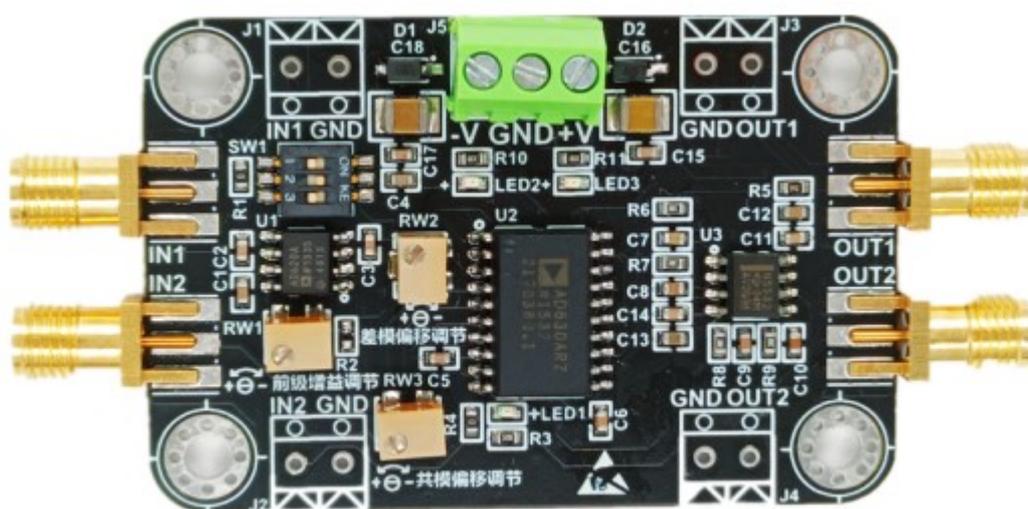


AD630 平衡调制、同步解调、锁相放大器模块

用户手册 V1.0



淘宝官网: <http://fzlzdz.taobao.com>

专注仪器仪表 20 年，一定带给您更多的方便与惊喜！



凌睿智捷电子 出品

2022 年 07 月

官方店铺: <http://fzlzdz.taobao.com>

凌智电子  力作



目 录

1	模块简介	1
2	模块电路图	3
3	模块使用说明	4
3.1	模块接口说明	4
3.2	模块操作说明	8
4	模块测试结果	13
4.1	测试仪器	13
4.2	测试结果	13
4.2.1	测试波形图.....	13
5	模块使用注意事项	16
6	模块版本历史	17

1 模块简介

AD630 是一款高精度平衡调制器/解调器，采用灵活的换流结构，并由经过激光晶圆调整的薄膜电阻提供出色的精度和温度稳定性。其应用与信号的平衡调制和解调、同步检波、相位检测、正交检波相敏检测、锁相放大和方波乘法等。片上应用电阻网络提供 ± 1 和 ± 2 的精密切环增益，精度为 0.05%。这些电阻也可以用来精确配置多路复用器增益：1、2、3 或 4。采用外部反馈实现高增益或复杂的开关反馈拓扑结构。

AD630 用于需要宽动态范围的精密信号处理和仪器仪表应用。当 AD630 用作采用锁相放大器配置的同步解调器时，可从 100 dB 干扰噪声中恢复小信号。虽然该电路针对高达 1 kHz 的工作频率进行优化，但在频率高达几百千赫兹时也很有用。

AD630 芯片特点：

- 可从 100dB 噪声中恢复信号
- 通道带宽：2MHz
- 压摆率：45V/us
- 通道串扰：-120dB（1KHz），-100dB（10KHz）
- 引脚可编程增益： ± 1 或 ± 2
- 100uV 的通道失调电压
- 350KHz 的全功率带宽

凌智根据多年的工程应用经验，考虑到广大客户的使用需求，在 AD630 的前端增加了仪表放大器，以及在后端增加了 10Hz 低通滤波器。

本模块的主要特性如下图：

参数名称	参数值	备注
模块名称	Modem_AD630	
模块类型	调制_解调_锁相环模块	
模块供电	$\pm 5 - \pm 15$	最大支持 $\pm 18V$ ，不建议超过 $\pm 15V$
模块输入范围	最大13Vpp	选择未接入AD620放大器，在正负15V供电的条件下测试，不同供电电压输入范围不一样
	支持uV级信号	选择接入AD620放大器（放大后需满足AD630的输入范围）
模块输入参考信号范围	$(-VS + 3) \text{ to } (+VS - 1.5)$	若正负5V供电，则参考信号输入范围为： $-2V - 3.5V$ 之间
模块OUT1输出	最大27Vpp	正负15V供电的条件下
模块OUT2输出	最大10Vpp	理论跟随端口OUT1输出，但幅度过大会失真
模块增益	2倍	AD630默认放大倍数
	2-10000倍	AD620可调放大倍数
	4-20000倍	接入AD620放大器整体放大倍数
模块带宽	800KHz（第一级单倍增益带宽）	AD620增益G=100时，带宽为50KHz（芯片手册数据，实际偏低）
	2MHz（第二级单倍增益带宽）	AD630增益G=2时，带宽为800KHz左右（芯片手册数据，实际偏低）
	10Hz（第三级带宽）	低通滤波器截止频率设置为10Hz
		实际应用时，建议低于100KHz下使用
模块特点	三级环路设计	第一级设置微弱信号放大器（可选是否使用），第二级设置AD630锁相放大器，第三级设置低通滤波器（根据实际应用看是否使用）
模块功能	多种	平衡调制、平衡解调、锁相放大器、精密整流器
输入输出接口	SMA接口	预留接线端子接口（默认不焊接）
工作温度	$-25^{\circ}C \text{ to } 85^{\circ}C$	
模块尺寸	5.7*3.7*0.9	长*宽*高cm
模块重量	17g	
模块应用	多种应用方式	同步检波、相位检测、方波乘法、锁定放大器

