

PHILIPS示波器电路专辑

《示波器电路专辑》编译组

“PHILIPS” 示波器电路专辑

《示波器电路专辑》編譯組

出 版 說 明

为了赶超世界先进水平，及时了解国外示波器制造技术发展动态与适应我国示波器研制，设计和应用技术的需要。遵照毛主席“洋为中用”的教导，我们编译出版了“晶体管示波器实用电路设计专辑”，“PHILIPS晶体管示波器电路专辑”，供读者参考。

本专辑根据国外有关示波器技术文献编译而成。其内容对七十年代国外晶体管示波器所采用新的电路技术，新型元、部件之各系列典型产品作了较为通俗和系统介绍，可供从事示波器研制工作的广大工人、科学技术人员以及高等院校科研之用。

本专辑在编译出版过程中，承蒙上海科技大学，成都电讯工程学院，吉林工业大学及示波器专业厂技术人员热情协助，特别是得到了京字183部队领导的关怀与马天方同志大力支持，加速了出版工作进程，在此谨致以真诚的谢意。

由于我们水平低，时间短促，在编辑工作中谬误之处实属难免，敬希读者批评指正。

编 者

一九七四年五月

序 言

“PHILIPS”公司是荷兰综合性电子仪器设备公司，在示波器方面以生产宽带高灵敏度通用示波器为主，技术设计上有其独特之处。

该公司初入世界先进水平行列的示波器产品有PM—3370型同步示波器。它配用PM—3372型双踪垂直插入单元时，带宽150MHz，灵敏度1mv/cm；另配用PM—3332型低漂移高灵敏度宽带放大器，其频率范围DC—50MHz，灵敏度高达500μv/cm，漂移量为500μv/week。

为使广大工程技术人员，较为全面的了解“PHILIPS”公司在生产低噪声、低漂移、高灵敏度宽带示波器放大器电路技术的设计特点，简要分析如下：

1、降低漂移电压

漂移电压控制电路如图1所示。直流耦合中频放大器的输入电路由差分放大器而组成，在输入端—I供给信号电压 V_i 的同时，输入端—II亦馈入控制信号 V_c ，而漂移电压以输入端—I作为参考点，并假设它由电压源 V_d 驱动。

直流耦合中频放大器输出电压 V_o ，在1/A衰减器上被衰减了A倍。信号电压 V_i 加到 R_1 与 R_2 构成的分压器(图1)一端，则另一端供给 V_o/A 电压。

电阻 R_1 与 R_2 两者均为1.11MΩ，因此馈至斩波放大器输入端的电压为 $1/2 (V_i + V_o/A)$ ，放大后信号电压为：

$$V_c = 1/2B (V_i + V_o/A)$$

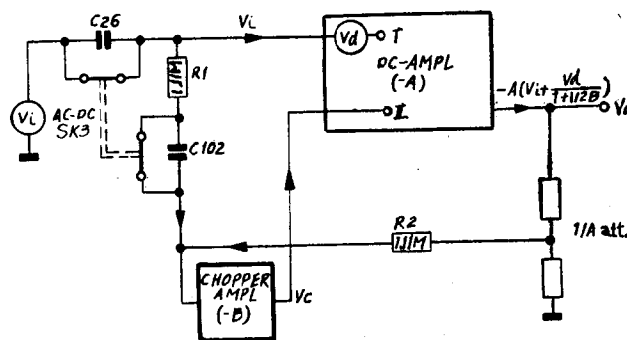


图1. 漂移电压控制电路

将等于 $V_i + V_d$ 的电压送至分差放大器输入端—I（即直流耦合中频放大器的输入级），同时 V_c 加到输入端—II，由于差值被放大了 $-A$ 倍，其输出电压值为：

$$V_o = -A (V_i + V_d) - [1/2B (V_i + V_o/A)]$$

求 解：

$$V_o = -A (V_i + \frac{V_d}{1 + 1/2B})$$

因为 $B \approx 1000$ ，显然漂移电压被降低了 ≈ 500 倍。若将“AC—DC”开关SK3调至“AC”位置，电容器

C102与 R_1 串联(图1), 因此 R_1 与 R_2 构成的分压器阻隔直流分量, $C26$ 的任一漏电压与 V_d 相加, 因此新的漂移电压(即 V_d)将被降低了 $\frac{1}{1+B}$ 倍。

2、扩展频带

前置放大器电路由“AC”耦合的高频放大器与其并联运用的直流耦合的中频放大器所组成。这两只放大器的输出利用交迭滤波器相迭加, 对高频放大器而言, 它相当于高通滤波器, 反之为低通滤波器。高频放大器的带宽自300Hz—100MHz, 而中频放大器带宽DC~4MHz, 交迭滤波器的一3dB点为100KHz, 因此这种电路结构提供分带放大器的总带宽为DC—100MHz。

3、分带放大技术、

a. 低 噪 声

高频晶体管在频率100KHz呈现严重的1/f噪声, 此时中频晶体管在高频时也引起严重的噪声, 除此之外, 中频晶体管未能满足所需要的上升时间, 所以, 分带工作方式对每种型号的晶体管的最佳特性被运用在本身频率范围之内。

b. 稳定的直流偏置

分带放大器的偏置使所有晶体管获得最佳的集电极电流的可能性(即高频晶体管10mA, 中频晶体管1mA)。

c. 无需稳定的损耗网路

由于高频晶体管的热过程时间常数值为几毫微秒, 所以高频放大器跟随一级100KHz的高通滤波器, 无需要提供具有稳定损耗网路的高频放大器。

d. 电源电压有较好退耦

由于采用RC耦合, 适用公共电源电压, 每级的电源有足够退耦, 可达到无损于方波特性。为了避免不必要的级间耦合, 发射极电阻均接地。

当“BAND WIDTH”开关“SK1”调至DC—100 KHz位置, 切断“AC”耦合高频放大器, 因此仅接入直流耦合中频放大器, 提供DC—100KHz的宽带而无噪声。

在四个最小偏转系数(即: 0.5mv/cm, 1mv/cm, 2mv/cm, 与5mv/cm), 分带放大器的放大量, 因相应地减少了负反馈量而增大, 对于较大偏转系数时, 输入端与前置放大器之间接入阻抗网路, 借助衰减器(mv/cm或v/cm)转换开关“SK4”选择所需要的偏转系数。直流耦合中频放大器有一附属的斩波放大器, 其输出用来补偿直流漂移。同前置放大器不同, 放大器的输出全部是推挽连接。

