



**本科学士毕业论文**

基于STM32的智能语音播报系统的设计与实现

姓 名： 毛思耀

学 号： 20151104803

院 系： 计算机科学技术学院

年 级： 2015级

专 业：计算机科学与技术（嵌入式）

指导教师： 李红霞

**毕业论文目录**

[1 绪论 1](#_Toc3244951)

[2 系统整体方案分析设计 2](#_Toc3244952)

[2.1 功能需求分析 2](#_Toc3244953)

[2.2 技术需求分析 2](#_Toc3244954)

[3 硬件电路设计 3](#_Toc3244955)

[3.1系统电路设计 3](#_Toc3244956)

[3.2功能模块设计 3](#_Toc3244957)

[3.2.1 DHT11温湿度传感器电路设计 3](#_Toc3244958)

[3.2.2 STM32控制器电路设计 4](#_Toc3244959)

[3.2.3 XFS5152语音合成电路设计 5](#_Toc3244960)

[3.2.4 音频输出电路设计 5](#_Toc3244961)

[4 软件设计 5](#_Toc3244962)

[4.1 整体框架程序设计 5](#_Toc3244963)

[4.2 功能模块程序设计 6](#_Toc3244964)

[4.2.1 温湿度传感器节点程序设计 6](#_Toc3244965)

[4.2.2 STM32程序设计 6](#_Toc3244966)

[5 主要实验流程 8](#_Toc3244967)

[5.1 测试环境分析 8](#_Toc3244968)

[5.2 测试结果及分析 9](#_Toc3244969)

[5.3 人工输入语音播放测试 10](#_Toc3244970)

[5.4 温湿度传感器语音播放测试 10](#_Toc3244971)

[6 总结与展望 10](#_Toc3244972)

[致谢： 11](#_Toc3244973)

[参考文献： 11](#_Toc3244974)

基于STM32的智能语音播报系统的设计于实现

计算机科学技术学院 2015级嵌入式一班 毛思耀 20151104803

指导教师 李红霞 讲师

摘要 随着人工智能、大数据等前沿新兴技术的高速发展，带动了一大批与之配套的周边技术的兴起。正因此，TTS技术即语音合成技术近几年得到了迅速的发展，以语音合成、语音识别等为主的技术广泛运用于智能语音播报系统、智能语音控制系统等领域。基于此设计实现了以32位微处理器STM32F103VET6芯片为核心，基于不同的应用场景模式，通过XFS5152CE语音合成芯片将文本信息转换为语音音频信息，再通过功放电路利用喇叭或扬声器进行播报的嵌入式智能语音播报系统。

关键词 STM32；语音合成；信号处理；串口通信。

# 1 绪论

在当今快节奏的城市生活场合中，由于智能手机的大量普及应用，人们将过多的精力放在了手机等智能设备上面，导致其无法分出更多的精力去看身边发生的事情,因此听觉交互成为了人们获取消息的重要途经。传统的播放通常需要依靠相关人员进行人工语音播报，由于每个人的话音口音以及文化水平的差异，人工语音播放会存在发音不标准以及偶尔播放错误错误，同时人工播报通常需要安排大量人员来进行专职轮流播音，在一定程度上增加了人力成本。智能语音播报系统通过采用先进的嵌入式微处理器以及语音合成技术，不但能够降低人力成本，而且避免了人工播报的错误性，提高了服务效率。智能语音播报系统不仅可以使语音效果清晰，而且比人工播报更加准确。由于智能语音播报系统中采用的嵌入式微控制器，具有成本低，功耗低等特点，因此该系统非常适用于公共服务领域、交通服务以及智能家居等领域。

在此背景下，本文采用STM32芯片以及语音合成芯片设计了智能语音播放系统，该系统可以智能地将文本信息转换成语音输出。本文首先利用分析智能语音播报系统的研究背景，并对该系统的应用场景做了详细需求分析以及技术分析上，完成智能语音播报系统总体框架的方案分析设计，主要分成前期对选材时各种硬件芯片的分析选择、相关技术理论分析以及不同场景模式的需求设计实现。之后研究了语音合成芯片的使用，并在STM32芯片的基础上连接语音合成芯片，通过设计程序驱动语音合成模块工作，使其可以将文本字符转换为语音输出。

