

# **XILINX FPGA 开发平台 用户手册**

## **AC7K325B 核心板**



## 文档版本控制

| 文档版本   | 修改内容记录 |
|--------|--------|
| REV1.0 | 创建文档   |
|        |        |
|        |        |
|        |        |
|        |        |
|        |        |
|        |        |
|        |        |

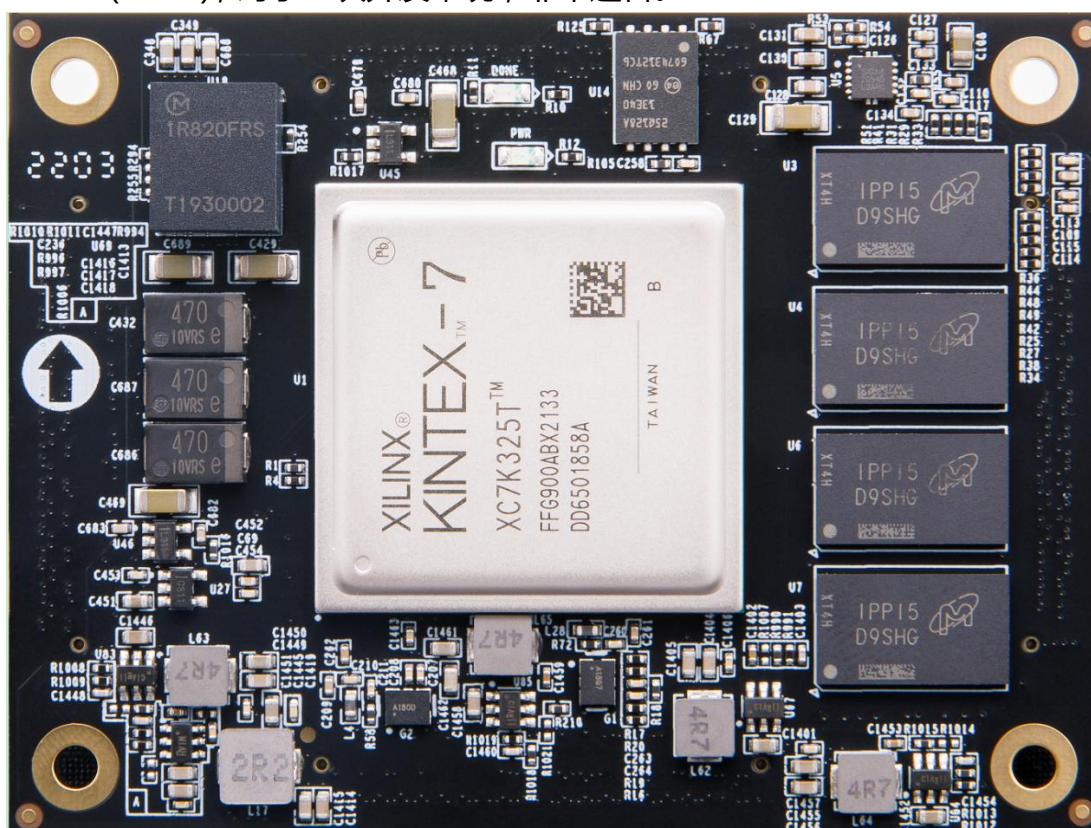
## 目 录

|                     |    |
|---------------------|----|
| 文档版本控制 .....        | 2  |
| (一) 简介 .....        | 4  |
| (二) FPGA 芯片 .....   | 5  |
| (三) DDR3 DRAM ..... | 6  |
| (四) QSPI Flash..... | 10 |
| (五) 时钟配置.....       | 12 |
| (六) LED 灯 .....     | 13 |
| (七) 电源 .....        | 14 |
| (八) 结构图 .....       | 16 |
| (九) 连接器管脚定义 .....   | 16 |

## (一) 简介

AC7K325B(核心板型号, 下同)核心板, FPGA 芯片是基于 XILINX 公司的 XC7K325 系列的 XC7K325TFFG900。核心板使用了 4 片 Micron 的 512MB 的 DDR3 芯片 MT41J256M16HA-125,总的容量达 2GB。另外核心板上也集成了 1 片 128MBit 大小的 QSPI FLASH, 用于启动存储配置和系统文件。

这款核心板的 4 个板对板连接器扩展出了 276 个 IO, 其中 BANK17 和 BANK18 的 92 个 IO 的电平可以通过更换核心板上的 LDO 芯片来修改, 满足用户不用电平接口的要求; 另外核心板也扩展出了 16 对高速收发器 GTX 接口。对于需要大量 IO 的用户, 此核心板将是不错的选择。而且 IO 连接部分, FPGA 芯片到接口之间走线做了等长和差分处理, 并且核心板尺寸仅为 80\*60 ( mm ), 对于二次开发来说, 非常适合。



AC7K325B 核心板正面图

## (二) FPGA 芯片

核心板使用的是 Xilinx 公司的 KINTEX-7 FPGA 芯片，型号为 XC7K325T-2FFG900I。速度等级为 2，温度等级为工业级。此型号为 FGG900 封装，900 个引脚，引脚间距为 1.0mm。Xilinx KINTEX-7 FPGA 的芯片命名规则如下图 2-2-1 所示：

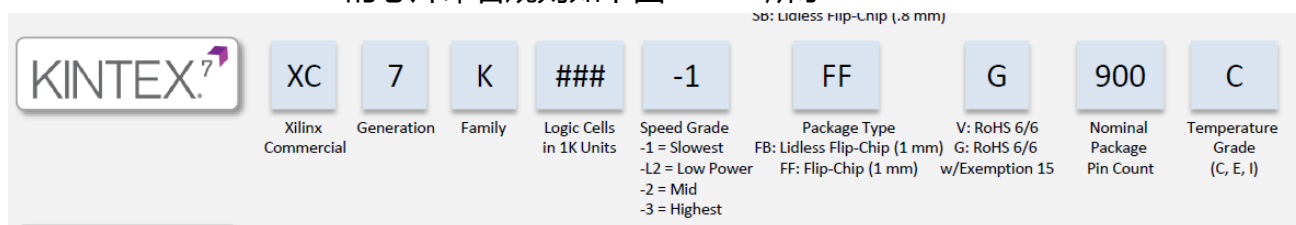


图2-2-1 KINTEX-7 FPGA型号命名规则定义

图 2-2-2 为开发板所用的 XC7K325T 芯片实物图。



图2-2-2 KINTEX-7 FPGA芯片实物

其中 FPGA 芯片 XC7K325T 的主要参数如下所示：

| 名称                        | 具体参数    |
|---------------------------|---------|
| 逻辑单元 Logic Cells          | 326,080 |
| 查找表(Slices)               | 50,950  |
| 触发器(CLB flip-flops)       | 407,600 |
| Block RAM ( kb ) 大小       | 16,020  |
| DSP 处理单元 ( DSP48 Slices ) | 840     |
| PCIe Gen2                 | 1       |

|                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| 模数转换/XADC       | 1 个 12bit, 1Mbps AD |
| GTP Transceiver | 16 个 , 12.5Gb/s max |
| 速度等级            | -2                  |
| 温度等级            | 工业级                 |

### (三) DDR3 DRAM

AC7K325B核心板上配有四片Micron(美光)的512MB的DDR3芯片,型号为MT41K256M16HA-125(兼容MT41J256M16HA-125)。4片DDR3 SDRAM组成64bit的总线宽度。因为4片DDR3芯片连接到FPGA的HP口,DDR3 SDRAM的最高运行速度可达800MHz(数据速率1600Mbps),4片DDR3存储系统直接连接到了FPGA的BANK32, BANK33, BANK34的接口上。DDR3 SDRAM的具体配置如下表2-3-1所示。

表2-3-1 DDR3 SDRAM配置

| 位号          | 芯片型号  | 容量           | 厂家     |
|-------------|---|--------------|--------|
| U3,U4,U6,U7 | MT41K256M16HA-125<br>或<br>MT41J256M16HA-125 | 256M x 16bit | Micron |

