

EVM User's Guide: BEAGL-BONE-GRN-ECO

Seeed Studio BeagleBone® Green Eco 评估模块



说明

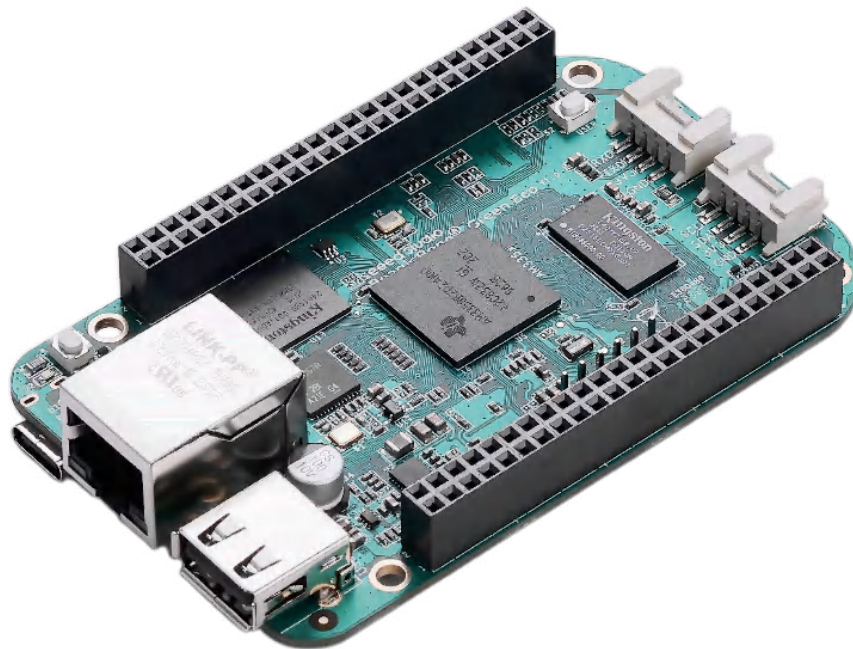
Seeed Studio BeagleBone® Green Eco 是一款基于 AM335x Arm® Cortex®-A8 处理器的低成本、工业级开源硬件开发平台。这种四层设计采用优质元件，可支持更宽的温度范围、增强的电源稳定性、更大的嵌入式多媒体卡 (eMMC) 存储以及专为商业和工业应用设计的千兆位以太网。该电路板隶属于 Seeed Studio BeagleBone Green 系列，是与 BeagleBoard.org 合作开发的。该板基于 BeagleBone Black 的原理图设计和软件。

特性

- AM335x Arm Cortex-A8 处理器，3D 图形加速器，2 个可编程实时单元 (PRU) 32 位微控制器
- DDR3L 存储器、eMMC 闪存、microSD® 卡插槽
- 提供电力和数据传输的 USB Type-C® 2.0、USB 主机、以太网
- 2 个 46 引脚接头、1 个 6 引脚通用异步接收器/发送器 (UART0) 接头、2 个 Grove 连接器

开始使用

1. 在 [BEAGL-BONE-GRN-ECO](#) 上订购 EVM。
2. 下载 [EVM 设计文件](#)。
3. 从 [BEAGL-BONE-GRN-ECO](#) 上下载软件。
4. 阅读本用户指南。



硬件图像

1 评估模块概述

1.1 简介

本评估模块用户指南介绍了 **Seeed Studio BeagleBone Green Eco** 的硬件架构，后者是一款基于 **AM335x Arm Cortex-A8** 处理器的低成本、工业级开源硬件开发平台。

凭借 16GB 的板载 eMMC 存储、**Seeed Studio BeagleBone Green Eco** 为开发人员提供了足够的空间来支持操作系统、应用程序和数据存储。该平台具有高性能千兆位以太网连接，为需要大量数据吞吐量或快速响应器件通信的网络应用提供高带宽。

USB Type-C® 端口可提供更强的耐用性和简化的电缆管理，同时保留了通过单个连接为电路板供电并对其进行编程的能力。保留了熟悉的 **BeagleBoard.org BeagleBone** 外形尺寸，包括两个 **Grove** 连接器，可简化传感器集成并使各种经验水平的开发人员能够立即访问该平台。

在软件方面，**Seeed Studio BeagleBone Green** 是兼容 **BeagleBone** 的电路板之一，预安装了 **BeagleBoard.org** 基金会指定的 **Debian®** 软件。这一强大的软件基础为开发人员提供了成熟的工具、库和资源，可大幅简化各种应用的开发过程。

备注

在本文档的其余部分，**Seeed Studio BeagleBone Green Eco** 电路板称为 *BeagleBone Green Eco*。

1.2 套件内容

该软件包包括：

- **BeagleBone Green Eco**
- **USB Type-C 电缆**

1.3 规格

BeagleBone Green Eco 基于德州仪器 (TI) 的 **AM335x Arm Cortex-A8** 处理器构建，可为各种嵌入式应用提供强大的基础。图 1-1 展示了功能方框图，说明了构成电路板硬件架构的主要元件和互连。该方框图展示 **AM335x** 片上系统 (SoC) 与存储器、存储、外设和各种 I/O 选项的连接。

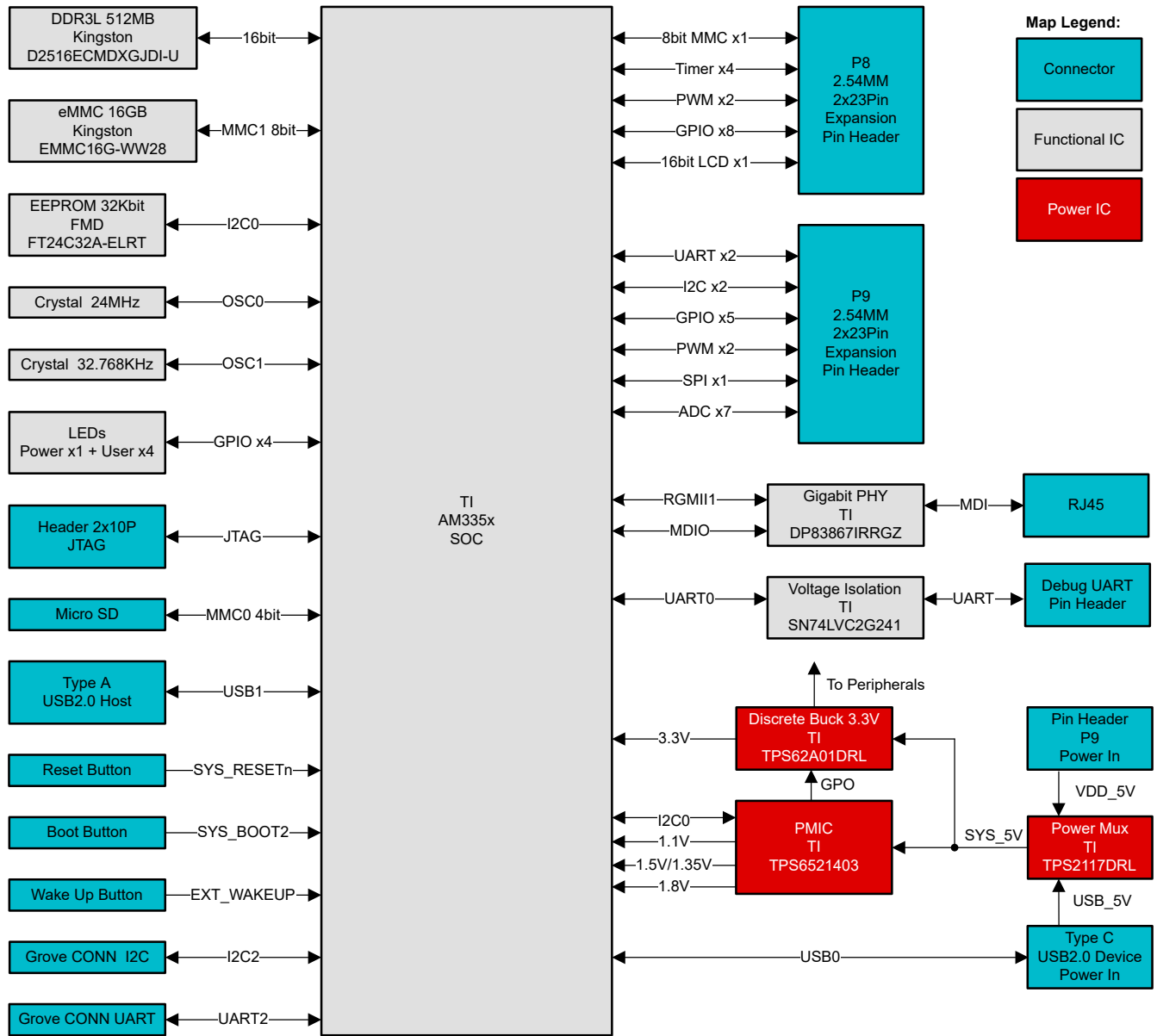


图 1-1. BeagleBone Green Eco 的功能方框图

表 1-1 提供有关 BeagleBone Green Eco 关键元件和功能的详细信息。这款工业级开发平台提供强大的处理能力、充足的内存、广泛的 I/O 选项以及专为商业和教育应用设计的现代连接功能。

