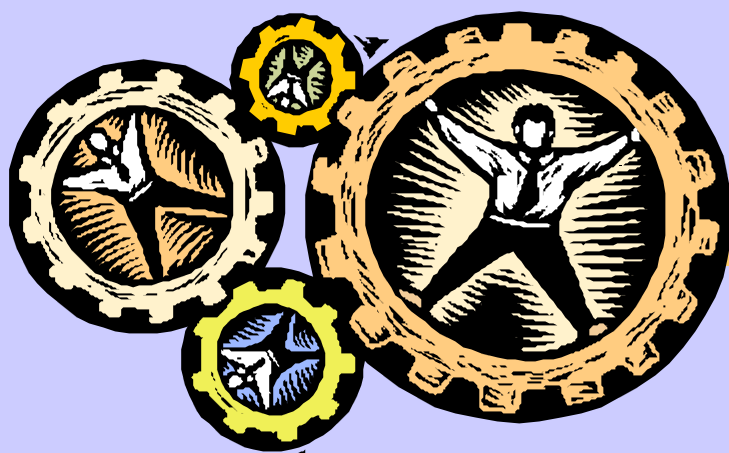




# 维修仪器的原理及使用



波导客户服务部培训处

虞淑丹

# 课程安排

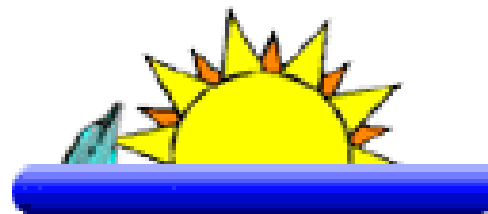
- ❖ 第一节：万用表
- ❖ 第二节：模拟示波器
- ❖ 第三节：频谱测试分析仪（R3131A）
- ❖ 第四节：移动台综合测试仪（E6392A）

# 学习目的

- ❖ 掌握数字及台式万用表的使用方法
- ❖ 掌握模拟示波器的校准及使用方法,能测量简单信号
- ❖ 熟练掌握设置、调用、删除频谱分析仪参数的过程,并能简单利用它判断故障所在
- ❖ 掌握综合测试仪的“自动测试”项及“信号发生源”项的使用方法

# 需要了解的内容

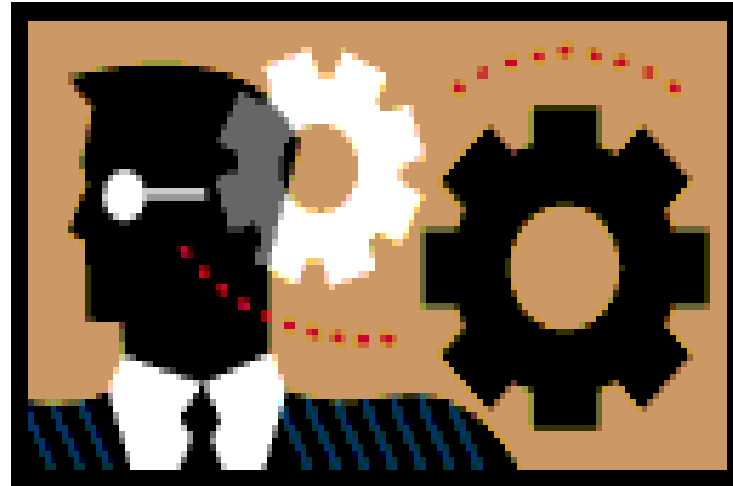
- ❖ 示波器的内部原理
- ❖ 频谱分析仪的内部原理
- ❖ 综合测试仪的“手动测试”项及测量得出的其中参数的标准



# 第一节、万用表

➤ 数字万用表

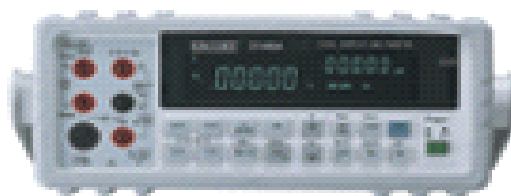
➤ 台式万用表



# 1.1 各种型号的万用表



数字



台式



数字

## 1.2 数字、台式万用表

- 作用：测量电阻、电容、电感、二极管、三极管等元器件的好坏，读取电压、电流值，判断电路的通断情况等
- 表笔的连接方法：  
红表笔接万用表内电池正极  
黑表笔接万用表负极（接地）

## 1.3 测量方法简介

- 电压的测量、电流的测量
- 电阻的测量  
注意量程，若显示“1”，说明量程不够大
- 电容的测量  
未被击穿的电容阻值应为无穷大
- 电感的测量  
断路后的电感阻值很大



## ➤ 二极管的测量

可测量发光、整流二极管，红表笔接二极管正极，黑表笔接负极

## ➤ 三极管的测量

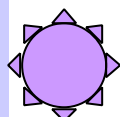
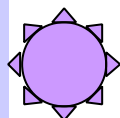
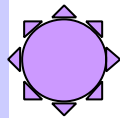
首先确定基极以及管型，再确定集电极与发射极。（利用“hFE”档与“PNP NPN”三极管测量档）