图 1. 1. 1 AD630_Modem 模块特性表

2 模块电路图

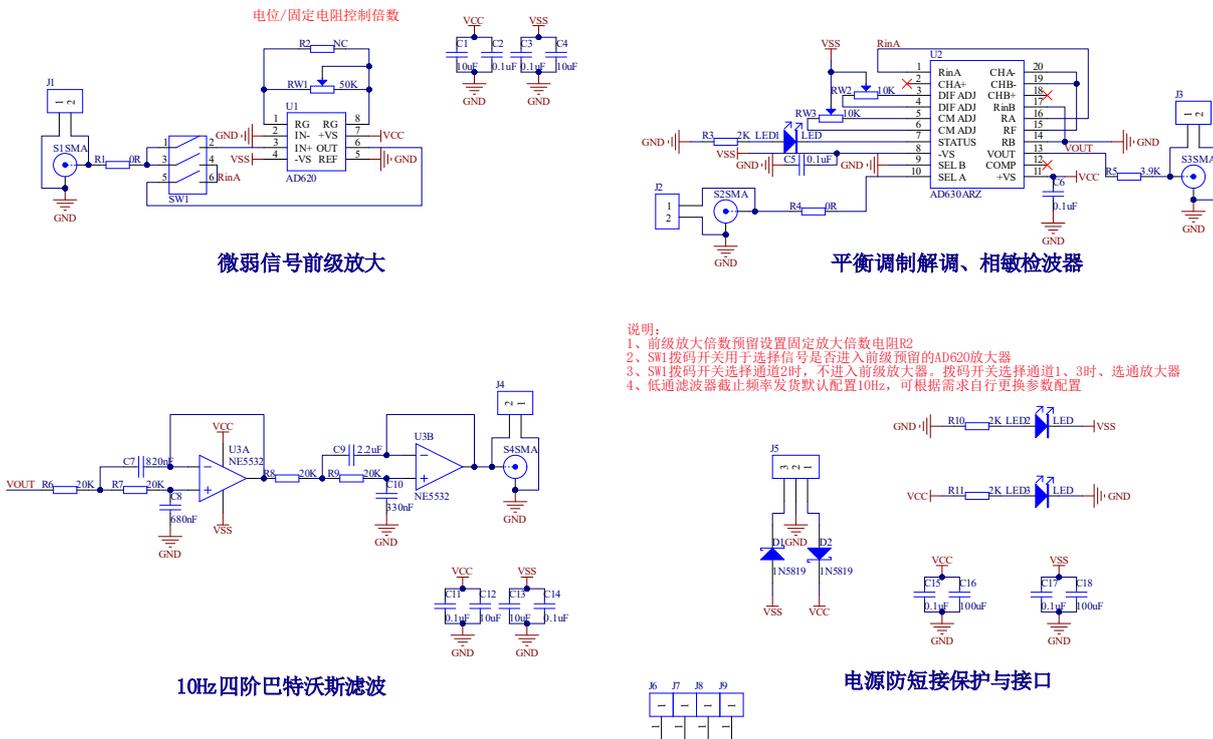
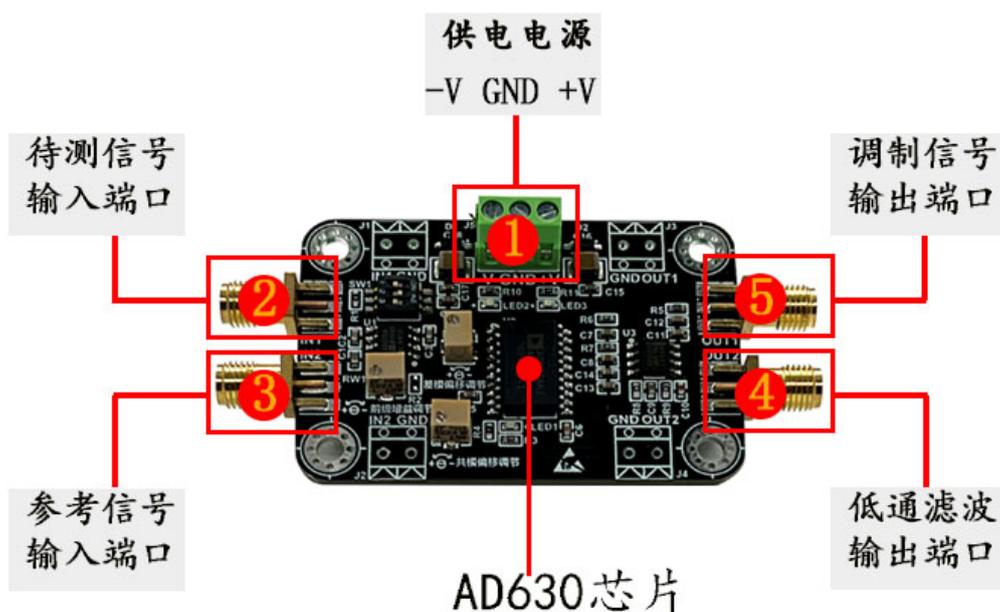


图 2.1.1 AD630_Modem 模块电路原理图

3 模块使用说明

3.1 模块接口说明

输入输出采用 SMA 接口。模块接口示意如图 3.1.1 所示，模块连接如图 3.1.2-3.1.2.4 所示。



备注（J1、J2、J3、J4预留，默认不焊接）

- J1是预留待测信号输入的接线端子接口
- J2是预留参考信号输入的接线端子接口
- J3是预留调制信号输出的接线端子接口
- J4是预留低通滤波输出的接线端子接口

图 3.1.1 模块接口示意图

从图 3.1.1 可知，IN1 为待测信号输入端口；IN2 为参考信号输入端口；OUT1 为调制解调输出端口；OUT2 为滤波输出端口；拨码开关 SW1 为通道选择器，用于选择待测信号是否接入 AD620 放大器；电位器 RW1：控制放大器 AD620 的放大倍数；电位器 RW2：微调 AD630 的差模信号偏移；电位器 RW3：微调 AD630 的共模信号偏移；

