

无意中看到这个文章，虽然自己也搞了4年模电了，但后看完之后发现自己原来根本就没有入门阿！现发上来和大家共享！

.....

复旦攻读微电子专业模拟芯片设计方向研究生开始到现在五年工作经验，已经整整八年了，其间聆听过很多国内外专家的指点。最近，应朋友之邀，写一点心得体会和大家共享。

我记得本科刚毕业时，由于本人打算研究传感器的，后来阴差阳错进了复旦逸夫楼专用集成电路与系统国家重点实验室做研究生。现在想来这个实验室名字大有深意，只是当时惘然。电路和系统，看上去是两个概念，两个层次。我同学有读电子学与信息系统方向研究生的，那时候知道他们是“系统”的，而我们呢，是做模拟“电路”设计的，自然要偏向电路。而模拟芯片设计初学者对奇思淫巧的电路总是很崇拜，尤其是这个领域的最权威的杂志 JSSC (IEEE Journal of solid state circuits)，以前非常喜欢看，当时立志看完近二十年的文章，打通奇经八脉，总是憧憬啥时候咱也灌水一篇，那时候国内在此杂志发的文章凤毛麟角，就是在国外读博士，能够在上面发一篇也属优秀了。

读研时，我导师是郑增钰教授，李联老师当时已经退休，逸夫楼邀请李老师每个礼拜过来指导。郑老师治学严谨，女中豪杰。李老师在模拟电路方面属于国内先驱人物，现在在很多公司被聘请为专家或顾问。李老师在87年写的一本(运算放大器设计)；即使现在看来也是经典之作。李老师和郑老师是同班同学，所以很要好，我自然相对于我同学能够幸运地得到李老师的指点。李老师和郑老师给我的培养方案是：先从运算放大器学起。所以我记得我刚开始从小电流源开始设计。那时候感觉设计就是靠仿真调整参数。但是我却永远记住了李老师语重心长的话：运放是基础，运放设计弄好了，其他的也就容易了。当时不大理解，我同学的课题都是 AD/DA，锁相环等“高端”的东东，而李老师和郑老师却要我做“原始”的模块，我仅有的在(固体电子学) (国内的垃圾杂志) 发过的一篇文章就是轨到轨(rail-to-rail)放大器。做的过程中很郁闷，非常羡慕我同学的项目，但是感觉李老师和郑老师讲的总有他们道理，所以我就专门看 JSSC 运放方面的文章，基本上近20多年的全看了。当时以为很懂这个了，后来工作后才发现其实还没懂。所谓懂，是要真正融会贯通，否则塞在脑袋里的知识再多，也是死的。但是运算放大器是模拟电路的基石，只有根基扎实方能枝繁叶茂，两位老师的良苦用心工作以后才明白。总的来说，在复旦，我感触最深的就是郑老师的严谨治学之风和李老师的这句话。

硕士毕业，去找工作，当时有几个 offer。我师兄孙立平，李老师的关门弟子，推荐我去新涛科技，他说里面有个常仲元，鲁汶天主教大学博士，很厉害。我听从师兄建议就去了。新涛当时已经被 IDT 以 8500 万美金收购了，成为国内第一家成功的芯片公司。面试我的是公司创始人之一的总经理 Howard C. Yang (杨崇和)。Howard 是 Oregon State University 的博士，锁相环专家。面试时他当时要我画了一个两级放大器带 Miller 补偿的，我很熟练。他说你面有个零点，我很奇怪，从没听过，云里雾里，后来才知道这个是 Howard 在国际上首先提出来的，等效模型中有个电阻，他自己命名为杨氏电阻。当时出于礼貌，不断点头。不过他们还是很满意，反正就这样进去了。我呢，面试的惟一的遗憾是没见过常仲元，大概他出差了。

