模块指令集

目录

[一.BNN Core 2](#_Toc60840596)

[1.指令综述： 2](#_Toc60840597)

[2.各模块介绍 4](#_Toc60840598)

[BNN\_Core 4](#_Toc60840599)

[BPU\_Group 6](#_Toc60840600)

[BPU 8](#_Toc60840601)

[二、指令译码模块 10](#_Toc60840602)

[三、SRAM模块 12](#_Toc60840603)

一.BNN Core

## 1.指令综述：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 信号 | **具体指令及功能** 按 [13:0]格式 | 功能 |
| Instruction 17bits  Bnn\_Core指令 | Depends | [16:15][8:5][3:0]Inst\_to\_bpug给BPUG的指令, Core的MUX信号复用前八位中[4:1], Core中PSUM\_RST也复用[0] |
| **PSUM进行一次累加：**  [9]=1，[4:1]=某个数, others=0  (某个数为选通的BPUG列)  Next posedge inst[9]=0 | [9]bpug\_psum\_add:  Psum进行一次累加  [4:1]bpug\_sel：选出需要做累加的BPUG单元 |
| **将二值化计算结果写入某个寄存器：**  [10]=1  Next posedge [10] = 0 | [10]：Cal\_bin\_wr 1bit  将二值化计算结果写入reg\_bins中  [12]：是否pooling  [6][13]：写入pooling reg的位置 |
| **写入BIAS：**  [11] = 1, others = 0 | [11]：Bias\_wr 1bit  BIAS REG写使能 |
| **写入img或wgt数据**  [8] or [7] =1, [2:1]=某个数,others = 0  Next posedge all = 0 | [8:7]en img和wgt reg的使能信号  [2:1]：bpug\_sel Bpug列选信号，他将控制BPUG的输入信号chip\_sel |
| **PSUM\_REG赋为BIAS**  [0]=1 Next posedge [0]=0 | [0]psum\_rst**不必要的**它会与**BPUG中PSUM置0**同时发生。有紫色指令即可。 |
| **输出有效**  [14]=1, [6]=1 or 0, others=0 | [14]: store, 0时输出高阻  [6]: 0时输出result\_bins[3:0]，1时输出[7:4] |
| BPUG指令  10bits | Depends | Inst\_to\_bpu给BPU的指令 |
| **从8列img\_reg中选7列**  [6]=0 or 1 | [6] Data\_sel选img\_reg前七行的某七列 |
| **Img\_reg上移一位**  [15]=1, others=0 | [15]: img\_reg\_up 指示img\_reg整体向上移位1bit |
| **数据写入哪部分img\_reg**  [16]=1 or 0 | [16]: img\_reg\_sel 0时，写入[7:0]的img\_reg,，1时写入[15:8]的img\_reg |
| BPU指令  5bits | **PSUM寄存器置零**  [0]=1, others = 0 | [0]：Psum\_rst  置高时，PSUM置零 |
| **算某个BPUE同或结果的popcnt**  [3:1] ≤3’b111 | [3:1]：Lut\_sel 3bits  选通某个BPUE结果做LUT地址 |
| **Popcnt值进行累加**  [5]=1,[3:1]不变，其余=0 | [5]：Psum\_add 1bit  LUT结果进入PSUM累加 |

**为什么instructions to bpug是[8:0]，但BPUG指令还是8bits的？**

实际上instructions to bpug是{[8:5],[3:0]}。因为BPU中有七个BPUE，MUX的选通信号只需3位即可，因此弃掉bpug sel的一位信号。

**关于几个复用的信号**

[0]：控制BNN\_Core中PSUM赋值为BIAS，控制BPU中PSUM的复位。计算过程从BPU复位开始，BPU计算完成后BNN Core中开始计算，且BNN Core计算期间无需再给psum赋值，因此他们两个功能可以复用一个信号。

[4:1]：控制数据写入的列选信号，控制计算时BPUE选通，控制计算时BPUG选通。这三个功能都不是同时进行的，因此[4:1]理论上可以复用，经仿真验证也没有问题。

