



## DoWatch 手表自己做（上）

文/杜洋

要问目前什么电子产品最火爆，我想无疑是各种智能手表和健康手环。较早前，三星公司推出带有 OLED 显示屏的智能手表，它能和手机连接，可接电话、发信息，还能监测心率和拍照。2014 年初就曾听说 GOOGLE 公司将推出一款叫 MOTO360 的智能手表，它的特点是拥有一个圆形的 OLED 显示屏，外观设计简洁漂亮。当看到这款产品时，我就在想，能不能设计一款属于电子爱好者的、可 DIY 硬件和软件的手表呢。同年 9 月，苹果公司发布了旗下第一款智能手表 Apple Watch，虽然加入了很多新技术和新 UI 设计，可并没有什么创新可言。现在的智能产品市场竞争激烈，但好像都和我们电子爱好者无关。很多朋友应该和我一样，很想自己制作一款 3C 数码产品。在智能手机方兴未艾的时候，我在想能不能 DIY 一款手机，但智能手机太过复杂，需要很多专业领域的合作才能完成，成本很高，还得达到电磁辐射等技术标准，我没有罗老师的口才，最后只好放弃。当智能手表开始流行，我又在想能不能 DIY 一款智能手表。手表的结构简单，也容易手工制作，只要程序开放，制作者可以根据自己的想法加入显示内容和功能，那不是很好吗？于是我在网上搜索了一下可 DIY 的手表，结果非常失望。真正即有 DIY 意义又有使用价值的手表几乎没有，有的也只是实验性的产品，外观又大又丑。难道就不能有一款体积小、功能多、扩展性强、设计美观、创意十足的 DIY 手表吗？想到这里我也深知，设计一款实用性 DIY 手表并不容易，外壳的设计是个大问题。目前市场上出售的手表都是厂商开模定制的外壳，开模费用上万元，更不用说昂贵的设计费和生产成本了。因为 DIY 手表仅是面向电子爱好者的小圈子，销售量与大众产品不能相比，就算是选择最便宜的塑料材质，也是得不偿失的。所以必须要放弃传统思路，在外壳设计上有所创新。可是要怎么创新呢？

经过半年的思考与设计，我给出了一个较好的外壳解决方案，并开发出一款具有实用价值的 DIY 手表。为了提高手表的可扩展性，我在手表上加入 128\*64 的 OLED 显示屏，使显示内容更丰富，不仅能显示时间，还能显示汉字和图片。因为源程序开放，你可以根据自己的想法任意修改内容。手表内加入高准度时钟芯片和温度传感器芯片，保证走时的准确。手表正面有 3 个压感式按键，按键需要轻轻按压才能触发，减少了传统触摸按键所导致的误操作问题。另外还

加入了重力传感器，可实现计步和摇动唤醒功能。要知道这款重力传感并不是专业芯片制作的，而是一个很巧妙的创新设计。手表的电源使用的是可充电的锂离子电池，配合特制的充电器，可实际快速充电。这款手表采用了特殊的外壳设计，制作起来很容易，也可以根据需要修改程序加入新的功能。所以我给它取名 DoWatch，意思是 Do Watch by yourself（自己做手表），希望这款手表在外壳、按键及重力传感器上的创意对大家有所启发。也希望大家都能够能够在 DoWatch 硬件和开放软件的基础上，做出自己的个性手表。接下来和大家分享一下 DoWatch 手表在外壳、按键、重力传感器上的创新设计，这是我经过半年的反复思考和实验才最终落实的。相信会让你发现电子制作的更多创新可能，你也可以把这些创意用在你的产品设计上，如果你有更好的设计思路也欢迎与我交流。让我们把电子 DIY 做的更精致、更好玩。



