

文本复制检测报告单(全文标明引文)

№:ADBD2018R_2018053015312720180530154830440174095727

检测时间:2018-05-30 15:48:30

检测文献: 53140307_唐震宇_计算机科学与技术_基于单片机平台的空气净化装置的设计与实现

作者: 唐震宇

检测范围: 中国学术期刊网络出版总库

中国博士学位论文全文数据库/中国优秀硕士学位论文全文数据库

中国重要会议论文全文数据库

中国重要报纸全文数据库

中国专利全文数据库

图书资源

优先出版文献库

大学生论文联合比对库

互联网资源(包含贴吧等论坛资源)

英文数据库(涵盖期刊、博硕、会议的英文数据以及德国Springer、英国Taylor&Francis 期刊数据库等)

港澳台学术文献库

互联网文档资源

CNKI大成编客-原创作品库

个人比对库

时间范围: 1900-01-01至2018-05-30

检测结果

总文字复制比: 0.3%

跨语言检测结果: 0%

去除引用文献复制比: 0.3%

去除本人已发表文献复制比: 0.3%

单篇最大文字复制比: 0.2% (空气质量在线监测教学实训系统的设计)

重复字数: [76]

总段落数: [7]

总字数: [24306]

疑似段落数: [2]

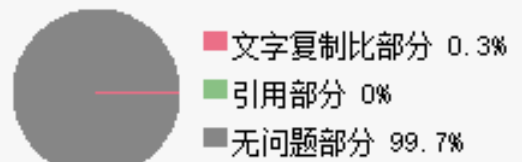
单篇最大重复字数: [41]

前部重合字数: [35]

疑似段落最大重合字数: [41]

后部重合字数: [41]

疑似段落最小重合字数: [35]



指标: ☐ 疑似剽窃观点 ☐ 疑似剽窃文字表述 ☐ 疑似自我剽窃 ☐ 疑似整体剽窃 ☐ 过度引用

表格: 0

公式: 0

疑似文字的图片: 0

脚注与尾注: 0

0% (0)

中英文摘要等 (总2375字)

1.2% (35)

第1章绪论 (总3016字)

0% (0)

第2章空气净化装置的总体方案 (总2418字)

0.5% (41)

第3章空气净化装置系统的硬件设计 (总8322字)

0% (0)

第4章空气净化装置系统的软件设计 (总6775字)

0% (0)

第5章测试与分析 (总472字)

0% (0)

第6章总结与展望 (总928字)

(注释: 无问题部分 文字复制比部分 引用部分)

1. 中英文摘要等

总字数: 2375

相似文献列表 文字复制比: 0%(0) 疑似剽窃观点: (0)

原文内容 红色文字表示存在文字复制现象的内容; 绿色文字表示其中标明了引用的内容

吉林大学学士学位论文(设计)承诺书

本人郑重承诺: 所呈交的学士学位毕业论文(设计), 是本人在指导教师的指导下, 独立进行实验、设计、调研等工作基础上取得的成果。除文中已经注明引用的内容外, 本论文(设计)不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写的作品成果。

对本人实验或设计中做出重要贡献的个人或集体，均已在文中以明确的方式注明。本人完全意识到本承诺书的法律结果由本人承担。

学士学位论文（设计）作者签名：

2018年5月20日

摘要

基于单片机平台的空气净化装置的设计与实现

空气污染，随着人民对生活品质的要求逐年提高，已经成为近年来关注程度与日俱增的一大话题。可以说，空气质量对人的身体健康和生活状态有着直接而显著的影响。而公众对这种每日吸入的污染也逐渐有了更加深入的了解。围绕着空气净化这一话题，一个巨大的市场正渐渐浮现。空气净化器、环保涂料、防雾口罩等商品涌现到人们眼前。而如何更加有效的向人们提供洁净的空气，则成为了开发者们的研究内容。在此背景下，本论文描述了一组基于单片机平台的，净化与检测设备分离的空气净化装置系统的构想、设计和实现。

论文研究的空气净化装置，是基于Arduino Nano单片机平台进行研发和制作的。首先，确定空气净化装置的技术指标，在此基础上选择以Atmega328p单片机为核心的开发平台作为各节点设备的主控制器、采用nRF24L01+和HC-06无线模块进行无线通信。使用SDS-011 细颗粒物传感器和SHT31数字温湿度传感器进行空气质量的测量，独立的多个空气质量采集节点无线将数据汇报给空气净化节点，经过计算后确定出风强度。绘制并生产了适用于两种节点设备的PCB印制电路板，并最终完成了控制系统和检测系统的编程与调试。

关键字：单片机，嵌入式，空气净化，无线传感器

Abstract

An air cleaning equipment based on MCU platform

As people's demand for life quality increases year by year, air pollution has become a major concern in recent years. It can be said that air quality has a direct and significant impact on people's physical health and living conditions. The public has gradually gained a deeper understanding of this kind of pollution that they breathe in every day. Around the topic of air purification, a huge market is gradually emerging. Air purifiers, eco-friendly paints, and air-filtering masks all went into being. Ways to provide clean air to people more effectively has become the research content of developers. In this context, this paper describes the concept, design, and implementation of a set of air purification device system based on a single-chip microcomputer platform, which separates the purification and detection equipment.

The air cleaning device mentioned in this paper is based on the Arduino Nano microcontroller platform for R&D and production. First of all, determine the technical indicators of the air purification device, then select the Atmega 328P-based developing platform as the main controller of each node device. Using nRF24L01 + and the HC-06 wireless module for wireless communications. SDS-011 Particle Sensor and SHT31 Digital Temperature and Humidity Sensor were chosen to measure air quality. Independent multiple air quality detecting nodes report the data to the air purification node wirelessly, and the cleaning power was determined after calculation. Two PCB designed for two kinds of node devices was drawn and produced, and finally the programming and debugging of the control system and the detection system was completed.

Keywords：Single Chip Microcomputer，Embedded System，Air Purification，Wireless Sensor

目录

第1章绪论	1
1.1 课题的研究背景	1
1.1.1 空气污染的现状	1
1.1.2 空气净化技术的现状	1
1.2 课题来源	2
1.3 研究内容和意义	3
1.3.1 研究内容	3
1.3.2 研究意义	3
1.4 课题研究的可行性	3
1.4.1 技术可行性	3
1.4.2 操作可行性	4
1.4.3 经济可行性	4
1.5 本文的组织结构	4
第2章空气净化装置的总体方案	6
2.1 空气净化装置的技术指标	6
2.2 选择合适的空气净化技术	6

2.3 系统组成	7
2.3.1 中心控制节点	7
2.3.2 外围检测节点	9
2.3.3 节点间的通信方式	10
2.4 空气净化装置的运行策略	10
2.5 本章小结	11
第3章空气净化装置系统的硬件设计	12
3.1 单片机平台的选用	12
3.2 无线通信模组的选择	14
3.2.1 nRF24L01+	14
3.2.2 HC-06串口蓝牙无线模块	16
3.3 中心控制节点的硬件设计	17
3.3.1 中心控制节点外壳和风道的设计	17
3.3.2 中心控制节点风机的选用	18
3.3.3 风机控制和调速电路	19
3.4 外围检测节点的硬件设计	19
3.4.1 细颗粒物传感器SDS011	20
3.4.2 温湿度传感器SHT31	21
3.4.3 OLED显示屏	21
3.5 硬件电路的绘制与制版。	22
3.5.1 绘制电路连线原理图	22
3.5.2 绘制印制电路板 (PCB)	25
3.6 本章小结	27
第4章空气净化装置系统的软件设计	28
4.1 编程语言和开发环境的配置	28
4.1.1 编程语言	28
4.1.2 配置开发环境	28
4.2 中心控制节点的程序设计	29
4.2.1 运行模式的变更	30
4.2.2 风机调速信号的发送	32
4.3 外围检测节点的程序设计	33
4.3.1 细颗粒物指数的读取。	33
4.3.2 温湿度的采集	34
4.3.3 OLED的显示程序	34
4.4 风机调速策略	35
4.5 本章小结	37
第5章测试与分析	38
5.1 空气净化测试	38
5.2 用户指令变更测试	38
第6章总结与展望	39
参考文献	40
致谢	41

