

摘 要

伴随着变压器的需求大大增加，对于变压器的检测也在持续进行中，目前对电压器的检测普遍使用的是油气检测，通过这种检测方法，可以发现变压器的故障及其故障类型等。更多使用的是定期检修，但是这种方式对于人力物力的要求都比较高，同时还需要对变压器进行断电，这不仅增加了资源的消耗，也会影响设备的使用寿命。因此我们需要研究一种新的方式来对变压器进行检测，从而降低输电成本。对此，本文做出了一种基于 STM32 的多功能变压器故障监测诊断系统设计。通过 C 语言来编写程序驱动外接设备，设置了电源模块、蓝牙模块、温湿度检测模块、气体浓度检测模块等模块来实时监测变压器的状态，以此来避免对人力物力等资源的浪费。本文也可以实时性的监测变压器，通过传感器传回来数值来判断变压器的运行状态。

关键词：变压器；单片机；STM32；传感器

ABSTRACT

With the increasing demand of transformer, the detection of transformer is also continuing. At present, the detection of voltage device is widely used in the oil and gas detection. Through this detection method, the fault of transformer and its fault types can be found. More use is regular maintenance, but this way has relatively high requirements for manpower and material resources. At the same time, the transformer needs to be cut off, which not only increases the consumption of resources, but also affects the service life of the equipment. So we need to study a new way to detect transformers to reduce transmission costs. In this paper, a multi-function transformer fault monitoring and diagnosis system based on STM 32 is designed. C language is written to drive the external device, and the power module, Bluetooth module, temperature detection module, gas concentration detection module and other modules are set to monitor the state of the transformer in real time, so as to avoid the waste of human, material resources and other resources. This paper can also monitor the transformer in real time, and pass back the value of the transformer to judge the running state of the transformer.

Key words: Transformer; Microcontroller; STM32; Sensor

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究目的及意义	1
1.2 国内外研究现状	1
1.3 主要研究内容	3
第 2 章 系统的总体结构	4
2.1 设计方案	4
2.2 单片机型号选择	4
第 3 章 系统的硬件部分设计	6
3.1 系统总体设计	6
3.2 系统主要功能模块设计	7
3.2.1 电压电流检测模块设计	7
3.2.2 温湿度检测模块设计	8
3.2.3 气体检测模块设计	9
3.2.4 电源模块设计	10
3.2.5 继电器模块设计	10
3.2.6 显示模块设计	11
3.2.7 报警模块设计	12
3.2.8 蓝牙模块设计	13
第 4 章 系统的软件设计	14
4.1 软件的主要流程	14
4.2 各模块的软件设计	15
4.2.1 电压电流检测模块的软件设计	15

4.2.2 温湿度检测模块的软件设计	16
4.2.3 气体检测模块的软件设计	17
4.2.4 电源模块的软件设计	18
4.2.5 继电器模块的软件设计	19
4.2.6 显示模块的软件设计	20
4.2.7 报警模块软件设计	21
4.2.8 蓝牙模块的软件设计	22
第5章 系统测试	23
5.1 系统实物图	23
5.2 测试步骤	24
5.2.1 电压电流检测模块测试	24
5.2.2 电源模块测试	24
5.2.3 继电器模块测试	25
5.2.4 显示模块测试	25
5.2.5 报警模块测试	26
5.2.6 蓝牙模块测试	26
第6章 总结与展望	28
6.1 总结	28
6.2 展望	28
参考文献	29
致谢	31
附录	32
电路原理图	32
源代码	33

第 1 章 绪论

1.1 研究目的及意义

在我国，伴随着变压器需求的增加，对于变压器的检测也在持续进行中，目前对电压器的检测普遍使用的是油气检测，通过这种检测方法，可以发现变压器的故障及其故障类型等。根据我们以往的经验，我们知道在维护一个电子产品的时候往往都是在它发生故障之后才进行维修的。这种方法往往不是非常好的。所以从很多年前开始，许多国家都开始对预先维修、预先检测进行一系列的研究。在之前，我们对电子产品及变压器等这些电子类的容易损坏的电气进行维修时，都是采用定期检修的方式。也就是说我们按照一定的时间年限去对它进行定期的检修。这种检修方式，可以发现一些潜在的危险以及可以知道变压器或者是一些电子产品当前的运行状况。但是这种定期检修的方式，一般时间间隔都比较长，有许多的不足之处，而且定期检查，我们要设置定期检查的频率，因此对我们人力的要求比较高 **Error! Reference source not found.**。在检查的时候我们必须要将变压器进行断电检查，这样一来多少会对我们的生活造成一些影响。同时在检查的时候我们需要对变压器进行断电，这样一来就影响了设备的使用寿命，而且增加了检修过程中带来的新的损耗。在我们投入变压器使用到变压器完全报废，将这些因素综合起来，可以发现这些维修或者是生产的费用并不是很低。从上面的分析情况来看，对于一些设备的缺陷，我们要尽早的发现以及预先排除故障。因此我们需要研究一种新的方法去检测变压器的状态，从而降低输电成本 **Error! Reference source not found.**。

1.2 国内外研究现状

2013 年，朱跃光教授在发表的《基于振动信号的电力变压器故障诊断系统的开发》文章中，阐述了在 Windows CE 基础上建立的基于振动信息的电力变压器故障诊断系统。使用信息采集卡能够实时地获取变压器振荡数据，利用快速傅立叶变换、功率频谱、希尔伯特-黄转换技术等对变压器进行分析，从而可以测量出实时的时域示波图、频谱图等，从而判断变压器的运行状态：正常、故障或损坏状态，并及时进行故障报警。在动模实验室对变压器进行试验，该监控系统能够实现监控和故障诊断功能 **Error! Reference source not found.**。在 2014 年，由王泽平博士提出的《便携式变压器振动监测与故障诊断系统设计》文章中，给出了基于嵌入式 Windows 操作系统的便携式变压器振动监测与故障诊断软件系统。展现了复杂业务系统设计与实施工作中的关键技术

