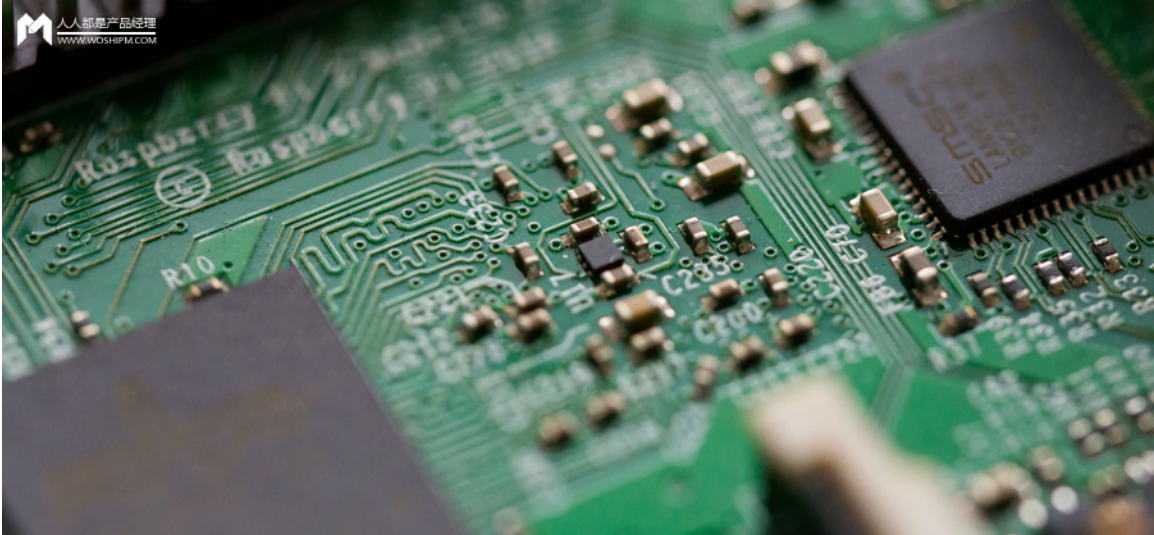


编辑导语：在产品生产落地之前，产品测试可以帮助团队完善设计，进而交付客户更高质量的产品。硬件产品同样如此。那么，硬件产品若想做好产品测试，可以从哪些方面进行考虑？本篇文章里，作者介绍了硬件产品测试的流程与注意事项，一起来看一下。



卫 Sir 在六月份组织了两场不同品类整机产品的生产，虽然从 PCBA 功能到整机装配都做了完整测试，但产品交付到客户手中后，仍然遇到了一些产品质量导致的售后问题。

最近做了一下生产总结，主要原因如下：

PCBA 制造厂为了节省成本将设计文件二次外发到江西小厂，出厂未做 AOI 及人工检测；整机装配后未作老化测试，导致隐藏问题未及时检出；测试工装设计不完善，组装测试过分依赖人工，存在漏检问题的情况。

