

# **Xilinx FPGA 开发平台 用户手册**

## **ACKU5 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  |
| 目 录.....            | 3  |
| 一、 ACKU5 核心板.....   | 4  |
| (一) 简介.....         | 4  |
| (二) FPGA 芯片.....    | 5  |
| (三) DDR4.....       | 6  |
| (四) QSPI Flash..... | 9  |
| (五) 时钟配置.....       | 10 |
| (六) LED 灯.....      | 12 |
| (七) 电源.....         | 13 |
| (八) 结构图.....        | 15 |
| (九) 连接器管脚定义.....    | 15 |

## 一、 ACKU5 核心板

### (一) 简介

ACKU5(核心板型号, 下同)核心板, FPGA 芯片是基于 Xilinx FPGA Kintex Ultrascale+ 的主芯片 xcku5pffvb676 设计。核心板在 FPGA 的 HP 端口上连接了 2 片 DDR4 存储芯片组成 32 位的数据带宽, 每片 DDR4 容量高达 1GB。HP 端的内存带宽高达 85Gb/s。另外核心板上也集成了 2 片 256MBit 大小的 QSPI FLASH, 用于启动存储配置和系统文件。

这款核心板的采用个板对板连接器扩展出了 179 个 IO, 引出的 IO 的电平可以通过更换底板上的 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。

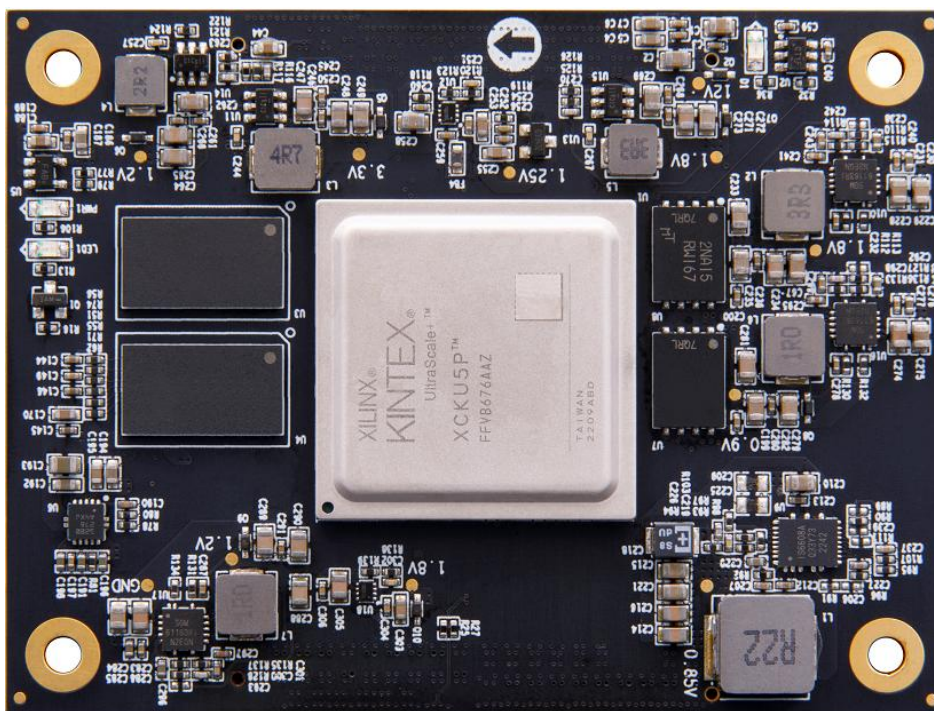


图 2-1-1 ACKU5 核心板正面图

## (二) FPGA 芯片

前面已经介绍过了,我们所使用的FPGA型号为 **xcku5pffvb676**,属于Xilinx公司Kintex UltraScale+系列的产品,速度等级为-2,温度等级为工业级。此型号为FFVB676封装,676个引脚。Xilinx Kintex UltraScale+ FPGA的芯片命名规则如下:

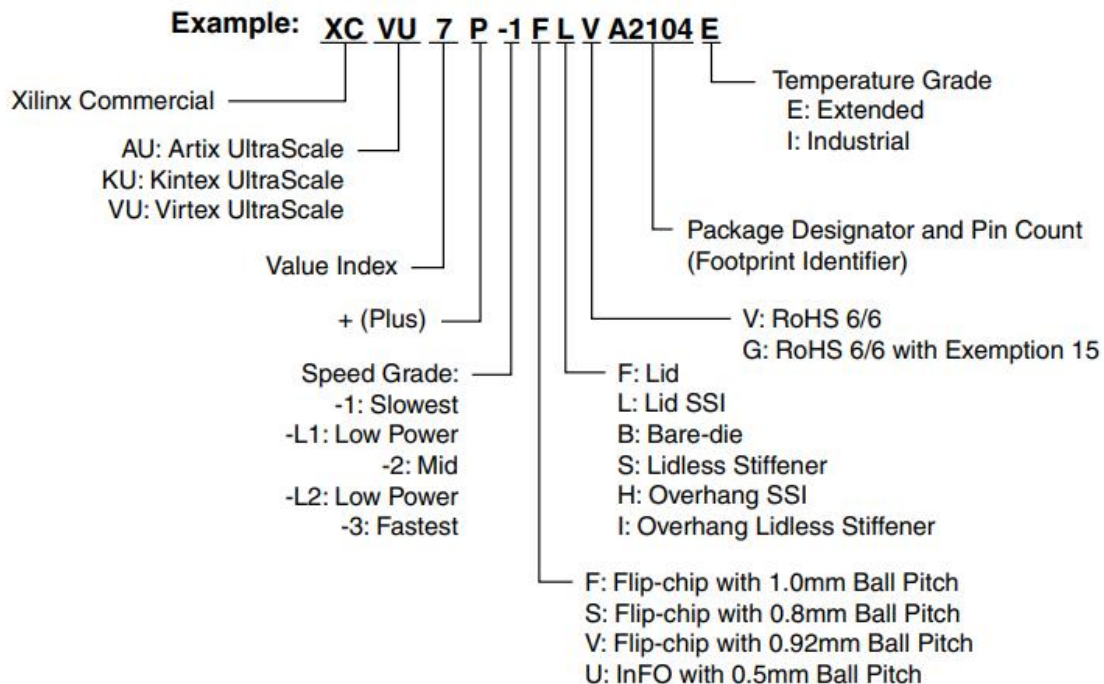


图 2-2-1 为开发板所用的 FPGA 芯片实物图。



图 2-2-1 FPGA 芯片实物

其中FPGA芯片的主要参数如下所示:

| 名称              | 具体参数    |
|-----------------|---------|
| Logic Cells     | 475K    |
| 触发器(FF)         | 433,920 |
| LUTs            | 216,960 |
| Total Block RAM | 16.9Mb  |

|               |          |
|---------------|----------|
| DSP Slices    | 1824     |
| CMTs          | 4        |
| GTY/Gb/s      | 16/28.21 |
| PCIe Gen3 x16 | 1        |
| 速度等级          | -2       |
| 温度等级          | 工业级      |

