

# 设计尖端的可穿戴式医疗设备

作者：Marten L. Smith  
Microchip 医疗产品部技术顾问

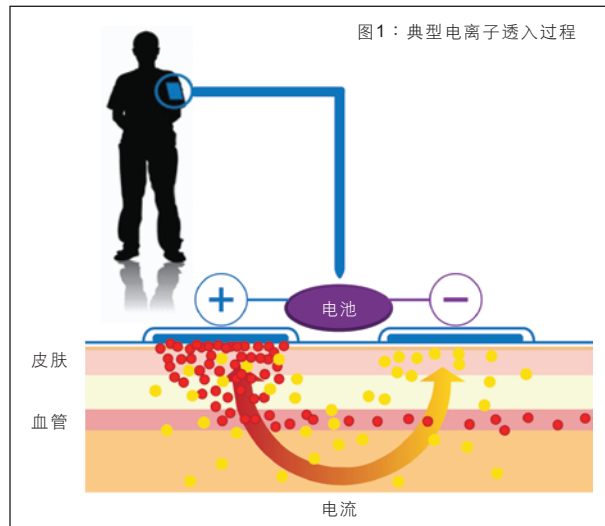
医疗保健不再是医院的专利，它们与人们日常生活的关系日益紧密。医疗设备正逐渐从便携式设备发展为可穿戴式设备，这就意味着设备应能够长期连续使用。这些新设备给设计人员带来了许多新的挑战。本文将探讨其中一些挑战并给出解决之策。

## 药物灌注疗法

人体可穿戴的医疗设备并不新鲜。许多人都熟悉尼古丁贴片和晕动病贴片之类的可穿戴式产品。它们为新一代电子产品奠定了基础。电子离子透入贴片就是这种新生代产品的其中一员。

电子离子透入疗法通过电流使药物透过皮肤完成注入。透皮药物电离后溶解在水溶液中，并敷在贴片中的电极上。然后，这种经过特殊配制的电离混合物可在直流电流的作用下透过皮肤，如图1所示。目前使用的大多数贴片可在任何部位佩戴数分钟到数小时，具体取决于药物和所治疗的病症。

电子离子透入疗法具有多种优势。首先，药品可在局部达到极高的剂量水平，而不像注射器注射那样使药品分布在全身。这种局部用药治疗方法能提高疗效并减小副作用。



随着电子技术（如开关电源设计）以及经济高效的高性能MCU的发展，生产低成本的一次性药物分配器已成为可能。许多消费者已经在使用自助式电子离子透入产品针对多种病症（包括头痛、感冒疮和皱纹）进行给药。

设计人员在设计电子离子透入贴片之类的设备时面临众多挑战，其中最大的挑战是关键电子元件位于设备的可穿戴部分，而该部分在使用一次后就会被丢弃。这种情况迫使贴片电子元件必须小巧且廉价。同时，由于这是小型的一次性产品，电池成本和容量使设计受到了进一步限制。而且，设计方案还应便于修改以实现其他功能，例如更改药物剂量和灌注的持续时间。

要使药物透过皮肤完成注入，设备必须产生足够的电压，以提供能在规定的一段时间内维持特定注入剂量率所需的电流。设计成本敏感的小型电子离子透入设备所要完成的工作，可以像直流/直流升压转换器那样简单，它可驱动受控电流通过皮肤，并使用单片机（MCU）控制转换器。

升压稳压器用于将电池的低电压升高到足够高的水平，从而使所需电流通过皮肤。可使用廉价的纽扣式锂电池或者碱性电池为贴片电子元件供电。

要同时满足成本和功能要求，则需要小巧又高度集成的MCU。Microchip的8引脚8位PIC12F1822 MCU就可用于这种设备，其具有内部10位ADC、固定参考电压、比较器、PWM、硬件定时器和EEPROM，可满足设计的集成要求。固定参考电压可消除对稳压器或外部参考电压源的需求，并使设计保持在8引脚MCU范畴内，以降低成本并减小电路板尺寸。

## 长期监测

电子技术的创新正在推动穿戴式医疗设备的发展，患者可长期将设备穿戴在身上，从而提高生活质量和医疗保健质量。连续血糖监测仪和可穿戴式心脏监护仪正是此类设备的两个众所周知的示例。

排卵预测系统是此类设备的一个特例，它将设备的长期使用带到了一个全新高度。该设备已被想要获得最大怀孕机会的女性广为使用。**DuoFertility**品牌的生育监测器就是这样一种可穿戴式设备，如图2所示。此设备由**Cambridge Temperature Concepts**制造，集成了许多对于长期监测系统通常必不可少的特性。