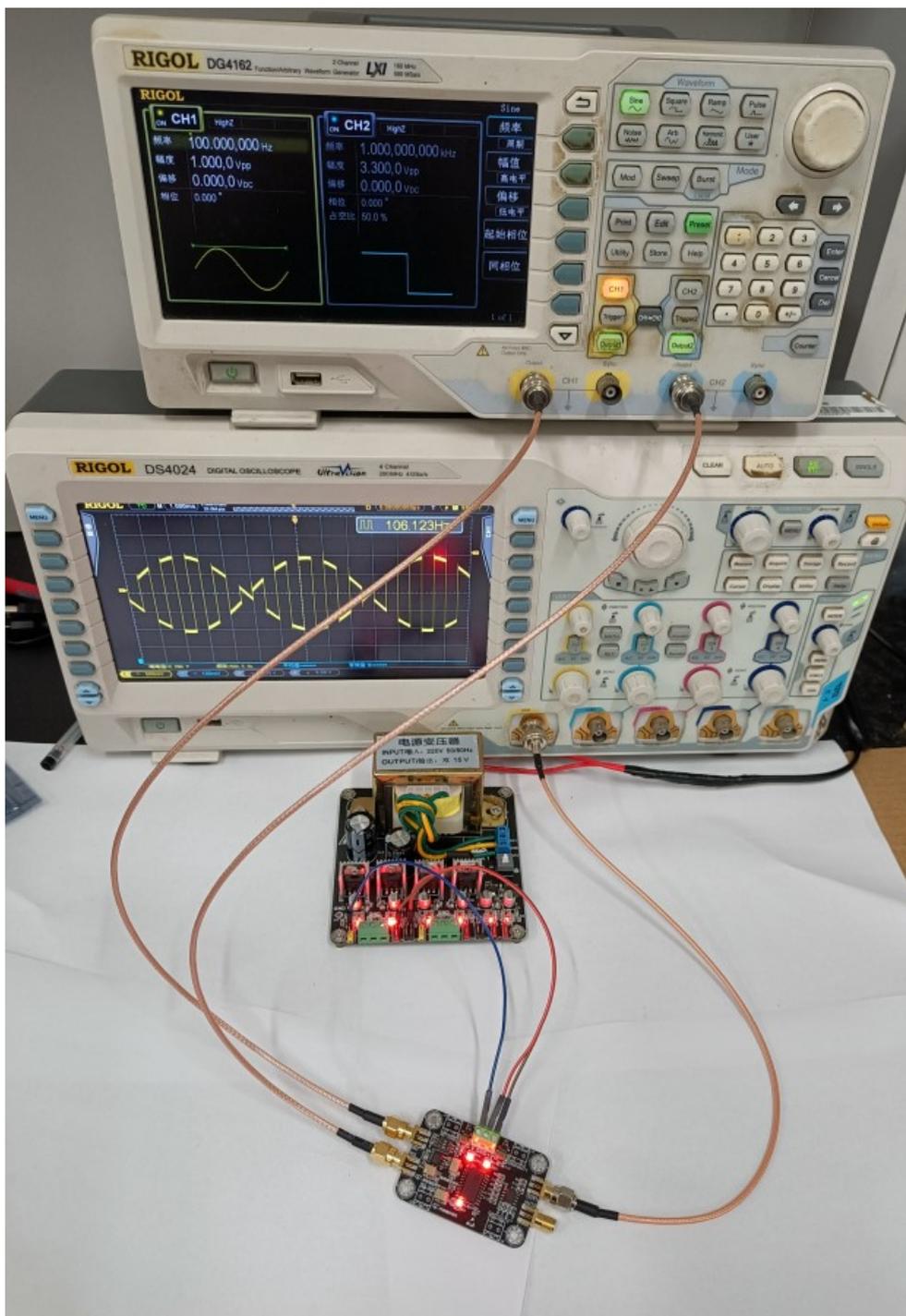


图 3.1.2 平衡调制连接示意图

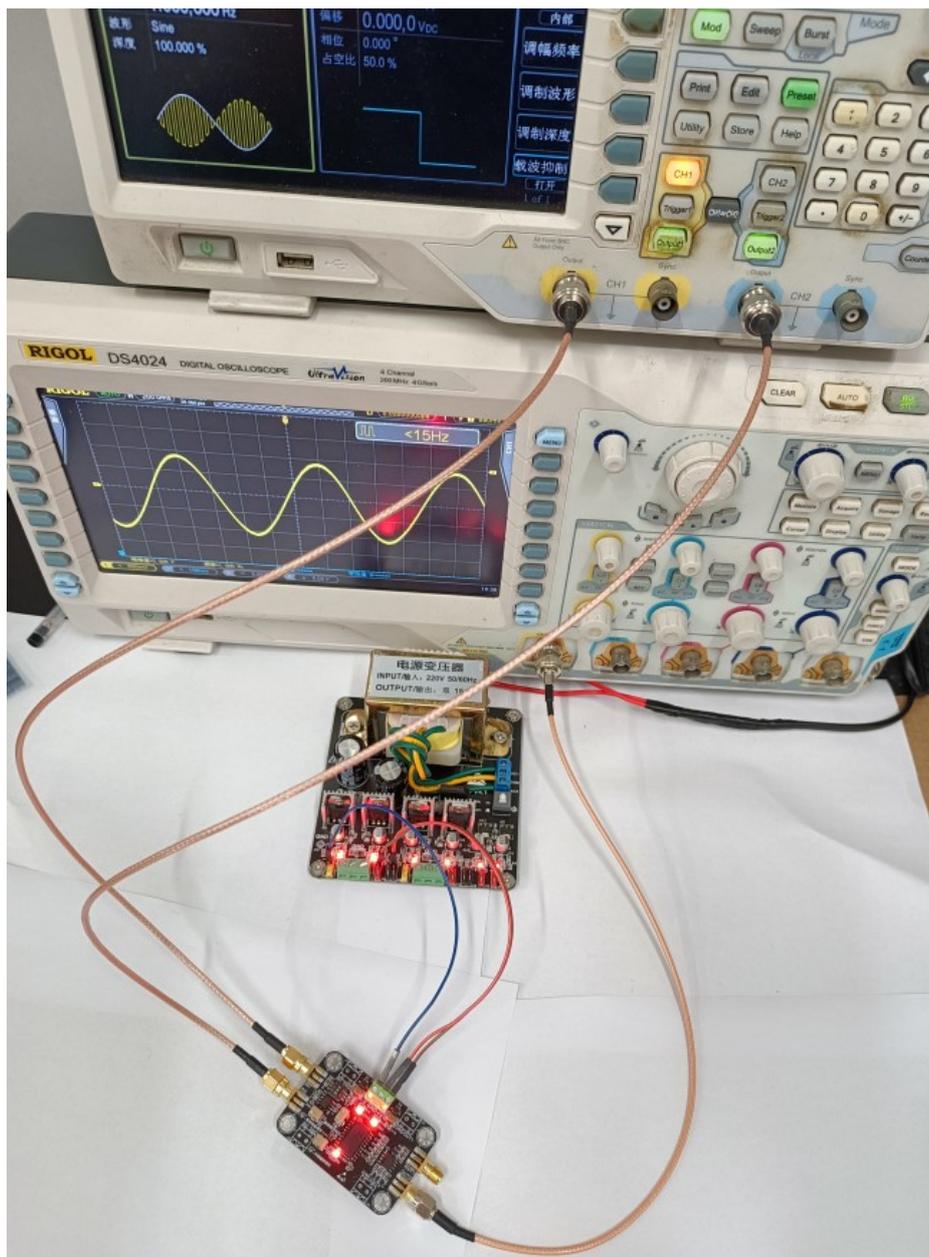


图 3.1.3 平衡解调连接示意图

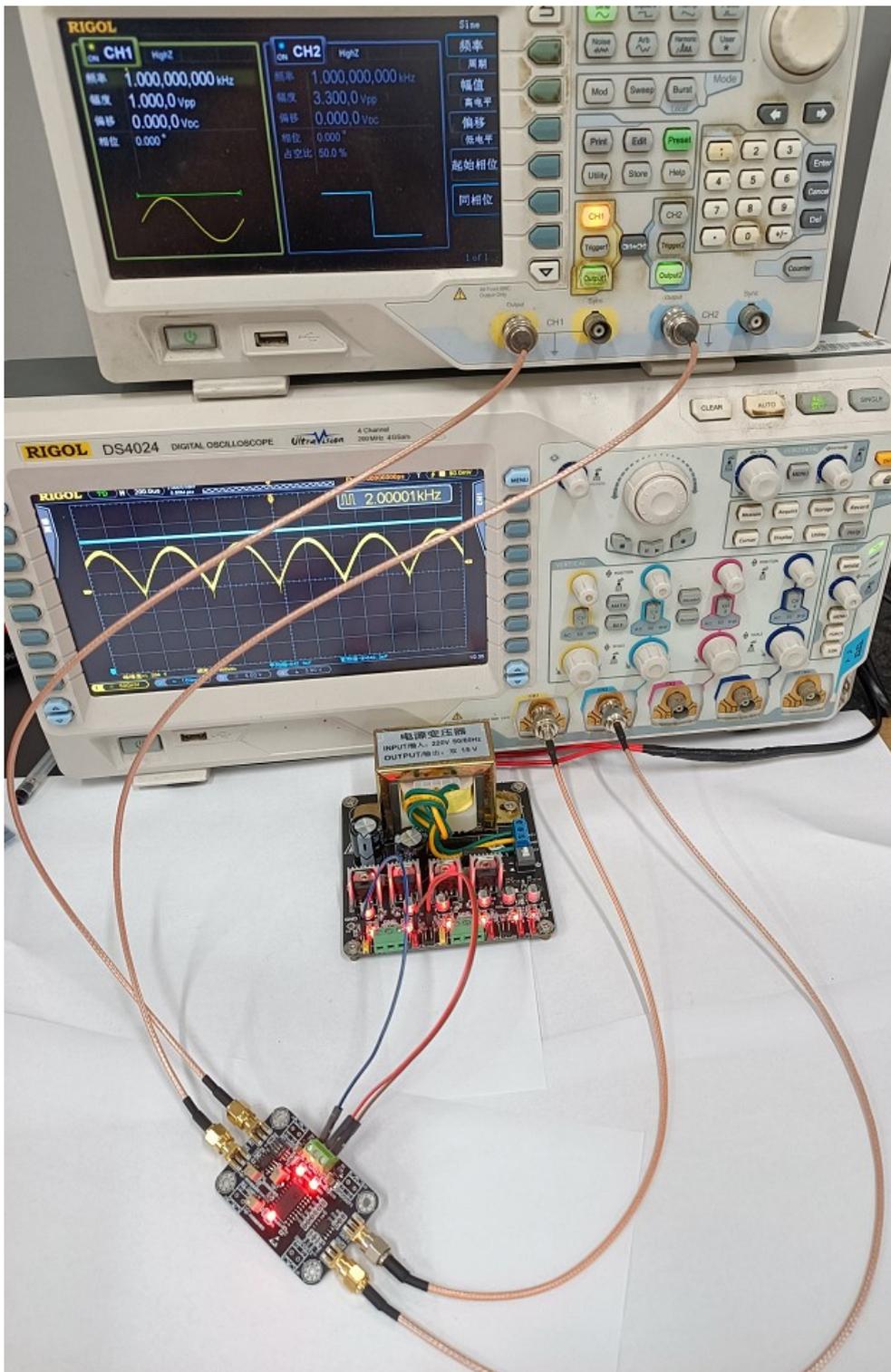


图 3.1.4 锁相放大器连接示意图

3.2 模块操作说明

为了处理微弱信号，模块加入了 AD620 放大器芯片，通过拨码开关来选择是否使用。模块放大倍数可由电位器 RW1 调整，也可以自行拆除电位器，使用预留的电阻位 R2 来实现固定放大倍数放大。

用户可自行选择是否接入前端的 AD620 放大器(前端信号为微弱信号才推荐选择接入，正常信号直接输入到 AD630 即可)，若选择不接入，只要将拨码开关 SW1 的 2 通道拨到带有 ON 的一边，其余拨到另外一边，如下图所示：

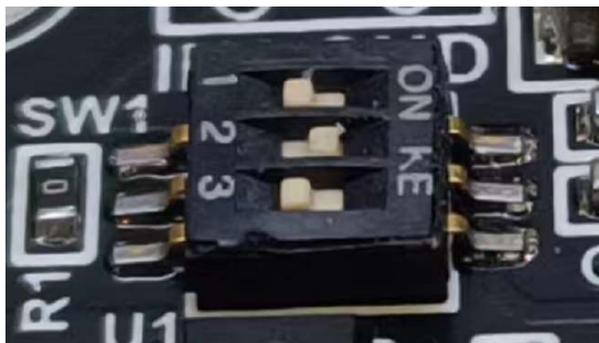


图 3.2.1 不接入 AD620 放大器拨码开关操作示意图

若选择接入，将拨码开关 SW1 的 1 与 3 通道拨到带有 ON 的一边，2 通道拨到另外一边，如下图所示：

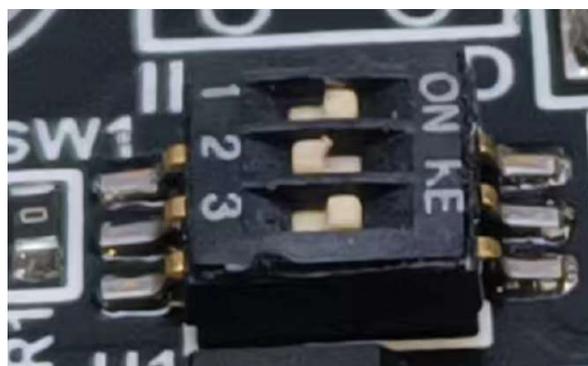


