

編 号: (66)058

內 部

出国参观考察报告

英国模拟计算机和数字计算机
及传感器的一些情况

中国科学技术情报研究所

一九六六年十二月



对于外国文化，排外主义的方针是錯誤的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借鏡；盲目搬用的方针也是錯誤的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

毛泽东

说 明

毛主席教导我们：“我们是主张自力更生的。我们希望有外援，但是我们不能依赖它，我们依靠自己的努力，依靠全体军民的创造力。”

“……一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。” 出国参观考察报告，是介绍我出国参观考察人员在国外了解到的科学技术方面的一些情况。本报告是作为内部资料提供有关单位参考的，我们应当遵循毛主席的指示，批判地吸收。

我们一定要高举毛泽东思想伟大红旗，坚持无产阶级政治挂帅，坚持奋发图强自力更生的建设方针，打破洋框框，走我们自己的道路，多快好省地把我国建设成为一个强大的社会主义国家。

中国科学技术情报研究所

目 录

一、模拟计算机.....	(1)
(一) 247系列模拟机	(1)
(二) 全晶体管化模拟—数字混合计算机.....	(11)
二、数字计算机.....	(14)
三、传感器.....	(15)
四、数据处理.....	(24)
五、工业控制仪表.....	(26)

英国模拟计算机、数字计算机 和传感器的一些情况

赴英模拟机实习小组

一九六五年十一月

一、模 拟 计 算 机

Solartron是英国生产通用模拟计算机的主要厂家，至今已有好几种系列的模拟机定型生产，近五年来系列机的研制生产过程大致如下：

60年试制成第一台配置有数字式电压表、采用活动排题板的样机，这台样机至今还存放在该厂的系统实验室。接着就试制SC系列的模拟机和SCD系列的模拟机，每个系列机的试制周期约为一年半。以后又试制247系列模拟机，最近正在试制全晶体管的数字模拟混合式的重复运算计算机，这两个系列机的试制周期均为一年左右。每一个新的系列机中都有相当一部份技术是沿用上一个系列机的技术，例如，目前正在试制的全晶体管计算机中的控制系统和输出显示及记录设备大部份都是沿用247系列机的成果，因为这些部份在247系列机中也都已晶体管化了。

目前正在生产的定型产品以247系列机为主，这是一台电子管式模拟机，但其中控制线路、输出显示及记录设备和非线性部件则已采用了大量的晶体管线路。其规模是中型的，例如，247/36型系十六阶的机器，放大器有42个，相当于国内已进口的SCD-42型模拟机，又如247/72型系三十二阶的机器，是定型产品中规模最大的模拟机。此外，该厂还生产两种小型机，它们是TUTOR型四阶模拟机及1451型十阶模拟机，主要供教学训练用，其中放大器、非线性运算插件均采用247系列机的标准插件。

目前正在研制的全晶体管模拟机正在它的发展部门和系统实验室研制中，这是一台数字模拟混合的重复运算计算机，采用了较新的技术，第一台样机是为AIE公司定做的，预计六五年底可完成，虽然机器大部份已按装好，但某些部份还未试验完成，例如，时分式乘法器还在发展部门做试验，尚未达到设计指标，预定要配置的磁芯存储器也尚未安装。

下面分别介绍247系列模拟机及全晶体管模拟机。

(一) 247 系 列 模 拟 机

以247/72为例。

1. 机器组成

90个运算放大器：其中32个可作积分求和运算，34个可作求和或反号运算，其余供非线性部件用。

4 个时分式脉冲乘法器。

6 个按四分之一平方差原理构成的乘法器。

6 个二极管函数发生器。

2 个伺服乘法器。

96 个系数电位计。

显示记录设备：采样器、数字式电压表、打印机和余辉示波器。

控制单元、时间单元及活动排题板。

稳压电源及标准电源。

2. 主要性能指标

最高阶数：32 阶。

放大器：直流增益 10^7 ，漂移 20 微伏/天，积分漂移 100 微伏/秒，频宽 5 千周/秒，噪音 1 毫伏。

脉冲乘法器：最大静态误差 ± 0.2 伏，动态误差 100 周/秒时 $\pm 2\%$ ，相移为 10° 。

伺服乘法器：最大静态误差 $\pm 0.5\%$ ，10 周/秒时相移为 1° 。

平方乘法器：最大静态误差 0.25 伏，100 周/秒时相移为 0.1° 。

数字式电压表：误差 0.02%，五位数显示，读出时间 360 毫秒。

标准电源：稳定度 $\pm 0.02\%$ ，短时漂移 10 毫伏，温度漂移 10 微伏/度。

3. 机器特点

A. 系统设计。

(1) 控制系统及输出设备：包括控制单元、时间单元和输出显示及记录设备三部份，下面分别叙述之。

a) 控制单元：

机器具有五种基本的工作状态：系数设置 (PS)、静态检验 (PC)、动态检验 (DPC)、计算 (C) 和保持 (H)，控制面板上的琴键开关可用来设置这些工作状态。为了提高重复运算的速度以及控制系统的工作寿命和可靠性，因而在控制线路中采用了大量的无触点晶体管元件，但转接积分器和求和器工作状态的元件仍采用有触点的继电器。积分求和器的原理图如图 1 所示，图中 RLA、RLB 系一般小型快速继电器，RLG 则采用干簧继电器，以减少由于继电器动作时间不同步而引起的解题误差，从而使机器的最高重复运算速度达到每秒 9 次。实现积分求和器工

