



南京理工大学
NANJING UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY

数字系统设计实验报告

姓 名	<u>段蔚伸</u>
学 号	<u>923132A10309</u>
专 业	<u>微电子科学与工程</u>
指导教师	<u>花汉兵</u>
实验日期	<u>2025.11.17-2025.11.28</u>

2025.11.26

目录

目录	1
1 实验要求与分析	2
2 模块设计流程	3
2.1 DDS 信号发生模块设计	3
2.2 频率测量模块设计	4
2.3 UART 模块设计	4
2.4 数码管显示与控制模块设计	4
2.5 幅度调整功能设计	4
3 总结与体会	4
4 部分核心代码	4

1 实验要求与分析

本实验要求使用 EGO1 FPGA 开发板设计一个数字系统，实现 DDS 信号发生器的基本功能。具体要求包括：

- 学号显示：电光 23. 学号最后 4 位，例如 EO23.0135；微电子 23. 学号最后 4 位，例如 IC23.0335；将学号显示在 EGO1 开发板上的数码管；
- 若通过开关直接输入频率控制字，计算波形频率的理论值，将理论计算值显示在开发板上的数码管；（若是通过按键设置频率值，则将频率设置值显示在开发板上的数码管）
- 基于 DDS 原理，应用 Verilog HDL 设计产生正弦信号，用示波器分别观察 D/A 转换器输出、经滤波后输出的波形；
- 设计测频电路，将测量的波形频率值显示在 EGO1 开发板上的数码管；
- 设计产生三角波、锯齿波、方波等多种波形；

以及进阶要求：

- 通过按键设置频率值，频率变化范围 1Hz 1MHz；
- 测量信号源输出信号的频率，要求信号源输出波形的频率变化范围 1Hz 1MHz，峰峰值 0.2V 3V，直流偏置为 0V；
- 自主发挥，添加其他功能。例如：产生扫频信号、设置信号源直流偏置并测量输出信号的频率……。

根据要求可以得知，本实验的核心任务是设计一个 DDS 信号发生器，并实现频率测量功能。除此之外，还需要精确控制数码管的显示内容，以使用户能够直观地看到当前的频率设置和测量结果。从本实验的核心任务出发，可以将设计流程分为以下几个主要模块：

- DDS 信号发生模块：实现正弦波、三角波、锯齿波和方波的产生；
- 频率测量模块：实现对输出信号频率的测量，并将结果显示在数码管上；
- 数码管显示模块：实现学号、频率设置值和测量值的显示；
- 控制模块：实现按键输入频率设置值的功能。

考虑到本实验的难度较低，时间跨度较长，因此针对题目，我设计了自己的解决方案。

首先，对于 DDS 模块，该模块需要设计 ROM 存储各种波形的采样数据，这时候需要调取 IP 核，但是这种设计在移植、修改时会比较麻烦，对于本题目来说，我选择了直接读取初始化文件的方式来实现波形的存储和读取。并且优化了存储深度，只存储了正弦波在第一象限的波形数据，从而节省了存储空间。而且对于方波、三角波和锯齿波，我选择了直接通过逻辑运算、象限判断来实现波形的产生，从而简化了设计。

测频模块我使用了 FFT 算法来实现频率的测量。通过对输入信号进行采样，并利用 FFT 算法计算出信号的频率成分，从而得到信号的频率值。该方法对信号质量的要求低，能够测量信噪比较低的信号，且测量速度较快，适合本实验的需求。

控制模块我同时使用了 UART 和按键两种方式来实现系统的设置。UART 方式可以实现上位机控制，方便用户通过串口终端进行设置；按键方式则提供了本地控制的选项，用户可以直接在开发板上进行设置。两种方式结合使用，提高了系统的灵活性和易用性。

最后，数码管显示模块我设计了优雅的显示方案，能够清晰地显示学号、频率设置值和测量值。并结合按键、拨码开关等硬件实现了用户友好的交互界面。

此外，我还设计了扫频功能、电位器调制输出幅度功能等附加功能，进一步提升了系统的实用性和功能丰富性。

2 模块设计流程

2.1 DDS 信号发生模块设计

DDS 信号发生器模块作为系统的核心模块，我在设计时着重考虑了资源消耗、可调参数等方面。DDS 的基本原理是通过累加相位增量来实现频率控制，然后根据相位值从波形存储器中读取对应的采样值，最后通过 D/A 转换器输出模拟信号。那么在这个过程中，ROM 数据的位宽、相位累加器的位宽和 DA 输出的位宽都会影响最终输出信号的质量和系统资源的消耗。为了应对多种情况，我设计了多种参数可调的 DDS 模块，用户可以根据实际需求选择合适的参数组合。这些参数包括：数据位宽、相位位宽、采样点数等。此外，我还设计了多种波形的产生方式，包括正弦波、方波、三角波和锯齿波。对于正弦波，我使用了 ROM 存储采样数据的方法，而对于其他波形，则通过逻辑运算和象限判断来实现，从而节省了存储资源。

$$f_{out} = \frac{\Delta Phase \times f_{clk}}{2^N}$$

2.2 频率测量模块设计

2.3 UART 模块设计

2.4 数码管显示与控制模块设计

2.5 幅度调整功能设计

3 总结与体会

4 部分核心代码