

基于 DSP 和交换芯片的中频软件无线电接收控制系统设计

杨彦¹, 韦朝欣²

(1. 广西农业职业技术学院 信息工程学院, 南宁 530000;

2. 广西壮族自治区人力资源和社会保障厅 信息中心, 南宁 530000)

摘要: 软件无线电是无线通信方式之一, 为了精准接收中频软件无线电信号, 确保中频软件无线电信号接收控制效果, 设计了基于 DSP 和交换芯片的中频软件无线电接收控制系统; 加设数字信号处理芯片和交换芯片, 通过振荡器、滤波器、混频器等元件的连接, 设计无线电接收机, 通过调整逻辑控制电路优化接收控制器, 生成并执行接收控制指令; 在系统硬件的支持下, 利用 DSP 技术采集并处理中频软件无线电信号, 校准无线电信号的不平衡程度, 通过调制样式识别、解调以及分类存储等步骤, 实现系统的接收控制功能; 系统测试结果表明, 在此次设计系统的控制下, 无线电接收信号的平均信噪比高达 47.4 dB, 能够精准接收中频软件无线电信号, 具有较好的中频软件无线电信号接收控制效果, 有效扩大无线电的接收范围。

关键词: DSP 芯片; 交换芯片; 振荡器; 中频软件无线电; 接收控制系统

Design of IF Software Radio Receiving Control System Based on DSP and Switching Chip

YANG Yan¹, WEI Chaoxin²

(1. School of Information Engineering, Guangxi Vocational University of Agriculture, Nanning 530000, China;

2. Information Center of Human Resources and Social Security Department of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530000, China)

Abstract: Software radio is one of the wireless communication methods. In order to accurately receive IF software radio signals and ensure the reception and control effect of IF software radio signals, an IF software radio reception and control system based on DSP and switching chip is designed. Add digital signal processing chip and switching chip, design the radio receiver through the connection of oscillator, filter, mixer and other components, optimize the receiving controller by adjusting the logic control circuit, and generate and execute the receiving control command. With the support of the system hardware, DSP technology is used to collect and process IF software radio signals, calibrate the imbalance of radio signals, and realize the system's reception control function through modulation pattern recognition, demodulation and classification storage. The system test results show that under the control of the design system, the average signal-to-noise ratio of the radio received signal is up to 47.4dB, which can accurately receive the IF software radio signal, has a good IF software radio signal reception control effect, and effectively expands the radio reception range.

Keywords: DSP chip; switching chip; oscillator; IF software radio; receiving control system

0 引言

软件无线电是基于现代通信原理, 以数字信号处理为中心的开放式无线通信结构体系。软件无线电体系是将模块化、标准化的硬件部件以总线形式相连, 组成一个通用的硬件平台, 再由软件负载实现多通道、多层次的无线通信功能^[1]。软件无线电具有可编程的 RF 波段、通道访问模式、调制解调模式, 将从信源基带信号处理到 RF 信号的发射与接收均趋于数字化, 其目标是使通讯系统脱离硬件架

构的限制^[2]。由于系统结构比较稳定, 因此可以采用软件来完成各种功能, 从而可以进行有效地更新, 同时, 也可以降低体系之间的交换和兼容性。鉴于上述特点, 软件无线电被广泛地应用于各个领域。

根据软件无线电的传输频率, 可以将其分为低频、中频和高频 3 种类型。其中, 中频软件无线电是指频段在 300~3 000 kHz 的无线电, 该类型无线电的传输需要经过 3 个过程, 分别为发送、传送和接收, 受到诸多因素的影响,

收稿日期: 2023-01-28; 修回日期: 2023-03-20。

作者简介: 杨彦(1979-), 男, 广西南宁人, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事电子信息方向的研究。

通讯作者: 韦朝欣(1984-), 男, 广西河池天峨县人, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事电子信息方向的研究。

引用格式: 杨彦, 韦朝欣. 基于 DSP 和交换芯片的中频软件无线电接收控制系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2023, 31(8): 98-103.

