

# 如何设计电池充电速度快4倍的安全可穿戴设备

Brandon Hurst, 现场应用工程师

## 摘要

本文将介绍模拟真无线立体声(TWS)耳机应用电源架构的参考设计。它能将应用的快速充电速度提高近4倍，同时优化解决方案尺寸和系统BOM成本。使用热敏电阻和热成像测量得出的测试结果显示，与传统解决方案相比温度更低。该设计展示了采用单电感、多输出(SIMO)架构且具有自动裕量跟踪功能的解决方案所提供的众多优势。

## 引言

随着可穿戴设备革新的持续推进，对稳健电源架构的需求不断增加。在过去十年中，我们看到可穿戴健康监测设备大幅增长，这些设备的下一代可能会在相同的小尺寸解决方案中集成更多功能。可穿戴设备通常要求支持Wi-Fi、蓝牙®并具备生命体征监测(VSM)功能。对更多功能的需求，要求系统级和IC级设计人员更明智地选择可穿戴设备电源架构。

## 无线耳机的电源挑战

真无线立体声耳机应用目前需要将多个独立的稳压器放到一个小尺寸解决方案中——毕竟，整个系统需要放入我们的口袋中！

TWS耳机应用的典型电源系统如图1a所示。充电座和耳机之间的DC-DC转换器用于将电压从VSYS提升至5V USB电平。这样可以为耳机的线性充电器提供足够的裕量，避免出现电压下降的情况。然而，该解决方案有一个缺点，那就是由于耳机线性充电FET上的压差和损耗，效率损失很大。当耳机电池电量较低时，尤其明显。低效率充电会增加发热量，导致系统电池寿命缩短和产品可靠性降低。

在某些情况下（图1b），增加电力线通信(PLC)，并借助充电座侧的降压-升压调节器跟踪线性充电器的裕量，可以提高系统效率。

然而，可穿戴产品的解决方案尺寸非常宝贵。为可穿戴设备的外设供电的降压输出所需的PLC芯片和电感，会直接影响这两种传统解决方案的产品尺寸和成本。

## 更好的解决方案：SIMO架构和自动裕量跟踪

SIMO电源管理IC (PMIC)提供了满足紧凑设计要求所需的架构和效率。电池供电的可穿戴应用还能受益于一种称为自动裕量跟踪的技术，它可以充分减少电池充电电路上的压降，同时提供优化裕量来调节充电电流。这就减少了充电电路中的功率损耗和

