

过泽栋, 吴江. 基于 OneNET 的幅频曲线测量装置设计与实现[J]. 智能计算机与应用, 2024, 14(9): 93-98. DOI: 10. 20169/ j. issn. 2095-2163. 240914

基于 OneNET 的幅频曲线测量装置设计与实现

过泽栋, 吴江

(浙江理工大学 信息科学与工程学院, 杭州 310018)

摘要: 本文设计并制作了一个幅频曲线测量装置, 用来测量放大器电路的频率特性, 并能将数据存储在一 OneNET 云平台。该测试装置硬件系统由信号源 DDS 电路、AGC 放大器电路、中频放大器电路、幅值检测电路、WIFI 模块以及主控为 STM32 单片机组成。工作原理是由信号源模块产生扫频信号, 经过 AGC 放大器使得扫频信号稳定在 500 mVpp, 通过中频放大器电路后, 由幅值检测模块测量输出信号的幅值, 计算中频放大器电路的增益, 将频率和幅值数据上传到 OneNET 云平台, 绘制幅频特性曲线。

关键词: 频率特性; 中频放大器; 幅值检测; 无线通信

中图分类号: TN710; TN721; TN741

文献标志码: A

文章编号: 2095-2163(2024)09-0093-06

Design and implementation of OneNET-based amplitude and frequency curve measurement device

GUO Zedong, WU Jiang

(School of Information Science and Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In this paper, an amplitude and frequency curve measurement device is designed and fabricated to measure the frequency characteristics of an amplifier circuit and to be able to store the data in the OneNET cloud platform. The hardware system of the test device consists of a signal source DDS circuit, an AGC amplifier circuit, an IF amplifier circuit, an amplitude detection circuit, a WIFI module and a STM32 microcontroller as the main control. The working principle is that the signal source module generates the swept signal, which is stabilized at 500mVpp by the AGC amplifier. After passing through the IF amplifier circuit, the amplitude detection module measures the amplitude of the output signal, calculates the gain of the IF amplifier circuit, uploads the frequency and amplitude data to the OneNET cloud platform, and draws the amplitude and frequency characteristic curve.

Key words: frequency characteristics; IF amplifier; amplitude detection; wireless communication

0 引言

理想状态下, 放大器对幅值相同频率不同的信号进行放大, 计算出的放大倍数应当相同, 但放大器电路中存在多种电容, 电容的阻抗随着频率的变化而发生变化, 由于其阻抗对不同频率的信号响应不同, 导致放大器对不同频率的信号放大倍数不同, 从而引起频率响应的变化和失真。尽管电路在工作时处于线性区, 当输入为正弦信号时, 仍会出现因增益和相位差异引起的失真, 即线性失真。本文通过设计幅频曲线测量装置, 描述放大器在一定频率范围内是否会产生线性失真, 经过多次测量, 确定放大器

在某段频率范围内能正常工作后, 同时将数据存储在一 OneNET 物联网平台, 方便在特定场合下选用合适的放大器。

频率特性是一种以频率为变量来描述系统特性的方法, 通常以图形的方式展示。频率特性测试仪能够测量信号的幅度和相位响应, 以及设备对输入信号频率的响应, 在滤波器、放大器和阻抗变换器等电路中具有广泛的应用^[1]。

朱创等^[2]基于零中频正交解调原理, 由 AD835 和 RC 低通滤波器构成的零中频正交解调电路, 设计并实现了频率特性测试仪。张强等^[3]基于 FPGA 设计了频率特性测试仪, 使用运算放大器 AD603 制

作者简介: 过泽栋(2001-), 男, 本科生, 主要研究方向: 物联网。

通讯作者: 吴江(1978-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向: 无线通信技术, 工业互联网。Email: wujiang@zstu.edu.cn

收稿日期: 2023-06-01

作信号调理及放大电路,利用 AD8302 对幅度和相位进行检测。崔勇强等^[4]基于 FPGA 的高频远程频率特性测试仪设计,以 FPGA 与 DDS 芯片 AD9959 为核心,通过 WiFi 传输至笔记本电脑进行 Nyquist 图和 Bode 图显示,实现了频率范围 1 kHz-100MHz 的频率特性测试。

