

## Beágyazott rendszerek ízlés szerint

A Virtex-II Pro FPGA és a MontaVista Linux együttese rendkívül rugalmas megoldást kínál a tervezők számára.

**H**ányszor fordult már elő, hogy a követelmények meghatározása után döbrentél rá, hogy egyszerűen nincs olyan mikroprocesszor, ami megfelelné elvárásaidnak és kellő számú csatolt eszközt lenne képes kezelni? Hányszor kellett szembesülnöd azzal, hogy a alkalmasabb processzorra még nincs átültetve a Linux? Mennyit kellett szenvedned, hogy a tervezéshez és a hibakereséshez az összes szükséges eszköz rendelkezésre álljon? Hány óra munkád ment el ezeknek a buktatóknak a megkerülésével? Nyugi, ne húzd fel magadat! A Virtex-II Pro FPGA családhoz tartozó eszközökkel, a MontaVista Linux operációs rendszerével és fejlesztői környezettel rendszeredet a saját elképzeléseid szerint, rengeteg idő és fáradság megtakarításával alakíthatod ki.

A Virtex-II Pro FPGA család akár négy PowerPC 405 típusú processzort, 16 darab 3,125 Gb/s sebességű Rocket I/O soros adóvevőt és 3,8 Mb blokk-RAM-ot (BRAM) is képes kezelni, valamint egy négymillió kapus programozható rendszerlapka is a rendelkezésedre áll. A nagy tudású eszközök alkalmazások széles köréhez használhatók fel, és kellő rugalmasságot biztosítanak a rendszertervezők számára. A teljes rendszer egyetlen lapkából is állhat, tetszőleges be- és kiviteli eszközök csatlakoztathatók hozzá, például használhatunk öt UART-ot, egy PCI-sínt és akár több Gigabit ethernetkaput is – mindet a központi lapkán elhelyezett processzorok vezérlik.

A Xilinx és az IBM együttműködése révén valósul meg a PPC405 szabvány támogatása, amely egy rendkívül üzembiztos sínrendszert jelent, valamint az egyes összetevők egymás közötti kapcsolatát is meghatározza. A Xilinx igen sokféle eszközt kínál a Virtex-II Pro FPGA-hoz, amelyek meghatározott szolgáltatáskészlettel rendelkező modulok, és közvetlenül csatlakoznak az IBM CoreConnect sínrendszere szerint működő közös sínre (lásd az *ábrán*).

A CoreConnect számos szolgáltatással segíti a processzor és az FPGA-összetevő összekapcsolását, így állnak össze teljes berendezéssé. A legfontosabb CoreConnect-szolgáltatások: alkalmazás-központú rendszersínek, amelyek között megtalálható a helyi processzorsín (PLB), a lapkán elhelyezett, a külső eszközök használatát lehetővé tévő sín (OPB), valamint az eszközező-vezérlő regisztersín (DCR). A modulok révén sokféle be- és kiviteli módszert és külső memóriavezérlőt is használhatunk.

A be- és kiviteli eszközök között említhetem meg a 16450-es és 16550-es UART-, az IIC- és SPI-vezérlőket. A memóriavezérlők között SRAM/FLASH, SDRAM, DDR SDRAM és ZBT eszközök kezelésére alkalmasak egyaránt találhatóak. Modulként természetesen további rendszerszintű be- és kiviteli felületeket is elérhetünk: PCI-vezérlőt, 10/100 Mb és Gb sebességű vezérlőket, valamint a System ACE beállítófelületet is. Minden modulhoz eszközzillesztő program is tartozik, ha a használatához szükség van rá. Az eszközzillesztőket forráskódként bocsátják rendelkezésre.