图 3.2.2 接入 AD620 放大器拨码开关操作示意图

当有使用到 AD620 放大器时，可使用下图中红色圈内的电位器来调整增益，电位器逆时针旋转，AD620 的放大倍数增加；顺时针旋转时，AD620 的放大倍数减小。

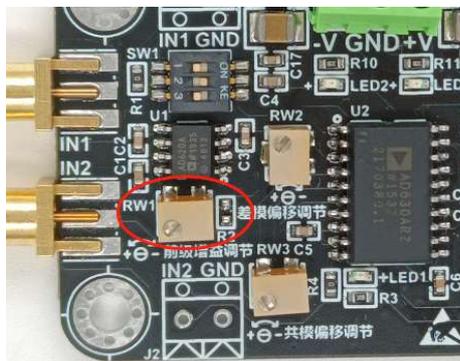


图 3.2.3 AD620 放大倍数操作示意图

若 AD630 输出存在一定的偏移，可通过模块上的电位器 RW2 与 RW3 来微调偏移，其中电位器 RW2 用来做差模偏移调整，电位器 RW3 用来做共模偏移调整。两个电位器逆时针旋转均增大偏移电压，顺时针旋转均减小偏移电压。（注意两个电位器只能微调偏移，mv 级别）。电位器 RW2 与 RW3 示意图，如下所示。

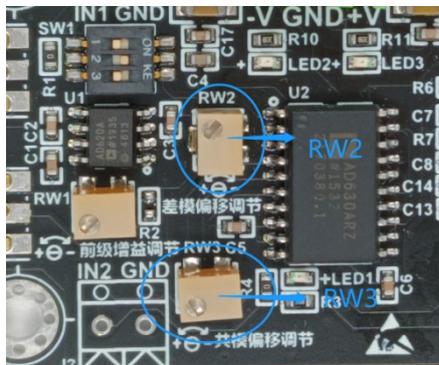


图 3.2.4 调偏电位器操作示意图

为了实现锁相放大器和平衡解调，模块加入了低通滤波器来实现（OUT2 端口输出）。在锁相放大时，滤波器将相敏检波输出信号（PSD）转为 LPF 直流输出；在平衡解调时，滤波器用于滤除基波频率以外的高频干扰信号。低通滤波器是截止频率为 10Hz 的四阶巴特沃斯类型，故平衡解调模式下，输入的调制波频率不能超过 10Hz。若用户有其他截止频率需求，可找我们定制。

