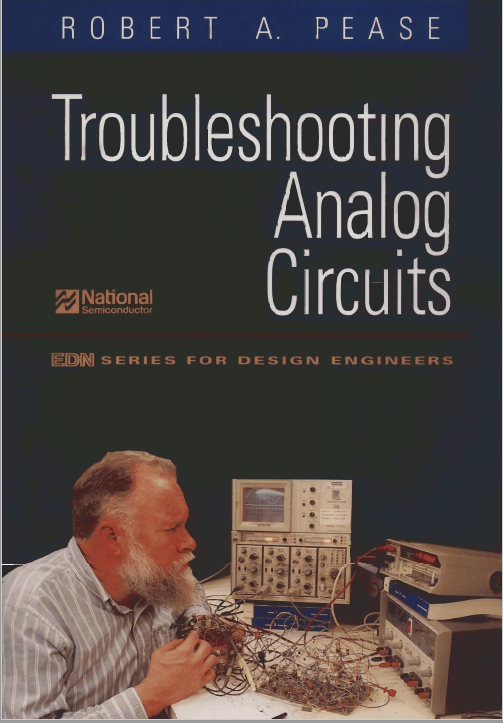
20200330 在线研讨

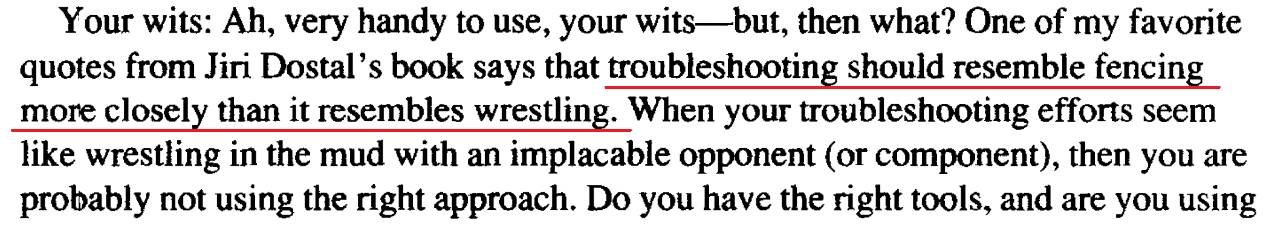
今天这一讲的主题是Troubleshooting electronics，给大家发一本好书，我自己有纸质版，电子版是在网上找的。



这本书里，金子很多，值得从头读到尾。如果硬要提出两个最重要的章节，那就是第一章和第14章了。

第一章有一句话我现在还记得：

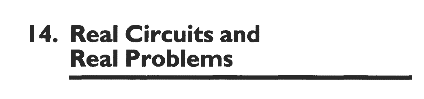
“... troubleshooting should resemble fencing more closely than it resembles wrestling.”