【图 1】DoWatch 手表

## 【外壳的创新】

手表的外壳，在不开模具的情况下，还有什么方法来制作呢？很多人会想到亚克力（有机玻璃）。亚克力确实是不错的材料，透明度高、坚固，可小批量地制作出各种形状。记得前几期《无线电》杂志上就发表过一篇 Bigtime 手表的文章，它所采用的是 4 片亚克力板层叠在一起，然后用螺丝固定。如【图 2】所示，做出来的手表是不错，不过体积过大、过重，而且螺丝固定显得不够精致。我需要的是比亚克力更精致、更有韧性、更薄的材料，最好还要有更多的发挥空间。于是我搜索了大量资料，最后发现最理想的材料就是我眼前，那就是 PCB 板。PCB 板是合成树脂材料，强度大且轻巧，更重要的是 PCB 板不仅能任意加工，上面还可以走电路。也就是说，PCB 即是能外壳又能是电路板。这一发现让我喜大普奔，很多基本 PCB 外壳的点子不断从脑中涌现。虽然很高兴，但我非常清楚，越是超常的创新设计越需要严谨的实验来求证，只有在各方面都证明可行后才能实用。于是我马上着手做相关测试，比如 PCB 外壳的美观程度、PCB 工厂的工艺限制、拼接的 PCB 强度等。实验过程按下不表，结果是幸运的，PCB 做外壳从各方面都可达到要求。接下来要考虑的是 PCB 之间的连接固定问题。传统的固定方法是螺丝，螺丝固定设计简单，也好拆装。不过手表设计的要求是体积小巧，需要有更小的连接方法。正在我百思不得其解的时候，突然又想到了近在眼前的东西，那就是锡丝。锡丝看似柔软，但只要焊在 PCB 板上便会有很大的强度。如果在 2 片 PCB 板的同一位置打孔，并把锡熔化、焊接在孔洞里，那么 2 片 PCB 板自然就固定在了一起。最有趣的是，焊锡还有导线的作用，能把 2 片 PCB 板上的电路连接在一起。真是一举两得呀！这么好的创意为什么我早没发现呢？我们平时接触最多的就是 PCB 板和锡丝，真没想到外壳的创新设计并没有用到什么新技术、新材料，只用最普通的材料就能做出新的创新，只要有一双发现的眼睛。看来创新才是科技时代的第一生产力呀。





【图 2】亚克力外壳的手表

【图 3】是制作完成后的 DoWatch 手表侧面照片，他是由 6 片 PCB 层叠焊接而成。【图 4】是 6 片 PCB 的结构示意图，从中大家可以看出每一片 PCB 板都有着在纵向上的设计，就相当于把一个完整的外壳纵向切成 6 片，然后再把它们焊接起来。层与层之间的电路通过四角上的固定焊孔连接。6 片 PCB 板中，B、D、E 板是中空的框架板，只用于外壳的支撑，A 板是手表正面，有 OLED 屏的开口、3 个按键和 DoWatch 的标志。F 板是手表的背面，有镀金 LOGO 和 4 个充电接触片，如【图 5】所示。

在用 PCB 板做外壳的时候我意外地发现了很多巧合，就好像它们原来就有联系一样。大家都知道，通常情况下 PCB 板的标准厚度是 1.6mm，如果用一片 PCB 做外壳框架，那元器件的厚度应该等于或小于这个高度才能放入。首先看 OLED 屏幕的厚度约为 1mm，但加上软排线和固定的双面胶之后，厚度约为 1.5mm，正好放到里面（B 板），和上下表面的 PCB 都完全贴合，你说这算不算巧合。巧合的还有电池，为了达到简洁的制作目的，我采用的是 LIR2032 锂电池。这款电池和常用的 CR2032 纽扣电池在外观上完全相同。它的直径是 20mm，厚度是 3.2mm。哈哈，不会这么巧吧，2 片 PCB 叠在一起的厚度也是 3.2mm，不过 PCB 在焊接时中间会有小空隙，所以电池正好可以放到 2 片 PCB 框架的外壳之中（D 和 E 板）。而其他芯片高度都小于 3.2mm，把它们放在一个框架内再合适不过了。我在发现这一巧合的时候，真是非常惊喜，只能说这是上天送给我们的礼物。层叠 PCB 之间的焊接也有很多细节问题，比如 6 片 PCB 焊在一起的强度能不能保证，焊孔多了会不会不好拆开。这些问题我都做了实验，并在设计上加以改进。在下期介绍制作过程时，会让你知道我是如何解决这些问题的，敬请期待。



