

一种用于智能电梯控制系统的数字对讲机

陈乐玲¹, 赵国军^{1*}, 刘云海², 徐航²

(浙江工业大学 特种设备制造与先进加工技术教育部重点实验室, 浙江 杭州 310014)

摘要:为了解决现今国内智能电梯对讲联动控制系统线路复杂、控制功能单一的问题,研制了一种新型的用于智能电梯对讲联动控制系统的数字对讲机。该对讲机主要采用了单片机控制技术、串行通讯技术和音频处理技术。首先在选择了主要芯片的基础上,进行了对讲机硬件电路的设计,以及软件的设计,最后进行了实验测试。研究结果表明,与传统模拟对讲机相比,该对讲机不仅音质更好,且控制系统线路简单、系统功能更多,实现了音频信号与多种电梯控制信号共同传递的功能。

关键词:智能电梯控制系统;数字对讲机;ARM Cortex-M0

中图分类号: TU857;TH218;TN915.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)11-1363-04

Digital radio for intelligent control system of elevator

CHEN Le-ling¹, ZHAO Guo-jun¹, LIU Yu-hai², XV Hang²

(Key Laboratory of Special Equipment and Advanced Manufacturing Technology,
Ministry of Education, Zhejiang University of Technology, Hangzhou, 310014 China)

Abstract: In order to solve the issues of the complexity of current domestic smart elevator interphone coordinated control system circuit and single control function, a new type of digital interphone has been designed for smart elevator interphone coordinated control system. The single chip control, RS422 bus communication and audio processing technologies was used in the digital interphone. The system programs were designed with C-language in the key programming environment to achieve the transmission functions of the audio signal from a variety of elevator control signals. In the interphone, the single chip was chosen from series of NUC120 of Nuvoton Technology Corp. And the type of the speech decoding chip is NAU8814, which is also from Nuvoton Technology Corp. According to the system test, the results indicate that compared with traditional analog interphone, the digital interphone not only owns good sound quality, but also can make the circuit of smart elevator interphone coordinated control system simplified and enrich the total system's functions.

Key words: smart elevator control system; digital interphone; ARM Cortex-M0

0 引言

为了有效地解决访客乘梯问题,智能电梯系统在 IC 卡电梯楼层控制系统的基础上,增加了与楼宇对讲系统联动控制功能^[1]。目前,国内绝大多数楼宇中还是采用模拟对讲机,缺少专用对讲机,联动控制功能是通过楼层信号采集器截取对讲分机的开门按键信号实现的。当业主按下对讲分机上的“开锁键”后,在大门开启的同时楼层信号采集器把信号传给 IC 卡电梯楼层控制板,控制电梯的运行。这种方式中,每 3 层楼层需要安装一个楼层信号采集器,因此对于高层楼宇来说,不仅语音质量不好^[2],且整个系统线路比较复杂,

而且该系统只能实现外来客人来访对讲机联动功能,较难实现同单元业主间的互访、业主外出室内呼梯等功能。

针对以上不足,本研究以 30 层高的居民楼宇为对象,采用 ARM Cortex-M0 为处理单元,研制一款音质好、可传递多种电梯控制信号、线路简单、性能稳定的数字式对讲机。

1 对讲机整体硬件设计

1.1 部分主要芯片选择

本研究的数字对讲机系统中对讲主机和各对讲分机间采用 RS422 一主多从通讯方式。收发器采用凌

收稿日期:2012-05-16

作者简介:陈乐玲(1987-),女,江西东乡人,主要从事机电系统与控制技术方面的研究. E-mail: johnhill87@yahoo.cn

通信联系人:赵国军,男,教授,硕士生导师. E-mail: cnzgj@163.com

力尔特公司的 LT1791 全双工差分收发器。该收发器支持多达 128 个节点,因此该通讯网络在理论上最多可挂入 128 台对讲机分机。该收发器在 128 个节点组成的网络上可支持 250 Kbit/s 数据速率^[3]。正常的人语音频率范围为 300 Hz ~ 3 400 Hz,根据 Nyquist 采样定理,采样频率为 8 kHz 即可保证采样后频谱无混叠,根据语音压缩标准 G. 711,音频数据压缩后位数为 8 bits^[4],这样音频信号速率(采样频率 × 音频位数)为 64 Kbit/s。因此,本研究中采用的 LT1791 收发器能满足传输速率要求,RS422 通讯波特率设为 115 200,RS422 工作在 115 200 bit/s 传输速率时,其最大传输距离约为 800 m,能满足传输距离要求。