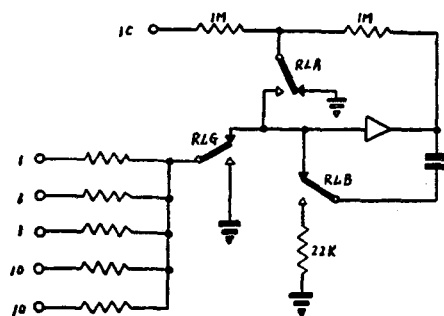


图 1

作状态转接的控制线路如图 2 所示，图中 I_1 和 S 系 RLG 的激磁电流， I_2 系 RLA 的激磁电流， I_3 系 RLB 的激磁电流。根据琴键开关的设置状态，通过少量的转接回路，将控制讯号分别传至图 2 中的 13、14、15、16 和 17 等端点，根据这些输入控制讯号可控制图 2 中输出功率管的工作状态，从而分别获得 I_1 、 I_2 、 I_3 和 S 等激磁电流，各种工作状态和激磁电流的对应情况

如图 3 所示。 I_1 和S两个电流都是控制RLG的激磁电流，在作积分器时用 I_1 控制，在作求和器时用S控制，分别控制的原因在于作为积分器时。在PS、PC两种工作状态是同样的，都应处于设置初始条件电压状态，而对于求和器而言，这两种工作状态应该有所不同，在PS状态需将求和输入的公共端从放大器的相加点中切除并接地，以便精确地设置系数电位计，在PC状态则需将求和输入的公共端接至放大器的相加点。

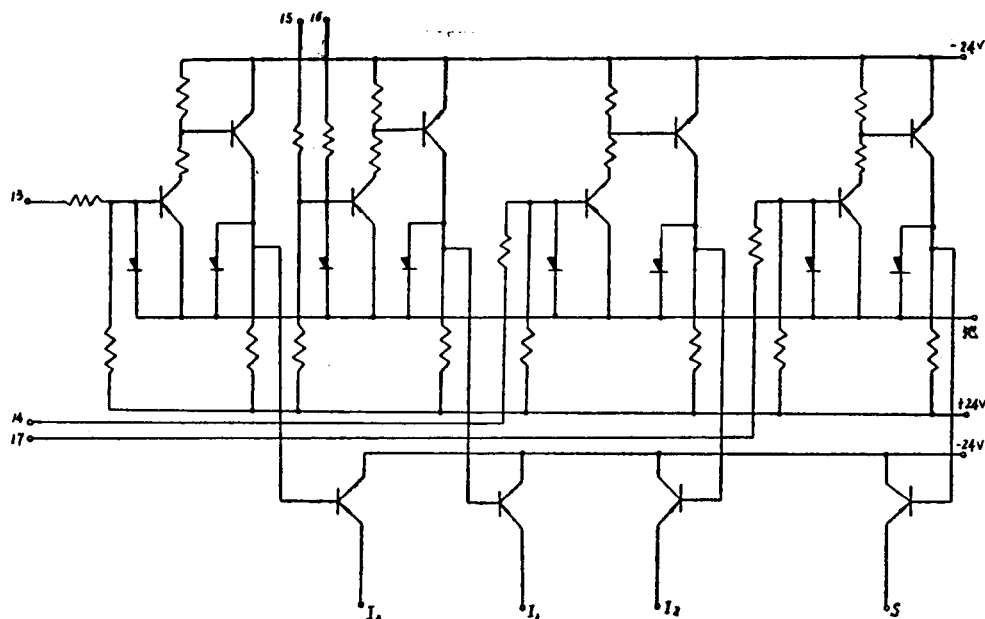


图 2

机器还具有分组运算的能力，根据需要可将一部份积分器从总的控制系统中切除，即不由图 2 中的 I_1 、 I_2 、 I_3 和S控制，而它们的控制讯息可单独由排题板上给出。这对于扩大机器的职能起了重要的作用，有可能使机器求解边界值、重积分、动态存储、步进地改变系数或初始条件电压等重复迭代运算问题。

	I_1	I_2	I_3	S
PS	√	√	√	√
PC	√	√	√	√
C				
H	√			

图 3

b) 时间单元:

时间单元的作用是根据预先的设置时间自动转接各种工作状态，它是由两套十进位的数字时间A及B组成，主频率由电网50周供给，采用计数管实现分频。时间A可调范围在10毫秒到1000秒，时间B可调范围在10毫秒到100秒，利用两套四位的

波段开关可任意设置所需给定值。在时间单元的面板上还有一个选择操作程序的波段开关，根据需要可以选择以下六种操作程序，而操作程序中 T_A 、 T_B 的时间是事先可设置的。

