



Red Pitaya 硬件介绍

本章将对 Red Pitaya 开发板的硬件结构进行介绍,包括两个开发板 125-10 和 125-14 的对比、各个功能模块的硬件示意,以及开发板的输入/输出部分的使用、校准和一些其他注意事项。同时,针对不同行业中的具体使用场景,介绍了开发板的扩展模块以及使用说明,便于读者对开发板进行使用与开发。

3.1 硬件外观及功能对比

Red Pitaya 开发板(STEMlab)分为 125-10 与 125-14,其外观对比图如图 3-1 所示。

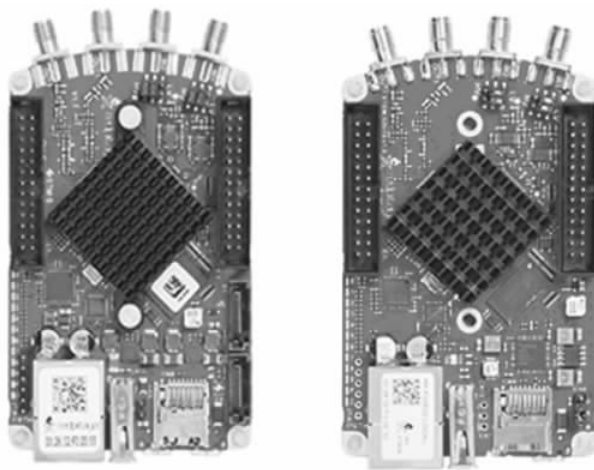


图 3-1 Red Pitaya 开发板 125-10(左)与 125-14(右)外观对比图

Red Pitaya 开发板 125-10 与 125-14 并无大的差异,只是针对功能、性能的不同,对两者的部分电路有一些调整。从功能上看,两者在高频输入/输出的技术规格上具有相近的功能和特点,但在 RAM 容量上有一些区别。Red Pitaya 开发板 125-14 具有 14 位输入/输出通道,在专业环境中测量结果非常精确,而 125-10 开发板具有 10 位输入/输出通道,是高校、学生和制造商们的理想选择。两个 Red Pitaya 开发板外部接口的数量及功能是相同的,如

图 3-2 所示。

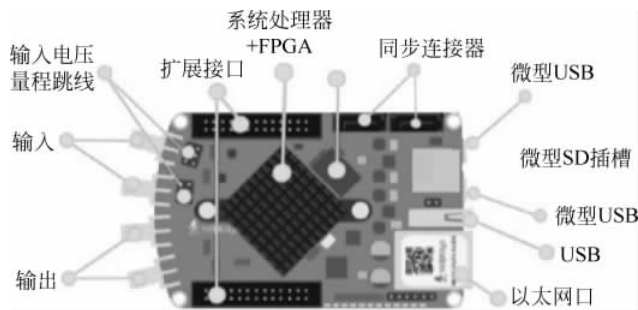


图 3-2 Red Pitaya 开发板接口示意图

3.2 硬件原理图及机械模型

Red Pitaya 开发板虽然有开源的源代码,但其硬件电路原理图并不开源。在如下链接中可以找到它的开发示意图,示意图将提供有关硬件相关配置,FPGA 引脚连接等信息。链接地址为: http://downloads.redpitaya.com/doc/Red_Pitaya_Schematics_STEM_125-10_V1.0.pdf。

3.3 模拟输入典型规格

Red Pitaya 开发板模拟前端具有 2 个高速模拟输入接口,典型参数如下。

- (1) 通道数: 2。
- (2) 采样率: 125M 采样/s。
- (3) ADC 分辨率: 14 位。
- (4) 输入耦合方式: 直流耦合。
- (5) 最大额定输入电压: 30V(1500V ESD)。
- (6) 过载保护: 保护二极管(在满足额定输入电压条件下)。

注意: 对于低频信号而言,如包含超过 1kHz 的频率分量的输入信号,最大允许输入电压即为满量程值。

- (7) 连接器类型: SMA 接口。

注意: 连接到 Red Pitaya 开发板接口上的 SMA 连接器必须符合 MILC 39012 的标准规范,且接口中心的针头具有合适的长度,否则安装在 Red Pitaya 开发板中的 SMA 连接器将损坏开发板接口部件。开发板上的 SMA 连接器的中心针头将会松动,并损坏电路板,由于机械损坏(焊盘从电路板上脱落)造成的问题,电路板将无法修复。

(8) 高速模拟输入的输入级可用于两个电压范围($\pm 1V$ 和 $\pm 20V$),可以对两个输入通道单独调整增益。通过桥接位于相应输入 SMA 连接器后面的跳线进行调整。电压量程范

围由输入跳线设置,如图 3-3 所示。

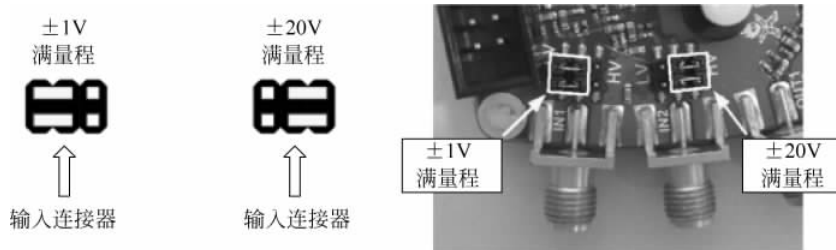


图 3-3 跳线连接图

(9) 跳线设置: 连接左排针与中间排针可设置 LV,调整为 $\pm 1\text{V}$ 满量程,右排针与中间排针可设置 HV,调整为 $\pm 20\text{V}$ 满量程。跳线的连接只能在图中所描述的位置,任何其他方式连接跳线或使用不同的跳线类型都可能会损坏产品。