语音编解码芯片采用新唐公司的 NAU8814,该芯片的采样频率范围是 8 kHz ~ 48 kHz,语音压缩标准为 G. 711。语音信号通过 NAU8814 芯片的 A/D (D/A) 转换和编(解)码后由模拟(数字)信号变为数字(模拟)信号。ARM 处理器和 NAU8814 芯片之间通过 I²S 总线传输音频信号数据,通过 SPI 总线传输相应数据对 NAU8814 寄存器进行设置^[5]。

对讲主机除了需要 RS422 接口模块及 SPI 和 I²S 总线外,还需要 RS485 接口模块,因此,ARM 处理器选用新塘公司的 NUC120VE3AN,对讲分机 ARM 处理器选用该公司的 NUC120RE3AN^[6-7]。

1.2 硬件电路设计及系统原理介绍

对讲机分机和主机的硬件设计框图如图 1、图 2 所示。

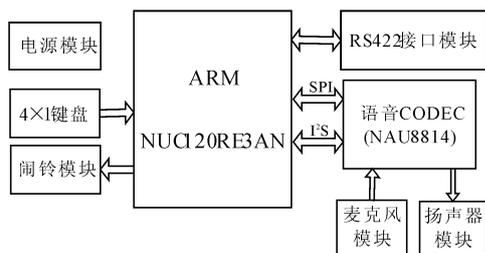


图 1 对讲机分机原理框图

本研究中,数字对讲机音频信号传递过程及原理如下:模拟音频信号从麦克风传入 NAU8814 中,经过处理后转为数字音频信号,然后通过 I²S 总线传入 ARM 处理器中,ARM 处理器通过 RS422 总线把数字音频信号传入另外对应通话的对讲机 ARM 处理器中,然后再通过 I²S 总线把数字音频信号传入相应 NAU8814 中,处理后转化为模拟音频信号,由扬声器放出。其中,NAU8814 的采样频率为 8 kHz,采样位数为 16 bits,语音压缩标准为 G. 711^[8]。

对讲机主机上有 4 × 3 键盘模块,用于拨号呼叫分机,分别代表 0 ~ 9 及删除和确认键。LCD 显示屏上显示所拨号码。对讲主机把呼叫信号通过 RS422 总线

传给各分机,当被呼叫分机收到信息,则铃声响起。电控锁控制模块用于控制开启单元楼大门。对讲主机通过 RS485 与楼层控制器通讯,传输电梯控制信号,实现对讲联动。

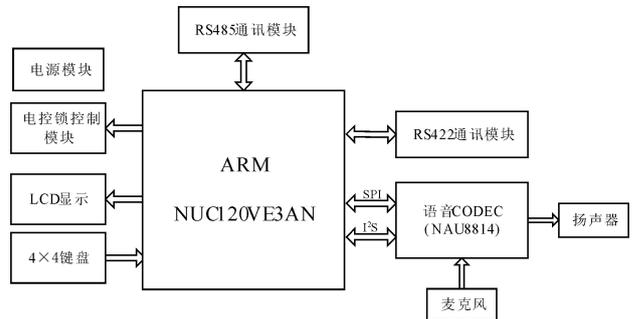


图 2 对讲机主机原理框图

对讲机分机上共有 4 个控制按键,分别为:开锁键、外出键、互访键、接听/挂机键。接听/挂机键是用来开始/停止通话,开锁键、外出键及互访键均为电梯信号按键。智能电梯对讲联动控制工作原理如下:当业主按下对讲分机上的电梯信号按键后,对讲分机将该信号传给对讲主机,然后对讲主机再把信号传给楼层控制器,楼层控制器根据收到的不同按键信号做出不同的动作,控制电梯运行,实现各种功能^[9]。

