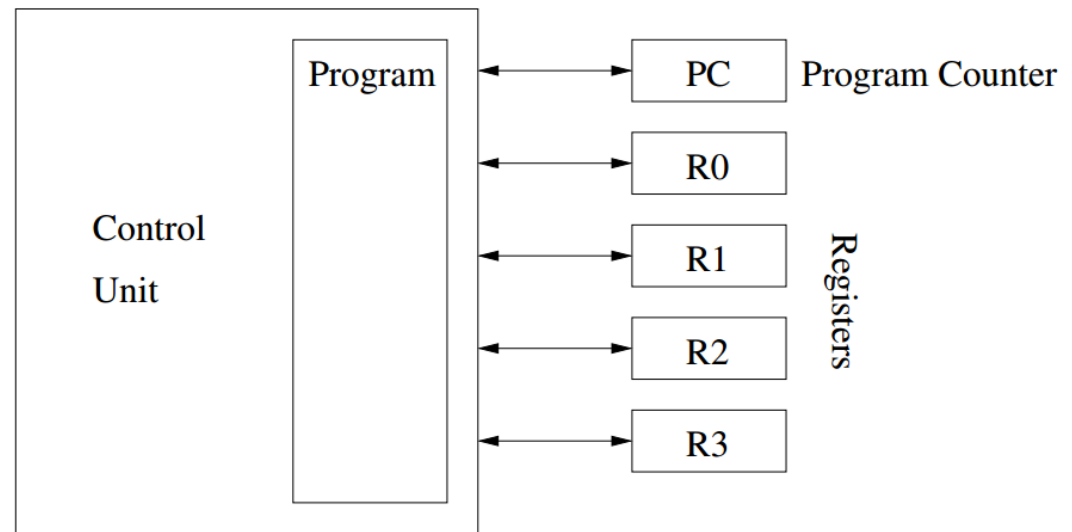


# Modely paralelných výpočtov



# Modely sekvenčných výpočtov

- **Turingov stroj**
- **Random Access Machine (RAM)**
  - pamäť = neohraničená postupnosť registrov
  - program = postupnosť príkazov (aktuálny príkaz určuje PC)
  - nepriama adresácia
  - podmienený skok
- **RASP – stored-program**



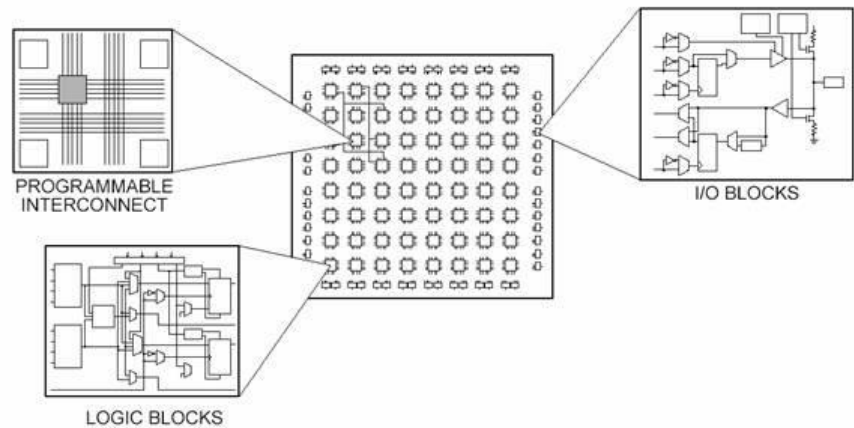
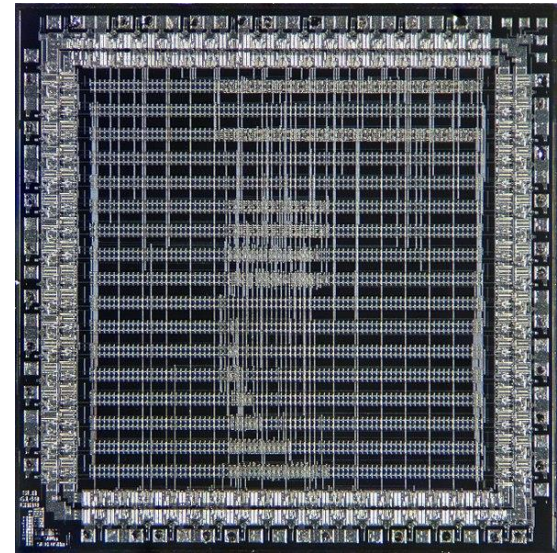
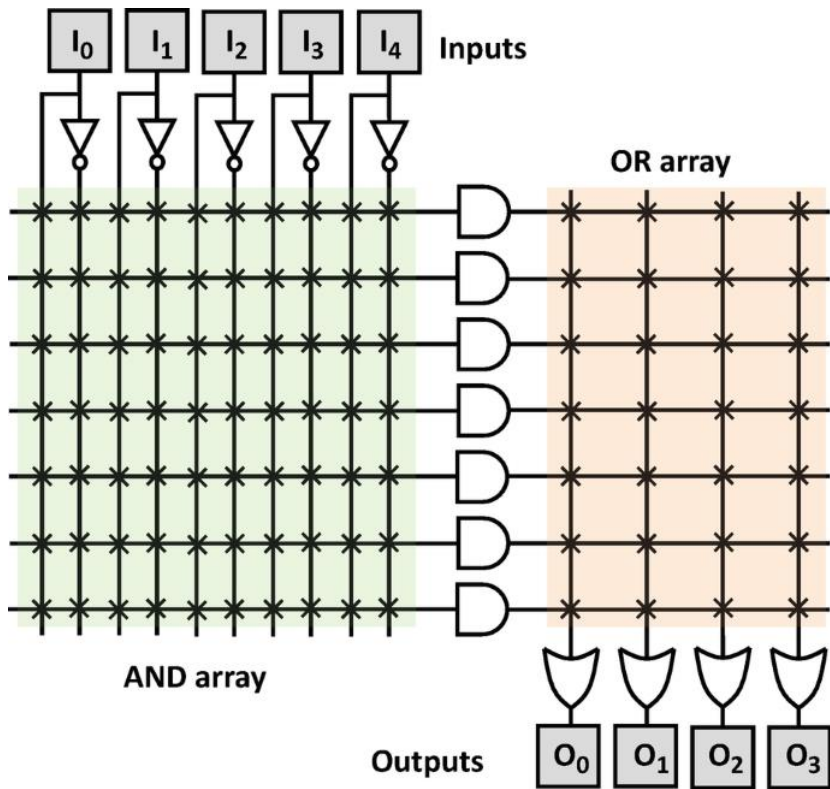
# Modely paralelných výpočtov