中频软件无线电在接收环节存在明显的功能问题, 主要体现在无线电信号接收丢失、信噪比低等方面, 为此, 设计中频软件无线电接收控制系统具有重要意义。文献 [3] 采用模拟最小化和数字最大化方法, 利用芯片内部集成的高速模数转换器, 结合时钟锁相环, 设计了一种软件无线电架构的接收机控制模拟前端电路, 并完成软件无线电的接收控制工作。文献 [4] 采用本振光梳解调射频信号, 并接收带宽的子信道, 调整了信号的接收方式, 根据信号接收原理, 实现对接收程序的控制。然而上述方法存在接收控制效果差的问题, 无法实现对接收范围、接收精度的有效控制。

为了提高中频软件无线电信号接收控制效果, 在 DSP 和交换芯片的支持下, 设计中频软件无线电接收控制系统。将 DSP 芯片、交换芯片、中频软件无线电接收机和中频软件无线电接收控制器作为控制系统的主要硬件设备, 提高数据的读取速度和同步存取能力。采用 A/D、D/A 转换器对信号进行数字化处理, 通过调制样式识别、解调和分类存储, 解决了中频软件无线电信号接收控制效果差的问题。

1 中频软件无线电接收控制系统硬件设计

从硬件和软件两个方面设计中频软件无线电接收控制系统, 应用 DSP 芯片作为无线电信号的处理元件, 采用交换芯片, 接收控制指令传输, 利用供电电源电路连接硬件设备, 完成中频软件无线电接收控制系统硬件设计, 为控制程序的运行提供硬件支持, 中频软件无线电接收控制系统原理如图 1 所示。



图 1 中频软件无线电接收控制系统原理框图

图 1 中, 中频软件无线电接收控制系统的核心为数字信号处理部分, 信号输入后, 经过 A/D 转换器处理为高速数字信号, 交由 DSP 芯片、交换芯片对无线电信号进行进一步的处理, 经过 D/A 转换器完成信号的采集和处理任务, 输出最终信号。

1.1 数字信号处理芯片

DSP 芯片可以为中频软件无线电解码、操作、甚至是在时间和频率上生成离散信号提供最优的处理器, 在 DSP 芯片中加入了乘法累积运算, 因为一般采用卷积运算, 所以在 DSP 中 MAC 运算被优化处理为单个 DSP 的单周期指令, 使得 DSP 的工作效率得到了显著地改善。另外, DSP 还通过优化寻址方式, 使其能够有效地读出或写出存储器电路的离散数据。利用哈佛结构, DSP 实现了对数据和指令的同步存取, 极大地加快了读写的速度。在此次设计的中频软件无线电接收控制系统中, 采用 TMS320C6713 型号的 DSP 芯片, 其内部结构如图 2 所示。

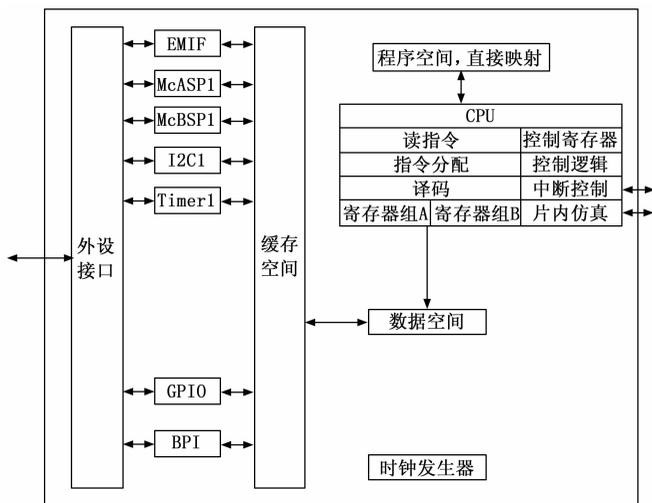


图 2 数字信号处理芯片内部结构图

bit 的存储空间。片内 RAM 由两个部分组成, 分别为程序/Cache 存储器和数据/Cache 存储器。二者均使用 L1P/L2 级缓冲结构。TMS320C6713 指令集里的所有命令都是条件指令, 根据某种条件决定是否执行。位运算指令, 包含位域抽取、设定、清除、位计数、规格化等。也可以进行位元寻址, 得到 8 bit/16 bit/32 bit 的数据。

1.2 交换芯片

交换芯片是千兆通信网络技术的核心, 它可将多个局域网的网络部分连接起来, 扩大网络的覆盖范围, 从而实现中频软件无线电的远距离接收, 并支持无线电接收控制指令的远距离传输。中频软件无线电接收控制系统中加设交换芯片的组成结构如图 3 所示。