PHILIPS 示波器电路专辑

目 录

序 言

1. PM—3200/3200X 型便携式示波器..... (1)
2. PM—3332型低漂移高灵敏度宽带放大器..... (8)
3. PM—3334型宽带放大器..... (11)
4. PM—3344型双踪垂直放大器..... (12)
5. PM—3400型取样示波器..... (15)
6. PM—3370型宽带示波器..... (26)
7. PM—3372型宽带高灵敏度垂直放大器..... (52)

PM 3200 型 10 MHz 便携式示波器

一、概 述

PM3200型便携式示波器是交直流两用的小型仪器。其Y放大器具有漂移补偿网络,内时基发生器可在很大范围内工作并可进行外触发,另PM3200

尚在一定频率范围内用作X-Y示波器。除了输入级和示波管外,本仪器全部采用晶体管。

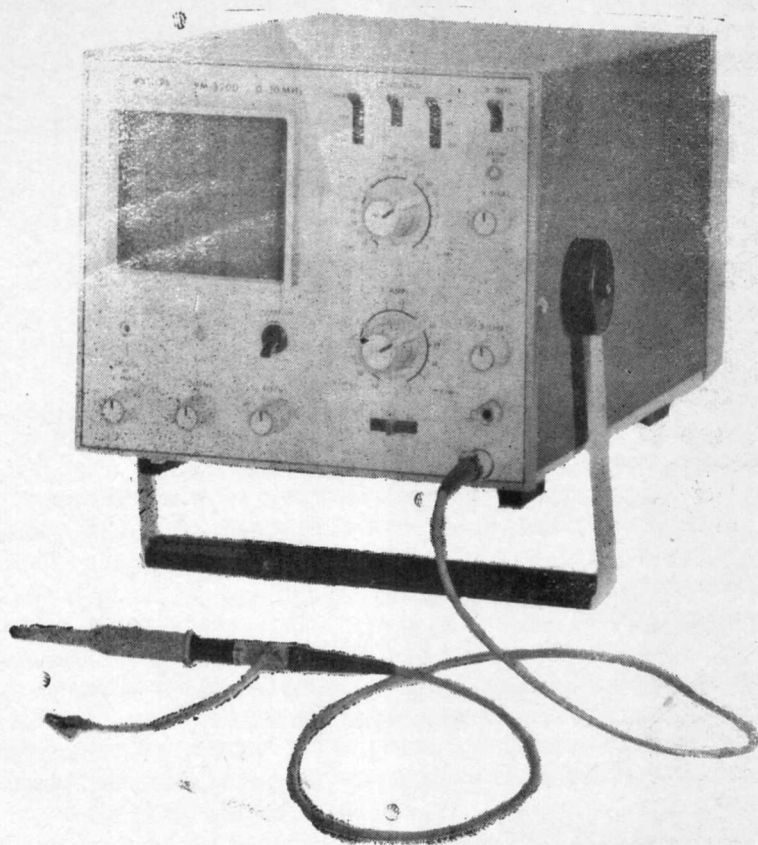


图 1 PM 3200/3200 X 外形图

二、技 术 性 能

垂直放大器		压峰值)	
带 宽	直流耦合 0-10MHz (-3dB) 交流耦合 2Hz-10MHz (-3dB)	最大偏转	对于频率大于 1MHz 的正弦信号,垂直偏转幅度为 24 格而无失真,在屏幕上可显示连续的 8 格。
上升时间	35ns	校准电压	方波电压 (约 1V 直流 + 0.25V, 未校准)。
偏转系数	2mV/div~50V/div, 分 14 挡 (按 1、2、5 顺序)	时基发生器	扫描时间和精度 0.5、0.2、0.1 S/div (±
精 度	± 5%		
输入阻抗	1MΩ/30pF		
最大输入电压	400V (直流电压 + 交流电		

7%)

50, 20, 10ms/div ($\pm 5\%$)

5, 2, 1ms/div ($\pm 5\%$)

0.5, 0.2, 0.1 ms/div
($\pm 5\%$)

50, 20, 10 μ s/div ($\pm 5\%$)

5, 2, 1 μ s/div ($\pm 5\%$)

0.5, 0.2, 0.1 μ s/div ($\pm 7\%$)

触 发

触发功能

时基发生器仅在信号时以触发方式工作；无信号时，时基发生器则自动自激。触发电平可从输入信号中引出。

触 发 源

分“内”（来自垂直放大器）、“外”（自外触发源接入）、“交流”（市电频率电压）三挡，可用开关选择。

触发方式 自动

触发灵敏度（在“平均”位置时）“内”10 Hz~

1MHz时为1格；

1MHz~10 MHz

时为2格；“外”

10Hz~1MHz 时

为1V_{p-p}

1MHz~10 MHz

时为2V_{p-p}

触发电平 可用开关选择

“平均”（用交流信号的平均值触发）

“峰—峰”（用峰值触发）

高频抑制（同样用平均值触发，但通过低通滤波器和检波器）。

外触发最大输入电压 400V（直流电压+交流电压峰值）

外触发输入阻抗 0.1M Ω /25pF

外触发电压控制 连续可调

水 平 放 大 器

带 宽 10Hz~100KHz (-3dB)

偏转系数 300mV/div~50V/div连续可调

输入阻抗 0.1M Ω /25pF连续可调

最大输入电压 400V（直流电压+交流电压峰值）

示 波 管

示波管 10Cm示波管，加速电压1.5kV

型 号 D10-16GH (P31)、中短余辉、绿色。备有GM (P₇) 型可供选购 (PM3200G)

最大偏转 垂直0~8格

水平0~10格

每格大小 7.5 $\times$ 7.5mm

电 源

电源电压 110~125V或200~250V（可用开关选择）

127V $\pm 10\%$ （需更改接线）

40-400Hz, 20VA

外接直流电源 22~30V, 0.6A

电池组 见附件

外形尺寸 175 $\times$ 219 $\times$ 330mm

重 量 5.3Kg

三、工作原理

电 源

整流器

变压器T401有两个初级绕组，通过仪器后面板的SK9，可以串、并联连接220V或110V电源。

有效值约25V的次级绕组电压通过整流器GR401对仪器供电；在使用电池箱PM9391时，还可用来对蓄电池组进行充电。

来自整流器、电池组或其他直流电源的直流电压，通过控制电路加到直流变换器上，直流变换器可提供不同的电源电压。

分压电路将次级绕组的部分交流电压传送到触发放大器，作为触发信号。

控 制 电 路

控制电路有一个串联调整管TS402，其负载接在集电极电路中，其基准电压（齐纳二极管GR403和硅二极管GR402两端）直接取自输出电压。为了减少串联调整管在短路时的功耗，应降低晶体管的基极电源。当晶体管TS401导通时，这一点可通过晶体管TS403及TS404实现。

