

*User's Guide***SK-TDA4VM 用户指南****摘要**

本文档提供了 SK-TDA4VM 的功能和接口详细信息。



此设计采用了 HDMI® 技术。

## 内容

<b>1 简介</b> .....	<b>3</b>
1.1 箱内工具.....	3
1.2 主要特性和接口.....	3
1.3 热性能合规性.....	4
1.4 EMC、EMI 和 ESD 合规性.....	4
<b>2 用户接口</b> .....	<b>4</b>
2.1 电源输入.....	5
2.2 用户输入.....	6
2.3 标准接口.....	7
2.4 扩展接口.....	9
<b>3 机械</b> .....	<b>15</b>
<b>4 电路细节</b> .....	<b>15</b>
4.1 顶层图.....	15
4.2 接口映射.....	16
4.3 I2C 地址映射.....	16
4.4 GPIO 映射.....	17
4.5 存储标识信息的 EEPROM.....	19
<b>5 使用说明和公告</b> .....	<b>20</b>
5.1 使用说明.....	20
5.2 公告.....	20
<b>6 参考文献</b> .....	<b>21</b>
<b>7 修订历史记录</b> .....	<b>21</b>

## 插图清单

图 2-1. 用户接口 (顶部) .....	4
图 2-2. 用户接口 (底部) .....	5
图 2-3. RJ45 LED 指示器 [J8].....	7
图 4-1. SK-TDA4VM 功能方框图.....	15

## 表格清单

表 2-1. 建议的外部电源.....	6
表 2-2. 电源分配.....	6
表 2-3. 处理器引导模式设置 [SW1 开关 1-3].....	6
表 2-4. USB 类型 C 模式设置 [SW1 开关 4].....	6
表 2-5. UART 到 COM 端口映射.....	7
表 2-6. 扩展接头引脚定义 [J3].....	8
表 2-7. 风扇接头引脚定义 [J16].....	9
表 2-8. CAN-FD 接口分配.....	10
表 2-9. CAN-FD 接头引脚定义 [J1][J2][J5][J6].....	10
表 2-10. 扩展接头引脚定义 [J3].....	10
表 2-11. 摄像头 1 柔性引脚定义 [J18].....	11
表 2-12. 摄像头 2 柔性引脚定义 [J19].....	12
表 2-13. 摄像头 IO 电压控制.....	12
表 2-14. 40 引脚高速摄像头扩展引脚定义 [J24].....	12
表 2-15. 测试自动化接口引脚定义 [J25].....	13
表 4-1. 接口映射表.....	16
表 4-2. I2C 映射表.....	16
表 4-3. GPIO 映射表.....	17
表 4-4. 电路板 ID 信息.....	19

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

术语 HDMI、HDMI 高清多媒体接口、HDMI 商业外观和 HDMI 标识是 HDMI Licensing Administrator, Inc. 的商标或注册商标。

## 1 简介

### 1.1 箱内工具

SK-TDA4VM 套件包含：

- SK-TDA4VM
- Micro-SD 卡
- 用于串行终端/日志记录的 USB 电缆 ( Type-A 转 Micro-B )
- 包含启动链接/支持信息的纸卡

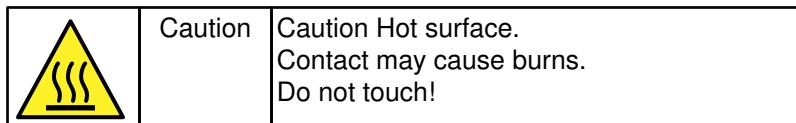
EVM 由 Type-C 电源供电，但套件不包含此类电源。有关 EVM 所推荐电源类型的更多信息，请参阅表 2-1。

### 1.2 主要特性和接口

- 处理器
  - 德州仪器 (TI) Jacinto TDA4VM
- 优化的电源管理解决方案
  - 动态电压调节
  - 多个时钟和电源域
- 存储器
  - 4GByte LPDDR4 DRAM (2133MHz)
  - 512Mb 非易失性闪存，Octal - SPI NOR
  - 多媒体卡 (MMC)/安全数字卡 (Micro SD) 卡笼，UHS - I
- USB
  - USB3.1 (Gen1) 集线器转 3x Type A ( 主机 )
  - USB3.1 (Gen1) 类型 C ( DFP 和 UFP 模式 )
  - USB2.0 Micro B ( 适用于四路 UART 转 USB 收发器 )
- 显示
  - VESA 显示端口 (v1.4)，支持 4K UHD 且支持 MST
  - 通过 HDMI Type A 的 DVI (v1.0)，支持 1080p
- 有线网络
  - 千兆位以太网 ( RJ45 连接器 )
  - 4x CAN-FD 接头 (1x3)
- 摄像头接口
  - 2 个 15 引脚柔性电缆接口 (CSI-2L)
  - 40 引脚高速连接器 ( 双 CSI-4L , I2C , GPIO 等 )
- 扩展/附加组件
  - M.2 Key E 接口 ( PCIe/Gen3 x 1 通道 , USB2.0 , SDIO , I2S , UART , I2C )
  - M.2 Key M 接口 ( PCIe/Gen3 x 2 通道 )
  - 40 引脚接头 (2x20) ( I2C 、 SPI 、 UART 、 I2S 、 GPIO 、 PWM 等 )
  - 风扇接头 (5V)
- 用户控制/指示
  - 按钮 ( 复位、电源/用户定义 )
  - LED ( 电源、用户定义、串行端口 )
  - 用户配置 ( 引导模式、USB 模式 )
  - 外部 JTAG/仿真器支持 ( 20 引脚接头 )
- 符合 REACH 和 RoHS 标准
- 符合 EMI/EMC 辐射标准

## 1.3 热性能合规性

处理器/散热器上的温度较高，环境温度较高时要尤其小心！尽管处理器/散热器不会带来灼伤危险，但散热器区域的温度较高，因此在处理 EVM 时应小心。



## 1.4 EMC、EMI 和 ESD 合规性

安装在产品上的元件对静电放电 (ESD) 很敏感。建议在 ESD 受控环境中使用此产品。这可能包括温度和/或湿度受控环境，以限制 ESD 的积累。与产品连接时，还建议采用 ESD 保护措施，例如腕带和 ESD 垫。