2 对讲机软件的设计

2.1 对讲分机和主机主程序流程

对讲分机主程序流程图如图 3 所示。

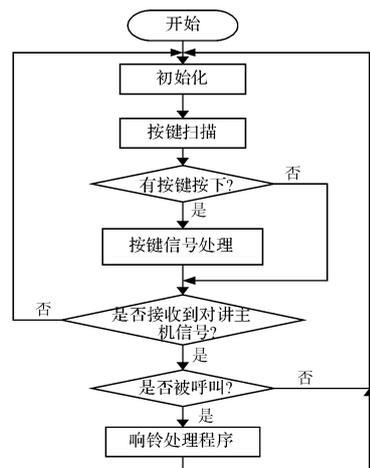


图 3 对讲分机主程序流程图

初始化程序包括对 UART0 (RS422 通讯串口)、T0 定时器、I²S、SPI、I/O 口、NAU8814 的初始化。“按键信号处理”包括:更新 RS422 通讯按键信号数据包;若响铃期间按下接听键,则响铃停止,并允许 I²S 发送,接收中断(即语音功能允许);若通话期间按下挂机键,则禁止 I²S 发送接收中断(即语音功能被禁止)。

对讲主机主程序流程图如图 4 所示。初始化程序包括对 UART0 (RS422 通讯串口)、T0 定时器、I²S、SPI、I/O 口、NAU8814 的初始化。

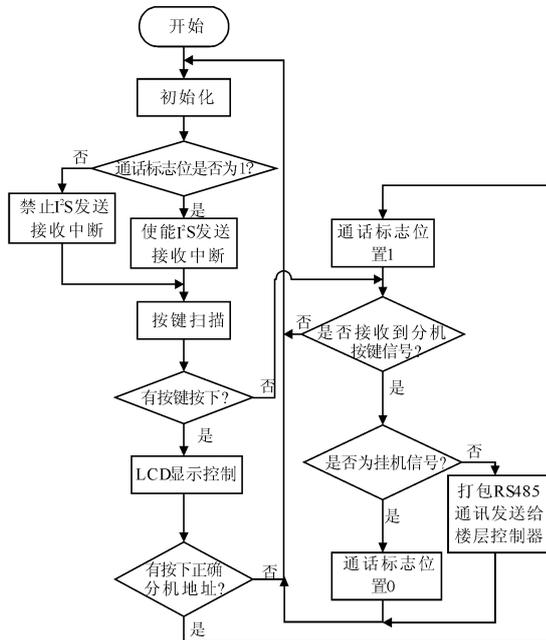


图 4 对讲主机主程序流程图

2.2 RS422 通讯协议及时序安排

本研究中,笔者设定分机台数为 60 台,分机地址分别为 1~60。“按键信号分机地址”指被要求返回按键信号的对讲分机地址。“呼叫分机地址”指被主机呼叫或和主机互传音频信号的对讲分机地址。

因为 RS422 总线上在同一时刻只能有 1 台对讲分机发送数据,为了在对讲主机和任意 1 台对讲分机通话的同时其他对讲分机上按键信号数据包也能正常传递,该设计中严密安排 RS422 总线通讯时序:其他对讲分机要在通话对讲分机发送音频数据包多余时间间隙中发送按键信号数据包。RS422 总线通讯协议如表 1 所示。对讲主机发送一次数据包 Z1 或 Z2,“按键信号分机地址”加 1,直至地址 60 返回地址 1,如此循环。

对讲主机和对讲分机的通讯在下面 3 种条件下(对讲主机和对讲分机没有通话也没有呼叫动作时,对讲主机和对讲分机间通话时,对讲主机呼叫对讲分机时)的情况分别为:

①当对讲主机和对讲分机没有通话也没有呼叫动作时,发送按键信号分机在接收到对讲主机数据包 Z2 的最后一个字节的 UART0 接收中断中使能 UART0 发送中断,发送数据包 F₂,其它对讲分机无动作。