- **booleovské obvody**
- DAG – orientovaný acyklický graf
- sieťový model (systolické systémy)  
výpočty riadené údajmi (data-driven programming)
- modely so zdieľanou pamäťou
- ...



- návrh pomocou FPGA (Field-programmable gate array)
- konfigurovateľné logické bloky (polia blokov)  
prepojené komunikačnými kanálmi a I/O rozhraniami
- programovateľné v HDL (hardware description language)  
VHDL, Verilog ...
- OpenCL (Open Computing Language) univerzálne  
testovacie programovacie prostredie v štýle jazyka C
- FPGA Xilinx (AMD), Altera (Intel)
- masová výroba ASIC čipov (application-specific  
integrated circuits)



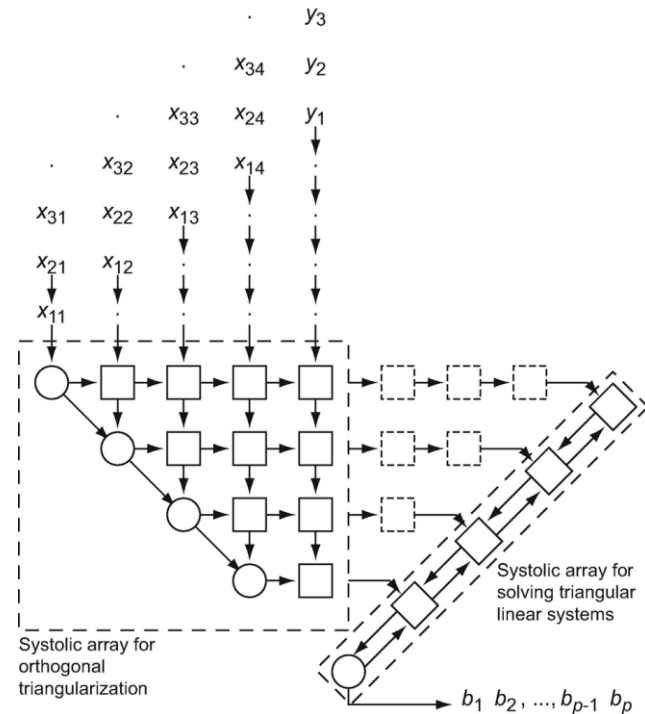


# Modely paralelných výpočtov

- booleovské obvody
- **DAG – orientovaný acyklický graf – hľadanie kritickej cesty (Span)**
- **sieťový model (systolické systémy)  
výpočty riadené údajmi (data-driven programming)**
- modely so zdieľanou pamäťou
- ...