该产品用于类似实验室条件下的基本电磁环境，应用标准符合 EN IEC 61326-1:2021。

## 2 用户接口

图 2-1 和图 2-2 标识了 EVM 上的主要用户接口 (俯视图和仰视图)。

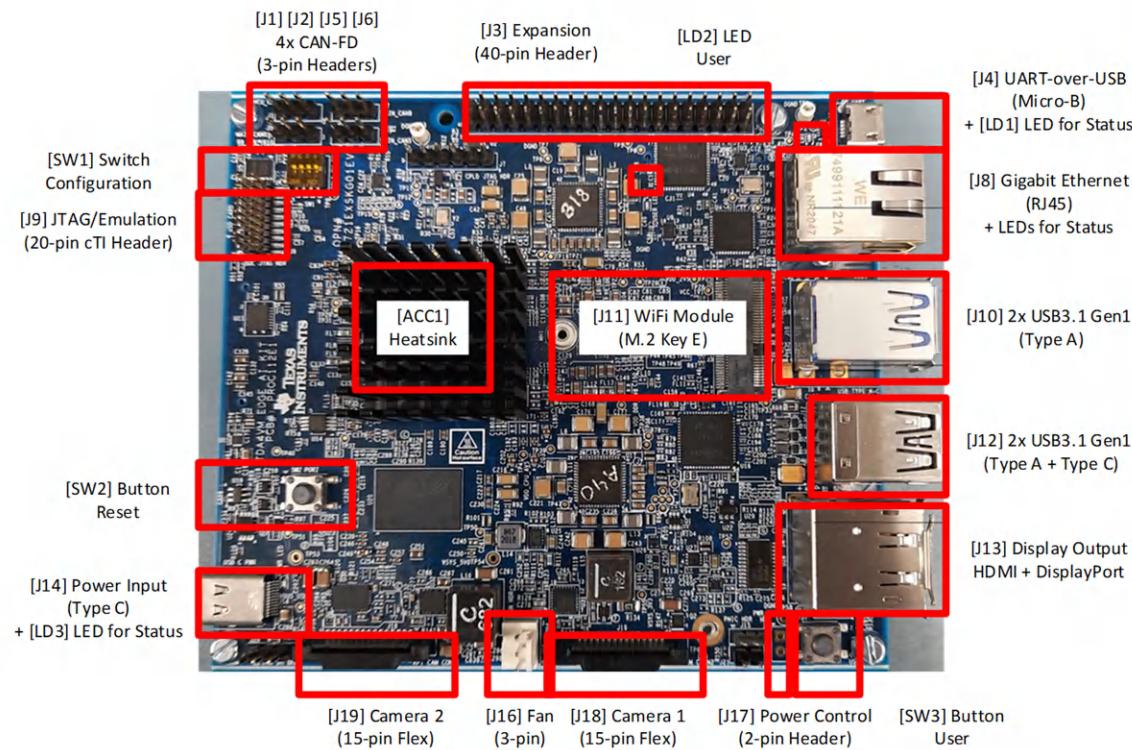


图 2-1. 用户接口 (顶部)

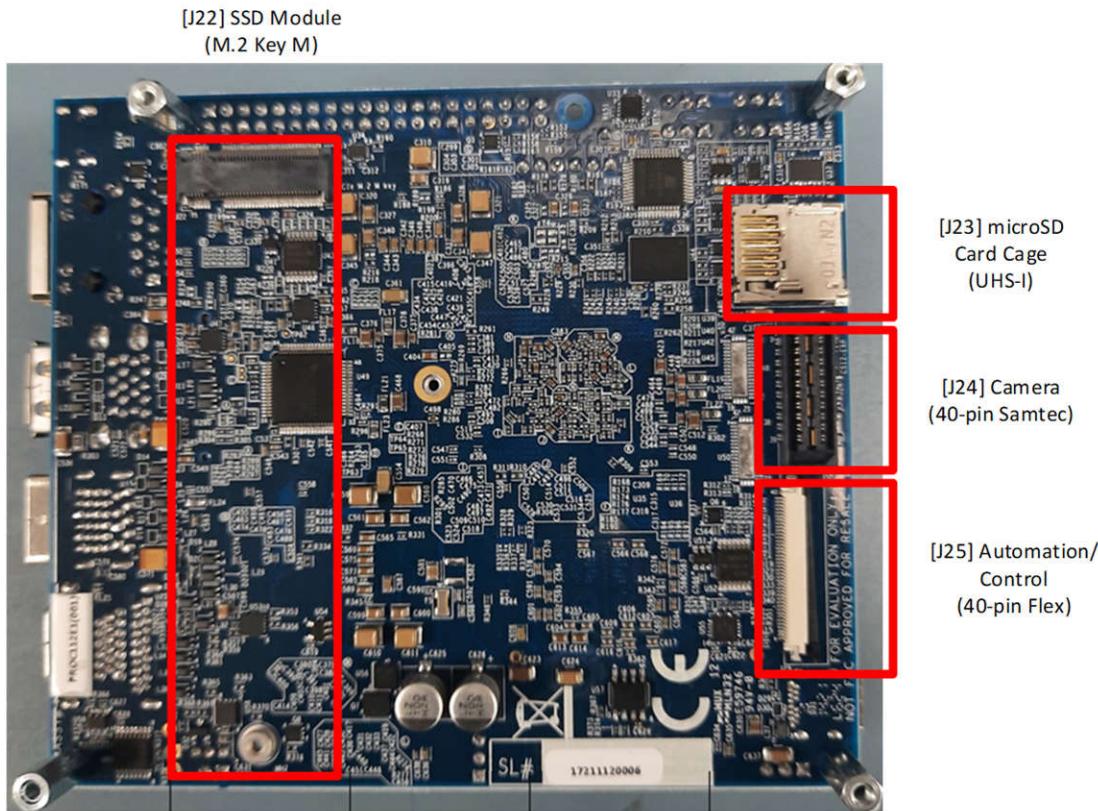


图 2-2. 用户接口 (底部)

## 2.1 电源输入

此 EVM 不包括电源，必须单独购买。

外部电源或电源配件要求：

- 标称输出电压：5-20VDC
- 最大输出电流：5000mA
- 效率等级 V

### 备注

TI 建议使用符合适用地区安全标准 (如 UL、CSA、VDE、CCC 和 PSE 等) 的外部电源或电源配件。

### 2.1.1 具有状态 LED [LD3] 的电源输入连接器 [J14]

专用的电源输入连接器是 USB Type C 连接器 [J14]，支持 Power Delivery 3.0。输入可接受宽输入电压范围 (5V 至 20V)。EVM 所需的确切功率在很大程度上取决于应用和连接的外设。表 2-1 中列出了推荐使用的电源。这些电源是 20V 类型 C 电源，能够提供高达 60W 的功率 (3A 时为 20VDC)。所需的最低电源为 15W 电源 (3A 时为 5VDC)。但是，5V 电源可能会限制 TDA4VM 的处理能力以及外设数量。USB 外设需要 VBUS，根据其电源需求，5V 输入电源的电压降可能过大。因此，建议使用电压更高的电源。

市场上有许多 USB Type C 电源制造商和型号，不可能对每种组合都测试 EVM。

表 2-1 列出了已测试过 EVM 的一些推荐电源。

**表 2-1. 建议的外部电源**

制造商	器件型号	Digikey #
GlobTek, Inc.	TR9CZ3000USBCG2R6BF2	1939-1794-ND
Qualtek	QADC-65-20-08CB	Q1251-ND

EVM 设计为在插入电源时自动上电。连接有效电源后，红色电源 LED [LD3] 将亮起。

### 2.1.2 功率预算注意事项

EVM 所需的确切功率在很大程度上取决于应用、板载外设的使用以及附加器件的功率需求。表 2-2 显示了设计的功率分配。（同样，输入电源必须能够提供应用所需的功率。）

**表 2-2. 电源分配**

功能	电源	说明
处理器内核	高达 15W	处理器、存储器
板载外设	高达 3W	SD 卡、以太网、逻辑器件等
USB 端口	高达 19W	USB 集线器 Type A 端口 ( 5V 时为 2.8A ) Type C 端口 ( 5V 时为 0.9A )
摄像头端口	高达 2W	摄像头端口 ( 3.3V 时为 0.5A )
扩展接口	高达 20W	M.2 Type E ( 3.3V 时为 1A ) M2 Type M ( 3.3V 时为 1A ) 40p 扩展 ( 3.3V 时为 2A , 4V 时为 1.5A )
显示	高达 3W	HDMI 收发器 HDMI 面板 ( 5V 时为 55mA ) DP 面板 ( 3.3V 时为 0.5A )