# 2 系统整体方案分析设计

## 2.1 功能需求分析

在当今公共服务领域、智能家居等领域，智能语音播放通常只播放已经存储在系统中的固定文字内容。但在交通服务以及行政服务等领域，存在一些特殊情况需要人工进行临时播放，为了兼容智能语音播放系统，需要动态更改系统播放文字内容。同时在环境检测等其他领域，人们需要能够实时感受到当前天气的温湿度，此时将环境检测传感器与智能语音播放系统相结合，对环境检测数据进行实时播报也成为了人们的迫切需求。

本文结合上述情况，设计了三种不同应用场景输入源语音播放。其一是长期固定播报，播报直接存储在内存的文字内容，其二是临时播报，由人工通过串口由电脑输入，单片机接收解析转换后播报，其三是由其他传感器（如DHT11温湿度传感器）传入播报，由传感器定时获取参数信号再传入语音合成模块后合成实时播报。

## 2.2 技术需求分析

语音播放中最为关键的就是语音合成技术，语音合成技术可以将任意文字信息转化成语音信息，之后可以采用喇叭或扬声器将合成后的语音信息实时播报。

在语音合成技术中，文本信息都需要按照标准进行规范化，即文本信息的标点符号、特殊符号、计量单位等都需要按照标准转换为可被语音合成芯片识别的信息。语音合成非常关键的是文本信息的分词模型、韵律预测以及协同发音。其中分词模型决定了如何有效地划分文字段落，韵律预测决定着各词的发音，协同发音则决定了各词之间的连接关系。在上述三部分完成后，语音合成技术将从词库中选择对应词的发音，并进行语音重构，使得文本信息的语音波形构建出来。目前，基于语音的合成分析技术已经在国内外得到了广泛研究，其技术已经相当成熟。国内在语音合成方面有两家公司提供的芯片较为成熟，分别为合肥科大讯飞公司的XFS5152以及北京宇音天下生产的SYN6658。这些语音合成芯片，只需要通过控制器将需合成的信息发送过去，芯片即可自动完成语音波形构建。

综上所述，本文实现的智能语音播报系统将采用基于嵌入式控制器STM32F103C8T6为核心，并结合科大讯飞生产的语音合成芯片XFS5152 ，构成整个智能播报电路系统。其中STM32控制器的输入源主要包含了UART的人工输入文本信息以及温湿度传感器发送来的串口数据。STM32控制器将在规定的通信协议下实现与UART串口实现数据的交换。

# 3 硬件电路设计

## 3.1系统电路设计

本文的硬件电路主要包括四个部分，分别是DH11温湿度传感器电路部分、12861液晶、STM32 控制器部分、XS5152语音合成芯片电路设计和音频输出部分。其中DH11温湿度传感器可以实时检测出当前环境的温度和湿度，2861液晶能显示温湿度和智能播报的倒计时。STM32的输入源上可以接受DH11温湿度传感器数据以及人工发送的串口文本数据。STM32控制器在收到不同场景下的待语音播放文本后，将分析文本信息，STM32分析完成后将结果信息发送到XFS5152语音合成芯片，语音合成芯片对输入信息进行语音波形构建，并最终输出音频输出放大电路，并经过功率放大器和喇叭完成语音播放。

## 3.2功能模块设计

### 3.2.1 DHT11温湿度传感器电路设计

DHT11温湿度传感器，具有产品稳定性高、精准性高、自动校准等特点。考虑到传感器采集系统的可靠性以及精准度，因此采用该类型传感器采集空气中的温度和湿度信息。

DHT11的接线图如下所示：

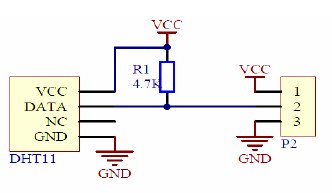
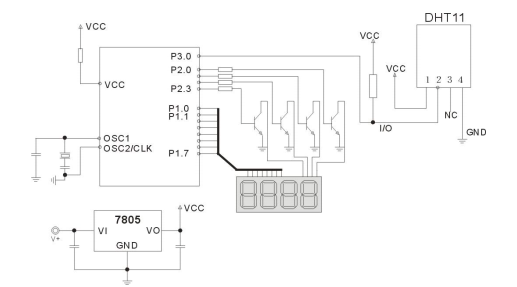