- ①EXT: 手动操作，计算时间可在排题板上设置。
- ②SS: 一次运算，计算到 T_A 时间后机器自动保持。
- ③SSM: 和②相似，仅多一个保持后打印记录的操作。
- ④RSM: 按计算时间A后保持、打印记录、再计算、再保持、再打印记录……的程序重复进行。
- ⑤REP: 实现重复运算，即计算时间A后复位，经时间B后再计算，如此重复运算。
- ⑥ITR: 和⑤相似，仅在计算结束时多加一道保持、打印记录的程序。

c) 输出设备:

机器的输出显示及记录设备包括100点的采样器、数字式电压表、打印机、示波器及相应的设置和控制部份。它的特点是广泛地采用了数字化技术及晶体管线路。在控制单元的面板上备有地址选择开关、地址显示窗口及数字式电压表显示窗口,可根据需要任意地选择及显示相应部件的输出电压。为了记录解题结果或检查系数的设置值,可将被测点接至100点采样器,讯号经采样后输入数字式电压表转换成数码,然后由打印机打印记录,100点的采样程序也可根据需要进行变换。

综上所述,机器的控制系统及输出设备具有以下几个特点:

- ①机器具有较完善地设置、检查和运算操作的控制职能。
- ②机器具有分组运算及重复运算能力,从而扩大了机器的解题职能。
- ③控制系统中采用了大量的晶体管线路,从而提高了机器的快速性及可靠性。
- ④具有较完善地时间、电压显示记录设备,广泛地采用了数字化技术及晶体管线路。

(2) 答题板的布置:

机器配置了活动答题板,247/72型答题板有1632个孔,答题板上各种彩色并标以符号以便明显地区别各个孔的用途,按照相同的运算部件或相同的职能组成很多小的答题单元,用黑框线区分之,这种单元共分成以下十种型式:

H	A	IC	A	H	+
1	1	1	10	10	+
1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	0	0

- ①求和积分放大器组:共有24个孔,如图4所示。

H、A系两个常系数电位计输入输出端。IC系设置初始条件电压端。

图 4

标有1,1,1,10,10的五个孔系不同传递系数的输入端。

标有0的六个孔系放大器输出端。标有+(-)的两个孔系标准电压+100伏(-100伏)。

在无源网络的插件中配置了一些可替换的小印刷电路板,印刷板有十二个引出端和无源网络插件相接。这十二个引出端排列如下:

SJ1——相加点1,即五个输入电阻的公共端。

SJ2——相加点2,即放大器真正的公共端。

SG——讯号地。

FW1 }
FW2 }
FW3 }——空端,通常是短接在一起。
FW4 }
FW5 }

FW6 }
DPC }——通常是短接在一起。

OP——放大器输出端。

OP1——反馈元件的末端输出。 } 通常是短接在一起。

图4中标有1……5的五个孔即对应于FW1……FW5五个引出端,为了增加输入端的无源网络,可以置换小印刷电路板,在印刷板上的FW1……FW5至SJ1间分别跨接所需增加的无源网络,而答题板上1……5的五个孔即新增加的五个输入端。FW6通常和DPC短接,FW6即对应于答题板上的6,加入外接电压可以实现动态检查,其原理线路如图5所示。如去除

FW6和DPC之间的短接线, 则FW6和上述FW1至FW5五个孔相似, 可作为附加的输入孔, 但此时不能作动态检查用。

②求和放大器组: 共有24个孔, 如图6所示。

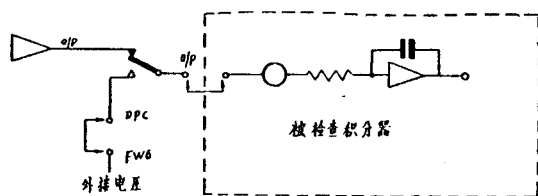


图 5

H	A	G	L	A	H
1	1	1	10	10	-
1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	01	02

图 6

其排列情况和求和积分器相似, 其不同之处在于:

没有设置初始条件电压端及动态检查端;

标有H、A、L的三个孔系不接地常系数电位计的三个引出端, 需要时可在排题板上将一端和标有G的地端相连。

01端经过可置换小印刷板上的短接线和放大器输出相连, 02端接到反馈元件的末端输出, 通常必须将01及02端在排题板上短接。和求和积分放大器组相似也配置有可替换的小印刷板, 有十二个引出端和无源网络插件相接, 这十二个引出端排列如下:

SJ1——相加点1, 即五个输入电阻的公共端。

SG——讯号地。

FW1
FW2
FW3
FW4
FW5
FW6

——空端, 通常是短接在一起。

OP1——反馈元件的末端输出。
OP——放大器输出端。 } 通常是短接在一起。

-100伏。

+100伏。

同样, 置换小印刷电路板可以得到不同的输入或反馈网络。下面以一个实现限幅电路的实例说明之, 其原理线路如图7所示。两个限幅二极管跨接在小印刷板上的SJ1点和FW1、FW2之间, 利用面板上两个三端电位计的中点分别接至面板上的1,2 (对应于FW1及FW2) 两点, 电位计另两端分别接至基准电源及放大器输出端, 这样就构成了所需的限幅电路。

