

两轮电动车系统介绍与 THVD8000 在两轮电动车上的应用

Wiky Liao

South China

摘要

常规两轮电动车系统线路繁多，容易安装错误，并且线材成本较高，同时也影响了整车美观。本文详细介绍了两轮电动车的系统架构，结合当前两轮电动车的不足之处，分享 THVD8000 在两轮电动车上的具体应用。针对仪表盘和电池组的紧凑结构，提出 THVD8000 单端工作模式，有效减小无源器件的体积。

目录

1 前言	2
2 国内市场两轮电动车分类.....	2
3 两轮电动车系统介绍.....	2
3.1 电机控制器	2
3.2 仪表盘	3
3.3 电池组	4
4 THVD8000 在两轮电动车上的应用.....	5
5 总结	8
6 参考文献	8

图

Figure 1. 电机控制器系统框图.....	3
Figure 2. 仪表盘系统框图.....	4
Figure 3. 电池组系统框图.....	5
Figure 4. 两轮电动车线路连接图	6
Figure 5. 典型四线 RS-485 和两线 THVD8000 对比图.....	6
Figure 6. THVD8000 系统工作原理	7
Figure 7. 等效电感值与载波频率关系曲线	7
Figure 8. THVD8000 的单端应用.....	8

表

Table 1. 两轮电动车分类及区别	2
---------------------------	---

1 前言

两轮电动车以其低碳环保、轻便经济、不易拥堵的特点，已经发展成国内重要的短途交通工具，并渗透到个人出行、外卖配送、共享出行等诸多领域。在新冠疫情肆虐的 2020 年，公共交通出行受限也推动着两轮电动车的快速发展。数据显示，2020 中国两轮电动车年产量达到了 4834 万辆，同比增长约 27.2%，增长率创近五年新高。随着新国标的正式落地，两轮电动车将迎来升级换代，各地省市也逐步加大两轮电动车的规范化管理，如划分专用车道、专项补贴等，未来两轮电动车行业仍将进一步高速高质量发展。

2 国内市场两轮电动车分类

两轮电动车在国内主要分为三类：电动自行车、电动轻便摩托车和电动摩托车，这三类的执行标准是有区别的。Table 1 总结了这三类车型特点及对应区别。

Table 1. 两轮电动车分类及区别

类型	电动自行车	电动轻便摩托车	电动摩托车
执行标准	GB17661-2018	GB/T 24158-2018	GB/T 24158-2018
最高车速	≤25km/h	≤50km/h	>50km/h
电机功率	≤400W	400W~4kW(非强制)	>4kW(非强制)
整车质量	≤55kg	可以>55kg	可以>55kg
电池电压	≤48V	无限制	无限制
踏板辅助	必须具有	不具有	不具有
类别	非机动车	机动车	机动车
驾驶证	不需要	F 证	E 证
牌照(参照地方政策)	电自牌照	蓝牌	黄牌
外观			

3 两轮电动车系统介绍

无论是哪种分类，两轮电动车系统都可以分为三个子系统部分：电机控制器、仪表盘和电池组。

3.1 电机控制器

电机控制器主要用来驱动电机，是整个两轮电动车的心脏。典型系统框图如 Figure 1 所示。电机一般采用三相无刷直流电机，借助三个霍尔传感器实现换相控制。目前也有两轮电动车厂商在探索 FOC(磁场定向控制)来实现无感控制，省去霍尔传感和线材。由于电机驱动功率一般是百瓦以上级别，业界普遍采用 MOS 管驱动器+外置 MOSFET 方式来提升散热能力。需要注意的是，由于电机存在反电动势，在减

速时这部分反电动势会叠加电池组电压直接作用于 MOSFET 上，因此 MOSFET 和对应驱动器的耐压在选择时需要预留一定的裕量。

为了实现最佳的电机控制方式，三相电流和母线电流需要实时回采，一般通过运放来搭采集电路。除此之外，两轮电动车还会有加速把手和刹车闸，一般也是通过运放来搭检测电路。电机控制器和其余子系统的通信是通过 RS-485 接口来实现的，这种差分接口抗干扰能力强，稳定可靠。目前有前沿厂商在规划用更可靠的 CAN 接口来替代 RS-485 接口，也许在未来会成为主流。照明灯、转向灯、尾灯的控制也是在电机控制器上实现的，若需要稳定的光强可以用恒流型 LED 灯驱动器。两轮电动车一般还会加上喇叭用于路人提醒，通过功放可以增大喇叭功率。

