

Párhuzamos és Grid rendszerek

(10. ea)

egy vektorprocesszor

Szeberényi Imre

BME IIT

<szebi@iit.bme.hu>



MŰEGYETEM 1782

Flynn-féle architektúra modell

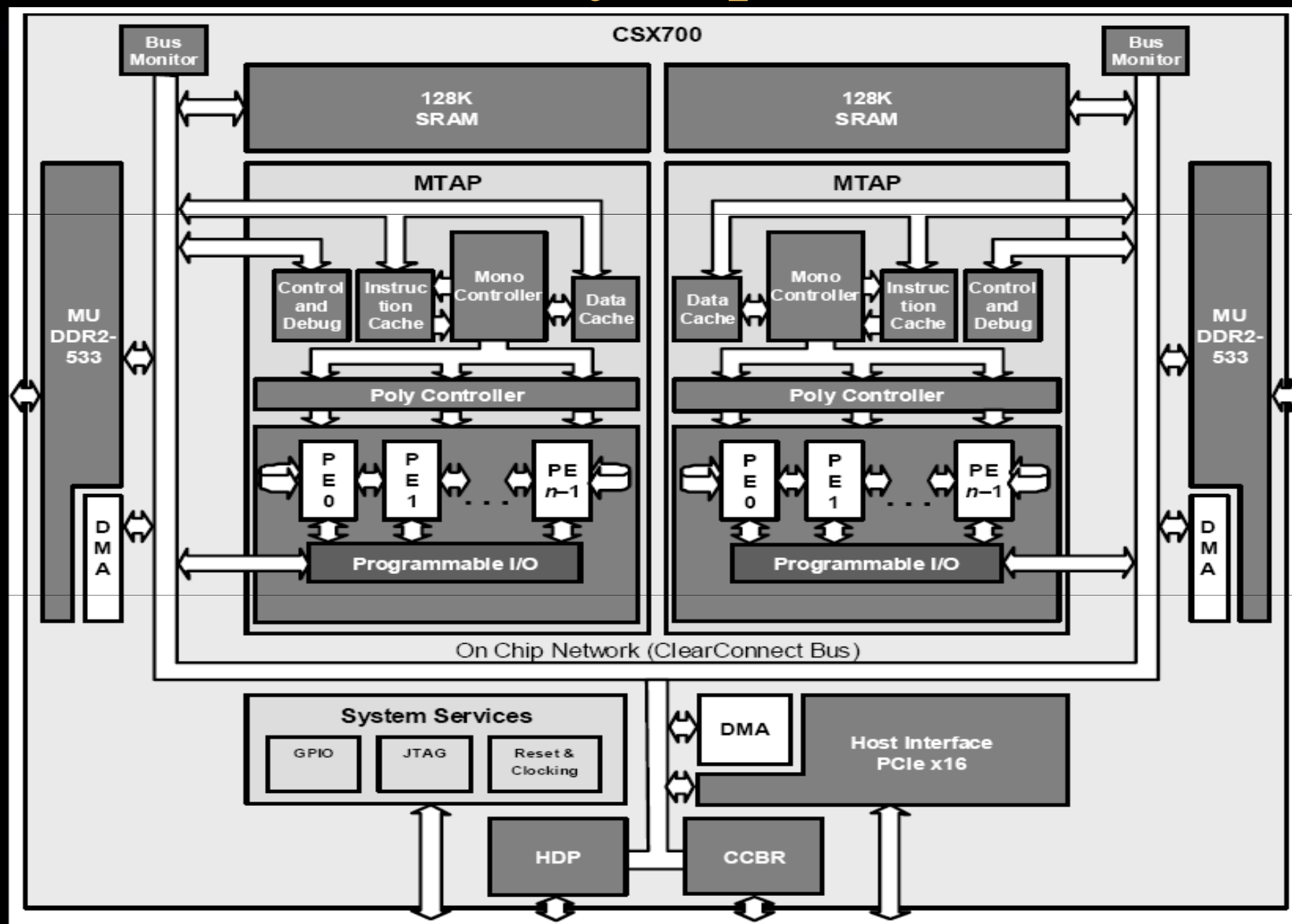
		DATA	
		Single	Multiple
INSTRUCTIONS	Single	Single Instruction Single Data SISD (serial machines)	Single Instruction Multiple Data SIMD (vector processors)
	Multiple	Multiple Instruction Single Data MISD (pipelines)	Multiple Instruction Multiple Data MIMD (multiprocesszors)

