

**Tronlong®**

# **TL28335F-TEB**

## **实验箱规格书**



**广州创龙电子科技有限公司**

© 2013 Guangzhou Tronlong Electronic Technology Co.,Ltd.

## Revision History

| Draft Date | Revision No. | Description                 |
|------------|--------------|-----------------------------|
| 2020/11/16 | V1.5         | 1. 修改实验箱套件清单。               |
| 2020/9/24  | V1.4         | 2. 修改实验箱套件清单。               |
| 2020/3/23  | V1.3         | 1. 修改教学实验目录。<br>2. 修改下载器型号。 |
| 2018/12/25 | V1.2         | 1.添加下载器参数。                  |
| 2018/6/25  | V1.1         | 1.排版修改。<br>2.修改部分文字描述。      |
| 2017/8/28  | V1.0         | 1.初始版本。                     |

## 目 录

|                |    |
|----------------|----|
| 1 实验箱简介.....   | 4  |
| 2 软硬件参数.....   | 7  |
| 3 开发资料.....    | 13 |
| 4 电气特性.....    | 15 |
| 5 实验箱机械尺寸..... | 15 |
| 6 实验箱套件清单..... | 15 |
| 7 技术支持.....    | 16 |
| 8 增值服务.....    | 17 |
| 更多帮助.....      | 18 |
| 附录 A 教学实验..... | 19 |
| 附录 B 开发例程..... | 22 |

## 1 实验箱简介

- 基于 TI TMS320F28335 浮点 DSP C28x + Xilinx Spartan-6 FPGA 处理器，主频为 150 MHz；
- 可拆式新型实验箱，使用灵活，性价比高。由核心板、实验开发底板、仿真器及相关实验配件组成，可选 3 寸全功能触摸彩屏信号源；
- DSP 实验主板支持：I2C、SPI、CAN、PWM、RTC、以太网口、音频输入输出、多通道 AD、DA、RS232、RS485、LCD 等接口和蜂鸣器、红外接收器、继电器、LED 等外设；
- 工业级 DSP 核心板，尺寸为 66mm\*39mm，采用排针接口连接，可用于科学研究、毕业设计、电子竞技、产品开发使用；
- FPGA 实验主板支持：步进电机、直流电机、4\*4 矩阵键盘、数码管、十字交通灯、温湿度传感器、可调直流电压输出、ADC 输入、DAC 输出、5V 输出、3V3 输出；
- 实验主板上均支持安装可拆卸亚克力保护板，保护实验电路；
- 工业级 FPGA 核心板，尺寸 56mm\*35mm，体积小，采用工业级 B2B 连接器；
- 不仅提供面向教学的实验资源，而且提供工程应用上的开发例程；
- 适用于通信、自动化、测控、工业控制和电力控制等教学领域。



