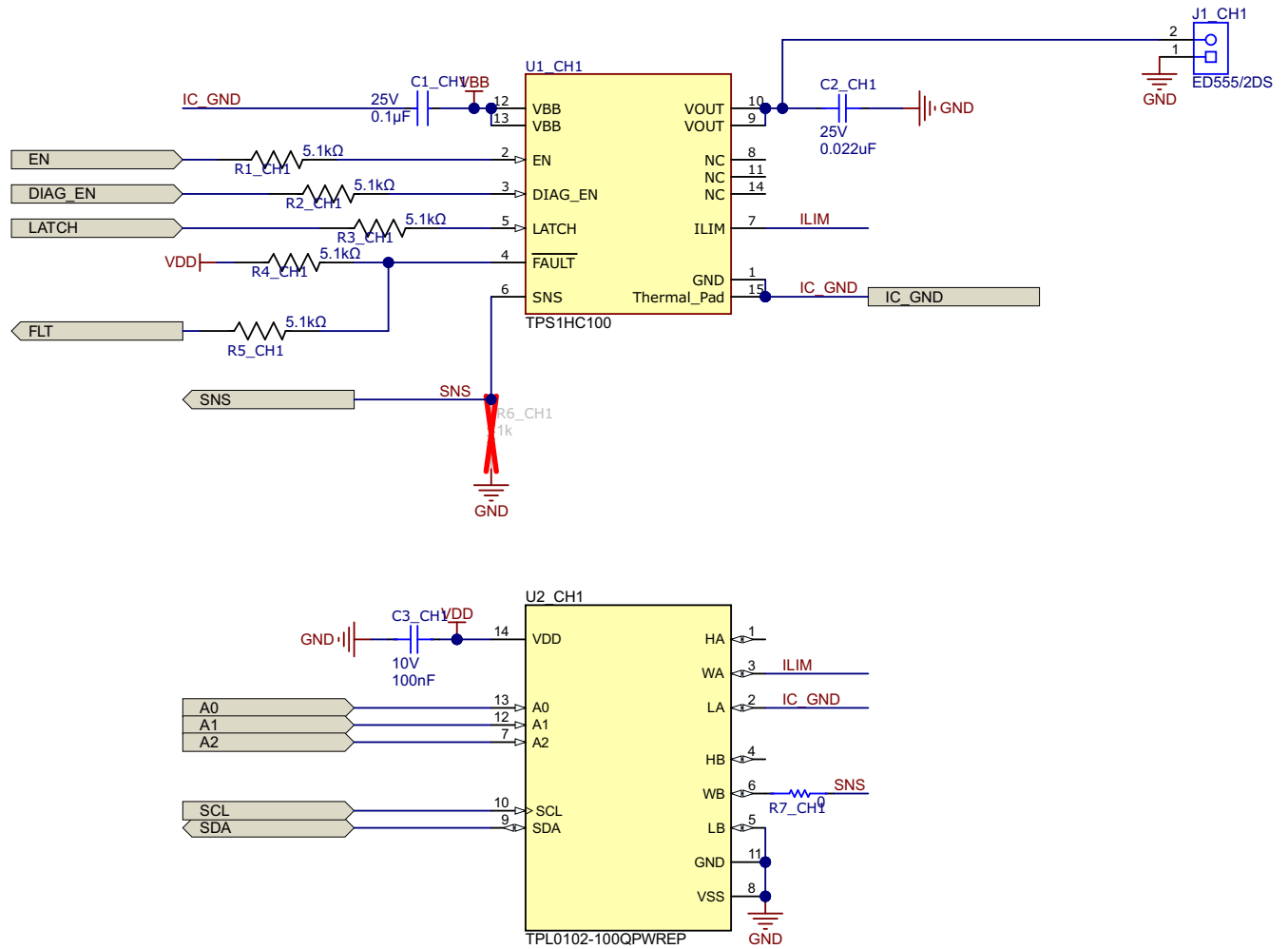


图 6-4. TPS1Hc100-Q1 通道器件原理图

7 布局

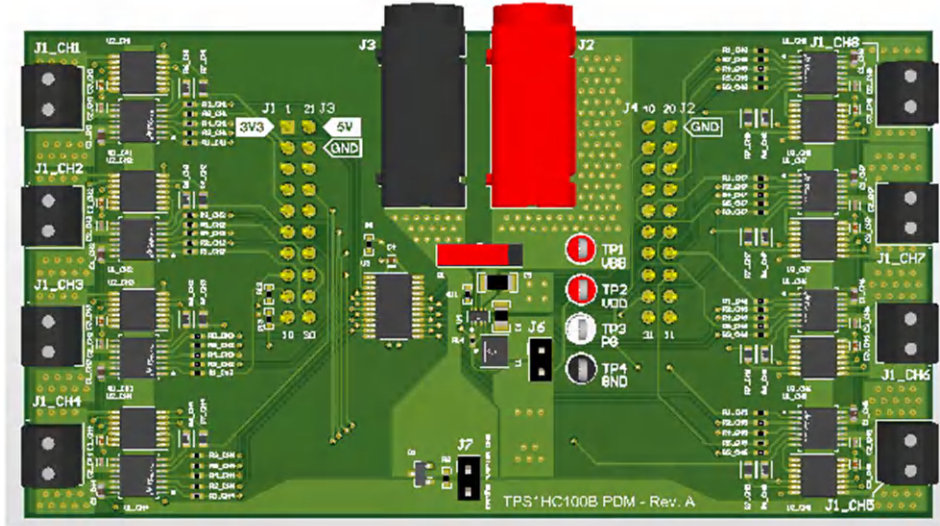


图 7-1. TPS1HC100 配电板 PCB 顶部

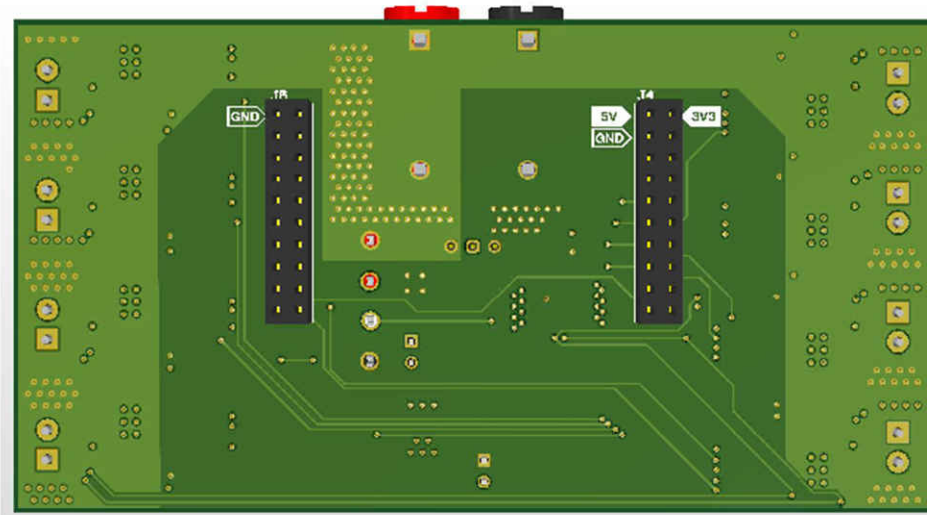


图 7-2. TPS1HC100 配电板 PCB 底部

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（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，不保证没有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、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司