【图 3】DoWatch 手表侧面

## PCB叠焊设计



【图 4】PCB 层叠结构示意图



【图 5】DoWatch 手表背面

## 【按键的创新】

解决了外壳问题之后，一款手表的外观就基本确定了，接下来的开发中好像没有什么可创新的了。正在得意的时候突然发现按键的设计是一个问题。如何在手表这么小的空间里加入按键开关呢？传统做法是使用贴片的微动开关，焊接在手表的正面或侧面，贴片微动开关确实是好方案，PCB 外壳上也能对应地开出槽。只是这样的设计太没新意，太没有挑战，我需要有所突破。触摸按键是目前主流的按键方式，电容式触摸按键需要专用的触摸芯片，这会增加成本，而且电容按键容易被干扰，有时手指不小心碰到还会误操作。于是我开始思考之前用在 CUBE8 光立方上面的混合式触摸按键技术，那是我开发的一种用电容和电阻双重检测按键的技术。只有当手指用力压在金属触片上，检测到电容和电阻值变小的特性后才会触发。这项技术在 CUBE8 光立方和 mini3216 时钟上都有使用，技术比较成熟。不过要想把他用在 DoWatch 上面，就必须在其表面加入一定面积的金属触片才行，但是这会让手表表面多出一排金属片，影响美观，也会增加程序开发难度。所以，我需要放弃现有的方案，开发出一种新的设计。想了很久，有一天突然发现，原来创新的可能就在 PCB 层叠外壳的设计之中。

如【图 6】所示，DoWatch 表面的左、下、右三边各有一个压感按键，轻轻用力按压才会触发。说来你也不信，这一创新设计是偶然发现的。那天我在测试 PCB 层叠焊接的受力强度时，发现两个 PCB 中间有非常微小的空隙，我用手轻压有空隙的地方，PCB 板微微变形，空隙消失了。手一移开，空隙又出现了，如【图 7】所示。突然之间，我想到了。这不就是按键的结构吗！如果这两片 PCB 上各有一个金属片，当手压在其中一个 PCB 上时，PCB 受力弯曲，金属片便会接触，导通电路。按键效果如【图 8】所示。这样的按键结构上和普通微动开关一样，不需要复杂的软件处理，也不会误操作。更奇迹的是它不需要任何元器件，只在 PCB 上做两个金属触片即可，如【图 9】所示。只要把 PCB 焊在一起（它们本来也要焊在一起的）就成了按键，增加的成本为零。想到这些，我又找来废弃的 PCB 板焊在一起测试，结果非常成功。只要正常焊接，PCB 间的空隙不大不小，正好达到轻触按键的要求。这一点是我从未想到的。最终拿到成品的 PCB 板，又焊接了几次，效果依然很好。这可以说是意外收获，一不小心又给了 DoWatch 一个精彩创意。