表 1-1. BeagleBone Green Eco 规格

类别	条目	规格
处理器	内核	TI AM335x 1GHz Arm Cortex-A8
	加速器	NEON™ 浮点单元和 3D 图形加速器
存储器	RAM	512MB DDR3L , 800MHz
	闪存	16GB eMMC
	EEPROM	32Kbit
	外部存储	microSD® 卡插槽，最高支持 32GB

表 1-1. BeagleBone Green Eco 规格 (续)

类别	条目	规格
电源	电源管理	TI TPS6521403 PMIC
	稳压器	TI TPS62A01DRL (3.3V 降压转换器) TPS2117DRL (电源多路复用器)
	输入电压	5V 直流 (通过 USB Type-C 和 Cape 接头)
	工作电流	最大 614mA
接口	USB	1 个 USB 2.0 主机 Type-A 端口, 用于连接外设 (键盘、鼠标、Wi-Fi® 适配器等) 1 个 USB 2.0 Type-C, 用于供电源和器件通信
	网络	千兆位以太网 (10/100/1000Mbps)
	扩展接头	4 个 UART、2 个 I2C、1 个串行外设接口 (SPI)、13 个通用输入/输出 (GPIO)
	Grove	1 个 I2C、1 个 UART
	按钮	1 个重置按钮、1 个唤醒按钮、1 个×用户按钮 (引导按钮)
	指示灯	1 个电源 LED、4 个用户可编程 LED
物理	尺寸	86.4mm × 53.3mm × 18mm
	重量	39.3g
	工作温度	-40°C 至 85°C

1.4 器件信息

AM335x Arm 处理器是一款低成本、高能效的片上系统, 专门面向楼宇自动化、工业自动化、能源基础设施、人机界面 (HMI) 以及医疗和保健领域的应用。AM335x 器件在功能和性能方面具有可扩展性, 涵盖基本模型到高级版本, 具有集成 GPU 和 PRU - ICSS¹

该电路板基于 Arm Cortex-A8 架构构建, 旨在为各类应用提供高性能和低功耗。AM335x 系列的工作频率高达 1GHz, 它提供一系列丰富的集成外设, 非常适合实时控制和高级操作系统环境, 使开发人员能够简化设计同时减少布板空间和成本。

2 硬件

BeagleBone Green Eco 采用基于 AM335x 片上系统 (SoC) 的高性能、低功耗系统架构。本部分介绍了所有硬件子系统的详细规格, 包括处理器规格、存储器配置、电源管理电路和接口外设。本文档中记录的技术参数确定了器件的运行条件、电气特性和功能。

2.1 电路板概述

BeagleBone Green Eco 采用集成元件实现了紧凑的外形布局, 如下图所示。图 2-1 和图 2-2 中标识出关键功能块, 其中分别显示了 PCB 的顶视图和底视图。

¹ PRU-ICSS 独立于 Arm 内核, 支持独立运行和独立时钟, 可实现更高的效率和灵活性。PRU-ICSS 支持更多外设接口和实时协议, 例如 EtherCAT®、PROFINET®、EtherNet/IP、PROFIBUS、Ethernet Powerlink、串行实时通信系统 (SERCOS) 等。此外, 凭借 PRU-ICSS 的可编程特性及其对引脚、事件和所有片上系统 (SoC) 资源的访问权限, 该子系统可以灵活地实现快速实时响应、专用数据处理操作以及定制外设接口, 并灵活地减轻 SoC 其他处理器内核的任务负载。

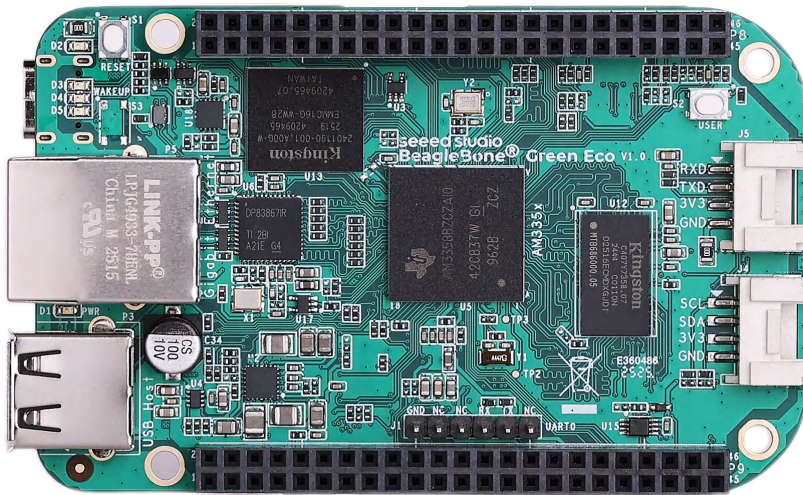


图 2-1. BeagleBone Green Eco

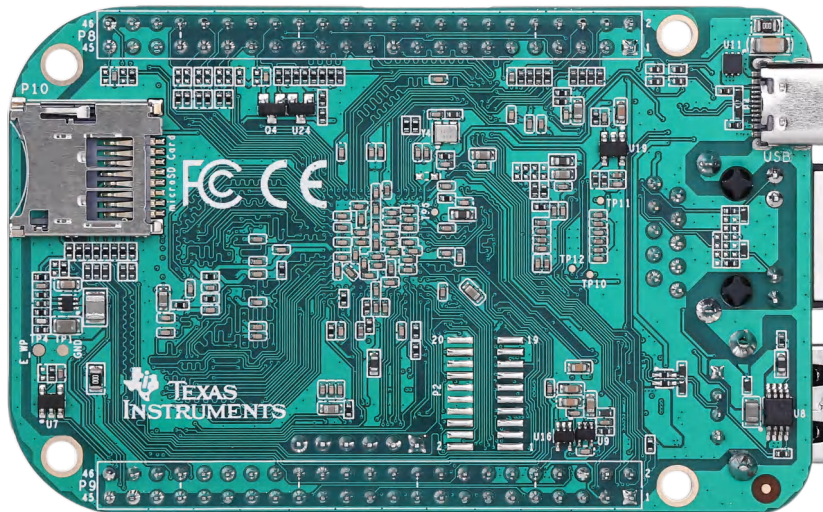


图 2-2. BeagleBone Green - 电路板底部

2.2 主要特性

BeagleBone Green Eco 提供了优化设计方法，同时保持与 BeagleBone.org® BeagleBone 生态系统完全兼容。这款电路板利用工业级元件、更大的存储容量、更快的网络连接和现代连接选项，为开发项目和生产部署提供可靠的性能。四层 PCB 设计提供了一种参考方案，可在保留基本功能的同时平衡信号完整性和制造要求。这种工程方法与高效的电源管理系统相结合，可在各种应用中实现可靠的运行。熟悉的扩展接口保持了与现有硬件和软件设计的兼容性，有助于进行平台之间的无缝集成，且无需大量重新设计外设硬件或应用程序代码。

2.2.1 处理器

BeagleBone Green Eco 集成了德州仪器 (TI) 的 AM335x 1GHz Arm Cortex-A8 处理器，该处理器在单个 SoC 中整合了计算处理、图形加速和实时控制功能。该架构采用具有 NEON™ 单指令多数据 (SIMD) 引擎和 VFPv3 浮点单元的 ARMv7-A，可高效执行复杂的计算任务，同时保持嵌入式应用的电源效率。

一个显著的特性是可编程实时单元子系统 (PRU-ICSS)，它包含两个独立于 Arm 主处理器运行的 32 位 RISC 内核。这些 PRU 可实现具有亚微秒级响应时间的确定性实时控制，并实现了专用工业通信协议。AM335x 通过 TI 的处理器 SDK 和开发环境支持高级操作系统 (包括 Linux) 和实时操作系统。

- AM335x 1GHz Arm Cortex-A8 处理器，15.0mm x 15.0mm，NFBGA (324)
- NEON™ SIMD 协处理器和 VFPv3 浮点单元，用于加速媒体和信号处理