当R406两端的压降超过一定值时，TS401开始导通，其输出电流约为900mA。

负温度系数电阻R407与R406并联，以补偿温度的影响。

当仪器接通电源时，为了起动电路，晶体管TS402和TS403就会处于完全导通状态。这是因为电容

C402的充电而使R412两端的压降上升所致。当仪器接通时,如果缓慢的增加控制电路以前的电源电压,则上述充电电流不足,控制电路不工作。当短路时,仪器保持截止状态约1分钟,使C402充分放电,然后控制电路再次工作。

直流变换器

直流变换器的作用与桥式整流器正好相反,在TS409、TS407集电极与TS408、TS406集电极之间的电压波形为正弦波。其频率大约16KHz取决于振荡器线圈L407的绕组电感及电容器C405的电容。

绕组3、4和5、6两端的电压使桥式电路的晶体管——即TS408和TS407或TS406和TS409同时进入导通状态。

晶体管工作于特性曲线的弯曲部分,由于L

401的存在,L407两端正弦电压仍然上升。这样就使得晶体管TS406~TS409的功耗很小;而且在振荡线圈L407两端不存在矩形波电压,变换器的效率非常高。这一点从变压器所引起的干扰电压的角度来看是有利的。

在次级绕组上得到的交流电压,经由变压器的不同抽头并经整流和滤波取出。 -1500V 电压由倍压器取得。

有一个单独的绕组对示波管灯丝供电。Y(方框图2)偏转因数的步进控制,可借助于输入衰减器及控制Y放大器的增益系数来实现。这样,就可以应用一个设计简单的输入衰减器来获得适当的瞬态响应。

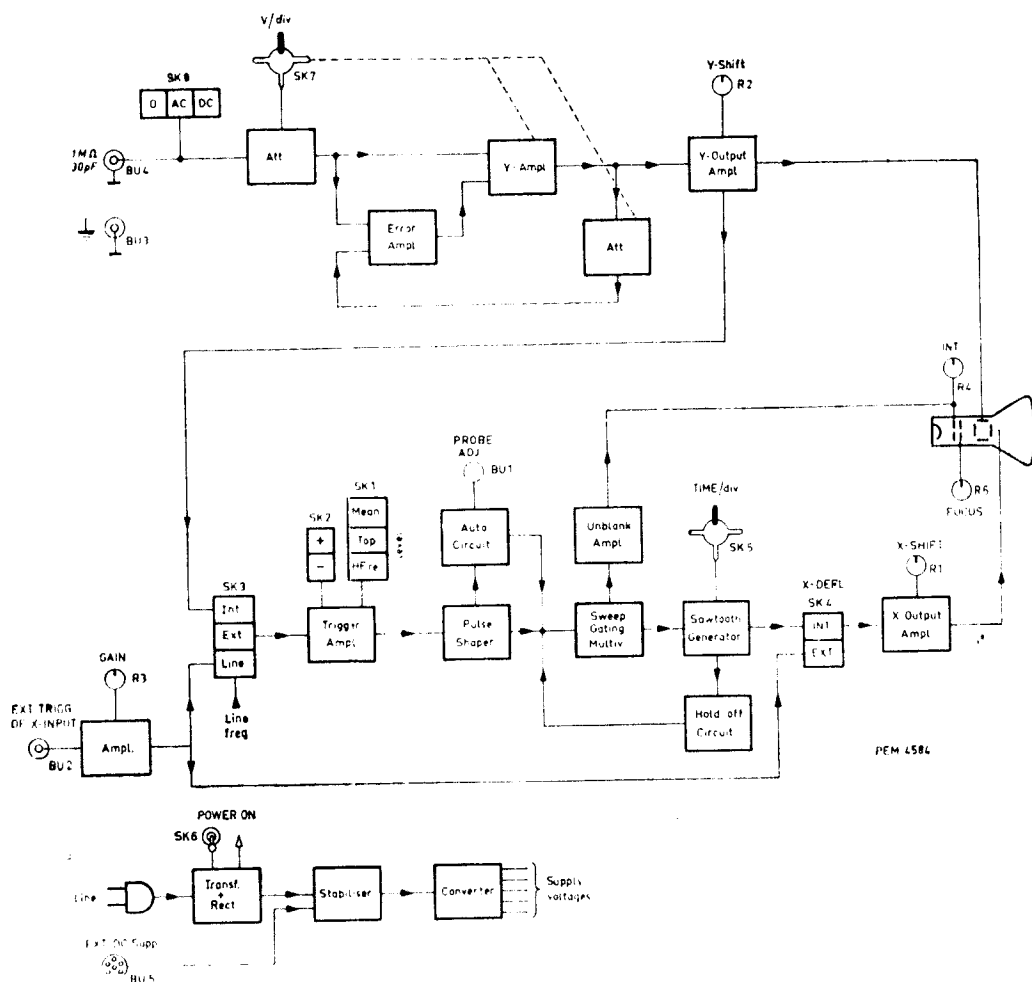


图 2 PM3200方框图

因为放大器的增益控制量在低阻电平处进行,所以不需要频率补偿。并且,Y放大器在低灵敏度位置时,其噪声分量最小。

如果整个衰减是在Y放大器之前进行,则在SK7

的所有位置上,放大器的噪声电平值均很大。

输入电路

加到BU4 ($1\text{M}\Omega/30\text{pF}$ 的被测信号,通过开关SK8直接(直流)或间接(经过一个隔离电容,交

流加到输入衰减器SK7上。

当从直流变到交流时，隔离电容放电。在“O”位置时信号断开，后面电路的输入端接地。输入信号通过开关SK8后到达输入衰减器，衰减器的衰减值如下表：

SK7位置	面板示数	衰减
1、2、3	50、20、10V/div	1000×
4、5、6	5、2、1V/div	100×
7、8、9	0.5、0.2、0.1V/div	10×
10、11、12、13、14	50、20、10、5、2mV/div	1×

Y放大器

输入级为阴极跟随器B26'，其输出信号通过射极跟随器TS26到下一级。二个二极管用于保护TS26基极电路以防止过载。下一级由串联反馈晶体管TS27和TS29组成，其输出电流加到并联反馈晶体