2. 第1章绪论		总字数：3016
相似文献列表 文字复制比：1.2%(35) 疑似剽窃观点：(0)		
1	2124163713-韩璐-朴炫春 韩璐 - 《大学生论文联合比对库》 - 2017-05-17	1.2% (35) 是否引证：否
原文内容 红色文字表示存在文字复制现象的内容; 绿色文字表示其中标明了引用的内容		
第1章绪论		

1.1 课题的研究背景

工业生产、载具通勤不但改善了人们的生活质量，而且为人民不可或缺的三大资源之一——空气的品质带来了新的挑战，“雾霾”、“PM2.5”也成为了人们口中经常提到的话题。在这个背景下，课题进行一款空气净化装置的设计与实现工作。

1.1.1 空气污染的现状

进入21世纪后，中国的空气污染问题日益严峻，空气中的污染物浓度居高不下，对人民的健康水平造成了严重的影响，也对农业和物质生产造成了损失。经济合作与发展组织的一项研究表明，截至2010年，空气污染对中国社会造成的经济开销预计为1.4万亿美元。我国于2015年修订了《大气污染防治法》草案，相应地，新的空气污染控制计划要求地方政府都出台法律，以控制空气污染问题。

作为首都，以北京为代表的大城市空气污染问题也尤为突出。从2012年到2014年，这里几乎有一半时间笼罩在烟雾当中。新时代人民的生活方式——例如，私家车、生活用电和冬季取暖等，对能源的消耗与日俱增；以该城市为例，其雾霾天气产生的主要原因是机动车尾气、燃煤、工业生产、城市粉尘和周边一体化城市飘来的污染物。为了守护蓝天，根据严格的环保法律法规，高污染的工厂将面临严厉的监管，使用或购买私家车的行为也将受到约束。[1]

在我国，每年有十万人因空气污染而死亡，显然，空气污染已经严重地危害到了人们的健康。所以必须进一步进行空气净化方案的开发，努力优化居住环境的空气质量。

1.1.2 空气净化技术的现状

空气净化是一门新兴技术。目前，提高居室空气质量的成熟方法分为多种——从源头上控制污染物、输入清洁空气稀释污染物、净化居所内的空气。作为一种治理手段，空气净化与送入新鲜空气类似，都是减少浑浊空气中的污染物。[2]但在户外空气质量形势日益严峻的当下，企图通过简单的送风来改善空气质量，只是一个美丽而无法实现的梦。

空气净化装置是直接净化空气的便利设施，目前的产品一般会从以下技术中选择一到多项进行集成开发：

1. HEPA

HEPA (High Efficiency Particular Air filter) 意为“高效空气过滤器”，是国内外都承认的最佳滤材。[3]它由有机纤维交织而成，并在出厂后带有静电，空气可以正常通过，但直径大于0.3 μm 的物体则很少能够穿透它。它适合对空气清洁指数要求很高的地方。但因为具备静电，它不能通过水洗来延续使用寿命，在吸满灰尘之后即作淘汰换新处理。

2. 活性炭

活性炭是多孔的炭粒，可以吸附色素和异味等有机分子。

3. 光触媒

光催化的过滤材料，照射后可以氧化空气中的有机分子，生成相对更加安全的二氧化碳和水蒸气，从而使空气更清洁。

4. 紫外线净化

普通玻璃和塑料材质一般无法被其穿透，但其能有效消灭细菌等有害生物。

5. 静电技术

使用高压DC电源放电，颗粒物经过电场后会带电荷，被电场所带动吸附在收集区域内。该技术不需要更换新的耗材，可反复清洁重用。

6. 臭氧技术

破坏微生物的组织结构，将其彻底消除。

7. 负离子技术

将负离子施放到空气中，和颗粒物结合后沉降在地面。

1.2 课题来源

课题为自主立项项目，一个同为该课题作者自主开立，但更为基础和简易的课题在2017年春季结题的大学生创新项目中获得了“国家级优秀”评价，在“大创”课题成功验收结束后并未终止设备的开发，产生了论文所述的课题，是对“大创”课题的进一步研发和优化。

1.3 研究内容和意义

1.3.1 研究内容

课题主要设计一款具备多个空气质量检测节点的空气净化装置原型机。整套装置有两种设备构成：中心控制节点和外围检测节点。它们各自有着不同的组成和结构。中心控制节点的功能有：

- 连接外围检测节点；
- 接收外围检测节点传来的空气质量数据；
- 计算所需的净化速度；
- 向风机传输控制信号。

外围检测节点需要实现：

- 检测空气质量数据；
- 接入中心控制节点，向其汇报采集到的数据；
- 对于室内采集节点，提供显示输出接口，便于免App/网络连接查看空气质量，此时节点可作为独立的空气质量采集节点。

1.3.2 研究意义

空气净化装置能够显著优化人们居所的空气质量，课题所设计的空气净化装置可以滤去空气中的异味分子和细颗粒物。通过将空气质量采集设备独立在净化装置之外，可以使采集到的空气质量更加准确，避免净化器输出的洁净空气影响测量结果。

1.4 课题研究的可行性

1.4.1 技术可行性

吉林大学计算机科学与技术学院包含充足的计算机科学与技术人才储备，拥有稳固的理论基础和深厚的计算机软硬件开发的经验。同时，对于Arduino单片机平台所使用的AVR系列微控制器也有着足够的使用和研发经验。在吉林大学计算机科学与技术学院的支持下，课题的技术储备方面可行。

1.4.2 操作可行性

项目研究所需的设备主要分为这些部分：电子电路制作设备、仪器所用的模块和耗材、嵌入式系统开发环境。

1. 电子电路制作设备

电烙铁、万用表、线缆耗材、Arduino Nano开发平台等；

2. 仪器所用的模块和耗材

空气净化装置中包含的轴流风机、HEPA滤材、活性炭滤网、Arduino Nano单片机平台、电源模块、无线模块HC-06和nRF24L01+、半导体三极管、温湿度传感器、激光细颗粒物传感器、I²C OLED显示屏等；

3. 嵌入式系统开发环境

主要是EDA软件EasyEDA、Arduino开发环境Microsoft Visual Studio (安装VMicro出品的Arduino插件)。

上述设备均可使用，空气净化装置的开发操作具备可行性。

1.4.3 经济可行性

项目所需的各项设备在立项前均已齐备，不需要另行消费购买；仪器耗材的开销不超出学生日常所需；EDA软件EasyEDA和Arduino的软件开发环境Visual Studio社区版不收取费用。若使用收费EDA工具则无法顺利承担其授权费，因此无法换用其它软件。但在使用上述软硬件的前提下，项目的开发具备经济可行性。

1.5 本文的组织结构

依照课题中对空气净化装置的设计要求，用技术理论结合实践操作，按照步骤、节点角色和组成模块开发出基于单片机平台的空气净化装置。论文的组织结构如下：

第一章：绪论。其中含有空气污染在当前的状况、空气净化包含哪些技术，阐释了项目的缘起、研究的内容和其意义，从多个角度分析了项目成功实行的可能性，并结构全篇。

第二章：整体方案，介绍了设备的技术指标、选用的净化方案、整个系统的组成和两种节点的总体结构设计、空气净化装置的工作策略。

第三章：硬件设计部分，对单片机、无线模组的选型做了阐释；详细展开描述了中心控制节点和外围检测节点的设计细节、电路图纸，及从电路图纸到实物PCB所经过的流程，为论文的主体研究部分之一。

第四章：空气净化装置系统的软件设计，介绍了所用的编程语言和IDE部署，剖析了两个节点角色中，各个模块的编程控制方式并给出了代码示例；详细介绍了中心控制节点的风力调节策略，为论文的主体研究部分之二。

第五章：测试与分析，对制成的空气净化装置进行了有限的测试，包含空气净化功能和用户指令变更操作。

第六章：总结与展望，对空气净化装置进行总结性评估。

3. 第2章空气净化装置的总体方案

总字数：2418

相似文献列表 文字复制比：0%(0) 疑似剽窃观点：(0)