ClearSpeed gyorsító kártya

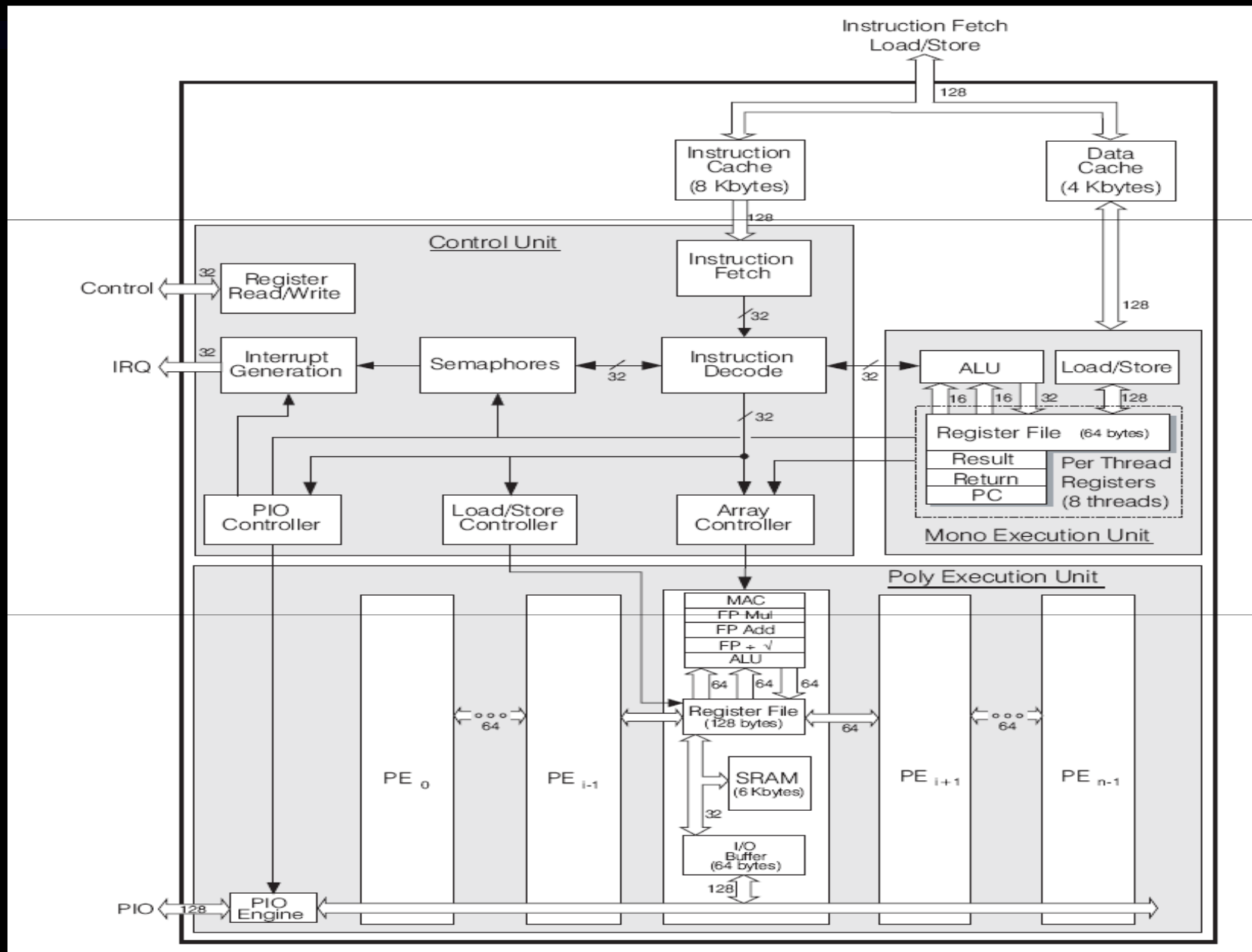
- 2006: Tokyo Institute of Technology's TSUBAME Supercomputer 47.38 TFLOPS
- ClearSpeed e710 kártya
 - Gyorsítókártya (PCIe x8)
 - 2 db 96 magos processzor
 - 2 x 8 GB DRR2, 2x128K SRAM
 - 96 Gflops
 - 24 W