## 2.2 用户输入

EVM 支持多种机制供用户配置、控制和向系统提供输入。

### 2.2.1 板配置设置 [SW1]

DIP 开关 [SW1] 用于配置 EVM 上可用的不同选项，包括处理器引导模式和类型 C 接口的 USB 模式。

**表 2-3. 处理器引导模式设置 [SW1 开关 1-3]**

TDA4VM 引导源	SW1.1	SW1.2	SW1.3
MicroSD 卡 [J23]	关闭	关闭	关闭
非易失性闪存 (xSPI)	关闭	关闭	打开
USB3.1 类型 A [J10][J12]	打开	打开	关闭
USB 类型 C (DFP) [J12] <sup>(1)</sup>	关闭	打开	关闭
M.2 Key M [J22]	关闭	打开	打开
UART ( 用于刷写 )	打开	关闭	打开
无引导 ( JTAG/仿真器 )	打开	关闭	关闭

(1) 对于从类型 C 引导的 USB，需要将模式设置为 DFP。

**表 2-4. USB 类型 C 模式设置 [SW1 开关 4]**

USB3.1 类型 C 模式	SW1.4
下游端面外设 (DFP)	关闭
上游端面外设 (UFP)	打开

### 2.2.2 复位按钮 [SW2]

按下 [SW2] 后，EVM 会发出上电 ( 冷 ) 复位，并保持在复位状态，直到松开该按钮。

### 2.2.3 带用户 LED 指示 [LD2] 的用户按钮 [SW3]

按钮 [SW3] 可用于多种不同的功能。

功能 1：系统从关断状态唤醒发生由软件启动的断电后（使用 GPIO0\_55），按下按钮 [SW3] 将重新启用并引导 EVM。

功能 2：电源管理输入/中断。按钮 [SW3] 与电源管理 IC (IO4) 相连，并可针对不同的电源相关功能（例如，从睡 眠中唤醒）进行编程。

功能 3：用户定义的输入/中断。按钮 [SW3] 与 TDA4VM 处理器 (GPIO0\_4) 相连，并可针对各种用户输入/中断需求进行编程。

红色 LED [LD2] 可用作用户指示器，并通过 TDA4VM 处理器 (GPIO0\_64) 进行控制

## 2.3 标准接口

EVM 提供业界通用的接口/连接器来连接各种外设。这些都是标准接口，因此本文档中不提供具体的引脚信息。

### 2.3.1 具有状态 LED [LD1] 的 Uart 转 USB 接口 [J4]

TDA4VM 的四个 UART 端口与 UART 转 USB 收发器相连。当 EVM 的 USB Micro B 连接器 (J4) 使用提供的 USB 电缆（Type-A 转 Micro-B）连接到主机 PC 时，计算机可以建立可用于任何终端仿真应用的虚拟 Com 端口。收发器 (CP2108-B02-GM) 的虚拟 Com 端口驱动程序可从 <https://www.silabs.com/developers/usb-to-uart-bridge-vcp-drivers> 获得。

安装后，主机 PC 将创建四个虚拟 Com 端口。根据其他可用的主机 PC 资源，虚拟 COM 端口不位于 COM1-4 处。但是，它们将保持相同的数字顺序。

表 2-5. UART 到 COM 端口映射

TDA4VM UART	主机 PC COM 端口
WKUP_UART0	COM 1
MCU_UART0	COM 2
UART0	COM 3
UART1	COM 4

该电路通过 BUS 电源供电，因此当移除 EVM 电源后，COM 连接不会断开。LED [LD1] 用于指示与主机 PC 的有效 COM 连接。

### 2.3.2 具有集成式状态 LED 的千兆位以太网接口 [J8]

通过 RJ45 电缆接口 [J8] 对有线以太网网络提供支持，并与 IEEE 802.3 10BASE-T、100BASE-TX 和 1000BASE-T 规范兼容。连接器包括用于链路和活动的状态指示器。

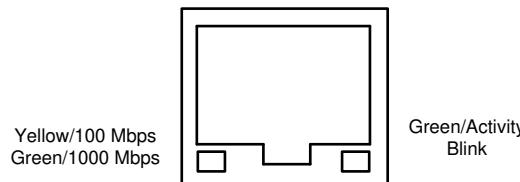


图 2-3. RJ45 LED 指示器 [J8]

以太网供电 (PoE) 不受支持。

### 2.3.3 JTAG/仿真接口 [J9]

EVM 通过专用仿真连接器 [J9] 支持 JTAG 仿真/调试器。该连接器符合德州仪器 (TI) 的 20 引脚 CTI 接头标准（2x20，1.27mm 间距），并与其模块（XDS110、XDS200、XDS560v2）和第三方模块兼容。

表 2-6. 扩展接头引脚定义 [J3]

引脚编号	引脚名称	说明 ( TDA4VM 引脚 # )	方向
1	TMS	测试模式选择 (TMS)	输入
2	TRSTn	测试复位	输入
3	TDI	测试数据输入	输入
4	TDIS	目标断开连接	输出
5	Vref	目标电压检测, 3.3V	输出
6	<No Pin>	无引脚/键	
7	TDO	测试数据输出	输出
8	GND	接地	
9	RTCK	测试时钟返回	输出
10	GND	接地	
11	TCK	测试时钟	输入
12	GND	接地	
13	EMU0	仿真引脚 0	双向
14	EMU1	仿真引脚 1	双向
15	RESETz	目标复位	输入
16	GND	接地	
17		开路	
18		开路	
19		开路	
20	GND	接地	

**备注**

在“方向”列中，要输出到 JTAG 模块，而输入来自 JTAG 模块。双向信号可以配置为输入或输出。

**2.3.4 USB3.1 Gen1 接口 [J10] [J12]**

该 EVM 支持三个 USB3.1 Gen1 Type A 端口 [J10][J12]，它们在主机模式下运行。这些端口的组合 VBUS 输出限制为 2.8A。

还支持一个 USB3.1 Gen1 类型 C 接口 [J12]，它可以用作 DFP 或 UFP。有关如何选择 USB 模式的详细信息，请参阅 [节 2.2.1](#)。此端口的 VBUS 输出限制为 0.9A。作为 UFP 运行时，EVM 无法从此端口供电。

**备注**

USB2.0 Micro-B 连接器 [J4] 在 Uart 转 USB 部分进行了讨论。

**备注**

VBUS 电源输出能力假定所选输入电源能够为 EVM 和连接的外设供电。

**备注**

此接口的一个可选附加 USB 摄像头模块示例是 Logitech USB C270。

**备注**

IO 电缆的最大长度要求小于 3 米。

**2.3.5 Wi-Fi 网络模块的 M.2 Key E 连接器 [J11]**

EVM 支持用于扩展模块的 Mini-PCIe M.2、Key E 插槽 (2230) [J11]。该扩展接口主要用于 BT/Wi-Fi 模块，并支持以下接口：PCI Express (PCIe) (1x)，USB2.0，安全数据/安全数字 IO (SDIO)，通用异步接收器/发送器 (UART)、IC 间音频 (I2S) 和内部集成电路 (I2C)。

