



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103235762 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 22

(21) 申请号 201310138977. 5

US 2005/0172106 A1, 2005. 08. 04, 全文.

(22) 申请日 2013. 04. 19

审查员 李娇

(73) 专利权人 中国科学院自动化研究所

地址 100190 北京市海淀区中关村东路 95 号

(72) 发明人 王东琳 尹磊祖 杨勇勇 谢少林
张星 吴军宁

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 宋焰琴

(51) Int. Cl.

G06F 12/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101419541 A, 2009. 04. 29, 说明书第
[0008]—[0060] 段, 说明书附图 4.

CN 101847093 A, 2010. 09. 29, 全文.

US 2006/0253516 A1, 2006. 11. 09, 全文.

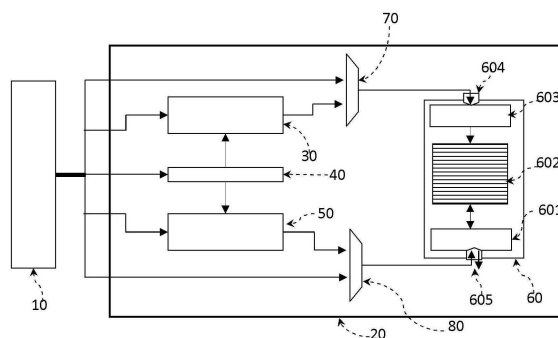
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种自索引寄存器文件堆装置

(57) 摘要

本发明公开了一种自索引寄存器文件堆装置, 包括寄存器存储体和该寄存器存储体的外围逻辑, 所述寄存器存储体配置为自索引区和普通区, 所述自索引区的大小、起始寄存器号可以灵活配置, 普通区采用常数寄存器号方式进行索引。当对该寄存器文件堆装置发起读写启动信号时, 该寄存器文件堆装置自动计算当前所需索引号, 读写均在所述自索引区内, 当读写到自索引区边界后, 下次操作自动转到自索引区起始位置。本发明具有编程的便利性, 且能够节省处理器的功耗。



1. 一种自索引寄存器文件堆装置,包括寄存器存储体(60)和该寄存器存储体的外围逻辑部件,其特征在于:

所述寄存器存储体配置为自索引区和普通区,所述自索引区的大小、起始寄存器号可以灵活配置,普通区采用常数寄存器号方式进行索引,当对该寄存器文件堆装置发起读写启动信号时,该寄存器文件堆装置自动计算当前所需索引号,读写均在所述自索引区内,当读写到自索引区边界后,下次操作自动转到自索引区起始位置,

所述寄存器文件堆装置(20)还包括自索引写控制单元(30)、配置寄存器(40)、自索引读控制单元(50)、写索引选通器(70)和读索引选通器(80),其中,

所述自索引写控制单元(30)用于计算下一次访问自索引区所需使用的写索引号;

所述配置寄存器(40)用来存储所述自索引区的配置信息;

所述自索引读控制单元(50)的功能主要是计算下一次访问自索引区所需使用的读索引号;

所述写索引选通器(70)用来选择当前所用写索引,决定写寄存器存储体(60)的索引是自索引区的索引还是普通区的索引;

所述读索引选通器(80)用来选择当前所用读索引,决定读寄存器存储体(60)的索引是自索引区的索引还是普通区的索引。

2. 如权利要求1所述的自索引寄存器文件堆装置,其特征在于:所述自索引文件堆装置(20)与一个指令队列存储装置(10)连接,从该指令队列存储装置(10)中获取指令队列,该指令队列存储装置(10)用来存放对该寄存器文件堆装置(20)的控制命令。

3. 如权利要求1所述的自索引寄存器文件堆装置,其特征在于:所述自索引寄存器文件堆装置的读写指令分为普通区的读写指令和自索引区的读写指令,自索引区的读写指令的定义格式包括一个特殊标识。

4. 如权利要求1所述的自索引寄存器文件堆装置,其特征在于:所述配置信息以配置指令的方式存储,配置指令所表示的配置信息主要包括 配置所述寄存器存储体(60)的自索引区的起始索引号StartID、自索引区的大小Depth和每次读寄存器存储体(60)的步长。

5. 如权利要求1所述的自索引寄存器文件堆装置,其特征在于:当所述寄存器存储体(60)包含N个寄存器时,则 $\text{StartID} + \text{Depth} < N$ 。

