



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

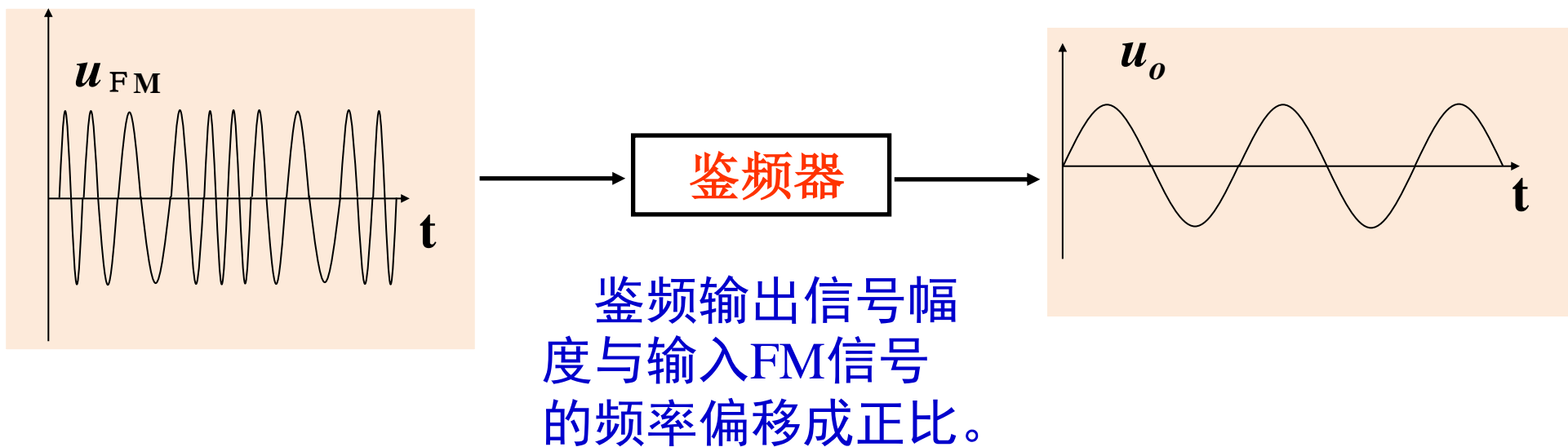
实验六 鉴频器

一. 实验目的

1. 了解鉴频器的基本原理。
2. 理解鉴频器的各种实现方法。
3. 掌握鉴频特性曲线及鉴频器性能指标的测量方法。

二. 实验原理

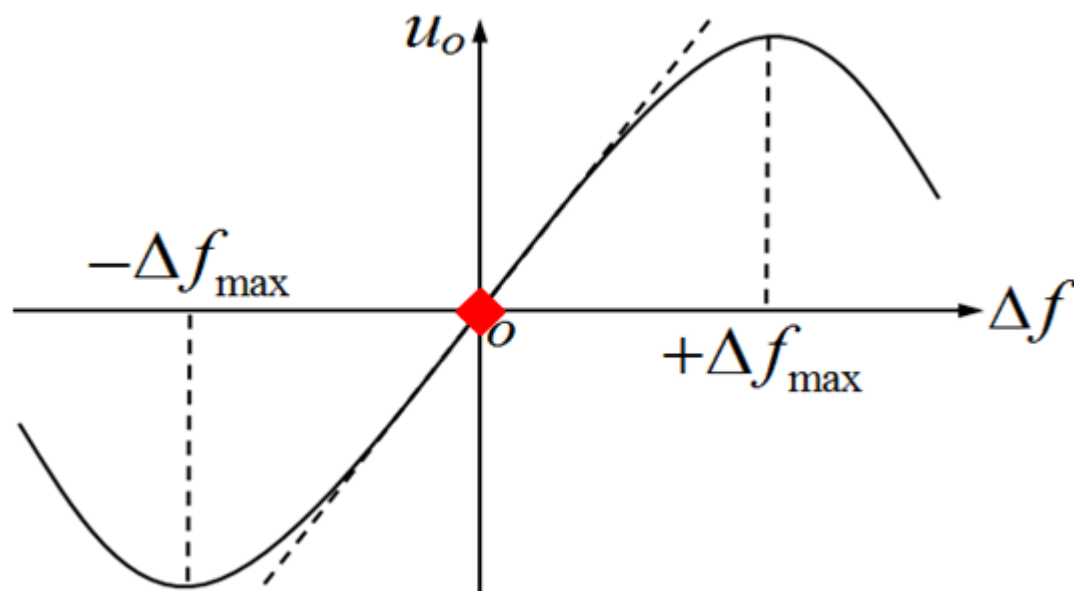
1. 鉴频（频率检波）：从调频信号中解调出原调制信号。
2. 鉴频器：实现鉴频功能的电路。



3. 鉴频器的主要性能指标

(1) 鉴频特性曲线 (S曲线)

指鉴频器的输出电压 $u_o(t)$ 与输入FM信号频率 f 或频偏 $\Delta f(t)$ 之间的关系曲线。



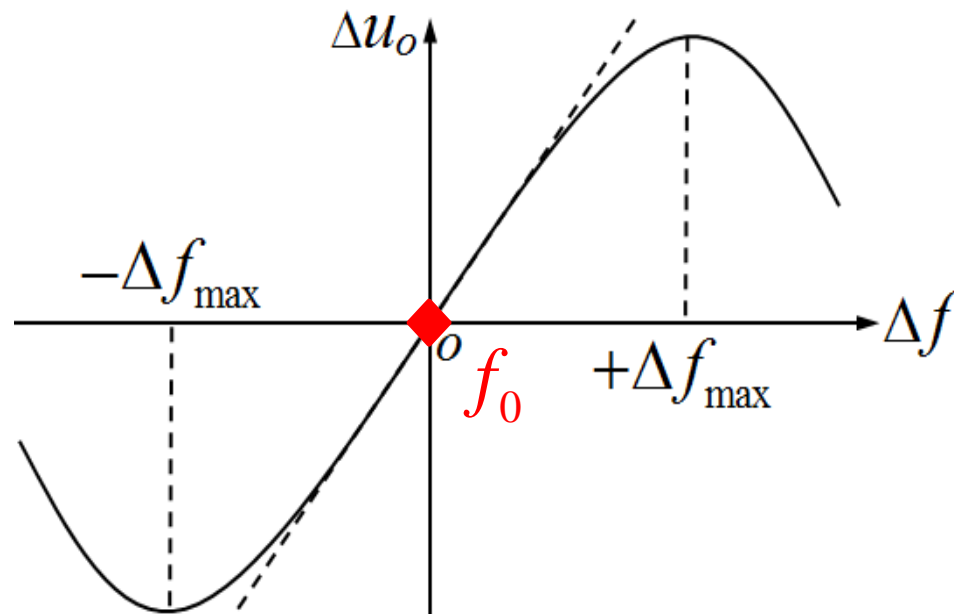
(2) 鉴频器的中心频率 f_0

即为鉴频特性曲线原点处 ($\Delta f = 0$) 的频率。

(3) 鉴频跨导 (鉴频灵敏度)

定义:
$$S_d = \left. \frac{\partial u_o}{\partial f} \right|_{f=f_0} \approx \left. \frac{\Delta u_o}{\Delta f} \right|_{\Delta f=0}$$

