

# SAR 光学处理器输出图像的实时处理装置

文大化

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

**摘要** 合成孔径雷达获得的图像是一种准全息图像。它通过光学相关器转换成可见光图像信息。本论文研究的内容是把这种光图像信息,在通用的监视器上实时显示的转换装置。它由光学系统、线阵 CCD 像机和帧存储实时显示系统三个部分组成。光学相关器输出的光图像信号通过光学系统成像在线阵 CCD 像敏元上,并转换成电信号,通过帧存储实时显示系统按照电视体制输出,在监视器上实时显示。图像的各种显示方式由单片机控制。

**关键词:** 成孔径雷达; 线阵 CCD; 帧存储

## 1 前 言

微波遥感最突出的特点是在全天候情况下工作,云、雨、雾对可见光和红外都有强烈衰减作用,但对微波影响不大。

合成孔径侧视雷达(SAR)正是这种微波遥感仪器,由于它具有上述特点,因此,不仅能用于军事,还可用于民用。如:洪水监测等。它可以全天候地实时获得数据,这对监测洪水的情况、受灾范围和发展趋势,指挥抗洪救灾有着重要意义。

我国是一个汛情频繁、复杂且分布面很广的国家。每年6月至9月期间,国家及各地区的防汛指挥部门均安排了大量人力物力监测汛情变化,据此迅速作出相应的决策。自1989年起,在国家科委统一组织下,由水利部牵头,国内十余个单位联合参加的“防汛遥感应应用试验”研究课题,建成了基于SAR的全天候遥感系统。如图1所示。SAR光学处理器输出图像的实时处理装置是根据整个系统总体要求研制的。

本文将阐述的SAR光学处理器输出图像实时处理装置,包括线阵CCD像机和帧存储实时显示设备两部分。

合成孔径雷达获得的原始数据, 必须通过光学相关器将全息图像转换成可见光图像信息, 再经线阵 CCD 像机转换成电信号, 为帧存储实时显示系统提供原始电信号。帧存储实时显示设备进行现场显示, 并产生全视频信号, 经发送、接收无线装置送往远处的防汛指挥部, 进行实时显示与记录。CCD 像机的信号经处理后, 还送往“数据压缩处理装置”, 并经卫星小站将数字量信息传送到防汛总指挥部。

这里的实时显示为准实时显示, 因为它不是飞机在空中飞行记录的同时进行显示, 而是在飞机返回基地, 将数据胶片冲洗之后(约 20 min), 才进行信号处理显示, 数据压缩处理送出的图像也是准实时的。通常, 在产生数据胶片之后要经光学处理器产生可见光图像的负片, 再经翻印、冲洗、干燥、拼接后才能送到用户手中。采用这套实时显示装置后, 可使用户提前 4 h 以上看到图像。

另外, 此设备在正式拼接灾情地图时, 可以提前选择出有用部分进行回放, 这样可节省大量人力、物力。

帧存储实时显示在完成现场显示的同时, 还可用录像机进行现场录像, 作为资料保存。

## 2 SAR 光学处理器输出图像的实时处理装置技术指标及原理设计

### 2.1 SAR 光学处理器输出图像的实时处理装置主要技术指标

· 飞机给出信号的行频和时钟应根据速高比的不同而不同, 为适应各种速高比, 行频取 400 Hz、200 Hz、100 Hz、50 Hz 四种, 在通常显示状态中, 显示行频为 100 Hz, 它的时钟对应为 256 kHz。

· 帧存储实时显示系统显示方式为  $512 \times 512$  像素。

· 帧存储实时显示系统应具有上下滚动显示方式及左右滚动显示方式, 每种显示方式还具有停滚功能。

· 输出形式为电视体制的全视频信号, 输出幅度  $V_p - p = 1V$ , 同步头为 0.3 V (负极性), 输出阻抗  $75 \Omega$ 。

· 数字量传输输出数据频率为 256 kHz, 行频与 CCD 像机相同。

· 帧存储实时显示系统应具有自校功能。

### 2.2 SAR 光学处理器输出图像实时处理装置的原理设计

我们知道光学相关输出信号是光信号, 如果要想在监视器上显示出图像, 首先必须把光信号变成电信号。用线阵 CCD 像机作光电转换装置是个很好的选择。因 CCD 器件具有灵敏度高、动态范围大、分辨率高、线性好、精度高、体积小、重量轻、寿命长等一系列优点, 目前在很多