6. 如权利要求4所述的自索引寄存器文件堆装置,其特征在于:自索引写控制单元和自索引读控制单元均包括两个加法器(301、302)、一个比较器(303)和一个中间寄存器(304),其中,

所述第一加法器(301)用于计算每次进行自索引的写操作后的索引值,将计算后的值InnerID写入中间寄存器(304)中;

所述中间寄存器(304)用于存放该中间结果索引值InnerID,其初始值为所述配置寄存器的StartID值;

所述第二加法器(302)用于计算所述自索引区的边界下界值;

所述比较器(303)用于比较所述自索引区的边界下界值与所述中间结果索引值InnerID:当相等时,写索引选通器(70)选择第一选择项StartID作为输出;当不相等,写索引选通器(70)选择第二选择项,将中间结果索引值InnerID作为结果值输出。

7. 如权利要求1所述的自索引寄存器文件堆装置,其特征在于:所述写索引选通器(70)

在当前存在自索引区的写指令时,选择有效写索引号为自索引写控制单元(30)的输出,当存在普通区的写指令时,选择有效写索引号为普通区写指令的索引。

8.如权利要求1所述的自索引寄存器文件堆装置,其特征在于:所述读索引选通器(80)在当前存在自索引区的读指令时,选择有效读索引号为自索引读控制单元(50)的输出,当存在普通区的读指令时,选择有效读索引号为普通区读指令的索引。

一种自索引寄存器文件堆装置

技术领域

[0001] 本发明主要涉及集成电路设计技术领域,特别涉及处理器寄存器文件堆的结构,与ASIC(Application Specific Integrated Circuit)设计、集成电路结构密切相关。

背景技术

[0002] 无论是CISC(Complex Instruction Set Computer)处理器还是RISC(Reduced Instruction Set Computer)处理器,在处理器核内部设计通用寄存器都是一个通用的办法。高速的寄存器可以极大加速数据交换的速度,对于数量较小的数据运算,中间结果数据不必写入相对慢速的存储器,直接通过寄存器堆在核内部交换数据,提高运算速度。

[0003] 对于专用领域处理器(ASIP),尤其是运算密集型处理器,如何在特定算法中提高数据的利用率,同时利用数据局部性原理,减少访存次数,是一个极大的挑战。

[0004] 目前常用处理器设计中,尤其是RISC处理器中,会设计一组或多组通用寄存器文件堆,用来在处理器核内部交换中间结果数据,然后对通用寄存器堆做优化,一般而言,该优化针对寄存器堆的可重构性、性能及可支持的最大读写数目等方面来支持,没有从算法级别来考虑寄存器堆的优化设计。如申请号为02126222.5、发明名称为“一种可重构寄存器堆及其设计方法”的中国发明专利公开说明书中提出了一种可以对多种指令兼容的可重构寄存器堆设计方法,其中通过硬件做新指令集中所访问寄存器号的目标地址与物理地址的转换,从而达到指令级的重构,该思路比较新颖,但是针对指令集确定的处理器而言,该部分硬件逻辑为冗余。申请号为201010240104.1、发明名称为“多端口寄存器堆电路”的中国专利公开说明书中提供了针对VLIW(Very Long Instruction Word)处理器对寄存器堆多个读写端口请求的特点,设计了一种高效定制电路,最大可支持17个读端口,9个写端口。公开号为US2008/0279015A1,名称为“Register File”的美国专利公开说明书设计了一种三态逻辑电路,避免了使用多路复选器的延迟,极大提高了寄存器堆的访存性能。

[0005] 寄存器文件堆(Register File)是一种由多个寄存器组成的阵列,是数字逻辑电路中用于保存操作数和运算结果的部件,它是构成微处理器的核心部件。也就是说,寄存器文件堆是一种硬件结构,因此,为了更加清楚地体现本发明的硬件属性,在此,本发明中将寄存器堆称为“寄存器文件堆装置”。

发明内容

[0006] (一)要解决的技术问题

[0007] 本发明所要解决的技术问题是现有技术均是针对寄存器文件堆的某一功能点做出优化,如扩展读写端口数目及降低访存延迟,而没有从数据局部性方面对寄存器访存性能进行优化。

[0008] (二)技术方案

[0009] 本发明提出一种自索引寄存器文件堆装置,包括寄存器存储体和该寄存器存储体的外围逻辑,所述寄存器存储体配置为自索引区和普通区,所述自索引区的大小、起始寄存