- 支持 OpenGL ES 2.0 的 PowerVR SGX™ 图形加速器
- 两个 32 位 PRU-ICSS，用于实时工业通信和控制
- 支持工业接口，包括 EtherCAT、PROFINET 和 PROFIBUS

2.2.2 存储器和存储

BeagleBone Green Eco 包括：

- 1 个 512MB (4Gb) DDR3L RAM (Kingston D2516ECMDXGJDI-U)，带 16 位接口
- 1 个 16GB eMMC 板载闪存 (Kingston EMMC16G-WW28)，带 MMC1 8 位接口
- 1 个 32Kbit 电可擦除可编程只读存储器 (EEPROM) (FMD FT24C32A-ELRT)，通过 I2C0 连接
- microSD 卡插槽，带可实现可扩展存储 MMC0 4 位接口

2.2.3 接口和外设

BeagleBone Green Eco 支持：

- 千兆位以太网连接
- 1 个 USB 2.0 Type-C 端口，用于供电和通信
- 1 个 USB 2.0 主机接口，Type-A

2.2.4 支持应用特定插孔的扩展连接器和扩展接头

- 2 个 46 引脚接头
- 1 个 6 引脚 UART0 接头
- 两个 Grove 连接器（一个 I2C 和一个 UART），可轻松连接到 Grove 传感器和执行器生态系统

2.3 电源要求

BeagleBone Green Eco 使用 USB Type-C 连接器或 P9 扩展接头供电，后者同时用作电源输入和通信接口。该电路板需要 5V 电源。

电路板使用 TPS65214 电源管理 IC (PMIC)，PMIC 是一款专为实现出色的效率和可靠性而设计的工业级器件。此高级 PMIC 通过一个高度集成的器件提供全面的电源管理，补充了该电路板的 -40°C 至 $+85^{\circ}\text{C}$ 工业工作温度范围。

2.3.1 集成式电源架构

TPS65214 的核心是三个高性能降压转换器，旨在提供清洁、稳定的电源和最低的损耗。主转换器可提供高达 2A 的电流，可在 0.6V 至 3.4V 范围内进行精密电压控制，另外两个 1A 转换器可为各种系统元件提供灵活的电源选项。凭借这种配置，BeagleBone Green Eco 能够通过单个电源为内核处理器、存储器和外设系统高效供电。

这些转换器具有智能电源管理系统，可自动在强制 PWM 模式（适用于噪声敏感型应用）和脉冲频率调制 (PFM) 之间转换，以确保轻负载效率。这些转换器在 2.3MHz 开关频率下运行，可保持稳定的输出且需要极少的外部元件，通常只需要 470nH 电感器且输出电容仅从 10 μF 开始。

对于模拟元件和敏感元件，PMIC 包含两个低压降稳压器，可提供 300mA 和 500mA 容量，电压范围为 0.6V 至 3.3V。这些稳压器可以配置为传统 LDO 以实现最小噪声，也可以配置成负载开关以获得最大效率，可灵活地根据应用要求在性能和功耗之间进行优化。

2.3.2 高级电源管理功能

TPS65214 采用了先进的系统管理架构，可增强可靠性和灵活性。可编程电源时序控制器可通过八个可配置间隙和 0ms 至 10ms 的持续时间实现对启动和关断序列的安全定制。这种精确的控制可正确初始化复杂系统，并防止与电源时序不当相关的问题。

该器件的综合保护系统可持续监测所有电源轨上的欠压、过流和短路情况。具有多个阈值电平的热保护功能可防止在极端工作条件下造成损坏。检测到潜在问题时，可配置的故障响应系统可以触发立即关断、通知主机处理器或者采取预编程的纠正措施。

系统设计人员将受益于灵活的 I2C 接口，该接口可完全控制所有电源参数。该接口支持标准、快速和超快速模式，几乎可与任何主机处理器集成。动态电压调节可在运行期间实时调整输出电压，支持高级电源优化策略，在便携式应用中显著延长电池寿命。

多功能引脚提供更大的灵活性，允许针对各种系统架构配置 **PMIC**。其中包括可对外部电源器件定序的可配置 **GPIO** 引脚、用于系统控制的按钮输入以及用于处理器协调的复位输出或中断输出。

TPS65214 的非易失性存储器配置确保在多个电源周期中保留系统参数，而对自定义设置进行编程的能力可带来满足各种应用要求的灵活性。高级功能与强大设计的这种组合使 **BeagleBone Green Eco** 的电源系统在各种工作条件下具有出色的功能、可靠性和效率。

2.4 接头信息

扩展接头提供广泛的 I/O 功能。

在表 2-2 至表 2-8 中使用表 2-1 中的图例。

表 2-1. 图例

电源、接地、复位
可用数字
可用 PWM
共享 I2C 总线
可重配置数字
模拟输入 (1.8V)

2.4.1 Cape 扩展接头

每个数字 I/O 引脚都有 8 种不同模式可供选择，包括 GPIO。

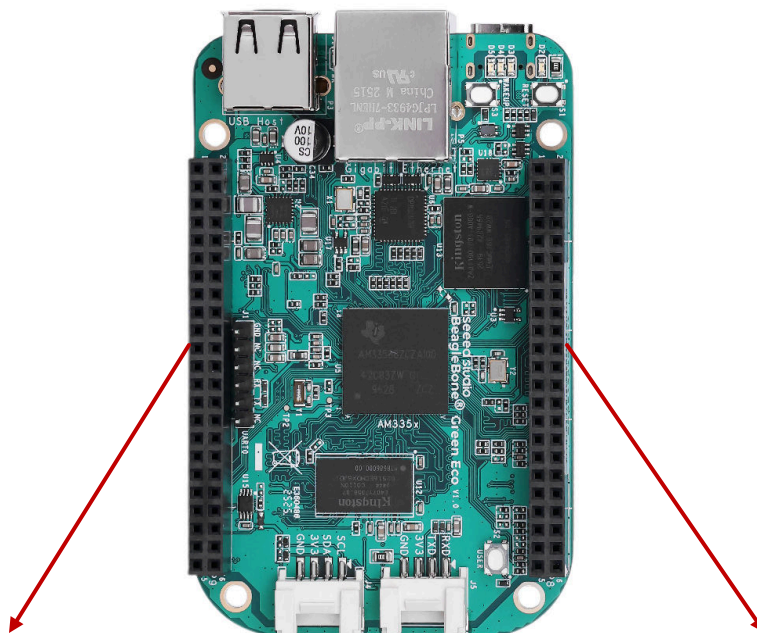


表 2-2. 扩展接头引脚排列图

P9			
DGND	1	2	DGND
VDD_3V3B	3	4	VDD_3V3
VDD_5V	5	6	VDD_5V
SYS_5V	7	8	SYS_5V
PWR_BUT	9	10	SYS_RESETn
UART4_RXD	11	12	GPIO1_28
UART4_TXD	13	14	EHRPWM1A
GPIO1_16	15	16	EHRPWM1B
I2C1_SCL	17	18	I2C1_SDA
I2C2_SCL	19	20	I2C2_SDA
UART2_TXD	21	22	UART2_RXD
GPIO1_17	23	24	UART1_TXD
GPIO3_21	25	26	UART1_RXD
GPIO3_19	27	28	SPI1_CS0
SPI1_D0	29	30	SPI1_D1
SPI1_SCLK	31	32	VDD_ADC
AIN4	33	34	GNDA_ADC
AIN6	35	36	AIN5
AIN2	37	38	AIN3
AIN0	39	40	AIN1
CLKOUT2	41	42	GPIO0_7
DGND	43	44	GPIO0_8
DGND	45	46	GPIO0_9

P8			
DGND	1	2	DGND
MMC1_DAT6	3	4	MMC1_DAT7
MMC1_DAT2	5	6	MMC1_DAT3
TIMER4	7	8	TIMER7
TIMER5	9	10	TIMER6
GPIO1_13	11	12	GPIO1_12
EHRPWM2B	13	14	GPIO0_26
GPIO1_15	15	16	GPIO1_14
GPIO0_27	17	18	GPIO2_1
EHRPWM2A	19	20	MMC1_CMD
MMC1_CLK	21	22	MMC1_DAT5
MMC1_DAT	23	24	MMC1_DAT1
MMC1_DAT0	25	26	GPIO1_29
LCD_VSYNC	27	28	LCD_PCLK
LCD_HSYNC	29	30	LCD_DE
LCD_DATA14	31	32	LCD_DATA15
LCD_DATA13	33	34	LCD_DATA11
LCD_DATA12	35	36	LCD_DATA10
LCD_DATA8	37	38	LCD_DATA9
LCD_DATA6	39	40	LCD_DATA7
LCD_DATA4	41	42	LCD_DATA5
LCD_DATA2	43	44	LCD_DATA3
LCD_DATA0	45	46	LCD_DATA1

