



说明

该参考设计通过将业界出色的图像处理、连接、传感器及电源解决方案进行组合为由电池供电的无线摄像头提供了解决方案。高效的电源转换器以及优化的系统架构有助于延长电池寿命。图像处理器搭配 Wi-Fi® 连接器件，可确保安全高质量的实时视频流式传输以及双向音频流式传输，还可以实现降噪和回声消除。该设计包括红外 (IR) LED 和 IR 截止滤光片，以实现夜视功能。

资源

TIDA-010224	设计文件夹
CC3235MODS 、 CC1352R	产品文件夹
TPS63802 、 TPS63900 、 TPS62825	产品文件夹
TPS7A03 、 TPS7A20 、 TPS62840	产品文件夹
TPS22919 、 LM66100 、 OPT3004	产品文件夹
DRV8837C 、 TPA2011D1 、 TLV61048	产品文件夹

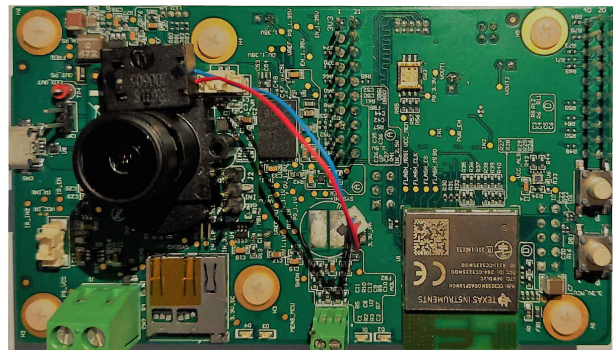
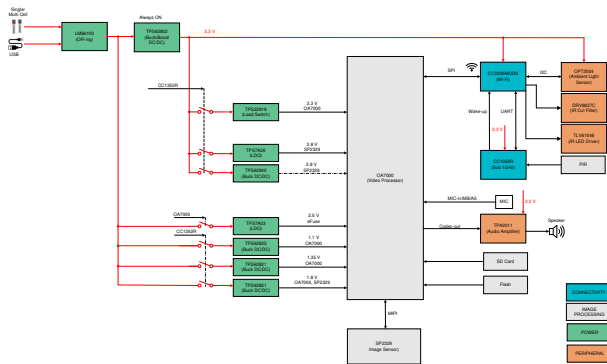


特性

- 完整的摄像头参考设计可缩短新产品开发周期
- 集成环境光感应、IR LED 驱动器和电动 IR 截止滤光片以实现日视/夜视功能
- 从本地网络中任意智能手机、平板电脑或计算机上通过 802.11 a/b/g/n 进行 SimpleLink™ Wi-Fi 连接，适用于 Sub-1GHz 和 2.4GHz 的并发多协议
- 电源树支持 USB 或电池
- 使用高效直流/直流转换器的低功耗架构可延长电池寿命
- 唤醒摄像头的多种选项：PIR，低于 1GHz，或门铃
- Wi-Fi 器件适合低功耗架构：在使用 beacon 功能时电流消耗至少降低 50% 且在视频流式传输时电流消耗至少降低 30%
- 使用 Sub-1GHz 与门窗传感器集成，从而触发视频录制
- 旨在延长电池寿命长达 1.5 年：使用 6000mAH 电池可支持每天 25s 视频、双向音频和 10s 红外 LED 照明

应用

- 无线安防摄像头
- 可视门铃



1 系统说明

表 1-1. 主要系统规格

参数	规格	
采集和流式传输质量	视频	在 48FPS (1920 × 1080) 下为 2MP、1080p
	音频	模拟麦克风输入 单声道扬声器输出
支持的无线网络	802.11 a/b/g/n : 2.4GHz 和 5GHz 多协议 Sub-1GHz 和 2.4GHz 无线	
支持的协议	RTP 和 RTSP	
电源	电池	输入范围 : 2.4V 至 5.5V 建议的电池类型 : 3.7V 锂离子电池 1.5V 碱性电池 (2 或 3 芯串联) 1.2V 镍氢电池 (3 或 4 芯串联) 电池组 (SY634-F031-ND)
	USB	5.0V (Micro USB 2.0)
	电池寿命	1.5 年 (6000mAh, 每天 25 秒视频和 10 秒红外 LED 照明)
感应	热释电红外 (PIR) 检测 : 外部传感器 具有红外阻隔功能的环境光感应	
镜头	尺寸	1/2.7 英寸
	分辨率	1920 × 1080 (HD)
	视场	90.84°
	焦距	3.8mm
	特性	支持焦距、虹膜并集成红外截止滤光片
昼/夜视	红外 LED 驱动器 (照明)	支持 6 个串联 LED, 其中 $I_F = 1A$ 、辐射强度为 500mW/sr、 $V_F = 1.7V$
	电动红外截止滤光片	22 Ω 线圈电阻, 3.3V 驱动器
摄像头激活	可配置 : PIR、网络、门铃	
工作温度	-30°C 至 60°C	

根据设计，许多无线网络摄像头或可视门铃都需要在无法连接电源线的位置使用。包括前门、天花板上、门的顶部、园区树木等，目的是在无需安装电源线的情况下将摄像头安装在任何位置。摄像头采用电池供电并且安装位置不便于更换电池，因此采用非常高效的电源解决方案来尽可能延长电池寿命非常重要。

该参考设计通过将业界出色的图像处理、连接、传感器及电源解决方案进行组合为由电池供电的无线摄像头提供了解决方案。高效的电源转换器以及优化的系统架构有助于延长电池寿命。图像处理器搭配 Wi-Fi® 连接器件，可确保安全高质量的实时视频流式传输以及双向音频流式传输，还可以实现降噪和回声消除。通过集成环境光感应、高效的红外 LED 驱动器和电动红外截止滤光片，可提供日视/夜视功能。

此参考设计解决方案支持开发人员为采用电池供电的高性能无线摄像头快速设计终端应用，同时通过优化整体系统功耗来延长电池寿命。

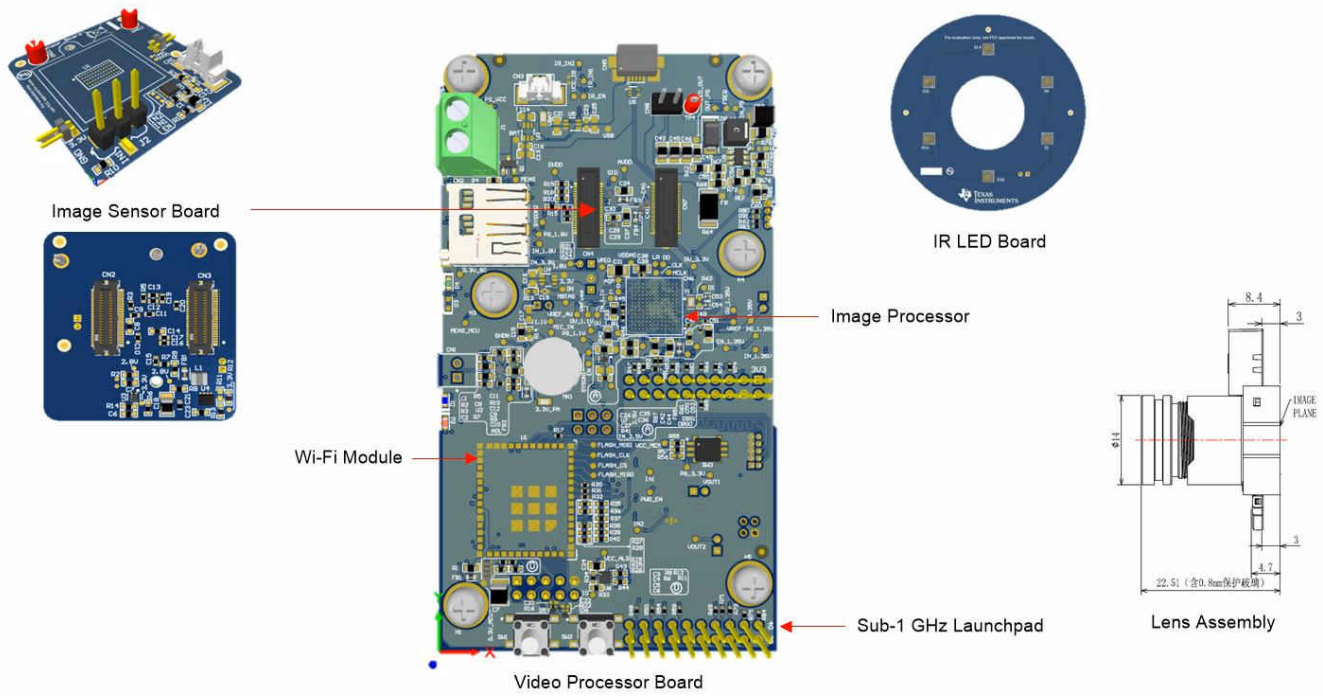


图 1-1. 参考设计电路板 - PCB

2 系统概览

2.1 方框图

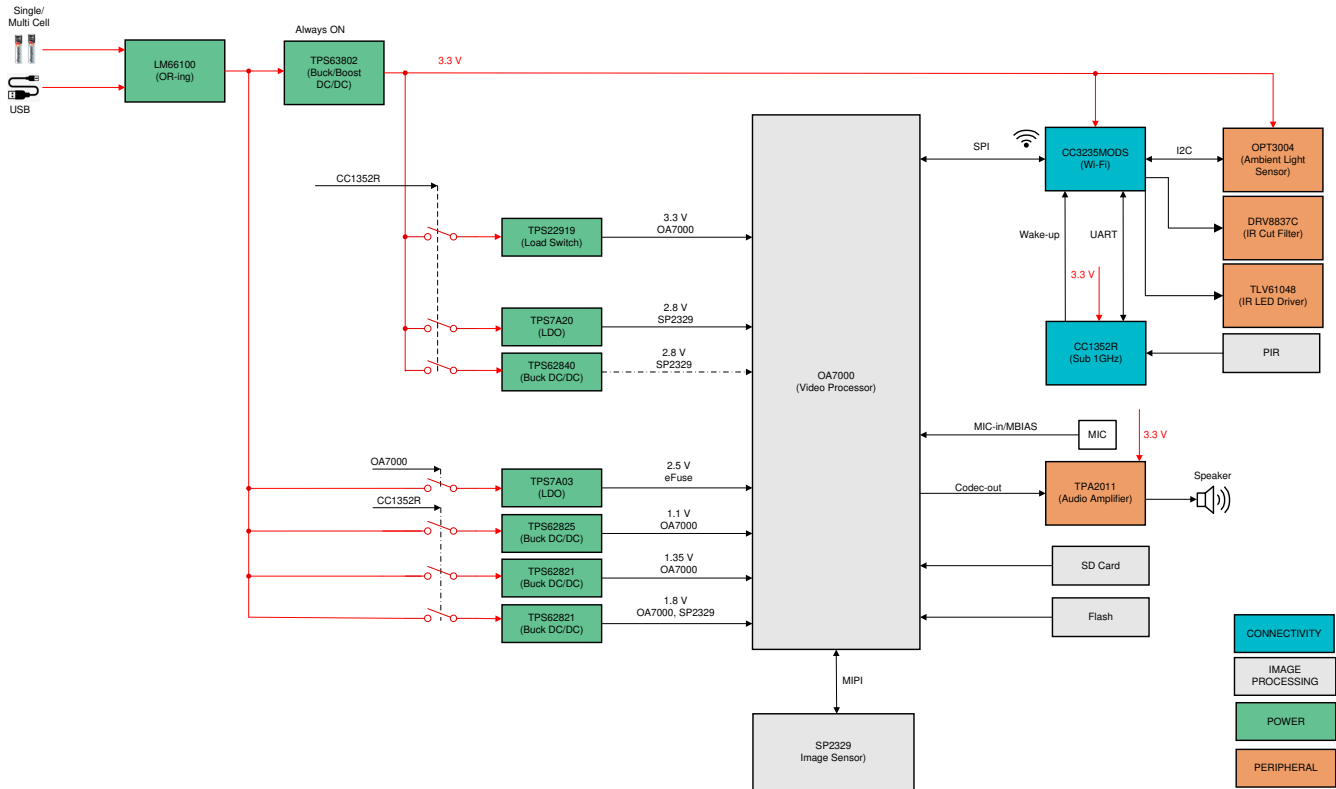


图 2-1. TIDA-010224 方框图

2.2 主要产品

此参考设计具有以下器件：

2.2.1 SimpleLink™ MCU

- **CC3235MODS** : SimpleLink™ Wi-Fi CERTIFIED™ 双频带无线 MCU 模块
- **CC1352R** 和 **LPSTK-CC1352R LaunchPad™** : SimpleLink™ 高性能多频带无线 MCU

2.2.1.1 CC3235MODS

CC3235MODS 是一款完全可编程的无线微控制器 (MCU) 模块，它经过 FCC、IC/ISED、ETSI/CE、MIC 和 SRRC 认证，且具有内置双频带 Wi-Fi 连接。该模块集成了 40MHz 晶体、32.768kHz RTC 时钟、32Mb SPI 串行闪存、射频滤波器、双工器和无源器件。德州仪器 (TI) 的 SimpleLink™ Wi-Fi® CC3235MODS 模块系列专为物联网而设计，是集成了两个物理隔离片上 MCU 的无线模块：

- 应用处理器 — Arm® Cortex®-M4 MCU，具有用户专用的 256KB RAM 和可选的 1MB 可执行闪存。
- 用以运行所有 Wi-Fi 和互联网逻辑层的网络处理器此基于 ROM 的子系统完全减轻了主机 MCU 的负载，包括一个 802.11 a/b/g/n 双频带 2.4GHz 和 5GHz 无线电、基带和带有强大硬件加密引擎的 MAC。

主要新特性包括：

- 802.11 a/b/g/n : 2.4GHz 和 5GHz 支持
- 与 BLE、2.4GHz 无线电共存
- 经 FIPS 140-2 1 级验证的内部 IC 增强了安全性
- 可同时打开更多安全套接字 (多达 16 个)
- 证书注册请求 (CSR)
- 在线证书状态协议 (OCSP)
- 针对具有低功耗功能以及其他功能的 IoT 应用经过 Wi-Fi 联盟认证
- 天线选择
- 改善了快速扫描特性

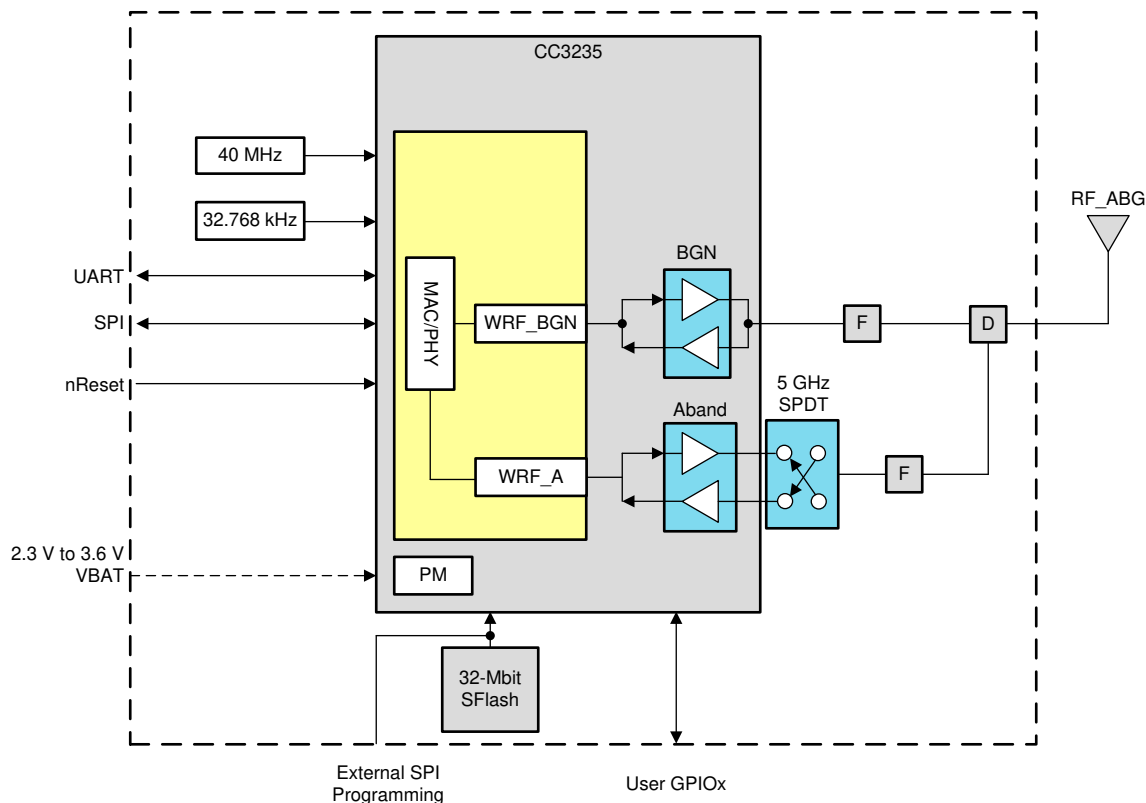


图 2-2. CC3235MODS 功能方框图

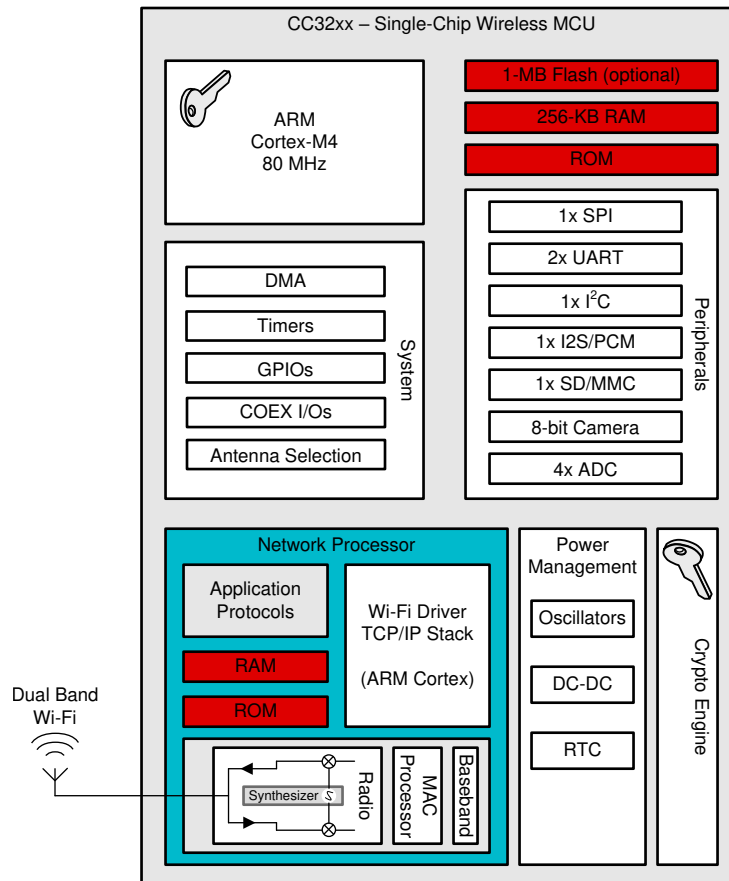


图 2-3. CC3235x 硬件概览

CC3235MODS 器件系列在休眠模式下消耗 4.5 μ A 电流并支持快速系统唤醒和服务器重连，而在低功耗深度睡眠 (LPDS) 模式下能够保持连接，同时消耗 135 μ A 电流。CC3235MODS 能够在这两种低功耗模式之间实时切换（使用专有网络学习优化算法），因此在使用信标功能时电流消耗至少降低 50%，在视频流式传输时电流消耗至少降低 30%。因此，此设计中采用了 CC3235MODS 作为主机处理器。

2.2.1.2 CC1352R LaunchPad™

LPSTK-CC1352R TI LaunchPad™ SensorTag 套件包含集成式环境和运动传感器、多频带无线连接功能和易于使用的软件，可用于对互联应用进行原型设计。只需一个套件，开发人员即可轻松创建互联应用，在 2.4GHz 和 Sub-1GHz 频率下灵活支持 Bluetooth®、Zigbee®、Thread 以及专有协议。LaunchPad SensorTag 套件之所以更加独特，是因为它基于 CC1352R 多频带无线 MCU，该 MCU 是 SimpleLink™ 微控制器平台的一部分，为安全和低功耗连接拓扑提供所有构建块。