器号可以灵活配置,普通区采用常数寄存器号方式进行索引,当对该寄存器文件堆装置发起读写启动信号时,该寄存器文件堆装置自动计算当前所需索引号,读写均在所述自索引区内,当读写到自索引区边界后,下次操作自动转到自索引区起始位置。

[0010] 根据本发明的一种具体实施方式,所述自索引文件堆装置与一个指令队列存储装置连接,从该指令队列存储装置中获取指令队列,该指令队列存储装置用来存放对该寄存器文件堆装置的控制命令。

[0011] 根据本发明的一种具体实施方式,所述寄存器文件堆装置还包括自索引写控制单元配置寄存器、自索引读控制单元、写索引选通器和读索引选通器,其中,所述自索引写控制单元用于计算下一次访问自索引区所需使用的写索引号;所述配置寄存器用来存储所述自索引区的配置信息;所述自索引读控制单元的功能主要是计算下一次访问自索引区所需使用的读索引号;所述写索引选通器用来选择当前所用写索引,决定写寄存器存储体的索引是自索引区的索引还是普通区的索引;所述读索引选通器用来选择当前所用读索引,决定读寄存器存储体的索引是自索引区的索引还是普通区的索引。

[0012] 根据本发明的一种具体实施方式,所述自索引寄存器文件堆装置的读写指令分为普通区的读写指令和自索引区的读写指令,自索引区的读写指令的定义格式包括一个特殊标识。

[0013] 根据本发明的一种具体实施方式,所述配置信息以配置指令的方式存储,配置指令所表示的配置信息主要包括配置所述寄存器存储体的自索引区的起始索引号StartID、自索引区的大小Depth和每次读寄存器存储体的步长。

[0014] 根据本发明的一种具体实施方式,当所述寄存器存储体包含N个寄存器时,则 $\text{StartID} + \text{Depth} < N$ 。

[0015] 根据本发明的一种具体实施方式,自索引写控制单元和自索引读控制单元均包括两个加法器、一个比较器和一个中间寄存器,其中,所述第一加法器用于计算每次进行自索引的写操作后的索引值,将计算后的值InnerID写入中间寄存器中;所述中间寄存器用于存放该中间结果索引值InnerID,其初始值为所述配置寄存器的StartID值;所述第二加法器用于计算所述自索引区的边界下界值;所述比较器)用于比较所述自索引区的边界下界值与所述中间结果索引值InnerID;当相等时,写索引选通器选择第一选择项StartID作为输出;当不相等,写索引选通器选择第二选择项,将中间结果索引值InnerID作为结果值输出。

[0016] 根据本发明的一种具体实施方式,所述写索引选通器在当前存在自索引区的写指令时,选择有效写索引号为自索引写控制单元的输出,当存在普通区的写指令时,选择有效写索引号为普通区写指令的索引。

[0017] 根据本发明的一种具体实施方式,所述读索引选通器在当前存在自索引区的读指令时,选择有效读索引号为自索引读控制单元的输出,当存在普通区的读指令时,选择有效读索引号为普通区读指令的索引。

[0018] (三)有益效果

[0019] 本发明通过将寄存器文件堆装置的寄存器存储体配置为“自索引区”和“普通区”,具有有以下有益之处:

[0020] 1)具有编程的便利性。程序员在使用本发明的装置过程中,只需要在开始阶段配置使用情况,之后不需要指定当前使用哪些寄存器,规避了寄存器分配过程的编程复杂性。

[0021] 2)能够节省处理器的功耗。本发明通过结合算法充分使用该自索引区,能充分利用数据局部性,减少访存次数,从而降低处理器的功耗。

附图说明

[0022] 图1为本发明的自索引寄存器文件堆装置的结构示意图;

[0023] 图2为本发明的配置寄存器的一种定义格式示例;

[0024] 图3为本发明的自索引写控制单元一种实现电路图;

[0025] 图4为本发明的一个实施例的寄存器存储体及配置寄存器的结构示意图实现示意图。

具体实施方式

[0026] 本发明提出了一种特殊的寄存器文件堆装置,寄存器文件堆装置包括寄存器堆单元(寄存器存储体)和该寄存器存储体的外围逻辑。

[0027] 该寄存器文件堆装置适用于多种不同的计算密集型算法,根据算法的不同,可将寄存存储体配置为“自索引区”和“普通区”。其中自索引区的大小、起始寄存器号等信息均可以灵活配置,普通区采用常数寄存器号方式进行索引。自索引区信息配置完后,用户只需发起读写启动信号,该寄存器文件堆装置可以自动计算当前所需索引号,读写均在指定的自索引区内,当读或写到自索引区边界后,下次操作自动转到自索引区起始位置。

