

基于 DSP 的数字化机载通话系统

谢红刚, 易本顺

(武汉大学电子信息学院, 武汉 430072)

摘要: 依据机载设备数字化要求, 设计一种基于 RS485 总线的 DSP 嵌入式机载通话系统, 采用数据总线分时复用方法, 提高系统的可靠性和实时性, 该系统完成了机载通话系统由模拟向数字制式的过渡。分析系统的硬件与软件设计方案, 实现机内人员、地勤人员以及地面塔台之间的多方实时通信, 完成对各种控制、警告信号的监听和空中通话记录功能。

关键词: 时分多址; 系统同步; 数字混音; 485 总线

Digital Aircraft-borne Telephone Conversation System Based on DSP

XIE Hong-gang, YI Ben-shun

(School of Electronic Information, Wuhan University, Wuhan 430072)

【Abstract】 This paper designs an aircraft-borne telephone conversation system based on RS485. The system completes transition from analog to digital in the aero communication, which using TDMA on the data bus. It introduces scheme of the system, realizes real-time communication with multiple group, simultaneously completes to monitor the information of the control, alarms and records the voice of airborne.

【Key words】 Time Division Multiple Access(TDMA); system synchronous; digital mixed; RS485

1 概述

机载通话系统是很重要的机载设备之一, 它实现多位飞行员、教练员、地勤人员之间的通话, 通过短波、超短波电台的配合实现机组人员与塔台的通信。为了让飞行员对各类警告和控制信号作出及时反应, 飞机内部的多种传感器将各种控制、警告信号(例如塔康、信表、罗盘等, 以下统称为交联信号)以不同声音来通知飞行员。

在实际的应用中, 需要为用户提供控制面板以调节各种声音幅度, 同时提供优先级控制, 以保证在多人争强时重要人员与地面的通话。

传统的模拟式机内通话系统硬件复杂、连接电缆多、故障排除困难, 随着机载设备数量和功能的逐步增加, 模拟系统已经难以满足实际的需要, 因此, 需要研究一种新型的数字化机载通话系统。本文介绍一种基于 DSP 的机内数字通话系统, 它具有结构简单、连接电缆少、通话实时性强、稳定性好的特点, 只需软件升级就可适应各种新的应用需要。

2 系统设计

根据机载通话系统的需求, 本文将该系统定位在“分布式实时数据采集系统”, 系统采用类似于 C/S 架构的设计。如图 1 所示系统由一个数据处理中心(data processing center)和多个终端构成, 通信线路采用上下行分开的 RS485 总线方式完成。各个终端只负责本地的语音处理和面板控制信号的采集, 并将语音及控制数据上传给数据处理。

数据处理中心负责:

(1)采集来自话筒、短波及超短波电台的语音、机内多路交联信号。

(2)接收所有终端上传的数据后, 综合各终端、电台、语音记录设备, 进行语音混合处理。

(3)将处理后的语音数据下载到各个终端。

(4)将电台和语音记录设备要求的语音进行数模转换送给相应的接口。

在该系统中, 所有语音混合的计算都由数据处理中心完成, 这样集中的数据处理方式就要求处理中心有较强的处理能力^[1-3]。

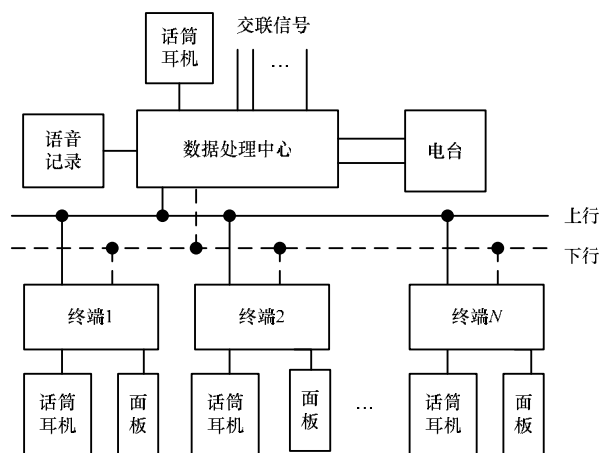


图 1 机载通话系统的总体框图

数据处理中心与每个终端的数据交换均为点对点的通信方式, 假设终端的数量为 N , 语音编码采用 G.711, 采样率为 8 000 Hz, 那么系统共需要 $2 \times N \times 64$ Kb/s 的带宽。因此, 为了提高数据传输的可靠性, 以及将来终端的扩展, 在传输线路上采用了上下行分开的设计。