即在中心频率附近, 单位频偏所引起的输出电压的变化量。

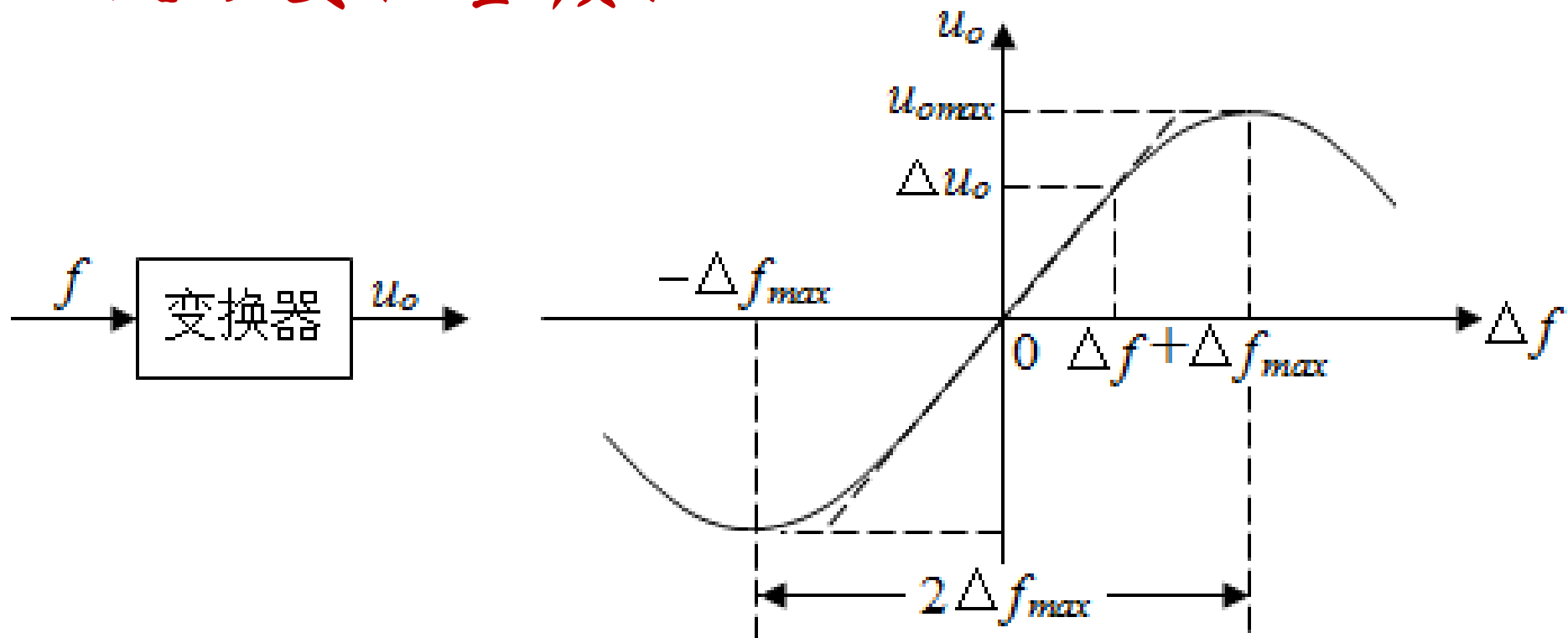


(4) 鉴频线性范围 (鉴频带宽)

鉴频特性曲线接近于直线段的频率范围, 用 $2\Delta f_{\max}$ 表示。

$$2\Delta f_{\max} \text{ (鉴频带宽)} > 2\Delta f_m \text{ (调频带宽)}$$

4. 波形变换鉴频法



◇ 变换器将调频波瞬时频率 f （或频偏 Δf ）的变化变换成输出电压 u_o 变化。

5. 鉴频电路

斜率鉴频器

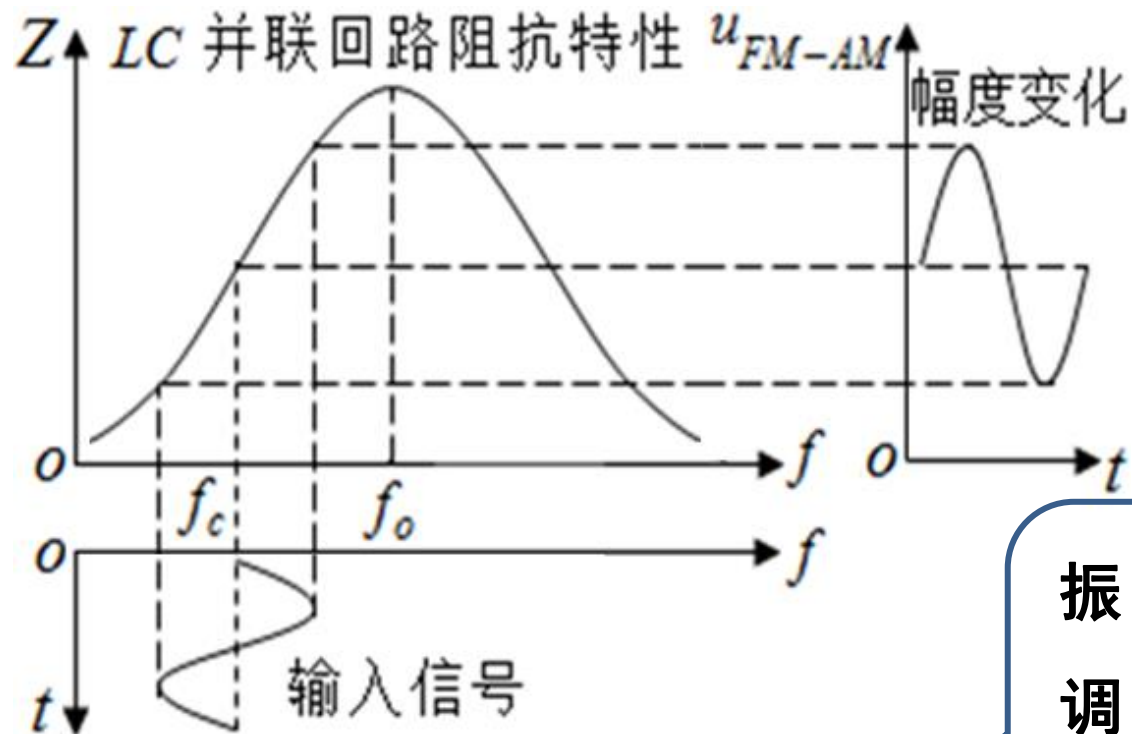
相位鉴频器

脉冲计数鉴频器

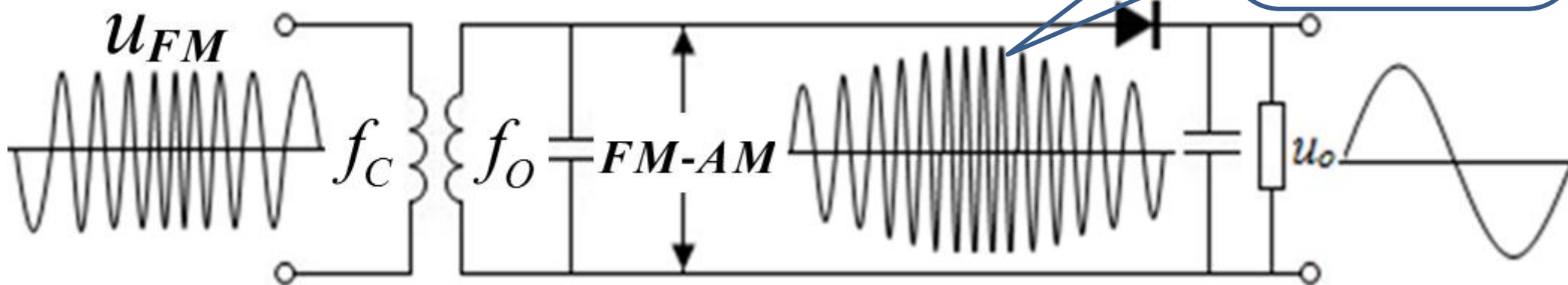
锁相鉴频法器

(1) 斜率鉴频

◇将等幅调频波通过线性频率—振幅变换网络，变换为FM—AM波。

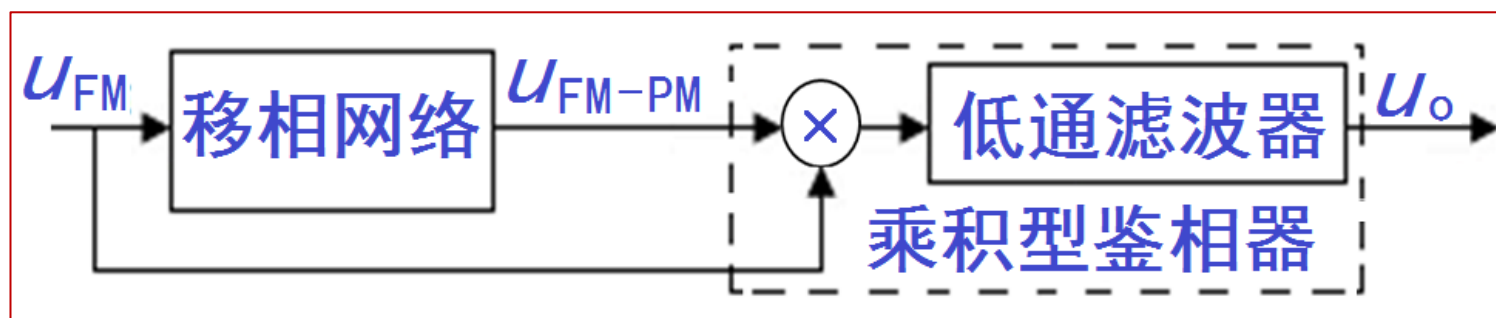
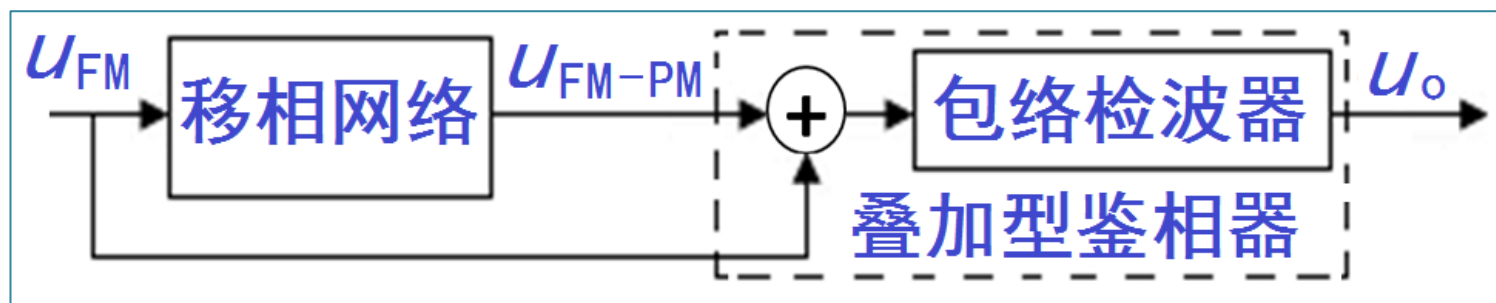