DDR3 的硬件设计需要严格考虑信号完整性,我们在电路设计和 PCB 设计的时候已经充分考虑了匹配电阻/终端电阻,走线阻抗控制,走线等长控制,保证 DDR3 的高速稳定的工作。

FPGA 和 DDR3 DRAM 的硬件连接方式如图 2-3-1 所示:

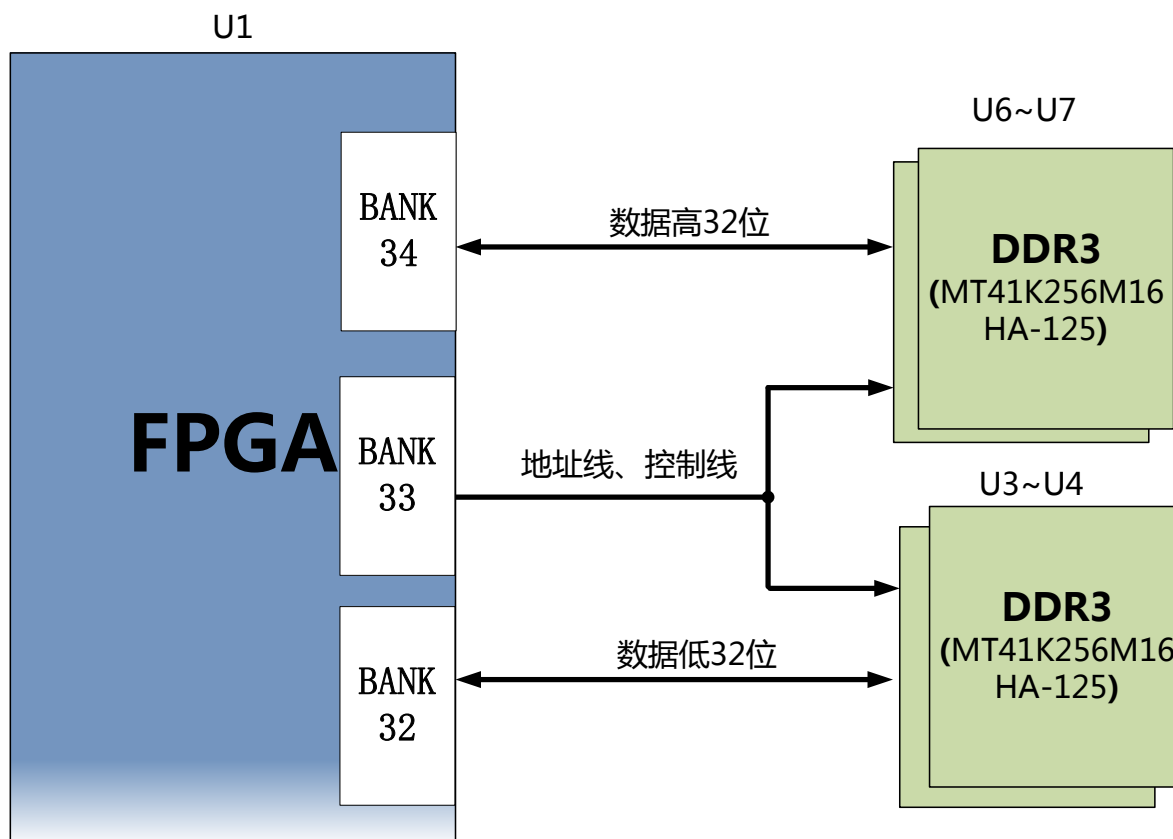


图2-3-1 DDR3 DRAM原理图部分

## 4 片 DDR3 DRAM 引脚分配：

| 信号名称     | FPGA 引脚名           | FPGA 引脚号 |
|----------|--------------------|----------|
| DDR3_D0  | IO_L13P_T2_MRCC_32 | AD18     |
| DDR3_D1  | IO_L16N_T2_32      | AB18     |
| DDR3_D2  | IO_L14P_T2_SRCC_32 | AD17     |
| DDR3_D3  | IO_L17P_T2_32      | AB19     |
| DDR3_D4  | IO_L14N_T2_SRCC_32 | AD16     |
| DDR3_D5  | IO_L17N_T2_32      | AC19     |
| DDR3_D6  | IO_L13N_T2_MRCC_32 | AE18     |
| DDR3_D7  | IO_L18P_T2_32      | AB17     |
| DDR3_D8  | IO_L8P_T1_32       | AG19     |
| DDR3_D9  | IO_L7N_T1_32       | AK19     |
| DDR3_D10 | IO_L10P_T1_32      | AD19     |
| DDR3_D11 | IO_L7P_T1_32       | AJ19     |
| DDR3_D12 | IO_L11P_T1_SRCC_32 | AF18     |
| DDR3_D13 | IO_L8N_T1_32       | AH19     |
| DDR3_D14 | IO_L10N_T1_32      | AE19     |

|          |                    |      |
|----------|--------------------|------|
| DDR3_D15 | IO_L11N_T1_SRCC_32 | AG18 |
| DDR3_D16 | IO_L1N_T0_32       | AK15 |
| DDR3_D17 | IO_L5N_T0_32       | AJ17 |
| DDR3_D18 | IO_L2N_T0_32       | AH15 |
| DDR3_D19 | IO_L4P_T0_32       | AF15 |
| DDR3_D20 | IO_L4N_T0_32       | AG14 |
| DDR3_D21 | IO_L5P_T0_32       | AH17 |
| DDR3_D22 | IO_L2P_T0_32       | AG15 |
| DDR3_D23 | IO_L1P_T0_32       | AK16 |
| DDR3_D24 | IO_L19P_T3_32      | AE15 |
| DDR3_D25 | IO_L24P_T3_32      | Y16  |
| DDR3_D26 | IO_L22P_T3_32      | AC14 |
| DDR3_D27 | IO_L20P_T3_32      | AA15 |
| DDR3_D28 | IO_L23P_T3_32      | AA17 |
| DDR3_D29 | IO_L22N_T3_32      | AD14 |
| DDR3_D30 | IO_L23N_T3_32      | AA16 |
| DDR3_D31 | IO_L20N_T3_32      | AB15 |
| DDR3_D32 | IO_L22N_T3_34      | AK6  |
| DDR3_D33 | IO_L23P_T3_34      | AJ8  |
| DDR3_D34 | IO_L22P_T3_34      | AJ6  |
| DDR3_D35 | IO_L19P_T3_34      | AF8  |
| DDR3_D36 | IO_L24N_T3_34      | AK4  |
| DDR3_D37 | IO_L23N_T3_34      | AK8  |
| DDR3_D38 | IO_L24P_T3_34      | AK5  |
| DDR3_D39 | IO_L20N_T3_34      | AG7  |
| DDR3_D40 | IO_L10P_T1_34      | AE4  |
| DDR3_D41 | IO_L8N_T1_34       | AF1  |
| DDR3_D42 | IO_L11P_T1_SRCC_34 | AE5  |
| DDR3_D43 | IO_L8P_T1_34       | AE1  |
| DDR3_D44 | IO_L12P_T1_MRCC_34 | AF6  |
| DDR3_D45 | IO_L10N_T1_34      | AE3  |
| DDR3_D46 | IO_L11N_T1_SRCC_34 | AF5  |
| DDR3_D47 | IO_L7N_T1_34       | AF2  |
| DDR3_D48 | IO_L13P_T2_MRCC_34 | AH4  |
| DDR3_D49 | IO_L16N_T2_34      | AJ2  |