[0028] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明作进一步的详细说明。

[0029] 图1是本发明的自索引寄存器文件堆装置的结构示意图。如图1所示,该自索引寄存器文件堆装置20主要包括以下几个部分:自索引写控制单元30、配置寄存器40、自索引读控制单元50、寄存器存储体60、写索引选通器70和读索引选通器80。

[0030] 所述自索引文件堆装置20通常与一个指令队列存储装置10连接,从该指令队列存储装置10中获取指令队列,该指令队列存储装置10用来存放对该寄存器文件堆装置20的控制命令。此外,指令队列存储装置10还用于存储计算、逻辑操作等处理器指令。

[0031] 寄存器存储体60是本发明的寄存器文件堆装置20的实体存储元件,包括读译码器601、存储实体602、写译码器603、写端口604和读端口605。本发明的寄存器存储体60可采用常规的寄存器堆,读译码器601将读端口605处传送来的读索引进行译码,选中存储实体602的特定寄存器,将该寄存器的值输出;写译码器603将写端口604处传送来的写索引进行译码,选中存储实体602的特定寄存器,将写端口输入的寄存器值写入该寄存器。

[0032] 本发明的寄存器文件堆装置20具有寄存器堆自索引功能,这样,程序员通过配置指令式将寄存器存储体60的某一段配置为自索引区,通过书写“自索引读写寄存器堆装置命令”来对该装置进行操作。一般地,如果使用者对某些数据需要重复使用时,会选择使用自索引功能。

[0033] 对本发明的寄存器文件堆装置20进行操作有关的指令包括两部分:配置指令和读写指令。配置指令只有在使用寄存器堆自索引功能的时候才会需要,配置指令所表示的配置信息主要包括配置所述寄存存储体60的自索引区的起始索引号StartID、自索引区的大小Depth和每次读寄存器存储体60的步长Step,其中起始索引号StartID指征自索引区在

寄存储存储体60中的起始位置;自索引区的大小Depth指征了自索引号StartID开始的连续的Depth个寄存器,为当前配置的自索引区大小;步长Step是指每相邻两次读取寄存器堆的索引号之差。

[0034] 配置寄存器40(Config Register,下面也称为CR寄存器)用来存储所述自索引区的配置信息,配置信息以配置指令的方式存储。假设该寄存器存储体60所包含寄存器的个数为N,则需满足关系:StartID+Depth<N。

[0035] 图2显示了本发明的配置寄存器40中存储的包含配置信息的配制指令的一种示例性的格式。如图2所示,为配置寄存器40的逻辑结构,位宽是32bit,其中配置指令“CR=Immediate32”中的Immediate32是指32位的立即数,即写入配置寄存器40中的值。应该注意的是,图2仅仅是一种示例,只要包含上述配置信息,本发明不限定于特定的格式。

[0036] 本发明的读写指令分为普通区的读写指令和自索引区的读写指令。其中普通区的读写指令和传统寄存器读写类似,定义格式例如可以如下表所示,但是本发明也不仅仅限定于该格式。

[0037]

指令形式	描述
$R.rp = Ri$	R.rp: 本发明寄存器堆的读端口, Ri: 本发明的第 i 个寄存器。
$Ri = R.wp$	R.wp: 本发明寄存器堆的写端口, Ri: 本发明的第 i 个寄存器。

[0038] 自索引区的读写指令的定义格式包括一个特殊标识,此此例中的“(I++)”,指示寄存器文件堆装置此为自索引区指令。例如如下表所示,但是本发明也不仅仅限定于该格式。

[0039]

指令形式	描述
$R.rp = R(I++)$	R.rp: 本发明寄存器堆的读端口, R: 本发明的寄存器堆, (I++):当前为自索引读的标识。
$Ri = R.wp(I++)$	R.wp: 本发明寄存器堆的写端口, Ri: 本发明的第 i 个寄存器。 (I++):当前为自索引写的标识。