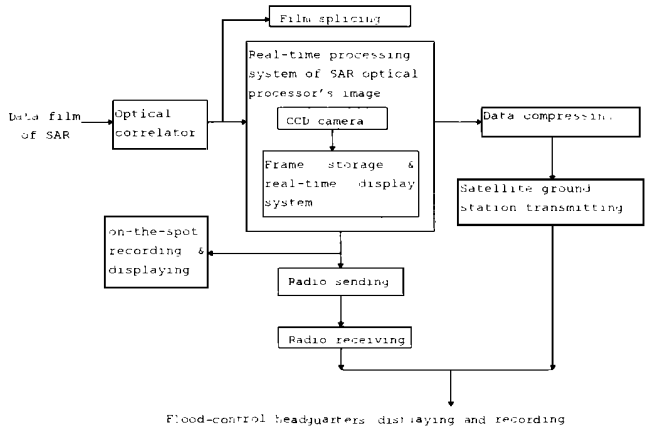


Fig. 1 Flood monitoring and measuring system

领域中,在可见光和红外范围内,都是采用 CCD 器件来作为光电转换器件。

CCD 像机输出信号经 A/D 转换后,分成两路,一路按照 256 kHz 的频率进行数字量输出,送至数据压缩处理装置。另一路,送往帧存储实时显示系统,产生全视频信号进行实时显示。如图 2 所示。

由于目前一般监视器的分辨率都是 500 - 700 条线左右。所以图像在监视器上显示方式定为 512 × 512,也就是说,主存每帧的存储量是 512 × 512 个像素。

按照我国电视标准:

行频  $F_h = 15625 \text{ Hz}$

场频  $F_v = 50 \text{ Hz}$

CCD 像机输出的信号体制,不能满足电视体制要求,因此要想实时显示,必须进行信号体制转换,其方法是,先以 CCD 像机信号体制把信息输入缓存,在帧消隐时间内,把缓存里的信息移到主存中,然后按电视体制要求。读取主存信息,经全视频合成后,进行实时显示。缓存和主存所需地址、读写信号、显示方式、控制等都由时钟及时序控制单元产生。这些显示方式的选择是通过面板操作,由单片机给出。

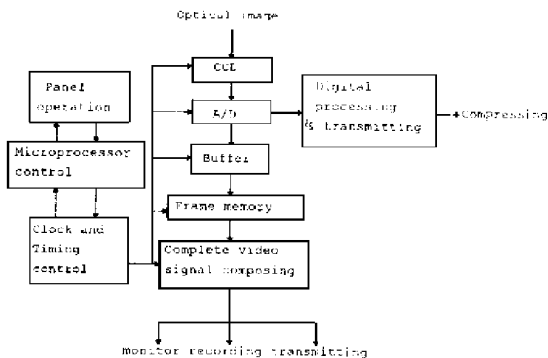


Fig. 2 Real-time processing system of SAR optical processor's image block diagram

### 3 光学系统设计

合成孔径雷达获得图像是 70 mm 的全息胶片,这种图像信息,不能被人的视觉接受,它只有通过光学相关器处理之后,才能够形成图像。

70 mm 的全息胶片,通称为数据胶片。胶片上的全息图通过光学相关器处理之后,获得的光信息图像宽度只有 60 mm 左右。要想使 60 mm 宽的光信息图像成像在 26.6 mm 长的 CCD 光敏元上,我们设计了一套光学系统。如图 3 所示。

光学相关器的光信号,通过棱镜分成二束光路,其中 70% 的光能量透一特制的棱镜,成像在成像胶片上进行曝光,用来制做胶片进行拼图。而其余 30% 的能量,通过棱镜分束面反射到 CCD 光敏元上,再经帧存储将 CCD 输入体制转换成电视体制,在监视器上实时显示图像。

