

# 毫米波引信数字信号处理系统设计\*

傅 强 吴建辉 郁文贤

(国防科技大学电子技术系 长沙 410073)

**摘 要** 本文介绍用 AD9048 视频闪烁型 A/D 芯片、TMC2310 高速矢量处理器和 TMS320C25 微处理器所设计的超高速可编程毫米波引信数字信号处理系统,给出了系统硬件结构框图和信号处理算法流程。

**关键词** 数字信号处理, 数据采集, 微处理器, 毫米波引信

**分类号** TJ439, TN99

## A Digital Signal Processing System Design for Millimeter Wave Detonator

Fu Qiang Wu Jianhui Yu Wenxian

(Department of Electronic Technology, NUDT, Changsha, 410073)

**Abstract** This paper introduces an super high speed digital signal processing system designed by us with AD9048 video flash ADC, TMC2310 vector signal processor and TMS320C25 microprocessor. The hardware architecture and the flow diagram of signal processing algorithms are presented in detail.

**Key words** digital signal processing, data acquisition, microprocessor, millimeter wave detonator

毫米波引信是由两种体制复合而成的无线电引信,其中脉冲多卜勒体制用来实现目标的速度测量,线性调频体制用来实施目标的距离测量。毫米波引信系统根据这样测得的多通道目标信息进行目标检测与判别,并根据参数估计的结果选择相应的时延,适时给出引爆信号。

本文报道所研制的毫米波引信数字信号处理系统,用于实现引信系统信号实时处理、目标检测判定、目标参数估计、引爆信号准确生成等功能。该系统主要技术指标为(1)系统处理时间为 0.94ms。

系统处理时间是指从 FFT 运算结果的积累起点对应的数据采集、处理和运行时间

\* 航天技术预研基金资助,国防科工委科技进步二等奖项目  
1995 年 5 月 24 日收稿

的总和。

- (2)距离通道和速度通道的数据采集速率分别为 10MHz 和 1MHz，分辨率为 8bits。
  - (3)加窗 FFT 硬件，带外抑制大于 30dB/oct，带内纹波抑制小于 1.5dB。
  - (4)能抑制速度通道内部的固定干扰。
  - (5)能选择增幅速率，软件延时、调整和生成引爆信号。
- 本文着重介绍该系统的设计思想及信号处理算法流程。

## 1 系统构成

毫米波引信数字信号处理系统的设计主要是针对系统所需完成的功能和技术指标要求来进行的。其功能和指标主要的有：(1)双通道信号高速采集；(2)目标判定总时间小于 1ms；(3)系统结构尺寸较小。为了实现上述指标，特别是系统结构尺寸的限制，设计时把处理系统分割成四个部分。各个部分的组成及其实现的功能如下：处理系统的第一部分采用高速模数转换芯片 AD9048 对两路信号进行数据采集。由于距离信号和速度信号的频率范围分别为 0.2~4MHz 和 10~200kHz，所以将两个通道的采样频率分别控制在 10MHz 和 1MHz，第二部分采用 TMC2310 对两路的数字信号进行 FFT 运算，完成频谱分析。第三部分采用 TMS320C25 单片机，进行系统控制和信号的逻辑分析、处理，形成引爆信号。第四部分为调试接口，主要是为了便于微机调试和控制，完成微机对 C25 和各内存的控制。