### (三) DDR4

ACKU5 开发板上配有 2 片 Micron(美光) 的 1GB 的 DDR4 芯片, 型号为 MT40A512M16LY-062E, 连接在 FPGA 的 HP 端, 组成 32 位数据总线带宽和 2GB 的容量。DDR4 SDRAM 的在 FPGA 端的最高运行数据速率 2666Mbps, 2 片 DDR4 存储系统直接连接到了 BANK 66、R67 的存储器接口上。DDR4 SDRAM 的具体配置如下表 2-3-1 所示。

表 2-3-1 DDR4 SDRAM 配置

| 位号    | 芯片型号               | 容量          | 厂家     |
|-------|--------------------|-------------|--------|
| U3、U4 | MT40A512M16LY-062E | 512Mx 16bit | Micron |

DDR4 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 DDR4 的高速稳定的工作。

FPGA 端的 DDR4 的硬件连接方式如图 2-3-1 所示:

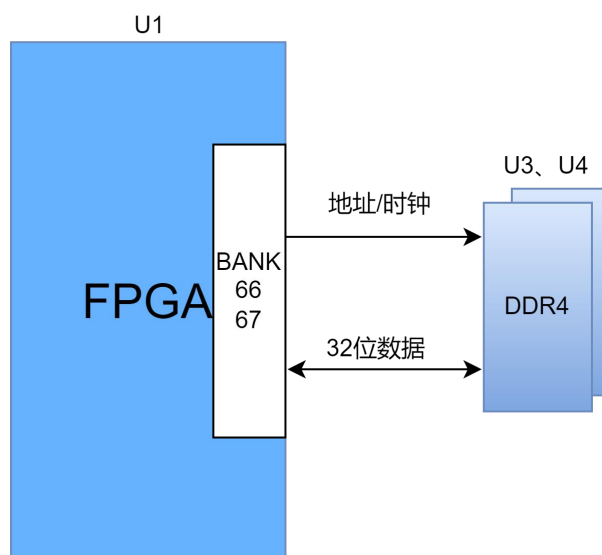


图2-3-1 DDR4 DRAM原理图部分

图 2-3-2 为开发板的 2 片 DDR4 DRAM 实物图

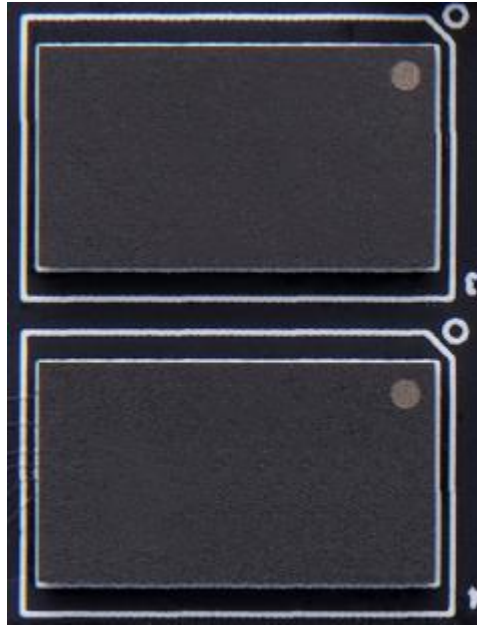


图 2-3-2 4 片 DDR4 DRAM 实物图

**DDR4 SDRAM 引脚分配:**

| 信号名称     | 引脚号 |
|----------|-----|
| DDR4_D0  | C16 |
| DDR4_D1  | G16 |
| DDR4_D2  | D15 |
| DDR4_D3  | G17 |
| DDR4_D4  | H17 |
| DDR4_D5  | H16 |
| DDR4_D6  | D16 |
| DDR4_D7  | E15 |
| DDR4_D8  | B19 |
| DDR4_D9  | C17 |
| DDR4_D10 | B20 |
| DDR4_D11 | B15 |
| DDR4_D12 | A19 |
| DDR4_D13 | A15 |
| DDR4_D14 | A20 |
| DDR4_D15 | B17 |
| DDR4_D16 | G20 |
| DDR4_D17 | D19 |

|             |     |
|-------------|-----|
| DDR4_D18    | D20 |
| DDR4_D19    | F19 |
| DDR4_D20    | G21 |
| DDR4_D21    | E18 |
| DDR4_D22    | D18 |
| DDR4_D23    | F18 |
| DDR4_D24    | C23 |
| DDR4_D25    | C22 |
| DDR4_D26    | A24 |
| DDR4_D27    | B22 |
| DDR4_D28    | A25 |
| DDR4_D29    | D21 |
| DDR4_D30    | B24 |
| DDR4_D31    | E21 |
| DDR4_DM0    | G15 |
| DDR4_DM1    | C18 |
| DDR4_DM2    | H18 |
| DDR4_DM3    | A22 |
| DDR4_DQS0_N | E17 |
| DDR4_DQS0_P | E16 |
| DDR4_DQS1_N | A18 |
| DDR4_DQS1_P | A17 |
| DDR4_DQS2_N | E20 |
| DDR4_DQS2_P | F20 |
| DDR4_DQS3_N | B21 |
| DDR4_DQS3_P | C21 |
| DDR4_A0     | D26 |
| DDR4_A1     | D25 |
| DDR4_A2     | E26 |
| DDR4_A3     | C24 |
| DDR4_A4     | C26 |
| DDR4_A5     | F24 |
| DDR4_A6     | M26 |
| DDR4_A7     | B25 |
| DDR4_A8     | G26 |



|            |     |
|------------|-----|
| DDR4_A9    | B26 |
| DDR4_A10   | E25 |
| DDR4_A11   | H26 |
| DDR4_A12   | D23 |
| DDR4_A13   | F25 |
| DDR4_ACT_B | J26 |
| DDR4_BA0   | M25 |
| DDR4_BA1   | F23 |
| DDR4_BG0   | K26 |
| DDR4_CAS_B | E23 |
| DDR4_CKE   | L24 |
| DDR4_CLK_N | G25 |
| DDR4_CLK_P | G24 |
| DDR4_CS_B  | D24 |
| DDR4_OTD   | H24 |
| DDR4_PAR   | J25 |
| DDR4_RAS_B | F22 |
| DDR4_RST   | L25 |
| DDR4_WE_B  | K25 |