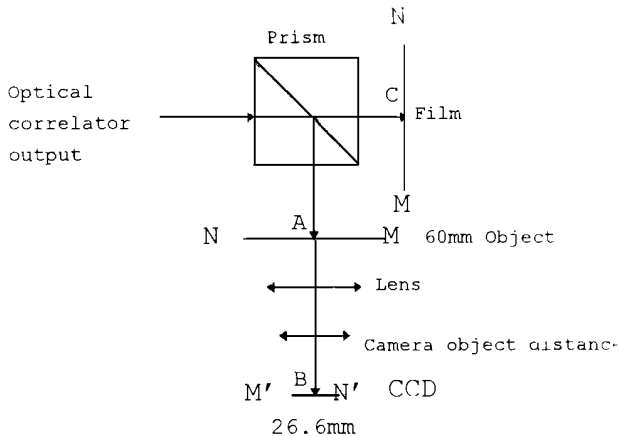


Fig. 3 Optical imaging system

为了使 60 mm 宽的光图像信息能够成像在 26.6 mm 长的 CCD 光敏元上,我们购买了一个现成的理光照相机镜头,它的焦距  $f_{\text{照}}=50\text{ mm}$ ,相对孔径 1:1.7,并且配制了一个透镜,它的焦距  $f_{\text{透}}=112.8\text{ mm}$ ,相对孔径为 1:3.83。前后移动透镜的位置和调解照相机镜头的焦距就可以使 60 mm 宽的光图像信息正好成像在 26.6 mm 长的 CCD 光敏元上。

## 4 CCD 摄像系统和 A/D 转换电路的设计

CCD 像机中的 CCD 芯片选用的是美国仙童公司生产的 CCD143A 芯片。

CCD143A 是 2048 像元、线阵 CCD 器件,双边输出,传输速率高达 20 MHz。它的光敏元阵列长度为 26.6mm。

根据总体要求,帧存储实时显示系统的显示方式为  $512 \times 512$ ,因此,我们只需要选择 CCD 单边输出。即 1024 像元。

A/D 转换器中的 A/D 器件选择是 RCA 公司的 CA3318,它是 8 位 A/D 器件,速度为 15 MHz,CMOS 电路结构,参考电压 5 V。

CCD 摄像系统和 A/D 转换电路其目的就是将光图像信息转换成电信号,再通过 A/D 使模拟量信号转换成数字量信号,经锁存后,送到帧存储实时显示系统。

## 5 帧存储实时显示系统技术指标及原理设计

### 5.1 缓存电路原理设计

缓存体是用来存储由 CCD 得到的并经过处理后的数字化数据。

它是由缓存体 A 和缓存体 B 组成,每一个缓存体都是由 52256 ( $32\text{k} \times 8$ ) 静态存储器构成。

缓存体的工作过程如下:当缓存体 A 处于写入状态,则缓存体 B 处于读出状态,这时,写入地址送到缓存体 A,读出地址送到缓存体 B,在帧消隐时间外,CCD 数据按照 CCD 传输体制写入到缓存体 A,在帧消隐时间内,缓存体 B 把上一帧写入的数据,以主时钟频率(12M)读出送到主存,在下一帧信号到来时,缓存体 B 处于写入状态,而缓存体 A 处于读出状态,这样,周而复始,完成了数据缓存。

### 5.2 滚动电路原理设计

滚动电路是为了实时图像能够呈滚动状态而设计的,其作用有二个,一是使图像能够滚动,二是使图像在上下滚动的基础上还可以实现左右滚动。

#### · 图像滚动的形式

图像的滚动是由于主存的行地址变化而产生的。以上下滚动为例,在滚动中主存的列址不变,而它的读出行地址将要和附加地址(写入地址)通过加法器,形成主存的读出行址,从而使图像能够滚动。