整个电机控制器从电池组取电，由于电池组电压较高(48V/60V/72V 等)，因此需要一颗支持高压的降压芯片(Buck)来做一级降压，一般是降至 MOS 驱动器的工作电压(12V 居多)，再通过后级的 buck 或者 LDO 二级降压来得到 5V/3.3V，从而给 MCU/运放等器件供电。整个电源轨可以做低功耗处理，来提升电池组的续航能力。

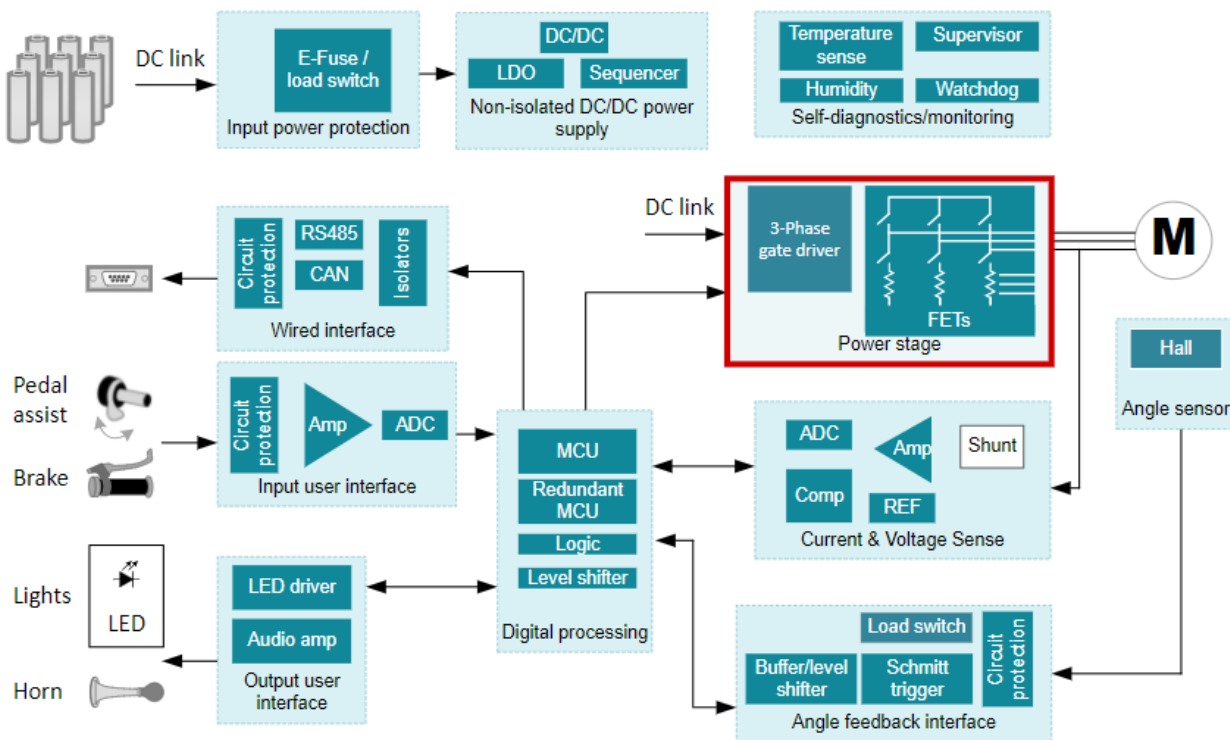


Figure 1. 电机控制器系统框图

3.2 仪表盘

仪表盘位于车头，主要用于显示系统信息和一些简单操作。典型系统框图如 Figure 2 所示。仪表盘上也有 RS-485 接口，获取行驶速度和剩余电量后显示在仪表盘上，方便骑行者直观查看骑行状态。显示方式以 8 段数码管居多，在高端产品上则用 LCD 显示，这样就需要配一个 LCD 背光驱动。高端仪表还会带一些无线连接方式，如蓝牙、WiFi、NFC 或者 Sub-1GHz，将心率或导航信号在仪表盘上显示。有些厂商将仪表盘做成便携式，用户可以取下来，拿回家做系统升级。这样就会在仪表盘上放一个小电池，因此设计时还需要加上这个电池的充电电路。