振幅反映了
调制信号的
变化规律

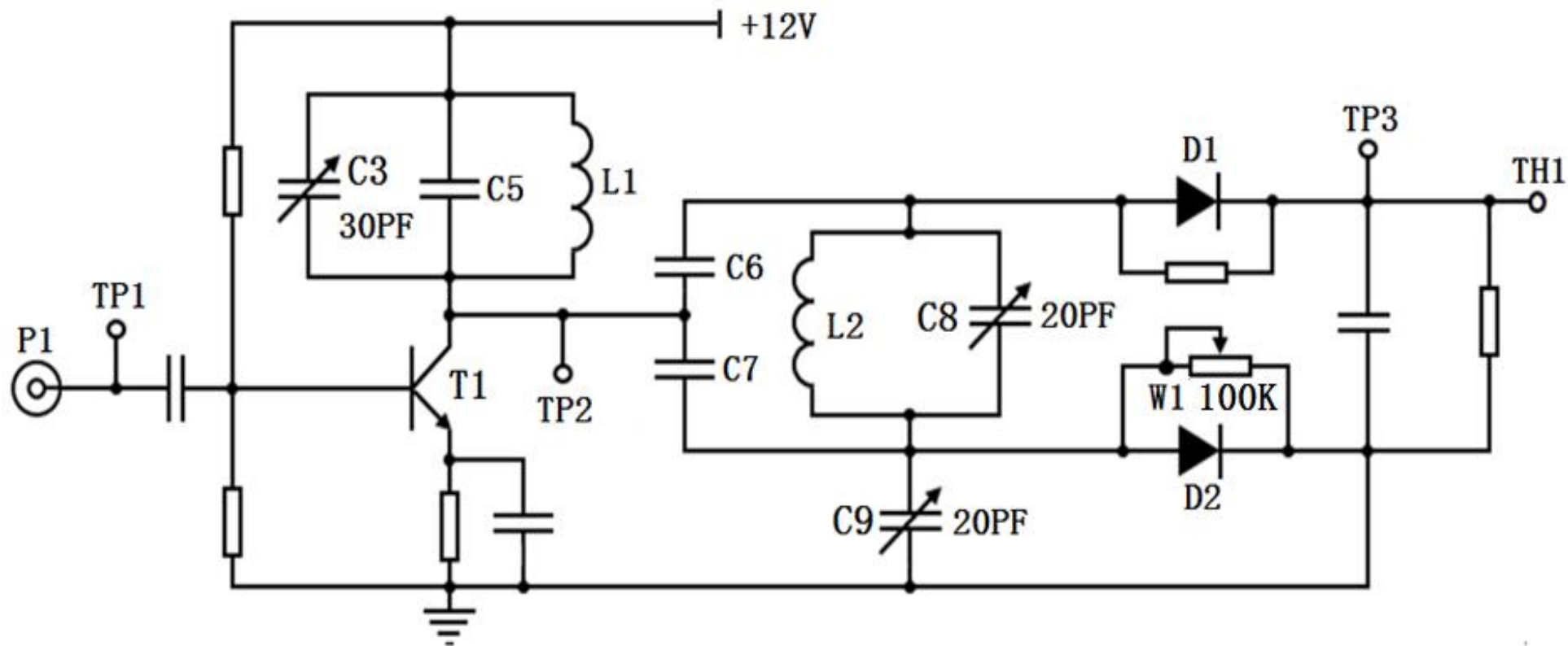


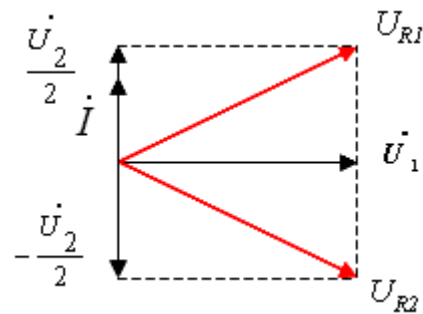
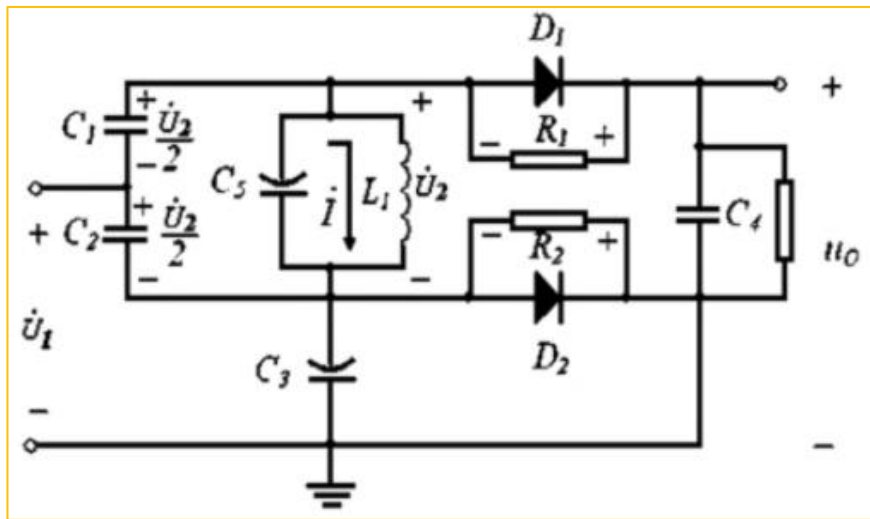
(2) 相位鉴频

◇将等幅调频波通过线性频率—相位变换网络，变换为FM—PM波。



平衡叠加型电容耦合相位鉴频器





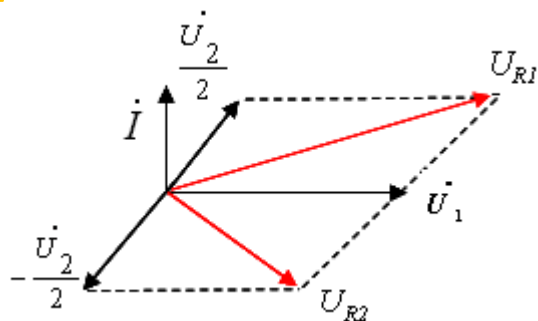
$f = f_0$ 时:

$$u_o = K_d (U_{R1} - U_{R2}) = 0$$

$$\dot{I} \approx j\omega C_3 \dot{U}_1$$

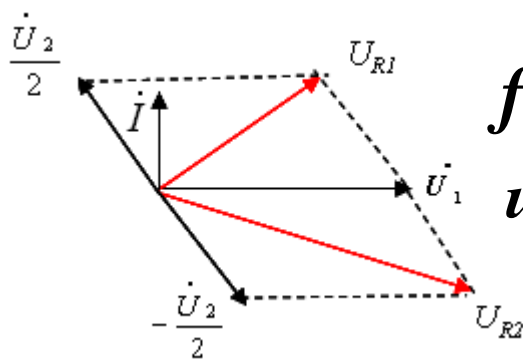
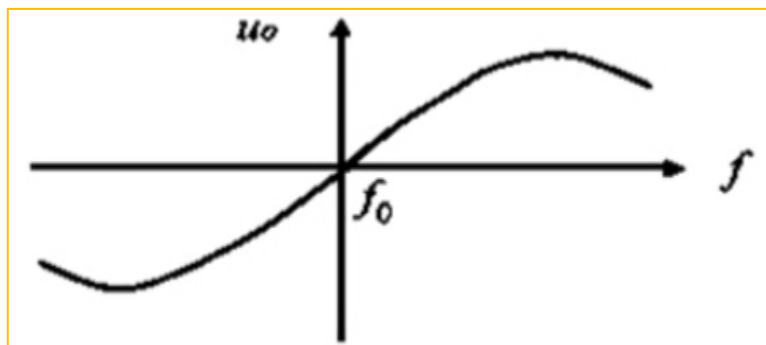
$$U_{R1} = K_r \left| \dot{U}_1 + \dot{U}_2 / 2 \right|$$

