

Application and practice of low-power technology in electronic information engineering in product development

Di Zeng

Guangxi Lobel Technology Development Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract

In the era of big data, At present, electronic information engineering pays more and more attention to low power technology, especially in product research and development, many electronic products tend to be smaller, pay attention to the portability, but also need to take into account high performance. During the whole process, Low power design needs to be considered in product development, As a key point of market competition, In the research and development process, Low-power technologies are becoming increasingly critical, In addition to considering that the product's battery has high performance and long endurance, Also need to reduce energy consumption, In particular, it can take into account the operation stability of the product, Make the user experience better, With a high reliability, Low-power technologies are very critical in this regard, This paper further analyzes the application of low power technology and the use in product development, The development and understanding of this technology can play a certain role in promoting.

Keywords

The era of big data;electronic information engineering; energy consumption; low power consumption technology

大数据时代下电子信息工程中低功耗技术在产品研发中的应用与实践

曾迪

广西洛贝尔科技开发有限公司, 中国·广西 南宁 530000

摘要

大数据时代下, 电子信息工程越来越看重低功耗技术, 尤其是在产品的研发方面, 很多的电子产品都趋向于小型化, 注重携带的便携性, 还需要兼顾较高的性能。整个过程中, 产品研发角度上就需要考虑低功耗设计, 作为市场竞争的关键点, 在研发过程中, 低功耗技术越来越关键, 除了要考虑产品的电池有较高的性能以及较长的续航, 还需要缩减能源消耗量, 尤其是能够同时兼顾产品的运行稳定性, 使得用户的体验更好, 具备较高的可靠性, 低功耗技术在此方面是非常关键的, 文章针对低功耗技术的应用以及在产品研发方面的使用情况进行进一步的研究分析, 对此项技术的发展以及认识能够起到一定的推进作用。

关键词

大数据时代; 电子信息工程, 能源消耗量, 低功耗技术

1 低功耗技术在硬件设计中的应用

1.1 芯片选型及其优化

选择低功耗芯片: 在产品研发的起始阶段, 审慎且精准地选择低功耗芯片, 无疑是构建整体低功耗设计框架的基石。以微控制器 (MCU) 为例, 众多芯片制造厂商纷纷瞄准低功耗应用领域, 推出功耗低的一系列产品。这些芯片在设计上独具匠心, 在空闲模式与睡眠模式下, 能够实现功耗的大幅降低。部分先进的 MCU, 在睡眠模式的电流消耗甚至可低至微安级别, 这一卓越性能极大地契合了对功耗要求

严苛的应用场景。低功耗芯片如图 1 所示。

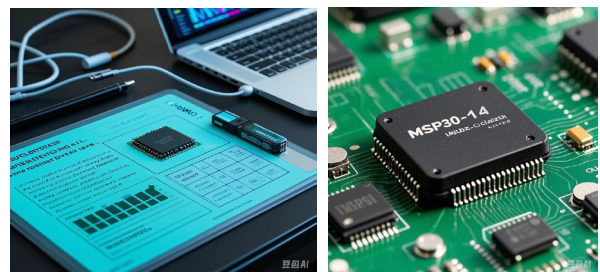


图 1 芯片

以 TI (德州仪器) 旗下经典 MSP430 系列 MCU 来说, 其凭借独特的超低功耗架构, 在电池供电的应用场景中展现出了无与伦比的优势。该系列芯片采用了创新的时钟系统,

【作者简介】曾迪 (1968-), 男, 中国广西南宁人, 本科, 从事电子技术研究。

能够灵活地根据实际工作需求,动态调整时钟频率,从而精准控制功耗。在诸如便携式医疗设备、智能穿戴设备等续航能力要求极高的领域,MSP430系列MCU得到了极为广泛的应用。在便携式血糖仪中,MSP430芯片能够在长时间稳定运行的同时,保持极低的功耗,确保设备在一次电池更换后,可维持数月的正常使用,极大地提升了产品的实用性与用户体验。