，包括了数据采集、信息处理、A/D 转换等基本功能，以及复杂数据库系统、故障诊断工具、用户界面和其他软件功能等具体设计过程。系统通过采集变压器的振动、电流、电压等信号对变压器状态及其故障进行分析与诊断，使用多种分析诊断算法，包括频谱分析、幅值分析等常规方法，以及周期性诊断算法、模型诊断算法等新的分析诊断方法，用于及时地发现变压器的异常并发出警报 **Error! Reference source not found.**。根据其应用结果表明，该系统能够简单且快捷的实现 对变压器运行状态和事故的监测。2019 年，由黄伟广的研发队伍在《湖北民族学院学报》发表的《基于 FPGA 的配电变压器在线监测及故障诊断系统设计与实现》文中，利用 FPGA 在灵活应用系统中的工作模式功能，构造了 10kV 的配电变压器在线检测及故障诊断系统设计，它主要通过对电力变压器中的绕组温度、电压、电流、功率因数、频率及其周围的环境参数的采集，实现了对 10kV 配电变压器状态的测量，进而又通过所检测的其他功能，通过 FPGA 对参数的分析判断配电变压器可以实现正常运行状态。另外，该系统还可以通过 RS232 串行接口和 RS485 通讯口实现与上位机之间的直接通讯，从而对配电变压器实现了较有效的集中管理。而最后，系统在管理行控中只要发现了电力变压器的运行异常现象，从而达到其快速管理的目的，同时也能有效的保障 10kV 电厂配电。该系统具有精度高、稳定性好、经济实用以及可视化程度高等特点，可以满足很多实际项目的需要 **Error! Reference source not found.**。

2012 年 Seifeddine S 在文章《Power Transformer Fault Diagnosis Based on Dissolved Gas Analysis by Artificial Neural Network》指出电力变压器内部的五种特征气体的含量，然后用 ELM 方法对变压器故障进行了诊断，最后还与其他变压器故障诊断方法进行了对比，证实了 ELM 在变压器故障诊断方面的有效性，传统 ELM 的变压器故障诊断中隐含神经元过多可能会导致过拟合的情况，提出了运用遗传算法对输入层与隐藏层之间的权值和隐藏层的偏置进行优化的变压器故障诊断新方法，实验证明该方法可以有效提高诊断模式的稳定性和准确性 **Error! Reference source not found.**。石油中溶解物的化学分析法是目前最基本的化学工艺之一，是先从电力变压器上取出油样，然后再从油样中脱出空气，接着再进一步对脱出的化合物进行溶解，以便于鉴别和定量分析，是目前比较完善和有效，较受电力行业欢迎的化学工艺之一。也因为电力变压器原油的化学性能比较特殊，组分中大多是由含有不同键能的化学键合在一起的碳氢化合物分子所组成，在变压器上还有着保温、散热的作用，当变压器运行状态处于故障时，故障点的周围变压器油温度将会升高，化学键断裂则生成 H₂、CO 及烃类等多种特征气体 **Error! Reference source not found.**。气体成分类型、燃气排放速度与设备事故种类及危害程度相关，因此诊断装置和监测装置的运行动态一直是充油状态，电气系统安全工作的一般方法之一，并已被普遍的应用。

1.3 主要研究内容

本文介绍了一种基于变压器故障监测技术的设计方案。整个系统由多个模块组成，包括单片机 STM32、电压电流检测模块、温湿度检测模块、气体检测模块、电源模块、继电器模块、显示模块、蓝牙模块和报警模块。首先，电压电流检测模块用于实时监测变压器的电压和电流情况。通过采集变压器的电压和电流数据，并与预设的正常范围进行比较，该模块能够检测出电压和电流的异常情况。一旦异常情况发生，系统将及时进行报警并记录异常数据，以便后续的故障分析和处理。其次，环境温度检测模块主要用于检测变压器内部的温度状态。通过设置温度传感器可及时获取变压器中的温度数据。当温度超过设定的安全阈值时，控制器将发生报警，并采取相应的措施，如断电和降温，从而防止设备损坏等事故的发生。气体检测模块用于检测变压器内部气体的浓度情况。变压器故障通常会导致特征气体的释放，通过监测这些气体的浓度变化，可以提前发现潜在的故障和风险。该模块采用 MQ-7 气体传感器来检测变压器内部气体的组成和浓度，并通过与事先设定的阈值进行比较，来判断变压器是否发生了故障。电源模块为系统中的单片机提供稳定的电源供应，以确保系统的正常运行。继电器模块的主要作用是，当故障发生时，可以迅速进行降温断电操作。显示模块用于实时监测电流、电压和温度等数值，并将其显示在屏幕上，使操作人员能够直观地了解变压器的工作状态。蓝牙模块用于与手机进行数据传输，将采集到的变压器数据发送给手机 APP，以便实时监测和分析。报警模块负责在变压器出现异常状态时发出警报信号，提醒操作人员及时采取措施。这种基于变压器故障监测系统的设计方案，结合了多种传感器技术和数据分析算法，能够实现对变压器状态的全面监测和实时预警。通过及时发现变压器的异常情况，可以提高设备的可靠性和安全性，减少故障造成的损失和停机的时间。此外，通过与上位机的蓝牙通信，还可以实现对变压器状态的远程监控和数据分析，为电力系统的运行和维护提供更加科学有效的手段。

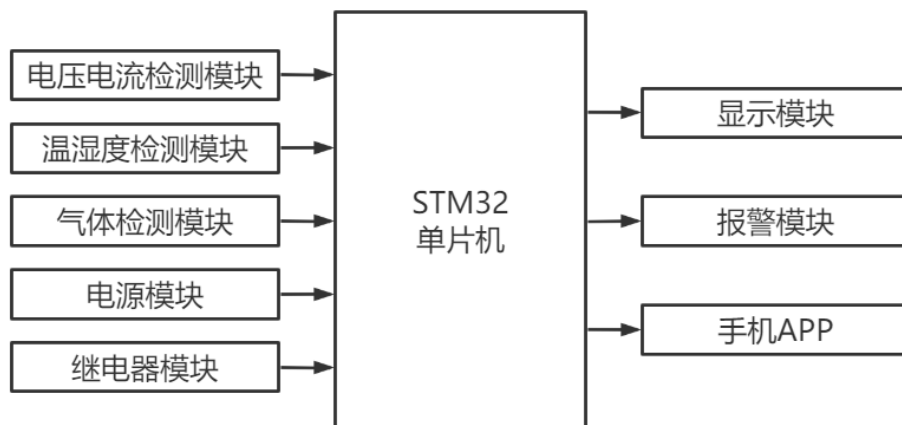


图 1-1 系统结构框图

第 2 章 系统的总体结构

2.1 设计方案

系统包括单片机 STM32、电压电流检测模块、温湿度检测模块、气体检测模块、电源模块、继电器模块、显示模块、蓝牙模块、报警模块。完成了一个整体的基于变压器故障监测系统的设计，并且该设计能实现的功能如下：