主存的写入行地址和读出行地址是不同的,实际上是用附加行地址定下电视显示的起始行址,而电视行地址是决定各行信号显示的顺序。

#### · 左右滚动的产生

为了更好地表示飞机运动方向与地面图像扫描方向的一致,我们对图像滚动方式有了更高的要求,不但要求图像能够上下滚动,而且还能使图像左右滚动。这就增加了逻辑控制的复杂性。为了使图像在上下滚动的基础上,形成左右滚动,本文采用的方法是,当图像上下滚动变成左右滚动时,主存的行列地址互换,即:主存原来的行地址改成列址,而把主存原来的列地址改成行址。这种改变,只是主存读出地址变化,而主存写入地址的行、列不变。其方法简单易行。

### 5.3 主存电路的原理设计

主存芯片选择 8 片  $32\text{ k} \times 8$  静态存储器。主存的写入/读出地址是 18 位,其中最高三位用来控制译码器产生片选信号。

主存的写入数据也就是缓存的输出数据,主存的读出数据被送到全视频合成电路。由于主存的数据输出应满足电视体制中的要求,因此,选用复合消隐信号做为主存片选数据输出的允许信号。

主存的工作过程:

当缓存读出数据送到主存时,主存通过片选信号,提供主存地址,在消隐时间内,把数据写到主存地址中,而在帧消隐时间外,主存一直处于读出状态,这时主存的输出允许由复合消隐信号控制。它在行、场消隐时间内,主存不读出数据,而在行、场消隐时间外,主存按主存地址读出数据,此时的数据是完全按电视体制送出。

### 5.4 全视频合成电路的原理设计

全视频合成电路是把数字量变成模拟量后再与“时钟控制电路”提供的复合消隐、复合同步信号合成,经放大器处理后形成全视频信号。

全视频合成电路的 D/A 器件,选用的是 TDC1016,它是一个 8 位 D/A 转换器,它的输出为负,当数字量输入为全“1”时,它的模拟量输出约为  $-1\text{ V}$ ,输入为全“0”时,输出为  $0\text{ V}$ 。

消隐、同步合成电路的目的是使复合消隐信号和复合同步信号,合成为一个信号。它的输出部分采用一个集电极输出电路,当 D/A 输出有信号时,此时,该电路输出管截止,其阻值针对放大处理电路的输入阻抗呈现“高阻状态”。这时,消隐、同步合成电路不影响 D/A 的输出,D/A 输出的图像信号直接送放大器处理。在复合同步和复合消隐时间内,D/A 输出为零,此时消隐、同步合成电路有输出,这样消隐同步信号被送到放大处理电路,形成了全视频信号。

放大处理电路中,各电阻均尽量采用低阻值,其目的是为了更好的抑制噪声。对各电源均采用 LC 滤波,全视频输出有  $75\ \Omega$  匹配电阻,其输出信号峰-峰值为  $1\text{ V}$ 。

### 5.5 时钟及时序控制单元设计

时钟及时序控制单元是整台设备的核心,它不但产生了所有的同步信号、消隐信号,也产生了所有的控制信号和主存、缓存的写入、读出地址等。

在时钟及时序控制单元中,主要应产生三种频率的时钟信号。其一是按电视体制产生的行、场、帧同步和消隐信号,用来产生电视体制的写入信号、主存的写入、读出地址,片选信号,控制信号和主存写信号等等,其二是 CCDCK 时钟,它在不同的行频时,有不同的值,在通常情况下,行频为  $100\text{ Hz}$ ,它对应的时钟为  $256\text{ kHz}$ ,它做为 CCD 信号体制的基本时钟,按 CCD 信号体制要求产生各种 CCD 驱动信号以及缓存写入信号和缓存写入地址。其三是数字量传输体制时钟 CK5,它也是  $256\text{ kHz}$ ,它是根据总体要求而定的,用来控制数字量传输频率。