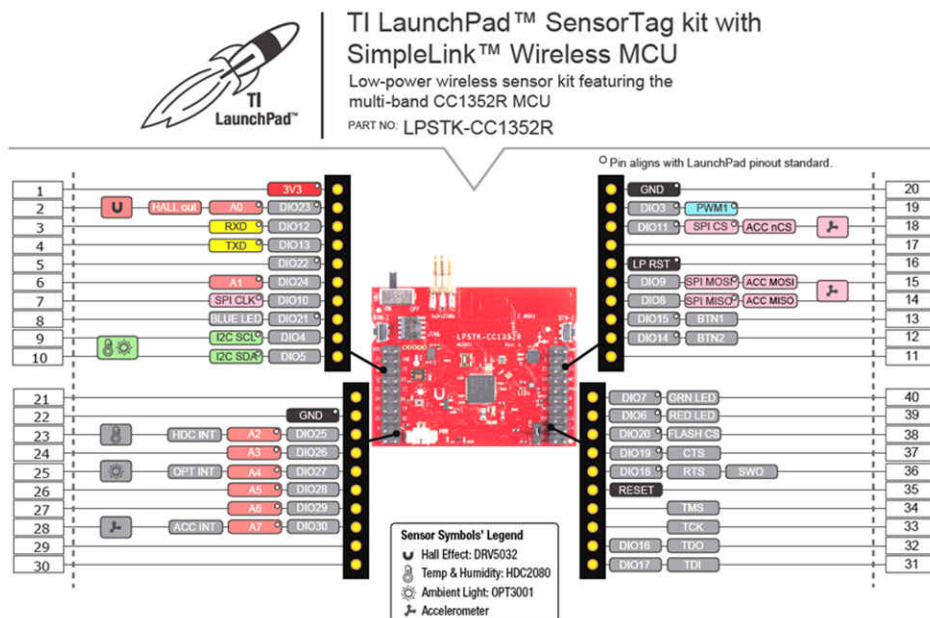


图 2-4. LPSTK-CC1352R 概览

由于集成了霍尔效应感应、温度和湿度检测和加速计，无线摄像头能够实现篡改检测和冲击检测等各种功能。

2.2.1.2.1 CC1352R

CC1352R 器件是一款多协议、多频带 Sub-1GHz 和 2.4GHz 无线微控制器 (MCU)，支持以下协议：Thread、Zigbee®、低功耗 Bluetooth® 5、IEEE 802.15.4g、支持 IPv6 的智能对象 (6LoWPAN)、专有系统 (包括 SimpleLink™ TI 15.4-Stack (Sub-1GHz 和 2.4GHz)) 和通过动态多协议管理器 (DMM) 驱动程序实现的并发多协议。该器件经优化，可用于楼宇安防系统的低功耗无线通信和高级感应。该器件的突出特性包括：

- SimpleLink™ CC1352R 软件开发套件 (SDK) 提供丰富而灵活的协议栈支持。
- 对于 Sub-1GHz，最大发送功率为 +14dBm (消耗电流 24.9mA)；对于 2.4GHz，最大发送功率为 +5dBm (消耗电流 9.6mA)。
- 具有 0.85μA 的低待机电流和完全 RAM 保持特性，从而延长无线应用的电池寿命。
- 支持工业温度，在 105°C 下最低待机电流为 11μA。
- 通过具有快速唤醒功能的可编程、自主式超低功耗传感器控制器 CPU 实现高级检测。例如，传感器控制器能够在 1μA 系统电流下进行频率为 1Hz 的 ADC 采样。
- 低 SER (软错误率) FIT (时基故障)，可延长运行寿命，不会对工业市场造成干扰，SRAM 奇偶校验功能一直开启，可防止潜在辐射事件导致的损坏。
- 由软件控制的专用无线电控制器 (Arm® Cortex®-M0) 提供灵活的低功耗射频收发器功能，支持多个物理层和射频标准。
- 出色的无线电敏感度 (-121dBm) 和稳健性 (选择性与阻断) 性能，适用于 SimpleLink 远距离模式。

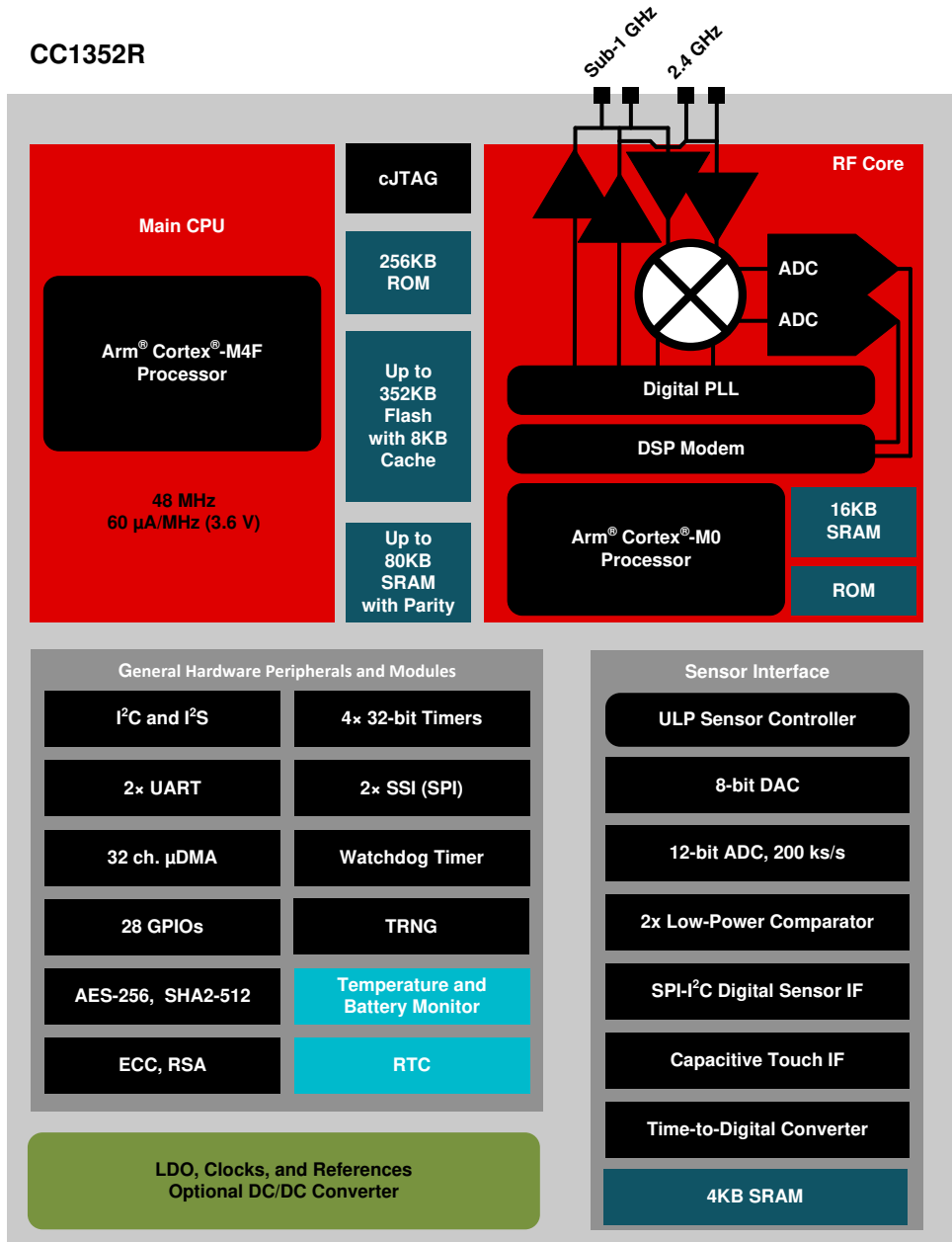


图 2-5. CC1352R 功能方框图

2.2.2 电源

- [TPS63802](#) : 采用 DFN 封装的 2A、高效率、低 I_Q 降压/升压转换器
- [TPS63900](#) : 1.8V 至 5.5V、400mA、200nA 静态电流降压/升压转换器
- [TPS62825](#) : 具有 1% 输出电压精度的 2.4V 到 5.5V 输入、2A 降压转换器
- [TPS7A03](#) : 具有快速瞬态响应的毫微功耗 I_Q 、200nA、200mA、低压降稳压器
- [TPS7A20](#) : 具有高 PSRR 的 300mA、超低噪声、低 I_Q 、低压降 (LDO) 线性稳压器
- [TPS62840](#) : 1.8V 至 6.5V、750mA、60nA I_Q 降压转换器
- [TPS22919](#) : 具有受控上升时间的 5.5V、1.5A、90mΩ 自保护负载开关
- [LM66100](#) : 具有输入极性保护功能的 5.5V、1.5A、79mΩ、低 I_Q 理想二极管

2.2.2.1 TPS63802

TPS63802 降压/升压转换器使用四个内部开关在所有可能的工作条件下保持同步电源转换。因此，该器件能够在宽输入电压和输出负载范围内保持高效率。为了在所有可能的输入电压条件下调节输出电压，该器件会根据工作

条件的要求，在降压、降压/升压和升压工作模式之间自动转换。因此，当输入电压高于输出电压时，该器件用作降压转换器，而当输入电压低于输出电压时，则用作升压转换器。如果输入电压与输出电压接近，该器件会以 3 周期降压/升压模式运行。在此模式中，所有四个开关都处于运行状态。为了最大限度地减少开关和导通损耗，流经开关和电感器的 RMS 电流应尽可能小。通过以这种方式控制各个开关，该转换器能够在整个输入电压范围内一直保持高效。该器件能够在所有这些模式间无缝转换。

降压/升压转换器负责为无线摄像头模块的常开型电压轨供电，因此无论是轻载还是重载条件下，效率都非常重要。凭借极低的工作静态电流 (11 μ A) 和节能模式，TPS63802 能够在整个负载电流范围内保持高效率，因此非常适合此参考设计。

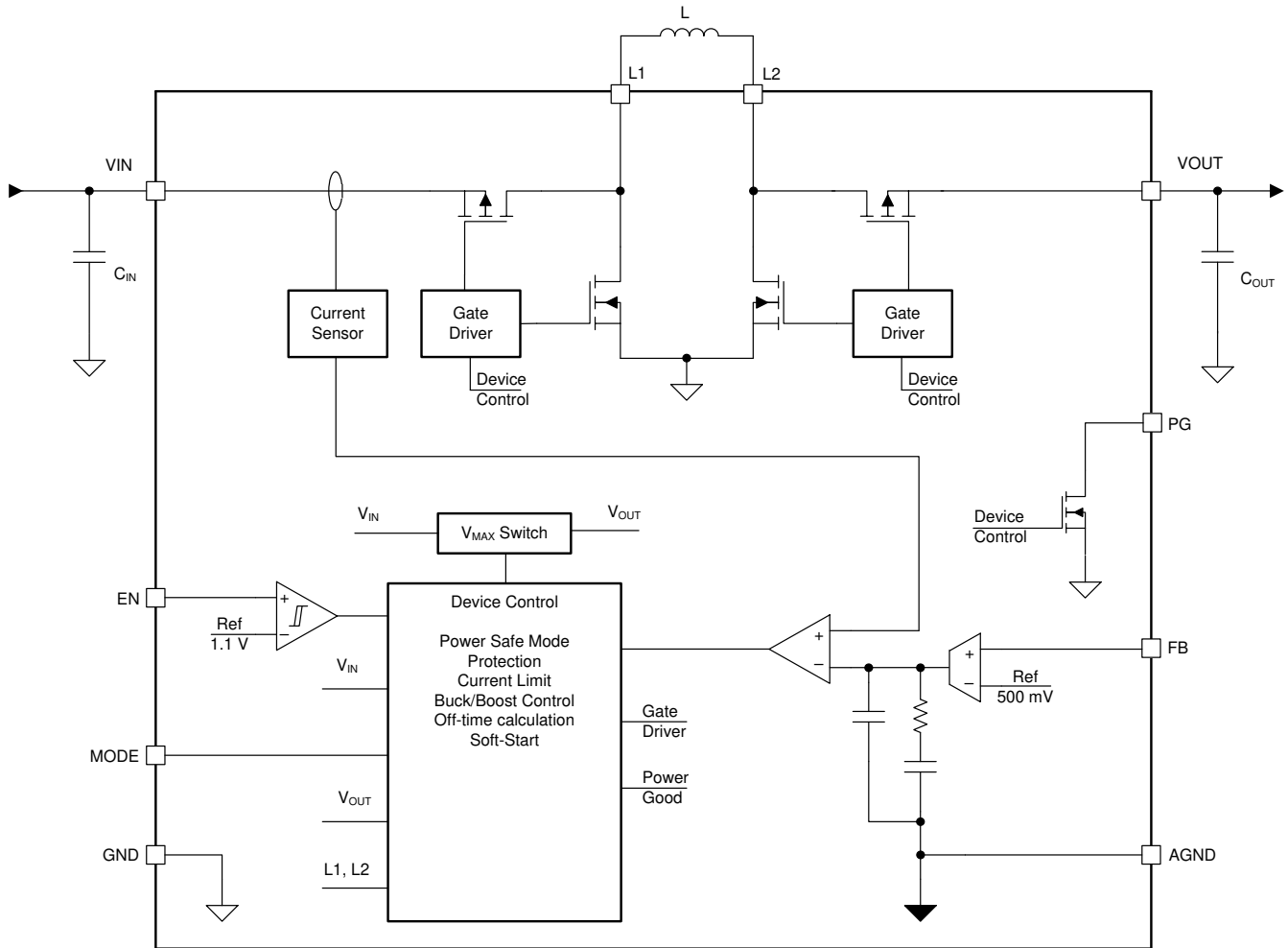


图 2-6. TPS63802 功能方框图

2.2.2.2 TPS63900

TPS63900 器件是一款四开关同步降压/升压转换器，最大输出电流为 400mA。该器件采用单模式运行，可将输出电压调节至高于、低于或等于输入电压的电平，且不会出现许多其他降压/升压器件会出现的模式切换瞬变和不可预测的电感器电流纹波。TPS63900 器件的开关频率会因工作条件而异：当 IO 为低电平时，开关频率最小；而随着 IO 增加，开关频率会平缓升高。

降压/升压转换器负责为参考设计子系统的常开型电源轨供电，因此无论是在轻载还是重载条件下，效率都非常重要。TPS63900 在轻载 (10 μ A 负载电流) 和最大负载条件下效率均大于 90%，并且静态电流为 75nA 而关断电流为 60nA，因此非常适合此参考设计。

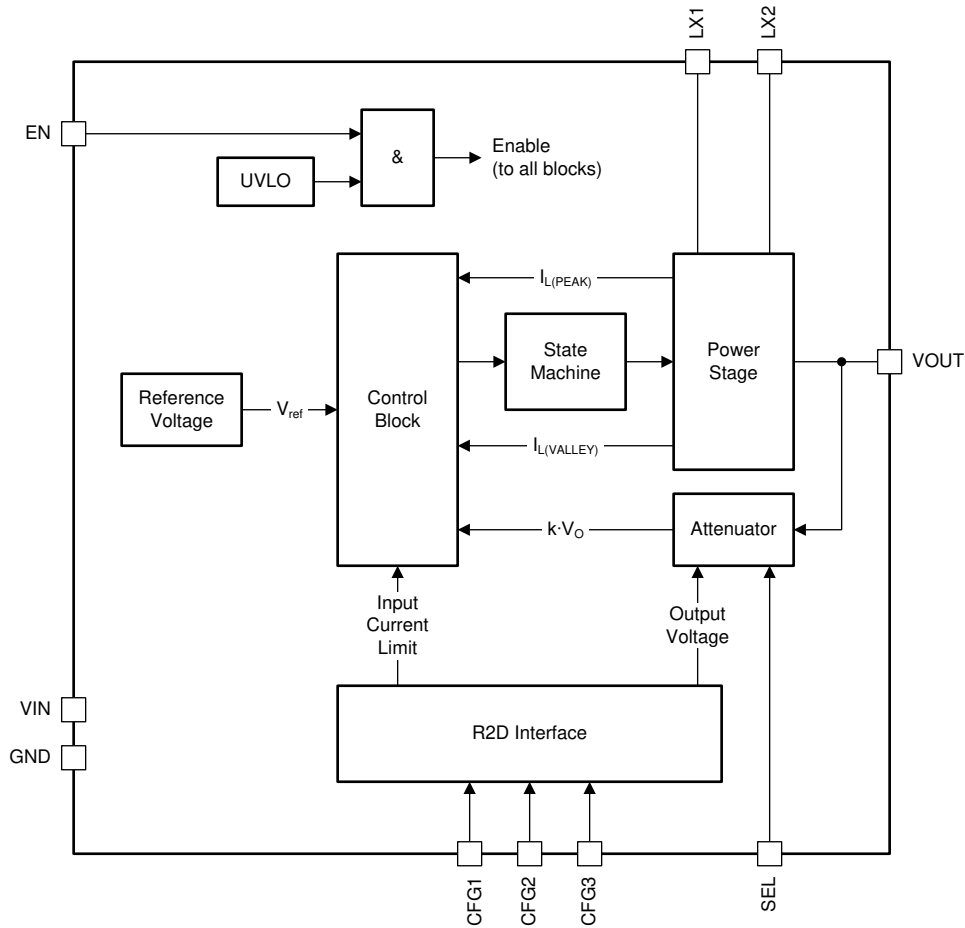


图 2-7. TPS63900 功能方框图

2.2.2.3 TPS62825

TPS62825 和 TPS62821 都是基于 DCS-Control™ (无缝过渡到省电模式的直接控制) 拓扑的同步降压转换器, 具有自适应恒定导通时间控制功能和稳定的开关频率。它可以在中等负载至重负载情况下以 PWM (脉宽调制) 模式运行, 也可以在轻负载条件下以 PSM (省电模式) 运行, 从而保持较小的输出电压纹波。标称开关频率约为 2.2MHz, 并且在输入电压范围内的频率变化较小且可控。随着负载电流降低, 转换器进入 PSM 模式, 以降低开关频率, 从而在整个负载电流范围内保持高效率。在单个构建块内支持 PWM 和 PSM 两种模式, 因此可以在两种模式之间无缝转换, 而不会影响输出电压。

TPS62825 提供出色的直流电压和快速负载瞬态调节功能, 并具有低输出电压纹波, 非常适合用于为视频处理器供电。

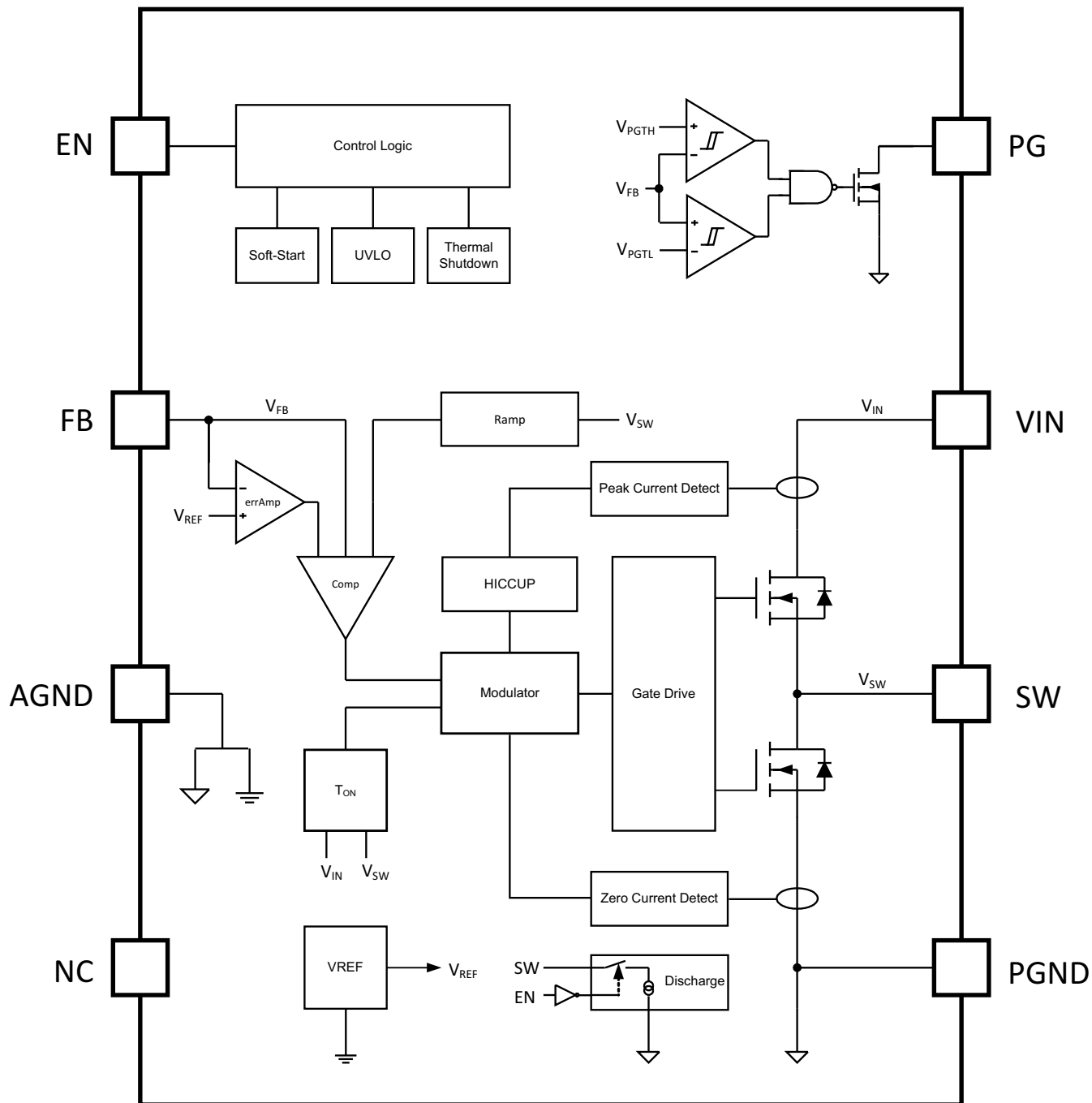


图 2-8. TPS62825 功能方框图

2.2.2.4 TPS7A03

该器件的主要特性包括：

- 超低 I_Q ：200nA（典型值），即使处于压降状态
- 关断 I_Q ：3nA（典型值）
- 出色的瞬态响应（1mA 至 50mA），建立时间 $< 10 \mu s$ ，80mV 下冲
- 封装：1.0mm \times 1.0mm X2SON、SOT23-5、0.64mm \times 0.64mm DSBGA
- 输入电压范围：1.5V 至 6.0V
- 输出电压范围：0.8V 至 5.0V（固定）
- 输出精度：1.5% 过热
- 智能使能端下拉

