

锁相放大器

洪宇宸[†] 181840084

南京大学物理学院

摘要： 锁相放大器

关键词： 锁相放大器

1 引言

锁相放大器实验步骤

A. 强噪声背景下检测微弱信号实验

1. 断开所有与机箱连接的信号线，打开电源开关（在电源线边上），此时系统处于默认设置状态。
（如果系统不是默认设置状态，可以在前面板上选择 SAVE RECALL 菜单，Save&Recall 设置为 Recall，此时 Channel 会变成 Default，按下软键 3，将 Execute 设置为 YES，即可恢复默认设置状态。）
 2. 使用 OE1022D 产生频率 1kHz ，幅值为 100mVrms (0.282Vpp) 的正弦波信号；
 3. 对锁相放大器 OE1022D 的 A 通道进行以下设置：
 4. 进入 INPUT FILTERS 菜单，设置 Source 为 A；
 5. 进入 GAIN TC 菜单，设置 Sensitivity 为 500mV ，Reserve 为 Normal，Time Constant 为 1s ，Filter dB/oct 为 24dB ；
 6. 进入 REF PHASE 菜单，设置 Ref.source 为 Internal；
 7. 使用 BNC-BNC 信号线连接 OE1022D 的“SINE OUT A”接口与实验仪的相应实验框图中的“VIN”接口；
 8. 使用 BNC-BNC 信号线连接实验仪的相应实验框图中的“VOUT”接口与 OE1022D 的“A/I”接口；
 9. 读取 OE1022D 测到的 R 值，即为被噪声淹没的正弦信号有效值；
 10. 改变 OE1022D 产生正弦波有效值，在不同信噪比下重复上述测量；
 11. 将实验测得波形图、R 值记录在表 3-1 强噪声背景检测微弱信号实验结果中作实验结果分析。
- （正弦波 V_{in} 幅值选取 1000mV 、 100mV 、 10mV 、 1mV 、 0.1mV 获得锁相放大器测量 R 值）

B. 测量变容二极管内 PN 结电容与反偏电压的关系

1. 在 OE1022D 的 REF PHASE 菜单下，Ref. source 选择 Internal，Ref. frequency 设置为 10.000kHz ，SINE OUT 设置为 0.010Vrms (0.028Vpp)；
2. 用 BNC-BNC 信号线连接 OE1022D 的“SINE OUT”接口与实验仪本实验框图中的“V_{in}”接口；
3. 用 BNC-BNC 信号线连接实验仪本实验框图中的“V_{out}”接口与 OE1022D 的“A/I”接口；
4. 此时，可以用 OE1022D 直接测量反偏直流电压点 DC-V_i 电位。操作方法为用 BNC-BNC 信号线连接 DC-V_i 接口与 OE1022D 后面板的 AUX IN 1 接口，在 OE1022D 的 DISPLAY 菜单下，Display&Scale 选择 Full，Type 设置为 List。此时可以从 OE1022D 显示屏读取 AD1 的电压值，即是反偏直流电压点 DC-V_{diode} 电压，~~如错误未找到引用源~~，然后调节电位器使得反偏直流电压点 DC-V_{diode} 置零；
5. 设置“SINE OUT”的输出电压为 10mV ；
6. 调节完第（5）步骤之后，将 BNC-BNC 信号线恢复原位，即将 BNC-BNC 信号线连接 DC-V_i 接口与 OE1022D 后面板的 AUX IN 1 接口，将 BNC-BNC 信号线连接实验仪本实验框图中的“V_{out}”接口与 OE1022D 的“A/I”接口。小心缓慢调节电位器，使得变容二极管的反偏直流电压 DC-V_i 从 1 至 7.9V 逐渐变化，变化步长为 0.2V ，逐点记录 DC-V_i 和锁相放大器 R 值；
7. 记录 V_{out} 的测量值，结束后利用公式计算二极管电容 C_x，并作 C_x 与 DC-V_i 的曲线关系图。

