

1346 Audio Frequency Microvolter

William Xu July, 2020

1346 Audio-Frequency Microvolter, General Radio (West Concord, MA) 公司 1968 年的产品.



图 1. 1346 音频微伏器

I. 1346 Audio-Frequency Microvolter 简介

1346 Audio-Frequency Microvolter (音频微伏器, 图 1), 是一种带信号电平指示的精密 DC/AC 衰减器. 它可用作 DC 微伏器和 AC 微伏器. 当用作 DC 微伏器时, 它是一个直流低电平信号源, 产生 $+/-12V$ ~ $+/-10\mu V$ 之间的直流电压. 当用作 AC 微伏器时, 它需要配合合适的音频振荡器作为输入, 产生 $10V$ ~ $1\mu V$ 之间的音频波形, 频谱可达 $10Hz$ ~ $100KC$, 精度 $+/-4.0\%$.

1346 的优点是, 它几乎可以转换任何正弦波, 方波, 噪音, 音爆 (Tone Burst) 或其他信号发生器的输入信号并且与它组成标准的精密信号源. 这就是为什么说明书说 1346 可产生 $10V$ ~ $1\mu V$ 之间的任意音频波形. 换句话说, 众知各种波形的标准信号源都是昂贵仪器, 但如果你有一台 1346 立马可把这些昂贵的仪器变成白菜价. 这就是为什么虽然 1346 音频微伏器是 1968 年的产品, 但是今天(2020 年)在 eBay (美国的一个拍卖网站) 上面的价值还是 \$500+!

II. 如何用 1346 微伏器合成“白菜价”标准信号发生器

下面是一个例子：我的”白菜价”标准音频信号发生器。在我的收藏中有些廉价的信号发生器，如方波，正弦波和三角波信号发生器等等。这些廉价仪器大多只是定性但不定量的，也就是说它的输出电压是不固定的。如果我想产生 1mV 标准音频电压测试我的音频放大器，必须使用昂贵的标准音频信号源。图 3 显示了如何用 1346 与廉价信号发生器 S-530 组成我的”白菜价”标准音频信号发生器。

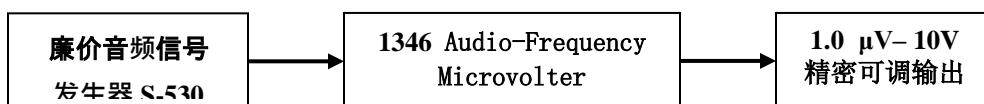


图 2. ”白菜价”标准音频信号发生器

III. 随手可得的“白菜价”标准信号发生器

如果你手边找不到廉价的信号发生器，这里有一个更简单的方式组合你的标准信号发生器。如今在网上有许多免费的在线音频信号发生器。如”Online Tone Generator”就是其中的一种。网址是：

<https://onlinetonegenerator.com/>

这个网站可以产生正弦波，方波，锯齿波和三角波等四种波形。频率范围 10Hz – 20,000Hz (图 3)。音频信号可以从喇叭或者耳机插口输出，非常适合我们使用。唯一不足的一点就是电脑输出的音频电平有限，耳机插口输出最大只有 1Vpp。而 1346 Audio-Frequency Microvolter 仪器要求输入的电平是 AC 1V RMS (均方根值)，也就是大约 2.83Vpp。所以我们需要一个放大率为三倍左右的音频放大器将电脑的输出电平放大才能输入 1346。