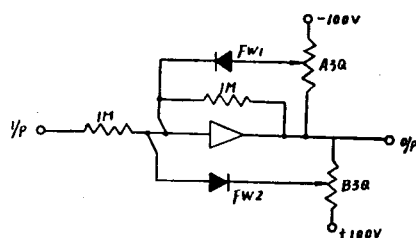


图 7

③伺服乘法器组。

④转换开关组: 排题板的右侧配置有五对双刀三位置转换开关, 可同时将两个讯号转换至三种位置, 在排题板上则引出讯号输入孔及转接三位置的孔。

⑤非线性元件组。

⑥检测组：共有十个孔，可将被检测讯号接至这十个孔，而这十个孔直接和外部显示记录设备相连。

⑦转接组：共有100个孔，通过转接插头可和其它计算机或外部设备相连。

⑧自由元件组：共有18个孔，用来接入一些单独的元件，如电阻、电容、二极管和继电器等。

⑨控制组：共10个孔，和控制单元、时间单元相连，在上面可编排预定的控制程序。

⑩连接组：当插上排题板后，必须短接这两个连接孔才能使全机接通高压电。

(3) 接地系统的处理：

接地系统的处理对于模拟机的系统稳定性及输出噪声水平具有很重要的影响。247系列模拟计算机的地线共分为四类，即电源地、讯号地、电位计地及高频脉冲讯号地。流经电源地汇流母线上的电流主要是功率电流；调制振子的接地触点、放大器下通道输入网络的接地点及输入极的阴极电容都接于讯号地汇流母线上；常系数用电位计及函数是用电位计的接地点都接于电位计地汇流母线上；流过脉冲调制乘法器高频脉冲电流的地线单独由一根汇流母线引出。这四根汇流母线最后与机壳接于一点并通过一个47欧姆的电阻与电网地相联，电阻的串入是为了限制多机组并联运行时的回路电流。电源地、电位计地、高频脉冲讯号地所用的汇流铜母线的直径约5〔毫米〕，讯号地所用的汇流母线为 3×12 〔毫米〕²的扁铜，机架与机架间的接头处采用搭接，接头皆焊锡。机壳与机壳间用导体可靠联结。

B. 主要运算部件

(1) 运算放大器：

AA1054-2直流运算放大器的主要指标如下：输出电压幅值 ± 100 伏；直流增益 $>10^7$ ；飘移20—50微伏/每天；等效栅流 $<10^{-10}$ 安；噪音 <100 微伏；频宽 <5 千周/秒；输出电流10毫安。

放大器由两个通道组成——采用电容偶合的高频通道及采用机械振子或光敏电阻为调制器的低频通道。两个通道的输出在中间级的栅极通过无源网路相加。见图8。

零频增益在低频通道近约为60分贝，与之并联的高频通道平坦部份的增益近约为26分贝，中间及输出级的低频增益近似80分贝。中间级及输出级的频率特性被内反馈网路（ $R_{17} R_{18} R_{19} R_{v1} C_8 C_9 C_{19}$ ）所决定。线路提供了较高的增益和稳定储备。

在输出级的输入分压回路串入了晶体管 V_{T1} ，所构成的线路使 V_{T1} 具有低的直流压降及高的动态阻抗，它保证了级间的偶合电位并提供了高的回路增益。

放大器输出为串联经济输出，为了提高在负输出情况下的线性变化范围，在阴极电阻 R_{33} 上并联了齐纳二极管MR1及电阻 R_{21} 的串联支路当负载电流增加使 R_{33} 上的电压降落大于18伏时，MR1导通，允许电流流过 R_{21} ，以使 V_{3a} 管的工作状态不会由于板压的进一步降低而进入非线性区域。

在采用机械振子为调制器时，为了减小50赫的激励讯号对放大器的干扰，利用了机械振子的机械自振来获得100赫的倍频。

在线路的输入都引入了保护线路，使之在开关合闸的过程中，元件不至因过压损坏，提高了线路的可靠性，并加速了过荷恢复时间。

结构上采用了印刷电路，相加点采用磁管架空与印刷电路板绝缘，引线采用屏蔽线，并与高压引线在同一多脚插头上引出。低频通道的输入网路及调制器的触点引线置于屏蔽盒

内, 机械振子的激励线由振子的顶端引入。

(2) 电子乘法器:

247系列模拟机中采用两种型式的电子乘法器, 时分乘法器Tx 1321及四分之一平方乘法器TR1361。

时分乘法器的主要指标如下:

静态精度 (最大误差电压 $\pm 0.1 - \pm 0.2$ 伏)

动态精度 相移 1° 在频率为10赫

10° 在频率为100赫

高频噪声 250毫伏 峰值

时分乘法器的工作原理与一般相同, 乘法器分为调宽及调幅两个部份, 调宽部份将一个

输入模拟电压量线性的转换为脉冲时间。调幅部分则在同一个脉冲时间的控制下将脉冲的幅度线性的跟随另一个模拟电压量变化。最后输出脉冲的平均值即正比于两个输入电压量的乘积。