$$U_{R2} = K_r \left| \dot{U}_1 - \dot{U}_2 / 2 \right|$$



$f > f_0$ 时,

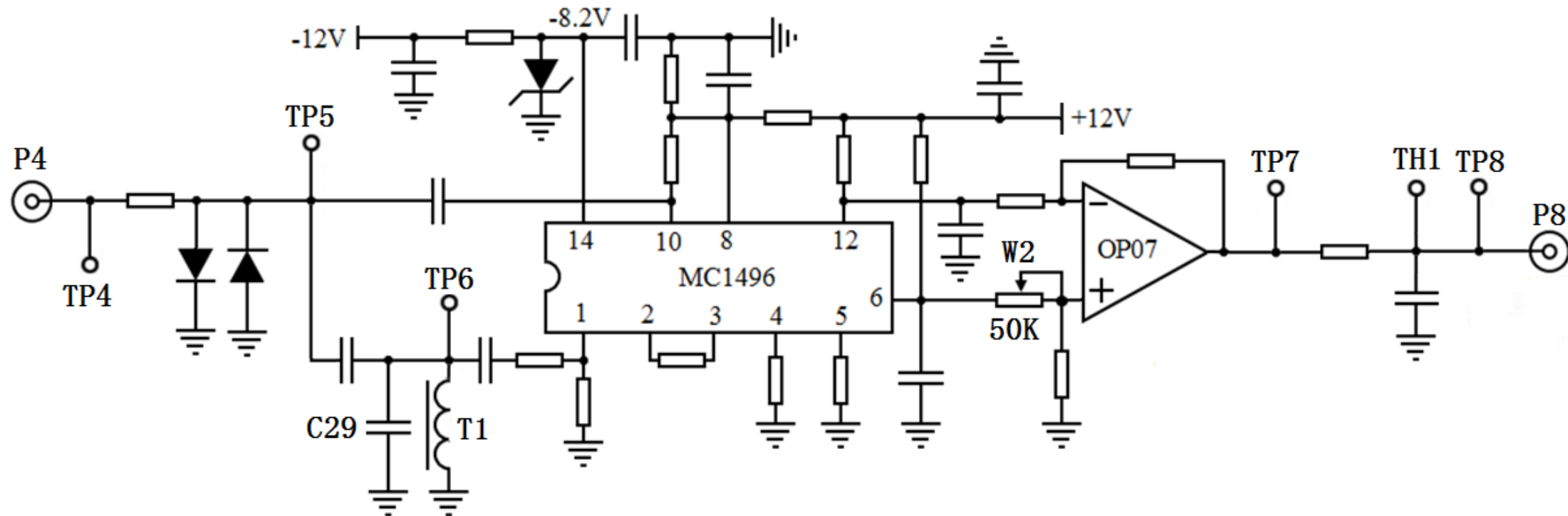
$$u_o = K_d (U_{R1} - U_{R2}) > 0$$



$f < f_0$ 时:

$$u_o = K_d (U_{R1} - U_{R2}) < 0$$

乘积型模拟乘法器鉴频



$$u_o = U_1 \cos \omega_c t U_2 \cos(\omega_c t + \varphi_e)$$

$$= \frac{1}{2} U_1 U_2 \cos \varphi_e + \frac{1}{2} U_1 U_2 \cos(2\omega_c t + \varphi_e) \text{ (此项可以被低通滤波器滤除)}$$

$$\Rightarrow u_o = \frac{1}{2} U_1 U_2 \cos \varphi_e$$

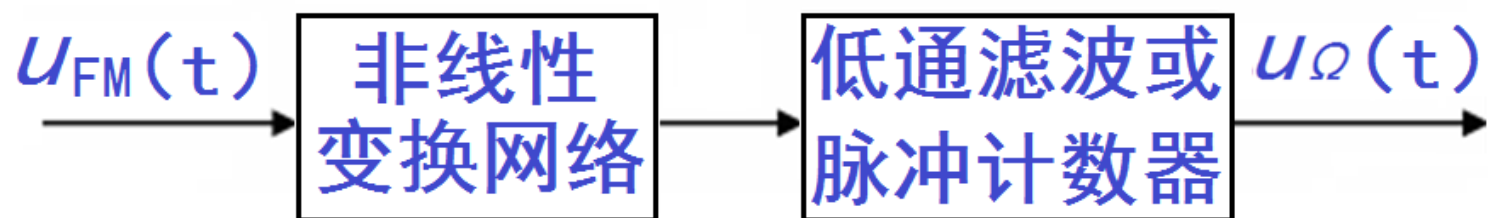
$$= \frac{1}{2} U_1 U_2 \cos\left(\frac{\pi}{2} - k_1 \Delta f\right)$$

$$= \frac{1}{2} U_1 U_2 \sin(k_1 \Delta f)$$

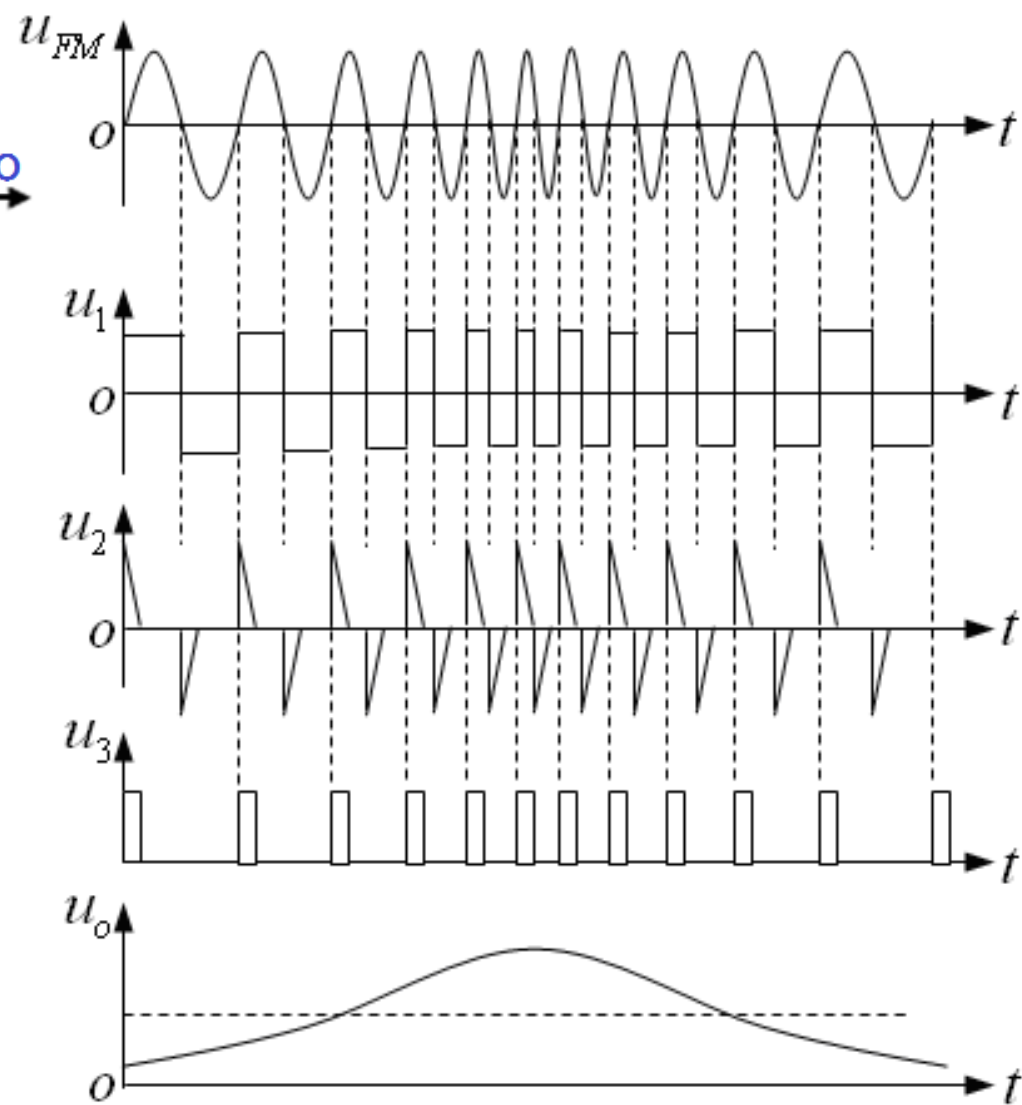
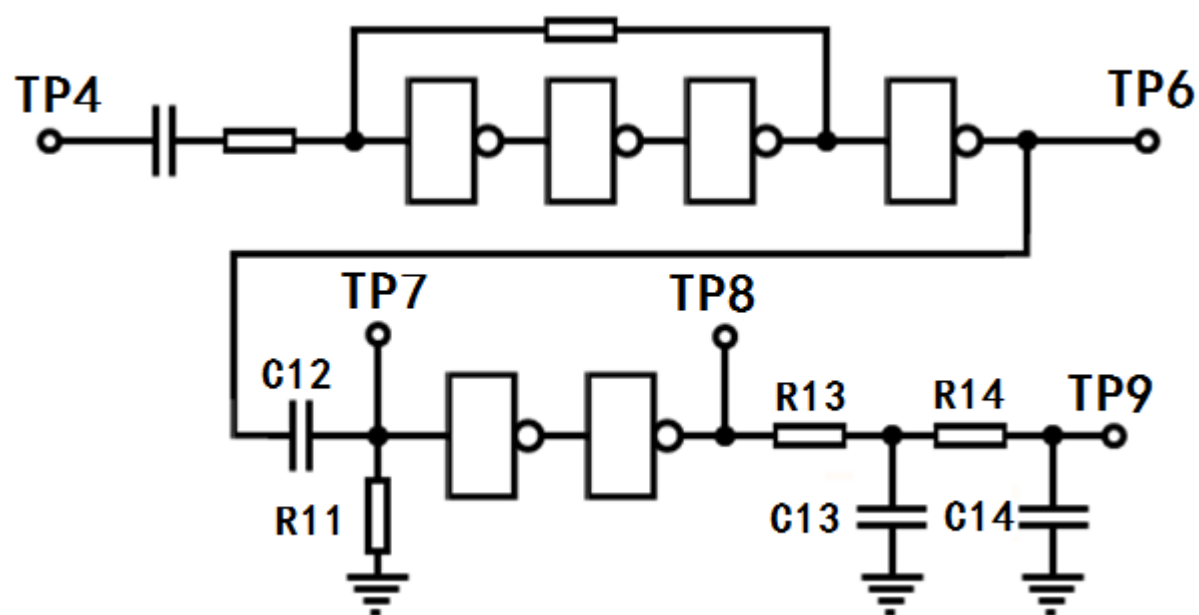
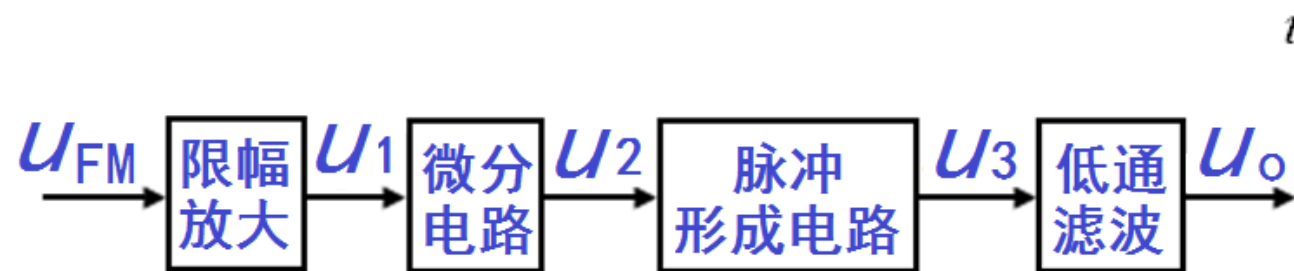
当 $k_1 \Delta f$ 较小时, $\sin(k_1 \Delta f) \approx k_1 \Delta f$

