

合成孔径雷达 (SAR) 光学处理器 用的微机控制CCD图像显示系统

白雨虹 黄廉卿

摘要: 本文论述了在合成孔径雷达光学处理器中为检查数据片的成像率和质量而研制的微机控制的高分辨率CCD图像显示系统。

文中介绍了为快速数据传送而研制的硬件接口电路以及汇编语言程序的设计方法,并叙述了专用高分辨率彩色图形控制板的特点及利用,从而使该系统不仅分辨率可高达 $1k \times 1k \times 8bit$,而且调试方便,性能稳定可靠,色彩丰富,假彩色实时滚动显示,为数字图像处理提供了方便条件。

一、引 言

在信息处理飞速发展的今天,提高图像信息的分辨率已经提到日程上来。在以往的研制中,图像的分辨率一般都在 $256 \times 256 \times 8bit$,或 $512 \times 512 \times 8bit$,而要提高到 $1k \times 1k \times 8bit$,总是感到可望而不可及,这是因为要做到如此高的分辨率,不仅信息量大,速度快,而且硬件实施起来困难很多,这要涉及到硬件的速度、大量硬件电路的优化设计、电路的连接及工艺水平、各种高低频干扰的克服等等,从而限制了全硬件实施的进展。然而,雷达光学处理器数据片的实时图像显示迫切要求提高图像的分辨率,在这种情况下,我们研制了用微机控制的以软件为主的高分辨率图像显示系统,现已应用到合成孔径雷达光学处理器上。实践证明,该系统不仅分辨率高,而且色彩丰富、图像清晰,可假彩色滚动显示,当选中某一幅图像后,可停止滚动,获得一幅清晰、稳定的假彩色图像,供图像处理和分析用。

二、系统结构及主要技术指标

该系统主要组成结构框图如图1所示:

该系统主要由IBM PC/XT-286微机、高分辨率彩色图形控制板、线阵CCD器件、专用接口电路、高分辨率彩色监视器等部分组成。

主要技术指标为:

1. CCD行同步: 在 $10ms-40ms$ 内可变;
2. CCD采样频率: 在 $4\mu s-16\mu s$ 内可变;
3. CCD信号输出: $\geq 1V_{p-p}$
4. 显示分辨率: $1024 \times 1024 \times 8bit$,
5. 行频: $30kHz$

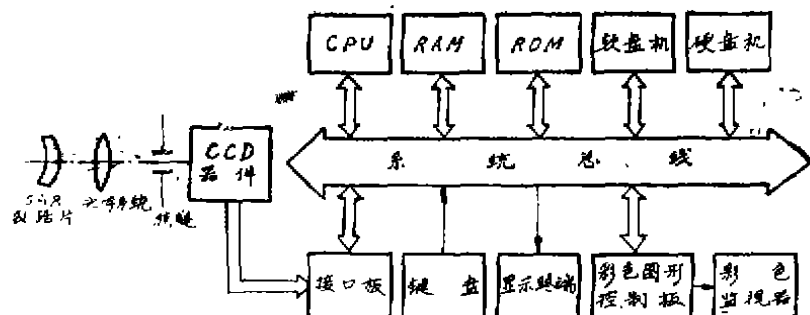


图1 微机控制图像显示系统框图

6. 象素钟: 40MHz
7. 灰度等级: 256级
8. 可假彩色编码滚动显示

三、工作原理简介

线阵 CCD 来的信号, 经专门研制的接口电路将 2048 象素采样、锁存转换成 1024 象素, 并挂在微机系统总线上, 使信号数据通过接口板送入主机内存, 主机内存的信息由安置在系统总线和视频显示存贮器之间的图形显示控制器 HD-63484 根据主机预置的参数和命令, 产生光栅扫描信号, 执行主机内存和显示存贮器之间的快速 DMA 数据传送。显示存贮器输出数据直接送到移位寄存器, 然后接到彩色查询表的地址输入, 作为彩色查询表的一个地址, 选取一组彩色数据, 通过 D/A 变换成颜色, 在彩色监视器上显示。其数据传送的全过程和滚动显示, 均由汇编语言构成的软件控制实施。