在频率特性测试的基础上,可以进一步进行频谱分析,以图形化的方式表示出信号中包含的各种频率成分,并将噪声和干扰信号从原始信号中分离出来。其中典型的研究包括以下研究者的工作。马旭峰等^[5]基于 DSP 的频谱分析系统设计,利用 DSP 芯片和语音编解码芯片,优化 FFT 算法,分析语音信号的频谱,绘制出频谱图、幅值图、功率图以及对数图。王灵芝等^[6]设计了一款 80~120 MHz 频谱分析仪,以本振源、混频器等模块进行超外差处理,搭载 $\mu\text{C}/\text{OSIII}$ 嵌入式系统,实现了快速实时频谱分析功能。Belaid 和 Slimane 进行了脑电信号和心电信号实时监测和频谱分析的新设计,在频域上计算脑电图和心电图信号之间的关系,作为癫痫发作和癫痫分类的相关判别因子^[7]。

OneNet 云平台是中国移动物联网 (IoT) 产业联盟创建的物联网平台,为物联网应用与服务提供商提供了快速开发设备管理、数据管理、应用集成、安全通信等方面的需要^[8]。OneNet 云平台广泛应用于智能家居、智慧城市、健康医疗、工业制造、农业等各个行业,是连接各类物联网设备、实现智能化的必备工具之一。张亚峰和郭霞雲通过 STM32 单片机连接 OneNET 云平台,设计了一款面向年轻用户的集花盆环境检测、智能浇水补光和远程监控于一体的智能花盆^[9]。龙巧玲等^[10]提出基于 OneNET 云平台与物联网 MQTT 协议的智慧节能控制系统,监控实训室设备安全使用情况,避免出现电能消耗大的情况。Ji Zhenglin 和 Bin Ren 设计基于 STM32 和 OneNET 物联网平台的气象监测系统,获取外部气象信息和内部环境因素,进行可视化设计,处理异常数据报警,用于对机房等对环境因素(如温度、湿度)有严格要求的场所进行监测^[11]。刘福祥等设计实现了一个基于 OneNet 的数据采集监测系统,可监测现场的温度和 PH 值数据^[12]。

本文针对幅频曲线测量的需求,设计并制作一个基于 OneNET 的幅频曲线测量装置,对放大器电路测量频率特性进行测量,通过 WIFI 无线通信方式传输信号的频率和幅值数据,经上位机加工处理后,存储于 OneNET 物联网平台,最终绘制出幅频曲

线。同时,上位机也能发送指令给终端,终端接受指令后,做出相应的控制操作。

1 系统设计与实现

1.1 幅频曲线测量装置硬件电路设计方案

该系统由信号源 (DDS) 模块、AGC 放大器模块、中频放大器模块、幅值检测模块、WIFI 无线通信模块和微控制单元等多个模块组成。原理为 MCU 控制 DDS 模块,实现输出信号频率的增加,再通过 AGC (自动增益控制) 放大器,使得 DDS 信号源输出的正弦波峰值稳定在 500 mV,信号经过中频放大器电路后,再进行幅值检测和模数转换,通过 WIFI 传输频率和幅值信息到 OneNET 物联网平台,绘制出幅频特性曲线。幅频曲线测量装置总体框架如图 1 所示。

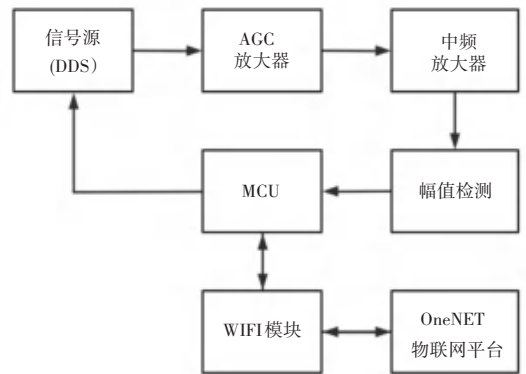


图 1 幅频曲线测量装置总体框架

Fig. 1 Overall block diagram of the amplitude and frequency curve measurement device

在各个模块的具体电路器件选型中,DDS 采用 AD9854,AGC 放大器采用 AD8367,中频放大器采用 OPA695,幅值检测采用 AD8361,WIFI 模块采用 ESP8266d。

