

硕士学位论文

(专 硕)

基于车辆信息采集的新能源汽车电池安全
监测系统的设计与实现

基于车辆信息采集的新能源汽车电池安全监测系统的设计与实现

摘要

随着我国石化资源的日渐枯竭，汽车尾气排放造成的大气污染日趋严重，新能源汽车的发展是当前的不二之选。新能源汽车的核心能量源是车载动力电池包，通过循环充放电的形式为新能源汽车提供动力，并且对环境无污染。随着新能源汽车的行驶里程数增加，动力电池在不断充放电循环过程中发生的衰减老化是必然的，而电池的老化程度则通过健康状态（State of Health, SOH）参数进行量化。针对目前市场上尚未有统一的监测平台对新能源汽车的电池进行监控，且只能逆向分析，不能防患于未然。因此设计出可行的新能源汽车的电池安全监测系统是很有必要的。

本文设计的新能源汽车电池安全监测系统主要由车载信息采集终端、云平台 and 实时监控终端三个部分组成。车载信息采集终端主要负责采集动力电池的实时数据，然后使用 5G 通信技术将采集到的数据上传云平台。云平台接收到数据后，对其进行处理和存储后，实时监控终端就可以从云平台获取并显示实时数据。本文通过对系统需实现的功能进行分析，开展了与系统功能实现相适应的软硬件设计工作，并以锂离子 SOH 在线估算为例，使用美国宇航局（National Aeronautics and Space Administration, NASA）公开的锂电池数据库中的数据对估算电池健康状态的算法进行了原理性验证。通过选择 Thevenin 模型作为电池的等效电路模型，利用恒流充电阶段的充电数据以及相关数学模型对 SOH 进行建模，再根据相应的参数辨识方法实现 SOH 的估算。监控人员根据估算的参考值可及时发现并更换有安全隐患的电池，从而减少安全事故的发生。

最后对新能源汽车的电池安全监测系统进行了系统功能测试和对锂电池健康状态模型估算的精度进行了测试。测试结果表明，本系统实现了所有预定功能，为新能源汽车动力电池的监控提供了一种可行的参考方案。

关键词： 电池在线监测，Thevenin 模型，电池 SOH，5G

Design and Implementation of a New Energy Vehicle Battery Safety Monitoring System Based on Vehicle Information Collection

Abstract

With the depletion of petrochemical resources in China, the air pollution caused by automobile exhaust emissions is becoming more and more serious. Developing new energy vehicles is the best option at the moment. The core energy source of new energy vehicles is the on-board power battery pack, which provides power for new energy vehicles through cyclic charging and discharging, and is pollution-free to the environment. As the mileage of new energy vehicles increases, the attenuation and aging of power batteries during continuous charging and discharging cycles are inevitable, and the degree of battery aging is quantified through the State of Health (SOH) parameter. There is currently no unified monitoring platform in the market for monitoring the batteries of new energy vehicles, and it can only be analyzed in reverse and cannot be prevented in advance. Therefore, it is necessary to design a feasible battery safety monitoring system for new energy vehicles.

The new energy vehicle battery safety monitoring system designed in this article mainly consists of three parts: an onboard information collection terminal, a cloud platform, and a real-time monitoring terminal. The on-board information collection terminal is mainly responsible for collecting real-time data of the power battery, and then using 5G communication technology to upload the collected data to the cloud platform. After receiving data, the cloud platform processes and stores it, and the real-time monitoring terminal can obtain and display real-time data from the cloud platform. This article analyzes the functions that need to be implemented in the system, and carries out software and hardware design work that is suitable for the implementation of the system functions. Taking the online estimation of lithium-ion SOH as an example, the algorithm for estimating battery health status is validated in principle using data from the lithium battery database published by National Aeronautics and Space Administration

(NASA). By selecting the Thevenin model as the equivalent circuit model of the battery, modeling SOH using charging data from the constant current charging stage and related mathematical models, and then estimating SOH based on corresponding parameter identification methods. Monitoring personnel can timely detect and replace batteries with safety hazards based on estimated reference values, thereby reducing the occurrence of safety accidents.

Finally, a functional test was conducted on the battery safety monitoring system of new energy vehicles and the accuracy of estimating the health status model of lithium batteries was tested. The test results indicate that this system has achieved all predetermined functions, providing a feasible reference scheme for the monitoring of new energy vehicle power batteries.

Keywords: Battery online monitoring, Thevenin model, Battery SOH, 5G

目 录

1 绪论	1
1.1 课题研究背景及重要意义.....	1
1.2 新能源汽车存在的主要问题.....	3
1.2.1 安全事故频发.....	3
1.2.2 缺乏统一的安全监测平台.....	4
1.2.3 监测管理滞后.....	4
1.2.4 数据通信速率受限.....	4
1.3 国内外研究现状及分析.....	5
1.4 研究方法与技术路线.....	7
2 系统需求分析	8
2.1 系统的总体介绍	8
2.2 需求分析	8
2.3 系统方案设计	10
2.3.1 设计思路	10
2.4 本章小结	10
3 硬件与软件设计.....	12
3.1 车载信息采集终端硬件设计.....	12
3.1.1 电源模块设计.....	12
3.1.2 主控模块设计	15
3.1.3 CAN 通信模块设计	16
3.1.4 5G 通信电路设计.....	18
3.1.5 RS485 通信模块设计.....	21
3.1.6 RS232 通信模块设计.....	23
3.1.7 路由通信模块的设计.....	24

3.2 系统软件设计	24
3.2.1 信息采集终端软件设计.....	24
3.2.2 云平台软件设计.....	27
3.2.3 实时监控终端软件设计.....	28
3.3 本章小结	29
4 锂电池 SOH 在线估算	31
4.1 锂电池 SOH 模型动力系统分析.....	31
4.2 等效电路模型建立与模型分析.....	32
4.2.1 等效电路模型.....	32
4.3 参数采集辨别与分析.....	37
4.4 本章小结	39
5 系统测试	41
5.1 功能实现情况分析	41
5.2 实验测试结果及分析.....	43
5.3 本章小结	45
第 6 章 总结与展望	46
6.1 研究结论	46
6.2 研究不足与未来展望.....	47
参考文献	48
攻读硕士学位期间发表的论文及所取得的研究成果	52
致谢	53

1 绪论

1.1 课题研究背景及重要意义

随着化石能源的广泛利用和科学技术的迅猛发展，人们不仅创造了工业文明，而且出现了越来越严重的"副产品"现象：环境污染、气候变暖、生态恶化等问题，给人类的生存和发展带来了严重的威胁。面对全球气候变化和化石能源不可再生的能源危机，世界各国政府纷纷开始大力发展新型能源，探索道路交通可持续发展模式，积极推动新能源汽车的发展。各个国家车企都纷纷制定新能源汽车的发展战略，并相继出台了对传统燃油车替代的路线图，全世界对新能源汽车的关注和需求持续增长，致力于追求更加节约，更加可持续发展，更加符合自然与社会伦理要求的生产和生活方式^[1]。

汽车产业是国家实施制造强国战略必然的选择^[2]。从制造强国看，汽车产业由于在国民经济中所占比重较大，对经济增长贡献较大，已被列为战略性竞争产业之一。汽车作为第二次工业革命的代表已经持续一百多年，欧美日这些制造强国都不是汽车强国。目前，在第三次工业革命的大背景下，世界范围内的技术创新和经济复苏变得越来越活跃，汽车产业也是第三次工业革命所涉及到的数字化、网络化、智能化和新能源、新材料、新装备技术创新最为全面，规模最为庞大的载体和平台，从而又一次成为工业革命与工业化水平代表行业。不管是从创新驱动发展还是国民经济持续健康发展来看，以大规模效应和产业关联带动为特征的汽车产业应该成为战略必争产业。中国汽车工业增加值只占 GDP 的 1.53%，这和汽车强国 4%有很大的差距，因为我们处于产业链低端，是制造不是创造，所以汽车工业做大做强对国民经济发展会起到更为重要的推动作用。与此同时，汽车工业极强产业关联和带动性也集中反映了我国制造业的技术创新水平^[3]。