四、硬件接口电路

根据线阵 CCD 器件的特点, 以及逐行传输 1024 个象素并逐行滚动显示, 则要求接口电路即要满足与线阵 CCD 对接, 逐行写入 1024 数据; 又要通过微机系统总线与主机内存对接, 满足主机读出 1024 数据的需要。为此, 研制的接口电路采用了“乒乓”缓冲方法, 即这种技术需建立两个存贮缓冲区, 而每一个存贮缓冲区必须能容纳 1024 个象素, 要把缓冲区设计成既能与 CCD 输出相连, 又能与 PC 总线对接。在工作时, 第一个存贮缓冲区接收 CCD 来的信号, 写入第一行的 1024 个象素; 而第二个存贮缓冲区由微机来读出其数据到主机内存, 使之进行 DMA 数据传送。当第一个存贮缓冲区写满 1024 象素后, 交换存贮缓冲区, 微机读第 1 个存贮缓冲区的数据, 而第二个存贮缓冲区进行写入第二行的 CCD 1024 个象素, 而且写入与读出两者是同时进行的, 每个存贮缓冲区的数据写入与读出是交替工作的。就这样, CCD 数据经接口板到主机内存并经彩色图形控制器在彩色监视器上形成滚动的假彩色图像。

满足这种技术要求而研制的接口电路框图如图 2 所示:

下面根据图 2，叙述各有关部分的主要工作原理。

1. CCD信号的变换及数据输出

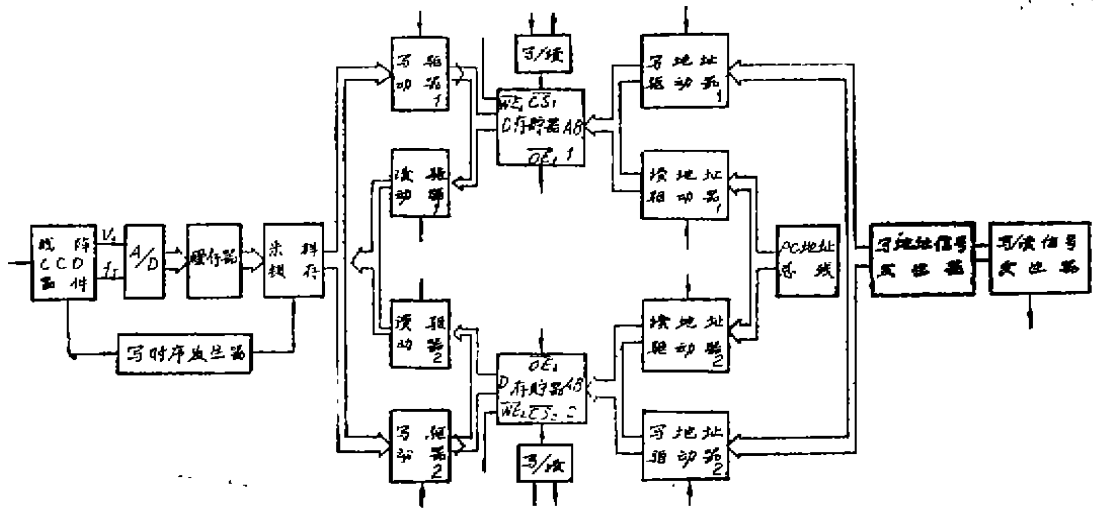


图 2 接口电路总框图

该部分包括线阵CCD器件，A/D变换器、信号缓存器及采样锁存器、写时序信号发生器等。

数据片信号经CCD光电转换成电信号，并经A/D变换器将模拟量转变成数字信号。该输出信号为每行2048象元，为稳定可靠输出，将其输出信号进行缓存，用CCD的采样脉冲 f_T 进行采样，此时稳定输出为2048象元信号。

为了得到每行1024象素的信号，需将2048象元的信号经采样，变换成1024象元的信号，故将2048输出的信号经锁存器并由写时序来的采样脉冲进行采样，将2048象元转变成1024象元信号并锁存后输出，该输出信号即为送给存贮器的写入信号。

写时序信号发生器，是将CCD来的 f_T 采样脉冲，其周期为 t ，经写时序计数器产生周期为 $2t$ 的采样脉冲，送给锁存器进行采样用。

2. 产生存贮器写地址时序及读、写控制信号

我们采用二片静态存贮器HM6116作为存贮缓冲器，该存贮器容量为 $2k \times 8bit$ ，我们需要 $1k \times 8bit$ ，故写地址计数器为10位。