## 第二节、模拟示波器



## 2.1 示波器的作用

作用：

-  将信号的电压随时间变化的波形在屏幕上实时显示出来
-  以图形方式显示信息，并测出信号的频率和峰值电压
-  捕捉信号不同时刻的波形、电平以及微小变化

## 2.2 示波器与手机维修

- 示波器在手机维修过程中主要用于测量一些**低频**信号（与示波器量程有关）
- 主要测量：供电、时钟、片选、读写、音频、数据、射频控制等信号

# 可测量信号

## 1、电压、晶体输出信号

VBAT、VR1、VR2 、13MHz、32.728KHz

## 2、片选、复位、数据等信号

CS-flash、D（0~7）、Reset、CS-MainLcd、Motor

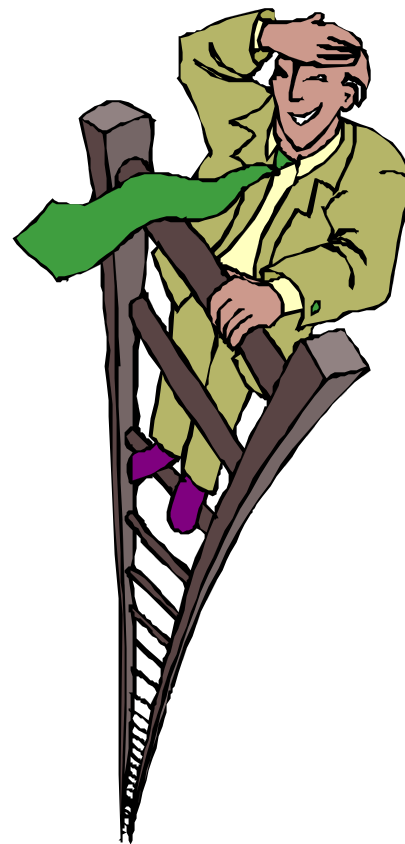
## 3、射频部分重要信号

Vapc、PA-ON、BSW、I/Q、CLK、CP0等

## 2.3 示波器原理

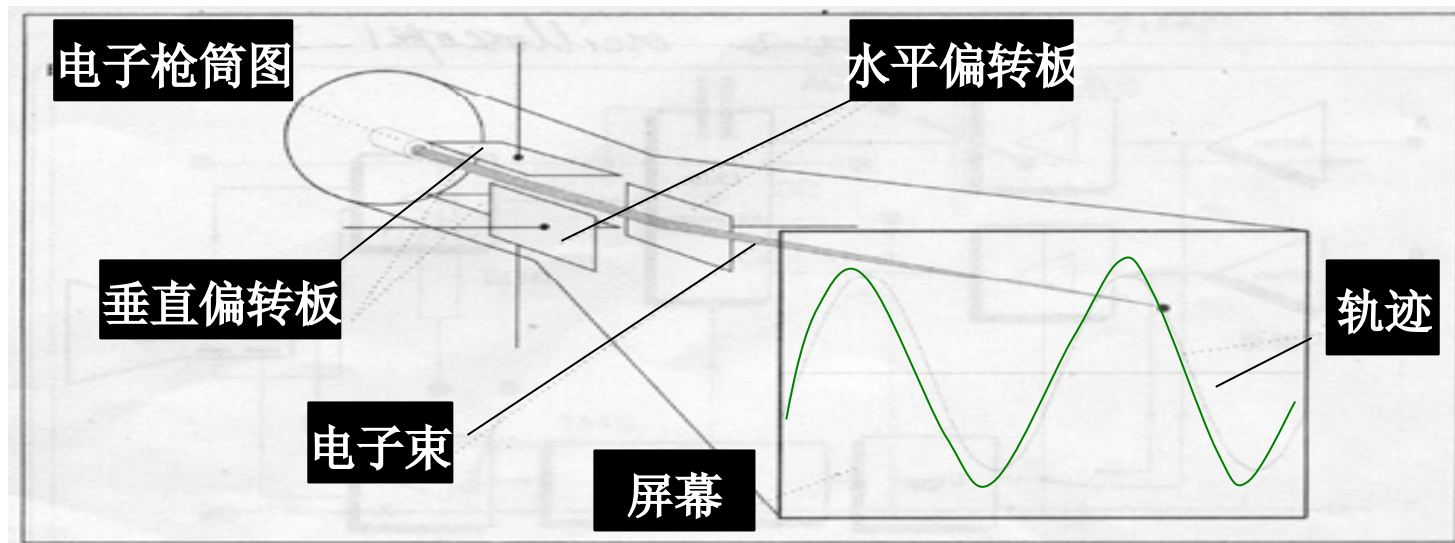
核心部件：

- ✓ 阴极射线管
- ✓ 显示偏转系统

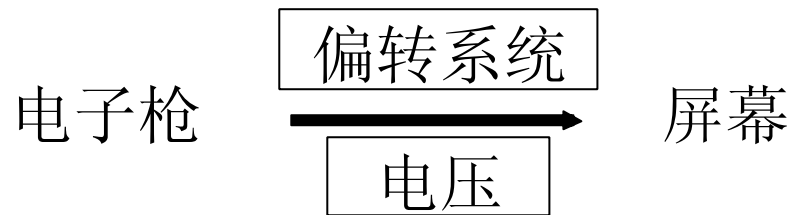


## 2.3.1 示波器的显示系统

- 示波器的显示器件：阴极射线管（CRT）。阴极射线管的基础是一个能产生电子的系统，称为电子枪。电子枪向屏幕发射电子。电子枪发射的电子经聚焦形成电子束，并打在屏幕中心的一点上。屏幕的内表面涂有荧光物质，这样电子束打中的点就发出光来。



## 2.3.2 示波器的偏转系统



偏转系统由水平（X）偏转板和垂直（Y）偏转板组成。这种偏转方式称为静电偏转。

将输入信号加到Y轴偏转板上，而示波器使电子束沿X轴方向扫描。这样扫出的信号波形称为波形轨迹。

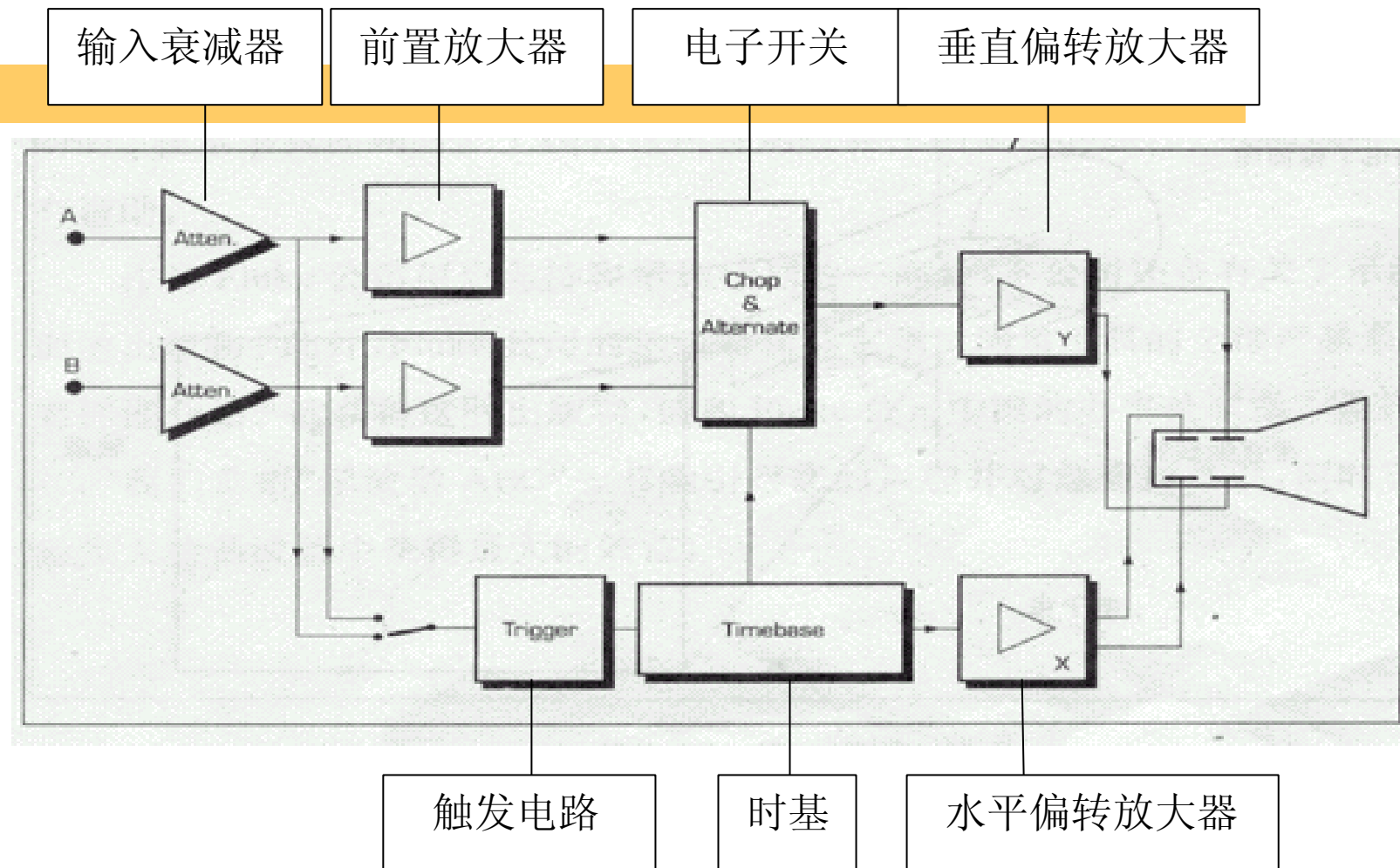


## 2.3.3 偏转系统内部构成

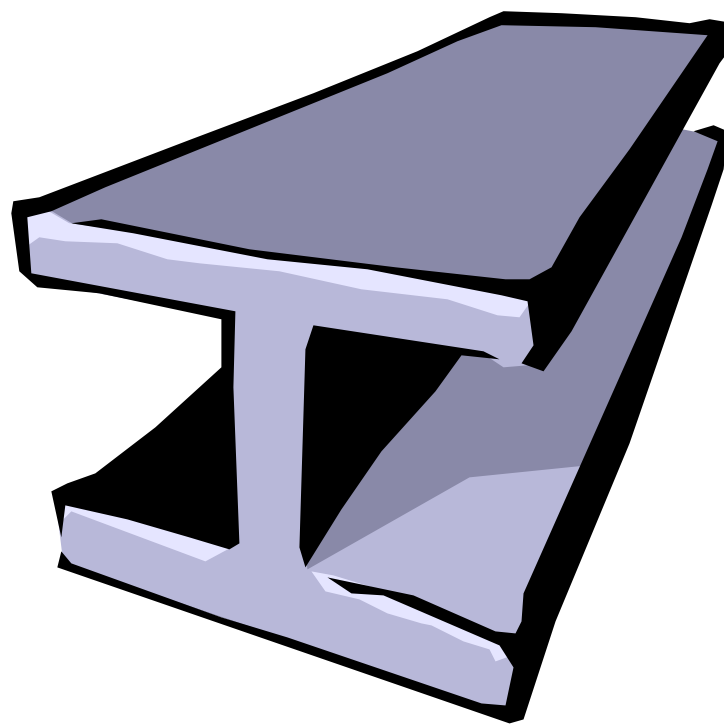
- 垂直偏转系统（决定基本性能）：  
输入衰减器、前置放大器、电子开关（选择哪一个输入通道）、垂直偏转放大器
- 水平偏转系统：  
时基、触发电路、水平偏转放大器



