

传感器助力 几板斧搞定紫外线预防方案

皮肤癌已成为日益增长的人类健康问题。在过去的 30 年中，患有皮肤癌的人数已经超过患有其它类型癌症人数的总和。在美国，皮肤癌已经成为癌症的最常见形式，每年有超过 350 万的病例被确诊。因此，人们变得开始越来越关心去测量他们受到的紫外线（UV）辐射量，更确切的说，大多数人认为 UV 是造成皮肤癌肿瘤形成的原因。

UV 辐射是环境的自然组成部分，甚至在小计量下还会有益于人类。如果我们试图消除所有 UV 照射，我们将会发现由维生素 D 缺乏而引起的骨骼疾病逐渐增加，这是因为维生素 D 需要在 UV 的帮助下由人体合成。从 UV 中获得多少健康益处因人而异，因为 UV 照射和皮肤色素沉着之间有必然的联系。关键是要维持 UV 照射在一个最佳的健康水平，而不至于高到有危险。

当开发 UV 感应应用时，区分不同的 UV 类型是有益的。在 1932 年第二届光学国际会议上明确定义了三种波长在 100nm-400nm 范围内的 UV 类型：UVA、UVB、UVC。对于进行环境光 UV 测量的消费类应用来说，仅仅其中的两种类型（UVA 和 UVB）是重要的。来自太阳光的短波长 UVC 光子不能穿透大气层，就大多数情况而言，可以被个人健康和可穿戴产品所忽略。UVC 主要用于工业类应用，例如用于杀毒和消毒设备，因为 UVC 辐射对于细菌和其它传染性微生物体具有杀害作用。

UVA 和 UVB 射线可以穿透地球的大气层，然而较短波长的 UVB 射线（290nm -320nm）比较长波 UVA 射线（320nm-400nm）更容易被吸收掉。除了更容易穿透大气层之外，UVA 射线比具有更高能量的 UVB 射线更容易穿透人体皮肤，如图 1 所示。

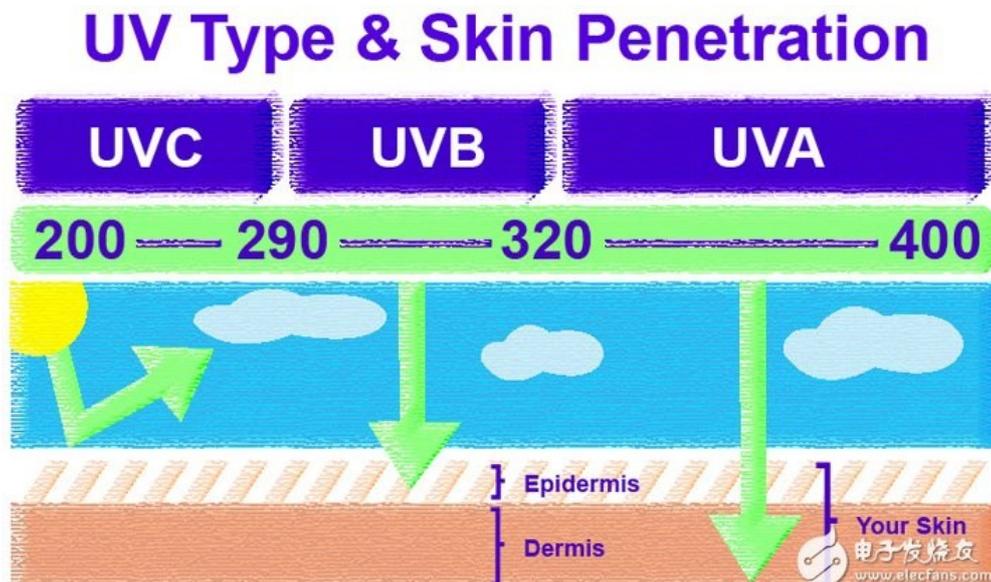


图 1 -UV 辐射类型和对人体皮肤的影响

UVA 确实有一定的保健功效，因为它会激活存在于上层皮肤细胞中的黑色素，形成一种快速呈现又快速消失的棕褐肤色。但是当渗透到更深的皮肤层时，UVA 也会影响结缔组织和血管。根据来自世界卫生组织（WHO）的数据，当皮肤受到过度 UVA 照射时，皮肤会逐渐失去弹性并且开始起皱。最近的研究也表明，UVA 也可能会加重皮肤癌扩散，尽管 UVA 的损害机理目前还不是十分清楚。

科学家们在很长时间以前就知道 UVB 射线比 UVA 更有害健康。UVB 照射已被证明会引起 DNA 损伤，导致不可逆转的基因伤害。哺乳动物细胞具有处理由环境（例如 UV 照射）引起的轻度 DNA 损伤的自我修复机制。然而，一旦损伤到达一定程度，修复机制不再有效，并且在正常环境下细胞会自己死亡，这个过程被生物学家称为“细胞凋亡”。例如，当某人受到严重晒伤时就会发生这种情况。如果皮肤细胞不能正常进行细胞新陈代谢，它可能就会形成癌性肿瘤的内核。