- sieť jednoduchých procesorov (transputerov), schopných v synchrónnom režime spracovať vstupy a poskytnúť ich na výstupe susedným procesorom
- jednoduché inštrukcie, minimálna lokálna pamäť možno hw implementovať
- výpočet riadený vstupmi



# násobenie matic v systolickom poli

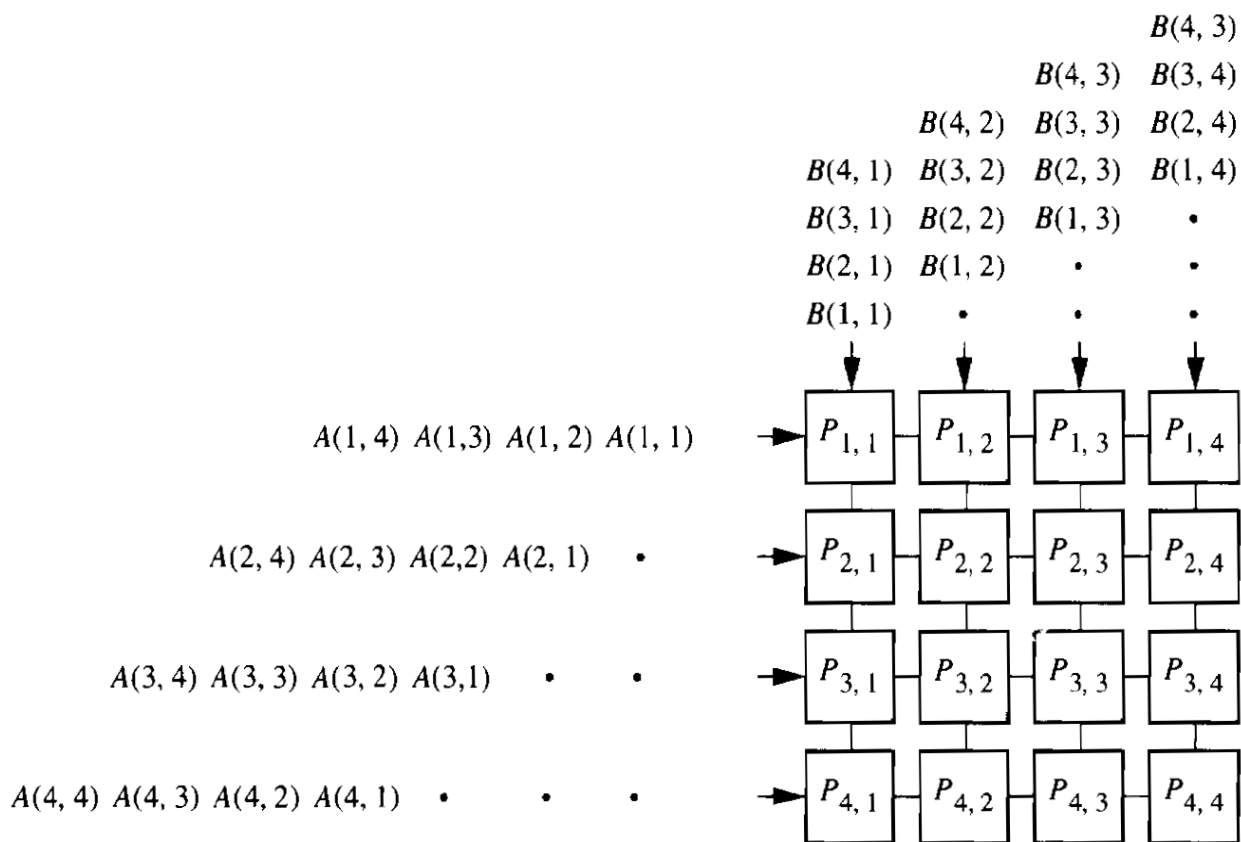


FIGURE 1.7

Matrix multiplication on the mesh using a systolic algorithm. Rows of  $A$  move synchronously into the left side, while columns of  $B$  move synchronously at the same rate into the top side. When  $A(i, l)$  and  $B(l, j)$  are available at processor  $P_{i,j}$ , the operation  $C(i, j) = C(i, j) + A(i, l)B(l, j)$  takes place,  $A(i, l)$  is sent to  $P_{i,j+1}$  (if it exists), and  $B(l, j)$  is sent to  $P_{i+1,j}$  (if it exists).