2.4.2 65 个可能的数字 I/O

在 GPIO 模式下，每个数字 I/O 都可以产生中断。

表 2-3. 扩展接头引脚排列图

P9			
DGND	1	2	DGND
VDD_3V3B	3	4	VDD_3V3
VDD_5V	5	6	VDD_5V
SYS_5V	7	8	SYS_5V
PWR_BUT	9	10	SYS_RESETh
GPIO0_30	11	12	GPIO1_28
GPIO0_31	13	14	GPIO1_18
GPIO1_16 GPIO2_0	15	16	GPIO1_19
GPIO0_5	17	18	GPIO0_4
GPIO0_13	19	20	GPIO0_12
GPIO0_3	21	22	GPIO0_2
GPIO1_17	23	24	GPIO0_15
GPIO3_21	25	26	GPIO0_14
GPIO3_19	27	28	GPIO3_17
GPIO3_15	29	30	GPIO3_16
GPIO3_14	31	32	VDD_ADC
AIN4	33	34	GNDA_ADC
AIN6	35	36	AIN5
AIN2	37	38	AIN3
AIN0	39	40	AIN1
GPIO0_20 GPIO3_20	41	42	GPIO0_7 GPIO3_18
DGND	43	44	GPIO0_8
DGND	45	46	GPIO0_9

P8			
DGND	1	2	DGND
GPIO1_6	3	4	GPIO1_7
GPIO1_2	5	6	GPIO1_3
GPIO2_2	7	8	GPIO2_3
GPIO2_5	9	10	GPIO2_4
GPIO1_13	11	12	GPIO1_12
GPIO0_23	13	14	GPIO0_26
GPIO1_15	15	16	GPIO1_14
GPIO0_27	17	18	GPIO2_1
GPIO0_22	19	20	GPIO1_31
GPIO1_31	21	22	GPIO1_5
GPIO1_4	23	24	GPIO1_1
GPIO1_0	25	26	GPIO1_29
GPIO2_22	27	28	GPIO2_24
GPIO2_23	29	30	GPIO2_25
GPIO0_10	31	32	GPIO0_11
GPIO0_9	33	34	GPIO2_17
GPIO0_8	35	36	GPIO2_16
GPIO2_14	37	38	GPIO2_15
GPIO2_12	39	40	GPIO2_13
GPIO2_10	41	42	GPIO2_11
GPIO2_8	43	44	GPIO2_9
GPIO2_6	45	46	GPIO2_7

2.4.3 PWM 和计时器

最多可为 8 个数字 I/O 引脚配置脉宽调制器 (PWM)，以产生信号来控制电机或创建伪模拟电压电平，无需占用任何额外的 CPU 周期。

表 2-4. 扩展接头引脚排列图

P9			
DGND	1	2	DGND
VDD_3V3B	3	4	VDD_3V3
VDD_5V	5	6	VDD_5V
SYS_5V	7	8	SYS_5V
PWR_BUT	9	10	SYS_RESETn
UART4_RXD	11	12	GPIO1_28
UART4_TXD	13	14	EHRPWM1A
GPIO1_16	15	16	EHRPWM1B
I2C1_SCL	17	18	I2C1_SDA
I2C2_SCL	19	20	I2C2_SDA
UART2_TXD	21	22	UART2_RXD
GPIO1_17	23	24	UART1_TXD
GPIO3_21	25	26	UART1_RXD
GPIO3_19	27	28	SPI1_CS0
SPI1_D0	29	30	SPI1_D1
SPI1_SCLK	31	32	VDD_ADC
AIN4	33	34	GNDA_ADC
AIN6	35	36	AIN5
AIN2	37	38	AIN3
AIN0	39	40	AIN1
CLKOUT2	41	42	GPIO0_7
DGND	43	44	GPIO0_8
DGND	45	46	GPIO0_9

P8			
DGND	1	2	DGND
MMC1_DAT6	3	4	MMC1_DAT7
MMC1_DAT2	5	6	MMC1_DAT3
TIMER4	7	8	TIMER7
TIMER5	9	10	TIMER6
GPIO1_13	11	12	GPIO1_12
EHRPWM2B	13	14	GPIO1_26
GPIO1_15	15	16	GPIO1_14
GPIO1_27	17	18	GPIO2_1
EHRPWM2A	19	20	MMC1_CMD
MMC1_CLK	21	22	MMC1_DAT5
MMC1_DAT	23	24	MMC1_DAT1
MMC1_DAT0	25	26	GPIO1_29
LCD_VSYNC	27	28	LCD_PCLK
LCD_HSYNC	29	30	LCD_DE
LCD_DATA14	31	32	LCD_DATA15
LCD_DATA13	33	34	LCD_DATA11
LCD_DATA12	35	36	LCD_DATA10
LCD_DATA8	37	38	LCD_DATA9
LCD_DATA6	39	40	LCD_DATA7
LCD_DATA4	41	42	LCD_DATA5
LCD_DATA2	43	44	LCD_DATA3
LCD_DATA0	45	46	LCD_DATA1

2.4.4 模拟输入

模拟输入引脚的输入不能超过 1.8V。这是一个带有 8 个通道的 12 位模数转换器，其中 7 个通道在接头上提供。

表 2-5. 扩展接头引脚排列图

P9			
DGND	1	2	DGND
VDD_3V3B	3	4	VDD_3V3
VDD_5V	5	6	VDD_5V
SYS_5V	7	8	SYS_5V
PWR_BUT	9	10	SYS_RESETh
UART4_RXD	11	12	GPIO1_28
UART4_TXD	13	14	EHRPWM1A
GPIO1_16	15	16	EHRPWM1B
I2C1_SCL	17	18	I2C1_SDA
I2C2_SCL	19	20	I2C2_SDA
UART2_TXD	21	22	UART2_RXD
GPIO1_17	23	24	UART1_TXD
GPIO3_21	25	26	UART1_RXD
GPIO3_19	27	28	SPI1_CS0
SPI1_D0	29	30	SPI1_D1
SPI1_SCLK	31	32	VDD_ADC
AIN4	33	34	GND_ADC
AIN6	35	36	AIN5
AIN2	37	38	AIN3
AIN0	39	40	AIN1
CLKOUT2	41	42	GPIO0_7
DGND	43	44	GPIO0_8
DGND	45	46	GPIO0_9

P8			
DGND	1	2	DGND
MMC1_DAT6	3	4	MMC1_DAT7
MMC1_DAT2	5	6	MMC1_DAT3
TIMER4	7	8	TIMER7
TIMER5	9	10	TIMER6
GPIO1_13	11	12	GPIO1_12
EHRPWM2B	13	14	GPIO0_26
GPIO1_15	15	16	GPIO1_14
GPIO0_27	17	18	GPIO2_1
EHRPWM2A	19	20	MMC1_CMD
MMC1_CLK	21	22	MMC1_DAT5
MMC1_DAT	23	24	MMC1_DAT1
MMC1_DAT0	25	26	GPIO1_29
LCD_VSYNC	27	28	LCD_PCLK
LCD_HSYNC	29	30	LCD_DE
LCD_DATA14	31	32	LCD_DATA15
LCD_DATA13	33	34	LCD_DATA11
LCD_DATA12	35	36	LCD_DATA10
LCD_DATA8	37	38	LCD_DATA9
LCD_DATA6	39	40	LCD_DATA7
LCD_DATA4	41	42	LCD_DATA5
LCD_DATA2	43	44	LCD_DATA3
LCD_DATA0	45	46	LCD_DATA1

2.4.5 UART

该器件有一个专用接头用于连接 UART0 引脚和调试电缆。扩展接头上还有另外三个串行端口，但其中一个端口仅为到接头的单向端口。

表 2-6. 扩展接头引脚排列图

P9			
DGND	1	2	DGND
VDD_3V3B	3	4	VDD_3V3
VDD_5V	5	6	VDD_5V
SYS_5V	7	8	SYS_5V
PWR_BUT	9	10	SYS_RESETn
UART4_RXD	11	12	GPIO1_28
UART4_TXD	13	14	EHRPWM1A
GPIO1_16	15	16	EHRPWM1B
I2C1_SCL	17	18	I2C1_SDA
I2C2_SCL	19	20	I2C2_SDA
UART2_TXD	21	22	UART2_RXD
GPIO1_17	23	24	UART1_TXD
GPIO3_21	25	26	UART1_RXD
GPIO3_19	27	28	SPI1_CS0
SPI1_D0	29	30	SPI1_D1
SPI1_SCLK	31	32	VDD_ADC
AIN4	33	34	GNDA_ADC
AIN6	35	36	AIN5
AIN2	37	38	AIN3
AIN0	39	40	AIN1
CLKOUT2	41	42	GPIO0_7
DGND	43	44	GPIO0_8
DGND	45	46	GPIO0_9