汽车产业作为国民经济重要支柱产业对国民经济与社会发展具有举足轻重的地位。新能源汽车产业作为战略性新兴产业之一，大力发展节能汽车，是促进节能减排工作的一项有效措施。发展节能与新能源汽车，是应对能源和环境问题行之有效的方法，更是实现国家建设生态文明的有力措施。2020年11月2日，国务院办公厅印发《新能源汽车产业发展规划（2021-2035年）》。其中提到，我国新能源汽车产业的发展愿景是，到

2025 年，我国新能源汽车市场竞争力明显增强，动力电池、驱动电机、车用操作系统等关键技术取得重大突破，安全水平全面提升。纯电动乘用车新车平均电耗降至 12.0 千瓦时/百公里，新能源汽车新车销售量达到汽车新车销售总量的 20%左右，高度自动驾驶汽车实现限定区域和特定场景商业化应用，充换电服务便利性显著提高。在政策驱动下，我国新能源汽车市场规模从 2013 年的 1.8 万辆经历 5 年在 2018 年首次突破了 100 万辆。2018-2020 年，在补贴大幅退坡情况以及疫情等因素的影响下，新能源汽车产销规模维持在 120-130 万辆的水平，产业实现从政策驱动向市场驱动的平稳过渡。2021 年，我国新能源汽车产销有望首次突破 300 万辆^[4-7]。

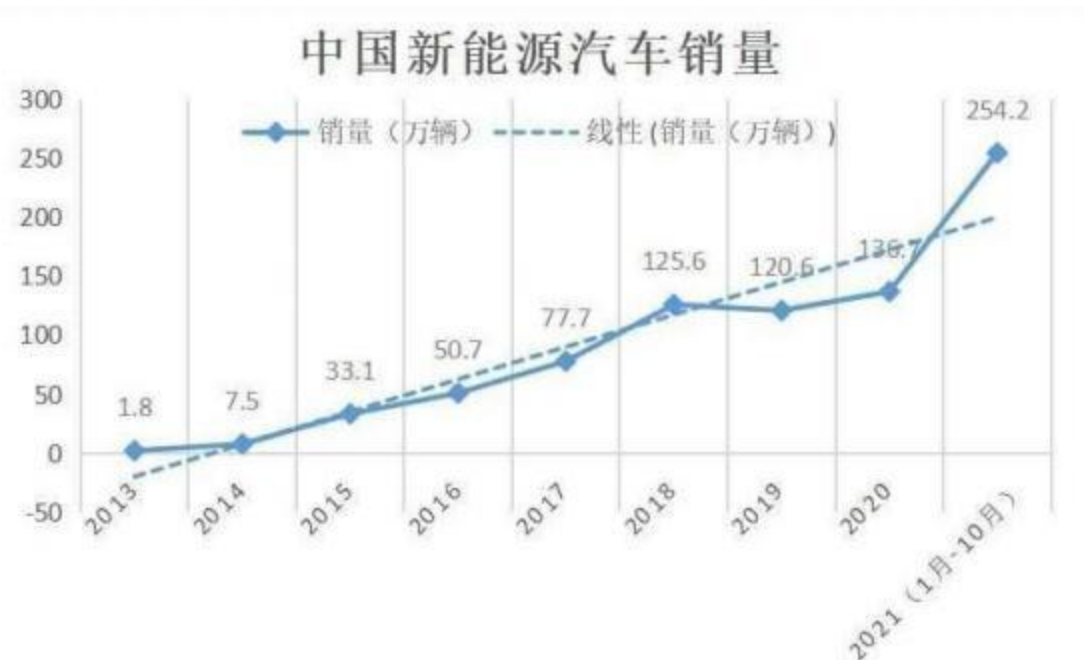


图 1-1 2013-2021 年中国新能源汽车销量统计

Figure 1-1 2013-2021 China's auto sales

目前新能源电动车储能电池以锂电池为主，我国锂资源储备居世界第三。同时，目前普遍应用于电动汽车的永磁同步电机中电机的转子需要用到稀土材料来制作，我国也是一个稀土资源大国，稀土储备量位居世界第一，在国际稀土市场份额上我国占了 9 成多，因此，从能源角度来看，我国有开发新能源电动车的自然优势。从技术上讲，传统汽车领域对于发动机变速箱和其他零件在机械结构设计上一直都有极其苛刻的要求。时至今日，国外特别是欧美车系厂商经过数百年的发展已拥有不可动摇的地位、丰富的技术经验及技术壁垒，但是在新能源车这个新领域面前，不管是国内还是国外如今每个人

都站在了同一条起跑线上，所以我国目前有两个关键优势来开发新能源车，把握好当下新一轮行业竞赛的机会，我国有望在新能源汽车领域独领鳌头，实现“弯道超车”^[8-11]。

车载动力电池作为新能源汽车动力来源之一，其发展状况决定了新能源汽车发展前景。现有汽车厂商一般选择锂离子电池、燃料电池、铅酸电池、镍镉电池以及超级电容等作为车载动力电池系统的动力源^[12]。锂离子电池由于能量密度大，循环充放电使用寿命长，低温性能优越，自放电率低，绿色环保而成为电动汽车车载动力源的一个重要发展方向^[13]。电池因其正负极材料不同也可以分为锰酸锂电池、磷酸铁锂电池、三元锂体系电池以及钛酸锂电池。其中，磷酸铁锂电池和磷酸铁锂电池凭借着较低的价格和稳定的性能，占据了大部分新能源汽车的市场^[14]。

第5代移动通信技术简称5G，是在4G的基础上延伸的移动通信技术^[15]。因为5G技术具有高速传输、超低时延、超低功耗等特点，5G网络能够完美地实现万物互联^[16]。结合相关的技术，5G技术在公共交通中具有很大的应用价值与前景。在超高速行驶场景下，5G技术可以用于高铁及其他超高速列车控制系统通信、状态信息实时有效传输、增强超高速列车运行时安全性等方面^[17]。二是5G技术通过拓展业务领域和严格控制数据端到端传输时延来实现低时延、高可靠接入场景下内部网络实时通信以增强通信可靠性。最后，5G技术在超高速体验性场景中，可以使信息无障碍传输，超高的速率以及时延无感知的用户体验，将大幅度提高网络的应用互动性、安全性、高效性以及便利性^[18]。

1.2 新能源汽车存在的主要问题

1.2.1 安全事故频发

安全事故的频繁发生影响了新能源汽车的运行安全。大多数新能源汽车均采用锂电池作为动力系统，将能量存储在该系统当中，用于维持日常的运行。但是这种电力供应和电力存储的方式具有较高的温度敏感性，如果在夏季或者其他的高温时段，电池的温度波动较大都会发生明显的副反应^[4]。近年来新能源汽车出现的安全事故大多数都是由这种现象造成的。车载动力电池的温度敏感，造成了一系列的安全隐患：例如2020年7月4日广东清远出现的高速公路新能源汽车起火事件，就是因为阳光下暴晒而导致电池

的自然，从而引发了车辆的自燃。2019年北京某电动汽车停放在停车区域起大火，现场火光冲天，共有四辆其他车辆在火灾当中受损，受到了人们的广泛关注。

1.2.2 缺乏统一的安全监测平台

缺乏统一的安全监测平台，也是锂电池安全管理的一个重要缺陷。为了防止电动汽车出现意外事故，大多数的新能源汽车厂商都加大了电池安全系统的投入，例如比亚迪、特斯拉、蔚来等等，都在整车和动力电池系统方面进行了大力的研究，配备了多项安全监管防护措施，有效的监管了自身的安全系统。但是这些在线电池安全监测参差不齐，甚至还有一些有名无实。国家尚未建立起完善的新能源汽车的统一数据平台，已有的数据平台仅了解整车厂和充电基础运营商上传的数据，缺乏对电动汽车电池在线安全监测的数据。因此用户仅能够从车辆或电池厂家提供的远程监控平台当中获得电池的数据，对于用户而言并没有一套统一的监测平台可以帮助自己查看电池数据^[9]。