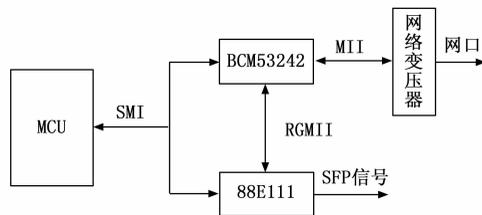


图 3 交换芯片组成结构图

在运行过程中, 交换芯片采用 IEEE802.3 协议, 在 8 个不同的千兆位端口间进行 MAC 帧的交换, 主要包括学习和转发。学习是指在端口收到 MAC 帧后, 从 MAC 帧中抽取相应的数据, 然后在索引表中搜索相应的数据项, 根据搜索结果生成地址索引信息, 确定主机地址与端口之间的映射关系^[5]。而在转发过程中, 当端口收到请求转发的 MAC 帧时, 从 MAC 帧中抽取目标地址, 在 MAC 地址列表中寻找对应的节点, 从而获得对应目标地址的端口号, 然后再将 MAC 帧发送到相应的端口。根据交换芯片所需的 100 M 网口和 1 个 1 kM 网口, 选择 BCM53242 型交换芯片, 它包括 24 个全双工 10BASE-T/100BASE-TX, 并具有

通信网络诊断功能。

1.3 中频软件无线电接收机

设计使用的中频软件无线电接收机由振荡器、滤波器、混频器、数字上/下变频器等部分组成，其内部连接方式如图 4 所示。

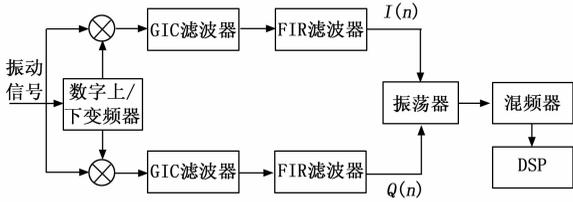


图 4 中频软件无线电接收机组成元件连接示意图

中频软件无线电接收机中使用的振荡器单元采用双锁相环开关模式，其中一个正常使用时，则另一个进行配置并完成锁定。两个锁相环轮流执行组态锁相，确保每个时间都能有一台锁相环信号源工作。在接收机中，中频滤波器的作用是选择中频，减少频段干扰，提高信号的信噪比^[6]。在此次设计中，选择了 6 MHz 的频带。它是一种用于接收的滤波器，它包括一个预选择滤波器和一个镜频抑制滤波器。预选择滤波器通常是在低噪声放大器前面的射频前端的一阶；镜频抑制滤波器是实现图像信号的抑制，通常是在低频放大器后面进行^[7]。混频器^[8]的功能主要是由一个倍增电路来实现，将相关设备元件按照图 4 表示方式进行连接，即可得出中频软件无线电接收机的设计结果。

1.4 中频软件无线电接收控制器

中频软件无线电接收控制器主要用来生成并执行接收控制指令，控制器内部的逻辑控制电路由 CPLD 完成，逻辑控制电路如图 5 所示。

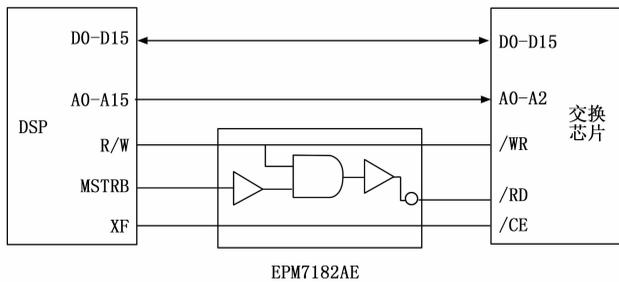


图 5 中频软件无线电接收逻辑控制电路图

此次设计的无线电接收控制器采用逻辑时序作为驱动原理，其主要包含宽动态范围信号检测与处理单元中的数字衰减器驱动、高速 ADC 采样驱动以及相关运算，高速振荡器单元中的 PLL 器件驱动以及相关频率运算和切换控制，中频处理单元中调整中频 AGC 增益的 DAC 驱动^[9]。将中频软件无线电接收控制器与接收机相连，保证控制器输出的控制信号能够直接作用在中频软件无线电接收机上，从而执行相应的控制任务。

2 中频软件无线电接收控制系统软件功能设计

在中频软件无线电接收控制系统硬件的支持下，采集传输的中频软件无线电信号，并对其进行预处理，校准信号的不平衡度，经过解调、分类存储等环节，实现系统的无线电接收控制功能。