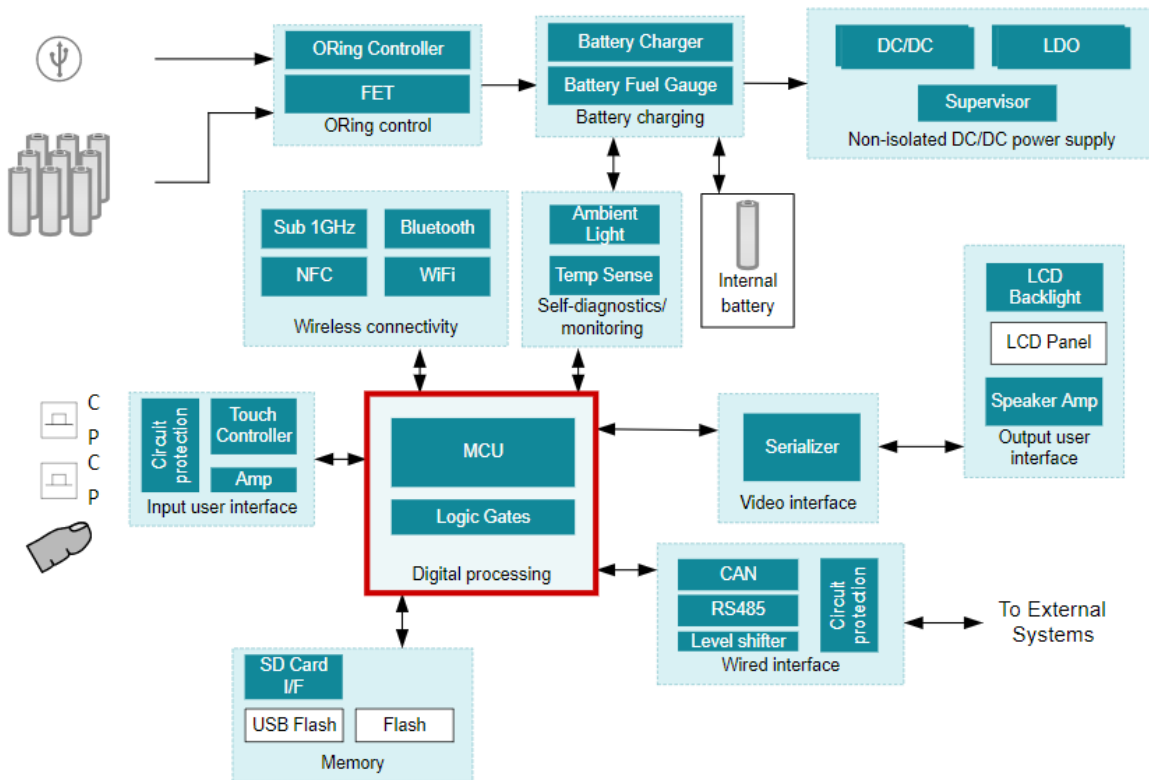


Figure 2. 仪表盘系统框图

3.3 电池组

电池组是两轮电动车的能量来源，也是整个两轮电动车成本占比最高的器件。典型系统框图如 Figure 3 所示。电池是电池组里最核心的器件，新国标要求电动自行车的电池电压是 48V 以下，电轻摩则不作要求，普遍是 60V 或者 72V。出于成本原因，之前的电池组大多采用笨重的铅酸蓄电池。新国标落地对两轮电动车的重量提出明确要求后，更为轻便的锂电池逐步得到了推广。近年来锂电两轮电动车起火事故频发，使得厂商越来越重视锂电池组的安全性设计，这就要求电池组要有模拟前端监测器，实时监测各个电池的电压/电流信号，一旦异常将立刻动作。通常模拟前端会带有一次保护，一般会额外再加二次保护做冗余设计。电池剩余电量信息是通过电量计来实现的，相关算法如库伦积分或者阻抗跟踪都已经集成在电量计芯片内部，方便电量计算。同样作为一个子系统，电池组也会有 RS-485 接口或者 CAN 接口，和别的子系统进行通信。