优化芯片外围电路:芯片外围电路的设计同样对整体功耗有着不可忽视的影响。在电阻、电容等无源器件的选型过程中,需充分考量其参数对功耗的作用。例如,低ESR(等效串联电阻)的电容在电源电路中能够有效抑制纹波电流,减少因电流波动导致的额外功耗。以一个典型的DC-DC电源转换电路为例,当选用低ESR电容时,电路中的纹波电流可降低约30%,相应地,电源转换效率得以提升,功耗显著降低^[1]。

1.2 电源管理系统设计

电源管理系统设计示意图涵盖多个关键模块,以实现高效的能源转换与分配。典型的系统包含输入模块、转换模块、输出模块以及控制模块。输入模块负责接入各类电源,如交流市电、电池或能量收集装置。转换模块运用不同拓扑结构的电路,如Buck、Boost、Buck-Boost等,对输入电压进行升降压处理,以适配负载需求。输出模块则为负载提供稳定的电压和电流。控制模块实时监测系统参数,通过反馈机制调整转换模块的工作状态,确保系统稳定运行。在电池供电系统中,还需考虑充电管理模块,对电池进行智能充电,延长电池寿命。

1.2.1 滤波电容计算

对于整流滤波电路,假设电容一直处于放电状态(极端情况以简化计算),此时纹波电压最稳定。根据电容的基本公式:

$$C = \frac{i}{V_{\text{ripple}} \cdot f}$$

$q = i \times t$, 且 $t = \frac{1}{f}$, f 为电源频率, Δu 为纹波电压 V_{ripple} 。

然而,实际中电容存在容差,且输入电压与输出负载是变化的,因此需要乘以系数 k ($k > 1$),具体值取决于实际应用场景和电容特性,最终得出电容的计算公式为:

$$C = k \cdot \frac{i}{V_{\text{ripple}} \cdot f}$$

电容器的容抗计算公式为: $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$ 。当 f 趋向于 0 (即直流电) 时, X_C 趋向于 ∞ , 此时电容失去滤波能力;若 f 很大,电容可选取较小值,且在开关电源中,二极管 D1~D4 可以主动导通。

1.2.2 电容能量计算

一般推导:根据电容的定义式 $q = C \times u$,画出 $q-u$ 图像。电容器充电稳定后,其储存的能量 E 等于图像阴影部分的面积。其公式为:

$$E = \frac{1}{2} C u^2$$

由 $q = C \times u$ 可得 $E = \frac{1}{2} q u$, 又因为 $q = C \times u$, 所以 $E = \frac{1}{2} C u^2$ 。若已知电容 C 和电容器储存的电荷量 q , 则 $E = \frac{q^2}{2C}$:

$$E = \frac{q^2}{2C}$$

1.2.3 积分计算

任意时刻 t 电容吸收的总能量即电容的储能,列出式子 $E = \int_0^t p(t) dt$, 其中 $p(t) = u(t)i(t)$ 。将电容的电压电流关系式 $i = C \frac{du}{dt}$ 代入上式,得 $E = \int_0^t u C \frac{du}{dt} dt = \int_0^u C u du$:

$$i = C \frac{du}{dt} E = \int_0^t u(t) \cdot C \frac{du}{dt} dt$$

积分后得到 $E = \frac{1}{2} C u^2$, 进一步变形为 $E = \frac{q^2}{2C}$, 因为 $q = C \times u$:

$$u = u(t) E = \int_0^u C u du$$

从电场力做功角度, $E = q \times u$, 但由于电压 u 是电荷量 q 的函数 $u = \frac{q}{C}$, 需要对 $E = \int_0^q u dq$ 进行积分来找到电场力做的总功,即从 0 到 q 所做的功。将 $u = \frac{q}{C}$ 代入上式,可得 $E = \int_0^q \frac{q}{C} dq$ 。积分后得到 $E = \frac{q^2}{2C}$:

$$E = \frac{1}{2} C u^2$$

1.2.4 电感能量计算

任意时刻 t 电感吸收的总能量即电感的储能为 $E = \int_0^t p(t) dt$, 其中 $p(t) = u(t)i(t)$ 。

将电感的电压电流关系式 $u = L \frac{di}{dt}$ 代入上式,得:

$$u = L \frac{di}{dt} E = \int_0^t i(t) \cdot L \frac{di}{dt} dt$$

积分后得到 $E = \frac{1}{2} L i^2$:

$$E = \frac{1}{2} L i^2$$

Buck 电路占空比计算:根据伏秒平衡原理,在一个周期 T 内,电感两端电压的伏秒积为零,即 $V_{\text{L}} D T = (V_{\text{O}})(1 - D)T$, V_{L} 为输入电压, V_{O} 为输出电压, D 为占空比, T 为周期。将上式推导可得 $D = \frac{V_{\text{O}}}{V_{\text{L}} + V_{\text{O}}}$, 由于 $V_{\text{L}} > 0$, $V_{\text{O}} > 0$, 所以 $D < 1$, 这表明 Buck 电路一定是降压输出。若考虑二极管 D 的正向电压 V_{F} 、MOS 管的 $R_{\text{DS(on)}}$, 则 D 的公式可表示为 $D = \frac{V_{\text{O}} + V_{\text{F}}}{V_{\text{L}} - I_{\text{O}} R_{\text{DS(on)}} + V_{\text{F}}}$, I_{O} 为输出电流:

$$(V_{\text{F}}, R_{\text{DS(on)}}) D = \frac{V_{\text{O}} + V_{\text{F}}}{V_{\text{L}} - I_{\text{O}} R_{\text{DS(on)}} + V_{\text{F}}}$$

Boost 电路占空比计算:电感公式 $u = L \frac{di}{dt}$, 当电感两端电压 V 不变,电感量 L 为常数时, $\frac{di}{dt}$ 为一个常数,说明电流随时间线性变化。根据伏秒平衡 $V_{\text{L}}(1 - D)T = (V_{\text{O}} - V_{\text{L}})DT$, V_{L} 为输入电压, V_{O} 为输出电压, D 为占空比。已知 $V_{\text{O}} = \frac{V_{\text{L}}}{1 - D}$, 将

其代入伏秒平衡公式并整理可得 $D=\frac{V_o-V_i}{V_o-V_i-V_D}$ ：

$$D=\frac{V_o-V_i}{V_o}$$

$$V_D: D=\frac{V_o-V_i-V_D}{V_o}$$

若考虑二极管正向电压 V_D ，则公式变为 $D=\frac{V_o-V_i-V_D}{V_o-V_i-V_D}$ 不同电源管理技术对比如表 1 所示。

表 1 不同电源管理技术对比

电源管理技术	优点	缺点	适用场景
电池技术 (如锂离子电池)	能量密度相对较高,可提供稳定电源	有一定充放电次数限制,随着使用电池性能下降	各类便携式电子设备,对体积和重量有一定要求的设备
能量收集技术 (太阳能、振动能等)	可持续供电,减少对传统电池依赖	能源获取受环境因素影响大,输出功率不稳定	环境能量丰富且设备对功率需求不高的场景,如部分物联网传感器
低功耗设计 (优化硬件和软件)	降低设备整体能耗,延长电池寿命	可能会在一定程度上限制设备性能	对电池续航要求高,且设备性能需求可适当妥协的场景

1.2.5 核心算法

智能电源管理算法：通过实时监测系统的各项参数，如电压、电流、功率以及负载状态等，运用智能算法对能源使用进行优化。该算法可根据设备的实际应用需求，动态调整电源消耗。在设备处于轻载状态时，降低转换模块的工作频率，减少不必要的功耗；当负载增加时，迅速调整工作参数，确保输出稳定的功率^[2]。

自适应电源管理算法：此算法能够根据设备的使用模式和环境条件动态调整能源消耗。利用传感器获取环境温度、湿度等信息，以及设备的运行时长、操作频率等使用模式数据。当环境温度过高时，自动降低设备的性能，减少发热，同时调整电源管理策略，降低功耗；在设备长时间处于待机模式时，进一步降低电源输出，进入深度睡眠状态，仅保留必要的监测功能，以实现更高的能效。