Belső felépítés



Multi-threaded Array Processor

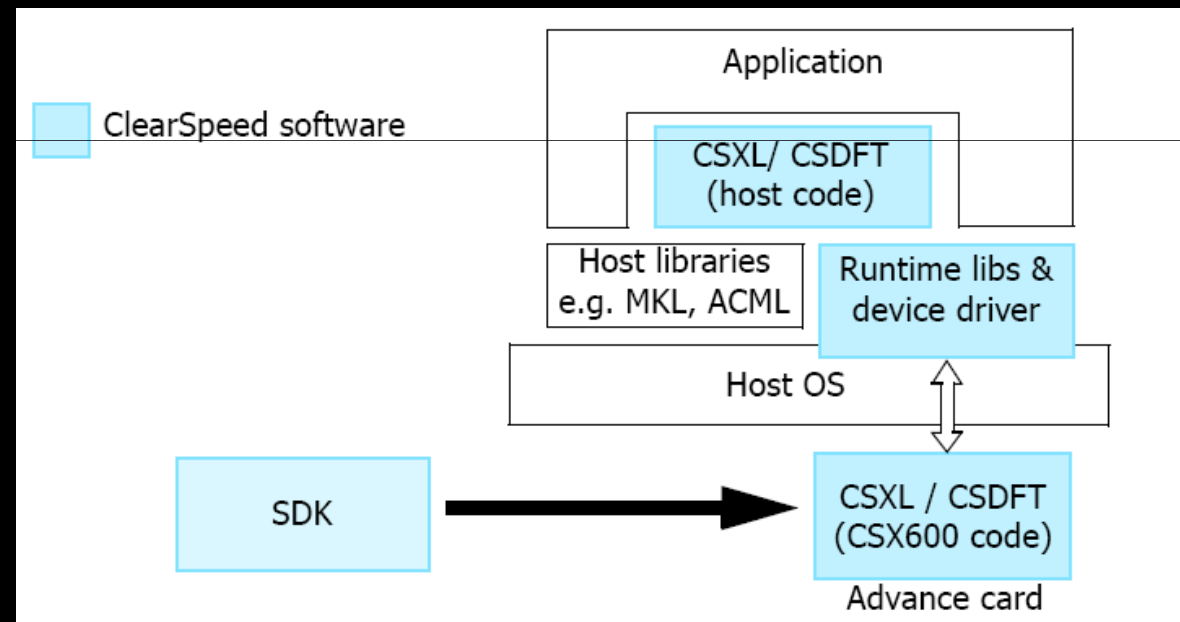


MTAP

- Control unit
 - fetch, decode, -> mono, v. poly
 - semaphore
- Poly controller
- Execution units
 - 1 db mono
 - 96 db poly
- Cache
- I/O

Szoftver komponensek, eszközök

- CSXL
 - BLAS, LAPACK
- CSAPI
- SDK
 - Cⁿ nyelv
 - Standard lib
 - Compiler (gcc)
 - Debugger (gdb)
 - Szimulátor



Cⁿ nyelv

- Standard ANSI C +
 - 2 db új kulcsszó:
 - poly
 - mono
 - Szabályok a két új tárolási osztály elérésére, automatikus konverziójára.
 - pointerok kezelési szabályai
 - tömb, struct és union kezelési szabályai
 - vezérlési szerkezetek speciális értelmezése
 - Számos fv. a hw. kezelésére

Egyszerű példa

```
#include <stdio.h>
int main() {
    printf("Hello world\n");
    return 0;
}
```

Fordítás és futtatás:

```
cscn hello.cn -o hello.csx
```

```
csr run -r hello.csx
```

Kis módosítás

```
#include <stdio.h>
int main() {
    printf("Hello world\n");
    return 0;
}
```

mono és poly

```
poly int counter;      // minden PE-ben
mono double data;     // csak a mono unit-ban
float fix;            // ua. mint mono

// poly visszatérési értékű függvény:
poly int fx(poly int, poly float);

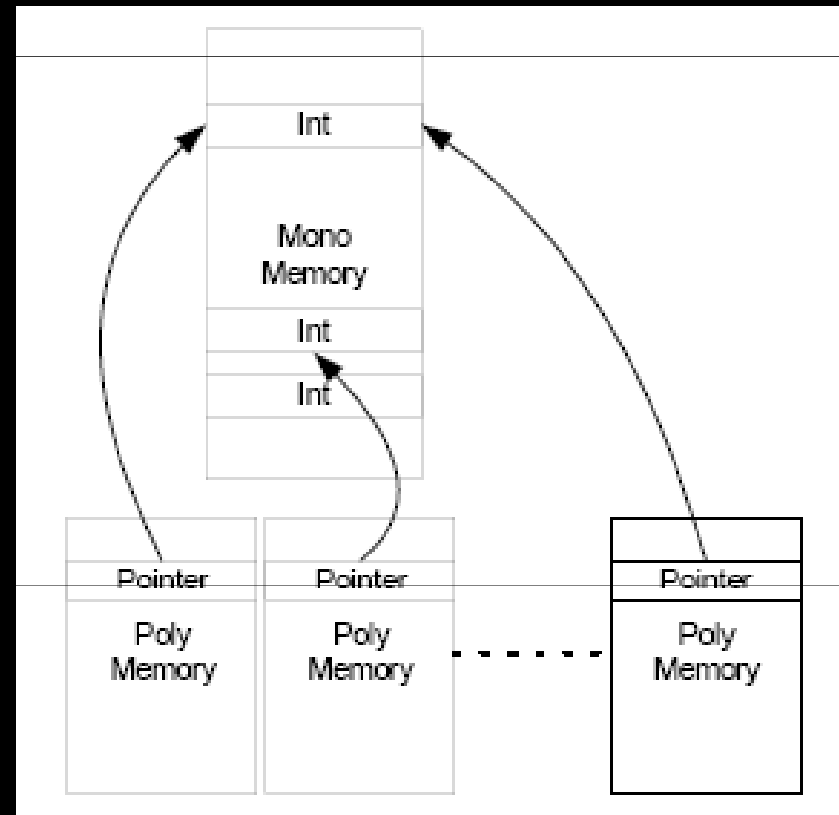
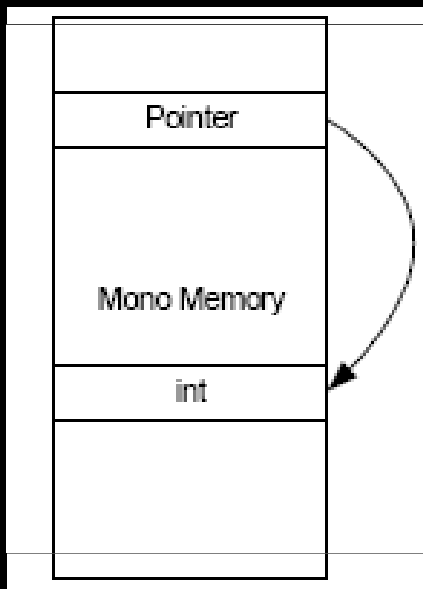
// mono visszatérési értékű függvény
mono int fx(poly int, poly int);
```

