

微控 DMA 原理及其在测控领域的应用

唐李征 申功勋

(北京航空航天大学宇航学院五研·北京·100083)

MICROPROGRAMMING-CONTROLLED DIRECT MEMORY ACCESS AND ITS APPLICATION IN THE FIELD OF TEST, MEASUREMENT AND CONTROL

Tang Lizheng, Shen Gongxun

(The Fifth Research until of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing, 100083)

摘 要 提出了一种基于微编程的新型 DMA 方式——微控 DMA (microprogramming-Controlled DMA) 及以此为核心,借助于大容量存储区提供的系统紧耦合能力,建构通用多功能微机数据系统的原理,并探讨了该实际系统在测量、测试、控制及微机数据网络等领域的广泛应用前景。

关键词 记忆-存取控制,微程序设计,微型计算机-数据系统,试测量

中图分类号 V249.122.9, TP391, 75

Abstract A new Direct Memory Access (DMA) based on microprogramming, Microprogramming-Controlled Direct Memory Access (MCDMA) is presented, and the constructional mechanism of a universal microcomputer data system depending on MCDMA and tight-coupling structure of bulk memory is proposed. In the end, the wide application of this system in the field of test, measurement, control and microcomputer data network is approached.

Key words memory-accesscontrol, microprogramming, microcomputers-data systems, measurement

近几年计算机由于性能上所取得的巨大进展,已使其在 CAD/CAM、仿真、图形/图象等领域有着极其广泛的应用。但在测量、测试和控制领域,计算机却还未发挥出应有的效能,尤其在高速(实时)、多对象和复杂应用场合。其根本原因是:计算机在目前机制下,无法在较复杂场合同多个应用对象进行高速、有效的数据/信息交换。

为此,利用 DMA 和微编程的优点,提出了微控 DMA 的概念并给出了基于 MCDMA 和大容量存储区紧耦合的实际微机测控系统——通用多功能微机数据系统的实现原理。

1 微控 DMA (MCDMA)

1.1 直接存贮器访问 DMA

通过 DMA 控制器在微机与外部对象间建立直接的通道,提供了一种微机与外部对象进行快速数据交换的方式。但其固定的起停方式无法应用于复杂场合。将系统内存用作高速数据缓冲区,又势必会在海量数据的交换中引起不必要的系统存贮竞争。而 DMA 不能改善计算机在当今测控领域应用现状的最主要点还在于 DMA 不具有外部对象的识别能力,也即其数据交换的映射实质为多对一映射,而不是当今测控必需的一对一映射,见图 1。

1.2 微编程

微编程概念最早由 M. V. Wilkes 于 1951 年提出。此概念提供了一种设计计算机控制单元的系统化方法,同时允许用户以微编程方式对指令集进行重构^[1]。微编程虽然最初是面向

1993 年 3 月 20 日收到, 1993 年 7 月 3 日收到修改稿

CPU 的控制单元设计,但其基本原理与方法在其它硬件的设计中同样具有指导意义^[2],这正是微控 DMA 产生的基础。

微编程的核心是控制存储区,通过在其中加载不同的微指令组(微指令向量)构成的微程序,允许用户修改、扩充系统的基本功能集,从而能最大限度地满足不同的应用要求,赋予了整个系统固件极大的灵活性。

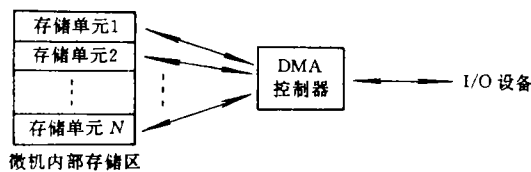


图 1 普通 DMA 的映射实质示意

1.3 微控 DMA

现代测试、测量、控制及通用数据网络,从技术角度看都是海量数据在多点对象间高速流动的过程;而本质上则可归纳为多点间的高速一对一映射。如前述,微编程概念的使用使系统固件具有极大的功能灵活性,而 DMA 则从技术上给出了一种多点到一点高速映射的实现机制。因而微编程与 DMA 的组合——微控 DMA 必然是实现多点间高速一一映射的最佳方案。