AD9854 是美国 AD 公司生产的一种高度集成的 DDS 芯片,内部结构由相位累加器、数字频率控制字生成器、数字控制模块、DAC、低通滤波器、输出放大器、内部参考时钟和锁相环等模块组成,这些模块共同协作实现多种波形的输出^[13]。相位积累器在每个时钟周期内根据输入的频率参数进行相位积累,生成当前相位,然后将当前相位送至相角加法器;频率控制字生成器则根据输入的频率参数,计算输出波形的周期数并生成控制字;控制字将作为相位累加器的输入,在相位积累器中累加,控制输出波形的频率和相位;最后,数模转换器将 DDS 输出的数字信号转换为模拟信号,通过滤波器进行滤波后输出^[14-16]。DDS 结构示意图如图 2 所示。

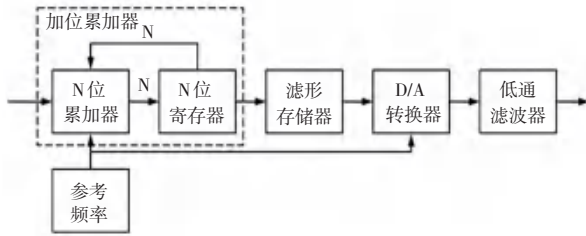


图 2 DDS 结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram of DDS structure

由于 DDS 信号源产生的正弦波的幅值会随着频率的变化而有一定的衰减,幅值无法稳定在固定的数值,自动增益控制 (Automatic Gain Control, AGC) 放大器的作用是对输入信号进行放大或衰减,使其变为幅度稳定的输出信号^[15]。AGC 的基本原理是产生一个随输入变化的直流电压,利用直流电压来控制放大器增益,达到稳定输出电压的目的^[17]。AD8367 是一款可变增益放大器,其卓越的增益控制特性适用于本设计。该芯片集成了均方根检波器,从而实现了单片闭环 AGC,其独特的设计使其适用于多种信号类型和不同带宽需求。

OPA695 是一款具备卓越的 4 300 V/ μ s 回转率和低输入电压噪声的中频 (IF) 放大器,其高带宽、电流反馈运算和低成本的特性,提供了一种精确、高动态范围的解决方案。此外,该器件具有更小的尺寸,并且能够满足各种复杂电路结构在保持较低增益的情况下提供高达 1 400 MHz 的带宽。

一般来说,获取正弦波的幅度,最常用的方法是采用单片机的模数转换。但这种方法通常比较复杂,而且不够灵活。因此,可以采用幅值检测模块来转换和检测波形的幅度。该方法精确度高,并且可以适用于各种不同幅度的波形,因此具有较高的灵活性。AD8361 是一款适用于高频接收机和发射机信号链的均值响应功率检波器,可以生成一个与其输入均方根值成正比的直流输出电压。

ESP8266 是一款高性价比、低功耗、易于集成和使用的 WIFI 芯片,支持 802.11 b/g/n 协议,可用于实现无线网络连接、远程控制、物联网等应用。此外,ESP8266 芯片也支持在其上运行多种基于 RTOS 和非 RTOS 的操作系统和框架,以便于不同应用场景下的编程与开发。ESP8266 芯片内部集成了很多电路,仅需要很少的外部器件就能实现 WIFI 联网功能。

1.2 终端主程序设计

终端主程序在开始时首先执行系统初始化,其中包括 AD9854 初始化、ESP8266 初始化、设置中

断、各个 I/O 口以及各个通道 ADC 初始化。上位机通过 WIFI 发送的指令,终端对指令进行判断并切换模式。模式分为扫频模式和手动模式,在扫描频率模式下,测量装置能够自主进行频率递增和幅值采集,上传数据;在手动模式下,上位机通过发送增减频率的指令,测量装置接受指令后,再进行频率的增减和幅值采集,上传数据,其流程如图 3 所示。

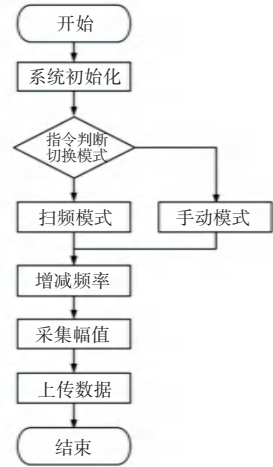


图 3 终端主程序流程图

Fig. 3 Terminal main program flow chart

1.3 上位机主程序设计

上位机主程序在开始时先检查终端是否在线,若终端不在线,则直接结束程序;若终端在线,则通过 WIFI 发送模式选择指令,待终端作出响应后,接受终端发送过来的数据,对其进行加工处理并存储,最后完成幅频曲线的测量,其流程如图 4 所示。

