

Dillen Chen, Jingquan Zhu

摘要

这些年来，电池供电摄像头和可视门铃发展迅猛。在这类产品中，所有工程师都面临着一个共同的问题——如何延长电池的工作寿命。本应用手册提供了一种基于高效率 and 低功耗的电源轨设计。

内容

1 引言.....	2
2 电池供电摄像头的功能.....	2
3 电源.....	2
3.1 USB Type-C 充电端口.....	2
3.2 太阳能充电.....	3
4 电源结构设计.....	6
4.1 常开电源轨.....	6
4.2 间歇性电源.....	7
4.3 高效率电源轨.....	9
5 结论.....	10
6 参考文献.....	11

插图清单

图 2-1. 电池供电摄像头的功能模块.....	2
图 3-1. 电源和电阱之间的 USB Type-C 连接.....	3
图 3-2. TPS25750D 功能模块.....	3
图 3-3. 太阳能电池等效电路.....	4
图 3-4. 太阳能电池 PV/IV 曲线.....	4
图 3-5. 太阳能充电器设计功能模块.....	4
图 3-6. BQ21040/5 充电器功能模块.....	5
图 3-7. 太阳能充电器设计功能模块.....	5
图 3-8. BQ21080 充电器功能模块.....	5
图 3-9. BQ27427 电量监测计功能模块.....	6
图 4-1. 电池供电摄像头电源树.....	6
图 4-2. 电池输出电压和放电时间与温度间的关系.....	7
图 4-3. TPS631000 效率.....	7
图 4-4. TPS62A02 效率.....	8
图 4-5. TPS62A02 输出 0.8V 效率.....	8
图 4-6. TLV62568 效率.....	9
图 4-7. 电池供电摄像头能耗饼图示例.....	9

商标

USB Type-C® is a registered trademark of USB Implementers Forum, Inc.
所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

近年来，无线摄像头、可视门铃、电子锁等电池供电摄像头产品发展迅猛。这不仅是因为电池供电摄像头易于安装在任何地方，而且还在于视频性能和电池工作时间得到了改善。相应地，这种增长也促使工程师努力寻找极其节能的设计和能源供应设计。基本上，有几种方法可以延长电池工作寿命：寻找通常不工作的超低关断电流电源元件；为常开器件查找超低静态电流电源元件；设计高效电源轨来提高电源利用率；安装太阳能电池板等辅助电源；优化固件以缩短运行时间；以及优化工作模式。

2 电池供电摄像头的功能

对于电池供电摄像头，最重要的功能是录制视频并将视频流上传到远程云，或将视频流传输到远程 PC 或手机。除了这些功能外，不同的摄像头产品还具备一些其他的突出功能，例如 PTZ 功能、远程通话、夜视、有人进入监控区域时自动录像，或者可以通过太阳能电池板供电，以便轻松安装在任何地方。

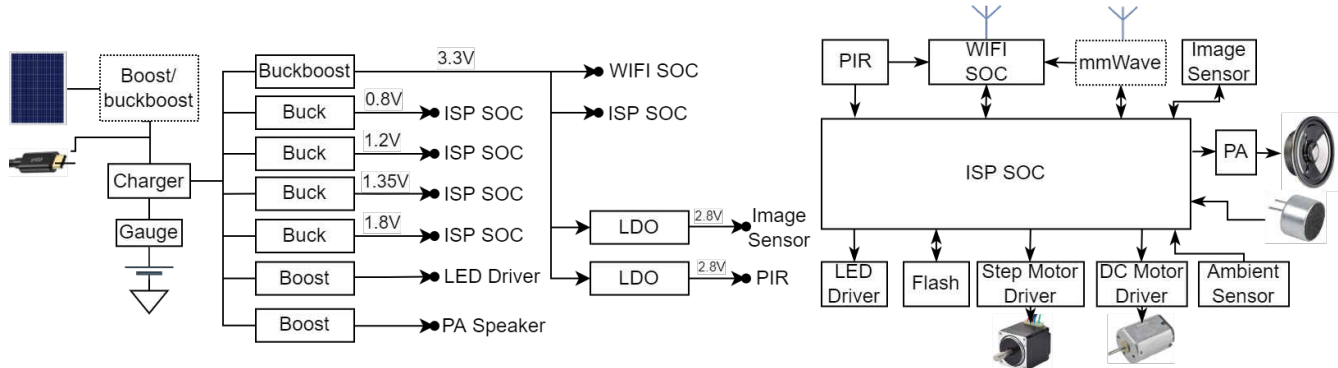


图 2-1. 电池供电摄像头的功能模块

电池供电摄像头具有多个出色功能，但如果电池续航时间很短，客户体验就会很糟糕。因此，对于电源轨设计，设计中不仅要实现所需的所有各种电源轨，而且还要具有合理的电源设计拓扑结构和固件运行处理，以便为电池充电并从关断或睡眠组件中节省微能量，从而尽可能延长工作寿命。