原文内容 红色文字表示存在文字复制现象的内容；绿色文字表示其中标明了引用的内容

第2章空气净化装置的总体方案

2.1 空气净化装置的技术指标

在了解了市售的多款空气净化装置，并购买了数款产品进行实际体验后，发现了他们的工作特性、优势和不足。考虑现阶段的空气质量指数和居所主要污染来源，本设计提出了一款空气净化装置的构想，并为其规划了下述技术指标：

系统结构：中心控制节点：一个；外围检测节点：0-3个。这两个名词将在第2.3节中做出细致的解读。

外形设计：立方体，前后两面开孔；

额定电源：DC 12V /1.5A；

功能特点：中心控制节点能接收并利用外围检测节点回传的数据。

2.2 选择合适的空气净化技术

本设计所提出的空气净化装置是为室内使用环境所开发，根据第2.1节中空气净化装置的技术指标中的各项参数，考虑到室内环境相对单一且平静，因此采用的技术需要风机动力。根据现有各种空气净化技术的复杂程度、使用场景、集成难度大小

和副作用、成本、功耗、是否容易引发安全隐患等因素，筛选出了这些空气净化技术予以采用：

HEPA

活性炭

综合多方面因素考虑，本设计没有采用静电吸附技术、臭氧净化技术、负离子净化技术和紫外线（UV-C）净化技术。

[4]其中，静电吸附技术虽不需要耗材，但需要一个高压电源对空气放电，其较高的能耗和危险性使它不适合在个人课题中被用到。臭氧的腐蚀性较强，需要在较小的密闭环境下使用，此时净化空间内不宜有人。负离子净化技术虽被多款商业产品所采用，但开启该净化功能时，室内人员能感受到明显的异味，使用体验并不理想，同时与静电技术类似，也需要高压电源，因此也不予采用。紫外线净化技术需要很高功率的灯管，并且需要专用的电子镇流电路，对于个人集成的难度也较高，在本课题中也未作采用。

本设计中提出的空气净化装置所采用的净化方案都经济廉价、易于组装和使用。

2.3 系统组成

“基于单片机平台的空气净化装置”是一系列分体式的空气检测-空气净化设备的集合体，它由一个中心控制节点和多个（0-3个）外围检测节点组成。若无特殊说明，文章中一律默认该组设备共有4个节点，中心控制节点的数量为1，外围检测节点的数量为3，其中两个外围检测节点摆放在室内，另一个外围检测节点摆放在室外。

“中心控制节点”是位于室内的较大立方体型空气净化设备，它安装有风机、滤材和电控系统。空气分别从前后两面吸入和排出，在此过程中先后通过活性炭滤材和HEPA滤材，异味和细颗粒物被拦截在各个滤材层。

“外围检测节点”是部署于室内和室外，位于中心控制节点附近的空气质量和环境数据采集设备。它在启动后不断吸取空气并检测其中的PM2.5指数、PM10指数、温度和湿度信息，并实时反馈给中心控制节点。

2.3.1 中心控制节点

中心控制节点选用了AVC品牌的双滚珠轴流风机，如图2-1所示；

滤材使用了IAQ品牌的活性炭和HEPA滤网，如图2-2所示；

电控系统使用了Arduino单片机平台、NORDIC公司的nRF24L01+ 2.4GHZ无线射频芯片，HC-06蓝牙串口无线模组。

图2-1 AVC双滚珠轴流风机

图2-2 IAQ HEPA滤网和活性炭滤网

图2-3 中心控制节点组件结构图

2.3.2 外围检测节点

外围检测节点选用了Arduino单片机平台、Nordic nRF24L01+无线模块、SHT31 I²C 温湿度传感器模组、NOVA 激光PM2.5检测模块和0.91英寸的12832 I²C 点阵显示屏。

图2-4 外围采集节点组件结构图

2.3.3 节点间的通信方式

空气净化装置包含的3个外围检测节点在上电启动后，会各自采集空气数据，通过板上安装的nRF24L01+无线芯片将数据发往中心检测节点。每个外围检测装置都被手动配置了不同的无线地址，用来区分每个设备的身份。在中心控制节点收到外围检测节点发来的环境数据后，中心控制节点将会回送一个数据包，以表示发来的数据已成功接收，数据包中也包含当前中心控制节点的运行状态等信息。总计4个节点以中心控制节点为核心，组成了一个星形连接的网络。[5] 数据从各个外围检测节点发往中心控制节点，接收方的信息再回送到发送者，它们的关系见图2-5

图2-5 空气净化装置，设备之间的关系图

2.4 空气净化装置的运行策略

作为一款基于单片机平台的改进型空气净化设备，中心控制节点负担着净化装置的实际空气净化功能。为了让这款设计能够更加适应它的目标——室内环境，需要为其添加自动调速功能，根据室内外的空气指标来自动化、智能地改变输出风力大小和净化设备的开闭状态。这样做的优点，一是节省HEPA的消耗，延续滤芯的使用寿命；二是控制噪声的多少，提高用户的利用体验；三是节约电能，从空气污染的根源上着手，为降低污染水平尽到自己的一份力量。

中心控制节点具备4种运行模式：——停机模式、静音模式、普通模式和激进模式。在外界空气质量相同的情况下，中心控制节点计算出的送风强度依次增加，见图4-2。外界空气数据由外围采集节点无线传入，颗粒物水平是多个float类型值，分别代表PM2.5和PM10的含量（单位：μg/m³），温湿度为int类型值，形如23（单位：摄氏度）和35（单位：%）。

中心控制节点对出风量的计算，会综合多个外围采集节点的报送数据和用户设定的工作模式，在部分或全部外围采集节点失去响应时也会有相应的对策，见4.4小节。

2.5 本章小结

本章首先规划了空气净化装置的规格参数，依照目标使用场景对空气净化装置的需求，确定了最终采用的空气净化方式。对没有采用的空气净化方式，也给出了不采用的理由。在此基础上分别简要介绍了空净系统中的两种节点角色及各自的设计方案和它们包含的硬件模块，并对整个系统的无线组网形态做了描述。为了使“单片机”发挥更大的作用，提升设备的自动化、智能化水平，提出了新的运行和调速策略。

4. 第3章空气净化装置系统的硬件设计		总字数：8322
相似文献列表 文字复制比：0.5%(41) 疑似剽窃观点：(0)		
1	空气质量在线监测教学实训系统的设计 陈良;李柏年;- 《仪表技术》- 2016-12-15	0.5% (41) 是否引证：否
原文内容 红色文字表示存在文字复制现象的内容; 绿色文字表示其中标明了引用的内容		

第3章空气净化装置系统的硬件设计

3.1 单片机平台的选用

在第二章中，空气净化装置的技术规格、各个子设备的组成和它们之间的通信方式被简要地进行了阐释。依据已经确定的总体设计方案，需要使用多枚微控制器或微处理器作为每个子设备的中心控制芯片。微控制器种类繁多，不同的特性使得它们适合于不同场合。DSP/FPGA/ASIC等芯片性能优良，数据处理速度快，适用于音视频处理、通信、复杂的工业控制、区块链和云计算等业务方向。但它们的采购成本高昂，学习对应控制器软硬件开发的时间成本和经济成本也居高不下。而单片机的体积小巧、功耗较低、简单易用、成本可负担，非常适合本设计中的中心控制节点和外围检测节点使用。因此，选择单片机平台来进行设备的研发。

空气净化装置的两种子设备“中心控制节点”和“外围采集节点”各自只联通少数几款传感器和无线芯片，所以课题所提出的系统并没有特别高的复杂度。由于中心控制节点需要连接蓝牙模组，外围检测节点需要访问NOVA PM2.5传感器等设备，因此课题中采用的单片机应当具备至少一个串口，并支持SPI和I²C接口。在解决方案设计阶段采用了全数字化的传感器，采集环境参数时只需要读写数字量。因此，尽管选用的单片机可内置A/D转换模块，但这项功能并非课题所必需。此处，本着开发和调试方便的原则选用了一款Arduino单片机平台。Arduino是一类灵活快速，上手容易的开源电子设计平台，包含一系列架构不同的硬件开发板和代码开发环境。