- 1 可通过电压电流传感器模块对变压器内部的元器件进行电压电流的检测
- 2 可通过温度检测模块对变压器内部的温度进行检测
- 3 可通过气体检测模块对变压器器件的挥发的气体进行检测
- 4 能利用单片机对上述传感器模块监测到的值进行分析判断
- 5 单片机可将分析出的值进行处理之后通过显示模块显示出来，并通过报警模块进行提示异常情况
- 6 电源模块对整个检测系统进行供电，可输出 5-15V 可变电电压
- 7 通过手机 APP 可以进行参数的远程显示和相应的远程控制

2.2 单片机型号选择

本文所选择的单片机型号是 STM32F103C8T6，为什么要选择这一款芯片作文本设计的主控芯片。包括了这样的二个特点：首先，它是由意法半导体公司研发出来的，使用了 Cortex-M3 内核的 32bit 的微型控制器，在硬件部分它采用了 LQFP48 进行了封装，属于 ST 的微控制器中的 STM32 系列的微型控制器。同时，ST 公司也在该器件上实现了与 USART、DMA、GPIO 和外围电路的连接，从而更加方便了与各个外围设备间的联系。其次，虽然它成本低、可连接的外围元件较多，但主要包括了由外围复位集成电路、外围时钟集成电路，以及 MCU 本体等构成。不过，它又缺乏其他的器件，比如说外设 EEPROM、时钟器件、SPI 接口显示屏等一系列的外接设备，所以需要做好与外围器件间的衔接。

相比于 C51 单片机，STM32F103C8T6 的功能更为的齐全，能够控制的接口和外设数量也更多。但相对于其他 STM 单片机而言，例如 STM32F103RBT6，STM32F103C8T6 主控芯片的价格更低廉，并且可连接的基础外设相同，传输协议相同。故在本文中选择了 STM32F103C8T6 作为该设计的主控芯片。

STM32F103C8T6 的原理图如图 2-1 所示。

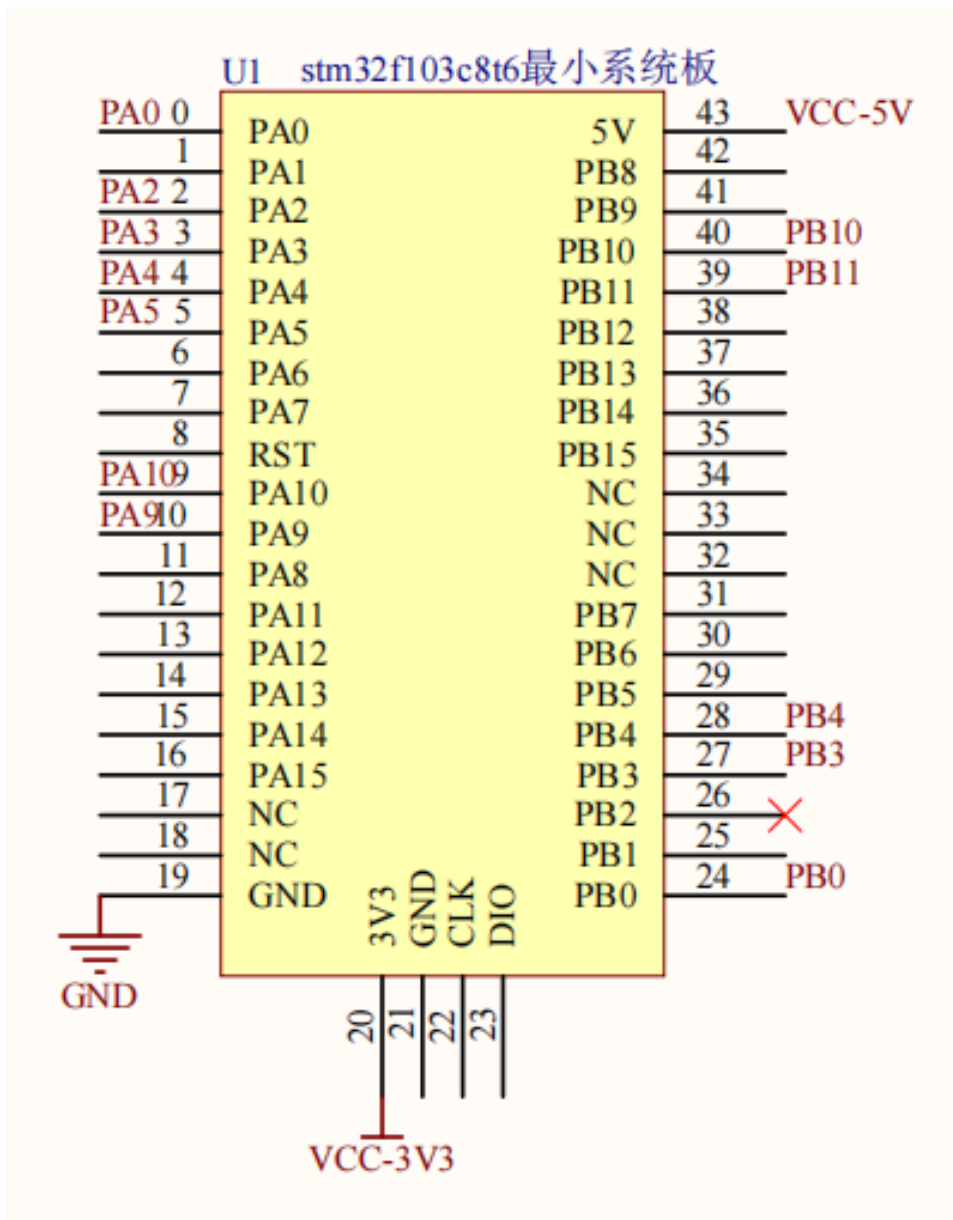


图 2-1 单片机原理图

第3章 系统的硬件部分设计

3.1 系统总体设计

本文重点介绍了一种基于变压器的故障监测诊断系统设计，该系统由 STM32 单片机、电压电流检测模块、温湿度检测模块、气体检测模块、电源模块、继电器模块、显示模块、蓝牙模块和报警模块组成。通过这些模块实现对变压器的全面监测和故障预警。