Újabb módosítás

```
#include <stdio.h>
#include <lib_ext.h>
int main() {
    poly int penum = get_penum();
    printf("Hello world %d\n", penum);
    return 0;
}
```

pointerek

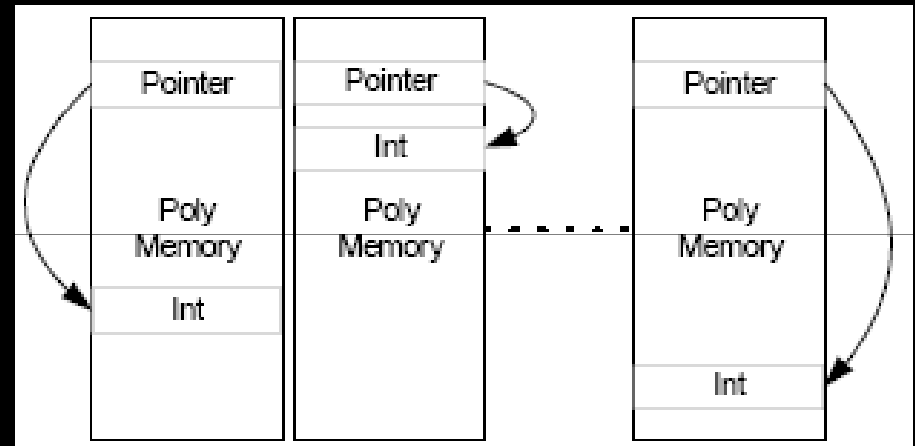
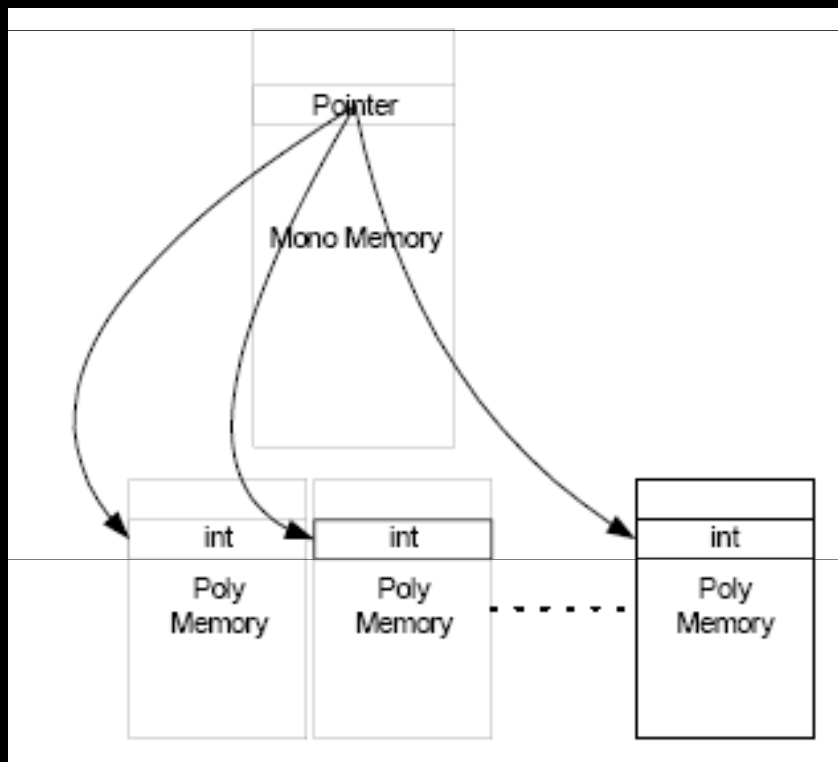
mono int * mono p;



mono int * poly p;

pointerek /2

poly int* mono p;



poly int* poly p;

struct és union

- A multiplicitást csak a típuson keresztül lehet megadni.

```
struct str_t { int a; double d; };
```

```
mono struct str_t str1;
```

```
poly struct str_t str1;
```

- A typedef-fel is ugyanez a helyzet.

pointer cast és tömb

- nem lehet pointer multiplicitását megváltoztatni cast-tal! Másik memória terület!
- `poly int tomb[100]`
 - `poly int* mono tomb;`

vegyes multiplicitás

mono a; poly b;