(10) 高速模拟输入原理图如图 3-4 所示。

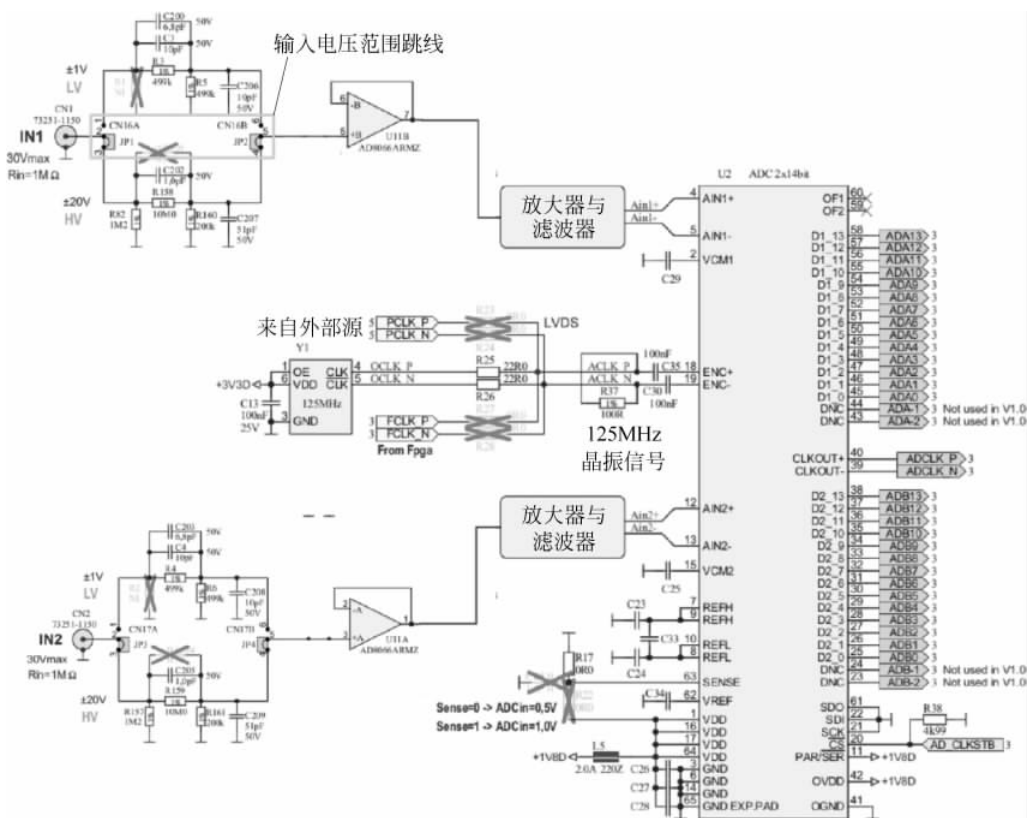


图 3-4 高速模拟输入原理图

(11) 高速模拟输入的耦合方式为直流耦合,输入阻抗如图 3-5 所示。

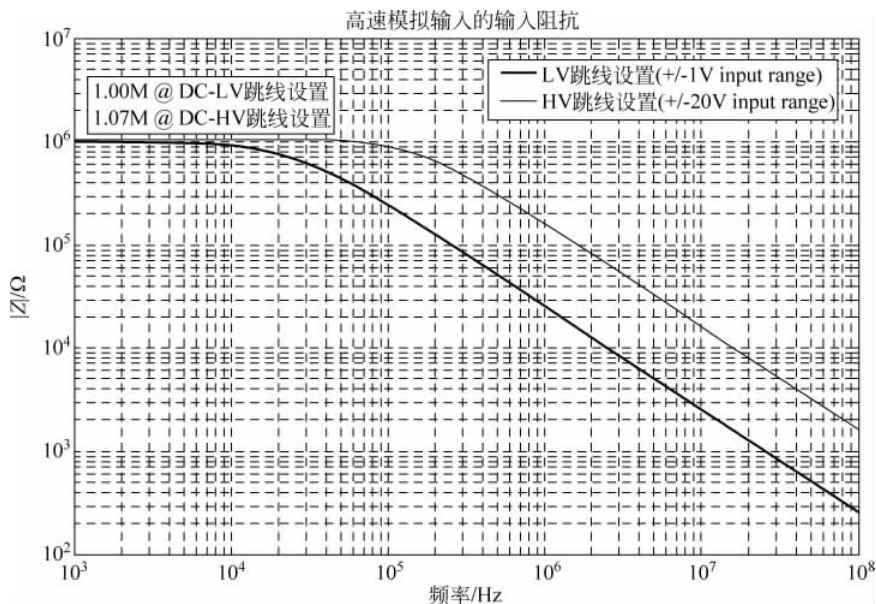


图 3-5 高速模拟输入的输入阻抗

(12) 带宽: 50MHz(3dB)。

图 3-6 展示了高速模拟输入的频率带宽响应。使用安捷伦 33 250A 信号发生器作为参考进行对比测量。通过远程控制(SCPI 命令)采集测量信号。从所获取的信号中提取幅度

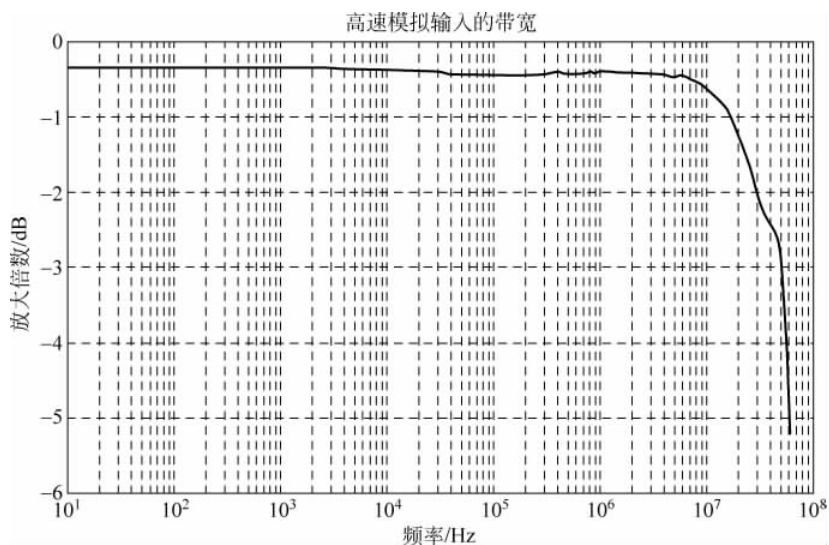


图 3-6 高速模拟输入的带宽

电压并与参考信号的幅度进行比较。由于测量 10MHz 以上的信号时,最大采样率为 125M 采样/s,可使用 $\sin(x)/x$ 插值来获得更准确的 V_{pp} 电压结果,以及更精确的模拟带宽测量。当测量 10MHz 以上的信号时,不需要插值可直接用示波器的应用和 P2P 测量来获得类似的结果。

在没有插值的情况下进行测量时,使用完整的 16KB 缓冲器来提取所获得信号的最大值和最小值。当在示波器上使用 P2P 测量时,需将最大值显示为测量结果。对 40MHz 正弦波信号采用 $\sin(x)/x$ 插值的结果如图 3-7 所示。

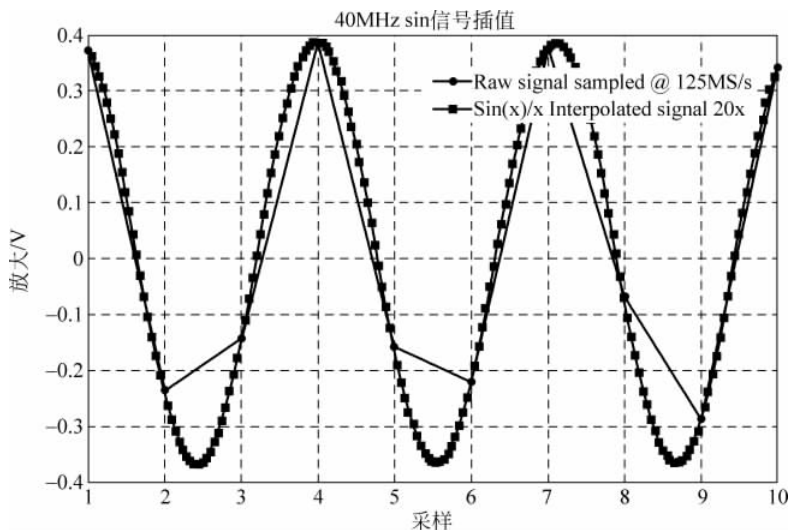


图 3-7 $\sin(x)/x$ 插值

注意: 在图 3-7 中,40 MHz 信号在 16KB 缓冲器中仅选择了 10 个样本进行显示。

(13) 输入噪声: 测量条件设置为启用高增益(LV±1V)跳线、有限的环境噪声、输入/输出关闭、输出信号禁用、PCB 接地连通 SMA 接地。以满速率 125M 采样/s 连续采样 16KB 样本(典型值: 全带宽下的 $\text{std}(V_n) < 0.5\text{mV}$),结果见图 3-8 所示。图 3-9 中的噪声频谱使用 $F_s = 125\text{M}$ 采样/s 的速率采样了 $N = 16\,384$ 个采样值并进行 FFT 分析计算。

(14) 输入通道隔离: 通过以下几个参数测试 Red Pitaya 典型的性能特性,分别为 65dB、10kHz, 50dB、100kHz, 55dB、1MHz, 55dB、10MHz, 52dB、20MHz, 48dB、30MHz, 44dB、40MHz, 40dB、50MHz。通过两个通道上的高增益跳线设置测量的串扰,并关闭不涉及测量的 SMA 端口。

(15) 谐波: ①在 -3dBFS: 典型性能 $< -45\text{dBc}$; ②在 -20dBFS: 典型性能 $< -60\text{dBc}$ 。
测量参考 LV 跳线设置,输入和输出关闭,输出信号禁用,PCB 通过 SMA 接口接地。