写地址时序发生器是由计数器组成的，该计数器在CCD行同步正程期间进行计数，计数脉冲 cp 为CCD采样脉冲 f_T ，当计满1024后，计数器保持，在CCD行同步逆程期间清零，该10位计数脉冲输出经驱动器送给存贮器作为写地址时序。

存贮缓冲器及其有关的各种驱动器的写、读控制信号由计数器产生，该计数器的输入 cp 脉冲为CCD行同步脉冲，其周期为 T ，经计数器变换为 $2T$ 脉冲，将此 $2T$ 脉冲倒相，产生正反两种脉冲，分别送给写、读控制电路，来控制存贮缓冲器是写入还是读出。

3. 存贮缓冲器的写、读操作与数据传送

该部分由存贮缓冲器1，存贮缓冲器2，数据写入驱动器、数据读出驱动器，写/读控制器、写入地址线驱动器、读出地址线驱动器等组成。

其工作原理为：当CCD来的第一行1024象素信号准备好后，由写时序地址发生器产生

的地址信号经写地址驱动器送给存贮器 1 的地址线 AB 上, 这时写、读控制器的写输出有效, 选中片选信号 \overline{CS}_1 , 使得该存贮器的写使能 \overline{WE}_1 打开, 而读使能 \overline{OE}_1 关闭, 这样 CCD 信号经写入驱动器 1 送入存贮器 1 的数据口 D_0-D_7 , 而存入相应的单元中去。当存贮器 1 存满 1024 像素信号后, 这时在读时序控制下选中片选信号 \overline{CS}_1 , 此时读时序有效, 该存贮器 1 的地址线 AB 经读地址驱动器与 PC 地址总线相连, 存贮器 1 写使能 \overline{WE}_1 关闭, 而读使能 \overline{OE}_1 打开, 这时, 存贮器 1 中的数据经数据口 D_0-D_7 输出, 经读驱动器 1 送给 PC 数据总线上, 在程序作用下, 数据进入主机内存, 完成第一行的数据传送任务。

在微机进行第一行 1024 像素信号读操作的同时, 存贮器 2 正进行着 CCD 第二行 1024 像素信号的写入操作。即写时序地址发生器的地址信号经写地址驱动器送给存贮器 2 的地址线 AB 上, 写、读控制器的写输出有效选中片选信号 \overline{CS}_2 , 使得该存贮器的写使能 \overline{WE}_2 打开, 读使能 \overline{OE}_2 关闭, CCD 来的信号经写入驱动器 2 送入存贮器 2 的数据口 D_0-D_7 , 存入相应的单元中去, 即存满第二行 1024 像素信号。

这样, 微机在读出存贮器 1 的数据同时, 存贮器 2 正在写入 CCD 数据, 然后再在写、读控制器作用下, 微机又开始对存贮器 2 进行读操作, 同理, 读出第二行 CCD 1024 像素的信号, 在这同时, 存贮器 1 又进行第三行的 CCD 1024 像素信号的写入操作……依此下去, 周而复始, 两个存贮缓冲器进行交替写、读操作, 完成数据的传输。

在程序作用下, CCD 信号经接口电路逐行地进入主机内存, 经彩色高分辨率图形控制板将数据进行假彩色编码后送给彩色监视器上进行假彩色逐行滚动显示, 当选中一幅后可停止滚动, 而获得一幅清晰的、色彩鲜艳的假彩色图像, 供分析解释用。

4. 产生主机内存口地址

该部分由 PC 总线 $A_{12}-A_{21}$ 及或门组成。存贮缓冲器的数据在程序作用下, 送入主机内存, 其口地址由 PC 总线有关位及或门变换而产生, 口地址分别为 A000H 和 A800H。A000H 作为存贮器 1 的数据读出口地址, A800H 作为存贮器 2 数据口地址。

5. 高分辨率彩色图形控制板

在我们研制的系统中, 使用了中国科学院科理高技术公司推出的“高分辨率彩色图形控制板”(以下简称图形板), 该板是专为 IBM/PC-XT, AT 或兼容机所配置的一种高分辨率图形显示卡, 该板的特点是:

- 分辨率高, 最高可达 $1024 \times 1024 \times 8\text{bit}$ (隔行扫描)
- 有先进的可编程的 HD-63484 为核心芯片的图形显示控制器;
- 有 1 兆字节的显示存贮器, 可直接与主机内存进行数据交换;
- 可支持 8 位或 16 位总线系统;
- 可同时显示 256 种颜色;
- 软件功能丰富;