## 内部构成图：



## 2.3.3.1 垂直偏转系统

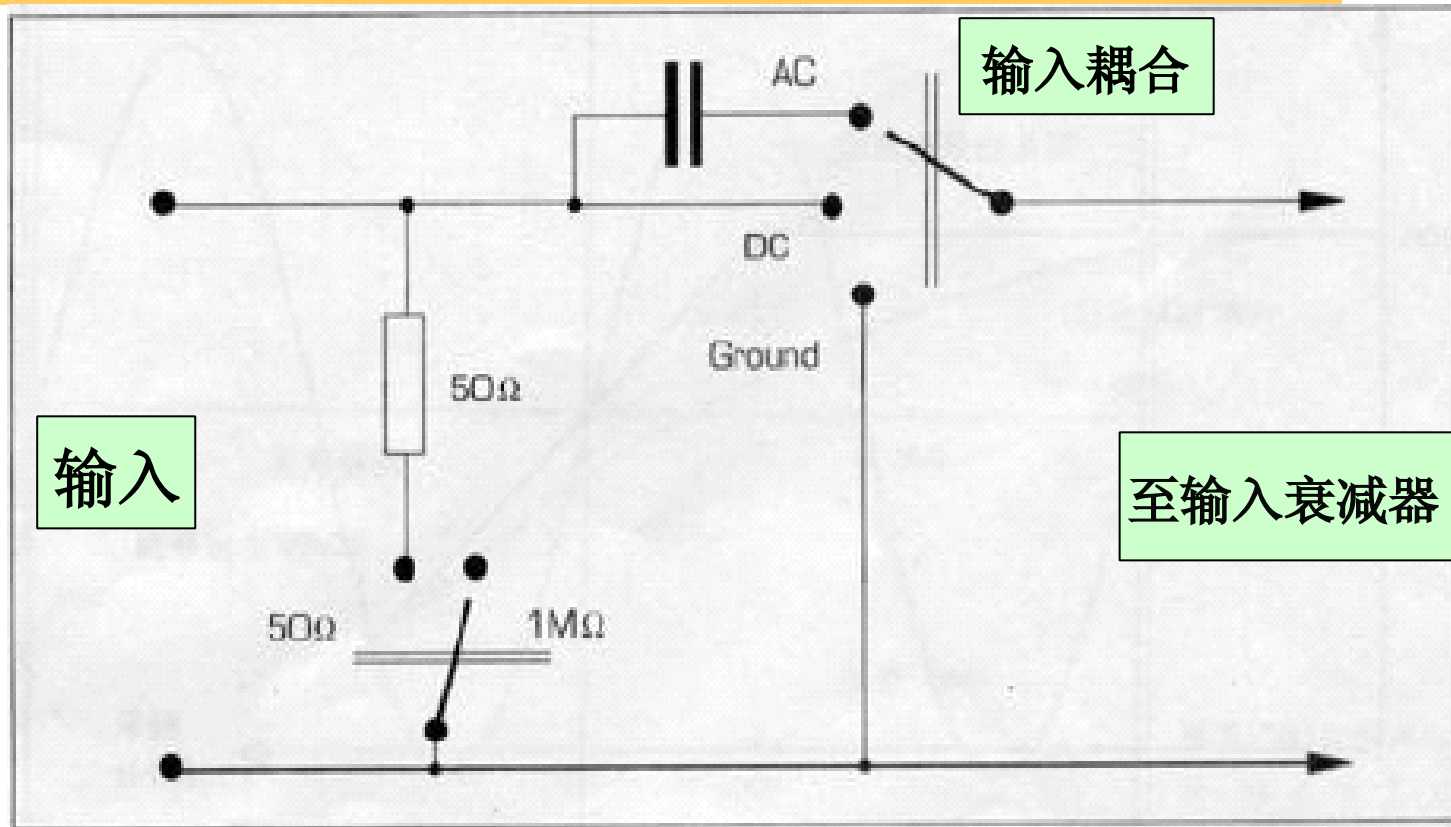


# (1) 衰减器和前置放大

垂直偏转系统是为了体现信号的**大小**并在屏幕上直观的显示出来，但是输入信号大小强度是未知的，为了能在屏幕用一定刻度表示出来，就有必要**对小信号进行一定幅度的放大，对强信号进行一定幅度的衰减**。衰减器和前置放大就是为此而设计的专用器件，它们决定的性能就是示波器的灵敏度。

**灵敏度是以每格的伏特数来衡量的**，根据所占格数的多少可以得出峰值电压大小。

## (2) 输入选择和通路耦合



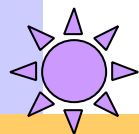
## 详细描述:

- DC/AC耦合选择开关：输入信号从输入口到垂直偏转系统的通路方式。
- **DC耦合方式：**没有外加其他部件，是一个直接的连接通路。信号的所有分量（直流和交流）都会影响示波器的波形显示。
- **AC耦合方式：**输入端和衰减器之中串联一个电容。使信号的直流分量就被阻断，同时信号交流分量的低频部分也会衰减。

### (3) 双路显示模式

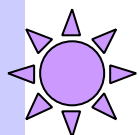
- 垂直偏转系统有两个通道A和B（CH1和CH2），为了比较两个波形的差异，有时需要同时测量两个信号。而由CRT的原理我们知道CRT一次只能显示一条扫描轨迹（时域上某时刻只有一个点存在）。
- 因此示波器采用两种办法来控制电子束





## 第一种为交替方式（ALT模式）

是让扫描点快速地画完一条轨迹后,再画另一条轨迹的方式。当频率较高、扫描较快时适用。



## 第二种为断续方式（CHOP模式）

是让扫描点在两条轨迹之间迅速的进行开关切换或斩波切换后分段的画出两条轨迹。这种方式适用于频率低、扫描时间慢的情况。如果频率过大,就有可能开关来不及切换。



## 2.3.3.2 水平偏转系统

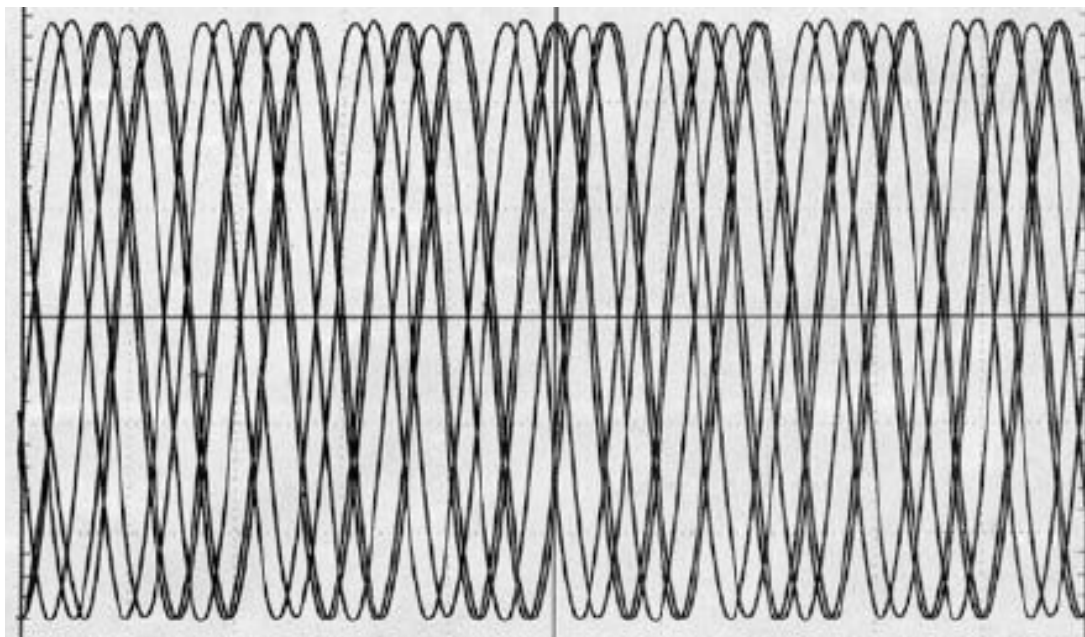
- 水平偏转系统是用于刻画时间的，显示的轨迹在水平方向上表明信号随时间的变化情况，所以水平偏转必须和时间成正比。



## (1) 时基

- 在示波器中控制水平偏转，即X轴的系统称为**时基**。
- 时基的工作模式：  
正常模式：必须受到触发才能产生轨迹  
自动模式：时基以低频率自由运行，无触发  
单次模式：接收到触发信号后，只扫描一次