- mono változó mindig konvertálható poly-vá. A konverzió automatikus.

$$b = a;$$

- Kifejezésben is lehet vegyesen, a kifejezés értéke poly típusú lesz.

$$a + b$$

- Értelmetlen, és nem is lehet mono változóba poly-t tenni.

vezérlési szerkezetek (if)

mono a; poly b;

if (a < 10) utas1 else utas2 // normál

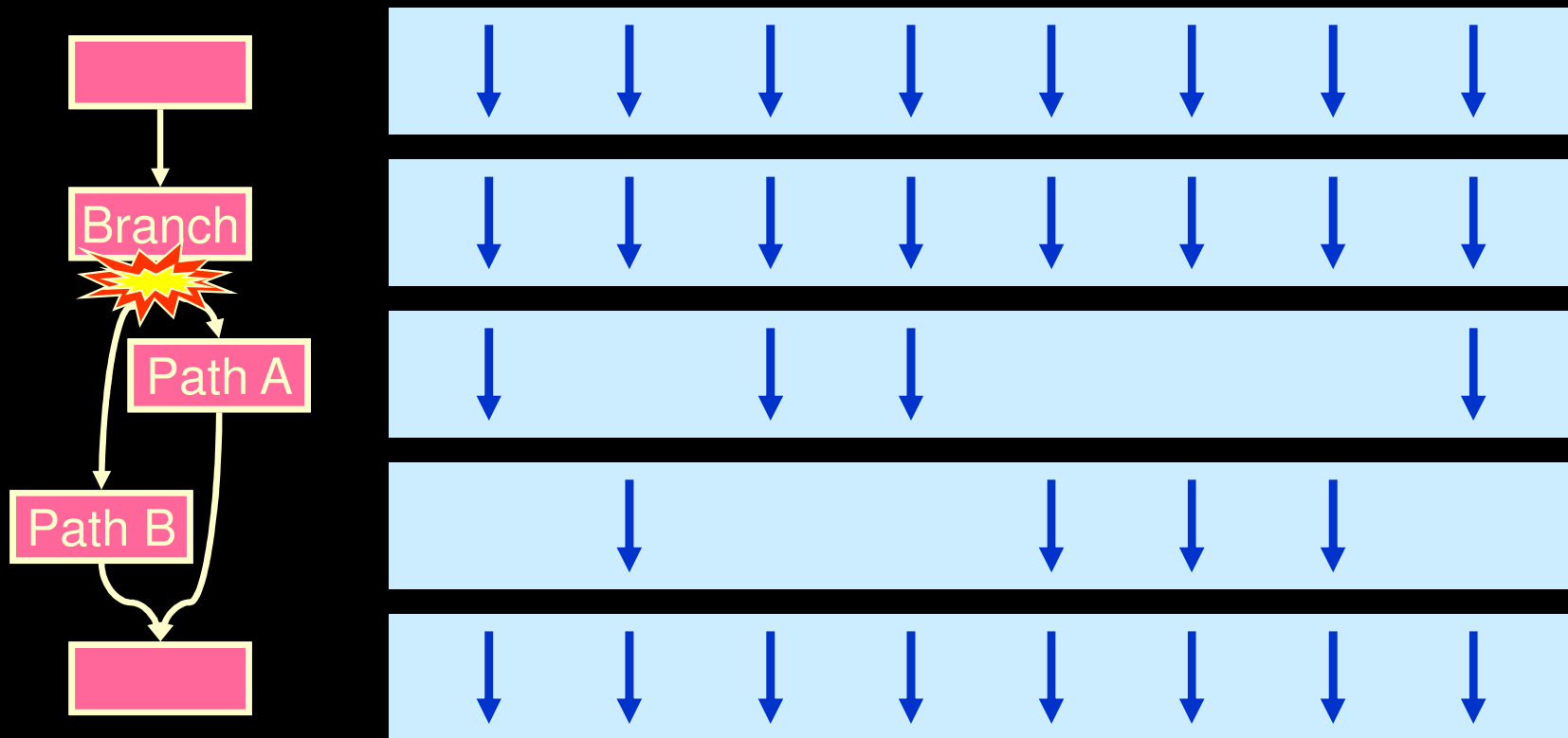
if (b < 10) utas1 else utas2 // minden PE-ben

- Azok a PE-k melyekben a kif. nem teljesül letiltódnak, majd az else végrehatásakor azok tiltódnak, amelyekben teljesült.
- Végül mindkét ág végrehajtódik.

if (b < 1) a = 5; else a = 8; // mennyi a ??

Vezérlés divergencia

Az gyakori elágazás rontja a párhuzamosítás hatékonyságát.



for, while, do

mono a;

for (a = 0; a < 10; a++) utas // normál

poly b, i; // tfh., hogy i minden PE-ben más

for (b = 0; b < i; b++) utas // minden PE-ben

- Azok a PE-k melyekben a kif. nem teljesül letiltódnak, a többiben fut a ciklus.

egyéb vezérlési szerkezet

- goto – nem léphet át poly kifejezésre alapozott feltételt!
- helyette címkézett break és continue használható:

```
for_i:  
    for (i=...) {  
        if (...)  
            break for_i;  
    }
```

- switch csak a mono vezérlőben futhat!