$$\Rightarrow u_o \approx \frac{1}{2} U_1 U_2 k_1 \Delta f$$

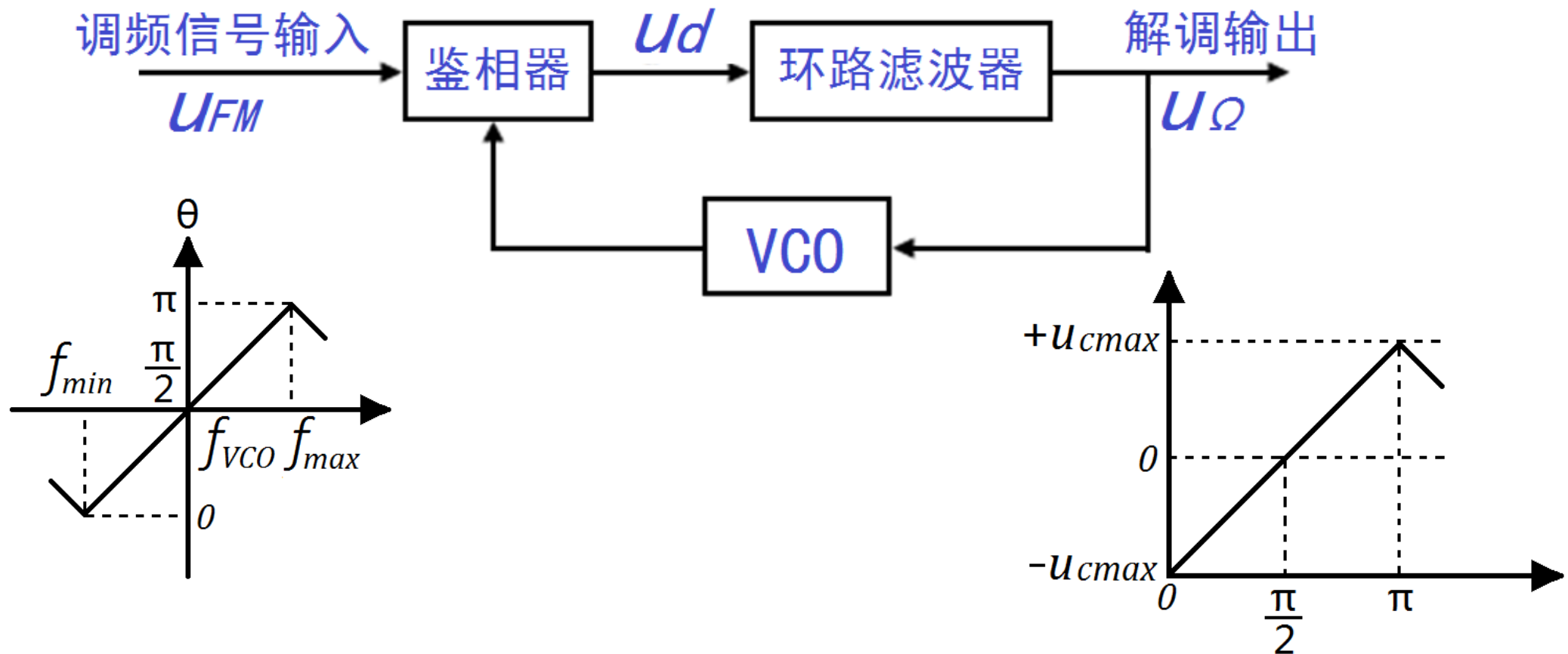
(3) 脉冲计数鉴频



◇ 基本思想是将调频波变换成瞬时频率与调频波相等的等幅等宽脉冲序列，其平均分量就是原调制信号。

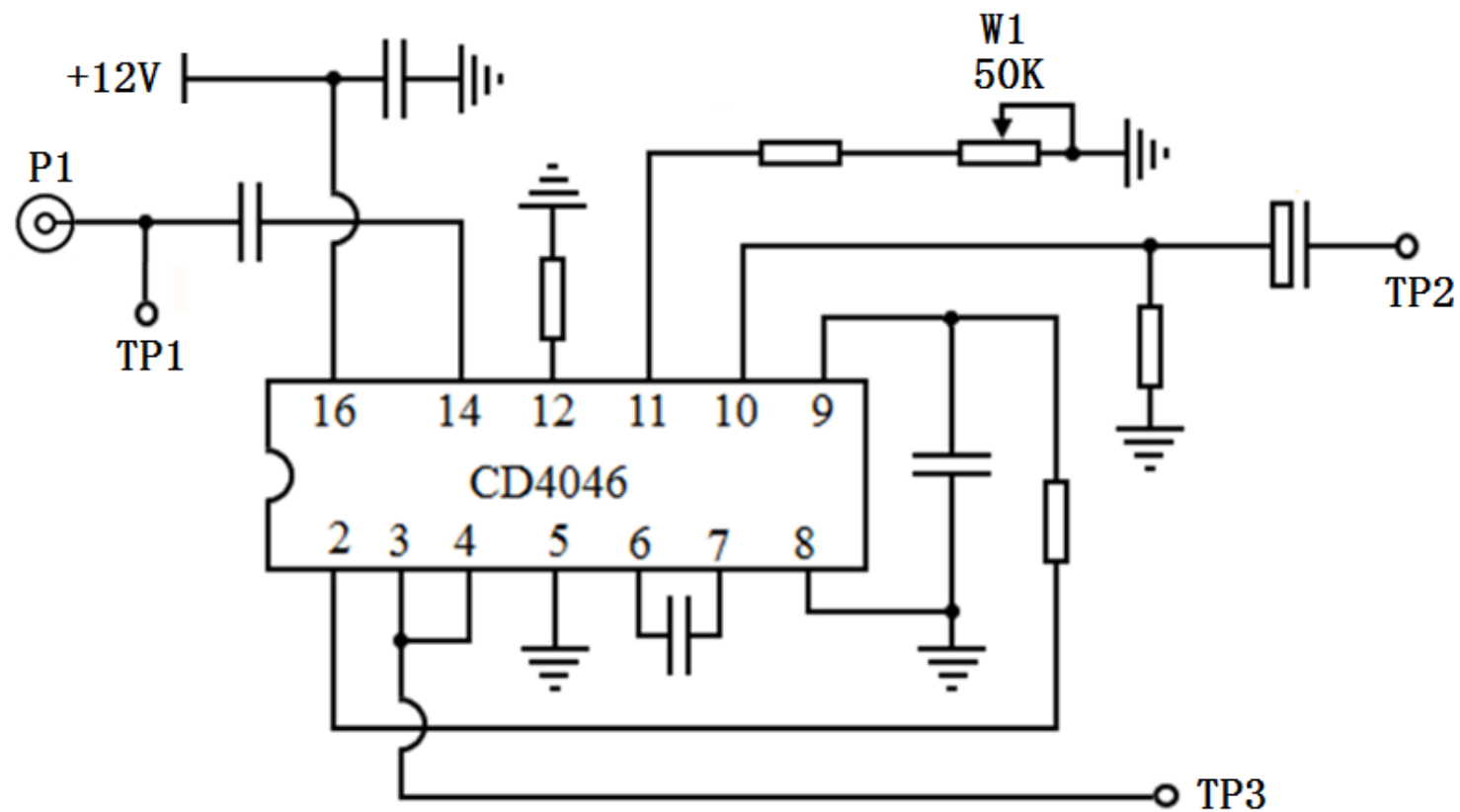


(4) 锁相鉴频



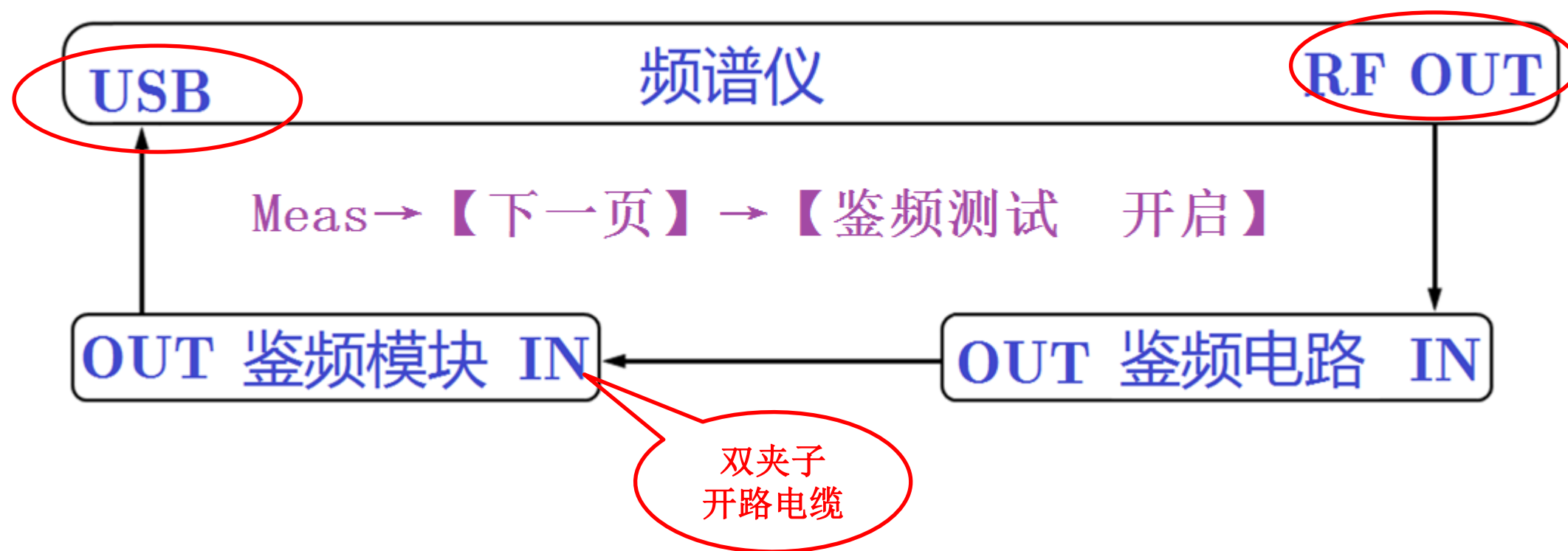
◇ 锁相环路用于调频信号的解调时，调频信号从鉴相器输入，环路入锁后，VCO的振荡频率将跟踪调频信号瞬时频率的变化。鉴相器检测VCO输出信号与输入调频波之间的瞬时相位差，并转化成误差电压，经环路（低通）滤波器滤除高频纹波后，输出低频调制信号。

