

# RECOWARE XP-R 16

## RISC alapú, multiprocesszoros célszámítógép újrakonfigurálható akcelerátorral

A RECOWARE XP-R 16 egy speciális erőforrással, akcelerátorral kiegészített, az alkalmazások széles területén szuperszámítógép teljesítményt nyújtó célberendezés, melyet a RECOWARE Kft. fejlesztett ki. A teljesítményt elsősorban az akcelerátor biztosítja azáltal, hogy lehetővé teszi utasítássorozatok, függvények, modellek **áramköri** implementációját, másrészt a rendszer biztosítja ezen erőforrások parallel működtetését is.

Ma a legnagyobb számítástechnikai teljesítményt az ún. szuperszámítógépek nyújtják. Közös jellemzőjük a rendkívül nagy skalár és lebegőpontos műveletvégrehajtó sebességen felül a hatalmas I/O kapacitás, amellyel óriási mennyiségű háttértárat képesek kezelni és több száz felhasználót szimultán kiszolgálni. Ezek általános célú berendezések, minden alkalmazásban extra teljesítményt nyújtanak, ezért áruk rendkívül magas, 1 millió USD és 30 millió USD között van, kiépítéstől függően.

Adott feladatra épített célberendezésekkel is szuperszámítógép teljesítmény érhető el. Ez a megoldás az általánosság elvének feladásával kedvezőbb ár-teljesítmény viszonyt eredményez. A célhardverek kifejlesztése azonban időigényes és - a ma már jelentős szimulációs támogatás mellett is - tartalmaz kockázati elemet. A megoldás legnagyobb hátránya, hogy csak az adott alkalmazásban nyújt extra teljesítményt. A RECOWARE XP-R 16 ezt a problémát oldja fel.

### **RECOWARE XP-R 16 az általános célú célszámítógép** (a hardware software úton történő rekonfigurálhatósága)

A RECOWARE XP-R 16 a többszöri felhasználás lehetőségét, - azaz a berendezés általános használhatóságát úgy biztosítja, - hogy az alkalmazott speciális, nagyszámú kaput tartalmazó kapuáramköreinek funkciója - azaz "kapcsolási rajz" számítógépen megtervezhető, szimulálható és annak programjának betöltése után a "kapcsolási rajz" szerinti működését biztosítja.

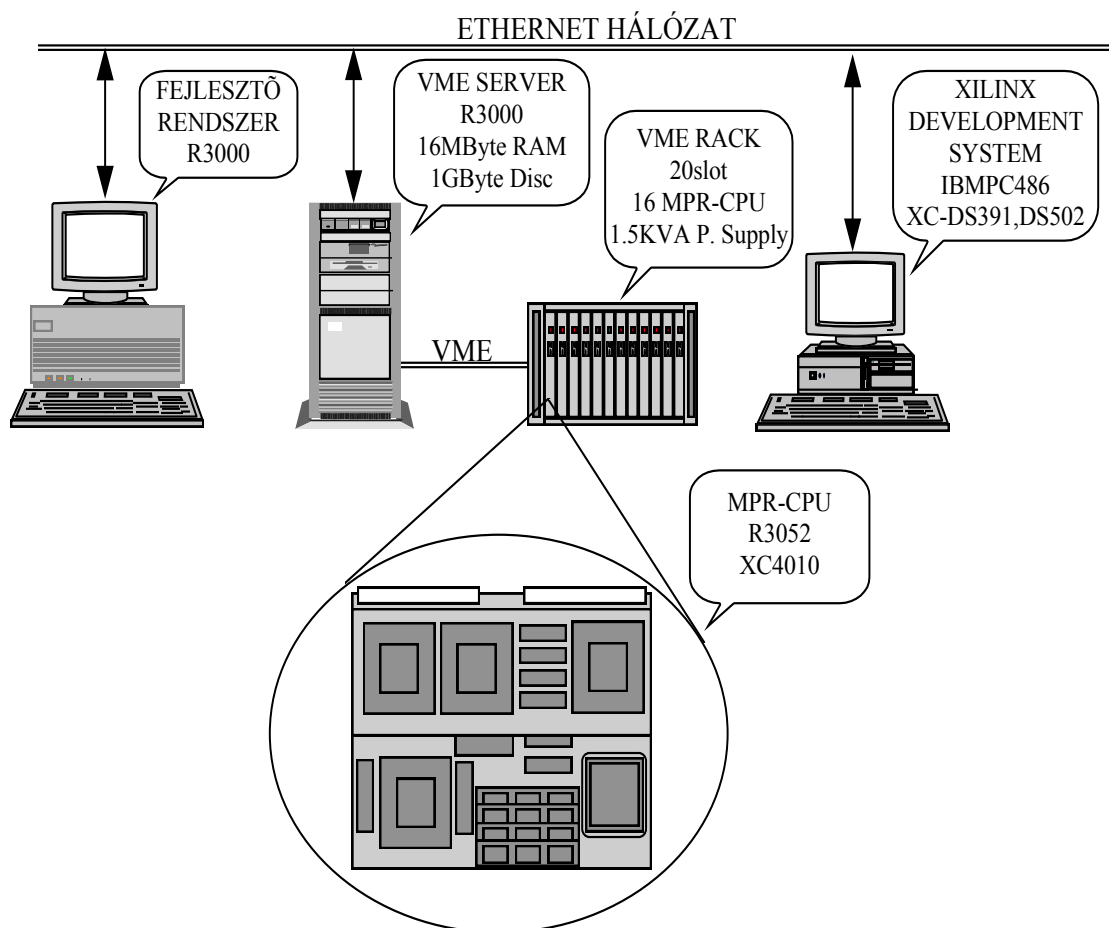
Egy másik/következő feladat során megfogalmazott "kapcsolási rajz" programjának elkészítése és betöltése - mert a kapuáramköri funkciók újraprogramozható elemeket tartalmaznak, - megváltoztatja a hardware működését. Ez a többszöri feladatra illeszthetőség biztosítja a RECOWARE XP-R 16 "általánosan speciális" célra történő alkalmazhatóságát.