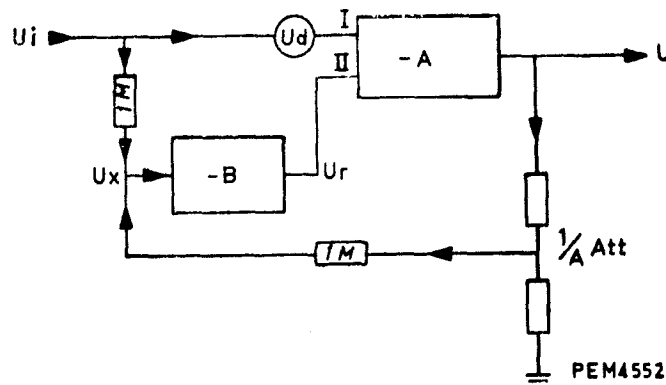


图3 漂移补偿电路方框图

假设Y放大器的增益为 $-A$ 倍，漂移补偿放大器的增益为 $-B$ 倍。输出电压 U ，则从A获得。图中所示 $1/A$ 分压器由R84—R92与可用开关转换的电阻R91、R41、R42、R43组成。

来自 $1/A$ 分压器的输出信号与输入信号 U 都接至由二个 $1M\Omega$ 电阻组成的加法电路里。

于是，漂移补偿放大器的输入电压变为： $U_x = 1/2 (U_i + U_o/A)$ 。此电压被放大后得到控制电压，其值： $U_r = 1/2B (U_i + U_o/A)$ 。

输入I为输入II的差分电压被放大 $-A$ 倍。结果 $U_o = -A (U_i + U_a) - U_r$ 。从而可得到如下关系式：

$$U_o = -A \left(U_i + \frac{U_a}{1 + \frac{1}{2}B} \right)$$

这样，漂移电压 U_a 的影响，可减少大约 $1/2B$ 。本仪器的B大约为50，所以漂移电压约减少25。

管TS31。

这一级的总增益主要取决于并联反馈电阻与串联反馈电阻之比。其比值可以任意选定。当SK7在“14”位置时，串联反馈电阻最小。此时，可对R3进行调节。在不同的位置时可提高TS31的总增益；

SK7位置	面板指示	增益
10	50mV/div	2×
11	20mV/div	5×
12	10mV/div	10×
13	5mV/div	20×
14	2mV/div	50×

与输入衰减器结合可获得如下的偏转因数；

增益系数	50×	20×	10×	5×	2×	1×
	2mV/div	5mV/div	10mV/div	20mV/div	50mV/div	0.1V/div
	0.2V/div	0.5V/div	1V/div	2V/div	5V/div	10V/div
输入衰减	100×	1000×	10000×	100000×	1000000×	10000000×

漂移补偿

上述Y放大器接收的信号有2：经B26'（输入I）进入的串联反馈级信号；经B26'（输入II）进入的漂移补偿电压。

总漂移电压与输入I有关，现假设其产生于电压源（见图3）。

通过R77可以调节直流平衡。R81用于调节栅流补偿。

输出放大器

Y放大器的输出信号加到TS41的基极，这是一个推挽输出放大器。改变串联反馈电阻R113的阻值，即可调节总增益。与频率有关的元件R110—C62，可在高频时校正增益系数。从电位器R2得到的Y位移电压，接至TS38。

最后一级由两个“单端推挽”电路，即TS34、36、37、39和TS42、43、44、46组成，并分别经R103、R108和R122、R123并联反馈。

经分压器R128、R129和射极跟随器TS47送出一个信号作为时基发生器的内触发信号。

X偏转

X偏转的实现，取决于开关SK4的位置，即取决于使用经输入插座BU2和前置放大器接入的信号，还是使用本机产生的锯齿电压。

在使用本机产生的锯齿电压时，锯齿波发生器可由下述信号触发：Y—信号（“内”）；经 BU2（“外”）接入的外加信号；或市电电压（“交流”）选择开关SK3处于不同位置即可获得不同信号。

开关SK2的位置（“+”或“-”）决定触发信号正、负极性。

电平电路可在下述电平上触发：触发信号的平均值（“平均”）或峰值（“峰—峰”）；或者低频调制高频信号的包络值（高频抑制）。电平可用开关SK1选择。

触发信号控制双稳态多谐振荡器即脉冲成形电路，它提供一个上升时间与幅度恒定的信号给扫描门多谐振荡器。扫描门多谐振荡器也接受来自自动电路与释抑电路的信号。当这些信号的幅度足够负时，扫描门多谐振荡器置位，这样扫描发生器就完成一个循环。锯齿波发生器输出电压随时间而线性上升，其速度则取决于SK5（“时间/格”）开关的位置。

当输出电压达到一定值时，扫描门多谐振荡器复位，于是，其电压恢复到静态电平。在这段时间里，扫描门多谐振荡器应由释抑电路锁定在它的静态位置上，经这个周期之后，多谐振荡器又被下一个触发脉冲置位，结果锯齿波发生器可再完成一个循环。

电路被触发后，如果在0.5秒之内，不再有触发脉冲进入，则自动电路将工作。此电路可改变多谐振荡器的输入电平，从而改变振荡器置位状态。结果在锯齿波一个周期结束时，多谐振荡器复位。只要自动电路保持上述电平，那么这个过程就反复下去。电路自激。当触发脉冲出现时，自动电路里产生方波电压可用作调整测量探头的信号源。触发将通过外触发输入（“外”）或市电频率（“交流”）进行，示波管仅在锯齿波正向扫描期间增辉。这一过程可由扫描门多谐振荡器直接控制，控制电压通过增辉放大器接至示波管控制栅极。

锯齿波发生器

线性上升电压一般可通过恒流源对电容充电的方法取得，本仪器中的电容由C231、C232、C234、C235、其中某一个与C236组成，电容可用开关SK5（“时间/格”）选择。恒流源为TS218。

电压上升速度取决于扫描时间。与所选电容的容量成反比，与通过TS218的电流成正比。这一电流取决于TS218基极电压，基极电压可通过微调电位器调节（见下表中方框）。上述电流还取决于TS218射极电阻—即R274~R283的大小，这些电阻可通过开关SK5选定。时基速度的选择见下表。

（电容C236/C237可连续转换）

电阻	电容	C229	C231	C232	C234/C235
(R280 + R282)		0.5S/div	5mS/div		
(R280 + R282) / (R283 + R274)		0.2S/div	2mS/div		
(R280 + R282) / (R283 + R276)		0.1S/div	1mS/div		
(R280 + R282) / (R283 + R277)		50mS/div	0.5 mS/div R266	50μS/div	5μS/div 0.5μS/div
(R280 + R282) / (R283 + R278)		20mS/div	0.2mS/div	20μS/div	2μS/div 0.2μS/div C237
(R280 + R282) / (R283 + R279)		10mS/div R271			
(R280 + R282) / (R283 + R279)			0.1mS/div	10μS/div	1μS/div
(R280 + R282) / R283					0.1μS/div