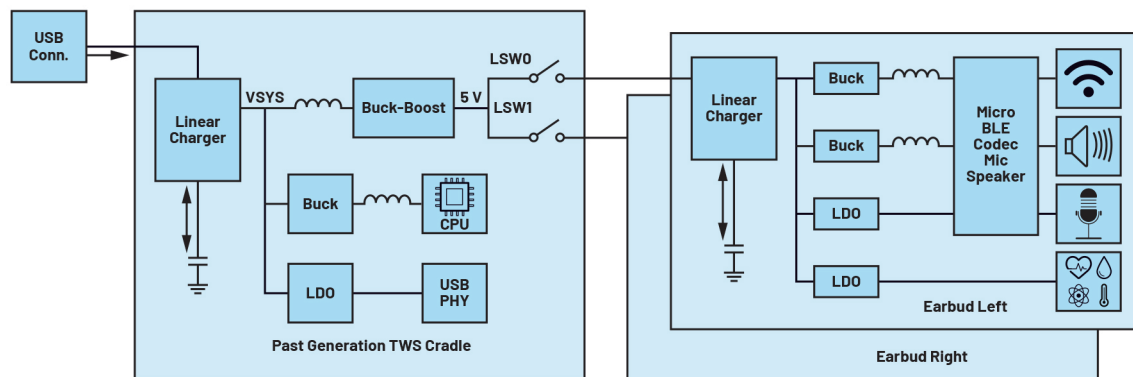


图1a. TWS耳机应用的典型电源架构图

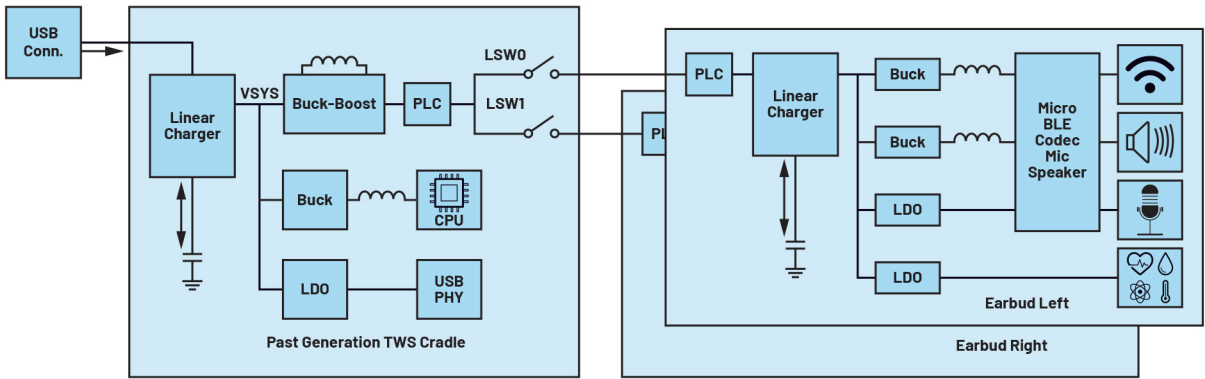


图1b. 带PLC的TWS耳机应用的典型电源架构图

发热量，而无需额外的元器件，可穿戴设备在充电时可以保持较低温度，甚至可以更快速地充电。

MAX77659是一款SIMO PMIC，旨在提高可穿戴消费和医疗设备的效率，并缩减系统板上空间和BOM尺寸。该PMIC具有三个使用同一电感的降压-升压输出，效率高达90%。它还包含一个额外的低压差(LDO)稳压器，适用于需要高电源电压抑制比(PSRR)的敏感应用，例如VSM。此外，SIMO架构在效率方面具有内在优势，并且其静态电流非常低，解决方案尺寸极小。