图 4. 显示了 Vp, Vpp 以及 Vrms 之间的关系。从这里我们可以得知：

$$V_{rms} = 0.35355 * V_{pp}$$

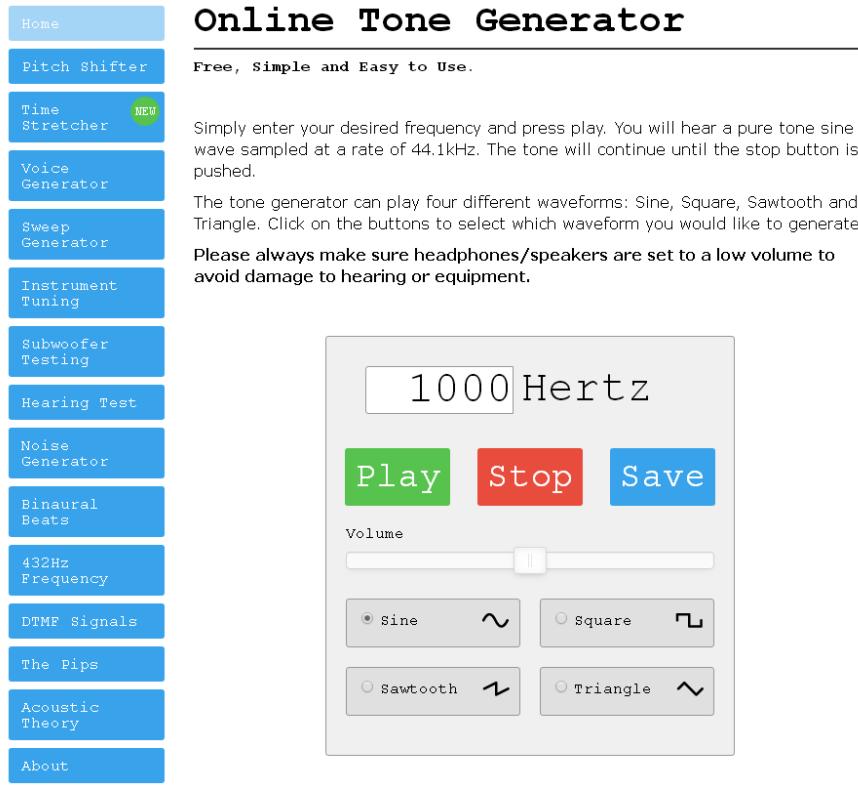
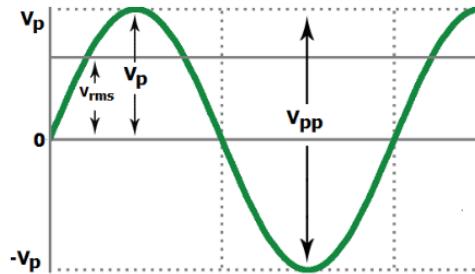


图 3. 免费的在线信号发生器

RMS Voltage Calculator

This RMS Voltage calculator helps to find the RMS voltage value from the known values of either peak voltage, peak-to-peak voltage or average voltage. It calculates the RMS voltage based on the given equations.



$$V_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} * V_p = 0.7071 * V_p$$

$$V_{rms} = \frac{1}{2\sqrt{2}} * V_{pp} = 0.35355 * V_{pp}$$

$$V_{rms} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} * V_{avg} = 1.1107 * V_{avg}$$

图 4. V_p , V_{pp} and V_{rms} 之间的关系

这里对音频放大器的要求不高，最简单的音频放大器都能胜任。比如很多桌上电脑所带的多媒体音频放大器就可以使用。我手边有一个廉价的 10 W 音频放大器 REALISTIC SA-10，用 \$5 买来以后从来没有使用过，用在这里非常合适。