电容充电到一定值之后就通过晶体管TS213放电，TS213由扫描门多谐振荡器TS211、TS212驱动进入导通状态。

当扫描门多谐振荡器的TS211截止、TS212导通，TS213截止时，开始产生锯齿波。这种状态叫

做“1”位；在另一状态，即TS211导通、TS212截止、TS213导通时，叫做“0”位。

锯齿电压由级联电路射极跟随器TS219和TS21取出，并经294、R296加到释抑电路和X放大器上。

扫描门多谐振荡器的输入电平可由R295调节，并由下列信号控制：

a. 经微分电路C221、R249、GR206进入的，来自脉冲成形电路TS206、TS207的触发脉冲，

b. 释抑信号

C. 来自自动电路的交直流电平。

释抑信号使扫描门多谐振荡器处于“0”位。除非在释抑信号以后又出现自动信号使扫描门多谐振荡器变到“1”位，否则“0”位将一直保持到下一个触发脉冲进入时为止。

释抑电路

由于二极管GR208的作用，电容C239（可以并联电容C228或C232或者C233、C234、C235）不能随锯齿波电压而衰减。电容器的电压随阻容时间而减少，这一时间应充分大，以保证锯齿电压回到其零电平时衰减转换现象。

注：如果不使用锯齿波发生器，可将“X——偏转”开关SK4置于第二个位置（“外”）经R293接入正电压，以保持“0”位。

自动电路

晶体管TS214和TS216为单稳态多谐振荡器，它对经C222和R261微分后的TS206集电极信号负向边作出响应。这样，得到的方波电压又经射极跟随器TS217和电容C226整流。其输出电压通过R257

信号电平与滞后间隔位置间的关系取决于SK1的位置，

a、“平均值”

在此位置时，信号交流分量的平均电平位于滞后间隔的附近。如果相对于滞后间隔来说，信号的峰峰值是够大，则触发就在靠近这一信号的零通路处产生。开关SK1在这一位置时，TS203和TS204的工作状态类似于射极跟随器。

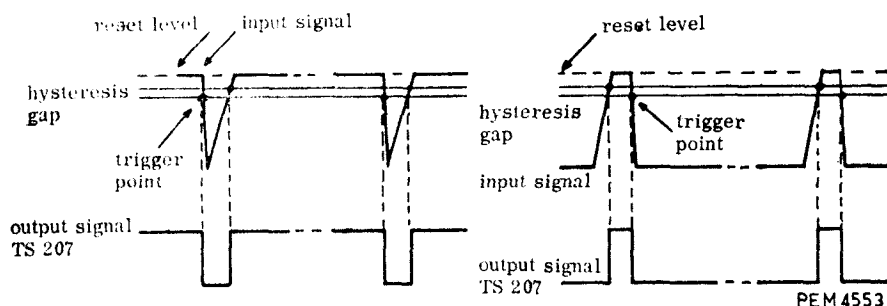


图5 脉冲形成电路触发时的工作情况（峰值）

加到扫描门多谐振荡器上。

如果没有触发脉冲，电容两端的电压开始减少，约0.5秒之后，锯齿波发生器开始自激。这也就是触发脉冲的间隔应大于0.5秒的原因。

TS214的集电极电压分量，可自BU1取出用于调节测量探头。

触发放大器和脉冲形成电路

扫描门多谐振荡器和自动电路是通过微分电路由史密特触发器TS206、TS207即脉冲成形电路来控制。图4所示为输入信号进入时，史密特触发器的变化情况（触发斜率开关SK2在“—”位置）。

由图中可以看出，当输入信号超过滞后间隔的两个临界时才能触发。

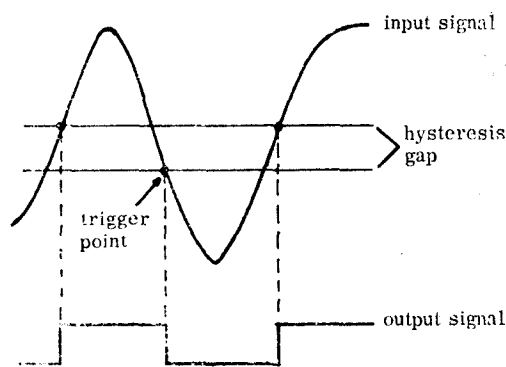


图4 脉冲形成电路触发时的工作情况（平均值）

b、“峰—峰”值

接入交流耦合信号的直流恢复位置，其触发作用如图5所示。图中左侧图为负向信号，右侧图为正向信号（触发斜率为负）。

当开关SK1在此位置，并且接入的信号相对于滞后间隔为足够大时，则触发将在触发信号的峰值附近发生（正或负）。直流恢复则是通过C208和作用相当于二极管的TS204实现的。

C、高频抑制

在这一位置时，触发信号在通过射极跟随器TS203和TS204加到脉冲形成电路之前，先通过由二极管GR200、电容C207和电阻R216组成的检波电路进行检波。用这种方法，可以抑制调幅信号的载波。检波时间常数的选定，应能保证本仪器可用于调PAL制彩色电视接收机

外触发或X输入放大器

X末级放大器

信号通过R296进入末级平衡放大器TS222的基极，总放大量可通过用电位器R307改变串联反

与频率有关的元件C241可以校正高频放大系数。来自电位器R1的X位移电压加到TS226的基极。最后一级由两个“单端推挽”放大器——即分别通过R298和R313并联反馈耦合的TS223, TS224和TS227、TS228组成。

示波管电路

电位器R4和R5分别用于亮度和聚焦控制。R332用于调节最大亮度电平，R329可将象散调至最小。

消隱电路

当时基正向扫描时,控制栅极接受一个正脉冲电压。此脉冲来自扫描门多谐振荡器,并通过由晶体管TS208和TS209组成的单端推挽放大器放大。当在R334和GR336接点上产生直流恢复后,此信号经C215到达控制栅极。