- 超低压降：在 200mA 下为 270mV (最大值) ($V_{OUT} = 3.3V$)
- 与 1 μ F 或更高的电容器搭配使用时可保持稳定

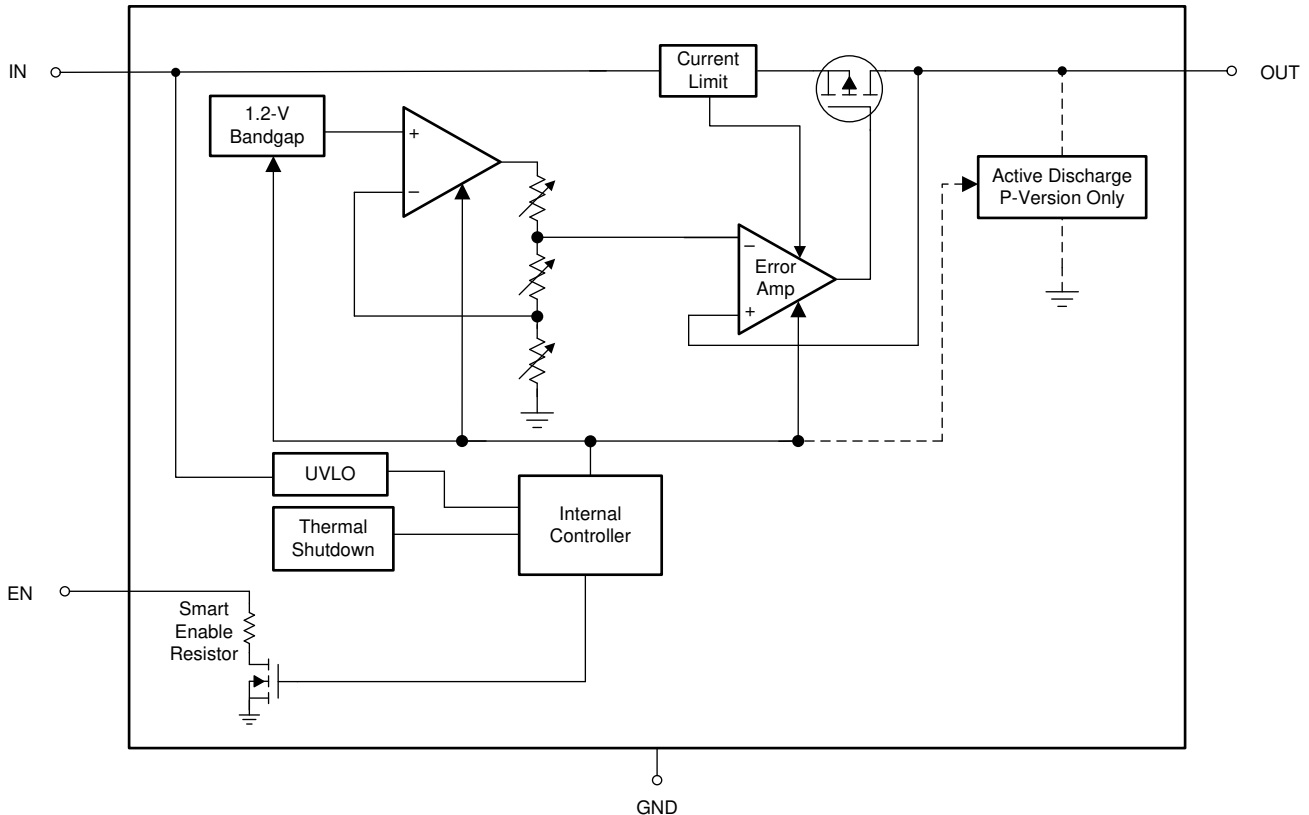


图 2-9. TPS7A03 功能方框图

TPS7A03 是一款超低 I_Q 线性稳压器，经优化具有出色的瞬态性能。这些特性使得该器件非常适合电池供电型无线摄像头设计。TPS7A03 提供有源放电、折返电流限制、关断和热保护功能。

2.2.2.5 TPS7A20

该器件的主要特性包括：

- 低输出电压噪声：7 μ V_{RMS}
- 无需噪声旁路电容
- 高 PSRR：1kHz 时为 95dB
- 超低 I_Q ：6.5 μ A
- 输入电压范围：1.6V 至 6.0V
- 输出电压范围：0.8V 至 5.5V
- 输出电压容差： $\pm 1.5\%$ (最大值)
- 超低压降：在 300mA 下为 140mV (最大值) ($V_{OUT} = 3.3V$)
- 低浪涌电流
- 智能使能端下拉
- 与最低为 1 μ F 的陶瓷输出电容搭配使用可保持稳定
- 封装：1mm \times 1mm X2SON、0.603mm \times 0.603mm DSBGA、2.90mm \times 1.60mm SOT23-5

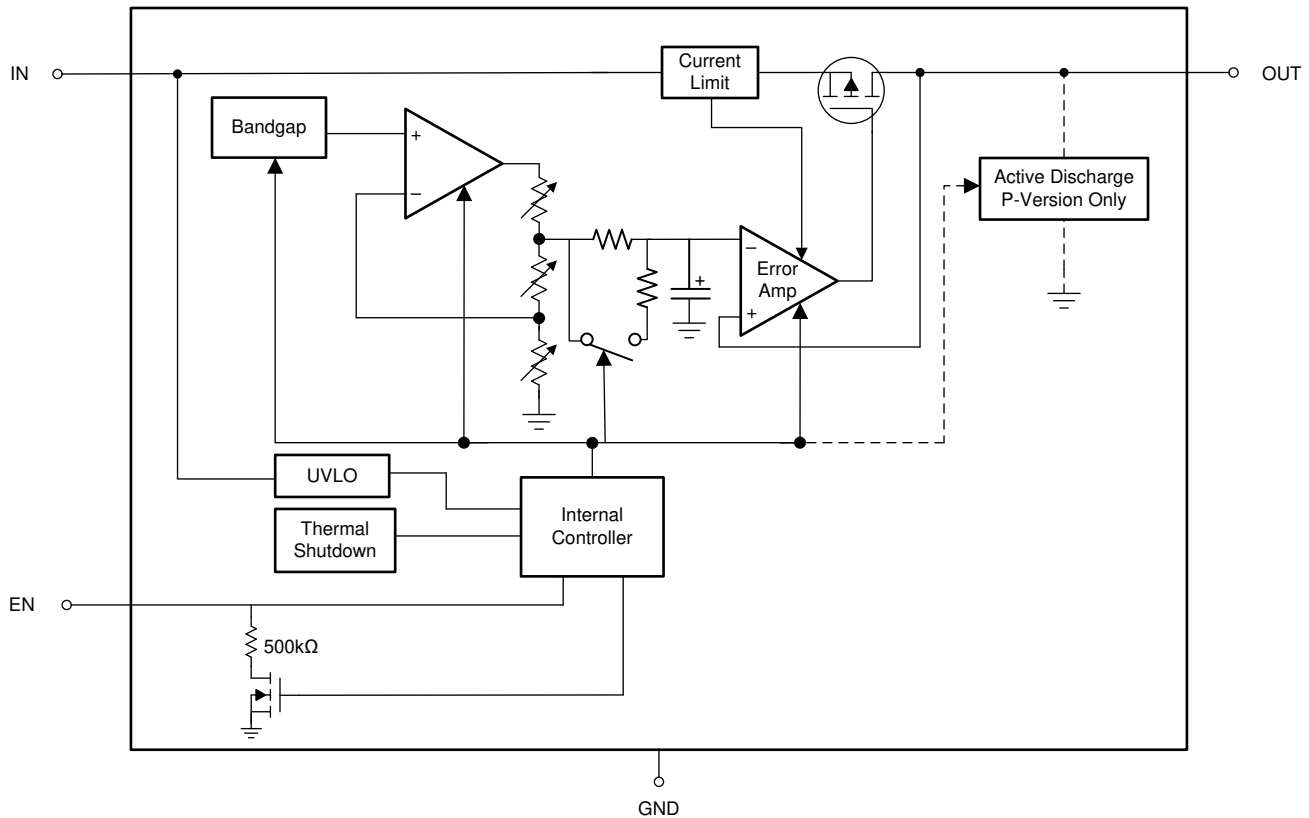


图 2-10. TPS7A20 功能方框图

TPS7A20 是一款超小型低压降 (LDO) 线性稳压器，可提供 300mA 的输出电流。TPS7A20 旨在提供符合射频和其他敏感模拟电路要求的低噪声、高 PSRR 和出色的负载和线路瞬态性能。TPS7A20 采用创新的设计技术，无需噪声旁路电容便可提供超低的噪声性能。TPS7A20 还具有低静态电流，适用于任何电池供电应用

图像传感器通常需要两个电源：模拟电源和数字电源。模拟电源轨对噪声更为敏感。为了确保获得出色的图像质量，此参考设计中采用了 TPS7A20 LDO，该器件具有高 PSRR、低噪声和快速瞬态响应特性。TPS7A20 能够驱动大电容，这一能力在为高性能图像传感器供电时也非常重要。

2.2.2.6 TPS62840

TPS62840 是一款同步降压转换器，具有超低的静态电流。凭借 TI 的 DCS-Control™ 拓扑，该器件进一步扩大高效工作区域，使得 PSM 工作期间的负载电流达到微安级别。根据输出电压，该器件会在输入和输出上消耗静态电流，从而将总体输入电流消耗减少至 60nA (典型值)。DCS-Control 是一种高级调节拓扑，兼具磁滞和电压模式控制的优势。DCS Control 的特性是具有出色的交流负载调节和瞬态响应、低输出纹波电压，以及 PFM 和 PWM 模式之间的无缝过渡。其中包含的交流环路可感应输出电压 (VOS 引脚)，并将该信息直接馈入快速比较器级。该器件的标称开关频率为 1.8MHz。额外的电压反馈环路用于实现精确的直流负载稳压。内部补偿稳压网络使用小型外部元件和低 ESR 电容器实现快速而稳定运行。在 PSM 中，开关频率随着负载电流呈线性变化。DCS-Control 支持这两种操作模式，因此可以从 PWM 无缝转换到 PFM，同时尽可能降低输出电压纹波。

TPS62840 提供出色的直流电压调节和负载瞬态调节，并具有低输出电压纹波，能最大限度地减少对射频电路的干扰。因此，TPS62840 能够替代 LDO 来为图像传感器的模拟电源轨供电。

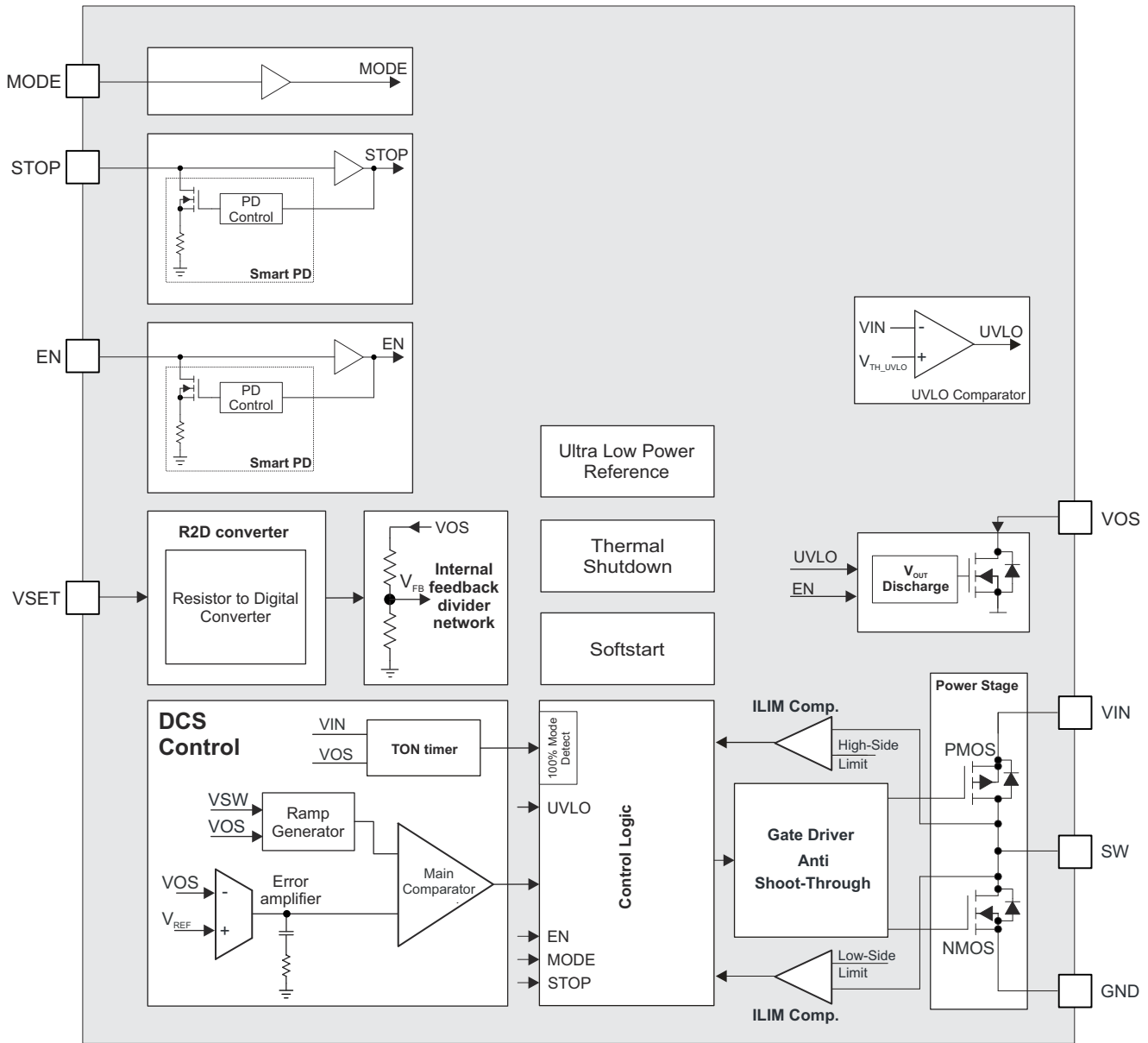


图 2-11. TPS62840 功能方框图

2.2.2.7 TPS22919

TPS22919 器件是一款 5.5V、1.5A 负载开关，采用 6 引脚 SOT-23 封装。为减小低电压和高电流轨的压降，该器件实现了一个低电阻 N 沟道 MOSFET，以便减少该器件上的压降。TPS22919 器件具有慢速压摆率，有助于减少或消除因大浪涌电流而导致的电源压降。此外，该器件具有 QOD 引脚，以便在禁用开关后配置 V_{OUT} 的放电率。在关断期间，该器件具有超低泄漏电流，因而可在待机期间减少下游模块的不必要泄露。由于集成了控制逻辑、驱动器、电荷泵和输出放电 FET，无需任何外部元件，从而减小了解决方案尺寸和物料清单 (BOM) 计数。TPS22919 负载开关也具有自保护特性，这意味着它可以保护自己免受器件输出上短路事件的影响。它还具有热关断功能，可防止因过热而造成任何损坏。

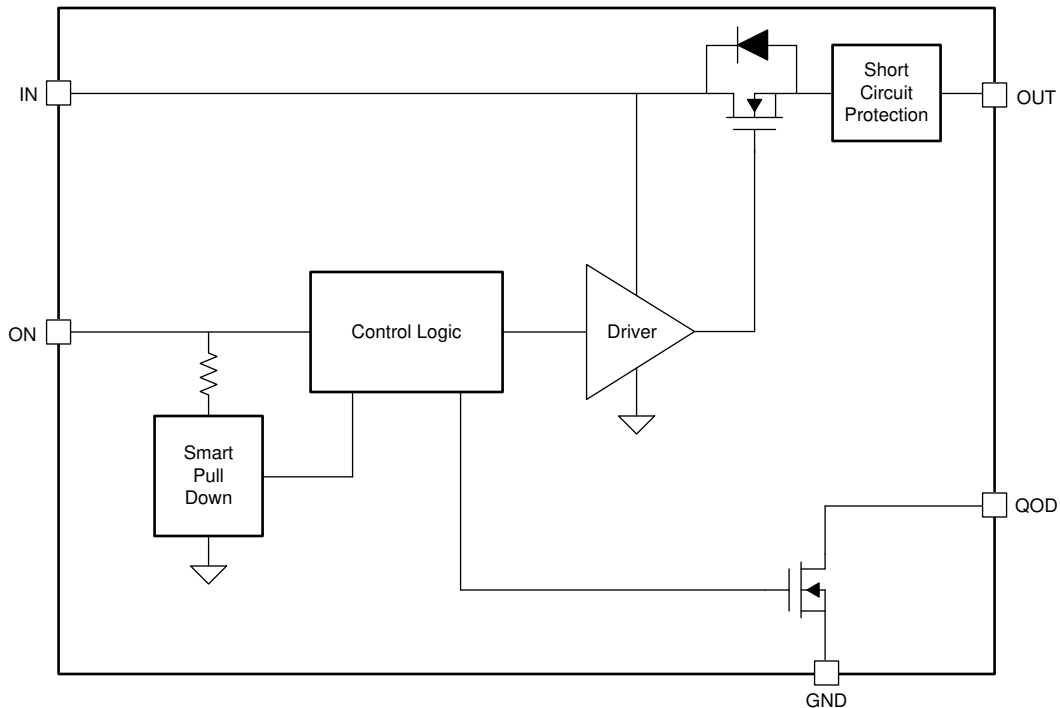


图 2-12. TPS22919 功能方框图

在此设计中，TPS22919 负载开关用于减小各种负载（视频处理器、红外 LED 驱动器、传感器）的关断电流，这些负载在深度睡眠或休眠模式中仅消耗数 μA 电流。TPS22919 负载开关将摄像头的关断电流减小到仅 10nA ，从而延长了电池寿命。

2.2.2.8 LM66100

LM66100 是单输入单输出 (SISO) 集成式理想二极管，非常适合用于各种应用。此器件包含一个可在 1.5V 至 5.5V 输入电压范围内运行的 P 沟道 MOSFET，并且支持 1.5A 的最大持续电流。该芯片通过比较 CE 引脚电压和输入电压来提供支持。当 CE 引脚电压比 V_{IN} 高出 80mV 时，该器件被禁用并且 MOSFET 关闭。当 CE 引脚电压比 V_{IN} 低 250mV 时，MOSFET 开启。LM66100 还具有反极性保护 (RPP) 功能，该功能可以保护器件不受误接线输入的影响，例如电池装反。

此参考设计可为摄像头实施电池和 USB 输入。两个 LM66100 理想二极管用来选择从 USB 或电池获取电源输入并防止两个电源之间出现反向流动的电流。

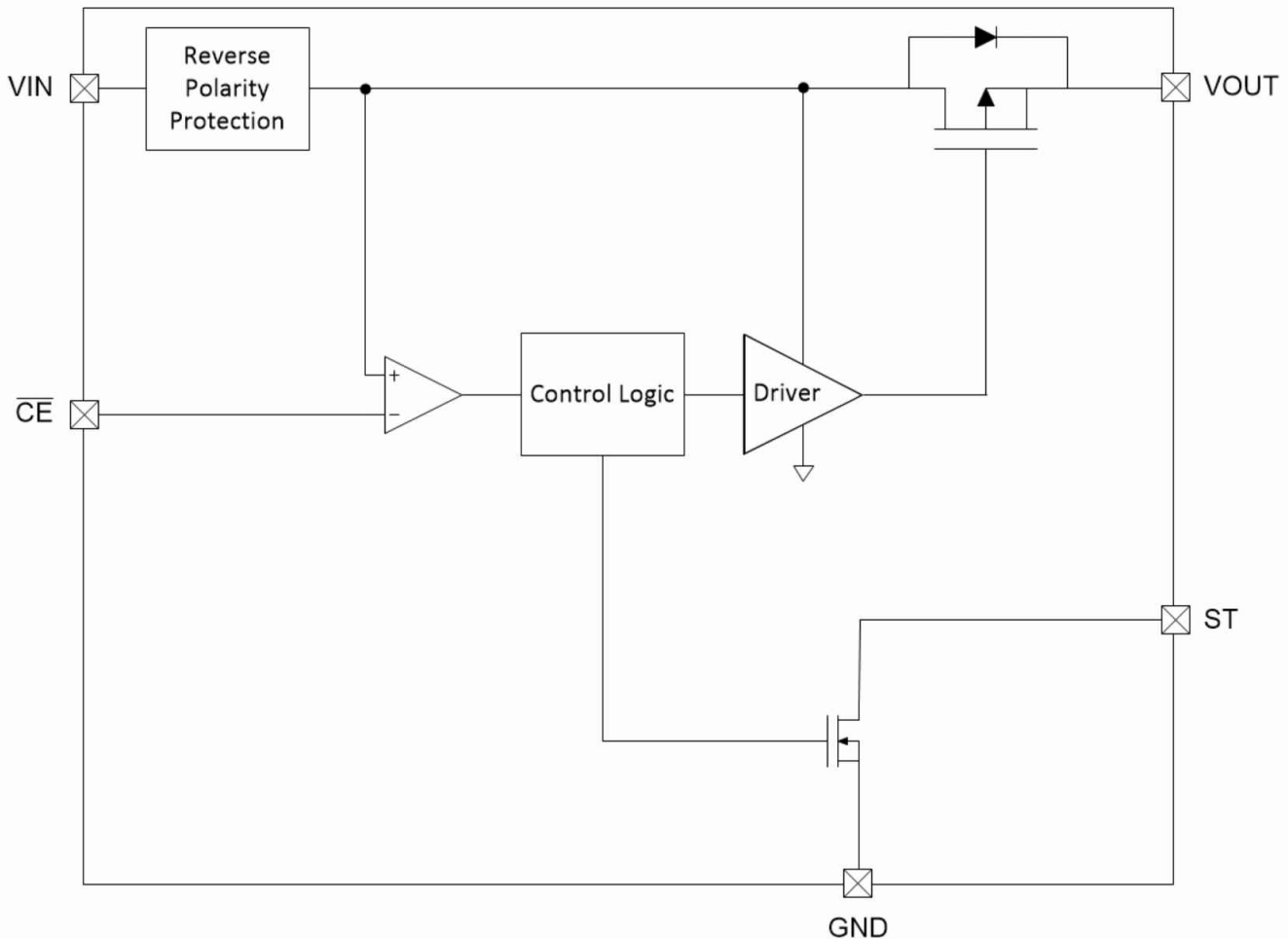


图 2-13. LM66100 功能方框图

2.2.3 外设

- [OPT3004](#) : 具有卓越角红外阻隔功能的环境光传感器 (ALS)
- [DRV8837C](#) : 1A 低压 H 桥驱动器
- [TPA2011](#) : 具有自动恢复短路保护功能的 3.2W 单声道、无滤波器 D 类音频功率放大器
- [TLV61048](#) : 采用 SOT-23 封装的 14V 输出电压非同步升压转换器