图 5. 10 W 音频放大器 REALISTIC SA-10

图 6 和图 7 表示了如何组成电脑“白菜价”标准音频信号发生器。

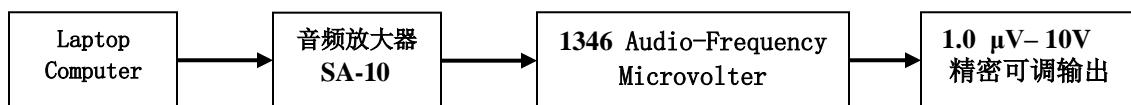


图 6. 电脑“白菜价”标准音频信号发生器

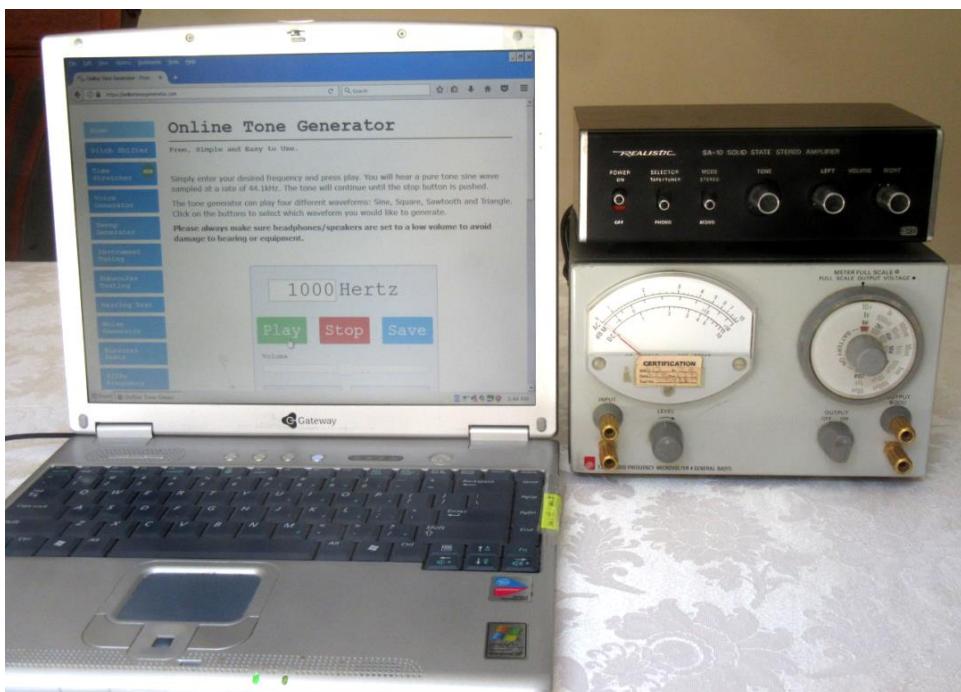


图 7. 电脑与 1346 组合的“白菜价”标准信号发生器

下面描述如何组合这台标准信号发生器：

需要的设备:

- 1) 电脑, iPad 等用于产生音频信号.
- 2) 音频放大器, 如 SA-10 等
- 3) 1346 Audio-Frequency Microvolter
- 4) 一个交流数字电压表, 如 FLUKE-87 数字多用表. 它只用于首次校正, 以后不再使用. (请检查它的 AC 指示是不是 RMS. 数字多用表 AC 电压显示一般都是 RMS 值).

线路连接:

- 1) 用 3.5mm 插头到 RCA 插头的电缆(图 8)连接电脑的耳机输出到放大器 SA-10 的输入.



图 8. 3.5mm 插头到 RCA 电缆



图 9. RCA 插头到 BNC 插头电缆

- 2) 用 RCA 插头到 BNC 的电缆(图 9)连接 SA-10 的输出 (左右通道任选一个) 到 1346 背面的 BNC 信号输入口.
- 3) 1346 面板的信号输出口连接交流数字电压表 FLUKE-87 用于监视输出电压.

参考图 10, 11 和图 12 可以了解系统连接的详细情况.



图 10. 信号发生器系统连接图

电脑信号从此输入



放大信号从此输出

图 11. SA-10 背面的插口

信号输入BNC插口



信号输出BNC 插口

图 12. 1346 背面的插口

信号设置:

1) 电脑 "Online Tone Generator" 设置如下(图 13):



图 13. 软件设定

2) 1346 面板开关设置如下:

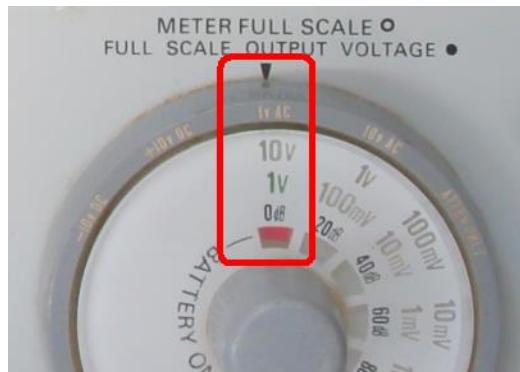


图 14. 面板开关设置

- 3) 调节音频放大器的音量(图 15)以及 1346 面板的 LEVEL(图 16). 使得图 16 面板电表指数满度, 这表示 1346 输出电压是 AC 1.0V.