图 1 TL28335F-TEB 实验箱外观图



图 2 TL28335F-TEB 实验箱整体图



图 3 TL28335F-TEB 实验箱主体正面图



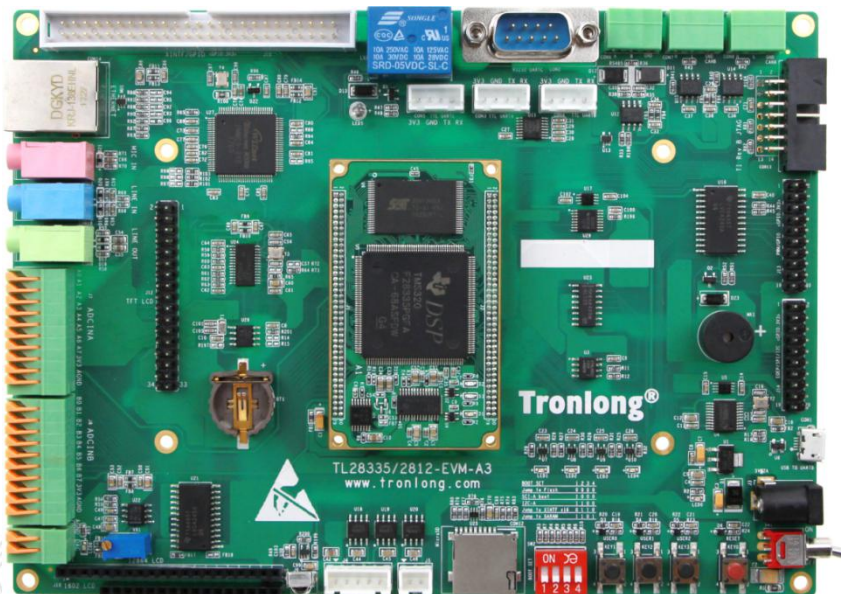


图 4 DSP 实验主板正面图

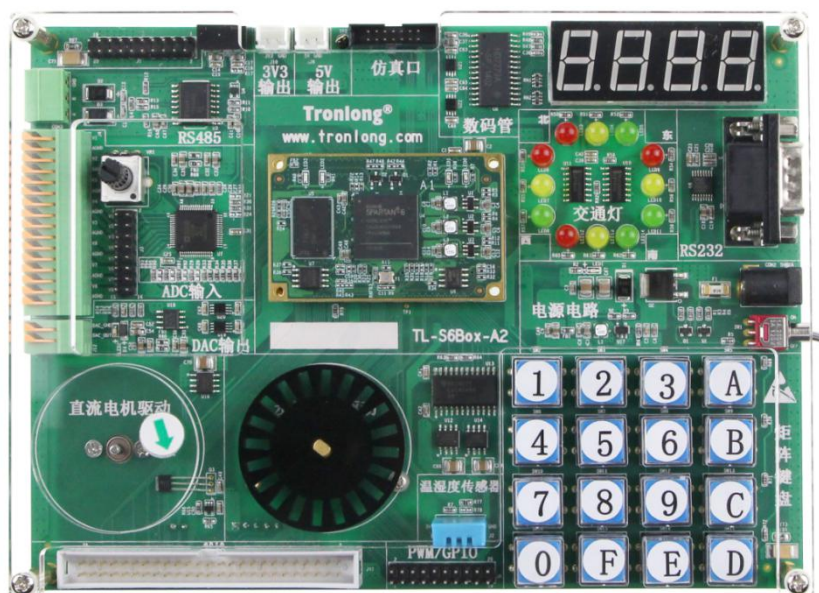


图 5 FPGA 实验主板正面图



图 6 仿真器侧视图

TL28335F-TEB 实验箱是一款创龙结合 TI C2000 系列 TMS320F28335 及 Xilinx Spartan-6 系列 FPGA 设计的 DSP+FPGA 高速数据采集处理平台，TL28335F-TEB 是可拆式新型嵌入式教学实验箱，提供了丰富的教学实验例程，适合高校以及研究所等实验机构。

可拆式 DSP+FPGA 实验箱 TL28335F-TEB 提供的实验指导手册包括实验目的、原理、步骤及源码解析等，注重实验的过程，内容详实且丰富，可以帮助学生打好专业基础，也有利于教师教学计划的开展；此外，实验箱提供的工程资源开发例程可以用于师生项目开发，降低开发难度和时间成本。相对传统的实验箱，使用更加灵活，用途更广，性价比更高。