A sokoldalú programtervező eszközöket, amelyek segítségével a felhasználók kiaknázzhatják a processzorok, a modulok és

általában véve az FPGA képességeit, részletesebben is ismertetem. A vas és a programok közötti magas szintű párbeszéd teszi egyedivé a Virtex-II Pro FPGA-t, hiszen így válik lehetővé a teljesen testreszabott beágyazott megoldások egyetlen lapkán történő fejlesztése. A vas és a rajta futó alkalmazások együttes tervezéséhez kiváló programtervező és beágyazott hibakereső alkalmazások állnak rendelkezésre. Mielőtt azonban elmerülnénk az együttes tervezéssel kapcsolatos részletekben, ismerjük meg egy kicsit jobban a Virtex-II Pro FPGA lelkivilágát!

A PowerPC 405 processzorok 300 MHz-es vagy nagyobb órajellel futnak, 16 KB adat és 16 KB utasítás-gyorsítótárral rendelkeznek. A helyi processzor- és külső eszközöket csatlakoztató sín 100 MHz-es vagy nagyobb órajellel üzemel.

A Virtex-II Pro FPGA egy fontos jellemzője a lapkán elhelyezett memória (OCM). Az OCM elérési jellemzőit tekintve hasonlóan viselkedik, mint a gyorsítótár, ám kezelését a felhasználó végzi. A Virtex-II Pro FPGA OCM-ként kétkapus BRAM-ot tartalmaz, amely rendkívül nagy sebességű adattovábbítási

### A Virtex-II Pro Platform FPGA-k az alábbi protokollokat és sebességeket támogatják

Protokoll	Sebesség
3GIO	2,5 Gb/s
Serial ATA	1,5 Gb/s
InfiniBand	2,5 Gb/s
Gb ethernet	1,25 Gb/s
10 GE (XAUI)	3,125 Gb/s
Serial RapidIO	1,25 Gb/s
Fibre Channel	1,06 Gb/s

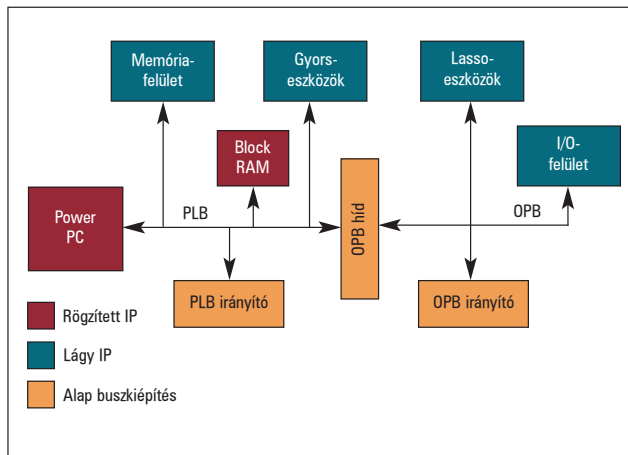
eszközként szolgál a külső eszközök és a processzor, illetve átmeneti tárként a processzorok között.

A 3,125 Gb/s sebességre képes Rocket I/O-soros adóvevők számos különböző adattovábbítási szabványt támogatnak, amelyek felsorolása *táblázatunkban* látható. Az olyan fontos szolgáltatásokat, mint az átmeneti tárcák biztosítását, a 8B/10B kódolást és dekódolást, a CRC-számítást és -ellenőrzést a lapkák valósítják meg, így az FPGA-összetevő mellett semmi sem foglalja a helyet.

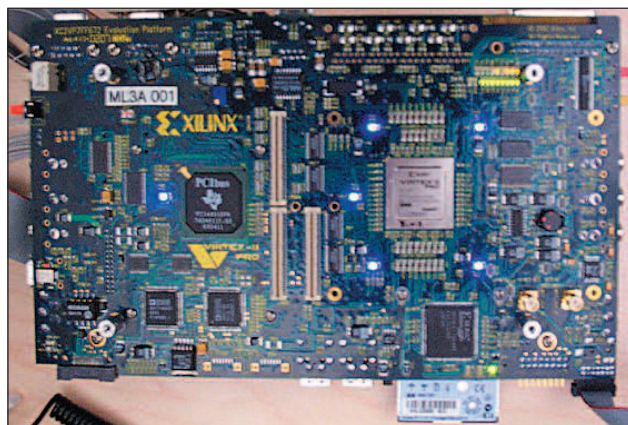
A BRAM-ok a processzor által kezelt memóriákként használhatók, és a CoreConnect sínre vagy OCM-ként csatlakoztathatók. Az OCM jobb teljesítményt és közvetlen hozzáférést kínál a processzor részéről, a BRAM-ot a helyi processzorsínrre kötve az összetevők DMA-átvitelét is végezhetnek, amivel nem terhelik a processzort. A tervező feladata tehát eldönteni, hogy mi módon lehet a BRAM-ot a legjobban kihasználni.