如果你想交付客户高质量的产品，你需要提前了解：

需要测试哪些内容？如何测试？可测试性设计：如何设计产品以使其更易于测试？

一、什么是可测试性设计？

电子设计包含两个部分，设计本身以及设计的可测试性。

设计本身是指你前期专注于功能，保证制作的原型产品可以完美地工作。

你对原型感到满意，并希望将其带入一个新的高度 – 小批量生产，在该阶段你可以从朋友或家人得到帮助。

假设你要制作 50 个单位的产品，你决定由自己制造：

1) 制造 PCB 裸板

一般建议外发工厂，当然你也可以自己制板，但制板操作复杂，且只适合简单的单面线路，卫 Sir 在学校期间曾手工批量制板 100 套，良品率较低，耗时长。

2) 购买所需元器件

3) 准备好焊接工位

你需要一长块时间将诸如 0402 电阻电容、QFN 封装和天线等焊接在裸板 PCB 上。

焊完之后，你需要进行测试，以确保在发送给朋友和家人之前它们能够正常工作。

如果你从一开始就考虑到为可测试性而设计，在设计的所有关键功率和信号部分上添加了测试点或测试夹具接口，你将很容易对问题进行探查。

二、尽早测试，经常测试

许多制造商都有固定的流程来确保要制造的设计是正确的，在 PCB 制造过程中，有几个步骤可减少缺陷。

最重要的两个步骤是自动光学检查 AOI 和电气测试

AOI 将根据所提供的图稿目视检查设计，电气测试将通过对 PCB 进行物理探测来测试是否有任何错误的开路或短路。

如果你的制造商做完 SMT，则通常会执行另一个 AOI 来检查焊点、零件方向和任何其他缺陷。

如果存在具有复杂覆盖区的组件，例如，BGA 封装芯片，则将执行自动 X 射线来确认零件下方的焊点是否良好。

接着开头卫 Sir 介绍的例子，两个批次整机产品的不良率都高达 20% 以上，排查问题后发现绝大多数问题都是 PCB 焊接不良导致（工厂没有做上述相应测试）。

三、测试什么？

1. 供电

虽然每种设计都有其独特的功能，但是通常有一个共同点，那就是电路板的供电方式。

你需要确认你的设计获得了正确的供电电压，如果你的电压错误，将导致其他的设计工作异常甚至是损坏。

你可以通过一个简单的万用表进行一些初步探查，以确认设计中的所有电压都可以达到你期望的数值，这是确保设计其余部分正常运行的第一步。

一般情况下还需要测试一下电流，尤其对于消费类电子对低功耗要求较高。

2. 微控制器及处理器

在万物互联时代，绝大多数电子设备都需要一个大脑，控制器价格便宜，并且可以控制系统按照预期的功能运行，你需要优先确保其能正常工作。

3. 信号与传感器

大多数设计都将包含某种信号，无论是将其作为微控制器的输出，还是接收来自某些传感器的信号。

4. 交互功能

用户不会在乎设计“幕后”所发生的事情，他们更多地会关心按钮是否可以正常工作、LED 是否如用户手册所描述的那样工作。

你必须彻底测试所有面向用户的组件，这包括按钮、LED、断码屏、电容式触摸屏，或者用户将要与之交互以使你的产品适用于他们的任何东西。

四、测试方法

在设计阶段，你就应尽可能早地去参观一家生产与你要推向市场的产品相似的制造工厂，你会学到一些东西，以便未来可以为你节省时间和金钱。

要同时实现将产品廉价、快速地送到客户手中，并确保它的高质量，几乎是不可能的，但仍然有很多方法让你可以接近该目标。

1. 测试计划

就像创建要设计的原理框图一样，最好记下设计中需要测试的所有内容。

这使你可以查看全局，甚至可以集思广益如何测试某些东西。

测试计划也应在设计阶段的早期完成，这将迫使你考虑在物理上布局 PCB 所需的内容，以促进高效而稳健的测试。

2. 测试点

你的测试计划应告诉你需要在设计中添加哪些测试点，测试点是 PCB 上的一个物理位置，测试夹具可以在其中轻松探查以进行测量。