模块支持以下几种工作模式：

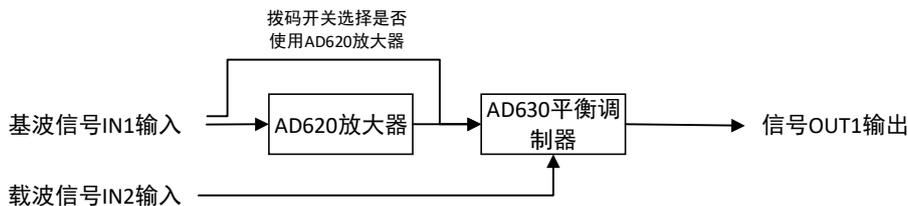


图 1 平衡调制模式框图

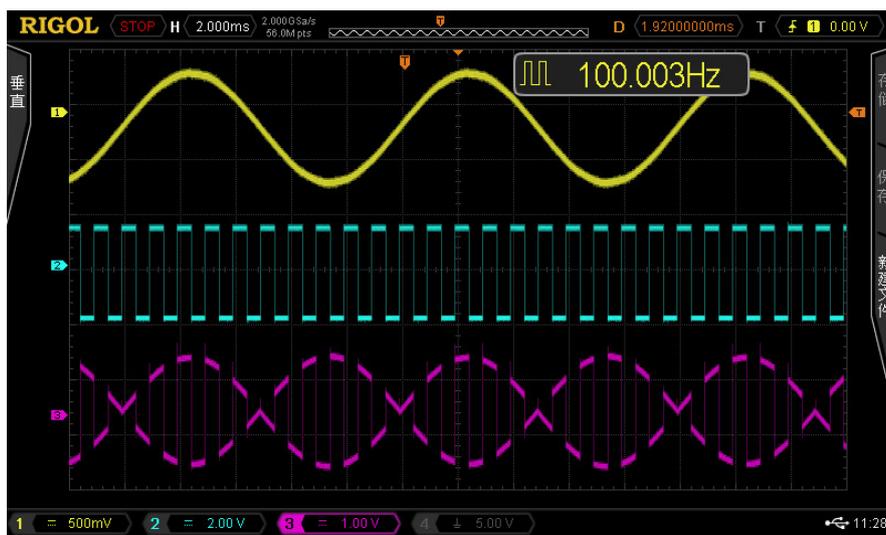


图 2 平衡调制模式波形示意图

上图黄色波形图为端口 IN1 输入的基波信号，蓝色波形图为端口 IN2 输入的载波信号，紫色波形图为端口 OUT1 输出的已调制信号。

官方店铺：<http://fzlzdz.taobao.com>

凌智电子  力作

平衡解调模式: 在 IN1 端口输入已调制信号, IN2 端口输入参考信号(载波信号), OUT2 输出解调信号。(若使用信号源输入已调制信号与载波信号, 需保证已调制信号是具有载波抑制的 AM 波(双边带信号-DSB), 且两个信号需保证是同相位输出)。若两个信号相位不相等, 则输出解调输出信号幅度会偏小。

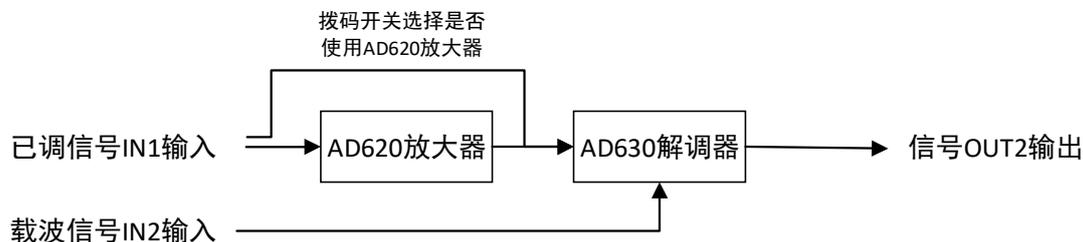


图 3 平衡解调模式框图



图 4 平衡解调模式波形示意图

上图黄色波形图为端口 IN1 输入的已调制信号 (AM 波), 蓝色波形图为端口 IN2 输入的载波信号, 紫色波形图为端口 OUT1 输出的已解调信号。

锁相放大器模式: 在 IN1 端口输入待测信号, IN2 端口输入参考信号(载波信号), OUT1 端口输出 PDS (相敏检波) 信号, OUT2 端口输出与相位相关的直流信号。

