

基于MAX32664的可穿戴光学测量解决方案

Terry Wu, Maxim Integrated (现为ADI公司一部分) 低功耗团队高级应用工程师

简介

在日益流行的可穿戴设备市场中，基于光电容积脉搏波(PPG)技术的光学测量解决方案的应用日趋广泛。Maxim Integrated (现为ADI公司一部分)推出了一些综合性的光学生物检测解决方案，旨在支持这些设备的健康监测功能。本文将介绍这些传感器解决方案，重点介绍Maxim的光学人体生理指标测量算法和MAX32664低功耗生物识别传感器中枢的性能和优势。

Maxim提供完整的光学生物检测解决方案

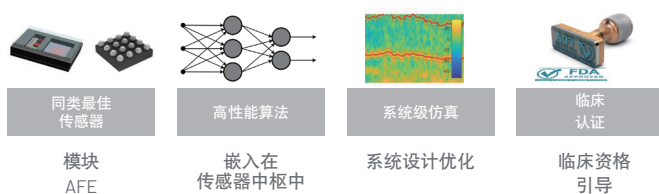


图1. 完整的光学生物检测开发解决方案

如图1所示，一个完整的可穿戴光学生物检测解决方案由四个主要部分组成：

- **性能出色的传感器：**Maxim推出了一系列光学测量传感器，适用于人耳、手腕、指尖、前额、腹部等身体测量部位。这些传感器可以测量心率(HR)、心率变异性(HRV)、血压趋势(BPT)和血氧饱和度(SpO2)等生理特征。该系列产品体积小、功耗低、信噪比高，可为测量系统提供高质量的原始数据。
- **高性能、高精度人体生理指标测量算法：**Maxim的算法团队完成了基本生理指标 (HR、HRV、SpO2、BPT) 的测量，并确定算法输出精度可以满足美国食品药品监督管理局(FDA)的测量标准要求。此外，Maxim算法可以输出支持先进应用的结果，例如行为和运动检测，以及睡眠监测。客户可以为特定应用选择不同的算法模块。所有算法都集成到MAX32664低功耗生物传感器中枢中，使主机微控制器单元(MCU)可以自由地执行系统中的其他任务，且消除了各种类型的算法许可负担。
- **系统级设计模拟与验证：**生理特征测量需要涵盖不同的人群，以及肤色、体毛、血量和可能影响测量结果的差异化的生物因素。光学测量方法在结构上容易受到环境光的干扰，其微小信号也会受到硬件设计中的其他高频信号的干扰。

这些因素都会大大增加产品设计的难度。Maxim可以提供完整的设计规范和参考设计，以支持结构和硬件设计过程。客户只需简单修改参考设计即可完成定制设计，大大缩短了产品设计周期。

- **专业临床验证指导：**Maxim在产品开发过程中积累了丰富的临床验证经验，并与世界各地的权威认证机构保持着良好的合作关系。在相关权威机构执行临床验证和认证过程期间，这些宝贵经验可以为客户提供指南。

综上所述，Maxim的完整的光学生物检测开发解决方案让客户能够灵活选择产品特性，大大缩短了产品的设计周期和验证时间。他们还可以将解决方案无缝地集成到他们自己的开发平台中，帮助缩短上市时间。

传感器中枢介绍

MAX32664是Maxim人体生理指标测量解决方案的一部分，内置可穿戴设备固件和算法。它可以无缝使能客户所需的传感器功能，包括与Maxim的光学传感器解决方案通信，并输出原始数据或算法数据。主机只需通过I²C接口读取MAX32664的输出，即可获得所需的生物特征测量结果。图2显示其系统功能框图。

