

GTX-A 型高速图形显示装置

陈由迪 林统

(中国科学院自动化研究所)

摘 要

本文介绍一台 GTX-A 型高速图形显示装置。该装置采用了匀速模拟式线发生器及高速偏转放大器,配有多种人-机交互手段以及脱机图形处理软件。功能丰富、使用灵活,线速达 120 米/帧,画面质量良好。

随着计算机技术的迅速发展和应用,近十几年来,交互计算机图形学和图形显示系统进展迅速。交互式图形显示装置能作为图形的输出设备,将计算机处理的图形直接以点、线、字符等形式显示在荧光屏上;能用光笔、图板、操纵杆等手段输入或指点图形;能配合键盘调动软件,进行图形的增添、修改、删去、交换等,使人和计算机能以图形方式直接“对话”。

图形显示系统的应用范围非常广泛。第一类应用领域是协助人们研究、计算、求解有关客观世界实在物体的图形问题。例如,设计高度复杂的 LSI 和 VLSI 的掩膜版图;机械零、部件的设计;飞行体和船舶外形图设计等。另一类是借助计算机,利用图形方式深入研究各种自然规律或人们建造的数学模型,例如,工程师用它观察一个新的电子线路的各种响应曲线;有机化学家通过它综合特殊分子结构;物理学家用图形明白示意基本粒子与电场的相互作用等。第三类是使用在控制指挥或监控中心。随着显示技术的进展,它的使用范围还在不断扩大中^[3]。

国外已有多种定型生产的图形显示装置,如 IBM 2250, DEC 公司的 GT-40 等,但一些高档产品如 FACOM 的 F6233A, VECTOR GENERAL 的 3400 都采用高速模拟-数字混合式线发生器^[1,4]。国内过去研制成功的数种图形显示装置,由于线发生器的速度低,无法显示复杂画面。本文介绍的 GTX-A 高速交互式图形显示装置采用模拟-数字混合式线发生器和高速偏转系统,线速度达 120 米/帧;采用磁聚焦和偏转校正系统,提供良好的画面质量;采用包括硬堆栈在内的指令系统和微程序控制器,功能丰富而且灵活;配有管理程序和图形处理程序;备有光笔,坐标定位器,字符键盘和功能键盘,盒式磁带和光电输入,人-机对话手段强,是一台性能优良的刷新式计算机图形显示装置。

一、总机结构及指令系统

总机框图简要表示在图 1,全机通过数据总线 \overline{ZX} 和控制总线 \overline{KZ} 进行信息流通和

控制。全部显示档案、管理程序和图形处理程序都存在缓冲存储器内，由 $6K \times 16$ 位 RAM 和 $2K \times 16$ 位 EPROM 构成。在微程序控制器的控制下，从缓冲存储器内逐条取出指令，如是控制型指令，或者通过 ALU (算术逻辑运算单元) 进行信息加工，或者只在各寄存器间进行信息传递；如是显示指令，则控制线发生器或字发生器产生画线的电压斜率波或字符笔划模拟电压，以控制阴极射线管电子束的 X, Y 偏转，同时亮度信号控制亮暗，在屏幕上显示出点、直线以及各种字符。

