

IBM PC 数字示波器扩充插卡及其驱动程序 设计

孙 银 钟*

(电子工程系)

摘要 本文介绍一种扩充 IBM PC 个人计算机及其兼容机,使其具有数字示波能力的插卡硬件和驱动软件设计。本插卡及其以 8088 汇编语言和 Turbo Pascal 语言编写的驱动程序,在保留 IBM PC 原有功能的前提下,利用了 IBM PC 原有的软硬件资源,共同构成一种具有存贮示波功能的个人仪器。

关键词 数字示波器,自动测试,个人仪器。

0 前言

示波器是当代科技领域中使用极为广泛的电子设备。它把各种电信号(或把各种非电信号通过换能器转换成的电信号)直观地显示在它的屏幕上。这种电子测量仪器得到广泛应用。但是,随着电子、计算、自动化技术的不断发展,传统的模拟示波器暴露了许多自身无法克服的问题,例如:无法观测缓慢变化的信号;不能对所观察信号的各种参数自动测量和对实测数据进行分析处理;不能存贮所测量的信号波形及其各种参数;测量必须手工操作,手续繁琐,精度不高等等。为了克服这些缺点,近年来示波器已逐渐地由传统的模拟示波器向智能化的数字存贮示波器发展,预计近几年内国际市场上的数字存贮示波器的销售量将超过传统的示波器。

数字存贮示波器是一种既具有实时观察又具有波形存贮能力,既具有信号处理功能又具有电路分析功能,精度高,操作简便,可通过计算机自动测试的智能化示波器。它采用同模拟示波器完全不同的技术、工艺和结构,根据完全不同的原理设计而成。它基于数字存贮技术,先用模数转换器把波形数字化,然后用半导体存贮器存贮起来,再通过数模转换将波形显示在示波管上。数字示波器实际上是模拟示波器和微型计算机相结合的一种专用设备,其结构复杂,成本很高,价格昂贵,因而限制了它的普遍应用。本文介绍一种在 IBM PC 个人计算机或其它兼容机的软、硬件资源支持的基础上,扩充一个插卡硬件和相应的测试驱动软件而构成的数字示波器。实际上,它是基于 80 年代出现的新型仪器——个人仪器而设计

本文 1989—10—06 收到。

* 本系 89 届毕业生胡卓明同学参加了研制工作。

的，保留了 IBM PC 原有的全部功能而增加了数字示波功能，使 PC 机做到一机多用，大大提高了它的系统硬软件的利用率和性能价格比。利用这一插卡及其驱动软件，用户只要在 IBM PC 键盘上按下指定的功能键、就能实现测量的全过程，比如对输入模拟信号进行数据采集和存贮，显示其波形及各种参数等，大大提高了测量效率和测量精度。

1 插卡硬件结构及主要电路介绍

本插卡硬件电路主要包括信号预处理电路，采样保持器，模数转换器及接口电路等四个部分，它和 IBM PC 连接的方框图如图 1 所示。

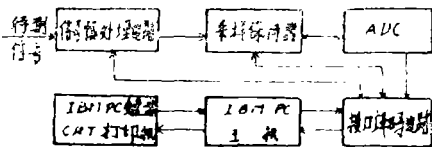


图 1 硬件结构方块图

信号预处理电路主要由仪器用放大器 (AI)，增益可编程放大器 (PGA) 和衰减器组成，其组成方案根据实际用途而定。本文介绍一种具有 8 个输入通道，可测量各种信号电平的预处理电路。

为了实现对于不同电平的信号进行显示及量程自动选择，要求系统具有放大系数可控的放大环节。本插卡选用美国 B-B 公司生产的 INA110 可控程仪用放大器作为弱信号的前置级放大器。INA110 的输入阻抗高达 $10^{12}\Omega$ 量级，且其偏流小，稳定快，共模抑制比高，偏移电压很低，简化电路如图 2 所示。