## (2) 触发电路



无触发的信号波形

# 触发电路的作用

- 保证电子束扫过屏幕时每次都扫过相同的路径。
- 保证每次时基在屏幕上扫描的时候，时基扫描都从输入信号上一个精确确定的点开始。

## 2.3.4 模拟示波器的调节

### (1) 示波管控制件

#### A、辉度 (INTEN)

辉度控制用来调节波形显示的亮度。

#### B、聚焦 (FOCUS)

聚焦控制机构用来控制屏幕上光点的大小，以便获得清晰的波形轨迹。

#### C、标尺照明 (ILLUM)

标尺亮度可以单独控制。这对于屏幕摄影或在弱光线条件下工作时非常有用。

## (2) X轴控制件

### A、扫描速度开关 (Time/Div):

改变光点在水平方向作扫描运动的速度。决定于待测信号的频率（使波形稳定）。

### B、扫描速度微调(Time/Div的中间旋钮)：

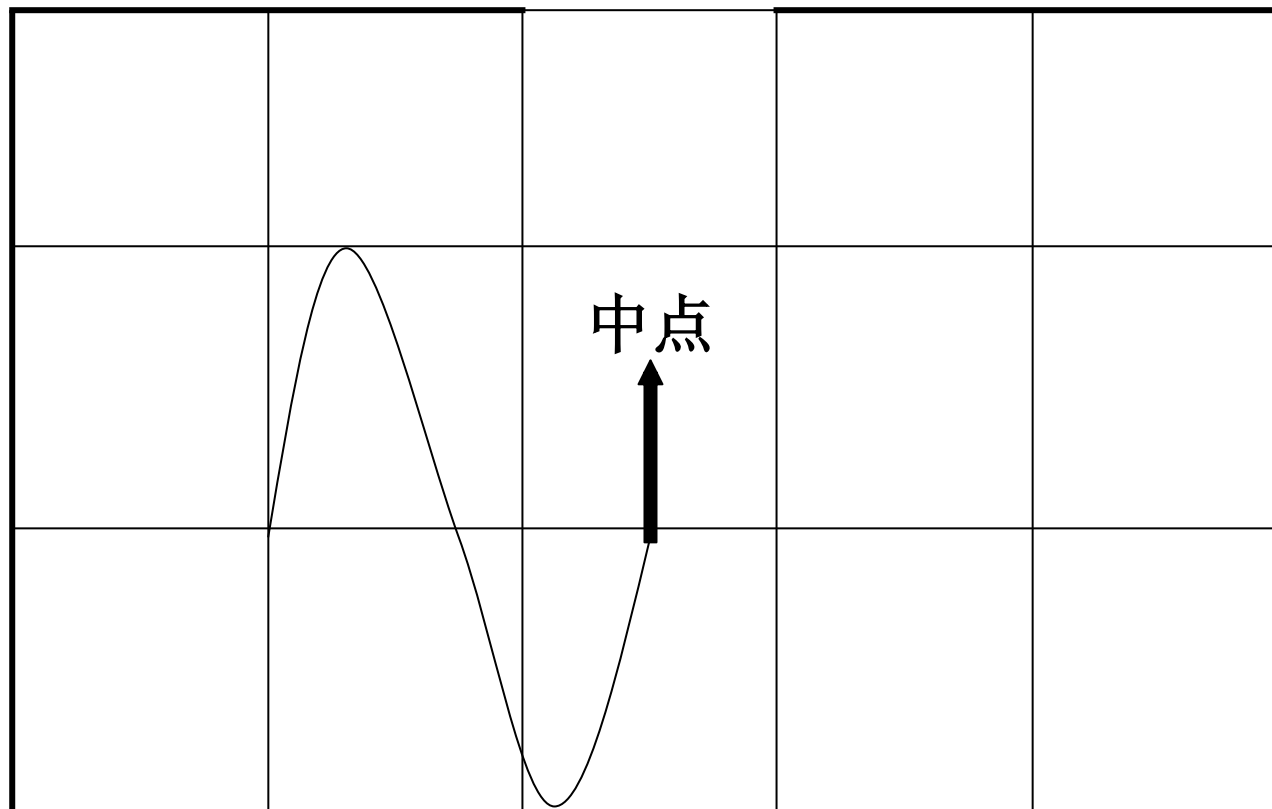
在一定范围内微小、连续地改变扫描速度，不能读数。使用时，应把它置于“校准”位置，即沿顺时针方向旋转到头。（即使旋钮旁的灯灭）

### C、水平移位调节旋钮 (Position 一):

调整整个波形在水平方向上的位置，便于对其观察和测量（常用于校准或初始化）。

## 测试题:

(扫描速度开关打在0.5ms位置, 计算下图波形的频率)



## 答案选择:

A、1KHZ

B、1.33KHZ

C、1.45KHZ





## (3) 同步控制件

### 1、触发源选择开关 (Source, 一般置于Int档):

通常使用时, 应置于“内”的位置, 这时触发信号就来源于待测信号。

### 2、触发电平旋钮 (Level):

用于选择输入信号波形的触发点, 使在这一所需的电平上启动扫描, 当触发电平的位置超过触发区时, 扫描将不启动, 屏幕上无待测信号波形显示。

## (4) Y轴控制件

### 1、输入耦合开关 (AC、DC、GND) :

当待测信号为交流信号时，应选择“AC”位置；当待测信号为直流时，应选择“DC”位置；不需要待测信号输入时或进行水平校准时，可置于“GND”位置。

### 2、垂直移位调节 (Position ↑) :

调整整个波形在竖直方向上的位置

### 3、Y轴灵敏度选择开关(Volts/Div):

改变光点在竖直方向偏转的灵敏度（即待测信号的显示幅值）。

#### 4、Y轴灵敏度微调（Volts/Div的中间旋钮）：

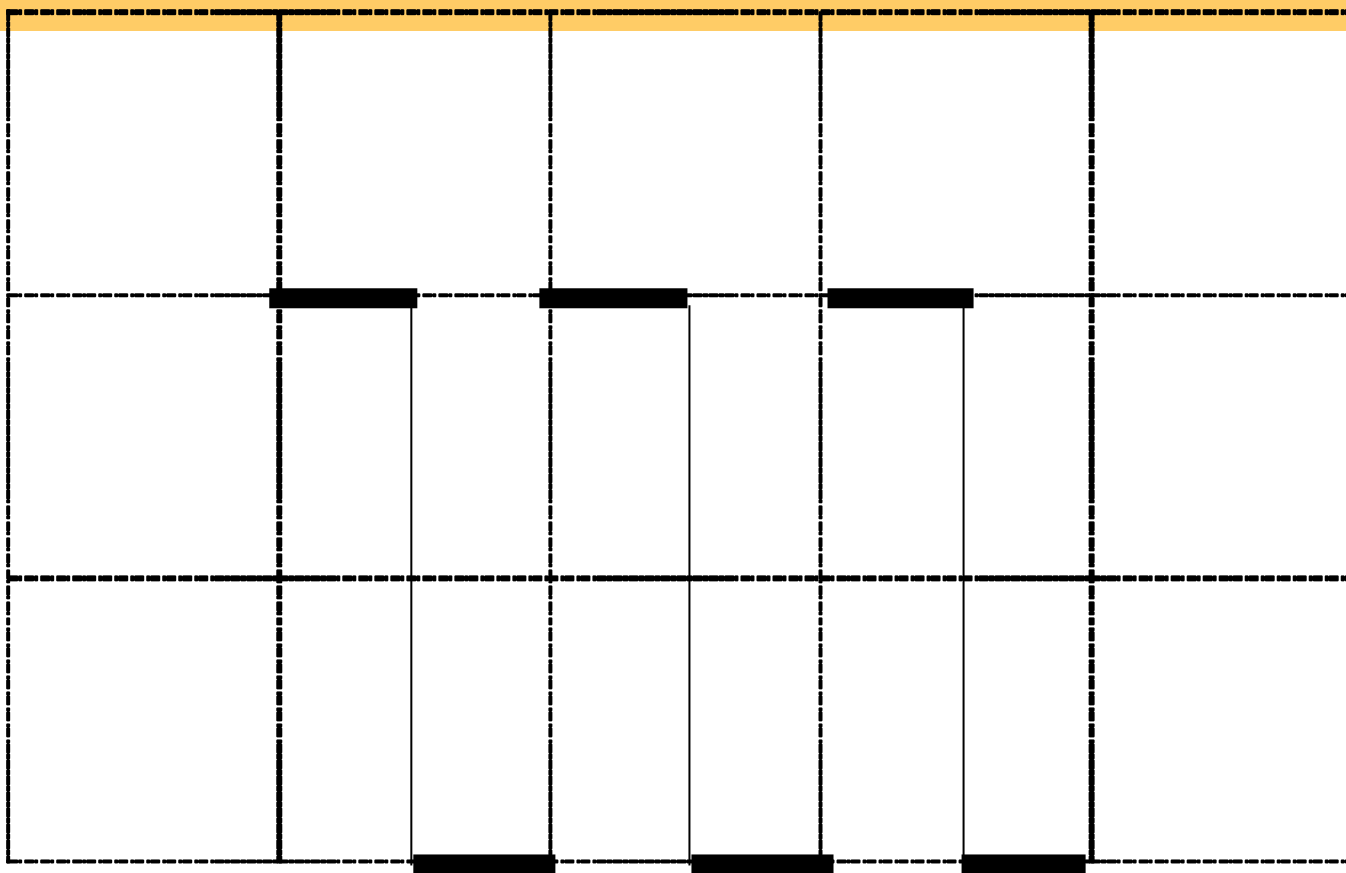
微小、连续地改变Y轴灵敏度，但不能读数。因此需记录Y轴灵敏度时应把它置于“校准”位置，即沿顺时针方向旋到头（即使旋钮旁灯灭）。