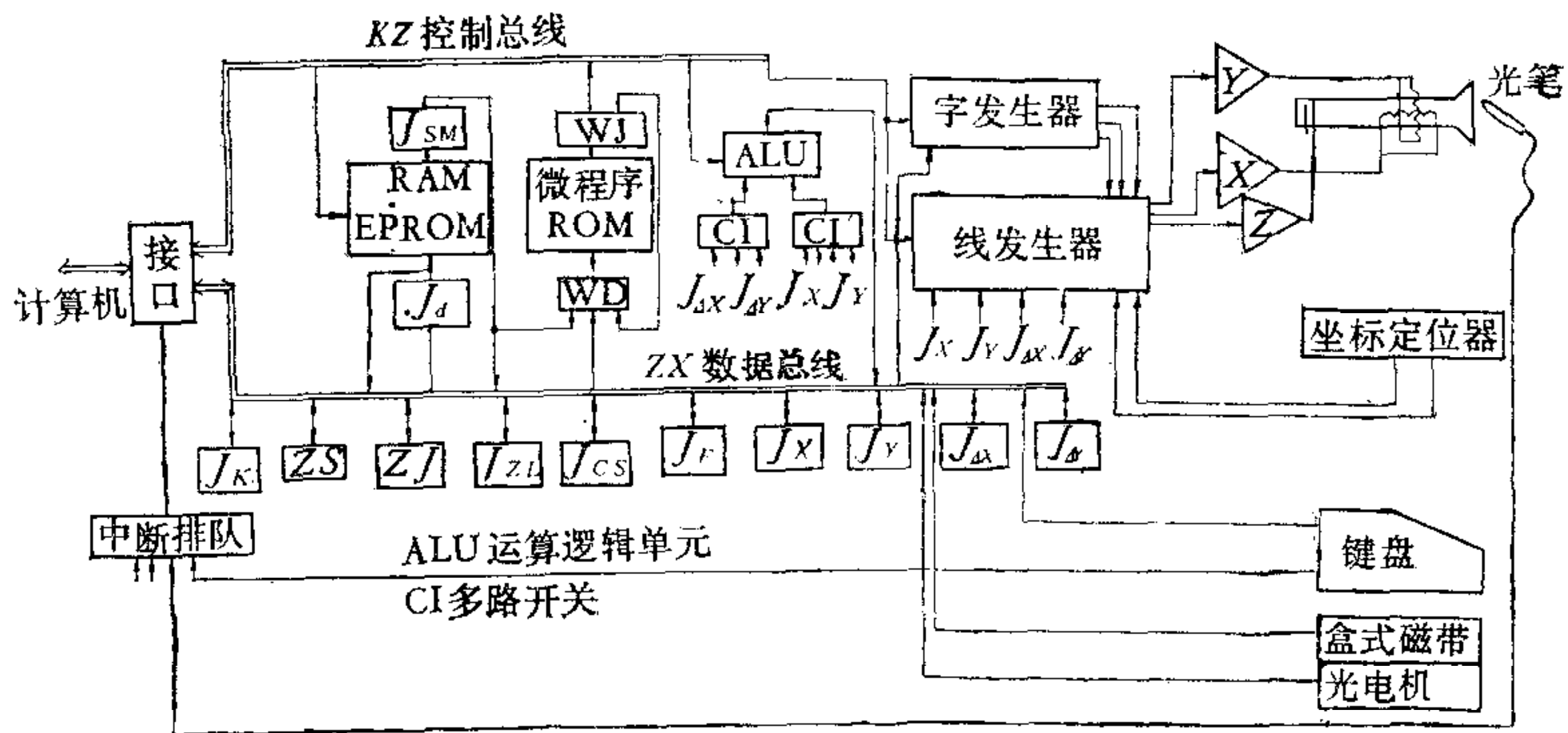


图 1 总机框图

机器的指令系统共 31 条列于表 1，分为方式指令、显示指令和控制指令三类。屏幕上的主显示区是 1024×1024 光栅单位， $X, Y, \Delta X, \Delta Y$ 最长需 10 位编码。为了与一般小型机或微型机适配，指令长度取 16 位。本机采取方式指令和工作方式体制；以增加每条显示指令的信息密度。方式指令 FS 的高六位都等于“0”，以区别其它所有指令。 FS 的低十位将保存在方式寄存器 J_F 中， $J_{F6}J_{F7}J_{F8}$ 三位是方式码，决定了后续指令的解释执行是控制指令、定位指令，还是长矢量指令等等。显示型指令有 XJ, XC, XD, XS, XZ 共 5 条，其最高位是“1”。除 FS 和显示型指令外，其余均为控制型指令。控制型指令中 $TJ, DT, JD, DJ, SS, BZ, DZ$ 等 9 条在显示档案程序段经常出现，其最高位是“0”，在任何方式码下都按控制型指令执行，使各显示方式与控制方式间的来回转换显著减少，加快了指令执行速度。表 1 XJ, XC, XD 中的 L 是亮/暗指示位， XD 中的 D 是显示区扩展位，参见图 2。

图 1 中， $J_x, J_y, J_{\Delta x}, J_{\Delta y}$ 执行显示指令过程中，分别寄存屏幕上的 X, Y 和线段 $\Delta X, \Delta Y$ 的值，在控制型指令下作通用寄存器使用。 J_{ZL}, ZJ, ZS 分别为指令寄存器、指令计数器和堆栈指示器。本机设立了硬堆栈和相应的堆栈指令 DZ, DT, JD, DJ ，能非常方便地实现多重子程序嵌套、子图形调用、显示档案的分段、光笔指点后图形的追溯等，简化了程序编制，增加了灵活性。 J_{CS} 是参数寄存器，字长 10 位，各位的功能是：

	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
J_{CS} 寄存器	备用	线型		闪	光笔	亮度				
										能/否

微程序控制器的微程序写存在 256×24 熔丝半导体 PROM 内，微指令周期 400ns。微程序控制器的优点是逻辑设计规整，易于修改和扩充，缺点是指令执行速度慢。本设计

表1 指令系统

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15							
<i>XJ</i>	中 矢 量	1	L	±	ΔX						±	ΔY												
<i>XC</i>	长 矢 量	1	L	H	X/Y	J	±	ΔN																
<i>XD</i>	定 位	1	L	H	X/Y	D	0	N																
<i>XS</i>	十 字 标	1	1	1																				
<i>XZ</i>	字 符	1	字 符 1						1	字 符 2														
<i>FS</i>	方 式	0	0	0	0	0	0	<i>F</i> ₆	<i>F</i> ₇	<i>F</i> ₈	旋 转							尺 度						
<i>TJ</i>	停 机	0	0	0	1											0	0	0	0	1				
<i>DT</i>	堆 栈 弹 出	0	0	0	1											0	0	0	1	1				
<i>JD</i>	堆 栈 送 数	0	0	0	<i>J</i> _{<i>n</i>}												0	0	0	1	0			
<i>DJ</i>	堆 栈 弹 数	0	0	0	1							<i>J'</i> _{<i>n</i>}						0	1	0	1	1		
<i>SS</i>	直 接 送 数	0	0	1	<i>J</i> _{<i>n</i>}						N													
<i>BZ</i>	必 转	0	1	0	DZ																			
<i>DZ</i>	堆 转	0	1	1	DZ																			
<i>PT</i>	判 跳	1	0	0	FH						0						0	0	0	0				
<i>JZ_K</i>	置 特 征	1	1	1	<i>J</i> _{<i>K3-12</i>}						<i>J</i> _{<i>K5</i>}						<i>Z</i> _{<i>14</i>}							
<i>JJ</i>	寄 → 寄	1	0	1	<i>J</i> _{<i>n</i>}						<i>J'</i> _{<i>n</i>}						0	0	0	0	1			
<i>JC</i>	寄 → 存	1	0	1	<i>J</i> _{<i>n</i>}						1	1	1	1	0						0	0	1	0
<i>CJ</i>	存 → 寄	<i>G</i>	DZ																					
		1	0	1	1	1	1	1	<i>J'</i> _{<i>n</i>}						0	0	1	0	0					
		<i>G</i>	DZ																					
	运 算 指 令	1	1	0											×	×	×	×	×					