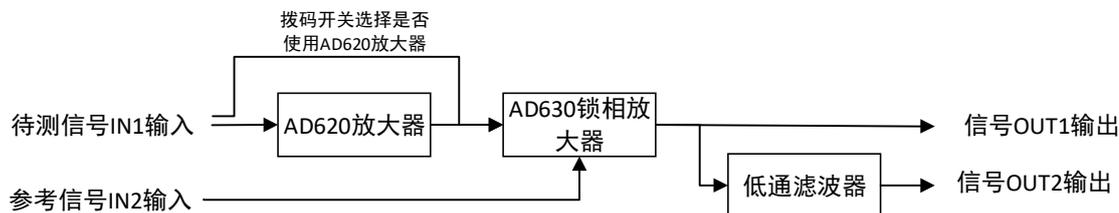


图 5 锁相放大模式框图

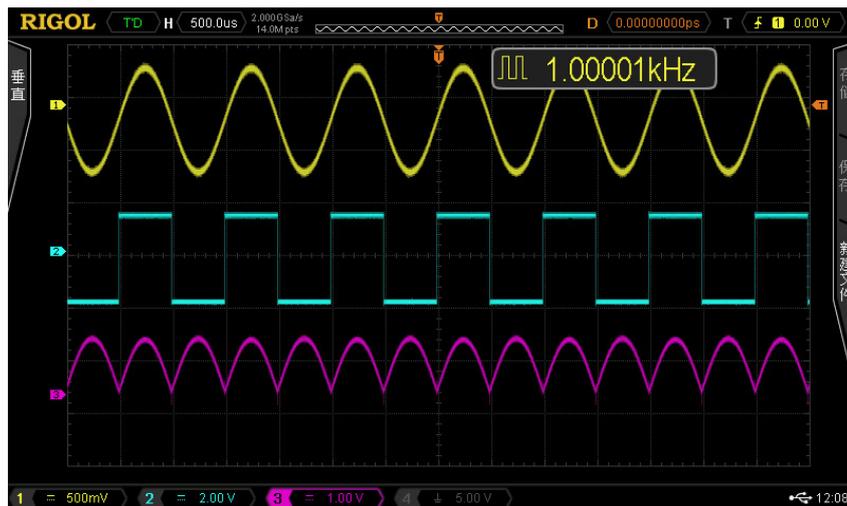


图 6 锁相放大模式输出 PDS 波形示意图（相位差为 0）

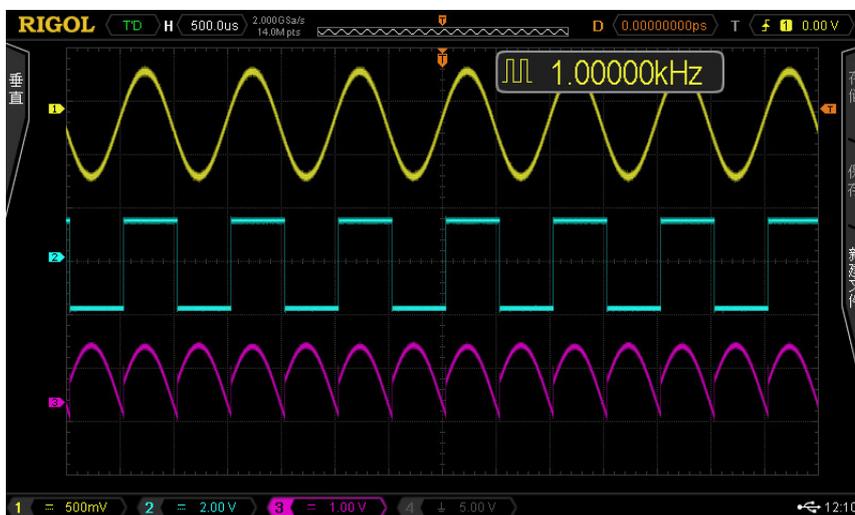


图 7 锁相放大模式输出 PDS 波形示意图（相位差不为零）

上面两图黄色波形图为端口 IN1 输入的待测信号，蓝色波形图为端口 IN2 输入的参考信号，紫色波形图为端口 OUT1 输出的 PDS 信号。

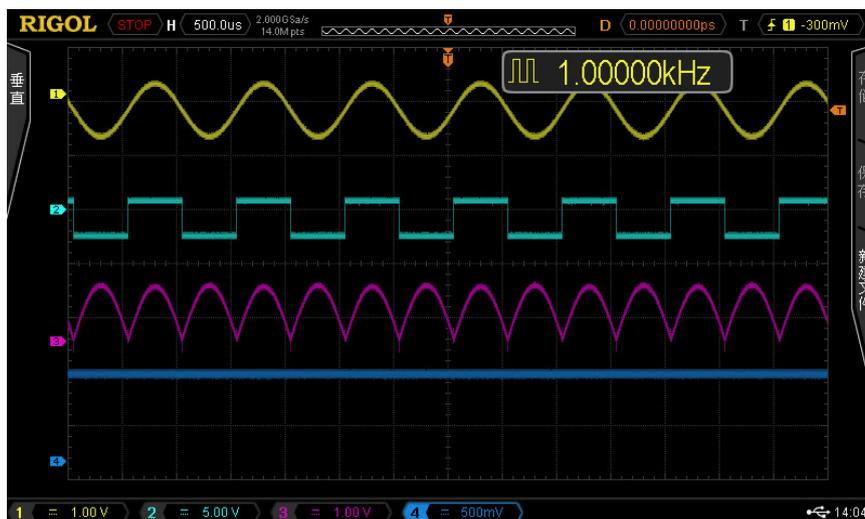


图 8 锁相放大模式输出直流波形示意图（相位差为 0）

上图黄色波形图为端口 IN1 输入的待测信号，蓝色波形图为端口 IN2 输入的参考信号，紫色波形图为端口 OUT12 输出的相敏检波信号（PSD），深蓝色波形图为端口 OUT2 输出相位差为 0 的直流信号。

实际测试发现，AD630 不管参考信号是正弦波还是方波，进入 AD630 后，参考信号在 AD630 内部均转为方波，且 $A_r=1V$ 。因此在锁相放大模式下，PDS 信号经低通滤波器输出的直流电压值采用下述公式：

$$V_o = \frac{2A_s A_r}{\pi} \cos\theta = \frac{2A_s}{\pi} \cos\theta$$

下图更直观的体现不同相位与相敏检波器输出的关系。

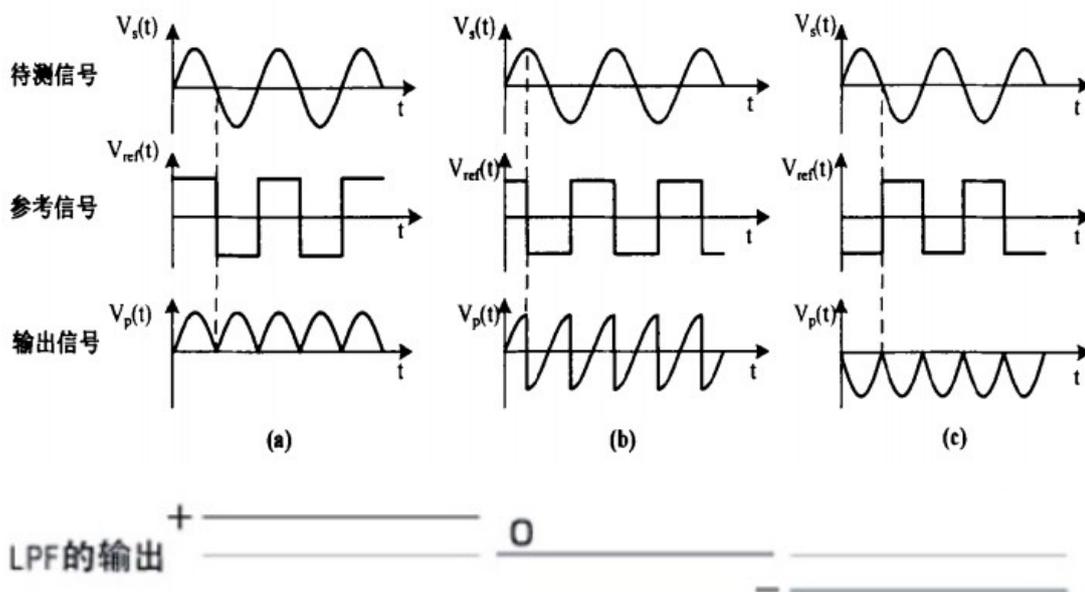


图 3.2.12 输入相位差不同时，相敏检波器输出波形图

待测信号与参考信号频率相同时，当相位差为 0° 时，经过相敏检波器（PSD）输出波形如图(a)所示，在经过低通滤波器得到的直流值最大为 $\frac{2A_s}{\pi}$ ；当相位差 90° 时，如图(b)所示，经过相敏检测器之后波形正负各半，此时经过滤波之后得到的直流分量为 0；当相位差 180° 时，输出波形如图(c)，原理与(a)相同，输出与(a)反向，此时经过滤波之后得到的直流值为负向最大为 $-\frac{2A_s}{\pi}$ 。（其中 A_s 为待测信号峰值）

4 模块测试结果

4.1 测试仪器

信号源: RIGOL DG4162

示波器: RIGOL DS2202

4.2 测试结果

4.2.1 测试波形图

测试时电源供电为 $\pm 15V$, 下面给出各模式下部分测试波形图片。

1、平衡调制模式: 输入不同频率的基波信号(正弦波)与载波信号(方波)调制输出双边带抑制载波信号(DSB), 由于AD630电路默认设置放大倍数为2倍, 故输入基波信号峰峰值为1V, 输出理论值为2V, 输出波形边缘存在一定的过冲属于正常现象。