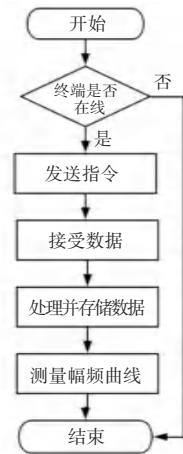


图 4 上位机主程序流程图

Fig. 4 Flow chart of the main program of the upper computer

1.4 基于 OneNET 的幅频曲线 GUI 设计

本系统使用 OneNET 云平台实现云端数据读取与传输,在 OneNET 云平台上添加设备,获得设备的

ID和鉴权信息,OneNET云平台可以在云端进行软件控制界面的创建^[10-12]。OneNET云平台提供了灵活的软件控制界面,方便用户对设备进行监控和控

制,并且支持多种不同的数据流格式和数据分析服务,为数据分析和应用提供了便利。OneNET云平台控制界面如图5所示。

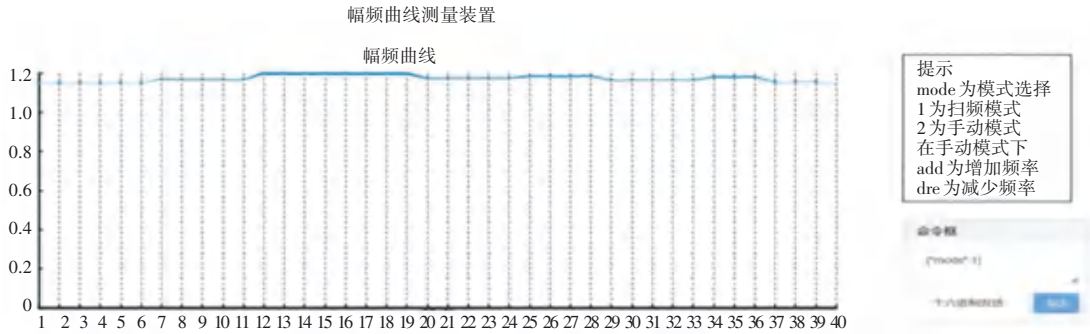


图5 OneNET云平台控制界面

Fig. 5 OneNET cloud platform control interface

2 系统测量与分析

将所有模块组合成整个幅频曲线测量装置系统后,需要对系统进行整体测试,包括中频放大器增益测量和OneNET云平台绘制幅频特性曲线。

在进行系统进行整体测试之前,首先对DDS模块进行测试。测试内容包括波形测试和频率测试两大方面。

波形测试需要验证DDS模块输出波形是否失真。在测试中,看到输出频率为1 MHz,峰值为150 mVPP的正弦波,正弦波波形良好且稳定,无失真,如图6所示。因此,DDS模块可以为后续系统测试和测量提供可靠的信号源。

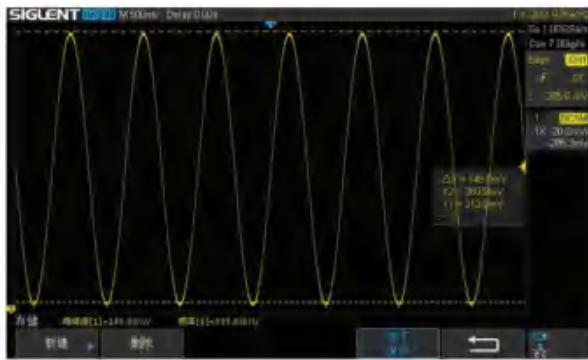


图6 DDS输出正弦波

Fig. 6 Output sine wave of DDS

接下来进行频率测试,验证DDS模块输出1~40 MHz的频率是否准确,示波器测量输出频率,测量结果见表1。

由表1可看出,总平均误差为0.020 85%,说明信号源模块输出的频率符合设计要求。

表1 DDS输出频率测试

Table 1 DDS output frequency test

设定频率/MHz	输出频率/MHz	相对误差/%
1	0.999 9	0.010 0
2	1.999 7	0.015 0
4	4.000 3	0.007 5
6	5.999 7	0.005 0
8	8.001 7	0.021 0
10	9.997 9	0.021 0
15	15.007 7	0.051 0
20	20.005 8	0.029 0
25	25.009 9	0.039 6
30	30.002 1	0.007 0
35	35.008 8	0.025 0
40	40.004 5	0.011 0