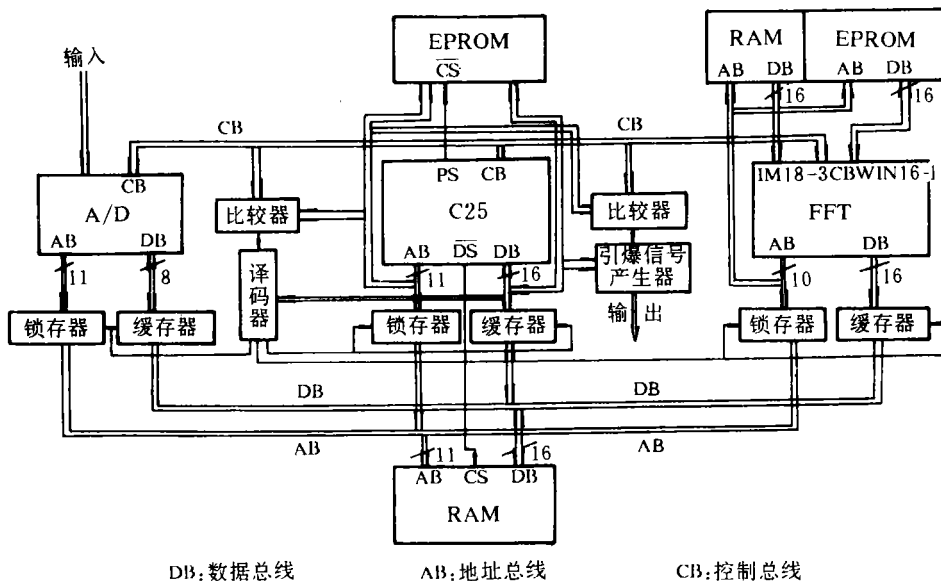


图1 系统组成框图

图1为处理系统的组成框图。图1的A/D部分是毫米波引信数字信号处理系统的前端电路。它主要由模拟开关、前置衰减放大器、A/D转换器及其外围电路、采样控制电路组成。该部分的核心部件是AD公司的AD9048视频闪烁ADC芯片，其转换速率最高可达35兆采样点/秒，分辨力为8位，模拟输入范为-2~0V。前置衰减放大电路用于实

现输入信号动态范围与 ADC 参考电压门限之间的良好匹配。采样控制电路由地址产生器、采样点数计数器与组数计数器组成。它接受来自 C25 板的组数控制信号与写启动信号。在电路设计中,只用一块 A/D 芯片来完成两个通道信号的模数转换,由采样控制电路产生的通道选择信号来自动地同时切换时钟、触发信号和两个通道的模拟输入信号。

FFT 模块主要完成由 A/D 采集结束后传送过来的两路数字进行信号的频谱分析。基于速度方面的考虑,这里采用硬件方式来实现,选择的器件是由 TRW 公司生产的 TMC2310 芯片。该芯片是专门为 FFT 变换设计的新型芯片,1024 点 FFT 运算时间为 512ms,64 点 FFT 运算时间为 20.98ms。对于毫米波引信数字信号处理系统,需要对两路输入信号各进行 5 次 64 点 FFT 运算,总共需要 10 组 64 点 FFT 运算。由 TMC2310 芯片的特性参数可知,该器件能够同时进行 10 组的 64 点 FFT 运算,其总运算时间为 193.55ms $((384 \times 10 + 31) \times 0.05)$ 。在电路设计中主要针对的频谱是不带窗口或带实窗口的 FFT 运算。

C25 模块是整个处理系统的控制和计算中心。它担负操作为:(1)控制 A/D 部分双通道数据的采集,存储器的切换;(2)TMC2310 的初始化、存储器的切换、参数设置、系统的启动和结束控制;(3)TMS320C25 存储器的切换,其它模块间的通讯;(4)软件方面的运行;(5)引爆信号的形成;(6)与微机间的数据通讯。

TMS320C25 是 TI 公司专门为高速数字信号处理而设计的单片机,芯片的最高运行时钟为 40MHz,单周期指令为 100ns。从运算速度来看,它能够满足系统从采集到引爆信号输出的总时间要小于 1ms 的要求。

## 2 信号处理算法流程

整个处理系统的软件包括信号处理算法、各处理单元运行控制软件、接口调试通讯软件等。这里主要讨论信号处理算法。

信号处理算法主要用于实现目标检测、干扰抑制和引爆延时估计等。整个算法流程如图 2 所示。图中各部分的功能及内容简述如下:

### (1) A/D 及硬件 FFT

FFT 的窗函数选 Hamming 窗,其形式为

$$W(n) = 0.54 - 0.46(2\pi n/N),$$

$$n = 0, 1, \dots, N - 1$$

其中  $N=64$ 。Hamming 窗的主要参数如下:

3dB 带宽:  $B = 1.3 \Delta W (\Delta W = 2\pi/N)$ ; 最大旁瓣峰值:  $A = -43\text{dB}$ ; 阻带内最大纹波为  $-60\text{dB}$ ; 通带内振荡基本消失。