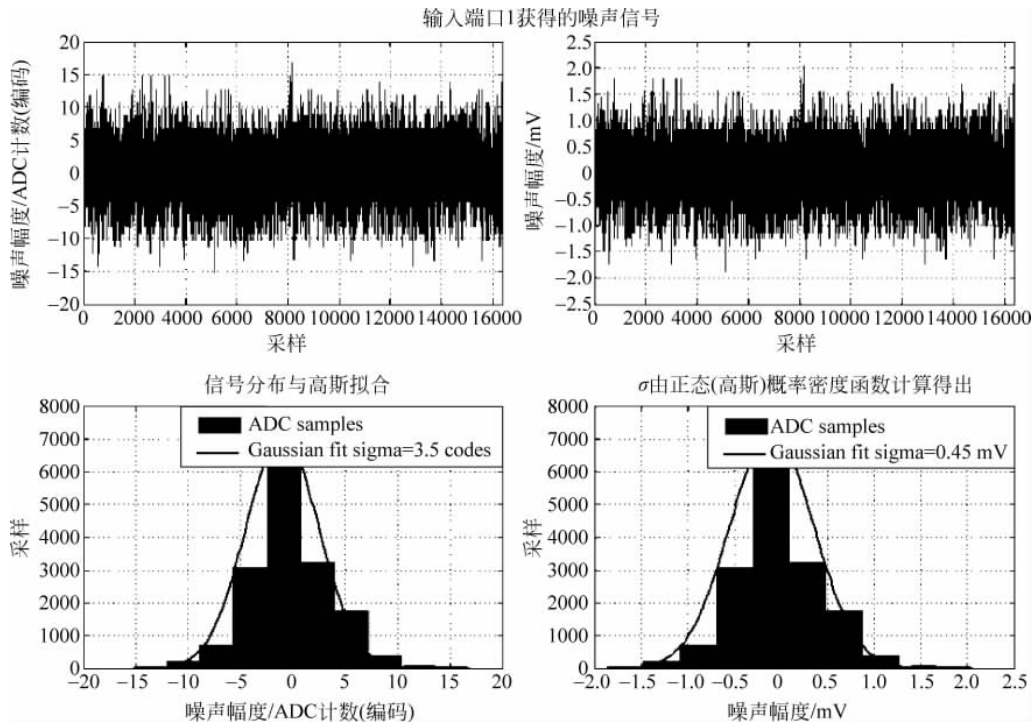


图 3-8 噪声分布

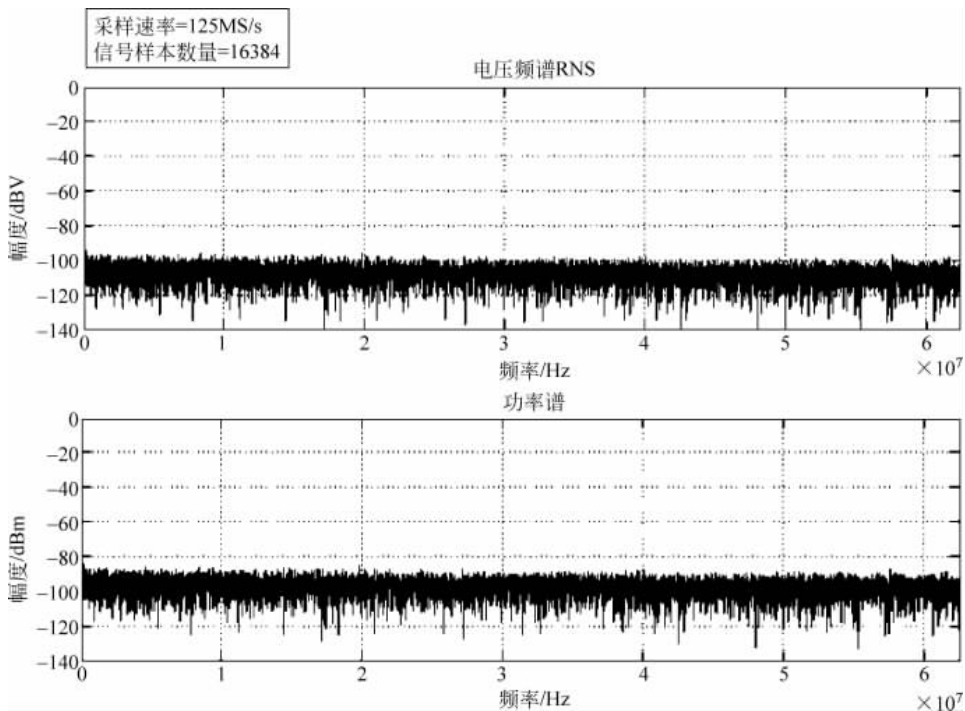


图 3-9 噪声等级

(16) 杂散频率分量：通常 $< -90\text{dBFS}$ 。测量参考 LV 跳线设置,输出信号禁用,PCB 通过 SMA 接地。图 3-10 中展示了 Red Pitaya 高速模拟输入的典型性能。使用安捷伦 33250A 信号发生器生成参考信号,使用安捷伦 E4404B 频谱分析仪对生成信号的参考频谱测量,通过 Red Pitaya 开发板采集相同的信号,并执行 FFT 分析。结果如图 3-11~图 3-19 所示,其中 Red Pitaya 开发板测量在右边。测量参考 LV 跳线设置,输出信号禁用,PCB 通过 SMA 接地。

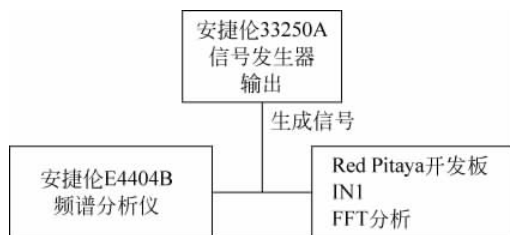


图 3-10 测量设置示意图

(17) 参考信号： -20dBm , 2MHz ,如图 3-11 所示。

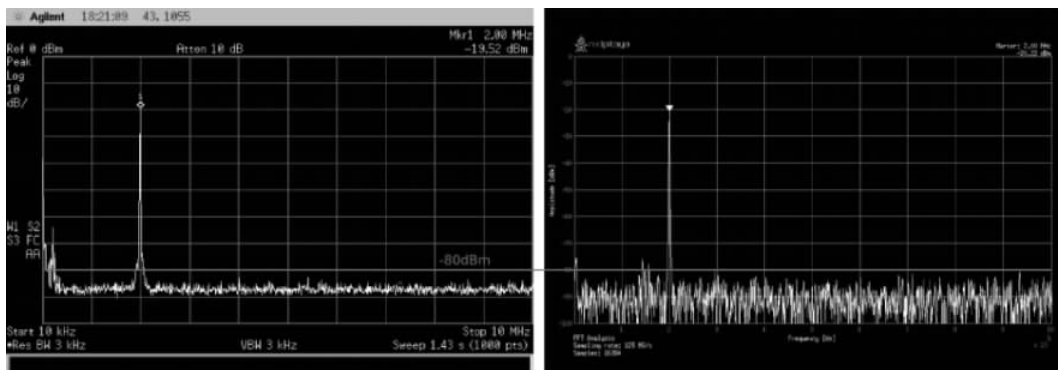


图 3-11 参考信号(-20dBm , 2MHz)

(18) 参考信号： -20dBm , 10MHz ,如图 3-12 所示。

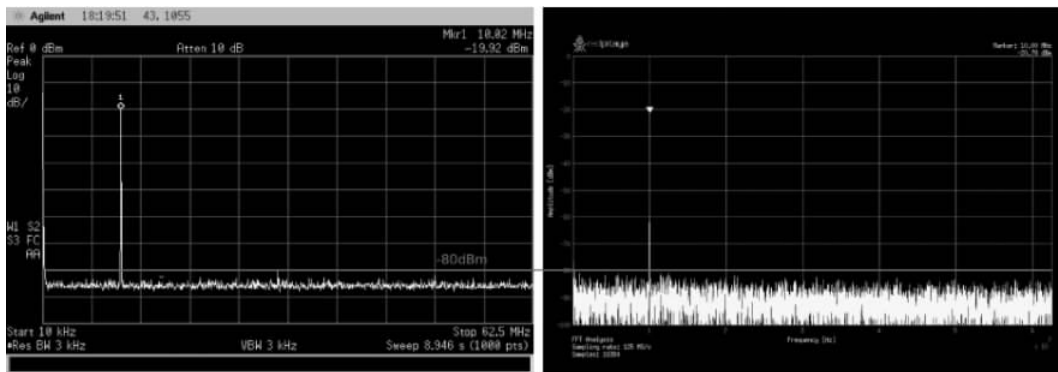


图 3-12 参考信号(-20dBm , 10MHz)

(19) 参考信号：-20dBm,30MHz,如图 3-13 所示。

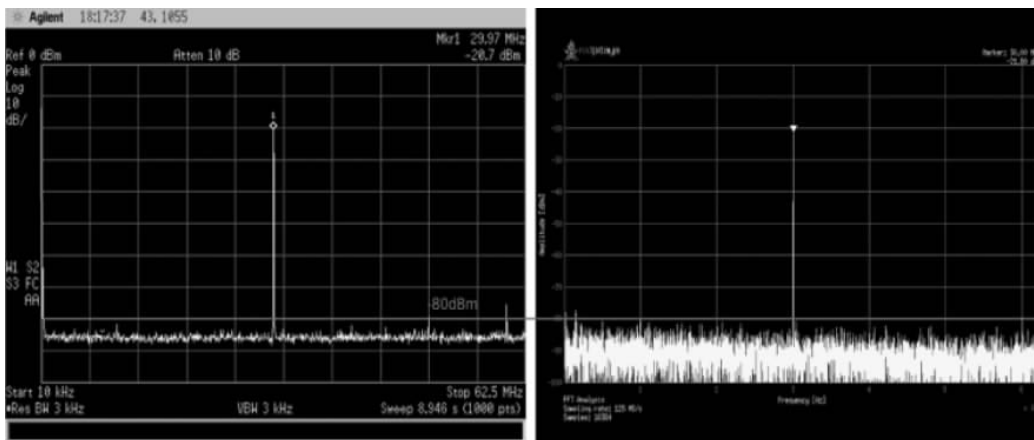


图 3-13 参考信号(-20dBm,30MHz)