进入新涛后，下了决心准备术业有专攻。因为本科和研究生时喜欢物理，数学和哲学，花了些精力在这些上面。工作后就真刀真枪的干了。每天上班仿真之余和下班后，就狂看英文原版书。第一本就是现在流行的 Razavi 的那本书。读了三遍。感觉大有收获。那时候在新涛，初生牛犊不怕虎，应该来说，我还是做得很出色的，因此得到常总的赏识，被他评价为公司内最有 potential 的人。偶尔常总会过来指点一把，别人很羡慕。其实我就记住了常总有次聊天时给我讲的心得，他大意是说做模拟电路设计有三个境界：第一是会手算，意思是说 pensile-to-paper，电路其实应该手算的，仿真只是证明手算的结果。第二是，算后要思考，把电路变成一个直观的东西。第三就是创造电路。我大体上按照这三部曲进行的。Razavi 的那本书后面的习题我仔细算了。公司的项目中，我也力图首先以手算为主，放大器的那些参数，都是首先计算再和仿真结果对比。久而久之，我手计算的能力大大提高，一些小信号分析计算，感觉非常顺手。这里讲一个小插曲，有一次在一个项目中，一个保护回路 AC 仿真总是不稳定，调来调去，总不行，这儿加电容，那儿加电阻，试了几下都不行，就找常总了。因为这个回路很大，所以感觉是瞎子摸象。常总一过来三下五除二就摆平了，他仔细看了，然后就导出一个公式，找出了主极点和带宽表达式。通过这件事，我对常总佩服得五体投地，同时也知道直观的威力。所以后来看书时，都会仔细推导书中的公式，然后再直观思考信号流，不直观不罢手。一年多下来，对放大器终于能够透彻理解了，感觉学通了，通之后发现一通百通。最后总结：放大器有两个难点，一个是频率响应，一个是反馈。其实所谓电路直观，就是用从反馈的角度来思考电路。每次分析了一些书上或者 JSSC 上的“怪异”电

路后，都会感叹：反馈呀，反馈！然后把分析的心得写在 paper 上面。

学通一个领域后再学其他相关领域会有某种“加速”作用。常总的方式是每次做一个新项目时，让下面人先研究研究。我在离开新涛前，做了一个锁相环。我以前没做过，然后就把我同学的硕士论文，以及书和很多 paper 弄来研究，研究了一个半月，常总过来问我：锁相环的 3dB 带宽弄懂了吧？我笑答：早就弄懂了。我强大的运放的频率响应知识用在锁相环上，小菜了。我这时已经去研究高深的相位噪声和 jitter 了。之后不久，一份 30 多页的英文研究报告发出来，常总大加赞赏！后来在 COMMIT 时，有个项目是修改一个 RF Transceiver 芯片，使之从 WCDMA 到 TD-SCDMA。里面有个基带模拟滤波器。我以前从没接触过滤波器，就花了两个月时间，看了三本英文原版书，第一本有 900 多页，和 N 多 paper，一下子对整个滤波器领域，开关电容的，GmC 的，Active RC 的都懂了。提出修改方案时，由于我运放根基扎实，看文章时对于滤波器信号流很容易懂，所以很短时间就能一个人提出芯片电路原理分析和修改方案。最后报告写出来（也是我的又一个得意之作），送给 TI。TI 那边对这边一下子肃然起敬，Conference call 时，他们首先说这份报告是“Great job!”，我英文没听懂，Julian 对我夸大拇指，说“他们对你评价很高呢”。后来去 Dallas，TI 那边对我们很尊敬，我做报告时，很多人来听。总之，现在知道，凡事情，基础很重要，基础扎实学其他的很容易切入，并且越学越快。

我是 02 年 11 月去的 COMMIT，当时面试我的也是我现在公司老板 Julian。Julian 问我：你觉得 SOC (system on chip) 设计的环节在哪儿？我说：应该是模拟电路吧，这个比较难一些。Julian 说错了，是系统。我当时很不以为然，觉得模拟电路工程师应该花精力在分析和设计电路上。Julian 后来自己 run 了现在这公司 On-Bright，把我也带来，同时也从 TI 拉了两个，有一个是方博士。我呢，给 Julian 推荐了朱博士。这一两年，我和朱博士对方博士佩服得五体投地。方博士是 TI 华人里面的顶级高手，做产品能力超强。On-Bright 现在做电源芯片，我和朱博士做了近两年，知道了系统的重要性。芯片设计最终一定要走向系统，这个是芯片设计的第四重境界。电路如同砖瓦，系统如同大厦。芯片设计工程师一定要从系统角度考虑问题，否则就是只见树木，不见森林。电源芯片中，放大器，比较器都是最最普通的，其难点在于对系统的透彻理解。在 On-Bright，我真正见识了做产品，从定义到设计，再到 debug，芯片测试和系统测试，最后到 RTP (release to production)。Julian 把 TI 的先进产品开发流程和项目管理方式引入 On-Bright，我和朱博士算是大开眼界，也知道了做产品的艰辛。