2.2.3.1 OPT3004

OPT3004 测量器件周围的环境光。此器件在光线测量方面的光谱响应与人眼高度匹配，并且具有非常好的红外线阻隔性能。环境光传感器用于测量环境光并帮助打造人性化的照明体验，因此观感器的光谱响应与人眼的光谱响应相匹配非常重要。另外，人眼无法看见红外线，因此对红外线的良好阻隔效果也是此匹配的关键部分。由于这一匹配性能，OPT3004 尤其适合用在看起来很黑但会透射红外线的窗户下方。OPT3004 是一款完全自包含器件，能够测量环境光并通过 I²C 总线以数字形式报告照度结果。该结果还可用于通过 INT 引脚向系统发出警报和使处理器中断。该结果还可通过可编程窗口比较进行总结并通过 INT 引脚进行传输。OPT3004 可以配置为自动量程范围设置模式，从而一直根据照明条件选择更优的满量程范围设置。在此模式下，用户无需对软件进行编程即可进行测量并重新调整满量程范围的潜在迭代循环，直到找到任意测量的优化设置。该器件可通过命令设置为连续测量或以单次触发测量模式工作。该器件会对其在 100ms 或 800ms 时间内的测量结果进行积分处理，因此能够将来自常见灯泡的 50Hz 和 60Hz 噪声源影响降至最低。该器件会在启动后进入低功耗关断状态，因此 OPT3004 只会在设置为工作状态后才会消耗运行状态功耗。OPT3004 光学滤波系统对光学表面上的颗粒和微粒不是非常敏感。之所以这样是因为，器件相对而言不那么依赖传感器区域的均匀光照，即可实现红外线阻隔。在所有光学器件上，为了获取最佳结果，一直建议光学表面具有适当的洁净度。

摄像头利用环境光感应来区分白天和黑夜并在夜间触发红外 LED 照明。

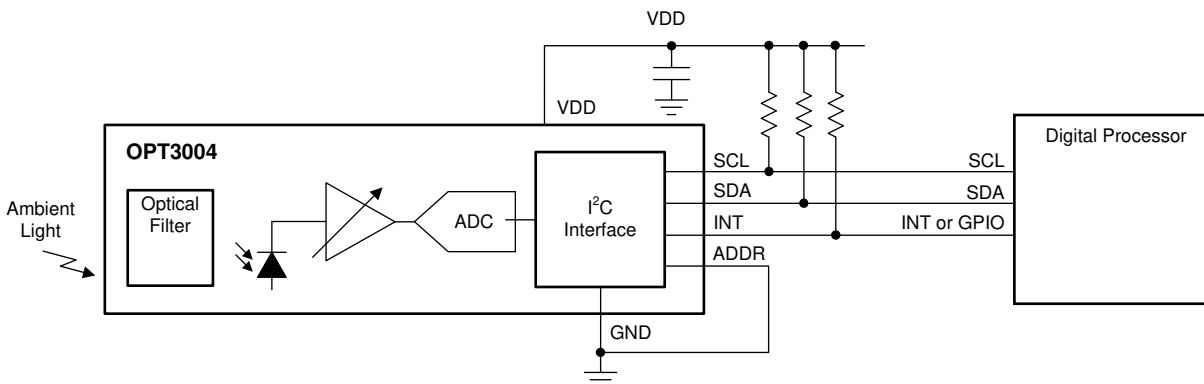


图 2-14. OPT3004 功能方框图

2.2.3.2 DRV8837C

DRV8837C 器件是一款 H 桥驱动器，可驱动一个直流电机或电磁阀等其他器件。输出通过 PWM 接口 (IN1、IN2) 进行控制。该器件提供低功耗睡眠模式，该模式可通过 nSLEEP 引脚启用。该器件在单个器件中集成了必要的驱动器 FET 和 FET 控制电路，因此能够显著减少电机驱动器系统的元器件数量。此外，DRV8837C 器件超越传统的分立式实施而增添了以下保护特性：欠压锁定、过流保护和热关断。因此，它非常适合用于驱动此参考设计中所用镜头的红外截止滤光片电机。

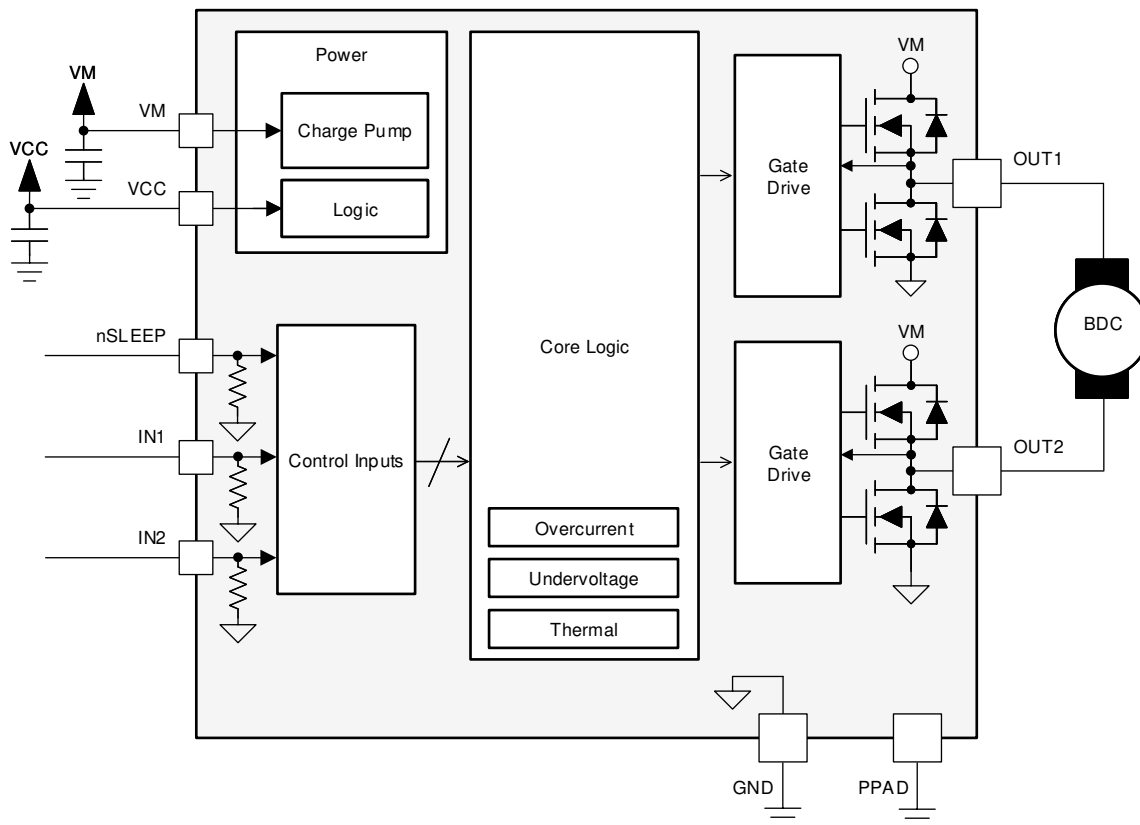


图 2-15. DRV8837C 功能方框图

2.2.3.3 TPA2011

TPA2011D1 是一款高效、无滤波器 D 类音频放大器，能够采用 5V 电源为 4 Ω 负载提供高达 3.2W 的功率。该放大器采用全差分设计，因此无需使用旁路电容器，而且由于其 CMRR 更加出色，因此无需使用输入耦合电容器。因此，该器件非常适合小型便携式应用，因为它只需三个外部元件。TPA2011D1 PWM 输出级采用高级调制技术，因此无需输出滤波器。

在摄像头模块中，TPA2011 与视频编码器的音频编解码器相连以流式传输音频。

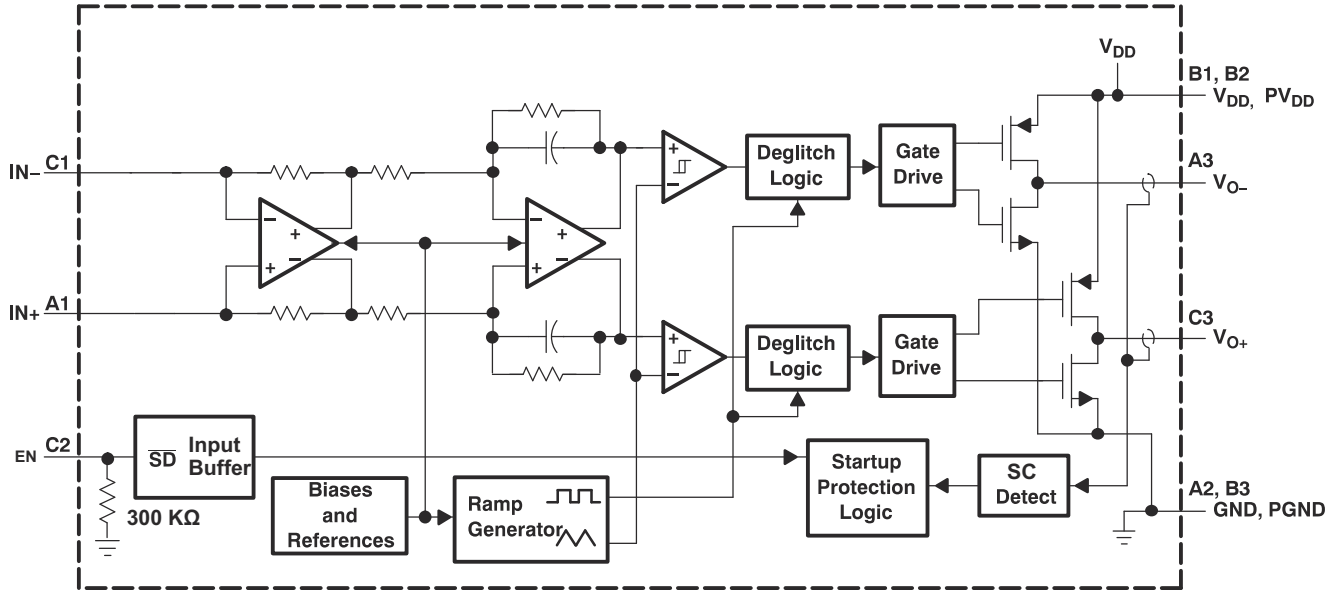


图 2-16. TPA2011 功能方框图

2.2.3.4 TLV61048

TLV61048 是一款非同步升压转换器，其输入电压范围为 2.65V 至 5.5V，支持高达 14V 的输出电压。TLV61048 集成电流限制高达 3.7A（典型值）的功率开关。借助内部环路补偿，该器件能够采用准恒定频率以电流模式方案运行。开关频率可以在 600kHz 至 1MHz 之间选择。该器件具有固定的内部软启动时间（通常为 2ms），用于在启动过程中控制浪涌电流。TLV61048 升压转换器的拓扑具有自适应关断时间和峰值电流控制机制，可提供出色的负载和线路瞬态响应。开关频率可供选择，因此可以优化设计，从而使用小型电感器（1MHz）或者提高系统效率（600kHz）。当电感器谷值电流大于零时，该转换器采用连续导通模式（CCM）工作，而如果谷值电流过零，转换器则会切换至不连续导通模式（DCM）。如果负载进一步减少，该器件会进入 PFM 运行模式以实现更高的效率。

摄像头模块设计支持红外 LED 照明。主机处理器利用 TLV61048 在夜间启用红外照明。

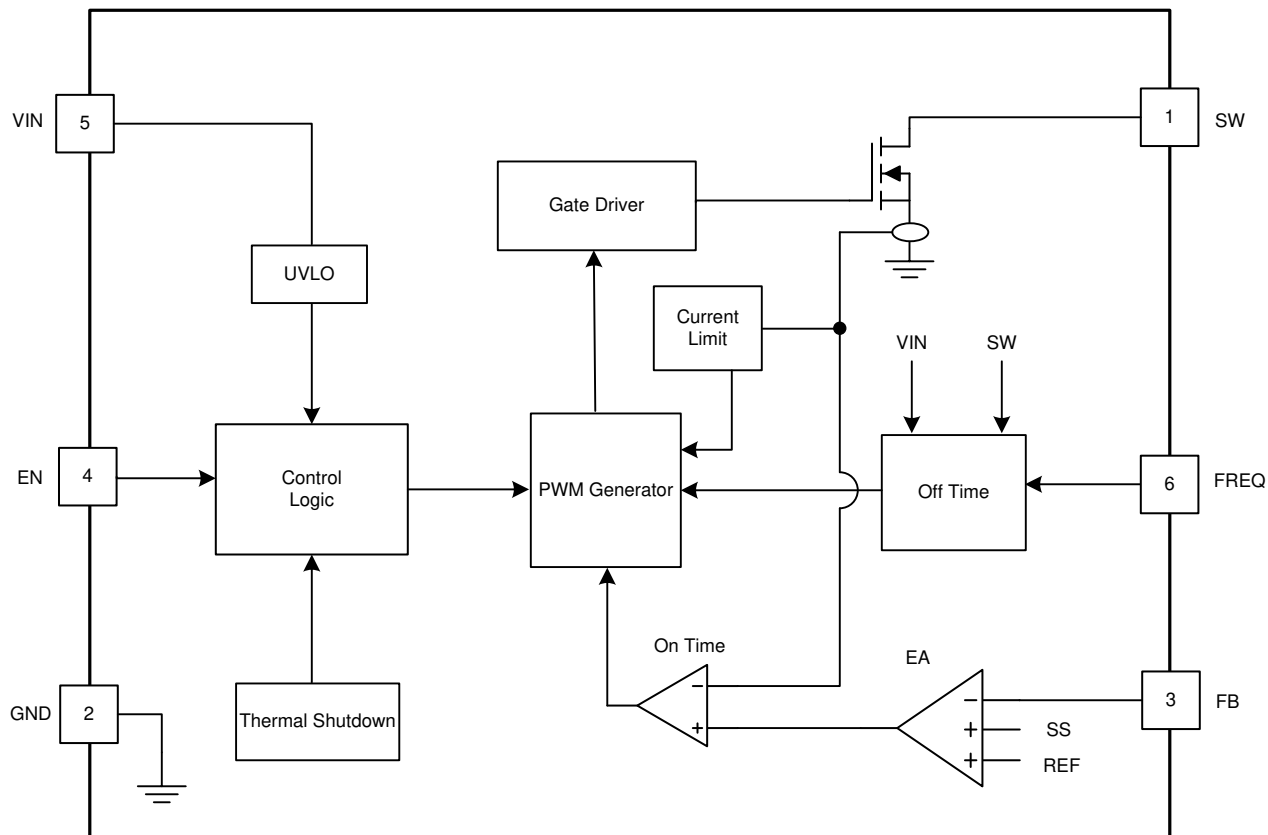


图 2-17. TLV61048 功能方框图

2.2.4 OmniVision® 视频编码器 OA7000

此设计利用 OmniVision OA7000 来实现分辨率高达 1080p (48 FPS , 1920 × 1080) 的安全实时视频流式传输。它通过移动行业处理器接口 (MIPI) 与图像传感器相连。它还具有低功耗、快速安全启动, 以及用于高级视频分析的图像处理特性。它集成了具有降噪和回声消除功能的高质量音频编解码器。

更多详细信息, 请参阅 [OA7000 文档](#)。

2.2.5 OmniVision® 图像传感器 SP2329


SP2329 是一款高性能 1/2.7 英寸、1080p CMOS 图像传感器。它支持通过 MIPI 来提供高质量数字图像和高清 (HD) 视频。可以使用 I²C 接口对 SP2329 进行编程。

更多详细信息, 请参阅 [SP2329 文档](#)。

2.2.6 YTOT 镜头模块

该摄像头设计中使用的镜头模块是 YTW10085A01-HD+H59+IR0718, 该模块集成了红外截止滤光片。表 2-1 展示了此镜头模块的主要规格:

表 2-1. 镜头模块规格

镜头型号	YTW10085A01
镜头 (已安装)	
分辨率	200 万像素、400 万像素、600 万像素
视场	90.8°
IR 工作电压	3.3V 至 6V

2.3 设计注意事项

2.3.1 输入电源：电池和 USB

无线摄像头模块由电池供电。摄像头可以使用 USB 接口进行编程和配置。USB 接口也可用于为无线摄像头供电。可能在装有电池时插入 USB 电缆，因此采用电源输入 ORing 方案。

P-FET 用于在电池输入端提供反极性保护。USB 端口则使用静电放电 (USB) 保护二极管 TPD2E001。

两个 LM66100 理想二极管一同用于在电池和 USB 这两个电源之间形成 ORing。如图 2-18 中的电路所示，每个器件的低电平有效芯片使能 (CE) 引脚连接至另一个电源。该配置中采用先合后断逻辑来选择最高电压轨，这样可以防止电源之间出现任何反向电流，并且无需专门的反向电流阻断比较器。

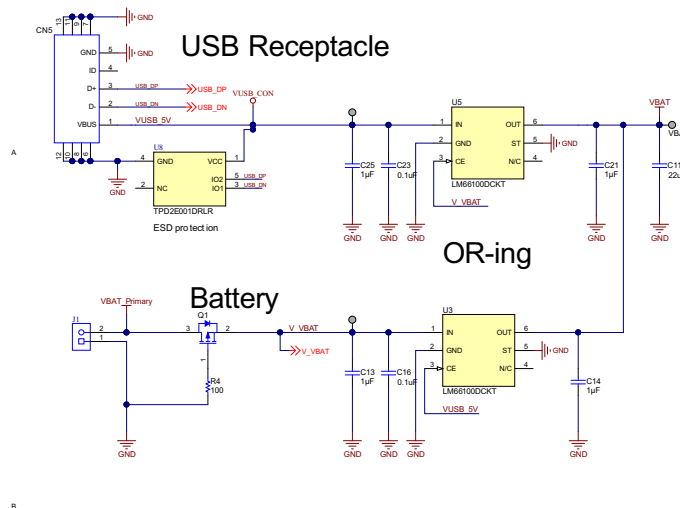


图 2-18. 设计中的双输入理想二极管 ORing 电路

如果没有 USB 电源，系统会由电池供电。如果电池断开连接，则 USB 端口将为摄像头模块供电。如果没有电池和 USB 电源，则优先使用电压最高的电源。图 2-19 中的示波器屏幕截图显示了最初由 VIN1 供电的输出电压 (V_{OUT})。当施加 VIN2 时，它会为 V_{OUT} 供电，因为它的电压更高。去除 VIN2 后， V_{OUT} 会再次由 VIN1 供电。

