

可穿戴市场喜迎 生物医学“多面手”

Jan-Hein Broeders, 医疗健康业务开发经理

简介

氧饱和度、心电图、血压和呼吸频率的测量过去仅有医院监护仪才可提供。这些参数的监测至关重要，尤其对于有潜在医疗风险的人员来说，无论是在意外事故后、手术后，还是在被诊断为患有严重疾病时。随着老龄化人口的增加以及对医疗保健整体支出的强烈关注，院外医疗监护已成为一种发展趋势。如今，为了及早发现某些事件，对有潜在风险的患者进行日常生活监护，或者让患者携带监护仪由医院回到家中，可使其康复过程更快捷、更舒适。还有第三类用户也在测量这些参数，他们以预防为目的，甚至尚未进行任何诊断。

多参数监护仪均具有相同的需求：精确、小巧，并且一次充电即可连续长时间工作。为了支持这一趋势，我们已经开发出新的单芯片生物医学模拟前端系列。

ADPD4000简要概述

市场上有许多可组合两个或多个测量结果的多参数系统。考虑将心率监护仪与运动传感器结合使用，可以进行活动跟踪，或利用阻抗检测进行心率变异性跟踪，可用于压力监测或睡眠分析等应用。在大多数情况下，每次测量都由专用模拟前端执行，因此需要多个芯片，每个芯片都有各自的模数转换器(ADC)、各自自主处理器的接口以及需去耦的多个电源和基准电压。这将导致许多冗余的构建模块，从尺寸和功率角度来看，它并非一个最优的系统。在可穿戴系统中，再没有什么比拥有一个可连接各个传感器的主信号链更方便的了。新型ADPD4000生物医学前端产品系列填补了这一市场空白。图1显示了ADPD4xxx系列的高级框图。该前端围绕两个相同的接收通道设计而成，可以同步进行采样。每个通道均以差分方式构建，因此可以在单端或差分测量模式下测量任何传感器输入。输入级是一个具有可编程增益的跨阻放大器，其后接一个带通滤波器和一个积分器，能够进行每个采样7.5 pC的积分。其ADC是一款14位逐次逼近寄存器(SAR)转换器，最大采样速率为1 MSPS。每个信号链的前面是一个8通道多路复用器，使模拟前端可以灵活地将各种传感器信号路由至AFE。

