

生命体征监测技术： 对人体实施状态监控

Cosimo Carriero, 现场应用工程师

简介

生命体征监测已经超出医疗实践的范围，进入我们日常生活的多个领域。最初，生命体征监测是在严格的医疗监督下，在医院和诊所进行。微电子技术的进步降低了监控系统的成本，使这些技术在远程医疗、运动、健身和健康、工作场所安全等领域更加普及和普遍，在越来越关注自动驾驶的汽车市场也是如此。虽然实现了这些扩展，但是因为这些应用都与健康高度相关，所以仍然保持很高的质量标准。

生命体征

生命体征监测包括测量一系列能显示个人健康状况的生理参数。心率是最常见的参数之一，可以通过心电图来检测，心电图可以测量心跳的频率，最重要的是，可以测量心跳的变化。心率变化往往由活动引起。在睡眠或休息时，节奏较慢，但往往会随着身体活动、情绪反应、压力或焦虑等因素而加快。

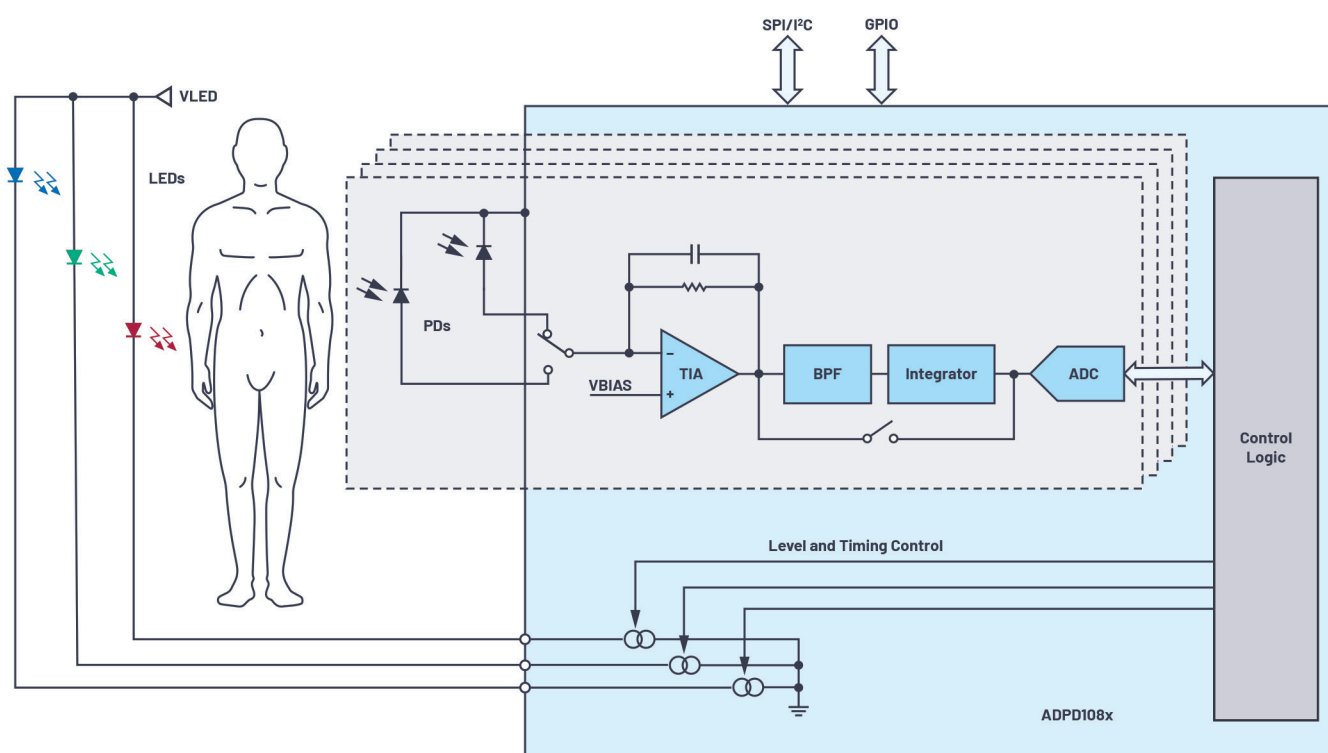


图1. 用于光学测量的信号链。

心率超出正常范围可能表明存在诸如心动过缓（心率过低时）或心动过速（心率过高时）等疾病。呼吸是另一个关键生命体征。血液的氧合程度可以使用一种名为光电容积脉搏波(PPG)的技术进行测量。缺氧可能与影响呼吸系统的疾病发作或紊乱有关。其他能够反映个人身体状况的生命体征测量因素包括血压、体温和皮肤电导反应等。皮肤电导反应，又称皮肤电反应，与交感神经系统密切相关，反过来又会直接参与调解情绪性行为。测量皮肤电导率可以反映病人的压力、疲劳、精神状态和情绪化响应等状况。此外，通过测量身体成分、瘦体质量和脂肪体质量的百分比，以及水合作用和营养程度，可以清楚展现个人的临床状态。最后，测量运动和姿势可以提供有关受试者活动的有用信息。