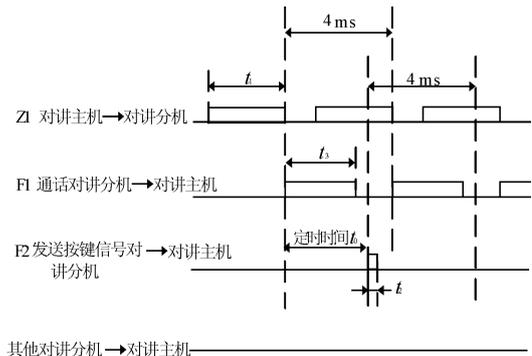
②当对讲主机和对讲分机间通话,发送按键信号对讲分机和通话对讲分机非同一台对讲分机时,发送按键信号对讲分机在接收对讲主机数据包 Z1 最后一

个字节的 UART0 接收中断中使能定时中断,当计时 $t_0 = 3\ 200\ \mu\text{s}$ 时,在定时中断中使能 UART0 发送中断,发送数据包 F₂,时序图如图 5(a) 所示。

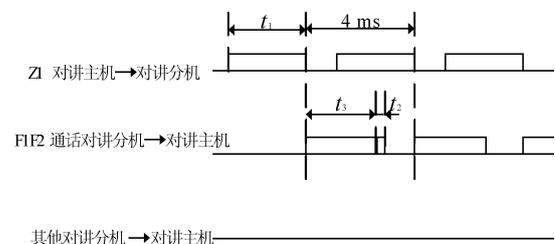
表 1 对讲主机和对讲分机通话时 RS422 通讯协议

数据包代码	格式					
Z1	帧头	命令字	按键信号分机地址	呼叫分机地址	音频数据	校验
	12H	A1H	1 B	1 B	32 B	异或
Z2	帧头	命令字	控制信号分机地址			校验
	12H	A2H	1 B			异或
F1	帧头				音频数据	校验
	ADH				32 B	异或
F2	帧头		按键信号分机地址		按键信号	校验
	AEH		1 B		1 B	异或

Z1, F1—对讲主机、对讲分机的音频数据包; Z2—对讲主机读取按键信号数据命令包; F2—对讲分机按键信号数据包



(a) 通话对讲分机和发送按键信号对讲分机非同一台机



(b) 通话对讲分机和发送按键信号对讲分机为同一台机

图 5 通话时对讲主机对讲分机 RS422 通讯图

$t_0 = 3\ 200\ \mu\text{s}$; t_1, t_2, t_3 —Z₁、F₂、F₁ 数据包的发送时间,其值分别为 $3\ 212\ \mu\text{s}, 347\ \mu\text{s}, 2\ 951\ \mu\text{s}$

③当对讲主机和对讲分机间通话,通话分机和发

送按键信号分机为同一台分机时,其通讯时序图如图 5(b)所示。对讲分机在接收对讲主机数据包最后一个字节的 UART0 接收中断中,使能 UART0 发送中断,先发送数据包 F1,紧接着发送 F2。当对讲主机呼叫对讲分机时,发送按键信号分机在接收对讲主机收数据包 Z1 最后一个字节的 UART0 接收中断中使能 UART0 发送中断,发送数据包 F2,其他对讲分机无动作。

要保证对讲主机和对讲分机间的通话正常无噪音,则要确保 ARM 与 NAU8814 之间音频数据的传递准确、无耽搁。本研究中,对讲主机和分机间以 4 ms 为周期交流数据,即 RS422 通讯时序以 4 ms 为周期。ARM 处理器与 NAU8814 之间通过每 2 ms 一次 I²S 接收及发送中断互相传递音频信号。对讲主机在每个 4 ms 周期中的第 2 次 I²S 接收中断中发送音频数据包 Z1,以确保时序准确。当对讲主机语音功能被禁止时,则采用定时中断,每 4 ms 发送一次数据包 Z2。