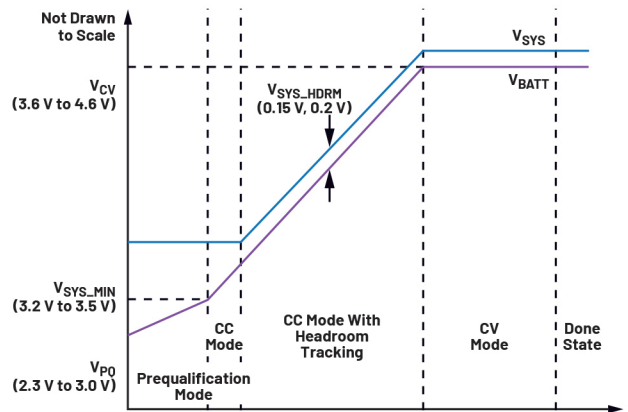


图2. 针对典型锂离子电池充电周期的自动裕量跟踪

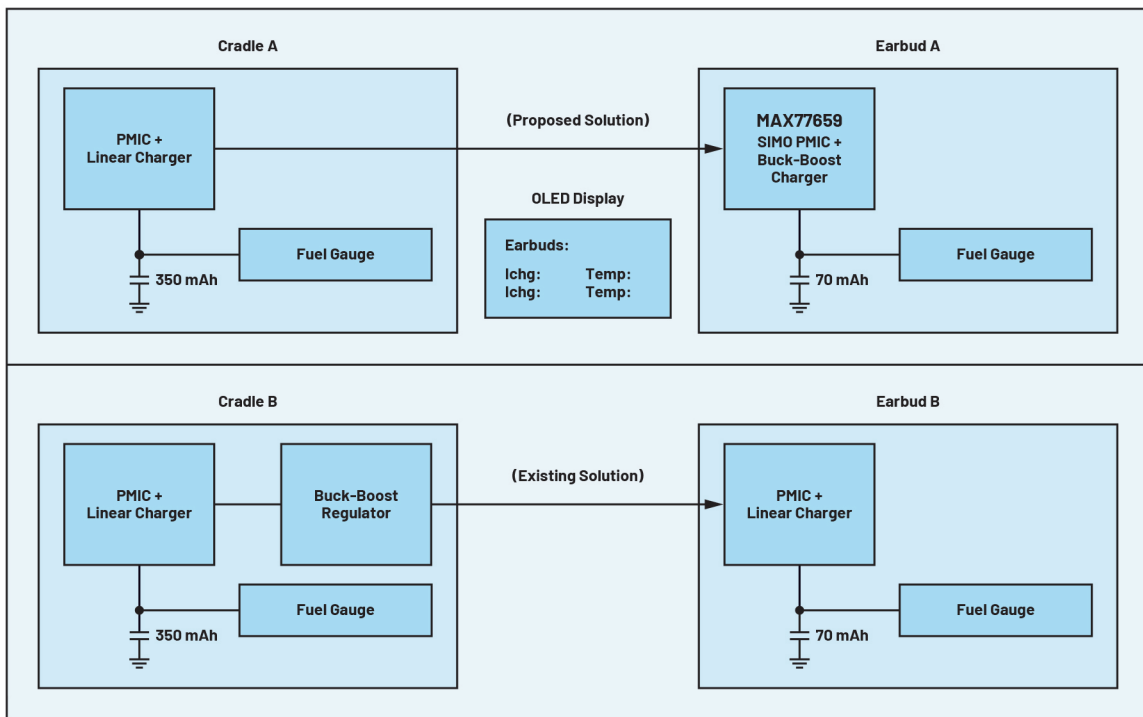


图3. 参考设计框图，比较了TWS耳机的建议解决方案和传统解决方案

MAX77659的自动裕量跟踪功能使用SIMO输出之一来充分减少电池充电晶体管上的压降，同时提供优化裕量来调节充电电流。其结果是晶体管上的功率损耗和发热量减少，所有这些都不需要额外的元器件。图2显示了对整个快速充电过程中的自动裕量跟踪。

## MAX77659参考设计

图3所示的参考设计将MAX77659 SIMO PMIC解决方案与典型的线性充电解决方案进行了比较。MAX77659 SIMO PMIC具有自动裕量跟踪功能，因此可以省去传统解决方案（图3，充电座B）中使用的降压-升压稳压器（图3，充电座A）。它提高了充电效率，延长了整个系统的电池寿命，并且减小了解决方案尺寸，降低了BOM成本。