|             |                    |      |
|-------------|--------------------|------|
| DDR3_D50    | IO_L14N_T2_SRCC_34 | AH5  |
| DDR3_D51    | IO_L13N_T2_MRCC_34 | AJ4  |
| DDR3_D52    | IO_L16P_T2_34      | AH2  |
| DDR3_D53    | IO_L17N_T2_34      | AK1  |
| DDR3_D54    | IO_L14P_T2_SRCC_34 | AH6  |
| DDR3_D55    | IO_L17P_T2_34      | AJ1  |
| DDR3_D56    | IO_L2P_T0_34       | AC2  |
| DDR3_D57    | IO_L4P_T0_34       | AC5  |
| DDR3_D58    | IO_L1N_T0_34       | AD3  |
| DDR3_D59    | IO_L6P_T0_34       | AC7  |
| DDR3_D60    | IO_L5N_T0_34       | AE6  |
| DDR3_D61    | IO_L5P_T0_34       | AD6  |
| DDR3_D62    | IO_L2N_T0_34       | AC1  |
| DDR3_D63    | IO_L4N_T0_34       | AC4  |
| DDR3_DM0    | IO_L16P_T2_32      | AA18 |
| DDR3_DM1    | IO_L12P_T1_MRCC_32 | AF17 |
| DDR3_DM2    | IO_L6P_T0_32       | AE16 |
| DDR3_DM3    | IO_L24N_T3_32      | Y15  |
| DDR3_DM4    | IO_L20P_T3_34      | AF7  |
| DDR3_DM5    | IO_L7P_T1_34       | AF3  |
| DDR3_DM6    | IO_L18P_T2_34      | AJ3  |
| DDR3_DM7    | IO_L1P_T0_34       | AD4  |
| DDR3_DQS0_P | IO_L15P_T2_DQS_32  | Y19  |
| DDR3_DQS0_N | IO_L15N_T2_DQS_32  | Y18  |
| DDR3_DQS1_P | IO_L9P_T1_DQS_32   | AJ18 |
| DDR3_DQS1_N | IO_L9N_T1_DQS_32   | AK18 |
| DDR3_DQS2_P | IO_L3P_T0_DQS_32   | AH16 |
| DDR3_DQS2_N | IO_L3N_T0_DQS_32   | AJ16 |
| DDR3_DQS3_P | IO_L21P_T3_DQS_32  | AC16 |
| DDR3_DQS3_N | IO_L21N_T3_DQS_32  | AC15 |
| DDR3_DQS4_P | IO_L21P_T3_DQS_34  | AH7  |
| DDR3_DQS4_N | IO_L21N_T3_DQS_34  | AJ7  |
| DDR3_DQS5_P | IO_L9P_T1_DQS_34   | AG4  |
| DDR3_DQS5_N | IO_L9N_T1_DQS_34   | AG3  |
| DDR3_DQS6_P | IO_L15P_T2_DQS_34  | AG2  |

|             |                    |      |
|-------------|--------------------|------|
| DDR3_DQS6_N | IO_L15N_T2_DQS_34  | AH1  |
| DDR3_DQS7_P | IO_L3P_T0_DQS_34   | AD2  |
| DDR3_DQS7_N | IO_L3N_T0_DQS_34   | AD1  |
| DDR3_A0     | IO_L1P_T0_33       | AA12 |
| DDR3_A1     | IO_L1N_T0_33       | AB12 |
| DDR3_A2     | IO_L2P_T0_33       | AA8  |
| DDR3_A3     | IO_L2N_T0_33       | AB8  |
| DDR3_A4     | IO_L3P_T0_DQS_33   | AB9  |
| DDR3_A5     | IO_L3N_T0_DQS_33   | AC9  |
| DDR3_A6     | IO_L6N_T0_VREF_33  | AB13 |
| DDR3_A7     | IO_L4N_T0_33       | Y10  |
| DDR3_A8     | IO_L5P_T0_33       | AA11 |
| DDR3_A9     | IO_L5N_T0_33       | AA10 |
| DDR3_A10    | IO_L6P_T0_33       | AA13 |
| DDR3_A11    | IO_L8P_T1_33       | AD8  |
| DDR3_A12    | IO_L7P_T1_33       | AB10 |
| DDR3_A13    | IO_L7N_T1_33       | AC10 |
| DDR3_A14    | IO_L15P_T2_DQS_33  | AJ9  |
| DDR3_BA0    | IO_L8N_T1_33       | AE8  |
| DDR3_BA1    | IO_L9P_T1_DQS_33   | AC12 |
| DDR3_BA2    | IO_L9N_T1_DQS_33   | AC11 |
| DDR3_WE     | IO_L10P_T1_33      | AD9  |
| DDR3_RAS    | IO_L10N_T1_33      | AE9  |
| DDR3_CAS    | IO_L11P_T1_SRCC_33 | AE11 |
| DDR3_S0     | IO_L11N_T1_SRCC_33 | AF11 |
| DDR3_CKE0   | IO_L12P_T1_MRCC_33 | AD12 |
| DDR3_ODT    | IO_L12N_T1_MRCC_33 | AD11 |
| DDR3_CLK0_P | IO_L13P_T2_MRCC_33 | AG10 |
| DDR3_CLK0_N | IO_L13N_T2_MRCC_33 | AH10 |
| DDR3_RESET  | IO_L4P_T0_33       | Y11  |

#### (四) QSPI Flash

核心板配有一片 128MBit 大小的 Quad-SPI FLASH 芯片，型号为 N25Q128A，它使用 3.3V CMOS 电压标准。由于 QSPI FLASH 的非易失特性，在使用中，它可以存储 FPGA 的

配置 Bin 文件以及其它的用户数据文件。QSPI FLASH 的具体型号和相关参数见表 2-4-1。

| 位号  | 芯片类型     | 容量      | 厂家      |
|-----|----------|---------|---------|
| U14 | N25Q128A | 128Mbit | Numonyx |

表2-4-1 QSPI Flash的型号和参数

QSPI FLASH 连接到 FPGA 芯片的 BANK0 和 BANK14 的专用管脚上，其中时钟管脚连接到 BANK0 的 CCLK0 上，其它数据和片选信号分别连接到 BANK14 的 D00~D03 和 FCS 管脚上。图 2-4-1 为 QSPI Flash 和 FPGA 芯片的连接示意图。

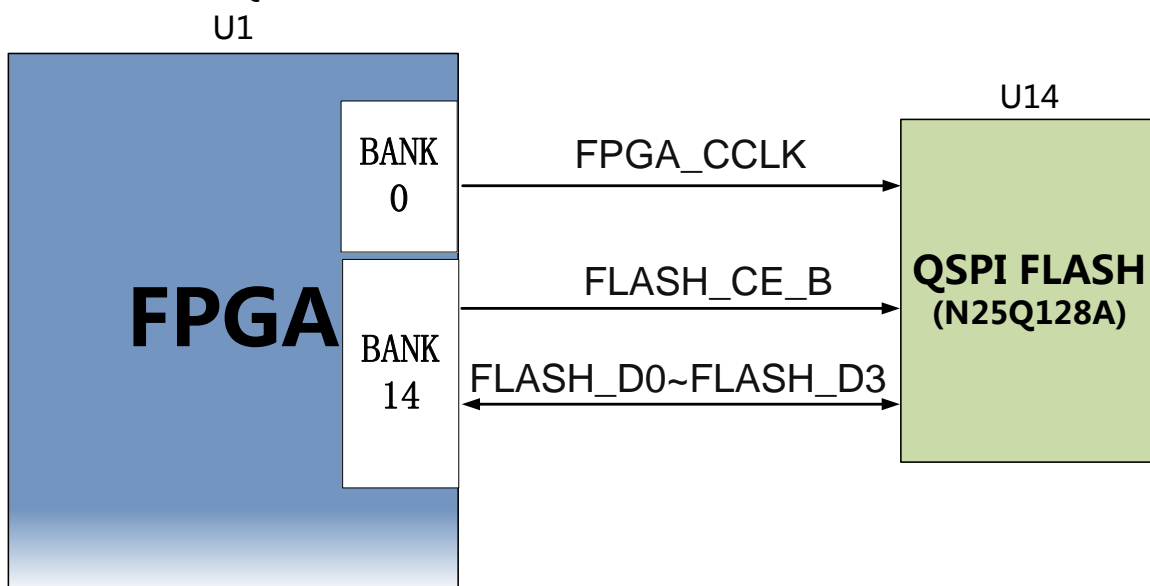


图 5-1 QSPI Flash 连接示意图

配置芯片引脚分配：

| 信号名称       | FPGA 引脚名              | FPGA 引脚号 |
|------------|-----------------------|----------|
| FPGA_CCLK  | CCLK_0                | B10      |
| FLASH_CE_B | IO_L6P_T0_FCS_B_14    | U19      |
| FLASH_D0   | IO_L1P_T0_D00_MOSI_14 | P24      |
| FLASH_D1   | IO_L1N_T0_D01_DIN_14  | R25      |
| FLASH_D2   | IO_L2P_T0_D02_14      | R20      |
| FLASH_D3   | IO_L2N_T0_D03_14      | R21      |