P8			
DGND	1	2	DGND
MMC1_DAT6	3	4	MMC1_DAT7
MMC1_DAT2	5	6	MMC1_DAT3
TIMER4	7	8	TIMER7
TIMER5	9	10	TIMER6
GPIO1_13	11	12	GPIO1_12
EHRPWM2B	13	14	GPIO0_26
GPIO1_15	15	16	GPIO1_14
GPIO0_27	17	18	GPIO2_1
EHRPWM2A	19	20	MMC1_CMD
MMC1_CLK	21	22	MMC1_DAT5
MMC1_DAT	23	24	MMC1_DAT1
MMC1_DAT0	25	26	GPIO1_29
LCD_VSYNC	27	28	LCD_PCLK
LCD_HSYNC	29	30	LCD_DE
LCD_DATA14	31	32	LCD_DATA15
LCD_DATA13	33	34	LCD_DATA11
LCD_DATA12	35	36	LCD_DATA10
LCD_DATA8	37	38	LCD_DATA9
LCD_DATA6	39	40	LCD_DATA7
LCD_DATA4	41	42	LCD_DATA5
LCD_DATA2	43	44	LCD_DATA3
LCD_DATA0	45	46	LCD_DATA1

2.4.6 I2C

第一条 I2C 总线用于读取 **Cape** 附加电路板上的 EEPROM。如果不干扰 EEPROM 读取功能，该总线不能用于其他数字 I/O 操作。然而，该总线仍可用于在可用地址添加其他 I2C 器件。第二条 I2C 总线可供配置和使用。

表 2-7. 扩展接头引脚排列图

P9			
DGND	1	2	DGND
VDD_3V3B	3	4	VDD_3V3
VDD_5V	5	6	VDD_5V
SYS_5V	7	8	SYS_5V
PWR_BUT	9	10	SYS_RESETh
UART4_RXD	11	12	GPIO1_28
UART4_TXD	13	14	EHRPWM1A
GPIO1_16	15	16	EHRPWM1B
I2C1_SCL	17	18	I2C1_SDA
I2C2_SCL	19	20	I2C2_SDA
UART2_TXD	21	22	UART2_RXD
GPIO1_17	23	24	UART1_TXD
GPIO3_21	25	26	UART1_RXD
GPIO3_19	27	28	SPI1_CS0
SPI1_D0	29	30	SPI1_D1
SPI1_SCLK	31	32	VDD_ADC
AIN4	33	34	GNDA_ADC
AIN6	35	36	AIN5
AIN2	37	38	AIN3
AIN0	39	40	AIN1
CLKOUT2	41	42	GPIO0_7
DGND	43	44	GPIO0_8
DGND	45	46	GPIO0_9

P8			
DGND	1	2	DGND
MMC1_DAT6	3	4	MMC1_DAT7
MMC1_DAT2	5	6	MMC1_DAT3
TIMER4	7	8	TIMER7
TIMER5	9	10	TIMER6
GPIO1_13	11	12	GPIO1_12
EHRPWM2B	13	14	GPIO0_26
GPIO1_15	15	16	GPIO1_14
GPIO0_27	17	18	GPIO2_1
EHRPWM2A	19	20	MMC1_CMD
MMC1_CLK	21	22	MMC1_DAT5
MMC1_DAT	23	24	MMC1_DAT1
MMC1_DAT0	25	26	GPIO1_29
LCD_VSYNC	27	28	LCD_PCLK
LCD_HSYNC	29	30	LCD_DE
LCD_DATA14	31	32	LCD_DATA15
LCD_DATA13	33	34	LCD_DATA11
LCD_DATA12	35	36	LCD_DATA10
LCD_DATA8	37	38	LCD_DATA9
LCD_DATA6	39	40	LCD_DATA7
LCD_DATA4	41	42	LCD_DATA5
LCD_DATA2	43	44	LCD_DATA3
LCD_DATA0	45	46	LCD_DATA1

2.4.7 SPI

使用其中一个 SPI 端口快速移出数据。

表 2-8. 扩展接头引脚排列图

P9				P8			
DGND	1	2	DGND	DGND	1	2	DGND
VDD_3V3B	3	4	VDD_3V3	MMC1_DAT6	3	4	MMC1_DAT7
VDD_5V	5	6	VDD_5V	MMC1_DAT2	5	6	MMC1_DAT3
SYS_5V	7	8	SYS_5V	TIMER4	7	8	TIMER7
PWR_BUT	9	10	SYS_RESETn	TIMER5	9	10	TIMER6
UART4_RXD	11	12	GPIO1_28	GPIO1_13	11	12	GPIO1_12
UART4_TXD	13	14	EHRPWM1A	EHRPWM2B	13	14	GPIO0_26
GPIO1_16	15	16	EHRPWM1B	GPIO1_15	15	16	GPIO1_14
I2C1_SCL	17	18	I2C1_SDA	GPIO0_27	17	18	GPIO2_1
I2C2_SCL	19	20	I2C2_SDA	EHRPWM2A	19	20	MMC1_CMD
UART2_TXD	21	22	UART2_RXD	MMC1_CLK	21	22	MMC1_DAT5
GPIO1_17	23	24	UART1_TXD	MMC1_DAT	23	24	MMC1_DAT1
GPIO3_21	25	26	UART1_RXD	MMC1_DAT0	25	26	GPIO1_29
GPIO3_19	27	28	SPI1_CS0	LCD_VSYNC	27	28	LCD_PCLK
SPI1_D0	29	30	SPI1_D1	LCD_HSYNC	29	30	LCD_DE
SPI1_SCLK	31	32	VDD_ADC	LCD_DATA14	31	32	LCD_DATA15
AIN4	33	34	GNDA_ADC	LCD_DATA13	33	34	LCD_DATA11
AIN6	35	36	AIN5	LCD_DATA12	35	36	LCD_DATA10
AIN2	37	38	AIN3	LCD_DATA8	37	38	LCD_DATA9
AIN0	39	40	AIN1	LCD_DATA6	39	40	LCD_DATA7
CLKOUT2	41	42	GPIO0_7	LCD_DATA4	41	42	LCD_DATA5
DGND	43	44	GPIO0_8	LCD_DATA2	43	44	LCD_DATA3
DGND	45	46	GPIO0_9	LCD_DATA0	45	46	LCD_DATA1

2.5 详细的硬件设计

以下各部分概述了 BeagleBone Green Eco 上的不同接口和电路。

2.5.1 USB 接口

2.5.1.1 USB 2.0 Type-A 接口

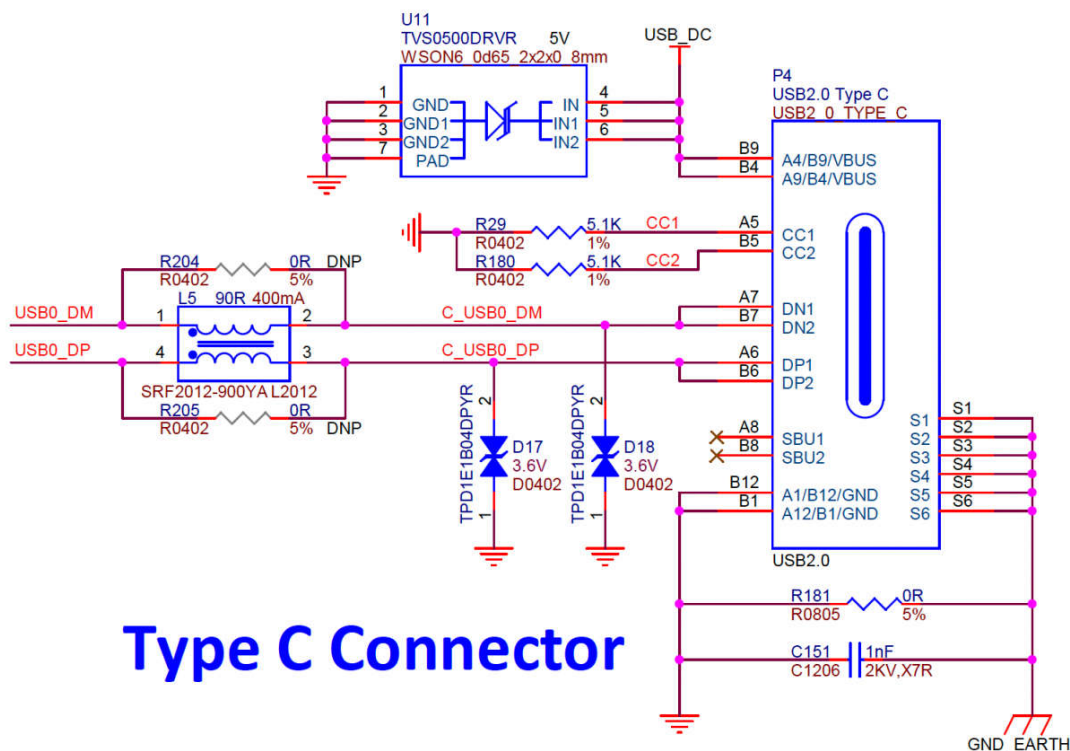
BeagleBone Green Eco 具有 USB 2.0 Type-A 主机端口，可连接各种 USB 外设。Type-A 连接器的 USB 2.0 数据线 DP 和 DM 连接到 AM335x SoC 的 USB1 接口，提供 USB 高速和全速通信。此端口支持高达 480Mbps 的数据速率。