A RECOWARE XP-R 16 a szuperszámítógépek teljesítményét nyújtja széles alkalmazási területeken, lényegesen olcsóbb, megfizethető áron. A felmerülő, új

feladatok megoldásához nem kell új berendezést kifejleszteni, ez a programozható hardver elemek átkonfigurálásával könnyen megoldható.

### A RECOWARE XP-R 16 felépítése

## AZ MPR RENDSZER



### A RECOWARE XP-R 16 a MIPS R3000 RISC mikroprocesszorra épül

A 80-as éveket a CISC (Complex Instruction Set Computer) mikroprocesszorok uralták. Utasításkészletük ritkán használt bonyolult utasításokat is tartalmazott, az operandusok elérését többféle címzési mód is biztosította. A 80-as évek második felében komoly versenytársként jelentek meg a RISC (Reduced Instruction Set Computer) típusú mikroprocesszorok. A RISC (Reduced Instruction Set Computer) mikroprocesszorok kiemelkedő teljesítményükkel hódítanak a piacon. A gyors térhódításuk oka az a felismerés volt, hogy a programok viszonylag kis arányban használnak bonyolult, összetett utasításokat. A bonyolult utasítások elhagyásával és a címzési módok csökkentésével (load/store) a mikroprocesszorok architektúrája leegyszerűsödött, ami a teljesítmény soha nem tapasztalt növekedéséhez vezetett.

