

BQ24800 的高功率设计方案

Yadong Duan

摘要

随着游戏笔记本的在 CPU 和 GPU 逐渐升级，近年来越来越多的游戏笔记本电脑的充电功率直线上升，为满足高性能笔记本性能的要求，人们对游戏笔记本的充电体验的要求也越来越高。因此游戏笔记本就需要一种能够支持高功率需求的方案。BQ24800 是降压充电方案，本文围绕 BQ24800 为主体介绍高功率的设计方案，帮助读者详细了解笔记本的高功率充电需求。

Contents

1	BQ24800 的电源配置	2
2	BQ24800 的高功率设计方案	4
3	总结	6

1 BQ24800 的电源配置

1.1 BQ24800 的功能概述

BQ24800 是一款高效同步降压型多化学电池充电器，支持 1、2、3 或 4 串电池，或其他最高电压为 19.2V 的电池。

笔记本的主控制器可通过 SM-Bus 精确控制充电电流、充电电压、输入电流限制和放电电流限制。此外，BQ24800 还支持两级输入电流限制（峰值功率模式），以充分利用适配器的性能并减少电池放电。BQ24800 通过高精度电流检测放大器密切监控系统功率 (PMON)、输入电流 (IADP) 和电池放电电流 (IDCHG)。如果电流过高，或者适配器或电池被移除，则会向 CPU 发送 PROCHOT 信号，以便 CPU 根据系统可用功率优化其性能。主机微控制器通过读写控制 BQ24800。

BQ24800 还具备动态电源管理 (DPM) 功能，可限制输入功率并避免交流适配器过载。在电池充电期间，随着系统功率的增加，充电电流将降低，以确保总输入电流低于适配器额定值。

如果系统功率需求暂时超过适配器额定值，BQ24800 支持混合功率提升模式，可通过开关稳压器提升电池电压，从而提供补充电流。BQ24800 具有两级输入电流 DPM（也称为峰值功率模式），允许用户扩展输入电流 DPM 以支持更高的输入电流，并设定一个过载时间，然后通过将输入电流限制在额定值来使适配器恢复。这可以充分利用适配器的功能来减少电池放电。

1.2 BQ24800 的输入电流限制

系统电流通常会随着系统部分组件的启动或休眠而波动。通过设置输入电流限制，交流电源适配器的电流消耗将被限制在设定的水平，以避免适配器过载。

来自电源适配器或其他直流电源的总输入电流是系统电流和电池充电所需电流之和。当输入电流超过设定的输入电流限制时，BQ24800 设备会降低充电电流，优先满足系统负载的需求。随着系统电流的增加，可用充电电流将降至 0。如果在充电电流降至 0 后系统负载继续增加，充电器将进入混合功率提升模式，并增加电池电量来支持系统负载，同时保持输入电流限制不变。

在 DPM 调节期间，总输入电流是设备供电电流 I_{BIAS} 、充电器输入电流和系统负载电流 L_{LOAD} 之和，可按如下方式估算：

$$I_{inout} = L_{LOAD} + \left[\frac{I_{BATTERY} \times V_{BATTERY}}{V_{IN} \times \gamma} \right] + I_{BIAS} \quad \text{公式 (1)}$$

在上述公式中， γ 是开关稳压器的效率， $I_{BATTERY}$ 是电池的充电或放电电流（充电时为正，放电时为负）。在充电模式下，充电器转换器处于降压配置。在混合功率升压模式下，充电器转换器处于升压配置。要设置输入电流限制，需要按照如 Figure 1 所示，寄存器 0X3F 配置输入电流。使用 10 mΩ 检测电阻时，BQ24800 器件提供的输入电流限制范围为 64 mA 至 8.128 A，分辨率为 64 mA。上电后，使用 10 mΩ 电流检测电阻 (RAC) 时，默认输入电流限制为 4096 mA。此外，如果写入 0 mA 或大于 8.128 A 的值，则写入操作将被视为无效，不会写入寄存器。

ACP 和 ACN 引脚用于检测 RAC，默认值为 10 mΩ。但也可以使用其他阻值的电阻。实际电流会根据 10 mΩ 与 RAC 的比值进行缩放。例如，当检测电阻为 20 mΩ 时，10 mΩ 电阻对应的输

入电流设定值为 4096 mA，而 4096 mA 对应的电流设定值为 2048 mA。检测电阻越大，检测电压越高，调节精度也越高，但代价是导通损耗越大，电流范围也越窄。