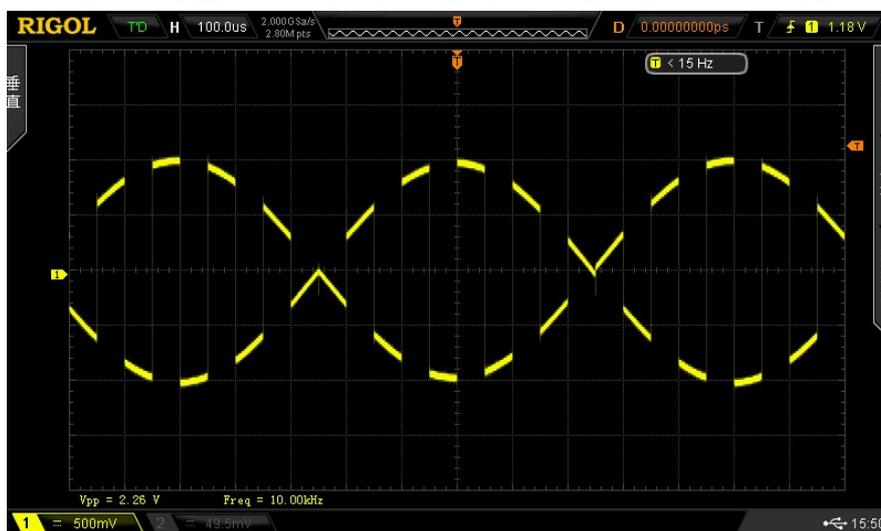


图 4.1 基波 1Vpp1KHz, 载波 3Vpp10KHz 调制输出 DSB 波

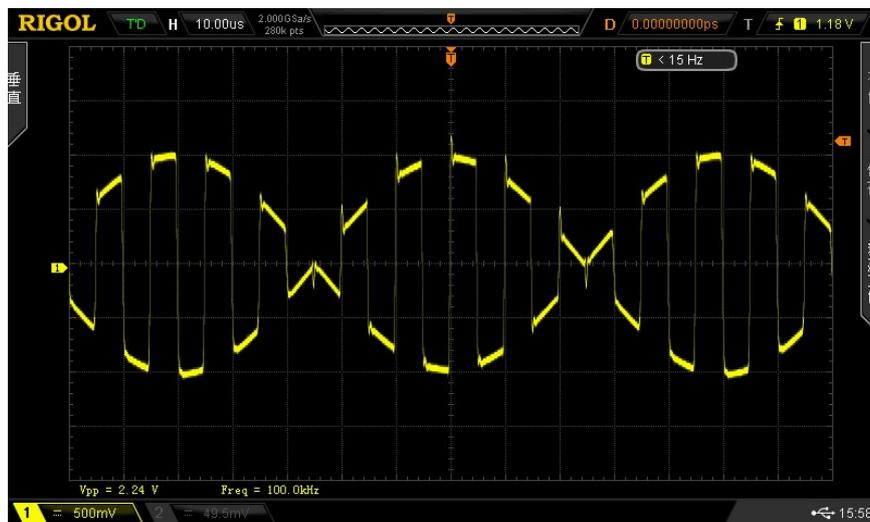


图 4.2 基波 1Vpp10KHz, 载波 3Vpp100KHz 调制 DSB 波

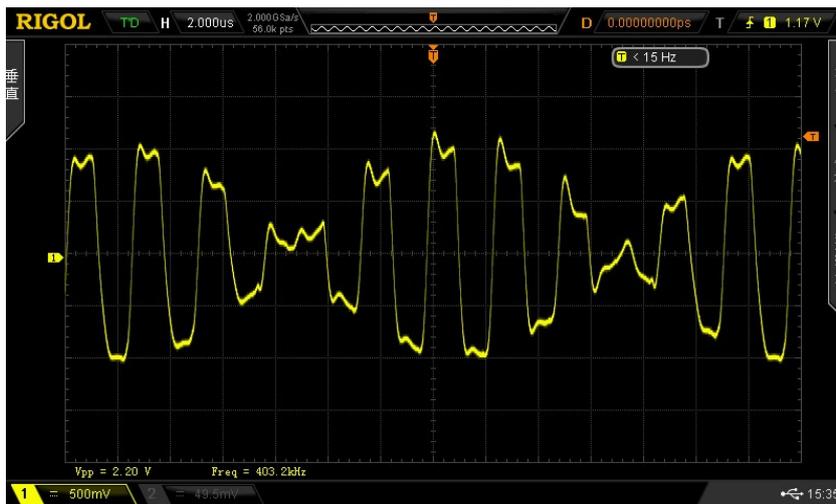


图 4.3 基波 1Vpp30KHz, 载波 3Vpp300KHz 调制 DSB 波

2、同步解调模式：信号发生器产生 AM 波【基波频率为 1Hz，峰峰值为 1V 的正弦波，载波频率为 1KHz 的方波，调制深度设置为 100%（发生器载波抑制选项需打开，输出 DSB 信号）】与 1KHz 的方波参考信号进行解调，最后解调恢复出 1Hz 2Vpp 的正弦信号（放大倍数为 2）。如图 4.4、4.5 所示。



图 4.4 信号发生器设置界面

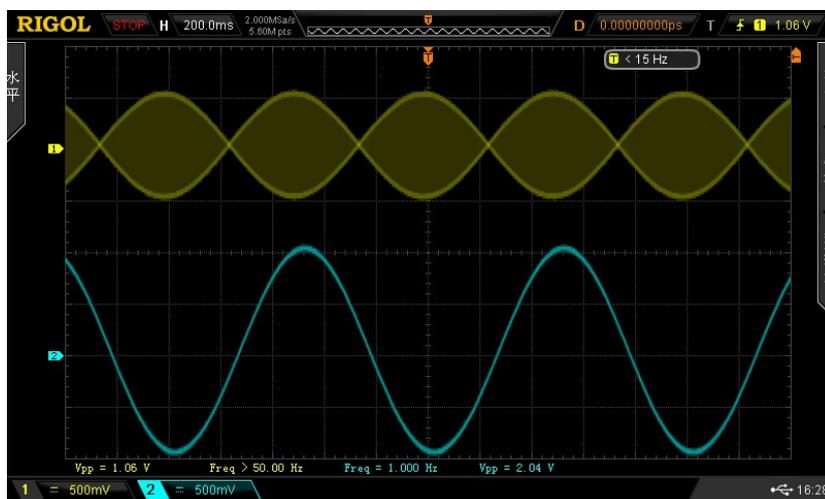


图 4.5 解调还原基波 1Hz 正弦波信号

官方店铺：<http://fzlldz.taobao.com>

凌智电子  力作

注意，由于本模块板载的四阶低通滤波器设置截至频率为 10Hz，故只能解调恢复低于 10Hz 的基波信号，否则高于 10Hz 信号会被滤波器滤除。在解调模式中，低通滤波器截止频率为了滤除高频载波以及高频多次谐波，在应用中，低通滤波器截止频率应当尽量接近基波信号频率才能够很好的解调出基波信号。

2、锁相放大模式：如下图，待测信号与参考信号同频输入，不同的相位差输出不同的 PSD 波形和 LPF 输出不同的直流电压。根据 1.2 原理以及公式介绍，输出的直流信号大小应该为 $V_o = \frac{2A_s}{\pi} \cos\theta$ ， A_s 为输入的待测正弦波信号的幅值（峰值），经过 2 倍放大后峰值为 1V。因此在相位差为 0° 时，输出 LPF 直流信号理论值为 636mv；在相位差为 90° 时，输出 LPF 直流信号理论值为 0mv；在相位差为 180° 时，输出 LPF 直流信号理论值为 -636mv。