作者简介: 谢红刚(1973 -), 男, 博士研究生, 主研方向: 多媒体通信网络; 易本顺, 教授、博士

收稿日期: 2007-08-20 **E-mail:** hg_xie@sina.com

3 硬件结构

本系统中数据处理中心和终端的任务不同，硬件的结构也随之不同，数据处理中心的硬件结构见图 2。

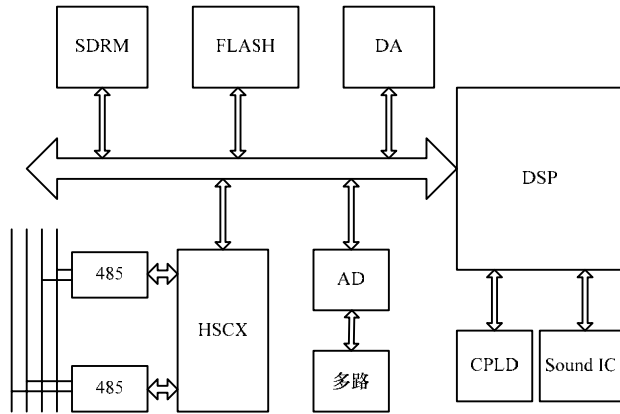


图 2 数据处理中心硬件

根据数据处理能力的需求，采用 TI 公司的 TMS320C5416 DSP 作为处理器完成数据处理和内部控制，其最高工作频率为 160 MHz 并具有 128 KB 的内部存储空间，为了解决处理中心数据量较大的问题，使用 256 000 × 16 bit 的 SRAM CY7C1041BV33 来扩展存储空间。

CPLD 选用采用 XILINX 公司的 XC9572，它为 DSP 提供 I/O 扩展，用 DSP 给出的地址、 \overline{DS} 、 \overline{PS} 、 \overline{IS} 、 R/\overline{W} 、 \overline{IOSTRB} 信号进行综合译码，提供所有外设的片选及控制信号，同时负责分频为系统提供时钟信号。

使用 SST39VF800A FLASH 保存程序，提供系统上电时的引导。为了保存系统的运行参数，使用 128 × 8 bit 的串行 EEPROM 93LC46 就可以满足要求。当然也可以使用 FLASH 来存储数据，但为了防止意外擦除 FLASH 中的系统程序代码，在系统中没有采用 FLASH 来保存数据，并且 FLASH 的擦写寿命有限，因此，只在需要系统升级时，才对其进行写操作。

终端与处理中心相比任务较少，其硬件少了用于多路信号采集的 A/D 芯片。需要注意的是电压匹配的问题，DSP5416 的供电(DVDD)为 3.3 V，但外围器件如 AD、SAB82525 等都需要 5 V 供电，如果直接与 DSP 的管脚相连，容易造成损坏或降低使用寿命，一般在 DSP 与外围芯片之间的数据总线上采用 74LVTH16245 芯片进行缓冲。

4 通信控制

RS-485 收发器采用平衡发送和差分接收，具有抑制共模干扰的能力。接收器具有高的灵敏度能检测低至 200 mV 的电压，在 100 m 长双绞线最大传输速率为 1 Mb/s，总线上可挂接 32 个收发终端^[4]，这些特性符合机载通话系统实际需求。

数据链路的控制由 SAB82525 来完成，终端和处理中心之间的连接只有 RS485 总线，是异步串行通信方式，因此，选择 SAB82525 的时钟模式 3，在此模式下接收和发送管脚的工作时钟均通过芯片内部的数字锁相环(DPLL)来提供。本系统采用自定义的通信协议，因此，选择 SAB82525 的非自动(Non-Auto)工作模式^[5]。在 Non-Auto 模式下，选择 1 Byte 地址识别，HDLC 帧的封装格式如图 3 所示。其中，先入先出(FIFO)缓冲区的大小为 32 Byte，FLAG 和 CRC 校验位由 SAB82525 自动添加，但目标地址不会从寄存器 XAD1、XAD2 来自动添加。每次填入 FIFO 的数据分为“目标地址”、“源信