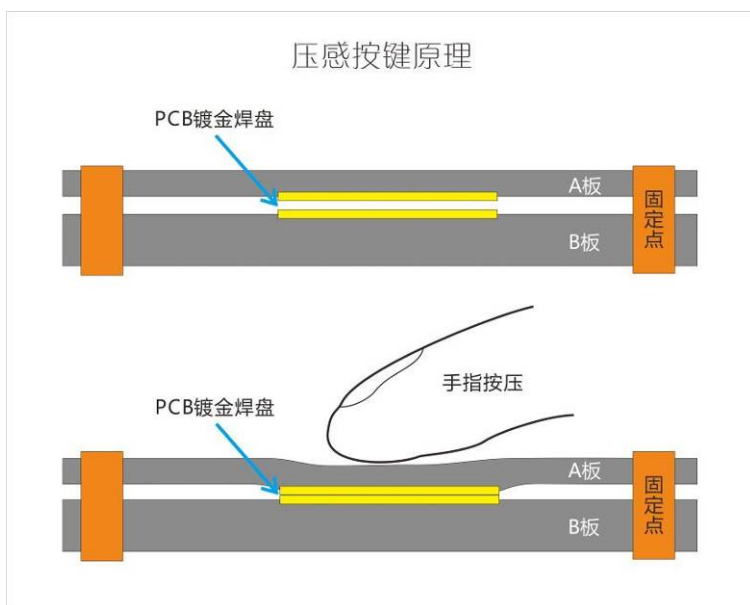




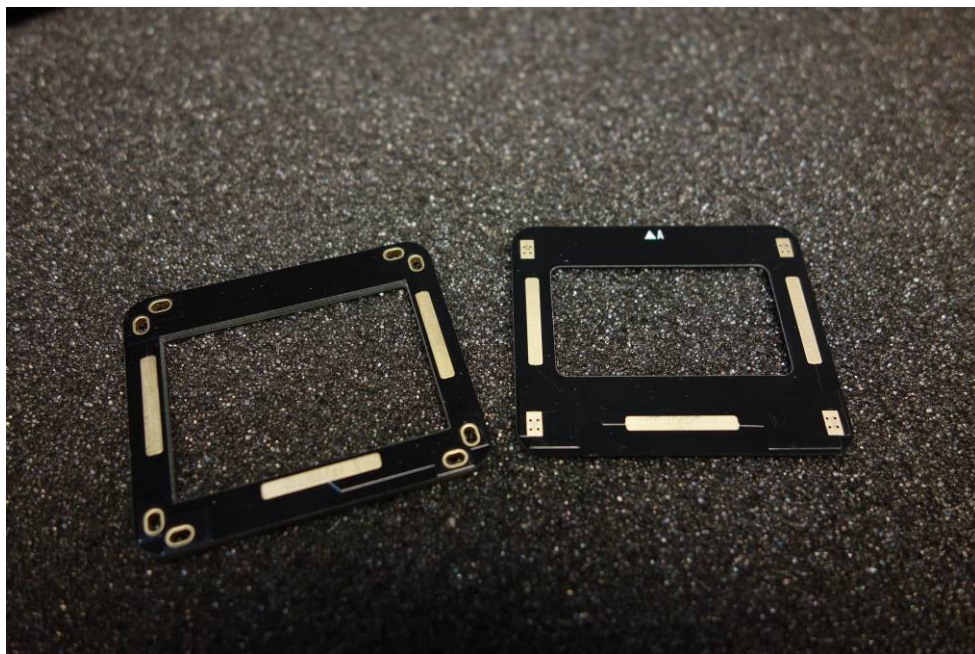
【图 6】DoWatch 手表左、右、下方是 3 个压感按键



【图 7】两片 PCB 之间微小的空隙



【图 8】压感按键的原理示意图



【图 9】两个 PCB 上的镀金按键触片

## 【重力传感器的创新】

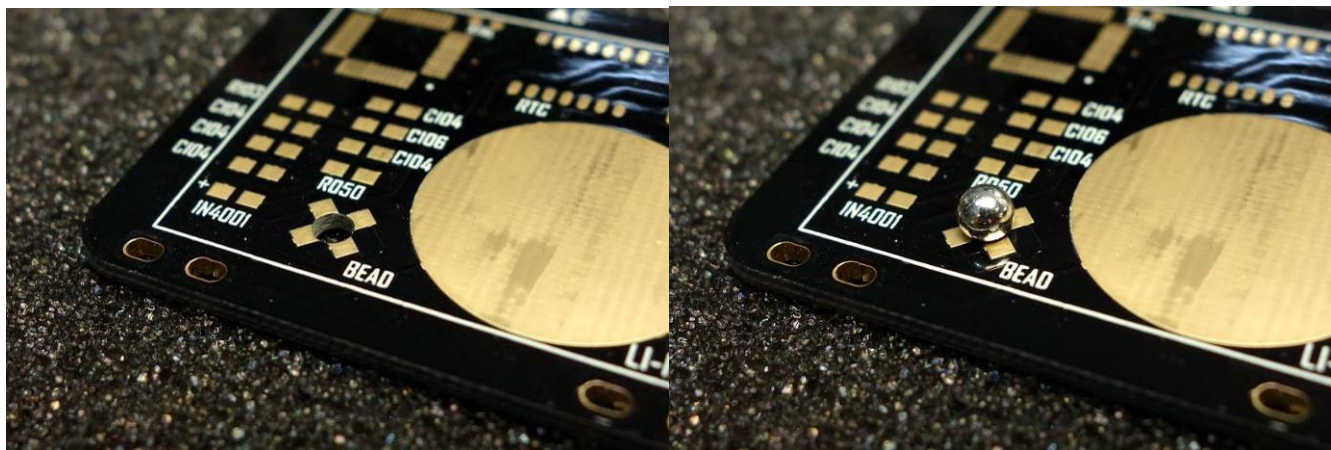
看过前面的两个创新设计，再看下面这个重力传感器的创新，你也许会感觉平凡一些，不过我还是要讲一下。DoWatch 手表在设计之初并没有打算加入太多功能。很多人认为一款手表的功能越多越好，在我看来，手表的优势在于触手可及，即一抬手就能简单、快速地得到信息（时间、温度等）。而现在大厂商生产的智能手表打破了这一原则，加入了拍照、打电话、发信息，甚至还能看电影。试想在这么一个小屏幕上看电影有什么乐趣可言？无非是炫耀科技的噱头，真正实用的还是看信息。需要交互操作的手机就好了，手表作为信息的及时获得平台才是根本。

所以我没有在 DoWatch 里加入蓝牙、WIFI，我只希望它是一个及时看信息的设备。信息包括时间、温度、节日提醒，还可以附加计时和计步的功能，这就可以了。因为程序是开放的，你也可以加入你需要的功能。说到计步，必然要有一个重力传感器或加速度传感器，以便实时检测计步。传统的设计是用专用的传感器芯片，不断的读取加速度数据并处理。这样的方案会让程序开发困难，而且单片机需要实时处理加速度数据，耗电量大。我不希望 DoWatch 每天充电，所以我需要新的低成本、低功耗方案。于是我想到了我之前设计的 6 向重力传感器，它是用 4 个水银开关构成金字塔的形状，读取 4 个水银开关的通断状态便可得出传感器的方向。它的制作简单，程序上只要读取开关量就能判断上、下、左、右、前、后 6 个方向。不过我不想在 DoWatch 里放入 6 个水银开关，我需要新的开关结构。还是基于 PCB 层叠外壳，我想到了加入钢珠的创新方案。