3 电源

在大多数情况下，电源具有 USB 充电端口。随着 USB Type-C® 端口越来越受欢迎，越来越多的电池供电摄像头在新设计中采用 USB Type-C 充电端口，而不是旧的 Micro USB 端口。除了 USB Type-C 充电端口外，一些电池供电摄像头还支持太阳能电池板能量输入，此类 USB 端口让设备可以安装在任何地方且无需维护。

3.1 USB Type-C 充电端口

USB Type-C 在手机、笔记本电脑、手持电动工具和摄像头等众多电气设备中越来越受欢迎。USB Type-C 具有一些非常强大的功能，例如基于 PD 协议的更高功率输入和输出、USB3.1 支持、DisplayPort 协议支持、耳机连接等等。最近，欧盟 (EU) 议员就立法达成了一致，强制要求未来在欧盟出售的所有智能手机都支持 USB Type-C 端口。大多数电池供电摄像头只需要电源输入，有些摄像头集成了电源输出功能。对于大多数电池供电摄像头，电池仅通过适配器充电，快速充电和高效率是必要的，因为终端客户不喜欢等待很长时间来为电池充电。

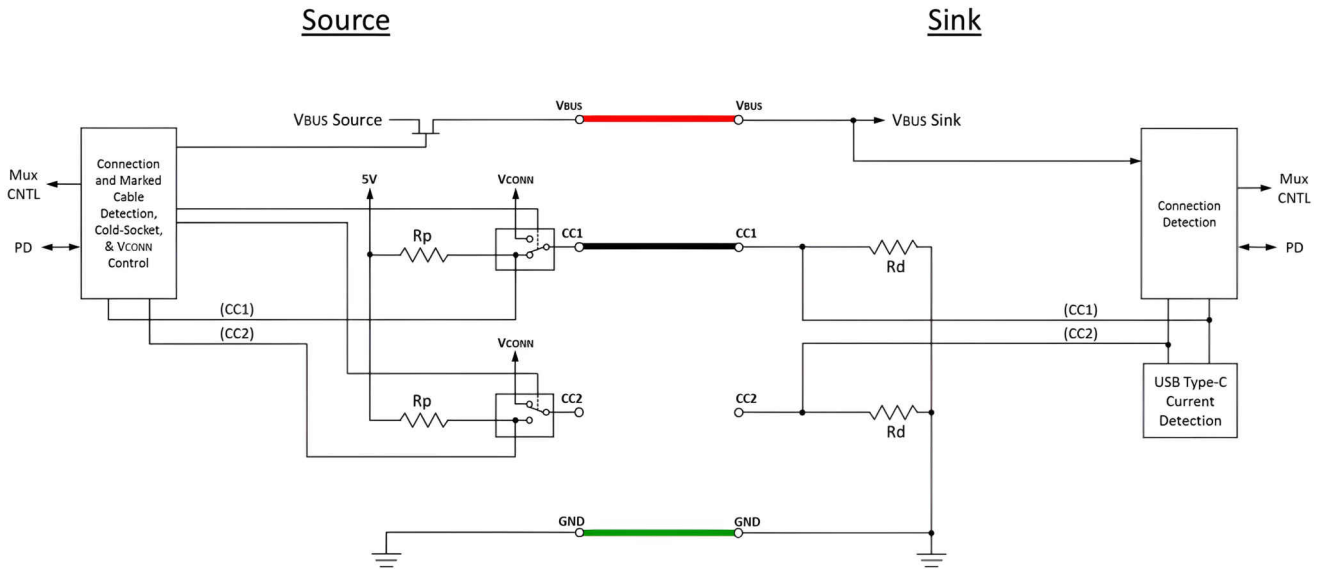


图 3-1. 电源和电阱之间的 USB Type-C 连接

只有在两个设备之间通过 CC 线路完成协商后，才能输出 USB Type-C 电源。

如果只需要 5V 输入，一个简单的方法是直接在 CC 引脚上连接 5.1KΩ 电阻，如果电源支持，电阱便会收到最大 5V/3A。

如果实现高功率输入或具有电源输入或输出功能，则需要 PD 控制器。

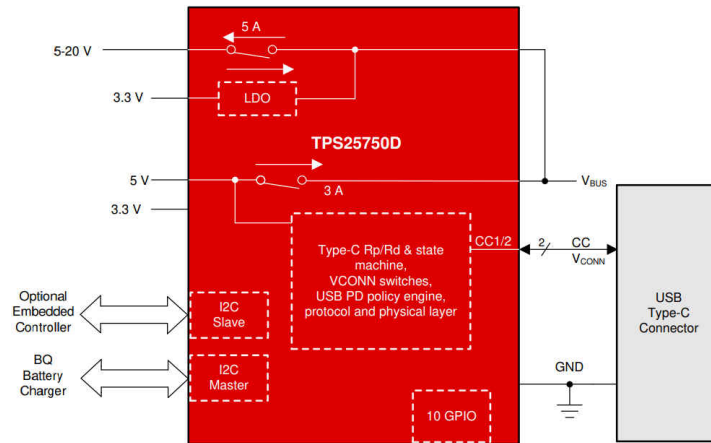


图 3-2. TPS25750D 功能模块

TI 提供大多数具有全功能 USB Type-C 或仅电源路径管理功能的 USB Type-C 应用芯片。TPS25750D 是一款集成 FET 和 PD 控制器，能够处理高达 20V/5A 的输入和 5V/3A 的输出协议。TPS25750D 具有许多电源保护功能，例如无电电池启动、电流或电压保护等。通过简单的 GUI 配置，TPS25750D 不仅可以实现大多数 PD 电源管理，还可以通过主 I2C 端口配置 TI 电池充电器 IC。