许多因素会导致 UV 照射的显著变化。海拔越高，大气对 UV 射线的吸收就越少，因此就会导致更高的 UV 照射。时辰和季节性的不同、以及云和尘埃的存在都会影响到室外个人所接收到的太阳 UV 辐射计量。在全球，UV 辐射水平大约有四倍的变化，这种状况因聚集在大气中的臭氧存在方式不同而变得更加复杂，这是因为臭氧会强烈吸收 UVB。在高纬度地区，大气中存在较少臭氧，从而增加了由 UVB 导致的 DNA 损伤风险。

黑色素瘤的发病率趋势呈现为越是生活在高纬度地区的皮肤白皙的人发病率越高。例如根据 WHO 的数据，对于皮肤癌的死亡率，北欧国家是地中海国家的 6 倍。这种情况的部分原因是皮肤白皙的人在阳光充足的地区度假时，接收更高的 UV 照射。

WHO 制定了 UV 指数，以此来提高人们对过度暴露于 UV 照射的风险意识，并帮助气象预报员和消费者评估一天中的阳光强度，以便他们能够采取预防措施。UV 指数提供了与太阳光强度线性相关的数值，如图 2 所示。UV 指数预报是基于中午的 UV 指数预测；真实的 UV 指数在一天当中会由于太阳角度和变化的云量而改变。此外，因为人体皮肤对 UVA 和 UVB 反应不同，UV 指数是根据国际照明委员会（CIE）红斑作用光谱计算的。CIE 提供了基于正常人体皮肤反应的标准化的 UV 指数加权算法，它对于衡量太阳光造成多大危害非常重要。



图 2 -WHO UV 指数表 (UV 照射等级从 1-2 级超低风险到 11+高风险)

预防性措施 (例如 UV 指数) 有益于公共健康, 当人们在到达不健康的 UV 照射等级时提供早期报警。可穿戴设备和智能手机能够主动提供便捷的方法去使用 UV 数值指示, 用它确认一个人能够在没有户外保护措施 (例如, 使用防晒霜、太阳镜、帽子和其它防护衣服) 的阳光下停留多长时间。由于可穿戴设备和智能手机都可以长时间储存数据, 因此消费者可以使用这些设备确定其累积的紫外线照射量, 比如说当人在日光浴、运动或户外工作时。UV 照射测量能够为可能受到晒伤风险人们提供至关重要的信息, 尤其是长期 UV 照射累积而引起晒伤时。

另外解决强紫外线照射带来的严重健康问题, 能够确认来自白天受到的深度紫外线的照射, 提供舒适和便利的评估依据。假设在户外探险之前有时会忘记采用防晒措施, 或者当他们初来乍到时可能没有意识到阳光射线的强度, 从而容易受到晒伤。能够通知用户环境 UV 辐射强度的可穿戴设备可以帮助用户避免意外晒伤所带来的不适和危险。UV 传感器也能够根据长时间的 UV 照射量提醒用户重新擦抹防晒霜。由于这些原因, 具有 UV 指数传感器的可穿戴计算产品 (例如健身追踪器和智能手表) 正在开始出现在消费电子市场。

虽然工业 UV 传感器被广泛应用，但是这些传感器主要关注人工产生的波段，通常处于 UVC 范围内，以便确保工业工人不会受到用于消毒工具和设备上的 UVC 照射的影响。用于可穿戴设备或智能手机中的 UV 指数传感器（如图 3 所示）设计旨在关注 UVA 和 UVB 范围，以及关注依据 CIE 红斑作用光谱这些波长如何影响我们的皮肤。



图 3 - 可穿戴设备和智能手表产品能够通过集成 UV 指数传感器

帮助消费者免受 UV 过度照射

传统上，用于消费类的 UV 传感器采用分立式解决方案实现，通常由对 UV 频率范围敏感的光电二极管构成。在进入微控制器（MCU）处理之前，这些光电二极管产生的电流通过模数转换器（ADC）进行数字化。光电二极管的灵敏度波动很大，消费类应用中的可靠性使用需要对其进行校准。这些分立式 UV 解决方案往往依赖于复合半导体，这使得它们很难与基于 CMOS 的信号调节和处理电路集成。

尺寸也是可穿戴设计中的一个难题，分立器件封装占用大量空间，很难应用于可穿戴产品中。因为当人们在户外锻炼时手腕区域通常暴露于阳光下，因此运动手表和健康/健身腕带非常适合具有 UV 测量功能的应用。然而，由于需要在极小的“手腕”尺寸中集成先进数字信号处理和天线功能，这些可穿戴设备已经变得空间极度受限。