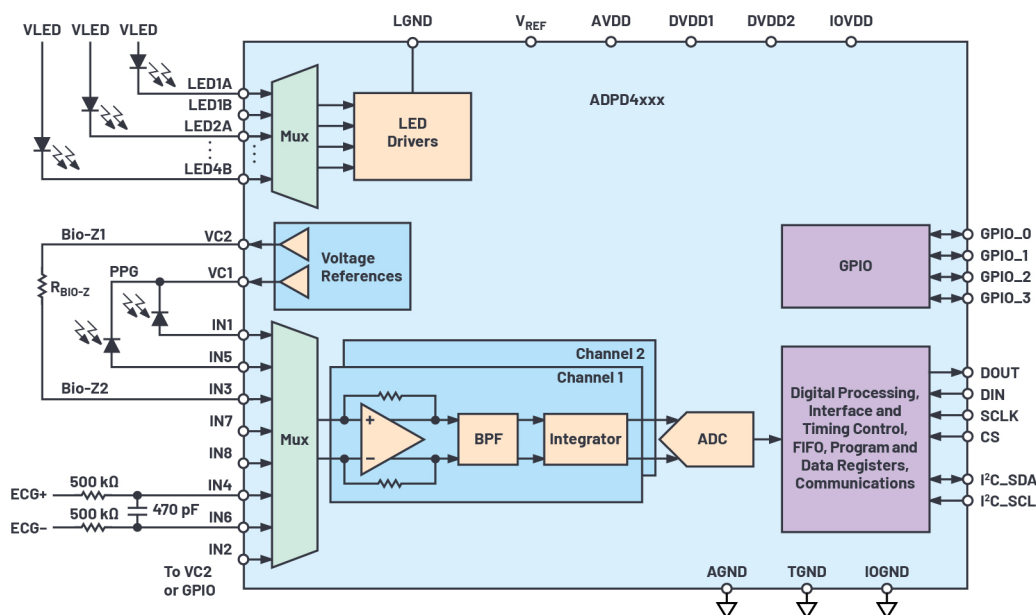


图1. ADPD4000系列的高级框图。

使用该芯片可测量各种信号，如图1所示。例如，可以将AFE修改为光学前端，以测量光电心率或氧饱和度。在该模式下，我们将测量光电流，因此需要使用一个高跨阻输入级将电流转换为电压。我们还需要消除来自环境光的干扰。另一个用例是测量来自心电图(ECG)或EMG传感器的生物电势信号。这时需要不同的输入信号链设置，需要重新配置前端设置。在接收信号链的旁边，该芯片还支持八个输出驱动器，可用于提供激励信号。您可以配置一个或多个输出来驱动LED进行光学测量，或者可以将一个或多个驱动器输出用作激励进行阻抗测量，可以在执行生物电测量时测量皮肤阻抗（皮肤电活动(EDA)）或电极阻抗（影响测量质量）。

该芯片允许用户在特定时隙中对每个配置或测量进行预编程。它最多支持12个时隙，这使系统一经配置便非常易于使用。此外，该芯片无需额外的处理器资源，从而有助于最大程度地降低系统总功耗。可在芯片内进行过采样和采样平均，以提高ADC的有效位数(ENOB)。数据抽取路径为32位宽。测量结果可以存储在深度为256字节或512字节的FIFO（ADPD400x或ADPD410x）中。

集成的时间戳功能可支持来自多个连接传感器的数据样本之间的同步。如需使用多个传感器数据来确定不同测量结果之间的相关性，则需要此功能。图2显示了如何将该芯片用于ECG测量，并与光电容积脉搏波(PPG)测量同步。基于脉冲传播时间(PPT)测量技术，可以连续模式进行血压测量。这对于高血压患者非常有吸引力。时间戳功能使之成为可能。