调宽晶体管开关的控制脉冲来自于双三极管比较器输出电平的转换, 见

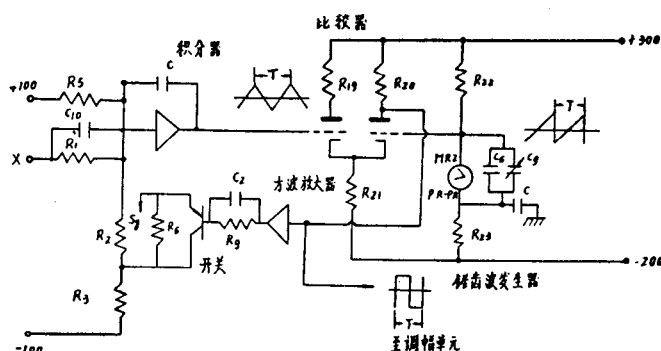


图9 a) 调宽单元

图9。而比较器输出控制脉冲的转换时间取决于积分器输出积分电压与一个给定的锯齿波电压的比较结果。其前沿时间决定于锯齿波电压的跌落时间, 而后沿时间则取决于积分电压与锯齿波扫描电压的差值达到比较器的转换电平时。当输入电压变化时积分器输入端直流分量的平衡关系被破坏, 积分电压的速率随之变化, 则脉冲宽度相应变化, 直达到建立新的平衡为止。

在这种线路中, 脉冲周期取决于锯齿波的周期, 不随输入讯号的变化而变化, 近似为常数。这就使乘法器输出滤波器的特性设计较为简易, 并使乘法器的动态性能得以改善。

除运算放大器外, 在脉冲电路中采用了晶体管线路, 使之具有较高的截止频率, 快速性能较好。电子开关采用硅晶体三极管, 反向电流及温度影响较小。为了使晶体管不至因过压而损坏, 线路中采用了大量的限幅二极管, 作为保护线路。

四分之一平方乘法器的主要指标如下:

静态精度 (最大误差电压 $< 0.1 - 0.25$ 伏)

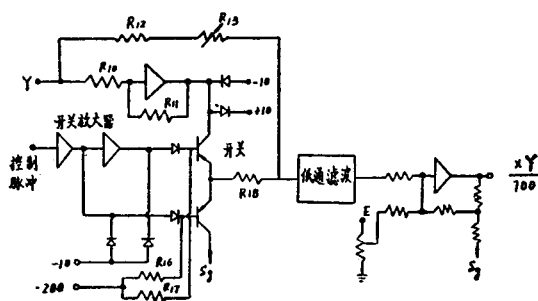


图9 b) 调幅单元

动态误差 相移 <0.1 度于100赫时
 <10 度于1千赫

输入阻抗 50千欧姆

四分之一平方乘法器的工作原理主要是实现对关系式 $[(A+B)^2 - (A-B)^2] = 4AB$ 的运算。在TR1361中,单元特性仍然是利用二极管的开关特性,采用分段线性检值的方法所获得的。乘法器的运算结图见10a)二极管基本单元线路图见10b)。

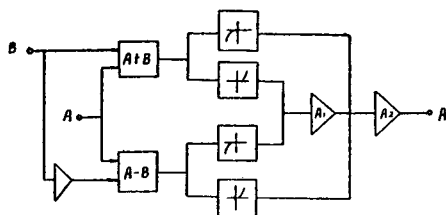


图10 a) 四分之一平方和乘法器结构图

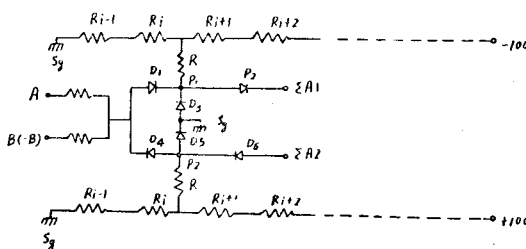


图10 b) 二极管基本单元

与类似的乘法器线路比较,它采用了较多的运算放大器及二极管元件,但具有较好的品质。线路主要的特点是:

- ①线路具有固定的输入阻抗,当输入讯号经电位计引入时不会引入误差。
- ②由于在 P_1 及 P_2 点的最大电位不超过0.5伏,因此在截止的情况下,由于二极管反向电流引起的输出误差电压是比较小的。
- ③存储于二极管 D_2D_6 上的电荷主要取决于 P_1P_2 点的电位,由于最大电位仅为0.5伏,因而存储电荷很少,这就保证了较好的频率响应。

④二极管基本单元采用了混合对称线路,在不同符号的电流输入时,线路是完全对称的,这就消除了由于线路不对称引入的误差。

在TR1361中,利用面板上的转换开关可以得到6种不同的函数关系, $+AB$; $-AB$; A^2+B^2 ; $-A^2+B^2$; $\sqrt{A}$; $\sqrt{A-}$ 这在使用上是极为方便和有用的。

(3) 通用函数器:

二极管通用函数器TR12212/TR1228的基本线路如图11所示。

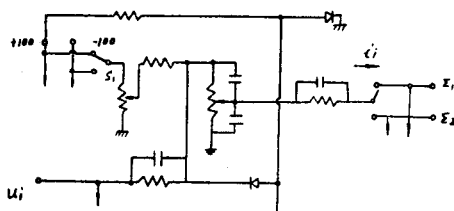


图 11

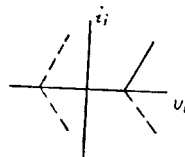


图 12

这种线路所复制的基本特性如图12中实线所示,改变开关 S_1 及 S_2 的位置,可以很方便的获得其它三个象限的特性。利用在相加放大器的输入加入一个可变的偏值电压,可以使所复制的特性平移到需要的位置。