当 RG 端悬空时，INA110 的放大倍数为 1；当 RG 端分别同 13，12，16 和 11 脚相连时，其放大倍数相应为 10，100，200 和 500；当 RG 端同 12，16 三脚连在一起时，INA110 的放大倍数为 300；同 11 和 12 脚三脚连在一起时，放大倍数为 600；同 11 和 16 脚三脚相连时则放大倍数为 700。这样，就能方便地对它实现程控。如图 3 所示，只要控制 4097 芯片的 A、C、B 三端，即能控制 INA110 的放大倍数。

增益可编程放大器 PGA100 具有 8 个模拟输入通道，输入阻抗达 $10^{11}\Omega$ 量级，输入通道选择可通过控制其 A_0 ， A_1 ， A_2 端而实现程控选择。PGA100 具有 8 级增益选择，可通过对其 A_3 ， A_4 和 A_5 端的程控来实现，其通道和增益选择译

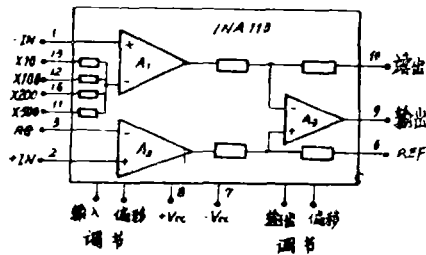


图 2 INA110 简化电路

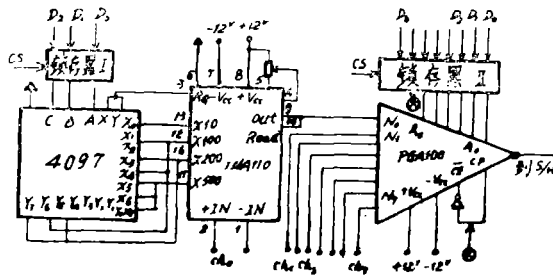


图 3 信号预处理电路

码表如表 1 所示。

表 1 通道和增益选择译码表

A_5	A_4	A_3	增益	A_2	A_1	A_0	所选通道
0	0	0	1	0	0	0	1N 0
0	0	1	2	0	0	1	1N 1
0	1	0	4	0	1	0	1N 2
0	1	1	8	0	1	1	1N 3
1	0	0	16	1	0	0	1N 4
1	0	1	32	1	0	1	1N 5
1	1	0	64	1	1	0	1N 6
1	1	1	128	1	1	1	1N 7

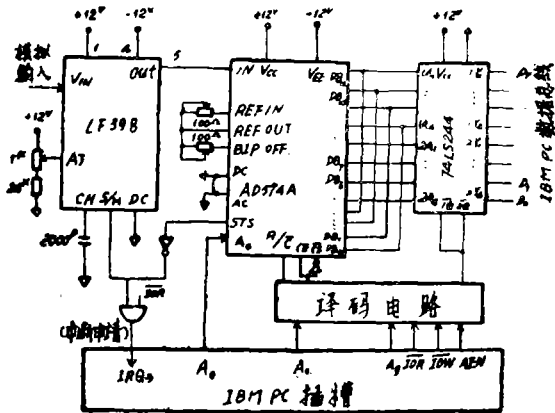
信号预处理电路如图 3 所示。来自微弱信号源的显示信号 cho 加在 $INA110$ 输入端作第一级放大，然后加到 $PGA100$ 的 INO 端，总放大倍数可在 1-89600 间通过程控选择，在绝大多数情况下，能满足对微弱信号显示前的预处理。对于输入电平较强但幅值小于 $10v$ 的信号，可直接加在 $PGA100$ 的 ch_1-ch_7 各端，幅度超过 $10v$ 的信号则可在输入通道上加入程控衰减器来实现预处理。