首先，电压电流检测模块可持续检测变压器的电压和电流。该模块通过实时采集变压器的电压和电流数据，并与预设的安全阈值进行比较，能够及时检测到变压器内部的异常情况，如过高、过低或过载的电压电流；温湿度检测模块通过安装温度传感器来监测变压器内部的温度变化，当温度超出设定的安全阈值时 **Error! Reference source not found.**，系统将触发报警，并采取相应的措施，如自动切断电源和触发警报；气体检测模块可以监测变压器内部的气体浓度，通过 MQ-7 气体传感器，系统能够实时检测变压器内部可能释放的特征气体，如氢气、甲烷等；电源模块为系统中的各个传感器提供稳定的电力供应，确保系统的正常运行；继电器模块在故障发生后可以快速进行降温和断电操作；显示模块能够实时性显示变压器电压、电流、功率、温度、湿度等参数，使操作人员可以直观地了解设备的工作状态；蓝牙模块能够与手机 APP 进行数据传输，实现远程监控和数据分析。通过与手机 APP 的通信，操作人员可以远程监测变压器的状态，并随时获取实时数据和报警信息；最后，报警模块在变压器异常状态发生时发挥重要作用 **Error! Reference source not found.**。当电压、电流、温度或特征气体的数值超过预设的阈值时，系统会触发报警机制，发出警报信号，以提醒操作人员采取相应的措施。

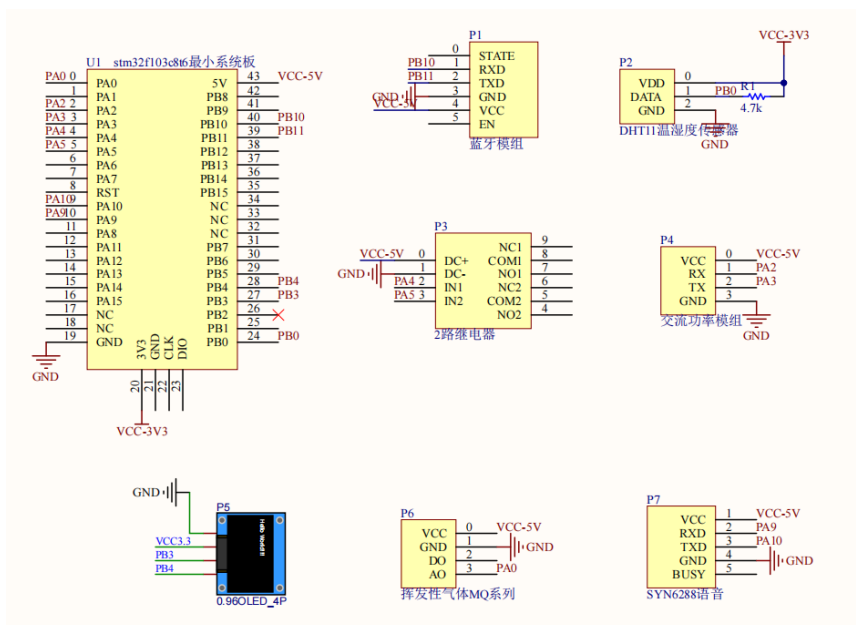


图 3-1 系统总体原理图

3.2 系统主要功能模块设计

3.2.1 电压电流检测模块设计

PZEM-004T 交流电能监测系统是其中的电压电流检测模块,其功能主要用来检测的电压、电流、功率、等数据。可以检测到 80-260V 的电压值, 0-100A 的电流值, 0-23KW 的功率值以及 45-65Hz 的频率值等。物理层采用波特率 9600、8bit 数据位、1bit 停止位、无奇偶校验位的 UART 转 RS485 通讯接口。因为 TTL 模块是一个非主动型接口,其必须有外置的 5V 电源供电, 即当通讯时, 必须将四个端口焊接到相应的位置才能使之正常工作, 整个过程简洁, 操作起来较为容易。

相对于其他模块, 本模块设计简单, 只需要与对应的接口进行正确的接线, 通过 TTL 传输数据到单片机中即可。

综上所述, 实现对变压器的电压电流功率无疑是很关键的一步, 而本模块使用 PZEM-004T 作为对电压电流的检测也大大减少了操作人员频繁检测电流电压的时间, 同时也更简洁。通过 OLED 屏和手机 APP 就可以很直观的看到 PZEM-004T 传感器所检测到的数据。让操作人员的工作负担变得更少。

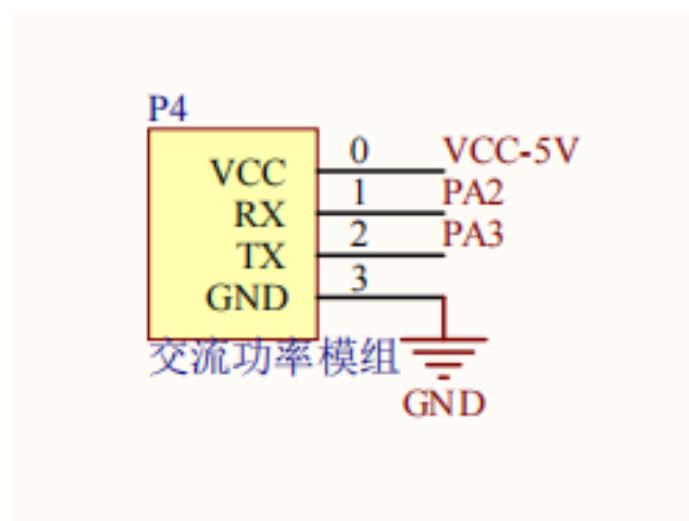


图 3-2 电压电流检测模块原理图

3.2.2 温湿度检测模块设计

本文中选用的温湿度测量模块是 DHT11，这是一款全数字型的温湿度传感器，它通过独特的转换技术、模拟信号测量技术和温湿度传感技术，来保证 DHT11 具有长时间的稳定性和比较好的准确性。感应器的基本结构包括一个精密的电阻式湿度感应器片和电阻型热敏测量温度传感器片。

这些结构使得 DHT11 传感器可以在适宜的条件下，对周围环境中的气温和相对湿度进行检测。可以利用测定介质中的含水量的变化来计算电阻湿度传感器元件的相对湿度值，而 NTC 测量元件则可利用测定空气中气温变化对电阻值的影响，来得到实际温度的数值。这些数据经过传感器内部的信号处理以及转换后，以数字信号的形式再通过 DATA 引脚输出到已连接的单片机上。