测量生命体征的技术

为了监测心率、呼吸、血压和温度、皮肤电导率和身体成分等生命体征，需要采用各种传感器，且解决方案必须紧凑、节能和可靠。生命体征监测包括：

- ▶ 光学测量
- ▶ 生物电势测量
- ▶ 阻抗测量
- ▶ 使用MEMS传感器进行的测量

光学测量

光学测量超越了标准的半导体技术。为了进行这种类型的测量，需要一个光学测量工具箱。图1所示为光学测量的典型信号链。需要使用光源（通常是LED）来生成光信号，它可能由不同的波长组成。几种波长组合在一起，可以实现更高的测量精度。还需要使用一系列硅或锗传感器（光电二极管）将光信号转化为电信号，也称为光电流。光电二极管在响应光源的波长时，必须具备足够的灵敏度和线性度。之后，光电流必须被放大和转换，因此需要高性能、节能、多通道模拟前端，以控制LED、放大和过滤模拟信号，并按照所需的分辨率和精度进行模数转换。

光学系统封装也具有重要作用。封装不仅是一个容器，还是包含一个或多个光学窗口的系统，可以过滤射出和射入的光，但不会产生过度的衰减或反射，从而损害信号的完整性。为了创建紧凑的多芯片系统，光学系统封装还必须包含多个器件，包括LED、光电二极管、模拟和数字处理芯片。最后，通常还需要一种能够创建光学滤波器的涂层技术，用于选择应用所需的光谱部分并消除不需要的信号。即使在阳光下，该应用也必须能正常运行。如果没有光学滤波器，信号的大小会使模拟链饱和，使得电子器件不能正常工作。