## 2 软硬件参数

### 硬件框图



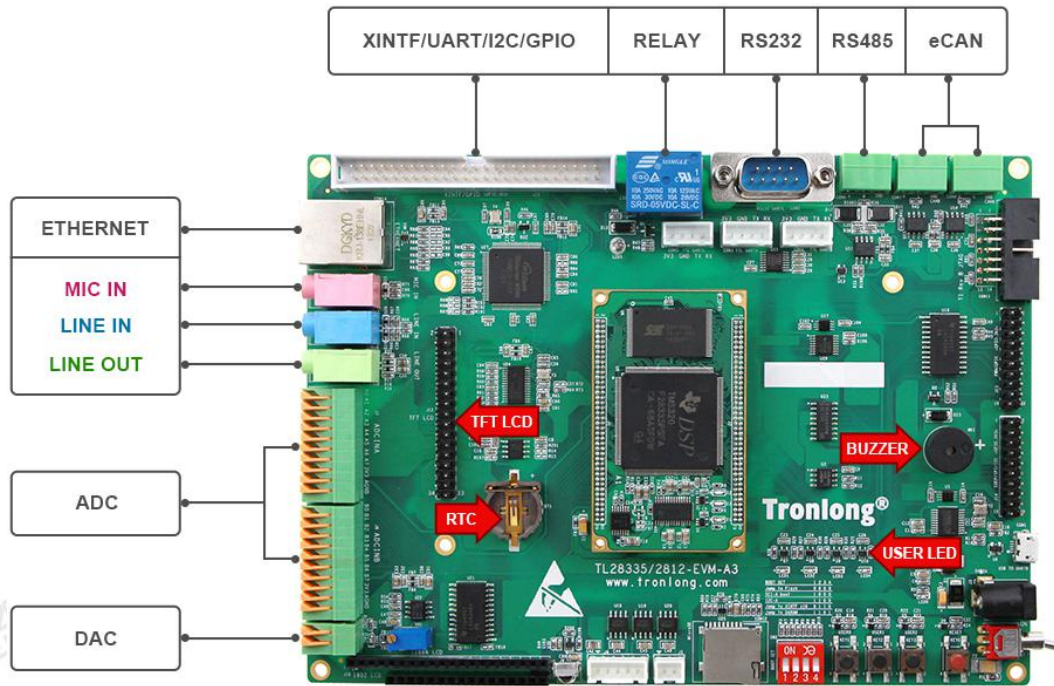


图 7 DSP 实验主板硬件资源图解 1

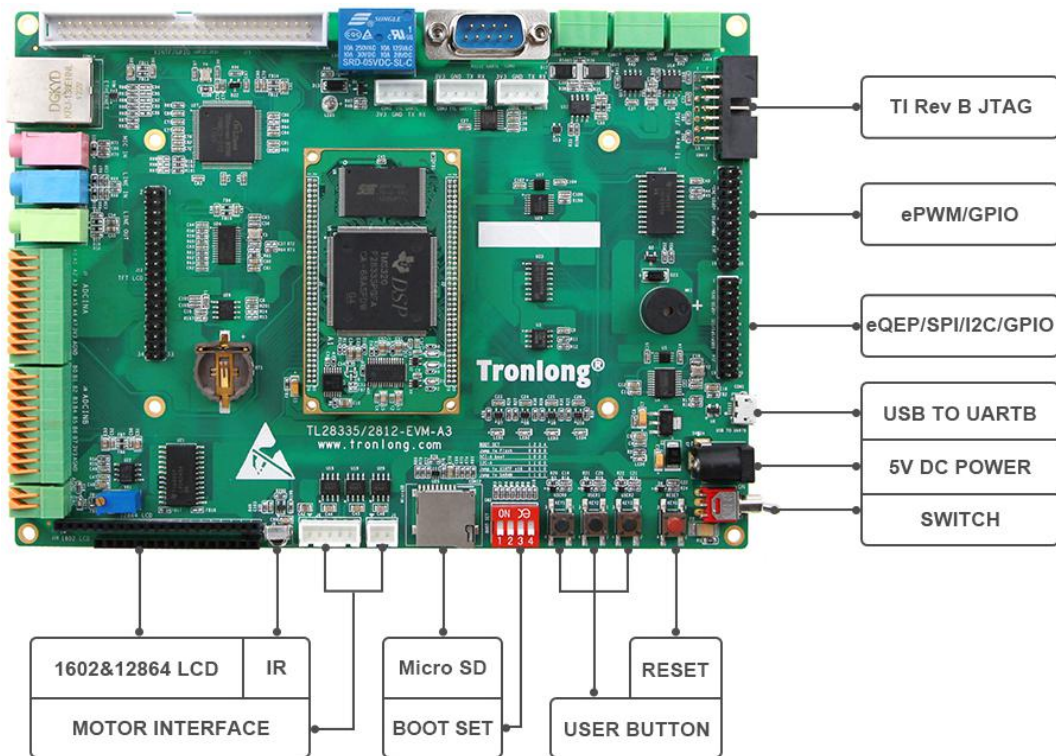


图 8 DSP 实验主板硬件资源图解 2



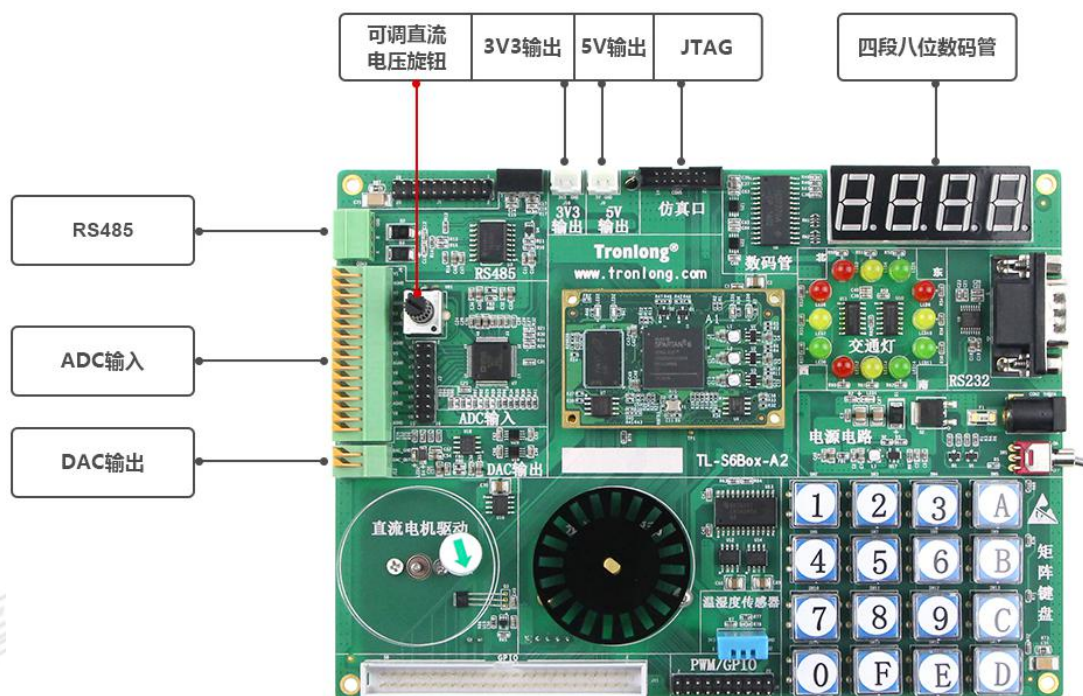


图 9 FPGA 实验主板硬件资源图解 1

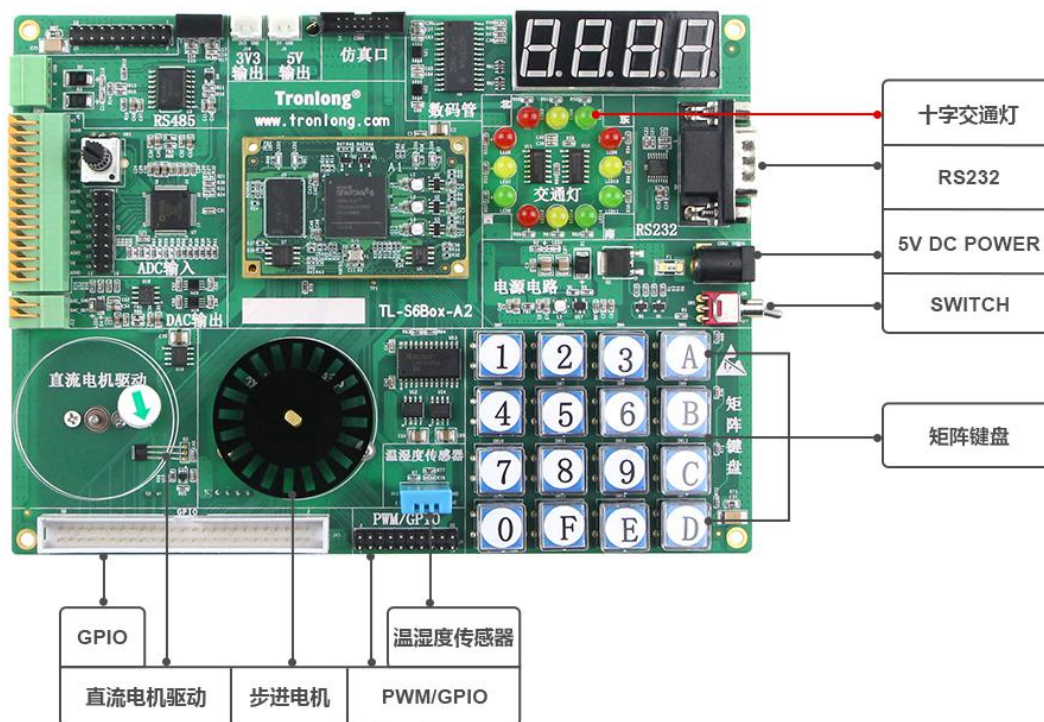


图 10 FPGA 实验主板硬件资源图解 2



图 11 TL28335F-TEB 实验箱结构图

## 硬件参数

表 1 DSP 实验主板硬件参数

|          |                                                      |
|----------|------------------------------------------------------|
| CPU      | 单核 TMS320F28335，主频 150MHz                            |
| ROM      | 片内 256K*16bit，外扩 512K*16bit NOR FLASH                |
| RAM      | 片内 34K*16bit，外扩 256K*16bit SRAM                      |
| EEPROM   | 2Kbit，AT24C02C                                       |
| LED      | 2x 供电指示灯（底板 1 个，核心板 1 个）                             |
|          | 6x 用户指示灯（底板 4 个，核心板 2 个）                             |
| KEY      | 1x 复位按键                                              |
|          | 3x 用户按键                                              |
| SD       | 1x Micro SD 卡座                                       |
| IO       | 2x 25pin IDC3 简易牛角座，间距 2.54mm，含 XINTF/UART/I2C 等拓展信号 |
|          | 2x 10pin 排针，间距 2.54mm，含 ePWM、GPIO 等拓展信号              |
|          | 2x 10pin 排针，间距 2.54mm，eQEP、SPI、I2C、GPIO 等信号          |
| ETHERNET | 1x MII，RJ45 接口，10/100M 自适应                           |