总而言之，DHT11 数字型温湿度传感器采用先进的技术和连接方式，可相对准确测量环境的温度和湿度。它的设计结构简单，适用于各种应用场景，如气象观测、室内环境的监测等。通过与单片机的连接，DHT11 传感器为实现温湿度相关的控制和决策提供了可靠的数据基础。

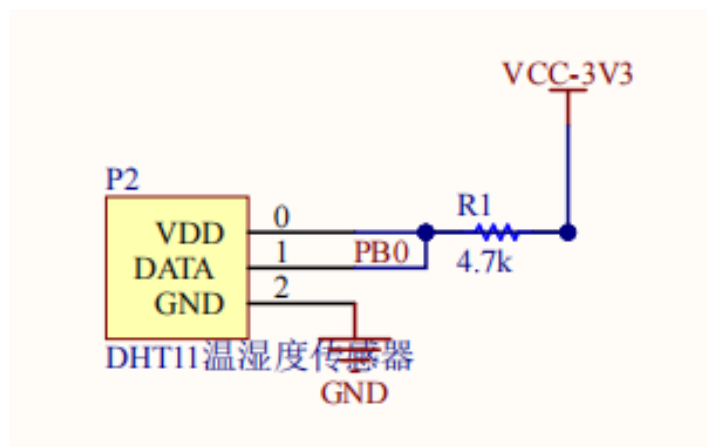


图 3-3 温湿度检测模块原理图

3.2.3 气体检测模块设计

本文中选用的气体测量模块使用的是 MQ-7 传感器，MQ-7 能够测量空气中的气体含量。被测量的气体含量主要采用半导体气敏器件来实现测量。所以它具有精度好、反应速度快、反应时间短、成本价格等优点，并且被应用到了智能家居、工业生产监控、环境测量等方面。

MQ-7 的工作原理是半导体材料在空气作用下发生电学性质的变化，总的来说，在 MQ-7 传感器的内置部分装了一个微型的空气加热器，如果通过提高电压加热空气，就可以使传感器的工作温度提高，并推动了周围空气分子的运动。模块中的半导体气敏元件的内表面还涂有一种特殊的金属氧化物，在某个情况下，当空气中的物质与金属氧化物接触时，就会发生氧化还原的反应，并因此引起了金属氧化物表面的电流改变，当空气中的气体浓度增加时，则电流减小，从而产生了一些模拟信号。

回到 MQ-7 传感器中，MQ-7 一共有四种引脚结构，分别是 GND、DOUT、AOUT 以及 VCC。VCC 作为电源引脚，主要用于给模块电源，也可以理解为正极。而 GND 则作为连接模块的地线，也可以理解为是负极。DOUT 用作输入或输出数字信息。而 AOUT 则是用作输入或输出模拟数据。所以，我们一般都会利用 AOUT 引脚来获得模块输出的模拟信息。而 STM32 单片机则是可以通过数模转换器获得传感器输出的模拟电压信号，而我们需要做的则是根据传感器特性曲线函数将电压值转换为气体浓度值。

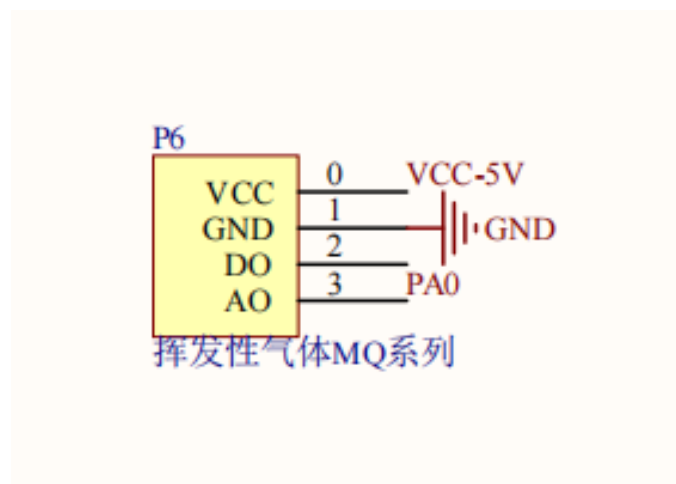


图 3-4 气体检测模块原理图

3.2.4 电源模块设计

本文采用的电源模块是 MT3608 升压模块，MT3608 升压板是一个可以调节的升压模块，可以实现 5-15v 的可变电压的快速切换。它的体积小，可轻松安装在各种小型设备里面。输入输出焊盘方式，输入输出宽电压，可以通过调节电位器得到日常用的 9V，12V，15V 等，转换效率高。

本模块一共四个引脚，VIN+和 VIN-焊接到单片机上即可，VOUT+和 VOUT-则接入一个发光二极管，通过指示灯的亮度确定可调节电压的大小。

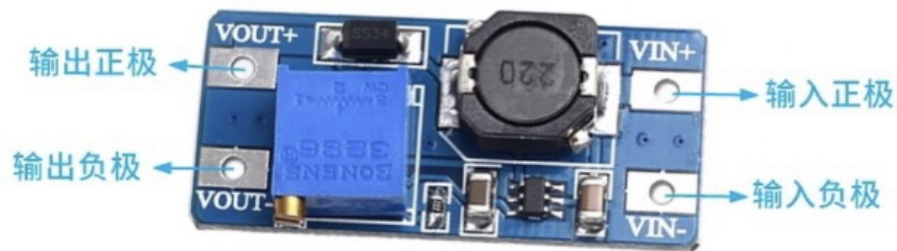


图 3-5 电源模块实物图

3.2.5 继电器模块设计

本文的继电器模块设计采用的是两路继电器进行对整个变压器的降温及断电的控制。在本设计中，两路继电器扮演着一个极为重要的角色，当变压器内部发生温度过高、气体浓度过高、电压电流过高、功率过高等一系列的问题时，可以通过蓝牙模块的数据传输，实现手机端 APP 对变压器的远程控制和监测。手机 APP 通过对两路继电器的控制，可以在发生故障的时候进行降温和断电操作，以保证故障不会进一步发展，造成没有必要的损失以及停机时间。继电器模块的设计，大大提高了本设计的完整性，使操作人员可以更加迅捷的对变压器进行控制，而不至于手忙脚乱。同时，继电器模块的设计也一定程度的增加了设备的使用寿命以及耐久度。