最好不要依赖于探测组件的引脚或焊盘，空间允许的话，你可以将测试点的直径设置为 1mm，并将它们彼此隔开至少 2.54mm。

这样可以为手动或自动探测留出足够的表面积和空间，最好将它们放在 PCB 的底部，以便于操作。

3. 系统编程

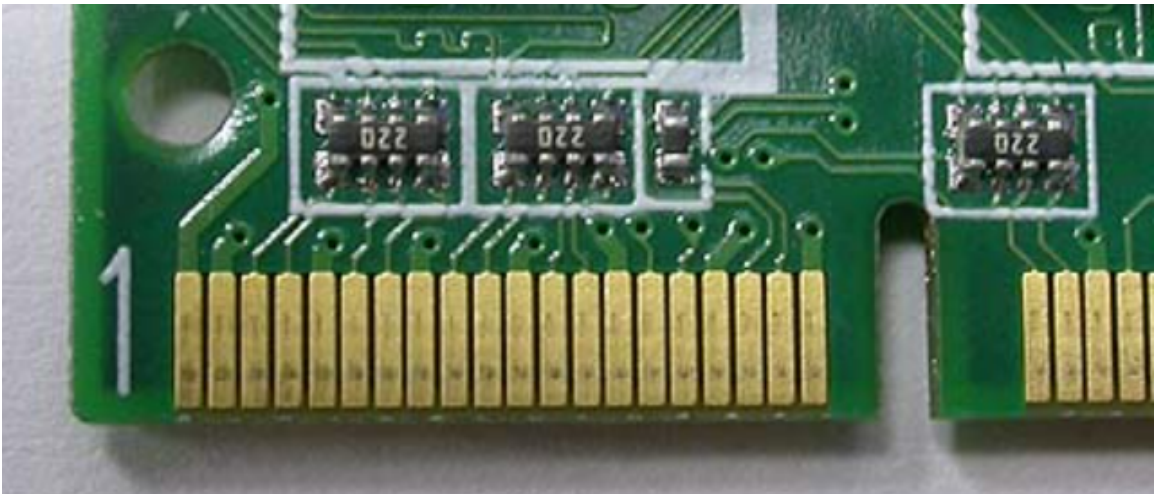
最终产品一般不会焊接用于烧录固件的连接器的，因为这样会增加多余成本。

你需要一种高效的方法来对每块 PCBA 板进行编程，而不必每次都焊接或拆焊连接器。

卫 Sir 最近生产就用到了下图所示的接口方式，板上没有额外的组件，占用空间小，可重复性高。



还有一种方式是在电路板上预留金手指接口，如下图所示，会有一定的空间要求，生产时需要做烧录工装。



五、测试治具

对于较为简单的设计，可能需要手动测试每块 PCB 板。

请确保你有一个可靠的测试计划，并且每个电路板都遵循该计划。

人类通常在重复性方面很差，而人为错误则是真实的事情，请记住这一点。

正如卫 Sir 开头介绍的，虽然做了充分测试，但最终交付客户手中的产品难免会出现漏测试的情况。

通常用于大批量生产的另一种方法是设计和生产自动测试夹具。

测试治具本身就是产品，它可能不像你所生产的产品那样令人赏心悦目，但它很可能也是一项复杂的设计。

1. 制造治具

我看过用 3D 打印部件制成的测试夹具，甚至看过用胶合板制成的测试夹具。

卫 Sir 也曾用硬纸板做过包装盒压印 LOGO 的贴装治具，虽然很简单但很有效，会大大提高生产效率。

无论测试夹具是由什么制成的，最重要的方面是它的坚固性和可重复性。

最常见的是，测试夹具将包括弹簧加载的插针，以及一种将被测单元（电路板）压在插针上的方法。

良好的夹具将使你的电路板引脚与插针机械对齐，以实现最大的可重复性。

2. 自动化

除了与板上测试点接口的插针引脚外，还需要考虑其他方面，以使自动测试能力尽可能强大。

如果你的设计具有按钮和 LED，则有两种方法可以确认它们是否正常工作。

让操作员手动按下按钮并在 LED 上看到提示，按照你的测试计划，他们会知道何时按下它，以及评估测试是否通过。使该过程完全自动化，在测试夹具中，可以使用两个螺线管物理按下按钮以确保这些按钮正常工作，使用颜色传感器来确保 LED 是正确的颜色。

这增加了设计的复杂性，但是从长远来看，由于测试是快速且可重复的，可以大大降低人工成本。

3. 测试界面

通常，测试夹具需要通过计算机操作运行，计算机根据你编写的程序，执行必要的测试，以告诉操作员你的电路板是否通过。

对于操作员来说，测试治具应该尽可能简单。

操作员应该能够按下按钮，让测试夹具执行所有测试，然后在测试结束时获得通过或失败的指示。

你可以使用大图标标识的绿色、红色或蓝色 LED 的组合来指示正在发生的事情。

4. 做好治具备份

想象一下，你在批量制造，单个测试夹具损坏了，这将停止整个生产过程，你将不得不生产另一个夹具并将其运送到你的工厂。

制造商手中拥有多个测试夹具可以提高速度和效率，并且还可以降低生产突然停止的风险。

六、结论

对于批量生产，卫 Sir 建议你必须设计并使用测试夹具，测试夹具可以被认为是一个小小的机器人员工，是将优质产品推向市场的最后一道防线。

它是你的小伙伴，不会接受任何不完美的东西，也不会抱怨，睡觉或在社交媒体上花费时间。

同时，它也可以大大降低你的人工成本。

多数情况下，电路板只是产品的一部分，当最终产品组装好后，进行最终测试是明智的。

提前投资你的时间，你将获得较少的退货或客户投诉。

#专栏作家#

卫 Sir，公众号：简一商业，人人都是产品经理专栏作家。关注智能硬件领域，擅长市场分析、产品设计开发、生产管理等，喜欢阅读和爬山。

题图来自 Unsplash，基于 CC0 协议