2.1 利用 DSP 技术采集并处理中频软件无线电信号

中频软件无线电的传输原理是：在尽可能接近天线的位置，采用宽带的 A/D、D/A 预先把接收到的信号进行数字化，然后通过数字信号处理技术，对数字信号进行同步提取、信号调制样式的识别、信道解码、信号特征提取，整个无线电控制协议部分全部由软件编程来完成^[10]。利用带通采样原理对传输的中频软件无线电信号进行采集，以此作为接收对象。设中频软件无线电信号的频带范围为 $[f_{lower}, f_{upper}]$ ，则中频软件无线电信号的采样速率设置为：

$$f_{\text{sampling}} = \frac{2(f_{\text{lower}} + f_{\text{upper}})}{2n_{\text{radio}} + 1} \quad (1)$$

式中， n_{radio} 为中频软件无线电信号的采样量，该变量要求满足如下条件：

$$1 \leq n_{\text{radio}} \leq y \left[\frac{f_{\text{upper}}}{B} \right] \quad (2)$$

式中， $y[\cdot]$ 为整型函数表达式， B 为中频软件无线电信号带宽。按照设置的信号采样速率，得出第 i 个中频软件无线电信号的采样结果为：

$$S(i) = \sqrt{2P} [(1 + \varphi + \psi) iT_s] - \cos[(\omega_c + \omega_d) T_s + \varphi] + n(i) \quad (3)$$

式中， P 为无线电达到接收机的功率， φ 、 ψ 和 φ 分别表示的是多普勒频移影响的码速率偏移、相位时延的归一化值和初始相位， T_s 为无线电信号的采样周期， ω_c 和 ω_d 对应的是载波和多普勒频移的角频率， $n(i)$ 为无线电信号中的噪声部分^[11]。在 A/D 带通采样之后，在低频部分仍会产生与原始信号相同的数字信号。在 n_{radio} 为偶的情况下，取样后的低频带会产生与原始信号频率一致的频谱；但是如果 n_{radio} 是奇数，那么采样后的基带频谱就会发生与它的中心频率相反的现象，如果在带通取样之后，基带上的频谱是负的，那么对信号进行正交变换即可。为保证系统中频软件无线电信号的接收控制效果，需要对初始采集的无线电信号进行变换处理^[12]。另外，数字混频正交变换过程可以量化表示为：

$$S_{\text{orthogonal}}(n) = S(n)e^{-j2\pi f_{\text{load}} T_s} \quad (4)$$

式中， f_{load} 为载频。按照上述过程，在 DSP 芯片的支持下，完成中频软件无线电信号的采集与处理工作。

2.2 中频软件无线电信号不平衡校准

根据采集的中频软件无线电信号估计接收机在任意位置上的不平衡度，无线电信号在幅度与相位两个维度上的不平衡度估计结果可以表示为：

$$\left\{ \begin{aligned} \mu_A &= \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{n_{\text{obs}}} \{s_Q^2(n)\}}{\sum_{n=1}^{n_{\text{obs}}} \{s_I^2(n)\}}} \\ \mu_\varphi &= -\arcsin \frac{\sum_{n=1}^{n_{\text{obs}}} \{s_I(n)s_Q(n)\}}{\sqrt{\sum_{n=1}^{n_{\text{obs}}} \{s_I^2(n)\} \sum_{n=1}^{n_{\text{obs}}} \{s_Q^2(n)\}}} \end{aligned} \right. \quad (5)$$

式中, $s_I(n)$ 和 $s_Q(n)$ 分别表示初始采集中频软件无线电的 I、Q 分量^[13]。在已知不平衡度的情况下, 为校正无线电的 IQ 不平衡, 需构建无线电幅值的逆矩阵, 通过逆矩阵与无线电信号分量的叠加, 得出中频软件无线电信号不平衡校准处理结果如下:

$$\begin{bmatrix} s_{I\text{-cal}}(n) \\ s_{Q\text{-cal}}(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \tan\mu_\varphi & \frac{1}{\mu_A \cos\mu_\varphi} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_I(n) \\ s_Q(n) \end{bmatrix} \quad (6)$$