全部二极管元件都采用硅管OA202由于采用小型化元件,一个十段的通用函数器的非线性部份仅占用 $177.8 \times 71 \times 292$ (毫米)³的容积。电路部份用软线与小架插头联结,可以方便的

移至架外进行调整。

C. 结构上的几个问题

(1) 结构的标准化及组件化:

Solution厂所生产的模拟机自62年开始实行机架的标准化及组件化。除了给予各类机架一系列的标准尺寸外,整个结构采用组件的形式。如大架的顶盖、底座、梁柱等都做成标准的组件。通风装置,温度调节装置,配线窗装置,控制单元等都做成中架的形式。小架则插入中套架再插入大架。因此插入大架的插件仅中插架一种类型。中插架在大架上导轨的位置可以改变,因而可以根据需要较方便地配置各种高度的中架及它的位置。这种标准化及组件化的结构,在根据用户的不同要求组合计算机以及对计算机电路有所更新时,大大简化了设计工作及加工工艺。

(2) 配线窗装置及无源网路插件。

用于247系列模拟机上的活动配线窗是Aircoft的定型产品,其结构有一定的特点:

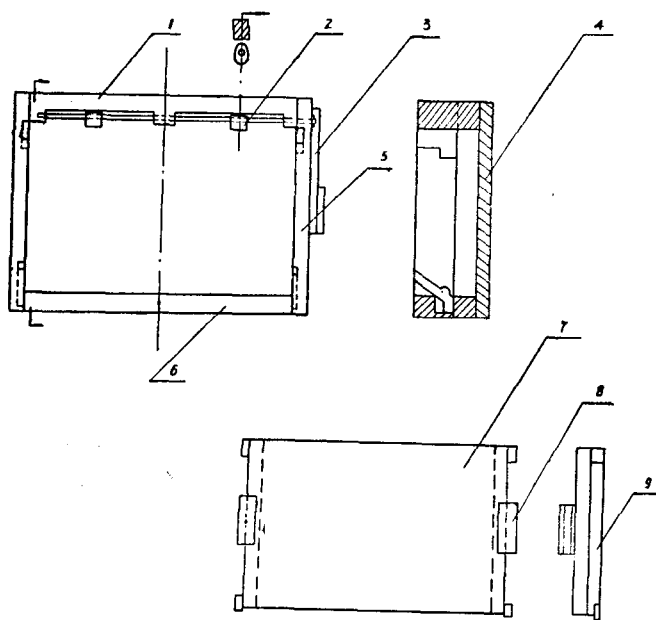


图 13

1. 上支架; 2. 凸轮; 3. 压紧手柄; 4. 配线底板; 5. 导向槽板; 6. 下支架; 7. 配线面板; 8. 手柄; 9. 导轨。

① 结构比较简单见图

13主要依靠两个导向槽板来完成对配线窗的支持和锁紧作用;

② 配线窗的移动方向

改为向下,在旋转的磨擦力中减去了自重的影响。同时位移凸轮置于窗口上端,结构简单。

③ 配线窗板采用非金属

的高绝缘材料制成较巧而无需考虑短路问题。正反面都印有图案,便于安装检查。

无源网路的结构采用

插件的形式,有两种类型,一种有恒温设备。每个插件的外部尺寸约 $100 \times 350 \times 600$ (毫米)³ 包含

八个积分加法器和四个加法器。

每个积分单元有三种可换用的电容 $0.01^{\mu f}$; $0.1^{\mu f}$; $0.995^{\mu f}$ 精度为1%; 0.1% ; 0.1% 补偿电容数值为 $1000-6800^p f$ 。运算电阻有两种阻值 $995^k \Omega$; $99.5^k \Omega$ 精度为0.1%补偿电位计为 $10^k \Omega$ 及 $1^k \Omega$ 。控制继电器采用小型快速继电器,但用于保持到运算状态转换的一对触点为簧片继电器。输入输出插头为四个50线的多线插头。用于积分器及加法器换接用的波段开关各层间都有接地的金属隔离层。

整个配线窗做成一个中架,面板即为一配线窗,后侧则为可拆卸的装有多脚插头的框架,框架分八层,每层有四个输入输出插头,由配线窗焊接点至输入输出插座的引线距离约为250毫米,配线窗中架与无源网路间靠双插头捆线通过插头联结。相加点引线及高阻抗输

入线皆采用屏蔽线。

恒温箱的绝热采用硬泡沫塑料，加热器采用大功率炭质电阻，用两个风扇作为搅拌器，断续控制方式，整个加热器也作成一中架。

另一种无恒温设备的结构则较为简单，尺寸约为 $50 \times 200 \times 300$ (毫米)³包含两个相加积分器和一个加法器，运算元件精度为0.1%，无源网络插件上装有插头与定位销，直接与配线窗中架后插座板插接。在无源网络插件的后部有一块可置换的印刷电路插件，放大器的输入及输出点皆引于其上，采用不同电路的插件，可以复制各种线性及非线性特性的传递函数。