上接第30页

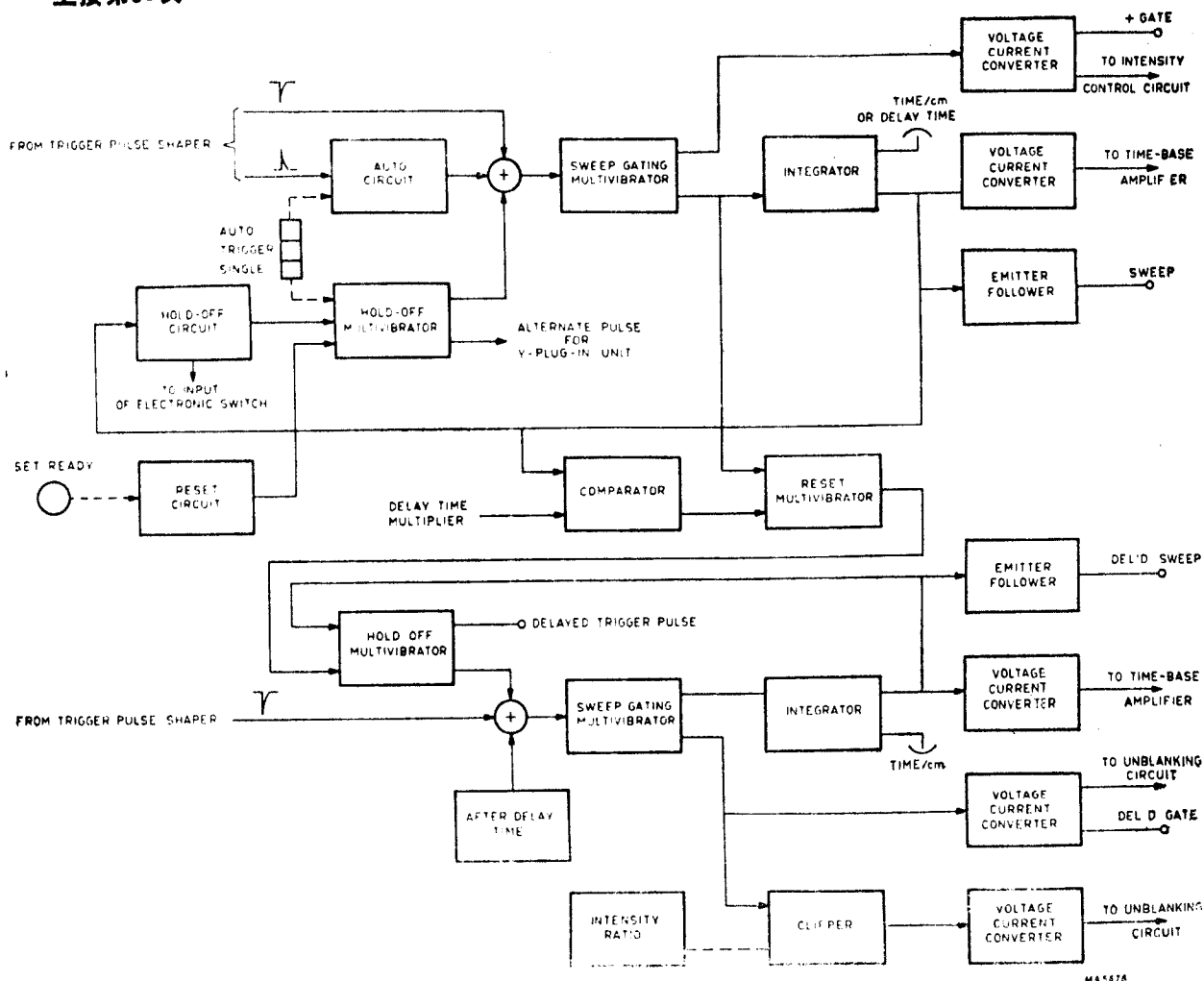


图 10 时基发生器方框图

PM 3332 低漂移高灵敏度宽带放大器

一、概 述

PM3332高频放大器是PM3330与PM3370示波器的垂直插件。

由于PM3332高灵敏度与宽频带，所以应用广泛。此外放大器采用斩波放大器漂移补偿方法，故消除直流漂移。

技术特性：

输入电路：

对称输入：“交流—直流”耦合，输入阻抗 $1M\Omega//15pF$ ，在交流位置最大允许的DC电压为400V。

放 大 器：

借助“检零”按钮可检验零电平，偏转系数：可调节下述12位校准值，0.5mv/cm, 1mv/cm, 2mv/cm, 5mv/cm, 10mv/cm, 20mv/cm, 50mv/cm, 100mv/cm, 200mv/cm, 500mv/cm, 1v/cm, 2v/cm, 误差3%，连续衰减12.5倍（无校准）。

频 宽：

DC50MHz (FULL) 或 0—100KHz

AC— 1.6Hz—50MHz或 1.6Hz—100KHz。

最大灵敏度位置噪声：

DC—50MHz 带宽，开路输入 4mm，短路输入 3mm。0—100 KHz 开路输入 1.5mm，短路输入 0.4mm。

最大带宽上升时间7nS，放大器上升时间<5%，上冲<2%。脉冲倾斜<3%；扩展为有效荧光屏高度的10倍，沿荧光屏中心对称扩展。显示最大值已扩展到有效荧光屏3倍，利用“位移”控制器可调至荧光屏范围之内。漂移：500 μV /Week。

主扫描触发所需要显示高度：频率 10MHz 3mm, 30MHz 10mm, 50MHz—20mm；在“电视行”与“电视帧”位置的显视信号2cm；“自动”位置1cm。

二、电 路 说 明

A. 输 入 电 路：

“AC—DC”开关调至“AC”，使AC信号叠加在可观察的400V最大直流电压。同时，继电器 RE 101激励，电容器C102接至图10所示的R1, R2与C102所组成的比较电路中。

因此，斩波放大器补偿输出端出现的任意直流分量（例如，C26漏电），因为转换开关 SK3在“AC”位置，电容器C26被输入直流电压充电。

当SK3调至DC，电容器C26放电，以防止其调至AC位置信号对被测电路可能会出现其他危险。

当步级衰减器调至最小四个偏转系数时（即：0.5mv/cm, 1mv/cm, 2mv/m, 5mv/cm），对输入信号无衰减作用。微调电容器C18, C21, C24与C29可使输入电容准确地调至15pF，其余偏转系数衰减器网络接至输入端与源跟随器TS101之间，微调电容器C33, C36, C39, C43, C47, C51, C54, C58可使输出电容准确的调至15pF，借助C32, C34, C38, C42, C46, C49, C53, C57可

获得最佳的方波特性。图1(序言部分)电路所表示的R1为 $1.1M\Omega$ 电阻为两只电阻组成(R102与R103相应110K Ω 与 $1M\Omega$)，其串联形成 $1M\Omega$ 输入阻抗。应说明：R102与R103所形成的串联阻抗与栅极电流补偿网络 $10M\Omega$ 的电阻R104相并联。此栅极补偿网络（也包括电阻R106—R107—R110—R115与电位器R108既供给正或负的电流取决于R108的调节，源跟随器TS101所需要的电流供给分频放大器的输入电流。

“检零”按钮开关SK2，当按压时切断输入信号，源跟随器接地，这就指出零电平，二极管GR104过载保护。

B. 高 频 放 大 器

输入信号的交流分量通过发射极跟随器TS102送至高频放大器，三级放大器每一级几乎是相同的，每一级组成发射极放大器与发射极跟随器。每一级的输出与输入相位相反。高频放大器供给 180° 相位输出信号，为了匹配直流放大器输出，衰减器开关SK4在2mv/cm, 1mv/cm与0.5mv/cm位