(20) 参考信号：0dBm,2MHz,如图 3-14 所示。

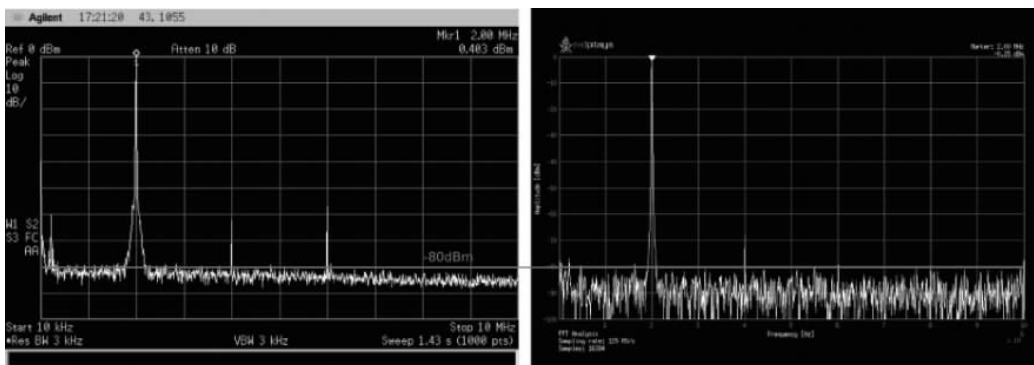


图 3-14 参考信号(0dBm,2MHz)

(21) 参考信号：0dBm,10MHz,如图 3-15 所示。

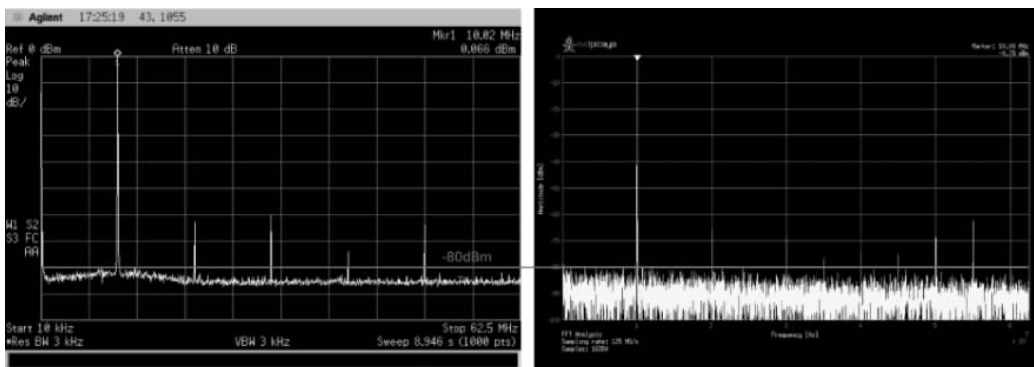


图 3-15 参考信号(0dBm,10MHz)

(22) 参考信号：0dBm,30MHz,如图 3-16 所示。

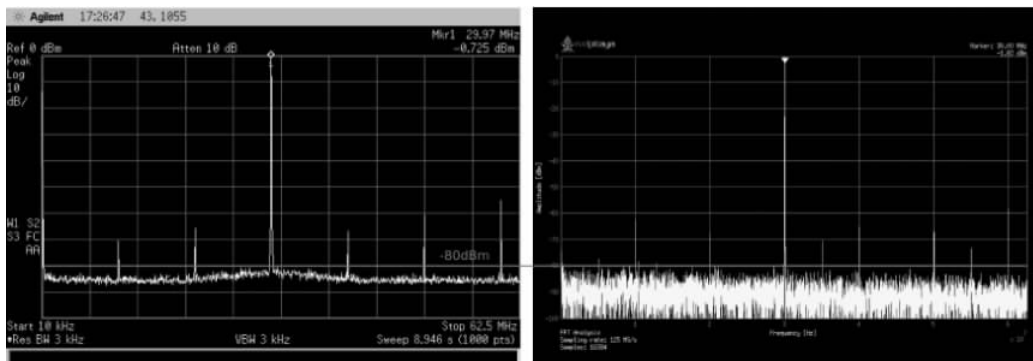


图 3-16 参考信号(0dBm,30MHz)

(23) 参考信号：-3dBFS,2MHz,如图 3-17 所示。

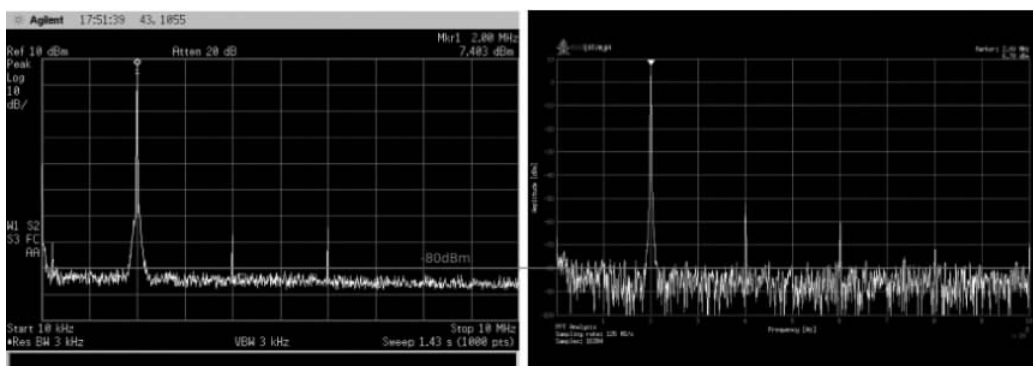


图 3-17 参考信号(-3dBFS,2MHz)

(24) 参考信号：-3dBFS,10MHz,如图 3-18 所示。

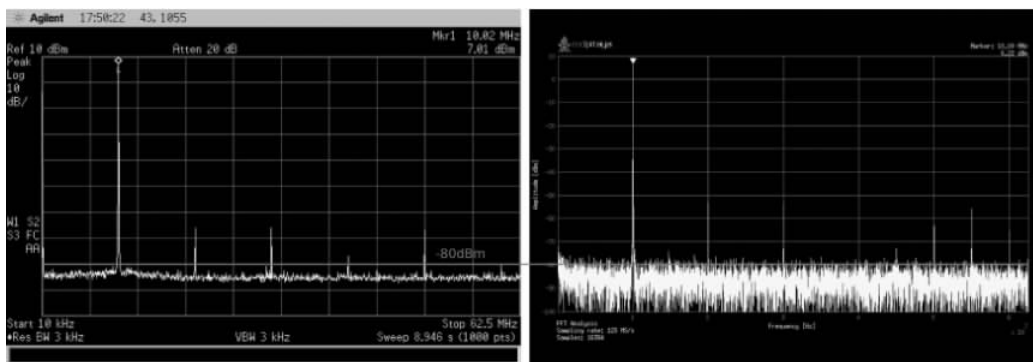


图 3-18 参考信号(-3dBFS,10MHz)

(25) 参考信号：-3dBFS,30MHz,如图 3-19 所示。

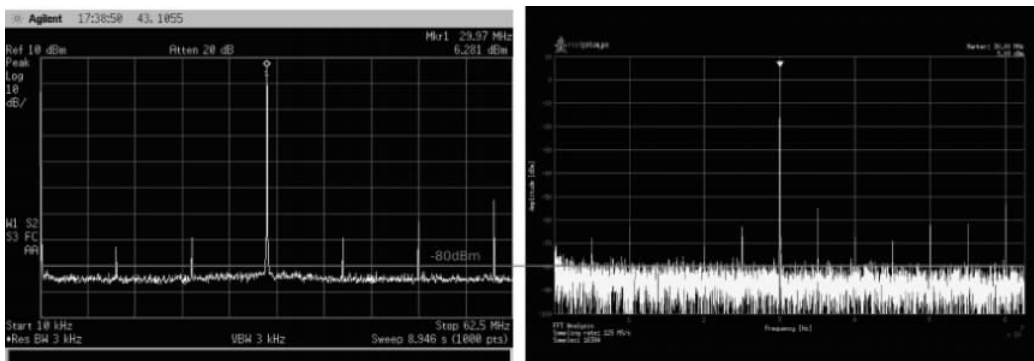


图 3-19 参考信号(-3dBFS,30MHz)