电池组电压太高，所以也需要一颗高压 buck 将电压降下来后给板级供电。由于电池组需要长时间不断电工作，这颗 buck 的低静态电流设计也就变得非常有意义。

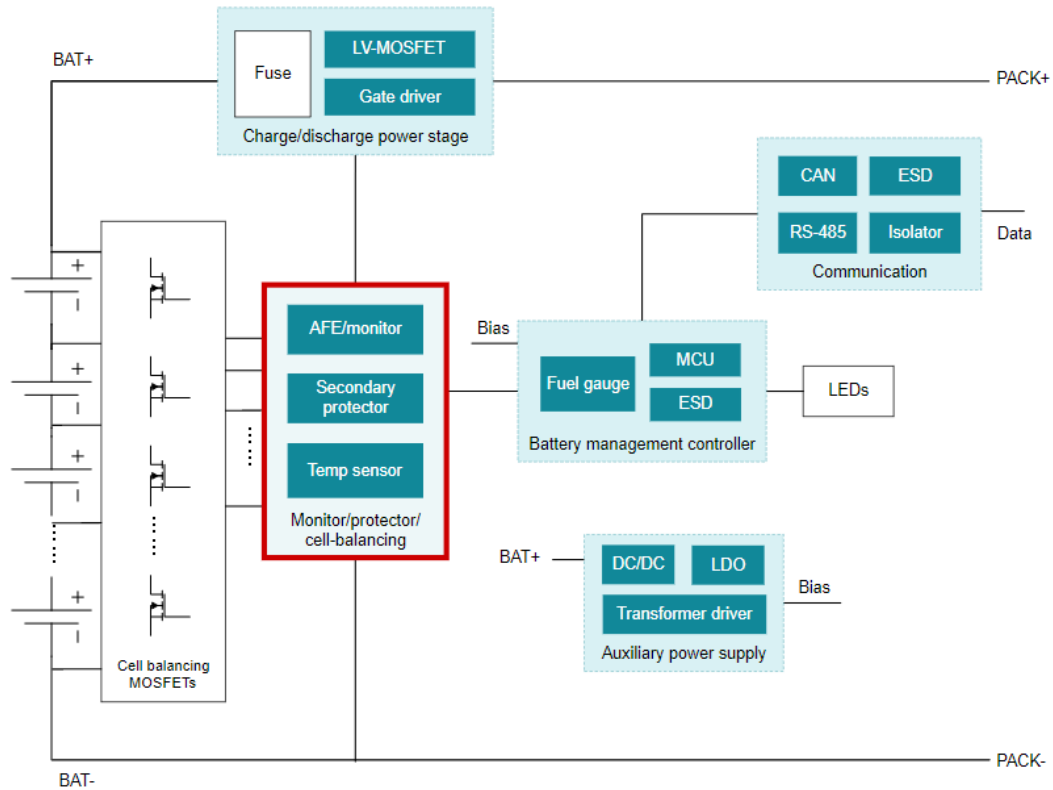


Figure 3. 电池组系统框图

4 THVD8000 在两轮电动车上的应用

在前述的两轮电动车系统中，电池组的电源需要分别提供给电机控制器和仪表盘，而各个子系统也通过 RS-485 接口组建起网络通讯系统，这样下来每个子系统之间至少有四根连接线。再叠加两轮电动车必要的机械刹车线，整个系统的接线可以达到十根。线路连接图见 Figure 4。因此，常规的两轮电动车不仅接线复杂，容易安装错误，带来了潜在的安全性问题，同时也影响了整车美观。另外，众多的线材也使得线材成本较高，不利于成本控制。