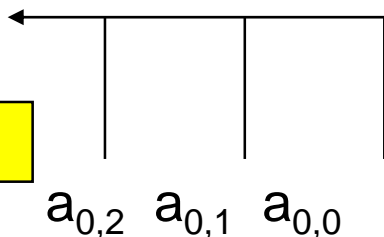




# Systolic Matrix Multiplication - illustrated with two 3x3 matrices

alignments in time

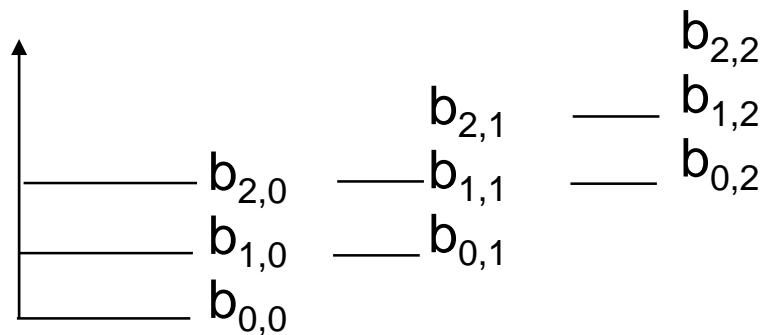
rows of a



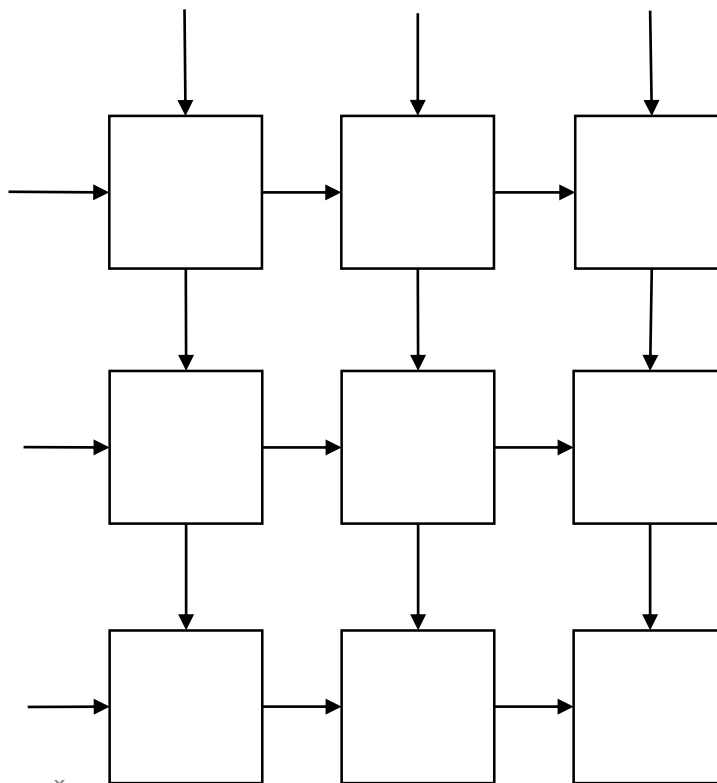
$a_{1,2}$   $a_{1,1}$   $a_{1,0}$



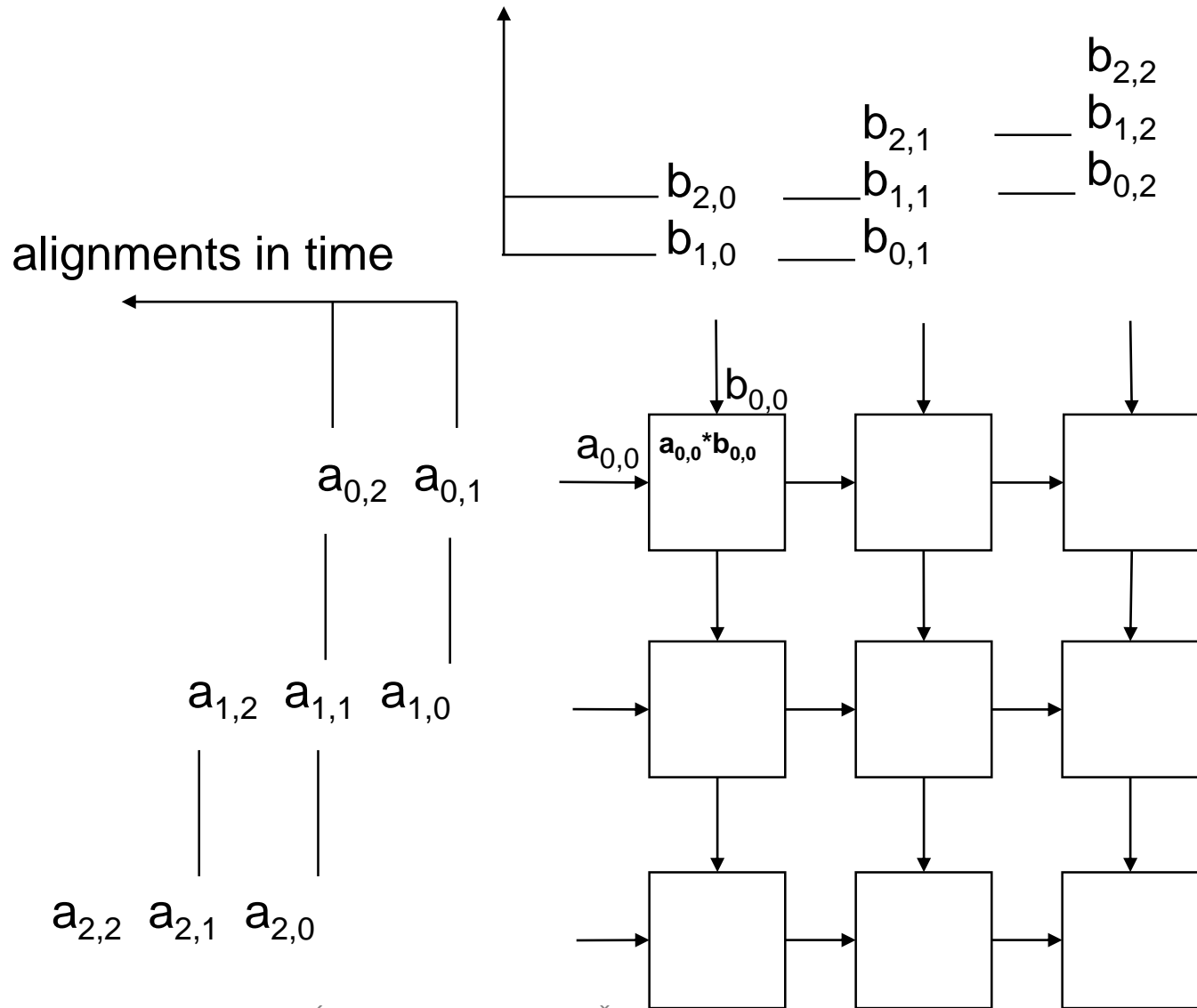
$a_{2,2}$   $a_{2,1}$   $a_{2,0}$