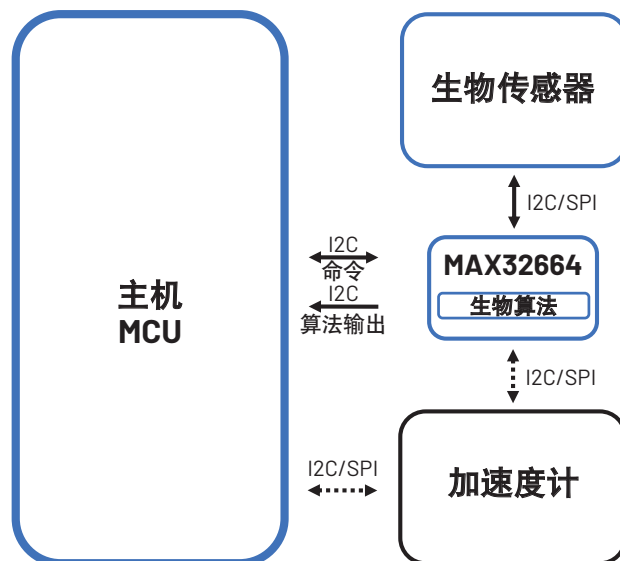


图2. 系统功能框图

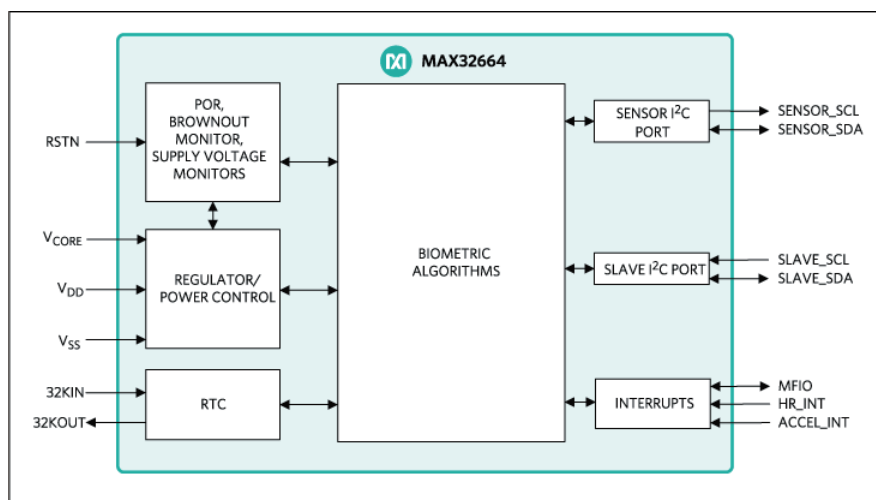


图3.MAX32664硬件功能框图

传感器中枢的硬件介绍

MAX32664是Maxim推出的一款下一代超低功耗MCU。如图3中的框图所示，MAX32664具有以下特性：

- ▶ 出色的计算能力：超低功耗Arm® Cortex®-M4 MCU，具有浮点单元(FPU)和最高工作时钟(96MHz)。
- ▶ 高度集成：内置256KB闪存、96KB RAM、16KB指令缓存、14个通用I/O引脚。
- ▶ 外设资源：1个SPI/I²C接口，用于与传感器通信，1个I²C接口，用于与主机通信；实时时钟(RTC)和UART支持。
- ▶ 尺寸小巧：WLP (1.6mm x 1.6mm x 0.65mm)
- ▶ 超低功耗：工作模式下为45uW/MHz，数据保持模式下为85nW/KB。

丰富的高性能算法



图4.算法模块框图

5年多以来，Maxim算法团队一直积极投身于生理指标算法领域，开发出了丰富的基础算法和先进的应用算法。该算法团队制定了关于这一领域的长期计划，不仅要持续优化现有算法，还要开发新的应用算法。以上算法模块可以集成到MAX32664传感器中枢中，主机通过I²C接口读取算法结果，大大缩短了开发周期。此外，每个传感器中枢版本都提供参考设计，帮助大大缩短了设计时间，让您能够即刻收集数据进行评估。

