
硬件十万个为什么（无源器件篇）导读

1、写作目的

可能很多硬件工程师应该跟我一样的体会，在我们刚工作的时候，电路图的绘制主要是模仿。按照 Demo 板连线，模仿老产品画图，在成熟电路图上进行修改。总而言之，就是“模仿”。画 PCB 时，感觉就真的是：连连看、对对碰。能够把线走通，把功能完成，就觉得已经大功告成。电路回板之后，也总是碰到各种困难、各种改板、各种不稳定，各种调试、各种飞线。电路设计的时候，完全没有考虑信号质量、电磁兼容、长期可靠性、健壮性、降额设计等等。

刚工作时，总是很羡慕别人能做很复杂的电路，虽然不知道复杂电路的挑战点在哪里，也不知道电路设计的时候有哪些关键的注意点。总是凭着自己的喜好和感觉进行电路设计，结果自然不尽如人意。当时互联网还不发达，网上能找到的资料还非常少，也没有类似《硬件十万个为什么》这样的学习路径。

当时很搞笑的一个事情：我去问一个比我年长的工程师：为什么别人的电路板上会有蛇形走线？他也一直没有从事过射频或者高速数字电路的设计，很懵的回答我：“不知道啊，估计是为了防止信号辐射出去干扰其他信号。因为都是高速的信号，所以速率越高越容易辐射。”（这个答案自然是错误的）于是，我闹了个笑话：把一个 FPGA 的电路板上面速率最高的信号（时钟）走了蛇形走线。这是典型的不懂原理，盲目模仿的笑话。很庆幸的是我在还算年轻的时候，带着我的各种困惑离开了第一份工作，去了“华为”，带着我的硬件梦想：**要做更高级的硬件，更复杂的硬件，更可靠性的硬件，做更值钱的硬件。**

到华为入职之后，感受到华为最大的优势就是有很多的历史积累，并形成了“规范”、“指导书”、“checklist”。特别是我刚入职的那段时间，整个公司都在“规范”

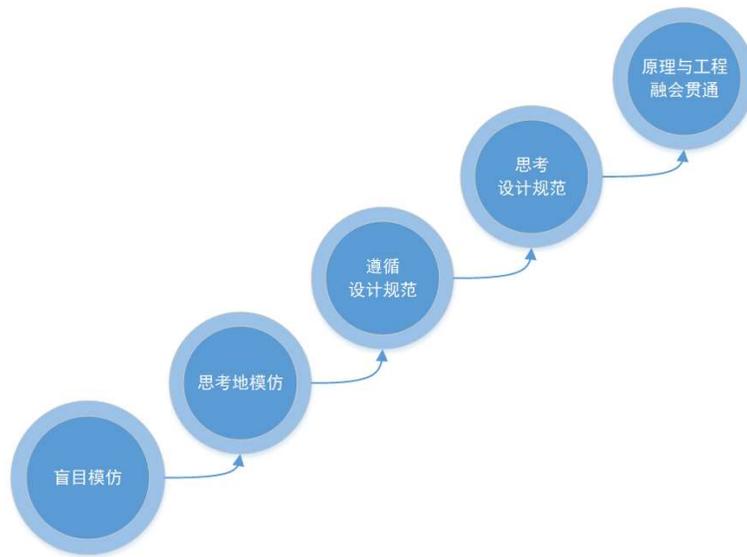
运动，什么都写规范，人人都写规范，什么任职、绩效、技术等级都看规范。（大公司用 KPI 来引导，容易搞成“运动”）。大家都不分青红皂白的遵循“规范”。当时，原理图评审的时候，听得最多的就是“规范就是这样写的”，这里面有一些问题：