息”和“数据”。

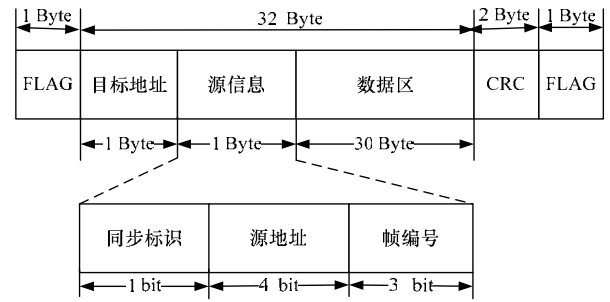


图 3 HDLC 数据帧的封装

由于在一个分时段，发送数据包的数据量大于 FIFO 的大小，因此将 FIFO 中数据格式定义如下：

(1)目标地址(1 Byte)

为目标终端 RAL1 或 RAL2 中设置的地址。对于处理中心只需要一个本地地址就可以了，但每个终端还需要一个广播地址来接收中心下传的同步帧信号。

(2)源信息(1 Byte)

包括同步标识位(用于判断此帧的类别是数据还是同步信号)、源地址和帧编号(数据经过帧编号的顺序重组语音和控制信号的数据)。

(3)数据区(最大为 30 Byte)

每次要传输的数据大于 30 Byte，需要将数据分为多帧发送，将分组编号写入帧编号中，将数据填入数据区。

(4)同步帧

同步帧用于系统时钟校准，由处理中心定时发送。其结构如图 4 所示，由数据帧简化而成，即目标地址变为所有终端接收广播的地址，而源信息只包含同步标识，数据部分用固定的同步验证码(所有终端都已知)，让终端来确认同步帧。

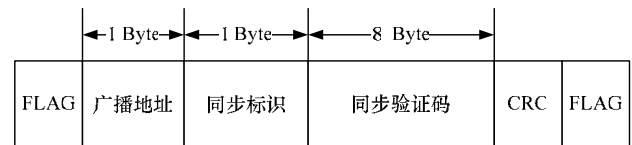


图 4 同步帧的结构

由于终端到处理中心的上行线路有多个终端使用，因此系统采用分时复用的方式来处理通信冲突问题，系统的传输同步信号由处理中心产生。通信规则如下：

(1)系统以 16 ms 为一个工作周期，处理中心在每个周期开始时广播同步帧。

(2)处理中心下传数据时独占下行链路，因此，依次将数据发送给终端 1、终端 2、...、终端 n，各终端只需根据数据帧的目的地址来判断接收所需要的数据。

(3)所有的终端向处理中心上传数据使用公共的上行链路，因此，在终端启动后，需要等待中心下传的同步帧信号，接收到同步帧后开始循环计时，然后在总线的时片到来时向处理中心上传数据。

同步问题是由于分布各个终端没有统一的时钟源，随时间的积累必然出现偏差，因此终端接收到广播同步帧的时间与本地循环计时将逐渐偏移，当超出一定范围时，应当进行校时。同时分给各个终端的时间片之间应保留一定间隙，确保数据发送时不会造成冲突。

为了上行链路分时复用的需要，在不占用总线时要使

RS485 保持高阻状态, 因此, 需用 SAB82525 的 $\overline{\text{RTS}}$ 和 TxD 管脚作“与非”来控制 RS485 的发送使能端 DE 管脚^[5], 只有在 SAB82525 要发送数据时才占用总线。

5 软件设计

系统以 $T=16\text{ ms}$ 为一个系统工作周期, 在一个工作周期内, 该系统完成采集数据、上传数据、处理数据、数据下传和播放语音的主线任务。

以 T 内终端采集数据 D_T 为例:

(1) 在 $T+1$ 内终端各自上传 D_T , 同时处理中心完成数据处理后进行数据下传。

(2) 在 $T+2$ 内终端的耳机播放处理后 D_T 。

因此, 从说话人发声到其他人员听到声音的总延时为 $2T(32\text{ ms})$, 满足机内通话实时性较高的需要。

系统软件由一个主程序和多个中断服务程序组成, 采用 DSP 汇编与标准 C 语言混合编程。

主程序主要工作为:

- (1) 系统的状态检查;
- (2) 语音信号滤波;
- (3) 语音混合。

中断服务程序包括:

- (1) 系统定时;
- (2) 语音数据的接收与发送;
- (3) (A/D)/(D/A) 的控制。

在使用 TP3057 采集/播放语音时, 使用 DSP 内部的 DMA 控制器来响应 MsBSP 的接收/发送中断, 即 DMA 的自动缓冲(ABU)模式, 这样在一个工作周期内只产生一次接收/发送中断。本系统中的工作周期就是以 DMA 的接收中断作为 T 的时间标准, 即系统的工作周期就是 TP3057 采集一帧语音数据的周期。