1.2.3 监测管理滞后

现有的电池监管平台大多数是从事后分析的角度还原事故的发生，缺乏事前的有效预警和监测。市面当中的监测系统只能够了解锂电池的电压、电流、温度、绝缘阻抗等几个参数的数据，这些数据即使实时监测，一旦出现问题也不能够有效的预估，只有在异常数据已经超过允许范围时才会发生警报系统。这种情况之下，驾驶人员再想进行控制，可操作性已经比较小，埋下了安全隐患。

1.2.4 数据通信速率受限

现有的安全监测系统不能够对电池安全监测系统采集的数据实时上传。因为车载信息采集终端采集的新能源汽车动力电池的实时数据量是非常大的，这些采集到的终端数据只有在有效的回传范围之内才能够保障被有效的使用，这就需要一个很大的回传带宽。现有的网络通常是4G或者是3G网络不能够及时回传云端。因此本文的系统设计采取5G技术作为回传网络的通信基础。

1.3 国内外研究现状及分析

电池安全监测系统需要同时监测电池的多个指标，车载动力电池是主要监测指标，同时，电池安全监测系统也需要根据车的使用情况，结合电池的实际使用寿命、环境温度、充电方式和充电次数等多个因素综合分析，从而更准确地估计电池的 SOH 值，它可以帮助用户及时发现电池健康状况的变化，采取相应措施，延长电池寿命。

电池的 SOH 用来评估电池的健康状态，一般情况下，电池在生产出来并投入市场时，其 SOH 为 100%。然而，随着不断的充电和放电，电池会逐渐老化并且其性能会逐渐衰退。当电池的 SOH 降至 80%以下时，电池就需要被报废并更换新的电池以继续使用[4]。电池 SOH 最直接的定义是用容量衡量电池的健康状态，定义为下式：

$$SOH = \frac{C_N}{C_S} \times 100\% \quad (1-1)$$

其中， C_N 代表电池的当前可用容量， C_S 代表出厂时的额定容量，SOH 为两者之比。

因此电池的 SOH 评估对于电池的使用寿命和性能非常重要，需要使用准确的方法来进行评估。直接测量容量法、内阻法、电化学模型法、等效电路法及数据模型法都是目前 SOH 的评估方法，现分别介绍：

(1) 直接测量容量法是一种常见的电池 SOH 测量方法，通常用于评估电池老化程度。这种方法相对简单，通过定义直接测量估计电池的 SOH,一般用电池容量以及循环次数来表征 SOH,但是这种方法在测量过程中需要消耗大量时间且电池损耗太大，所以在实际应用中可能存在一些限制。

(2) 内阻法简单可以讲是让电池在短时间内通过一个大电流，使用电阻的公式 $R=U/I$,算出电池的内阻，并通过内阻的变化来测量电池 SOH 的数值。电池内阻这一参数对电池老化程度有很大影响，电池内阻增大，其储能及输出能力将降低，即电池健康状况降低。但该方法需要对电池大电流的充电和放电，对电池有很大的伤害，并且测量需要精密仪器，否则会出现较大的偏差。

(3) 电化学模型法是通过计算电池的数学、物理和化学参数，以及电化学反应模拟进而得出电池的健康状态。电化学反应是指在电解质溶液中，由于电子的流动而产生

生的化学反应，在电池中，正极和负极之间的电子流动引起了化学反应，从而产生电能。通过对电池内部化学反应的研究，确定最佳的电极材料、电解质和反应条件，从而提高电池的使用寿命。但是由于该方法需要高级的电化学模型和涉及到许多复杂的数学方程式，因此计算复杂度较高。

(4) 等效电路模型法是通过测量电池电压、电流等参数，推算出电池的内部等效电路模型，然后根据模型参数变化来估算电池 SOH 的健康状态。该模型通常采用两大基本元器件：内部电阻和电源电压。内部电阻用来表示电池本身内部的电阻，而电源电压用来表示电池的电势差。这样，电池所产生的电压可以表示为： $V=E-IR$ ，其中 V 表示电池的终端电压， E 表示电池的电势差， I 表示电路的电流， R 表示电池的内部电阻。在具体的电路设计中，可以根据需要添加一些其他的元器件来进一步描述电池的行为特性，比如电容和瞬态电阻等等。这些元器件可以在电池等效电路模型中加入，以更为准确地模拟电池行为。但是，由于影响电池 SOH 的评估有很多方面的因素，如电池内部化学变化、温度、充电速率、放电速率等，此外，电池老化是一个非线性、非常复杂的过程，该方法在一定程度上也可能会出现较大的误差。Bi J.等提出了一种基于遗传粒子滤波的电池 SOH 估计方法，该方法采用带有遗忘因子的递推最小二乘法辨识二阶 RC 模型参数，并通过实验验证了该方法的有效性，在二阶 RC 模型的基础上建立基因粒子滤波状态方程，采用欧姆内阻做参数指标对电池组 SOH 进行评价^[4]。

(5) 数据模型法是一种基于外部参数与 SOH 关系建立模型来评估电池老化情况的方法，把电池内部视为一个黑匣子，利用电池的输出电压、电流、内阻等外部参数建立起电池老化与外部条件之间的关联模型，通过对模型的拟合和优化，来实现 SOH 的评估。这种方法通过快速采集电池工作状态的信息，可以在较短的时间内完成 SOH 评估，同时避免了对电池内部复杂过程的精细建模，极大地提高了计算效率和评估精度。常用的数据模型法有神经网络法、支持向量机法等多种机器学习方法，这些方法通过采集大量的电池实验数据，利用统计学的方法建立复杂的映射关系，以较高的精度预测电池的老化情况^[4]。但是，由于数据模型法需空间高训练数据集，且算法的性能高度依赖于建立模型的数据量和数据质量，在实际应用中需要针对具体问题和数据特点选择合适的模型和算法，并进行充分的数据预处理和特征筛选，以提高模型的准确性和实用性^[4]。

总的来说，评估电池的 SOH 是一个复杂的问题，上述方法都存在一定的限制条件，需要结合电池的实际使用情况、测试方法和模型计算等多种因素来进行综合评估。在实践中，可针对不同情景与需要选用不同评估方法来取得最佳效果。

1.4 研究方法与技术路线

(1) 文献研究方法：本课题研究采取文献研究方法，对于新能源汽车关键状态监测以及多级安全预警报警方法开展文件框架的梳理，奠定本文研究的理论框架基础。同时基于数学模型分析，探讨动力电池安全监测的方法框架，结合现有的动力电池安全监测的技术开展大数据分析平台的设计。

(2) 建模分析法方法：采取数学模型方法，对于电化学模型和等效电路开展对比分析，了解锂电池内部复杂的变化参数，将电池内部视为黑盒，建设数学模型，考虑到新能源汽车电池电压，电流内阻等一系列的参数，开展在线电池估算，比对电池内部和外部参数之间的特征关系，并结合数学的神经网络分析方法，支持向量机方法等等进行对比研究。建设数学模型，考虑到新能源汽车电池电压，电流内阻等一系列的参数，开展在线电池估算，比对电池内部和外部参数之间的特征关系，并结合数学的神经网络分析方法等进行对比研究。从硬件系统的时间和软件系统的打包上来看，将主控模块，电源模块，控制器局域网络和 5G 通信模块有效的嵌套在一起，通过车载信息采集数据终端云平台和实施终端监控模块，以及 5G 模块的软件配置，实现整个方案的有效架构，最终对于新能源汽车电池安全监测系统实现有效设计，并通过系统调试和功能测试完成电池安全等级的综合估算。