图3-1 DHT11接线图

DHT11传感器主要包含3个引脚，其中DATA接口为数据的引出脚，即温湿度参数都将通过该针脚输出。通过DHT11的数据手册，可以了解到DHT11的数据输出有40bits数据，其中由三部分组成，分别为湿度参数、温度参数以及校验和。温度参数包含了8bit的湿度整数部分以及8bit的湿度小数部分，湿度参数包含了8bit湿度整数部分以及8bit湿度小数部分，校验和表示对湿度参数和温度参数的CRC校验。



### 3.2.2 STM32控制器电路设计

本文选用的是ST公司的STM32F103C8T6，该嵌入式控制器的主频能达到72MHz，并且提供了多种总线接口，比如SPI、IIC以及UART等。考虑到本文中智能播放系统对运行主频要求不高，STM32F103C8T6符合本系统的设计要求。设计的STM32控制电路如下图所示。

上图中，STM3控制器的输入电压由转换电源以及AMS1117-3.3的LDO稳压芯片组合而成。首先系统采用了220V到5V的常用转换电源，电压稳定输出到5V后，再经过LDO稳压芯片输出稳定电压3.3V，即可当做STM32的工作电压。由于XFS5152语音合成芯片的输入电压为1.2V，因此STM32控制电路中，也需要利用AMS1117-1.2 的LDO稳压芯片稳定输出1.2V电压。

在温湿度采集数据的语音播报场景中，需要将STM32控制器与12864液晶屏相连，该液晶屏可以动态显示当前采集的温湿度参数以及定时播放的剩余时间。该液晶屏的显示结构为128\*64个点，并且可以最多显示4行8列的汉字，每个汉字由16×16的点阵组成，12864液晶屏如下图所示。

[](http://baike.baidu.com/pic/12864%E6%B6%B2%E6%99%B6/7217343/0/1c950a7b02087bf4506cab78f2d3572c10dfcf9b?fr=lemma&ct=single)

### 3.2.3 XFS5152语音合成电路设计

根据科大讯飞提供的 XFS5152CE 中英文语音合成芯片用户开发指南，本系统设计的PCB原理图如图3-3所示。用户开发指南上制定了XFS5152CE芯片的数据读取方式，分别为SPI、USART、I2C。本系统采用了常用的USART串口通信方式，即STM32芯片和XFS5152CE芯片的数据传输通道依靠USART来建立。XFS5152芯片的RDT引脚可以用来判断其工作状态，当RDY为低电平时表示XFS5152CE 芯片处于空闲状态，高电平时处于工作状态。

在之前的STM32控制电路设计中，已正确输出了可供XFS5152语音合成芯片的工作电压。但由于语音合成芯片还需要模拟电源，因此在电路设计过程中需要引入电感，并将数字电源地以及模拟电源地接地，以此来隔离模拟电源和数字电源。

### 3.2.4 音频输出电路设计

在语音合成芯片完成语音波形构建后，将音频接口线连接语音合成芯片，即可将语音音频信号传送至功率放大器以及喇叭，完成语音播报。设计好的PCB版图如下图所示

# 4 软件设计

本节将详细介绍智能语音播报系统中的软件框架设计以及功能模块程序设计。

## 4.1 整体框架程序设计

本文的软件结构主要通过UART串口将文本信息发送到STM32，STM32芯片接收到串口数据后对文本进行解析，解析成功后STM32将文本信息发送到XFS5152语音合成芯片，此时即完成整个软件系统流程。 温室丢传感器节点软件模块主要定时采集温湿度数据，串口初始化以及串口发送，STM32的程序模块中则主要包含了系统部件初始化、串口数据接收、语音数据的解析和解析后的数据发送。