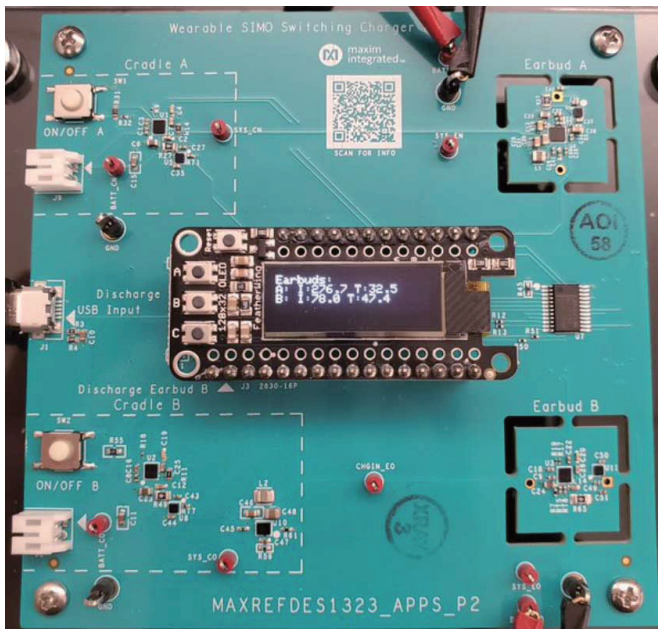


图4. MAXREFDES1323参考设计板

图4显示了MAX77659参考设计的完整PCB。该设计包括两对充电座/耳机解决方案，其中一对采用MAX77659 SIMO PMIC设计（充电座/耳机A），另一对采用典型的线性充电器设计（充电座/耳机B），使用MAX77734线性充电器。基板上的按钮可切换A和B分支的充电，OLED显示屏显示耳机的MAX17260电量计测得的充电电流和温度。屏幕还显示充电器状态，以及充电器何时因过热必须降低充电电流。

## 电池管理系统充电标准

日本电子和信息技术工业协会(JEITA)发布了与电池管理系统相关的标准，这些标准提供了严格而稳健的方法，通过减少系统和电池磨损来提高系统安全性和可靠性，为最终用户提供保障。

终端应用通常利用集成的JEITA保护功能，在电池充电的恒流(CC)和恒压(CV)阶段降低充电电流和电压水平。如果系统变得太热，可以降低充电电流和电压，以使电路降温。对电流的这种限制可以保护最终用户，使其不会感到不适，并保持系统的可靠性和使用寿命。遗憾的是，限制充电电流也意味着充电周期变慢。集成JEITA功能的需求代表了一种设计权衡，这给可穿戴设备设计带来了压力。长时间接受高充电电流也能保持较好热性能的解决方案可以缓解这种压力。

## 性能比较

为了检验传统解决方案和建议解决方案的热性能，我们在270 mA CHG\_CC（正常CC电流）和75 mA JEITA\_CC（高于JEITA\_WARM温度阈值的CC电流）下进行了1分钟充电测试。目标是显示这段时间内的热差异，并检查两种解决方案是否可以在不触发JEITA保护的情况下保持较高充电速度。为了提供可重复性，并将温升限制为仅IC所经历的温升，我们使用了电池仿真器。该测试使用的热阈值为45°C，比环境温度高2°C。参考设计的PCB是6层板，铜厚度分别为0.0014英寸、0.0007英寸、0.0007英寸、0.0007英寸、0.0007英寸和0.0014英寸。测试条件如表1所示，结果如表2所示。

表1. JEITA充电测试条件

测试配置	
CC	270 mA
JEITA CC	75 mA
JEITA暖温度	45°C
电池电压	3.0 V

表2. JEITA充电测试结果

时间(s)	解决方案A (MAX77659 SIMO PMIC)			解决方案B (线性充电器)		
	状态	温度(°C)	充电电流(mA)	状态	温度(°C)	充电电流(mA)
0	关	24.3	270	关	24.0	270
15	CC	29.1	270	CC	43.0	270
30	CC	32.2	270	JEITA CC	47.1	75
45	CC	33.3	270	JEITA CC	47.3	75
60	CC	35.4	270	JEITA CC	44.2	75

在测试过程中，MAX77659 SIMO解决方案在1分钟内升温11.1°C，并且在前三0秒后其升温速度明显减慢。所提出的解决方案在测试过程中的任何时候都没有进入JEITA模式。采用典型线性充电解决方案时，器件在短短15秒内升温近20°C，并触发JEITA保护，在仅30秒内就限制了充电电流。

## 热成像结果

此外，为了在未启用JEITA保护的情况下检查热行为，我们进行了单独的测试，并使用热像仪来测量SIMO PMIC解决方案和线性充电器解决方案的温度。参数与第一次测试相同，只不过禁用了JEITA保护。