(3) 实验设计方法：采取等效电路的数学解析，对新能源汽车电池的老化速率进行分析，与电化学模型相比，这种实验设计的方法精度更高，可以降低部分分析的难度，并在现有动力电池的生命周期之内，分析电池参数的老化以及逐渐变化程度，使得等效电路模型的估算精确程度不断的提升，并在此基础之上，在实验室的环境之下分析电池在放出一定的电量状态之下，不同的安全系数等级，以此建立映射模型，对电池的安全等级进行全方面的估算。

2 系统需求分析

2.1 系统的总体介绍

新能源汽车电池安全监测系统主要是对新能源汽车在运行过程中存在的主要问题
进行监控，从而保障新能源汽车能够安全可靠的运行。基于车载信息采集的新能源汽车
电池安全监测系统主要是用来监测新能源汽车的车载动力电池数据，同时需要将采集的
车载动力电池数据如电池的电压、电流、电池温度、电池单体的最高电压、电池单体的
最低电压、电池单体的最高温度、电池单体的最低温度、电池 SOC 等数据上传至云平
台，通过对这些数据的综合分析和深度挖掘，了解并判断电池的状态，协助驾驶人员、
终端监测人员了解该车辆的具体运行情况。此外，本系统还能对车载动力电池的 SOH 进
行精确估算，以便对剩余使用寿命较低的电池进行处理。

本系统设计分为三大模块，车载信息采集终端、云平台和实时监控终端。其中车载
信息采集终端主要是对通过网络对新能源汽车的车载信息数据进行采集，并将采集到的
数据信号上传给云平台，同时能够接收云平台经对数据解算处理后向车载信息采集终端
下发的反馈指示。云平台主要功能是接收车载信息采集端上传的车辆数据，然后对接收
到的数据进行校验，解算，打包以及存储等处理后，转发给实时监控终端。实时监控终
端主要是负责将云平台发过来的数据进行转换，使其能够以方便监控人员进行直观的观
察的数据显示出来，从而实现对车辆信息的监控。

本系统设计利用 5G 技术高效可靠的传输能力，将采集到的新能源汽车的车辆数据
上传至云平台，并接收云平台的调度反馈，极大的提高了车载信息数据采集终端与云平
台之间数据传输的速率。再利用云平台强大的云端数据处理技术，将新能源汽车的车载
信息采集终端上传的车辆数据进行筛选、解算、打包和存储，使得实时监控终端可以对
车辆进行实时、有效、全方位及长周期的监控。

2.2 需求分析

由系统介绍可知，新能源汽车安全监测系统的具体需求分为以下三个方面：

(1) 车载信息采集终端需求分析

CAN 总线作为 ISO 国际标准化串行通信协议和目前世界范围内使用最多的一种现场总线，这是一个高效的串行通信网络，支持分布式控制或者实时控制，通信速度高达 1Mbps^[4]。CAN 总线由两条差分线 CANH 和 CANL 组成，各个节点通过较短的支线接入 CAN 总线。各节点从通信协议而言是没有主从和地址区分的，每个节点均可以平等的收发数据。利用 CAN 总线的此特性，在采集新能源汽车车辆数据时，可通过接入车辆的 CAN 总线，直接从车辆 CAN 总线中选择所需要的相关数据，主要是采集电池管理系统（Battery management system,BMS）的数据，包括单体电池的电压、电池回路的电流和电池温度等^[4]。由于 BMS 发送的电池数据频率很高，这就要求 CAN 通信模块不仅要能抓取 BMS 发送的电池数据，而且还要能够实现高速通信。其次，车载信息采集终端还要设计有接口电路，使其能与车上的其余设备进行相互交联。RS485 通信电路和 RS232 通信电路是汽车设备用于通信最常用的一对一和一对多的通信接口，需要在车载信息采集终端中集成。此外，由于车载信息采集终端还要实现快速上传车载监控的大量数据，随着 5G 技术的进步与发展，本系统利用 5G 技术超高速率且可靠的传输能力为新能源汽车的车辆数据上传提供保障，实现 5G 技术在新能源汽车行业的应用。

（2）云平台需求分析

云平台的主要工作是接收车载信息采集终端上传的车载动力电池数据及相关车辆数据，对获得到的数据进行筛选，对新能源汽车采集终端上传的电池数据和终端相关数据进行分析，剔除错误数据或重复冗余的数据，然后对处理后的数据进行存储。

云平台需要对接收到的车载动力电池数据和相关车辆数据进行快速的数据解算处理，同时因为需要长周期全要素的进行监控，且平均一辆车的数据量就接近 100 兆，因此云平台需要具备较大的空间用于存储。

（3）实时监控终端需求分析

实时监控终端负责读取云平台存储的车辆数据，对相关车辆数据进行整合后进行直观的显示，监控人员可以在终端平台查看这些数据。考虑到各项数据的分类处理，主要包括电池电压、电流、电池温度、电池单体最高电压、电池单体最低电压、电池单体最高温度、电池单体最低温度、电池 SOC 等相关数据，可将这些数据按照时间进行显示。这些数据都可以在该系统当中实时上传、实时显示，方便监控人员对车载电池的情况开展全时段的数据汇总。除此之外，还支持历史数据的查找。当输入查找指令后，可根据

输入的时间段找到相对应的存储数据并分类进行显示，方便监控人员查找动力电池的历史信息。

2.3 系统方案设计

2.3.1 设计思路

按照这种设计原则，考虑到不同模块的需求，将整个监控平台的系统分为三大模块，第一模块是信息采集模块，第二模块是数据处理云终端模块，第三部分是终端操作显示模块。

车辆信息采集终端负责对车辆有关数据进行采集和上传，其中包括动力电池总电量、电池电流、电池单体最高电压和电池单体最低电压、电池单体最高温度、电池单体最低温度、电池 SOC、电池种类等电池信息。除此之外，还要采集累计行驶里程等车辆信息。然后将所需的信息打包后上传到云平台。由此可知，车辆的数据采集终端在硬件设计上需要包含 5G 模块、CAN 通信模块、RS485 通信模块等通信模块。

云平台主要负责车载信息采集终端传过来的车辆数据，并对其进行解算处理后进行存储。如果数据异常，云平台要能将解算后的数据对车载端进行反馈。同时，云平台还要负责将解算后的数据传送给实时监控终端，便于其可以实时监控。并可以通过历史数据和当下数据的链接对比，将异常数据和不符合规范的错误数据冗余数据剔除，及时发现新能源汽车电池存在的问题。

实时监测模块主要是负责显示电池的电压、状态、里程、车牌等信息，并对电池 SOH 进行估算。除此之外，还具有历史查询的功能，可以通过历史数据和当下数据的链接对比，将异常数据和不符合规范的错误数据冗余数据剔除，及时发现新能源汽车电池存在的问题。

2.4 本章小结

本章节对于整个系统的设计理念进行了详细的介绍，并且按照不同模块的需求开展有效的分析，将系统设计为信息采集模块、云平台模块、实时监控终端三个模块。根据

各个模块的功能和整个系统的需求， 分别对车载信息的采集、云平台的数据传输和终端的数据查看进行了整体的方案设计， 分析了各个模块的设计原理， 方便后续工作的开展。

3 硬件与软件设计

本章节探讨了系统的架构原则，通过硬件和软件的协同配合，完成整个系统的方案设计。硬件设计主要是针对车载信息终端的数据采集，软件设计主要是车载信息采集、云平台及实时监控终端的软件流程设计以及 5G 模块的配置流程。