[6]：控制BPUG中img\_reg的选通，BNN Core中输出4×8bits的选通。这两个操作不会同时进行，因此这个信号可以复用。

## 2.各模块介绍

### BNN\_Core



功能：通过MUX逐个选出BPUG的计算结果并进行求和，求和结果存于PSUM中。求和结果可选做2x2 Pooling。

其中，有一个chip\_sel片选信号，用作写入数据时选通一列四个BPUG。

输入信号：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 信号 | 具体 按inst[13:0]格式 | 功能 |
| Instruction 17bits  指令 | Depends | [16:15][8:5][3:0]Inst\_to\_bpug给BPUG的指令, Core的MUX信号复用前八位中[4:1], Core中PSUM\_RST也复用[0] |
| **PSUM进行一次累加：**  [9]=1，[4:1]=某个数, others=0  (某个数为选通的BPUG列)  Next posedge inst[9]=0 | [9]bpug\_psum\_add:  Psum进行一次累加  [4:1]bpug\_sel：选出需要做累加的BPUG单元 |
| **将二值化计算结果写入某个寄存器：**  [10]=1  Next posedge [10] = 0 | [10]：Cal\_bin\_wr 1bit  将二值化计算结果写入reg\_bins中  [12]：是否pooling  [6][13]：写入pooling reg的位置 |
| **写入BIAS：**  [11] = 1, others = 0 | [11]：Bias\_wr 1bit  BIAS REG写使能 |
| **写入img或wgt数据**  [8] or [7] =1, [2:1]=某个数,others = 0  Next posedge all = 0 | [8:7]en img和wgt reg的使能信号  [2:1]：bpug\_sel Bpug列选信号，他将控制BPUG的输入信号chip\_sel |
| **PSUM\_REG赋为BIAS**  [0]=1 Next posedge [0]=0 | [0]psum\_rst**不必要的**它会与**BPUG中PSUM置0**同时发生。有紫色指令即可。 |
| **输出有效**  [14]=1, [6]=1 or 0, others=0 | [14]: store, 0时输出高阻  [6]: 0时输出result\_bins[3:0]，1时输出[7:4] |
| clk | - | 时钟信号 |
| rst | - | 复位信号，寄存器全部置零 |
| Data\_in 4×8bits | 32bits数据总线 | EN信号控制写入哪个REG |

输出信号

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 信号 | 具体 | 功能 |
| result\_bins 4×8bits | 每次写8bits的移位寄存器 | 每个BPU的计算结果 |

寄存器：

|  |  |
| --- | --- |
| 名称 | 作用 |
| Pooling\_reg | 存放要做pooling的数据 |
| Bias 8×7bits | 存放bias数值 |
| Cal\_intern 8×9bits | 存放全精度计算结果，它就是框图中的PSUM |
| Reg\_bins 8×8bits | 存放计算结果的移位寄存器  每次输出4×8bits |

### BPU\_Group



功能：将图像及权重存入两组REG中并进行计算，结果通过OUT输出。

输入信号：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 信号 | 具体 按inst[13:0]格式 | 功能 |
| Instruction 10bits  指令 | Depends | Inst\_to\_bpu给BPU的指令 |
| **从8列img\_reg中选7列**  [6]=0 or 1 | [6] Data\_sel选img\_reg前七行的某七列 |
| **Img\_reg上移一位**  [15]=1, others=0 | [15]: img\_reg\_up 指示img\_reg整体向上移位1bit |
| **数据写入哪部分img\_reg**  [16]=1 or 0 | [16]: img\_reg\_sel 0时,写入[7:0]的img\_reg, 1时写入[15:8]的img\_reg |
| clk | - | 时钟信号 |
| rst | - | 复位信号，寄存器全部置零 |
| Data\_in 8bits | 连到IMG和WGT REG | EN信号控制写入哪个REG |
| Chip\_sel | 片选信号 | 它是由bpug\_sel控制生成的 |

输出信号

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 信号 | 具体 | 功能 |
| Bpu\_out 6×7bits | 6×7bits 有符号数 | 每个BPU的计算结果 |

寄存器

|  |  |
| --- | --- |
| 名称 | 作用 |
| wgt | 存放权重数据的移位寄存器 |
| Img\_reg | 存放图像数值的移位寄存器 |