[0040] 自索引写控制单元30的功能主要是计算下一次访问自索引区所需使用的写索引号。第一次对自索引区的写操作所使用的索引号为配置寄存器40中的StartID,为程序员配置的初始值。然后自索引写控制单元30会在自索引区的写指令有效时,自动在自索引区的大小Depth范围内进行写操作,当写操作在自索引区边界时,下一次写操作跳到自索引区的StartID处,如此循环往复。

[0041] 图3显示了自索引写控制单元的一种实现电路。如图3所示,其包括两个加法器301、302、一个比较器303和一个中间寄存器304。CR代表为配置寄存器40的逻辑结构。第一加法器301用来自动计算每次进行自索引的写操作后的索引值,计算后的值InnerID写入中间寄存器304中,中间寄存器304存放该中间结果索引值InnerID,其初始值为配置寄存器的StartID值。第二加法器302用来计算所述自索引区的边界下界值,得出的值与中间寄存器304的中间结果索引值InnerID使用比较器303进行比较,当相等时,索引选择使能信号IndexSelEn有效,图中写索引选通器70会选择第一选择项StartID,若IndexSelEn无效,即比较器303的两个输入不相等,此时写索引选通器70会选择第二选择项,即中间结果索引值InnerID作为结果值输出,最终的输出值为自索引写控制单元30的输出自索引标记号SelfIndexID。

[0042] 自索引读控制单元50的功能主要是计算下一次访问自索引区所需使用的读索引号。第一次对自索引区的读操作所使用的索引号为配置寄存器的StartID,为程序员配置的初始值。然后自索引读控制单元在自索引区的读指令有效时,自动在自索引区的大小Depth范围内进行读操作,当读操作在自索引区边界时,下一次读操作跳到自索引区的StartID处,如此循环往复。自索引读控制单元50的一种实现电路与图3类似,且其所包含的各个部件的作用也相同,最终的输出值为自索引读控制单元50的输出自索引标记号SelfIndexID。

[0043] 写索引选通器70用来选择当前所用写索引,决定写寄存器存储体60的索引是自索引区的索引还是普通区的索引。写索引选通器70在当前存在自索引区的写指令时,会选择有效写索引号为自索引写控制单元30的输出,当存在普通区的写指令时,选择有效写索引号为普通区写指令的索引,即可直接从指令队列普通区写指令的编码中得到。

[0044] 读索引选通器80用来选择当前所用读索引,决定读寄存器存储体60的索引是自索引区的索引还是普通区的索引。读索引选通器80在当前存在自索引区的读指令时,会选择有效读索引号为自索引读控制单元50的输出,当存在普通区的读指令时,选择有效读索引号为普通区读指令的索引,即可直接从指令队列普通区读指令的编码中得到。

[0045] 上述描述了实现本发明的自索引寄存器文件堆装置的基本实现结构。在上述基本实现结构的基础上,可以将该寄存器文件堆装置的功能扩展为含有N个自索引区的结构,即将寄存器存储体60划分成多个自索引区。该功能扩展所需的支撑如下:

[0046] 1、配置指令及读写指令的扩展支持。需要有N个配置寄存器CR,各位段的定义及位宽也可由设计者灵活确定。

[0047] 2、读写控制单元的硬件支持。需要有N套上述的自索引写控制单元,N套上述的自索引读控制单元。

[0048] 3、读写索引选通器的功能扩展。该读/写索引选通器功能扩展为N+1选1的选通器,其中N表示N个读/写控制单元输出的索引号,1表示当前读/写指令中的普通区读/写指令索引,该选通器的输出去往寄存器存储体。

[0049] N个配置寄存器用来配置N个自索引区使用的配置信息。当需要读操作时,需表明要读的索引区标记号,如存在Ix++指示标志,其中 $x=[0, N-1]$,然后该索引区的读控制单元进行工作,得到下一个读的索引地址值;N个配置寄存器用来配置N个自索引区使用的配置信息。当需要读操作时,需表明要读的索引区标记号,如存在Ix++指示标志,其中 $x=[0, N-1]$,然后该索引区的读控制单元进行工作,得到下一个读的索引地址值。

[0050] 上述扩展内容都应属于在本专利的保护范围内。

[0051] 下面通过结合一具体实施例,详细介绍本发明的一种实现方式及使用过程。

[0052] 该实施例中,寄存器存储体60共有128个寄存器,每个128bit,命名为M寄存器堆。使用者可以通过设置配置寄存器40(32bit位宽)来配置自索引区的有关控制信息,通过自索引区的读写指令来进行自索引区的读写操作,通过普通区的读写指令来进行普通区的常规读写。