3.1 车载信息采集终端硬件设计

车载信息采集终端模块主要负责采集车辆数据，对数据进行处理然后打包上传。根据要实现的功能，车载信息采集终端硬件设计包括电源模块、5G 通信模块、CAN 通信模块、主控模块、RS485 通信模块、RS232 通信模块和路由模块。电源模块负责向其他模块提供不同的工作电压，通过转出不同的电压值来适配不同的模块，保证不同模块稳定运行。主控模块是整个车载信息采集终端的核心处理模块，相当于电脑的 CPU 单元，因此对处理器的性能要求很高。CAN 通信模块负责接收电池数据管理系统的电池数据，并将数据传输给主控模块进行解算；RS485 通信模块和 RS232 通信模块用来连接车上的其他设备。

3.1.1 电源模块设计

电源模块是根据不同模块所需电压不同的特性向各个模块进行供电，保证整个系统的电压稳定，使系统能够稳定运行。车载信息采集终端输入电压为直流 24V，具有较大的电压波动、浪涌及噪声。为了提高整个系统的供电稳定性，避免由于车辆供电电压不稳而造成的信息采集终端不能正常工作甚至是模块的损坏，在电源模块的设计上需要加入滤波电路，过滤电磁波的干扰，提高运行的稳定性。

前级保护电路如图 3-1 所示，SM8S33A 是瞬态电压抑制（Transient Voltage Suppressors,TVS）二极管，作用是遭受到瞬态高能冲击时，器件的两极在很短时间内迅速击穿，从而吸收高浪涌功率。SM8S33A 的最低击穿电压约 37V，即 SM8S33A 将吸收掉高于 37V 的浪涌、纹波和尖峰，将输入电压钳位在 37V 以内，从而使整个电路免于被击穿，保证了输入电压的稳定。使用时，一般 TVS 二极管位于电源转换芯片之前并联接入电

源电路。

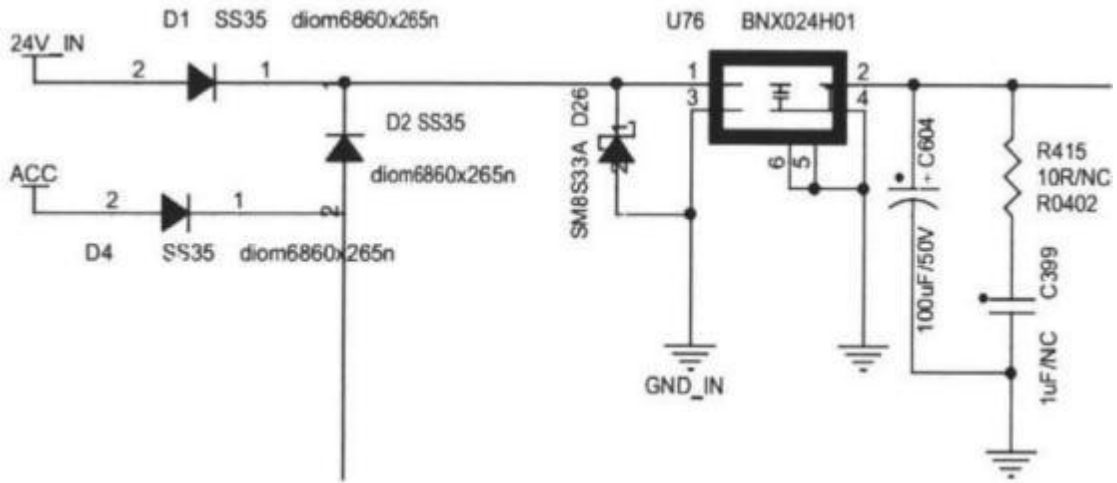


图 3-1 前级保护电路

Figure 3-1 front protection circuit

BNX024H01 是共模抑制电感，作用是过滤输入电源中的电磁干扰信号、减少辐射、降低高频共模噪音。在共模电感的输出端并联接入的滤波电容是为了滤除输入电压的高频噪声。经过共模抑制电感和滤波电容的处理之后的输入电压，直接连接到电源管理芯片 MAX17613A 上，为后级电路提供稳定的 24V 电压，然后再使用多块 DC-DC 芯片 MAX17572 分别实现 24V 转 5V、24V 转 3.3V、24V 转 2.5V 的输出电压。

MAX17613A 电源管理芯片，具有过压锁定（Over Voltage LockOut, OVLO）、欠压锁定（Under Voltage Lock Out, UVLO）、反向保护、具有高达 3A 的可编程限流保护、能承受高达+60V 和-65V 的正负输入电压故障等特点。该器件可调节的过压保护范围为 5.5V 至 60V，可调节的欠压保护范围为 4.5V 至 59V，可使用外部电阻设置输入过压锁定和欠压锁定门限。另外，该器件还提供了 4.2V 内部输入欠压门限。 V_{OVLO} 和 V_{UVLO} 计算公式如（3-1）和（3-2）所示。

$$V_{OVLO} = V_{REF} \sqrt{\left(1 + \frac{R2}{R4}\right)} \quad (3-1)$$

$$V_{UVLE} = V_{REF} \sqrt{\left(1 + \frac{R1}{R5}\right)} \quad (3-2)$$

其中， $V_{REF}=1.5V$ ，即芯片的初始值设定为 1.5V，通过挑选合适的 R2，R4 和 R1，R5 来设定输入电压的上下阈值，将输入电压钳位于两个阈值之间。在本设计中，过压阈

值设定为 28V，所以经过计算可以得出，当 R4 的阻值为 24 KΩ 时，则 R2 的阻值为 424KΩ。欠压阈值设定为 18V，所以经过计算可以得出，当 R5 的阻值为 200KΩ 时，则 R1 的阻值为 2.2MΩ。

MAX17613A 电源管理芯片可编程限流保护可达 3A,从而可为输入大电容充电，同时控制起动浪涌电流。限流门限可以由 SETI 引脚与 GND 间的电阻相连来设定。当装置电流到达设定门限后，装置通过调整 FET 电阻来防止电流的进一步升增大。最大电流阈值计算公式如下图所示：

$$I_{LIM} = \frac{4500}{R_{seti}} \quad (3-3)$$

I_{LIM} 单位是 mA， R_{seti} 单位是 kΩ, 通过挑选合适的 R_{SETI} 的阻值来设定最大电流阈值，将输入电流钳位在阈值之内。表 3-1 为限流阈值与电阻值的对应关系。

表 3-1 限流阈值与 RsET1 电阻值对照表

Table 3-1 Mappings between current limiting thresholds and RsET1 resistance values

RsET / (单位: kΩ)	IuM (单位: A)
15.00	0.3
4.53	1.0
2.26	2.0
1.80	2.5
1.50	3.0

从对照表的数据分析结果可以看出，在电阻值为 15kΩ, 对应的电流单位为 0.3A，当电阻下降到 1.50kΩ, 电流单位可以升高到 3.0A。在本文所采取的设计当中，电源需要为不同的模块提供供电保障，因此还需要考虑到电路的冗余，因此选择 1.8 kΩ 的电阻最大设定值为 2.5A，能够同时满足冗余状态之下多个通讯模块的供电保障，提升电源管理电路的稳定性。图 3-2 为电源管理电路原理图。