将实时采集的中频软件无线电信号以及公式 (5) 的计算结果代入到公式 (6) 中, 即可输出中频软件无线电信号不平衡的校准结果。

2.3 实现中频软件无线电接收控制功能

在控制器的支持下, 生成控制信号驱动中频软件无线电接收机, 完成调制样式识别、解调以及接收存储等功能, 由此实现系统的无线电信号接收控制功能。

2.3.1 自动识别中频软件无线电信号调制样式

通过对中频软件无线电信号调制样式的识别, 确定信号解调方式, 从而将无线电模拟信号转换为数字信号。将所有调制样式的中频软件无线电信号采用统一数学公式来表示, 数学表达式如下:

$$s(t) = A(t)\cos[\omega + \psi(t)] \quad (7)$$

式中, $A(t)$ 为信号的瞬时包络, $\psi(t)$ 为瞬时相位, ω 表示的是信号综合角频率^[14]。调制样式的自动识别主要根据中频软件无线电信号特征参数与不同调制类型标准信号特征的匹配度, 提取的部分无线电信号特征参数可以表示为:

$$\left\{ \begin{aligned} \tau_\rho &= \frac{\max |FFT[A_m(t)]^2|}{N_s} \\ \tau_\sigma &= \sqrt{\frac{1}{n_f} [\sum \phi_f^2(i)] - \left[\frac{1}{n_f} \sum \phi_f(i) \right]^2} \end{aligned} \right. \quad (8)$$

其中: N_s 和 n_f 分别为无线电的取样点数及属于非弱信号的个数, $A_m(t)$ 和 $\phi_f(i)$ 为零中心归一化瞬时幅度和相位非线性分量^[15]。在考虑特征权重的情况下, 对公式 (6) 提取的特征参数进行融合处理, 得出的无线电信号综合特征标记为 τ_c , 最终利用公式 (9) 计算 i 类调制标准信号与当前接收无线电信号之间的匹配系数:

$$\lambda(i) = \frac{\tau(i) \cdot \tau_c}{\|\tau(i)\| \|\tau_c\|} \quad (9)$$

式中, $\tau(i)$ 为 i 类调制标准信号的运行特征参数^[16]。利用公式 (7) 实现当前无线电信号与所有调制标准信号的特征匹配, 取匹配系数对应的信号调制类型作为当前无线电信号

调制样式的自动识别结果。

2.3.2 中频软件无线电信号解调

根据中频软件无线电信号调制类型的自动识别结果, 对实时传输过来的无线电信号进行解调处理。采用数字相干解调原理完成无线电信号解调, 解调原理如图 6 所示。

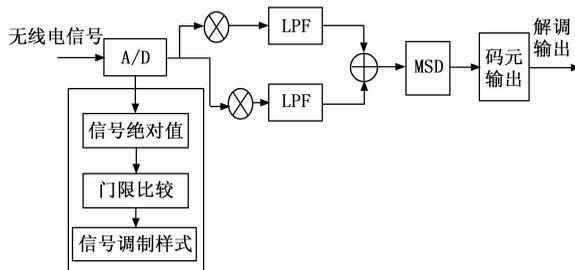


图 6 中频软件无线电信号解调原理图

通过正交调制得到的调制信号, 可以通过正交解调来还原原始信号^[17]。中频软件无线电信号的数字相干解调过程可以分为 3 个步骤, 分别为调幅、调频和调相, 其中调幅解调过程可以表示为:

$$A_{\text{demodulation}}(n) = \sqrt{g_I^2(n) + g_Q^2(n)} \quad (10)$$

其中: $g_I(n)$ 和 $g_Q(n)$ 分别表示的是同相分量和正交分量, 将公式 (10) 的计算结果代入到初始接收到的中频软件无线电信号中, 替代初始信号的瞬时包络幅值, 从而完成无线电信号的调幅解调结果^[18]。同理对无线电信号中的频率和相位进行解调, 通过解调系数的替换, 得出中频软件无线电信号的解调处理结果。

2.3.3 中频软件无线电信号接收与分类存储

根据中频软件无线电信号的接收量, 在接收机端预留出相应的存储空间。利用公式 (11) 确定中频软件无线电接收结果的所属类型:

$$\zeta(s_i) = \frac{n_r \sum \tau_c \tau_0(i) - \sum \tau_c \sum \tau_0(i)}{\sqrt{n_r \sum \tau_c^2 - (\sum \tau_c)^2} \cdot \sqrt{n_r \sum \tau_0^2(i) - (\sum \tau_0(i))^2}} \quad (11)$$