运算指令包括: 加、减、减 1、逻辑与、字节交换等。J_n 为寄存器编号; DZ 为地址值。

6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

<i>JF</i> 寄存器	方 式 码	旋 转 码	尺 度 码
---------------	-------	-------	-------

方式码	0 0 0	控 制 指 令
	0 0 1	中 矢 量
	0 1 0	长 矢 量
	0 1 1	定 位 指 令
	1 0 0	大 十 字 标
	1 0 1	(备 用)
	1 1 0	固 定 格 式 字 符
	1 1 1	任 意 格 式 字 符

采取了两个技术措施提高微程序控制器的速度: 1) 微指令的寻取和执行在时间上重叠, 执行上一条微指令时, 提前读出下一条微指令; 2) 显示指令的提前准备。显示指令的执行时间是同所显示的线条长短、字符笔划数量密切有关。微指令中设立了等待标志位, 在

一条显示指令读出后,一方面令线或字发生器开始启动,同时提前读出下一条指令,然后进入等待态,上一条指令画完线段或字符,立即从等待态转入下一条指令的解释执行,提高了显示速度.

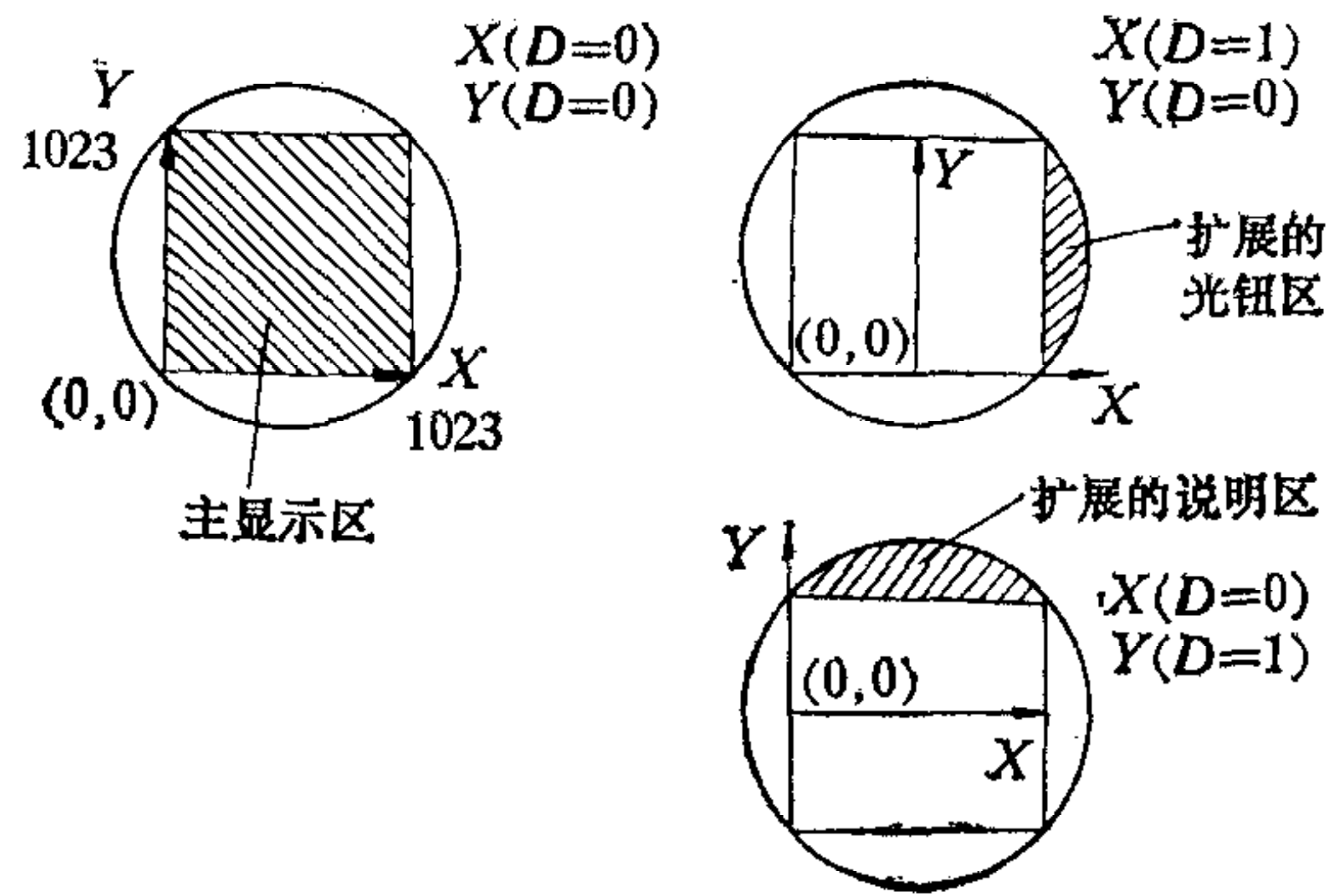


图2 XD指令D=1扩展区

二、线发生器、字发生器及偏转系统

图形显示装置显示的画面中,线段经常占很大的比例,因此线发生器的工作速度是决定一台显示装置显示速度的主要因素.