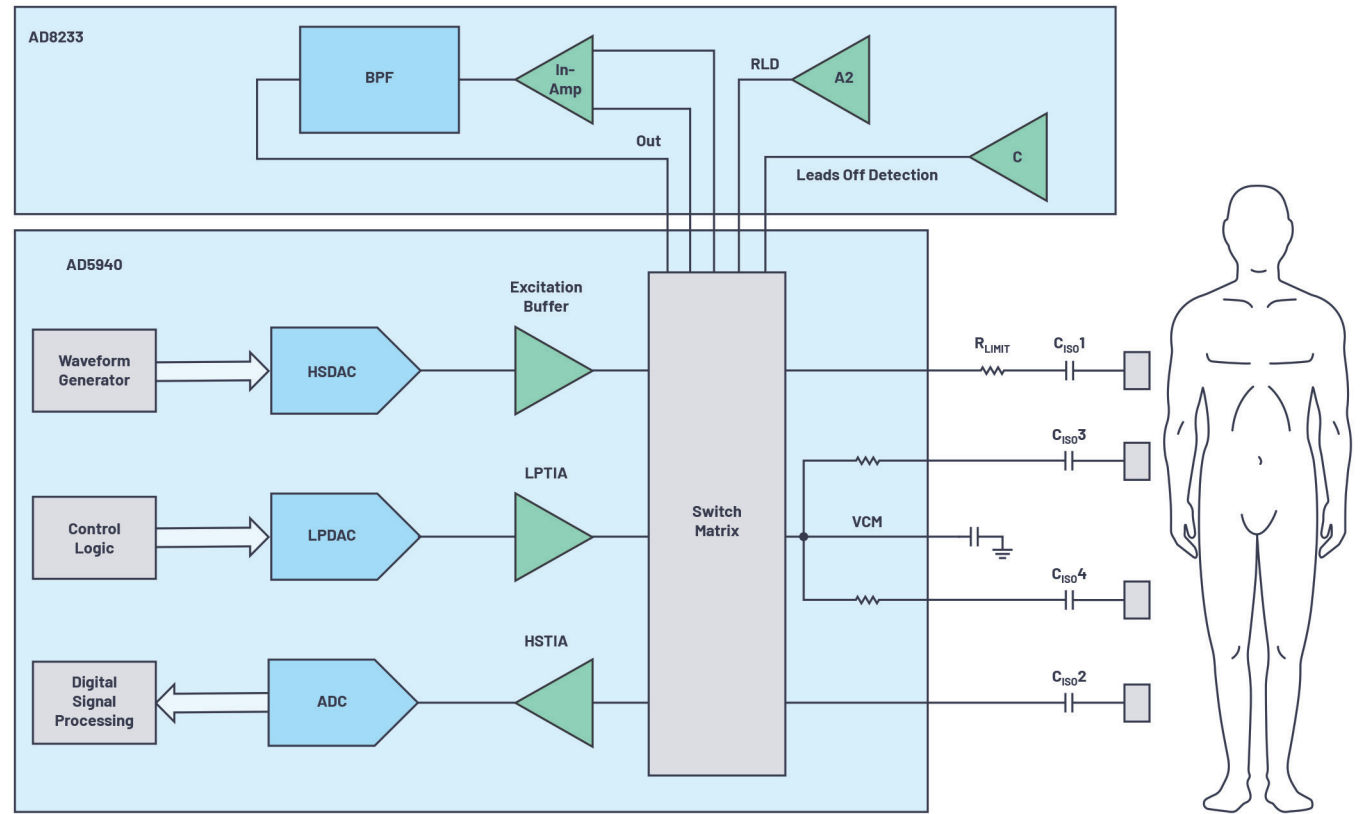


图2. 一个完整的生物电和生物阻抗测量系统。

ADI公司提供一系列光电二极管和各种模拟前端，能够处理从光电二极管接收到的信号并控制LED。也提供完整的光学系统，它将LED、光电二极管和前端集成到一个器件中，例如ADPD188。

生物电势和生物阻抗测量

生物电势是一种电信号，由我们体内的电化学反应的效应引起。生物电势测量示例包括心电图(ECG)和脑电图。它们在存在多项干扰的频段中，检查极低幅度的信号。因此，在对信号进行处理之前，必须对其进行放大和滤波。ECG生物电势测量广泛用于生命体征监测，ADI公司提供多种组件来执行此任务，包括AD8233和ADAS1000芯片系列。

AD8233功耗低，适合便携式设备，可与ADuCM3029（基于Cortex®-M3的片上系统(SoC)）相结合，创建一个完整的系统。此外，ADAS1000系列针对高端应用而设计，具备高性能特性，功率和噪音可扩展（即，噪声水平可以随着功耗的增加成比例降低），是非常适合ECG系统的出色集成解决方案。

生物阻抗是另一种测量方法，可以提供有关身体状态的有用信息。阻抗测量提供有关电化学反应、身体成分和水合状态的信息。测量每个参数需要使用不同的测量技术。每种测量技术所需的电极数量，以及应用该技术的时间点都因使用的频率范围而异。

例如，在测量皮肤阻抗时使用低频率（高达200 Hz），而在测量人体成分时，通常使用50 kHz固定频率。同样，为了测量水合作用，并正确地评估细胞内和细胞外的液体，会使用不同的频率。

虽然技术可能不同，但可以使用一个单端AD5940来实施所有生物阻抗和阻抗测量。此器件提供激励信号和完整的阻抗测量链，可生成不同的频率来满足多种测量要求。此外，AD5940专用于和AD8233配合使用，用于创建一个全面的生物阻抗和生物电势读取系统，如图2所示。其他用于阻抗测量的器件包括ADuCM35x系列SoC解决方案。除了专用的模拟前端之外，该解决方案还提供Cortex-M3微控制器、内存、硬件加速器和用于电化学传感器和生物传感器的通信外设。

使用MEMS传感器进行的运动测量

由于MEMS传感器可以检测重力加速度，所以它们可用于检测活动和异常，如不稳定的步态、跌倒或脑震荡，甚至是在受试者休息时监测其姿势。此外，MEMS传感器还可作为光学传感器的补充，因为后者易受移动伪影影响；当这种情况发生时，可以使用加速度计提供的信息来进行校正。ADXL362是医疗领域的热门器件之一，也是目前市场上能耗最低的三轴加速度计。它具有2 g至8 g的可编程测量范围和数字输出。