[0053] 本实施例中,设计配置寄存器的0~6bit为StartID域编码,8~11为Step域编码,12~18为Depth域编码。即,设计自索引区由寄存器堆中索引号为3~10的8个寄存器为自索引区;相邻两次读的索引差值为1,即StartID=3,Step=1,Depth=8。寄存器存储体60及配置寄存器40的结构示意图如图4所示。其中bit7和bit19~bit31为保留位,暂时无有效含义。配置指令为:CR=0x8103。

[0054] 对该自索引区的写操作指令为:Ri=R.wp(I++)。在连续的写指令过程中,初始写索引值为StartID(3),之后每次出现自索引区写指令时,索引号自动加1,当该索引值等于10,并且对索引号为10的寄存器进行写操作后,索引值自动变为3,如此循环进行写操作。

[0055] 对该自索引区的读操作指令为:R.rp=R(I++)。在连续的读指令过程中,初始读索引值为StartID(3),之后每次出现自索引区读指令时,索引号自动加Step(1),当该索引值等于10,并且对索引号为10的寄存器进行读操作后,索引值自动变为3,如此循环进行读操作。

[0056] 在上述对自索引区的读写过程中,如果存在普通的读写,不会对自索引区的相关读写进行干扰。其中普通的写指令形式为Ri=R.wp,如果对寄存器号为4的寄存器进行写操作,该指令形式为:R4=R.wp。相应的,读指令形式为:R.rp=Ri,如果对寄存器号为5的寄存器进行读操作,该指令形式为:R.rp=R5。