3.2 太阳能充电

图 3-3 展示了太阳能电池的等效电路。太阳能电池实际上是一种内部电阻较大的电源，并且具有二极管的主要特性。太阳能电池 P-V 和 I-V 曲线如图 3-4 所示。

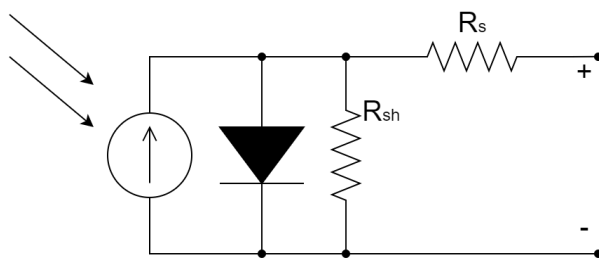


图 3-3. 太阳能电池等效电路

在一定的光照和温度条件下，太阳能电池 I-V 和 P-V 曲线如图 3-4 所示。最大功率点随电压上升而变化。

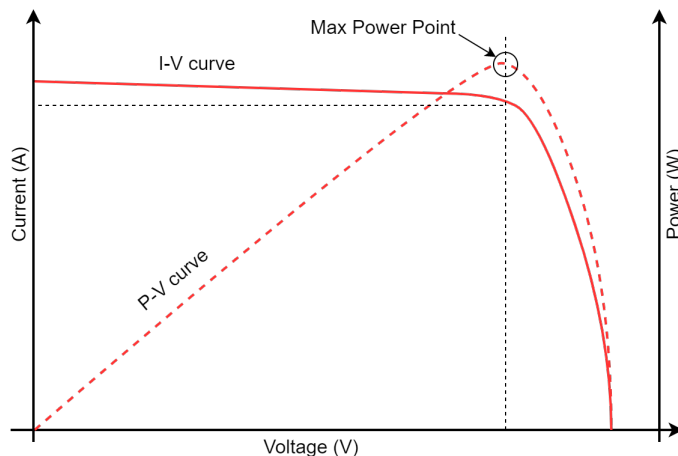


图 3-4. 太阳能电池 PV/IV 曲线

太阳能电池与锂离子电池等普通电池不同，而与具有稍大内部电阻的恒流源最为相似。在阴天和黑夜，输出电流和电压较小。温度也是影响太阳能电池电流和最大电压的一个因素。因此，MPPT（最大功率点跟踪）是太阳能系统中的一项重要功能，尤其是对于电网或大功率能量收集系统而言。但是，作为电池供电摄像头的电源时，一些设计人员主要关心如何在白天和夜晚持续高效地获取能量，而不是关心太阳能电池的最大功率点。

TLV61070A 是具有直通功能的 2.5A 升压元件。静态电流为 20uA。如果所连 USB 适配器或太阳能电池板的输出电压大于配置的升压电压，电源可以通过 TLV6170 并直接到达后方充电器。在阴天或夜间，太阳能电池板输出电压较低时，TLV6170 开始将输入电压转换为 4.3V 等配置电压。这一过程使得充电器能够持续为电池充电，即使太阳能电池板的电压或电流变低时也是如此。

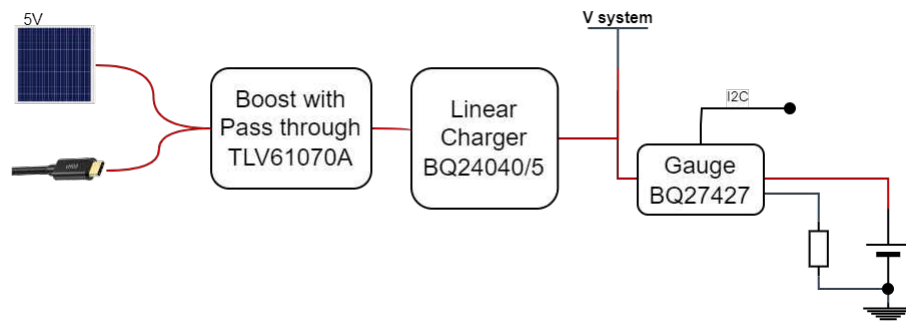


图 3-5. 太阳能充电器设计功能模块

BQ21040/5 是一款成本超低且最大电流为 1A 的单节线性锂电池充电器，不带电源路径管理和运输模式功能。大多数情况下，视频处理电路保持睡眠模式，总平均电流小于 1mA。当电池充满电时，充电器会自动终止充电，并且不会因持续充电而损坏电池。