## 备注

此接口的一个可选附加无线网络模块示例是 Intel M.2 Type E Wi-Fi/9260NGW。

### 2.3.6 堆叠式 DisplayPort 和 HDMI Type A [J13]

EVM 通过标准 DP 电缆接口 [J13] 支持 DisplayPort 面板。该接口支持 4K UHD (3840x2160) 分辨率，包括用于支持多个面板的 MST ( 多流传输 )。通过 HDMI 连接器 [J13] 支持第二个显示接口，并支持高达 1080p (1920x1080) 的分辨率。接口为 DVI，因此不支持集成音频。DisplayPort 和 HDMI 接口可同时使用。

### 2.3.7 SSD 模块的 M.2 Key M 连接器 [J22]

EVM 支持用于扩展模块的 Mini-PCIe M.2、Key M 插槽 (2280) [J22]。该扩展接口主要用于固态硬盘 (SSD)，并支持以下接口：PCIe (2x) 和 I2C。

### 2.3.8 MicroSD 卡笼 [J23]

EVM 支持 micro-SD 卡笼。它支持 UHS-1 类存储卡，包括 SDHC 和 SXDC。该连接器是推推式连接器，推动即可将卡插入，再次推动即可移除卡。

MicroSD 卡包含在 EVM 套件中。

## 2.4 扩展接口

EVM 支持具有非标准/自定义引脚的扩展接口。介绍了其中每个接口，并提供了特定的引脚信息。

### 2.4.1 带 [J16] 风扇接头的散热器 [ACC1]

散热器支持在环境温度下冷却器件。如果在特定环境或用例中需要进行额外的冷却，可以将风扇添加至散热器。

风扇连接器是 3 引脚接头 ( WURTH ELEKTRONIK，器件型号 61900311121 )。

表 2-7. 风扇接头引脚定义 [J16]

引脚编号	引脚名称	说明	方向
1	<open>	未连接	不可用
2	5V	主 5V 电源	输出
3	GND	接地	

## 2.4.2 CAN-FD 连接器 [J1] [J2] [J5] [J6]

EVM 支持四 (4x) 个 CAN 总线接口。

表 2-8. CAN-FD 接口分配

连接器参考号	TDA4VM 资源
J1	MCU CAN0
J2	CAN9
J5	CAN0
J6	CAN5

每个控制器局域网 (CAN) 总线接口都支持 3 引脚、2.54mm 间距接头。该接口符合 ISO 11898-2 和 ISO 11898-5 物理标准，支持 CAN 并将 CAN-FD 性能优化至高达 8 Mbps。每个都包括 CAN 总线端点终端。如果将 EVM 用于具有两个以上节点的网络，则需要调整终端。

表 2-9. CAN-FD 接头引脚定义 [J1][J2][J5][J6]

引脚编号	引脚名称	说明	方向
1	CAN-H	高级 CAN 总线	双向
2	GND	接地	
3	CAN-L	低级 CAN 总线	双向

## 2.4.3 扩展接头 [J3]

该 EVM 包含一个 40 引脚 ( 2x20 , 2.54mm 间距 ) 扩展接口 [J3]。扩展连接器支持多种接口，包括：I2C、串行外设接口 (SPI)、带音频时钟的 I2S、UART、脉宽调制器 (PWM) 和 GPIO。接口上的所有信号均为 3.3V 电平。

表 2-10. 扩展接头引脚定义 [J3]

引脚编号	引脚名称	说明 ( TDA4VM 引脚 # )	方向
1	电源	电源, 3.3V	输出
2	电源	电源, 5.0V	输出
3	I2C_SDA	I2C 总线 #5, 数据 (AA27)	双向
4	电源	电源, 5.0V	输出
5	I2C_SCL	I2C 总线 #5, 时钟 (Y26)	双向
6	GND	接地	
7	GP_CLK/GPIO	REFCLK0/GPIO0 #7 (AD22)	双向
8	UART_TXD	UART #2 发送 (AA24)	输出
9	GND	接地	
10	UART_RXD	UART #2 接收 (AA26)	输入
11	GPIO	GPIO0 #71 (AA28)	双向
12	I2S_SCLK	McASP #6 ACLKX (AC23)	双向
13	GPIO	GPIO0 #82 (AA29)	双向
14	GND	接地	
15	GPIO	GPIO0 #11 (AD21)	双向
16	GPIO	GPIO0 #5 (AH23)	双向
17	电源	电源, 3.3V	输出
18	GPIO	GPIO1 #12 (U3)	双向
19	SPI_MOSI	SPI #5 数据 0 (V25)	双向
20	GND	接地	
21	SPI_MISO	SPI #5 数据 1 (W24)	双向
22	GPIO	GPIO0 #8 (AE20)	双向
23	SPI_SCLK	SPI #5 时钟 (W29)	双向

表 2-10. 扩展接头引脚定义 [J3] (续)

引脚编号	引脚名称	说明 (TDA4VM 引脚 #)	方向
24	SPI_CS0	SPI #5 片选 0 (W27)	双向
25	GND	接地	
26	SPI_CS1	SPI #5 片选 1 (W25)	双向
27	ID_SDA	Wkup I2C 数据 (H24)	双向
28	ID_SCL	Wkup I2C 时钟 (J25)	双向
29	GPIO	GPIO0 #93 (U27)	双向
30	GND	接地	
31	GPIO	GPIO0 #94 (U24)	双向
32	PWM0	PWM3_A (V23)	输出
33	PWM1	PWM3_B (W23)	输出
34	GND	接地	
35	I2S_FS	McASP #6 FSX (AG22)	双向
36	GPIO	GPIO0_97 (Y28)	双向
37	GPIO	GPIO0_115 (AA3)	双向
38	I2S_DIN	McASP #6 (AF22)	双向
39	GND	接地	
40	I2S_DOUT	McASP #6 (AJ23)	双向

**备注**

在“方向”列中，要输出到扩展模块，而输入来自扩展模块。双向信号可以配置为输入或输出。

**备注**

扩展连接器上的所有信号都可以支持其他功能，包括 GPIO。有关各引脚可用功能的完整列表，请参阅适用于 [ADAS 和自动驾驶汽车器件版本 1.0 和 1.1 的 TDA4VM Jacinto™ 处理器](#)。UART 和 PWM 等设置为 INPUT 或 OUTPUT 的功能可在配置为 GPIO 时为双向。

#### 2.4.4 摄像头接口，15 引脚柔性连接器 [J18] [J19]

EVM 支持两 (2) 个 15 引脚柔性 (1.0mm 间距) 连接器 [J18][J19]，用于与摄像头模块连接。每个摄像头接口为摄像头提供 MIPI CSI-2 接口 (2Lane)、时钟/控制信号和电源 (3.3V)。

为了能同时使用具有相同地址的摄像头模块，使用 I2C 多路复用器来选择每个摄像头。时钟/控制信号的电压电平可在 1.8V/3.3V 之间选择。

表 2-11. 摄像头 1 柔性引脚定义 [J18]

引脚编号	引脚名称	说明	方向
1/1A	GND	接地	
3/2A	CSI0_D0_N	CSI 端口 0 数据通道 0	输入
5/3A	CSI0_D0_P	CSI 端口 0 数据通道 0	输入
7/4A	GND	接地	
9/5A	CSI0_D1_N	CSI 端口 0 数据通道 1	输入
11/6A	CSI0_D1_P	CSI 端口 0 数据通道 1	输入
13/7A	GND	接地	
15/8A	CSI0_CLK_N	CSI 端口 0 CLK	输入
17/9A	CSI0_CLK_P	CSI 端口 0 CLK	输入
19/10A	GND	接地	
21/11A	CAM1_PWDN	断电 (GPIO0-116)	输出
23/12A	CAM1_AUX	AUX (GPIO0-117)	双向