以本设计中采用的Arduino Nano 为例，它采用 Atmel MEGA 328P MCU芯片作为执行代码的硬件，该芯片是AVR单片机家族的一款产品。随着开源电子设计的潮流逐渐兴起，这个平台将会拥有更多的使用者。它具有这些特性：

- 131条指令，绝大多数为单时钟周期执行
- 1K字节的片上EEPROM
- 2K字节的片上SRAM
- 真正的读/写同时操作
- 具备2个8位定时器/计数器（T/C），带有各自独立的预分频器（prescaler），可工作在快速PWM模式/相位修正型PWM模式/比较模式下。
- 具备6个PWM接口，每个定时器/计数器可连通指定的2个引脚。
- 板载ADC，可读取到0-1023的模拟电压值。
- USART串行接口
- 主/从SPI串行接口
- 两线接口（TWI / I²C）
- 可编程的看门狗定时器，具备独立的片上晶振。
- 可编程I/O口线
- 1.8-5.5V宽电压运行（需匹配不同频率的晶振）

以上功能中，在本设计中担负着重要功能的部分使用了粗体注明。ATMEGA 328P MCU的内部结构如图3-1所示，部分内容已作翻译。

图3-1 ATMEGA 328P单片机内部结构框图[6]

3.2 无线通信模组的选择

课题中规划了一个中心控制节点和若干个外围检测节点，它们之间相隔着一定距离。为了摆脱信号线缆的束缚，让外围检测节点能够随意摆放在室内外的空间里，需要让他们能够无线通信。

市售消费级产品中经常可见无线通信产品，简单的有遥控器、无线温度计等产品，复杂的有手机、无线路由器等设备。无线通信在上述民用领域以及场景更复杂的工业控制和航空航天领域中得到了大量使用。在这些无线产品当中，通信的方式一般有光波通信（遥控器，红外）、声波通信（手机，声波支付）、电磁波通信（无线路由器，Wi-Fi）等。在课题当中，由于各个节点设备的摆放位置具有很强的随意性，加之位于室外的采集节点经常暴露在强烈的太阳光下，使用红外信号进行节点间的通信显然不是一种理想的选择。而声波通信将会不可避免的产生噪声，无论其频率是否落在人类的听觉范围内，都会对环境中的生物个体造成一定影响。因此声波通信这种方式同样不适合课题中的场景。

那么，要实现多个节点中的无线通信，就要采用余下的一种方法——电磁波通信。综合成本、开发难度和单片机现有的I/O接口资源，项目选定了两种无线通信模组，用来实现两种节点角色之间的连接，以及中心控制设备和用户之间的无线交互。它们分别是Nordic Semiconductor公司生产的nRF24L01+无线射频芯片模块，和HC-06串口蓝牙无线模块。

3.2.1 nRF24L01+

nRF24L01+ 是一款单芯片无线收发器，它工作在免许可的2.4GHZ ISM频段，带有增强型ShockBurst™无线传输技术

，有了nRF24L01+芯片的帮助，设计人员只需要外加一片主控制器和很少的外部元件就能设计出所需要的无线通信系统。[7]

课题选择nRF24L01+来连接两种节点，一是因为它使用SPI接口与外界进行通信，在课题选择的主控板Arduino Nano上也有着与之兼容的SPI接口；二是它的内部具备多个接收地址配置存储器，最多可使用一枚接收器接收6枚发射源的信号；三是它的价格低廉，可以在课题经济可行性规定的范围内进行足量采购。

模块对外界提供了8个针脚，分别是：

- VCC——+3.3V电源；
- GND——接地线；
- CSN——片选线；
- CE——使能端；
- MOSI——SPI总线主设备输出，从设备输入口；
- SCK——SPI总线时钟；
- IRQ——中断请求引脚；
- MISO——SPI总线主设备输入，从设备输出口；

下面的表3-1提供了nRF24L01+模块与单片机/电源模块引脚的连接关系，在第3.5节中，将根据引脚之间的对应关系进行原理图和PCB的绘制，局部电路原理图见图3-2。

表3-1 nRF24L01+引脚与外部引脚的对应关系

nRF24L01+引脚单片机平台/电源模块引脚

GND 电源地

VCC 电源 (3.3V) VCC

CE D7

CSN D8

SCK D13

MOSI D11

MISO D12

IRQ NC (悬空)

图3-2 nRF24L01+与单片机平台连接的电路原理图

3.2.2 HC-06串口蓝牙无线模块

HC-06串口蓝牙无线模块是通过串口进行无线信息传输的蓝牙模块，它只能运行在从机模式下，即只能被其他蓝牙通信主机发现并被动接收主机的连接，而不能搜索和主动连接其他蓝牙设备。它工作在蓝牙2.0 EDR版本下，与nRF24L01+同样使用2.4GHZ ISM 频段。由于HC-06使用串口进行传输，在某些简单的应用中，甚至不需要使用单片机平台，只需要外接支持串口输出的传感器即可将数据无限上报给支持蓝牙的电脑/手机等设备。

课题选择HC-06承载中心控制节点与用户蓝牙终端的通信，其原因之一，是消费级终端（手机/电脑等）一般都内置了蓝牙功能，在安装特定App（应用程序）之后就可以通过蓝牙串口（Bluetooth SPP）协议接收HC-06蓝牙模块传来的数据了。原因之二，是该模块价格在可接受的范围内，课题经济可行性规定的范围内允许选用该模块。

HC-06蓝牙模块对外界提供了4个针脚（备注：若是HC-05等主机/主从一体模块，则是6个针脚），分别是：

VCC——+3.6~+5V电源；

GND——接地；

TxD——串口数据输出口；

RxD——串口数据输入口；

下面的图表3-2提供了nRF24L01+模块与单片机/电源模块引脚的连接关系，在第3.5节中，将根据引脚之间的对应关系进行原理图和PCB的绘制，局部电路原理图见图3-3。

需要特别注意的是，串口通信的两个计算机设备之间，各自的Tx与对方的Rx相连，反之亦然。

表3-2 HC-06引脚与外部引脚的对应关系

HC-06引脚单片机平台/电源模块引脚

RX D1/TX

TX D0/RX

GND 电源地

VCC 电源5V VCC

图3-3 HC-06与单片机平台连接的电路原理图

1.3 中心控制节点的硬件设计

中心控制节点是接收信号、计算风力需求并输出控制信号，驱动风机进行空气净化的设备，它可分为以下几个部分：

- 外壳和风道
- 风机

· 控制及调速电路

下面将对以上各个组成部分的选型和设计进行逐一解读。

3.3.1 中心控制节点外壳和风道的设计

按照第2章的规划，中心控制节点的外观是一立方体，在前后两面开口，用于空气的吸入和排出。原项目意图将中心控制节点摆放在室内外的交界处，通过向室内引入正压新鲜洁净的空气，来驱散室内积累的细颗粒物、湿气和二氧化碳等浑浊的空气。但那个意图并不易于实现：在室内外交界处——窗口安装这套系统，需要对窗框和玻璃进行改装，而这需要用户在使用空气净化装置前做其他准备工作，分析到它的可行性并不高。因此，本课题调整了预设用户的使用场景，但继承了中心控制节点外观的设计思路：

- 较薄的厚度
- 较轻的重量
- 较低的功率

因此，将风道设计为后部进风，前部出风。

3.3.2 中心控制节点风机的选用

中心控制节点的厚度有限，因此在选用风机时，需要查找厚度较薄的款式。在功率有限的情况下，出于简化设计的要求，决定将风机的输入电源限制在12V，1.2A。同样，为了使控制和调速更简单，决定在风机选型时采用带有PWM调速的款式。

经过筛选和比较后，决定采用了AVC DA12025B2L 型号的双滚珠轴流风机，单体的尺寸规格为120mm * 120mm * 25mm，额定电压 12V，额定电流0.30A，转速0-2500RPM，可使用PWM信号进行速度控制。