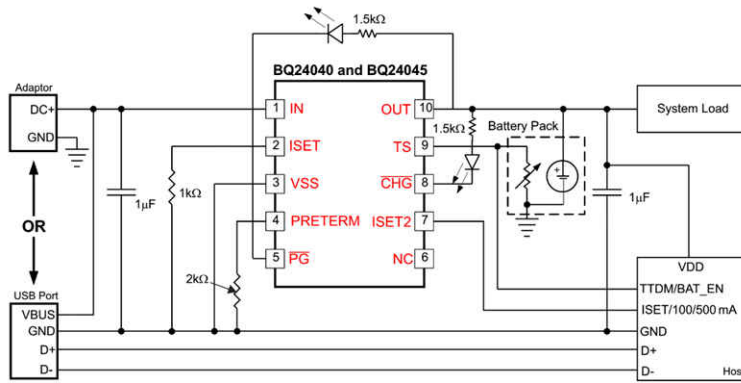


图 3-6. BQ21040/5 充电器功能模块

BQ21040/5 是一款独立充电器，仅有几种外部电阻器配置。快速充电电流和终止电流可以分别配置，因此可以在晴天输入相对较大的充电电流，而在阴天输入较小的充电电流。

如果使用 BQ21080 充电器，BQ21080 电源路径管理功能可在电池充满电且视频录制持续工作时提供关断充电。运输模式可以保持电池在完成充电并交付给终端客户后仍有电量。

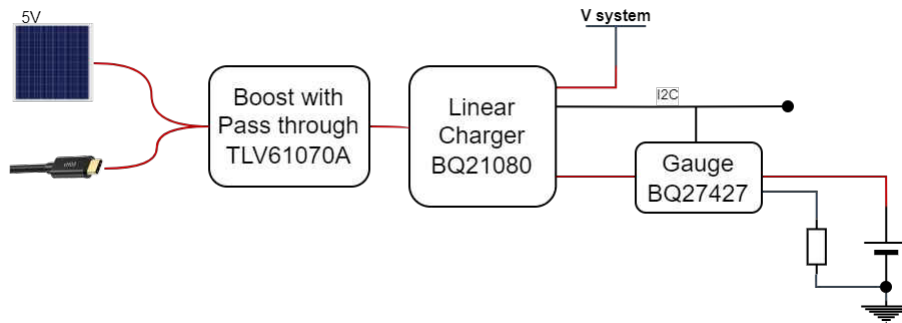


图 3-7. 太阳能充电器设计功能模块

BQ21080 是一款 800mA 单节线性锂电池充电器，具有电源路径管理和运输模式功能。借助运输模式功能，摄像头中的电池可以设计为不可拆卸，从而节省成本。

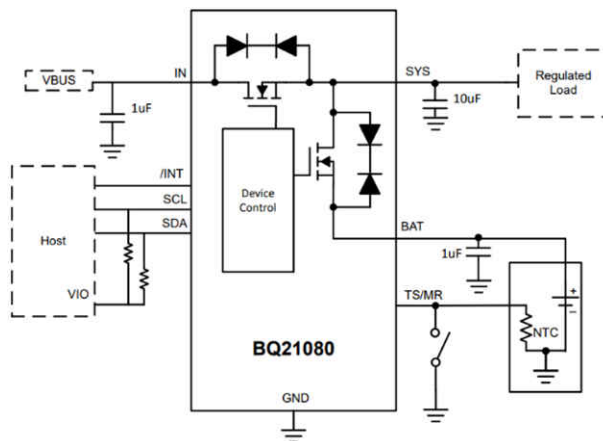


图 3-8. BQ21080 充电器功能模块

BQ21080 还可以通过 I2C 轻松进行配置，例如充电电流、终止电流、启用或禁用 VINDPM、充电时间等。BQ21080 可以用 10mV 的步长在 3.6V 至 4.65V 范围内以 0.5% 的精度配置电池稳压电压，从而支持 4.35V、4.4V、4.45V 高压锂电池充电。BQ21080 充电电流范围为 5mA 至 800mA。

