

TMS320VC5402 在汽车防撞警示雷达中的应用

成都四川大学电子信息学院(610064) 刘 炜 龙宪惠

摘 要: 介绍了 TMS320VC5402 芯片的主要特点、功能及其结构,给出了采用该芯片的汽车防撞警示雷达信号处理部分的电路原理设计和软件设计。该雷达可对道路前方的目标进行准确地探测、分类、跟踪以及发现危险目标后进行报警。经过多次上车试验,证明其性能优良、工作稳定可靠,在能见度较差的气象环境和复杂的路况条件下能确保机动车辆安全行驶,降低交通事故发生率。

关键词: 防撞警示雷达 DSP CPLD FFT

随着汽车工业和高速高架公路的飞速发展,汽车撞车事故亦随之日益严重。汽车制造商迫切需要解决汽车的防撞报警问题。欧洲的一项研究表明:驾驶员只要在有碰撞危险的 0.5 秒前得到“预警”,就可以避免至少 60% 的追尾撞车事故、30% 的迎面撞车事故和 50% 的路面相关事故;若有 1 秒钟的“预警”时间,则可避免 90% 的事故。因此,近十几年来,美国、日本和欧洲多家著名汽车公司投入巨额资金,先后研制成功了 24GHz、60GHz、76.5GHz 三种频率的单脉冲和调频连续波两种体制的汽车防撞雷达系统。毫米波(微波)防撞雷达与其它系统(如超声波、激光)相比,具有显著的优点:它们可探测目标的距离和方位(角度);特别适合在恶劣环境下(如雨、雪、雾等天气下)工作;系统后端信号处理机可根据使用要求,联接并控制轿车的自动操作系统以达到自动减速、“巡航”、慢速行车或紧急刹车等目的。这两种体制的雷达系统已经在美国的三大汽车公司、日本尼桑公司和欧洲一些汽车公司的高档轿车中应用,但由于其成本高昂而未能得到广泛使用。

尽管我国的汽车防撞雷达研制起步较晚,但已得到业界的高度重视。近年来价格低廉的高性能 DSP 芯片的出现极大地推动了世界电子产品的发展,使得低成本高性能的汽车防撞雷达的实现和普及成为可能。本文提出用高性能 DSP 芯片 TMS320VC5402 担任数字信号处理任务、CPLD 完成控制和接口逻辑、单片机 AT89C51 提供人机通道和其余协调工作的汽车防撞警示雷达信号处理部分的原理方案,并简要介绍其实现电路和系统结构。

1 TMS320VC5402 简介

TMS320VC5402 是美国 TI 公司 1999 年 10 月推出的一款性价比极高的定点 DSP 芯片,该芯片具有以下主要特点^[1]:

(1) 运算速度快。指令周期为 10ns,运算能力为 100 MIPS。

(2) 强大的寻址能力。1M×16 位最大可寻址外部

存储空间,内置 16K×16 位 RAM,4K×16 位 ROM。

(3) 优化的 CPU 结构。内部有 1 个 40 位的算术逻辑单元,2 个 40 位的累加器,2 个 40 位的加法器,1 个 17×17 的乘法器和 1 个 40 位的桶形移位器。有 4 条内部总线(三条 16 位数据存储器总线和一条程序存储器总线)和 2 个地址产生器。

(4) 智能外设。除了标准的串行口和时分复用(TDM)串行口外,TMS320VC5402 还提供了自动缓冲串行口 BSP(Auto-Buffered Serial Port)和与外部处理器通信的 HPI(Host Port Interface)接口。BSP 可提供 2K 字节数据缓冲的读写能力,从而降低了处理器的额外开销,BSP 的最大数据吞吐量为 100Mbit/s,即使在 IDLE 方式下,BSP 也可以全速工作。HPI 可以与外部标准的微处理器直接接口。

(5) 低功耗方式。TMS320VC5402 内核电源 1.8V,IO 电源 3.3V,三个低功耗方式(IDLE1、IDLE2 和 IDLE3)可以节省 DSP 的功耗,特别适合电池供电系统。

(6) 体积小。144 脚 LQFP 封装。

(7) 开发方便。JTAG 扫描仿真接口(IEEE 标准, P1149.1)。

TMS320VC5402 以其独有的高性能、低功耗和低成本优势,在一推出就受到业内用户的普遍欢迎,这也是我们选择它作为该汽车防撞警示雷达的数字信号处理器的主要原因。

2 防撞雷达设计思想及性能参数简介

该汽车防撞警示雷达的主要设计思想,是考虑到迎面相撞和追尾等恶性交通事故往往发生在路况复杂、能见度差、驾驶员疲劳的情况下,所以其最主要的设计目的是及早发现前方有潜在危险的目标,并及时报警以提醒驾驶员做出相应的处理动作。由于在汽车行驶过程中,多普勒传感器接收到的信号十分复杂,要使之能在很小的视域里对汽车前方的多个目标进行检测、分类、跟踪,并做出判断、报警,必须进行大量复杂的实时数字信号处理运算,因此我们选用高性能 DSP 芯片 TMS320VC5402 来完成这一系列复杂的

算法;同时,为了提高系统的灵活性和可靠性,我们采用 CPLD 器件来完成系统所需要的各种控制和接口功能。

该雷达的主要技术参数如下:

(1)属于全天候型警示雷达系统,在雾、雨、雪、夜等各种恶劣的气象环境和复杂的路况条件下均可正常工作。

- (2)工作波段:微波或毫米波。
- (3)发射机类型:耿氏二极管。
- (4)发射机输出功率:20mW。
- (5)天线水平波束宽度:6°。
- (6)作用距离:200m。
- (7)更新速率:20次/秒。