- 1) 写规范的人不一定水平高，或者写得不细致，如果出现错误那就更是害人了。
- 2) 规范有时抑制了开发人的思维，什么都按照规范来，不一定适合实际的设计场景；例如我需要低成本设计，但是规范强调的是高质量，就不一定适用。
- 3) 有了规范之后，也会导致部分开发人员不思考，例如晶振要求在 50MHz 以上，放 pF 级的电容进行电源滤波，而低于 50MHz 的时候不放电容。大家都不想为什么，自然也不知道为什么；这条内容制定的依据是什么？试验结果、仿真结果、还是有案例，并没有详细的描述；再例如网口变压器防护，室内室外，按照各种 EMC 标准的设计要求直接照着画就可以，但是很少有人想为什么，也不知道测试的结果怎样，等实际碰到困难时就束手无策了。的确，这样简单的规则形成的规范，有的时候可以提高工作效率和产品质量，但是规则越僵化、思想越退化，这是必然。

- 4) 有些器件的选型，不适合写规范，因为器件发展太快，有可能等规范写好，器件都淘汰了。例如：在 X86 处理器进入通信领域了之后，处理器选型规范就显得多余。

规范确实能带来好处。但是，并不是所有工作都适合用规范来约束。硬件工程师要能跳出“参考电路”、跳出“规范”，从原理思考问题和设计。

正是由于我在第一份工作主要做技术预研项目，虽然电路复杂度没有那么多高，但是做的往往都是一些行业空白、需要寻找技术断裂点的工作，所以培养了独立思考的工作习惯。看到一堆规范的时候，往往希望了解制定该规范的依据、制定归档的思路和规范涉及的原理。时间久了，随着知识体系越来越完备，了解到电子元器件的微观结构，物理原理。在硬件的知识架构中，逐步形成了一种用物理原理去解释工程规范的思维方式。



为了帮助工程师，特别是年轻工程师快速提高，避免大家盲目模仿、盲目迷信设计规范。通过不断的学习，提升认知，达到“能够用物理原理去理解工程现象，能够先理解、再使用设计规范”。我们最终希望大家能够最终能够把原理与工程结合，明明白白的做开发。这样设计出来的硬件质量高，问题少，即使有问题也能够快速分析和解决。整本书虽然只是无源器件的内容，但是希望大家通过这本书的学习，能够掌握这种思维方式，融会贯通到整个硬件设计。

2、写作形式

本书的写作过程经历了很多阶段，包括风格、形式、侧重点都经过多次推翻重构，最终硬十团队与北大出版社的编辑团队，在多次研讨之后，决定采用“十万个为什么”的问答形式，以问题触发来逐步解答问题。因为我们日常开发过程就是在原有知识体系中不断添砖加瓦、解答问题，从而逐步构建一个更完整深入的知识体系。所以整本书按照“阻”“容”“感”的三个章节，逐步解答电阻、电容、电感三个无源器件的常见问题。本书大