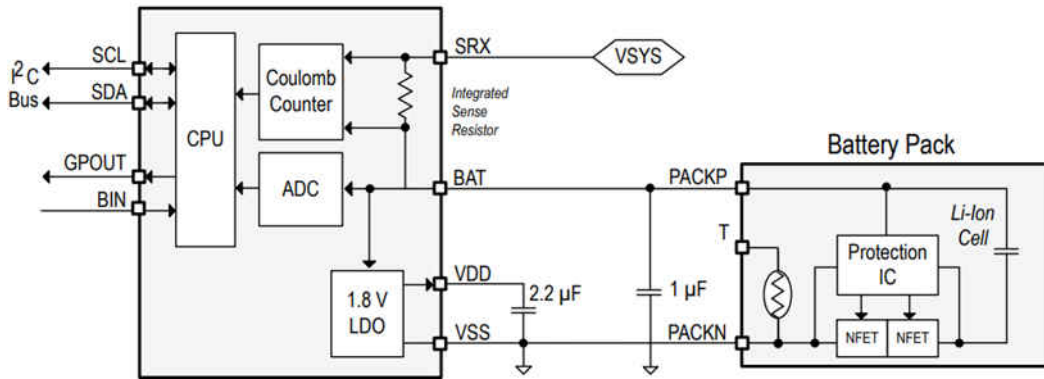


图 3-9. BQ27427 电量监测计功能模块

BQ27427 是系统端、单节低成本锂电池电量监测计，集成检测电阻器并支持 4.2V、4.35V 和 4.4V 充电策略电池，并可自动调节电池老化、自放电、温度和速率变化。

4 电源结构设计

良好的电源结构对于低功耗设计非常重要。电源结构不仅要实现高效，还必须具有合理的电源管理逻辑，例如哪个电源轨常开，以及哪个电源轨可以睡眠也可以唤醒。这么做的原因是电源结构需要将电源轨分类为常开电源和视频处理功耗过高时可关断的电源，即使视频 SOC 处于睡眠模式，电流也不会很小。WIFI 需要持续连接到互联网，以便电源结构能够及时响应远程请求。

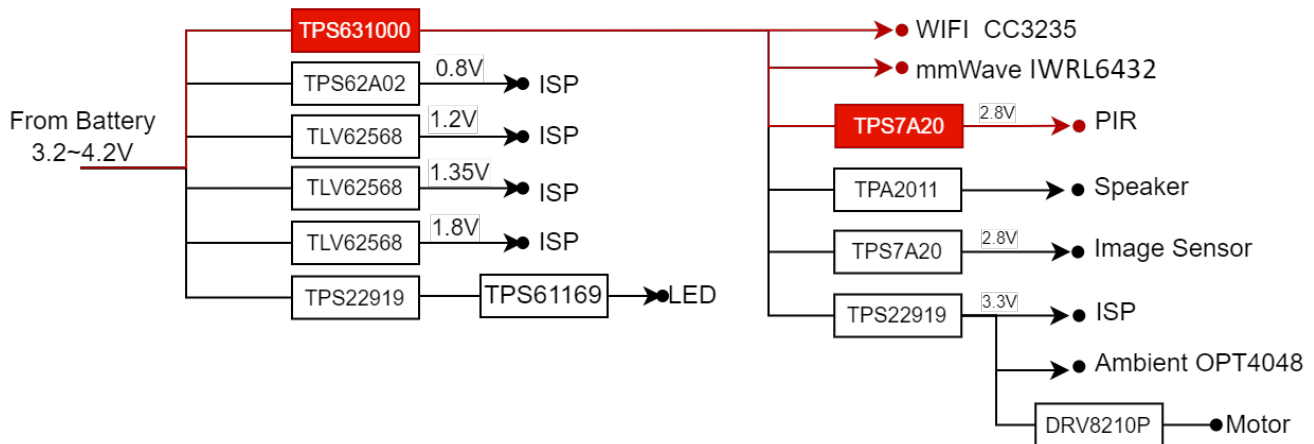


图 4-1. 电池供电摄像头电源树

4.1 常开电源轨

触发事件始终需要保持通电，这样才能及时响应事件。PIR 主要用于电池供电摄像头，以检测是否有人靠近。有时，PIR 不适合用于某些容易暴露在日光下的位置，因为这会导致多次误报唤醒整个系统。低成本毫米波 (IWRL6432) 探测器不存在此类问题。该探测器仅通过多普勒方式探测运动，并且不受温度和光的影响。Wi-Fi 不仅是传输视频流的主要方式，还需要接收远程命令，例如开始录制命令。但是，Wi-Fi 连接的功耗并不是很小，因此有一些方法可以加以改进，例如使用 Wi-Fi6 的 TWT、使用间歇性工作和睡眠的 Wi-Fi SOC，或使用 Sub-1GHz 专用协议连接特殊的远程站等等。TI Wi-Fi SOC CC3235 专为实现低功耗而设计，在休眠模式下功耗仅为 4.5uA，在深度睡眠模式下仅为 120uA。