[†] Email: 181840084@smail.nju.edu.cn

锁相放大器实验要求

实验要求

1. 了解 OE1022 锁相放大器和配套教学实验仪的基本概况。
2. 完成强噪声背景下检测微弱信号实验
3. 测量变容二极管内 PN 结电容与反偏电压的关系

实验报告只需提供测量数据并分析和思考题解答

2 实验目的

3 实验原理

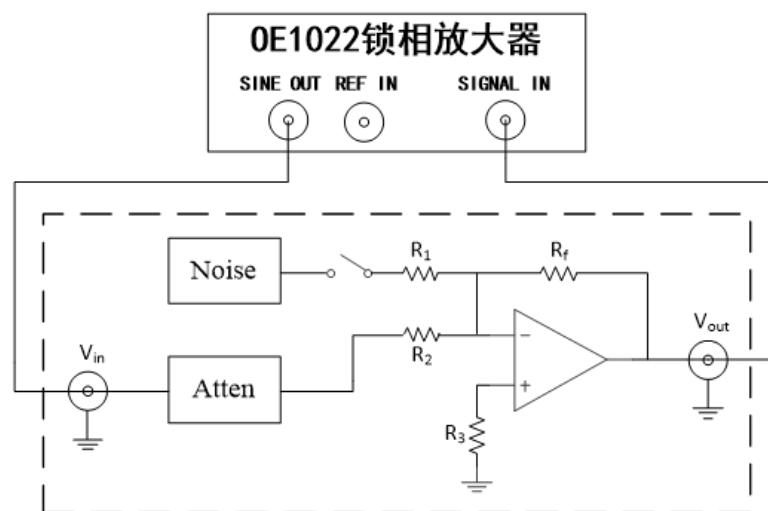
4 实验仪器

5 实验内容

6 数据记录与处理

6.1 强噪声背景下检测微弱信号

实验原理图：



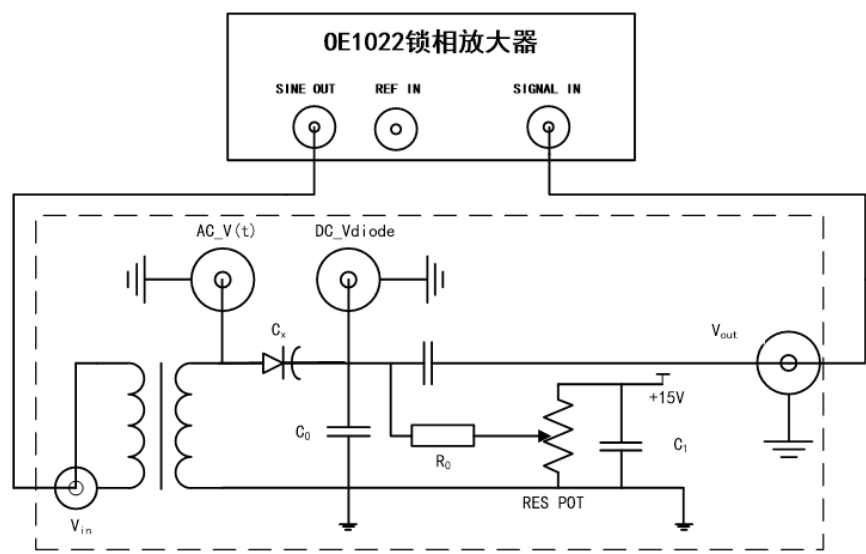
实验数据记录如下表所示：

正弦波幅值 V_{in} (Vrms)	被噪声淹没的正弦信号有效值 R
0.01	10.02mV
0.0001	102.07 μV
0.001	1.0035mV
0.1	100.55mV
1	1.0077V