## (五) 时钟配置

核心板上为 FPGA 系统提供了 200MHz 和 125MHz 的差分有源时钟。分别为 FPGA 逻辑部分和高速收发器 GTX 部分提供差分时钟源。时钟电路设计的示意图如下图 2-5-1 所示：

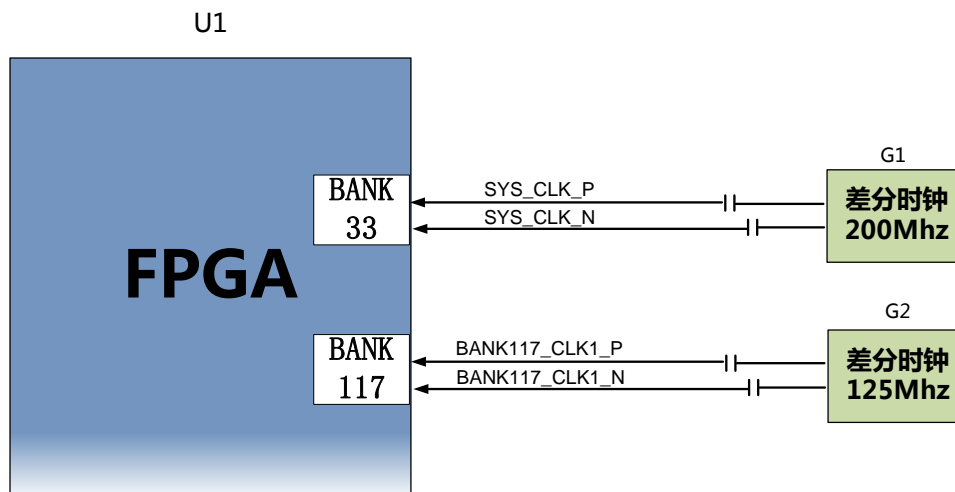


图 2-5-1 核心板时钟源

### FPGA 系统时钟源

板上提供了一个差分 200MHz 的 FPGA 系统时钟源，用于 DDR3 控制器的参考时钟。晶振输出连接到 FPGA BANK33 的全局时钟(MRCC)，这个全局时钟可以用来驱动 FPGA 内的 DDR3 控制器和用户逻辑电路。该时钟源的原理图如图 2-5-2 所示

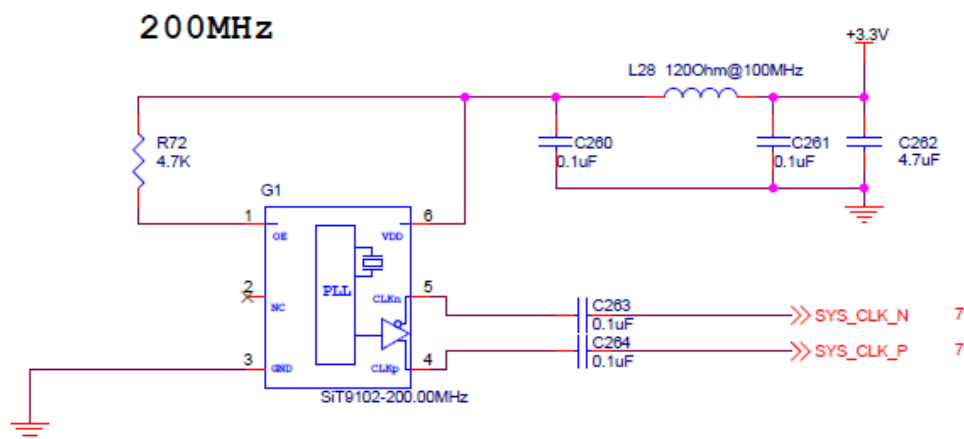


图 2-5-2 系统时钟源

时钟引脚分配：

| 信号名称      | FPGA 引脚 |
|-----------|---------|
| SYS_CLK_P | AE10    |

SYS\_CLK\_N

AF10

## GTX 参考时钟

核心板上为 GTX 收发器提供了 125Mhz 的参考时钟。参考时钟连接到 BANK117 的参考时钟输入 REFCLK1P/REFCLK1N。该时钟源的原理图如图 2-5-3 所示

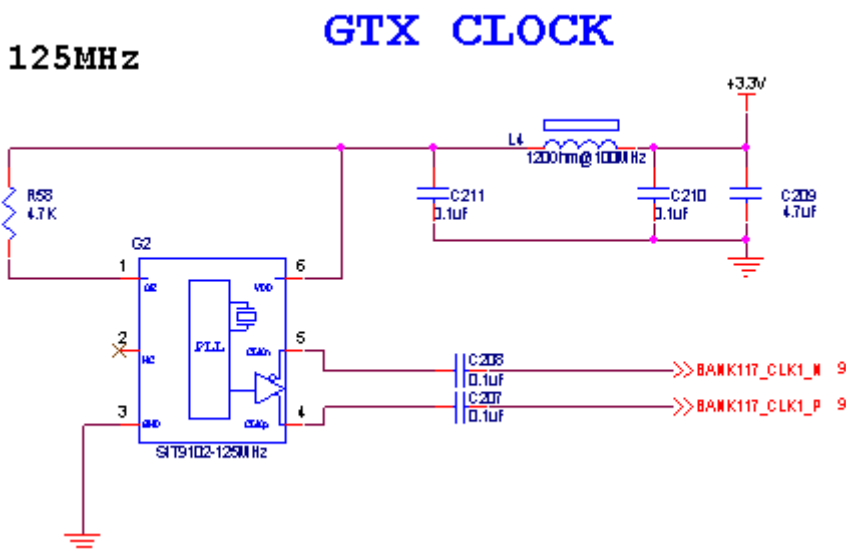


图 2-5-3 GTX 时钟源

## GTX 时钟源 FPGA 引脚分配：

| 信号名称           | FPGA 引脚 |
|----------------|---------|
| BANK117_CLK1_P | J8      |
| BANK117_CLK1_N | J7      |

## (六) LED 灯

AC7K325B 核心板上有 2 个红色 LED 灯，其中 1 个是电源指示灯(PWR)，1 个是配置 LED 灯(DONE)。电源指示灯会亮起；当 FPGA 配置程序后，配置 LED 灯会亮起。LED 灯硬件连接的示意图如图 2-6-1 所示：