表 2-11. 摄像头 1 柔性引脚定义 [J18] (续)

引脚编号	引脚名称	说明	方向
25/13A	I2C_SCL	I2C 时钟 #3, 多路复用器 0	输出
27/14A	I2C_SDA	I2C 数据 #3, 多路复用器 0	双向
29/15A	电源	电源, 3.3V	输出

表 2-12. 摄像头 2 柔性引脚定义 [J19]

引脚编号	引脚名称	说明	方向
1/1A	GND	接地	
3/2A	CSI1_D0_N	CSI 端口 1 数据通道 0	输入
5/3A	CSI1_D0_P	CSI 端口 1 数据通道 0	输入
7/4A	GND	接地	
9/5A	CSI1_D1_N	CSI 端口 1 数据通道 1	输入
11/6A	CSI1_D1_P	CSI 端口 1 数据通道 1	输入
13/7A	GND	接地	
15/8A	CSI1_CLK_N	CSI 端口 1 CLK	输入
17/9A	CSI1_CLK_P	CSI 端口 1 CLK	输入
19/10A	GND	接地	
21/11A	CAM2_PWDN	断电 (GPIO0-119)	输出
23/12A	CAM2_AUX	AUX (GPIO0-120)	双向
25/13A	I2C_SCL	I2C 时钟 #3, 多路复用器 1	输出
27/14A	I2C_SDA	I2C 数据 #3, 多路复用器 1	双向
29/15A	电源	电源, 3.3V	输出

**备注**

在“方向/级别”列中，要输出到摄像头模块，而输入来自摄像头模块。双向信号可以配置为输入或输出。

**2.4.5 40 引脚高速摄像头接口 [J24]**

该 EVM 包含一个 40 引脚 (2x20, 2.54mm 间距) 高速摄像头接口 [J24]。扩展连接器支持两个 CSI-2 (每个 4 通道)、电源和控制信号 (I2C、GPIO 等)：所有控制信号均可配置为 3.3V 或 1.8V 电压电平。

表 2-13. 摄像头 IO 电压控制

GPIO0 #118 (引脚 Y1)	摄像头 IO 电平
低电平或“0”	1.8V (默认值)
高电平或“1”	3.3V

表 2-14. 40 引脚高速摄像头扩展引脚定义 [J24]

引脚编号	引脚名称	说明 (TDA4VM 引脚 #)	方向
1	电源		输出
2	I2C_SCL	I2C 总线 #3, 时钟 (T26)	双向
3	电源		输出
4	I2C_SDA	I2C 总线 #3, 数据 (T25)	双向
5	CSI0_CLK_P	CSI 端口 0 时钟	输入
6	GPIO/PWMA	GPIO0 #74 (AG26)	双向
7	CSI0_CLK_N	CSI 端口 0 时钟	输入
8	GPIO/PWMB	GPIO0 #75 (AF27)	双向
9	CSI0_D0_P	CSI 端口 0 数据通道 0	输入
10	REFCLK	REFCLK2 (W26)	双向

表 2-14. 40 引脚高速摄像头扩展引脚定义 [J24] (续)

引脚编号	引脚名称	说明 ( TDA4VM 引脚 # )	方向
11	CSI0_D0_N	CSI 端口 0 数据通道 0	输入
12	GND	接地	
13	CSI0_D1_P	CSI 端口 0 数据通道 1	输入
14	RESETZ	GPIO0 #79 (AG29)	输出
15	CSI0_D1_N	CSI 端口 0 数据通道 1	输入
16	GND	接地	
17	CSI0_D2_P	CSI 端口 0 数据通道 2	输入
18	GPIO	GPIO0 #76 (AF26)	双向
19	CSI0_D2_N	CSI 端口 0 数据通道 2	输入
20	GPIO	GPIO0 #77 (AE25)	双向
21	CSI0_D3_P	CSI 端口 0 数据通道 3	输入
22	GPIO	GPIO0 #78 (AF29)	双向
23	CSI0_D3_N	CSI 端口 0 数据通道 3	输入
24	GND	接地	
25	CSI1_CLK_P	CSI 端口 1 时钟	输入
26	CSI1_D3_P	CSI 端口 1 数据通道 3	输入
27	CSI1_CLK_N	CSI 端口 1 时钟	输入
28	CSI1_D3_N	CSI 端口 1 数据通道 3	输入
29	CSI1_D0_P	CSI 端口 1 数据通道 0	输入
30	电源	电源, 3.3V	输出
31	CSI1_D0_N	CSI 端口 1 数据通道 0	输入
32	电源	电源, 3.3V	输出
33	CSI1_D1_P	CSI 端口 1 数据通道 1	输入
34	电源	电源, 3.3V	输出
35	CSI1_D1_N	CSI 端口 1 数据通道 1	输入
36	电源	电源, 3.3V	输出
37	CSI1_D2_P	CSI 端口 1 数据通道 2	输入
38	电源	电源, IO 电平 ( 1.8 或 3.3V )	输出
39	CSI1_D2_N	CSI 端口 1 数据通道 2	输入
40	电源	电源, IO 电平 ( 1.8 或 3.3V )	输出

**备注**

在“方向”列中，要输出到扩展模块，而输入来自扩展模块。双向信号可以配置为输入或输出。

**2.4.6 自动化和控制连接器 [J25]**

EVM 支持自动控制系统的接口，包括开/关、复位和启动模式设置等功能。

表 2-15. 测试自动化接口引脚定义 [J25]

引脚	引脚名称	说明 ( TDA4VM 引脚 # )	方向
1	电源	电源, 3.3V	输出
2	电源	电源, 3.3V	输出
3	电源	电源, 3.3V	输出
4	<开路>		不适用
5	<开路>		不适用
6	<开路>		不适用

表 2-15. 测试自动化接口引脚定义 [J25] (续)

引脚	引脚名称	说明 (TDA4VM 引脚 #)	方向
7	GND	接地	
8	<开路>		不适用
9	<开路>		不适用
10	<开路>		不适用
11	<开路>		不适用
12	<开路>		不适用
13	<开路>		不适用
14	<开路>		不适用
15	<开路>		不适用
16	GND	接地	
17	<开路>		不适用
18	<开路>		不适用
19	<开路>		不适用
20	<开路>		不适用
21	<开路>		不适用
22	<开路>		不适用
23	<开路>		不适用
24	<开路>		不适用
25	GND	接地	
26	POWERDOWNz	EVM 断电	输入
27	PORz	EVM 上电/冷复位	输入
28	RESETz	EVM 热复位	输入
29	<开路>		不适用
30	INT1z	EXTINTN (AC18)	输入
31	INT2z	WKUP_GPIO0 #5 (F29)	双向
32	<开路>		不适用
33	BOOTMODE_RSTz	引导模式缓冲器复位	输入
34	GND	接地	
35	<开路>		不适用
36	I2C_SCL	I2C 总线 #2, 时钟 (AA1)	双向
37	BOOTMODE_SCL	引导模式缓冲器 I2C 时钟	输入
38	I2C_SDA	I2C 总线 #2, 数据 (AA3)	双向
39	BOOTMODE_SDA	引导模式缓冲器 I2C 数据	双向
40	GND	接地	
41	GND	接地	
42	GND	接地	