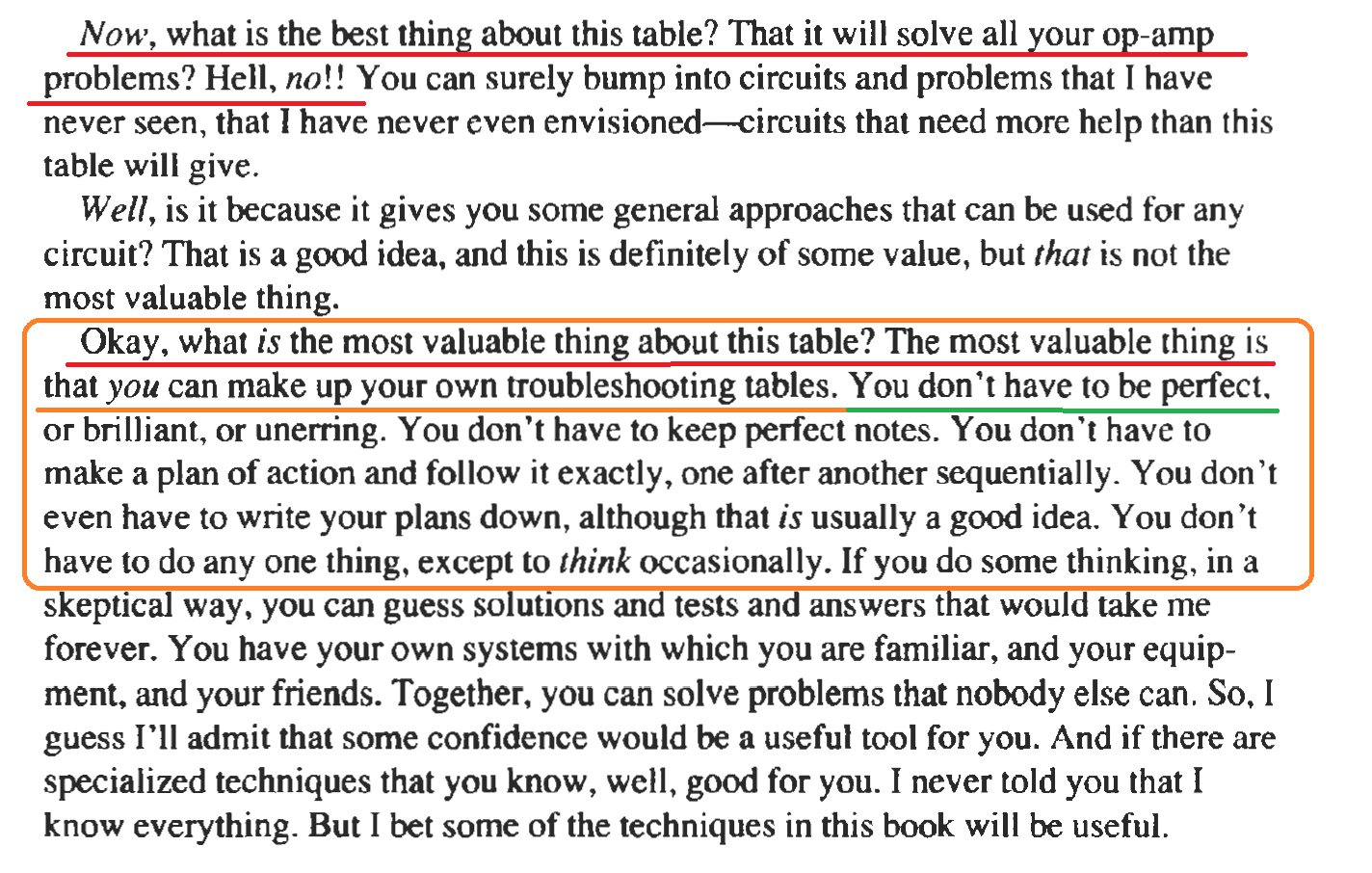


大家想想我们抗疫之战中的“尽早检测”和“应收尽收”，是不是和“fencing”的正确境界有相通之处呢？

再想想对照海外地区的表现，是不是和“wrestling in the mud”比较像呢？所以正确的troubleshooting philosophy 不仅在搭建电路时有用，在搭建光路时有用，在冷原子实验中有用，还在科技之外也非常有用。

第十四章也同样精彩，因为它开启了我们自己在troubleshooting方面修行的路。

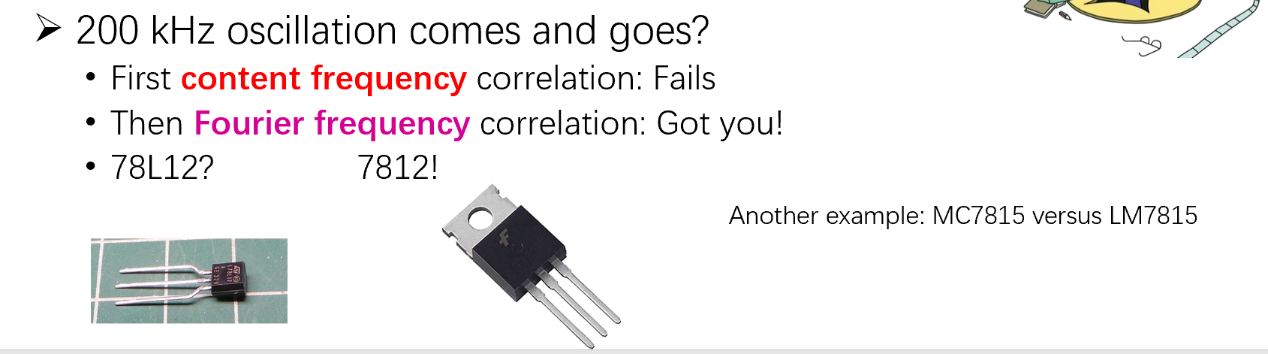




“... the most valuable thing is that you can make up your own troubleshooting tables. You don't have to be perfect.”