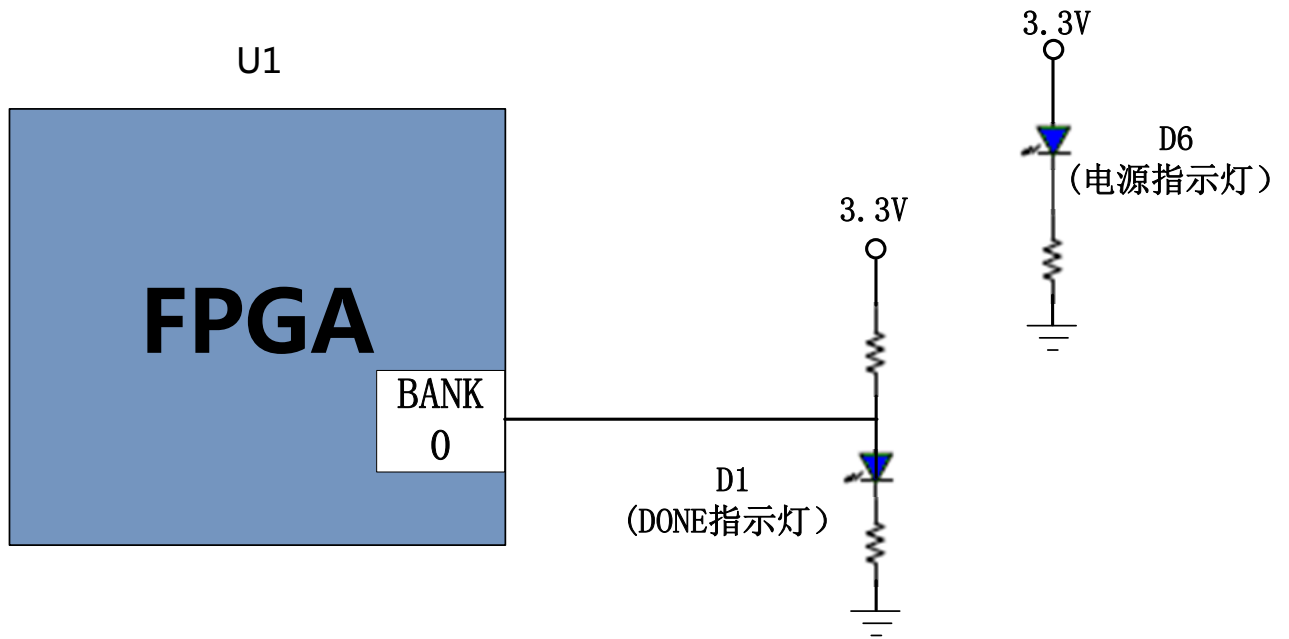


图 2-6-1 核心板 LED 灯硬件连接示意图

## (七) 电源

AC7K325B 核心板供电电压为 DC5V，通过连接底板供电。板上的电源设计示意图如下图 2-7-1 所示：

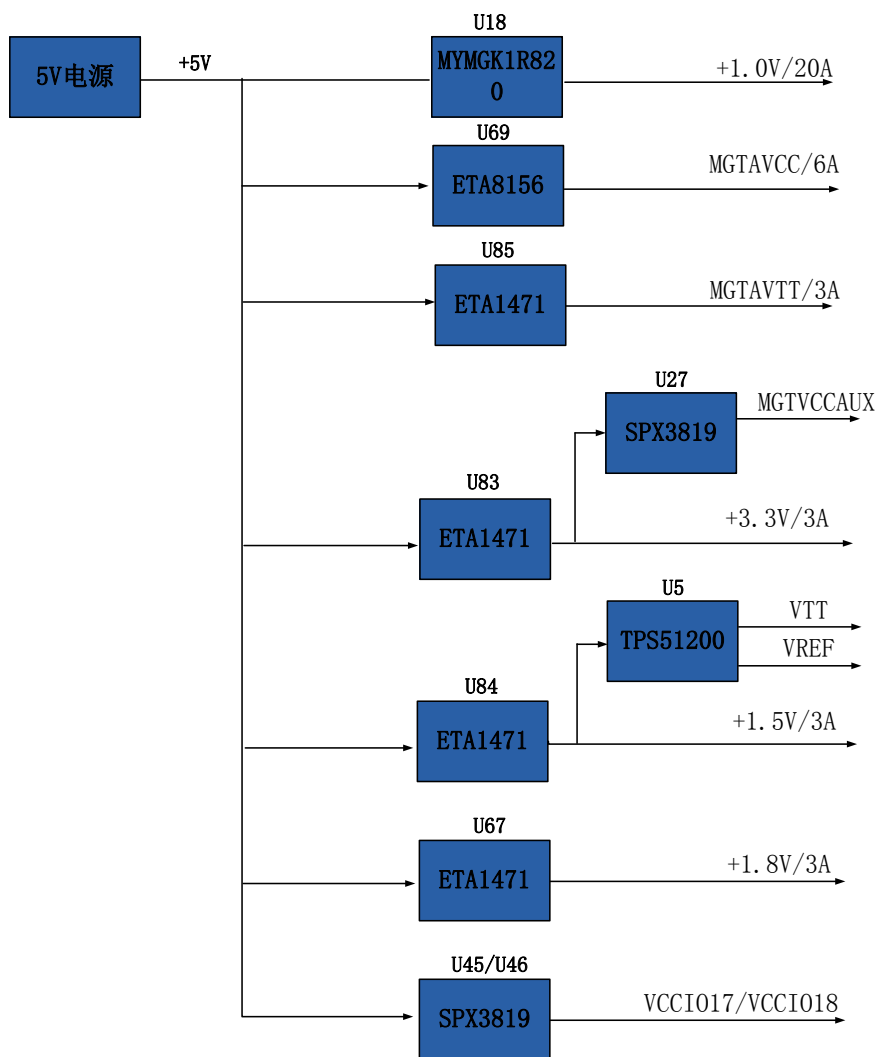
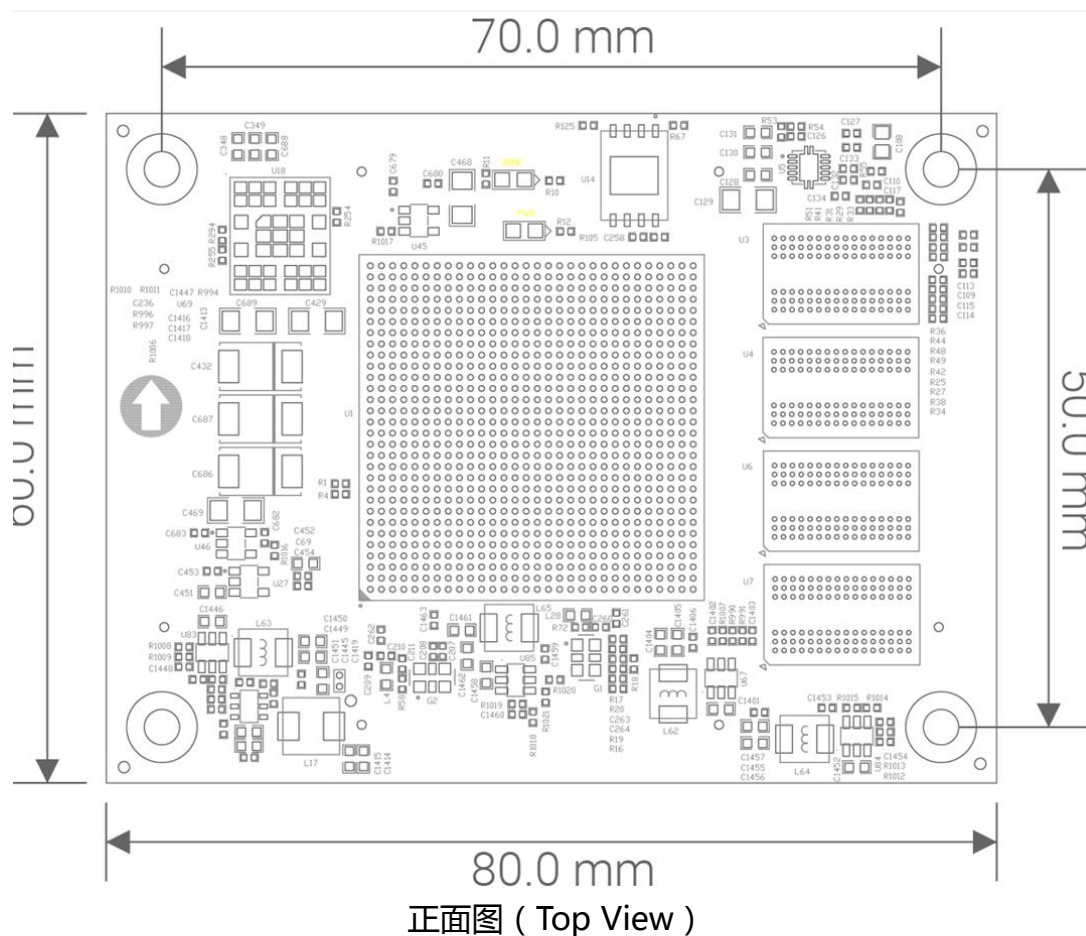