由于模拟输入和输出电子电气特性的自然分布,不同的 Red Pitaya 开发板的偏移和增益可能略有不同,并可能随时间而改变。校准系数存储在 Red Pitaya 开发板的 EEPROM 中,可以通过校准工具访问和修改。

(26) 直流偏移误差： $<3\%$ (跳线量程设置为低压)。

(27) 增益误差： $<3\%$ (跳线量程设置为低压)。

还可以通过更精确的增益和 DC 偏移校准进行进一步的校正。

3.4 模拟输入校准

用户可以使用示波器和信号发生器应用程序或 calib 命令行实用程序对开发板进行校准。在使用示波器和信号发生器应用程序执行校准时,只需选择“设置”→“校准”,然后按照说明进行操作即可。若使用 calib 实用程序校准,必须先启动开发板并通过终端连接它。图 3-20 是一些 calib 实用程序的常用命令。

EEPROM 是非易失性存储器,因此存储在开发板中的校准系数不会因为断开电源或重启开发板而改变,也不会随着应用市场的软件升级或手动修改 SD 卡内容而改变。图 3-21 是查看详细输出的 EEPROM 的校准参数示例。

从 EEPROM 中读取相同校准参数的示例见图 3-22,此时未输出详细信息,适用于在脚本中编辑。

用户使用 calib-w 命令写入更改的校准参数步骤:

- (1) 在命令行(终端)中输入 calib-w;
- (2) 按 Enter 键;
- (3) 粘贴或写入新的校准参数,见图 3-23;
- (4) 按 Enter 键。

```
redpitaya> calib

Usage: calib [OPTION]...

OPTIONS:
  -r   Read calibration values from eeprom (to stdout).
  -w   Write calibration values to eeprom (from stdin).
  -f   Use factory address space.
  -d   Reset calibration values in eeprom with factory defaults.
  -v   Produce verbose output.
  -h   Print this info.
```

图 3-20 calib 实用程序的常用命令

注：Read calibration values from eeprom——从 eeprom 读取校准值；
 Write calibration values to eeprom——将校准值写入 eeprom；
 Use factory address space——使用工厂地址空间；
 Reset calibration values in eeprom with factory defaults——用出厂默认值重置 eeprom 中的校准值；
 Produce verbose output.——产生详细的输出；
 Print this info——打印此信息。

```
redpitaya> calib -r -v
FE_CH1_FS_G_HI = 45870551      # IN1 gain coefficient for LV ( $\pm 1V$  range) jumper_
↪configuration.
FE_CH2_FS_G_HI = 45870551      # IN2 gain coefficient for LV ( $\pm 1V$  range) jumper_
↪configuration.
FE_CH1_FS_G_LO = 1016267064    # IN1 gain coefficient for HV ( $\pm 20V$  range) jumper_
↪configuration.
FE_CH2_FS_G_LO = 1016267064    # IN2 gain coefficient for HV ( $\pm 20V$  range) jumper_
↪configuration.
FE_CH1_DC_offs = 78            # IN1 DC offset in ADC samples.
FE_CH2_DC_offs = 25           # IN2 DC offset in ADC samples.
BE_CH1_FS = 42755331          # OUT1 gain coefficient.
BE_CH2_FS = 42755331          # OUT2 gain coefficient.

BE_CH1_DC_offs = -150         # OUT1 DC offset in DAC samples.
BE_CH2_DC_offs = -150         # OUT2 DC offset in DAC samples.
```

图 3-21 EEPROM 校准参数示例

注：gain coefficient for LV ($\pm 1V$ range) jumper——连接低增益跳线($\pm 1V$ 量程)；
 gain coefficient for HV ($\pm 20V$ range) jumper——连接高增益跳线($\pm 20V$ 量程)；
 DC offset in ADC samples——ADC 采样中的直流偏移；
 gain coefficient——增益系数。

```
redpitaya> calib -r
45870551      45870551      1016267064      1016267064
```

图 3-22 EEPROM 中读取相同校准参数示例

```
redpitaya> calib -w
40000000      45870551      1016267064      1016267064      ↵
↪      78      25      42755331      42755331      ↵
↪      -150      -150
```

图 3-23 更改校准参数结果

如果校准向量时发生一些未知的错误,可使用如图 3-24 所示的命令将其重置为出厂默认值。

```
redpitaya> calib -d
```

图 3-24 更改校准参数结果

DC 偏移校准参数可以作为接地输入采集信号的平均值。增益参数可以通过使用参考电压源和旧版本的示波器应用的读数来计算。此时启动示波器应用程序,连接参考电压到输入口并进行测量,使用上述说明更改增益校准参数,重新加载示波器应用程序,并使用新的校准参数重新进行测量。值得注意的是,增益参数可以通过重复校准和测量的步骤来优化。表 3-1 给出了参数校准值。

表 3-1 DC 偏移校准参数

参 数	跳线设置	值
直流增益精度(122kS/s 时)	LV	0.20%
直流偏移(122kS/s 时)	LV	±0.5mV
直流增益精度(122kS/s 时)	HV	0.50%
直流偏移(122kS/s 时)	HV	±5mV

图 3-25 显示了频率带宽响应。

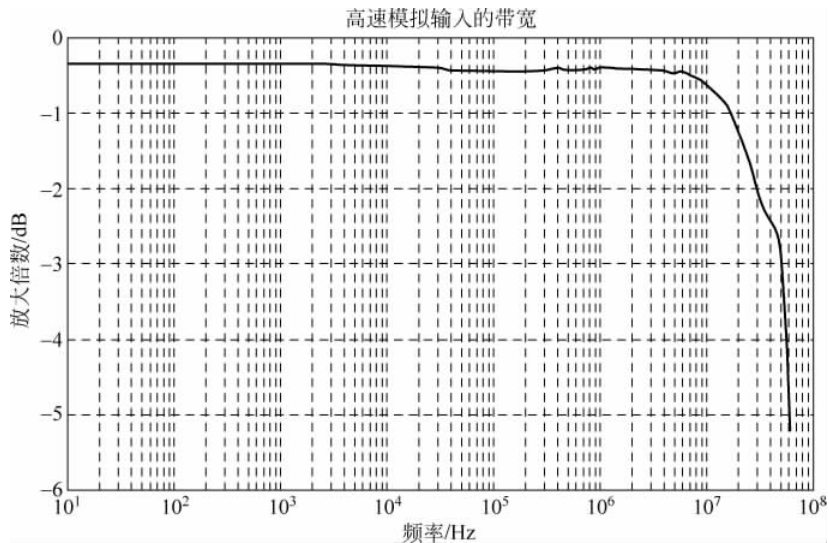


图 3-25 频率带宽响应

3.5 模拟输出

Red Pitaya 开发板模拟前端具有两个高速模拟输出,下面对输出端口及其典型规格做具体介绍。

- (1) 可进行射频输出。
- (2) 通道数: 2。
- (3) 采样率: 125M 采样/s。
- (4) DAC 分辨率: 14 位。
- (5) 输出耦合: 直流耦合。
- (6) 负载阻抗: 50Ω 。

输出通道设计为驱动 50Ω 负载。当不使用通道时终止输出。在高阻抗负载应用中并联 50Ω 负载(SMA 三通接头)。

(7) 满量程功率: $>9\text{dBm}$ 。典型值: 1MHz 正弦功率电平为 9.5dBm 。输出功率受压摆率限制。

(8) 输出转换速率限制: $200\text{V}/\mu\text{s}$ 。

(9) 连接器类型: 连接到 Red Pitaya 开发板接口上的 SMA 连接器必须符合 MILC 39012 的标准规范,且接口中心的针头具有合适的长度,否则安装在 Red Pitaya 开发板中的 SMA 连接器将损坏开发板接口部件,同时开发板上的 SMA 连接器的中心针头将会松动,并损坏电路板,由于机械损坏(焊盘从电路板上脱落)造成的问题,电路板将无法修复。Red Pitaya 开发板的 SMA 连接器如图 3-26 所示,输出电路如图 3-27 所示。