图 4-2 是一种常见的电源结构设计。由于使用不同的 ISP SOC，一些低压电源轨略有不同。

锂电池输出电压会随温度和放电时间的变化而变化，如图 4-3 所示。为了从电池中获得大部分能量并获得用于检测和射频性能的稳定电压，降压/升压组件是一个不错的选择。

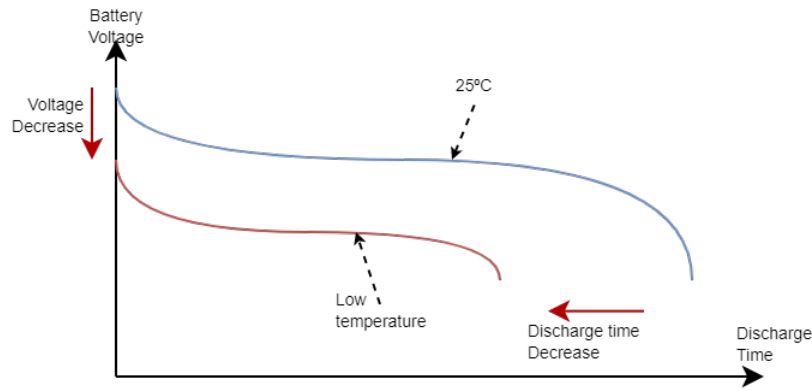


图 4-2. 电池输出电压和放电时间与温度间的关系

TPS631000 是 TI 最新的低成本降压/升压组件。TPS631000 采用 SOT 封装并只需非常少的外部组件，因此可降低总设计成本。

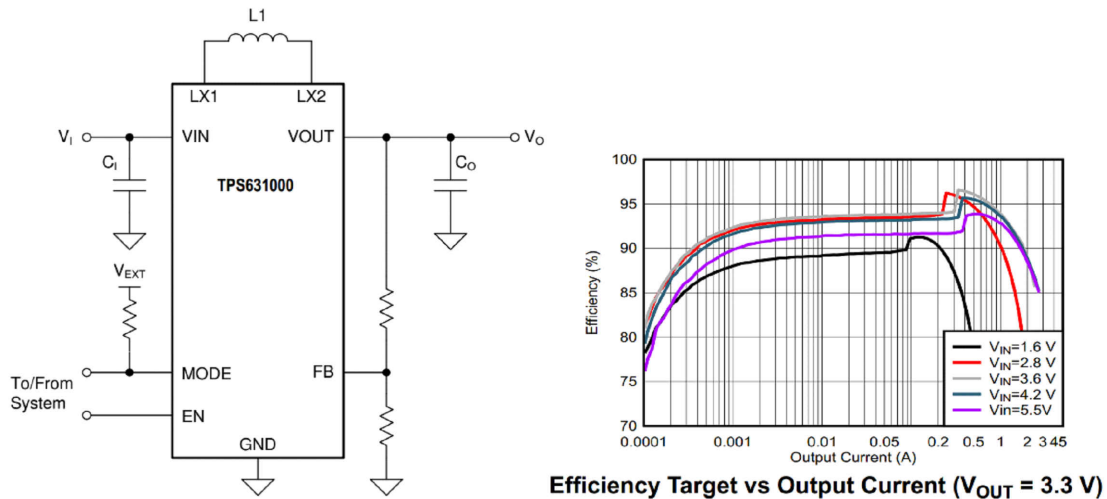


图 4-3. TPS631000 效率

TPS631000 设计专门针对电池电源进行了优化，其效率大多在 90% 以上，甚至超过 95%。它具有 8uA 的典型静态电流和 2MHz 的开关频率。由于所有这些特性，该器件非常适合用于要在常开模式下节省能源的电池电源系统。

TPS7A20 是 300mA 低成本 LDO，具有 7uVrms 的噪声、6.5uA 的静态电流和 95dB/1KHz 的高 PSRR LDO。由于具备这些特性，该器件非常适合保持常开来为低功耗系统中的传感器供电。在锂电池电源输入下，其关断电流小于 5nA。因此，它还可用于需要关断的系统。

尽管 Wi-Fi 组件始终由 TPS631000 供电，但 Wi-Fi 连接的功耗仍然相对较大。在大多数情况下，Wi-Fi SOC 采用间隔工作模式。CC3235 的 SDK 可以支持轻松配置进入深度睡眠或休眠模式，并可由 RTC 或 GPIO 或远程网络请求自动唤醒。

通常，常开电源轨是能耗的主要来源，无论是在电源转换器、PIR LDO、PIR 电路、毫米波电源轨还是 Wi-Fi 工作模式下，都需要更多地考虑电源效率和静态电流。

4.2 间歇性电源

为了延长电池工作寿命，视频处理电路大部分时间都处于关断模式，并在收到 PIR 触发、常规任务或远程网络请求等触发事件时唤醒并开始工作。视频处理电路由 ISP SOC、图像传感器、闪存、环境感应、红外/白光 LED、红外截止滤光片等组成。由于视频处理电路大部分时间都处于关断模式，因此关断电流和电源效率受到更多的关注。实际上，虽然视频处理电路的工作时间不是太长，但视频处理电路也是主要的能耗来源。