#### (四) QSPI Flash

核心板配有 2 片 256MBit 大小的 Quad-SPI FLASH 芯片，型号为 MT25QU256ABA1EW9，它使用 1.8V 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。

表2-4-1 QSPI Flash的型号和参数

| 位号    | 芯片类型             | 容量      | 厂家     |
|-------|------------------|---------|--------|
| U7、U8 | MT25QU256ABA1EW9 | 256Mbit | Micron |

QSPI FLASH 连接到 FPGA 芯片的的专用管脚上，其中时钟管脚连接到专用 BANK0 的 CCLK0 上，数据管脚分别连接到 BANK0 和 BANK65 上。图 2-4-1 为 QSPI Flash 和 FPGA 芯片的连接示意图。

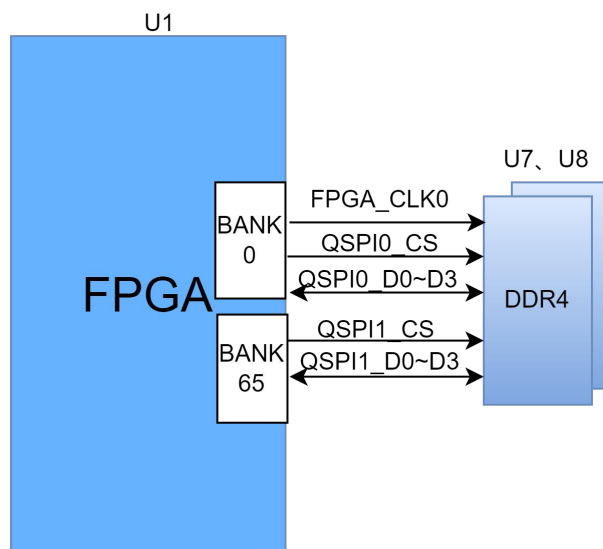


图 4-1 QSPI Flash 连接示意图

配置芯片引脚分配:

| 信号名称      | FPGA 引脚号 |
|-----------|----------|
| QSPI_CLK  | Y11      |
| QSPI0_CS  | AA12     |
| QSPI0_DQ0 | AD11     |
| QSPI0_DQ1 | AC12     |
| QSPI0_DQ2 | AC11     |
| QSPI0_DQ3 | AE11     |
| QSPI1_CS  | U22      |
| QSPI1_DQ0 | N23      |
| QSPI1_DQ1 | P23      |
| QSPI1_DQ2 | R20      |
| QSPI1_DQ3 | R21      |

## (五) 时钟配置

核心板上为 FPGA 系统提供了 200Mhz 的 2 路差分有源时钟。分别为 FPGA 逻辑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:

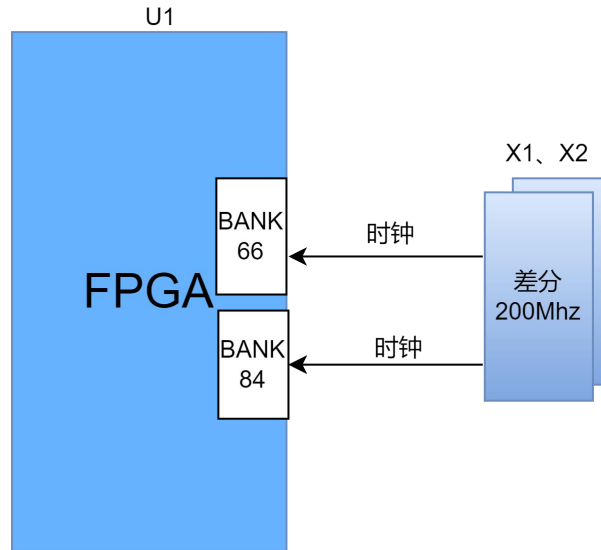
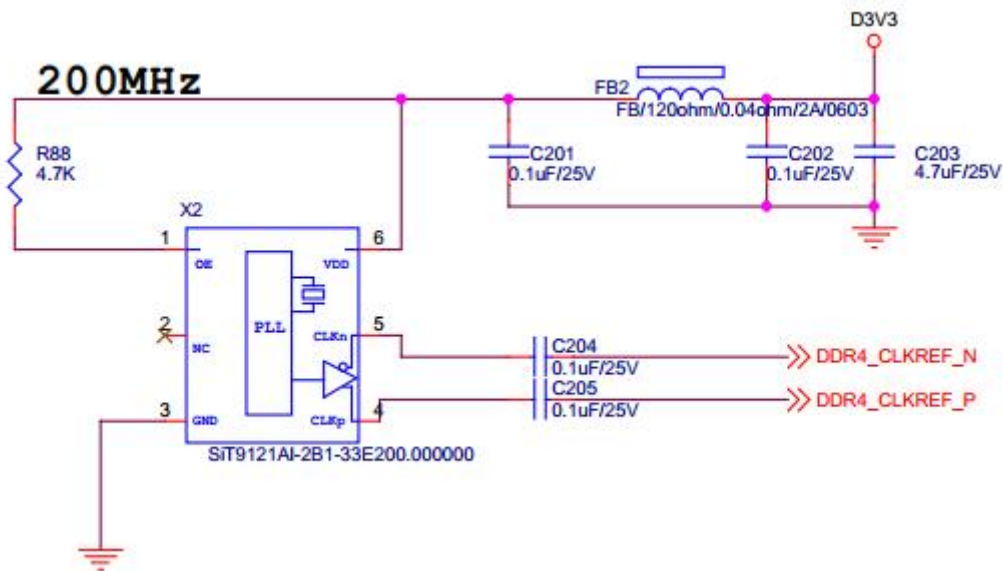


图 2-5-1 核心板时钟源

### FPGA 系统时钟源

板上提供了 2 个 200MHz 差分晶振，可为 DDR4 控制器及 FPGA 逻辑提供参考时钟。晶振输出连接到 FPGA BANK66 和 BANK84 的全局时钟上，这个全局时钟可以用来驱动 FPGA 内的 DDR4 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