由于单体风机尺寸较小，因此中心控制节点使用了4枚同款风机作为驱使空气流动的设备。它们呈“田”字摆放，并行接入风机控制电路中。

经过编写例程测试，风机的转速能够被PWM信号所控制，下面将对风机风速与PWM信号的关系进行说明。

风机的接头为4-PIN，从左到右的颜色、功能依次如表3-3所示：

表3-3 轴流风机的引脚序号/颜色与功能的对应关系

序号 颜色 功能

1 黑 GND

2 红 VCC 12V

3 黄 SENSE 测速

4 蓝 PWM 调速

风机在只连接1、2两枚引脚时全速工作，其转速也可由VCC引脚提供的模拟电压来控制。但由于电路较复杂，课题中不采用这种调速方式。

风机在接入1、2、4三个引脚时可用PWM信号进行调速。PWM是“脉冲宽度调制”的缩写，相邻两个脉冲之间的间隔固定，但脉冲的占空比可由单片机平台计算并改变，此处默认高电平有效。

风机一般需要使用25KHZ的PWM波形进行驱动，但也可以使用其他频率（例如440HZ）驱动风机。

当占空比为0时，PWM引脚等同于连接GND，此时风机将会以最低速度工作。作为一枚工业用风机，AVC DA12025B12L被配置了最低转速。在本段所述的情况下，风机将以约300RPM旋转。这种情况下获得的风力最小，也最安静。

在占空比位于0到44%之间时，风机都是最低速度。当占空比进一步上升时，风机的转速随之加大。

当占空比为1时，PWM引脚等同于与+5V相连接（被拉高），此时风机将会以供电电压下的最大转速（2500 RPM）工作。若引脚4悬空，则内部的上拉电路将会默认将其置高。

3.3.3 风机控制和调速电路

风机在任何占空比的PWM信号输入下都有最低转速限制，不可能通过单纯改变占空比来使其完全停机。故在PWM导线之外，还需要另行添加风机开关电路，见图3-4。

图3-4 轴流风机控制/调速电路原理图

风机的VCC引脚正常接入+12V电源线路，PWM引脚正常接入单片机平台PWM输出口“D3~”，Sense测速引脚悬空不连，因为课题提出的解决方案并不检测风机的速度。

SS8050（Q1）是一枚半导体三极管，当向其基极通入一电流时，三极管导通，风机通电工作。将风机的GND引脚接入SS8050的集电极，其发射极接入电源地，即可通过单片机平台的I/O引脚输出电平，进而实现风机的开/关。

3.4 外围检测节点的硬件设计

外围检测节点是采集所处环境中空气质量的设备，除单片机平台外，它可分为以下几个部分：

- 细颗粒物传感器；
- 温湿度传感器；

为使采集到的数据便于识读，课题也为所设计的外围检测节点配置了：

- OLED显示屏；

下面将逐一阐述上面的各个部分。

3.4.1 细颗粒物传感器SDS011

为了实时得到空气中细颗粒物的浓度指标，需要将细颗粒物传感器作为外围检测节点的组成部分。

传统空气质量检测设备一般使用日系品牌的GP2Y10XXAU0F系列粉尘传感器，它使用红外发光二极管和光电二极管检测尘埃反射的红外光线，并输出一个模拟电压值。但是它的识别能力很弱，在颗粒物过载情况下输出会有明显的异常。课题决定不采用这种传感器，转而选择济南智泽贸易有限公司开发的SDS011 PM2.5/PM10细颗粒物传感器。SDS011使用激光散射原理[8]，能够测量得到空气中的PM2.5和PM10浓度，并通过内置电路转换为数字量进行输出。无需在外部设计ADC电路，只需要识读设备拥有串行接口，即可通过串口指令读取细颗粒物指数。

SDS011传感器对串口通信提供了4个引脚，但连接线是5P排线。因此在设计电路原理图时，需要为多余的一个引脚预留连接器位置。表3-4给出了未来的布线方式：

表3-4 nRF24L01+引脚与外部引脚的对应关系

SDS011引脚单片机平台/电源模块引脚

NC 悬空，不连接

+5V 电源 VCC+5V

GND 电源GND

Tx D0/RX

Rx D1/TX

需要特别注意的是，串口通信的两个设备之间，各自的Tx与对方的Rx相连，反之亦然。电路原理图如图3-5所示：

图3-5 细颗粒物传感器与单片机平台连接的电路原理图

3.4.2 温湿度传感器SHT31

为了采集空气中的温湿度指标，需要使用温湿度传感器，在空气净化装置中，将其作为外围检测节点的组成部分。

以往的空气质量检测装置通常使用DHT11温湿度采集模块进行测试，但此前在实际测试时发现，由于使用了1-Wire一线通信协议，一根导线要同时承担数据与时钟的传输，因此DHT11对单片机平台采集信号的时序有着严格要求。同时，DHT11的性能有限，整理长期测试的数据时发现，测得的温湿度值经常在1℃和2%之间跳变，且时间较久后发现湿度值固定在一异常值。

综合以上考虑，本课题不使用DHT11采集温湿度。

新的数字温湿度传感器SHT3x系列包含SHT30（廉价版），SHT31（标准版）和SHT35（高级版）。[9]它使用I²C两线接口输出，可使用2.4V到5.5V的宽电压范围。尽管SHT31的价格更高，但它能显著提升外围检测节点的精度和稳定性，同时，选用此种传感器仍满足课题的经济可行性要求。因此SHT31被用于项目开发。

下一小节的OLED显示屏与SHT31都是I²C模块，连线方法一样，将于第3.4.3小节中合并给出。

3.4.3 OLED显示屏

为了方便外围检测节点的使用，为该组设备添加了OLED显示屏。是由SSD1306主控控制的0.91英寸128*32点阵显示屏。它支持多种通信协议，为了减少单片机接口的占用，设备使用其I²C接口。

表3-5是SHT31和点阵屏幕这两个I²C设备的引脚关系，电路原理图见图3-6

表3-5 I²C设备引脚与单片机平台引脚的对应关系

I²C设备引脚单片机平台/电源模块引脚

SDA A4

SCL A5

VCC 电源5V VCC

GND 电源地

图3-6 I²C设备与单片机平台连接的电路原理图

3.5 硬件电路的绘制与制版。

在本章的3.1-3.4小节中，中心控制节点与外围检测节点的模块选取与接线示例已被详细陈述。前期试验的过程使用了面包板，通过人工焊接连线的方式连接模块。但长期摆放在使用环境中测试后，发现部分连线并不坚固，已经发生了断裂。此外，裸露缠绕的线缆和焊锡连线，使得各条连线的功能难以区分、也包含一定的安全（短路）隐患。因此，决定将本设计的电路制成电路板，增加其规整性、美观性和安全性。

3.5.1 绘制电路连线原理图

在交付工厂定制，拿到完成品电路板前，需要首先绘制出完整的电路原理图。截至本节，课题只有各个功能模块和单片机平台连接的原理图，接下来，要将它们合而为一。

EDA（电子设计自动化）工具是绘制电路原理图的必要软件。[10]由于主流EDA软件的正版授权费用高昂，为满足课题的经济可行性需要，不能接受那样的费用开销，所以课题选用了由深圳市立创电子商务有限公司运营的EasyEDA（中国大陆使用国服“立创EDA”）进行电路原理图的绘制和PCB设计。

EasyEDA是一款基于浏览器的免费EDA工具，用户无需安装任何插件，只需要在支持HTML5的浏览器中打开编辑器网站

，就可以开始进行电子电路的设计工作。课题使用了EasyEDA的原理图绘制和PCB设计两项功能，图3-7展示了EasyEDA的编辑器界面。

图3-7 EasyEDA用户界面示意图

新建一个空的工程，在左侧“基础库”中可以找到基本元件和连接器，在“元件库”中可以找到不同芯片的原理图和封装图。选取课题中需要的模块：“Arduino Nano”、“nRF24L01+”、“SHT31”、“OLED模块”、“HC-06”、“LM2596S”、“AMS1117”。依次拖入画布界面

将基本元件和模块的位置摆好后，使用“电气工具”面板中的“导线”工具，连接各个模块的引脚位置。也可以将导线连接到已有的导线上，这样，这条导线网络所连接到的各个引脚便都属于同一电路网络。

由于EasyEDA的“元件库”中包含着大量由社区提交和维护的元件封装和PCB信息，而电子电路模块的数量浩如烟海，不能保证库中提交的模块与项目购买到的模块具有完全相同的规格和引脚布局。所以有时需要修改已有的模块引脚定义，以符合项目的要求。选中元件，在右侧“元件属性”面板中点击“修改器件”，即可手动填写新的引脚映射。

