

一 工程项目：

- 1 项目名称：cm3_ahbmtx_mcu
- 2 项目使用的资源与软件：
 - (1) VCS-2022
 - (2) Verdi-2022
 - (3) gcc-arm-none-eabi v10.3-2021.10
 - (4) Quartus Prime 2018
 - (5) Vivado 2021.1
 - (6) Spyglass-2021
 - (7) 野火串口助手
 - (8) J-Link commander v7.92f
- 3 项目使用的资源与硬件：
 - (1) ep4ce55 的 ad9361 开发板及 usb-blaster 下载器
 - (2) 正点原子 zynq 领航者开发板及 xilinx 下载器
 - (3) Jlink 盒子

二 工程目标：

- 1 实验现象：
 - (1) 搭建一个使用 ARM Cortex-M3 为 CPU、AHB 总线矩阵为基础的 MCU。
 - (2) 使用 Jlink 的 SWD 模式可以正确地读写指定地址。
 - (3) 使用 Jlink 的 SWD 模式可以正确地读写 SRAM。
 - (4) 当 CPU 开始运行时可运行在 ITCM 中存放的 bootloader。
 - (5) CPU 可以正确驱动 Uart 输入、输出。
 - (6) CPU 可以正确驱动 GPIO 输入、输出。
 - (7) CPU 可以正确驱动基本定时器进行计时操作。
 - (8) CPU 可以正确驱动网卡并于上位机建立连接。
- 2 实验内容：
 - (1) 在 MCU 内集成 CPU、总线、存储器、外设等。
 - (2) 使用 Jlink 的 SWD 模式读写指定地址。
 - (3) 使用 Jlink 的 SWD 模式读写 SRAM。
 - (4) ITCM 中存放一个 bootloader。
 - (5) 使用 CPU 驱动 Uart，完成输入、输出功能的实现。
 - (6) 使用 CPU 驱动 GPIO，完成输入、输出功能的实现。
 - (7) 使用 CPU 驱动基本定时器，完成定时的功能。
 - (8) 使用 CPU 驱动网卡与上位机建立连接。
- 3 具体要求：
 - (1) CPU 使用 ARM Cortex-M3。
 - (2) 片内总线使用 AHB 总线矩阵。
 - (3) 使用异步 AHB2APB 桥。
 - (4) 使用 SWD 模型读写寄存器并进行仿真。
 - (5) 分别使用 RTL 和 FPGA IP 实现 SRAM 并进行读写操作仿真。
 - (6) 在 ITCM 中存放一个 bootloader，当 CPU 开始运行时即运行该程序。
 - (7) 编写 Uart 的 RTL，编写配套的 firmware 驱动并实现输入、输出的功能，完

成输入输出回环测试。

- (8) 编写 GPIO 的 RTL, 编写配套的 firmware 驱动并实现输入、输出的功能, 完成输入输出回环测试。
- (9) 编写基本定时器的 RTL, 编写配套的 firmware 驱动并实现计时功能, 包括中断方式定时。
- (10) 编写以太网的 SMA 接口的 RTL, 编写配套的 firmware 驱动并实现与上位机连接。

三 学习目标（下述内容非先后顺序）：

1 学习 MCU 的基本架构。

- (1) 了解 MCU 内部的基本架构。
- (2) 掌握 MCU 的集成方式。
- (3) 掌握 MCU 的仿真环境与 Testbench、激励的编写。

2 学习 ARM Cortex-M3 为 CPU：

- (1) 了解 ARM Cortex-M3 为 CPU 的基本功能和接口。
- (2) 掌握 ARM Cortex-M3 为 CPU 如何和总线进行链接。
- (3) 掌握 ARM Cortex-M3 为 CPU 与 SWD 的链接方式。
- (4) 掌握 ARM Cortex-M3 为 CPU 如何连接时钟信号和复位信号。
- (5) 掌握 ARM Cortex-M3 为 CPU 如何连接各种中断线, 包括同步中断和异步中断。

3 学习 AHB 总线矩阵：

- (1) 了解 AHB 总线矩阵的基本读写时序。
- (2) 了解 AHB 总线矩阵的生成。
- (3) 掌握 AHB 总线矩阵与 CPU、AHB2APB 桥、外设的连接方式。
- (4) 掌握 AHB 总线矩阵如何连接时钟信号和复位信号。

4 学习 AHB2APB 桥和 APB 总线：

- (1) 了解同步和异步 AHB2APB 桥的基本读写时序。
- (2) 了解 APB 总线的基本读写时序。
- (3) 掌握同步和异步 AHB2APB 桥和 AHB 总线矩阵、APB 总线的连接方式。
- (4) 掌握 APB 总线如何连接时钟信号和复位信号。
- (5) 掌握 APB 总线如何连接外设（寄存器）。

5 学习 SWD 时序与 JTAG 使用方法：

- (1) 了解 SWD 的基本工作原理与模型。
- (2) 掌握 SWD 读写指定地址的操作方法。
- (3) 掌握使用 Jlink 的 SWD 模式读写指定地址。