Adatmozgatás

- memcpym2p
- memcpyp2m
- memcpym2p_strided
- memcpyp2m_strided

Van aszinkron változatuk is.

Használatuk figyelmet igényel.

szemaforok

- értékük: nem negatív egész
- azonosítójuk: 0-92 (93-127: foglalt)
- műveletek:
 - sem_wait
 - sem_sig
 - sem_put
 - sem_get
 - sem_sync

1. példa: integrálás

```
double integ(double low, double high,
              long n) {
    double w, pew, sum; // mono-k
    poly int penum;     // PE sorszám
    poly double sump;  // PE részösszege
    poly double l, h;  // határok

    // PE sorszámának lekérdezése (0..95)
    penum = get_penum();

    w = (high-low)/n; // lépésköz
    pew = (high-low)/96; // PE-nkénti lépés
```


1. példa: integrálás / 2

```
l = pew*penum+low; // alsó határ
h = l + pew;       // felső határ
sump = 0.0;        // téglányösszeg
l += w/2.0;        // fél lépéssel
while (l < h) {
    sump += fx(l); // összegzés
    l += w;        // egész lépés
}

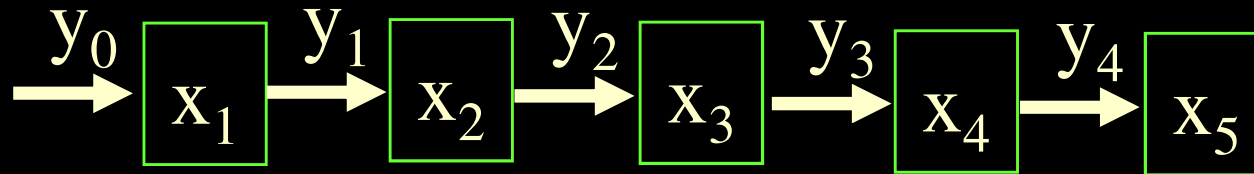
// minden PE sump-jét összeadja
sum = cs_reduce_sum(sump);
return sum * w; // szorzás
}
```

1. példa: integrálás (PI)

```
#include <lib_ext.h>
#include <stdiop.h>
#include <stdlibp.h>
#include <reduction.h>

#define fx(x)    (4.0 / (1.0 + x*x))
#define N 1000000L
....
....
int main() {
    printf("PI (%10ld) : %15.13lf\n", N,
        integ(0, 1, N));
    return 0;
}
```

2. példa: rendezés csővel



Minden feldolgozóra, minden lépésben:

$$x_i = \max(x_i, y_{i-1}), \quad i = 1, 2, 3 \dots n$$

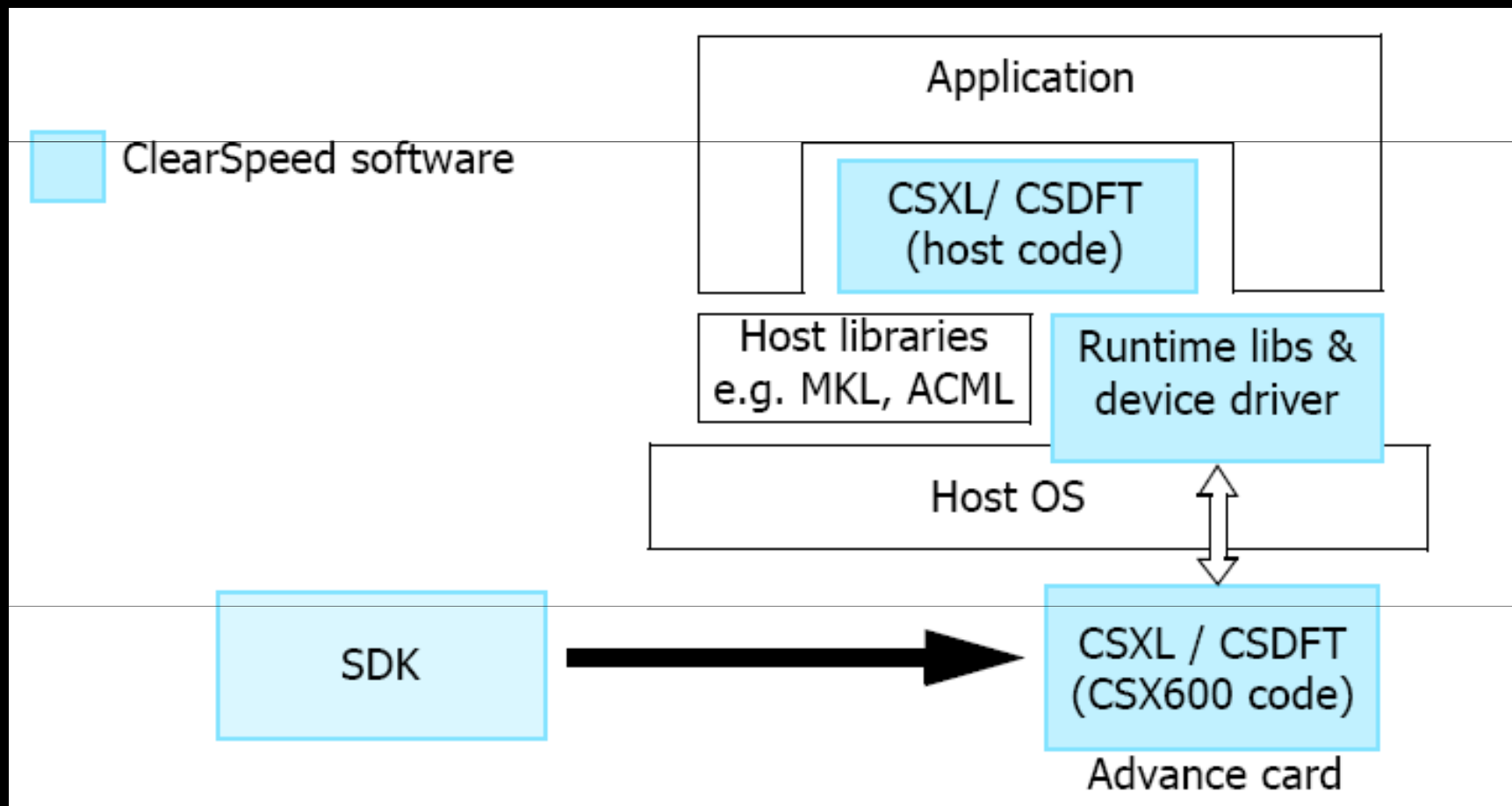
$$y_i = \min(x_i, y_{i-1}), \quad i = 1, 2, 3 \dots n$$