部分内容都是平时《硬件十万个为什么》公众号所发布内容的方式，解答大家工作中碰到的一些困惑的问题。每个知识点都通过问题解答的形式聚焦到基本的原理。



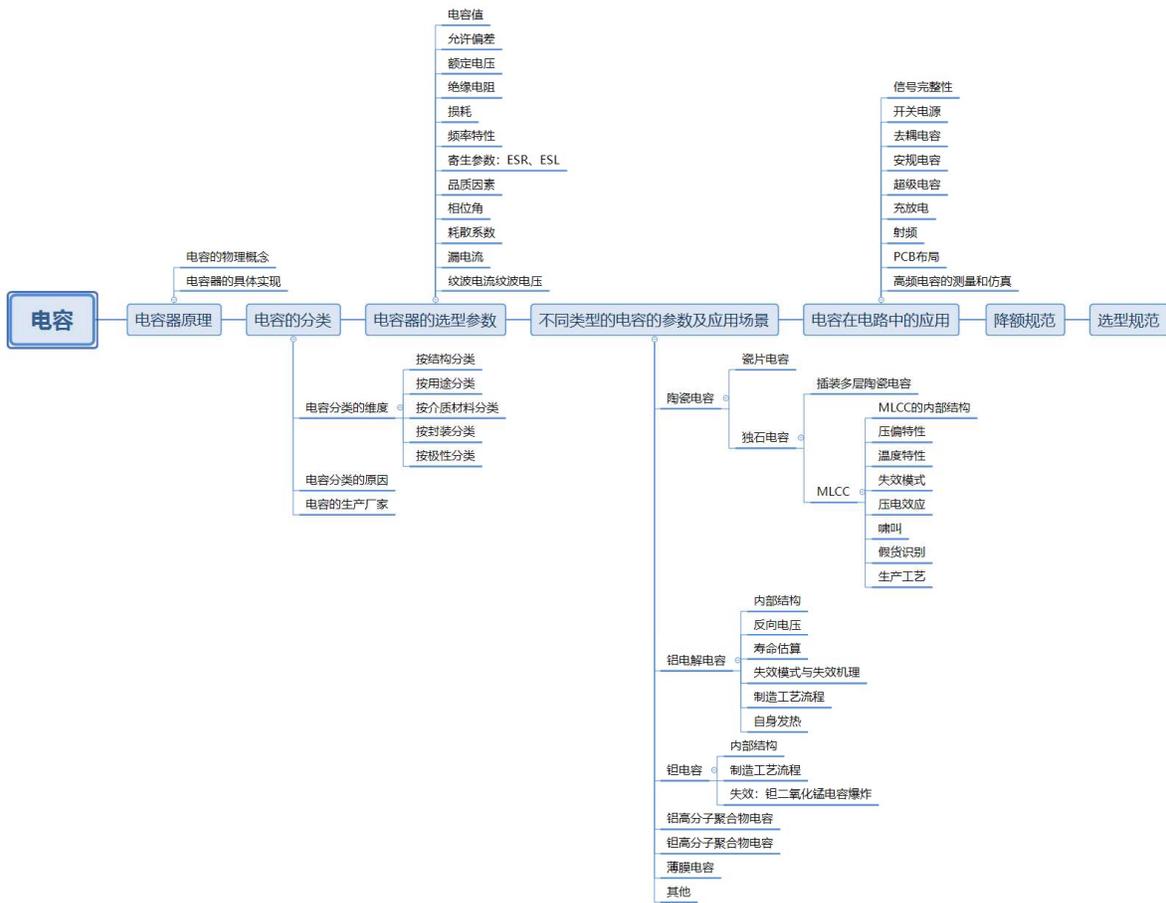
电阻1	
1	电阻中的电阻器如何实现物理概念中的“电阻”？2
2	为什么电阻器有多种种类？5
3	电阻是如何分类的？7
4	可变电阻都有哪些？11
5	线绕电阻用什么材料制成的？可以用普通导线吗？13
6	金属膜电阻如何实现“高精度”？15
7	高精度电阻器由哪些材料制成？20
8	薄层电阻器104
9	为什么105
10	为什么107
11	为什么111
12	为什么118
1	电阻器如何实现物理概念的“电阻”？105
2	电阻的主要厂家都有哪些？107
3	电阻有哪些种类？111
4	电阻的种类为什么这么多？118
5	电阻选型时，需要关注哪些参数？122
6	各种电阻关键参数及应用场景有什么不同？127
7	独石电容、瓷片电容、陶瓷电容是什么关系？130
8	MLCC的内部结构是怎样的？262
9	为什么陶瓷电容要加“一”？263
10	如何识别MLCC的耐压值？265
11	温度对MLCC的影响有多大？266
12	为什么有的MLCC要加“一”？268
1	什么是电感？263
2	电感怎么分类？265
3	什么场合需要使用电感？266
4	交流电感的型号、阻抗及命名有哪些？268
5	常见的磁芯有哪些？270
6	磁环的磁芯与材质之间有什么关系？274
7	功率电感的额定电流为什么有两种？275
8	磁珠和电感有什么不同的作用？276
9	什么是电感的Q值？282
10	电感为什么会啸叫？283
11	如何解決电感啸叫？284
12	共模电感的工作原理是什么？286

问题解答的形式，可以让每个小节都自成体系，让大家可以利用碎片的时间对一个问题解答形成闭环。由于硬件知识体系非常的庞杂，如果想让整书显得系统化，则会让阅读者索然无味，这也是市面上一些讲解器件选型类书籍的弊病：追求大而全、追求体系完整，形成大段的表格，而其中很多知识点是平时工作很少涉及的。