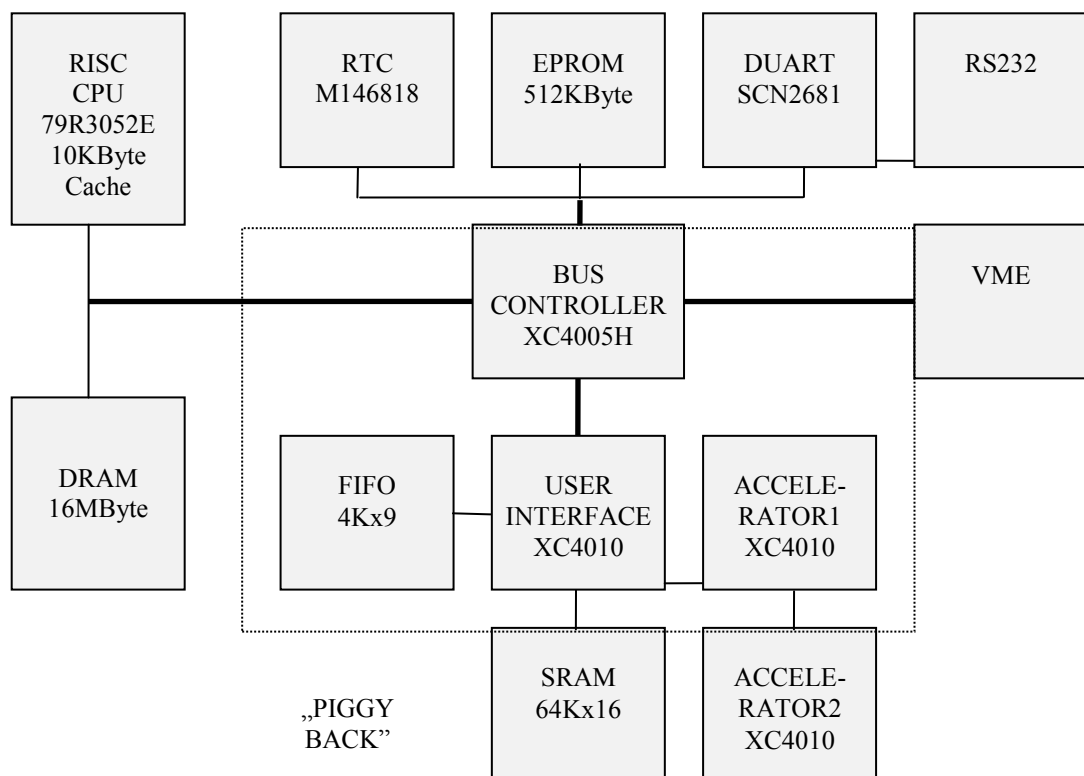
### A RECOWARE XP-R 16 XILINX FPGA-t (Field Programmable Logic Array) alkalmaz az alkalmazói programok gyorsításra

A mindennapi gyakorlatban sokszor találkozunk olyan ismétlődő programrészletekkel, amelyek a futási idő jelentős részét kitöltik. Amennyiben ezen programrészletek futási idejét sikerül valamilyen arányban lecsökkenteni, akkor gyakorlatilag az egész program futási ideje a fenti arányban lecsökken. Másként fogalmazva: a felhasználó számára az adott feladatban megnövekedik a gép (processzor) teljesítménye. Feladatfüggően, de akár több nagyságrendi sebességnövekedés érhető el, ha a gyakran használt utasítássorozatokat, programhurkokat, a speciális pl. lebegőpontos aritmetikai utasításokat, mint külön utasításokat definiáljuk és végrehajtásukat speciális hardverre (coprocesszor/accelerator) bízjuk. Ezt a speciális hardvert nevezzük akcelerátornak, vagy gyorsítónak.

### A RECOWARE XP-R 16 maximum 16 processzort tartalmaz

Az egyedi processzor teljesítmény növelésének az aktuális technológiai lehetőségek szabnak határt. A további teljesítménynövelés lehetséges módja a feladaton belüli párhuzamosságok feltárása és a feladat egyidejű végrehajtása több processzoron; illetve multiuser operációs rendszeren belül több felhasználói program egyidejű futtatása több processzoron.

### A RECOWARE XP-R 16 CPU modulja



Az akcelerátor "piggy-back"-ént csatlakozik a CPU modulhoz. Ez a megoldás biztosítja, hogy az újabb, gyorsabb, nagyobb integráltságú áramkörök megjelenésével, az alaplátrát változtatlanul hagyva, csupán a speciális műveletvégző cseréjével a teljesítmény a mindenkori igények szerint flexibilisen növelhető.

Az akcelerátor hatékonyan képes együttműködni az általános célú mikroprocesszorral. Ez azt jelenti, hogy párhuzamosan dolgozik a RISC mikroprocesszorral és csak minimálisan igényli annak közreműködését. Ez annak köszönhető, hogy az akcelerátor modul rendelkezik saját memóriával, amely autonóm módon képes adatot cserélni a főmemóriával. Az akcelerátor modulon egy különálló FPGA-ban van megvalósítva az a kommunikációs áramkör, amely a "felhasználói, szabad utasítás terület" illesztését végzi a standard mikroprocesszorhoz, és a főmemóriához. Ez a megoldás számos előnnyel jár. Könnyen adaptálható más hardver környezetre is, és az illesztés nem foglal helyet az utasítások számára rendelkezésre álló területből. Az illesztő interfész magasszintű szolgáltatásokat is nyújt a "programozható hardver" kezeléséhez (pl. konfigurálás).