2. példa: rendezés csővel /2

```
unsigned int vec[NUM_PES];
int i, j;
poly int x, y, tmp; // PE-kben

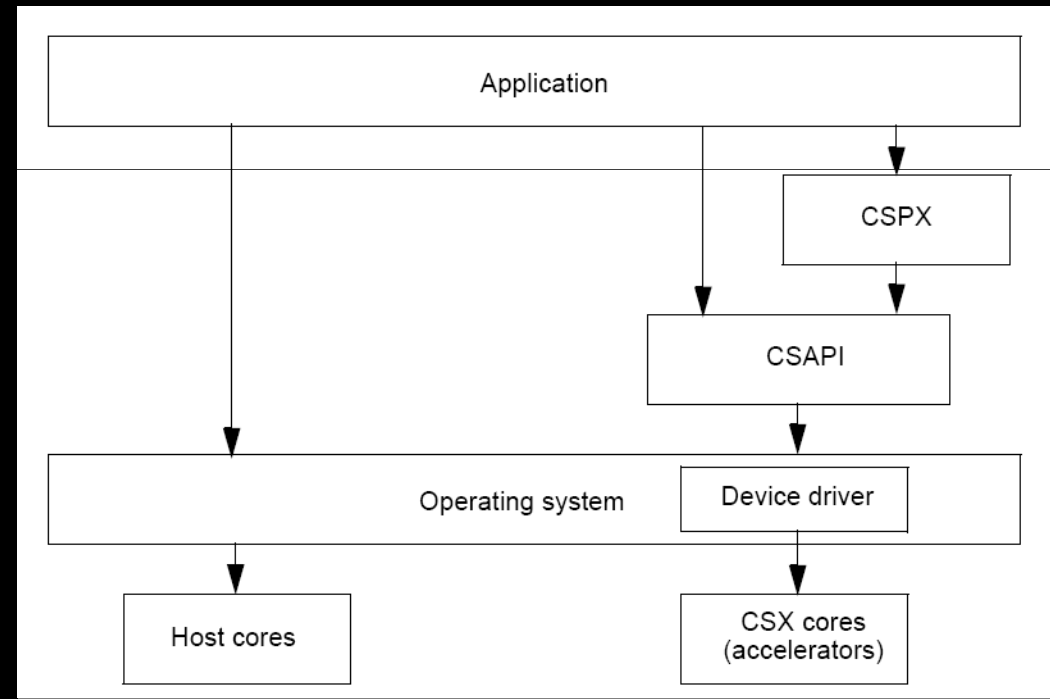
x = y = -1; // speciális érték
for (i = 0; i < NUM_PES; i++) {
    set_swazzle_low(vec[i]); // új érték
    y = swazzle_up(y); // belép + előző y
    for (j = 0; j <= i; j++) { // i+1-szer
        if (y > x) {
            tmp = x; x = y; y = tmp;
        }
        y = circular_swazzle_up(y); // kisebb ->
    }
} // x-ek nagyság szerint csökkenően
```