数据采集电路主要包括采样保持器(S/H)和模数转换器(ADC)两部分，电路如图4所示。

保证系统有较高精度和分辨率的关键是模数转换器和采样保持器的选取。本系统选用12位模数转换器AD574A、它是目前市场上较先进的高集成度、低价格的逐次比较式ADC，它的突出优点是芯片内部包含了微机接口逻辑，可方便地和各种通用微处理器相配接。AD574A的转换速度为 $25\mu s$ 、精度0.05% 输入电压量程可为 $\pm 5v$ 、 $\pm 10v$ 、 $+10v$ 或 $+20v$ （本插卡选用 $\pm 10v$ ），供电电源可直接采用 IBM PC 机扩充插槽提供的 $\pm 12v$ 电源。

为了与高精度，高响应速度的 AD574A 相配合，选用了采样速度快，保持特性好（低下落速度）的高精度采样保持器LM398作为输入模拟量的采样保持器，因而使模数转换期间模拟输入信号保持不变，对模数转换精度起了重要的保证作用。LF398的输入电阻高达 $30M\Omega$ ，非线性度在 $10v$ 范围内是 $\pm 0.01\%$ ，电源电压为 $\pm (12-18)v$ ，也可直接利用 PC 机扩充槽提供的 $\pm 12v$ 电源。

在实际使用中，保持电容 C_H 的选取也十分重要，本系统选用聚苯乙烯电容器，因为这类电容器的死区电荷较少，所引起的误差电压较小，其电容值的选取也应综合考虑精度、下



降误差、S/H 偏差、馈送及采样频率等参数。本系统中 C_H 的值选用 2000pF 。因 LF398 的下降电流 $i_d = 1\text{nA}$ 。如 $C_H = 2000\text{pF}$ ，则在采样的时间里模拟信号的电压下降为 $dv/dt = i_d/C_H = 1\text{nA}/2000\text{pF} = 5 \times 10^{-7}\text{V}/\mu\text{s}$ ，在 AD574A 转换时间 $25\mu\text{s}$ 内，电压下降 $25\mu\text{s} \times 5 \times 10^{-7}\text{V}/\mu\text{s} = 12.5\mu\text{V}$ ，可忽略不计。

8088 微处理器支持一个有 64k 字节的端口地址空间，但 IBM PC 设计时只用了低十位的地址区域，即地址总线的 A_0-A_9 用于对设备和端口地址的译码。其中低位的 512 个地址用于系统主板逻辑电路，高位的 512 个地址（从 $0200\text{H}-03\text{FFH}$ ）可用于各种插卡。本插卡选用其中可供用户设计实验插卡的地址段 $0300\text{H}-0307\text{H}$ 作为各端口地址。译码电路从略。

2 软件结构及其特点

本插卡支持软件是用 Turbo Pascal 语言编写的（辅以 8088 宏汇编子程序）。Pascal 语言具有许多优点，很适用于科学计算和编写各种系统软件，在个人计算机上的应用得到日益普及。Turbo Pascal 更以其编译和运行速度快等特点而深受微机用户欢迎。

通过重新设定 IBM PC 小键盘功能键 F_1-F_6 ，本插卡支持软件以菜单形式为用户提供下述基本功能：（1） F_1 。进行实时数据采集，采集结果可存于内存，也可存于软盘，建立数据文件。（2） F_2 。把已存在软盘上的某一波形的数据文件装入内存。（3） F_3 。以移动波形的方式把内存中和数据文件相应的波形全部显示出来。（4） F_4 。以固定波形的方式显示内存中数据文件之一部分的波形，并显示（或打印出）该波形的时间间隔、频率和幅度。（5） F_5 。将内存中现存的波形数据存入软盘，建立相应的数据文件。（6） F_6 。结束 Pascal 状态，返回 DOS。

该支持软件主要包含由 8088 汇编语言编写的数据采集子程序和由 Turbo Pascal 语言编写的主菜单及数据存取、处理、显示子程序。简要介绍如下：

1. 数据采集子程序：为了配合硬件电路的工作速度，本系统直接采用 8088 汇编语言子程序，利用 IBM PC 内部可供用户使用的可屏蔽中断 IRQ_3 来控制数据的读取，该子程序作为 Turbo Pascal 主程序的一个外部过程。