|                 |                                                                  |
|-----------------|------------------------------------------------------------------|
| UART            | 1x UARTA, 提供 4 针 TTL 电平测试端口                                      |
|                 | 1X USB TO UARTB, Micro USB 接口, 提供 4 针 TTL 电平测试端口                 |
|                 | 1x UARTC, RS232, DB9 接口, 提供 4 针 TTL 电平测试端口                       |
|                 | 1x RS485, 3pin 接线端子, 间距 3.81mm                                   |
| eCAN            | 2x eCAN, 3pin 接线端子, 间距 3.81mm                                    |
| LCD             | 1x 1602 液晶屏接口                                                    |
|                 | 1x 12864 液晶屏接口                                                   |
|                 | 1x 4.3 寸 TFT 触摸屏接口                                               |
| BUZZER          | 1x 无源蜂鸣器                                                         |
| RELAY           | 1x 5V 继电器                                                        |
| RTC             | 1x RTC, CR1220 纽扣电池座                                             |
| IRM             | 1x HX1838 红外接收模块                                                 |
| ADC             | 片上 2 个 8 通道 12bit ADC, 共 16 通道, 量程范围 0-3V, 10pin 接线端子, 间距 2.54mm |
| DAC             | 外扩单通道 10bit DAC, 1.21MHz 更新速率, 量程范围 0-5V, 2pin 接线端子, 间距 2.54mm   |
| MOTOR INTERFACE | 1x 五线四相步进电机的 5pin 接线端子, 间距 2.54mm                                |
|                 | 1x 5V 直流电机的 2pin 接线端子, 间距 2.54mm                                 |
| AUDIO           | 1x LINE IN, 3.5mm 音频座                                            |
|                 | 1x LINE OUT, 3.5mm 音频座                                           |
|                 | 1x MIC IN, 3.5mm 音频座                                             |
| JTAG            | 1x 14pin TI Rev B JTAG 接口, 间距 2.54mm                             |
| BOOT SET        | 1x 4bit 开关                                                       |
| POWER           | 1x 5V 2A 直流输入, DC-005 电源接口                                       |

表 2 FPGA 实验主板硬件参数

|      |                          |
|------|--------------------------|
| FPGA | Xilinx XC6SLX16-2CSG324I |
| ROM  | 2Kbit EEPROM             |

|              |                                                |
|--------------|------------------------------------------------|
|              | 8MByte QSPI Flash                              |
| RAM          | 256MByte DDR3                                  |
| LED          | 2x 电源指示灯（底板 1 个，核心板 1 个）                       |
|              | 1x DAC 输出波形指示灯（底板）                             |
|              | 1x PROGRAM 指示灯（核心板）                            |
|              | 2x 用户指示灯（核心板 2 个）                              |
|              | 1x 十字交通灯，用于交通灯控制实验                             |
| KEY          | 1x 4*4 矩阵按键                                    |
| UART         | 1x RS232，DB9 接口                                |
|              | 1x RS485，3pin 接线端子，间距 3.81mm                   |
| ADC          | 8x ADC，16bit，200KHz，±10V                       |
| DAC          | 1x DAC，10bit，0-5V                              |
| NIXIE TUBE   | 1x 四位八段数码管，用于数码管显示实验                           |
| SENSOR       | 1x 温湿度传感器                                      |
| IO           | 1x 16 路 PWM 输出，3.3V 电平，2x 10pin 排针引出，也可用作 GPIO |
|              | 2x 25pin IDC3 简易牛角座，间距 2.54mm，含 GPIO 拓展信号      |
| MOTOR        | 1x 五线四相步进电机                                    |
|              | 1x 直流电机，带霍尔传感器测速功能                             |
| POWER OUTPUT | 提供 3.3V 和 5V 输出到外部                             |
|              | 1x 0~5V 可调直流电压输出，用于 ADC 采集                     |
| JTAG         | 1x 14pin JTAG 接口，间距 2.0mm                      |
| SWITCH       | 1x 电源开关                                        |
| POWER        | 1x 5V 2A 直流输入，DC-005 电源接口                      |