式中, n_r 为提取的特征参数数量, $\tau_0(i)$ 为当前存储空间中现有无线电信号的标准特征^[19-20]。根据公式 (8) 的计算结果, 选择 $\zeta(s_i)$ 取值最大的存储空间作为无线电接收信号的实际存储位置, 完成该信号的分类存储。按照上述步骤, 反复执行解调与分类存储过程, 并对分类存储空间进行实时更新, 按照接收的时间顺序生成无线电信号接收列表, 由此完成系统的信号接收与控制任务。

3 系统测试

为了测试此次设计的基于 DSP 和交换芯片的中频软件无线电接收控制系统的有效性, 将硬件和软件的设计结果看作一个整体, 接收多组中频软件无线电信号, 并观察在控制系统作用下接收信号的精度和数量, 通过对接收信号性能的分析, 体现出无线电接收控制系统的控制功能。

3.1 配置并调试系统运行环境

系统运行环境配置主要分为两个步骤, 首先将 DSP 芯片、交换芯片等相关的硬件设备安装到电路板上, 并与主测计算机相连, 将所有的硬件设备切换至工作状态。在此基础上, 利用编程工具实现系统接收控制功能程序的开发, 并直接导入到主测计算机中。为保证主测计算机能够支持此次设计系统的运行工作, 在主测计算机内部装设 ARM 处理器, 操作系统设置为 Linux2.6 版本。系统运行环境的调试包括 3 个部分, 在硬件设备调试工作中, 先对电路板进行目测检查, 即根据图纸详细的要求, 对每一台设备的型号和插脚进行检查, 以确保电路板上的电极元件和设备的型号准确。在电路板上电之前, 先进行电气接地状况的试验, 以避免因过多或设备插脚造成的电气接地故障。利用万用表测量电路板上各个供电端的接地电阻, 并测量输入/输出端的接地电阻, 以确保各个电源和接口的接地电阻都在正常范围之内。软件驱动调试主要是观察驱动程序的时序是否符合相关设备的驱动时序, 确定了整个软件驱动的时间控制是否符合设计要求, 并对整个控制过程进行了精确、合理地分析。在系统联合调试环节, 验证控制系统软件程序是否能够驱动硬件设备产生控制信号, 并作用在接收机上。系统运行环境配置并调试成功后, 执行系统测试实验的下一步操作。

3.2 生成中频软件无线电信号样本

利用中频软件无线电信号发射器, 生成正余弦波、方波、三角波等多种波形的无线电信号作为传输对象, 将其量化保存到发射器中, 然后通过信号的读取将其添加到传输队列中。01 号中频软件无线电信号样本的生成结果如图 7 所示。

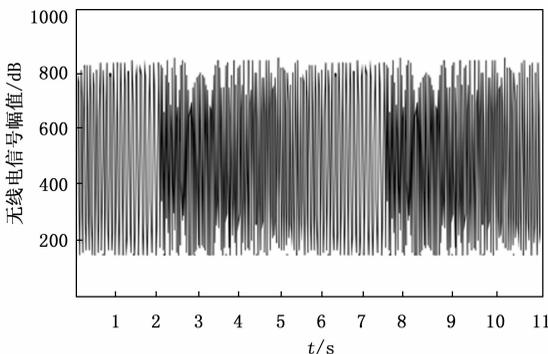


图 7 中频软件无线电信号样本波形图

实验共生成 100 组无线电信号样本, 初始生成的信号样本中存在噪声, 噪声强度约为 3 dB。

3.3 描述系统测试过程

将生成的中频软件无线电信号通过无线信道定向传输给接收机, 同时启动中频软件无线电接收控制系统, 得出相应的无线电接收结果。中频软件无线电接收控制系统的运行界面如图 8 所示。

按照上述方式可以得出所有无线电信号的接收结果,

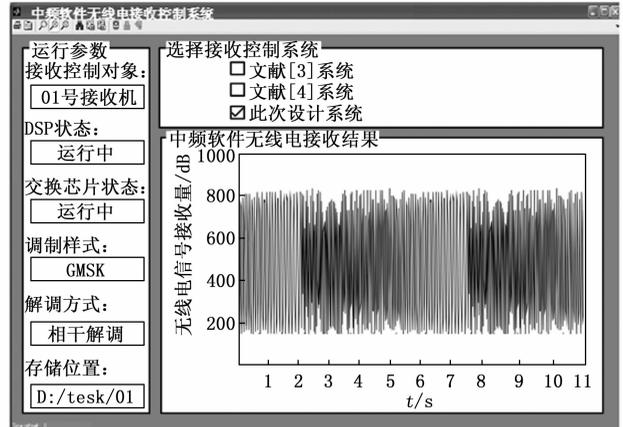


图 8 中频软件无线电接收控制系统运行界面

为了测试此次设计系统在接收控制功能方面的优势, 分别设置文献 [3] 系统和文献 [4] 系统作为实验的对比系统, 并按照上述方式得出对比控制系统下的中频软件无线电接收结果。