(3) 快速打印装置：

247 系列模拟机中配有快速打印机，指标如下：速度10行/秒；每行符号数14；符号种类14，符号尺寸纵横皆为6符号/英吋。

整个打印装置的结构简单紧凑，其打印部份的结构示意图见图14印刷用的铅字铸于圆滚子上，滚子表面的圆周按符号的多少等分，每种符号占据一行。在滚子一端带有一个镶有固定磁铁的鼓，每一磁齿的位置对应于一种符号，因此当滚子旋转时，通过磁头就可以得到符号的定位脉冲，起始位置的脉冲由另一磁头在一特定位置的磁齿上读出。在滚子的下面排有一排锤子，锤子依靠一个螺杆菌线圈的活动铁芯通过一套机构来推动，当线圈给入一次脉冲，则锤子打击一次，并依靠返回弹簧返回，在滚子与锤子之间有打印纸张和染色带，因而得到印刷。

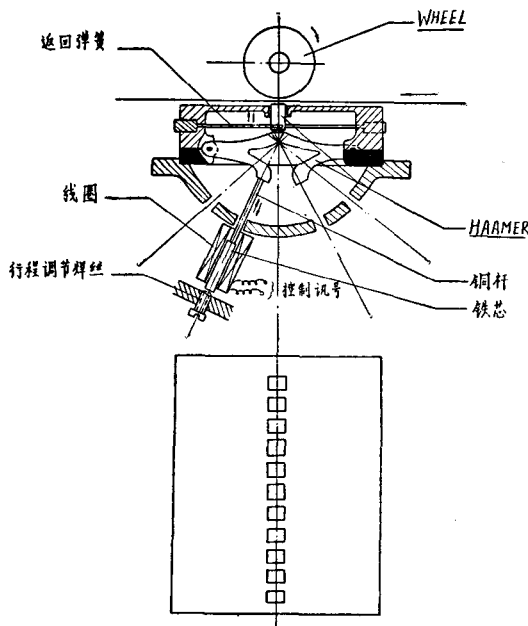


图 14

(二)全晶体管化模拟——数字混合计算机

现代模拟机正沿着模拟——数字混合技术的方向发展，其中的一个方向就是模拟及数字的混合计算系统。一般说来它主要的特点有以下几点：

第一、具有高速重复运算能力的模拟运算部件及数字的逻辑控制部件，可以实现高速迭代运算以求解边界值、重积分和自动寻优等问题。

第二、数字化的输入输出设备，可以自动的进行地址选择、检测、设置和记录打印等工作。

第三、配备有一定数量的模数及数模转换器，在一定条件下可以与数字机并联运行。

在Solortron正在试制的一台模拟—数字混合计算机包含十一个立柜，约146个运算放大器，48个电子乘法器，主要的组成部份是：

采用固体开关控制重复频率可达100周的积分运算部件。

采用随动系统设置的常系数部件。

快速的非线性运算部件。

模拟活动排题板以及编排逻辑控制程序的数字活动排题板（其中包含的逻辑元件有循环计数器、二极管门电路、比较器、模拟量的动态存储器及时标单元等）。

数字化的地址选择器及数字化的输出显示及打印记录设备。

时标系统两路，最少分格为1毫秒。

据了解准备附加的部件尚有磁蕊存储器、模拟数字及数字模拟转换器。

为了得到快速的重复运算，在积分运算部件中采用固体开关的控制电路，如图15所示。由计算到保持状态的转换用一对硅晶体管（ T_1 用2N3053， T_2 用MM1613）组成的固体开关控制，其它状态的转换则依靠于簧继电器 R_{L1} 及 R_{L2} 来完成。为了补偿晶体管开关的饱和压降，引入了一个浮空的光敏电池C与电阻 $R_1 R_2 R_3$ 组成了桥式电路，当电路平衡时，流经电阻 R_1 上的浮空电流所产生的压降补偿了开关的饱和压降，经补偿后的剩余压降可降低至50微伏，暗流 I_{c0} 约为 10^{-10} 安培。

为了保证传递系数的精度，输入反馈元件及开关元件装在恒温箱内，电容器的恒温温度为 $40^\circ \pm 1^\circ$ ，电阻的恒温温度为 $35^\circ \pm 2^\circ$ ，电阻及电容精度可借助于调节串联的微型可调电阻及并联的微型电容而获得，调整后的传递系数精度为0.01%，为了适应快速的重复运算，反馈电容有三种选用的数值：0.01微法、0.1微法及1微法。