因为噪声的影响，检测出的正弦信号有效值都偏大。

6.2 变容二极管结电容测量实验

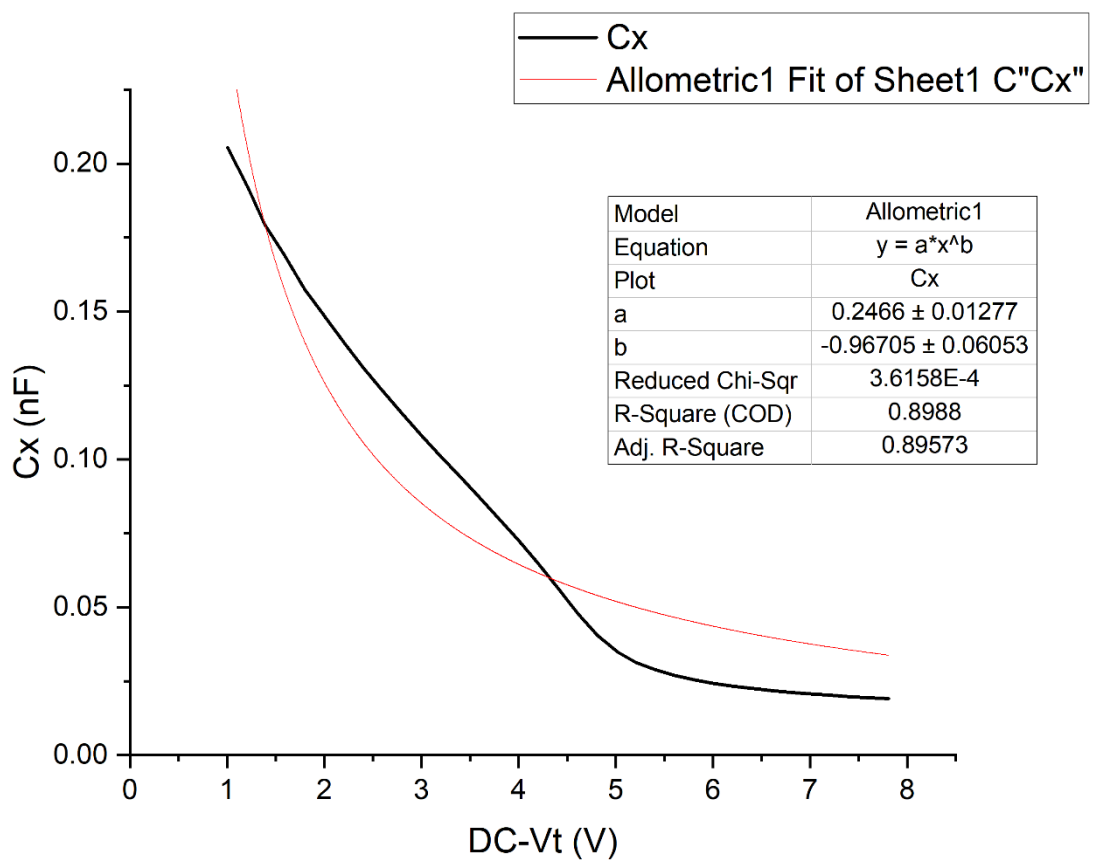
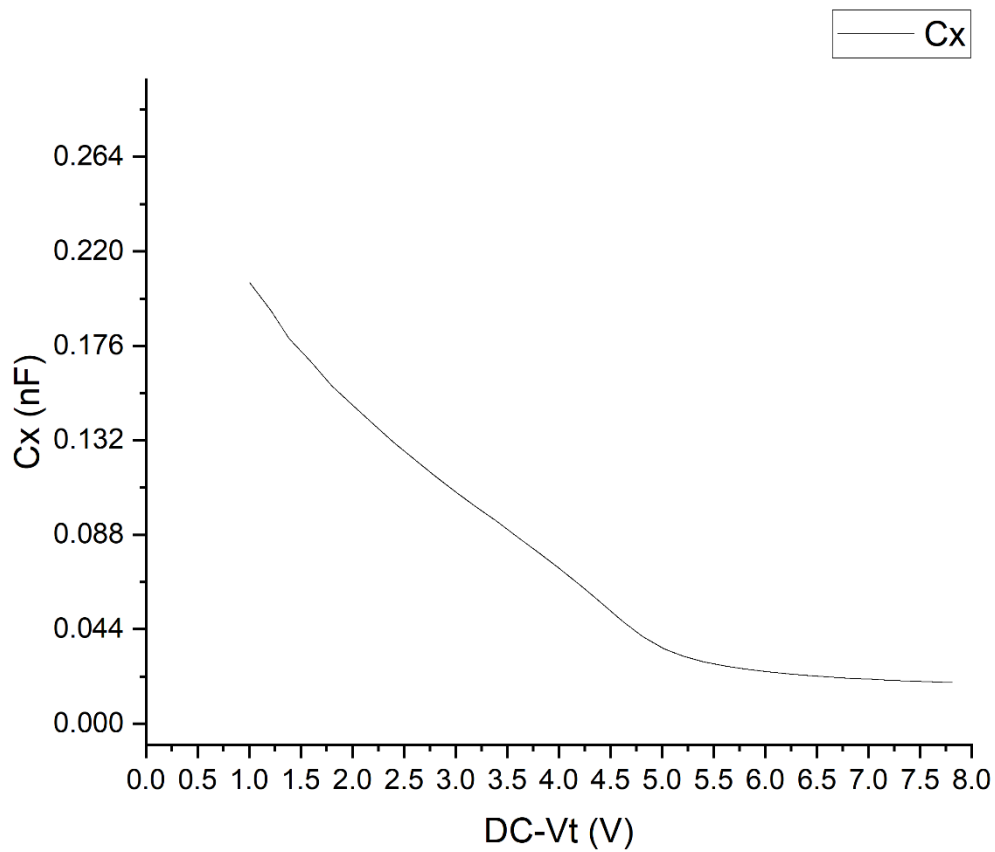
实验原理图：