低压输出的效率很容易被忽略，尤其是因为有一些相似的电压输出效率。例如，设计中需要 0.8V 的效率，但规格中仅提供 1.2V 的电压输出效率。大多数情况下，电压输出越低，效率越差。因此，仅当电压输出大于给定规格时，才需要考虑基准电源效率。

TPS62A02 是一款 2A 降压转换器，在低压输出中具有非常高的效率。

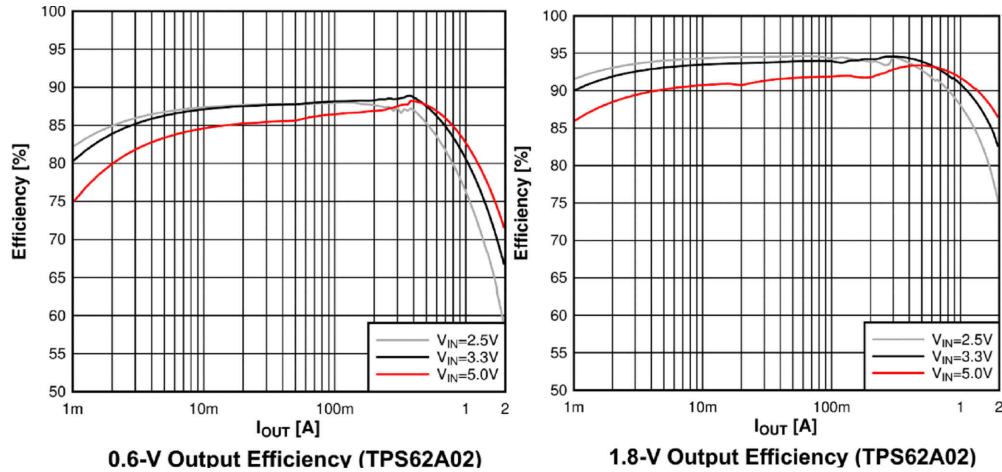


图 4-4. TPS62A02 效率

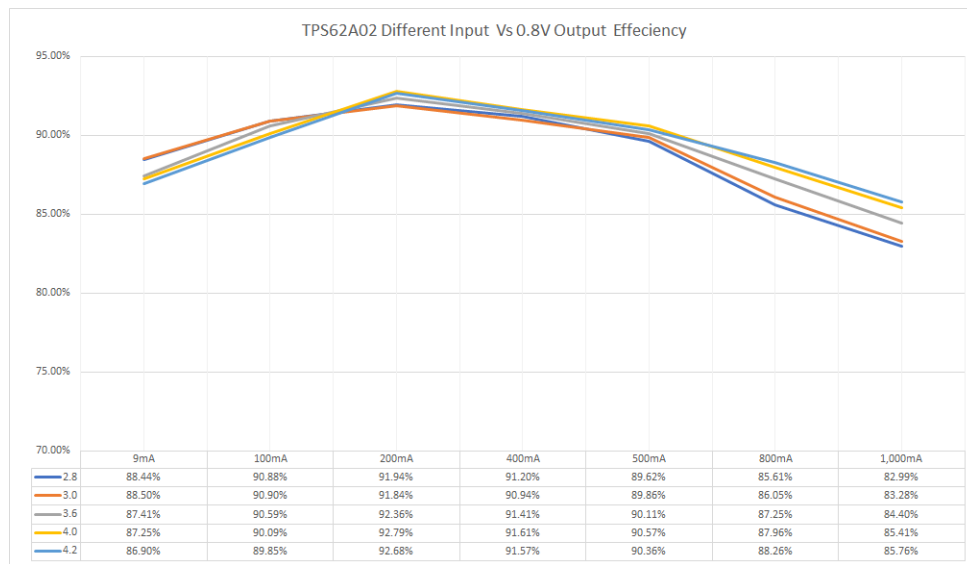


图 4-5. TPS62A02 输出 0.8V 效率

TPS62A02 关断电流典型值为 10nA。TPS62A02 还具有非常好的关断模式功能。

TLV62568 是一款成本超低的 1A 降压组件，具有良好的功效。关断电流典型值为 100nA

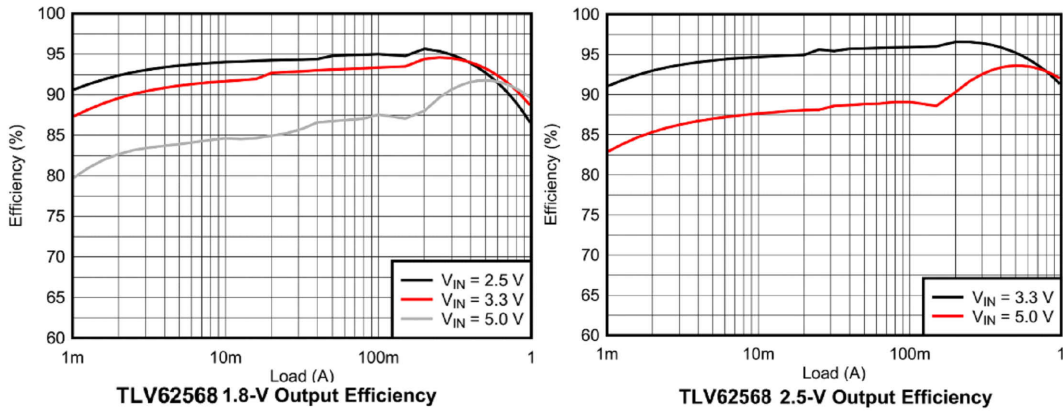


图 4-6. TLV62568 效率

有时，负载开关适用于在大多数时间关断某些非工作电路。TPS22919 是一款低成本 1.5A 负载开关。该负载开关的静态电流为 8uA，关断电流为 2nA。

4.3 高效率电源轨

基于之前的视频工作模式，合理的高效电源轨可以延长电池工作寿命。根据图 4-7，LED 照明、视频处理、常开 Wi-Fi 和音频的能耗最大。除了常开电源轨外，其他电源轨多数在电源轨处于唤醒状态且完全运行时消耗大电流。尤其是对于低压输出轨，如果不仔细选择正确的元件，效率会非常低。虽然成本是产品的关键因素，但总等效功效也是对电池寿命有很大影响的关键特性。

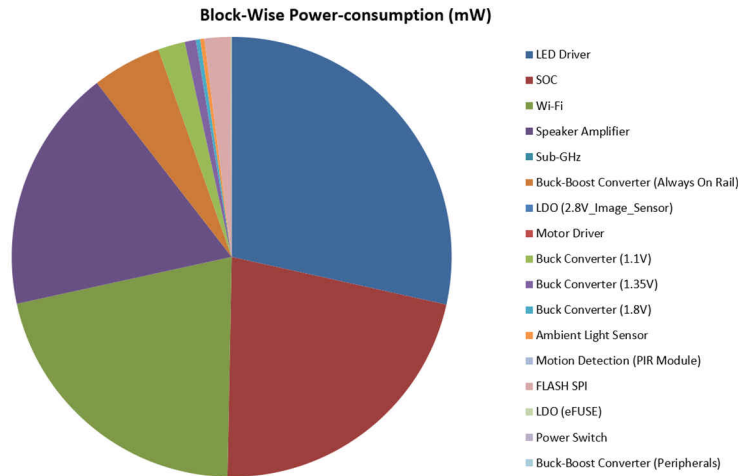


图 4-7. 电池供电摄像头能耗饼图示例

例如，假设设计的总效率为 70%，没有常开电源轨时的功耗占总能耗的 80%，实际电池工作寿命为 100 天。如果将总功效提高到 88%，则电池寿命如下：