表 3 仿真器参数

|      |                                 |
|------|---------------------------------|
| 型号   | XDS100V2                        |
| 调试功能 | 连接/断开，读/写内存，读取寄存器，加载程序，运行、停止步骤， |



|                            |             |
|----------------------------|-------------|
|                            | 支持断点调试，实时模式 |
| JTAG 复位                    | 支持          |
| ETB(Embedded Trace Buffer) | 支持          |
| 目标电缆断开检测                   | 支持          |
| 目标芯片掉电检测                   | 支持          |
| USB 2.0 高速 (480Mbit/s)     | 支持          |
| 20pin/14pin JTAG 接口        | 支持          |

表 4 下载器参数

|           |                                                 |
|-----------|-------------------------------------------------|
| 型号        | Xilinx FPGA DLC10 下载器                           |
| 操作系统      | 支持 Windows 和 Linux 操作系统                         |
| 支持软件      | 支持 ISE、iMPACT、ChipScope、Vivado 等软件              |
| 支持器件      | 支持 FPGA、SoC、CPLD、PROM 等 Xilinx 器件               |
| I/O 电压    | 自动检测和适应 I/O 电压                                  |
| 接口电平器件    | 支持 5V(TTL)、3.3V(LVCMOS)、2.5V、1.8V 和 1.5V 接口电平器件 |
| VREF 电平范围 | 1.5V~5.0V                                       |
| 编程速率      | 由 750KHz 到 24MHz，可对 SPI 接口 FLASH PROM 器件进行编程    |
| 热拔插       | 支持                                              |

## 软件参数

表 5 软件参数

|           |         |
|-----------|---------|
| DSP 端软件支持 | 裸机      |
| CCS 版本号   | CCS5.5  |
| ISE 版本号   | ISE14.7 |

## 3 开发资料

### 创龙

创龙提供了大量的开发资料，创造了 TMS320F28335 平台开发的新局面，已成为 TMS320F28335 开发者的重要合作企业。

### 教学资源

提供完整的实验代码，以及适合教学的《教学实验指导手册》，目录详见附录 A，教学实验主要包括：

- DSP 实验环境搭建与 CCS 开发基础
- DSP 基础外设实验
- 网络通讯实验
- 语音类实验
- DSP 算法实验
- 图像类实验
- FPGA 实验环境搭建与 ISE 开发基础
- FPGA 基础外设实验
- DSP 与 FPGA 双核通信实验

### 工程资源

- (1) 提供核心板引脚定义、可编辑底板原理图、可编辑底板 PCB、芯片 Datasheet，缩短硬件设计周期；
- (2) 提供丰富的 Demo 程序，包括镜像和源代码，上手容易；
- (3) 提供 DSP 与 FPGA 通过 XINTF、UART、I2C 等板间通讯例程；
- (4) 提供完整的平台开发包、入门教程，节省软件整理时间。

部分开发例程详见附录 B，开发例程主要包括：

- DSP 开发例程
- FPGA 开发例程
- FPGA&DSP 开发例程

## 4 电气特性

### 核心板工作环境

表 6

| 环境参数  | 最小值   | 典型值 | 最大值  |
|-------|-------|-----|------|
| 工业级温度 | -40°C | /   | 85°C |
| 工作电压  | /     | 5V  | /    |

### DSP 实验主板功耗测试

表 7

| 类别   | 典型值电压 | 典型值电流 | 典型值功耗 |
|------|-------|-------|-------|
| 核心板  | 4.97V | 261mA | 1.29W |
| 实验主板 | 5.06V | 560mA | 2.82W |

备注：功耗测试基于广州创龙 TL28335-EVM 开发板进行。

## 5 实验箱机械尺寸

表 8

| 名称        | 长     | 宽     | 高     |
|-----------|-------|-------|-------|
| 实验箱箱体     | 480mm | 350mm | 175mm |
| DSP 实验主板  | 185mm | 135mm | /     |
| FPGA 实验主板 | 185mm | 135mm | /     |

## 6 实验箱套件清单

表 9

| 名称                     | 数量  |
|------------------------|-----|
| TL28335F-TEB DSP 实验主板  | 1 块 |
| TL28335F-TEB FPGA 实验主板 | 1 块 |
| TL-XDS100V2 仿真器        | 1 个 |
| DLC10 FPGA 下载器         | 1 个 |
| 12V 2A 电源适配器           | 1 个 |
| 资料光盘                   | 3 套 |
| 1602 液晶屏               | 1 个 |
| 12864 液晶屏              | 1 个 |
| RS232 交叉串口母母线          | 1 条 |
| USB 转 RS232 串口线        | 1 条 |
| Micro USB 线            | 1 条 |
| 网线                     | 1 根 |
| 红外遥控器                  | 1 个 |
| 音频线                    | 1 根 |
| RS485 转串口模块            | 1 个 |
| usb 转 uart 串口隔离模块      | 1 个 |
| 耳机                     | 1 个 |
| 杜邦线                    | 若干  |
| 导线                     | 若干  |
| SD 卡                   | 1 个 |
| 读卡器                    | 1 个 |