Type-A 连接器可为连接的 USB 器件提供 5V 电源。电流限制电路保护电路板免受外设中电流消耗过大的影响。



Type-C 连接器的 USB 2.0 数据线 DP 和 DM 配备了共模扼流圈，使得 EMI/EMC 降低和 ESD 保护元件可以耗散任何瞬态电压。此连接器提供的 USB_5V 电源通过 TPS2117DRL 电源多路复用器 IC 传送，多路复用器在连接多个电源时在电源之间进行选择。

USB Device & Power In



Type C Connector

图 2-4. USB 2.0 Type-C® 接口方框图

2.5.2 以太网接口

BeagleBone Green Eco 提供一个用于网络连接的 10/100/1000Mbps 以太网接口，端接 RJ45 连接器。此接口可通过标准以太网电缆直接连接到本地网络。

该以太网端口具有集成的链路和活动指示 LED：绿色 LED 显示已建立的链路状态，黄色 LED 指示活跃网络流量。这些可视指示器可帮助用户快速确定网络连接状态。

该接口支持标准网络协议和服务，包括用于 IP 地址自动获取和静态 IP 配置的动态主机配置协议 (DHCP)。该电路板的以太网实现与 Linux® 发行版中的常用网络工具和实用程序兼容。

对于开发人员而言，可通过标准 Linux 网络命令和 API 访问该以太网接口。处理器的通用平台以太网交换机 (CPSW) 子系统提供高效的数据包处理，从而为各种应用提供可靠的网络性能。

该以太网端口支持局域网唤醒功能，如果在操作系统中正确配置，则允许进行远程电源管理。对于在无需实际交互的情况下需要进行远程访问的无头应用，此功能非常有用。

连接到网络时，建议使用标准 CAT5e 或更好的以太网电缆以获得最佳性能，尤其是在使用接口的千兆位功能时。

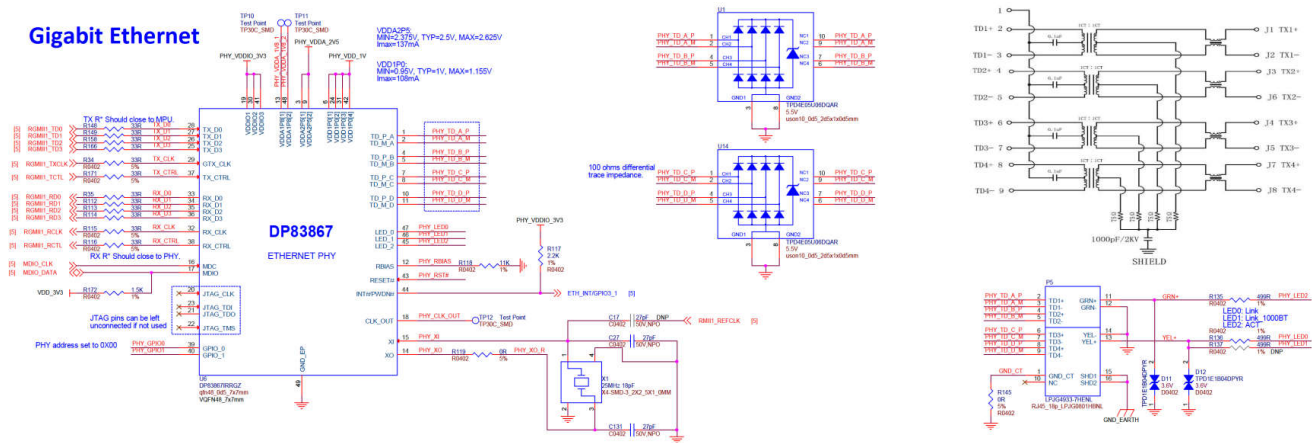


图 2-5. 以太网接口方框图

2.5.3 电源接口

BeagleBone Green Eco 具有以 TPS65214 PMIC 为中心的灵活电源管理架构。该电路板使用标准 5V USB 电源适配器或主机通过一个 USB Type-C 连接器供电。

内核电源管理由 TPS65214 PMIC (特别是采用 QFN-24 封装的 PTPS6521403VAFR 型号) 进行, 后者可生成 AM335x 处理器所需的多个稳压轨。Buck1 (2A 容量) 为处理器内核 (VDD_MPU) 提供 1.1V 电压, Buck2 (1A 容量) 为数字逻辑 (VDD_CORE) 提供 1.1V 电压, Buck3 (1A 容量) 为 DDR 存储器 (VDDS_DDR) 提供 1.5V 电压。

两个集成式 LDO 可补充开关稳压器：LDO1 (300mA) 为各种模拟域提供 1.8V 电压，而 LDO2 (500mA) 专门为 VDDS 引脚供电。

电源设计包括集成在 **TPS65214** 中的全面保护功能，包括过流保护、热关断和短路保护，可确保在各种环境中可靠运行。

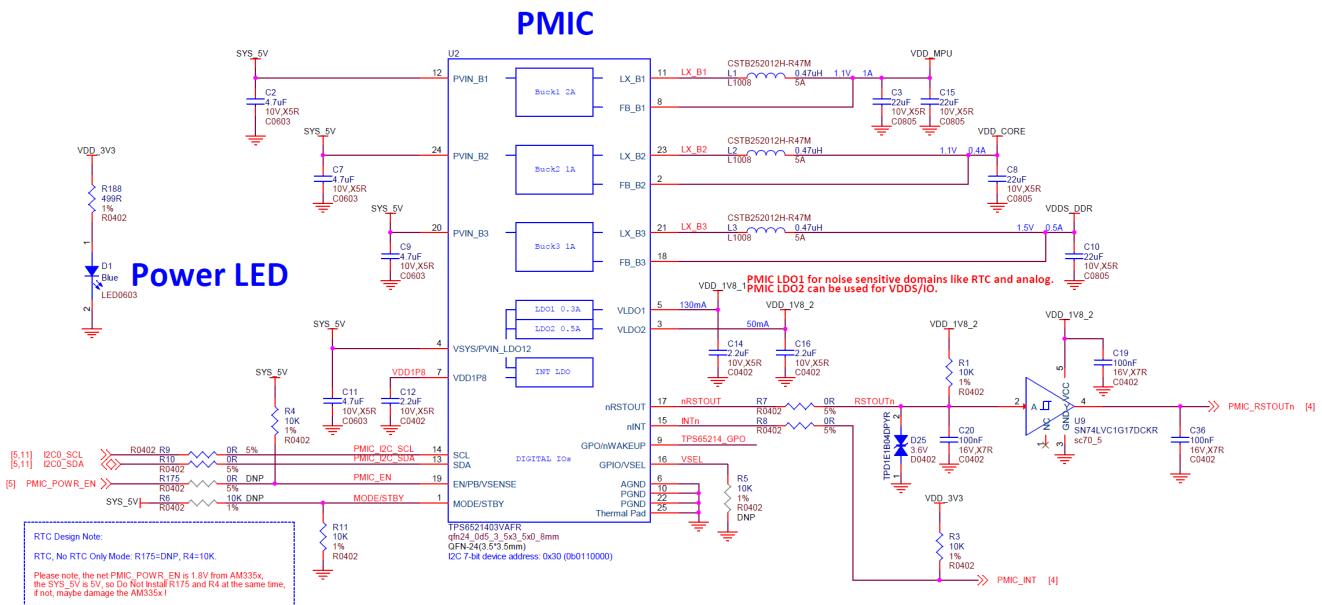


图 2-6. 电源接口方框图

小心

对于 RTC 功能，电路板支持 *RTC*，*无 RTC 模式*，这是默认配置。如设计说明中所示，该配置通过电阻器 R175 和 R4 实现，切勿同时安装这两个电阻器，以防有可能对 AM335x 处理器造成损坏。