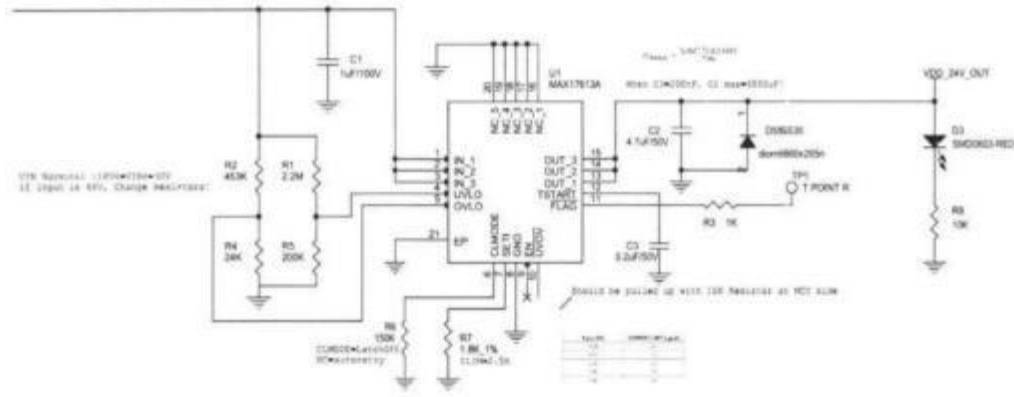


图 3-2 电源管理原理图

Figure 3-2 RsET1 resistance Settings

经过保护管理之后，整个系统的电压可以控制在 18V 至 30V 之间。外接电源在 24V 的状态之下，能够为整个系统提供较为稳定的电力供应，将 24V 的外接电源转化为 5V、3.3V、2.5V，更好的满足电力系统的转化要求。

本设计中所选择到的电源芯片是一款高电压、可靠性高的降压芯片，芯片型号 MAX1752。这种芯片能将输出电压控制在 $0.9V \sim 0.9 \cdot V_{IN}$ 的可调输出范围之内、可以连续提供高达 1A 的电流及具有 4.5V~60V 之间的宽输入电压等特点。该电源芯片的输出电压采用电阻分压网络设置，从输出电压端到接地端之间使用两个电阻进行分压，同时将分压节点连接到反馈端。电阻分压电路如图 3-3 所示。

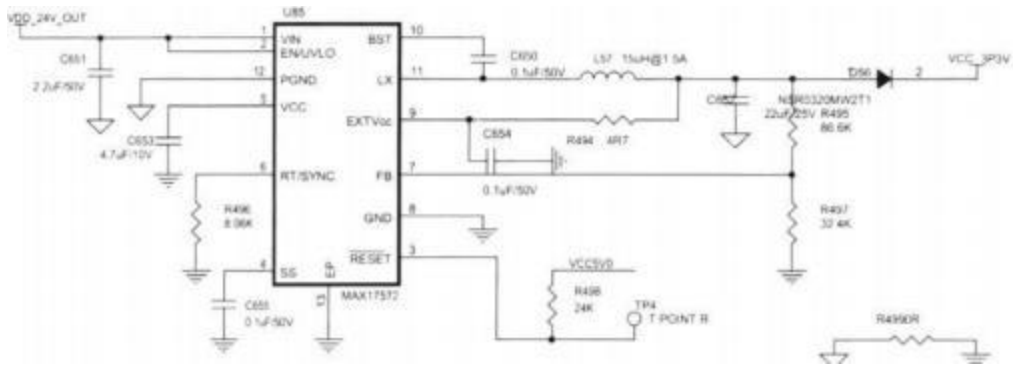


图 3-3 转换电路设置

Figure 3-3 Conversion circuit Settings

3.1.2 主控模块设计

主控模块是电路的核心，控制着整个电路。主要的功能是将 RS485 通信模块、RS232

通信模块和 CAN 通信模块传输过来的数据进行解算，分析，整理后打包，通过 5G 技术将打包后的数据发送到云平台。

本设计选用了搭载 GD32F450IKH6 微控制器的核心板。GD32F450IKH6 作为兆易创新发布的以 ARM Cortex-M4 RISC 内核为核心的新型微控制器在提高处理能力，降低功耗以及外围设置等多方面都有着最优性价比。GD32F450IKH6 集成了 Arm Cortex-M4 32 位 Cpu 核心，在 200MHZ 频率运行。它提供高达 3072KB 闪存和 512KB 的 SRAM 内存。可提供的标准和高级通信接口多，最多可支持 4 路 USART 和 4 路 UARTusart，2 路以太网和 2 路 CAN 总线。

3.1.3 CAN 通信模块设计

CAN 通信模块是车载信息采集终端的不可或缺的一部分，主要功能是利于主控模块从新能源汽车的 CAN 数据中提取出所需的电池数据。主控模块获取数据后将采集的数据重新整理并打包，通过 5G 技术发送到云平台。

CAN 通信通常采用 ISO 国际标准化行通信协议进行通信^[4]。就当前汽车产业来说，各种电子控制系统因安全性、舒适性、便利性、低公害和低成本的需求而不断发展。由于这类系统间通信所使用的数据类型和可靠性要求不一，有许多总线组成，因此线束数目增多。为了满足“减少线束数量”和“通过若干 LAN,实现海量数据高速通信”的要求，德国电气商博世公司于 1986 年研制了汽车 CAN 通信协议。之后 CAN 经过 ISO11898 和 ISO11519 标准化，目前已经成为欧洲汽车网络标准协议^[4]。

CAN 控制器依据两线之间电位差判断总线电平。总线电平有显性电平与隐性电平之分，两者必居其一。发送方以改变总线电平的方式向接收方发送信息。CAN 协议的特点如下：

1) 多主控制。当总线处于空闲状态，所有单元均可发送信息，当两个或更多单元同时启动发送信息，则按照标识符确定优先级。标识符不指示所发目的地址，而只是指示总线信息优先级。当两个或更多单元同时启动发送信息时，逐一仲裁每一个信息标识符中的每一位。仲裁胜利的单元可以继续发送信息，仲裁失败的单元立即停止发送和接收信息^[4]。

2) 系统的柔软性。连接到总线上的单元没有类似"地址"的信息。因此在总线上增加单元时, 连接在总线上的其它单元的软硬件及应用层都不需要改变。

3) 通信速度较快, 通信距离远。最高 1Mbps, 最远可达 10KM。

4) 具备错误检测、错误通知、错误恢复等功能。所有单元均可检测到错误, 检测到错误的单元立即同时通知其他所有单元, 一旦正在发送消息的单元检测到错误, 则强制结束当前的发送[4]。

5) 故障封闭功能。CAN 总线能够判断错误类型为总线中临时数据错误或连续数据错误。由此作用, 在总线中出现连续的数据错误的情况下, 可以使导致该故障的单元与总线分离。

6) 连接节点众多。CAN 总线是一种可以同时多个单元进行连接的总线。可连接单元总数从理论上不受限制。但是在实际应用中, 可接单元数受到总线中时间延迟和电气负载等因素制约。减少了通信速度则增加了可接单元数量; 增加通信速度则可以连接单元数降低。

正由于 CAN 协议所具有的上述特性, 使 CAN 尤其适用于工业过程监控设备互联, 所以, 日益引起工业界关注, 被公认为是最具潜力的现场总线。

本论文中选择 SN65HVD230 作为 CAN 总线的收发器, 传输速率可以达到 1Mbps, 主要应用于 CAN 协议控制协议控制器和物理总线之间, 从而实现 CAN 总线上各设备间的通信。发送器负责把控制器输出的数字信号转换成模拟信号, 再送到 CAN 总线上发送; 接收器则负责把收到总线上输出的模拟信号转换成数字信号, 从而达到设备终端间通讯的目的。SN65HVD230 需要使用 3.3V 给芯片的 V_{CC} 引脚供电。CANH、CANL 引脚对地间并联两个 30pF 小电容过滤总线高频干扰, 防止电磁辐射, 并在 CANH 和 CANL 引脚之间并联一个 120Ω 的电, 使终端阻抗保持连续, 增强总线的稳定性。

CAN 通信模块电路设计如图 3-4 所示, SN65HVD230 在高速工作模式下对 RS 引脚进行接地是可选的, 这种工作模式可以使发送器的输出晶体管在最快的时间内导通与关断。若要使用待机模式, 则可将 RS 引脚直接连接至 DSP, 通过 DSP 控制 RS 引脚在高电平和低电平之间转换, 以使器件在高速模式和待机模式之间转换。SN65HVD230 采用高速工作模式, 收发器可通过总线 CANH、CANL 进行数据收发。接收器将总线上的模拟信号数据转换为数字信号数据输出到 RX 引脚。为了减少斜率快速上升产生的谐波所