一般有纯数字式和模拟-数字混合式两种线发生器^[1]. 本机采用匀速模拟-数字混合

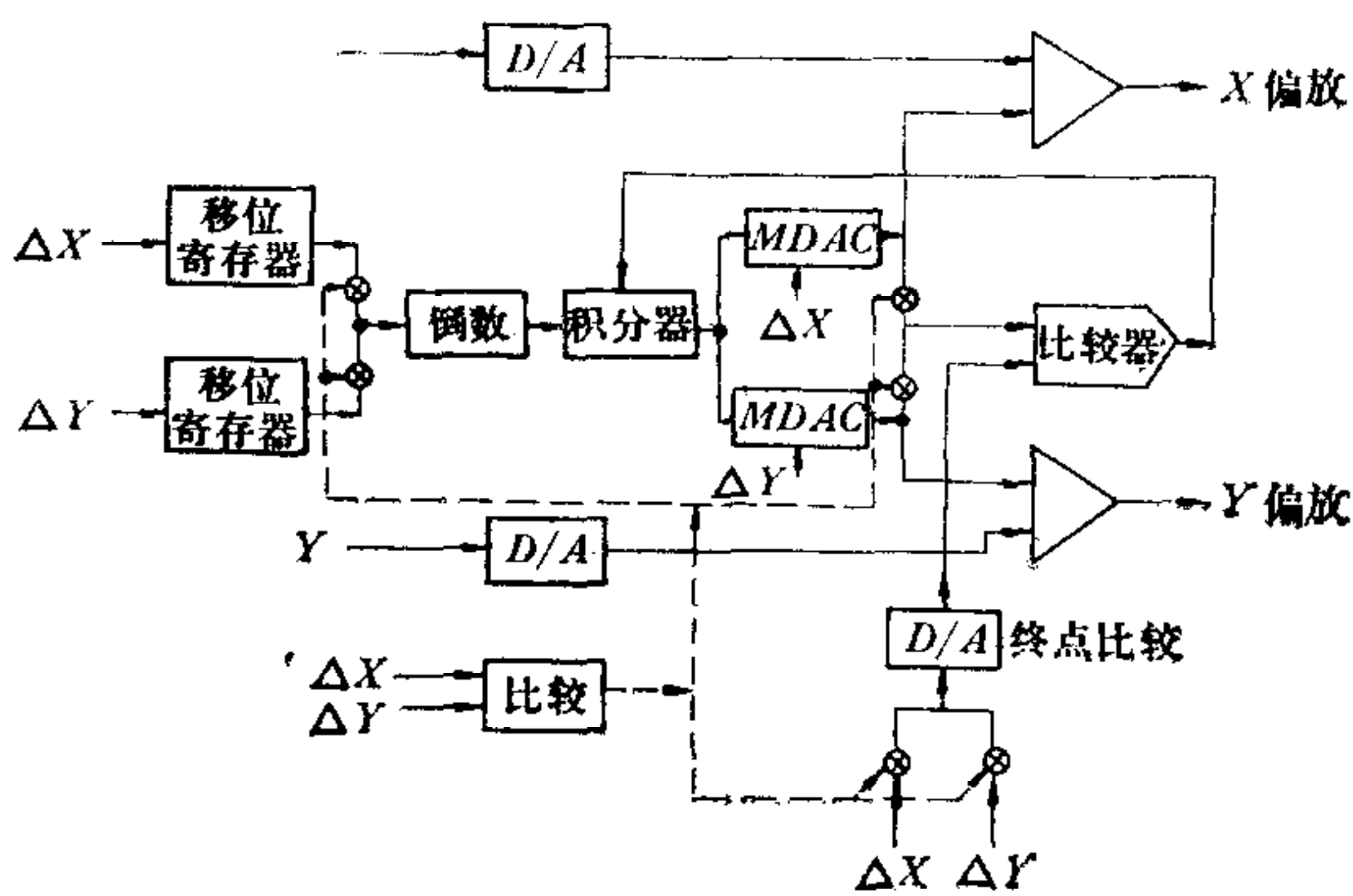


图3 匀速模拟式线发生器

式线发生器,原理框图如图3所示.画线开始时,首先给定 X, Y ,经 D/A 转换后,送偏转放大器,设定画线的起点坐标.接着给定 $\Delta X, \Delta Y$,由数字比较器比较其大小,假定 $\Delta X > \Delta Y$,则将 ΔX 送入倒数器,其输出输入积分器.积分器的输出电压斜率波 $Kt/\Delta X$ 同时送入 X, Y 两个MDAC(数模乘法转换器),得到 X 分量 Kt 和 Y 分量 $Kt \frac{\Delta Y}{\Delta X}$.

画线开始后,模拟比较器不断比较 Kt 和 ΔX ,当两者的值一致时,画线到达终点,立即关闭积分器,并向控制器发出画线结束信号,结束此次画线过程^[5].本机线发生器达到0.05%以上的静态精度和相应的动态精度.画1024r.u(光栅单位)的长线只需 $40\mu s$,即 $0.04\mu s/r.u.$ 由于输出的电压是斜率波,在屏幕上无论画什么方向的线段,均比数字式线发生器发生的线段光滑、规整.

字发生器采用笔划式字符产生方案,字符库存放在 $2K \times 16$ EPROM内,每个字存两个笔划编码.笔划编码有矢量型和星型两种,矢量型每8位画一笔,分8个方向,1—7单位长,星型每8位画两笔,每笔仅1单位长,也分8个方向.字符采用四机部部颁七位字符编码,利用“移入”、“移出”功能码,将编码区扩展到2个7位编码,最大可达246种字符,除大、小写英文字母、数字、标点符号外,还有大小写希腊字母及一部分汉字,并可根据不