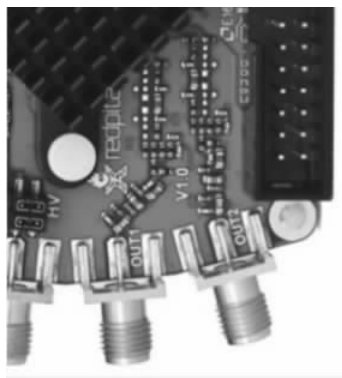


图 3-26 Red Pitaya 开发板的 SMA 连接器

(10) 输出通道(输出放大器和滤波器)的阻抗如图 3-28 所示。

(11) 带宽: $50\text{MHz}(3\text{dB})$ 。带宽测量结果如图 3-29 所示。

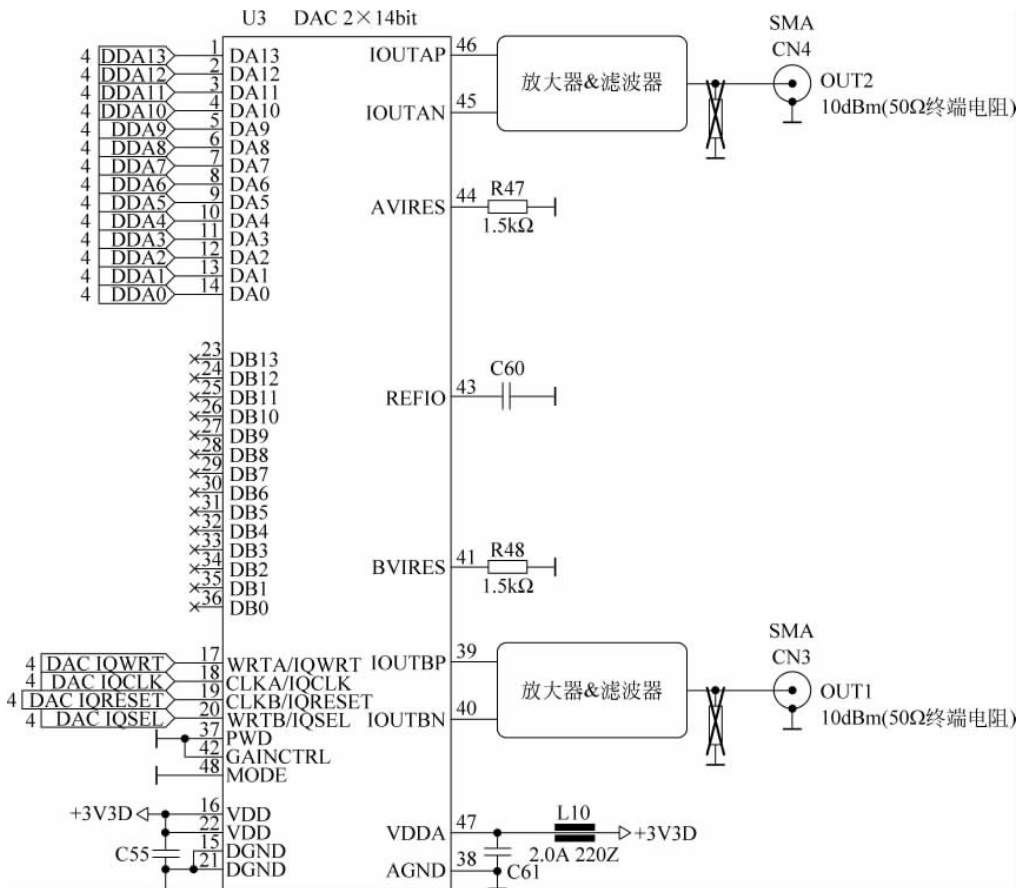


图 3-27 输出通道原理图

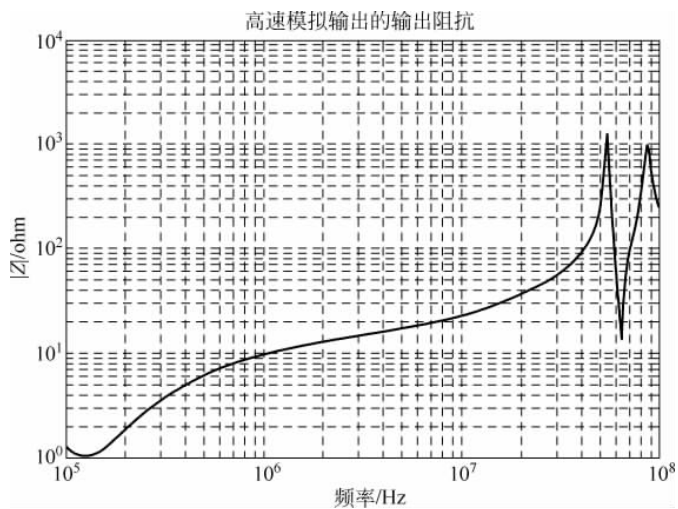


图 3-28 输出阻抗

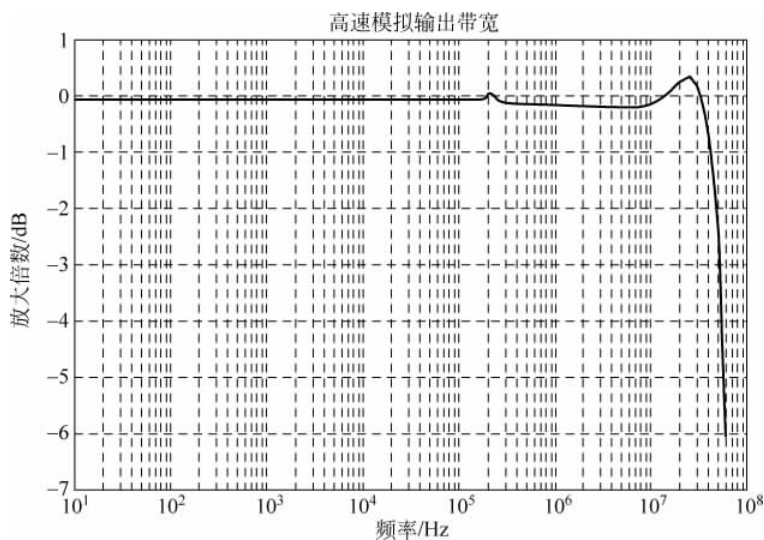


图 3-29 高速模拟输出带宽

使用安捷伦 MSO7104B 示波器对每个测量信号的频率步进(10Hz~60MHz)进行测量。可知 Red Pitaya 开发板 OUT1 使用 0dBm 输出功率,OUT2 通道和 IN1、IN2 通道端接 50Ω 终端。测量时 Red Pitaya 开发板与示波器共地,示波器输入阻抗设置为 50Ω。

(12) 谐波: 典型性能(8dBm)有①1MHz 时 51dBc; ②10MHz 时 49dBc; ③20MHz 时 48dBc; ④45MHz 时 53dBc。

(13) 直流偏移误差: <5%FS。

(14) 增益误差: <5%。

可以通过更精确的增益和直流偏移校准进行进一步的校正。

3.6 模拟输出校准

校准需在噪声可控的环境中进行,输入和输出增益用 0.02%和 0.003%直流参考电压标准校准,输入增益校准在中等大小的时基范围内执行。Red Pitaya 开发板是非屏蔽设备,其输入/输出接地不像传统示波器那样连接到接地。为了实现下面给出的校准结果,Red Pitaya 开发板必须接地并屏蔽。表 3-2 给出了校准参数值。

表 3-2 模拟输出校准参数

参 数	值
直流增益精度	0.40%
直流偏移	±4mV
纹波(直流 0.5V 时)	0.4mV _{pp}

3.7 扩展

前面介绍的输入/输出等功能也许不能满足各个行业以及不同使用场景的用户需求,因此开发板提供了扩展接口,以适应不同使用场景及行业的不同需求。

3.7.1 扩展连接器综述

(1) 连接器: 2×26 针 IDC(M 号,间距 2.54mm)。

(2) 电源: ①可用电压有+5V,+3.3V,-3.3V; ②电流限制+5V 和+3.3V(扩展模块和 MSB 设备之间共用)为 500mA,-3.3V 电源为 50mA。

3.7.2 扩展连接器 E1

扩展连接器 E1 各性能参数介绍如下,参数校准情况见表 3-3。

(1) 3V 电源。

(2) 16 个单端或 8 个具有 3.3V 逻辑电平的差分数字 I/O。

表 3-3 E1 的引脚功能

编号	描述	FPGA 引脚编号	FPGA 引脚描述	电平/V
1	3V3			
2	3V3			
3	DIO0_P	G17	IO_L16P_T2_35	3.3
4	DIO0_N	G18	IO_L16N_T2_35	3.3
5	DIO1_P	H16	IO_L13P_T2_MRCC_35	3.3
6	DIO1_N	H17	IO_L13N_T2_MRCC_35	3.3
7	DIO2_P	J18	IO_L14P_T2_AD4P_SRCC_35	3.3
8	DIO2_N	H18	IO_L14N_T2_AD4N_SRCC_35	3.3
9	DIO3_P	K17	IO_L12P_T1_MRCC_35	3.3
10	DIO3_N	K18	IO_L12N_T1_MRCC_35	3.3
11	DIO4_P	L14	IO_L22P_T3_AD7P_35	3.3
12	DIO4_N	L15	IO_L22N_T3_AD7N_35	3.3
13	DIO5_P	L16	IO_L11P_T1_SRCC_35	3.3
14	DIO5_N	L17	IO_L11N_T3_SRCC_35	3.3
15	DIO6_P	K16	IO_L24P_T3_AD15P_35	3.3
16	DIO6_N	J16	IO_L24N_T3_AD15N_35	3.3
17	DIO7_P	M14	IO_L23P_T3_35	3.3
18	DIO7_N	M15	IO_L23N_T3_35	3.3
19	NC			
20	NC			
21	NC			