8086/8088 的可屏蔽中断是通过内部的 8259A 可编程中断控制器来分配的，其中断屏蔽寄存器的端口地址为 21H ，中断命令寄存器的端口地址为 20H 。该中断源的电路结构如图 5 所示。

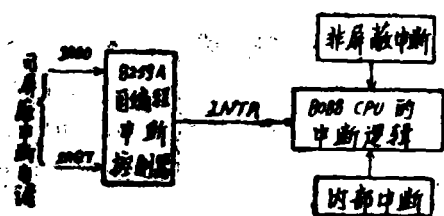


图 5 8088 内部中断源

8259A 的 8 个可屏蔽中断源相应的类型号为 $08\text{H}-0\text{FH}$ ，其中 IRQ_3 和 IRQ_5 因 IBM PC 未用，故可供用户使用，本系统利用了其中的 IRQ_3 作为中断源。另外，IBM PC DOS 设立了从 $20\text{H}-27\text{H}$ 的 DOS 中断。用户可利用这些中断来调用 DOS 中丰富的子程序资源，其中中断类型号为 21H 的 DOS 中断提供了许多非常有用的功能，本系统用到其中功能号为 25H 和 35H （分别为置中断向量和取中断向量）

的功能。

采样过程的汇编子程序及其中断服务程序流程图分别如图6和图7所示。

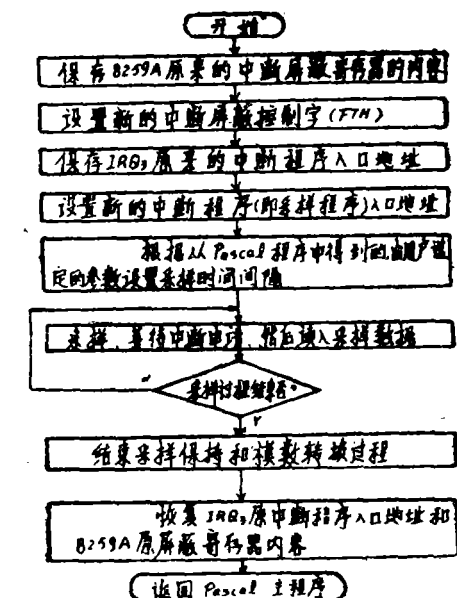


图6 采样过程汇编子程序流程图

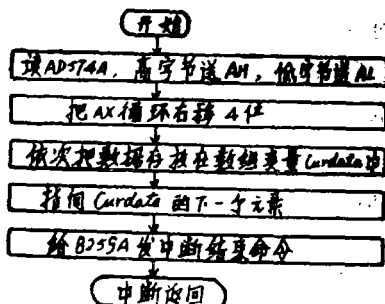


图7 中断服务程序流程图

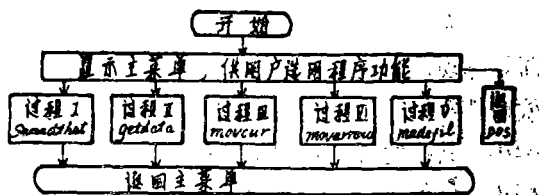


图8 系统TurboPascal程序总流程图

2. 实现数据处理、存取和显示的 Turbo Pascal 程序。本系统的 Turbo Pascal 程序主要由 5 个自定义的过程组成、总体结构如图8所示。

(1) 过程 Samadthet: 本过程的主要功能是调用数据采集子程序, 然后把采集到的数据作处理。由于 AD574A 是 12 位 ADC, 输出数据是在 0—4095(十进制)之间的离散值, 在双极性使用时, 数值 2048 同模拟输入信号的 0V 相对应, 数值 0 和 4095 则分别同负、正满量程(即 $\pm 10\text{V}$) 相对应。为了实现波形显示和幅度显示, 必须把 AD574A 的输出数据转换成相应的电压值和坐标值。设 AD574A 输出的数据为 x_c , 则该数据所代表的输入电压值为 $x_D = (20/4096) \cdot (x_c - 2048)$, 代表该电压值的纵坐标值为 $x_o = 288 - [(x_c + 5) \cdot 7/100]$ (显示屏垂直幅度设定为 288 点)。经过以上数据处理后的 x_D 和 x_o 值分别存放在数组变量 Samdata[i] 和 Curdata[i] 中待用。用户可根据需要把这些数据存盘或显示(即分别调用下述的 madefil, movarrow 过程)。

(2) 过程 getdata: 该过程把存贮在磁盘中的某一数据文件(即某一早先存贮的波形)读入内存中待用。

(3) 过程 movcur: 该过程利用 Turbo Pascal 内部各种有关屏幕处理和作图的过程及若干自定义过程, 取出内存中的数据(实时采集的或从原先保存在磁盘中取出的), 以移动的

形式将波形显示在屏幕上,直到一个数据文件所存贮的信号依次显示完毕为止。移动速度可以通过 IBM PC 功能键 F_1 — F_5 来调节:按 F_1 时的波形以慢速移动、 F_2 中速、 F_3 快速、 F_4 暂停移动、 F_5 返回主菜单。这一功能仅供波形观察之用,不显示其频率、幅度和时间间隔。