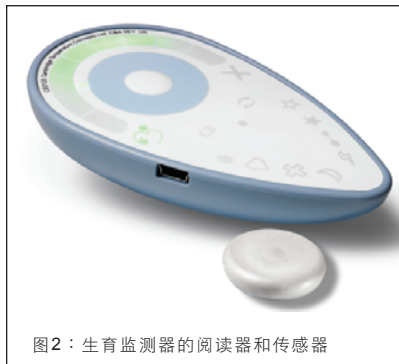


图2：生育监测器的阅读器和传感器

女性体内的排卵过程与基础体温的微小变化相关联。准确测量多个月经周期内的体温变化可有助于估算排卵日。

连续血糖监测仪可设计成最多连续工作一周，而生育监测设备上的传感器可连续测量基础体温长达六个月。该设备使用此信息进行预测，最多可提前六天预测出排卵活动。持续监测微小的体温变化可消除女性必须手动测量体温时可能产生的许多变数。

此类设备的设计人员所面临的一个挑战是设计出可连续佩戴数月的物理外形。在此例中，解决方案是制造由两个部分组成的系统。硬币大小的传感器单元通过具有生物相容性的粘性贴片附在用户身体上。手持式阅读器单元用于分析数据，并允许用户将数据传送给医务专业人员进行深入分析。这种功能划分可以使人体佩戴的传感器尽可能小和轻。监测器的传感器和阅读器框图如图3所示。

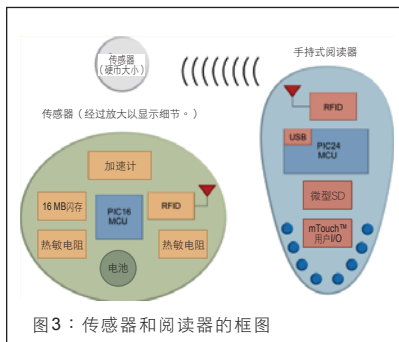


图3：传感器和阅读器的框图

另一个挑战是预见用户所处的所有环境以及用户可能参与的活动。由于使用期长达几个月，可穿戴式设备必须适应各种情况，包括睡觉、运动、淋浴甚至是滑雪。在这种情况下，传感器的设计及其包装必须使精确测量温度成为可能，无论是传感器处于对外界开放的状态还是被用户的胳膊覆盖。设计人员使用一对匹配的热敏电阻来解决此问题。这两个热敏电阻可测量温度以及从传感器一侧到另一侧的热流，使传感器的精度达到千分之几度。此外，在传感器设计中集成了一个加速计，从而可考虑到用户的运动。

人体佩戴的电子元件必须非常小，这意味着可供安装电池的空间非常有限。因此，传感器设计的另一个挑战是保持极低功耗。该传感器的设计人员使用了8位**PIC16F886 MCU**，以尽可能减小传感器的电流消耗。他们利用MCU的超低功耗唤醒功能实现了最小电流消耗。

当需要读数时，传感器通电并进行测量，然后恢复到休眠模式；所有操作在**1 ms**内完成。这个短暂的唤醒时间使设备设计人员可实现小于**1 μA**的平均功耗，因此使用小型纽扣式**CR1216**锂电池即可满足设备连续工作六个月的要求。

另一个挑战是传送测量数据。此传感器模块使用改进的**RFID**协议将数据发送到阅读器，握住阅读器靠近传感器即可启动通信。相对于数据测量，数据传送需要更高的功耗，因此设计人员将传感器的温度读数保存在**16**兆字节的独立闪存中，以便最大程度地减少电流消耗。这样阅读器数据将每隔几天上传一次。

由于长期传感器收集的数据可能需要由经过培训的人员进行分析，因此创造一种直接且经济高效的方法将测量数据传送到**PC**和通过**Internet**进行通信也是另外一个重要的设计考虑事项。此设备的第二个部分——手持式阅读器即用于此目的。

阅读器通过采用**nanoWatt**技术的**Microchip 16位PIC24FJ256GB106 MCU**内部的片上**USB**外设将数据传送到**PC**。用户可通过前面板按钮输入附加数据，这些按钮通过MCU的内部充电时间测量单元（**CTMU**）和**mTouch™**电容式触摸技术实现。

设备制造商可与阅读器进行通信，以提高排卵预测的准确性。利用这一功能还可以远程重新配置MCU。凭藉其灵活性，制造商可以运行诊断并将软件更新发送到监测系统。

随着生物学、生理学、化学和电子学领域的不断创新，旨在长期使用的可穿戴式医疗设备将提供新的诊断和治疗选项，来应对更多的疾病和病症。