### (2) 先验参数库

存储于单片机处理系统的先验参数主要包括如下内容:目标速度和距离的大致经验

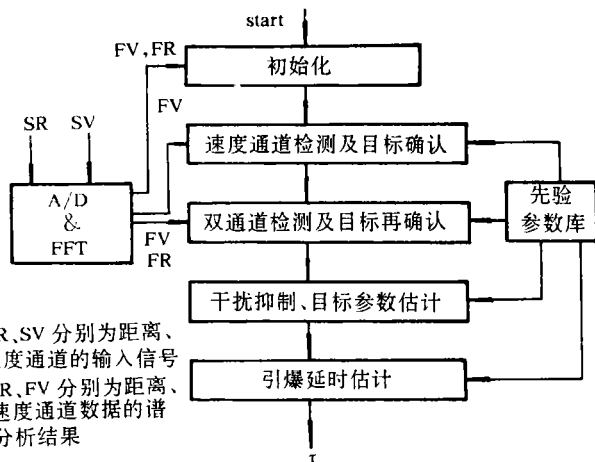


图 2 系统的算法流程

参数,速度通道内部固定干扰的频率范围,假目标的速度和距离特性,增幅速率选择及检测门限参数,引爆延时时间估计的经验参数。

根据上述先验参数,可以有效地提高目标检测和确认的实时性和有效性,同时还可以增强整个处理系统的可靠性。

### (3)初始化

该模块是用于获取两路通道在检测到目标之前的数据,并存储相应的谱分析结果。速度通道和距离通道,均采用对连续8组采样数据求平均的方法进行初始化。通过初始化,处理系统获得了目标的两路通道初始状态,从而提供了后续目标检测的比较值。

### (4)速度通道检测

该模块完成对速度通道的目标检测。在速度通道数据加窗后,硬件FFT的谱结果为

$$F_v(i) = (f_v(0), f_v(1), \dots, f_v(31)), \quad i \text{ 为数据批次}$$

从而可以获得感兴趣频率点集内的幅值积累结果  $W_v(i)$ 。根据先验参数库中的速度通道目标检测门限  $\delta_v$ ,若  $W_v(i) > W_v(0) + \delta_v$ ,则表示速度通道发现目标。 $W_v(0)$ 为初始化后的值,但若未检测到目标,或系统由后续信号增幅速率来判定目标为不能确认时,系统的两个通道的上述参数应重新合理地初始化。

### (5)双通道积累检测及目标再确认

该模块是在速度通道检测到目标后,对速度通道、距离通道进行再一次目标检测与确认。具体算法是:连续获取双通道各5组的FFT谱结果,将幅值积累值按时间顺序前后相减,得到表达通道信号增幅瞬时增长的参数值。如果两个通道各有3个幅度增值超过先验参数库中的门限,则认为目标存在。

### (6)干扰抑制和目标参数估计

两个通道的干扰可以通过  $F_v(i)$ 和  $F_R(i)$ 谱与相应的有效初值相减来去除。假目标干扰可以通过距离和速度通道的参数来鉴别并抑制掉。

### (7)引爆延时信号产生

该模块是在双通道检测到并确认目标后,产生一个延时信号  $\tau$ ,  $\tau$ 的大小与速度通道及距离通道中谱峰突起的位置有关。

## 3 结 论

毫米波引信数字信号处理系统是软硬一体化的高速实时双通道引信处理系统。该系统采用超音速视频闪烁型A/D器件、超大规模集成专用信号处理芯片等。它具有引信信号瞬态实时分析与处理能力,良好的实时可控性,能成功地实现毫米波引信双通道数据高速采集和频谱实时分析,干扰鉴别和目标实时可靠检测、判定,延时调整和引爆信号生成。经用户使用证明,该系统工作稳定可靠,功能较全,软硬件设计合理,技术先进。该系统应用于毫米波引信可以进一步提高其技术性能。

## 参考文献

- 1 James J Alter, et al. A Programmable Radar Signal Processor Architecture. IEEE National Radar Conference. 1991:108~111

(责任编辑 潘 生)