经过人工布线，得到图3-8和图3-9的电路SCH文件。分别是中心控制节点和外围检测节点。这两张图纸可部署出正确的PCB电路板，具体过程将在第3.5.2节进行介绍。

图3-8 中心控制节点完整电路原理图

图3-9 外围检测节点完整电路原理图

3.5.2 绘制印制电路板 (PCB)

在成功绘制电路原理图后，点击“调整”选项卡-“原理图转PCB”,将生成新的初始PCB设计图文件，并跳转到新的页面。页面中将出现原理图中所有元件的封装，需要连线的焊盘之间将会出现蓝色飞线，见图3-10。

图3-10 PCB制版初始界面图样

初始边框较小，点击打开工具栏中的工具-边框设置，填写所需的板材大小，紫色边框将会重新被绘制为预设电路板的大小。

随后，将各个部件依次拖动到设计阶段为它们分配的位置，开始使用布线工具布线。课题所需的电路板较为基础，只需两层即可满足所有布线要求，分别称为顶层和底层。

按照各个部件不同的功能需要，手动进行了布线。设计中将风机接头之间的并联导线铺设在了顶层，以便于组装时识读其结构。图3-11、3-12为完成图。

图3-11 中心控制节点，PCB完成图

图3-12 外围检测节点，PCB完成图

在完成PCB图纸设计，添加螺丝孔位后，选择工具栏中的“导出Gerber文件”功能，即开始PCB文件的下载。EasyEDA支持在软件中直接联动代工平台，但中国大陆区域不在其服务区内。因此，本着对国产免费EDA设计工具的支持，使用了该公司面向中国大陆的生产商“深圳嘉立创科技发展有限公司”的PCB打样制版服务，得到了定制的实物电路板。

焊接、拼装后，得到可使用的中心控制节点和外围检测节点实物电路，如图3-13所示。

图3-13 外围检测节点，PCB完成图

3.6 本章小结

本章对基于单片机平台的空气净化装置的硬件设计进行了细致的介绍。从单片机平台的选型、无线模块的选型、中心控制节点的风机控制电路设计、外围采集节点的电路设计到各项传感器的比较和确定，都包含在内。首先介绍了各个备选模块的特性，再参照系统的总体解决方案，确定了合适的模块型号。然后设计具体的控制电路方案，通过在线EDA软件将其绘制成原理图和PCB文件，随后交付厂商制板，最终得到了课题所提出的装置实物。

5. 第4章空气净化装置系统的软件设计 总字数：6775

相似文献列表 文字复制比：0%(0) 疑似剽窃观点：(0)

原文内容 红色文字表示存在文字复制现象的内容; 绿色文字表示其中标明了引用的内容

第4章空气净化装置系统的软件设计

4.1 编程语言和开发环境的配置

在完成两种节点的硬件电路设计后，需要为它们编写程序。通过代码控制单片机平台的行为，进而操作传感器和风机完成空气净化化的功能。在编写程序前，要对单片机平台的编程语言有充分的了解，才能正确做好软件开发前的准备工作。

4.1.1 编程语言

Arduino单片机平台经常使用汇编语言和Arduino官方提供的程序语言进行编程，后者是C++语言的一个子集。

汇编语言，是对处理器部件直接进行操作的编程语言。由于计算机技术发展至今，诞生了许多不同的体系架构，所以每一种架构都会有相应的汇编语言和高级语言编译系统。

汇编语言的长处有以下几点：其一，直接，深入——可以直接访问各个寄存器和内存地址，控制各类硬件电路设备；其二，代码较为精简，执行效率高，可嵌入其他高级编程语言中，用来为高级语言开发的应用进一步提速。其三，执行时间可预

期，适合操作对时序要求极为严格的外设，例如RGB全彩色LED灯带——这类设备的输入信号频率高达800Khz，其他单片机平台语言中简单的delay()方法和for循环已经无法满足此类高频信号的时序要求。

C++是一种面向对象的高级程序设计语言，具有多种多样的语法和类型支持，可以实现复杂的数据结构，Arduino运行着它的一个子集，虽然硬件机能有限，很多标准库无法运行，但在这套语言框架之上，无数开发者又为其新增了一批实用的支持库。使得Arduino易于编程操作，成为了软件开发者探索硬件世界的一座桥梁。

4.1.2 配置开发环境

确认使用Arduino提供的C++子集进行程序编制后，需要安装和配置用于这种平台的集成开发环境（IDE）。集成开发环境具备编辑、编译、调试等功能，对于Arduino单片机平台，还有板型选择、串口监视、循环信息报送等专属功能。Arduino的开发环境一般使用Arduino IDE，在官方网站免费下载后安装使用。它提供前文所说的基本功能，但因其代码编辑界面的功能较弱，很多高亮、定义查看、外观显示的功能都不能满足正常的开发需要，因此项目选择Microsoft Visual Studio 2017进行软件的编写。它并非专为Arduino单片机平台设计，但通过安装Visual Micro插件，可以赋予它有效的开发功能。辅以VS自带的代码处理相关功能，就可以顺利高效进行课题的开发了。

1.2 中心控制节点的程序设计

中心控制节点连接着无线模组和风机电路，承担着与其相关的三组任务：

- 与三个外围检测节点通信，收集它们传来的空气质量数据；
- 根据外围检测节点报送的数据，计算通风强度，并产生PWM信号，输出给风机；
- 向用户展示采集到的各项数据，接收用户指令并调整自身运行模式；

以上任务组并发执行，也就是说，它们在宏观上平行推进，但在微观上还需要一些安排。

Arduino的程序结构包含一个setup()方法，和一个loop()方法。[11]前者在上电后执行一次，在setup执行以后，进入后者的无限循环。为此，前者用于放置初始化的一些程序；后者用于放置工作周期内不停运行的其他程序。

一般来说，手机和电脑等计算机系统可以同时运行很多程序，但对于单片机平台而言，由于其机能的限制，不可能为其安装一个完整的操作系统。因此，为了让Atmega 328P并发执行三组用户任务，对每一组任务盛放在这样的一个代码段中：

```
if ( millis () - mission_X_prev_millis > execInterval ) {  
mission_X_prev_millis = millis ();  
mission_X_codes_here ;  
}
```

这段代码的含义是，在Arduino上电进入loop()函数开始循环后，每经过一段时间后执行一次mission_X_codes_here代码段。当进入代码段执行之前更新本次代码执行的时刻，在经过至少execInterval毫秒后才能再次执行。在此期间，如果单片机再次开始loop()循环，则跳过该代码段，直接执行下一代代码段。这样，每到合适的时间点，程序就会转入对应的子程序中，按照设定的时间间隔要求依次执行目标子程序。这种方法不需要编写复杂的时间片分配逻辑和抢占逻辑，虽然较为简易但对于课题的应用而言已经足够。

millis()方法包含在Arduino官方为单片机平台提供的一套方法库中，用来查询单片机上电的毫秒数。类似的方法有micros()，它们都占用了单片机内部timer0的溢出中断，因此随意修改timer0的预分频器会影响这两种内置方法的结果。它们返回一个无符号长整型的数字。但需要提及的是，在Arduino Nano中，这种类型占据4个字节。相应地，int占2字节。

图4-1 中心控制节点软件结构框架

4.2.1 运行模式的变更

为了满足用户在不同场景下的空净需求，中心控制节点内置了多种调速模式，依次是：P（停转）档、L（低速）档、D（自动）档、S（激进）档。在相同的室内外空气质量下，这几个档位的风力输出依次递增，如图4-2所示。其中，横坐标为内部变量raw_input，从室内外空气质量计算而来，详见第4.4小节。

图4-2 各档位风速与空气质量的关系

在实际运行时，档位的调节使用串口命令来完成。中心控制节点每隔20ms进行一次数据采集，访问自身的串口缓冲区和nRF24L01+模块的相关地址，来判断是否有新消息到来。由于从串口输入消息使用中断，所以中心控制节点无需手动编程处理串口接收流程，由Arduino默认的中断服务程序自动完成。若有新消息，则会将其取出并传送给指定的变量。