## 4.2 功能模块程序设计

软件功能模块包含了温湿度传感器节点程序设计以及STM32程序设计。接下来将对功能模块进行详细设计。

### 4.2.1 温湿度传感器节点程序设计

传感器节点模块主要负责监测实时温湿度的采集，并将通过UART串口将温湿度数据发送到STM32控制器，温湿度传感器的采集程序如下图5-1所示。



图4-1 温湿度传感器节点采集程序流程

如上图所示，传感器节点首先采集数据，然后将采集到的信号进行A/D转换成数字信号，并按照指定的数据格式将数据打包，通过串口发送到STM32控制器机中。发送数据由8位组成。前三位的指令数据为固定的，第三位到第五位设置为0，即将来的功能扩展使用，第七位为AD转换后的数字信号，第八位为数据包的奇偶校验位。

DHT11温湿度传感器采集的初始化程序如下：

传感器初始化串口成功后，将定时读取数据并发送到STM32控制器中。读取数据的关键代码如下：

### 4.2.2 STM32程序设计

在本文的三种场景模式下，所有的语音预处理数据都需要经过USART串口发送至STM32微处理器中，这些语音预处理数据不仅包含人工输入的含文本语音合成数据，而且还包含了温湿度传感器发送来的环境检测数据。

在USART串口通信程序中，STM32以及USART需要设置相同串口通信参数，方才能够建立连接并进行稳定的数据传输。串口通信参数通常包含了波特率、CRC校验等。本系统的串口通信格式采用了基于帧的数据格式。在系统运行过程中，待语音合成数据都需按照帧结构发送至STM32芯片。每一个帧的数据包含了5个部分，分别为标志位、帧序号、下一帧数据长度、 数据内容以及CRC 校验。本系统采用的标志位有两种，分别为数据传输通知标志位5A5A以及数据帧传输标志位505F。 语音数据的帧结构严格按照统一的通信协议进行处理，其协议内容主要包含待合成文本、文本编码格式以及命令控制信息等。

STM3控制器中串口初始化程序如下：

附加程序

STM32除了接收语音文本数据外，还需要将这些数据处理后，还需要经过UART发送到XFS5152语音合成芯片，进行语音合成。

通过查看XFS5152的数据手册，可以了解到XFS515接收的语音合成命令通常采用帧结构，即不同场景模式下的语音输入源经过STM32处理后，都需要按照XFS5152规定的帧结构将处理后待语音合成数据发送到SFS5152芯片。其中，帧结构由三部分组成，分别是帧头标志、数据区长度和数据区。帧头为0xFD；数据区长度采用两字节，高字节在前，低字节在后；数据区则包含了帧结构中的有效信息，分贝为文本合成命令信息、文本编码格式以及待合成文本。

在通信过程中，STM32首先检测RDY引脚，如果为低电平则表示当前XFS5152处于空闲状态STM32可以发送帧数据到XFS5152，如果高则XFS5152，一直到空闲为止。

STM32控制器串口发送文本信息到XFS5152语音合成器的帧结构程序如下：

附加程序



图4-1 串口通讯程序流程

# 5 主要实验流程

前面几章对本项目中的智能语音播报系统做了充足的环境和软硬件配置，使其能够进行编码工作。在完成编码工作之后，需要进行测试来检验开发好的软件是否能够正常工作，并通过测试来查找可能出现的错误或者逻辑漏洞。因此我们需要对该系统进行单元测试、集成测试和总体性能测试来确认本系统是否具备了我们所期望的达到的功能和目的。测试工作分为软件测试和硬件测试。

## 5.1 测试环境分析

(1)硬件平台分析

① 服务器端使用STM32开发板；

② 客户端使用联想Z470笔记本。

笔记本硬件配置如下：

处理器：i3-2330处理器

内存：金士顿4.00GB

系统类型: Windows 7 x64操作系统

硬件各模块连接图如图 13 所示。



图5-1 硬件模块连接图

（2）软件平台

Windows 7 x64操作系统。

## 5.2 测试结果及分析

（1）单元测试记录

单元测试，又称为模块测试。该测试主要对系统中某一具体模块或是某一具体功能进行测试。单元测试对重要的控制路径进行测试，以发现模块、功能或模块、功能内部的错误。单元测试从程序的内部结构出发设计测试用例，着重考虑以下五个方面：