锁相鉴频电路



四、 实验内容

参见实验讲义



DSO-X 2014A, MY51250202: Thu Apr 15 16:18:47 2021

1 100V/ 2 10.0V/ 3 5.00V/ 4 10.0V/

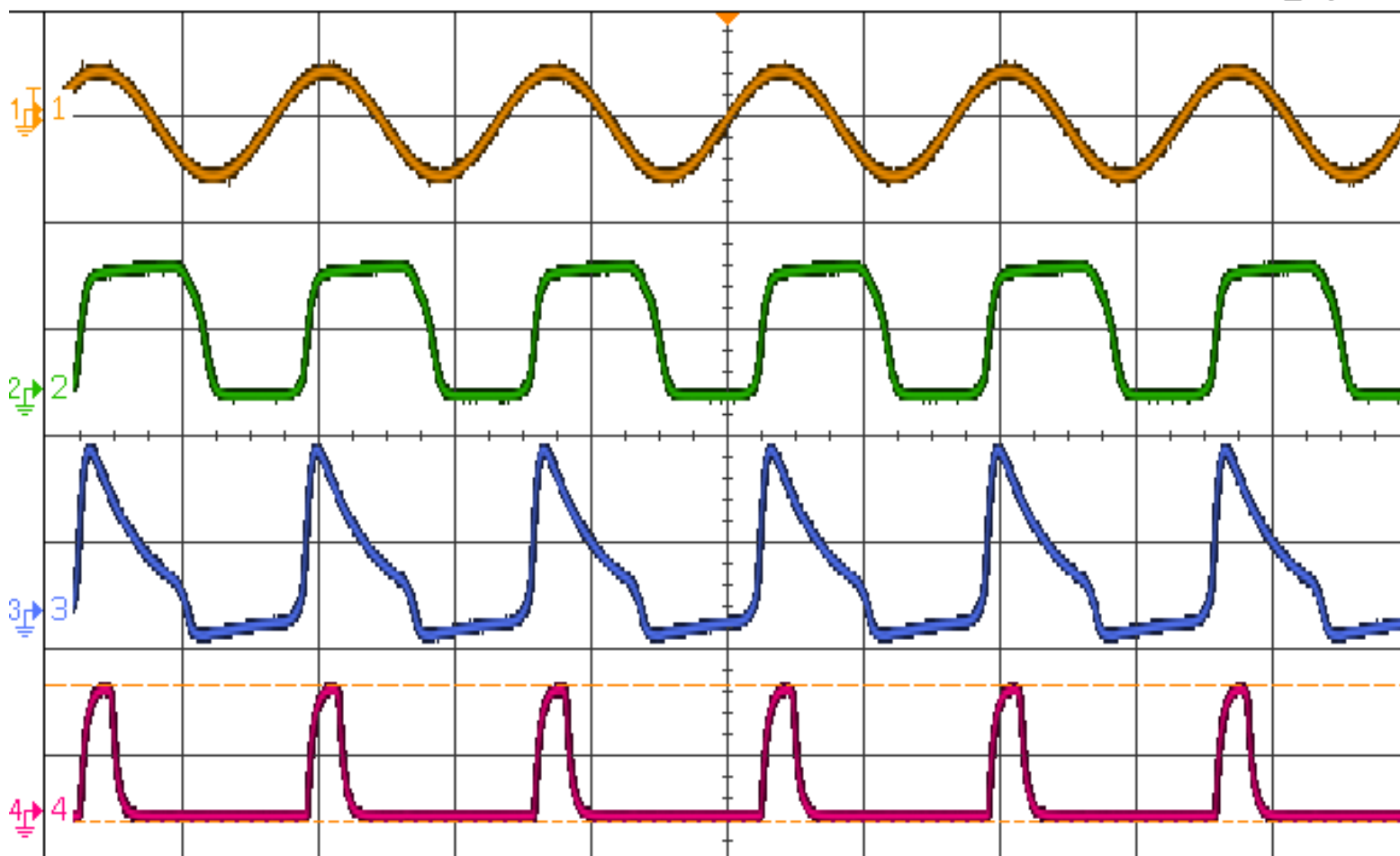
0.0s

2.000V/

自动


f 1


-10.0V




KEYSIGHT TECHNOLOGIES	
采集	
标准模式	
1.00GSa/s	
通道	
DC BW	10.0:1
DC	10.0:1
DC	10.0:1
DC	10.0:1
测量	
峰-峰值(1):	109mV
峰-峰值(2):	12.9V
峰-峰值(3):	9.2V
峰-峰值(4):	12.9V