$$100 \times \left((1 - 80\%) + 80\% \times \frac{88\%}{70\%} \right) \approx 120.5(\text{day}) \quad (1)$$

电池总工作寿命延长了 20% 以上。虽然这只是一个粗略的计算，因为没有增加一些睡眠、静态、关断电流变化，但该计算也表明总功效在电池供电摄像头中非常重要。

此外，应当在视频处理电路中使用高功效和低关断电流元件，并在常开电路中使用高功效和低静态电流元件。良好的电源结构有助于提高效率；例如，在图 4-1 中，如果 PIR LDO 和图像传感器 LDO 放置在降压/升压组件之前并直接与电池连接，则电源结构可以提供良好的噪声抑制，但效率有时会更差一些。

根据功耗结构设计，良好的电源管理策略可以延长电池寿命。此外，Wi-Fi SOC 低功耗特性和工作模式对电池寿命也有很大影响。

5 结论

在电池供电摄像头的电源设计中，良好的电源结构对于低功耗设计、电源效率以及睡眠/静态/关断电流非常重要。在设计常开电源轨、合理的视频处理和触发工作场景以及 LED 使用策略时，需要更加注意。

6 参考文献

- 德州仪器 (TI), [将 USB Type-C 和 USB Power Delivery 添加到电池供电型应用中](#), E2E™ 设计支持论坛。
- 德州仪器 (TI), [USB Type-C® 和 USB Power Delivery 应用和要求初探](#), 营销白皮书。
- 德州仪器 (TI), [使用线性还是开关充电器?](#), E2E™ 设计支持论坛。
- 德州仪器 (TI), [了解线性电源系统静态电流的基础知识](#), 营销白皮书。
- 德州仪器 (TI), [将 MLCC 短缺对电源应用的影响降至最低](#), E2E™ 设计支持论坛。

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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司