BIT	BIT NAME	DESCRIPTION
15		Not used; 1 = invalid write
14		Not used; 1 = invalid write
13		Not used; 1 = invalid write
12	Input current, DACIIN 6	0 = Adds 0 mA of input current 1 = Adds 4096 mA of input current
11	Input current, DACIIN 5	0 = Adds 0 mA of input current 1 = Adds 2048 mA of input current
10	Input current, DACIIN 4	0 = Adds 0 mA of input current 1 = Adds 1024 mA of input current
9	Input current, DACIIN 3	0 = Adds 0 mA of input current 1 = Adds 512 mA of input current
8	Input current, DACIIN 2	0 = Adds 0 mA of input current 1 = Adds 256 mA of input current
7	Input current, DACIIN 1	0 = Adds 0 mA of input current 1 = Adds 128 mA of input current
6	Input current, DACIIN 0	0 = Adds 0 mA of input current 1 = Adds 64 mA of input current Refer to Table 6-2 for allowed conditions to set this bit to 1.
5		Not used; value ignored
4		Not used; value ignored
3		Not used; value ignored
2		Not used; value ignored
1		Not used; value ignored
0		Not used; value ignored

Figure 1. 输入电流寄存器（0x3F），使用 10 mΩ检测电阻

1.3 BQ24800 的充电电流限制

BQ24800 设置充电电流和配置输入电流相似，需要按照如 Figure 1 所示，写入寄存器 0X14 配置充电电流。10 mΩ 检测电阻时，BQ24800 器件可提供 128 mA 至 8.128 A 的充电电流范围，步长为 64 mA。上电时，充电电流为 0 A。除 ACOV 外，任何 ACOK 为低电平的情况都会将充电电流复位为 0。发送 充电电流为 0 mA 会终止充电。为了提供二级保护，BQ24800 具有一个 ILIM 引脚，用户可以通过该引脚设置最大允许充电电流。

内部充电电流限制为充电电流设置的电压与 ILIM 引脚上的电压中的较低值。要禁用此功能，用户可以将 ILIM 拉高至 2 V 以上，2 V 是最大充电电流调节限制。将 寄存器 0X37 的字段 7 设置为 0 也会禁用 ILIM 引脚的充电电流限制，此时仅使用寄存器 0x14 的值。当 ILIM 低于 60 mV 时，电池充电将被禁用。最佳充电电流限制可由公式（2）得出：

$$I_{CHG} = \frac{V_{ILIM}}{20 \times R_{SR}} \quad \text{公式 (2)}$$

SRP 和 SRN 引脚用于检测 RSR，默认值为 10 mΩ。但也可以使用其他阻值的电阻。实际电流按 10 mΩ 与 RSR 的比值进行缩放。例如，在 10 mΩ 电阻上设定的充电电流为 4096mA，如果检测电阻为 20 mΩ，则电流变为 2048mA。检测电阻越大，检测电压越高，调节精度也越高；但代价是导通损耗也越大。如果电流检测电阻值过高，可能会触发过流保护阈值，因为电流纹波

电压过高。在这种情况下，应使用更高的电感值或更低的电流检测电阻值来限制电流纹波电压。建议电流检测电阻值不超过 $20\text{ m}\Omega$ 。

1.3 BQ24800 的短路保护电路

BQ24800 器件具有独特的短路保护功能。其逐周期电流监控功能通过监测开关 MOSFET 导通电阻 $R_{DS(on)}$ 上的压降来实现。如果 MOSFET 或电感发生短路，比较器会检测到过流情况，高侧 MOSFET (HSFET) 或低侧 MOSFET (LSFET) 在剩余的开关周期内关断，并且计数器加一。高侧和低侧 MOSFET 各自具有独立的比较器和计数器。当任一计数器达到 7 时，充电器将被锁定关闭，ACFET 和 RBFET 将被关断，从而断开适配器与系统的连接。BATFET 将被导通，从而将电池组连接到系统。每次功率级启用时，短路计数器都会被复位，但一旦任一计数器达到 7，充电器就会被锁定关闭。要使充电器从锁定关闭状态复位，必须将 IC 的 VCC 引脚拉低至低于欠压锁定 (UVLO) 电压，或者将 ACDET 引脚拉低至低于 0.6V 。

低侧 MOSFET V_{ds} 监控电路由寄存器 0X37 字段 7 使能，阈值为 250 mV ，测量点为 PHASE 引脚和 GND 引脚之间。高侧 MOSFET V_{ds} 监控电路由 0X37 字段 7 使能，阈值为 750 mV ，测量点为 ACP 引脚和 PHASE 引脚之间，包括 RAC 检测电阻和 HSFET。在混合升压和纯电池升压模式下，低侧 MOSFET 短路保护阈值用于逐周期限流，但充电器不会锁定关闭。

