FD0042

**2021年全国大学生电子设计竞赛**

**信号失真度测量装置（A题）**

【本科组】



2021年11月7日

**摘 要**

本设计是一信号失真度测量装置，可对来自函数或任意波形发生器的周期信号进行采集分析，测得输入信号的总谐波失真 THD，并可在手机上显示测量信息。

系统由处理器模块、信号输入模块、数据显示模块、移动设备通信模块组成。处理器模块采用TI的MSP432E401Y开发板。信号输入模块对输入信号添加直流偏置并放大后传输给处理器模块，进行AD转换和FFT变换， 并将处理结果（失真度、波形等）发送给数据显示模块显示，同时可以用手机连接蓝牙传输模块，在对应APP中显示同上内容。

经测试，本设计性能指标满足基本要求。

目 录

[一、系统方案 1](#_Toc87130611)

[1.1 处理器模块的分析与选择 1](#_Toc87130612)

[1.2 信号输入电路的分析与选择 2](#_Toc87130613)

[1.3 数据处理方案的分析与选择 2](#_Toc87130614)

[1.4 蓝牙传输模块的分析与选择 3](#_Toc87130615)

[二、理论分析与计算 3](#_Toc87130616)

[2.1 直流偏置与信号放大电路 3](#_Toc87130617)

[2.2 FFT（快速傅里叶变换） 3](#_Toc87130618)

[2.3 THD（总谐波失真） 3](#_Toc87130619)

[三、电路与程序设计 3](#_Toc87130620)

[3.1 电路的设计 3](#_Toc87130621)

[3.1.1 系统总体框图 3](#_Toc87130622)

[3.1.2 信号输入模块 3](#_Toc87130623)

[3.2 程序的设计 3](#_Toc87130624)

[3.2.1 程序功能描述与设计思路 3](#_Toc87130625)

[3.2.2 程序流程图 4](#_Toc87130626)

[四、测试方案与测试结果 4](#_Toc87130627)

[4.1 测试方案 4](#_Toc87130628)

[4.1.1 软件仿真 4](#_Toc87130629)

[4.1.2 硬件测试 4](#_Toc87130630)

[4.2 测试结果及分析 4](#_Toc87130631)

[4.2.1 测试结果 4](#_Toc87130632)

[4.2.2 测试分析与结论 4](#_Toc87130633)

[附录1：电路原理图 5](#_Toc87130634)

[附录2：源程序 5](#_Toc87130635)

[附录3：参考文献 5](#_Toc87130636)

一、系统方案

本次设计的主要思路为第一部分对信号进行处理，实现信号的抬升和基本的放大倍数，使得信号进入AD采样范围。AD采样后采用MSP432E401Y开发板进行数据处理，采用FFT计算库进行数据处理，从而达到基本性能指标的测试。最后通过OLED进行间隔2S的三页分别显示。本设计主要采用TI的MSP432E401Y开发板、模拟信号调理电路、数据显示模块、移动设备通信模块几个主要组成部分。

1.1 处理器模块的分析与选择

根据题目要求，本题用于信号失真度测量的主控制器和数据采集器使用 TI 公司的MCU及其片内 ADC，经过对性能需求的综合分析，选择MSP432E401Y开发板作为处理器模块。

MSP432E401Y采用了120MHz Arm Cortex-M4F CPU、1MB 闪存、256kB SRAM 和先进的加密加速器，有 2个基于12位SAR的ADC模块，每个模块支持高达2Msps的采样率，集成了以太网 MAC 和一系列有线通信接口（包括 USB-OTG、CAN、Quad-SPI (QSSI)、I2C、SPI、UART 以及其他串行协议），完全可以满足本题对数据采集与处理的要求，且有一定的扩展空间。

1.2 信号输入电路的分析与选择

输入信号的处理方案我们采用加法器对小信号进行放大并且提升其直流偏置电压，从而达到AD采样的电压范围，由于时间有限，所以采用了平常较为常用的这种方法。这种方法的弊端是会造成噪声信号与输入信号同时放大，从而使得噪声对后续信号处理的影响更大，因此更优的方案应为采用差分输入，但是由于平时接触较少，因而并未选择此方案。

1.3 数据处理方案的分析与选择

数据处理的核心为FFT的变换，以及相关的频率和失真度的计算。但是需要关注在采样过程中不能采用运算和显示同步进行的情况，因为这样会导致前面的FFT变换我们采用了官方所给的库进行计算，而采集后的数据可以根据相应的计算公式进行算法的设计，从而对相关指标参数进行求解。

1.4 移动设备通信模块的分析与选择

二、理论分析与计算

2.1 直流偏置与信号放大电路

前端信号最大为600mv所以需要进行电压的抬升并且进行放大，采用NE5523起到加法器和放大器的作用，使得电压在规定范围内进行AD采样，从而进行合理的转换。

2.2 FFT（快速傅里叶变换）

FFT的基本思想是把原始的N点序列，依次分解成一系列的短序列。充分利用DFT计算式中指数因子 所具有的对称性质和周期性质，进而求出这些短序列相应的DFT并进行适当组合，达到删除重复计算，减少乘法运算和简化结构的目的。此后，在这思想基础上又开发了高基和分裂基等快速算法，随着数字技术的高速发展，1976年出现建立在数论和多项式理论基础上的维诺格勒傅里叶变换算法(WFTA）和素因子傅里叶变换算法。它们的共同特点是，当N是素数时，可以将DFT算转化为求循环卷积，从而更进一步减少乘法次数，提高速度。

2.3 THD（总谐波失真）

谐波失真是指输出信号比输入信号多出的谐波成分。谐波失真是系统不完全线性造成的。所有附加谐波电平之和称为总谐波失真。总谐波失真与频率有关。一般说来，1000Hz频率处的总谐波失真最小，因此不少产品均以该频率的失真作为它的指标。总谐波失真表明功放工作时，由于电路不可避免的振荡或其他谐振产生的二次，三次谐波与实际输入信号叠加，在输出端输出的信号就不单纯是与输入信号完全相同的成分，而是包括了谐波成分的信号，这些多余出来的谐波成分与实际输入信号的对比，用百分比来表示就称为总谐波失真。一般来说，总谐波失真在1000赫兹附近最小，所以大部分功放表明总谐波失真是用1000赫兹信号做测试，但有些更严格的厂家也提供20－20000赫兹范围内的总谐波失真数据。总谐波失真在1%以下，一般耳朵分辨不出来，超过10%就可以明显听出失真的成分。这个总谐波失真的数值越小，音色就更加纯净。一般产品的总谐波失真都小于1%，但这个数值越小，表明产品的品质越高。

三、电路与程序设计

3.1 电路的设计

采用NE5523构成基本的加法器和抬高电压。

3.1.1 系统总体框图

3.1.2 信号输入

3.2 程序的设计

3.2.1 程序功能描述与设计思路

3.2.2 程序流程图

四、测试方案与测试结果

4.1 测试方案

4.1.1 软件仿真

4.1.2 硬件测试

4.2 测试结果及分析

4.2.1 测试结果

4.2.2 测试分析与结论

附录1：电路原理图

图1

附录2：源程序

附录3：参考文献

[1]SimpleLink™ Ethernet MSP432E401Y MCU LaunchPad™ Development Kit User's Guide (Rev. B),https://www.ti.com.cn/tool/cn/MSP-EXP432E401Y

[2]