续表

编 号	描 述	FPGA 引脚编号	FPGA 引脚描述	电平/V
22	NC			
23	NC			
24	NC			
25	GND			
26	GND			

3.7.3 扩展连接器 E2

扩展连接器 E2 各性能参数介绍如下,其引脚功能见表 3-4。

- (1) 电源: +5V 和 -3V 电源。
- (2) 支持协议: SPI, UART, I2C。
- (3) ADC: 4 个低速 ADC。
- (4) DAC: 4 个低速 DAC。
- (5) 外部时钟: 外部时钟用于高速 ADC。

表 3-4 E2 引脚功能

编 号	描 述	FPGA 引脚编号	FPGA 引脚描述	电 平
1	+5V			
2	-3.4V(50mA)			
3	SPI(MOSI)	E9	PS_MIO10_500	3.3V
4	SPI(MISO)	C6	PS_MIO11_500	3.3V
5	SPI(SCK)	D9	PS_MIO12_501	3.3V
6	SPI(CS#)	E8	PS_MIO13_501	3.3V
7	UART(TX)	C8	PS_MIO08	3.3V
8	UART(RX)	C5	PS_MIO09	3.3V
9	IIC(SCL)	B9	PS_MIO50_501	3.3V
10	IIC(SDA)	B13	PS_MIO51_501	3.3V
11	Ext com. mode			GND(default)
12	GND			
13	Analog Input0			0~3.5V
14	Analog Input1			0~3.5V
15	Analog Input2			0~3.5V
16	Analog Input3			0~3.5V
17	Analog Output0			0~1.8V
18	Analog Output1			0~1.8V
19	Analog Output2			0~1.8V
20	Analog Output3			0~1.8V
21	GND			

续表

编 号	描 述	FPGA 引脚编号	FPGA 引脚描述	电 平
22	GND			
23	Ext Adc CLK+			LVDS
24	Ext Adc CLK-			LVDS
25	GND			
26	GND			

Red Pitaya 开发板 V1.0 版本在 2 号引脚上可以输入 -3.3V, V1.1 版本在 2 号引脚上可以输入 -3.4V。扩展连接器示意图如图 3-30 所示。

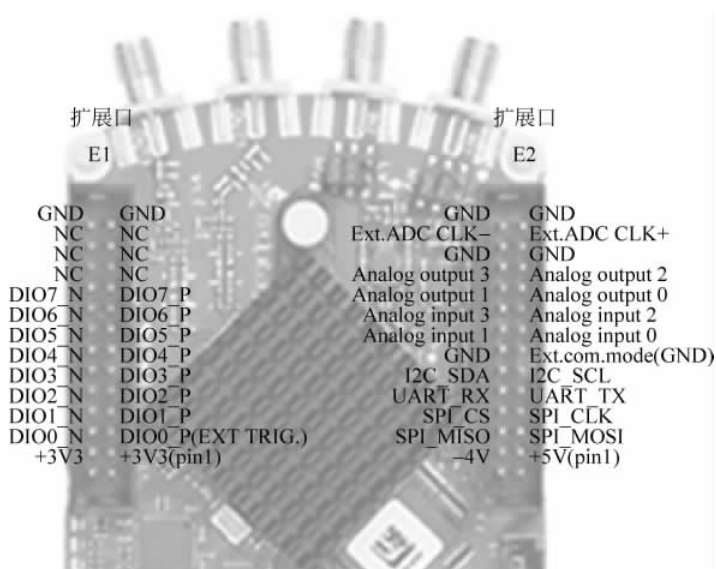


图 3-30 扩展连接器示意图

3.7.4 扩展连接器注意事项

对于扩展连接器,需要注意以下事项。

- (1) 输入接口的电容值选择取决于跳线设置,不同的设置可能会有所不同。
- (2) 50Ω 负载可通过 SMA 三通并联连接到输入端口,以便在 50Ω 系统中进行测量。
- (3) 在两个通道上使用高增益跳线设置测量串扰,不涉及测量的 SMA 连接器将被关闭。

(4) 测量设置为高增益跳线设置时,存在有限的环境噪声,输入/输出关闭,输出信号禁用,PCB 通过 SMA 共地。规定的底噪测量是从全速率的 16k 个连续样本的标准偏差计算的。通常全带宽 $\text{std}(V_n) < 2\text{mV}$ 。由于底噪测量规定不单独处理杂散频谱分量,并表示时域噪声平均值称为 1 赫兹带宽,在存在杂散分量的情况下,实际底噪值将降低。

(5) 可以通过更精确的增益和直流偏移校准进行进一步的校正。

(6) 软件默认允许以 CPU 默认速度进行采样。以 100k 采样/s 速率采集序列需要通过额外的 FPGA 操作来处理。

(7) 此部分实现了一阶低通滤波器,若有高阶需要,可根据应用要求在外部加上额外的滤波器。

(8) 输出通道设计为驱动 50Ω 负载。当不使用通道时关闭输出。在高阻抗负载应用中通过 SMA 三接头并联 50Ω 负载。

(9) 开发板以 10dBm 输出功率进行电平测量。

(10) 1MHz 正弦的典型功率电平为 9.5dBm。输出功率受压摆率限制。

(11) 本书中提供详细原理图(Red_Pitaya_Schematics_STEM_125-10_V1.0.pdf),下载地址为 http://downloads.redpitaya.com/doc/Red_Pitaya_Schematics_STEM_125-10_V1.0.pdf。

(12) 为了避免数字速度限制,通用输入/输出引脚直接连接到 FPGA。FPGA 去耦合引脚保护应在扩展模块设计中解决。用户负责引脚处理。

(13) 使用未经认证的电源可能会降低性能或损坏产品。

(14) 使用过程中必须安装散热器,并且电路板必须在无气流障碍物的平坦表面上操作。若在更高的温度环境中,必须保证更低的压力条件或通过足够的通风处理。在温度过高的环境下,产品会自动禁用某些操作。

(15) 某些部件在操作期间和操作后可能变热,不要触摸它们。

(16) 对于低频信号而言,若为包含超过 1kHz 频率分量的输入信号,定义满量程值为最大容许输入电压。

(17) 跳线设置仅限于本章中所述的位置,任何其他配置或使用不同的跳线类型都可能会损坏产品。

3.8 输入/输出通道

3.8 节将对 Red Pitaya 输入/输出通道的各项参数做一个完整的阐述。

3.8.1 模拟输入通道

模拟输入通道的各项参数如下。

(1) 通道数: 4。

(2) 采样率: 100k 采样/s。

(3) ADC 分辨率: 12 位。

(4) 连接器: IDC 连接器, E2 上的专用引脚(引脚 13、14、15、16)。

(5) 输入电压范围: $0\sim 3.5\text{V}$ 。

(6) 输入耦合: 直流耦合。

3.8.2 模拟输出通道

模拟输出通道的各项参数如下。

- (1) 通道数：4。
- (2) 输出类型：低通滤波 PWM(I)。
- (3) PWM 时间分辨率：4ns(1/250MHz)。
- (4) 连接器：IDC 连接器 E2 上的专用引脚(引脚 17、18、19、20)。
- (5) 输出电压范围：0~1.8V。
- (6) 输出耦合：直流耦合。

3.8.3 通用数字输入/输出通道：(N)

通用数字输入/输出通道的各项参数如下。

- (1) 数字输入/输出引脚数：16。
- (2) 电压电平：3.3V。
- (3) 输入/输出方向：可配置。
- (4) 位置：IDC 连接器 E1(针 324)。

3.9 供电部分简介

Red Pitaya 开发板也可以通过扩展连接器 E2 的 pin1 对 Red Pitaya 开发板供电,但在这种情况下,必须由用户提供外部保护,以保护电路板,参考保护电路如图 3-31 所示。