**备注**

在“方向/级别”列中，要输出到摄像头模块，而输入来自摄像头模块。双向信号可以配置为输入或输出。

**备注**

信号极性由引脚名称末尾的“z”标识，表示信号为低电平有效。例如，POWERDOWNz 是一个低电平有效信号，因此“0”=EVM 已断电，“1”=EVM 未断电。

### 3 机械

本部分尚未完成。

### 4 电路细节

本节提供了有关 EVM 设计和处理器连接的更多详细信息。

#### 4.1 顶层图

图 4-1 显示了 EVM 板的功能方框图。

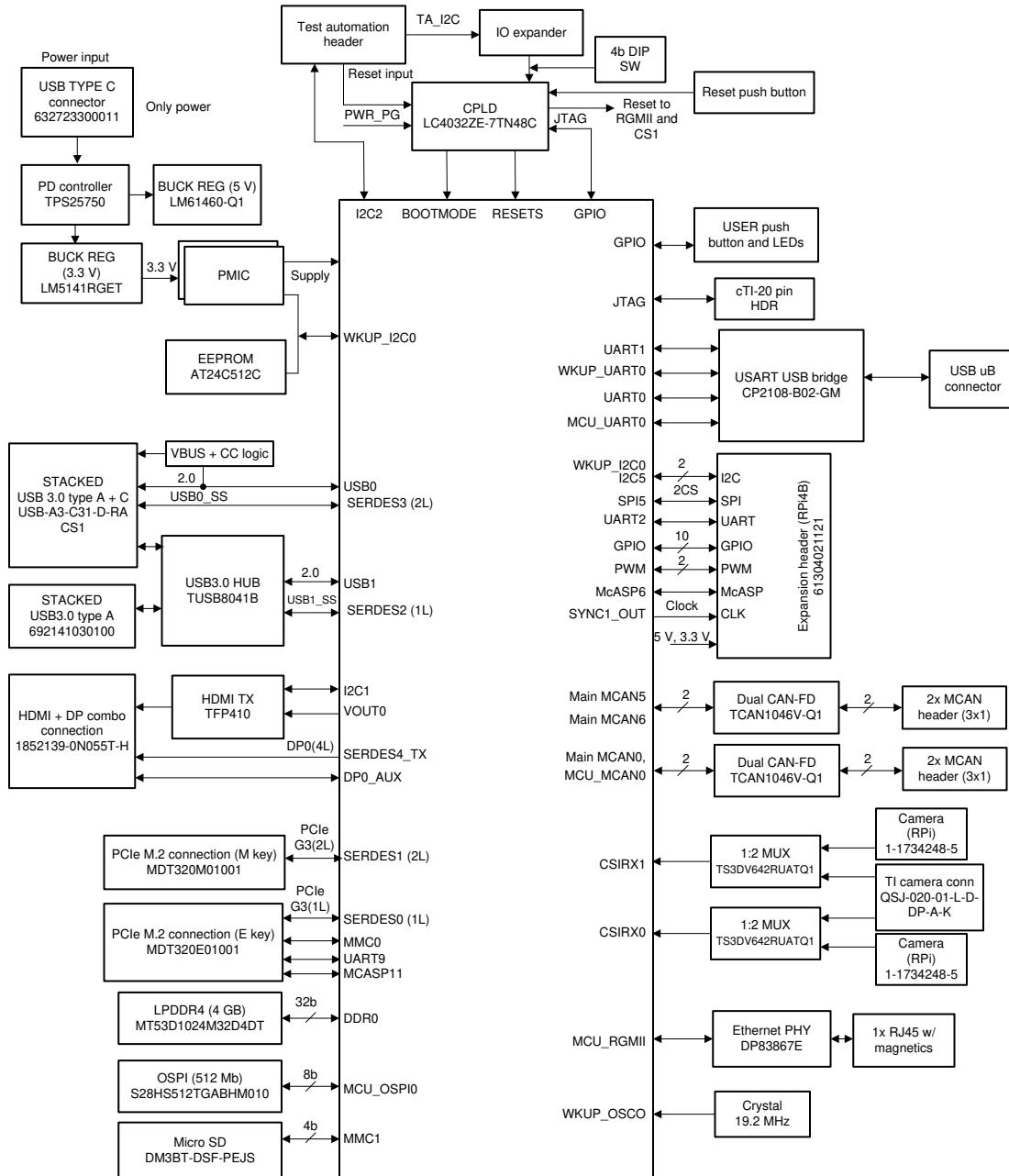


图 4-1. SK-TDA4VM 功能方框图

## 4.2 接口映射

表 4-1 中提供了 TDA4VM 接口映射表。

表 4-1. 接口映射表

连接的外设	TDA4VM 资源	元件/器件型号
存储器, LPDDR4 DRAM	DDR0	Micron MT53D1024M32D4DT
存储器, xSPI NOR 闪存	MCU_OSPIO	Cypress S28HS512TGABHM010
Micro-SD 卡笼	MMC1	
EEPROM, 存储电路板标识信息	WKUP_I2C0	Microchip Tech AT24C512C
有线以太网	MCU_RGMII1, MCU_MDIO	德州仪器 (TI) DP83867E
USB Type C + CC 控制器	USB0 (SERDES3)	德州仪器 (TI) TUSB321
USB Type A (3x)	USB1 (SERDES2)	德州仪器 (TI) TUSB8041
HDMI	DPI0, I2C1	德州仪器 (TI) TFP410
显示端口	DP0 (SERDES4)	
PCIe - M.2 插槽 (E-Key 2230)	PCIe0 (SERDES0), USB1, MMC0, McASP11, UART9, I2C0	
PCIe - M.2 插槽 (M-Key 2280)	PCIe1 (SERDES1), I2C0	
CSI Rx 接口	CSI0、CSI1、I2C3	
UART 终端 (UART 转 USB)	WKUP_UART0, MCU_UART0, UART0, UART1	Silicon Labs CP2108
CAN (4x)	MCU_MCAN0, MCAN0, MCAN5, MCAN9	德州仪器 (TI) TCAN1046V
扩展接头 (40 引脚)	McASP6、SPI5、UART2、I2C5	
测试自动化接头	I2C2	

## 4.3 I2C 地址映射

表 4-2 提供了 EVM 的完整 I2C 地址映射详情。

表 4-2. I2C 映射表

连接的外设	TDA4VM 资源		元件/器件型号
	I2C 端口	I2C 地址	
电源管理 IC	WKUP_I2C0	0x48-4B	德州仪器 (TI) PTPS65941213
电源管理 IC	WKUP_I2C0	0x4C-4F	德州仪器 (TI) PTPS65941111
EEPROM, 板 Id	WKUP_I2C0	0x51	Microchip Tech AT24C512C
扩展接头 (40p)	WKUP_I2C0	附加组件	
电源管理 IC	MCU_I2C0	0x12	德州仪器 (TI) PTPS65941213
输入 PD 控制器	I2C0	0x20	德州仪器 (TI) TPS25750
PCIe M.2 Key E/M	I2C0	0x71, 附加组件	德州仪器 (TI) TCA9543A
HDMI DDC	I2C1	附加组件	
摄像头扩展	I2C3	0x70, 附加组件	德州仪器 (TI) TCA9543A
扩展接头 (40p)	I2C5	附加组件	