2.5.4 DDR3L SDRAM 接口

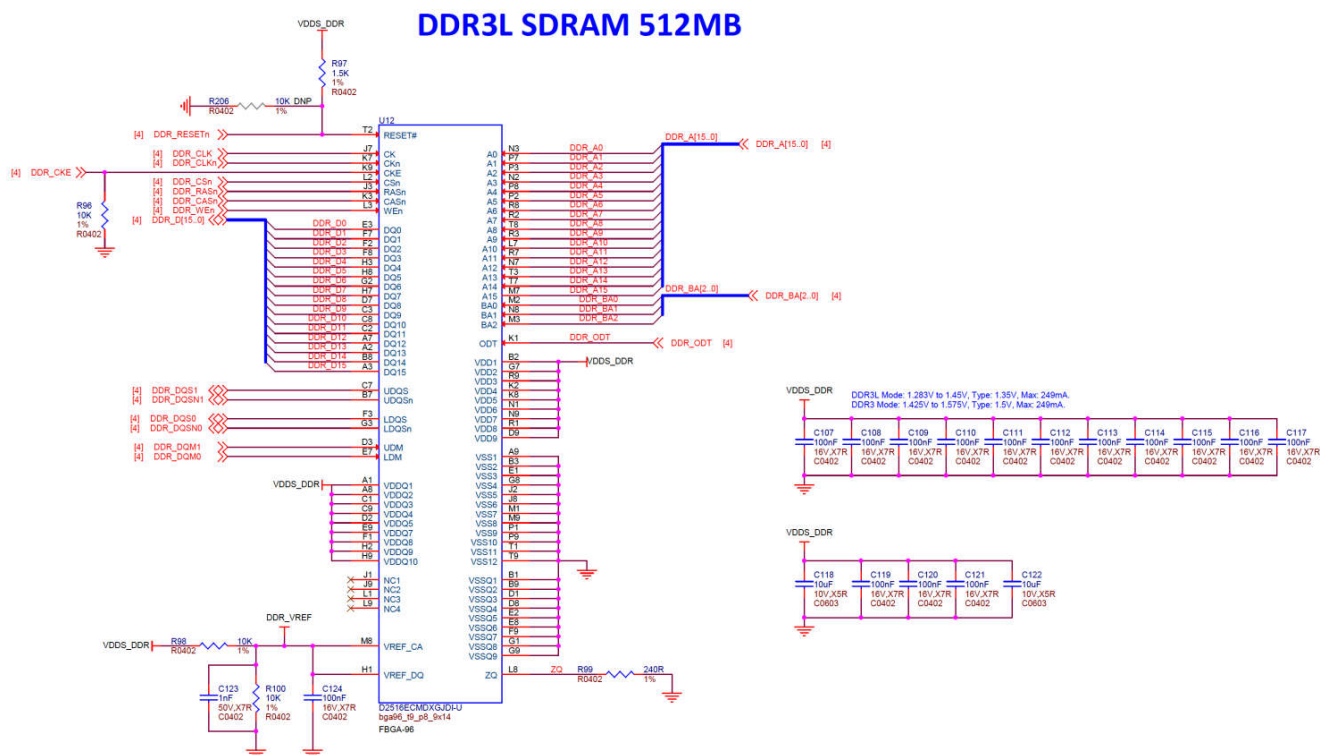
BeagleBone Green Eco 采用 512MB DDR3L SDRAM (Kingston D2516ECMDXGJDI-U)，为应用程序和操作系统功能提供主系统存储器。该存储器通过一条工作速率高达 800MT/s 的 16 位数据总线与 AM335x 处理器通信。

DDR3L 技术的工作电压为 1.35V (标准 DDR3 为 1.5V)，在提高能效的同时保持性能。因此，该电路板非常适合电池供电应用和持续供电应用。

存储器接口包括数据线 (D0 - D15)、地址线 (A0 - A15)、存储体地址线 (BA0 - BA2) 和直接连接到处理器的控制信号 (CLK、CKE、CS、RAS、CAS 和 WE)。该接口还具有差分数据选通信号 (DQS0/DQS0N 和 DQS1/DQS1N)，以提供准确的数据传输时序，尤其是在高速条件下。

进行系统开发和调试时，可通过电路板上的测试点访问所有存储器地址线和数据线。正常运行期间，当系统进入低功耗状态时，存储器自动进入自刷新模式，这有助于在保存数据的同时节能。

DDR3L 存储器完全由 AM335x 处理器管理，开发人员通常不需要直接与存储器交互，因为操作系统和软件开发工具会自动进行存储器管理。



eMMC 存储由 3.3V 电源轨供电，包括全面的去耦电容器网络，可在大量读取和写入操作期间提供稳定运行。硬件复位信号允许处理器在引导序列期间初始化 eMMC 器件，而上拉电阻在上电期间保持已知状态。

eMMC 对于操作系统来说是标准块存储设备，类似于硬盘或 SSD。这样，开发人员能够使用标准文件系统和存储访问方法，而无需了解底层存储技术的具体细节。对于需要额外存储空间的用户，该电路板还通过专用连接器支持 microSD 卡。

与原始 NAND 闪存相比，使用 eMMC 技术具有多种优势，包括内置磨损均衡、坏块管理和纠错，从而提高了存储系统的可靠性并延长了使用寿命。

eMMC Flash 16GB

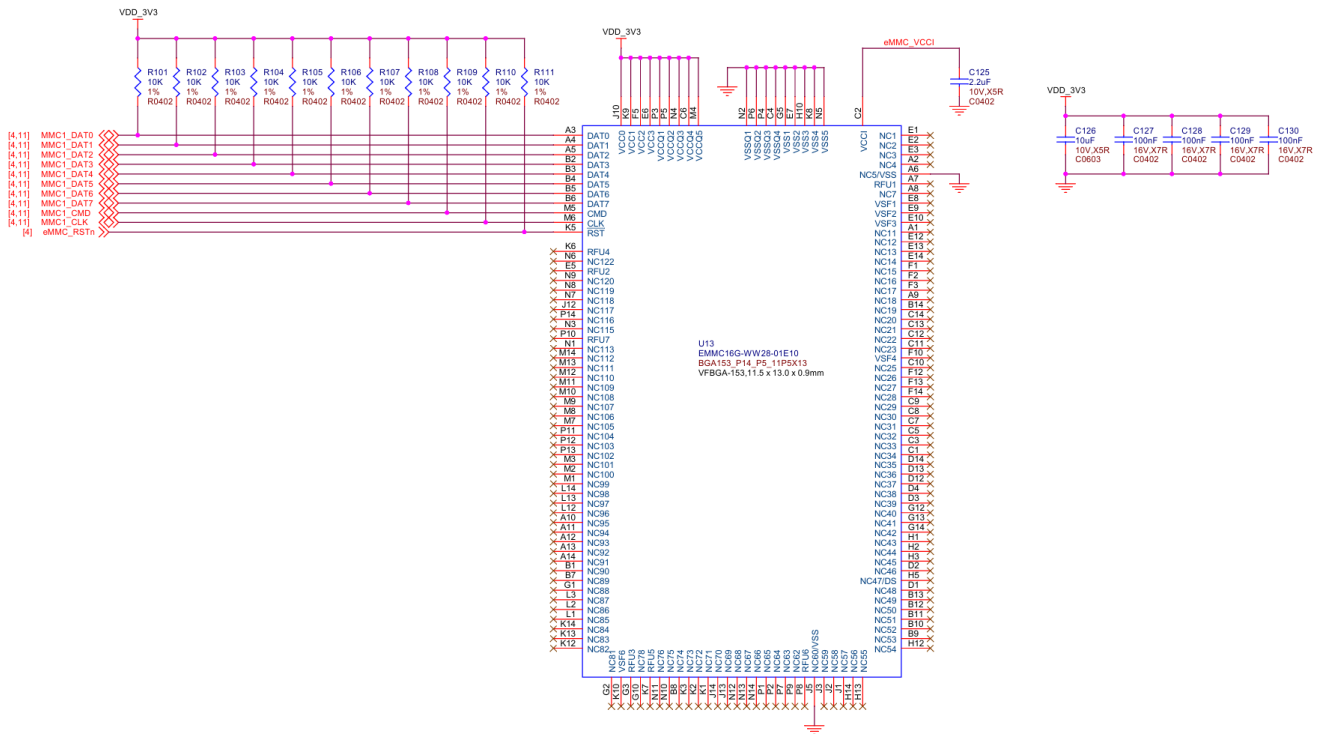


图 2-8. eMMC 闪存接口方框图

2.5.6 Micro SD 卡插槽接口

BeagleBone Green Eco 包括标准 microSD 卡插槽 (P10)，为用户提供可扩展存储选项和备用引导源。卡插槽支持高达 32GB 的 SD 和 SDHC 卡，SDXC 卡在适当格式化时也兼容。

microSD 接口使用传输速率高达 24MB/s 的 4 位数据总线 (SD_DAT0 至 SD_DAT3) 通过 MMC0 控制器连接到 AM335x 处理器。该接口包括 SD 协议通信所需的命令 (SD_CMD) 线和时钟 (SD_CLK) 线，并使用串联电阻器保持信号完整性。