测量菜单

 源
4

 类型:
峰-峰值

添加
测量

设置


清除测量值


DSO-X 2014A, MY51250202: Thu Apr 15 16:19:35 2021

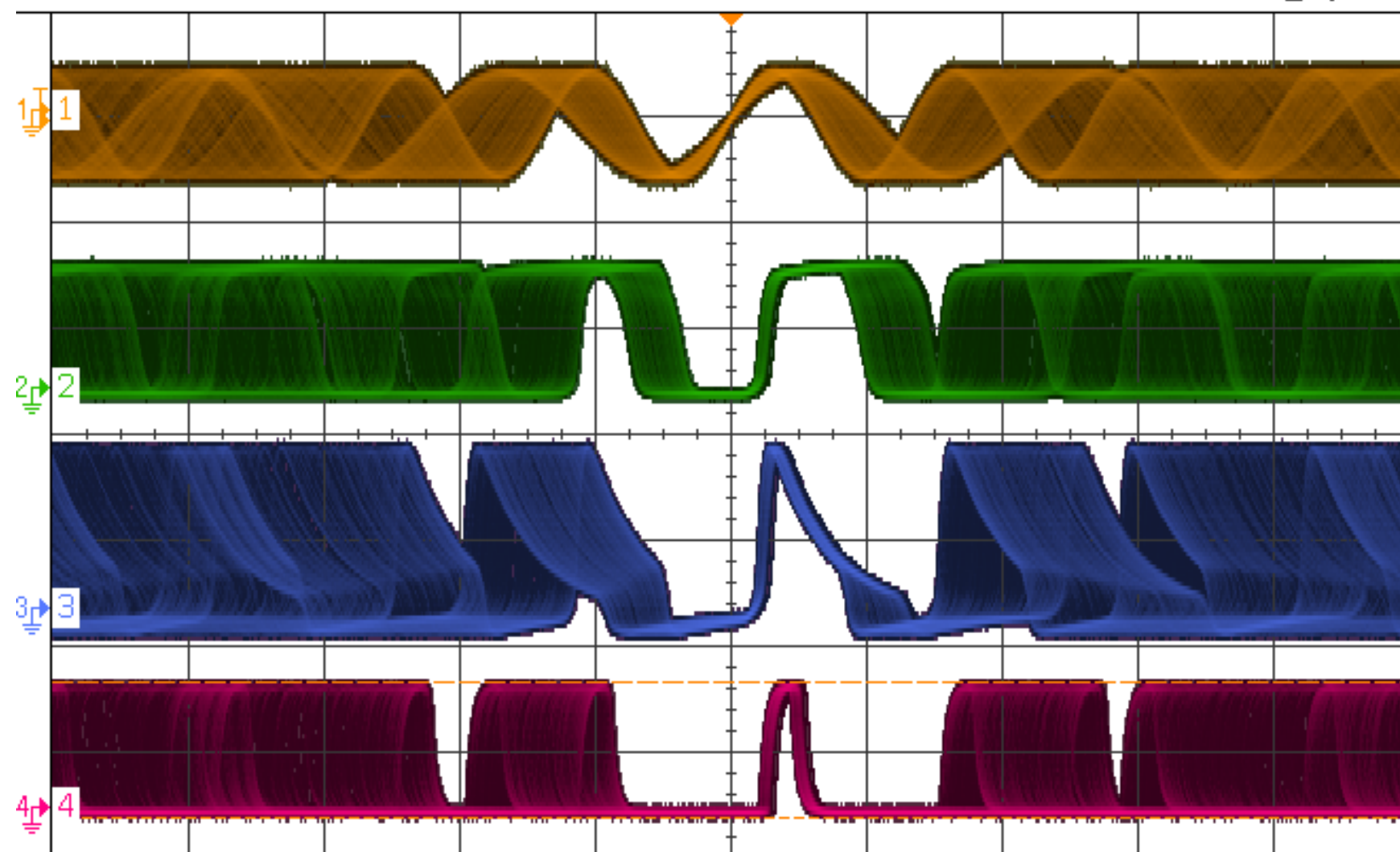
1 100mV/ 2 10.0V/ 3 5.00V/ 4 10.0V/

0.0s

2.000μs/

自动

1 -10.0V



KEYSIGHT TECHNOLOGIES

采集

标准模式
1.00GSa/s

通道

DC BW	10.0:1
DC	10.0:1
DC	10.0:1
DC	10.0:1

测量

峰-峰值(1):	109mV
峰-峰值(2):	12.9V
峰-峰值(3):	9.2V
峰-峰值(4):	12.9V

显示设置菜单

余辉
∞

清除
余辉

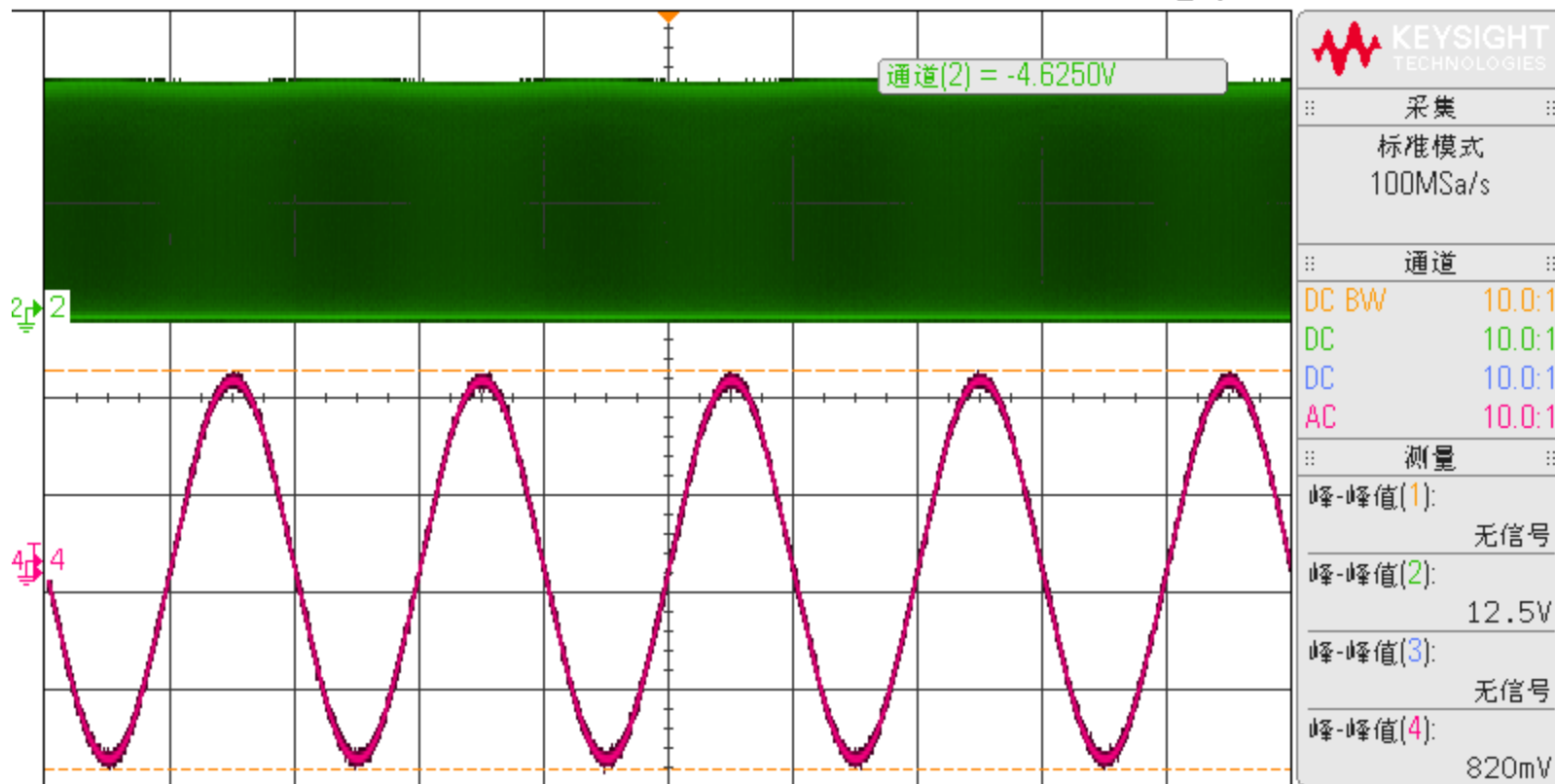
清除
显示

网格亮度
全

亮度
20%

DSO-X 2014A, MY51250202: Thu Apr 15 16:21:18 2021

1 2 5.00V/ 3 4 200ns/ 0.0s 500.0ns/ 自动 f 4 -23.0V



通道 1 菜单

耦合
直流DC

带宽限制



微调



倒置



探头



DSO-X 2014A, MY51250202: Thu Apr 15 16:26:09 2021