[0057] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

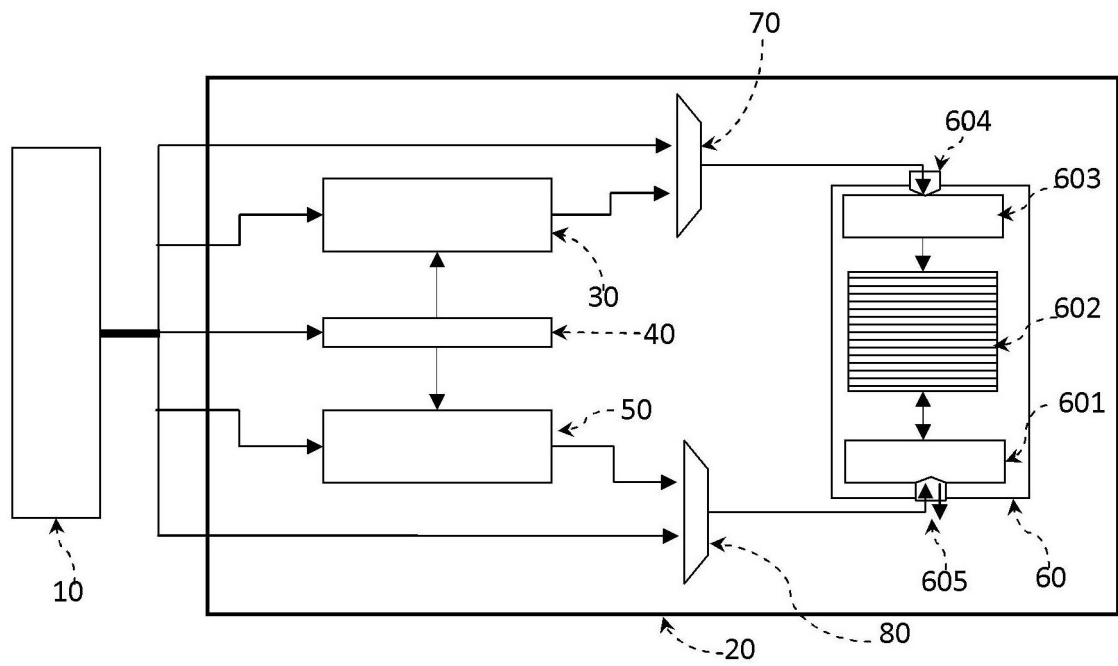


图1

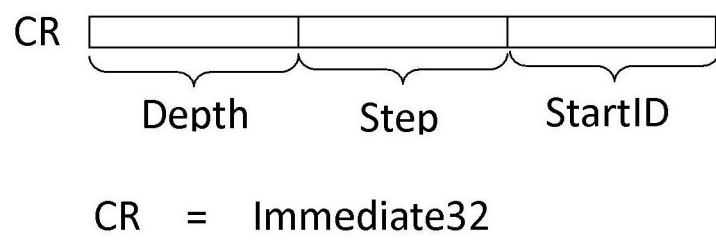


图2

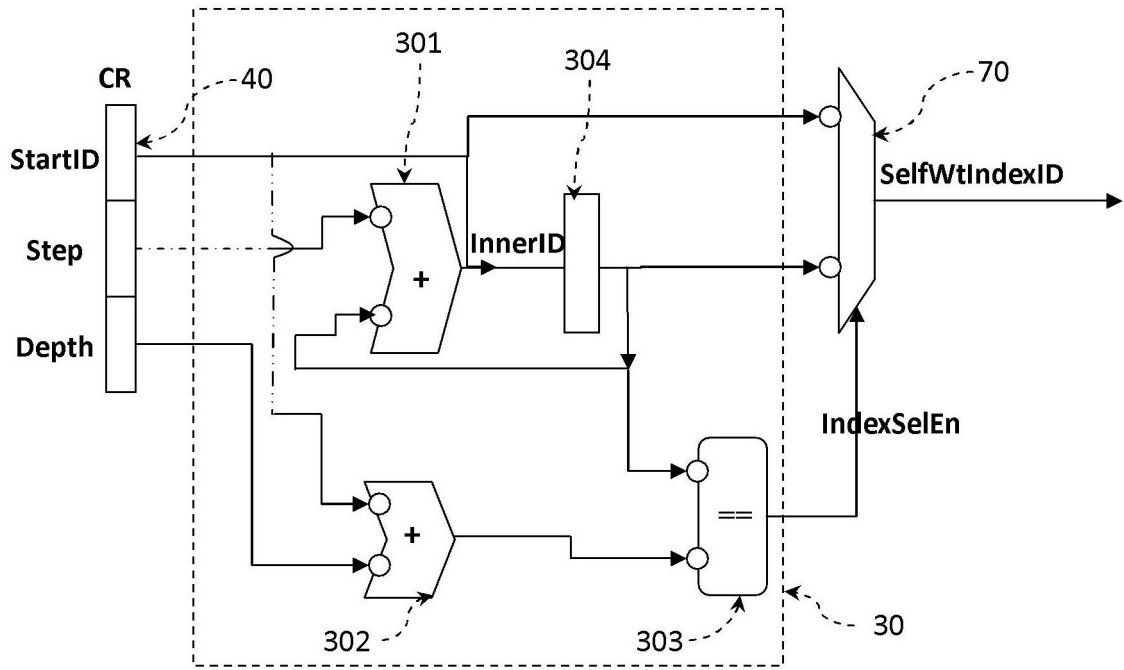


图3

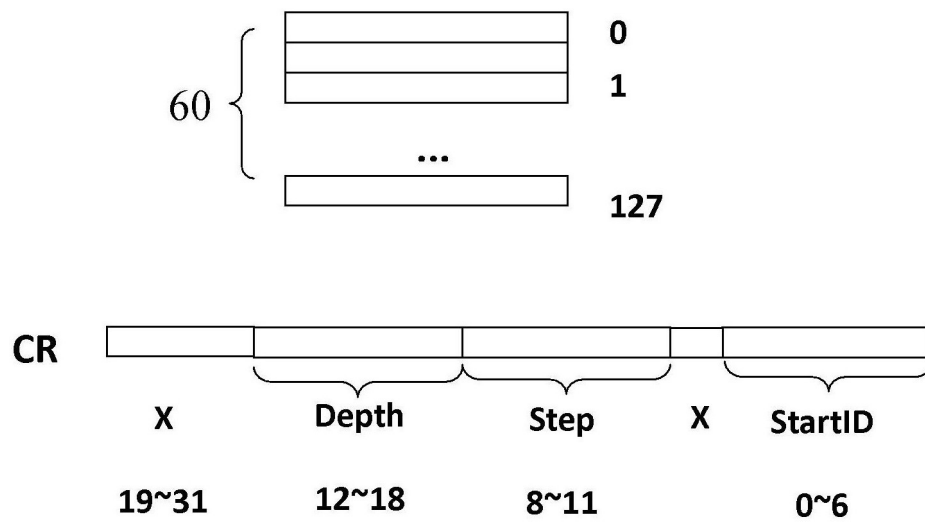


图4