Az FPGA-összetevő a Xilinx moduljaival, illetve saját tervezésű modulokkal egészülhet ki. Egyes modulok egymással is folytatnak párbeszédet, mások viszont csak párhuzamosan tudnak dolgozni.

Mivel az FPGA-k tetszés szerint átállíthatók, a csatlakozóeszközök száma és típusa a rendszer működése közben is módosítható. Ilyen rugalmas rendszerhez megfelelő operációs rendszerre is szükség van, illetve olyan eszközökre, amelyek segít-



A CoreConnect segítségével csatlakozó modulok



A Virtex-II Pro ML300 felülnézetből

ségével a készülékek és a programok tervezői beágyazott alkalmazásait fejleszthetik és hibajavítással láthatják el. Az alkalmazástól függően a felhasználók általában a kereskedelmi, készen megvásárolható valós idejű operációs rendszerek közül választanak, vagy beágyazott Linuxot telepítenek. A Linux világból a Xilinx a Virtex-II Pro FPGA családhoz rendkívüli sokoldalúsága miatt a MontaVista Linuxot választotta, mint a céljainak leginkább megfelelő beágyazott operációs rendszert. A Linux alapállapotban is rengeteg eszközt támogat. A Xilinx és a MontaVista Software réteges eszközülesztő szerkezet fejlesztése mellett döntött. Ez egy alacsony szintű, operációs rendszertől független rétegből áll, amely közvetlenül a vasat kezeli; valamint egy operációs rendszertől függő illesztési rétegből, ami az operációs rendszer és az alacsony szintű eszközülesztők közé fészkel be magát. A Xilinx készíti az alacsony szintű eszközülesztőket, amelyek így a lehető legjobban kihasználják a modulok képességeit. A MontaVista Software a linuxos illesztési réteget készíti el,

bevetve az eszközülesztők átlátszó beépítésével kapcsolatos tapasztalatait. Mindkét réteg nyílt forrású tárházba kerül és GPL szerződéssel érhető el. Az eszközülesztők a rendszer-magba fordítva és betölthető modulként egyaránt használhatók. Meghagyva a modulok betöltésének és eltávolításának lehetőségét olyan készülékek építhetők, amelyek a rendszer futása közben is átállíthatók. Futó operációs rendszer mellett teljesen megszokott dolog egy-egy USB-s készüléket vagy PC-kártyát kicserélni, ám magán a lapkán található eszközt leváltani, és menet közben betölteni a hozzá tartozó illesztőprogramot – ez azért egészen új dolog.

A Linux-átültetés elsőként a Xilinx Virtex-II Pro ML300 felülethez (lásd a képen) készült el, és az áramkörön található modulok és eszközök nagy részét támogatja. Mivel az ML300 sokoldalú, jól kidolgozott áramkör, az átültetést a felhasználók saját eszközeikhez minden bizonnyal könnyedén hozzá tudják majd igazítani. A MontaVista Software magas szintű támogatást nyújt a hasonló tervezetekhez.

Lássuk, milyen eszközök állnak az eszköz- és programmérnökök rendelkezésére a rendszerek fejlesztéséhez, indításához és hibáik kijavításához. A Xilinx által biztosított System Generator for Processors, a GDB/XMD, a System ACE és a ChipScope Pro teljes eszközkészletet jelent bármely vassal, alkalmazásokkal és rendszerrel kapcsolatos tervezéshez.