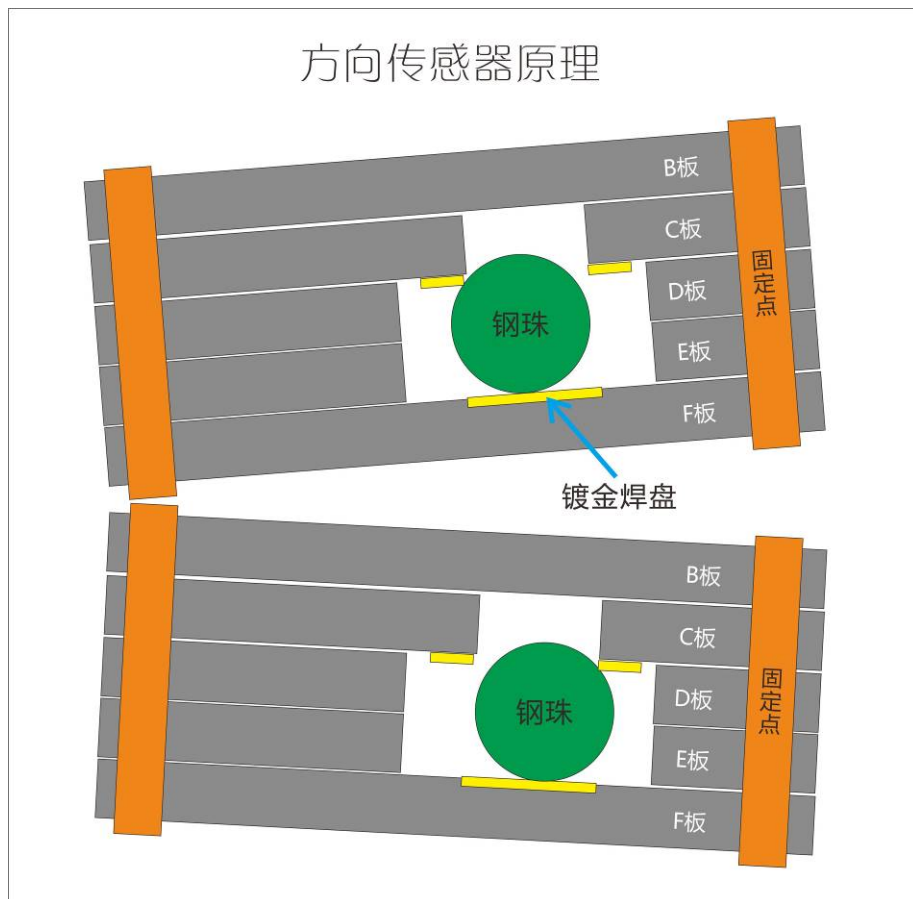
【图 10】所示是用小钢珠和 PCB 焊盘构成的重力传感器，它能感知下、左、右、前、后 5 个方向，成本只需要一个钢珠的价格。它的工作原理非常简单，原理示意如【图 11】所示。图中只是一个切面，还不能立体的说明问题，请听我讲一下原理。首先要准备一个小钢珠，钢珠尺寸要大于 3.2mm，然后在 C 板上打一个直径不大的孔，把钢珠放进孔里，因为钢珠直径大，所以不能脱离到孔外，这起到固定钢珠的作用。在 C 板打孔的周围加上 4 个焊盘，在表后盖 F 板上与钢珠接触的部分也加一个焊盘。这便形成了 5 个触点，在 C 板上的 4 个方向触点和 F 板上的 1 个共极触点。当 DoWatch 向一个方向倾斜时，钢珠在重力作用下倾斜。4 个方向触点中就会有 1 或 2 个触点与共极触点导通，这时程序只要判



断是哪几个触点导通，便可知道其倾斜方向，处理方法和读按键一样简单。如果发现 4 个触点没有和共极导通，那说明 DoWatch 是背面朝上放置的。如果 DoWatch 是正面朝上水平放置，由于重力仅作用在共极触点，其他 4 个触点的受力很少，所以这时所有的触点都不导通。不过这需要手表放置的绝对水平，有一点角度都不能成功。如此在读水平方向时会不准确。受此硬件限制，也只能忍痛把 6 向传感器改成 5 向，不考虑水平放置的处理。虽然只有 5 向，但丝毫不妨碍计步功能。而且有了重力传感器，还能实现摇动唤醒显示的功能，想看时间时不用另一只手按键，只要摇晃一下手表就可唤醒显示。



【图 10】加入钢珠的 5 向重力传感器



【图 11】重力传感器结构示意图



好了，篇幅关系，关于 DoWatch 创新的设计先说这么多吧。其实以前所说只是 DoWatch 手表设计中 3 个比较重要的创新，还有很多细节设计也值得玩味，我们留到下一期再讲。其实 DoWatch 手表的创新设计并不是从无到有的发明，它只是用 PCB 层叠取代了开模的塑料外壳，用 PCB 空隙取代了微动开关，用钢珠取代了重力传感器芯片。你完全可以用开模的外壳、微动开关和重力传感器芯片做到同样的效果。可如果那样，又有什么乐趣可言呢？电子爱好者们制作的快乐不就是用低成本的方案和灵巧的双手制作出独具特色的作品吗。我希望通过 DoWatch 手表让大家看到电子制作创新的潜力，看到从灵感到实现的过程。下一期，我会介绍 DoWatch 的硬件制作方法及程序修改方法，在我的源程序上加入你的修改，把 DoWatch 变成你自己的作品，实现 Do Watch by yourself。

杜洋工作室 2014.12

杜洋工作室主页：<http://doyoung.net/>

手表购买套件：<http://doyoung.taobao.com/>