Szoftver komponensek, eszközök

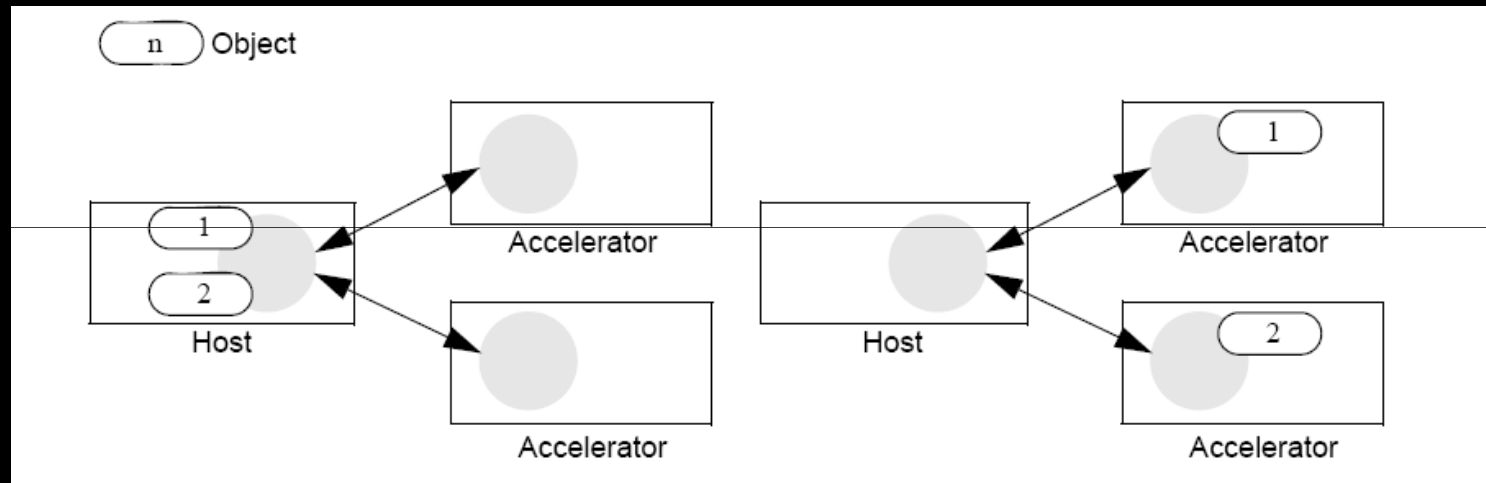


CSPX

- Device driver
- CSAPI
- CSPX
 - RPC
 - Processz + objektum modell



Processz és objektum



- `CSPX::State<>`
 - `numProcesses`, `call`, `sync`
- `CSPX::Object<>`
 - `move`
- `CSPX::Parameter<>`

Példa

- Vektor elemek négyzetgyöke
- Objektumok:
 - input, output vektor
- Processzek:
 - hoszt processz
 - gyorsító kártyák processzei

Példa (cpp #1)

```
int main(void) {
    static double inp[SIZE], res[SIZE];

    CSPX::State<> processes("sqrt.csx");

    int numProc = processes.numProcesses(); // CPU-k

    CSPX::Object<double> inputObj(inp, SIZE,
                                   numProc, CSPX_OBJECT_WRITE);
    CSPX::Object<double> resultObj(res, SIZE,
                                   numProc, CSPX_OBJECT_READ);

    .....
}
```

Példa (cpp #2)

```
int main(void) {
    ....
    CSPX::Parameter pars(numProc);
    pars.push(inputObj); // sorrend ua. mint a
    pars.push(resultObj); // cn prog struktúrában
    pars.push(SIZE/numProc);

    for (int i = 0; i < SIZE; i++)
        inp[i] = i*i;
    processes.move(inputObj);
    processes.move(resultObj);
    ....
}
```

Példa (cpp #3)

```
int main(void) {  
    ....  
  
    processes.call(pars, "square_root"); // RPC!  
  
    processes.sync(resultObj);  
  
    for (int i=0; i < SIZE; i++) {  
        printf("%d: %.2f\n", i, res[i]);  
    }  
}
```

Példa (cn #1)

```
struct sqrt_args {           // ebben a sorrendben
    CSPXObject inputs;      // ment a pars.push
    CSPXObject results;
    int count;
};

#pragma cspix_export(square_root) // elérhető lesz
int square_root(CSPXProcess parent, void* pars) {
    struct s_args *arg = (struct s_args *) pars;
    double *inp, *res;
    int i; CSPXErrno e;
    CSPX_object_sync(&args->inputs); // átveszi
    CSPX_object_sync(&args->results);

    ....
}
```

Példa (cn #2)

```
int square_root(CSPXProcess parent, void* pars)
...
inp = CSPX_object_get_pointer(&arg->inp, &e);
res = CSPX_object_get_pointer(&arg->res, &e);
for (i = 0; i < args->cnt; i += get_num_pes()) {
    poly double d;
    poly int index;
    index = i + get_penum();
    memcpym2p(&d, &inp[index], sizeof(double));
    d = sqrt(p(d));
    memcyp2m(&res[index], &d, sizeof(double));
}
CSPX_object_move(parent, &args->results);
}
```