随动系统设置常数采用了多电机拖动的方式，每一组为12个常数部件，每个常数部件分别由一个微型电机带动。为了提高设置速度和保证一定的分解度，采用三个同轴单圈

的电位计来代替一个多圈的电位计，其结构图和原理图如图16所示。所达到的指标为：设置速度为满行程时间达2秒钟，设置精度为0.002%。

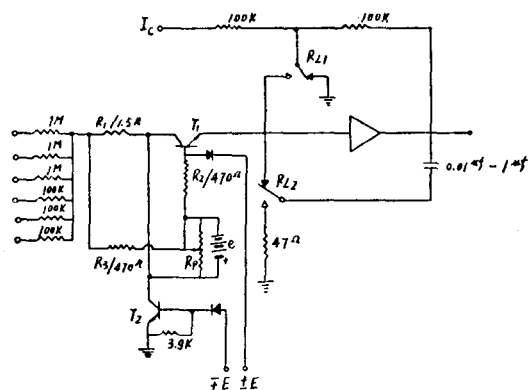


图 15

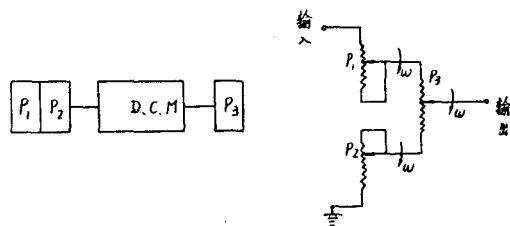


图 16

运算放大器全部采用硅晶体管，每一个放大器由24个管子组成，两个放大器组成一个插件，放大器的原理框图如图17所示。增益分配为直流通路 10^4 ，交流通路 10^3 ，中间级及输出级的增益为 3×10^3 。为了提高交流通道的输入阻抗，采用了负反馈的放大线路。

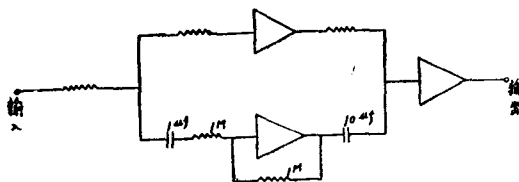


图 17

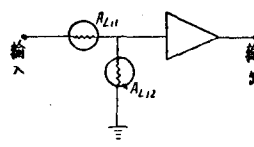


图 18

抑制漂移用的直流调制放大器采用了光敏电阻调制方案，如图18a)所示。 A_{L11} 、 A_{L12}

为光敏电阻，型号为0ED3L5，其光源由氖灯供给，暗阻近似为20兆欧，亮阻近似为10千欧~100千欧，当温度由20℃到50℃时，亮阻的变化近似为2倍（20千欧~200千欧），因而放大器的增益相应的降低2倍左右。

氖灯由一组RC网路控制，如图18b)所示。其闪动频率取决于RC所选定的数值， A_{11} A_{21} A_{12} A_{22} 顺序的循环起燃， A_{L11} 及 A_{L12} 的波形如图18c)所示。据认为采用光敏电阻调制器的方案其优点在于不会引入附加的漂移讯号，温度引起亮阻的变化仅仅引起放大器增益的改变，如果放大器有足够大的增益，则影响是极其微弱的，但缺点是时间常数大，调制频率不高，应用频率是100周，由于考虑波形的滞后效应，由图19知讯号的导通时间短，因而调制效率较低。

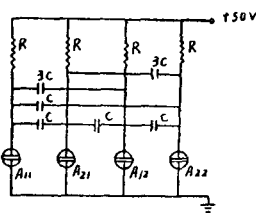


图18 b)

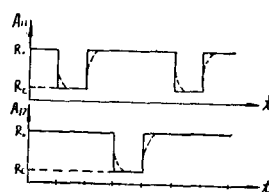


图18 c)

反调制采用晶体管开关，原理线路如图20所示。放大器输出管采用高压硅管（40264型）可以得到±100伏的输出电压。

放大器所达到的指标为：

另点漂移：20微伏/每天

温度漂移：1微伏/度

频率响应：闭环频宽300千周

开环截止频率1兆周

噪音：小于1毫伏

输出功率：±100伏20毫安

快速脉冲调制乘法器的原理框图如图20所示。开关采用二极管桥式电路，乘法器中的放大器全部为单通道直流耦合放大器，温度漂移小于10微伏/度，

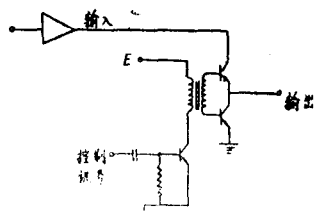


图 19

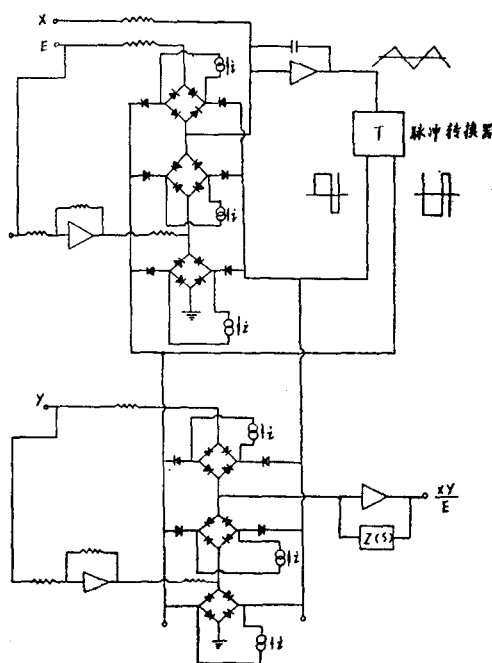


图 20

非线性部件在大机柜中都按装有调温设备，因而漂移很小。开关控制脉冲的幅值为±0.5伏，前后沿在整个周期内引入的时间误差小于0.01%，当脉冲周期为±100微秒时，前后沿时间误差小于10毫微秒。