3 测试实验

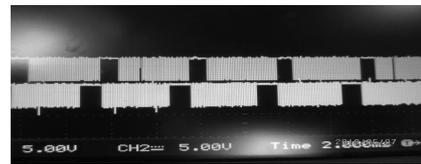
本研究制作了实验板,该实验中用一块对讲主机实验板和两块对讲分机实验板做实验,设分机地址分别为 1、2。实验中已经实现通话及按键控制信号的传递等功能。由于音频信号数据量大,该设计中数字对讲机的性能好坏主要取决于 RS422 通讯协议的制定及时序的安排,而其中最重要、最困难的是当对讲主机和 1 台对讲分机在通话时通讯协议的制定和时序的安排。该情况下示波器采集的对讲机系统 RS422 通讯数据波形图如图 6 所示。由于示波器探头只有两个,同时只能采集两块试验板所发送的数据。其他情况的通讯简单,受篇幅的限制,波形图在此就不给出。

对讲主机和 1 号分机(分机地址为 1 的对讲分机,以此类推)通话时,对讲主机(上)和 1 号分机(下)所发送的数据波形图如图 6(a)所示。1 号分机(上)和 2 号分机(下)所发送数据的波形图如图 6(b)所示。

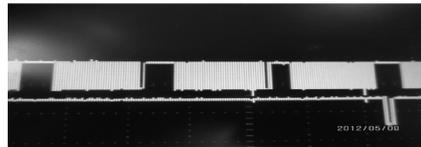
图 6(a)中,通话对讲主机发送数据包 Z1 和对讲分机发送数据包 F1 是按照理论设定时序(如图 5 所示)所进行的。图 6(b)中,1 号分机发送了音频数据包 F1,且在当收到的数据包 Z1 中按键信号分机地址为 1 时发送完 F1 后面紧接着发送 F2(从左数,第 2 个数据块略长,含 F1 和 F2 两个数据包数据)。2 号分机传播的是按键控制信号数据 F1,且 2 号分机该数据的发送和 1 号机数据的发送时序无重叠。

由示波器采集的数据波形图可见,该实验的对讲机系统通讯时序和理论设定一样(理论设定如图 5 所示),说明本研究研制的对讲机系统中音频信号及按键控制信号能准确有序地传递,即本研究研制的对讲

系统能很好地实现要求。



(a) 对讲主机和1号分机发送数据波形图



(b) 1号分机和2号分机发送数据波形图

图 6 对讲机系统 RS422 通讯波形图

4 结束语

在现今数字化时代,随着智能楼宇的发展,楼宇对讲机由模拟式向数字式转化是必然趋势^[10]。本研究研制了一种能简化智能电梯对讲的联动控制系统线路,并使其控制功能多样化,该系统有一定实用价值。实践结果表明,该数字对讲机比模拟对讲机音质更好、功能更完善。

另外,数字式楼宇对讲机除了可以用于实现对话、开门功能,还能用于实现其他的智能楼宇控制功能,如电梯智能控制功能、消防报警功能、室内监控功能等。

参考文献(References):

- [1] 孙 鸣. 住宅小区智能电梯门禁系统简介及其与对讲系统联动的解决方案[J]. 智能建筑,2008,87(7):34-37.
- [2] KONDOZ A M. Digital Speech Coding for Low Bit Rate Communication Systems[M]. 2nd ed. England: John Wiley & Sons Ltd., 2004.
- [3] 求是科技. 单片机通信技术与工程实践[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.
- [4] 鲍长春. 低比特率数字语音编码基础[M]. 北京:北京工业大学出版社,2001.
- [5] Nuvoton Technology Corporation. NAU8814-Datasheet Revision 2.0 [S]. Nuvoton Technology Corporation, 2011.
- [6] Nuvoton Technology Corporation. NUC120-Datasheet Revision V1.04 [S]. Nuvoton Technology Corporation, 2010.
- [7] Nuvoton Technology Corporation. NuMicro NUC100 Series Driver Reference Guide Revision V1.01.003 [S]. Nuvoton Technology Corporation, 2011.
- [8] International Telecommunication Union ITUT Recommendation. G 711, Pulse Code Modulation (PCM) of Voice Frequency[S]. Geneva: International Telecommunication Union ITU-T Recommendation, 1972.
- [9] 李惠昇. 电梯控制技术[M]. 2 版. 北京:机械工业出版社, 2003.
- [10] 赵 琳. 中国安防业热点回顾与分析[J]. 中国安防, 2008,30(Z1):76-82.

[编辑:李 辉]