**关于img\_reg的组织方式：**

采取这种组织方式，是因为SRAM每次最小读8bits，因此卷积窗向下平移的操作，无法通过读下一bit的数据来实现。

比如读完[7:0]，下一波该读[2:9]，但SRAM无法错出2bit读取。

因此我们用16×8bits的移位寄存器，并且有向上移位的操作。

### BPU



功能：BPUE对图像和权重的一列数据进行同或计算，结果逐列通过MUX进入查找表进行popcount计算。 BPUE进行1×7bits的同或计算。

输入信号：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 信号 | 具体 按inst[13:0]格式 | 功能 |
| Instruction 5bits  指令 | **PSUM寄存器置零**  [0]=1, others = 0 | [0]：Psum\_rst 1bit  置高时，PSUM置零 |
| **算某个BPUE同或结果的popcnt**  [3:1]={0,1,2,3,4,5,6,7} | [3:1]：Lut\_sel 3bits  选通某个BPUE结果进入LUT |
| **Popcnt值进行累加**  [5]=1,[3:1]不变，其余=0 | [5]：Psum\_add 1bit  LUT结果进入PSUM累加 |
| clk | - | 时钟信号 |
| rst | - | 复位信号，寄存器全部置零 |
| Img 7×7bits | 每7bits接入一个BPUE | 计算的图像数据 |
| Wgt 7×7bits | 每7bits接入一个BPUE | 计算的权重数据 |

输出信号

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 信号 | 具体 | 功能 |
| Popcnt\_add 7bits | 7bits 有符号数 | POPCOUNT计算结果 |

寄存器

|  |  |
| --- | --- |
| 名称 | 作用 |
| popcnt | 存放1×7popcount计算结果 |
| Popcount\_add | 存放7×7popcount计算结果 |

# 二、指令译码模块

输入信号：

|  |  |
| --- | --- |
| 信号 | 功能 |
| Inst[16:0]指令 | 指令 |
| clk | 时钟信号 |
| rst | 复位信号，寄存器全部置零 |

输出信号

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 信号 | 具体 | 功能 |
| Bnncore\_ctrl[16:0] | 详见第一章 | 给BNNcore的指令 |
| Datasram\_ctrl[14:0] | [14]WEN  [13]CEN  [12:0]地址 | 给DataSram的指令 |
| Instsram\_ctrl[12:0] | [12]WEN  [11]CEN  [10:0]地址 | 给InstSram的指令 |

寄存器

|  |  |
| --- | --- |
| 名称 | 作用 |
| Pc1 | 用作inst\_sram的地址 |
| Pc2 | 用作data\_sram的地址 |
| Pc3 | 用作选通BPUG和BPUE计算的地址 |
| Pc4 |  |

|  |  |
| --- | --- |
| 名称 | 作用 |
| R1 | 保存CMP结果  JUMP指令条件 |
| R2 | 通用寄存器 |
| R3 | 通用寄存器 |
| R4 | 通用寄存器 |