在硅基片上进行集成处理不仅节省空间而且可以改进 UV 测量本身。如果传感器 IC 不仅包含 UV 传感器也包含信号调节电路（例如运算放大器）和 ADC，那么它就可以在工厂执行设备校准和编程，确保产品 UV 数据的一致性。如果一个 MCU 被集成到解决方案中去执行校准、数据读取、并以可用形式提供数据，那么这种能力将会进一步增强。Silicon Labs 已经在设计 Si1132 和 Si114x 数字 UV 传感器中实现了这种高集成方法，它在一个极小的 2mmx2mm 封装的单芯片 IC 中包含了 UV 指数传感器和数字处理电路。事实上，由于 UV 指数传感器 IC 产品是如此之小，以至于可以在典型的 8.5in 宽的页面中放置 655 颗这种传感器。

由于大多数可穿戴设备是电池供电的，它们有较高的能耗限制，需要高能效的器件。基于这些考虑，Silicon Labs 公司设计的 Si1132 和 Si114x UV 指数传感器（见图 4 示例）具有极低的电流消耗，每秒执行一次 UV 测量时仅消耗 1.2 μ A，待机电流更是小于 500nA。Si1132/4x 传感器为获得更精确的测量，在工厂中进行了校准过程以克服器件之间的差异。该传感器包括工业标准的 I2C 接口，可传输数字化的 UV 指数值到主机处理器。为了确保传感器的 UV 读数匹配医学的重要频率范围，UV 指数传感器仅在匹配 CIE 光谱规定的加权的 UVA 和 UVB 波长上执行测量。

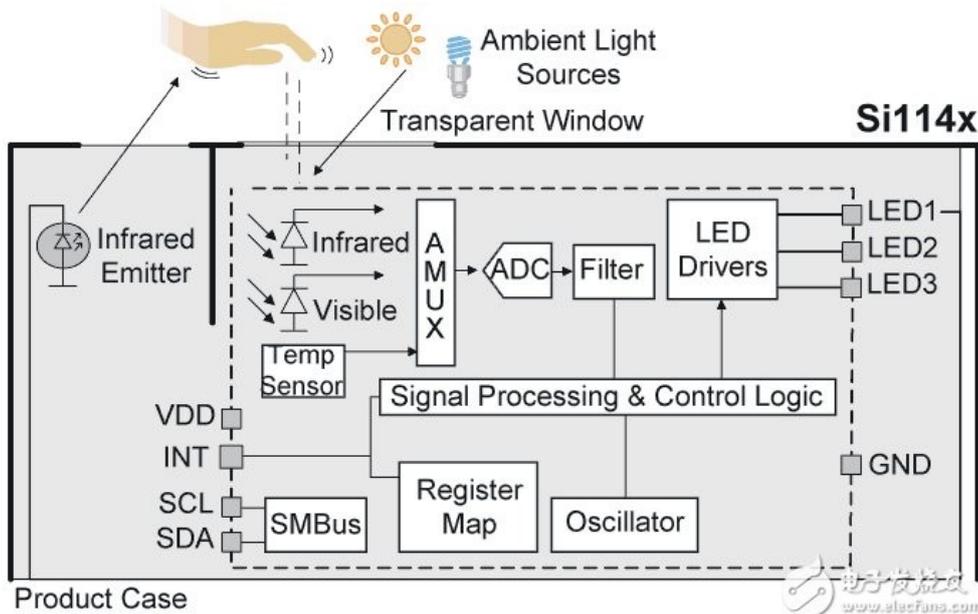


图 4 - 单芯片 UV 指数传感器 IC 架构示例

包含采集和处理电子元器件的子系统可以很容易整合其他形式的光感应，所有这些能够通过单一 I2C 总线进行访问。这种方法被 Silicon Labs 的 UV 指数传感器系列产品用来整合不仅仅是环境光感应（用于检测可见光等级）也包括用于接近检测的红外感应。此外，Si114x 传感器最多集成了 3 个 LED 驱动器，能够用于开发手势识别接口，这对于可穿戴系统正变得日益重

要。当 LED 和相应的传感器放到皮肤上时，LED 驱动器也能够用于心率和脉搏测量。先进移动和手势感应的开发可依靠设计工具套件和 API 辅助实现。

除了 UV 测量之外，环境光线感应器可轻松整合其它保健功能。例如，整天都会佩戴的可穿戴设备中的环境光传感器，当天黑时可以告知主机 MCU，指示佩戴者可能处于睡眠中。可穿戴系统中的加速计读数能够指示晚间睡眠模式是否受到干扰。环境光传感器也能够基于摄入的可见光强度调整显示亮度，从而有助于改善可穿戴产品的用户界面和电池寿命。

通过将 UV 指数检测和处理功能集成到一个极小、节能、单芯片的解决方案，加上包括用于用户界面功能和健康监视的其它特性，Silicon Labs 已经朝着“使 UV 传感器成为快速成长的消费类可穿戴设备市场的必备功能”这个方向迈出坚实一步。