向串口发送“P”、“L”、“D”、“S”，这几个字符，即可更改中心控制节点的工作状态。

空气净化装置的中心控制节点具有一个蓝牙串口，可使用电脑或手机的蓝牙串口通信软件向其传送数据。在Android手机上安装Bluetooth SPP Pro，连接模块并发送字符，可成功进行调节。调节时的操作和效果如图4-3所示：

图4-3 蓝牙调速操作效果展示

4.2.2 风机调速信号的发送

中心控制节点连接着PWM风机，它接受PWM（脉冲宽度调制）信号。这是一种频率固定，但占空比可被改变的信号调制方式，特别适用于使用时钟源的单片机平台中。

Arduino Nano内置了3个定时器，分别是T/C0、T/C1和T/C2。其中T/C1是16位精度，而其他两个均为8位精度。三个定时器分别为D5/D6、D9/D10、D11/D3引脚提供PWM信号输出。

风机不需要机器细腻的控制精度，因此选择8位精度的定时器即可。由于D5/D6/D11已被用作其他外设的I/O引脚，因此使

用定时器2连接的D3引脚作为风机的PWM引脚。

在第3.3.3节中已经提到，课题所选用的风机不可能只靠PWM信号停下来。因此需要为风机开/关电路留下单独的I/O口。使用了D5/D6口，两个接口可提供更大的电流。

控制程序定义了applyPWM (dutyCycle) 来控制风机的信号输出。

```
void applyPWM ( int dutyCycle ) {  
  cur_dutyCycle = dutyCycle ;  
  if ( cur_dutyCycle == 0 ) {  
    digitalWrite ( 5 , LOW ) ;  
    digitalWrite ( 6 , LOW ) ;  
  } //停转  
  else {  
    digitalWrite ( 5 , HIGH ) ;  
    digitalWrite ( 6 , HIGH ) ;  
  } //修改风机信号值  
  analogWrite ( 3, cur_dutyCycle ) ;  
}
```

dutyCycle是一介于0、112-255之间的整数值，当参数为0时，执行风机停转的操作，否则执行启动风机并向其写入PWM信号的操作。单片机平台的特性使得风机可以重复执行启动操作，实质上不会发送多出的信号。

digitalWrite () ; analogWrite () ; 均为Arduino提供的方法，用来改变I/O口的电平，在调用前均需要执行pinMode (pin , OUTPUT) 的操作，将其配置为输出模式。analogWrite () 仅适用于本节描述的PWM接口。

4.3 外围检测节点的程序设计

外围检测节点连接两个传感器，承担着与其相关的三组任务：

1. 从传感器采集空气质量和温湿度信息
2. 将采集到的信息发往中心控制节点，并接收回信；
3. 显示采集到的数据，方便用户观察；

为了使其并发完成多个任务，同样在编程时使用第4.2节中所展示的代码结构，使其每秒发送一组数据，同时每秒进行一次传感器数据采集。

4.3.1 细颗粒物指数的读取。

SDS-011细颗粒物传感器上电即开始工作。约10s后开始发送串口报文，每条报文在上一条发出时刻+1s的时间点发送，格式如表4-1所示：

表4-1 SDS-011的串口报文格式

字节偏移功能值/[意义] 字节偏移功能值/[意义]

0 报文头 AA 5 数据4 [PM10 高字节]

1 指令号 C0 6 数据5 00[保留]

2 数据1 [PM2.5低字节] 7 数据6 00[保留]

3 数据2 [PM2.5高字节] 8 校验和 [校验和]

4 数据3 [PM10 低字节] 9 报文尾 AB

其中，PM2.5的两个字节组成以定点小数，PM2.5的值=(高字节<<8+低字节)/10，PM10同理。校验和是从数据1到数据6的内容的总和，取最低8位的内容。

串口通信协议为常用的9600 8N1。

当传感器向单片机平台发送报文时，数据会暂存在单片机的串口缓冲区中，此时调用平台提供的Serial . available () 方法就会返回缓冲区中包含的字节数。当缓冲区中存储了大于10个字节时，程序会进行读取、检验和后续工作。

4.3.2 温湿度的采集

课题使用SHT11 I²C接口版本的温湿度传感器进行相应数据的采集，每个I²C设备都会有一个字节的地址位，市售SHT11一般为68 (0x44) 。

使用SHT11编程库，先定义一个传感器对象，在setup () 中调用其begin () 方法进行传感器的初始化。在loop () 方法中编写一段代码结构 (见第4.2节) ，使其每隔2000ms就访问一次温湿度传感器。通过库中提供的readHumidity () 和readTemperature () 方法即可取出float类型的温度值 (°C) 和湿度值 (%) 。

4.3.3 OLED的显示程序

OLED屏幕与SHT31温湿度传感器一样，使用I²C接口进行通信。市售屏幕模块的地址一般为60 (0x3C) ,使用SSD1306编程库进行控制程序的编制。

该屏幕能够显示128*32的点阵图形，和4行21列大小为“1”的文字——每个字符的尺寸为宽6Px，高8Px。

在使用屏幕的显示方法之前，需要先声明屏幕对象：

SSD1306 display (OLED_RESET);

其中，OLED_RESET为屏幕驱动芯片的重置脚，默认值4；本节后文中的对象名使用“display”。

在setup () 函数中使用 display . begin (VCC , ADDR) 来对屏幕进行初始化。点阵屏幕需要在单片机中也划定一块内存区域存储像素点信息，对屏显内容的所有操作方法都均先修改该内存区域，再手动调用display . display () 方法将显存内容输出到屏幕。

使用setCursor (x , y)方法将光标移到第 (x , y) 个像素点上，调用println (var) 方法来输出变量var内容并换行，调用print (var) 来输出var的值但不换行。

4.4 风机调速策略

为了降低运行时的噪音和能耗，有效延续滤材的使用寿命，课题参照风机特性和课题需求，设计了针对风机的运行策略。下面将描述三个外围检测节点全部工作正常时的调速策略。

1. 计算室内外空气质量的加权平均值。

两个外围检测节点a，b位于室内，为室内的空气质量为a、b采集到的PM2.5指数分配权值，其中数值较高者权重为2，较低者权重为1，权值之和为3。室外的节点c采集到的PM2.5值为outdoors_PM2d5，权值为3。对这几个值进行加权平均，计算得到的空气质量被命名为 raw_input，送入下一级运算中。

在室外空气优于室内时，细颗粒物将会从室内渗漏出居室，此时净化速度可以稍微减慢一些，而室外空气更加浑浊时，细颗粒物会渗入居室。因此即使室内空气较好，仍要预先增加净化速度，来抵消这种影响。

在这两种情况下，相对于仅在室内布置空气检测装置，在室外增设一个空气检测装置有助于更合理的确定风机速度，减少室内外空气质量的差距造成的净化效能降低。

2. 根据当前运行模式来计算通风强度。

一般认为PM2.5指数小于 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时，空气质量较好，无需净化。因此raw_input < 20时，直接将其置0，而大于20则将其增大6倍，若超过1000则固定在1000，这样在PM2.5到达 $167\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时，风力将会达到当前运行模式的最大值。并代入各个运行模式的通风强度计算代码当中，直接返回通风强度。各模式的风机出力不同：

P档：

return 0；

L档：

return raw_input * raw_input * raw_input / 4000000；

D档：

return raw_input；

S档：

return 1000 - (raw_input - 1000) * (raw_input - 1000) / 1000；

返回值命名为 curvedValue，raw_input 与 curvedValue 之间的关系见图4-2。

3. 将通风强度映射到风机的工作信号范围。

若curvedValue为0，则return 0；

否则，将其映射到风机的风力信号强度范围中。第3.3.2节中指出，风机在信号占空比44%-100%之间时，其速度可受控变化。在8位精度定时器中，占空比数值相当于112-255。因此使用map(curvedValue, 0, 1000, 112, 255)；代码来完成映射。map () 方法由Arduino单片机平台提供。将curvedValue (取值范围0-1000) 映射为PWM duty_cycle (占空比) (取值范围 0, 112-255)。