1.3.1 原理

微控 DMA 概念的硬件实现原理框图如图 2 所示。

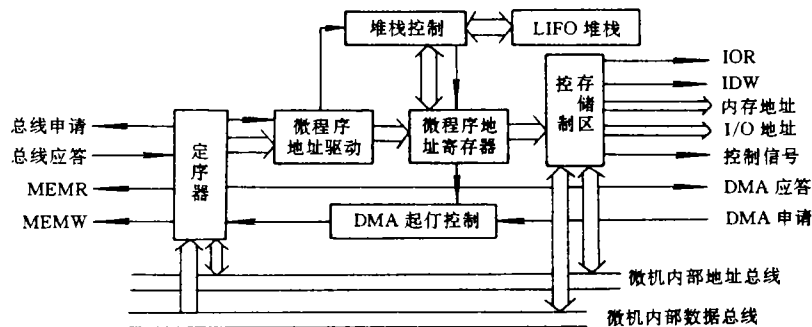


图 2 微控 DMA 的结构原理示意

DMA 控制部分与微机的 CPU 进行 DMA 操作有关的信号应答,并在 DMA 应答信号(DACK 信号)有效时驱动控制存储区中的微指令。由微指令给出目的地址、源地址及相应的读、写控制和其它控制信号。

控制存储区微指令的格式为:

操作码::保留::源地址::目的地址

操作码段指定操作类型,并通过译码给出所需控制信号。基本类型有:输入、输出、测试和校验等。

源地址和目的地址段分别指定操作的源和目的对象,在 MCDMA 方式可进行 I/O 到 I/O 或 I/O 到内存的高速数据传送。

保留段可以提供微指令分支时下一条微指令的地址,此字段的使用可以实现:高级 DMA

申请打断当前 DMA 服务，硬件支持 DMA 操作时的条件转移。

MCDMA 的服务流程：在接到 DMA 申请时，进行优先级判定，然后挂起系统总线并接管，由控制存储区中的微指令向量进行 DMA 服务控制。若有多级 DMA 重叠服务，则启动堆栈装置，记录不同优先级当前的微指令向量对应的地址，在合适的时候再弹出，恢复被重叠的低优先级 DMA 服务。在 DMA 完成后（有多种 DMA 起停方式）再交还系统总线。

1.3.2 微程序结构

较为单一的多点间操作，用紧缩方式组织微程序，每一微指令对应一点间操作，微指令顺序连接。较为复杂的多点间操作，以微指令向量方式组织微程序，每一微指令向量对应一点间操作，微指令向量顺序连接。

1.3.3 微控 DMA 特点

微控 DMA 具备完全意义上的多对象间各对象一一映射的能力，由硬件实现，保证很高的传送率。

微控 DMA 中主控手段通过微编程实现，对不同的 DMA 申请服务由控制存储区中不同的微程序段负责，因此只需简单的堆栈结构即可实现多级 DMA 的重叠服务。

在微控 DMA 电路中集成硬件起停专用控制部分，即可实现普通 DMA 无法完成的突发事件的 DMA 服务。

2 通用多功能微机数据系统

2.1 原理

基于微控 DMA 与大容量存储区紧耦合能力的通用多功能微机数据系统结构原理如图 3 所示。

该系统的基本原理为：由微机发出的 DMA 应答信号起微指令，提供 I/O 口地址及相关控制信号，同时起大容量存储区的外围控制部分产生驱动地址及相应控制信号，即在进行 I/O 操作的同时，进行大容量存储区内对应单元的相关操作。由于在 MCDMA 服务期间，每一微指令都涉及该存储区中单元的操作，因此整个系统得以紧密耦合，从而实现多对象间单点一对一的高速数据操作。

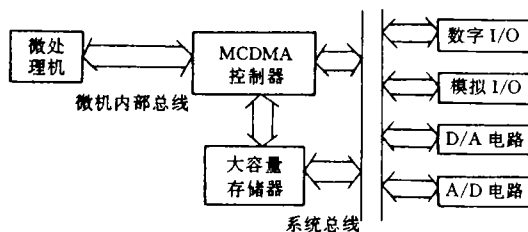


图 3 通用微机数据系统结构原理图

在系统的实际应用中，每一操作都是由对应的微指令向量完成的。下面是几种微指令向量的简单图示。

测试向量（图 4）

对于复杂的测试对象，通常要有多个输入与输出。图 4 给出的测试向量对应的测试对象输入端口数为 $S_i = \sum_{k=1}^R W_k (I/O)$ 。输出端口数为： $S_o = \sum_{k=R+1}^N W_k (I/O)$ 。式中： $W_k (I/O)$ 为第 k 个 I/O 口的数据宽度。

测量向量（图 5）

N 取决于测量的精度要求, 在图示的测量向量控制下, 测量精度为 $P = [2 \sum_{k=1}^N w_k^{(I/O)}]^{-1} \times$ 量程。

控制向量 (图 6)