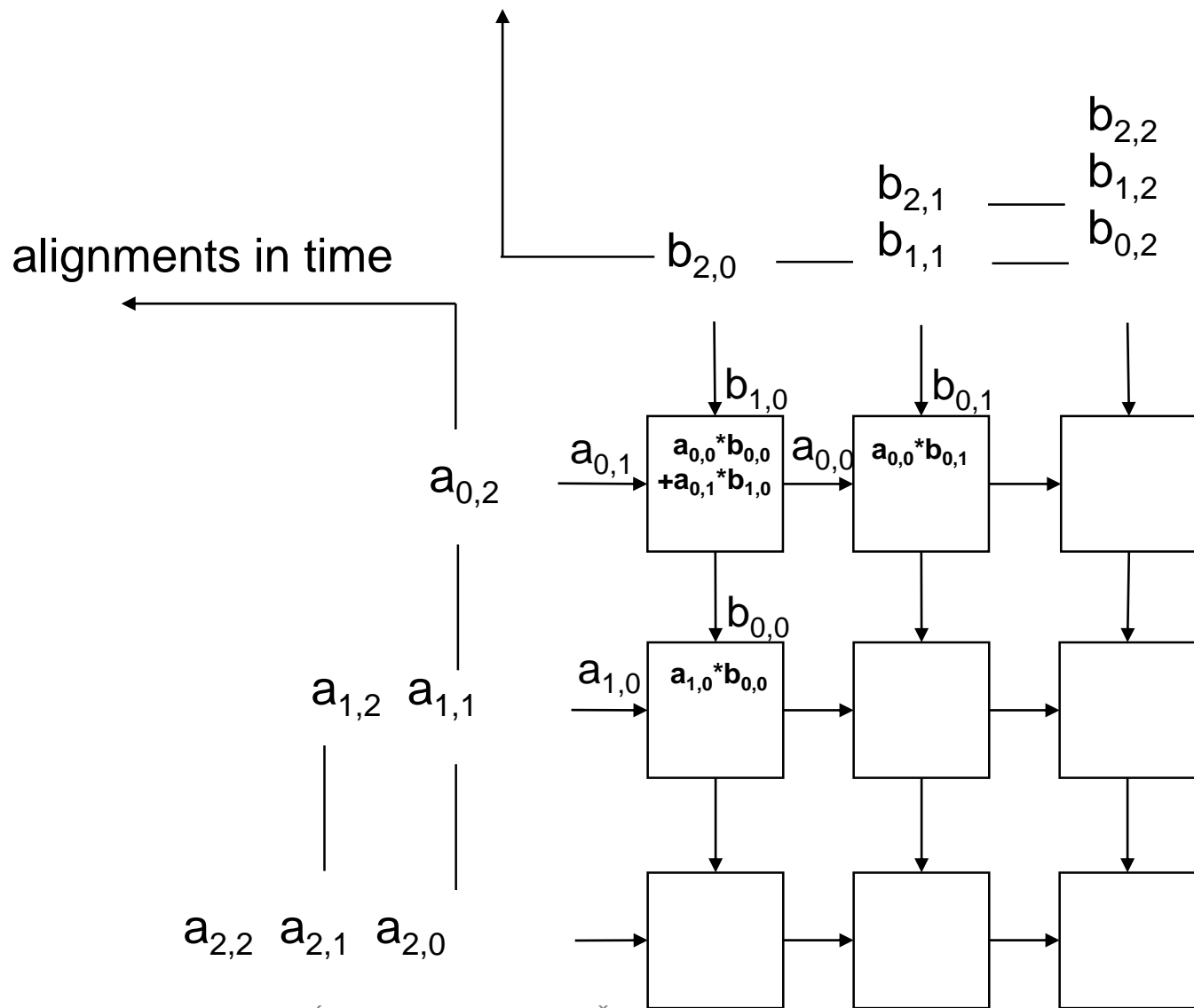
columns of b



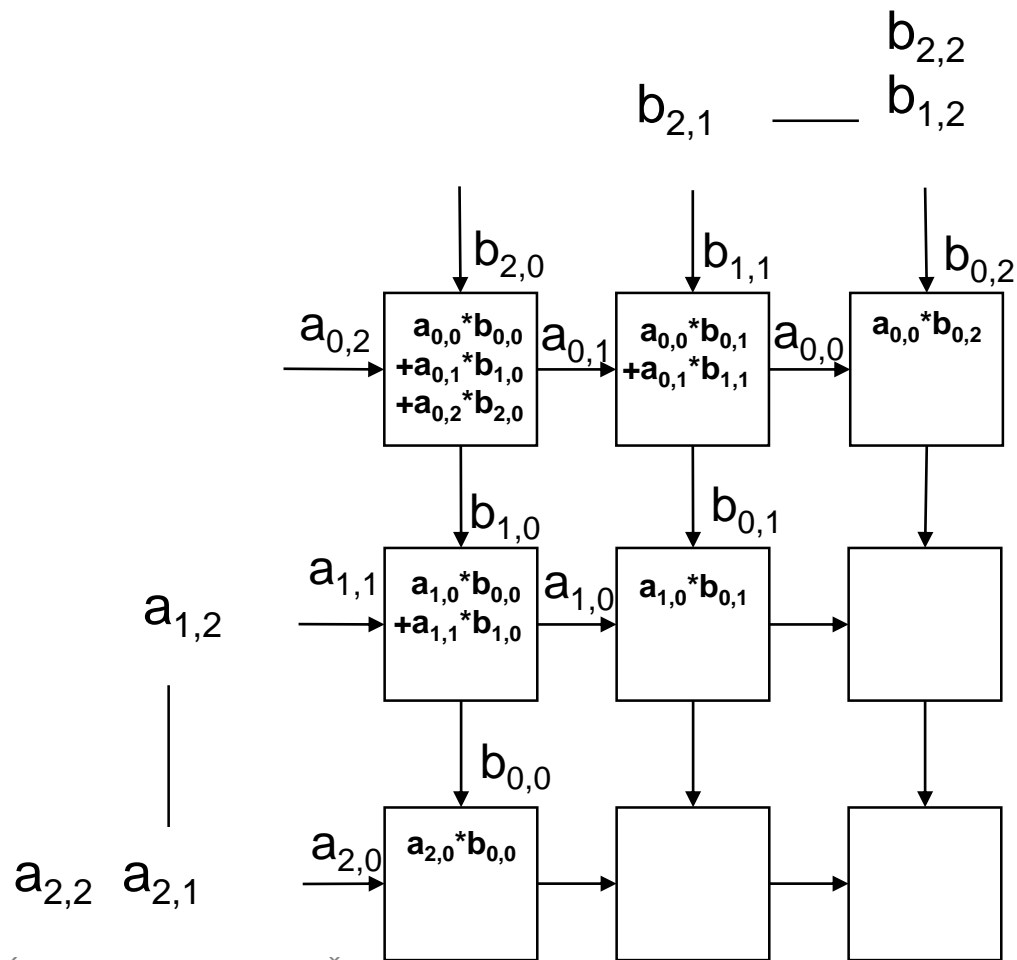
# Systolic Matrix Multiplication - illustrated with two 3x3 matrices