### 5.6 单片机控制电路原理设计

单片机控制电路主要有三种功能

第一, 通过面板操作控制各种显示方式。

- 上下、左右显示方式
- 400 Hz、200 Hz、100 Hz、50 Hz 行频选择
- 工作/自校、停/滚显示方式。
- RESET 功能

这些显示方式是由操作人员在面板上操作后, 再经 8031 单片机自动执行程序, 通过译码器来控制各个锁存器的片选进行选择, 并在面板上直观表示出来。

第二, 单片机电路利用软件, 编写并产生自校信号。自校信号有方格、16 灰阶和 256 对线, 用来调试仪器和观察仪器是否正常。

第三, 用来控制 8253 可编程控制器产生数字量传输的行频信号/SYN 和为了产生缓存写和缓存地址计数器的行清零信号 CLR3A 和 CCD 行频/PHX。

单片机控制电路的软件是用汇编语言设计, 它与系统硬件配合, 用模块方式设计, 单片机每执行完一子程序都返回到主程序, 以便进行下一步操作。

## 6 数字量输出电路原理设计

防汛遥感监测系统对于数字量传输部分的要求如下:

每行传输的数据量为 512 个像元, 对于不同的行频, 传输速率均为 256 kHz。为了同步, 在传输时, CCD 的时钟和行频将和 CCD 数据一起送到数据压缩处理系统, 数据是 8 位。

数字量传输也是一种体制转换, 它把 CCD 给出的由于行频的不同, 传输频率不一样的数据均按照 256 kHz 频率传输给数据压缩处理。

数字量存储体和缓存体一样, 也是分为二组存储体 A 和存储体 B, 每一组存储体由 2 片  $1\text{k} \times 4$  静态存储器构成, 它们交替工作, 构成数字量存储体。

## 7 结 束 语

SAR 光学处理器输出图像的实时处理装置, 利用线阵 CCD 作为光电转换器件, 解决了将光学处理器输出的合成孔径雷达全息图像转换成电信号, 并能实时地将慢扫描体制转换成标准电视体制, 在监视器上实时显示。

该仪器采用单片机控制, 使帧存储实时显示系统操作灵活、使用方便。

这套处理装置已在国家“防汛遥感应用试验”中得到应用, 它的各种显示方式, 能够较好地显示洪水泛滥情况, 尤其是它的左右滚动显示方式, 能使观察者在监视器前观察受灾图像, 如同坐在飞机上观察受灾现场一样真实。

SAR 光学处理器输出图像的实时处理装置, 还可应用在军事侦察, 城市规划遥感、森林防火遥测等方面, 具有广泛应用领域和发展前景。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 张以谟. 应用光学. 北京: 机械工业出版社, 1983
- [ 2 ] CCD Imaging and Signal Processing Catalog and Applications Handbook. CCD Solid State Imaging Technology. Fairchild Weston Systems, 1987
- [ 3 ] Jones Rober, et al . Optical Triangulation using a CCD array with sub-pixel resolution. Proc SPIE , 1988, **1010**: 25 ~ 30
- [ 4 ] 黄廉卿等. CCD 图像存储与显示系统. 光学机械, 1988, (5) 49 ~ 55
- [ 5 ] 李秉操等. 单片机接口技术及在工业控制中的应用. 西安: 陕西电子编辑部, 1991
- [ 6 ] 国家科委国家遥感中心编. 空间遥感技术综合应用预测及效益分析. 北京: 学术期刊出版社, 1988

## Real-time Processing System of SAR Optical Processor's Image

Wen Dahua

(*Changchun Institute of Optics and fine Mechanics,*  
*Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022*)

### Abstract

The image acquired from synthetic aperture radar is a holographic image. It is transformed into visible light image through optical correlator. The content discussed in this paper is a device which transforms the light image information and displays it on common monitor. It consists of three parts: optic system array CCD camera and frame storage & real-time display system. The light is imaged on array CCD image pixels through optic system and transferred into electronical signal. This signal then is changed into video signal by frame storage & display system and real-time displayed on monitor. Different modes of displaying image are controlled by microcomputer.

**Key words:** Synthetic aperture radar, Array CCD, Frame storage

文大化 男, 1960 年生, 毕业于长春光学精密机械学院光学电子专业。在长春光学精密机械研究所获得硕士学位。从事电子技术及数字图像处理的研究工作。先后参与了几项国家和中科院重大课题的研究, 其中“防汛遥感应用试验”课题, 1991 年获水利部科学进步一等奖, 1992 年获国家科学进步一等奖。“CCD 动态参数测试仪”课题, 1994 年获中科院科学进步三等奖。