置, 高频放大器的差被增大, 相应的降低第Ⅲ、Ⅱ、Ⅰ级的反馈电流。当SK4在这些调节位置, 高频放大器的增益可与直流放大器相匹配, 选择适宜的电阻值如下表:

开关位置	粗调	细调
5 mv/cm	R138	R139
2 mv/cm	R173	R174
1 mv/cm	R158	R159
0.5mv/cm	R143	R144

高频放大器可以工作, 把“带宽”开关SKI调至0—100KHz位置, 仅仅将第二级电源切断。

C. 直流放大器

输入信号的DC与AC分量送至TS113的基极, 它与TS115、TS112与TS114组成差分放大器。

斩波放大器的精确的输出送至源跟随器TS112的基极, 所馈入的两信号差经发射极跟随器TS116

TS401的输出通过1.11MΩ与R300与R305组合送至斩波放大器, 微调增益控制器R2也是接至TS401的发射极。

两只放大器的输出阻抗都是非常小, 当与R216与C157相比较, 因此把高频放大器视为交选频率为100KHz的高通滤波器, 低频噪声成分与在高频放大器中所产生低频信号全被抑制掉。

然而, 把低频放大器视为交选滤波器, 相应作为交选频率为100KHz的低通滤波器。所以在低频放大器内所产生的高频噪声和其他高频信号均被抑制掉。

输入信号 V_i 馈至分带放大器(见图2), 在a点的输出信号 $\alpha_1 \times V_i$, 同时在b点的输出 $\alpha_2 \times V_i$ 此, α_1 为高频放大器的增益, α_2 为低频放大器的增益。频率在 $\alpha_1 \cong \alpha_2 \cong \alpha$ 的(α 为总增益), 在a点与b点的输出是相等的, 所以没有电流流过级间网路。在低频, C点输出等于 αV_i , 1α 小于 α_2 并且 $\alpha_2 = \alpha$, 在这种情况下, a点输出小于b点的输出,

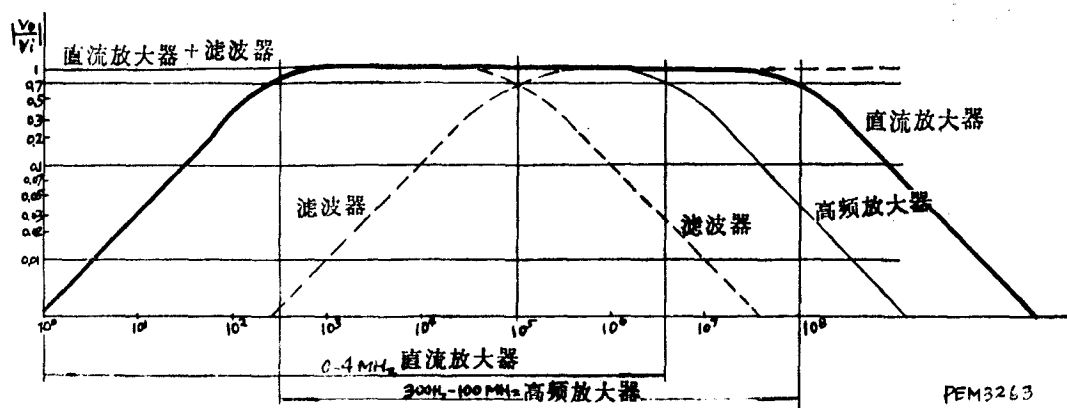


图1 带宽特性曲线

送至下两级, 每一级都是由发射极跟随器与放大器所组成。

末级, 齐纳二极管GR107提供低阻抗降低直流电平

选择四个最高灵敏度偏转系数, SK4开关降低TS117的发射极电阻, 因此增大了直流放大器增益— $\times 10$ — $\times 25$ — $\times 50$ — 5×100 , 可调节电位器R208求以得1/A衰减器的精确匹配。

D. 级间网路

高频放大器与直流放大器的输出在交选滤波器R216—C157混合, 合成输出送至发射极跟随器TS401。由精密电阻R406, R408, R409, R411与R412所组成的1/A衰减器接至TS401的发射极。

以使电流流过R216与C157, 其组合相当于a点输出的高通滤波器。

由于 $\alpha_1 V_i = \alpha V_i$, C点的输出等于a点输出。

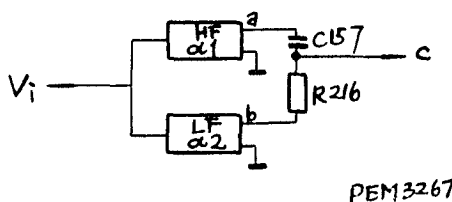


图2 交选滤波器的工作

E. 斩波放大器

斩波放大器由下述四级组成:

—斩波输入级

- 运算放大器
- 峰值检波器
- 斩波分压器

1. 斩波器输入级

输入信号 V_i 经BUA连接器送至斩波输入电路，在分带放大器输入信号的取样电压与漂移成分相加即： $V_i - V_d \left(\frac{1}{1 + 1/2B} \right)$ 。

R301与C302的积分作用把二个输入相加，合成信号 $(-V_d \frac{1}{1 + 1/2B})$ 送至串一并联斩波器TS301与TS302，经源跟器TS303把信号送到运算放大器，二极管GR301与GR302保护斩波器分带放大器的直流成分使斩波器激励。

2. 运算放大器

TS303源跟随器获得的方波信号送至运算放大器的倒相输入端3，同时不倒相端2供给一个决定放大因数的反馈信号，这个放大因数是 $R316/R312 = 1.2M\Omega/1.2K\Omega = 1000$ 比值。