#### 5、显示方式开关（ALT、CHOP）：

同时测量两个信号时，当观测频率较低的信号时，应选用“断续”（CHOP），而观测频率较高的信号时，应选用“交替”（ALT）。

## 测试题:

扫描速度开关打在**2ms**处,Y轴灵敏度选择开关打在**IV**处



## 2.3.5 模拟示波器的校准



## 2.3.6 模拟示波器操作步骤

### 13M信号的测量

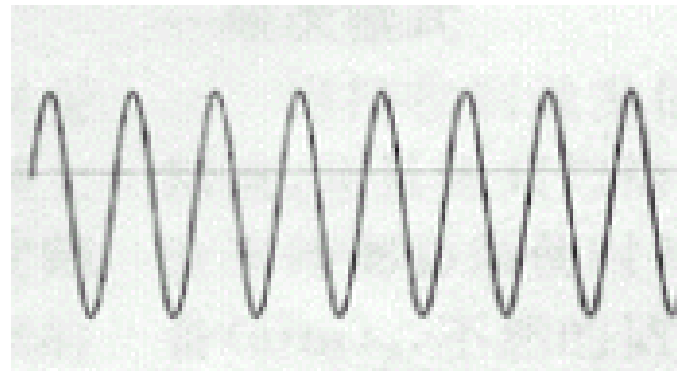
#### 1、校准

选择通道,输入方式选择等

#### 2、测量

调节扫描速度开关及Y轴灵敏度调节等旋钮,使波形清晰稳定

#### 3、测量得出的波形





**Any Question?**

**Have a rest?**

## 第三节、频谱测试分析仪

- 频谱分析仪的作用：

测试高频信号的**增益大小**和**频偏特性**。  
在手机维修中，结合**发射接收测试软件**，  
可查出射频部分故障点所在。





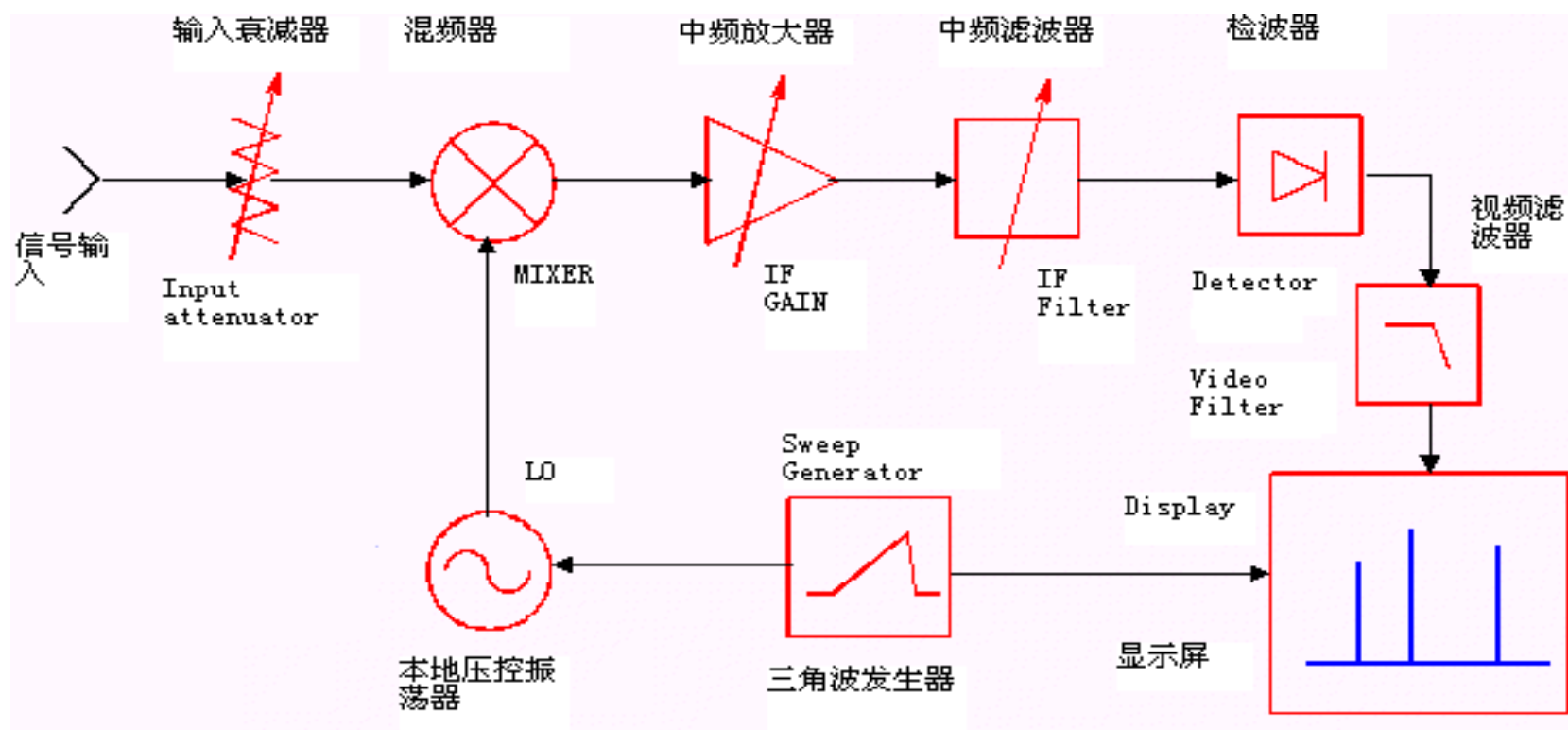
## 3.1 各种型号的频谱分析仪



# R3131A



## 3.2 R3131A内部结构图



## 各部分简介:

- **输入衰减器:**

限制输入信号的幅度以免因输入信号过强而损坏仪器

- **混频器:**

本地振荡器与输入信号进行混频后，输出一个恒定中频信号，以该中频信号为中心的中频滤波器才能够在可调范围内进行有效的中频滤波。

- 三角波发生器:

启动本地压控振荡器起振，并控制该VCO的频率大小，同时也用于控制显示扫描，其单个波形的时间长度，就是我们在设置频谱仪时的参数**Sweep times—扫描时间**。

- 中频增益放大器和中频滤波器

中频增益放大器将信号放大到足够大，中频滤波器将噪声滤除，从而正确地解调出信号。IF filter的门宽我们称之为**RBW（分辨率带宽）**，一般RBW越小灵敏度越高。

它决定了频谱仪的性能好坏。

## ● 检波器

检波器的功能是将信号的峰峰值提取出来，从而实现频谱分析仪的功率大小（增益）的显示和测量。

## ● 显示屏和显示滤波器

显示滤波器的功能是“平滑”作用，即滤除检波后的一些噪声，使观察更加清晰，其对应的参数为**VBW**，我们称之为**视频宽带**。

## 3.3 频谱分析仪参数简介

### 1、Center Frequency 中心频率（对应键-FREQ）

用于某一信道中心频率的设定。

### 2、Span 显示宽度（对应键-SPAN）

显示宽度是指从屏幕左端到右端所能够显示频率的宽度。使用该选项是想直观的观察测试信号的波形，而不将外界其它的信号显示出来。测试GSM手机时习惯上设置SPAN为**200KHz**。