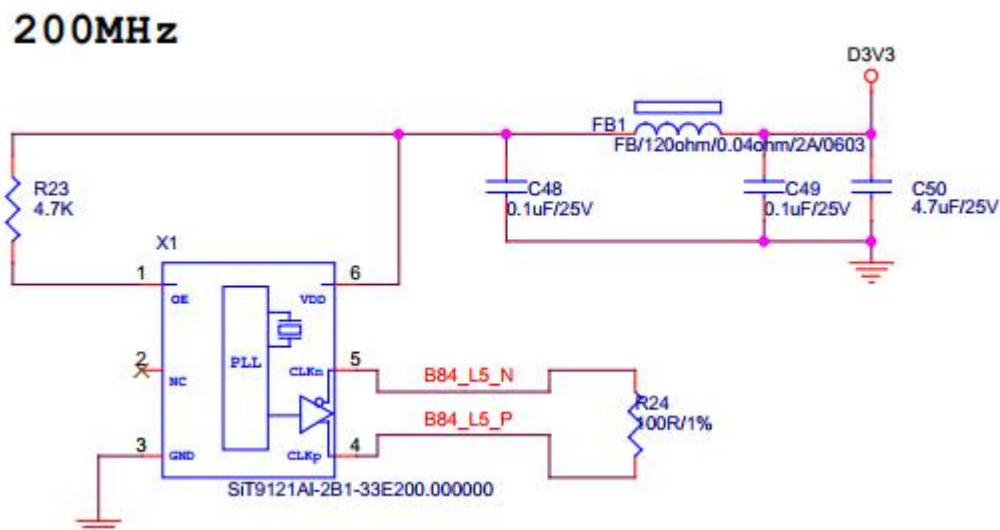


图 2-5-2 系统时钟源

时钟引脚分配:

| 信号名称          | FPGA 引脚 |
|---------------|---------|
| B84_L5_P      | AC13    |
| B84_L5_N      | AC14    |
| DDR4_CLKREF_P | K22     |
| DDR4_CLKREF_N | K23     |

## (六) LED 灯

ACKU5 核心板上有 3 个红色 LED 灯，其中 1 个是电源指示灯(PWR1)，1 个是配置 LED 灯(D1)，还有一个用户指示灯 (LED1)。核心上电时指示灯会亮起；当 FPGA 配置程序后，配置 LED 灯会亮起。用户指示灯可用于自定义功能指示。LED 灯硬件连接的示意图如图 2-6-1 所示：