3 电路原理设计

由于 TMS320VC5402 在数值算法上有很强的能力,然而在事务调度方面却并不擅长,因此我们用一片 AT89C51 与之配合,采用主从结构处理方式。由 TMS320VC5402 完成 A/D 采样以及有关数值计算的一系列处理,包括杂波滤除、时域加窗、FFT、功率谱估计、谱峰搜索、目标提取、目标跟踪等等;由单片机完成事务调度、人机接口、显示和危险报警任务。TMS320VC5402 与 AT89C51 的数据交换采用并行方式。系统信号处理原理框图如图 1 所示。

在图 1 中,CPLD 主要完成的任务有四个:(1)各端口的地址译码,包括 AD775 的启动、读数,各标志单元的地址产生等。(2)TMS320VC5402 与单片机之间的数据交换。由于 AT89C51 对于 DSP 来说属于慢速器件,因此我们采用双缓冲结构以保证数据交换可靠,XF 和 P2.7 用于 TMS320VC5402 与单片机交换数据时的应答信号。(3)AD775 的控制逻辑。AD775 是 A/D 公司生产的一款采样频率高达 20MHz 的 8 位并行 A/D 器件,其控制十分方便。启动 A/D 后由 TMS320VC5402 的 BIO 口查询 AD775 的结束标志,即可读取有效转换数据。(4)TMS320VC5402 与 FLASH

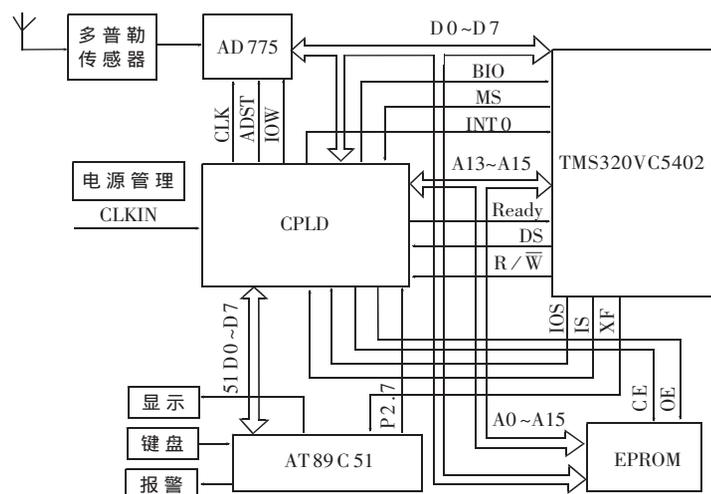


图 1 系统信号处理原理框图

EPROM 的接口。由于 EPROM 是读取时间为 120ns 的慢速器件,我们设计了 2 个周期的硬件等待电路^[2],CPLD 中的模块大多由硬件描述语言 VHDL 写成。CPLD 的应用使得整个系统的电路设计大大简化,且结构紧凑、协调有序、调试方便、性能可靠。图 2 为 CPLD 内部主要功能框图。

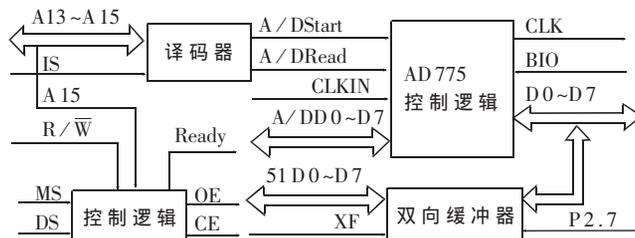


图 2 CPLD 内部结构框图

4 软件设计

TMS320VC5402 需要完成的主要任务有:(1)启动 A/D 并读取转换后的数据。(2)目标提取,包括数据预处理(杂波滤除、时域加窗)、功率谱估计、谱峰搜索、目标分类、危险目标确定及跟踪等等。(3)与 AT89C51 交换数据。

单片机主要完成与 DSP 交换数据、门限设定、人机接口、判断报警等任务。我们将这些内容分成不同的子程序按模块进行设计,调试和扩展十分方便。以下是我们给出的 TMS320VC5402 软件编程的流程图,如图 3 所示。

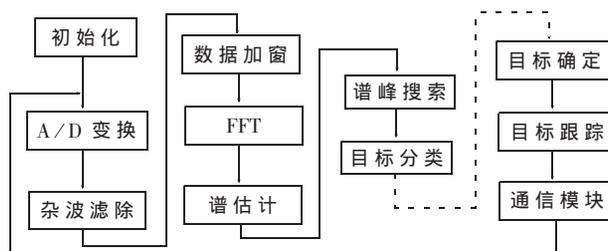


图 3 主程序流程图

该汽车防撞雷达系统不仅成本低廉(与国外同类产品相比)、体积小、可靠性高,而且先进的数字信号处理算法使其灵敏度高、虚警概率低,危险目标发现及时准确。

参考文献

- 1 TMS320VC5402 Fix-Point Digital Signal Processor (Literature number SPRS079).from <http://www.ti.com>
- 2 张雄伟.DSP 芯片的原理与开发应用.北京:电子工业出版社,1997
- 3 F. Wohlgenuth et al. Automotive System Design: Today and Tomorrow.IEEE MTT-S International Microwave Symposium, 1998; I12-1-7
- 4 A.G. Stove. Obstacle Detection Radar for Cars. Electronics & Communication Engineering Journal, October, 1991:232~240 (收稿日期:2001-04-09)