带来的电磁干扰,总线上输出信号的斜率在内部进行控制。

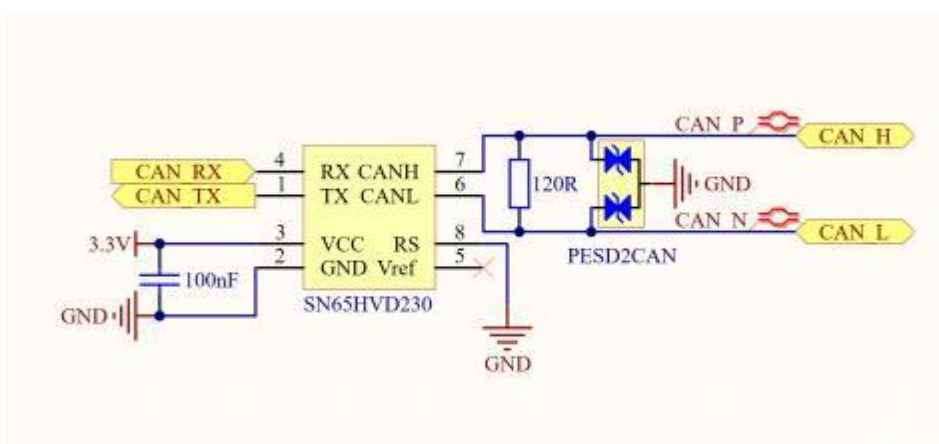


图 3-4 CAN 通信模块电路

Figure 3-4 CAN communication

3.1.4 5G 通信电路设计

5G 通信模块是为了将采集到的车辆电池信息上传云平台，经云平台对数据进行筛选后存储，方便实施监控终端的读取。

5G 技术即第五代移动通信网络，它不仅对移动通信技术进行了简单的提升，还对整个基站建设以及网络架构进行了创新变革^[4]。与以往 2G 至 4G 时代侧重于移动性与传输速率不同,5G 既要兼顾带宽的提升，又要兼顾万物互联和超低时延，以及未来需求、关键技术、演进路径的多样化等多个维度^[4]。5G 技术具有高速度、泛在网、低功耗、低时延、万物互联及重构安全体系等六大基本特点。应用场景包括：超高速体验、超高用户密度、超高速移动、低时延高可靠连接的场景、海量终端连接等^[4]。车联网是 5G 和物联网技术对交通行业带来的颠覆性变革，它通过融合人、车、路及周边环境的相关信息向人们提供一体化服务。依托 5G 低时延、高可靠、高速率及安全性的优点，有效地提高了车联网信息获取、加工、发布、使用及安全的及时性与精准性，有利于实现车辆之间、人员之间、道路之间的信息互通和高效协同，有利于杜绝车联网安全风险和促进车联网产业的迅速发展^[4]。未来 5G 是一个以人为本通信与机器类通信并存，多种具有差异化特点的业务应用并存。5G 给人带来四个大的改变——轻松、有存在感、灵敏和智力^[4]。

本设计使用的是华为公司推出的型号为 MH5000 的 5G 工业模组。5G 工业模组是工业产品 5G 网络的核心连接组件，它通过对基带芯片、射频、存储和电源管理硬件的封装，对外提供规范的软硬件接口，使用门槛低，可兼容性好^[4]。本论文中选用的 MH5000 的 5G 工业模组不仅具有高速率、低时延的特性，而且耐高低温性能好、可靠性高、安全系数高，还具有网络导向演进能力，保护设备的投入。MH5000 的 5G 工业模组是支持 NSA-SA 双模的，可以连接到不同 5G 模式的网络中，实现 2G-3G-4G-5G 的完全兼容，与 5G 网络的覆盖节奏直接同步进行，下行速率高达 2Gbps，上行速率高达 230Mbps，满足行业应用的高带宽要求；工作温度范围广，适应工业环境的多样化。

MH5000 工业模组有提供 BGA 封装和供 M.2 接口两种类型，针对不同的使用环境可以灵活选择。M.2 接口的电路图如图 3-5 (a) 所示。

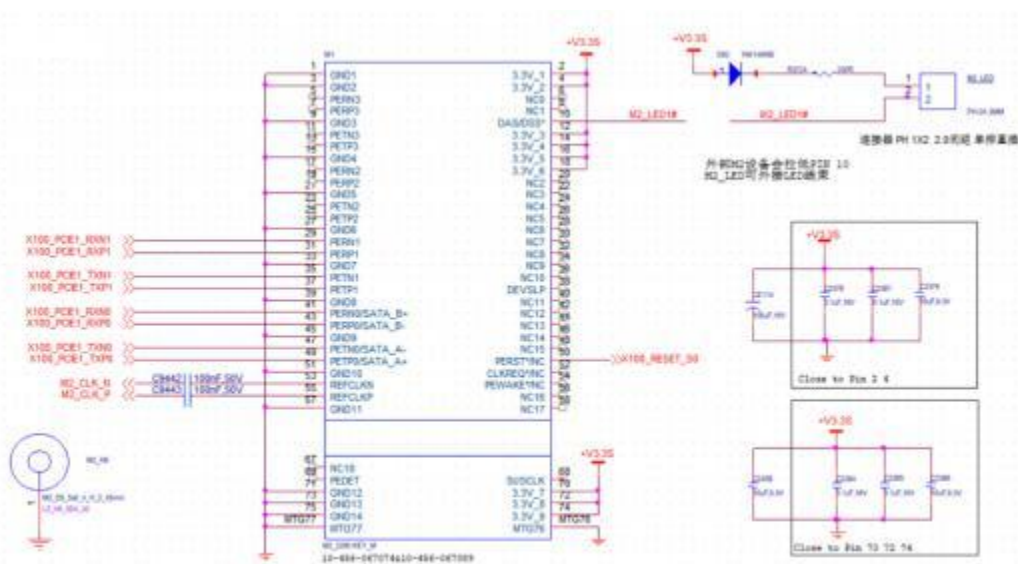


图 3-5 底座电路图(a)

Figure 3-5 Base circuit diagram(a)

M2 接口版 5G 模块内建 USIM 卡接口满足 ISO7816-3 规范，并支持 B 类、C 类两种 USIM 卡类型，由 4 个引脚接入 SIM 卡中，如图 3-5 (b) 所示。

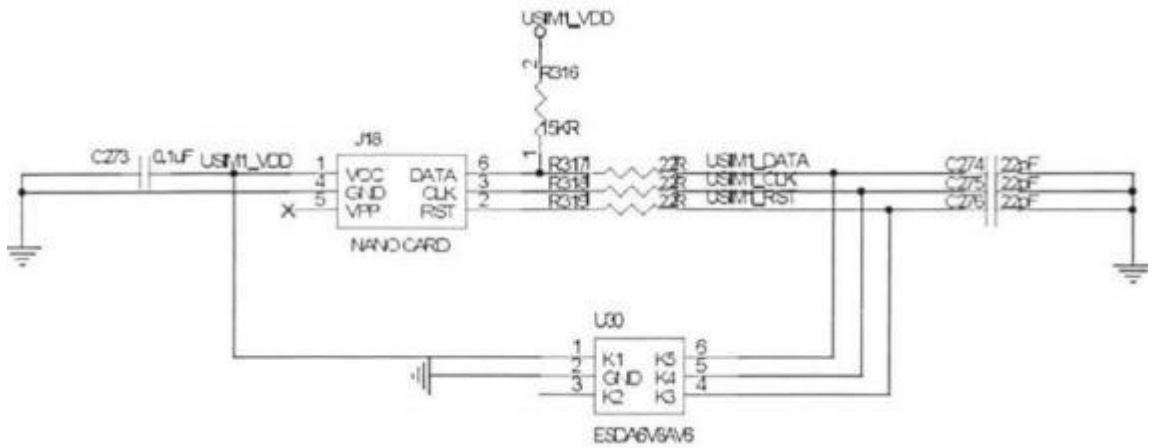


图 3-5 底座电路图(b)