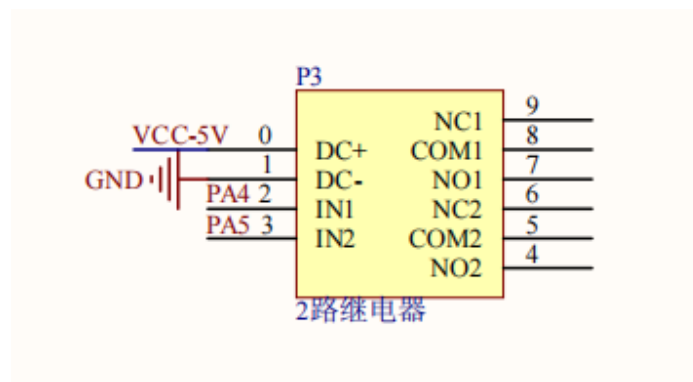


图 3-6 继电器模块原理图

3.2.6 显示模块设计

本文的显示模块系列中所采用的都是常规的 OLED 液晶显示屏，而相比于普通液晶显示器来说，OLED 显示器由于同时具备了自发光的功能，有不需要背光源、屏幕对比度好、屏幕的厚度较薄、显示屏视角范围更广、传输反应更快、使用的工作温度范围比较多、内部结构和制程简单等优异的特性。现在市面上的液晶屏通常都需要背光源，但 OLED 屏则不需要，因为它是自发光的。这也就造成了相同的屏幕，但 OLED 屏的特性却相对好了一些，虽然分辨率的确可以达到或者更高，但同时 OLED 屏的尺寸却无法大型化。

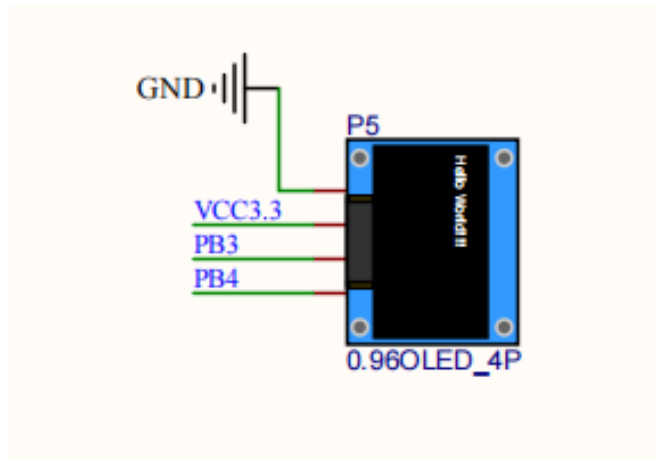


图 3-7 显示模块原理图

3.2.7 报警模块设计

本文中,报警模块的设计使用的是由宇音天下技术公司发布的 SYN6288 的中文语言合成芯片。SYN6288 比较于曾经的语音合成芯片在性价比以及合成效率等方面,均有着明显的提高。

SYN6288 所通过的都是异步串口的待生成文字,并通过将这些文字转换为语音来完成语音的生成。因此 SYN6288 可以带来更加真实的声音生成功能,使在声音生成和智能识别等领域的效能得以大幅的增强。因此,SYN6288 实际上是一种针对更高级应用的声音合成芯片。SYN6288 声音合成芯片的研制目的,在于创造更为精准和真实的声音合成效果。借助其先进的算法和处理能力,它能够将输入的文本精准地转化为自然且流畅的语音播报。无论是在语音导航、语音提示、智能助理还是其它语音交互的领域,SYN6288 都能够为用户提供高质量的语音输出。

该芯片的硬件接口设计简单,使用起来非常方便。它采用 SSOP28L 封装,具有较小的尺寸,能够适应各种产品的空间需求。此外,SYN6288 的性价比非常之高,为开发者和制造商提供了经济且高效的解决方案。

综上所述,SYN6288 是一个性价比更高、功能更自然的中高端的中文语言合成芯片。它的文本识别智能度很高,且声音合成效果自然流畅,在中高端领域也得到广泛应用。无论是在智能设备还是其它语音交互领域,SYN6288 都能够给用户带来优质的语音合成体验。同时,它的简单硬件接口和高性价比使得开发者和制造商能够轻松应用并受益于其先进的语音合成技术。

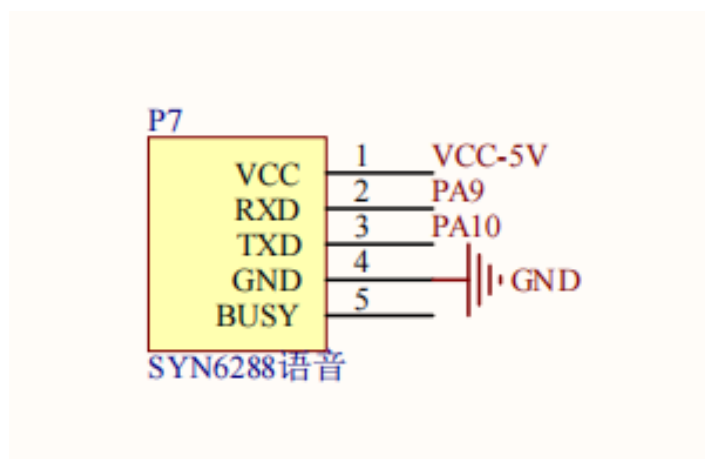


图 3-8 报警模块原理图

3.2.8 蓝牙模块设计

本文将使用蓝牙模块来实现手机终端与单片机端之间的数据通讯，众所周知，蓝牙是一个集成功能的 PCBA 板，可以用来进行短距离的无线通讯。

蓝牙无线通信模组具有灵敏、易于扩展、价格比高的特性，通过无线电波即可连接手机和个人电脑。应用于广泛的应用环境，包括智能家居的管理、远程管理、信息查询、监控管理等。如在本设计中，可以通过蓝牙技术实现手机终端与单片机的信息交互，并通过手机 APP 完成远程控制，例如降温和断电功能。除此之外，通过蓝牙模块的特性，各个传感器所采集到的数据将会传输到手机端 APP，以便我们可以实时检测变压器的状态，通过各种数据的对比，确定变压器目前的工作状态是否处于正常。每当有警报发生时，手机端也可以通过蓝牙模块实时接收到异常状况，及时进行预警处理，保证了变压器设备的使用寿命，以及不必要的损耗。