图3a显示了如何支持时隙工作的原理。每个时隙均从一个前置脉冲开始，后接一个激励脉冲，最后是一个光电二极管电流或来自另一个传感器信号（由ADC采样）的信号。

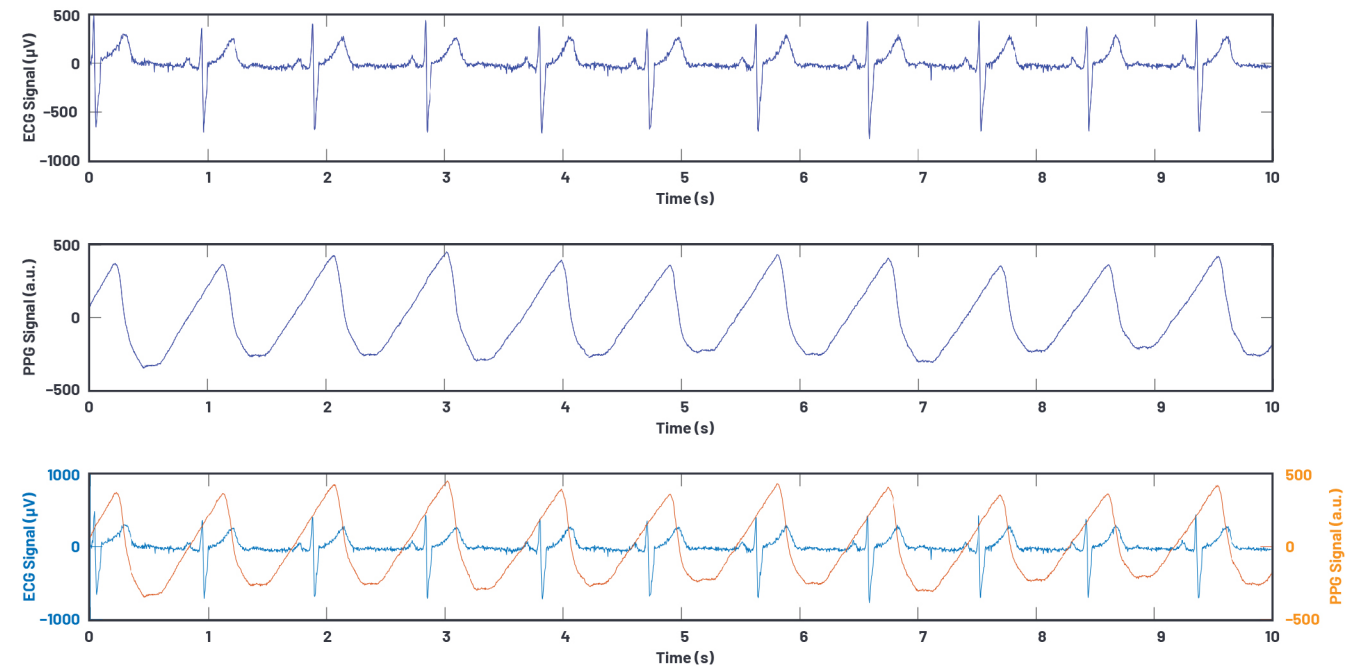


图2. 同时进行ECG和PPG测量以估测血压。

图3b显示了工作时序的示例。上电后，进行复位操作，芯片进入睡眠模式。芯片唤醒后，可以依次采样两个ECG信号（例如，LEAD I和LEAD II），然后进行光学测量以获取SpO2读数，并进行阻抗测量以测量皮肤电导率（EDA/压力）。下面章节将介绍获得这些测量值的过程。

ECG测量变得更加轻松

ECG测量的是人体心脏由于每次心跳使心肌去极化和复极化而产生的电信号。信号幅度通常为0.5 mV至4 mV，测量频率范围在0.05 Hz至40 Hz之间。可以执行ECG仅测量心率，但是在许多用例中，我们对波形本身更感兴趣，它可以用作心脏功能测量或潜在心脏病事件（如心房颤动或持续高血压）的预警。可以通过将电极与皮肤相连来监测心脏活动。为了在诊断应用中确保与人体的良好接触，通常采用湿电极。最常见的是银/氯化银(Ag/AgCl)电极。在院外应用中，这些电极很不舒适，并且容易变干或刺激皮肤。此外，尽管干电极很常用，但是皮肤与电极之间的接触导电性会降低，并且干电极对运动伪影更敏感，将导致读数不精确。

在院外（门诊）应用中，始终需要在高质量电极与舒适性之间进行权衡。ADPD4000系列可以解决这一问题，不管电极质量如何，都能提供精确的测量。ECG电路并不使用电压输入，而是测量检测电容上累积的电荷。通过从无源RC网络和采样速率计算出的最佳时间常数，充电过程可消除皮肤与电极接触阻抗的变化。图1显示了如何通过RC网络将ECG信号耦合到芯片中。该ECG电路具有固有的抗扰性，不受皮肤与电极之间接触阻抗变化的影响。