该图形板由专用硬件组成, 包括接口电路时序和控制逻辑, 图形显示控制器 HD-63484、显示存贮器、移位寄存器, 彩色查询表和 D/A 转换器等组成。

图形板是专门用于图形作图并显示的高性能控制板, 可与主机内存直接映射变换等特点。该图形板可进行点、线、弧、圆、椭圆、多边形、平移、滚动等多种作图功能, 它具有图形软件包, 因而对于作图及图形变换非常有用。而我们所研制的系统中, 是要进行图像数据的快速传输, 并满足 CCD 像素的特点, 因而, 我们经过多次实验改装、变换, 而利用了该板的硬件优势, 采用汇编语言, 编制成适合我们需要的软件系统, 来进行高分辨率的图像

滚动显示，因而经过开发和利用，使该图形板又扩大了应用范围，使之适合于图像处理的需要。

五、程序简介

任务要求逐行滚动显示，根据这个要求所编程序即要传输快，又要便于调试，流程清晰明确，而且要考虑充分利用已有图形板上的软件，因此在程序设计中，使用了速度快的汇编语言，本程序采用模块化工作方式，即主程序只是简单的调用子程序及子程序嵌套，主要工作内容都在子程序中。

首先，根据要求编写汇编语言的程序标准序，然后调用初始化子程序，使整个图像显示系统初始化。系统初始化完成后，清屏，并保存好从接口写入主机内存的数据。最后再调用 DMA 显示子程序 DMA DISPLY，将主机内存的数据，经图形板上的显示存贮器和彩色编码后，送到彩色监视器上显示。该系统程序要调用很多子程序，下面介绍两个主要的子程序。

1. 系统初始化子程序

图形板必须按两个独立的步骤初始化。第一步，解除复位状态；第二步，对 HD-63484 芯片进行编程并对色调盘初始化。INIT8子程序流程图如图 3。

在系统开始工作之前，首先置图形板为初始状态。然后调用 SART 10(bit) 子程序，来设置图形板上每个像素的位数。再调用 SPORTS ($add_1, add_2, \dots, add_3$) 子程序，来确定系统中图形板的口地址。接着调用 M1K768 子程序初始化图形板的控制寄存器，设定显示器的分辨率为 $1024 \times 1024 \times 8\text{bit}$ ，为单方式显示，隔行扫描，行频为 30kHz ，像素钟为 40MHz 。最后再调用 LDPAL 子程序，使每个像素在 8bit 情况下，装入缺省颜色值到彩色查询表中，每种颜色可由它在彩色查询表中的颜色号取出。

至此，INIT8子程序结束，整个系统初始化完毕，返回主程序。

2. DMA 传送数据显示子程序

该程序为本系统的主要程序，完成主机内存和显示存贮器之间进行数据传送并最后在彩色监视器上显示。DMA 传送数据显示子程序流程图如图 4。

(1) 在向图形板发送任何命令之前，DMA 使能位一定要置 1，即打开 HD-63484 的 DMA 传送方式。

(2) 对主机 DMA 控制器 8237 进行初始化。

(3) 对图形板 HD-63484 进行初始化。首先使 HD-63484 命令控制寄存器的 DMA 位置 1，使其做 DMA 数据传送；接着向 HD-63484 发送 DMA 命令：DWT (DMA 写) — 从 PC 到图形板，再将读写指针 (RNP) 指向帧缓冲器数据的起点；发送 DMA 写操作码到图形板的基地址，后随两个 16bit 的参数，这两个参数定义帧缓冲器的矩形区 x 方向值，第 2 个参数定义要传送的垂直行数。

(4) 确定 DMA 传送的主存贮器起始地址。DMA 传送操作一次最多可传送 64k 字节，如果大于 64k 字节，则系统将被挂起。

(5) 确定 DMA 传送的显示区域

(6) 执行从主机内存到图形板显示存贮器间的 DMA 传送。

(7) 当写满一行后 ($1024 \times 1 \times 8\text{bit}$)，使整个屏幕向上滚动一行，如此循环，完成一幅

图像的全屏幕显示。

(8) 写满一幅图像后, 判断是否还要继续传送下一幅图像。如是, 则重新确定主存贮器起始地址, 接着继续进行 DMA 数据传送和显示。否则, DMA 数据传送显示子程序结束, 返回主程序。