问题解答的形式虽然让整本书会显得不够系统化，但其实每个问题之间是有关联性和承接性的。我们在解答一个个问题的时候，也逐步理顺了问题与问题之间的先后关系。例如在电阻写作的过程，是从基本原理起步，然后解答在“电阻器如何实现物理概念中的电阻”的时候，引发思考可以问出一系列关于电阻材料、参数、工艺等一系列的问题，在搞清楚电阻的内部结构，具体特性之后，解答关于器件失效、失效机理等一系列可靠性相关问题，那么可靠性的问题也跟器件的使用相关，电阻如何用？用在哪？有哪些注意事项？，等等问题也随着这个意识流被引出。基本的原理都被解释清楚了，这时我们再去看电阻的规范，则百川归海，形成一个完整的认知，完整的知识体系。



电容的情况跟电阻还有非常大的区别，虽然同为无源器件，但是不同的电容之间，材料、工艺、原理、特性都差异非常之大。所以对于电容来说，我们重点介绍大家日常使用最多的 MLCC、铝电解电容、钽电容、高分子聚合物电容。在讲解具体电容的时候，按照分类进行讲解。这些电容的原理不同，导致参数、特性、可靠性、用法、生产工艺等都有很大的差异。在写作的过程中，我们按照电容的种类进行区分讲解。



电感的章节延续了电阻的写作思路。但是电感所涉及的专业领域，与具体应用强相关。所以电感章节写的比较简略，具体的电源设计、射频设计中涉及到的电感选型计算都没有在本书进行展开。并且也没有涉及变压器的讲解。同时本书将磁珠的使用以及规范也融入了电感的章节。



3、远景规划

硬十平时发的文章已经形成了很多系列，例如：电源系列、可靠性系列、华为研发系列等等，也都整理成合集，便于大家阅读。硬十这么多年来积累，也是很多朋友敦促和鼓励之下的结果，帮助我们完成了《无源器件篇》。但是这个可能只是我们万里长征的第一步。我们还有很多内容需要整理成书，这个过程必然是艰辛的。

在写书的过程中，几位作者付出了很大的心血，北大出版社的几位编辑也是给予了很大的帮助和指导。有时为了扣一个细节，需要去阅读很多的内容；有时为了梳理一个思路，展开了很激烈的讨论；有时为了一个字一个标点符号，反复修改反复推敲。由于平时还有开发任务，所以团队成员为了这本书的完成也是额外付出了很大的努力。2020年的那场疫情，让我静心的坐在家里，认认真真的思考这本书到底写成什么样。在反复雕琢的过程中，总体的思路也在逐步的优化和改进。当书稿基本完成之后获得的那种成就感，不得不感慨古人写书那种呕心沥血也要著书立说。司马迁被处以宫刑，在形体和精神上给了他巨大的创伤。出狱后任中书令，他忍辱含垢，发奋继续完成所著史籍，以其“究天人之际，通古今之变，成一家之言”的史识，前后经历了14年，创作了中国第一部纪传体通史《史记》。司马迁的那种历史使命感应该是感染着每一位写书的中国人。

我觉得我们硬件十万个为什么团队，一边做项目，一边做知识分享，才能把硬件知识的分享做好。实践出真知，硬件知识日新月异，我们只有不断地投入到项目中，自我提升，才能产生更多的案例和知识积累。这也是我们团队独特的优势。一开始创业肯定是以赚钱为主要目的，但是我个人觉得，对于我来说赚多少钱已经真的不重要了，把想做的事情做好，做完美，做成功才是更重要的。所以我们会持续的投入到后续的一系列书籍、课程、

视频的制作中，形成一个完整的知识体系，构建硬十的知识大厦。这个过程中也会邀请和吸纳国内知名的工程师专家共同投入，为大家奉献好的内容。同时，也限于我们的能力和精力有限，过程中难免有纰漏，希望大家通过公众号和微信及时反馈给我们，帮助我们做得更好。

硬十五个为什么