由于 MOSFET 短路保护存在开关噪声，逐周期充电过流保护可能在 MOSFET 短路保护触发之前检测到高电流并关闭 MOSFET。在这种情况下，充电器的 MOSFET 短路保护可能不会激活，因此计数器不会计数到 7 并锁定关闭。相反，充电器可能会以极窄的占空比持续开关，以限制逐周期电流峰值。然而，由于占空比限制在很短的时间内，且 MOSFET 仍应处于安全工作区内，因此充电器仍然安全，不会导致故障。在软启动期间，由于消隐时间的原因，检测到短路可能需要更长的时间，而不是仅仅七个开关周期。

2 BQ24800 的高功率设计方案

2.1 BQ24800 的配置高功率电流

2.1.1 电流采样搭建

BQ24800 的数据手册兼容 $5\text{ m}\Omega$ 、 $10\text{ m}\Omega$ 和 $20\text{ m}\Omega$ 的电流采样电阻，最大的输入电流可以支持到 320W ，但是由于新一代的充电能力、CPU 功耗和 GPU 功耗逐渐增加。 320W 的设计能力不能满足游戏笔记本的设计要求，需要增加功率满足更高性能的要求。上章节介绍了 BQ24800 的输入电流和输出电流的设计方案，ACP 和 ACN 引脚和 SRP 和 SRN 引脚用于采样电阻来检测输入电流和充电电流，并且电阻采取的默认值，所以可以根据更改采样电阻的阻值进行等笔直缩放就可以支持更高功率的电路。

BQ24800 支持更高功率的的充电需求，采样电阻可以配置成 $4\text{ m}\Omega$ 。对比等效成 $10\text{ m}\Omega$ 的 1A 时，引脚电压等效电压为 10mV ， $4\text{ m}\Omega$ 的电阻，等效电压为 10mV 时，电流约为 2.5A ，最大电流可以支持 20A 。于此同时，采样电阻修改成 $3\text{ m}\Omega$ ，等效电压为 10mV 时，电流约为 3.3A 。最大电流可以支持 27A 。这样可以很好提升 BQ24800 的输入电流和充电电流水平，提升 BQ24800 的设计功率，兼容更多应用场景。

2.1.2 采样限制因素

BQ24800 为支持大功率采样而采用了更小的采样电阻，因此需特别留意小阻值带来的潜在问题。采样电阻越小，在小电流下产生的电压差就越低，从而导致采样精度下降。例如在 $5\text{m}\Omega$ 电阻下， 1A 电流的采样精度可达 1% ；若换成 $3\text{m}\Omega$ 电阻， 1A 对应的采样精度将下降至相当于 $5\text{m}\Omega$ 电阻在 0.6A 时的水平，精度损失较为显著。

2.2 BQ24800 降低温升的设计方案

2.2.1 并联同相双 MOS 方案

BQ24800 的支持高功率设计需求，MOS 导致的开关损耗和导通损耗会成倍增加。假设 MOS 的 $R_{\text{DS(on)}}$ 为 $4\text{m}\Omega$ ，寄生电容 Q_g 为 20nC ，输入电流为 20A ，开关频率 600K ，输入电压 20V ，充电电流 16A 。根据降压 (Buck) 导通损耗公式 (3) 和开关损耗公式 (4)。通过计算可以得出整体损耗在 10W 左右，如果 MOS 添加散热铜盘，并且散热良好，热阻为 $13^\circ\text{C}/\text{W}$ 。根据公式 (5) 整体温升回达到 140°C 。这样整体设计会有很大挑战。

$$P_{\text{mos}} = \frac{R_{\text{ds}}}{2} \times I_{\text{RMS_high_mos}}^2 \quad \text{公式 (3)}$$

$$P_{\text{sw}} = \frac{Q_g}{I_{\text{DRIVE}}} \times \frac{1}{2} \times P_{\text{in}} \times f_{\text{sw}} \quad \text{公式 (4)}$$

$$\Delta T = R_{\text{REQ}} \times P_{\text{DISS}} \quad \text{公式 (5)}$$

为解决上述高功率造成的高损耗和温升，可以使用同相双 MOS 并联均流的方案，如 Figure 2 所示。并联双 MOS 可以实现损耗和温升实现均衡，降低单 MOS 下高损耗，使 BQ24800 能够支持高功率模式。