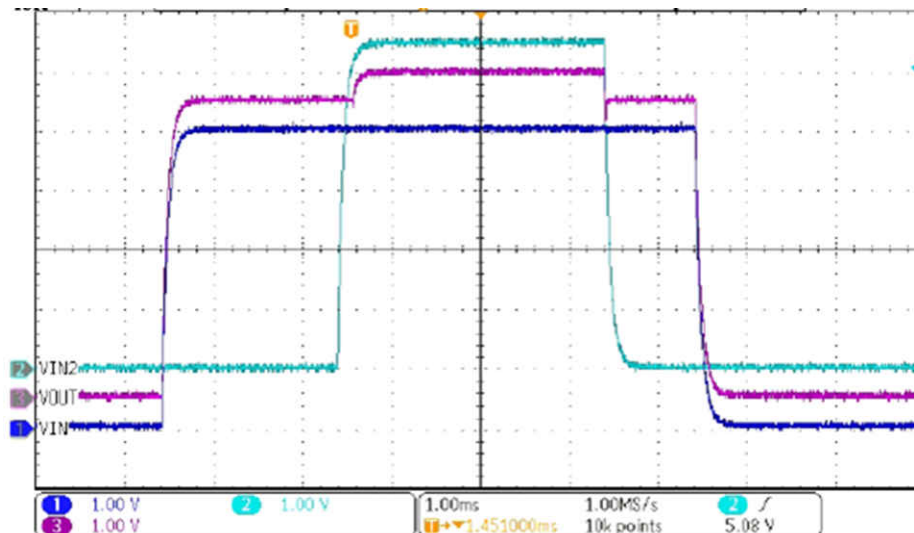


图 2-19. 双输入理想二极管 ORing 行为

2.3.2 电源要求

可视门铃或 Wi-Fi 摄像头等视频监控产品由处理器连接高速图像传感器和视频编码器组成。处理器还与 SD RAM、支持双向音频通信的音频编解码器和具有红外截止滤光片电路的镜头驱动器相连。在电源方面，则需要生成许多不同的电源轨来驱动内核电压、I/O 电压轨以及用于上述外设的模拟电压轨。

无线 MCU 和外设（红外 LED 驱动器除外）设计为采用标准 3.3V 逻辑电平运行。红外 LED 驱动器由电池通过串联的负载开关直接供电。

图像传感器通常需要两个电压源，分别用于芯片中的模拟和数字电路。模拟电路通常采用 2.8V 至 3.3V 电压源供电，而数字电路则采用 1.2V 至 1.8V 电压源。同样，视频编码器需要多个电源轨：模拟电路采用 3V 供电，而内核及其他数字电路（I/O、PLL）采用 1.0V 至 1.8V 范围内的多个电源轨供电。视频编码器和图像传感器的电源须尽量减少输出电压上的纹波和瞬态，从而避免出现图像失真。

表 2-2 中展示了此参考设计的整体电源要求以及电源树。

表 2-2. 电源要求和电源树一览表

电源轨	最大电流消耗	输入	备注	IC
3.3V 主电源	最高 1A	电池或 USB	MCU 和外设 存在电池输入或 USB 输入时一直通电	TPS63802 降压/升压
3.3V	100mA	3.3V 主电源	OA7000 模拟电源 由 MCU 触发 (HOST_ON)	TPS22919 负载开关
1.1V	500mA	电池或 USB	OA7000 内核电源 由 MCU 触发 (HOST_ON)	TPS62825 降压
1.35V	200mA	电池或 USB	OA7000 DDR I/O 电源 由 MCU 触发 (HOST_ON)	TPS62821 降压
1.8V	200mA	电池或 USB	OA7000 I/O (PLL、NAND、JTAG) 电源 SP2329 I/O 电源 由 MCU 触发 (HOST_ON)	TPS62821 降压
2.5V	<100mA	电池或 USB	OA7000 电子熔丝 由 OA7000 触发 (EFUSE_SW)	TPS7A0325 LDO
2.8V	100mA	3.3V	SP2329 模拟电源 由 MCU 触发 (HOST_ON)	TPS7A2028 LDO 和 TPS62840 降压

2.3.3 摄像头唤醒和昼/夜传感

PIR 传感器与 CC1352R MCU 相连，用于唤醒处理器并启用视频流。建议将基于窗口比较器的 PIR 输出与 J9 连接器相连。请参阅[基于 PIR 和 MSP430™ 的低成本、高性能运动检测设计](#) 了解更多详细信息。

如需了解更多基于 PIR 的电池供电型运动检测，请参阅参考设计 [TIDA-010027](#)、[TIDA-00489](#) 和 [TIDA-01069](#)。

系统唤醒也可以通过按压门铃按钮 (SW2) 触发。

OPT3004 与 CC3235MODS MCU 相连，用于提供环境光感应来监测低光照条件。此信息用于在夜间启用红外照明。

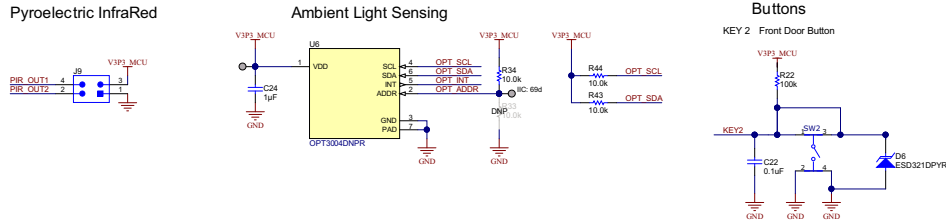


图 2-20. PIR 连接器 (左)、环境光传感器 (中)、门铃按钮 (右)

2.3.3.1 基于 PIR 和 MSP430™ 的低成本、高性能运动检测设计

来自模拟 PIR 传感器的信号包含与运动相对应的小交流分量，该分量叠加在直流失调上，并会在较宽的范围内发生变化，具体取决于环境温度或照明情况等工作条件。若要检测运动，就需要提取此交流分量，并且需要施加足够的增益。此信号链的典型实现可能用到传统有源带通滤波器，其通带与运动事件所对应的频率范围相一致（例如，0.5Hz 至 10Hz）。不过，由于该信号的低频率性质，必须在滤波器实现中使用较大的电容器，在一些情况下，这些电容器可能成为噪声源（例如，由于陶瓷电容器的压电效应或钽电容的 $1/f^3$ 噪声现象）。

为了限制引入的噪声（会导致传感器发生误触发），这里使用了更优的信号链拓扑，如图 2-21 中所示。它包含两个级联增益级，每个增益级均具有通过 DAC 动态控制的失调电压。第一级使用非反相拓扑，其失调电压旨在跟踪 PIR 传感器的直流失调。这是通过以下方式来实现的：对放大器输出进行采样，计算基于输入电压的幅度，然后根据此信号的变动平均值来控制 DAC 输出。这样一来，便可在传感器的整个直流偏置范围内施加大增益，而不会导致放大器输出发生饱和。同样，第二级使用反相拓扑，其失调电压会发生变化，从而使输出位于采样 ADC 的满量程范围内。这扩大了采样的动态范围，从而支持施加更高的增益，因而能够检测到更远或更小的运动事件。

尽管此信号链使用多个模拟元件，并且比基于 R/C 的传统滤波器更复杂，但是德州仪器 (TI) 的 MSP430FR235x 系列器件具有高模拟集成度，能够将整个信号链集成到一个单芯片解决方案中。在这情况下，可以在以下方面获得额外的灵活性：信号链的增益带宽（可通过固件控制）、施加于 PIR 传感器输出的处理，以及用于确定运动的算法。

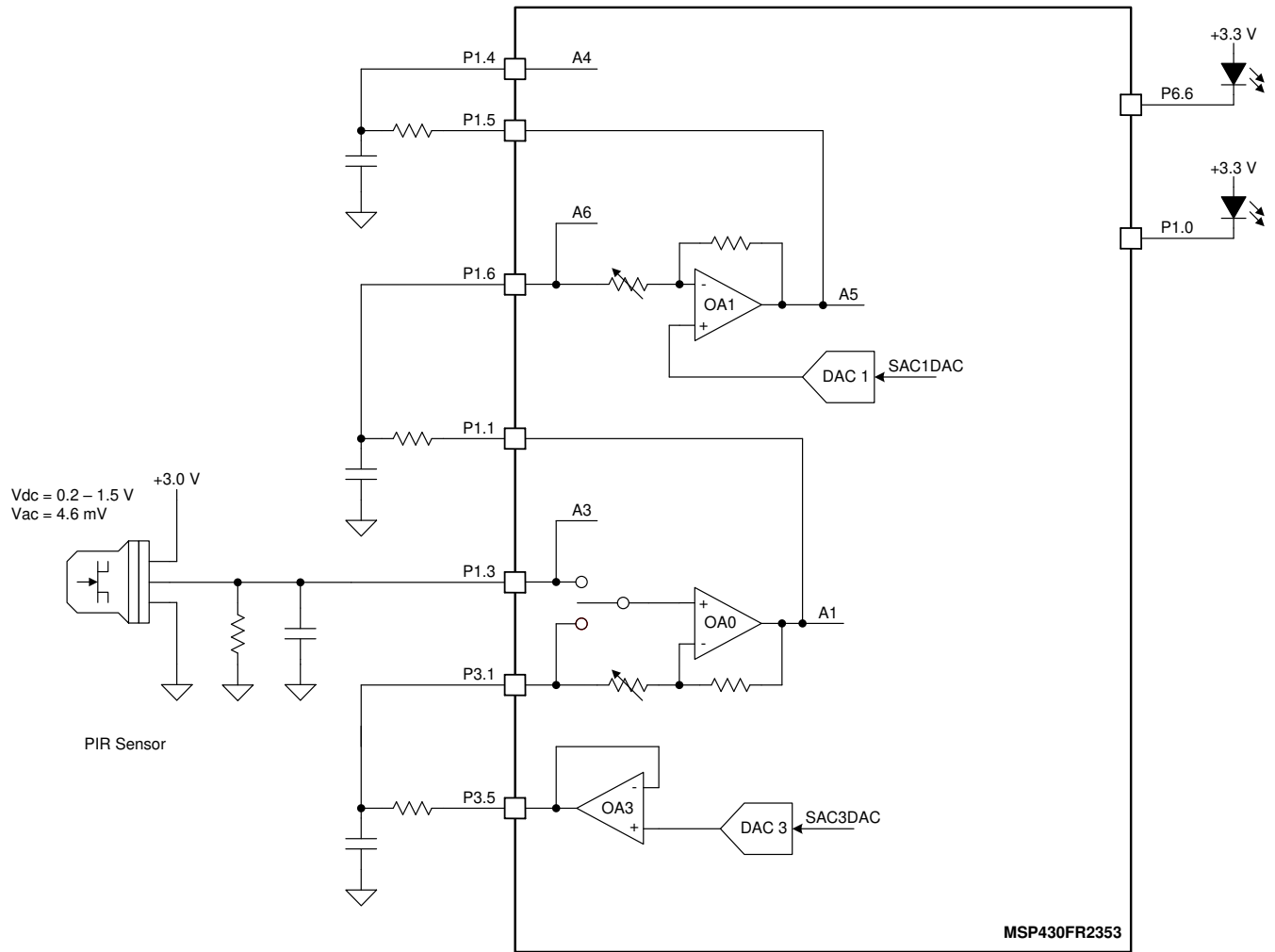


图 2-21. 基于 PIR 和 MSP430™ 的运动检测设计框图

2.3.4 电池电量监测

两个 TPS22919 负载开关用作电池电量计，如图 2-22 所示。

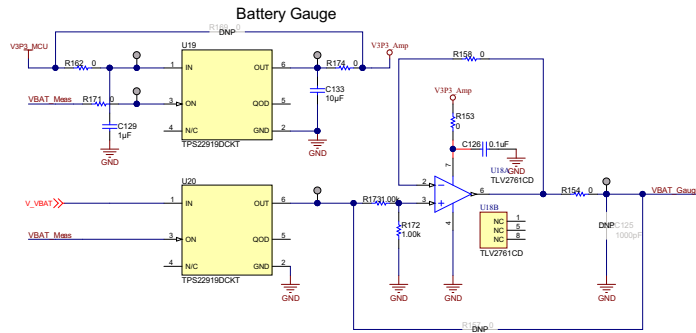


图 2-22. 设计中的电池电量监测电路

CC1352R MCU 会通过启用 *VBAT_Meas* 开关来定期测量电池电压。电阻分压器对电池电压进行衰减，以匹配 CC1352R MCU 中 ADC 的输入范围。CC1352R SW 会在 UART 终端 (LaunchPad 上的引脚 3 和 4) 上显示这个采样的电池电压。这可用于在 SW 中估算剩余的电池寿命。测量完成后，负载开关会使电阻分压器与电池输出断开连接，从而延长电池寿命。

2.3.5 红外 LED 照明

CC3235MODS 可配置为根据环境光传感器的反馈，在夜间启用红外照明。这会通过负载开关 TPS22919 来使用电池轨为红外 LED 驱动器加电。

备注

不建议在使用 USB 端口供电时启用红外照明，因为红外 LED 要求的电流可能超过 USB 端口的输出电流。

红外 LED 使用 CN8 连接器进行连接。红外 LED 调光可以通过驱动 *LED_PWM* 处的外部 PWM 来实现。

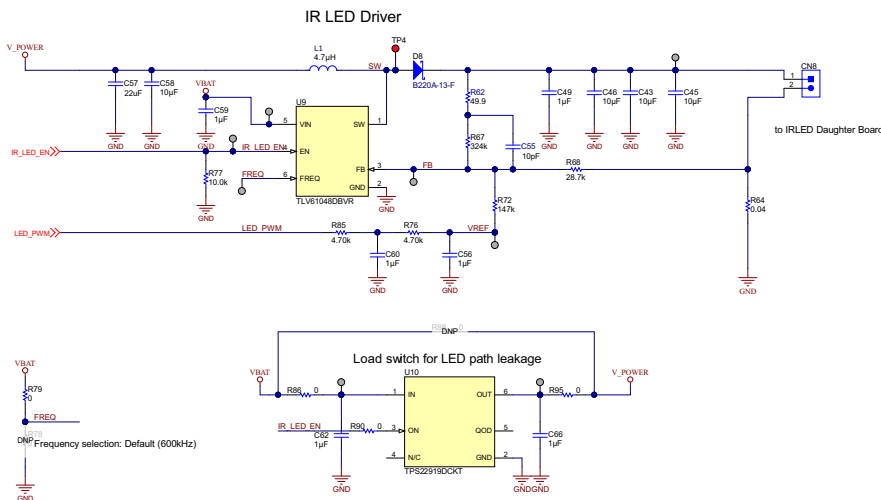


图 2-23. 设计中的红外 LED 驱动器电路

表 2-3 中列出了红外 LED SFH4715A 的典型设计用例。

表 2-3. 红外 LED SFH4715A 的设计用例

红外 LED 正向电流	典型正向电压	6 个 LED 上的总正向电压	LED 驱动器 TLV61048 的效率	计算出的预计要从电池获取的输入电流
500mA	1.54 V	9.26 V	90%	1.56 A
100mA	1.4V	8.4 V	90%	0.3A

表 2-3. 红外 LED SFH4715A 的设计用例 (continued)

红外 LED 正向电流	典型正向电压	6 个 LED 上的总正向电压	LED 驱动器 TLV61048 的效率	计算出的预计要从电池获取的输入电流
1A	1.7V	10.2 V	90%	3.4 A

2.3.6 红外截止滤光片

镜头模块中集成的红外截止滤光片由有刷直流电机驱动器 DRV8837C 驱动。DRV8837C 支持高达 1A 的最大电流并提供短路、击穿、欠压和过热保护。图 2-24 显示了红外截止滤光片驱动器电路。

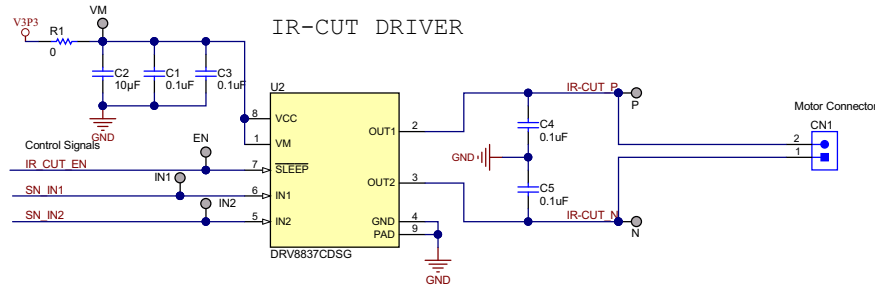


图 2-24. 设计中的红外截止滤光片驱动器电路

nSLEEP 或使能功能可由主机处理器 CC3235MODS 设置。如表 2-4 中所示，IN1 和 IN2 引脚的 PWM 逻辑电平驱动和占空比也可由主机处理器进行编程，用以控制红外截止滤光片的方向或者开关位置。

表 2-4. DRV8837C 器件逻辑

nSLEEP	IN1	IN2	OUT1	OUT2	功能 (直流电机)
0	X	X	Z	Z	滑行
1	0	0	Z	Z	滑行
1	0	1	L	H	取负
1	1	0	H	L	正激
1	1	1	L	L	制动

2.3.7 音频

单声道 D 类音频功率放大器 TPA2011 与 OA7000 的音频编解码器相连，通过 CN1 连接器上连接的扬声器流式传输音频。建议连接额定功率为 1W 且具有 4Ω 或 8Ω 阻抗的扬声器。在流式传输音频期间，OA7000 会设置音频放大器的使能引脚 AU_SHDN。请参阅使用 OA7000 固件实现音频流式传输一节进行音频流式传输。

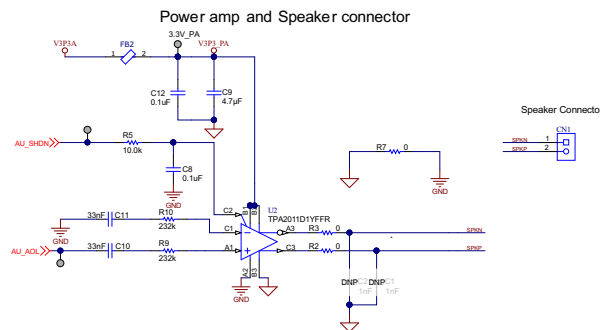


图 2-25. 设计中的音频功率放大器电路

安装的驻极体电容式麦克风 CMA-6542TF-K 与 OA7000 相连。请参阅使用 OA7000 固件实现音频流式传输一节来记录和存储数据流。

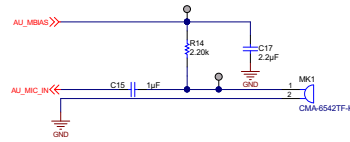


图 2-26. 设计中的麦克风电路

2.3.8 系统运行

CC3235MODS 应用会将 OA7000 初始化，方法是加载固件并配置器件。OA7000 会将图像传感器 SP2329 复位。SP2329 通过 MIPI 接口向 OA7000 提供图像信息。CC3235MODS 会尝试连接到接入点 (AP)。连接到 AP 之后，CC3235MODS 随后打开本地网络上的实时流协议 (RTSP) 服务器，并等待 RTSP 客户端 (例如媒体播放器应用) 连接并请求实时媒体流。

CC3235MODS 不会缓冲视频或音频数据，而是会在 OA7000 接收到这些数据时立即通过网络将它们发送出去。因此，在视频流中看到的任何延迟主要是流媒体客户端应用部分的缓冲造成的。系统开发人员可以通过使用自定义应用而非开源代码来减少这种情况。

2.3.9 Wi-Fi® 和主机子系统

加电后，应用会初始化 OA7000 子系统并配置 CC3235MODS，以连接到 Wi-Fi 网络，打开 RTSP 服务器，并等待 RTSP 客户端 (例如媒体播放器应用程序) 连接并请求实时媒体流。

表 2-5 展示了 CC3235MODS 和 OA7000 之间的连接。

表 2-5. CC3235MODS 和 OA7000 之间的连接描述

连接	说明
SPI (CS、CLK、MISO、MOSI)	4 线式串行外设接口 (SPI) 用于 CC3235MODS 和 OA7000 之间的数据交换。
SYNC	此信号由 CC3235MODS 控制，用于在 CC3235MODS 准备好发送或接收数据时通知 OA7000。
RDY	此信号由 OA7000 控制，用于在 OA7000 准备好接收或发送数据时通知 CC3235MODS。

2.3.10 固件控制

以下各节描述了该设计的软件架构。软件可以分成多个部分：内核应用、RTSP 库、RTCP/RTP 库和 OA7000 接口模块。图 2-27 显示了软件的方框图。

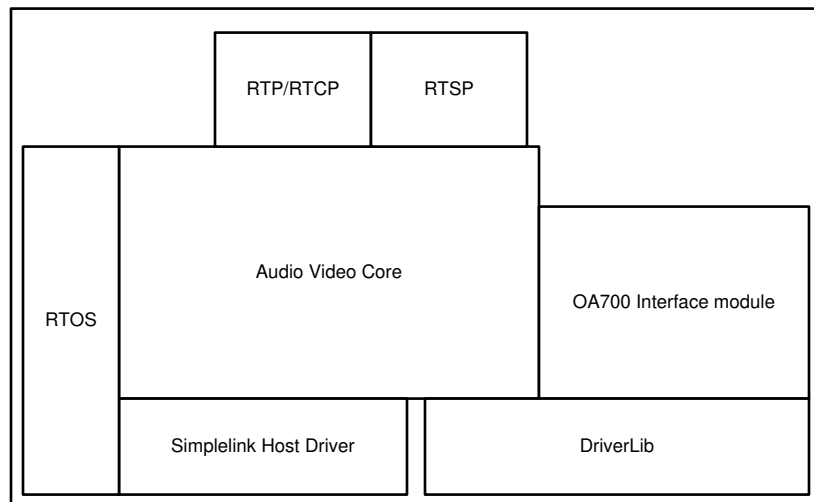


图 2-27. 软件方框图

内核应用负责处理传入请求，管理连接，查询来自 OA7000 的音频和视频数据，并使用 RTSP、实时传输协议 (RTP) 或 RTP 控制协议 (RTCP) 将其发送至远程客户端。

OA7000 库包含用于与该模块进行通信的实现方案，其中提供了各种功能，用于启动模块，下载 OA7000 固件，配置图像传感器和从 OA7000 获取视频和音频流。CC3235MODS 结合使用 SPI (主模式) (如图 2-28 中所示) 和两个 GPIO (SYNC 和 RDY) 来与 OA7000 通信。