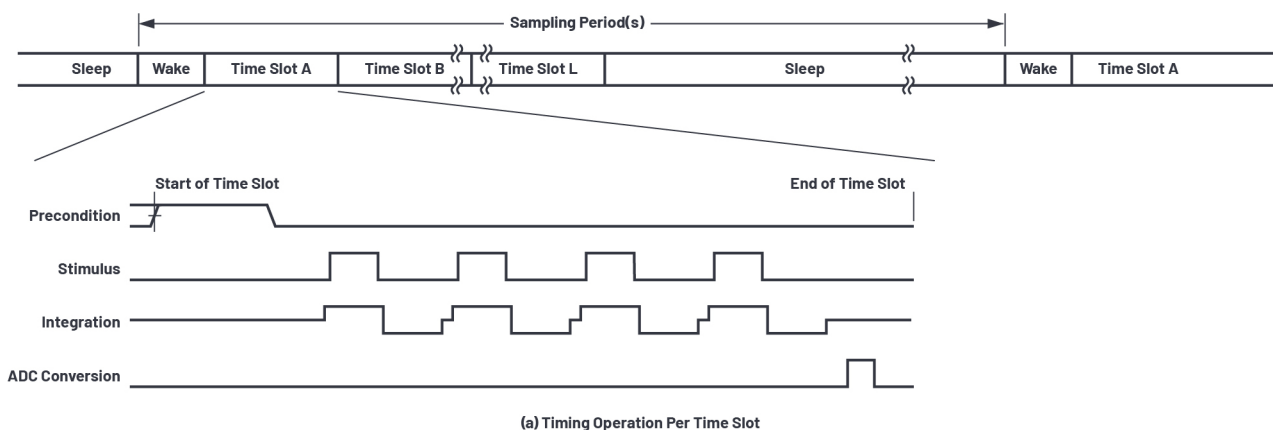


图3. 时隙工作和ADPD4000测量时序的示例。

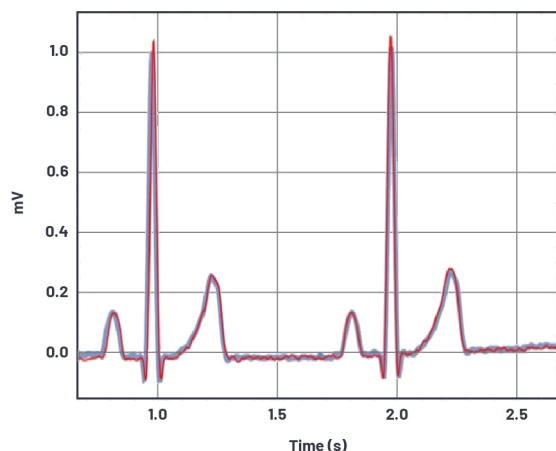


图4. 使用不同电极测得的两个ECG波形。

图4显示了两个ECG波形。蓝色波形测量结果采用高质量电极，其串联阻抗为51 k Ω ，电容为47 nF。而红色波形测量结果则采用质量较差的高串联阻抗电极。其接触阻抗为510 k Ω ，电容为4.7 nF。我们可以看到，ADPD4000测得的两个波形几乎完全相同，而与电极质量无关。与市场上的替代解决方案相比，这是该前端的巨大优势。另一个优势是该电路具有极高的功效比，因为在充电电容上捕获ECG信号时不必激活该电路。再一个优点是其功耗仅为150 μ W至200 μ W。

PPG和生物阻抗测量

对于光学和生物阻抗测量，分别需要发光二极管驱动器发光和向体内激励电流。在许多光学系统中，需使用不止一种波长，因此该芯片的多功能性非常令人期待。ADPD4000具有八个输出驱动器，其中四个通道可同时使用，每个输出的可编程输出电流最大为200 mA，而整个驱动器部分则为400 mA。根据配置，

可以多时隙工作，每个时隙都以各自的波长来测量光电心率、SpO₂、水合或脱水等。每个接收信号链均具有一个可编程跨阻放大器，其后是一个双级抑制模块，以消除环境光干扰。对于ADPD41xx系列，发送/接收信号链的信噪比(SNR)高达100 dB，这使其非常适合对噪声敏感的光学测量，例如氧饱和度测量或血压估测。光学系统的功耗在很大程度上取决于系统配置，例如采样与抽取速率和所使用的LED电流。这也与在用户身体上的位置和肤色成比例关系。

许多可穿戴系统还可测量皮肤电导率，适合EDA、压力或精神状态监测等应用。测量压降需要激励电流。ADPD4000系列支持此用例。该芯片可以配置为2线或4线测量模式。它不包含增强型波形发生器和DFT引擎，因此，在需要阻抗光谱的情况下，应使用配套芯片AD5940以辅助ADPD4000。阻抗功能还可用于测量电极质量或导线脱落检测。

由于ADPD4xxx配备8通道多路复用器，因此还可以支持使用辅助输入测量系统中的电压、电容、温度或运动。

理想之选

ADPD4000/ADPD4001的推出，解决了设计人员在穿戴式设备、人体贴片或给药系统设计中面临的许多挑战。对于每种用例，性能、尺寸和功耗都至关重要。这款新型生物医学前端具有高性能的双通道传感器输入级、激励通道、数字处理器和时序控制，可以满足这些要求。ADPD4000和ADPD4001已实现量产，现已上市，而下一代ADPD4100/ADPD4101预计将于2020年第一季度上市。新一代产品具有改进的信噪比规格和其他功能，有助于进一步降低整个系统的功耗。尽管所有这些功能都包含在单芯片中，但电子设计工程师的工作并不会因此而变得多余，因为需要进行多个参数配置，以使每个系统具有各自的特征。

作者简介

Jan-Hein Broeders是ADI公司负责欧洲、中东和非洲市场的医疗健康业务开发经理。他与医疗健康行业密切合作，将他们现在和将来的需求转化为各种解决方案，这些方案基于ADI公司市场领先的线性和数据转换器技术以及数字信号处理与电源产品。25余年前，Jan-Hein开始从事半导体行业，担任现场应用工程师，自2008年起开始担任目前的医疗健康部职务。他拥有荷兰斯海尔托亨博斯大学的电气工程学士学位。联系方式：jan.broeders@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



如需了解区域总部、销售和分销商，或联系客户服务和技术支持，请访问analog.com/cn/contact。

向我们的ADI技术专家提出棘手问题、浏览常见问题解答，或参与EngineerZone在线支持社区讨论。
请访问ez.analog.com/cn。

©2020 Analog Devices, Inc. 保留所有权利。
商标和注册商标属各自所有人所有。

“超越一切可能”是ADI公司的商标。

TA21922sc-2/20



请访问analog.com/cn