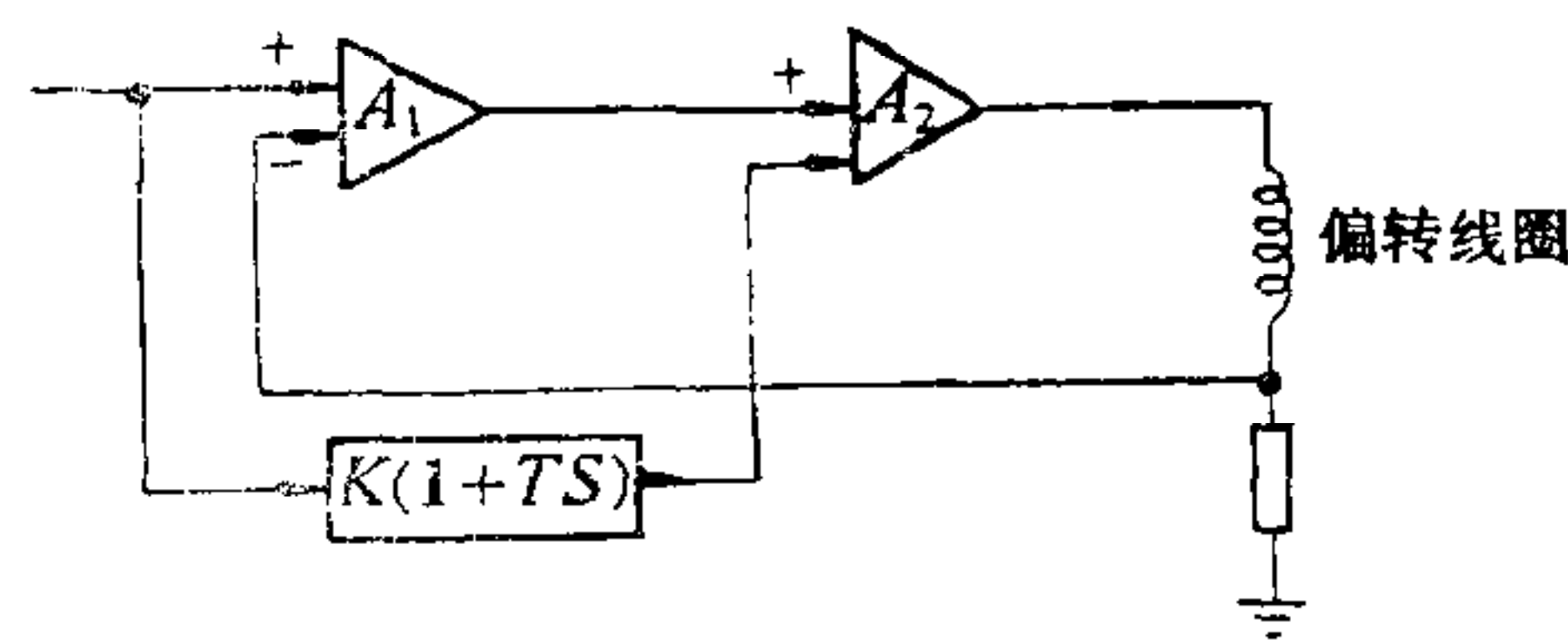


图 4 偏转放大器

同用户需要进行编排。

偏转放大器是决定一台显示装置显示速度的重要环节。在磁偏转系统中,要阶跃响应快,必须减小偏转线圈的电感,加大偏转电流;要画线快,斜率波的延迟必须小,偏转系统的频宽要宽。一个大功率,大电流带电感负载的放大器,既要宽频带,又要保持系统稳定是相当困难的,本机偏转放大器采用图 4 方案。 A_1 是较窄频带的前置放大器, A_2 是输出功率放大器。 A_1, A_2 处在负反馈回路内,因频带不宽,能可靠地保持稳定。直馈 $K(1+TS)$ 不在负反馈回路内,既加宽了频带,又不影响稳定性。

三、管理程序及图形处理程序

在图形显示器内装有下列显示装置管理程序和一组脱机图形处理程序。

1) 检查程序

开机启动后, GTX-A 自动进入检查程序,先进行指令检查,再进行内存检查,如一切正常则显示出 DPU. MEM. OK.

2) 纸带输入及磁带输入、输出程序

纸带输入程序有 4-4 单位及装配式代码两种,由软件开关选定。音频盒式磁带输出。输入格式也有两种,一种只有起止位“1”、“0”校验,另一种加 3 取 2 的纠错编码。

3) 计算机接口程序

4) 光标产生及跟踪程序

光笔采用小十字光标,每臂打 8 个点,点与点间距为 $2r.u$,由程序控制边界超越,可以在 $1024 \times 1024r.u$ 主显示区内进行光标跟踪。坐标定位器的屏幕坐标采用全屏幕长度的二条正交定位线,其交点为坐标点,采用程序和微程序结合的 A/D 变换和坐标中心算法。