图 2-7-1 原理图中电源接口部分

+5V 通过 DCDC 电源芯片 MYMGK1R820FRSR 产生+1.0V 的 FPGA 核心电源，输出电流高达 20A，远远满足核心电压的电流需求。+5V 电源再通过 DCDC 芯片 ETA1471 来产生 +1.5V, +3.3V, +1.8V, MGTAVTT 四路电源。GTX 收发器使用的+1.0V 由 DCDC 芯片 ETA8156 产生，另外通过一个 LDO 芯片 SPX3819-1-8 产生 GTX 的辅助电源+1.8V。DDR3 的 VTT 和 VREF 电压由 TPS51200 来产生。另外通过 2 路 SPX3819M5-3-3 产生 BANK17 和 BANK18 的 IO 电源，用户可以通过更换 LDO 芯片，使得这两个 BANK 的 IO 输入输出为其它的电压标准。

因为 FPGA 的电源有上电顺序的要求，在电路设计中，我们已经按照芯片的电源要求设计，上电依次为+1.0V->+1.8V-> (+1.5 V、+3.3V、VCCI017, VCCI018) 的电路设计，保证芯片的正常工作。

## (八) 结构图



## (九) 连接器管脚定义

核心板一共扩展出 4 个高速扩展口，使用 4 个 120Pin 的板间连接器 (J29~J32) 和底板连接，连接器使用松下的 AXK5A2137YG，对应底板的连接器型号为 AXK6A2337YG。其中 J29 连接 GTX 的收发器信号，J30 连接 JTAG 和 BANK17,BANK18 的 IO，J31 连接 BANK15，BANK15 的 IO，J32 连接 BANK12 和 BANK13 的 IO 和 +5V 电源。

### J29 连接器的引脚分配

| J29 管脚 | 信号名称          | FPGA 引脚号 | J29 管脚 | 信号名称          | FPGA 引脚号 |
|--------|---------------|----------|--------|---------------|----------|
| 1      | BANK115_TX0_N | Y1       | 2      | BANK115_RX0_N | AA3      |
| 3      | BANK115_TX0_P | Y2       | 4      | BANK115_RX0_P | AA4      |
| 5      | GND           | -        | 6      | GND           | -        |
| 7      | BANK115_TX1_N | V1       | 8      | BANK115_RX1_N | Y5       |



|    |                |    |    |                |    |
|----|----------------|----|----|----------------|----|
| 9  | BANK115_TX1_P  | V2 | 10 | BANK115_RX1_P  | Y6 |
| 11 | GND            | -  | 12 | GND            | -  |
| 13 | BANK115_TX2_N  | U3 | 14 | BANK115_RX2_N  | W3 |
| 15 | BANK115_TX2_P  | U4 | 16 | BANK115_RX2_P  | W4 |
| 17 | GND            | -  | 18 | GND            | -  |
| 19 | BANK115_TX3_N  | T1 | 20 | BANK115_RX3_N  | V5 |
| 21 | BANK115_TX3_P  | T2 | 22 | BANK115_RX3_P  | V6 |
| 23 | GND            | -  | 24 | GND            | -  |
| 25 | BANK115_CLK0_N | R7 | 26 | BANK115_CLK1_N | U7 |
| 27 | BANK115_CLK0_P | R8 | 28 | BANK115_CLK1_P | U8 |
| 29 | GND            | -  | 30 | GND            | -  |
| 31 | BANK116_TX0_N  | P1 | 32 | BANK116_RX0_N  | T5 |
| 33 | BANK116_TX0_P  | P2 | 34 | BANK116_RX0_P  | T6 |
| 35 | GND            | -  | 36 | GND            | -  |
| 37 | BANK116_TX1_N  | N3 | 38 | BANK116_RX1_N  | R3 |
| 39 | BANK116_TX1_P  | N4 | 40 | BANK116_RX1_P  | R4 |
| 41 | GND            | -  | 42 | GND            | -  |
| 43 | BANK116_TX2_N  | M1 | 44 | BANK116_RX2_N  | P5 |
| 45 | BANK116_TX2_P  | M2 | 46 | BANK116_RX2_P  | P6 |
| 47 | GND            | -  | 48 | GND            | -  |
| 49 | BANK116_TX3_N  | L3 | 50 | BANK116_RX3_N  | M5 |
| 51 | BANK116_TX3_P  | L4 | 52 | BANK116_RX3_P  | M6 |
| 53 | GND            | -  | 54 | GND            | -  |
| 55 | BANK116_CLK0_N | L7 | 56 | BANK116_CLK1_N | N7 |
| 57 | BANK116_CLK0_P | L8 | 58 | BANK116_CLK1_P | N8 |
| 59 | GND            | -  | 60 | GND            | -  |
| 61 | BANK117_TX0_N  | K1 | 62 | BANK118_TX0_N  | D1 |
| 63 | BANK117_TX0_P  | K2 | 64 | BANK118_TX0_P  | D2 |
| 65 | GND            | -  | 66 | GND            | -  |
| 67 | BANK117_RX0_N  | K5 | 68 | BANK118_RX0_N  | E3 |
| 69 | BANK117_RX0_P  | K6 | 70 | BANK118_RX0_P  | E4 |
| 71 | GND            | -  | 72 | GND            | -  |

|     |                |    |     |                |    |
|-----|----------------|----|-----|----------------|----|
| 73  | BANK117_TX1_N  | J3 | 74  | BANK118_TX1_N  | C3 |
| 75  | BANK117_TX1_P  | J4 | 76  | BANK118_TX1_P  | C4 |
| 77  | GND            | -  | 78  | GND            | -  |
| 79  | BANK117_RX1_N  | H5 | 80  | BANK118_RX1_N  | D5 |
| 81  | BANK117_RX1_P  | H6 | 82  | BANK118_RX1_P  | D6 |
| 83  | GND            | -  | 84  | GND            | -  |
| 85  | BANK117_TX2_N  | H1 | 86  | BANK118_TX2_N  | B1 |
| 87  | BANK117_TX2_P  | H2 | 88  | BANK118_TX2_P  | B2 |
| 89  | GND            | -  | 90  | GND            | -  |
| 91  | BANK117_RX2_N  | G3 | 92  | BANK118_RX2_N  | B5 |
| 93  | BANK117_RX2_P  | G4 | 94  | BANK118_RX2_P  | B6 |
| 95  | GND            | -  | 96  | GND            | -  |
| 97  | BANK117_TX3_N  | F1 | 98  | BANK118_TX3_N  | A3 |
| 99  | BANK117_TX3_P  | F2 | 100 | BANK118_TX3_P  | A4 |
| 101 | GND            | -  | 102 | GND            | -  |
| 103 | BANK117_RX3_N  | F5 | 104 | BANK118_RX3_N  | A7 |
| 105 | BANK117_RX3_P  | F6 | 106 | BANK118_RX3_P  | A8 |
| 107 | GND            | -  | 108 | GND            | -  |
| 109 | BANK117_CLK0_N | G7 | 110 | BANK118_CLK0_N | C7 |
| 111 | BANK117_CLK0_P | G8 | 112 | BANK118_CLK0_P | C8 |
| 113 | GND            | -  | 114 | GND            | -  |
| 115 |                |    | 116 | BANK118_CLK1_N | E7 |
| 117 |                |    | 118 | BANK118_CLK1_P | E8 |
| 119 | GND            | -  | 120 | GND            | -  |