4. 向风机输出PWM信号

若PWM duty_cycle (占空比) 为0，则向三极管控制引脚写低：

digitalWrite (5 , LOW)；

digitalWrite (6 , LOW)；

否则将控制引脚写高：

digitalWrite (5 , HIGH)；

digitalWrite (6 , HIGH)；

随后向引脚D3对应的定时器写入PWM信号：

analogWrite (3 , duty_Cycle)；

至此，正常情况下的风机调速策略描述完成。

若一个外围检测节点失联，则分为以下几种情况：

1. 失联节点为室外节点：

室内节点a，b的权值分配方式不变，室外节点不分配权值，对a和b进行加权平均计算，得到raw_input；

2. 失联节点为室内节点之一：

为室内另一个节点分配权值3，失联节点不分配权值，与室外节点一同进行加权计算，得到raw_input；

若两个外围检测节点失联，则将剩余节点反馈的PM2.5数值直接作为raw_input；

若全部外围检测节点失联，则为raw_input设定缺省值40，输出一最低转速。

为方便调试和演示，有时会使用PM10的数值来进行风速的调整。

4.5 本章小结

本章具体介绍了空气净化装置系统的软件设计，从程序设计语言、开发环境的采用——Arduino (C++的子集) 和Visual Studio w/ Visual Micro 插件，到程序的总体框架、再详细叙述了两种节点具体功能的程序实现。最后给出了风机速度的控制策略和部分代码实现。

6. 第5章测试与分析

总字数：472

相似文献列表 文字复制比：0%(0) 疑似剽窃观点：(0)

原文内容 红色文字表示存在文字复制现象的内容; 绿色文字表示其中标明了引用的内容

第5章测试与分析

5.1 空气净化测试

将空气净化装置的中心控制节点放置在一12m²的居室内，开启各个外围检测节点，将运行模式调整为D档（自动档），在电脑端编写了简易的Python脚本作为日志采集的上位机程序。中心控制节点通过蓝牙串口接口连接到了电脑上，在运行过程中，实际上使用电脑对中心控制节点接收到的各项数据进行了远程无线抄表。在4小时的净化过程后，绘制出空气质量随净化时间变化的图表，见图5-1。

图5-1 中心控制节点的净化效能测试

横坐标是开机时间（秒），受各项条件限制，中心控制节点所实现的空气净化效能较弱，但足以证明其可以有效滤除空气中的细颗粒物。

5.2 用户指令变更测试

在正常部署中心控制节点和外围检测节点的情况下，使用手机蓝牙软件连接外围检测节点，先后输入“P”、“L”、“D”、“S”字符，可以观察到风机速度依次升高。这与之前所描述的“在外界空气质量相同的情况下，中心控制节点输出的PWM风速控制信号的占空比依次增加”相符，说明空气净化装置可以根据用户的指令来切换自身工作状态，并应用不同的风速控制策略。

7. 第6章总结与展望

总字数：928

相似文献列表 文字复制比：0%(0) 疑似剽窃观点：(0)

原文内容 红色文字表示存在文字复制现象的内容; 绿色文字表示其中标明了引用的内容

第6章总结与展望

本课题提出了分体式空气质量检测和空气净化设备，设计出的空气净化装置虽然性能相对较弱，但各项功能均可以正常实现。基本达到了课题的目的和要求。

在回顾整个过程即查阅资料时，发现外围检测节点“应该”增加一枚二氧化碳浓度检测装置。但在评估时发现其需要加热才能进行测量，按照外围检测节点的电池容量规划，添加该装置将不能满足续航的要求，同时，高昂的传感器成本也会破坏课题的经济可行性。因此，最后决定依然不采用二氧化碳传感器，这是项目成品的一个遗憾。

此外，由于费用和制作条件的限制，项目的开发期间内，无法为空气净化装置的两种设备角色量身定制它们专属的外壳，这也是设计的一点缺憾。

在国家出台措施大力治理空气污染的今天，已经能够看到空气质量开始好转。虽然这是个持之以恒的过程，不可能一蹴而就。但我们相信，在国家的正确领导下，被雾霾笼罩的蔚蓝一定会被早日交还给人民。或许，空气净化设备会在那时走向历史，但设备的开发者们穷尽心力，也正是为了这样的目标而努力奋斗。大道至简，殊途同归。

愿蓝天长存。

参考文献

[1] Yu Xiao . The Experience to Abate Air Pollution - What Lessons can Beijing, China Draw from Developed Countries When Trying to Reduce Emissions? [EB/OL] .

uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:843395/FULLTEXT01.pdf,2015-06-02 .

[2] 任俊龙 . 基于AVR单片机的空气净化器控制系统的硬件设计与实现[D] . 合肥：合肥工业大学,2010 .

[3] 王晓飞 . 新风机组的PM2.5过滤性能综合评价研究[D] . 重庆：重庆大学,2016 .

[4] 李想 . 自然通风住宅建筑室内空气品质的测试研究及治理措施[D] . 西安：西安建筑科技大学,2015 .

[5] 王兴 . 基于ZigBee的无线传感器网络时钟同步算法的研究[D] . 北京：北京邮电大学,2012 .

[6] Microchip Technology Inc . 8-bit AVR Microcontrollers ATmega328/P DATASHEET COMPLETE [EB/OL] .

http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf, 2016 .

[7] Nordic Semiconductor . nRF24L01 Product Specification[EB/OL] .

www.nordicsemi.com/chi/content/download/2730/34105/file/nRF24L01_Product_Specification_v2_0.pdf, 2007 .

[8] 朱芳波 . 电站锅炉煤粉浓度的微波测量方法研究[D] . 南京：南京理工大学, 2007 .

[9] 盛思锐 . Datasheet SHT3x-DIS Humidity and Temperature Sensor[EB/OL] .

www.sensirion.com/fileadmin/user_upload/customers/sensirion/Dokumente/0_Datasheets/Humidity/Sensirion_Humidity_Sensors_SHT3x_Datasheet_digital.pdf, 2017-03 .

[10] 王鋈 . 电子设计自动化在电子设计中的应用[J] . 科技资讯 . 2007(14) .

[11] 王胜 . 基于Android平台家庭智能系统的研究与实现[D] . 南京：南京邮电大学, 2013 .

致谢

这个作品的想法产生于高中，那时的居家空气环境很是糟糕。但是，彼时作为高中生的我，并没有能力实现这么复杂的一套系统。考入吉林大学后，无论是课上的计算机体系、编程语言和电子技术入门，还是课下学习的单片机知识，都在无形中让那个构想一步步变得触手可及。在“大创”活动中，作品的第一个原型版本得以实现。随着课程的结束和升学的就緒，笔者终于能够静下心来，回过头重新审视那个原型的不足之处。在毕业设计中升级了各个节点的控制策略，并为其设计了规整的印制电路板。

感谢我的导师，计算机学院的刘小华副教授，给了我这样一个自主命题研发的机会，毕设阶段我们讨论了很多技术问题和可能的解决方案，老师给了我很多灵感。同时，这些灵感也并不局限于这个嵌入式课题，或许它们会在未来的日子里开出一束束鲜花。

感谢吉林大学对这个毕设课题及其前身“大创”项目的各方面支持，没有学校的支持，就没有现时的毕设作品。

我想说的是：“念念不忘，必有回响”——一粒小小的种子，或许有朝一日就能成长为参天大树，行将毕业，我也将带着本科的收获奔向下一站，感谢这一路与我同行的每个人。

说明：1.总文字复制比：被检测论文总重合字数在总字数中所占的比例

2.去除引用文献复制比：去除系统识别为引用的文献后，计算出来的重合字数在总字数中所占的比例

3.去除本人已发表文献复制比：去除作者本人已发表文献后，计算出来的重合字数在总字数中所占的比例

4.单篇最大文字复制比：被检测文献与所有相似文献比对后，重合字数占总字数的比例最大的那一篇文献的文字复制比

5.指标是由系统根据《学术论文不端行为的界定标准》自动生成的

6.红色文字表示文字复制部分;绿色文字表示引用部分

7.本报告单仅对您所选择比对资源范围内检测结果负责



✉ amlc@cnki.net

🌐 <http://check.cnki.net/>

👤 <http://e.weibo.com/u/3194559873/>