在系统整体测试时,先由DDS模块产生1 MHz和500 mVpp的正弦波信号,经过中频放大器后,输出波形(如图7),输出峰峰值为1.12 Vpp,计算增益为6.2 dB,符合系统要求。

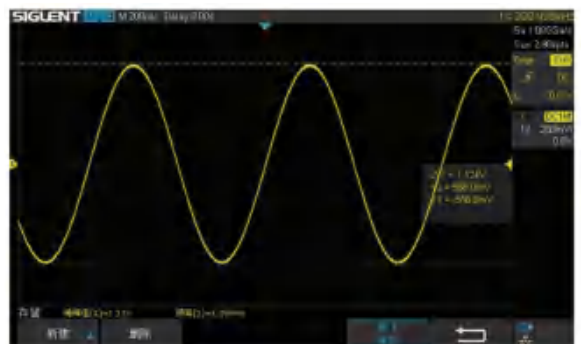


图7 示波器波形

Fig. 7 Oscilloscope waveform

在 PC 端发送指令 {“mode”:1}, 将装置模式设置为扫频模式, 待幅频曲线绘制完成 (如图 8), 发送指令 {“mode”:2}, 将装置模式设置为手动模式, 再

发送增加 5 MHz 的指令 {“add”:5} (如图 9), 再发送减少 4 MHz 的指令 {“dre”:4} (如图 10)。



图 8 扫频模式

Fig. 8 Sweep mode

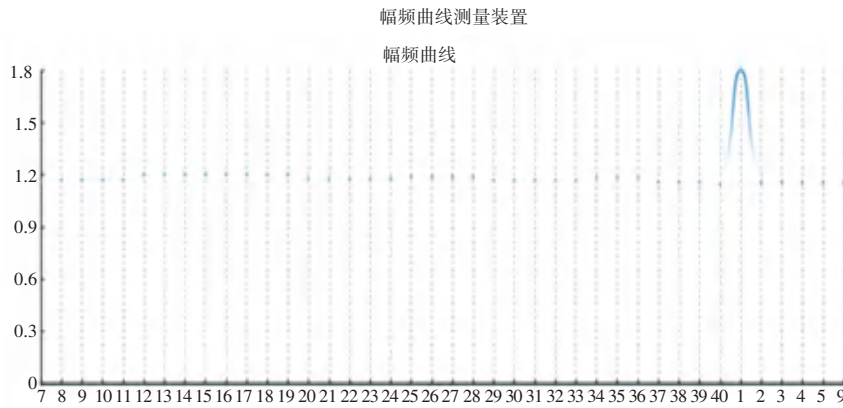
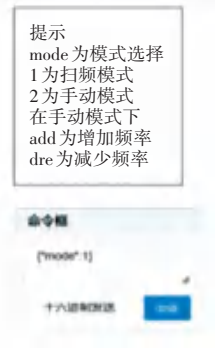


图 9 手动模式增加频率

Fig. 9 Manual mode to increase the frequency

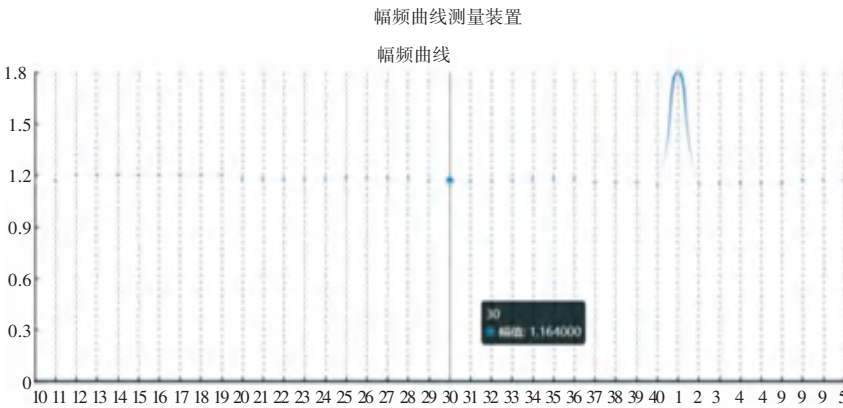
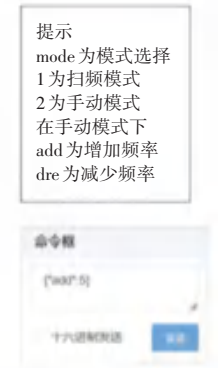
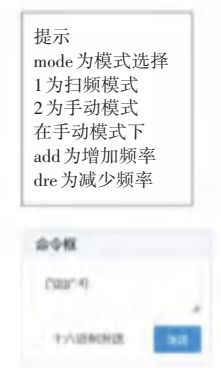