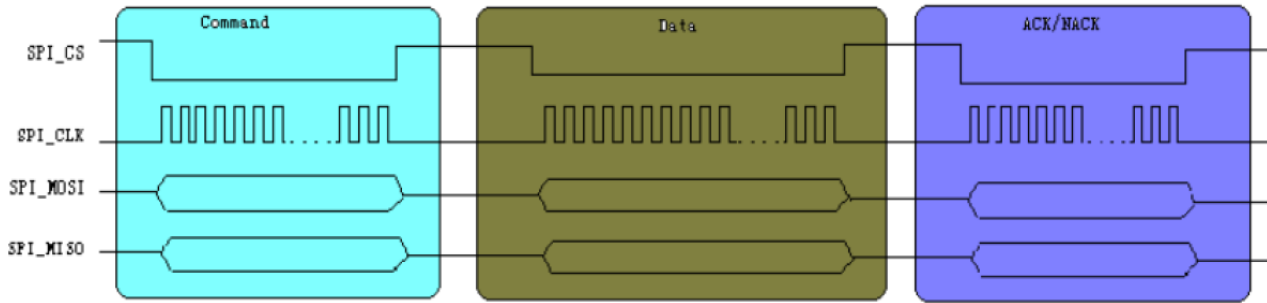


图 2-28. 接口时序图

软件包中提供的 OA7000 库支持以下功能：

- 启动和初始化 OA7000 模块
- 关闭 OA7000
- 配置
 - 帧速率
 - 分辨率
 - 亮度
 - 对比度
 - 饱和区
 - 频率
 - 翻转
 - 模式
- 启用或禁用视频流式传输
- 获取视频流信息
- 获取视频流数据

有关库 API 的详细信息，请参阅 `ov_sif_interface` API 文档。

RTSP 用于建立并控制在两个系统之间进行的媒体会话。RTSP 通常与 RTP/RTCP 一同使用来传送媒体流。

提供的 RTSP 库包含 RTSP 服务器的实现方案，用于处理 RTSP 客户端请求和生成要发送到客户端的响应。

RTP 用于通过网络传送媒体信息。RTP 会与 RTCP 结合使用。RTCP 用于监控传输统计信息和质量。

2.3.10.1 应用流程

图 2-29 显示了应用流程。

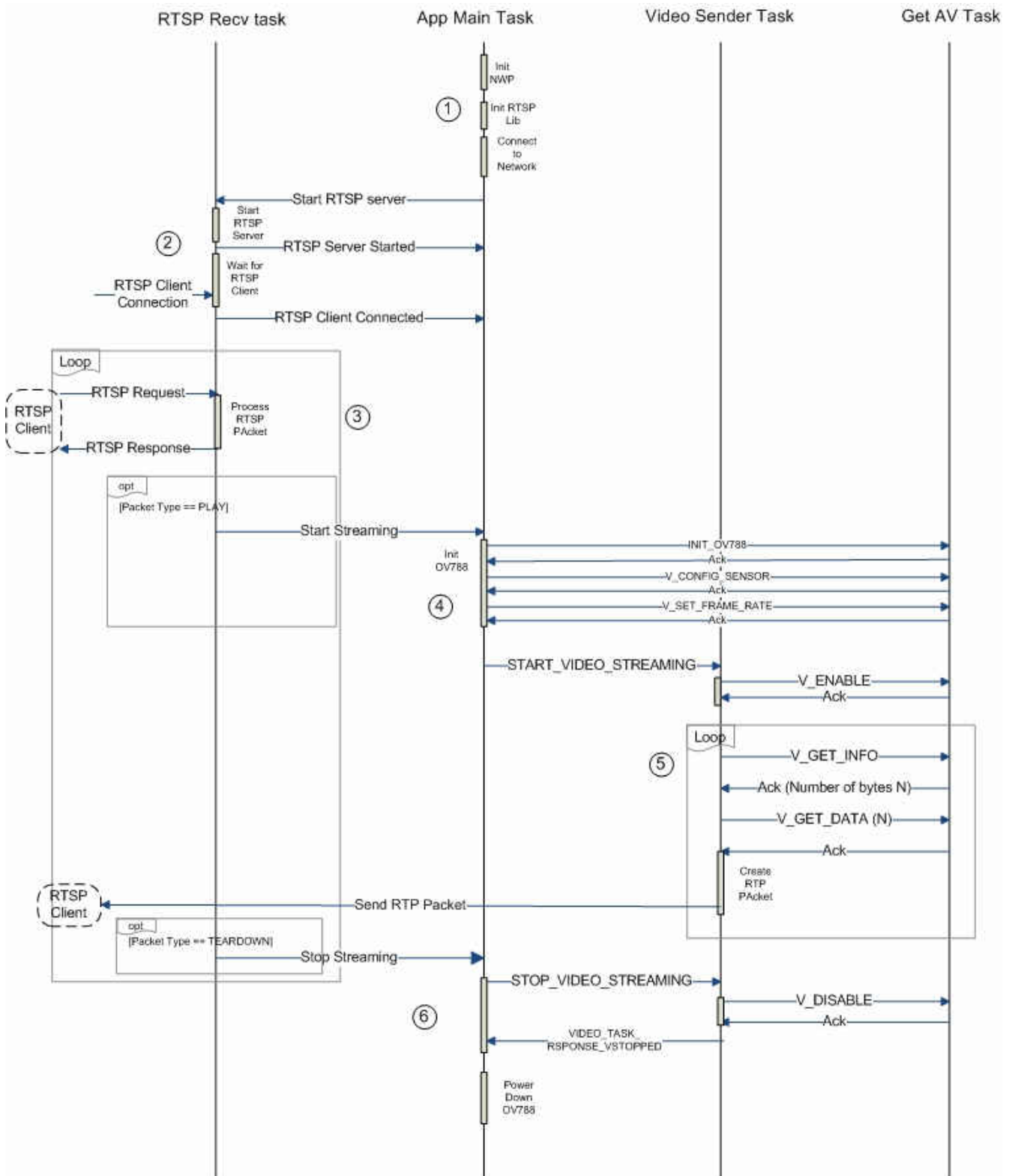


图 2-29. 应用流程图

1. App Main Task 对网络处理器和 RTSP 库进行初始化并将器件连接到网络。

2. 在将器件连接到网络时，RTSP Recv Task 启动 TCP 服务器并等待 RTSP 客户端连接。
3. 在客户端连接并收到 RTSP 数据包时，RTSP Recv Task 对数据包进行处理。如果收到 PLAY 数据包，则向 App Main Task 发送消息来开始流式传输。如果收到 TEARDOWN 数据包，则向 App Main Task 发送消息来停止流式传输。
4. 收到开始流式传输的消息时，App Main Task 为 OA7000 子系统加电，下载 OA7000 固件并配置传感器。然后，向 Video Sender Task 发送初始化消息来开始视频流式传输。
5. 收到开始视频流式传输的消息时，Video Sender Task 通过发送 V_ENABLE 消息来在 OA7000 上启用视频功能。启用后，Video Sender Task 请求可用数据信息，并在收到有效数据信息时，获取环路中的视频数据，直到收到停止流式传输的消息。
6. 如果 App Main Task 收到停止流式传输的消息，则通过向 Video Sender Task 发送消息来停止流式传输并等待确认消息。收到确认消息后，OA7000 子系统断电。

如需降低电流消耗，CC3235MODS MCU 可配置为在系统未进行流式传输期间进入休眠模式，并通过 CC1352R LaunchPad 触发器来唤醒。TIDA-010224 的设计文件夹中提供了 CC1352R LaunchPad 的示例软件。之所以选择这种电源管理方案，是为了支持通过 PIR 类触发器或视频门铃或网络触发器来唤醒器件。

有关各种电源模式中 CC3235MODS 的静态电流测量，请参阅 [CC3235MODx 和 CC3235MODAx SimpleLink™ Wi-Fi CERTIFIED™ 双频带无线 MCU 模块数据表](#)。

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

3.1 硬件

若要评估无线摄像头参考设计，需要使用以下元件：

- 视频处理器板（摄像头模块的一部分）
- 传感器板（摄像头模块的一部分） - 这个已组装到视频处理器板上
- CC1352R LaunchPad（点击[此处](#)以附加组件形式获取）

3.2 软件

若要评估参考设计并对其进行编程，需要使用以下工具：

- [CC3235x](#)（或 [CC3220x](#)）LaunchPad：用于对摄像头模块进行编程的调试器 LaunchPad

需要下载并安装以下内容：

- [最新的 Code Composer Studio™](#)
- [最新的 CC32xx SDK](#)
- FreeRTOS
 - [FreeRTOS 基础知识实验室](#)，用于设置环境和构建工程。
- [UniFlash](#)，6.1.0 或更高版本（包括用于 CC32xx 的 ImageCreator 工具）
- VLC 播放器，3.0.0 或更高版本
- 802.11 a/b/g/n Wi-Fi 接入点
- iOS® 和 Android™ 版 Wi-Fi Starter Pro 应用

3.3 设置

若要对无线摄像头模块的软件进行编程（或更新），需要具有以下连接：

- **CC32xx LaunchPad 与无线摄像头模块之间的连接**（请参阅[图 3-2](#)）：
 - UART3 TX
 - UART RX
 - GND
 - 复位
 - VSENSE（电平转换器电压）

备注

按[图 3-1](#)中所示卸下接头。

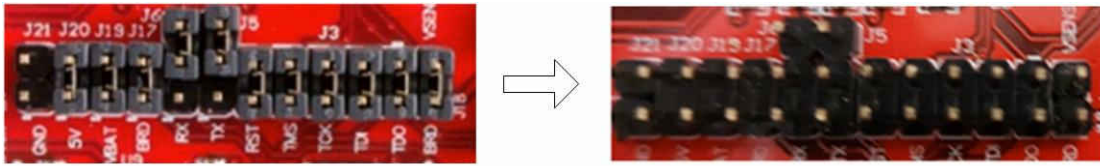


图 3-1. CC32xx 上的跳线设置

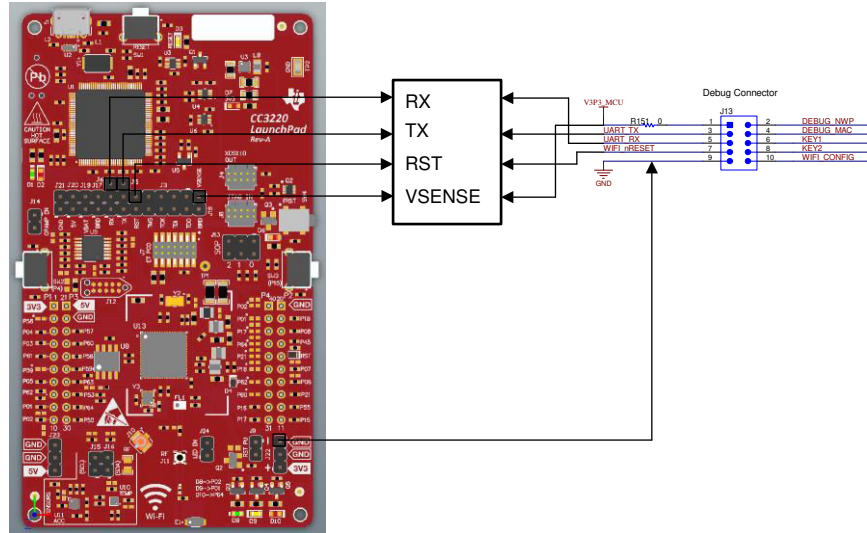


图 3-2. CC32xx LaunchPad™ 与无线摄像头模块 (J13 连接器) 之间的连接

- **复位连接**：为确保 OA7000 正常运行，Wi-Fi 器件应该能够将其复位。为此，摄像头模块的 HOST_ON 引脚（引脚 8，J7 连接器）会连接到 NWP 调试引脚（引脚 2，J13 连接器），如图 3-3 中所示。

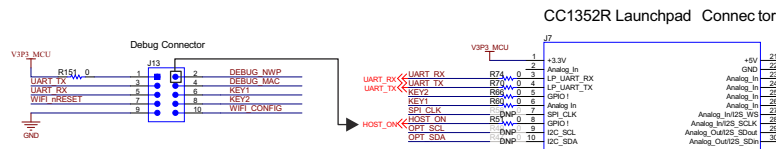


图 3-3. 复位连接

- **通过 JTAG 进行调试所需的可选连接**
 - JTAG (JTAG 连接器从 LaunchPad 连接到摄像头模块的 J5 连接器，如图 3-4 中所示)
 - nRESET
 - GND

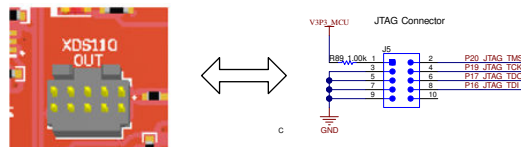


图 3-4. JTAG 连接

- 将传感器板安装到视频处理器板上。使用电池连接器 (J1) 或微型 B USB 为摄像头供电，如图 3-5 中所示。

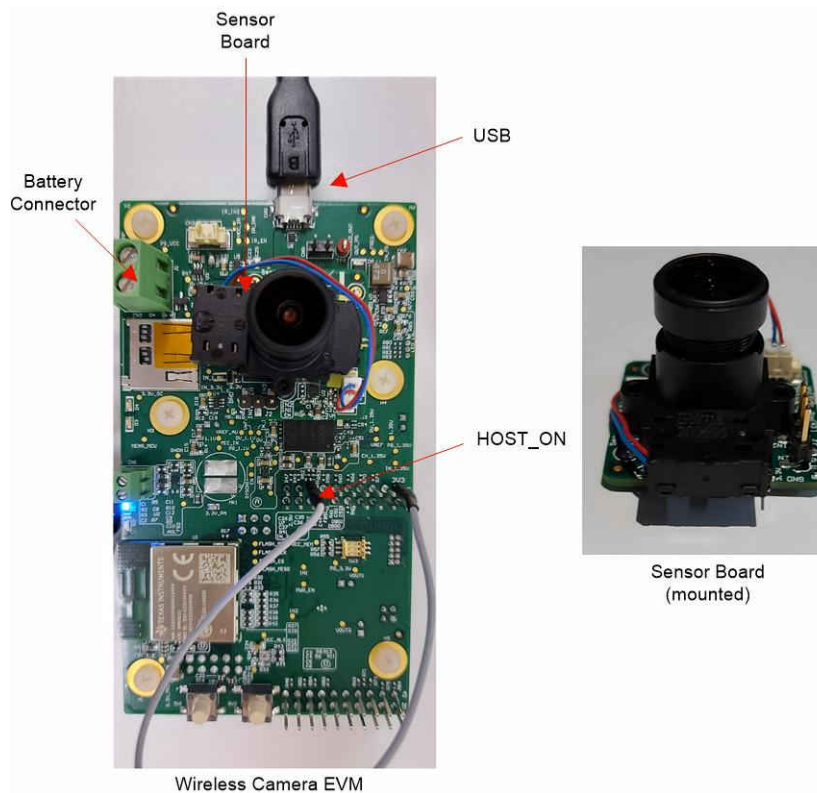


图 3-5. 装有传感器板的无线摄像头模块

3.3.1 通过 Wi-Fi® 传输视频的配​​置步骤

1. 使用软件包中提供的 `Single.bin` 刷写 OA7000 (可选, 因为摄像头模块中已经刷写最新的 .bin 文件)。如果需要覆盖或更新此文件, 请参阅 [OA7000 刷写最新固件](#) 部分。
2. 在 LaunchPad 和摄像头模块之间连接必要的信号 (如 [设置](#) 部分所述), 并使用 USB 或电池为摄像头模块供电。
3. 设置软件:
 - 安装 [最新的 CCS](#) 以及 [SimpleLink SDK](#)。

备注

打开 CC32xx SDK 中的 `<SimpleLink_SDK_Install_Dir>/docs/Documentation_Overview.html` 文档, 并导航至 *Quick Start Guide*, 了解有关设置 CCS 来正确使用 FreeRTOS 程序的说明。

- 在工作区导入和编译工程。导入以下两项: OV7000 工程和 FreeRTOS 程序。成功完成编译后, 会在 “Debug” 输出文件夹中创建一个 .bin。
- 其他配置:
 - 在 `Provisioning.c` 的第 1500 行 - 更改该代码以配置为已知的 AP。
 - 使用 [SimpleLink Starter 应用](#) 来为器件配置 AP, 该应用可以安装在 iOS 或 Android 智能手机上。
 - 可选: 若要在 CC1352R LaunchPad 引脚 3 和 4 上通过 UART 查看 MCU (CC3235MODS 和 CC1352R) 日志, 请注意以下设置:
 - 每秒比特数: 115200
 - 数据位数: 8
 - 奇偶校验: 无
 - 停止位数: 1
 - 流量控制: 无
- 4. 刷写摄像头模块:
 - 查看 [关于如何对 C32xx 器件进行编程的 SimpleLink Academy](#)。

- 以此作为指南来 *创建新工程* 并做如下设置：*Device Type: CC3235SF*，*Device Mode: Develop*，*Start Role: Station*。
- 若要向工程中添加 *MCU 图像*，请按 *Browse* 按钮并导航至 `video_streaming_ov7000_CC3235SF_LAUNCHXL_freertos_ccs\video_streaming_ov7000_CC3235SF_LAUNCHXL_freertos_ccs\Debug\video_streaming_ov7000_CC3235SF_LAUNCHXL_freertos_ccs.bin`。
选择该 *BIN* 文件。
- 若要向工程中添加 *服务包*，请点击 *Browse* 按钮并导航至 `simplelink_cc32xx_sdk_x_xx_xx_xx/tools/cc32xx_tools/servicepack-cc3xxx/sp_xxxx_xxxx_xxxx.bin`。
选择该 *BIN* 文件。
- 点击 *Connect* 按钮，然后按 *Burn* 按钮。这时会转至 *Generate Image* 页面，在该页面上，您可以通过选择 *Program Image* 来对模块进行编程。
- 对摄像头模块执行下电上电。您可以从 *UART* 串行端口上的日志中观察到成功完成的消息和 *IP* 地址。

5. 演示

- 在成功配置或连接到 *AP* 后，将另一个器件连接到同一本地 *AP* 并启动 *VLC* 播放器。
- **Windows 版 VLC：**
 - 启动 *VLC*，并从“*Media*”菜单中选择 *Open Network Stream* 以连接至 *stream*，如图 3-6 所示。

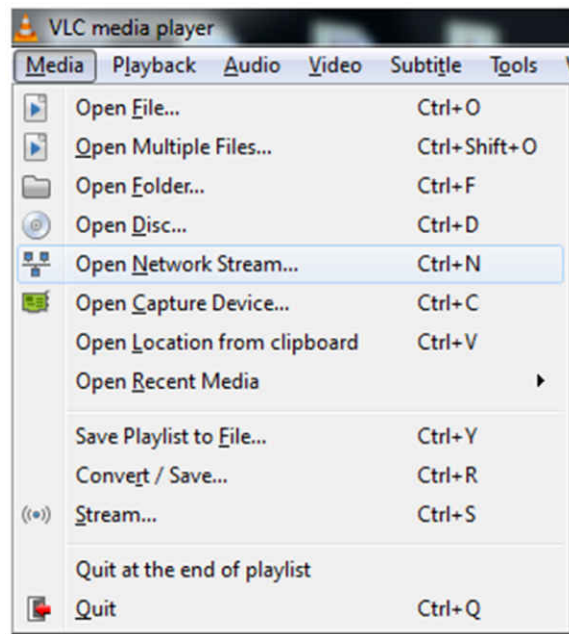


图 3-6. 从“*Media*”菜单中选择“*Open Network Stream*”以连接“*Stream*”

- 对于网络 *URL*，请输入命令 `rtsp://[IPADDRESS]:554` 并按 *Play*。示例为 `rtsp://192.168.2.24:554`
- 从应用日志或从配置应用获取摄像头模块的 *IP* 地址。
- **Android 版 VLC：**
 - 启动 *VLC* 并选择 *Stream*，如图 3-7 所示。

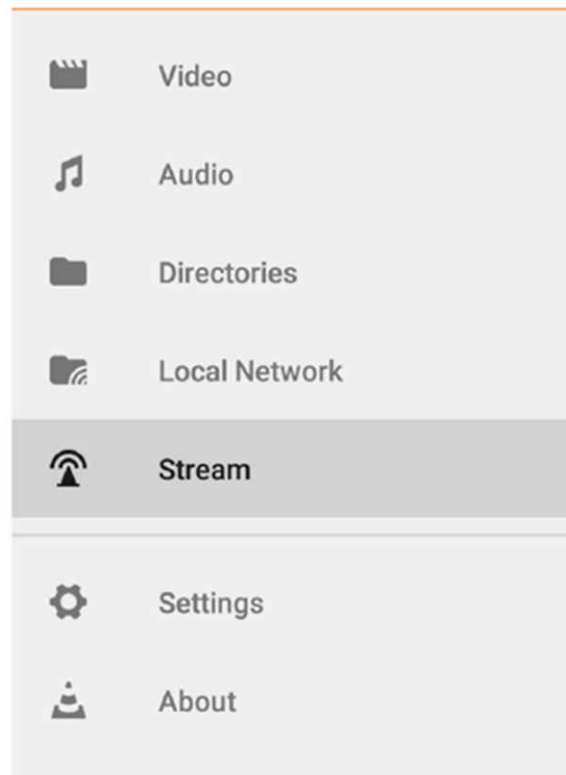


图 3-7. 为 Android 选择 Stream

- 对于网络 URL，请输入命令 `rtsp://[IPADDRESS]:554` 并按黄色箭头，如图 3-8 所示。示例为 `rtsp://192.168.2.24:554`