(4)过程 movarrow:该过程在屏幕上显示一固定的图形(可包含一个至几个周期的信号波形),然后以一个可左右移动的箭头指向曲线上的某点,并在屏幕下方显示(或通过 IBM PC 打印机打印)该箭头所在位置到波形起始位置的时间间隔及箭头所在位置的信号幅度和频率。箭头的移动通过按键盘上的“ \rightarrow ”和“ \leftarrow ”键来控制。如要观察上一幅或下一幅波形即可按键盘上的“ P_{up} ”和“ P_{Dn} ”来实现。按 F_5 键返回主菜单。

(5)过程 madefil:该过程帮助用户把内存中现存的数据(与显示波形相对应的数据)存盘,建立数据文件。用户可以采用预置文件名,也可以自己规定文件名。

3 结束语

个人仪器是80年代出现的新一代测量仪器,它在自动测试领域的巨大潜力和优点正在不断地体现出来。就以本系统而言,其信息存贮、分析处理等工作都利用了 IBM PC 机原有的软硬件资源,从而使系统的性能价格比大大提高。但是,由于本系统仅使用12位逐次逼近式 ADC,其精度特别是测量频率上限受到一定的限制。要提高系统的工作速度,必须选用高速 ADC,例如采用并行比较式 ADC,但其成本太高,精度也难保证。更好的解决办法有待进一步探索。

参 考 文 献

- [1] Jamsa K. and Nameroff S., *Turbo Pascal Programers Library*, Mcgraw-Hill, Inc (1986).
- [2] 张枳、李晓林, *IBM PC Turbo Pascal 程序设计手册*, 湖南科学技术出版社, (1988).
- [3] 张怀莲, *IBM PC (INTEL 8086/8088) 宏汇编语言程序设计*, 电子工业出版社, (1987).
- [4] 沈兰荪, *数据采集与处理*, 能源出版社, (1987).

An Expanded IBM PC Digital Oscilloscope Card and the Programming for its Driving

Sun Yinzhou

(*Department of Electronic Engineering*)

Abstract The author presents in this paper an expanded IBM PC and the compatible personal computer which are characterized by a card hardware with the abilities of digital oscilloscope and a driving software. By making use of the original hardware and software resources of IBM PC and then keeping all its original functions as the prerequisite, a sort of personal instrument storing the function of digital oscilloscope can be formed of this card and the driving program compiled by 8088 assembly language and TurboPascal language.

Key words digital oscilloscope, automatic testing, personal instrumentation