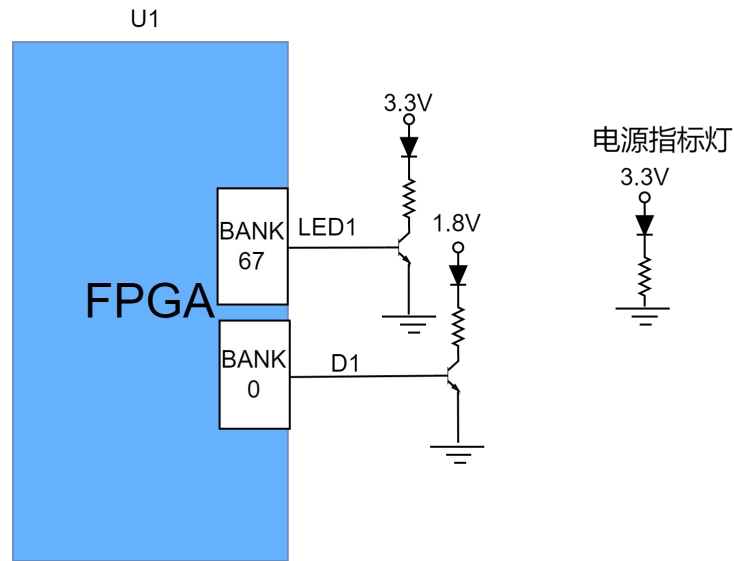


图 2-6-1 核心板 LED 灯硬件连接示意图

## (七) 电源

ACKU5 核心板供电电压为+12V，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：

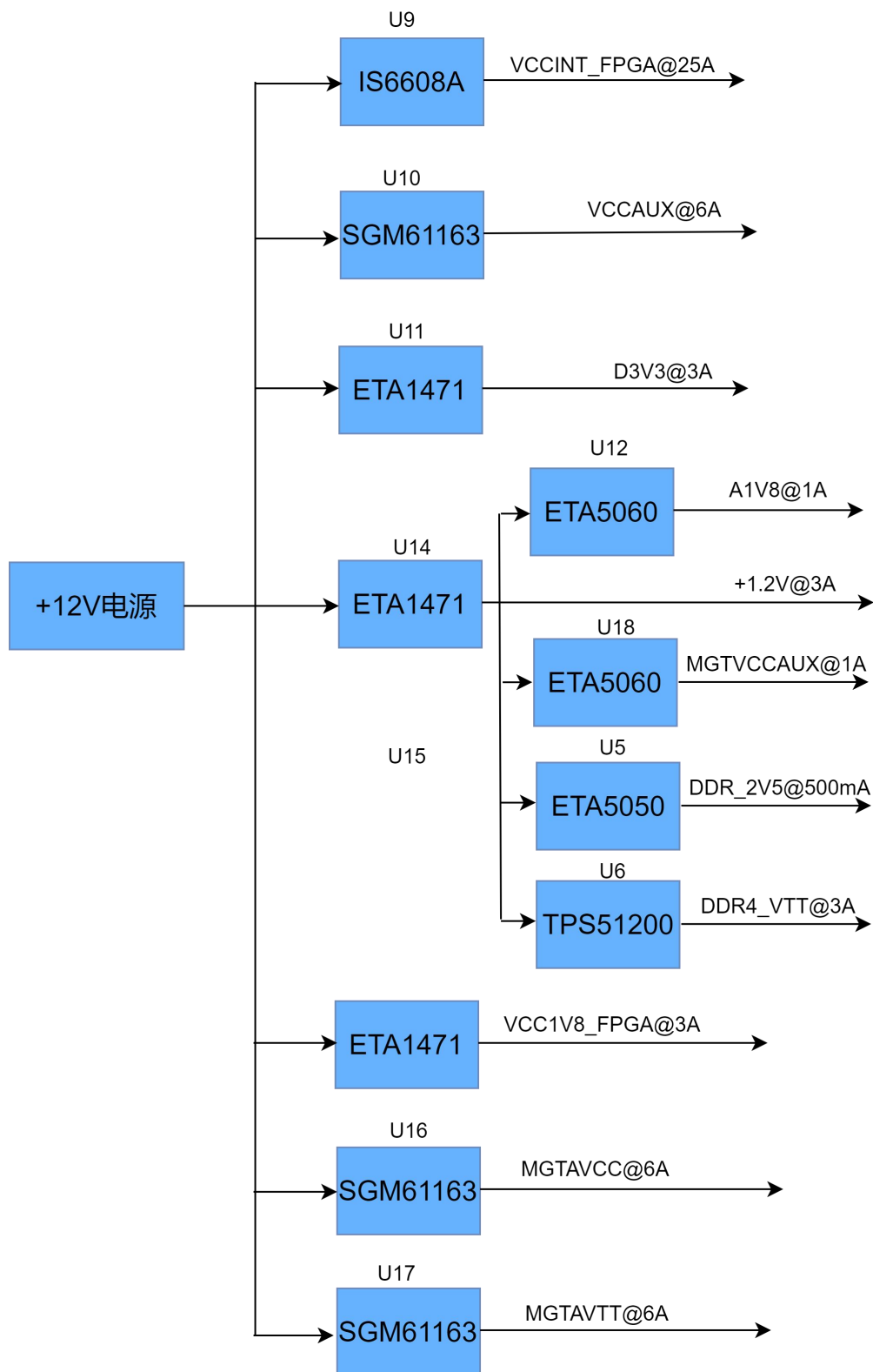


图 2-7-1 原理图中电源接口部分

+12V 通过 DCDC 电源芯片 IS6608 产生 FPGA 核心电源，输出电流高达 25A，可满足核心电压的电流需求。+12V 电源再通过 3 个 DCDC 芯片 SGM61163 来产生 VCCAUX，

MGTAVCC, MGTAVTT 电源, 给 FPGA 辅助电源和高速收发器供电。同时+12V 电源再通过 DCDC 芯片 ETA1471 来产生+1.2V, VCC1V8\_FPGA、D3V3 电源给 DDR4、FPGA 的 BANK 及外设供电。另外 D3V3 通过 2 个 LDO 芯片 ETA5060 产生高速收发器的辅助电源和 FPGA 的 ADC 供电电源+1.8V; DDR4 的 VTT 和 DDR2V5 电压由 TPS51200 和 ETA5050 产生。

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, 保证芯片的正常工作。

## (八) 结构图

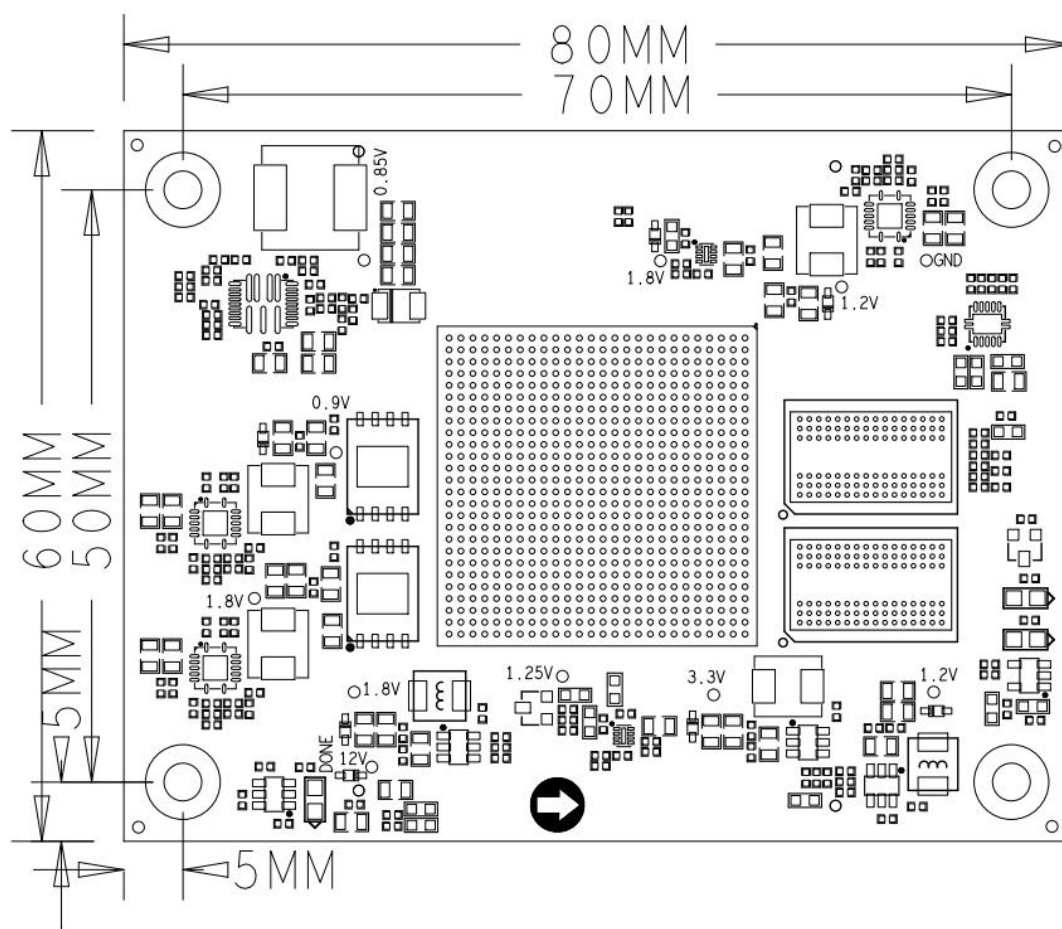


图 2-8-1 正面图 (Top View)