由于各个终端使用各自独立的时钟系统, 因此由处理中心发送同步信号数据帧来同步整个系统的时钟。这样就存在校正终端时钟的问题, 笔者为系统设计了一种静音校时算法, 它降低终端效时对系统通话质量的影响。

终端进行校时的算法如下:

(1) 在本地计时比处理中心慢时, 提前结束一帧语音的采集, 进入下一个工作周期。

(2) 当本地计时比处理中心快时, 放弃已采集的数据, 重新开始当前工作周期。由于终端的校时会产生少量数据的损失, 在实际处理中将校时的动作放在静音期进行。

为计时偏差给定 2 个门限 r_1 和 $r_2(r_1 < r_2)$:

(1) 在偏差小于 r_1 时准备校时:

- 1) 如果是, 静音期则校时;
- 2) 否则, 等待静音期。

(2) 若偏差大于 r_2 将马上校时。

这样的处理解决了数字混音时各路语音数据量不一致的问题。

在处理中心, 软件的重点在于:

- (1) 多路交联信号的采集;
- (2) 多进多出信号的处理。

对 10 路信号的 A/D 采样通过中断控制, 每路的采样率为 8 000 Hz, 所以, A/D 产生 80 000 Hz 的定时中断, 程序设定 AD 中断的优先级高于 SAB82525 的接收/发送中断, 这样可以避免 A/D 采集数据的丢失。同时由于 A/D 的服务程序指令少, 不会影响 SAB82525 的接收/发送。在多路混音的处理上, 采用 DSP 提供的矩阵相乘方法。

(1) 需要混合有: 10 路交联信号, 地勤, N 个终端。

(2) 混合后, 输出有: 记录仪, 地勤, N 个终端。

因此, 笔者构造了一个 $(N+11) \times (2+N)$ 的混音系数表。需要调节各路信号大小时, 通过调整混音系数表来实现。

终端需要实现对操作面板的控制, 操作面板主要用来调节各路语音信号的大小。在软件设计上, 笔者采用定时轮循的方式读取面板的按键状态, 将其转化成控制信号传递给处理中心。

工作流程如图 5 所示。

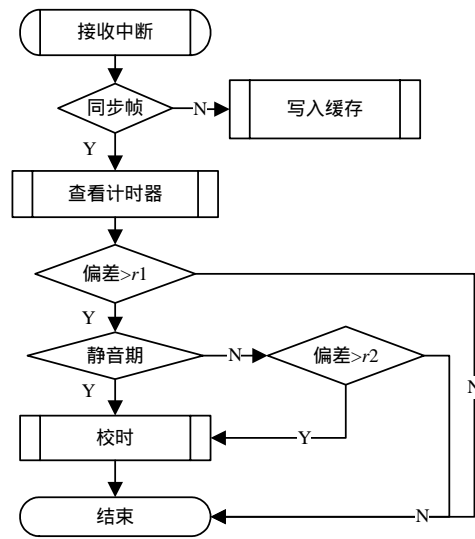


图 5 中断校时流程

6 结束语

目前本机载通话系统的样机已调试完成。将 1 000 Hz 正弦信号接入系统进行测试, 其的信噪比大于 60 dB, 系统语音回声小于 200 ms, 点对点通话响应时间小于 40 ms, 满足实时航空语音通信要求。由于采用了较为灵活的设计, 使得修改软件可以满足测试过程部分功能上的修改。同时系统已经通过 EMI、震动等测试, 并被装配于飞机中。

参考文献

- [1] 江太辉. 数字式车内通信系统嵌入式以太网设计[J]. 计算机应用, 2002, 22(10): 51-52.
- [2] 涂卫平. 视频会议中音频多点处理器的研究[J]. 武汉大学学报, 2002, 27(1): 98-102.
- [3] 许伟. 用定点 DSP 实现音频会议的数字混音方案[J]. 电子产品世界, 2000, (5): 24-26.
- [4] 江正战. 串行通信接口标准 RS-423/422/485 及其应用[J]. 电子技术应用, 1994, (9): 27-30.
- [5] Siemens Corporation. SAB82525 User's Manual[Z]. 2000.