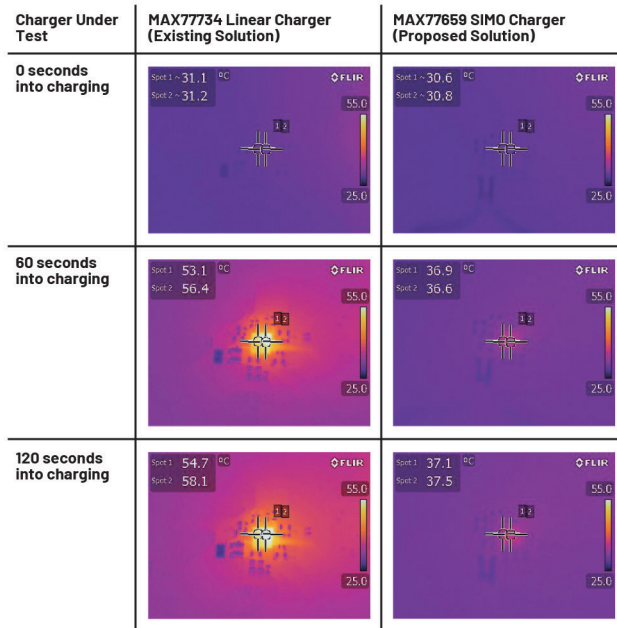


图5. 并行充电器解决方案的热成像

在2分钟的测试过程中，线性解决方案的温度升至58.1°C，而SIMO PMIC仅升至37.5°C。基于这些结果可知，与线性充电解决方案相比，SIMO解决方案能够将温升降低约72%。

## 结论

本文在模拟TWS耳塞应用中，将MAX77659 SIMO PMIC与传统线性充电解决方案进行了比较，展示了自动裕量跟踪和开关充电器解决方案的优势。结果表明，SIMO PMIC解决方案在热方面实现了巨大改进（热量减少72%），能够安全地维持几乎是传统线性充电解决方案4倍的充电电流。这有助于系统快速充电，同时保持低温和舒适性，从而解决可穿戴设备的关键难点。

MAX77659 SIMO PMIC为下一代可穿戴设备提供安全、可靠、舒适的充电解决方案，同时提高了效率，减少了必要的解决方案尺寸和系统BOM数量。如需了解更多信息，请访问ADI公司全面的SIMO PMIC和电量计平台，查看适用于下一代可穿戴设备的出色低功耗解决方案。

## 作者简介

Brandon Hurst是一位现场应用工程师，重点关注软件和嵌入式系统。他专注于嵌入式系统以及电池充电和电量计量。他毕业于加州州立理工大学，获得电气工程学士学位，并于2021年1月加入Maxim Integrated（现为ADI公司的一部分）。

## 在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛

与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问 [ez.analog.com/cn](http://ez.analog.com/cn)



世健系统(香港)有限公司  
世健国际贸易(上海)有限公司  
info@excelpoint.com.hk



世健官方微信



世健官方网站  
www.EXCELPPOINT.com.cn



世健商城  
www.EXCELCIPS.cn

香港 +852 2503 2212  
成都 +86 28 8652 7611  
济南 +86 531 8096 5769  
深圳 +86 755 8364 0166  
西安 +86 29 8765 1058  
东莞 +86 769 8191 5827  
沈阳 +86 24 3193 7067

上海 +86 10 6580 2113  
福州 +86 591 8335 7003  
南京 +86 25 8689 3130  
苏州 +86 512 6530 8283  
珠海 +86 756 8616 869  
合肥 +86 139 2377 2952  
无锡 +86 185 5103 2234

北京 +86 10 6580 2113  
广州 +86 20 3893 9561  
宁波 +86 574 8386 5759  
武汉 +86 27 8769 0883  
重庆 +86 136 2830 7074  
惠州 +86 136 8076 4680  
烟台 +86 155 5222 0532

长沙 +86 731 8220 4725  
杭州 +86 571 8528 2185  
青岛 +86 532 8502 6539  
厦门 +86 592 5042 386  
大连 +86 156 4083 6155  
昆明 +86 157 9793 9565  
郑州 +86 138 0384 6359