$$V_{sin} = 0.01V_{rms} = 10000\mu V$$

实验数据记录如下：

	A(X)	B	C(Y)
Long Name	DC-Vt	R	Cx
Units	V	μV	nF
Comments			
F(x)=			$B/(10000-B)*6.8$
1	1.003	293.210	0.20541
2	1.212	274.930	0.19224
3	1.388	256.900	0.1793
4	1.588	242.800	0.16921
5	1.800	226.300	0.15745
6	2.000	213.720	0.1485
7	2.207	200.800	0.13934
8	2.395	189.270	0.13119
9	2.593	178.300	0.12345
10	2.807	166.610	0.11521
11	3.011	155.810	0.10763
12	3.201	146.200	0.10089
13	3.389	137.100	0.09452
14	3.601	126.280	0.08697
15	3.800	116.160	0.07992
16	3.997	105.870	0.07276
17	4.213	93.730	0.06434
18	4.400	82.710	0.05671
19	4.611	69.950	0.0479



从拟合的结果可以看出误差还是比较大的，与理论公式-0.5 次幂的关系有较大偏差。

7 实验分析和讨论

8 思考题

问题 1: 被测信号携带了哪些信息? 锁相放大器能够测量信号的什么信息?

有用信号和噪声。锁相放大器可以用 LPF 滤除噪声而放大有用信号, 极大提高信噪比。

问题 2: 既然锁相放大器只能测量交流信号的幅度及相位, 而被测信号却往往是微弱的直流信号, 怎么办?

对于幅度较小的直流信号或慢变信号, 为了防止 $1/f$ 噪声和直流放大的直流漂移(例如运算放大器输入失调电压的温度漂移)的不利影响, 一般都使用调制器或斩波器将其变换成交流信号后, 再进行放大和处理, 用带通滤波器抑制宽带噪声, 提高信噪比, 之后再解调, 得到放大的被测信号。

问题 3: 锁相放大器在什么情况下采用内部参考模式, 什么情况下采用外部参考模式?

问题 4: 有没有什么测量情况不采用参考信号?

没有, 都需要采用参考信号。

问题 5: 锁相放大器能不能测量非正弦的周期信号?

锁相放大器是根据正弦函数的正交性原理工作的。具体来说, 就是当一个频率为 μ 的正弦函数与另一个频率为 ν 的正弦函数相乘, 然后对乘积进行积分 (积分时间远大于两个函数的周期), 其结果为零。如果两个频率相等, 并且两个函数是同相位的, 则平均值等于幅值乘积的一半。

若有一组周期函数可以构成正交函数集, 理论上应该可以实现。

问题 6: 被测信号的幅度如果变化很快, 锁相放大器测量参数怎么设置?

1. 参考本方法, 思考三极管、场效应管的寄生电容或者电感如何测量。

2. 某些传感器的阻抗在外界环境情况下会随环境快速响应, 例如测量发动机气缸的温度的变化。这种情况可以考虑用一个热敏电阻 (电阻值随着温度变化而变化) 作为传感器, 由于发动机气缸的温度变化很快, 因此传统的方法测量信噪比低; 思考及设计采用锁相放大技术进行测量的方案。

9 参考文献