## 4.4 GPIO 映射

TDA4VM SoC 的通用 IO (GPIO) 分为两大类，WKUP 和 MAIN。对于这种设计，IO 之间没有太大的功能差异。

表 4-3 介绍了 TDA4VM SoC 与 EVM 外设的 GPIO 映射并提供了默认设置。

表 4-3. GPIO 映射表

TDA4VM 引脚名称	GPIO	功能	方向/级别	备注
WKUP_GPIO0_3	WKUP_GPIO0_3	MCU CAN 总线 #0 待机	输出	“0” - 正常模式 “1” - 待机模式 (默认值)
WKUP_GPIO0_4	WKUP_GPIO0_4	SW3 按钮	输入	“0” - 已按下 SW3 “1” - 未按下 SW2 (默认值)
WKUP_GPIO0_5	WKUP_GPIO0_5	EEPROM 写保护	输出	“0” - EEPROM 不受写保护 (默认) “1” - EEPROM 受写保护
WKUP_GPIO0_6	WKUP_GPIO0_6	测试自动化中断 #2	输入	“0” - 将由用户定义 “1” - 将由用户定义 (默认值)
WKUP_GPIO0_7	WKUP_GPIO0_7	电源管理 IC 中断	输入	“0” - 有效中断请求 “1” - 无中断请求 (默认值)
WKUP_GPIO0_8	WKUP_GPIO0_8	SD 卡电源使能	输出	“0” - 禁用 SD 卡电源 “1” - 启用 SD 卡电源 (默认值)
WKUP_GPIO0_9	WKUP_GPIO0_9	SD 卡 IO 电压选择	输出	“0” - SD 卡 IO 电压为 1.8V “1” - SD 卡 IO 电压为 3.3V (默认值)
WKUP_GPIO0_10	WKUP_GPIO0_10	以太网 PHY 复位	输出	“0” - 以太网复位 “1” - 以太网未复位 (默认值)
WKUP_GPIO0_11	WKUP_GPIO0_11	M.2 Key M 接口信号 (RSTz)	输出	RSTz, 更多详细信息请参阅 M.2 Key M 规格。 (默认值 = “0”)
MCU_OSPI1_DQS	WKUP_GPIO0_31	闪存中断	输入	“0” - 有效中断请求 “1” - 无中断请求 (默认值)
MCU_OSPI1_CSN0	WKUP_GPIO0_36	M.2 Key E 接口信号 (SDIO_RESET#)	输出	SDIO_RESET#, 更多详细信息请参阅 M.2 Key E 规格。 (默认值 = “0”)
MCU_OSPI1_CSN1	WKUP_GPIO0_37	M.2 Key E 接口信号 (SDIO_WAKE#)	输出	SDIO_WAKE#, 更多详细信息请参阅 M.2 Key E 规格。 (默认值 = “1”)
MCU_SPI0_CS0	WKUP_GPIO0_55	系统断电	输出	“0” - 正常运行 (默认值) “1” - 系统断电/关
PMIC_POWER_EN0	WKUP_GPIO0_66	以太网 PHY 中断	输入	“0” - 有效中断请求 “1” - 无中断请求 (默认值)
PRG1_PRU0_GPO4	GPIO0_5	40 引脚扩展接头信号 (GPIO)	双向	扩展板特定 (引脚 16)
PRG1_PRU0_GPO6	GPIO0_7	40 引脚扩展接头信号 (REFCLK0(GPIO)	双向	扩展板特定 (引脚 7)
PRG1_PRU0_GPO7	GPIO0_8	40 引脚扩展接头信号 (GPIO)	双向	扩展板特定 (引脚 22)
PRG1_PRU0_GPO10	GPIO0_11	40 引脚扩展接头信号 (GPIO)	双向	扩展板特定 (引脚 15)
PRG0_PRU0_GPO18	GPIO0_61	M.2 Key E 接口信号 (W_DISABLE1#)	输出	W_DISABLE1#, 更多详细信息请参阅 M.2 Key E 规格。 (默认值 = “1”)
PRG0_PRU0_GPO19	GPIO0_62	M.2 Key E 接口信号 (W_DISABLE2#)	输出	W_DISABLE2#, 更多详细信息请参阅 M.2 Key E 规格。 (默认值 = “1”)
PRG0_PRU1_GPO1	GPIO0_64	用户 LED (LD2)	输出	“0” - LED [LD2] 已关 (默认值) “1” - LED [LD2] 已开

表 4-3. GPIO 映射表 (续)

TDA4VM 引脚名称	GPIO	功能	方向/级别	备注
PRG0_PRU1_GPO2	GPIO0_65	CAN 总线 #0 待机	输出	“0” - 正常模式 “1” - 待机模式 (默认值)
PRG0_PRU1_GPO3	GPIO0_66	CAN 总线 #5 待机	输出	“0” - 正常模式 “1” - 待机模式 (默认值)
PRG0_PRU1_GPO4	GPIO0_67	CAN 总线 #9 待机	输出	“0” - 正常模式 “1” - 待机模式 (默认值)
PRG0_PRU1_GPO8	GPIO0_71	40 引脚扩展接头信号 (GPIO)	双向	扩展板特定 (引脚 11)
PRG0_PRU1_GPO9	GPIO0_72	M.2 Key E 接口信号 (RTSz)	输出	RSTz, 更多详细信息请参阅 M.2 Key E 规格。 (默认值 = “0”)
PRG0_PRU1_GPO11	GPIO0_74	CSI 扩展信号 (GPIO)	双向	CSI2 扩展板特定 (引脚 6)
PRG0_PRU1_GPO12	GPIO0_75	CSI 扩展信号 (GPIO)	双向	CSI2 扩展板特定 (引脚 8)
PRG0_PRU1_GPO13	GPIO0_76	CSI 扩展信号 (GPIO)	双向	CSI2 扩展板特定 (引脚 18)
PRG0_PRU1_GPO14	GPIO0_77	CSI 扩展信号 (GPIO)	双向	CSI2 扩展板特定 (引脚 20)
PRG0_PRU1_GPO15	GPIO0_78	CSI 扩展信号 (GPIO)	双向	CSI2 扩展板特定 (引脚 22)
PRG0_PRU1_GPO16	GPIO0_79	CSI 扩展信号 (RESETz)	输出	“0” - CSI 板已复位 (默认值) “1” - CSI 板未复位
PRG0_PRU1_GPO19	GPIO0_82	40 引脚扩展接头信号 (GPIO)	双向	扩展板特定 (引脚 13)
RGMII5_TX3	GPIO0_87	HDMI 监视器使能	输出	“0” - 断电 “1” - 正常运行 (默认值)
RGMII5_TD2	GPIO0_88	CSI 扩展接口选择	输出	CSI I2C MUX 选择 “0” - 选择摄像头/柔性 (默认值) “1” - 选择 40 引脚摄像头扩展
RGMII5_RD3	GPIO0_93	40 引脚扩展接头信号 (GPIO)	双向	扩展板特定 (引脚 29)
RGMII5_RD2	GPIO0_94	40 引脚扩展接头信号 (GPIO)	双向	扩展板特定 (引脚 31)
RGMII5_RD1	GPIO0_95	M.2 Key E 接口信号 (UART_WAKE#)	输出	UART_WAKE#, 更多详细信息请参阅 M.2 Key E 规格。 (默认值 = “1”)
RGMII6_TX_CTL	GPIO0_97	40 引脚扩展接头信号 (GPIO)	双向	扩展板特定 (引脚 36)
SPI0_CS0	GPIO0_111	显示端口监视器使能	输出	“0” - 禁用监视器 (默认值) “1” - 启用监视器
SPI0_D1	GPIO0_115	40 引脚扩展接头信号 (GPIO)	双向	扩展板特定 (引脚 37)
SPI1_CS0	GPIO0_116	摄像头 #0 柔性信号 (PwrDwn)	输出	摄像头特定 (引脚 11a) “0” - 正常运行 (默认值) “1” - 断电
SPI1_CS1	GPIO0_117	摄像头 #0 柔性信号 (GPIO)	双向	摄像头特定 (引脚 12a)
SPI1_CLK	GPIO0_118	CSI I2C/GPIO 电压选择	输出	“0” - 1.8V IO (默认值) “1” - 3.3V IO
SPI1_D0	GPIO0_119	摄像头 #1 柔性信号 (PwrDwn)	输出	摄像头特定 (引脚 11a) “0” - 正常运行 (默认值) “1” - 断电
SPI1_D1	GPIO0_120	摄像头 #1 柔性信号 (GPIO)	双向	摄像头特定 (引脚 12a)
UART1_CTSN	GPIO0_127	HDMI 收发器使能	输出	“0” - 断电 (默认值) “1” - 正常运行
UART1_RTSN	GPIO1_0	HDMI 监视器检测	输入	“0” - 未检测到显示器 (默认值) “1” - 检测到显示器