A gyorsítás mértéke a célorientált jellegből fakadóan rendkívül jelentős. Az alkalmazott megoldás miatt a várható teljesítmény megegyezik az adott feladatra épített célhardver teljesítményével.

Az utasítások hardver implementációját nagybonyolultságú ún. FPGA (Field Programmable Gate Array) áramkörök végzik, amelyek program-letöltéssel, szoftver úton konfigurálhatók. Az XPR-ben alkalmazott XILINX áramkörök nagy előnye, hogy tetszőleges számú alkalommal újraprogramozhatók. Ez biztosítja, hogy az akcelerátor nem csak egy adott feladathoz használható, hanem az igények szerint, rugalmasan átkonfigurálható. A XILINX áramkörcsalád legnagyobb tagja 20.000 kapu ekvivalens. (Az FPGA áramkörök fejlődése lépést tart a mikroprocesszorokéval.) A XILINX-ben megvalósított funkciók ma már max. 100 MHz-es rendszer órajellel működtethetők, de sebességük, belső komplexitásuk egyre növekszik. Az áramkörtervezéshez és a verifikáláshoz a XILINX cég hatékony fejlesztőrendszere áll rendelkezésre.

A berendezés kihasználja a párhuzamosítás adta lehetőségeket. A 16 processzor modul képes egyidőben valamely feladaton vagy részfeladaton dolgozni. Ennek a megoldásnak az előnyei a következők:

- modularitás:** azonos típusú processzorelemeket alkalmazva a teljesítmények széles skálája átfogható.
- bővíthetőség:** a felhasználói igények növekedése esetén a konfiguráció további processzorokkal bővíthető.
- megbízhatóság:** a rendszer működőképes marad egyes processzorelemek meghibásodása esetén is.

A felhasználói programok fejlesztése (algoritmikus tesztelése) az ún. fejlesztőgépen történik. A fejlesztőgép operációs rendszere UNIX. A programfejlesztésre a UNIX operációs rendszer eszközeit lehet használni (szövegszerkesztő, fordítóprogram, assembler, szubrutinkönyvtárak, stb). Az MP-R 16 CPU modulokon (célgépeken) a UNIX rendszerhívásainak csak korlátozott részhalmlaza (create, open, pipe, read, write, close, exit) kerül megvalósításra. A felhasználói programoknak a célgépen futó változata - mint bináris végrehajtható programok - a fejlesztőgépen állnak elő. A programoknak a célgépre való betöltését a fejlesztőrendszer végzi.

## A RECOWARE XP-R 16

- alkalmas arra, hogy a felhasználó saját maga definiálhasson utasításokat, amelyeket hardverben! implementálhat. Ezek, egy általános célú RISC mikroprocesszor utasításkészletét kiegészítve, mint társprocesszor utasítások kerülnek végrehajtásra,
- a felhasználó tetszőleges számú alkalommal újra definiálhatja speciális utasításait,
- a rendszer multiprocesszoros architektúrája és szoftver rendszere biztosítja egy feladat gyors, párhuzamos végrehajtását.

## A RECOWARE XP-R 16 specifikációja

Általános jellemzők	
Processzorok száma	1-16
Processzor típusa	MIPS R3000 (R3052)
Működési frekvencia	50 MHz
Cache méret	10-160 Kbyte
Virtuális memória	4 Gbyte
Accelerátorok száma	2-32
Accelerátor típusa	XILINX XC4010
Integráltsági foka	10.000 kapuekvivalens
Operatív memória mérete	16-256 Mbyte
Operatív memória védelme	paritás
Input/output felület	32bités VME rendszerbusz
	RS232(Monitor és diagnosztikai céllal)
Teljesítmény jellemző	
Effektív teljesítmény	400-6400 MIPS
Szoftver	
Fejlesztőgép	UNIX
	multitasking/multiuser
CPU Modul	UNIX kernel

## A RECOWARE XP-R 16 alkalmazása dermatoglífi feladatokban

A következőkben bemutatjuk a RECOWARE XP-R 16 alkalmazási lehetőségét egy konkrét feladatban: ujjnyomatok összehasonlítása.