6 学习 SRAM：

- (1) 掌握 SRAM 读写接口与时序。
- (2) 掌握 SRAM 的 RTL 实现和 FPGA IP 核实现。

7 学习 bootloader：

- (1) 了解什么是 bootloader。
- (2) 掌握 bootloader 的 firmware 的用法。

8 学习 Uart：

- (1) 学习 Uart 及其通信协议。
- (2) 学习 Uart 的硬件 RTL 实现。

- (3) 对 Uart 进行功能测试和 spyglass 检查, 修改其中的错误和问题。
- (4) 学习 Uart 的软件驱动编写。
- (5) 掌握如何使用 Uart 并实现特定的功能。
- 9 学习 GPIO:**
 - (1) 学习 GPIO 的硬件 RTL 实现。
 - (2) 对 GPIO 进行功能测试和 spyglass 检查, 修改其中的错误和问题。
 - (3) 学习 GPIO 的软件驱动编写。
 - (4) 掌握如何使用 GPIO 并实现特定的功能。
- 10 学习基本定时器:**
 - (1) 学习基本定时器的硬件 RTL 实现。
 - (2) 对基本定时器进行功能测试和 spyglass 检查, 修改其中的错误和问题。
 - (3) 学习基本定时器的软件驱动编写。
 - (4) 掌握如何使用基本定时器并实现特定的功能。
- 11 学习以太网:**
 - (1) 学习以太网 SMA 的硬件 RTL 实现。
 - (2) 对以太网 SMA 进行功能测试和 spyglass 检查, 修改其中的错误和问题。
 - (3) 学习以太网 SMA 的软件驱动编写。
 - (4) 掌握如何使用以太网 SMA 并实现特定的功能。
- 12 学习 VCS 与 Verdi 联合仿真环境:**
 - (1) 掌握如何使用 VCS 进行仿真并使用 Verdi 记录波形。
- 13 学习 gcc-arm-none-eabi 编译 firmware 环境:**
 - (1) 掌握如何使用 gcc-arm-none-eabi 编一个 cpu 可执行的程序。
- 14 学习 Quartus 和 Vivado 的 fpga 综合编译环境:**
 - (1) 掌握如何使用 Quartus 和 Vivado 生成或修改 IP 核, 包括 RAM 核和 PLL 核。
 - (2) 掌握如何使用 Quartus 和 Vivado 进行 fpga 综合并下载 bit 文件。
 - (3) 掌握如何使用 Quartus 和 Vivado 进行在线 debug。
 - (4) 掌握如何使用 Quartus 和 Vivado 编写时序约束文件并进行时序分析。
 - (5) 掌握如何使用 Quartus 和 Vivado 进行 ECO 操作。
- 15 学习 spyglass 环境:**
 - (1) 掌握如何编写 sgdc 约束文件。
 - (2) 掌握如何使用 spyglass 进行语法和 cdc 分析。
 - (3) 了解根据 spyglass 的分析结果对于 rtl 的意义。

四 可以重复利用的资源:

- 1 工程项目目录下 Library 下面的内容, 包括 Altera 及 Xilinx 的部分仿真库、基本功能逻辑 RTL 的实现、Cortex-M3 的建议版本模型、CMSDK 模型 (包括 AHB 总线矩阵、APB 总线)、SWD 模型、仿真结果监视器模型等。
- 2 工程项目目录下 User\Verilog, 这里是 MCU 的基本集成结构, 另外包含 Uart、GPIO、基本定时器、以太网 SMA 外设。
- 3 工程项目目录下 Library\drivers 和 Library\cmsis, 这里是 MCU 的基本软件环境和 Uart、GPIO、基本定时器、以太网 SMA 的 RTL 的配套驱动程序。
- 4 便于使用者进行工作的“爱上实验室”开发工程环境, 包含 setenv.sh 文件和 Script 目录下的 makefile 文件。

五 注意事项:

- 1 该项目会持续更新。
- 2 小编时间仓促，因此项目中有不完善的地方敬请大家提出建议。
- 3 硬件学习交流群 1126635164。

六 “爱上实验室” 开发工程环境的目录介绍：

项目目录下，各文件夹的含义是（含空文件夹，加粗的是本项目包含的文件）：

Doc 目录为项目文档，包括参考资料、设计文档、原理图等。

Library 目录为项目所使用到的库文件，包括仿真库、**Monitor**、**Model** 等。

Project 目录为项目所涉及到的工程，包括 **arm-none-eabi** 工程、**fpga** 工程等。

Script 目录包含“爱上实验室”开发工程环境专用的脚本、功能等。

Sim 目录为项目包含的仿真的目录，包含仿真工程、**spyglass** 工程、**testbench**、激励文件、脚本等、以及仿真专用代码、脚本等。

User 目录包含用户主要的项目文件，包含 **rtl** 代码、**bootloader** 等。

目前最适合的使用方法是在 Linux 环境下运行，很多脚本方便使用，可以体会到“爱上实验室”开发工程环境的便利。使用者只需根据自己的环境配置 **setenv.sh** 文件即可，默认使用的是 **modulefiles** 模块管理 **eda** 工具。

Source **setenv.sh** 后：

快捷键可以进行目录跳转，常见的例如：

cdc 跳转至开发环境专用脚本目录；

cdv 跳转至 **verilog** 目录；

cdfw 跳转至 **firmware** 目录；

cdq 跳转至 **fpga** 目录；

cds 跳转至仿真目录；

cdtv 跳转至仿真测试激励目录；

cdtb 跳转至仿真 **testbench** 目录等。

工程根目录下面的 **script** 文件夹里，即为“爱上实验室”开发工程环境专用的脚本、功能，目前包括以下种类：

RTL 功能仿真；

带 **firmware** 程序的 **RTL** 仿真；

AHB 总线矩阵生成；

连接 **APB** 总线的寄存器生成；

firmware 编译；

fpga 综合；

带 **firmware** 的综合仿真等。

用户可以根据需要，建立对应的 **makefile.xxxx** 文件，同时在总的 **makefile** 文件中加入对应的命令即可。在“爱上实验室”开发工程环境的任意目录下，使用 **run xxx** 命令，即可开始进行 **xxx** 功能的操作，例如仿真等操作。