## (九) 连接器管脚定义

核心板一共扩展出 2 个高速扩展口, 使用 2 个 240Pin 的板间连接器 (J1~J2) 和底板连接, 核心板供电由 J2 连接器输入。

### J1 连接器的引脚分配

| J1 管脚 | 信号名称     | FPGA 引脚号    | J1 管脚 | 信号名称      | FPGA 引脚号       |
|-------|----------|-------------|-------|-----------|----------------|
| A1    | +12V     | -           | B1    | +12V      | -              |
| A2    | -        | -           | B2    | -         | -              |
| A3    | GND      | -           | B3    | GND       | -              |
| A4    | VCCIO_65 | P22,U23,Y24 | B4    | VCCIO_64  | AA21,AB18,AD22 |
| A5    | -        | -           | B5    | -         | -              |
| A6    | GND      | -           | B6    | GND       | -              |
| A7    | GND      | -           | B7    | GND       | -              |
| A8    | -        | -           | B8    | -         | -              |
| A9    | -        | -           | B9    | -         | -              |
| A10   | GND      | -           | B10   | GND       | -              |
| A11   | B84_L2_N | AF13        | B11   | B84_L1_N  | AF15           |
| A12   | B84_L2_P | AE13        | B12   | B84_L1_P  | AF14           |
| A13   | GND      | -           | B13   | GND       | -              |
| A14   | B84_L9_N | Y16         | B14   | B84_L6_N  | AB16           |
| A15   | B84_L9_P | W16         | B15   | B84_L6_P  | AB15           |
| A16   | GND      | -           | B16   | GND       | -              |
| A17   | B64_L7_N | AF22        | B17   | B64_L8_N  | AE23           |
| A18   | B64_L7_P | AE22        | B18   | B64_L8_P  | AD23           |
| A19   | GND      | -           | B19   | GND       | -              |
| A20   | B64_L3_N | AF25        | B20   | B64_T2U   | AE18           |
| A21   | B64_L3_P | AF24        | B21   | B64_T1U   | AF20           |
| A22   | GND      | -           | B22   | GND       | -              |
| A23   | B64_L1_N | AE26        | B23   | B64_L11_N | AE21           |
| A24   | B64_L1_P | AE25        | B24   | B64_L11_P | AD21           |
| A25   | GND      | -           | B25   | GND       | -              |
| A26   | B64_L4_N | AD26        | B26   | B64_L5_N  | AD25           |
| A27   | B64_L4_P | AC26        | B27   | B64_L5_P  | AD24           |
| A28   | GND      | -           | B28   | GND       | -              |
| A29   | B64_L6_N | AC24        | B29   | B64_L9_N  | AC23           |
| A30   | B64_L6_P | AB24        | B30   | B64_L9_P  | AC22           |
| A31   | GND      | -           | B31   | GND       | -              |



|     |          |      |     |           |      |
|-----|----------|------|-----|-----------|------|
| A32 | B64_L2_N | AB26 | B32 | B64_L10_N | AB22 |
| A33 | B64_L2_P | AB25 | B33 | B64_L10_P | AA22 |
| A34 | GND      | -    | B34 | GND       | -    |
| A35 | B64_T3U  | AC16 | B35 | B64_L20_N | AB19 |
| A36 | B65_T1U  | AA23 | B36 | B64_L20_P | AA19 |
| A37 | GND      | -    | B37 | GND       | -    |
| A38 | B65_L6_N | W20  | B38 | B65_L9_N  | AA25 |
| A39 | B65_L6_P | W19  | B39 | B65_L9_P  | AA24 |
| A40 | GND      | -    | B40 | GND       | -    |
| A41 | B65_L1_N | V19  | B41 | B65_L8_N  | Y26  |
| A42 | B65_L1_P | U19  | B42 | B65_L8_P  | Y25  |
| A43 | GND      | -    | B43 | GND       | -    |
| A44 | B65_L3_N | U20  | B44 | B65_L5_N  | T23  |
| A45 | B65_L3_P | T20  | B45 | B65_L5_P  | T22  |
| A46 | GND      | -    | B46 | GND       | -    |
| A47 | B66_L4_N | L19  | B47 | B65_L19_N | R23  |
| A48 | B66_L4_P | M19  | B48 | B65_L19_P | R22  |
| A49 | GND      | -    | B49 | GND       | -    |
| A50 | B66_L2_N | M21  | B50 | B65_L16_N | V26  |
| A51 | B66_L2_P | M20  | B51 | B65_L16_P | U26  |
| A52 | GND      | -    | B52 | GND       | -    |
| A53 | B66_L5_N | J21  | B53 | B65_T3U   | T19  |
| A54 | B66_L5_P | K21  | B54 | -         | -    |
| A55 | GND      | -    | B55 | GND       | -    |
| A56 | B66_L3_N | J20  | B56 | B65_L17_N | P26  |
| A57 | B66_L3_P | J19  | B57 | B65_L17_P | P25  |
| A58 | GND      | -    | B58 | GND       | -    |
| A59 | B66_L1_N | K18  | B59 | B65_L15_N | P24  |
| A60 | B66_L1_P | L18  | B60 | B65_L15_P | N24  |

| J1 管脚 | 信号名称      | FPGA 引脚号 | J1 管脚 | 信号名称                | FPGA 引脚号 |
|-------|-----------|----------|-------|---------------------|----------|
| C1    | +12V      | -        | D1    | +12V                | -        |
| C2    | -         | -        | D2    | -                   | -        |
| C3    | GND       | -        | D3    | GND                 | -        |
| C4    | VCCAUX_PG | -        | D4    | FMC_HPC0_VREF_A_M2C | W18, V18 |
| C5    | -         | -        | D5    | -                   | -        |
| C6    | GND       | -        | D6    | GND                 | -        |
| C7    | GND       | -        | D7    | GND                 | -        |
| C8    | B84_L11_N | AA13     | D8    | B84_L12_N           | W13      |
| C9    | B84_L11_P | Y13      | D9    | B84_L12_P           | W12      |
| C10   | GND       | -        | D10   | GND                 | -        |
| C11   | B84_L3_N  | AE15     | D11   | B84_L10_N           | W15      |
| C12   | B84_L3_P  | AD15     | D12   | B84_L10_P           | W14      |
| C13   | GND       | -        | D13   | GND                 | -        |
| C14   | B84_L4_N  | AD14     | D14   | B84_L8_N            | AB14     |
| C15   | B84_L4_P  | AD13     | D15   | B84_L8_P            | AA14     |
| C16   | GND       | -        | D16   | GND                 | -        |
| C17   | B64_L17_N | AF17     | D17   | B84_L7_N            | AA15     |
| C18   | B64_L17_P | AE17     | D18   | B84_L7_P            | Y15      |
| C19   | GND       | -        | D19   | GND                 | -        |
| C20   | B64_L15_N | AF19     | D20   | B64_L13_N           | AE20     |
| C21   | B64_L15_P | AF18     | D21   | B64_L13_P           | AD20     |
| C22   | GND       | -        | D22   | GND                 | -        |
| C23   | B64_L16_N | AD18     | D23   | B64_L18_N           | AE16     |
| C24   | B64_L16_P | AC18     | D24   | B64_L18_P           | AD16     |
| C25   | GND       | -        | D25   | GND                 | -        |
| C26   | B64_L14_N | AD19     | D26   | B64_L22_N           | AC17     |
| C27   | B64_L14_P | AC19     | D27   | B64_L22_P           | AB17     |
| C28   | GND       | -        | D28   | GND                 | -        |
| C29   | B64_L12_N | AC21     | D29   | B64_L21_N           | AB20     |