### 3、Ref level 参考电平（对应键-LEVEL）

参考电平的设置是为便于观察频谱的增益大小，使信号在显示屏能够显示的幅度下进行比较读数。

### 4、ATT 输入衰减值（对应键-ATT）

该选项对应的是输入衰减器的衰减值大小，用dB表示。信号功率的读出时仪器将自动补偿衰减部分。



## 5、RBW 分辨率带宽（对应键RBW）

RBW从物理意义上讲是中频滤波器分析灵敏度的带宽，一般而言，RBW越小就越灵敏。

## 6、VBW 视频带宽（对应键-VBW）

VBW的调节主要是起平滑作用，使观测的信号清晰易于观察，但也不能无限制的调节，否则就可能将需测试信号也“平滑”掉了。

## 7、Sweep time 扫描时间(对应键-SWEEP)

是指扫描点从屏幕左端到右端的时间。

## 62信道发射参数设置

### TX(发射)

Center Frequency (Freq) : 902.4MHz

SPAN (SPAN) : 200KHz

Ref level (LEVEL) : 0dBm

RBW (RBW) : 1MHz

VBW (VBW) : 10KHz

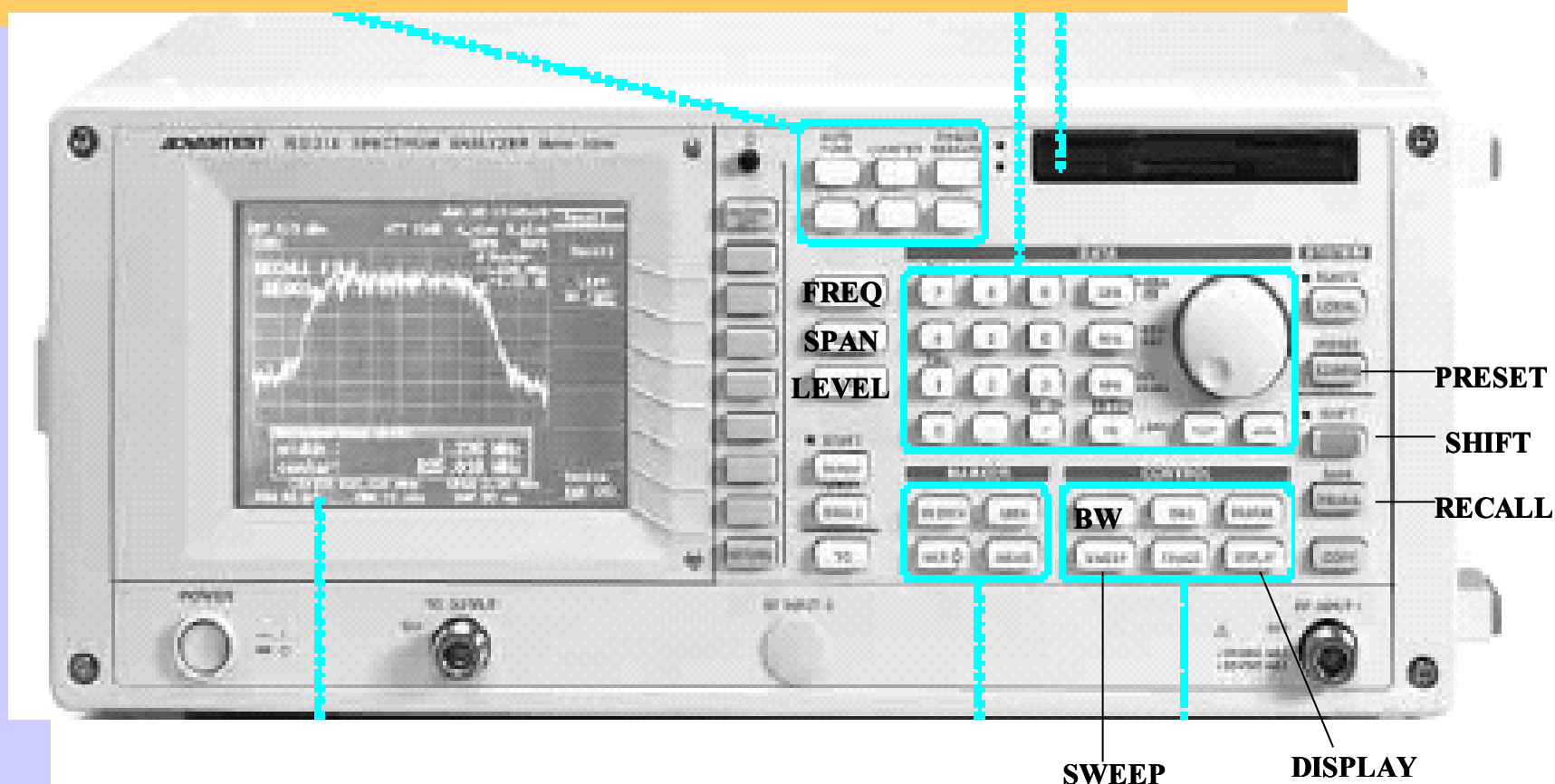
Sweep time (SWEEP) : 50ms

## 62信道接收参数设置

### RX (接收)

Center Frequency (**Freq**) : 947.4MHz  
SPAN (**SPAN**) : 200KHz  
Ref level (**LEVEL**) : -20dBm  
RBW (**RBW**) : 30KHz  
VBW (**VBW**) : 10KHz  
Sweep time (**SWEEP**) : 50ms

## 3.4 参数的设置步骤



## ❖ 第一步：准备工作

SHIFT+PRESET进入复位状态

设定FREQ频率（输入所需的频率）

设定SPAN带宽

设定LEVEL电平



## ❖ 第二步：确定RBW、VBW

面板上选择BW，通过软键设定为手动测试-MNL，分别输入RBW与VBW的值。

## ❖ 第三步：设置扫描时间

面板上选择SWEEP项，选择手动测试-MNL，输入扫描时间值。

## 3.5 频谱分析仪参数的存储

### ❖ 第一步：命名

面板上选择“CONTROL”项的DISPLAY按键

选择“Change title”,并输入名称（可以是数字、字母等）

按“ENTER”(面板)

### ❖ 第二步：存储

按“1/2 more”选项，“Edit done”选项

SHIFT+SAVE保存文件

选择所要存入的区域

SAVE（软键）

## 3.6 频谱仪参数的调用与删除

### 1、调用参数文件

RECALL

选择要调用的文件

RECALL (软键)

### 2、删除参数文件


SHIFT + SAVE

选择要删除的文件

DELETE (软键)