* 模块接口：测试模块的接口主要是确保模块的输入输出参数信息是正确的，测试所测模块或功能的数据流。
* 局部数据结构：检查是否使用了与声明或是定义时所规定不相符的数据类型、使用尚未赋值或尚未初始化的变量或是赋予了错误的初始值或缺省值。
* 独立路径：虽然不可能做到穷举测试，但要合理地设计测试用例以便找出可能是由于错误计算、错误比较或是不正常的控制流（包括不同数据类型变量的相互比较、错误地修改了循环变量、造成死循环等）而导致的错误。
* 错误处理路径：一个完善的软件应该能够抛出异常或是停留在错误逻辑上，并在异常或者错误发生时，通过预先设计的判断代码合理安全的处理问题或是抛出问题。错误的类型有：野指针引用、数组越界、过度释放、获取到异常或是错误但没有足够的信息来表明问题出现的原因。

（2）集成测试记录

集成测试对集成后模块化的软件进行测试，主要是用来检验在设计阶段是否出现了不符合逻辑、耦合度偏高、内聚度偏低等问题。集成测试应该特别关注关键模块的测试。关键模块一般是指具有以下一个或多个特征的模块：

①与多个软件需求有关。

②含有高层控制（位于程序结构的高层）。

③自身逻辑过于复杂或者是容易出错的。

④含有软硬件的性能需求过高或高低。

首先连接各硬件并启动系统：将开发板通过网线与笔记本连接。设置好开发板的IP 地址；运行程序，开启语音播报系统。

测试步骤如下：模拟各种环境变量（改变环境参数使其超过预先设定的阀值），分别对人工输入语音播报测试以及温湿度传感器播放测试。

## 5.3 人工输入语音播放测试

在本测试中，打开串口调试软件，将电脑的串口输出接口经过RS232连接至STM32控制器串口，将串口的配置波特率设计为9600bps。在调试软件中输入以下信息：

截图，看是否语音播报准确

## 5.4 温湿度传感器语音播放测试

将温湿度传感器与STM32控制器相连，查看系统是否进行语音播报。

# 6 总结与展望

本文在分析智能语音播报系统的需求基础上，提出了三种不同语音播报模式：人工输入模式、温湿度传感器语音播报模式以及内存读取语音播报模式。在不同模式下，本文充分考虑了其硬件以及软件实现的结构，最终采用了STM32控制器以及XFS5152语音合成芯片来接收不同场景的语音数据以及合成最终的输出语音音频信号。经过系统测试，本文设计的语音播报系统发音准确、清晰，取得很好的语音播报。

但同时也应该注意到，需要充分利用现有硬件和软件资源，挖掘系统潜能，对系统进行进一步优化是下一步要解决的主要问题。解决该问题需要从以下几个方面入手：首先，要规范设计和代码过程；其次，对影响系统性能的关键算法和代码进行优化。

# 致谢：

毕业设计的顺利完成，首先需要感谢我的指导老师李老师。李老师治学严谨，性格随和，平易近人。在李老师的指导下，我学习到了很多实用的计算机专业知识和技能。对于我们在学习过程中提的很多问题，哪怕是非常简单的问题，她总能够很有耐心地一一为我们解答。同时李老师一丝不苟的工作态度和诲人不倦的教育精神也深深地感染着我，让我在对待自己的工作和学习时也不敢含糊，认真的去把一件事情踏踏实实做好，有始有终，我想对于我而言也是一笔非常宝贵的精神财富。整个毕业设计过程中，李老师为我们付出了很大的辛勤劳动，倾注了很多的心血。帮助我们合理的安排毕业设计进度，并给了我们很多的指导和建议。在这里非常感谢李老师！

感谢计算机科学技术学院的所有帮助过我的老师和同学们，是他们陪着我一起成长，让我获取到了很多专业知识，我才能够圆满地完成毕业，在这里向他们表示我深深的感激之情。

# 参考文献：

[1]刘琦，刘滨，朱兆优.基于STM32的语音播放系统的设计[J]．科技广场．2014(94-98).