表 4-3. GPIO 映射表 (续)

TDA4VM 引脚名称	GPIO	功能	方向/级别	备注
MCAN1_RX	GPIO1_3	USB Type-C 电缆方向	输入	“0” - 检测到低位置 (默认值) “1” - 检测到高位置
EXT_REFCLK1	GPIO1_12	40 引脚扩展接头信号 (GPIO)	双向	扩展板特定 (引脚 18)

## 备注

在“方向/级别”列中，要输出到外设/模块，输入则来自外设/模块。双向信号可以配置为输入或输出。

#### 4.5 存储标识信息的 EEPROM

SK-TDA4VM 电路板的识别和版本信息存储在板载 EEPROM 中。存储器的前 259 个字节使用 EVM 标识信息进行了预编程。该数据的格式在表 4-4 中提供。剩余的 32509 个字节可用于数据或代码存储。

EEPROM 可从位于地址 0x51 处的 TDA4VM 处理器的 WKUP I2C0 端口进行访问。

表 4-4. 电路板 ID 信息

字段名称	偏移/大小	值	说明
MAGIC	0000 / 4B	0xEE3355AA	标头标识符
M_TYPE	0004 /1B	0x1	定长可变位置板 ID 标头
M_LENGTH	0005 /2B	0x37	有效载荷大小
B_TYPE	0007 /1B	0x10	有效载荷类型
B_LENGTH	0008 /2B	0x2E	下一个标头的偏移量
B_NAME	000A /16B	J721EX-EAIK	板的名称
DESIGN_REV	001A /2B	E2	设计的版本号
PROC_NBR	001C /4B	112	PROC 号
VARIANT	0020 /2B	1	设计变体号
PCB_REV	0022 /2B	E2	PCB 的版本号
SCHBOM_REV	0024 /2B	0	原理图的版本号
SWR_REV	0026 /2B	1	第一个软件版本号
VENDORID	0028 /2B	1	
BUILD_WK	002A /2B		生产年份的第几周
BUILD_YR	002C /2B		生产年份
BOARDID	002E /6B	0	
SERIAL_NBR	0034 /4B		递增板编号
DDR_INFO	TYPE	1	
	Length	2	下一个标头的偏移量
	DDR control	2	DDR 控制字
MAC_ADDR	TYPE	1	有效载荷类型
	Length	2	有效载荷大小
	MAC control	2	MAC 标头控制字
	MAC_adrs	192	
END_LIST	TYPE	1	结尾标记

## 5 使用说明和公告

### 5.1 使用说明

i001：该板可能会在引导和/或正常使用期间复位。

详细信息：这可能是向 **SK** 供电（通过 Type-C 连接器）的电源电压不足导致的。确保外部电源满足本文档第 2 节中详述的要求。如果电源有多个输出选项和/或连接，请确保选择了正确的选项，从而使输入电源电压能够协商至建议的电压（20V）。如果通过 5V 输入电压进行供电，则可能会限制可用的处理能力，并可能导致板在引导/正常条件下复位。

### 5.2 公告

i002：在较高负载和/或高温环境下运行时，处理器可能会因过热而复位。

详细信息：在创建该公告时，默认 **SDK** 不包含热监测/管理。在较高负载下运行处理器时，温度可能会升高并最终超过其最大器件温度，从而导致处理器复位。随附的散热器确实有助于散热，但一些应用可能需要额外的热管理。

权变措施：向散热器添加风扇或增加通过 **SK** 的气流将有助于降低处理器的温度，并在大多数情况下消除热复位情况。

数量	说明	制造商	器件型号
1	直流风扇，5 伏，25mm x 25mm <sup>(1)</sup>	CUI 器件	CFM-2510b-0130-275 <sup>(3)</sup>
2	螺钉	待定	待定
1	连接器外壳，3 位置，母，2.54mm <sup>(2)</sup>	Wurth Elektronik	61900311621
2	连接器插座，22-28AWG，压接	Wurth Elektronik	61900113722DEC

(1) 风扇方向待定（向下或向上吹）

(2) 将风扇的黑线连接至外壳连接器位置 2（中间），红线连接至位置 3（远离板边缘）。引脚 1 断开（板边缘）

(3) 随附的制造商器件型号用作参考。可以将其替换为其他制造商提供的兼容元件。

i003：在使用 SSD 驱动器和/或较高的处理器负载时，该板可能会复位。

详细信息：仅适用于修订版 A 和以前的版本。版本 A1 和更高版本已更新设计以解决该问题。为处理器和 PCIe M.2 插槽供电的电源稳压器尺寸过小，某些应用会在负载较高时导致稳压器复位。在过高的温度下运行 **SK** 还会导致应用消耗额外的功率，从而也会导致稳压器过载。

权变措施：使用风扇或其他方法将处理器/**SK** 保持在较低的温度会降低所需的功率。可以更新电路元件以增加板载稳压器的功率容量。请参阅下面的待更新元件列表。

参考编号	说明	制造商	器件型号
L15	功率电感器，1.2uH，21.6A，20%	Coilcraft	XAL7070-122MEC
R134	电阻器，1mΩ，0.5W，1206 封装	STACKPOLE ELECTRONICS	CSNL1206FT1L00 <sup>(1)</sup>
R123	电阻器，649 欧姆，0.1W，0402 封装	PANASONIC-ECG	ERJ-2RKF6490X <sup>(1)</sup>
C268	电容器，陶瓷，0.047uF，25V，0402 封装	Murata	GRM155R71E473JA88D <sup>(1)</sup>
C272	电容器，陶瓷，1000pF，16V，0402 封装	Kemet	C0402C102M4REC7867 <sup>(1)</sup>

(1) 随附的制造商器件型号用作参考。可以将其替换为其他制造商提供的兼容元件。

## 6 参考文献

- CP210x USB 转 UART 桥接器 VCP 驱动器
- 德州仪器 (TI) : [适用于 ADAS 和自动驾驶汽车的 TDA4VM Jacinto™ 处理器器件修订版 1.0 和 1.1 数据表](#)

## 7 修订历史记录

注 : 以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

<b>Changes from Revision D (February 2024) to Revision E (October 2025)</b>	<b>Page</b>
• 添加了 HDMI 商标信息.....	1

## 重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月