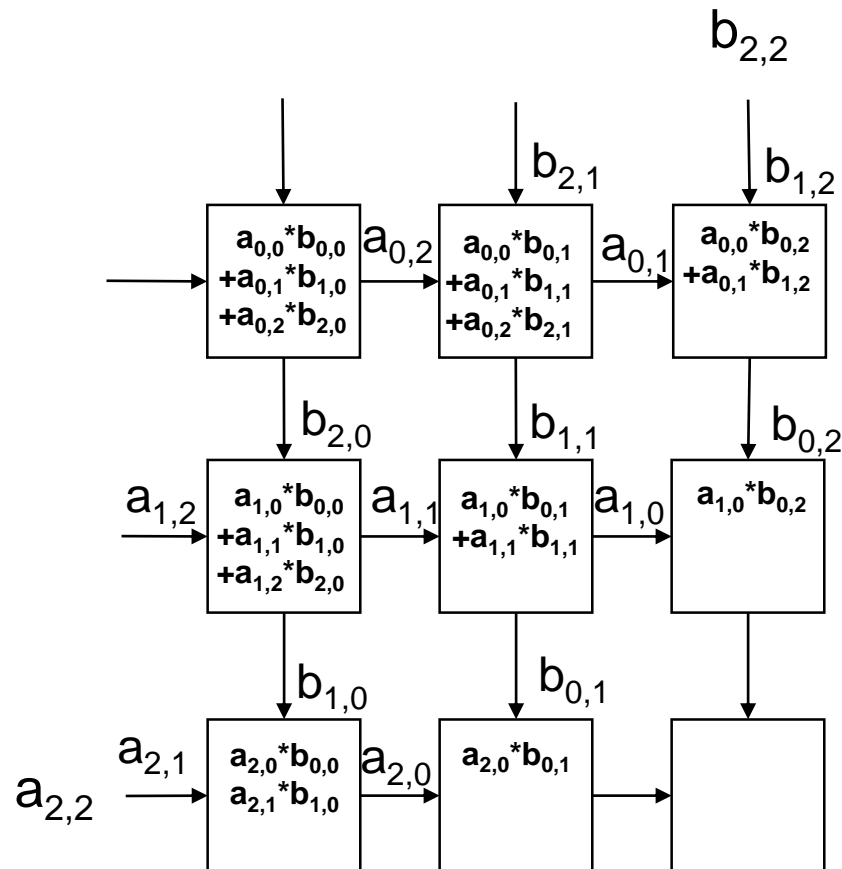
# Systolic Matrix Multiplication - illustrated with two 3x3 matrices



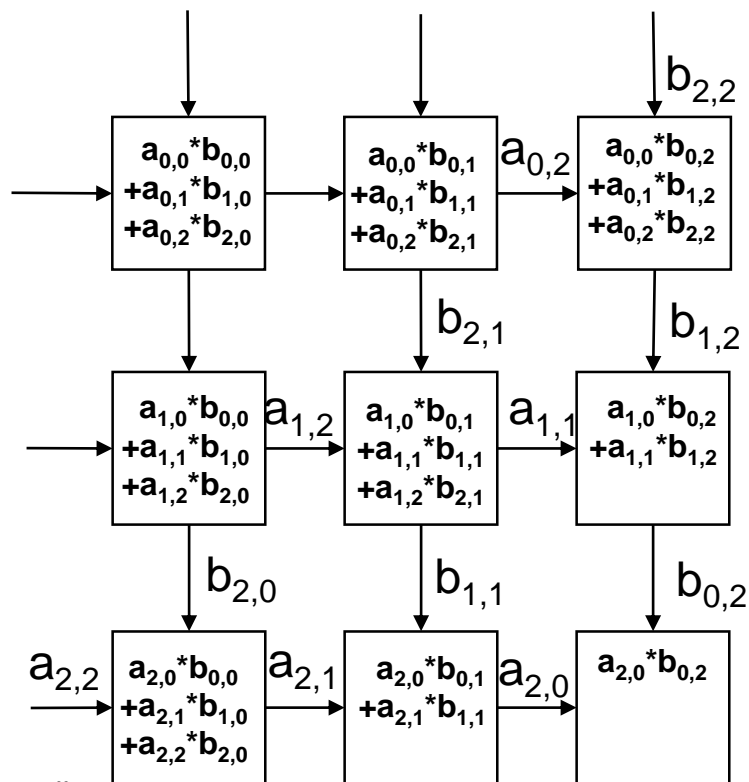
# Systolic Matrix Multiplication - illustrated with two 3x3 matrices



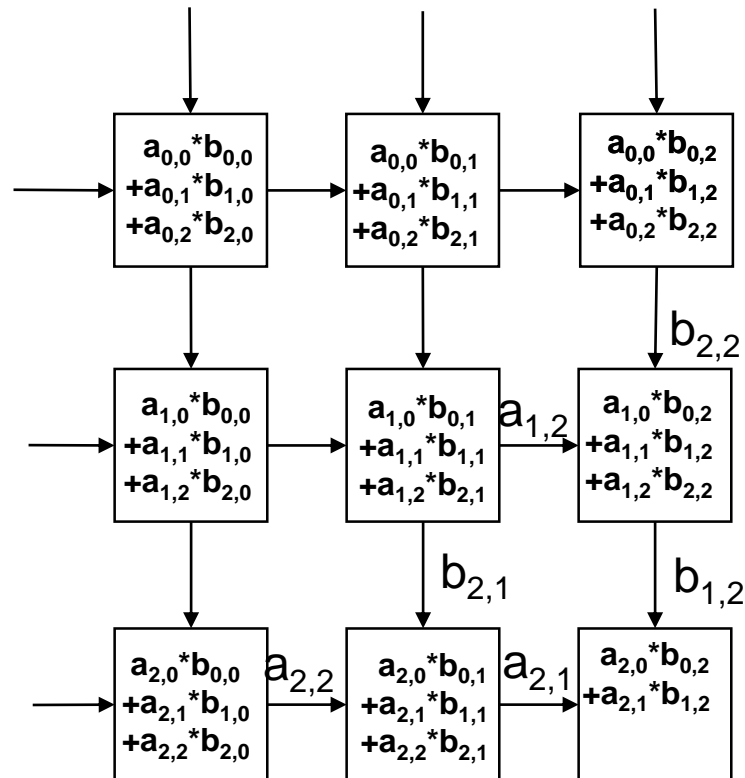
# Systolic Matrix Multiplication - illustrated with two 3x3 matrices