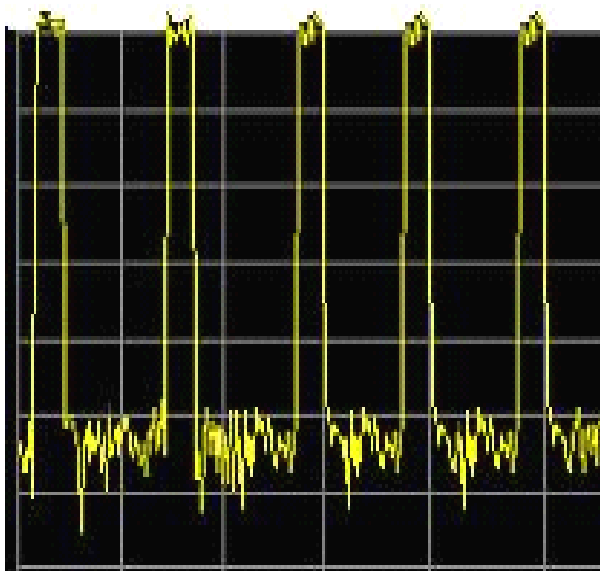




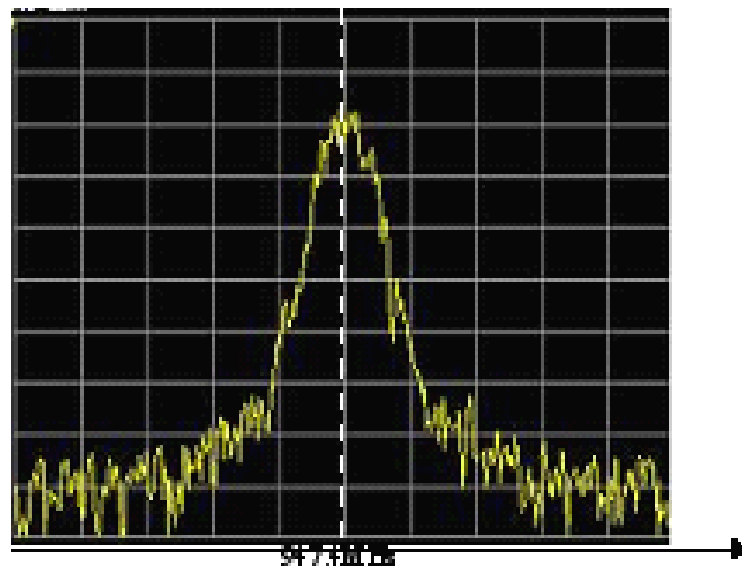
所有步骤的综合，你会了吗？ ？ ？

## 3.7 利用频谱仪测量信号

❖ 发射频谱



接收频谱



**Any Question?**



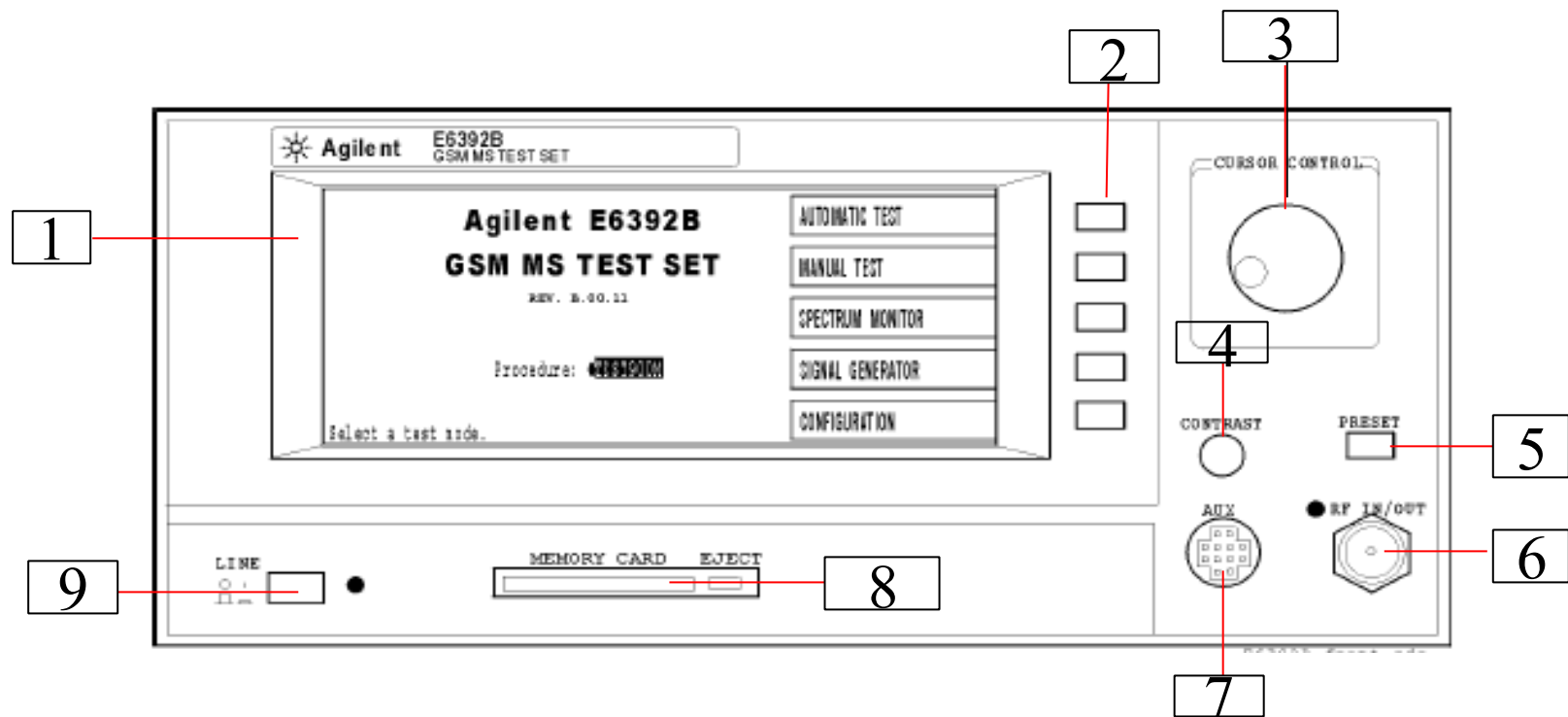
## 第四节、综合测试仪（E6392A）



## 综合测试仪的作用：

- ❖ 检测移动电话射频的各项性能，如四项电气指标。并利用回环测试检测麦克风与听筒之间回路的好坏。
- ❖ 模拟基站。在手机维修中， 它的“**信号发生源**”（相当于基站的作用）项可以协助我们检查出接收通路的故障点。

## 4.1 综合测试仪使用界面



# 使用界面简介:

- 1、LCD屏幕
- 2、软键
- 3、旋钮
- 4、LCD对比度调整
- 5、复位键
- 6、RF输入输出接口
- 7、通用直流电源输出口
- 8、存储卡插槽
- 9、综测仪开关



## 4.2 综测仪的使用

- **自动测试**

粗略得出手机射频部分的性能，并进行回环测试

- **手动测试**

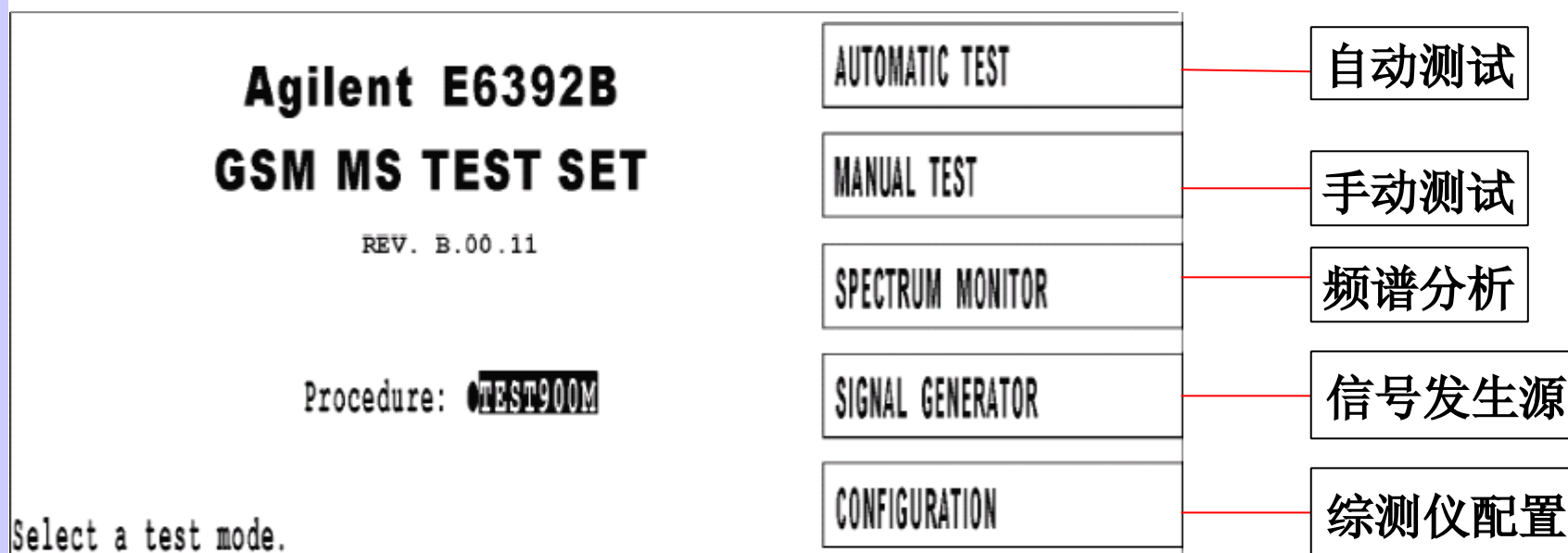
包括同步测试与异步测试。能准确判断各项射频指标是否符合标准。

- **信号发生源**

相当于基站。结合射频测试软件，测量接收通路故障所在。



## 4.2.1 开机初始屏幕



## 各项目作用:

AUTOMATIC TEST	执行为单项检测要求而正确配置的检测程序 (112紧急呼叫) 自动检测不同信道和功率等级的性能
MANUAL TEST	分别执行每个检测项, 以确定移动机的特性
SPECTRUM MONITOR	监测移动电话的发射频谱
SIGNAL GENERATION	产生某个无线信道的RF信号
CONFIGURATION	定义或更改检测仪器的配置

## 4.2.2 自动测试

搜网	LOC. Update:	Radio Standard: GSM900	Procedure: TEST900M	Start
移动台呼叫	MS Call:	BCCH: 20: 894.0MHz	Multi Band: DCS1800	
回环测试	Talk:	TCH(Talk): 30: 896.0MHz	DC Power: Auto 5.0V	
射频测试	RF Test	Variable: TCH		
移动台挂机	MS Release	TCH 1 62 124 512 698 885		
基站呼叫	BS Call	Result		Screen Simp/Detail
基站挂机	BS Release			
	IMSI:	Power Class:		
	IMEI:	GSM Version:		
	Dialed No.:			RF ON Return
Turn off MS power, press [Start] to begin a test.				

备用简明屏幕

按下“**Screen Simp/Detail**”，出现备用详细屏幕

AUTOMATIC TEST : Stand-by		2000/01/20 12:34	
LOC. Update:	Radio Standard: GSM900	Procedure: TEST900M	Start
MS Call:	BCCN: 20: 894.0MHz	Multi Band: DCS1800	
Talk:	TCH(Talk): 30: 896.0MHz	DC Power: Auto 5.0V	
RF Test	Variable: TCH		
MS Release	TCH	1 62 124 512 698 885	Screen Simp/Detail
BS Call	Peak TX PWR		
BS Release	Burst Timing	----	
	Power Ramp	----	
	Phase Error		
	Freq. Error		
	Sensitivity		
	RX Quality		
	RX Level		
	DC Current		
IMSI:	Power Class:		Return
IMEI:	GSM Version:		
Dialed No.:			RF ON

Turn off MS power, press [Start] to begin a test.

## 测试项目：

- Peak Tx power 发送峰值功率
- Burst Timing 脉冲串时控
- Power Ramp 功率斜坡
- Phase Error 相位误差
- Frequency Error 频率误差
- Sensitivity 灵敏度
- RX Quality 接收质量
- RX Level 接收电平
- DC Current DC电流

# 测试结果显示

AUTOMATIC TEST : Passed 2000/01/20 12:34

LOC. Update:----	Radio Standard: GSM900	Procedure: TEST900M
MS Call: Pass	BCCH: 20: 894.0MHz	Multi Band: DCS1800
Talk: Pass	TCH(Talk): 30: 896.0MHz	DC Power: Auto 5.0V
RF Test: Pass	Variable: TCH	
MS Release: Pass	TCH: 1 62 124 512 698 885	
BS Call: Pass	Result	
BS Release: Pass	PASS	

IMSI: 001012345678901 Power Class: 4  
IMEI: 123456789012345 GSM Version: Phase 1  
Dialed No.: 12345678901234567890

Turn off MS power, press [Start] to begin a test.