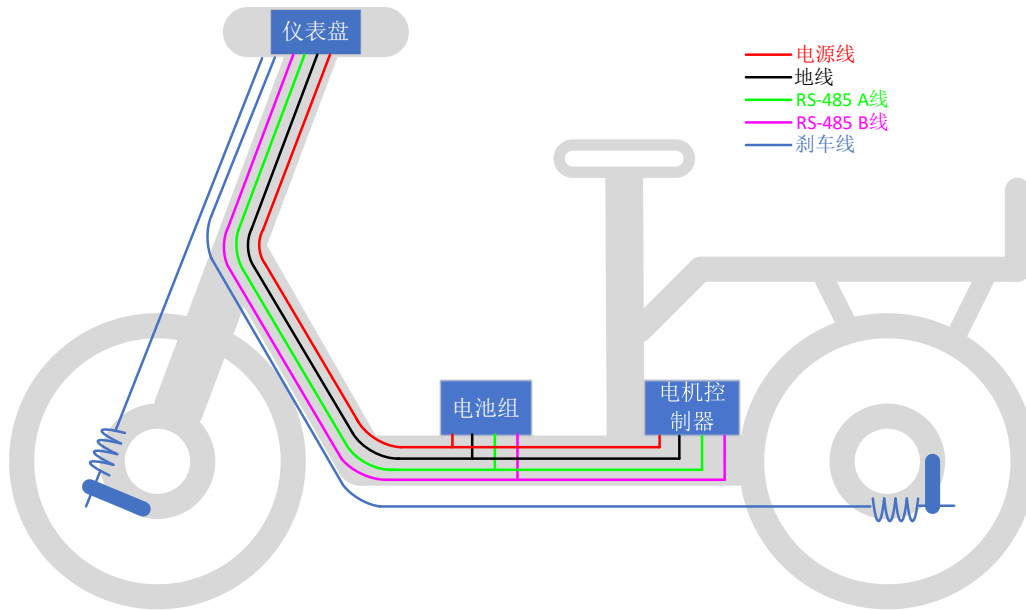


Figure 4. 两轮电动车线路连接图

THVD8000 的出现完美地解决了这些设计痛点。其内部带有调制解调器，可以将电源和数据信号叠加在一起后在电力线上传送，接收的时候再通过调制解调器和无源网络将数据和电源分别提取出来，实现电源和数据的两线传送。Figure 5 给出了典型四线 RS-485 接法和 2 线 THVD8000 接法对比图。这种系统的优点是显而易见的，可以节省一半的线材数量。

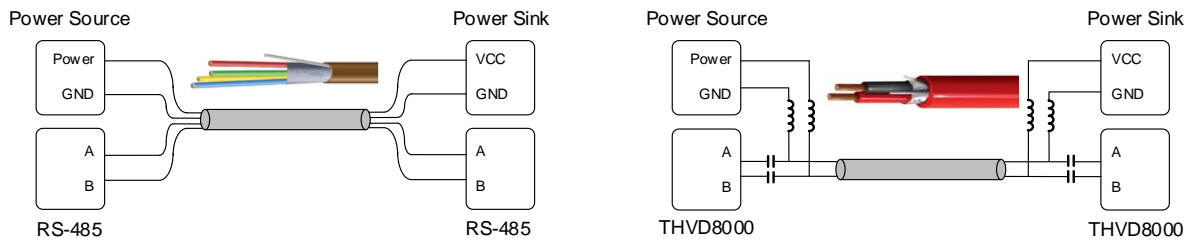


Figure 5. 典型四线 RS-485 和两线 THVD8000 对比图

THVD8000 系统工作原理图见 Figure 6。其内部采用开关控制调制方式，将数据调制成高频信号，通过隔直电容后发送到传输线上，这样电力线上就有了高频的数据信号。与此同时，电源通过电感，将电压注入到传输线上，赋予两根电力线一定的直流偏差，这样在电力线上就有了直流电压信号。由于高频信号和直流信号不会冲突，可以直接叠加在一起，因此实现了高频数据信号和直流电压信号的同线传送。而在接收端，根据数据和电源调制的频率不同，分别用不同的无源网络来提取。具体而言，电力线通过电感后，其内部高频信号被滤除，得到其直流偏差，给后续设备供电；电力线通过电容后，其内部的直流信号被隔离，从而获得高频调制信号，再经过 THVD8000 内部的解调电路还原回原始数据信息。因此，THVD8000 构建的电力线载波通信系统只需要两根电力线，就可以实现子系统之间电源和数据的传送。