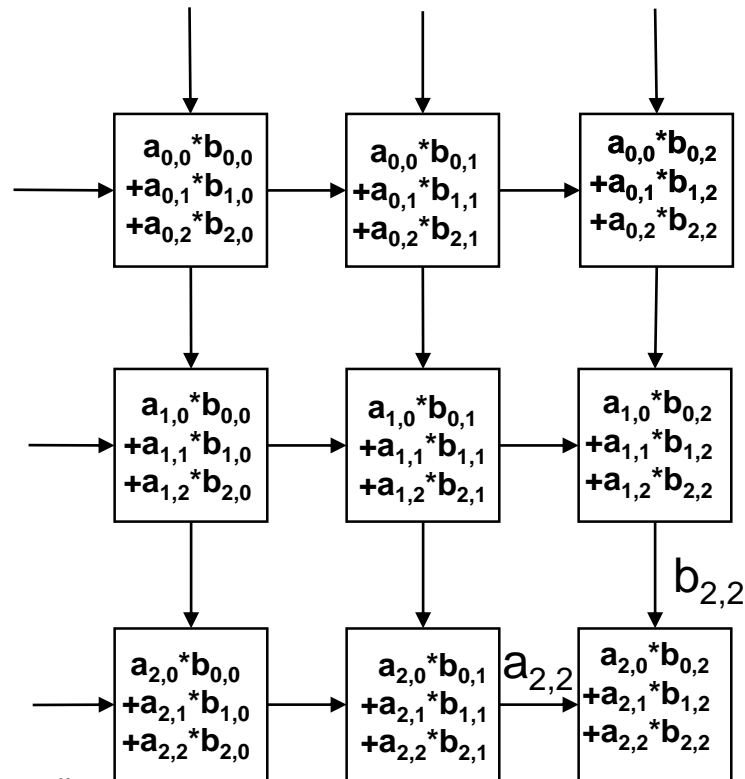
# Systemic Matrix Multiplication - illustrated with two 3x3 matrices



# Systolic Matrix Multiplication - illustrated with two 3x3 matrices



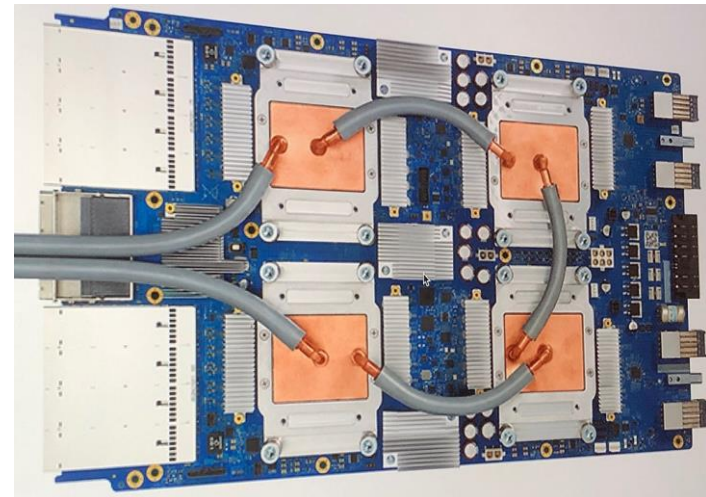
# Systolic Matrix Multiplication - illustrated with two 3x3 matrices





# paralelné spracovanie na úrovni hw

- zretáženie spracovania inštrukcií (pipelining)
- out-of-order execution
- superscalar execution, VLIW
- TPU - hw podpora práce s vektormi a tenzormi pomocou systolických polí
- GPU – warps (SIMT)



# Paralelný počítač

- **Súbor** navzájom **prepojených procesorov** (obyčajne rovnakého typu) s cieľom **koordinovať** svoje aktivity a **vymieňať si údaje**.
  - predpokladá sa, že procesory sú umiestnene blízko seba
  - rôzne architektúry a režimy fungovania
    - architektúra (zbernica, prepínaná sieť ...)
    - počet procesorov
    - prístup k spoločnej pamäti
    - prepojenie a komunikačné protokoly
    - riadenie a synchronizácia



# Modely paralelných výpočtov

- booleovské obvody
- DAG – orientovaný acyklický graf
- sieťový model (systolické systémy)  
výpočty riadené údajmi (data-driven programming)
- **modely so zdieľanou pamäťou**
- ...



# Ďakujem za pozornosť !