Start  
Screen Simp/Detail  
More (1 of 2)  
Return

简明屏幕

AUTOMATIC TEST : Passed 2000/01/20 12:34

LOC. Update:----	Radio Standard: GSM900	Procedure: TEST900M
MS Call: Pass	BCCH: 20: 894.0MHz	Multi Band: DCS1800
Talk: Pass	TCH(Talk): 30: 896.0MHz	DC Power: Auto 5.0V
RF Test: Pass	Variable: TCH	
MS Release: Pass	TCH: 1 62 124 512 698 885	
BS Call: Pass	Peak TX FWR	Pass Pass Pass Pass Pass Pass
BS Release: Pass	Burst Timing	Pass Pass Pass Pass Pass Pass
	Power Ramp	Pass Pass Pass Pass Pass Pass
	Phase Error	Pass Pass Pass Pass Pass Pass
	Freq. Error	Pass Pass Pass Pass Pass Pass
	Sensitivity	Pass Pass Pass Pass Pass Pass
	RX Quality	Pass Pass Pass Pass Pass Pass
	RX Level	Pass Pass Pass Pass Pass Pass
	DC Current	Pass Pass Pass Pass Pass Pass

IMSI: 001012345678901 Power Class: 4  
IMEI: 123456789012345 GSM Version: Phase 1  
Dialed No.: 12345678901234567890

Press [CURSOR CONTROL] to get a detailed result screen.

Start  
Screen Simp/Detail  
More (1 of 2)  
Return

详细屏幕

## 4.2.3 手动测试（同步测试）

MANUAL TEST : Stand-by 2000/01/20 12:34

MS Call	Radio Standard: GSM900	Procedure: TEST900M	Mode
BS Call	BCCH: 20: 894.0MHz	Multi Band: DCS1800	Sync/Async
Talk	TCH: 30: 896.0MHz	PWR CNTL: 8: +27dBm	
RF Test	Signal: Burst	DC Power: Off 5.0V	BS Call
MS Release		RF Output: -100.0dBm	
BS Release			MS Call

Test Item
Peak TX Power, Burst Timing, Power Ramp
Phase Error, Frequency Error
Sensitivity, RX Quality, RX Level
DC Current
Spectrum Monitor

IMSI: RX Quality: -----%

IMEI: RX Level: -----dBm

Dialed No.: DC Current: ----mA

Power Class:

GSM Version:

Press [BS Call] or [MS Call].

RF ON Return

基站呼叫

移动台呼叫

## 4.2.4 手动测试（异步测试）

MANUAL TEST : Stand-by 2000/01/20 12:34

Radio Standard: GSM900	Procedure: TEST900M	Mode
Multi Band: DCS1800	Sync/Async	
BCCH: ----:-----MHz	PWR CNTL: 8:+27dBm	
TCH: 30: 896.0MHz	DC Power: Off 5.0V	
Signal: Burst	RF Output: -100.0dBm	Start

RF Test

Test Item
Peak TX Power, Burst Timing, Power Ramp
Phase Error, Frequency Error
-----
DC Current
Spectrum Monitor

DC Current: ----mA

RF ON

Return

Press [Start] to begin a test.

需结合射频测试软件使用



## 4.2.5 信号发生源

选择GSM、DCS等

选择信道

打接收时，设为ON

SIGNAL GENERATOR		2000/01/20 12:34	Print
Radio Standard:	DCS1800		
Channel:	512:1805.2MHz		
Amplitude:	-110.0dBm		
RF Output:	OFF		
Modulation:	OFF		
DC Power:	OFF 5.0V		
			Return

# 课堂练习

- 三个小组
- 分别熟悉示波器、频谱仪和综测仪
- 效果反馈





谢谢大家!



## 手机射频四项电气指标

- 1、频率误差<0.1ppm  
GSM900频率误差 (-90HZ~+90HZ)  
DCS1800频率误差 (-180HZ~+180HZ)
- 2、相位峰值误差<20deg
- 3、相位误差有效值RMS<5deg
- 4、误码率BER<2.44%

# 手机接收与发射信号频率的设置

GSM900频段为（欧洲标准）：

890-915MHz (移动台发射, 基站接收, 上行链路)

935-960MHz (移动台接收, 基站发射, 下行链路)

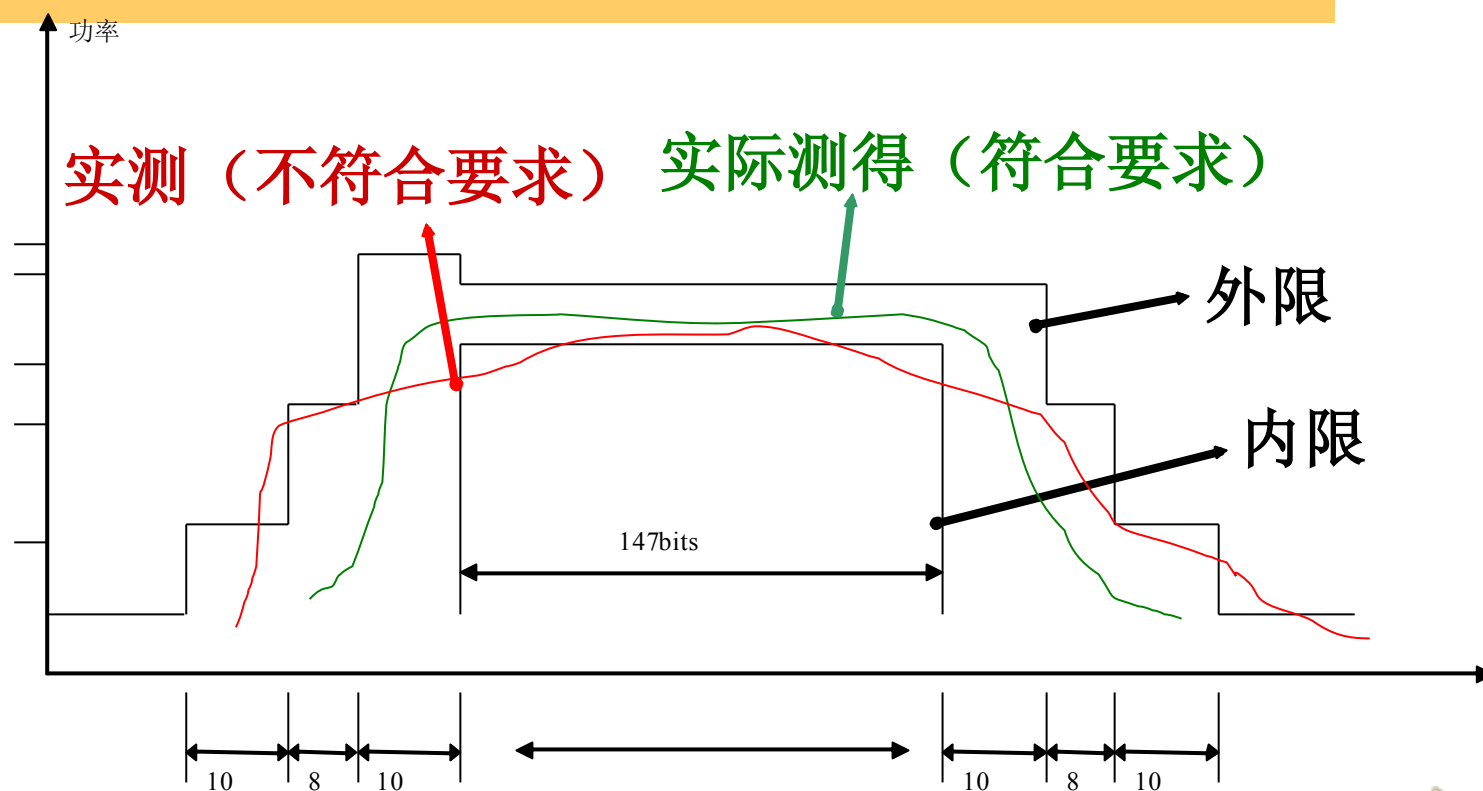
信道总数: 124

信道号: 1~124

中心频率公式:  $F_n = 890 + 0.2 * n$  (n为信道号)



# 手机发射功率斜坡曲线图



正常突发脉冲的功率/时间包络框架



恭喜！回答正确！



回答错误！继续努力吧！