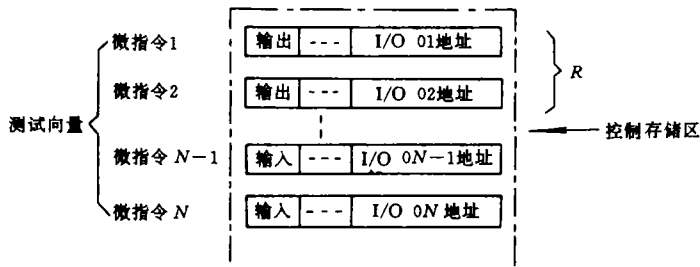


图 4 测试向量示意

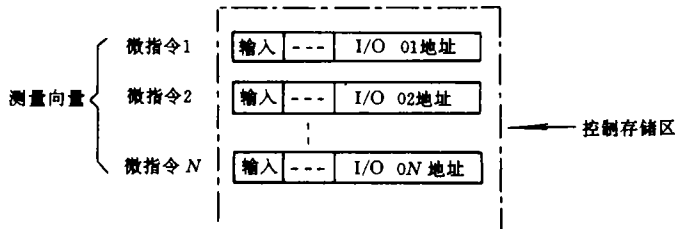


图 5 测量向量示意

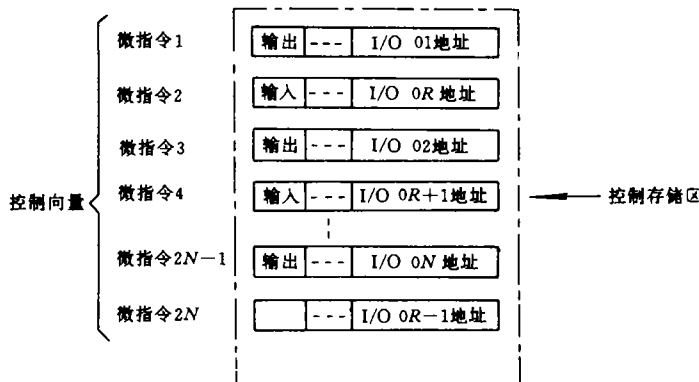


图 6 控制向量示意

图示控制向量对应的控制端口数为 $C_n = \sum_{k=1}^N W_k (I/O)$ 。

上面给出的控制向量完全满足实时性要求较高的场合。 R 与要求的控制精度和实时性有关。

借助于 MCDMA 方式的该微机数据系统, 通过在控制存储区加载不同的微程序, 即可完成上述微指令向量定义的各种功能组合。

由于测量向量对于精度修改的灵活性, 因而该系统能适应不同对象的高精度或低精度快速测量要求。

借助于高速 A/D, 该系统即可在测试向量的控制下完成各种复杂数模系统的测试工作。

由于紧耦合结构, 系统能够在实时性场合对多个对象的海量数据进行处理。另外, 系统本身的灵活性及 I/O 设备定义的广义内涵, 使得系统在其它领域同样具有广泛的应用前景。例如, 以 I/O 设备定义网点, 即可以该系统为基础建立一小型微机数据网络。

2.2 应用实例

系统特别适用于复杂的多对象及高速/实时应用场合。作为实例, 以该系统在材料应力测试中的应用进行说明。基于 MCDMA 概念的该系统, 具有 20m 带宽, 可以以 1MByte/s 的速度对 20 个采样点进行应力采样 (或 100 点, 0.2MByte/s, 按需要调整), 特殊的起停控制, 允许在采样点应力超过预定值时开始采样, 而允许 DMA 重叠服务, 可以保证在某几个关键采样点应力异常时 (如断裂) 优先记录其应力采样值。微机数据的实时处理可调整 A/D 的转换精度, 保证在兴趣范围内记录的应力值具有最高的分辨率 (使用最少的存储空间)。

3 结 论

微编程概念与 DMA 方式组合而产生的 MCDMA, 彻底实现了多点间点对点的高速数据传送。通过微指令向量的灵活组合, 真正实现了对复杂、高速的数据交换的控制。MCDMA 概念的提出为微机在测试、测量和控制领域中的实时介入提供了基础。基于 MCDMA 概念并借助于大容量存储区的紧耦合能力建构的上述多功能通用微机系统, 真正发掘了微机在测试、测量、控制等高速数据处理领域中的效能, 势必将拓展出微机在测试、测量及控制等领域中广泛的应用前景。

参 考 文 献

- 1 Wilkes M V, Renwick W, Wheeler D J. The design of the control unit of an electronic digital computer. Proceedings of IEE, 1958; 121-128
- 2 Dilip K, Jacques R. Elements of micro-programming. New Jersey Englewood Cliffs; Prentice-hall Inc, 1982; 434