

电源纹波测量--从入门到精通

作者：许聪源

第三期：精通纹波测量：示波器底噪的影响及开启 FFT 观察纹波的频率分布

1. 示波器底噪的影响

在测量小的纹波信号时，示波器本身的底噪也不可忽视。相比采样率、模拟带宽等硬指标，这也是基础示波器最先不满足纹波测量要求的第一个指标。已知被测信号是一个小于 10mV 的纹波，如果用基础示波器，底噪就会比较大。如图 13 所示，TDS 1012 基础示波器的底噪已经在 mV 量级，对测量的影响是不可忽视的。而高阶示波器的底噪在 μV 级别，对此次测量影响就非常小。例如 MSO 6B 系列，官方给出的底噪指标是小于 $55\mu\text{V}$ (1mV/div , 1GHz)。

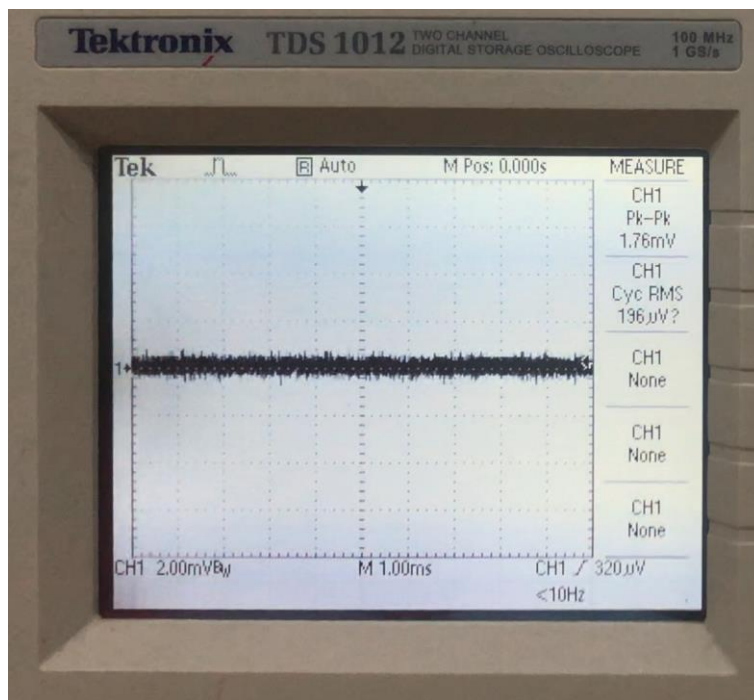


图 13：基础示波器的底噪水平（拔掉全部探头）

2. 开启 FFT 观察纹波的频率分布

除了在时域上观察和测量纹波，我们也需要关心纹波的频率情况。例如开关转换器的开关频率，以及因此产生的各次谐波的大小。对于这类测量需求，使用示波器内置的 FFT 功能，就可以将示波器瞬间变身为一台频谱分析仪。

如图 14 所示，在开启了示波器 FFT 功能后，示波器屏幕上会多一个 FFT 的窗格，显示波形的实时频谱。不难发现在 1.2 MHz 出有一个频率峰值，往高频方向观察也能清晰看到各次谐波(2.4 MHz、3.6 MHz 等)。实际上这个波形是 TPS61093

Boost 转换器的输出纹波。查阅 datasheet（如图 15 所示）可以发现，这正是一个 1.2 MHz 固定频率的开关转换器，说明它正常工作在预定的频率上。

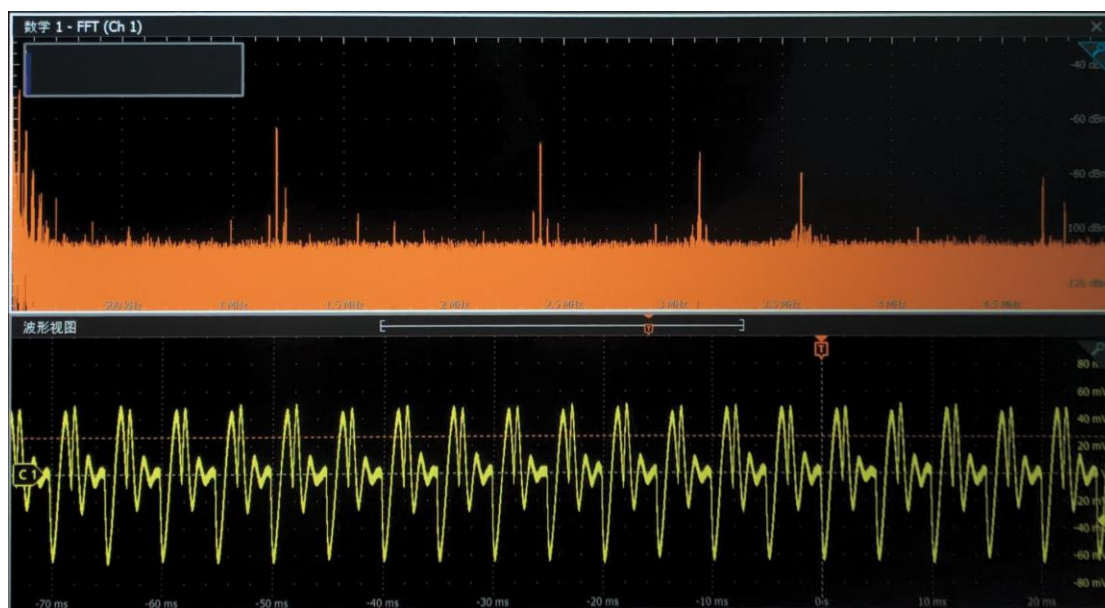


图 14：示波器的 FFT 功能



TPS61093 Low-Input Boost Converter Input/Output

1 Features

- Input range: 1.6 V to 6 V
- Integrated power diode and isolation FET
- 20-V Internal switch FET with 1.1-A current
- Fixed 1.2-MHz switching frequency
- Efficiency at 15-V output up to 88%
- Overload and overvoltage protection
- Programmable soft start-up
- Load discharge path after IC shutdown
- 2.5 mm × 2.5 mm × 0.8 mm WSON package

图 15：TPS61093 Boost 转换器 datasheet 中描述的开关频率为 1.2 MHz^[3]

4 总结

使用示波器测量电源纹波，是一个看似易上手，实则难精通的测试任务。对于刚入门的工程师，插上示波器探头，简单调试就能获取波形，但是这个波形或不准确，或不可复现，使得测试结果可信度不高。本文以 Raspberry Pi Pico 为例，介绍了电源纹波测量的基本流程，并给出了测量波形，方便工程师学习和对比。此

外，本文通过实测和对比等方法，对示波器自动测量技巧的应用，电压探头衰减的影响，接地线的影响，示波器底噪的影响和 FFT 观察纹波的频域分布等方面进行了图文并茂的解析。全文全部数据和波形都由实测和实拍得到，贴近应用实际，具有工程参考价值。

参考文献

- [1] <https://datasheets.raspberrypi.org/pico/pico-datasheet.pdf>
- [2] <https://www.tek.com/oscilloscope/6-series-mso-mixed-signal-oscilloscope>
- [3] <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps61093.pdf>