卡检测开关 (SD_CD) 使系统能够检测卡何时插入或拔出，支持热插拔功能。这种检测机制允许操作系统在发生物理变化时自动安装或安全卸载 SD 卡。

SD 卡接口由 3.3V 电源轨供电。数据线和命令线上的上拉电阻器根据 SD 卡规范保持适当的信号电平。

对于嵌入式应用，microSD 插槽具有以下几个主要优势：

- 板载 eMMC 需要重新编程时，可作为备用引导源
- BeagleBone.org 与其他系统之间轻松进行数据交换
- 为需要额外空间的应用程序提供存储扩展
- 主 eMMC 上发生软件损坏时提供系统恢复选项

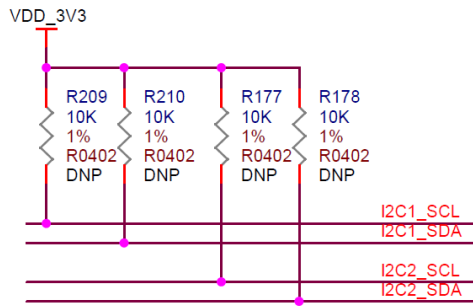
[illegible]

图 2-9. microSD 卡插槽接口方框图

BeagleBone Green Eco 配有两个 Grove 连接器 (J4 和 J5)，经过精心布局，可充分利用 [Seeed Studio](#) 丰富的 [Grove](#) 传感器、执行器和模块生态系统。这些标准化的 4 引脚接口提供了即插即用设计，支持快速进行原型设计和开发嵌入式系统，无需进行复杂的接线或焊接



图 2-10. Seed Studio 广泛的 Grove 生态系统



Grove Connector

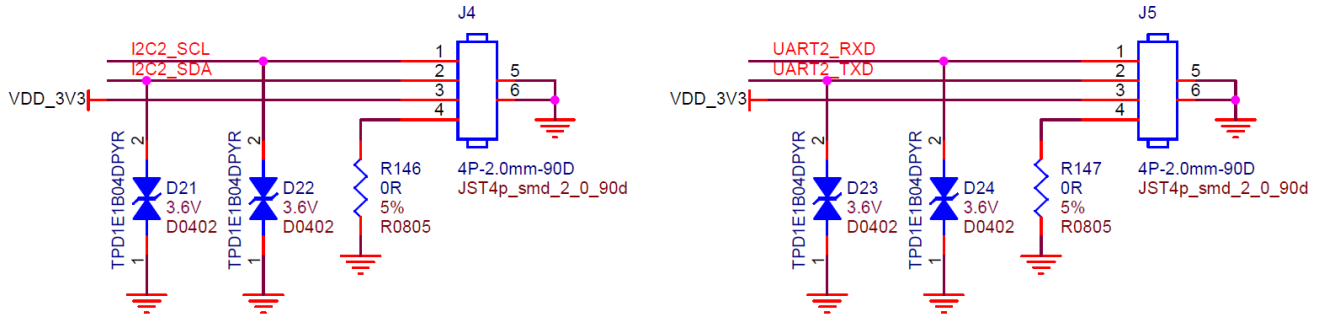


图 2-11. Grove 连接器接口方框图

2.5.7.1 Grove I2C 接口 (J4)

J4 连接器提供一个在 3.3V 逻辑电平下运行的专用 I2C 接口。此 Grove 端口直接连接到 AM335x 处理器的 I2C2 总线 (I2C2_SCL 和 I2C2_SDA)，并为可选 4.7kΩ 上拉电阻器预留了未填充焊垫，确保与各种 I2C 模块实现可靠的通信。

此接口支持 Seeed 生态系统中的多种 Grove I2C 模块。兼容器件包括：用于测量温度、湿度和压力的环境传感器；运动和位置传感器（如加速计和陀螺仪）；显示模块（包括 OLED 和 LCD 屏幕）以及各种接口适配器和端口扩展器。使用这些元件进行原型设计时，标准化连接格式消除了对复杂接线或试验电路板的需求。

2.5.7.2 Grove UART 接口 (J5)

J5 连接器提供 UART 接口，用于连接到 AM335x 处理器的 UART2 端口。此 Grove 端口可实现和 3.3V 逻辑电平下运行的串行通信模块的轻松集成。

与此接口兼容的常用 Grove UART 模块包括：用于蓝牙®、Wi-Fi 和远距离 (LoRa) 连接的无线通信模块；用于基于位置应用的全球定位系统 (GPS) 和全球导航卫星系统 (GNSS) 接收器；用于识别和访问控制的射频识别 (RFID) 读取器；以及使用串行接口的专用传感器模块。这种连接选项可将电路板的功能扩展到众多通信域，并且集成工作量最小。

3 硬件设计文件

3.1 原理图、PCB 布局和 BOM

要下载原理图、PCB 布局和 BOM，请参阅 [BEAGL-BONE-GRN-EO](#) 工具页面上的 [BEAGL-BONE-GRN-EO 设计文件包](#)。

4 合规信息

4.1 合规性 - FCC 要求

未经合规负责方明示同意的任何更改或改动都可能导致用户操作本设备的授权无效。

该器件符合 FCC 规则的第 15 部分。运行同时受以下两项条件制约：

1. 该器件不能造成有害干扰；并且
2. 该器件必须接受任何收到的干扰，包括可能导致运行异常的干扰。

此发送器不得与任何其他天线或发送器并置或协同操作。

备注

根据 FCC 规则第 15 部分的规定，本设备已经过测试，证明符合针对 B 类数字设备的限制要求。这些限制旨在针对住宅安装中的有害干扰提供合理的保护。本设备会产生、使用并可辐射射频能量，如不按照指导手册进行安装和使用，可能会给无线电通讯带来有害干扰。但是，不能保证在特定安装中不会发生干扰。如果此设备确实对无线电或电视接收造成有害干扰（可通过关闭和打开设备来确定），建议用户尝试采取以下一种或多种措施来纠正干扰：

- 调整接收天线的方向或位置。
 - 增加该设备和接收器之间的隔离距离。
 - 将设备连接到另一条电路的插座上，该电路不是接收器连接的电路。
 - 咨询经销商或有经验的无线电/电视技术人员以获得帮助。
-

经评估，该器件符合一般射频暴露要求。该器件可在便携式暴露条件下不受限制地使用。

5 其他信息

5.1 已知硬件或软件问题

5.2 商标

NEON™ is a trademark of Arm Ltd..

PowerVR SGX™ is a trademark of Imagination Technologies Limited.

BeagleBone® and BeagleBone.org® are registered trademarks of BeagleBone.org.

Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited.

microSD® is a registered trademark of SD Card Association.

USB Type-C® is a registered trademark of USB Implementers Forum.

Debian® is a registered trademark of Software In The Public Interest Incorporated.

Wi-Fi® is a registered trademark of Wi-Fi Alliance.

EtherCAT® is a registered trademark of Beckhoff Automation GmbH.

PROFINET® is a registered trademark of PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (PNO).

Linux® is a registered trademark of Linus Torvalds.

蓝牙® is a registered trademark of Bluetooth SIG, Inc.

所有商标均为其各自所有者的财产。

5.3 品牌使用批准

Seeed Studio BeagleBone® Green Eco 电路板是 BeagleBoard.org BeagleBone 的兼容板，获得 BeagleBone.org® 授权。更多详情，请访问 <https://www.beagleboard.org/partner-program>。

6 相关文档

1. [BEAGL-BONE-GRN-EO 设计文件包](#)

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