这是什么？这其实是我们在中学里面就玩过的“错题笔记”，很古老的一种技术，但是是很好的、经典的技术，在大学里、研究生院里都用得上，可以用一辈子。这本书是作者一辈子错题笔记的结晶，这一讲是我自己正反两方面经验的一个总结，都可以作为资粮，不过如果你们看了之后，能够开始自己的总结提炼之路，那就是最宝贵的了。

Q: 老师，您录音里讲的content frequency和Fourier frequency的区别是什么？我没太听明白，您能再解释下么？



这两个词我是借用clock community的。content frequency，指的是激光、光路、电路的实际频率信号，比如说激光频率为429 THz，线宽为26 mHz等等，这些信号具有频率的量纲。Fourier frequency 指的是信号频谱的标度方式，相当于“横轴”， 比如我们说一个物理量f是时间t的函数，但是很多情况下更有用的是频谱。即，对f(t)作傅里叶分析，分析其各个“傅里叶频率”下的噪声强弱。在clock community因为最在乎频率噪声，又要区分激光频率和傅里叶频率，才把“Fourier frequency”每次都explicitly写出来。

具体到这张slide所描述的troubleshooting，是这样的：

我当时（2010年8月）在信号上看到了200 kHz的undesired oscillation，第一反应是feedback做得不好，振荡了。找了半天找不出来，没法确定一个电阻或电容，可以让电路产生这样的振荡。这就是从“content frequency”去找关联的失败。但是后来我无意间发现，这个200 kHz的振荡本身作为“信号”，它不是电路一插电就有的，而是插电后过几秒才有，这个“过几秒”就是典型的热物理行为。或者说，其Fourier frequency在零点几赫兹或更低，符合热物理过程。在此基础上，我用手指在电路板上摸，发现摸到某些地方，这个undesired oscillation居然有变化。后来就定位到电源chip太小，散热不够；需要用更大的电源chip。把微型的78L12换成了更大的7812之后，undesired 200 kHz oscillation就消失了。虽然我现在还不理解到底为什么过热会导致200 kHz的振荡，但那个知识我也不需要，最关键的是噪声/振荡本身的特征时间/频率，我们把这种特征贴个标签“Fourier frequency”。

那Fourier frequency就是指噪声本身随时间变化的频率特征吗？

对的。

这个是Johnson noise吗？ Johnson noise不应该是broadband的吗？

这个不是Johnson noise，具体是什么我也不知道（不关心），chip“头脑一发热什么都做得出来”，属于发散性故障。Johnson noise是渐变，而它是突变。一定温度以下没有，过了一定温度就突然出现并迅猛增加。

就是 chip已经不在正常work了吗？

是的，不在健康态了，但是在“亚健康态”，你去看它还会输出+12V的电压，但是上面有明显的噪声/振荡。如果彻底不work了，那也好办；最难找的，就是“疑似”。

老师，最后面Lock-in的部分，没有板书有点没听明白。。

lock-in是这样的。我们要把一个信号（本身可能是error signal等）和环境背景噪声区分开来，这种待保护的信号f(t)，通常都是较低傅里叶频率的。我们把它乘上一个周期性函数，比如10 kHz的开-关-开-关-……序列，那么，信号被“调制”到10 kHz的地方，而不是它原本的低频，好处就是，在这种较高频率下，背景噪声一般比较小。我们要的信号f(t)，变成了10 kHz信号的amplitude，我们把这个受f(t）"幅度调制"的10kHz 抽出来，然后再“解调”。 解调，就是把 f(t) cos (Omega t) 乘上 cos (Omega t)，然后取其低频成分，当f(t)的特征傅里叶频率远低于Omega/2/pi的时候，这个Lock-in的过程可以工作得很好。Lock-in的目的，就是大大提高信噪比。

就是像用Mixer去平移一个信号那样，先平移出去，去掉噪声再还原？

对，非常类似于mixer；mixer是RF频段的术语，在audio frequency频段，叫做lock-in。

请问您是怎么实现12V的 low noise 电压输出的？低噪声信号发生器一般没法输出这么高的电压。

用Voltage regulator。Voltage regulator输出+12V；regulator本身用商用电源来支持。

他是只能输出dc吗？

是的。我们一般是把一个数值较高但噪声没那么小的电压（+15V）接到一个voltage regulator上，输出一个数值略低，但是噪声减小的稳定电压（+12V）。

这个东西的性能会比直接串联干电池好吗？

不会。正常工作的电池是噪声最小的。电池就是太费了，不能持久。