高效电源转换：采用先进且高效的电源转换芯片与拓扑结构，是降低电源功耗的核心要点。在传统的电源转换方案中，线性电源虽具有输出电压稳定、噪声低等优点，但其转换效率往往较低，通常仅能达到 40% - 60%。与之形成鲜明对比的是，开关电源（SMPS）凭借其独特的工作原理，在转换过程中展现出了极高的效率，一般可达到 80% - 95%^[3]。

动态电源管理：依据系统不同的工作状态，实时且精准地动态调整电源供应策略，是实现低功耗设计的重要手段。现代处理器大多支持动态电压频率调整（DVFS）技术，这一技术赋予了操作系统根据任务负载实时调节处理器电压与频率的能力。当系统处于轻负载状态时，如后台运行一些低优先级任务，操作系统可自动降低处理器的工作电压与频率，在满足任务执行需求的前提下，大幅降低处理器的功耗。实验数据表明，通过合理运用 DVFS 技术，处理器在轻负载状态下的功耗可降低约 40%。

1.3 硬件休眠与唤醒机制

休眠模式设计：构建科学合理的硬件休眠模式，使系统在无需工作时能够迅速进入低功耗状态，是降低系统整体功耗的关键环节。以无线通信模块为例，在无数据传输任务

期间，可将其设置为休眠模式。此时，模块内部的大部分电路停止工作，仅保留少量用于唤醒检测的电路，其功耗可骤降至正常工作时的几十分之一甚至更低。通过硬件引脚或软件指令触发休眠模式，能够确保系统在需要时快速响应，及时恢复正常工作状态。

唤醒电路设计：为确保系统能够在需要时迅速、可靠地唤醒，设计稳定、高效的唤醒电路至关重要。常见的唤醒方式包括外部中断唤醒、定时器唤醒等。以外部中断唤醒为例，通过将一个外部按键连接至微控制器的中断引脚，当按键按下时，瞬间产生中断信号，该信号可迅速唤醒处于休眠状态的系统。在一些对实时性要求较高的应用场景中，如智能门锁系统，用户按下开锁按键后，外部中断唤醒机制能够确保系统在毫秒级时间内响应，实现快速开锁操作。

2 低功耗技术在软件设计中的应用

2.1 算法优化

精简代码：在嵌入式软件开发过程中，编写高效、简洁的代码是降低系统功耗的重要途径。避免使用复杂、冗长的算法结构与代码逻辑，转而采用简洁明了、高效实用的算法来实现相同功能，能够显著减少处理器的计算量与内存开销。

在数据处理算法方面，合理选择数据结构与算法至关重要。以对大量传感器数据进行滤波处理为例，相较于传统的复杂滤波算法，采用简单且高效的移动平均滤波算法，不仅能够满足滤波需求，还可将数据处理时间缩短约 30%，从而降低了处理器的工作负荷，减少了功耗。

睡眠与唤醒策略优化：在软件层面，精细规划系统的睡眠与唤醒时间，是实现低功耗运行的关键策略。通过精确计算任务的执行时长与时间间隔，确保系统在完成任务后能够迅速进入睡眠状态，并在恰当的时间准时唤醒执行下一个任务。

2.2 软件功耗管理

进程调度优化：在多任务操作系统环境下，优化进程调度算法，优先执行对实时性要求高且功耗较低的任务，能

够有效避免因任务不合理调度导致的系统整体功耗升高问题。基于优先级的抢占式调度算法,能够确保关键任务在第一时间得到处理器资源,及时响应外部事件,同时合理分配处理器时间给其他任务,实现系统性能与功耗的平衡。

在一款智能车载中控系统中,导航功能属于对实时性要求极高的任务,而音乐播放等任务对实时性要求相对较低。通过采用基于优先级的抢占式调度算法,系统在确保导航功能流畅运行的同时,合理安排音乐播放等任务的执行时间,使系统平均功耗降低了约30%。

动态功耗控制:借助软件实时监测系统的功耗状态,依据预设的功耗阈值动态调整系统的工作模式,是实现软件功耗管理的重要手段。当系统检测到电池电量较低时,自动降低屏幕亮度、关闭一些非必要的功能模块,如蓝牙自动搜索功能、Wi-Fi热点等,以降低系统功耗,延长电池使用时间。