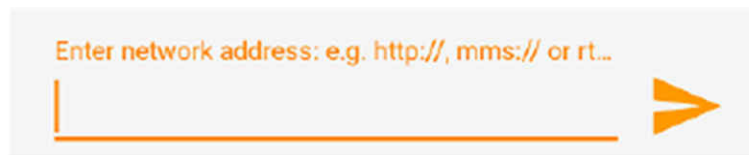


图 3-8. 在此输入网络地址

- 摄像头模块的 IP 地址可以从应用日志或配置应用获得。
- **iOS 版 VLC：**
 - 启动 VLC 并选择 *Open Network Stream*，如图 3-9 所示。

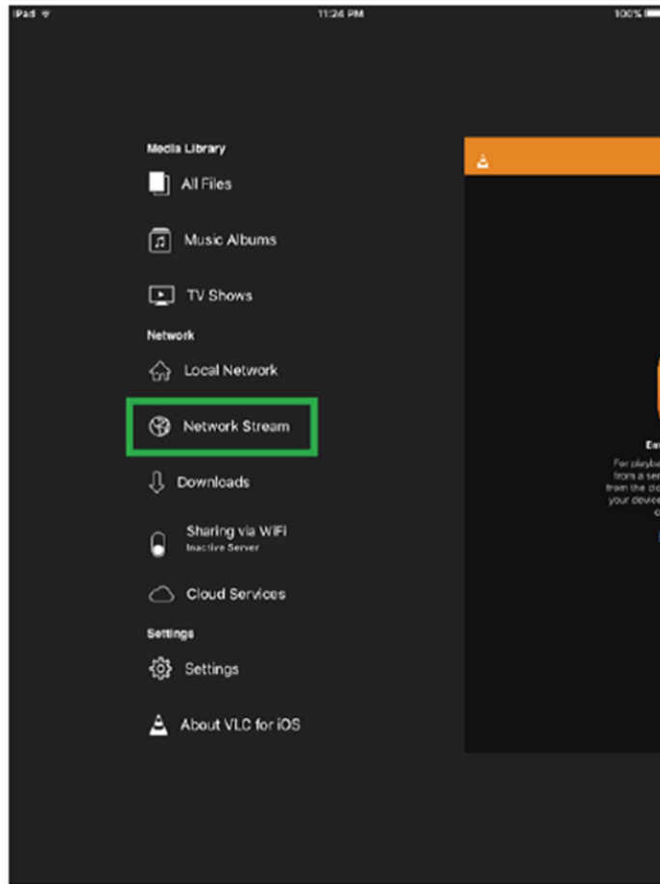


图 3-9. 为 iOS 选择打开网络流

- 对于网络 URL，请输入命令 `rtsp://[IPADDRESS]:554` 并按 *Open Network Stream*。示例为 `rtsp://192.168.2.24:554`
- 摄像头模块的 IP 地址可以从应用日志或配置应用获得。

3.3.2 (可选) 通过 USB 为 OA7000 刷写最新固件或流式传输视频

请通过 USB 并按照以下步骤来为 OA7000 刷写最新固件或流式传输视频：

1. 通过 USB 将无线摄像头模块插接至 PC。
2. 通过将开关的选择 1 切换至 ON，以将引导模式设置为 USB，即 100 (默认引导模式为 (000)，如图 3-10 中所示，即 SPI NOR FLASH)。

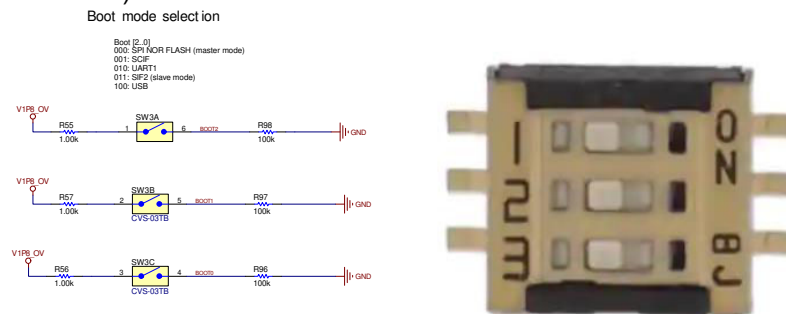


图 3-10. 引导模式选择

3. 从 OmniVision 客户支持 (访问 <http://www.ovt.com/>) 下载 OV7000 固件包。
4. 从以下位置加载 MFT 应用程序：OV7000 Package\OV7000 Firmware\Latest\release\mftfw_tools。

这一步将会加载两个窗口：GUI 和控制台

出现提示时，提供位于 `OV7000 Package\OV7000 Firmware\Latest\release\mftfw_tools\mftfw\oa7000s` 处的文件“`mftfw.bin`”，以选择 `mft*.bin` 文件，如图 3-11 中所示。

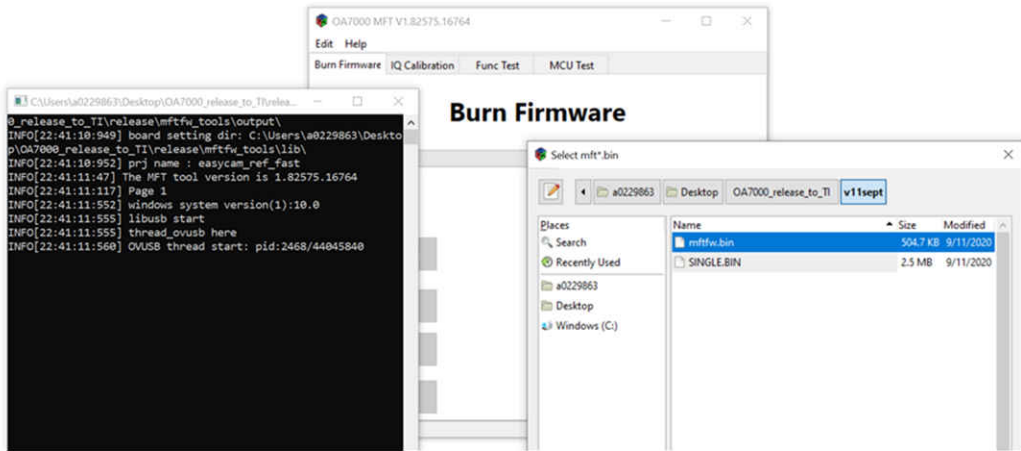


图 3-11. 加载 MFT 应用程序并选择 `mft*.bin` 文件

5. 出现要求提供 `prj_cfg.txt` 的提示时，从 `OV7000 Package\OV7000 Firmware\Latest\release\mftfw_tools` 选择文件“`prj_cfg.rd7000s.txt`”，如图 3-12 中所示。

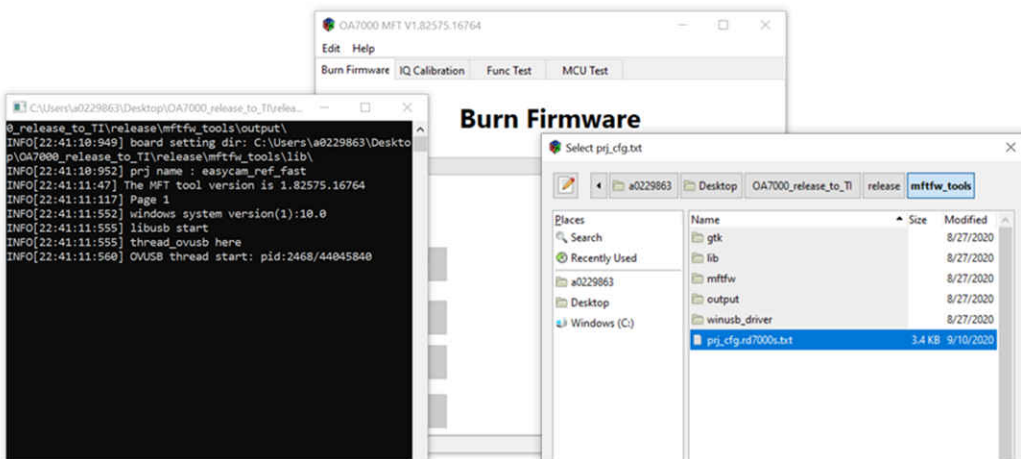


图 3-12. 提供 `prj_cfg.txt` 文件

6. 窗口应该会在 GUI 的按钮左下角显示状态为 `Connected` (已连接)，如图 3-13 中所示。

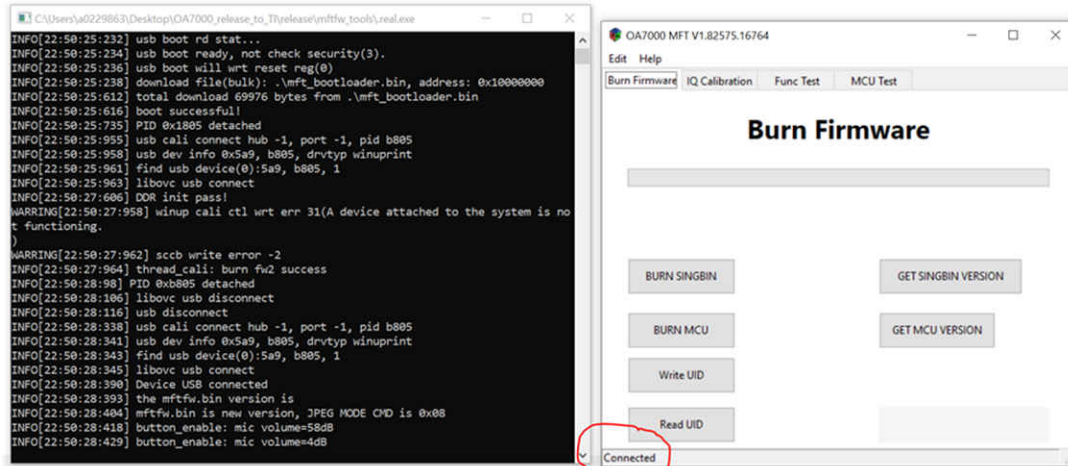


图 3-13. GUI 的按钮左下角显示处于连接状态

7. 点击 **BURN SINGBIN** 按钮并加载位于 `OV7000 Package\OV7000 Firmware\Latest` 中的 **SINGLE.bin** 文件。GUI 将会在该进程完成时显示提示。**OA7000** 的刷写和编程到此就完成了。
8. 对于通过 USB 传输视频：转至 MFT GUI 的 **IQ Calibration** 页面并点击 **Display**，如图 3-14 中所示。此时应该会弹开一个包含视频的窗口，如图 3-15 中所示。

如果上一步未成功，请拔下 USB → 断开传感器板 → 重新连接传感器板 → 重新插接 USB → 重复此部分中的所有上述步骤。

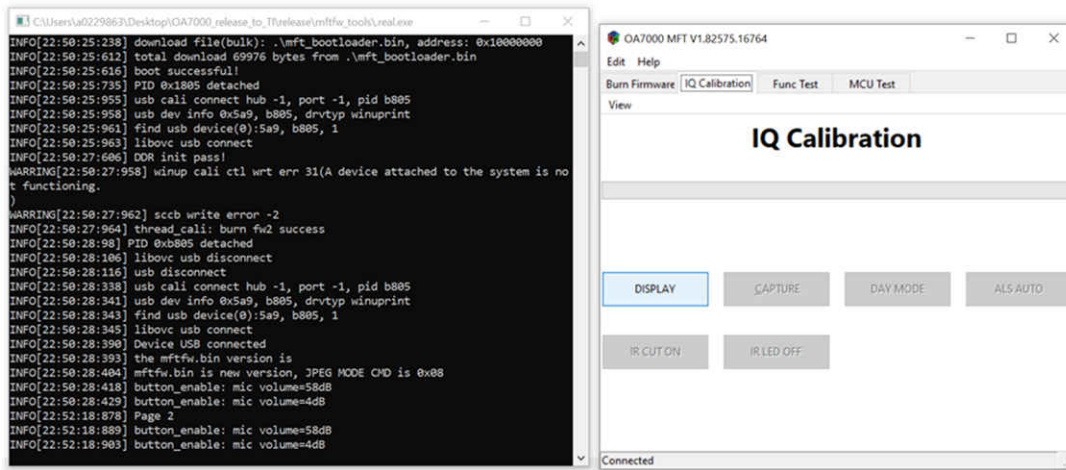


图 3-14. MFT GUI 中 IQ 校准页下的显示选项卡

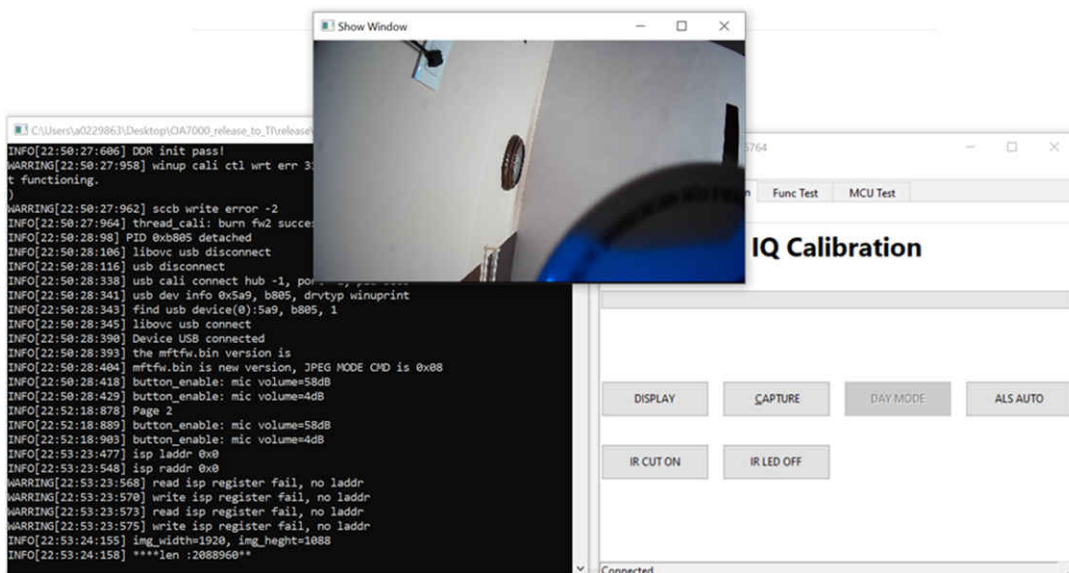


图 3-15. 显示视频的弹出窗口

9. 将引导模式选择置于 (000) 模式。这应该是默认功能模式。
10. 可选：若要记录数据或进行调试，请使用 OmniVision 调试端口 UART1，该端口位于 CN9 上 (R80、R82 已安装；R81、R83 未安装)。请采用以下 UART 端口设置：
 - 每秒比特数：115200
 - 数据位数：8
 - 奇偶校验：无
 - 停止位数：1
 - 流量控制：无

3.3.3 视频流式传输

OA7000 固件可用于按照以下方式流式传输音频：

1. 在 OA7000 GUI (图 3-16) 的 *Func Test* 选项卡中，点击 *Speaker* 按钮来选择音频文件。支持的音频文件格式为 *Wav* 格式。
2. 如果正在播放音频，音量滚动条的右侧会显示 *PLAY*。播放结束时，会显示 *DONE*，而如果读取音频文件失败，则会显示 *NO FILE*。
3. 用户可以通过滚动条更改音量。(扬声器：- 62dB 至约 4dB)

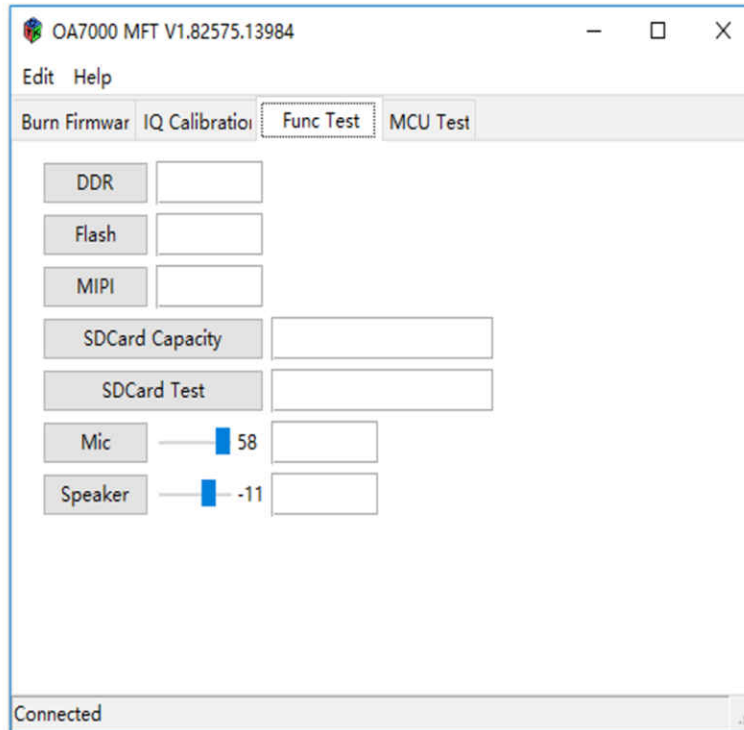


图 3-16. OA7000 GUI 的功能测试“Func Test”选项卡

板载麦克风可与 OA7000 固件搭配使用来记录和存储音频流：

1. 在 OA7000 GUI 的 *Func Test* 选项卡中，点击 *Mic* 按钮 (图 3-17) ，开始录制音频流。
2. 再次点击 *Mic* 按钮以停止录制。
3. 录制的文件将会存储在 ..\MFT 目录下的 *audio_stream* 文件中。

备注

支持的格式为 PCM，而采样率为 16kHz。

4. 用户可以通过滚动条更改音量。(麦克风：- 17dB 至约 29dB)

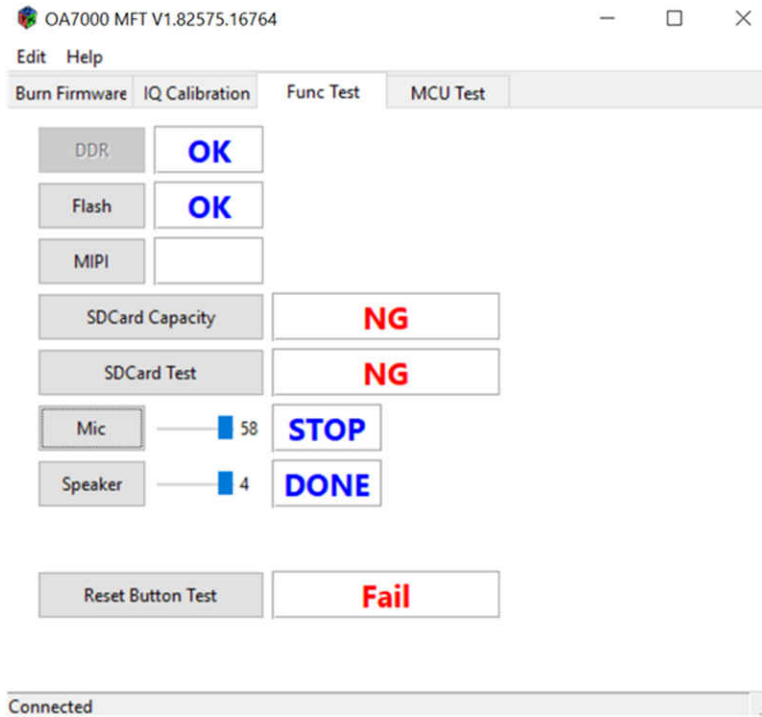


图 3-17. OA7000 GUI 的功能测试 “Func Test” 选项卡，其中显示了 “Flash”、“MIPI”、“MIC” 和 “Speaker” 等可用功能

3.3.4 摄像头模块的 LPSTK-CC1352R 配置设置

请按照以下步骤来配置 LPSTK-CC1352R。

1. 确保已安装 [CC13x2 \(v4.30\)](#) 和 [CC1310 \(v4.10\)](#) 的 SDK。
2. 使用 CCS 导入和构建以下工程：“OV_camera_design_CC1352R1_LAUNCHXL_tirtos_ccs”，位于 [TIDA-010224](#) 的软件文件中。
3. 使用 Uniflash 刷写“Debug”文件夹中生成的 .out 文件。
4. 若要对 LPSTK-CC1352R LaunchPad 进行编程，请使用任意 LaunchPad（例如，CC32xx LaunchPad）的调试器部分：将调试器 LaunchPad 的 RX、TX、GND 端子连接到 LPSTK-CC1352R LaunchPad。（另外，将 VSENSE 连接到 CC32xx LaunchPad 的 MCU 电源。）
5. 可选：在调试器 CC32xx LaunchPad 和 LPSTK CC1352R LaunchPad 之间放置 JTAG 端口连接以用于调试。