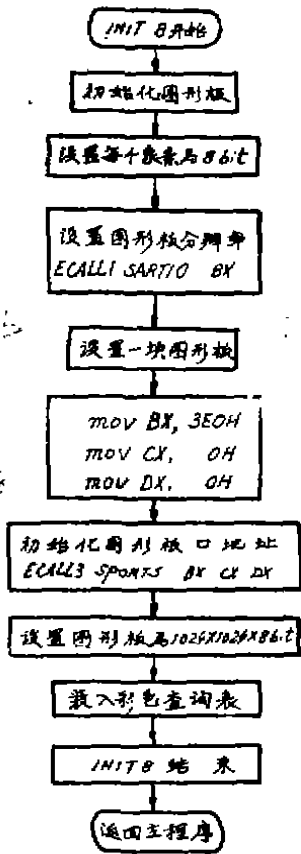


图3 初始化子程序流程图

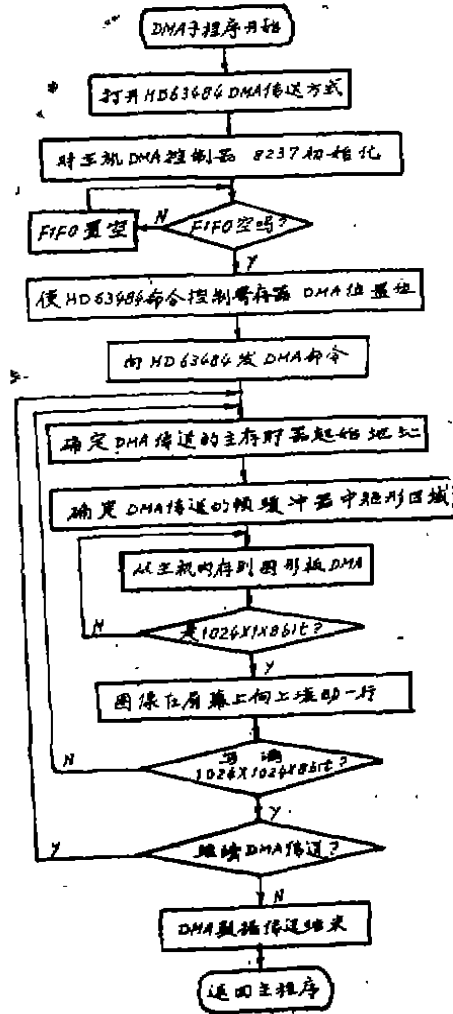


图4 DMA 传送显示子程序流程图

六、结 束 语

我们研制的微机控制高分辨率 CCD 图像显示系统, 已在合成孔径雷达光学处理器上付诸实际应用。实用结果表明, 该系统性能稳定可靠, 图像清晰, 色彩鲜艳, 分辨率大大提高, 为雷达数据片的实时快速分析与解译, 提供了可靠的方便条件。

该系统不仅用于雷达光学处理器上, 而且可用于遥感或其它学科图像处理中作为高分辨率图像显示用。

参加本工作的还有刘荫田、于前洋、郝志航、耿玉芝、杨桂琴等同志。

参 考 文 献

- [1] 黄廉卿等:《光学机械》,第5期,1988年
- [2] 黄廉卿等:《航空遥感实用系统与应用》,能源出版社,1989年
- [3] “DS—GCB(6)”彩色高分辨率图形显示控制板软件库说明中国科学院科理高技术公司,1987年
- [4] [美] L.C.埃杰布赖奇特著:《IBM PC接口技术》海洋出版社,1988年

A Computer-controlled CCD Image Display System for the Optical Processor of a Synthetic Aperture Radar

Bai Yuhong Huang Lianqing

Abstract

This paper describes a computer-controlled CCD image display system with high resolution, which has been developed for checking the imaging efficiency and quality of the datum negative in the optical processor of a synthetic aperture radar.

The hardware interface circuits for quickly transferring data and the design of assembly language programs are also introduced. With the specific high resolution colour graph-controlled circuit board the resolution of the system can be up to $1k \times 1k \times 8$ bits, hence it is very convenient to adjust and test. The system is stable and reliable in properties and abundant in colours. The pseudo-colour real-time rolling display provides convenient conditions for digital image processing.