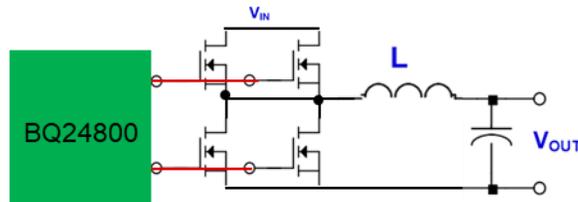


Figure 2. 并联双 MOS 方案

由于 BQ24800 的驱动电路按照单 MOS 方案进行设计，并联同相 MOS 需要考虑 BQ24800 的驱动能力。数据手册显示 BQ24800 的驱动的导通电阻如 Figure 3 所示，可以得出 BQ24800 的峰值电流。

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$R_{\text{DS_HI_ON}}$	High-side Driver (HSD) Turnon Resistance	$V_{\text{BTST}} - V_{\text{PH}} = 5.5\text{V}$		6	10	Ω
$R_{\text{DS_HI_OFF}}$	High-side Driver Turnoff Resistance	$V_{\text{BTST}} - V_{\text{PH}} = 5.5\text{V}$		0.9	1.4	Ω
$V_{\text{BTST_REFRESH}}$	Bootstrap refresh comparator threshold	$V_{\text{BTST}} - V_{\text{PH}}$ when LSFET refresh pulse is requested, $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$	3.85	4.3	4.7	V
$R_{\text{DS_LO_ON}}$	Low-side Driver (LSD) Turnon Resistance			7.5	12	Ω
$R_{\text{DS_LO_OFF}}$	Low-side Driver Turnoff Resistance			0.75	1.25	Ω

Figure 3. 导通电阻的范围

对于 MOS 的寄生电容 Q_g 过大会导致开关损耗增加，并且严重时导致驱动电压跌落的问题。BQ24800 的驱动电压为 6V，根据数据手册的数值可以得出峰值电流，根据公式 6 可判断寄生电容 Q_g 的范围。MOS 允许的最大的寄生电容 Q_g 的范围，并可以合理帮助并联双 MOS 的方案选型。

$$I_{PEAK} = C \times \frac{dv}{dt} = \frac{Q_g}{t_{sw}} \quad \text{公式 (6)}$$

确定 MOS 的寄生电容 Q_g 范围，可以根据计算损耗开关损耗，根据温升的项目要求，可以得出 MOS 的损耗范围，从而确认允许 MOS 的导通损耗来确定导通电阻 R_{dson} 。确认 MOS 参数范围，需要进一步确认 BQ24800 的自举电容的范围来满足并联双 MOS 应用场景。确定 MOS 的寄生电容 Q_g 和开启电压，可以根据公式得出自举电容的范围。

$$C_{boot} \geq \frac{Q_{gtotal}}{V'_{BOOT}} * k \quad \text{公式 (7)}$$

综上所述，BQ24800 为支持高功率的充电可以通过更改电流采样电阻和添加并联同相 MOS 的方案。

3 总结

随着游戏笔记本对 CPU 与 GPU 性能需求的不断提升，其系统功耗与充电功率也呈现出显著增长的趋势。BQ24800 作为一款高效、灵活的同步降压电池充电控制器，具备良好的功率扩展能力与系统管理特性，非常适用于当前高功率笔记本的充电设计需求。本文从 BQ24800 的基本电源配置出发，详细阐述了其输入电流限制、充电电流设置以及短路保护机制，为高功率应用提供了理论基础。在此基础上，进一步提出了两种关键的高功率设计策略：

1. 优化电流采样电阻配置：通过将默认的 $10 \text{ m}\Omega$ 采样电阻调整为 $4 \text{ m}\Omega$ 或 $3 \text{ m}\Omega$ ，可在保持相同检测电压的前提下显著提升输入与充电电流的承载能力，从而将系统功率扩展至 320W 以上，满足更高性能设备的供电需求。
2. 采用并联 MOS 结构以控制温升：在高功率场景中，MOS 管的开关与导通损耗成为系统热设计的主要挑战。通过引入同相双 MOS 并联方案，不仅有效分摊了电流与热负荷，还通过合理的器件选型与驱动能力评估，保障了系统在高效运行的同时具备良好的热稳定性。

综上所述，BQ24800 凭借其高度可配置的电源管理机制与完善的保护功能，结合上述高功率优化手段，能够很好地适应现代高性能笔记本电脑对高功率充电与热管理的严格要求，为相关产品的设计提供了可靠且灵活的解决方案。

参考文献

- [1] BQ24800 SMBus 1- to 4-Cell Buck Battery Charge Controller With Peak Power, Hybrid Power Boost and Battery Only Boost Modes.

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 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月