下图是输入待测信号频率为 1KHz，峰峰值为 1Vpp 的正弦波与输入参考信号频率为 1KHz，峰峰值为 3Vpp 的方波，相位差为 0° 时的 PSD 波输出以及直流电压输出。



图 4.6 相位差为 0° 时，输出的 PSD 波与直流分量

下图是输入待测信号频率为 1KHz，峰峰值为 1Vpp 的正弦波与输入参考信号频率为 1KHz，峰峰值为 3Vpp 的方波，相位差为 90° 时的 PSD 波输出以及直流电压输出。



图 4.6 相位差为 90° 时，输出的 PSD 波与直流分量

下图是输入待测信号频率为 1KHz，峰峰值为 1Vpp 的正弦波与输入参考信号频率为 1KHz，峰峰值为 3Vpp 的方波，相位差为 180° 时的 PSD 波输出以及直流电压输出。

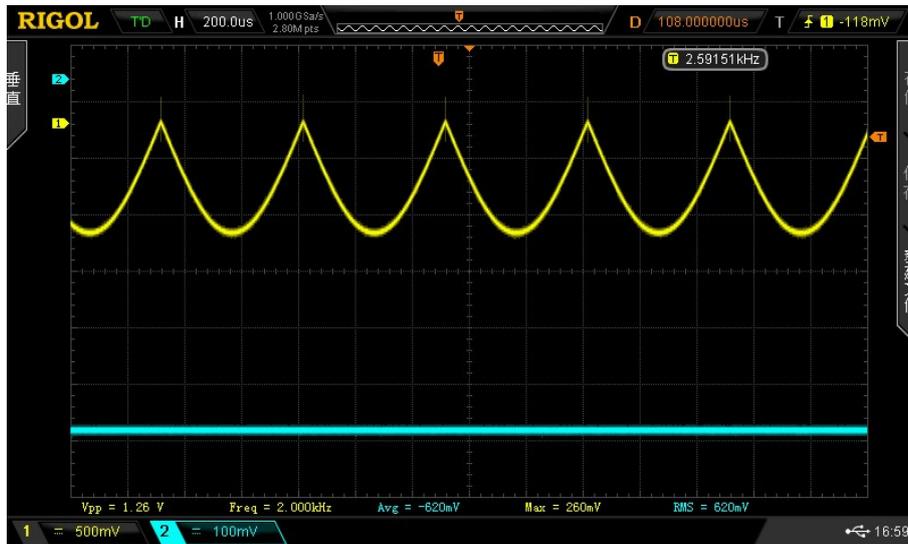


图 4.7 相位差为 180° 时，输出的 PSD 波与直流分量

由于芯片本身存在存在一定的失调电压与共模电压，如上测试数据存在一定的直流偏移误差，属于正常情况，若输出的直流电压偏移过大，可通过模块上的 RW2 与 RW3 电位器进行微调。

5 模块使用注意事项

(1) 供电说明：**电源不要接反**；请一定使用**纹波系数小的线性直流稳压电源**，千万不要使用开关电源供电（此类电源的纹波太大了！）。**一定注意供电电源值不要超过最大允许电压，接线端子三个接口从左到右分别为负电源、地和正电源**

(2) 模块**拨码开关 SW1** 用于选择信号是否进入前级**预留的 AD620 放大器**。**拨码开关选择通道 2 时，不进入前级放大器。拨码开关选择通道 1、3 时、选通放大器。**

(3) 模块发货默认使用电位器控制前级 AD620 放大倍数，如需固定放大倍数可通过模块预留 R2 电阻位更改。在使用选通放大器时（**拨码开关选择通道 1、3 时**），注意先考虑前级 AD620 的放大倍数，**通过先将电位器 RW1 电阻阻值向右调大（放大倍数变小）**，避免因放大倍数过大进入后级烧坏模块。

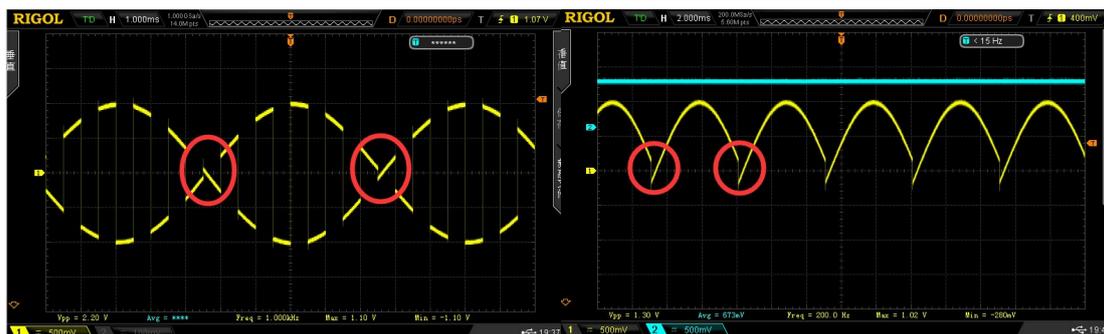
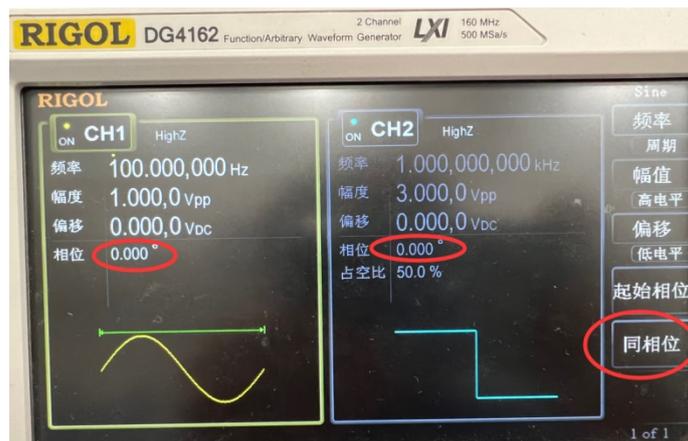
(4) **由于本模块板载的四阶低通滤波器设置截至频率为 10Hz，只能解调恢复低于 10Hz 的基波信号，否则信号会被滤除。在解调模式中，低通滤波器截止频率为了滤除高频载波以及高频多次谐波。在应用中，低通滤波器截止频率应当接近基波信号频率才能够很好的解调出基波信号。用户如果需要应用在同步解调，需要根据需求自行更改滤波器截止频率，或者从模块 OUT1 出口级联截止频率可调的低通滤波器来配合使用。**

(5) 模块中的 RW2 与 RW3 分别为差模偏移调节和共模偏移调节，差模偏移调节作用相当于微调输入直流偏移，共模偏移调节用于微调输出直流偏移。

(6) 在对模块使用时，如果发生器设置相同的相位后，却还输出以下相位不同步的波形情况，是由于仪器**发生器两个通道输出相位偏差**引起的，需要对发生器进行**同相位**按键的较准。以免由于相位的偏差对输出幅度造成影响。

官方店铺：<http://fzldz.taobao.com>

凌智电子 力作



6 模块版本历史

版本号	修改时间	修改内容
V1.0	2022.7.11	