5) 光笔图形指点程序

6) 图形变换程序

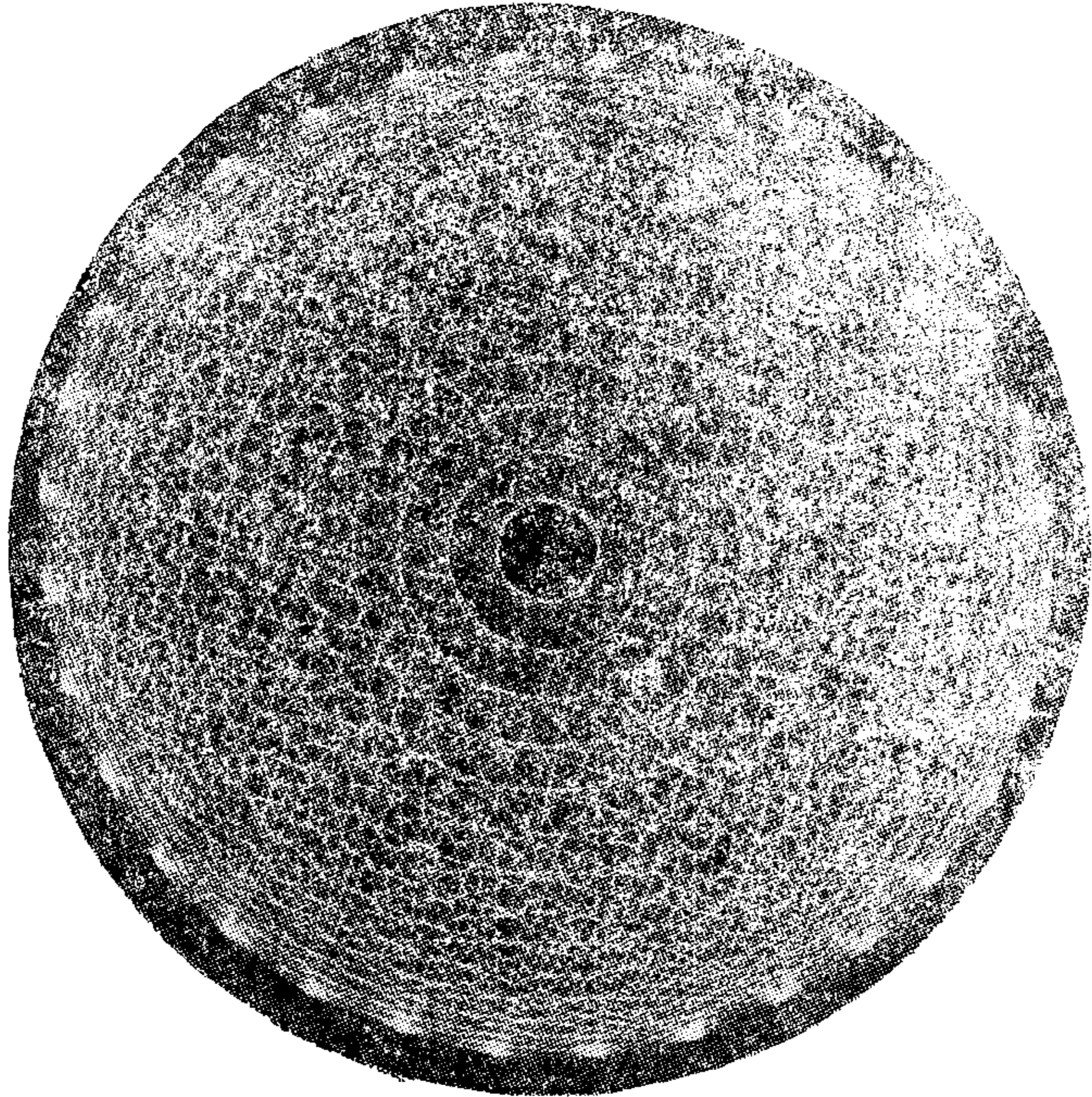
进行图形平移,调动硬件提供的放大、旋转功能。

7) 作图程序

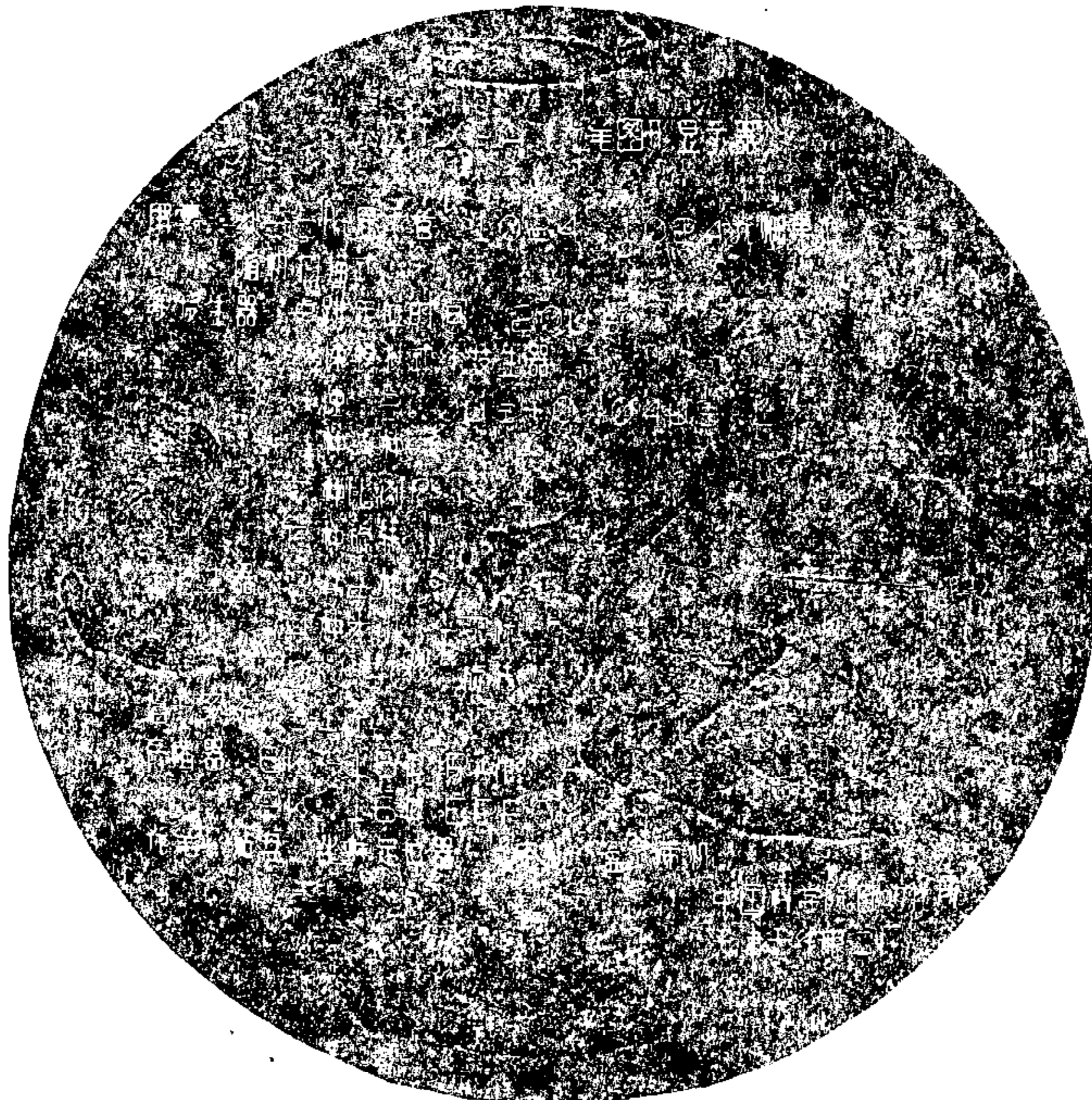
通过功能键,并相应调动程序 4, 5, 6 可直接在屏幕上作图。利用有迹跟踪可随意画直线、曲线;可选用四种线型和四级亮度;可调子图,进行子图的变换等。作成的图形可以任意分节 (Segmentation), 图形的指点、变换都以节为单位。