译码原理

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 指令类型inst[15:11] | 说明 | 操作数1 | 操作数2 | 下降沿0 | 上升沿1 | 下降沿1 | 上升沿2 |
| A类指令 | LOAD1H 00001 | 向BNN\_Ctrl某寄存的高八位保存一个值 | Rx [10:8]  选择写入的寄存器 | Immed  [7:0]  写入的值 | 指令SRAM  输出此指令 | 寄存器Rx存immed  给指令SRAM地址（PC1）、读信号  PC1+1 |  |  |
| A类指令 | LOAD1L 00010 | 向Ctrler某寄存的低八位保存一个值 | Rx[10:8]  选择写入的寄存器 | Immed  [7:0]  写入的值 | 指令SRAM  输出此指令 | 寄存器Rx存immed  给指令SRAM地址（PC1）、读信号  PC1+1 |  |  |
| B类指令 | LOAD2 00011 | 从数据SRAM向BNNCore取32bits，地址和控制信号由Controller给，数据地址存在PC2中，MUX地址是立即数 | Type[10:9]  图像/权值/偏置 | [8:7]  选择写入的BPUG列  [6]只有图像数据用到 | 同上 | 给数据SRAM地址（PC2）、读信号  给BNN Core地址（MUX）、写信号  给指令SRAM地址（PC1）、读信号  PC1+1，PC2+1，PC3+1 | 数据SRAM读出信号 | BNNCore完成写入 |
| A类指令 | ADD1 00100 | Controller中某一寄存器加一个立即数 | Rx[10:9]  选择目标寄存器 | Immed  [8:0]  要加的数想 | 同上 | 寄存器Rx完成加Immed  给指令SRAM地址（PC1）、读信号  PC1+1 |  |  |
| A类指令 | CMP 00101 | 将一个寄存器中的数与立即数比较，结果写回到R1  寄存器值大于立即数，R1赋1，反之赋0 | Rx[10:9]  作比较的寄存器 | Immed  [8:0]  作比较的立即数 | 同上 | 寄存器Rx完成与immed的比较  R1完成写入  给指令SRAM地址（PC1）、读信号  PC1+1 |  |  |
| A类指令 | JUMP 00110 | 条件跳转，如果R1==1，则修改PC中的地址，PC <- PC-immed， 否则PC=PC+1 | Immed[10:0]  跳转的值 |  | 同上 | 完成PC1=Immed  给指令SRAM地址（Immed）、读信号  PC1+1 |  |  |
| B类指令 | EMPT 00111 | BNN Core中所有PSUM置0或置BIAS | NULL |  | 同上 | 给BNN Core相应控制信号  给指令SRAM地址（PC1）、读信号  PC1+1 |  | 完成复位 |
| B类指令 | BPUEADD 01000 | 所有BPUE做一次加法，1of8MUX地址存在PC3中 | NULL |  | 同上 | 给BNN Core相应控制信号  给指令SRAM地址（PC1）、读信号  PC1+1, PC3+1 |  | 完成加法 |
| B类指令 | BPUCADD 01001 | BNNCore内做一次加法，1of16MUX地址存在PC3中 | NULL |  | 同上 | 给BNN Core相应控制信号  给指令SRAM地址（PC1）、读信号  PC1+1, PC3+1 |  | 完成加法 |
| B类指令 | POOL | BNN Core内PSUM的结果存到POOLING REG中，1of4选通由通用寄存器给出 | R2 |  | 同上 | 给BNN Core相应控制信号  给指令SRAM地址（PC1）、读信号  PC1+1 |  | 完成Pooling 且输出有效（非高阻） |
| B类指令 | BNNOUT 01010 | BNN Core内计算结果输出，使得输出端有效（非高阻） | Immed  [] |  |  | 给BNN Core相应控制信号  给指令SRAM地址（PC1）、读信号PC1+1 |  |  |
| B类指令 | STORE 01011 | 数据写回数据SRAM，地址由通用寄存器给出 | Rx  决定给出哪一部分 |  | 同上 | 给数据SRAM地址（Rx）、写信号  给指令SRAM地址（PC1）、读信号  PC1+1 | 完成数据SRAM的写入 |  |
|  | UPSHIFT 01100 | 将图像REG上移1bit | NULL |  |  |  |  |  |
|  | NULL 00000 | 空指令，不执行任何操作 |  |  | 同上 | 给指令SRAM地址（PC1）、读信号  PC1+1 |  |  |

# 三、SRAM模块

DATASRAM:保存数据和权值，宽度32位，深度8192（13bit）

INSTSRAM:保存指令，宽度16位，深度2048（11bit）

SRAM端口说明

input [(ADDRWIDTH-1):0] ADDR; //地址

input [(DATAWIDTH-1):0] D; //输入数据端

output reg [(DATAWIDTH-1):0] Q; //输出数据端

input CEN; //片选信号，低有效

input WEN; //写使能信号，低—写，高—读

input CLK; //时钟

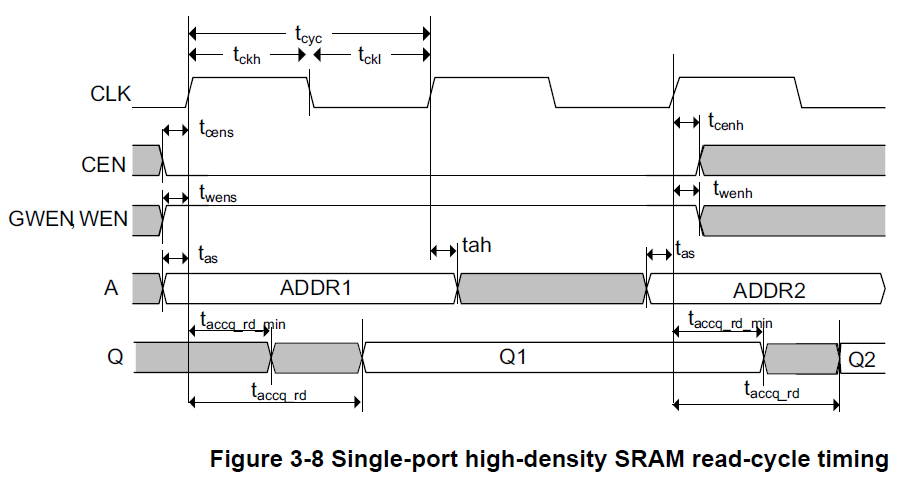
input [2:0] EMA; //延时信号，置3’b010

input [1:0] EMAW; //延时信号，置2’b00

input EMAS; //延时信号，置0

input RET1N; //数据保持信号，置1

SRAM读取时序



SRAM写入时序