|     |           |          |     |                  |                    |
|-----|-----------|----------|-----|------------------|--------------------|
| C30 | B64_L12_P | AB21     | D30 | B64_L21_P        | AA20               |
| C31 | GND       | -        | D31 | GND              | -                  |
| C32 | B64_L24_N | AA18     | D32 | B64_L23_N        | AA17               |
| C33 | B64_L24_P | Y18      | D33 | B64_L23_P        | Y17                |
| C34 | GND       | -        | D34 | GND              | -                  |
| C35 | -         | -        | D35 | B64_L19_N        | Y21                |
| C36 | -         | -        | D36 | B64_L19_P        | Y20                |
| C37 | GND       | -        | D37 | GND              | -                  |
| C38 | -         | -        | D38 | USER_DEF_CLOCK_P | J23                |
| C39 | -         | -        | D39 | USER_DEF_CLOCK_N | J24                |
| C40 | GND       | -        | D40 | GND              | -                  |
| C41 | B65_L10_N | W26      | D41 | B65_L12_N        | W24                |
| C42 | B65_L10_P | W25      | D42 | B65_L12_P        | V24                |
| C43 | GND       | -        | D43 | GND              | -                  |
| C44 | B65_L11_N | W23      | D44 | B65_L7_N         | Y23                |
| C45 | B65_L11_P | V23      | D45 | B65_L7_P         | Y22                |
| C46 | GND       | -        | D46 | GND              | -                  |
| C47 | B65_L4_N  | V22      | D47 | B65_L23_N        | P19                |
| C48 | B65_L4_P  | V21      | D48 | B65_L23_P        | N19                |
| C49 | GND       | -        | D49 | GND              | -                  |
| C50 | B65_L20_N | P21      | D50 | B65_L24_N        | N22                |
| C51 | B65_L20_P | P20      | D51 | B65_L24_P        | N21                |
| C52 | GND       | -        | D52 | GND              | -                  |
| C53 | B65_L14_N | U25      | D53 | B65_L13_N        | U24                |
| C54 | B65_L14_P | T25      | D54 | B65_L13_P        | T24                |
| C55 | GND       | -        | D55 | GND              | -                  |
| C56 | B65_T2U   | N26      | D56 | B65_L18_N        | R26                |
| C57 | B65_L2_P  | U21      | D57 | B65_L18_P        | R25                |
| C58 | GND       | -        | D58 | GND              | -                  |
| C59 | -         | -        | D59 | -                | -                  |
| C60 | VCCO_84   | AC15,Y24 | D60 | VCCO_86_87       | E9,H10,E14,<br>H25 |

## J2 连接器的引脚分配

| J2 管脚 | 信号名称      | FPGA 引脚号 | J2 管脚 | 信号名称      | FPGA 引脚号 |
|-------|-----------|----------|-------|-----------|----------|
| A1    | POWER_ALT | -        | B1    | POWER_SDA | -        |
| A2    | -         | -        | B2    | POWER_SCL | -        |
| A3    | GND       | -        | B3    | GND       | -        |
| A4    | FPGA_TDI  | AB12     | B4    | FPGA_TCK  | AE12     |
| A5    | FPGA_TMS  | AB10     | B5    | FPGA_TDO  | Y10      |
| A6    | GND       | -        | B6    | GND       | -        |
| A7    | -         | -        | B7    | -         | -        |
| A8    | -         | -        | B8    | -         | -        |
| A9    | GND       | -        | B9    | GND       | -        |
| A10   | -         | -        | B10   | -         | -        |
| A11   | -         | -        | B11   | -         | -        |
| A12   | GND       | -        | B12   | GND       | -        |
| A13   | B87_L3_N  | G14      | B13   | B87_L4_N  | J14      |
| A14   | B87_L3_P  | H14      | B14   | B87_L4_P  | J15      |
| A15   | GND       | -        | B15   | GND       | -        |
| A16   | B87_L2_N  | H13      | B16   | B87_L1_N  | H12      |
| A17   | B87_L2_P  | J13      | B17   | B87_L1_P  | J12      |
| A18   | GND       | -        | B18   | GND       | -        |
| A19   | B87_L5_N  | F12      | B19   | B87_L6_N  | F13      |
| A20   | B87_L5_P  | G12      | B20   | B87_L6_P  | F14      |
| A21   | GND       | -        | B21   | GND       | -        |
| A22   | B87_L7_N  | E12      | B22   | B87_L8_N  | D13      |
| A23   | B87_L7_P  | E13      | B23   | B87_L8_P  | D14      |
| A24   | GND       | -        | B24   | GND       | -        |
| A25   | B87_L10_N | B12      | B25   | B87_L11_N | A12      |
| A26   | B87_L10_P | C12      | B26   | B87_L11_P | A13      |
| A27   | GND       | -        | B27   | GND       | -        |
| A28   | B87_L9_N  | C13      | B28   | B87_L12_N | A14      |

|     |               |     |     |               |     |
|-----|---------------|-----|-----|---------------|-----|
| A29 | B87_L9_P      | C14 | B29 | B87_L12_P     | B14 |
| A30 | GND           | -   | B30 | GND           | -   |
| A31 | GND           | -   | B31 | GND           | -   |
| A32 | MGT226_CLK0_P | P7  | B32 | MGT226_CLK1_P | M7  |
| A33 | MGT226_CLK0_N | P6  | B33 | MGT226_CLK1_N | M6  |
| A34 | GND           | -   | B34 | GND           | -   |
| A35 | MGT226_TX0_P  | N5  | B35 | MGT226_RX0_P  | M2  |
| A36 | MGT226_TX0_N  | N4  | B36 | MGT226_RX0_N  | M1  |
| A37 | GND           | -   | B37 | GND           | -   |
| A38 | MGT226_TX1_P  | L5  | B38 | MGT226_RX1_P  | K2  |
| A39 | MGT226_TX1_N  | L4  | B39 | MGT226_RX1_N  | K1  |
| A40 | GND           | -   | B40 | GND           | -   |
| A41 | MGT226_TX2_P  | J5  | B41 | MGT226_RX2_P  | H2  |
| A42 | MGT226_TX2_N  | J4  | B42 | MGT226_RX2_N  | H1  |
| A43 | GND           | -   | B43 | GND           | -   |
| A44 | MGT226_TX3_P  | G5  | B44 | MGT226_RX3_P  | F2  |
| A45 | MGT226_TX3_N  | G4  | B45 | MGT226_RX3_N  | F1  |
| A46 | GND           | -   | B46 | GND           | -   |
| A47 | MGT227_CLK1_P | H7  | B47 | MGT227_CLK0_P | K7  |
| A48 | MGT227_CLK1_N | H6  | B48 | MGT227_CLK0_N | K6  |
| A49 | GND           | -   | B49 | GND           | -   |
| A50 | MGT227_TX0_P  | F7  | B50 | MGT227_RX0_P  | D2  |
| A51 | MGT227_TX0_N  | F6  | B51 | MGT227_RX0_N  | D1  |
| A52 | GND           | -   | B52 | GND           | -   |
| A53 | MGT227_TX1_P  | E5  | B53 | MGT227_RX1_P  | C4  |
| A54 | MGT227_TX1_N  | E4  | B54 | MGT227_RX1_N  | C3  |
| A55 | GND           | -   | B55 | GND           | -   |
| A56 | MGT227_TX2_P  | D7  | B56 | MGT227_RX2_P  | B2  |
| A57 | MGT227_TX2_N  | D6  | B57 | MGT227_RX2_N  | B1  |
| A58 | GND           | -   | B58 | GND           | -   |
| A59 | MGT227_TX3_P  | B7  | B59 | MGT227_RX3_P  | A4  |
| A60 | MGT227_TX3_N  | B6  | B60 | MGT227_RX3_N  | A3  |