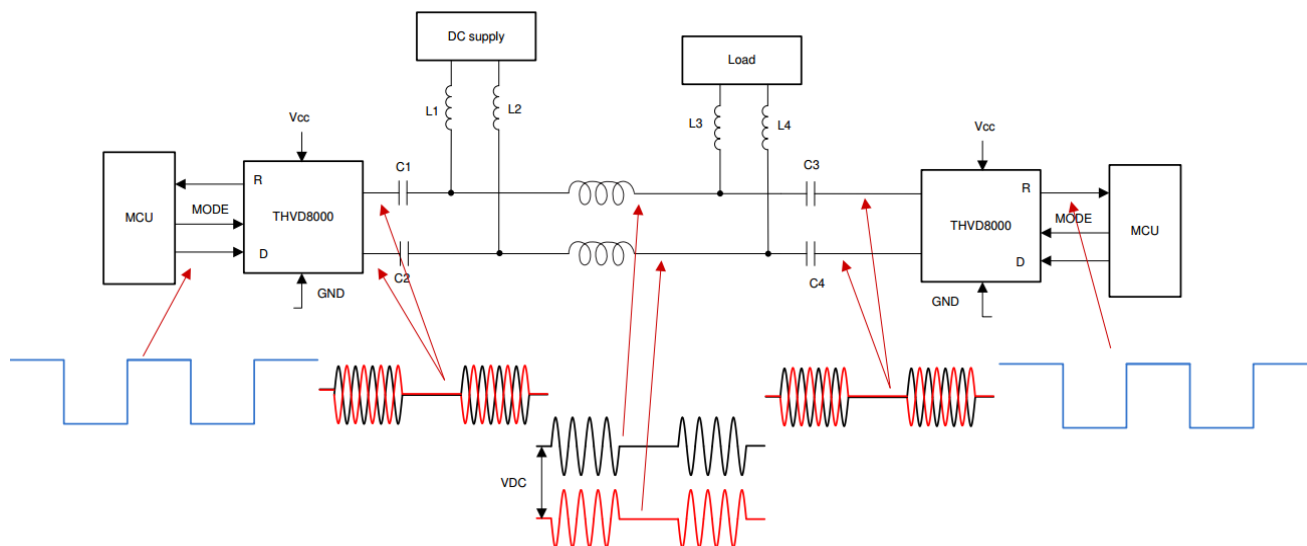


Figure 6. THVD8000 系统工作原理

THVD8000 应用在两轮电动车上，不仅节省了一半的线材成本，还降低了系统接线错接的风险，使得系统简洁美观。但是也应注意到，THVD8000 应用中需要添加相应的无源网络，使得子系统的体积会相对大一点。尤其是电源端需要两个滤波电感，对系统的体积影响最大，对于仪表盘和电池组系统来说可能是个大麻烦。

为了确保总线上有足够的电平来正常工作，THVD8000 要求总线上总电感阻抗不低于 375 欧姆。总线上的节点越多，电感等效并联阻抗越低，因此每个子系统都需要选用更大的电感值才能使系统正常工作。等效滤波电感取值与载波频率关系见 Figure 7。