完成上述步骤并且已将 LPSTK-CC1352R LaunchPad 安装到摄像头模块上之后：

- 摄像头模块在上电后处于待机状态。通过按下按钮 (SW2) 或者使用外部 PIR 触发或无线电，可以触发摄像头模块进入工作模式（用于视频流式传输）并保持 30 秒钟。30 秒后，摄像头模块会返回到待机状态。更多详细信息，请参阅 `event handler.c` 中的 *turn on* 或 *turn off* 逻辑。
- 软件也会每 5 分钟更新一次电池电压。电池电压可以通过使用终端连接 UART 端口来监控。
 - 待发送的命令序列如下：0x55 0x01 x0FE 0x04
 - 随后，器件会传回 0x55 0x02 0xFD 0x05 0xLL 0xHH，其中 LL 和 HH 是 ADC 读数。HHLL 提供了电压（单位为 mV）。
 - 例如，0x55 0x02 0xFD 0x05 0xFE 0x10 相当于测得的电池电压为 4.342V。

3.4 测试结果

3.4.1 电源轨和电流消耗

待机模式：CC1352R LaunchPad 安装在摄像头模块上。CC1352R 在收到唤醒触发信号时唤醒系统 (Wi-Fi 和图像处理)。这个唤醒触发信号可以是 PIR 活动、有人按下可视门铃按钮或者网络触发。如果未收到触发信号，则系统处于待机模式。此模式还用作摄像头的低功耗模式。在此状态下，仅支持定期进行电池电量监测，而模块的其余部分均处于睡眠或休眠模式。在此模式下，从 5V 电池汲取的电流约为 2mA。请注意，CC1352R 软件示例未针对功率进行优化：无线电唤醒也会产生更高的功耗。开发人员可以优化 Launchpad 上的传感器和 CC1352R 的 RX/TX 持续时间来降低电流消耗。TX 上较长的前导码将会使响应时间增加，但会降低 RX 端的电流消耗。

有源模式：在收到唤醒触发信号后，CC1352R 会激活中心主机 MCU，即 Wi-Fi、视频编码器和必要的电源轨。这种状态被称为摄像头的运行模式。此时可以使用额外的功能：环境光感应、通过 Wi-Fi 流式传输视频或者通过 USB 流式传输视频。在运行模式下，视频流式传输期间从 5V 电池汲取的电流约为 200mA。请注意，CC3235MODS 软件未针对功率进行优化。表 3-1 展示了各种测试条件以及预期从电池电压轨汲取的消耗电流。

图 3-20 和图 3-21 显示了摄像头模块中的上电和断电序列。可以通过设置原理图设计中相应的 R/C 来更改每个电压轨的延迟，从而满足 OA7000 数据表中建议的上电/断电要求。

表 3-1. 测试条件以及预期从电池电压轨汲取的消耗电流

状态	测试条件	电流	电压轨
待机模式	装有 CC1352R LaunchPad 的无线摄像头模块	2mA	5V 电池连接
	运行的功能：电池电量监测、基于网络、门铃、PIR 的唤醒；Wi-Fi 处于休眠模式		
激活模式	额外功能：Wi-Fi、感应、视频编码器已启用且已通电 未启用的功能：红外 LED 驱动器、红外截止滤光片和音频	178mA	
激活模式及视频流式传输	额外功能：进行视频流式传输	212mA	

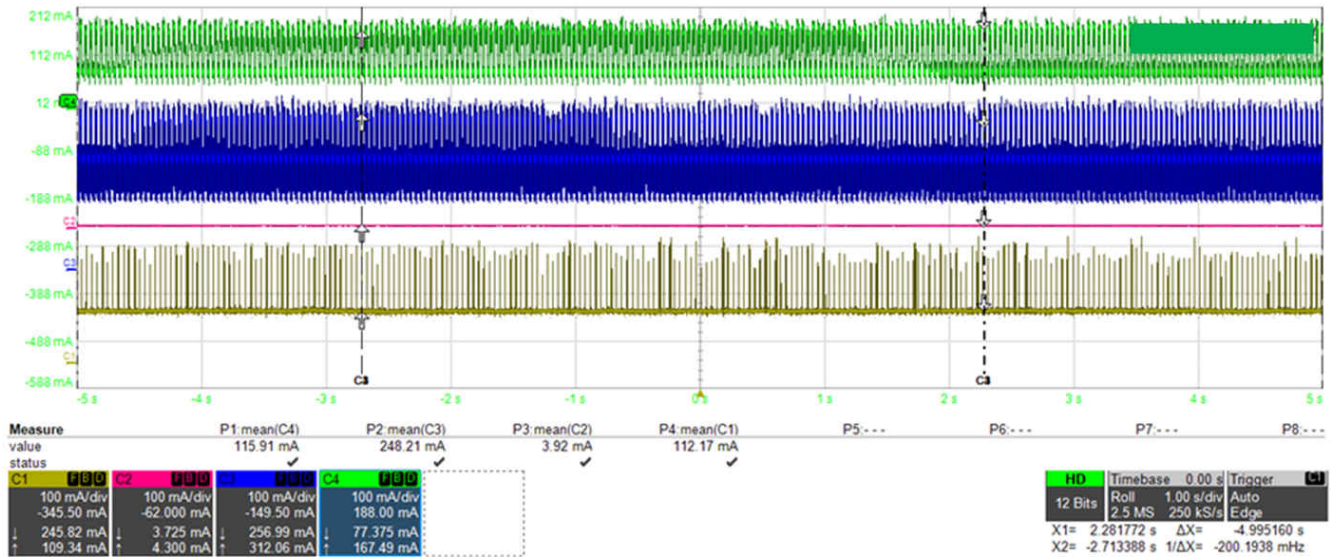


图 3-18. 以下每个电压轨的电流消耗：C1-VOUT1 (3.3V)、C2-1.35V、C3-1.1V、C4-1.8V

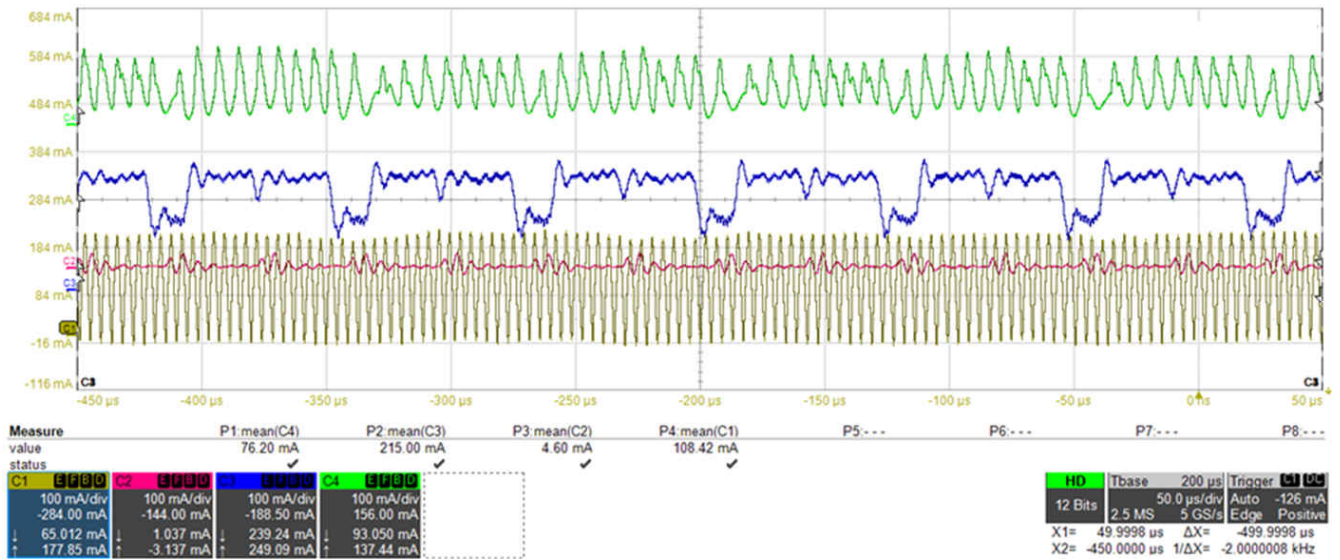


图 3-19. 以下每个电压轨的电流消耗放大图：C1-VOUT1 (3.3V)、C2-1.35V、C3-1.1V、C4-1.8V

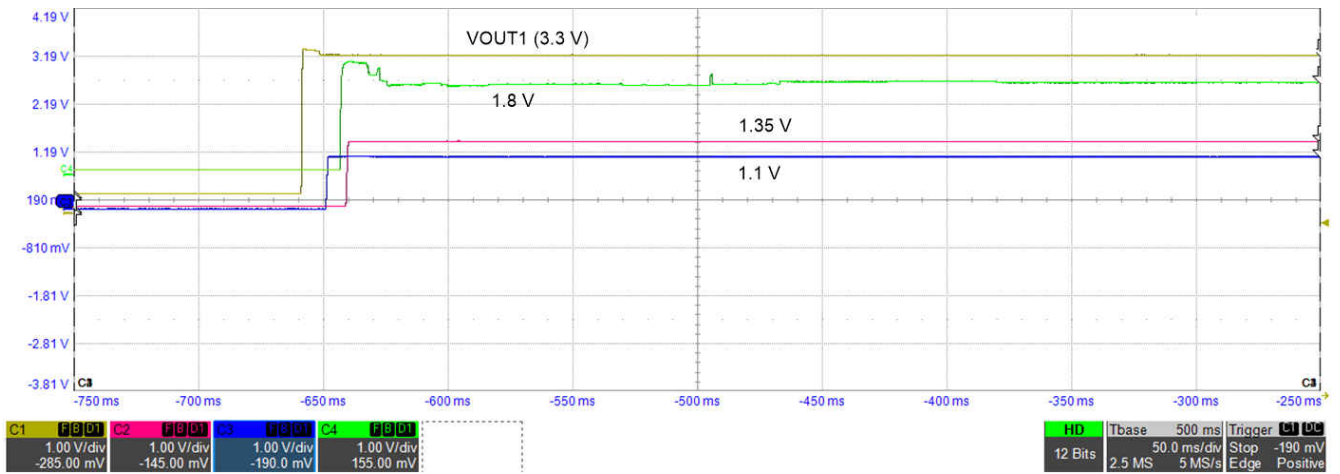


图 3-20. 上电顺序

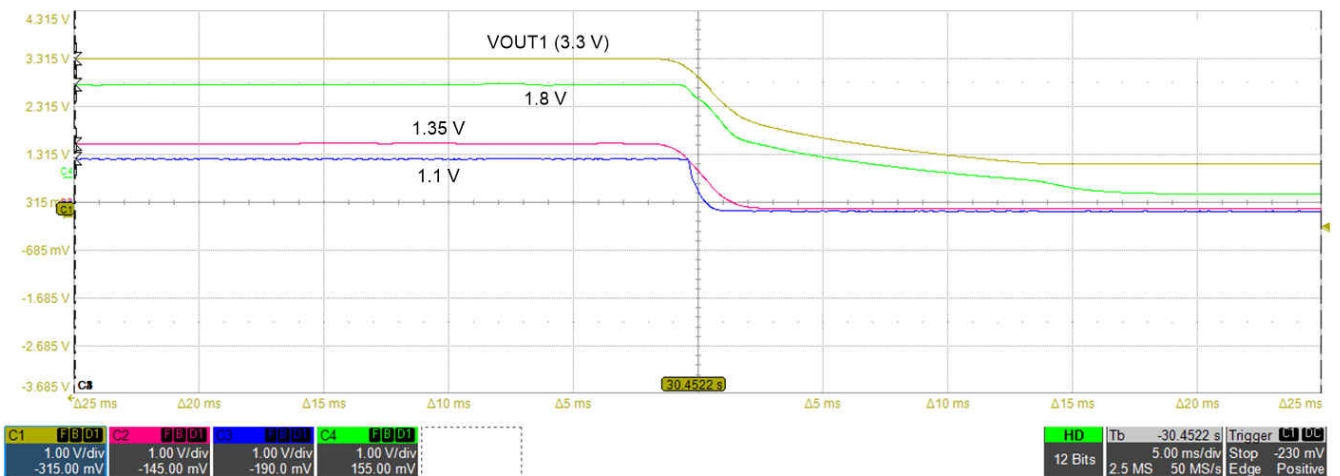


图 3-21. 断电序列

3.4.2 电池寿命计算

以下参数会影响整个系统的电池寿命和功耗：

- 电池的额定容量 (mAH)
- 平均关断状态流耗 (mA)
- 关断时长 (s)
- 平均导通状态流耗 (mA)
- 导通时长 (s)

方程式 1 可计算此设计的预计电池寿命：

$$\frac{\text{Battery Capacity [mAH]}}{\sum \left(\frac{(I_{\text{ON AVG}} \times T_{\text{ON}}) + (I_{\text{OFF AVG}} \times T_{\text{OFF}})}{T} \right)} \times \frac{1[\text{year}]}{8760[\text{year}]} \times \text{Derating Factor} \quad (1)$$

其中：

- $I_{\text{ON AVG}}$ 是平均导通状态流耗，单位为 mA
- T_{ON} 是导通状态持续的时间，单位为秒
- $I_{\text{OFF AVG}}$ 是平均关断状态流耗，单位为 mA
- T_{OFF} 是关断状态持续的时间，单位为秒
- 降额因子代表电池的自然老化，通常为 80%

代入可用的电池容量 = 2100mAH、 $T_{\text{ON}} = 5\text{s}$ 、每天的激活次数 = 5、测得的 $I_{\text{ON AVG}} = 200\text{mA}$ 、测得的 $I_{\text{OFF AVG}} = 2\text{mA}$ 和每天的 $T_{\text{OFF}} = (24 \times 60 \times 60) - T_{\text{ON}} = 86375\text{s}$ 后，通过方程式 1 可以估算出电池寿命为一个月，如方程式 2 中所示。

$$\frac{2100[\text{mAH}]}{\sum \left(\frac{(200 \text{ mA} \times (5 \times 5)\text{s}) + (2 \text{ mA} \times (86400 - 25)\text{S})}{86400} \right)} \times \frac{1[\text{year}]}{8760[\text{hours}]} \times 0.8 = 0.09 \text{ years} = 1.11 \text{ months} \quad (2)$$

软件可以进一步优化，从而实现小于 0.3mA 的待机电流消耗 (MCU 处于 LPDS 模式和 NWP 处于闲置模式时，CC3235MODS 待机电流为 120 μA ；CC1352R 待机电流为 3 μA ；其他外设的关断电流为 5 μA ；无源器件造成的最高电流为 100 μA)。这样可以使电池寿命超过 6 个月，如方程式 3 中所示。在相似条件下，当电池容量为 6000mAH 时，电池寿命可以达到 1.5 年。表 3-2 和表 3-3 显示了不同电池容量条件下电池寿命与激活次数的关系。

$$\frac{2100[\text{mAH}]}{\sum \left(\frac{(200 \text{ mA} \times (5 \times 5)\text{s}) + (0.3 \text{ mA} \times (86400 - 25)\text{S})}{86400} \right)} \times \frac{1[\text{year}]}{8760[\text{hours}]} \times 0.8 = 0.54 \text{ years} = 6.43 \text{ months} \quad (3)$$

表 3-2. 6000mAH 电池的电池寿命与激活次数之间的关系

电池容量 (mAH)	活动状态持续时间 (s)	每天激活次数	电池寿命
6000	5	5	1.5 年 (18 个月)
6000	5	10	1.3 年 (16 个月)
6000	5	15	1.1 年 (14 个月)
6000	5	20	1 年 (12 个月)
6000	5	25	0.9 年 (11 个月)
6000	5	30	0.8 年 (10 个月)

表 3-2. 6000mAH 电池的电池寿命与激活次数之间的关系 (continued)

电池容量 (mAH)	活动状态持续时间 (s)	每天激活次数	电池寿命
6000	5	35	0.7 年 (9 个月)

表 3-3. 2100mAH 电池的电池寿命与激活次数之间的关系

电池容量 (mAH)	活动状态持续时间 (s)	每天激活次数	电池寿命
2100	5	5	6.4 个月
2100	5	10	5.5 个月
2100	5	15	5 个月
2100	5	20	4.3 个月
2100	5	25	4 个月
2100	5	30	3.5 个月
2100	5	35	3.2 个月

若要优化系统来进一步延长电池寿命，应优化以下因素：

- 延长每个器件的 T_{OFF}
- 缩短每个器件的 T_{ON}
- 缩短每个器件的 I_{ON} 和 I_{OFF}
- 减少每天的激活次数

3.4.3 视频流式传输

图 3-22 展示了使用摄像头模块通过 VLC 媒体播放器实现视频流式传输。



图 3-22. 视频流式传输 - 摄像头模块 (左上)、摄像头视频流式传输对象 (右上)、VLC 上的摄像头视频流式传输 (左下)、对象 (右下)

3.4.4 红外 LED 驱动

图 3-23 显示了使用连接器 CN8 将红外 LED (SFH4715A) 环 (包含 6 个 LED) 连接到摄像头模块的设置。

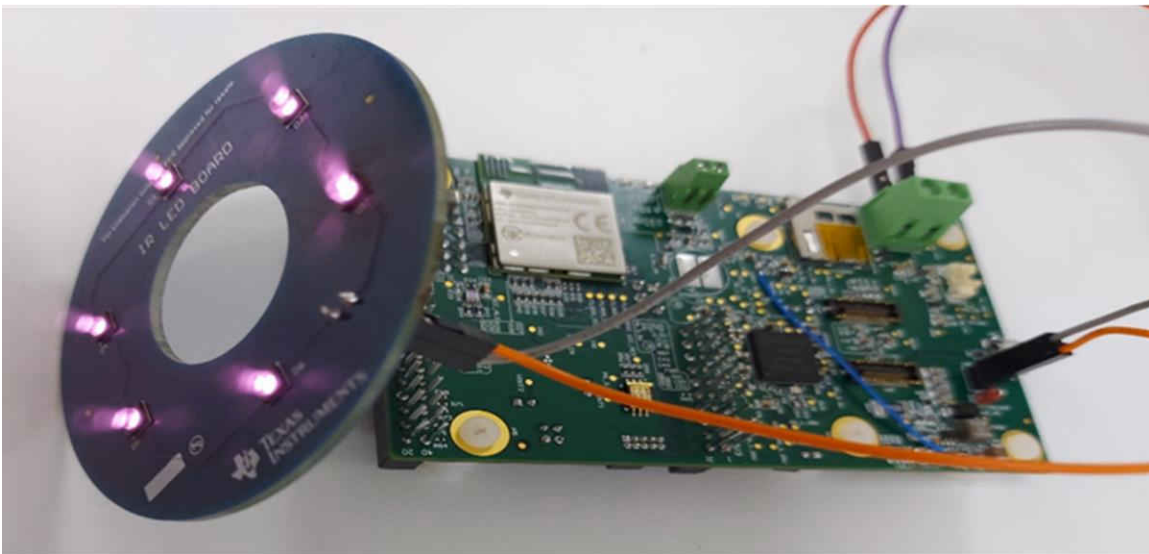


图 3-23. 连接摄像头模块的红外 LED 设置

4 设计和文档支持

4.1 设计文件

若要下载完整的设计文件，请参阅 [TIDA-010224](#) 中的设计文件。

4.1.1 原理图

若要下载原理图，请参阅 [TIDA-010224](#) 中的设计文件。

4.1.2 物料清单

若要下载 BOM，请参阅 [TIDA-010224](#) 中的设计文件。

4.2 软件

若要下载摄像头模块的软件，请参阅 [TIDA-010224](#) 中的软件文件。

4.3 支持资源

[TI E2E™ 支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题可获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的《使用条款》。

4.4 参考文献

1. 德州仪器 (TI), [无线网络摄像头的降压/升压转换器电池寿命估计应用简报](#)
2. 德州仪器 (TI), [可提高输出电流 \(\$\geq 2A\$ \) 的 75nA \$I_Q\$ 并行降压/升压转换器应用简报](#)
3. OV07000 DSIF 协议文档
4. [OA7000 数据表](#)
5. [SP2329 产品简介](#)
6. [Dongguan Yutong Optical Technology \(YTOT\) 镜头](#)

4.5 商标

TI E2E™, SimpleLink™, LaunchPad™, DCS-Control™, MSP430™, Code Composer Studio™, and are trademarks of Texas Instruments.

Wi-Fi CERTIFIED™ is a trademark of Wi-Fi Alliance.

Android™ is a trademark of Google Inc..

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

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

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

Zigbee® is a registered trademark of ZigBee Alliance.

OmniVision® is a registered trademark of Omnivision Technologies Inc..

iOS® is a registered trademark of Apple Inc..

所有商标均为其各自所有者的财产。

5 关于作者

Sakshi Markhedkar 是德州仪器 (TI) 的系统工程师，专门负责研发视频监控系统。她的专长是模拟和混合信号设计，之前在精密数据转换器工程团队工作。Sakshi 拥有彼拉尼博拉理工学院 (BITS, Pilani) 的化学理学硕士学位和电子仪器工程学士学位。

Vince Rodriguez 是德州仪器 (TI) 连接部门 Wi-Fi 业务线硬件应用团队的主管。自 2016 年以来，他一直在 TI 的嵌入式处理业务部工作，在此期间，他一直专注于为 TI 微控制器产品系列的多项技术提供软硬件支持；之前还曾在德州仪器 (TI) 的 C2000™ 和 SimpleLink™ Wi-Fi® 应用团队担任各种职位。Vince 取得了德州农工大学的电子系统工程技术理学学士学位。

重要声明和免责声明

TI 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、某特定用途方面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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务, TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.ti.com) 上其他适用条款/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。

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

重要声明和免责声明

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司