8) 字符输入和编辑

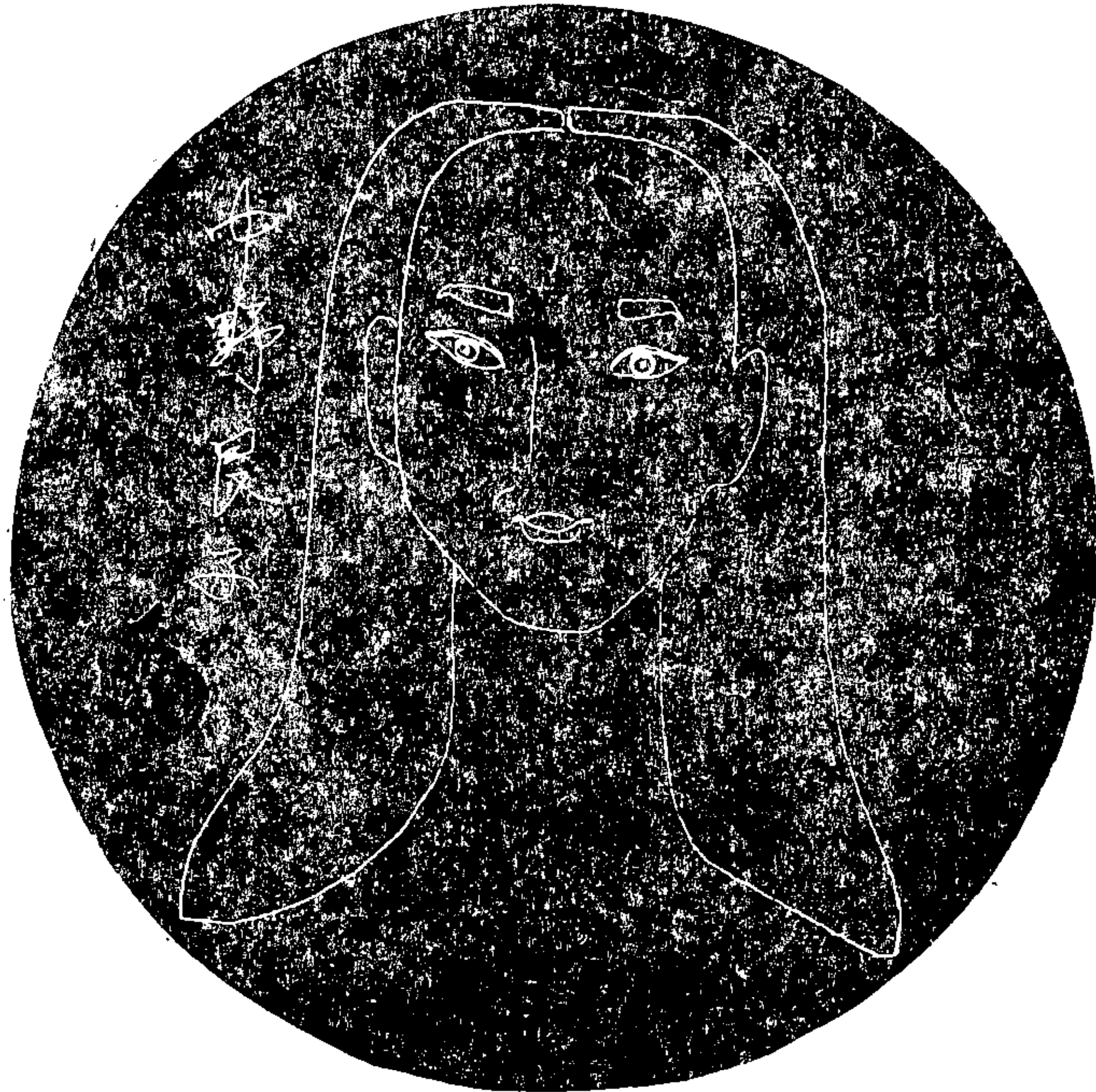
在任意格式字符输入方式情况,可在屏幕上任意位置写上任何硬件提供的字符。字符大小有四种,能写上标和下标字符,也允许字符旋转 90° 。在固定格式字符输入方式下,本机转化成一标准字符显示器,有游标控制及删字、插字、删行、插行等编辑功能。