运算放大器的输出相对地钳位，用齐纳二极管GR304限制最大幅度为6V。

3. 峰值检波器

MOS场效应晶体管TS304与TS306相当双向开关作用，以控制C321电容器充电。因此电容器C321的充电极性就取决于在这一级驱动信号相对于齐纳二极管GR304输出的方波脉冲的相位。TS306与C321的连接点接至由电位器与其附属电路获得的稳定电压（虽然是可调节）。TS304与C321的接点接至直流放大器的二个输入电压：

$$V_d \frac{1/2B}{1 + 1/2B} \approx V_d \quad (\text{由于 } B = 1000)$$

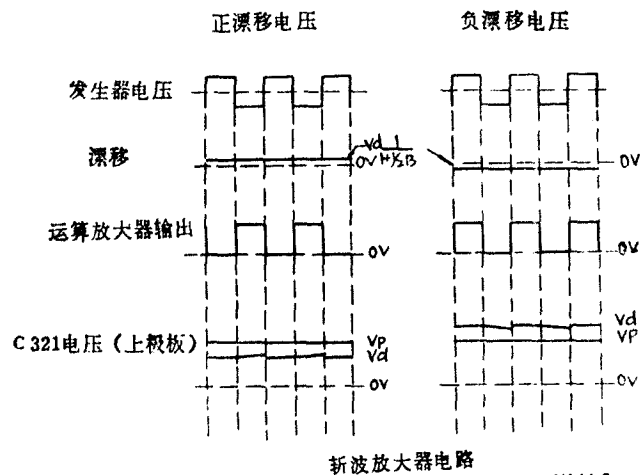
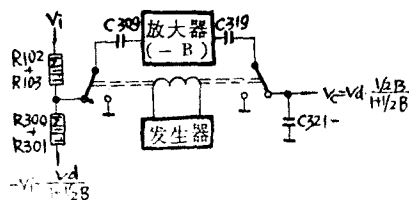


图3 斩波放大器电路波形

为了正常工作，斩波器输入的工作应与峰值检波器同步，相移元件R304与C308于供给了这种方法，用它可调节同步

4. 斩波驱动器

斩波器驱动级是不稳态多谐振荡器电路。其工作频率2KHz，二极管GR306与GR311一起接至集电极电路内。保证输出波形具有极其陡峭的前沿与后沿，齐纳二极管GR309稳定电源电压，而二极管GR308与GR313阻隔过大的基极—发射极电压。



PEM 3141

图4 解调器的工作

F. 未级放大器

未级放大器的输入级是由对称驱动的长尾对所组成。输入信号通过发射极TS402送至TS404的基极，位移控制通过TS403加到TS406的基极。

接至长尾对发射极一端的预调电位器R1作为调节偏转系数，借助C408—C416—R437调节最佳上升时间。输出级是由二对发射极跟随器组成，这就提供了快的上升与下降的方波信号，而与Y放大器、触发器的负载电容无关。

输入信号通过正向偏置二极管送至发射极对。二极管的标准电流用R449与R457电位来调节。假定TS404的集电极电压上升，流过GR407的电流减少，以致通过GR404的电流增大。

由于TS407的基极电流增大所以变得更加导通，其输出通常比较正，同时，由于通过GR404的电流增大而使其基极电流减少之故，晶体管TS405导通下降。因TS408导通下降，它对发射极输出器TS407呈现出高阻抗，同时，在未级放大器的输出端寄生电容被低欧姆电流源充电。随着TS404集电极电压上升，TS406的集电极电压就下降，通过GR406的电流将减少，以使晶体管TS409导通，输出电容通过其低欧姆通路迅速放电。

未级放大器的输出直接送至示波器主机的Y放大器，经1BU—Y与17BU—Y接线座。触发放大器经R471与R472接受同样的输出，这二只电阻同时接至16BU—Y与32BU—Y。

PM 3334型寬帶垂直放大器

一、概 述

PM—3334系PM—3370与PM3330型示波器的垂直之寬帶插入式放大器。下述技术性能适用于已插至这两种示波器的垂直通道PM3334。

二、技术性能

A 放大器

1. DC放大器

2. 对称输入, 在“AC”位置输入电路经阻隔电容器。

a. BNC输入插座

b. 输入阻抗为 $1\text{M}\Omega/15\text{pF}$

c. 最大容许输入电压 (“AC”位置) 为 600V_{DC}

d. 输入RC时间常数 (“AC”位置) 为 0.1S

e. 偏转系数可调节10倍校准值, 在 $10-20-50\text{mV/cm}$ —— 10V/cm , 误差 $\pm 30/0$, 连续控制
1. >2.5 (未校准)

f. 频率响应DC— 60MHz (-3dB), 在“AC”位置: $1.6\text{Hz}-60\text{MHz}$

g. 插件上升时间 $<3\text{ns}$

3. 放大器输入电路接地检查零位。

4. 上冲 $<20/0$

5. 动态范围是在频率超过 20MHz , 对称于萤光屏中心有效萤光屏高度的3倍 (18div), 借助“POSITION”控制器, 可观察到最大的扩展显示上端。

6. 触发灵敏度

a. PM3370与PM3330 频率超过 10MHz 为 3cm , 频率超过 30MHz 为 1cm , 频率超过 60MHz 为 2cm

b. 仅PM3330频率在 10Hz —— 1MHz 范围于“AUT”位置为 1cm , 在“TV”位置为 2cm

B. 探头电源

对于小型探头PM9352或FET—探头PM 9353或等附件的电源规定为3芯连接器。

外形尺寸: $15 \times 29.5 \times 17.5\text{cm}$

重 量: 1.4kg

三、电路说明

PM3334的输入电路 ($1\text{M}\Omega/15\text{pF}$) 经“AC—DC”耦合方式开关接至“V/Cm”步级衰减器(电路图1)。

步级衰减器经源跟随器与发射极跟随器被接至放大器。此放大器包括连续衰减器“V/Cm”, “POSITION”控制器与“GAIN ADJ”半可凋控制器。

放大器的输出电压经Y1插座供给主机垂直放大器以及触发放大器。

“PROBE POWER”插座经滤波网路接至Y1插座 (电压 $+24\text{V}$ 与 -24V)。

1. 输入电路

自BU1端视输入阻抗 (见电路图1) 由步级衰减器提供。利用微调电容器C29 (C28) — C33 — C36 — C39 — C43 — C47 — C51 — C54 — C58 — C62 可调节输入电容, 为获得最佳显示, 利用微调电容C32可调节每组衰减网路的阶跃响应。

2. 前置放大器

放大器的源跟随器提供高输入阻抗。阻尼电阻R103防止振荡, 限流电阻R102防止过大的输入电压。

二极管GR101—GR102限止超过TS102的栅极电压, 因此保护了场效应晶体管。

电阻R102被电容器旁路, 保证良好的阶跃特性, 放大器的输入电路被按钮Sk1接 (“CHECK ZERO”)。

为了降低放大器的漂移, 输入源跟随器其栅极DC电压决定放大器的平衡, 利用R132 (粗调) 与R1 (细调)。可调节此电压。

下一级包括发射极跟随器TS102与TS106, 其目地在于使第一级 (TS101—TS104) 与第三级之间得到正确的配接。

当正确地调节平衡, 放大器输入端无信号时, R3 (ATTENUATOR CONTINUOUS) 两端无电压。

前两级的电源电压 (TS101, 102, 104与106) 被齐纳二极管GR103稳定在预定的 9V 电压。

第三级前置放大器由电流—电压反馈放大器电