3.4 设置系统控制功能测试指标

此次系统测试实验分别通过对接收无线电质量与数量的度量, 证明此次设计系统在接收精度和接收范围两个方面的控制效果。设置无线电接收质量的测试指标为无线电信噪比, 其数值结果如下:

$$\zeta = \frac{N_{\text{radio}}}{N_{\text{Noise}}} \quad (12)$$

其中: N_{radio} 和 N_{Noise} 分别表示的是接收无线电信号中的有效信号量和噪声信号量。另外设置中频软件无线电接收范围的量化测试指标为无线电信号接收量, 该指标的测试结果:

$$N_{\text{receive}} = \sum_{j=1}^{n_{\text{channel}}} n_j \quad (13)$$

式中, n_j 为传输信道 j 接收到的无线电信号数量, n_{channel} 为接收区域内包含的信道数量。最终计算得出无线电信号信噪比越高, 证明无线电信号的接收质量越好, 间接证明对应系统在接收精度控制方面具有明显优势, 而指标 N_{receive} 越大, 说明信号接收数量越多、接收范围越大, 则说明对应系统具有良好的接收范围控制功能。

3.5 系统测试结果与分析

3.5.1 中频软件无线电接收精度控制功能测试结果

在不同控制系统作用下, 获取中频软件无线电的接收结果, 通过接收无线电信号的分析, 反映出系统在接收精度控制功能方面的测试结果如表 1 所示。

将表 1 中的数据代入到公式 (12) 中, 计算得出在两个对比系统控制下, 接收到中频软件无线电的平均信噪比分别为 16.2 dB 和 20.4 dB, 而在此次设计系统的控制下, 得到无线电信号的平均信噪比为 47.4 dB。由此可知, 此次设计系统的无线电接收信号信噪比较高, 具有较好的无线电信号接收质量和接收精度控制。

表 1 中频软件无线电接收精度控制功能测试结果

无线 电 样 本 编 号	文献[3]系统		文献[4]系统		此次设计系统	
	有效无线 电信号 量/dB	无线电信 号中的噪 声量/dB	有效无线 电信号 量/dB	无线电信 号中的噪 声量/dB	有效无线 电信号 量/dB	无线电信 号中的噪 声量/dB
01	784	55	792	46	800	20
02	788	47	794	31	800	14
03	781	52	791	37	800	19
04	775	49	784	44	798	16
05	790	46	792	42	800	21
06	791	50	795	38	797	13
07	785	43	790	36	800	20
08	780	47	785	40	799	15

3.5.2 中频软件无线电接收范围控制功能测试结果

统计不同系统控制下, 接收机收到的实际无线电信号量, 通过公式 (13) 的计算, 得出反映系统无线电接收范围控制功能的测试结果如图 9 所示。

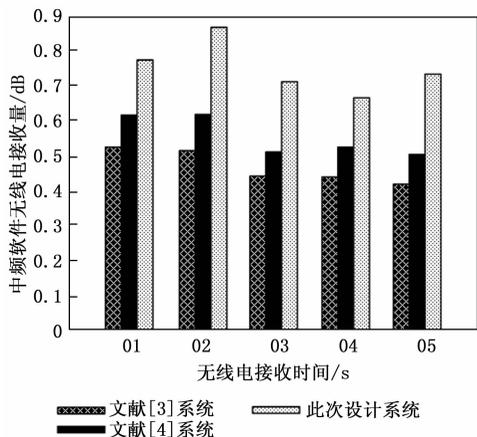


图 9 系统无线电接收范围控制功能测试对比结果

从图 9 中可以看出, 接收机收到的无线电信号更多, 在不考虑接收机配置和发送无线电信号差异的情况下, 与其他两种系统相比, 此次设计系统接收到的实际无线电信号量更多。由此证明, 此次设计系统能够在一定程度上扩大无线电的接收范围。