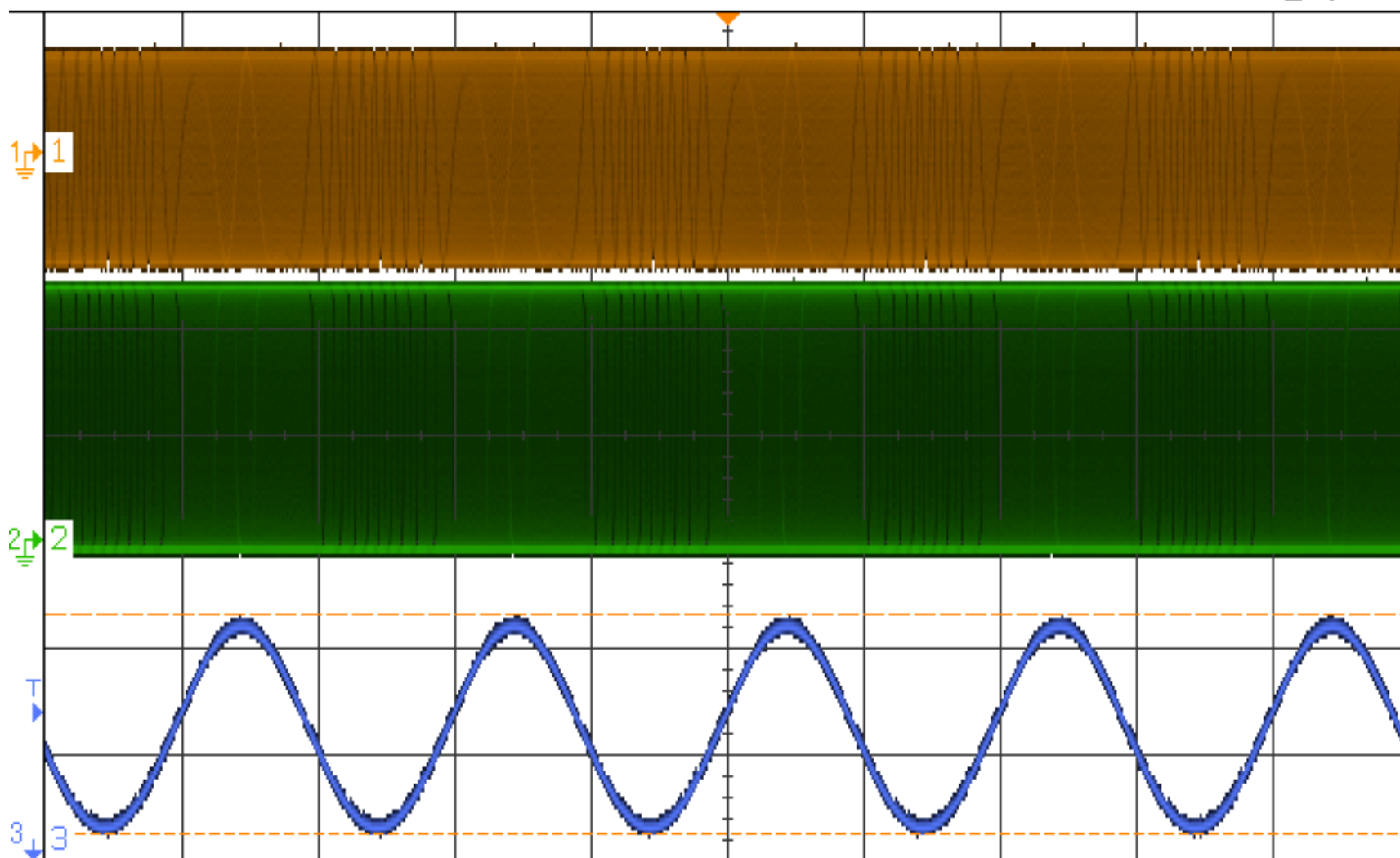
1 500mV/ 2 5.00V/ 3 1.00V/ 4

0.0s

100.0%/

自动

3 1.41V



KEYSIGHT TECHNOLOGIES	
采集	
标准模式	
500MSa/s	
通道	
DC	10.0:1
DC	10.0:1
DC	10.0:1
DC	10.0:1
测量	
峰-峰值(1):	1.05V
峰-峰值(2):	13.1V
峰-峰值(3):	2.05V
峰-峰值(4):	无信号

触发菜单

触发类型
边沿

源
3

斜率
↓

线性 0.30 V/div

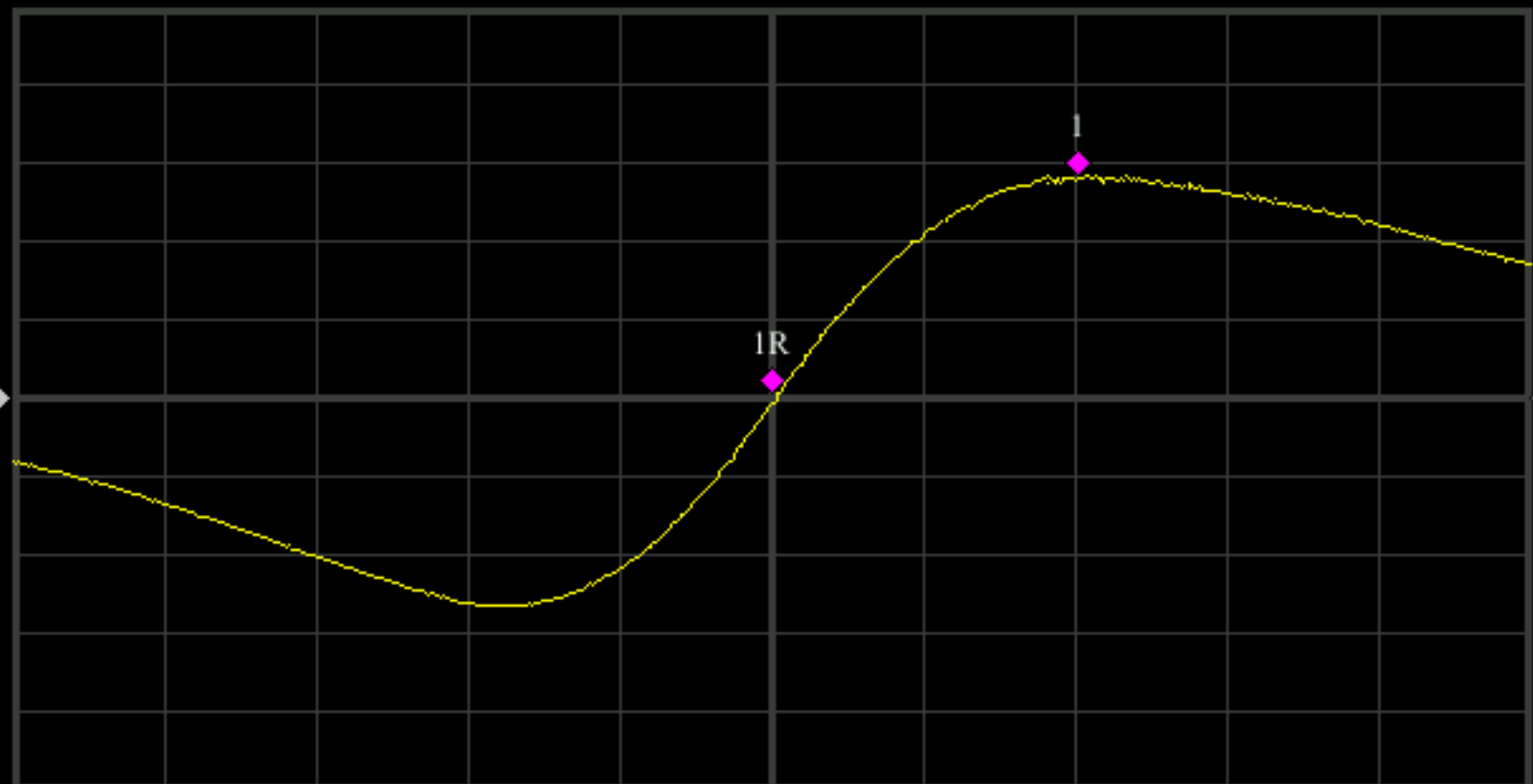
参考电平 1.50 V

输入增益 $\times 1$ 频标1 Δ 606.000 kHz

0.84 V

保存至本地

保存至闪存



中心频率 8.5 MHz

扫宽 3 MHz

分辨带宽 30 kHz

视频带宽 30 kHz

扫描时间 1.000 s

返回

存储文件.....

五、实验设备、器材

1. 主控、G03模块、G06模块、G07模块、G09模块
2. SDG5112 函数/任意波形发生器
3. DSO-X 2014A数字存储示波器
4. 34450A台式万用表
5. SA1010频谱分析仪

六、思考题（见讲义）



下次实验：

实验七 调幅发射与接收系统