在一款智能手机中,当电池电量低于20%时,系统自动触发动态功耗控制机制。屏幕亮度降低30%,非必要的后台应用程序被关闭,同时模块进入低功耗扫描模式。经测试,通过这一系列动态功耗控制措施,手机在低电量状态下的续航时间可延长约20%。

3 低功耗技术在产品研发中的实践案例

3.1 智能手环产品研发

在电源管理方面,智能手环采用了高效的电源转换芯片与动态电源管理技术。根据手环不同的工作状态,如运动监测、睡眠监测、待机 etc,精准动态调整电源供应。在运动监测模式下,系统为满足实时数据采集与处理需求,提供充足的电源支持;而在待机状态下,大幅降低电源供应,仅维持基本的时钟与唤醒检测功能。在此基础上,能够延长电池使用的时间,最大程度地提升客户使用时长,能够很大程度地避免短时间断电影响客户的使用。

在软件设计上,对传感器数据采集算法进行了深度优化,去除了不必要的数据处理环节,减少了数据传输量与计算时间。同时,合理规划系统的睡眠与唤醒时间,确保手环在保证各项功能正常运行的前提下,将功耗降至最低。通过这些综合措施,智能手环成功实现了长达数天甚至数周的续航时间,满足了用户对便捷、长续航智能穿戴设备的需求。

3.2 物联网节点设备研发

目前物联网随处可见,尤其是各个节点的分布以及各个节点的设计方面,大部分是以最低投入并不影响正常运行

作为基础,物联网节点设备通常需要在无人值守的环境下,依靠电池供电实现长时间稳定运行,这对低功耗技术提出了极高的要求。在这类设备的研发过程中,低功耗技术全方位融入硬件与软件设计的各个环节。

在硬件方面,精心选用低功耗的传感器与通信模块。以TI的CC2640R2F蓝牙低功耗模块为例,其在数据传输与待机状态下的功耗均处于行业领先水平。同时,构建了高效的电源管理系统,采用太阳能充电与电池供电相结合的创新供电模式,并配备完善的休眠与唤醒机制。在大部分时间里,物联网节点设备处于休眠状态,仅在需要采集和传输数据时短暂唤醒,极大地降低了设备的整体功耗。在软件层面,通过优化数据处理算法与通信协议,减少数据传输量与处理时间。例如,采用数据压缩算法对采集到的传感器数据进行预处理,在保证数据准确性的前提下,将数据传输量降低了约50%。通过这些低功耗技术的协同应用,物联网节点设备能够在恶劣环境下长时间稳定运行,显著降低了设备的维护成本,为大规模物联网应用的推广奠定了坚实基础。

4 结论

低功耗技术在电子信息工程产品研发中的深度应用与实践,已成为提升产品市场竞争力的核心驱动力。通过在硬件设计环节中,精心选择低功耗芯片、优化电源管理系统以及构建合理的休眠唤醒机制;在软件设计过程中,积极开展算法优化与软件功耗管理等一系列措施,能够显著降低产品的功耗水平,有效延长电池续航时间,大幅提升产品的稳定性与可靠性。

在实际产品研发实践中,结合大数据技术,紧密联系具体的应用场景与用户需求,综合运用多种低功耗技术,是打造具有市场竞争力的电子信息产品的关键所在。随着科技的持续进步,低功耗技术也将不断创新与完善,为电子信息工程领域的蓬勃发展带来更多的机遇与挑战,推动行业持续向前发展,为用户带来更加优质、高效、低功耗的电子产品。

参考文献

- [1] 尹标迪. 信息工程中电子设备的低功耗设计策略[J]. 机械与电子控制工程,2024,6(11).
- [2] 邓娟,董姝婧,周骏,等. 高温超导技术在电子战中的应用[J]. 电子信息对抗技术,2023,38(3):73-80.
- [3] 中国工程院:我国电子信息领域面临"十三大挑战"[J]. 网络安全,2022(3):97.