图 15. 调节放大器的音量



图 16. 调节 1346 面板的 LEVEL

- 4) 注意观测信号输出口连接的交流数字电压表, 应该在 AC 1.0V(RMS) 左右. 如果偏差太大就要检查 1346 内部的 12 伏供电电池是否正常.

整机调试:

- 1) 参照图 10 接通整机线路.
- 2) 调节音频放大器的音量(图 15)以及 1346 面板的 LEVEL(图 16). 使得图 16 面板电表指数满度. 这表示 1346 输出电压是 AC 1.0V.
- 3) 注意观测信号输出口连接的交流数字电压表, 应该在 AC 1.0V(RMS) 左右.
- 4) 如交流数字电压表指示的电压与 1.0V 有些微上下偏差, 可以调节 1346 印刷板电路上的电阻 R202 (1V AC CAL). 如果偏差太大就要检查 1346 内部的 12 伏供电电池是否正常.

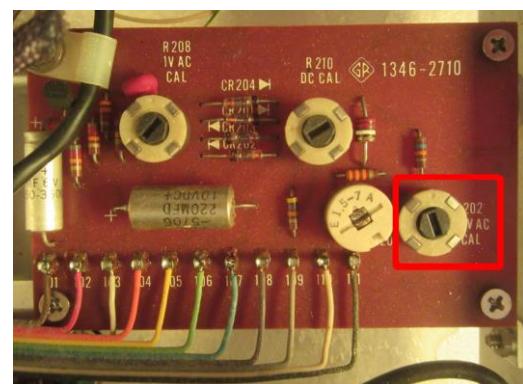


图 17. 调节印刷板电路上的电阻 R202

5) 精细调节 4) , 使图 16 面板电表指数满度时交流数字电压表指示电压是 AC 1.0V. 至此, 整机调试完成.

整机精度测试结果 (1 μ V-1V):

	外圈开关*	内圈开关*	期望正弦波输出 (RMS)	实测正弦波输出 (RMS)
	OUTER DIAL	INNER DIAL		
1	1v AC	1 V	1 V	
2	1v AC	100mV	100mV	
3	1v AC	10mV	10mV	
4	1v AC	1mV	1mV	
5	1v AC	100 μ V	100 μ V	
6	1v AC	10 μ V	10 μ V	
7	1v AC	1 μ V	1 μ V	

* 何谓外圈开关/内圈开关? 见图 18.

图 18 中, 外圈开关是 1v AC, 内圈开关是 100mV.

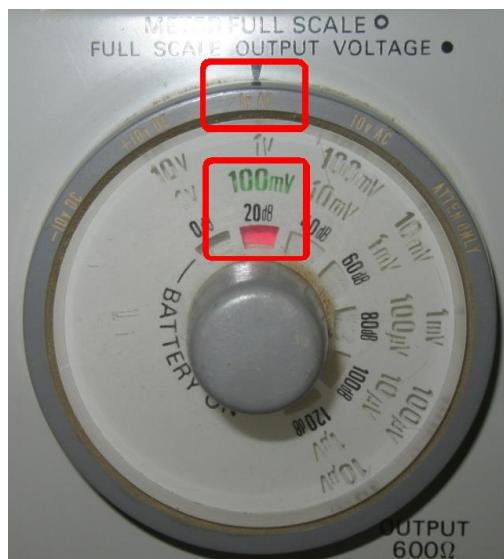


图 18. 外圈开关设置于(1vAC), 内圈开关设置于(100mV)