如图4所示，算法模块包含：

- ▶ 基础算法：
 - 模拟前端(AFE)管理：控制光学检测、计算信号质量、在不牺牲算法精度的情况下实现最低功耗、选择最佳的光学传感器驱动模式。
 - 行为检测和运动补偿：对休息、跑步、骑行等基本活动进行分类，并对生理指标进行运动补偿。
 - 心率检测：HR和HRV。
 - SpO₂测量：适用于手腕、额头、耳朵等部位。这是衡量睡眠质量的基本指标。
- ▶ 先进应用算法：
 - 睡眠质量与睡眠状态。
 - BPT测量：目前只支持指尖解决方案，精度可达到FDA测量标准要求。
 - 呼吸频率。

基于不同测试位置的算法解决方案

Body Location	Feature	Sensor Hub	Sensor IC	Demo
Finger Tip	HR, HRV, SpO2	MAX32664A	MAX30101/2	MAXREFDES220 
Finger Tip	HR, HRV, SpO2, BPT ¹	MAX32664D	MAX30101/2	MAXREFDES220-BPT ² 
Wrist, Forehead	HR, HRV, step count, calorie, activity classification	MAX32664B	MAX86140/1	MAXREFDES101 
Wrist, Forehead	HR, HRV, SpO2, step count, calorie, activity classification	MAX32664C	MAX86140/1	MAXREFDES102 ³ 

图5.算法解决方案

如图4所示，Maxim根据不同的测试位置，采用不同的光学测量传感器，推出了四种不同的算法解决方案，以满足客户的需求：

- ▶ MAX32664 A版本：该版本采用MAX30101/2光学测量模块，从指尖测量HR、HRV和SpO2。
- ▶ MAX32664 D版本：该版本采用MAX30101/2光学测量模块，从指尖测量HR、HRV、SpO2和BPT。
- ▶ MAX32664 B版本：该版本采用MAX86140/1光学测量AFE，可以从手腕或前额测量多种生理指标，包括HR、HRV、步数、卡路里计算、行为分类等。
- ▶ MAX32664 C版本：该版本采用MAX86140/1光学测量AFE，可以从手腕或前额测量多种生理指标，包括HR、HRV、SpO2、步数、卡路里计算、行为分类等。

利用传感器中枢设计超低功耗应用

(单位：mW)

工作模式	单电源(VDD)	双电源(VDD+Vcore)
激活	15.5664	9.64106
深度睡眠	0.00756	0.01383

表1. MAX32664模式和功耗

- ▶ MAX32664支持两种供电方式，如表1所示。在不同的供电方式下，MAX32664在激活模式下的功耗有很大不同。如果主机的供电方式灵活可行，建议选择双电源模式。

- ▶ 得益于Maxim算法团队提供的高效算法设计和MAX32664高超的计算能力，MAX32664可以在很短的时间内计算得出算法结果，并自动进入超低功耗深度睡眠模式。如表2所示，传感器中枢的平均计算时间小于5%，平均功耗低于0.8mW，低至0.43mW。
- ▶ MAX32664进入深度睡眠模式后，主机只需拉下睡眠唤醒引脚MFIO即可进行唤醒，非常易于实现。

算法	CPU的平均计算时间，百分比(%)	平均功耗(mW)	
		单电源	双电源
连续心率+连续供氧	4.7%	0.74	0.47
连续心率	4.3%	0.68	0.43
单次心率	4.3%	0.68	0.43
行为检测	4.3%	0.68	0.43

表2. MAX32664的平均功耗

(VDD: 1.8V, Vcore: 1.1V, CPU时钟: 96MHZ, 传感器中枢测量间隔: 1s)

算法在线升级

MAX32664具有支持I²C接口的出厂设置引导加载程序，支持在线升级算法。换句话说，生物识别传感器中枢可以在出厂后升级为新的或更优化的算法。

参考文献:

¹ MAX32664网站, Maxim Integrated

<https://www.maximintegrated.com/en/products/sensors/healthcare-sensors/optical-health-sensors/sensor-and-sensor-algorithms.html>

² MAX32664数据手册, Maxim Integrated

<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX32664.pdf>

³ MAX30101数据手册, Maxim Integrated

<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30101.pdf>

⁴ MAX86140数据手册, Maxim Integrated

<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX86140.pdf>

⁵ MAX32664用户指南

<https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/6806>

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