4 结束语

本文设计了基于 DSP 和交换芯片的中频软件无线电接收控制系统, 主要针对中频软件无线电的接收问题进行分析, 通过 DSP 和交换芯片、振荡器、滤波器、混频器等元件, 设计系统硬件结构。并在系统硬件的支持下, 实现系统的接收控制功能。从系统测试结果中可以看出, 此次设计的控制系统能够有效提高无线电的接收质量, 同时扩大接收范围, 达到预期的控制效果。在今后的研究工作中, 可以根据低频和高速软件无线电信号特征, 对此次设计控制系统的运行系数进行调整, 实现对软件无线电全频信号的接收控制。

参考文献:

- [1] 庄子源, 班 恬. 基于软件无线电的 ADS-B 信号接收机设计 [J]. 电讯技术, 2021, 61 (7): 833-838.
- [2] 周 超, 王 耀, 熊仁和, 等. 基于无人机的无线电监测定位效率提升研究 [J]. 计算机仿真, 2022, 39 (3): 62-66.
- [3] 孙金中, 付秀兰, 高艳丽. 软件无线电架构的导航接收机模拟前端设计 [J]. 电子技术应用, 2022, 48 (8): 131-134, 139.
- [4] 董群锋, 陈 博. 基于光信号偏振复用的微波光子信道化接收机 [J]. 激光与光电子学进展, 2022, 59 (21): 117-123.
- [5] 黄堂森, 李小武, 曹庆皎. 认知网络中无线电信号智能感知方法研究 [J]. 应用科学学报, 2020, 38 (3): 410-418.
- [6] 杜太行, 陈 霞, 孙曙光, 等. GP-周期势随机共振在无线电弱信号检测中的应用 [J]. 仪表技术与传感器, 2020 (7): 100-104.
- [7] 罗义军, 覃语豪. 中频宽带信号采集存储回放系统设计 [J]. 科学技术与工程, 2022, 22 (10): 3998-4004.
- [8] 刘金霞. 基于深度学习的无线电信号分类 [J]. 兰州理工大学学报, 2021, 47 (4): 106-110.
- [9] 邱钊洋, 李天响. 面向中频的短码直扩信号数字盲解扩算法 [J]. 系统工程与电子技术, 2020, 42 (10): 2366-2373.
- [10] 肖 玮, 闫隆基, 刘思蔚, 等. 基于相关融合的 LFM CW 雷达规则区中频信号提取法 [J]. 计算机应用研究, 2020, 37 (S2): 277-278, 281.
- [11] 熊琴琴, 陈纯毅, 于海洋, 等. 交叉相关双路分集 OAM 湍流光信道接收信号模拟研究 [J]. 电子学报, 2022, 50 (1): 18-25.
- [12] 闻 枫, 荆凡胜, 李 强, 等. 基于改进 BP 神经网络的无线电能传输系统接收线圈参数优化 [J]. 电工技术学报, 2021, 36 (S2): 412-422.
- [13] 毛飞宇, 龚晓鹏, 辜声峰, 等. 北斗三号卫星导航信号接收机端伪距偏差建模与验证 [J]. 测绘学报, 2021, 50 (4): 457-465.
- [14] 黄 清, 王 洪, 王 飞, 等. 基于软件无线电平台的 1090ES 扩容信号收发处理 [J]. 电讯技术, 2020, 60 (3): 298-302.
- [15] 宫峰勋, 李建坤. 简化频域 Volterra 级数的 S 模式信号接收系统特性 [J]. 电信科学, 2022, 38 (6): 100-110.
- [16] 何旭蕾, 刘 成, 王 威, 等. Galileo E6B/C 信号接收机设计 [J]. 电子技术应用, 2020, 46 (11): 8-11, 17.
- [17] 王 纯, 高于晰. 降噪稀疏阵列的多信号接收功率-波达方向联合估计 [J]. 吉林大学学报 (工学版), 2022, 52 (5): 1137-1144.
- [18] 谷玉田, 魏继东, 张 旭, 等. 陆上勘探低频信号的接收与恢复 [J]. 石油物探, 2021, 60 (4): 539-545.
- [19] 张雁鹏, 胥亚丽, 马军民, 等. 基于可见光通信和接收信号强度检测的列车定位方法研究 [J]. 铁道科学与工程学报, 2021, 18 (2): 485-493.
- [20] 周群群, 姚亚峰, 许思耀, 等. 3G-ALE 短波信号信道化接收机高效设计 [J]. 电子器件, 2022, 45 (4): 775-780.