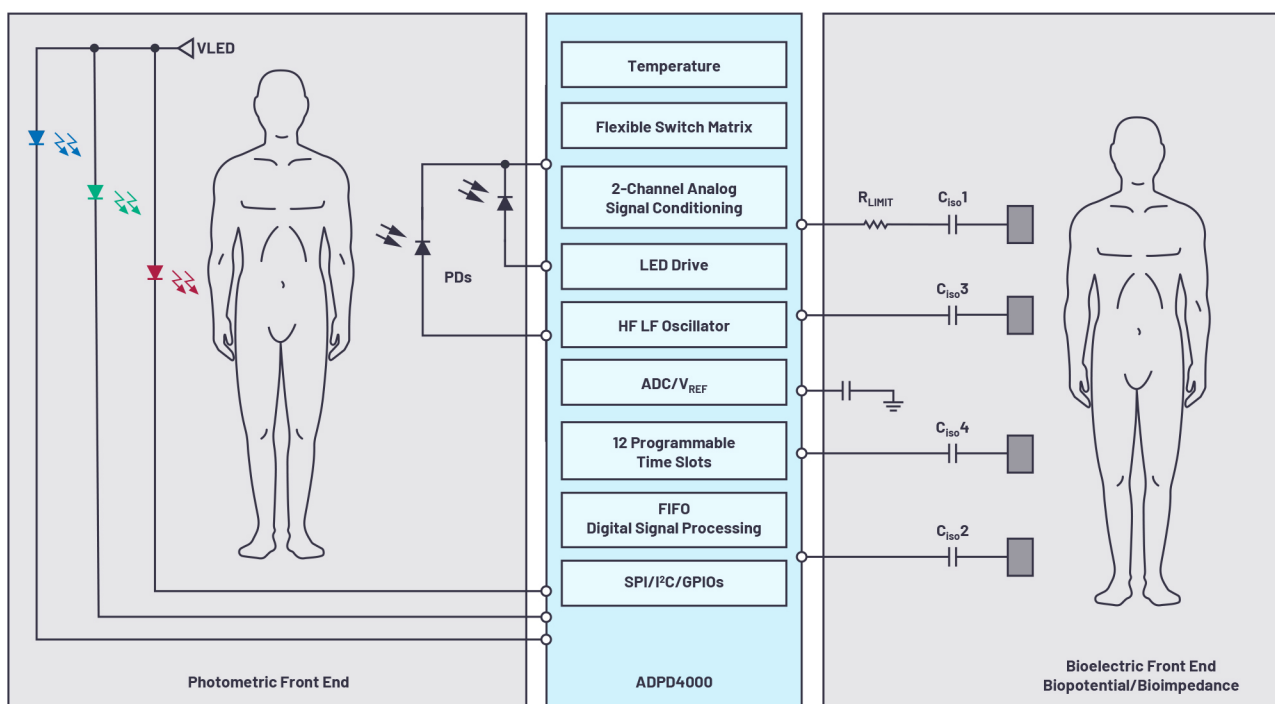


图3. ADPD4000用于实施光电、生物电势、生物阻抗和温度测量。

ADPD4000：通用模拟前端

目前市面上提供的可穿戴设备（例如智能手环和智能手表）都提供多种生命体征监测功能。其中最常见的是心率监护仪、计步器和卡路里计算器。此外，还经常测量血压和体温、皮肤电活动、血容量变化（通过光电容积脉搏波），以及其他指标。随着监测选项的数目增加，对高度集成的电子组件的需求也不断增加。ADPD4000采用极为灵活的架构，旨在帮助设计人员满足此需求。除了提供生物电势和生物阻抗读数外，它还可以管理光电式测量前端、引导LED和读取光电二极管。ADPD4000配有一个用于补偿的温度传感器和一个开关矩阵，可以引导所需的输出和获取信号，无论是单端信号或差分电压信号均可。输出可以选择，可以是单端输出或差分输出，具体由ADPD4000要连接的ADC的输入要求决定。该器件可以编程采用12个不同的时间带，每个专用于处理特定的传感器。图3总结了在几种典型应用中ADPD4000的关键特性。

结论

随着科技进步，生命体征监测在各行各业，以及在我们的日常生活中都变得越来越普遍。无论是用于治疗还是预防，这种与健康有关的解决方案都需要采用可靠有效的技术。设计生命体征监测系统的人员将能够在ADI专用于实施信号处理的大量产品系列中找到一系列解决方案来应对他们面临的设计挑战。

作者简介

Cosimo Carriero于2006年加入ADI公司，担任现场应用工程师，为战略和关键客户提供技术支持。他拥有意大利米兰Università degli Studi的物理学硕士学位。他过去的经历包括：在意大利国家核物理研究所定义和开发核物理实验仪器，与小公司合作开发工厂自动化传感器和系统，以及在泰雷兹阿莱尼亚宇航公司担任卫星电源管理系统高级设计工程师。联系方式：cosimo.carriero@analog.com。

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