### J30 连接器的引脚分配

| J30 管脚 | 信号名称     | FPGA 引脚号 | J30 管脚 | 信号名称     | FPGA 引脚号 |
|--------|----------|----------|--------|----------|----------|
| 1      | B18_L5_P | K14      | 2      | B18_L3_P | L12      |
| 3      | B18_L5_N | J14      | 4      | B18_L3_N | L13      |
| 5      | B18_L6_P | L11      | 6      | B18_L2_P | L15      |
| 7      | B18_L6_N | K11      | 8      | B18_L2_N | K15      |

|    |           |     |    |           |     |
|----|-----------|-----|----|-----------|-----|
| 9  | GND       | -   | 10 | GND       | -   |
| 11 | B18_L7_P  | H15 | 12 | B18_L1_P  | L16 |
| 13 | B18_L7_N  | G15 | 14 | B18_L1_N  | K16 |
| 15 | B18_L8_P  | J11 | 16 | B18_L4_P  | K13 |
| 17 | B18_L8_N  | J12 | 18 | B18_L4_N  | J13 |
| 19 | GND       | -   | 20 | GND       | -   |
| 21 | B18_L9_P  | J16 | 22 | B18_L12_P | G13 |
| 23 | B18_L9_N  | H16 | 24 | B18_L12_N | F13 |
| 25 | B18_L16_P | F11 | 26 | B18_L10_P | H11 |
| 27 | B18_L16_N | E11 | 28 | B18_L10_N | H12 |
| 29 | GND       | -   | 30 | GND       | -   |
| 31 | B18_L18_P | D11 | 32 | B18_L20_P | E14 |
| 33 | B18_L18_N | C11 | 34 | B18_L20_N | E15 |
| 35 | B18_L15_P | C12 | 36 | B18_L11_P | H14 |
| 37 | B18_L15_N | B12 | 38 | B18_L11_N | G14 |
| 39 | GND       | -   | 40 | GND       | -   |
| 41 | B18_L23_P | C15 | 42 | B18_L21_P | D14 |
| 43 | B18_L23_N | B15 | 44 | B18_L21_N | C14 |
| 45 | B18_L17_P | A11 | 46 | B18_L22_P | B13 |
| 47 | B18_L17_N | A12 | 48 | B18_L22_N | A13 |
| 49 | GND       | -   | 50 | GND       | -   |
| 51 | B18_L24_P | B14 | 52 | B17_L5_N  | L18 |
| 53 | B18_L24_N | A15 | 54 | B17_L5_P  | L17 |
| 55 | B18_L19_P | F15 | 56 | B17_L15_P | D16 |
| 57 | B18_L19_N | E16 | 58 | B17_L15_N | C16 |
| 59 | GND       | -   | 60 | GND       | -   |
| 61 | B17_L17_P | C17 | 62 | B17_L14_P | E19 |
| 63 | B17_L17_N | B17 | 64 | B17_L14_N | D19 |
| 65 | B17_L1_P  | K18 | 66 | B17_L20_P | A16 |
| 67 | B17_L1_N  | J18 | 68 | B17_L20_N | A17 |
| 69 | GND       | -   | 70 | GND       | -   |
| 71 | B17_L22_N | A18 | 72 | B17_L21_P | A20 |

|     |           |     |     |           |     |
|-----|-----------|-----|-----|-----------|-----|
| 73  | B17_L22_P | B18 | 74  | B17_L21_N | A21 |
| 75  | B17_L8_P  | D21 | 76  | B17_L13_P | D17 |
| 77  | B17_L8_N  | C21 | 78  | B17_L13_N | D18 |
| 79  | GND       | -   | 80  | GND       | -   |
| 81  | B17_L24_P | C19 | 82  | B17_L23_N | A22 |
| 83  | B17_L24_N | B19 | 84  | B17_L23_P | B22 |
| 85  | B17_L18_N | F17 | 86  | B17_L12_P | F20 |
| 87  | B17_L18_P | G17 | 88  | B17_L12_N | E20 |
| 89  | GND       | -   | 90  | GND       | -   |
| 91  | B17_L19_N | B20 | 92  | B17_L11_N | E21 |
| 93  | B17_L19_P | C20 | 94  | B17_L11_P | F21 |
| 95  | B17_L10_N | C22 | 96  | B17_L9_N  | F22 |
| 97  | B17_L10_P | D22 | 98  | B17_L9_P  | G22 |
| 99  | GND       | -   | 100 | GND       | -   |
| 101 | B17_L16_N | F18 | 102 | B17_L7_P  | H21 |
| 103 | B17_L16_P | G18 | 104 | B17_L7_N  | H22 |
| 105 | B17_L2_N  | G20 | 106 | B17_L3_N  | H17 |
| 107 | B17_L2_P  | H20 | 108 | B17_L3_P  | J17 |
| 109 | GND       | -   | 110 | GND       | -   |
| 111 | B17_L4_N  | H19 | 112 | FPGA_TCK  | E10 |
| 113 | B17_L4_P  | J19 | 114 | FPGA_TMS  | F10 |
| 115 | B17_L6_P  | K19 | 116 | FPGA_TDO  | G10 |
| 117 | B17_L6_N  | K20 | 118 | FPGA_TDI  | H10 |
| 119 | GND       | -   | 120 | GND       | -   |

### J31 连接器的引脚分配

| J31 管脚 | 信号名称      | FPGA 引脚号 | J31 管脚 | 信号名称      | FPGA 引脚号 |
|--------|-----------|----------|--------|-----------|----------|
| 1      | B16_L12_N | B25      | 2      | B16_L8_P  | C24      |
| 3      | B16_L12_P | C25      | 4      | B16_L8_N  | B24      |
| 5      | B16_L10_N | A26      | 6      | B16_L16_N | C30      |
| 7      | B16_L10_P | A25      | 8      | B16_L16_P | D29      |

|    |           |     |    |           |     |
|----|-----------|-----|----|-----------|-----|
| 9  | GND       | -   | 10 | GND       | -   |
| 11 | B16_L11_N | C26 | 12 | B16_L7_N  | A27 |
| 13 | B16_L11_P | D26 | 14 | B16_L7_P  | B27 |
| 15 | B16_L13_N | C27 | 16 | B16_L18_N | E30 |
| 17 | B16_L13_P | D27 | 18 | B16_L18_P | E29 |
| 19 | GND       | -   | 20 | GND       | -   |
| 21 | B16_L21_P | G27 | 22 | B16_L14_N | D28 |
| 23 | B16_L21_N | F27 | 24 | B16_L14_P | E28 |
| 25 | B16_L20_N | F28 | 26 | B16_L22_N | F30 |
| 27 | B16_L20_P | G28 | 28 | B16_L22_P | G29 |
| 29 | GND       | -   | 30 | GND       | -   |
| 31 | B16_L9_P  | B28 | 32 | B16_L5_P  | F26 |
| 33 | B16_L9_N  | A28 | 34 | B16_L5_N  | E26 |
| 35 | B16_L15_P | C29 | 36 | B16_L24_N | G30 |
| 37 | B16_L15_N | B29 | 38 | B16_L24_P | H30 |
| 39 | GND       | -   | 40 | GND       | -   |
| 41 | B16_L19_N | H25 | 42 | B16_L23_N | H27 |
| 43 | B16_L19_P | H24 | 44 | B16_L23_P | H26 |
| 45 | B16_L1_N  | A23 | 46 | B16_L17_P | B30 |
| 47 | B16_L1_P  | B23 | 48 | B16_L17_N | A30 |
| 49 | GND       | -   | 50 | GND       | -   |
| 51 | B16_L2_P  | E23 | 52 | B16_L3_N  | E25 |
| 53 | B16_L2_N  | D23 | 54 | B16_L3_P  | F25 |
| 55 | B16_L6_N  | G24 | 56 | B16_L4_P  | E24 |
| 57 | B16_L6_P  | G23 | 58 | B16_L4_N  | D24 |
| 59 | GND       | -   | 60 | GND       | -   |
| 61 | B15_L14_N | L28 | 62 | B15_L7_N  | H29 |
| 63 | B15_L14_P | M28 | 64 | B15_L7_P  | J29 |
| 65 | B15_L10_N | J26 | 66 | B15_L8_N  | J28 |
| 67 | B15_L10_P | K26 | 68 | B15_L8_P  | J27 |
| 69 | GND       | -   | 70 | GND       | -   |
| 71 | B15_L1_N  | J24 | 72 | B15_L24_N | M23 |