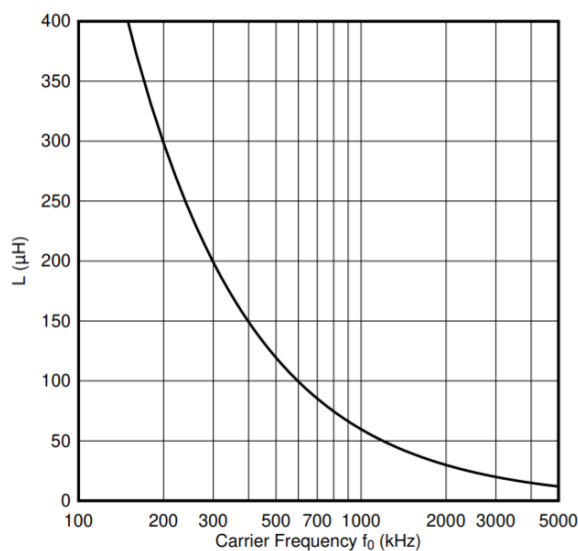


Figure 7. 等效电感值与载波频率关系曲线

以 200kHz 的载波频率为例，THVD8000 建议总线上总电感值不低于 300uH。这样对于有 3 个节点的两轮电动车而言，每个节点电感值至少需要 900uH，这么大感值的电感体积对于仪表盘和电池组而言就是一对巨无霸。好在 THVD8000 支持可调载波频率，频率范围可在 125kHz – 5MHz，这样一来可以明显减小电感体积。可以看到，当使用最高 5MHz 的载波频率时，每个节点使用的电感感值可以减小到不低于 36uH。载波频率的提高会缩短通讯距离，实际使用中应综合评估。不过对于两轮电动车而言，整车线材长度在十米以内，5MHz 的载波频率是完全可以正常工作的。

采用更高的载波频率，的确可以缩小电感的体积，但是电感的数量并没有改变，每个节点还是需要两颗电感，这主要是由 THVD8000 的差分传输特性决定的。THVD8000 的载波调制，是在发送低电平数据期间，在总线上施加高频差分信号的方式来实现的，两根电力线上的载波信号大小相等(最低为 1.5V)，方向相反。接收端接收后通过计算两根线的差分电压大小来判断是否为低电平，判断的阈值根据载波频率的不同会在 115mV – 225mV 之间变化。可以看到，即使是单根电力线，其发送端的幅值也明显大于接收端的阈值，THVD8000 配置成单端模式是可行的。单端模式下每个节点只需要一颗电感，可以进一步缩小体积。

改善后的 THVD8000 的单端应用如 Figure 8 所示。其中一根线正常配置，另外一根线则连到了地线。这样接收端接收到的差分幅值虽会减半，但仍可正常工作。由于 THVD8000 的 A/B 线都会发送高频载波，通过隔直电容后直接接地可能会导致过流问题，建议通过一个电阻 R 接地。该电阻值选取为另一根线的等效对地阻抗，这样 THVD8000 两根线的阻抗一致，系统类似于伪差分架构，有最好的匹配性。

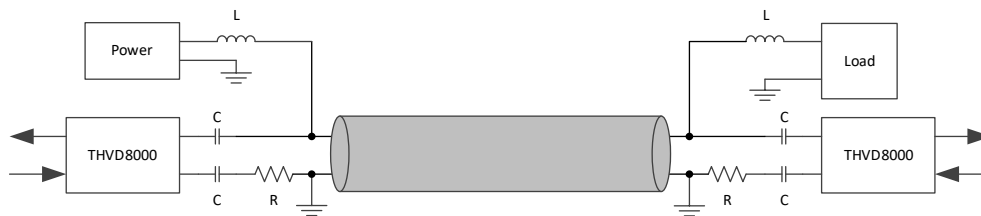


Figure 8. THVD8000 的单端应用

5 总结

本文详细介绍了两轮电动车的系统组成，结合当前两轮电动车的不足之处，分享 THVD8000 在两轮电动车上的具体应用。提出 THVD8000 单端工作模式，有效减小无源器件的体积，对于空间紧凑的仪表盘和电池组而言是一个不错的可行方案。

6 参考文献

1. 行业报告：锂电化大风口 2: 新国标加速两轮车锂电化，孙潇雅，2020 年。
2. THVD8000 datasheet 2021, Texas Instruments Inc.
3. THVD8000 Design Guide, SLLA496, Hao Liu, Texas Instruments Inc.

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