图 10 手动模式减少频率

Fig. 10 Manual mode to reduce the frequency



经过系统整体测试, 结果表明, 能正确完成信号幅频曲线测量, 终端与上位机的双向通信正常, 能够远程控制装置完成幅频曲线的绘制, 符合系统设计的预期。

3 结束语

在滤波器、放大器和阻抗变换器等电路中, 频率特性的测量非常重要。然而, 现有的测量方法存在

操作复杂、数据存储不便等问题。本文针对这些问题,设计并实现了一个基于 OneNET 的幅频曲线测量装置系统。该系统包括主控(MCU)模块、信号源(DDS)模块、AGC 放大器模块、中频放大器模块、幅值检测模块以及 WIFI 模块。该系统针对中频放大器可实现频率特性的测量,并且可以将数据存储在云端,绘制出幅频曲线。

受一些因素所限,当前本装置测量放大器的频率特性只从幅值角度考察,在今后的工作中还可以从相位的角度去测量,进而丰富放大器的频率特性。

参考文献

- [1] 国成哲,王中训,王文奇,等. 频率特性测试仪的设计[J]. 电子设计工程,2017,25(11):102-106,110.
- [2] 朱创,靳东贤,张志坚,等. 一种基于零中频正交解调的频率特性测试仪[J]. 电子制作,2022,30(22):13-16.
- [3] 张强,崔永俊. 基于 FPGA 与 DDS 的频率特性测试仪的设计[J]. 电子设计工程,2021,29(7):129-133.
- [4] 崔勇强,陈锟,王晓磊,等. 基于 FPGA 的高频远程频率特性测试仪设计[J]. 实验技术与管理,2018,35(4):101-105.
- [5] 马旭峰,邢阳阳,周子程,等. 一种基于 DSP 的频谱分析系统设计[J]. 电子制作,2023,31(5):65-67,74.
- [6] 王灵芝,凌佳乐,蔡萍,等. 便携式 80~120 MHz 频谱分析仪设计[J]. 闽南师范大学学报(自然科学版),2021,34(2):79-85.
- [7] BOUMEDYEN B, SLIMANE Z E H. A new design of real-time monitoring and spectral analysis of EEG and ECG signals for epileptic seizure detection [J]. International Journal of Medical Engineering and Informatics, 2021, 13(4):269-278.
- [8] 沈晨航,周俊. 基于 ESP8266WiFi 模块和 MQTT 协议的游泳馆水质监测系统设计与实现[J]. 数字技术与应用,2020,38(5):148-151.
- [9] 张亚峰,郭霞云. 基于 STM32 和 OneNET 云平台的智能花盆远程操控系统设计[J]. 工业控制计算机,2022,35(12):151-152,155.
- [10] 龙巧玲,牛德雄,林利云. 基于 OneNET 云平台与物联网 MQTT 协议的智慧节能控制系统[J]. 计算机测量与控制,2021,29(7):127-130,135.
- [11] JI Z L, REN B. Weather monitoring system based on STM32 and OneNet Internet of Things platform [J]. Journal of Physics: Conference Series, 2021, 1820:02150.
- [12] 刘福祥,沈甦,邓世英. 基于 OneNET 的数据采集监测系统设计与实现[J]. 电子制作,2022,30(17):47-49.
- [13] 王浩军. 基于 AD9854 的信号源设计[J]. 舰船电子工程,2018,38(9):175-178.
- [14] 李鹏. DDS 直接数字频率合成技术的研究[J]. 甘肃科技纵横,2021,50(5):20-22.
- [15] 沈辉,薛兵,唐朝阳,等. 基于 DDS 技术的信号发生器设计[J]. 电子测量技术,2020,43(20):160-164.
- [16] 刘登学,庞佑兵,杨帆,等. 一种快速稳定 AGC 放大器的研究[J]. 微电子学,2020,50(3):370-373,378.
- [17] 林楠,鲁华祥. 基于对数放大的视频 AGC 系统设计[J]. 微计算机信息,2007(35):276-277,307.