Figure 3-5 Base circuit diagram(b)

由于 5G 模组使用 4V 供电，因此采用 MIC29302WU 线性稳压器实现将输入电压从 5V 降到 4V，电路如图 3-5(c)所示。

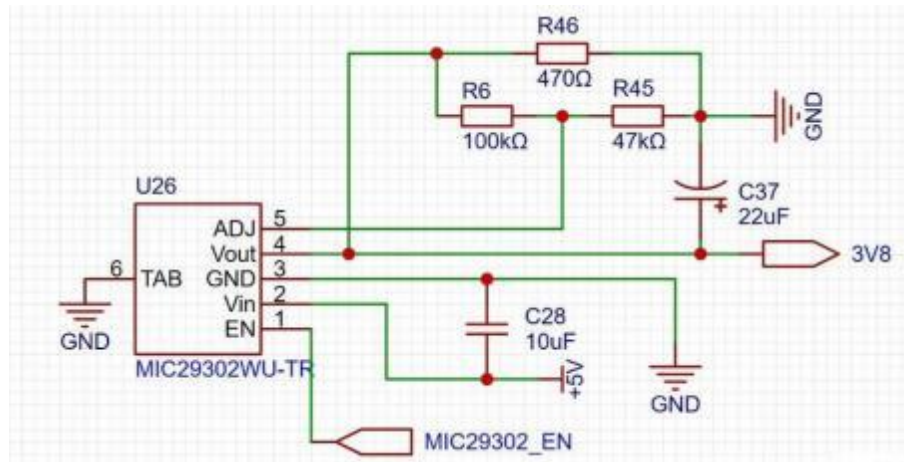


图 3-5 底座电路图(c)

Figure 3-5 Base circuit diagram(c)

整个电路的运行使用 4V 供电模式，因此在本次的电路设计之中，通信模组需要搭配一个 M.2 的底座进行使用，同时搭建有必要的外围电路，然后将调整好之后的 4V 给 MH5000 工业模组供电。

3.1.5 RS485 通信模块设计

本系统设计中，RS485 通信模块的作用是连接车载信息采集终端和其他的车载设备，从而使车载信息采集终端可以快速获取其他车载设备的信息。

RS485 在工业控制环境下通常采用通讯协议为半双工异步串行通讯^[4]。通常采用主从通信，也就是一台主机带有多台从机进行通信^[4]。RS485 通常利用差分信号传输时，一般仅需两条信号线即可正常通信。两信号线电压差从+2V 到+6V 时，逻辑电平是 1，电压差从-2V 到-6V 逻辑电平是 0。由于 RS485 接口抗干扰能力强、传输距离远、多站能力强，使得它是首选串行接口之一。

本次设计选用了 SP3485 芯片作为十分经典的+3.3V 低功耗半双工 RS485 接收装置，其数据传输速率可以达到 10Mbps。单片机串口通信通常采用 TTL 电平的方式，如果需要 RS485 通信，就需要 RS485 芯片在中间进行转换。因为 RS485 通信是半双工通信，即发送数据的同时不能接收数据，所以选择 SP3485 做 RS485 收发器。SP3485 芯片引脚如图 3-6 所示。RS485 通信电路设计如图 3-7 所示。

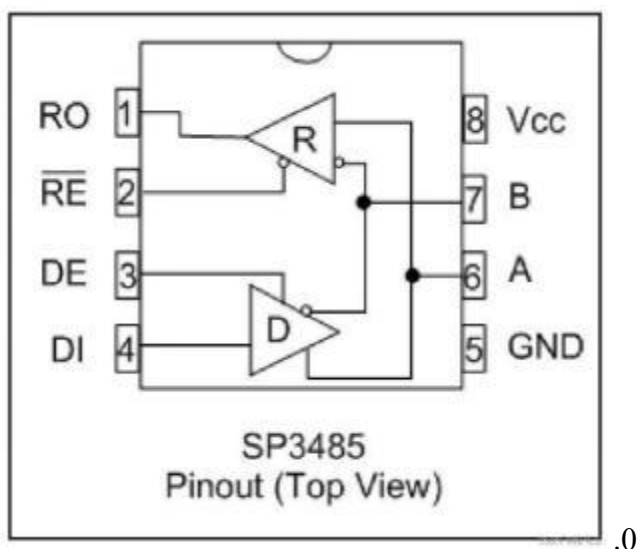


图 3-6 SP3485 芯片引脚图

Figure3-6 SP3485 chip pin diagram

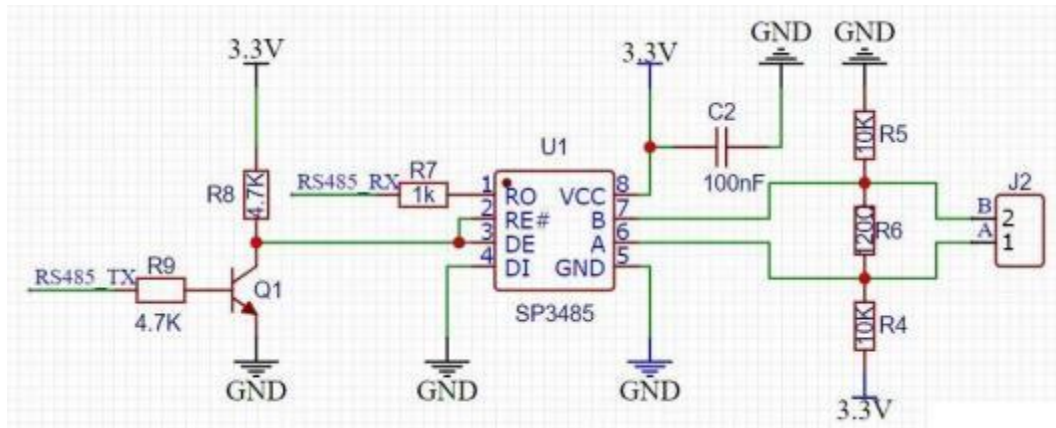


图 3-7 RS485 通信电路

Figure 3-7 RS485 communication circuit

RS485 自动收发电路在接收数据过程中，接收数据引脚 RS485_RX 一直保持高电平，三极管 Q1 导通，RE 和 DE 的引脚是低电平，发送禁止，接收使能，进入接收状态。发送数据过程中，发送数据引脚 RS485_TX 发送 1，AB 发送 1。RS485_TX 发送 0，AB 发送 0。

当 RS485_TX 传输 1 时三极管 Q1 接通,RE 与 DE 引脚为低电平时，传输被禁止，接收使能并进入接收状态。 SP3485 芯片 AB 引脚由于信号线 A 由阻值为 10 KΩ 的电阻向上拉动，信号线 B 由阻值为 10 KΩ 的电阻向下拉动而处于高阻状态。因此,AB 引脚传送了 1。

当 RS485_TX 传输 0 时三极管 Q1 不通,RE 与 DE 引脚为高电平而进入传输状态。SP3485 芯片将 DI 中的电平响应于 AB 引脚输出，由于 DI 已接地,AB 引脚发送 0。因此，在 RS485_TX 传输 0 时,AB 引脚就会发送 0。

当 RS485 总线处于开路状态时，信号线A和B上的差分电压会保持在 0V左右，此时的 RS485 总线处于不确定状态，会造成通讯不正常。通过将信号线A用阻值为 10 KΩ 的电阻进行上拉，信号线B用阻值为 10 KΩ 的电阻进行下拉，增强通信的抗干扰能力。此外，在信号线A和B之间并联了一个阻值为 120Ω 的电阻，用以对通信总线特性阻抗进行匹配以消除通信总线对信号的反射从而改善通信质量。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/246031033201010112>