Egy ujjnyomatazonosító rendszer egyik leginkább számításigényes része az ujjnyomatok (mintatár) elemeinek összehasonlítása a helyszínen talált ismeretlen személytől származó ujjnyom töredékekkel. Eltekintve az összehasonlítási algoritmus megbízhatóságától, mindenképpen meg kell felelni annak az elvárásnak, hogy hosszabb távon a naponta azonosításra beküldött nyomok napi feldolgozási - keresési ideje - ne haladja meg az egy napot: egyszerűbben fogalmazva ez azt jelenti, hogy a rendszer legfeljebb 24 órás válaszütemet adjon, és ne halmozódjon fel "input" oldalon naponta egyetlen nyomazonosítási igény

sem. (Amit pl. május 24-én azonosításra beküldtek, arra legkésőbb május 25-én válaszolni kell. Ha ez nem sikerülne, akkor a rendszer a megválaszolatlan, és ezért folyamatosan halmozódó azonosítási kérdéseket "görgetné" maga előtt, előbb-utóbb elmaradva a bűnüldözés-bűnfelderítés esélyétől.

A probléma megoldható azzal, hogy az összehasonlításhoz minél magasabb frekvenciájú számítógépet alkalmazunk, illetve ha ez nem elég, akkor minél több ilyen számítógépet működtetünk párhuzamosan ugyanazon azonosítási igény megoldására, vagy minél több számítógépet működtetünk a minél több napi azonosítási igény kiszolgálására. Általános célú számítógépek alkalmazását feltételezve hamarosan korlátokba ütközünk:

- az adott azonosítási algoritmus számítástechnikai igénye eléri az ésszerű - elfogadható ár/teljesítmény viszonyú számítástechnikai eszközök által biztosított - határokat
- a feladat párhuzamosításával is ugyanilyen ár/teljesítmény korlátokba ütközünk

### **Az azonosítási feladat jellemzése**

az azonosítási algoritmus megbízhatósága egyértelműen az algoritmus időigényével exponenciálisan növekszik  
a mintatár (összehasonlítandó nyomatok száma) mérete országonként 1.000.000-50.000.000 között mozoghat (ez a válaszidővel lineáris összefüggésben van)  
a háttértár elérési időkhöz képest viszonylag kevés adaton kell igen sok műveletet végezni

Az összehasonlítási algoritmus felépítése

(A következőkben ismertetett eljárás a tényleges eljárás igen leegyszerűsített változata.)

- a. Az azonosító eljárás belső ciklusa  
a ponthalmaz (mintatár-nyomat) összehasonlítása ponthalmazzal (nyom)
- b. Az azonosító eljárás második ciklusa  
a ponthalmaz jellemzők hibáinak figyelembevételével (a mintatár torzulása, illetve az azonosítandó elem torzulásának (nyom) az első ciklus megismétlése)
- c. Az azonosító eljárás külső ciklusa  
a fentebb említett összetett ciklusokat a nyilvántartásban (mintatár: 1.000.000-50.000.000) szereplő nyomatok száma szerint kell végrehajtani (lineáris növekedés)

Tegyük fel, hogy általános célú számítógéppel szeretnénk meggyorsítani a feladat megoldását (belső ciklus: 50 utasítás, második ciklus ciklusszámlálója 20, a külső ciklus ciklusszámlálója 100.000 személyes nyilvántartás mellett 1.000.000 (mindenkinek 10 ujja van). Emiatt egy azonosítás  $50 \cdot 20 \cdot 1.000.000$  utasítást igényel.

A feldolgozó processzor teljesítményének növelésével - pl. 66 MHz-ről 133 MHz-re - mindössze fele időre csökkenthető egy-egy azonosítás időigénye (a 133 MHz is már-már a jelenlegi - elfogadható árú - eszközök határán van).

A RECOWARE XP-R 16 berendezéssel a belső ciklus idejét tudjuk csökkenteni a speciális célhardware-rel 50-ről 1-re. (Az összehasonlítást az akcelerátor végzi koprocesszorként.) Feltételezve, hogy a többi ciklust ugyanaz az általános célú (66 vagy 133 Mhz frekvenciájú) számítógép végzi, az összehasonlítási idő  $1 \cdot 20 \cdot 1.000.000$  azaz a korábbi idő ötvened része. (Hangsúlyozandó, hogy ezt az eredményt ugyanazon általános célú számítógépek alkalmazásával érték el, mindössze a belső ciklust segítettük speciális hardware eszközökkel. (Természetesen a második, illetve külső ciklust nem is tudtuk volna felgyorsítani jelentősen, hiszen azok általános célú számítógéppel fogalmazhatók meg)