综上所述，蓝牙模块是本设计中的重要组成部分，是连接手机端与单片机端的桥梁，不可缺少。同时，价格低、易于开发且灵敏的特性也非常适用与本设计当中。

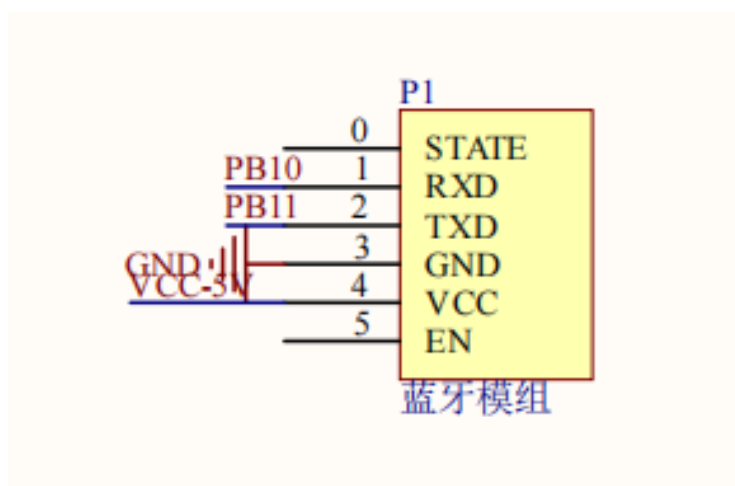


图 3-9 蓝牙模块原理图

第 4 章 系统的软件设计

4.1 软件的主要流程

在系统启动时，首先进行系统的初始化工作，确保各个组件正常运行。一旦初始化完成，单片机开始执行我们编写的程序。传感器开始收集有关变压器的信息，并将数据传送到单片机端加以处理。另外，收集到的信息可以在 OLED 显示器上进行真实展示，让人们可以直观地知道变压器的状况。为了实现变压器状态的实时监测，我们采用了蓝牙模块与手机端 APP 的通信，从而进行更加详细和全面的分析和监控变压器的运行情况，并采取相应的措施来预防潜在故障。除此之外，我们还引入了 SYN6288 语音模块，用于播报异常情况。当系统检测到变压器发生异常时，语音模块能够即时发出警报，通过语音提示的方式提醒我们变压器的状态。同时，还设置了 2 路继电器，在发生故障之后可以立刻从手机 APP 端实现远程控制降温或断电功能。

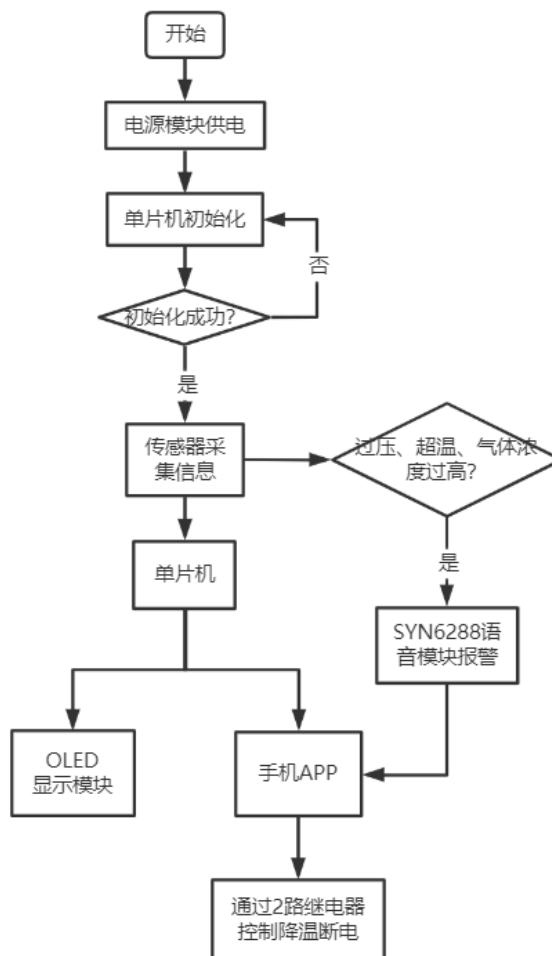


图 4-1 系统主流程图

4.2 各模块的软件设计

4.2.1 电压电流检测模块的软件设计

系统启动后，电源开始对单片机进行供电，单片机完成初始化工作。随机电压电流检测模块开始采集变压器内的电压、电流、功率等数值，并实时传输给单片机这些数据。模块原理简单，只需要使用 TTL 接口进行连接即可完成与单片机端的信息传输。

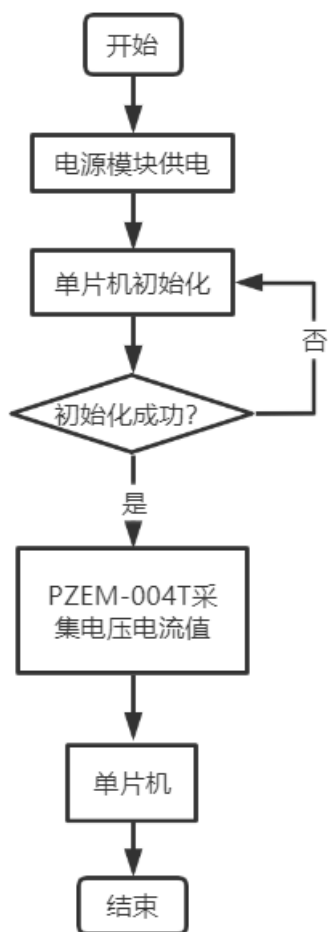


图 4-2 电压电流检测模块流程图

4.2.2 温湿度检测模块的软件设计

系统启动后，首先进行单片机的初始化，以确保各个组件处于正常工作状态。一旦初始化完成，单片机便开始执行我们编写的程序。接着，我们需要进行对 DHT11 的初始化，初始化工作完成以后，DHT11 传感器开始采集空气中的温度和相对湿度的数据，并将这些数据通过 8bit 温度整数部分+8bit 温度小数部分+8bit 相对湿度整数部分+8bit 相对湿度小数部分+8bit 校验位，传输到单片机上完成了数据处理。接下来，单片机将处理后的数据显示在显示屏上，以便我们能够直观地了解环境的温湿度状况。同时也可以在手机 APP 端进行查看环境中温湿度的变化情况，以确定变压器内的运行状况，以及及时发现故障，避免造成设备的损坏。