A System Generator for Processors (SGP) segítségével a Virtex-II Pro FPGA alapján fejlesztett eszköz mind a vas, mind a programok oldaláról végleges egésszé állítható össze. Felhasználóbarát párbeszédablakokban lehet megadni a rendszer beállításait, például a csatlakozóeszközök alapcímeit, a használni kívánt megszakításokat vagy a telepített memória nagyságát. Az SGP elkészíti az eszköz felépítését leíró állományokat, amelyek alapján az FPGA legyártható, illetve a szimulációk lefutathatók. Egy beállítóállományt is készít, amely a Linux-rendszermag és a szükséges illesztőprogram-modulok fordításához használható. *Listánk* egy ilyen beállítóállomány egy részletét ismerteti, ebben a felhasználó által megadott, a rendszer megszakításvezérlőjének működését befolyásoló beállítások találhatóak.

Az SGP segítségével a tervezők különböző beállításokkal és variációkban próbálhatják ki születőben lévő beágyazott rendszerüket. A beállítások módosításával mind a vas, mind a programok a pillanatnyi követelményeknek megfelelően finomhangolhatók. Csak azok a szolgáltatások kerülnek be a késztermékbe, amelyekre valóban szükség van, a feleslegesek a tervezés során eltávolíthatók. Az eszközök alapértelmezett előbeállításokkal is rendelkeznek. Mindennek eredménye az, hogy a vas és a programok kevesebb helyet igényelnek, jobb teljesítményt nyújtanak és egyszerűsödik – illetve egyes esetekben teljesen elmarad – a rendszerindítási eljárás is. Az SGP és a hozzá tartozó eszközök nyílt felületet használnak, így bárki bővítheti őket saját eszközeinek szolgáltatásaival vagy eszközülesztőivel. Az XMD egy hibakereső kiszolgáló, a vizsgált rendszeren található GDB-vel az On-Chip Debug (OCD) protokoll segítségével tartja fenn a kapcsolatot; és a célrendszert a Virtex-II Pro FPGA-ban található processzor JTAG kapuján keresztül vezérli. Az XMD egyszerre több GDB kiszolgálására is képes, így egyidejűleg több processzoron is hibakeresést végezhetünk. Hogy pontosabb legyek: a Virtex-II Pro FPGA-n belül található négy processzor mindegyikén akár egyazon időben is végezhetünk hibakeresést. Linux alatt a GDB parancssorból vagy a többféle grafikus felület valamelyikével futtatható. Alapértelmezettként Insight-felületet támogat, de DDD és Emacs is társulhat hozzá.

© Kiskapu Kft. Minden jog fenntartva

```

                A beállítófájl eszközülesztők beállítására szolgáló részlete

#ifdef XPARAMETERS_H      /* a k r k r s beillesztések megelőzésére */
#define XPARAMETERS_H      /* védelmi makr kat használva */

/*****
 *
 * Megszak tés-vezőrlő (Intc) meghatározások.
 * DeviceID kezdőértéke 0
 *
#define XPAR_INTC_NUM_INSTANCES      1      /* A példányok száma */
#define XPAR_INTC_NUM_INSTANCES      1      /* Device ID példa */
#define XPAR_INTC_0_MAX_ID            31     /* jelenleg csak 32
                                                megszak tés használhat */
                                                /* az őrvényes tartomány 0-31 */
#define XPAR_INTC_0_REG_BASE          0xD0000FC0
                                                /* Regiszter alap cím */
#define XPAR_INTC_0_UARTNS550_0_VEC_ID 31
#define XPAR_INTC_0_IIC_0_VEC_ID      29
#define XPAR_INTC_0_EMAC_0_VEC_ID      28

#define XPAR_INTC_MAX_ID              31     /* az őrvényes tartomány
                                                0-31 */

#endif      /* vége a védelmi makr nak */