|     |           |     |     |           |     |
|-----|-----------|-----|-----|-----------|-----|
| 73  | B15_L1_P  | J23 | 74  | B15_L24_P | M22 |
| 75  | B15_L18_N | N26 | 76  | B15_L3_N  | K24 |
| 77  | B15_L18_P | N25 | 78  | B15_L3_P  | K23 |
| 79  | GND       | -   | 80  | GND       | -   |
| 81  | B15_L2_N  | L23 | 82  | B15_L21_N | N24 |
| 83  | B15_L2_P  | L22 | 84  | B15_L21_P | P23 |
| 85  | B15_L13_P | K28 | 86  | B15_L12_N | K25 |
| 87  | B15_L13_N | K29 | 88  | B15_L12_P | L25 |
| 89  | GND       | -   | 90  | GND       | -   |
| 91  | B15_L22_N | P22 | 92  | B15_L20_N | N22 |
| 93  | B15_L22_P | P21 | 94  | B15_L20_P | N21 |
| 95  | B15_L15_N | M30 | 96  | B15_L9_N  | K30 |
| 97  | B15_L15_P | M29 | 98  | B15_L9_P  | L30 |
| 99  | GND       | -   | 100 | GND       | -   |
| 101 | B15_L19_N | N20 | 102 | B15_L5_N  | J22 |
| 103 | B15_L19_P | N19 | 104 | B15_L5_P  | J21 |
| 105 | B15_L17_N | N30 | 106 | B15_L6_N  | L20 |
| 107 | B15_L17_P | N29 | 108 | B15_L6_P  | M20 |
| 109 | GND       | -   | 110 | GND       | -   |
| 111 | B15_L11_N | L27 | 112 | B15_L16_N | M27 |
| 113 | B15_L11_P | L26 | 114 | B15_L16_P | N27 |
| 115 | B15_L23_N | M25 | 116 | B15_L4_P  | L21 |
| 117 | B15_L23_P | M24 | 118 | B15_L4_N  | K21 |
| 119 | GND       | -   | 120 | GND       | -   |

### J32 连接器的引脚分配

| J32 管脚 | 信号名称      | FPGA 引脚号 | J32 管脚 | 信号名称      | FPGA 引脚号 |
|--------|-----------|----------|--------|-----------|----------|
| 1      | B13_L16_P | AE30     | 2      | B13_L10_N | AB30     |
| 3      | B13_L16_N | AF30     | 4      | B13_L10_P | AB29     |
| 5      | B13_L23_N | AF27     | 6      | B13_L9_P  | AD29     |
| 7      | B13_L23_P | AF26     | 8      | B13_L9_N  | AE29     |

|    |           |      |    |           |      |
|----|-----------|------|----|-----------|------|
| 9  | GND       | U14  | 10 | GND       | U14  |
| 11 | B13_L14_P | AE28 | 12 | B13_L6_P  | AA25 |
| 13 | B13_L14_N | AF28 | 14 | B13_L6_N  | AB25 |
| 15 | B13_L13_P | AG29 | 16 | B13_L5_N  | AB28 |
| 17 | B13_L13_N | AH29 | 18 | B13_L5_P  | AA27 |
| 19 | GND       | U14  | 20 | GND       | U14  |
| 21 | B13_L18_P | AG30 | 22 | B13_L2_N  | W28  |
| 23 | B13_L18_N | AH30 | 24 | B13_L2_P  | W27  |
| 25 | B13_L21_N | AG28 | 26 | B13_L8_P  | Y30  |
| 27 | B13_L21_P | AG27 | 28 | B13_L8_N  | AA30 |
| 29 | GND       | U14  | 30 | GND       | U14  |
| 31 | B13_L15_N | AK30 | 32 | B13_L11_N | AD28 |
| 33 | B13_L15_P | AK29 | 34 | B13_L11_P | AD27 |
| 35 | B13_L17_N | AJ29 | 36 | B13_L7_N  | AC30 |
| 37 | B13_L17_P | AJ28 | 38 | B13_L7_P  | AC29 |
| 39 | GND       | U14  | 40 | GND       | U14  |
| 41 | B13_L20_N | AK28 | 42 | B13_L12_N | AC27 |
| 43 | B13_L20_P | AJ27 | 44 | B13_L12_P | AB27 |
| 45 | B13_L22_N | AH27 | 46 | B13_L1_P  | Y26  |
| 47 | B13_L22_P | AH26 | 48 | B13_L1_N  | AA26 |
| 49 | GND       | U14  | 50 | GND       | U14  |
| 51 | B13_L24_N | AK26 | 52 | B13_L4_N  | Y29  |
| 53 | B13_L24_P | AJ26 | 54 | B13_L4_P  | W29  |
| 55 | B13_L19_N | AD26 | 56 | B13_L3_N  | AA28 |
| 57 | B13_L19_P | AC26 | 58 | B13_L3_P  | Y28  |
| 59 | GND       | U14  | 60 | GND       | U14  |
| 61 | B12_L12_P | AD23 | 62 | B12_L9_N  | AD24 |
| 63 | B12_L12_N | AE24 | 64 | B12_L9_P  | AC24 |
| 65 | B12_L16_P | AE25 | 66 | B12_L8_N  | AD22 |
| 67 | B12_L16_N | AF25 | 68 | B12_L8_P  | AC22 |
| 69 | GND       | U14  | 70 | GND       | U14  |
| 71 | B12_L13_P | AF22 | 72 | B12_L7_N  | AC25 |

|     |           |      |     |           |      |
|-----|-----------|------|-----|-----------|------|
| 73  | B12_L13_N | AG23 | 74  | B12_L7_P  | AB24 |
| 75  | B12_L18_P | AG25 | 76  | B12_L4_N  | AA23 |
| 77  | B12_L18_N | AH25 | 78  | B12_L4_P  | AA22 |
| 79  | GND       | U14  | 80  | GND       | U14  |
| 81  | B12_L15_N | AK25 | 82  | B12_L1_P  | Y23  |
| 83  | B12_L15_P | AJ24 | 84  | B12_L1_N  | Y24  |
| 85  | B12_L17_N | AK24 | 86  | B12_L2_P  | Y21  |
| 87  | B12_L17_P | AK23 | 88  | B12_L2_N  | AA21 |
| 89  | GND       | U14  | 90  | GND       | U14  |
| 91  | B12_L14_N | AH24 | 92  | B12_L6_P  | AA20 |
| 93  | B12_L14_P | AG24 | 94  | B12_L6_N  | AB20 |
| 95  | B12_L20_N | AH22 | 96  | B12_L10_N | AE21 |
| 97  | B12_L20_P | AG22 | 98  | B12_L10_P | AD21 |
| 99  | GND       | U14  | 100 | GND       | U14  |
| 101 | B12_L19_N | AF21 | 102 | B12_L3_P  | AB22 |
| 103 | B12_L19_P | AF20 | 104 | B12_L3_N  | AB23 |
| 105 | B12_L11_N | AF23 | 106 | B12_L5_P  | AC20 |
| 107 | B12_L11_P | AE23 | 108 | B12_L5_N  | AC21 |
| 109 | GND       | -    | 110 | GND       | -    |
| 111 | +5V       | -    | 112 | +5V       | -    |
| 113 | +5V       | -    | 114 | +5V       | -    |
| 115 | +5V       | -    | 116 | +5V       | -    |
| 117 | +5V       | -    | 118 | +5V       | -    |
| 119 | +5V       | -    | 120 | +5V       | -    |