[2][胡良焕](https://kns-cnki-net.vpn.seu.edu.cn/kns/popup/knetsearchNew.aspx?sdb=CJFQ&sfield=%e4%bd%9c%e8%80%85&skey=%e8%83%a1%e8%89%af%e7%84%95&scode=23759623;26615849;25313799;),[杨国涛](https://kns-cnki-net.vpn.seu.edu.cn/kns/popup/knetsearchNew.aspx?sdb=CJFQ&sfield=%e4%bd%9c%e8%80%85&skey=%e6%9d%a8%e5%9b%bd%e6%b6%9b&scode=23759623;26615849;25313799;),[侯永春](https://kns-cnki-net.vpn.seu.edu.cn/kns/popup/knetsearchNew.aspx?sdb=CJFQ&sfield=%e4%bd%9c%e8%80%85&skey=%e4%be%af%e6%b0%b8%e6%98%a5&scode=23759623;26615849;25313799;),[郭晓学](https://kns-cnki-net.vpn.seu.edu.cn/kns/popup/knetsearchNew.aspx?sdb=CJFQ&sfield=%e4%bd%9c%e8%80%85&skey=%e9%83%ad%e6%99%93%e5%ad%a6&scode=23759623;26615849;25313799;),[秦铆](https://kns-cnki-net.vpn.seu.edu.cn/kns/popup/knetsearchNew.aspx?sdb=CJFQ&sfield=%e4%bd%9c%e8%80%85&skey=%e7%a7%a6%e9%93%86&scode=23759623;26615849;25313799;).基于语音播放的环境检测仪的应用研究[J].信息通信, 2015.

[3]王虎升,李金环,袁宪锋,张胜春. [基于STM32的嵌入式语音播报系统的设计](https://kns-cnki-net.vpn.seu.edu.cn/kcms/detail/detail.aspx?filename=BJLH201103005&dbcode=CJFQ&dbname=CJFD2011&v=)[J].北京联合大学学报(自然科学版). 2011(03).

[4] 韩永刚. [STM32在液晶显示模块上设计的研究](https://kns-cnki-net.vpn.seu.edu.cn/kcms/detail/detail.aspx?filename=WDZC201709009&dbcode=CJFQ&dbname=CJFD2017&v=)[J]. 电子测试.2017(09).

[5] 张敏,石倩倩,张珊珊,王田,梁晓平. [基于语音识别和STM32的老年人健康状况监护系统的设计](https://kns-cnki-net.vpn.seu.edu.cn/kcms/detail/detail.aspx?filename=DZZN201705013&dbcode=CJFQ&dbname=CJFD2017&v=)[J].电子质量.2017(05).

[6]杨博,张加,李敏,等. 基于ARM 的多通道数据采集系统[J].仪表技术与传感器,2015(2):104-107.

[7]齐亚萍,李亚,雷升杰.基于ARM 的远程数据采集系统设计[J].自动化与仪表,2015(3):57-60.

[8].[何凯](http://wanfangdata.com.cn/details/detail.do?_type=degree&id=Y2172862).智能车载语音播报器的设计与开发[D].湖南:湖南大学，2012.

[9].[唐颖](http://wanfangdata.com.cn/details/detail.do?_type=degree&id=D01163399).公交车智能播报系统的研究与设计[D].程度：电子科技大学，2017.

[10].董笑甜. 基于STM32的草莓温室控制系统[D].曲阜师范大学, 2018.

[11].[李雨轩](http://wanfangdata.com.cn/details/detail.do?_type=perio&id=spyzl201832135).具有语音播报功能的水温控制系统 [D]. 商品与质量, 2018,147-149.

[12].[鹿晓茸](http://wanfangdata.com.cn/details/detail.do?_type=degree&id=Y2329886).基于H9200CS的无线语音播报系统 [D].济南, 山东大学, 2013.

**Design and Implementation of Intelligent Voice Play System**

**Based on STM32**

**Abstract:** With the rapid development of artificial intelligence, big data and other frontier emerging technologies, a large number of peripheral technologies have been developed. Therefore, TTS technology, that is, speech synthesis technology, has developed rapidly in recent years. The technology based on speech synthesis and speech recognition is widely used in intelligent voice broadcasting system, intelligent voice control system and other fields. Based on this, an embedded intelligent voice broadcasting system is designed and implemented, which takes 32-bit microprocessor STM32F103VET6 chip as the core, and based on different application scenarios, converts text information into voice and audio information through XFS5152CE voice synthesis chip, and then broadcasts through power amplifier circuit using speaker or loudspeaker.

**Keywords:** STM32; temperature and humidity sensor; voice broadcast; speech synthesis