| J2 管脚 | 信号名称          | FPGA 引脚号 | J2 管脚 | 信号名称          | FPGA 引脚号 |
|-------|---------------|----------|-------|---------------|----------|
| C1    | MGT224_TX0_N  | AF6      | D1    | MGT224_RX0_N  | AF1      |
| C2    | MGT224_TX0_P  | AF7      | D2    | MGT224_RX0_P  | AF2      |
| C3    | GND           | -        | D3    | GND           | -        |
| C4    | MGT224_TX1_N  | AE8      | D4    | MGT224_RX1_N  | AE3      |
| C5    | MGT224_TX1_P  | AE9      | D5    | MGT224_RX1_P  | AE4      |
| C6    | GND           | -        | D6    | GND           | -        |
| C7    | MGT224_TX2_N  | AD6      | D7    | MGT224_RX2_N  | AD1      |
| C8    | MGT224_TX2_P  | AD7      | D8    | MGT224_RX2_P  | AD2      |
| C9    | GND           | -        | D9    | GND           | -        |
| C10   | MGT224_TX3_N  | AC4      | D10   | MGT224_RX3_N  | AB1      |
| C11   | MGT224_TX3_P  | AC5      | D11   | MGT224_RX3_P  | AB2      |
| C12   | GND           | -        | D12   | GND           | -        |
| C13   | MGT224_CLK1_N | Y6       | D13   | MGT224_CLK0_N | AB6      |
| C14   | MGT224_CLK1_P | Y7       | D14   | MGT224_CLK0_P | AB7      |
| C15   | GND           | -        | D15   | GND           | -        |
| C16   | MGT225_TX0_N  | AA4      | D16   | MGT225_RX0_N  | Y1       |
| C17   | MGT225_TX0_P  | AA5      | D17   | MGT225_RX0_P  | Y2       |
| C18   | GND           | -        | D18   | GND           | -        |
| C19   | MGT225_TX1_N  | W4       | D19   | MGT225_RX1_N  | V1       |
| C20   | MGT225_TX1_P  | W5       | D20   | MGT225_RX1_P  | V2       |
| C21   | GND           | -        | D21   | GND           | -        |
| C22   | MGT225_TX2_N  | U4       | D22   | MGT225_RX2_N  | T1       |
| C23   | MGT225_TX2_P  | U5       | D23   | MGT225_RX2_P  | T2       |
| C24   | GND           | -        | D24   | GND           | -        |
| C25   | MGT225_TX3_N  | R4       | D25   | MGT225_RX3_N  | P1       |
| C26   | MGT225_TX3_P  | R5       | D26   | MGT225_RX3_P  | P2       |

|     |               |     |     |               |     |
|-----|---------------|-----|-----|---------------|-----|
| C27 | GND           | -   | D27 | GND           | -   |
| C28 | MGT225_CLK1_N | T6  | D28 | MGT225_CLK0_N | V6  |
| C29 | MGT225_CLK1_P | T7  | D29 | MGT225_CLK0_P | V7  |
| C30 | GND           | -   | D30 | GND           | -   |
| C31 | GND           | -   | D31 | GND           | -   |
| C32 | -             | -   | D32 | -             | -   |
| C33 | -             | -   | D33 | -             | -   |
| C34 | GND           | -   | D34 | GND           | -   |
| C35 | -             | -   | D35 | FPGA_VN_IN    | R13 |
| C36 | -             | -   | D36 | FPGA_VP_IN    | P14 |
| C37 | GND           | -   | D37 | GND           | -   |
| C38 | GND           | -   | D38 | GND           | -   |
| C39 | B86_L2_N      | J10 | D39 | B86_L4_N      | G11 |
| C40 | B86_L2_P      | J11 | D40 | B86_L4_P      | H11 |
| C41 | GND           | -   | D41 | GND           | -   |
| C42 | B86_L3_N      | H9  | D42 | B86_L1_N      | K9  |
| C43 | B86_L3_P      | J9  | D43 | B86_L1_P      | K10 |
| C44 | GND           | -   | D44 | GND           | -   |
| C45 | B86_L9_N      | C9  | D45 | B86_L5_N      | G9  |
| C46 | B86_L9_P      | D9  | D46 | B86_L5_P      | G10 |
| C47 | GND           | -   | D47 | GND           | -   |
| C48 | B86_L6_N      | F9  | D48 | B86_L10_N     | A9  |
| C49 | B86_L6_P      | F10 | D49 | B86_L10_P     | B9  |
| C50 | GND           | -   | D50 | GND           | -   |
| C51 | B86_L7_N      | E10 | D51 | B86_L8_N      | D10 |
| C52 | B86_L7_P      | E11 | D52 | B86_L8_P      | D11 |
| C53 | GND           | -   | D53 | GND           | -   |
| C54 | B86_L11_N     | A10 | D54 | B86_L12_N     | B11 |
| C55 | B86_L11_P     | B10 | D55 | B86_L12_P     | C11 |
| C56 | GND           | -   | D56 | GND           | -   |
| C57 | -             | -   | D57 | -             | -   |
| C58 | -             | -   | D58 | -             | -   |

|     |   |   |     |   |   |
|-----|---|---|-----|---|---|
| C59 | - | - | D59 | - | - |
| C60 | - | - | D60 | - | - |