## 7 技术支持

(1) 协助底板设计和测试，减少硬件设计失误；



- (2) 协助解决按照用户手册操作出现的异常问题;
- (3) 协助产品故障判定;
- (4) 协助正确编译与运行所提供的源代码;
- (5) 协助进行产品二次开发;
- (6) 提供长期的售后服务。

## 8 增值服务

- 主板定制设计
- 核心板定制设计
- 嵌入式软件开发
- 项目合作开发
- 技术培训

## 更多帮助

销售邮箱: [sales@tronlong.com](mailto:sales@tronlong.com)

技术邮箱: [support@tronlong.com](mailto:support@tronlong.com)

创龙总机: 020-8998-6280

技术热线: 020-3893-9734

创龙官网: [www.tronlong.com](http://www.tronlong.com)

技术论坛: [www.51ele.net](http://www.51ele.net)

线上商城: <https://tronlong.taobao.com>

TMS320F28335、C2000 交流群: 475426667、486354767

FPGA 交流群: 311416997、101245165

TI 中文论坛: <http://www.deyisupport.com/>

TI 英文论坛: <http://e2e.ti.com/>

TI 官网: [www.ti.com](http://www.ti.com)

TI WIKI: <http://processors.wiki.ti.com/>

Xilinx 官网: [www.xilinx.com](http://www.xilinx.com)

Xilinx 论坛: <https://forums.xilinx.com/>

Xilinx WIKI: <http://www.wiki.xilinx.com/>

## 附录 A 教学实验

表 10 DSP 教学实验

|                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| DSP 实验环境搭建与 CCS 开发基础 | 安装 CCS 与串口调试工具        |
|                      | CCS 开发入门              |
|                      | 基于 CCS 仿真调试、程序加载与烧写   |
|                      | CCS 工程新建、编译和导入        |
|                      | 编写基于 C 语言的 DSP 程序     |
| DSP 基础外设实验           | LED 灯控制及寄存器配置实验       |
|                      | 按键输入控制实验（按键中断输入）      |
|                      | LCD 触摸屏触控与图片显示实验      |
|                      | 液晶 LCD12864 测试实验      |
|                      | 液晶 LCD1602 测试         |
|                      | RS485 测试实验            |
|                      | 红外遥控测试                |
|                      | ECAN 内部回环与数据通信测试实验    |
|                      | DMA 在 RAM 内外搬移数据实验    |
|                      | EPWM 测试实验             |
|                      | 单精度浮点运算实验             |
|                      | UART 串口收发实验（查询与中断方式）  |
|                      | 高精度脉冲宽度调制器 PWM 输出测试实验 |
|                      | 定时器/计数器控制实验           |
|                      | 看门狗功能测试实验             |
|                      | 模数转换（A/D）测试实验         |
|                      | 数模转换（D/A）测试实验         |
|                      | 直流电机控制实验              |

|          |                  |
|----------|------------------|
|          | 步进电机控制实验         |
|          | 网络通讯实验           |
|          | FPGA 温湿度传感器测试实验  |
| 语音类实验    | 音频采集与播放测试实验      |
|          | G711A 音频编解码实验    |
| DSP 算法实验 | 有限冲激响应滤波器（FIR）算法 |
|          | 无限冲激响应滤波器（IIR）算法 |
|          | 快速傅立叶变换（FFT）算法   |
|          | 语音信号的 FIR 滤波     |
| 图像类实验    | 灰度图像直方图          |
|          | 直方图均衡化           |
|          | 图像反色             |
|          | 边缘检测             |

表 11 FPGA 教学实验

|                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| FPGA 实验环境搭建与 ISE 开发基础 | 安装 ISE 集成开发环境工具         |
|                       | ISE 工程新建和程序编写           |
|                       | 基于 ISE 仿真调试、程序加载与烧写开发入门 |
| FPGA 基础外设实验           | LED 灯控制实验               |
|                       | 按键与 4x4 键盘输入控制实验        |
|                       | 数码管显示实验                 |
|                       | I2C EEPROM 测试实验         |
|                       | UART 串口收发实验             |
|                       | 模数转换（A/D）测试实验           |
|                       | 数模转换（D/A）测试实验           |
|                       | 直流电机控制实验                |
|                       | 步进电机控制实验                |