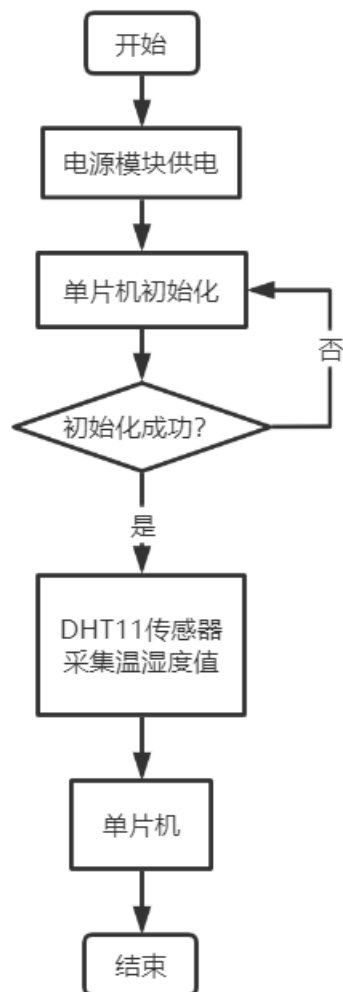
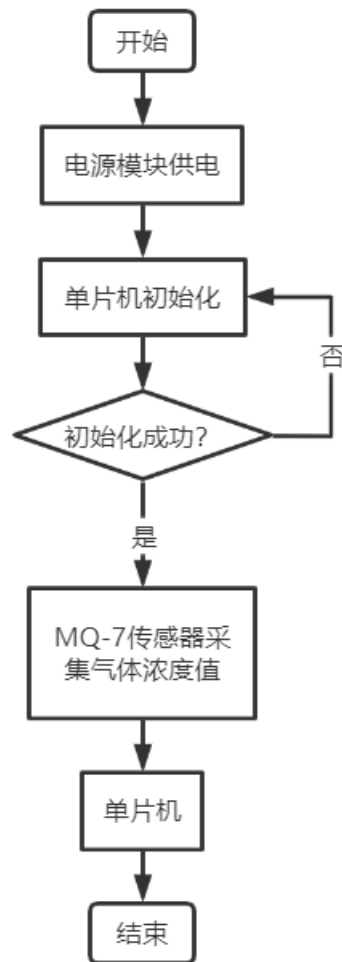


图 4-3 温湿度检测模块流程图

2.3 气体检测模块的软件设计

系统启动后，首先进行单片机的初始化，以确保各个组件处于正常工作状态。一旦初始化完成，单片机便开始执行我们编写的程序。此刻，MQ-7 气体检测传感器开始收集空气中的特征气体的含量，并把这些数据交给单片机加以处理。之后，由单片机把经过数据处理产生的信息展现到手机 APP 中，以实现更具体的数据分析与管理，这样我们才能更直观的掌握变压器内的空气浓度情况，以此来避免设备发生故障。

程序设计实现方面，MQ-7 可以通过模拟或数字接口实现数据的输出。通过内部的特殊金属氧化物和空气中的气体进行氧化还原反应，以及根据其电阻值的高低来确定气体的浓度。但需要注意的是，在 MQ-7 的调试过程中，需要确保有稳定的电压源来确保其安全性和可靠性。



q

图 4-4 气体检测模块流程图

4.2.4 电源模块的软件设计

系统在启动时，先由电源模块对单片机及其各个模块进行供电，以保证所有元器件都达到了正常工作状态。然后完成对单片机的初始化，只要初始化完成，单片机即可开始运行我们所编写的程序，为整个系统的顺利工作打下了基础。随后，每一个传感器开始采集环境中的数据，然后将采集到的数据传输到单片机设备端进行后面的处理。

总之，电源模块对于整个系统的构成是非常重要的，由 MT3608 升压板模块可以进行 5-15v 的可变电压调节，可以调整到我们生活中常常使用的 9v，12v，15v。方便了我们对于变压器的进一步监测，而不用担心电压不稳定的情况。

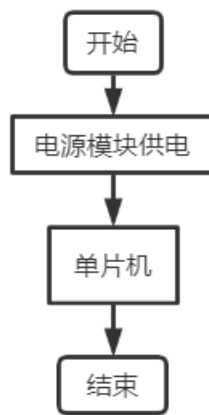


图 4-5 电源模块流程图

4.2.5 继电器模块的软件设计

在系统启动时，我们首先进行系统的初始化，确保各个组件处于正常工作状态。初始化完成后，单片机开始执行我们编写的程序，为系统的正常运行打下基础。由各个传感器采集环境中的数据信息并传输给单片机进行后续的处理，如果出现温度过高、电压过高、电流过高、功率过高、气体浓度过高等故障，可以使用手机 APP 控制降温和断电，这也缩短了故障发生后维修的时间，可以更快速的对变压器进行断电处理，保障了设备的进一步损坏。

程序设计实现方面，可以通过检测引脚上的电平状态或者使用相对应的 API 函数来驱动 2 路继电器。

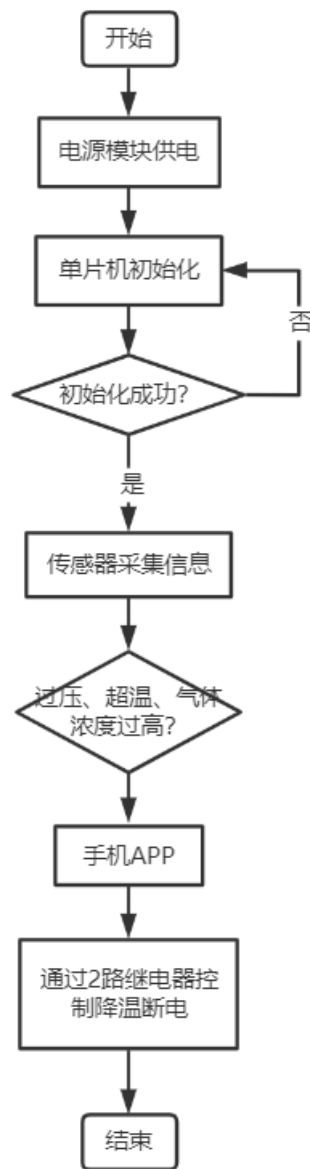


图 4-6 继电器模块流程图

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/738100053110006052>