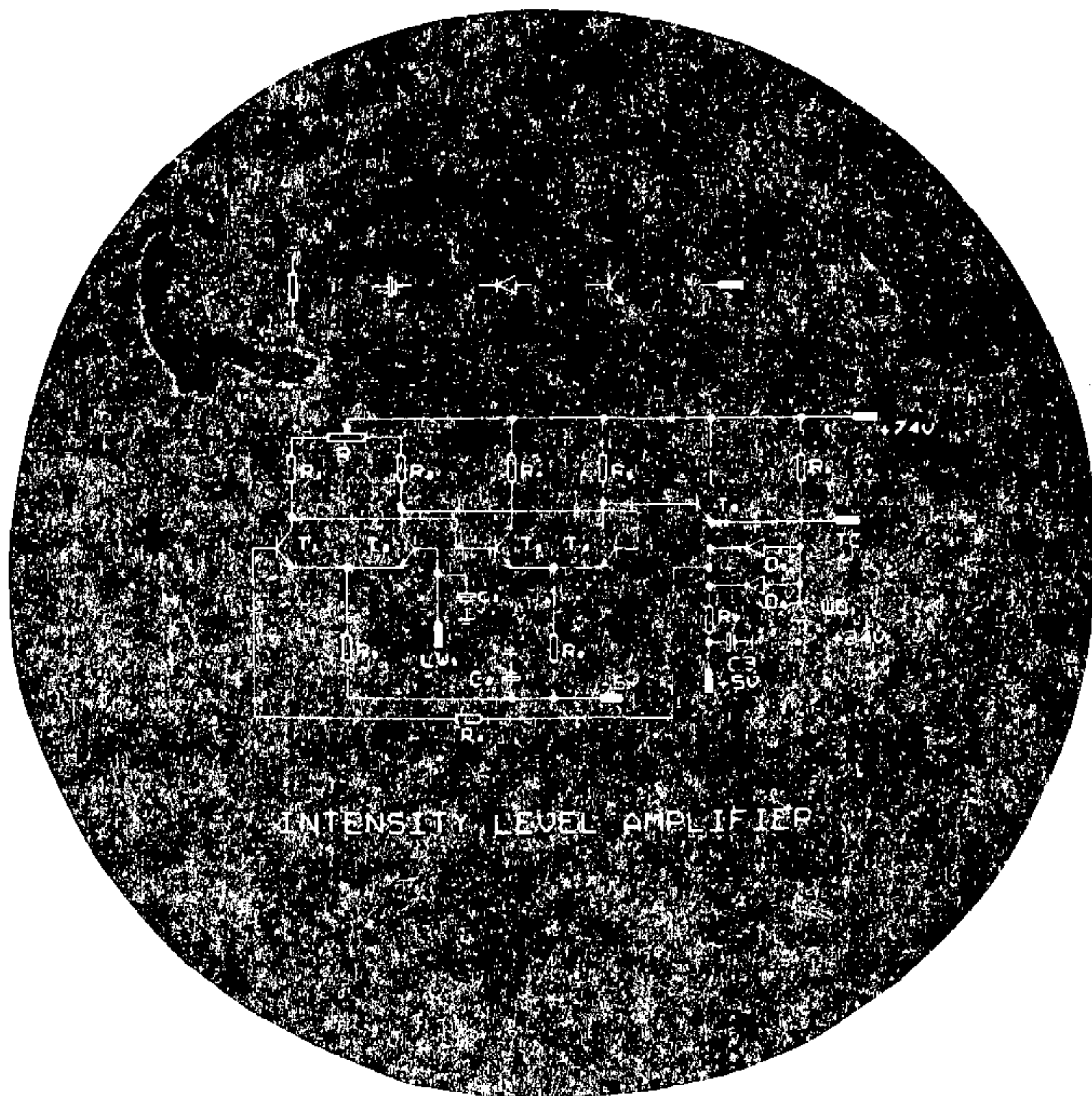
(a)



(b)



(c)



(d)

图5 显示图例

四、结 语

GTX-A 高速光笔图形显示装置采用匀速模拟-数字混合式线发生器和高速偏转系

统,显示速度远高于一般数字式线发生器的图形显示装置,配有灵活的图形处理功能软件,它的主要指标见附录.图5给出了几幅显示画面,其中图5(a)是32边形图案,说明了画线能力及线段交点精度;图5(b)是一幅汉字文字说明;图5(c)是用光笔直接在屏幕上作的人像图;图5(d)是一个电路图,图上是可被调用的元件子图.GTX-A显示的图象清晰稳定,线段光滑规整,全机经过高温运行考核,稳定可靠.

参加此项研制工作的主要人员除本文执笔者外有王采斐、陈宜在、陈铭富、陈礼华、戴国忠、胡海涛、边信历、王秀珍、曹桂卿、吴树奎、王淑敏等.该装置是由中国科学院自动化所与天津无线电二厂协作研制的.

附 录

主要性能指标

屏幕: 43cm 显示管, 1024×1024 光栅单位四个亮级、闪烁

点、线发生器: 匀速模拟式

点跳定位时间 $< 20 \mu s$

每帧可画长线 120 米以上, 短线 6000 条以上

四种线型、七种比例、六种旋转

字发生器: 246 种字符

四种大小, 二种旋转

指令系统: 31 条

存储器: 6K×16 RAM, 2K×16 EPROM

人机对话设备: 光笔、键盘、功能键、坐标定位器、盒式磁带、光电机.

参 考 文 献

- [1] Newman, W. M., Sproull, R. F., Principles of Interactive Computer Graphics, McGraw-Hill Inc., (1979).
- [2] Wolfgang, K. Gllol, Interactive Computer Graphics, Prentice-Hall Inc., (1978).
- [3] I. E. Sutherland, Computer Displays, Scientific American, June. 1970, 56—81.
- [4] Ware Myers, Interactive Computer Graphics: Poised for Takeoff, *Computer* 11(1978), 60—74.
- [5] Leonard, F. Halio, A Low Cost High Performance Constant Velocity Vector Generator, *SID Journal*, 11(1974), No. 4.

A DEVICE OF HIGH SPEED GRAPHIC DISPLAY GTX-A

CHEN YOU DI LIN TONG

(Institute of Automation, Academia Sinica)

ABSTRACT

This article describes a device of high speed graphic display GTX-A. It uses a constant velocity analog vector generator and fast deflection amplifier. The vector drawing line speed is higher than 120 meters per frame. The quality of the display picture is good. In addition to man-machine interface capability, GTX-A contains a flexible graphic software package.