DSP 与 FPGA 双核通信实验

DSP 和 FPGA 使用 XINTF 通信测试实验

## 附录 B 开发例程

表 12

| DSP 开发例程              |                        |
|-----------------------|------------------------|
| 例程                    | 功能                     |
| ADC_DMA               | DMA 方式存取 ADC 转换结果      |
| ADC_SEQ_OVD_TEST      | ADC 序列覆盖模式采样           |
| ADC_SOC               | PWM1 周期触发 AD 转换        |
| ADC_SQE_MODE          | ADC 顺序采样测试             |
| AUDIO_LINE_IN         | 音频 Line In 测试          |
| AUDIO_LINE_OUT        | 音频 Line Out 测试         |
| AUDIO_MIC_IN          | 音频 Mic In 测试           |
| BUZZER                | 蜂鸣器测试                  |
| CPU_TIMER             | 定时器演示                  |
| DAC                   | DAC 电压输出测试             |
| DMA_RAM_TO_RAM        | DMA 在 RAM 内搬移数据        |
| DMA_XINTF_TO_RAM      | DMA 在内外外部 RAM 搬移数据     |
| ECAN_A_TO_B           | ECANA 与 ECANB 间的数据通信测试 |
| ECAN_BACK_TO_BACK     | ECAN 内部回环测试            |
| ECAP_CAPTURE_PWM      | ECAP 配置为 PWM 输出        |
| ECAP_EPWM             | ECAP 捕捉 EPWM           |
| ECAP_REMOTE           | 红外遥控测试                 |
| EEPROM                | EEPROM 存储器测试           |
| EPWM_DEADBAND         | EPWM 死区演示              |
| EPWM_DMA              | EPWM 触发 DMA 传输         |
| EPWM_TIMER_INTERRUPTS | EPWM 定时器中断             |

|                 |                         |
|-----------------|-------------------------|
| EPWM_TRIP_ZONE  | EPWM 故障区演示              |
| EPWM_UP_AQ      | EPWM 向上计数               |
| EPWM_UPDOWNM_AQ | EPWM 向上向下计数             |
| EQEP_FREQCAL    | 增强型正交编码脉冲单元测量 EPWM 频率   |
| EQEP_POS_SPEED  | 增强型正交编码脉冲单元测量 EPWM 频率   |
| EXT_INT         | 外部中断                    |
| FPU_HARDWARE    | 单精度浮点运算硬件实现             |
| FPU_SOFTWARE    | 单精度浮点运算软件实现             |
| HRPWM           | 高分辨率 PWM                |
| HRPWM_SFO       | 高分辨率 pwm 用 SFO 实现周期计数递增 |
| HRPWM_SFO_V5    | 高分辨率 PWM 占空比调节          |
| HRPWM_SLIDER    | 高分辨率 PWM 滚动条调整 MEP      |
| KEY_LED         | 按键中断 LED 测试             |
| LCD1602         | 液晶 LCD1602 测试           |
| LCD12864        | 液晶 LCD12864 测试          |
| LED             | LED 流水灯测试               |
| NOR_FLASH       | NOR FLASH 存储器测试         |
| RELAY           | 继电器测试                   |
| RTC             | RTC 实时时钟测试              |
| SCIA            | 串口 A 测试 (TTL 电平)        |
| SCIB            | 串口 B 测试                 |
| SCIC_RS485      | 串口 C (RS485) 测试         |
| SRAM            | SRAM 存储器测试              |
| SD_FAT32        | MicroSD 卡测试             |
| W5300_PING      | 网络 PING 测试实验            |

表 13

| FPGA 开发例程     |                  |
|---------------|------------------|
| 例程            | 功能               |
| STEP_MOT      | 步进电机测试           |
| DC_MOT        | 直流电机测试, 带霍尔传感器测速 |
| MATRIX_KEY    | 4*4 矩阵键盘测试       |
| NIXIE_TUBE    | 数码管测试            |
| TRAFFIC_LIGHT | 交通灯测试            |
| RS232         | FPGA 端 RS232 通信  |
| RS485         | FPGA 端 RS485 通信  |
| DDR3          | DDR3 测试          |
| EEPROM        | EEPROM 读写        |
| LED           | 核心板 LED          |
| ADC           | 电压采集测试           |

表 14

| FPGA&DSP 开发例程 |                            |
|---------------|----------------------------|
| 例程            | 功能                         |
| DHT11         | DSP 与 FPGA 通信例程            |
| XINF_FPGA     | DSP 和 FPGA 使用 XINTF 通信测试实验 |