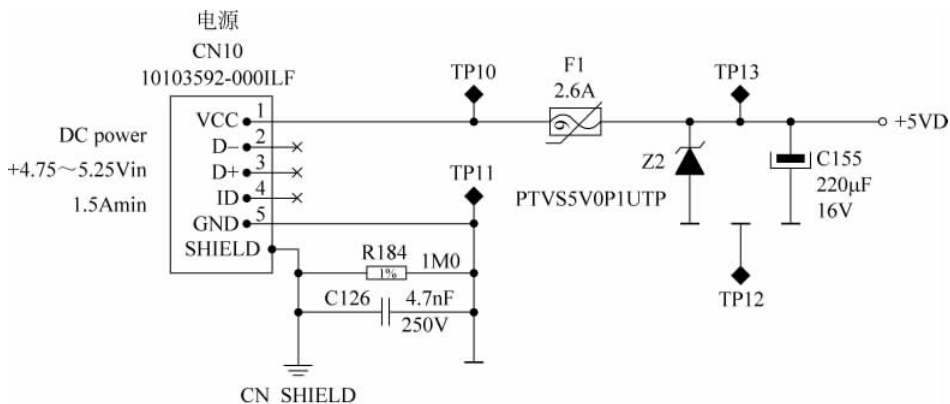


图 3-31 参考保护电路

3.10 扩展模块及初步设计规格

Red Pitaya 开发板可扩展软硬件模块,也可访问和控制辅助数字和模拟信号,见图 3-32。可扩展软硬件模块具有如下特点。

(1) 开发板集成 16 个双向数字输入/输出(I/O)线,具有单独的方向控制和 3 态输出,可用于灵活的数字信号采集和生成。

(2) 采集速率高达 420Mb/s(与电压电平相关)。

(3) 拥有 16KB 样本缓冲器。

(4) 提供用于序列采集的高级触发方案。

(5) 具备 1.2V、1.5V、1.8V、2.5V、3.3V、5V 等电压的集成电平转换器功能。

(6) 设计含有 FPGA ESD 保护。

(7) 可外加模拟信号滤波器。

(8) 具有通用 7 段数字显示和开关(主要用途:参考电压设置)。

(9) 具有协议分析器功能(待开发)。

(10) 集成各个功能到图形用户界面。

(11) 提供 4 路输入和 4 路输出模拟线路以及从 Red Pitaya 开发板到扩展模块的模拟引脚的扩展。



图 3-32 硬件扩展模块模板的方案

3.11 外部 ADC 时钟

Red Pitaya 外部 ADC 时钟示意图如图 3-33 所示,可以通过以下方式提供。

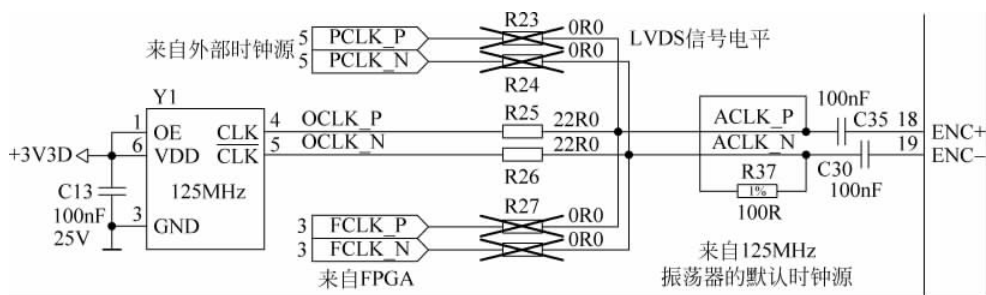


图 3-33 外部 ADC 时钟示意图

(1) 板载 125MHz XO(默认)。

(2) 通过延长连接器 E2(此时 R25、R26 应移动到 R23、R24 所在的位置)获取外部时钟源。

(3) 直接从 FPGA 获取(此时 R25、R26 应移动到 R27、R28 所在的位置)。

(4) 图 3-34 显示了使用外部时钟时,需要更改的电阻在开发板的顶部和底部的位置情况。

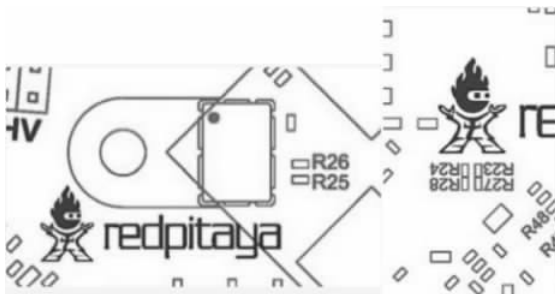


图 3-34 电阻位置图(左侧为顶层,右侧为底层)

3.12 其他

下面将对 Red Pitaya 开发板的冷却选项、接插件、风扇性能以及 LED 指示灯进行介绍。

3.12.1 冷却选项

对于外部的散热模块,建议使用 30mm 或 25mm 风扇。可以使用板上的电源连接器为风扇供电,但请注意,它仅提供 5V 供电。电源连接器位于 micro-SD 插座和主机 MSB 连接器之间,见图 3-35。

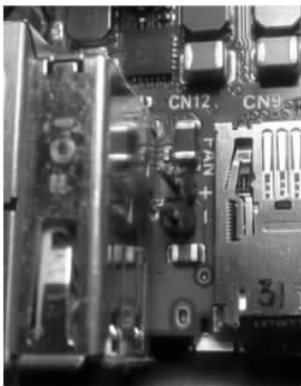


图 3-35 Red Pitaya 开发板电源连接器

注意:

- (1) 电源连接器是标准的 2 针连接器。
- (2) 仅提供 5V 电源。

3.12.2 接插件

接插件步骤如下：

- (1) 使用标准 2 针连接器更换风扇 0.05 插头；
- (2) 将黑线连接到负端子,红线连接到正端子,标记在图 3-35 中可见；
- (3) 使用两个螺钉将风扇连接到散热器,如图 3-36 所示。



图 3-36 Red Pitaya 开发板风扇安装示意图

3.12.3 风扇开启或关闭温度对比

风扇关闭和开启时测量 CPU 负载分别在高或低情况下的温度,测量温度结果如图 3-37 所示。

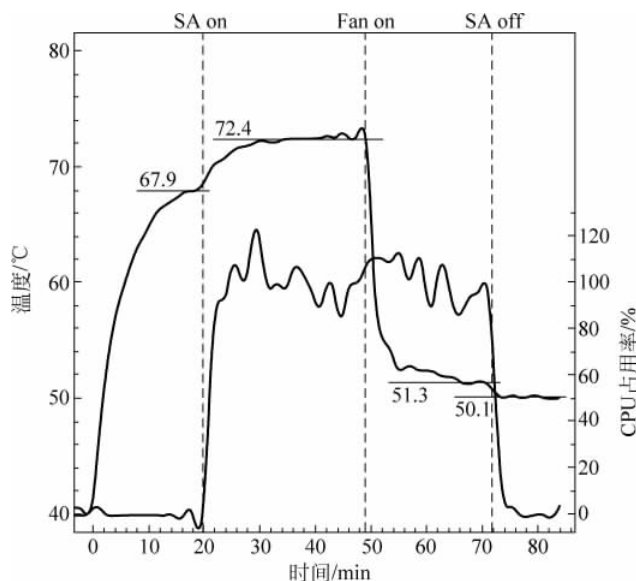


图 3-37 测量温度示意图

3.12.4 LED 指示灯说明

wlan0 的接口 LED 指示灯状态见表 3-5。

表 3-5 LED 指示灯说明表

LED 颜色	含 义
蓝色	FPGA 比特流状态(在正常操作中,这个 LED 被打开,表明 FPGA 的比特流被成功加载)
绿色	电源状态(正常运行时此灯开启,指示 Red Pitaya 开发板所有电源是否工作正常)
红色	闪烁模式应该显示 CPU 负载(正常工作指示指示灯闪烁)
黄色	SD 卡访问指示(在正常操作时,LED 以缓慢的间隔闪烁)

如果使用有线连接,则应检查 eth0 的接口状态,实现过程如图 3-38 所示。

```

redpitaya> ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:26:32:f0:01:65
          inet addr:192.168.0.107  Bcast:192.168.0.255  Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:311 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:386 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:28165 (27.5 KiB)  TX bytes:408855 (399.2 KiB)
          Interrupt:54  Base address:0xb000

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:65536  Metric:1
          RX packets:8 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:8 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:1104 (1.0 KiB)  TX bytes:1104 (1.0 KiB)

redpitaya>

```

图 3-38 检查 eth0 的接口状态