```

hasznos lehet, ha ugyanazokat a jeleket több ILA is vizsgálja. Volt olyan eset, hogy két ILA-egységet csatlakoztattunk a PLB cím- és adatvonalaira, hogy egy memóriakezeléssel kapcsolatos hibát vizsgáljunk. Az egyik ILA a PPC405-re csatlakozva vizsgálta a PLB-jeleket. Tudtuk, hogy a hiba fellépésekor a processzor hozzáfér a memóriához. A másik ILA a DDR memóriavezérlőre csatlakozva figyelte a PLB jeleit. A két ILA által a cím- és adatvonalakról szállított adatok alapján megtaláltuk a hibát, és sikeresen kiküszöböltük. Az eszköz belső világának elérhetősége és a síneken folyó átvitelek megfigyelhetősége különösen Linux-alapú, MMU-t is használó rendszer-

A GDB-t a PPC405 rendszerek támogatásával bővítették, illetve a target ocd parancs is képes a Virtex-II Pro FPGA összes szolgáltatásának kihasználására. Ennek köszönhetően a PPC405 összes regisztere, a gyorsítótárak és a TLB bejegyzései, illetve az OCM tartalma nemcsak figyelemmel kísérhető és módosítható, hanem a processzor memóriaterébe is bemásolható.

A beágyazott rendszerek hibáinak felderítése hagyományosan nehéz feladat – a vas és a programok működését egyszerre kell figyelemmel kísérni. Külső, a folyamatokba bele nem avatkozó hibakereső programmal, például a GDB és XMD párossal a munka sokkal egyszerűbb. A PPC405 emellett vasból megvalósított töréspontokat is tud kezelni, így kivételek esetén a processzor működése befagyasztható. A végrehajtott adatátvitelek és a memória-hozzáférések figyelemmel követése különösen nehezzé válik, ha a processzorok és a hozzájuk csatlakozó eszközök egyetlen lapkára kerülnek. Ekkor ugyanis minden fontos jel a lapkán belül utazik, és gyakorlatilag nem nagyon lehet hozzájuk férni. A Virtex-II Pro FPGA esetén nincsenek ilyen korlátozások, mivel a külső eszközök „puha” vasként épülnek be a rendszerbe. A megfelelő eszközzel minden jel látható és elérhető.

A ChipScope Pro egy a vasba beépített logikai elemző. Egyrészt a logikai elemzőből áll, amely a vizsgálórendszeren fut, másrészt a magába az eszközbe fordított vagy beépített ravaszokból és adategységekből. A beépített logikai elemzőegységek (ILA) tetszőleges számú belső jel vizsgálatára állíthatók be, és a felhasználó által megadott feltételek teljesülésekor vagy a processzorsín-átvitelek hatására cselekednek. Egyezre több ILA-egység is működő lehet. Egyes esetekben

nél hasznos. Ekkor a programok oldaláról nézve ugyanaz a fizikai memóriablokk több képzetes címtérre is leképezhető, a vas oldaláról nézve viszont minden cím fizikai.

A ChipScope Pro, a GDB és az XMD együtt alkalmazva rendkívül mély betekintést tesz lehetővé a rendszer belső életébe. A programok közös, az FPGA JTAG kapujára csatlakozó adatkábelt használnak. Az alkalmazások barátságos egymás mellett élése jelentősen megkönnyíti a hibakeresési környezet kialakítását.

A rendszerindítás folyamata roppant fontos a beágyazott készülék bekapcsolásakor. Néhány lépésben megtörténik a processzor, a memóriarendszer és az átviteli eszközök indítása. A Virtex-II Pro FPGA esetében a rendszerindítás két lépésben zajlik. Egyrészt megtörténik az FPGA beállítása, másrészt elindul a processzor. Az FPGA-t a számos lehetséges módszer egyikével kell beállítani a szükséges feladatokhoz. A cikk során még visszatérünk az egyik jól használható eljárásra. Gyakran az igényekhez igazított eszközzel folyik a rendszer és a processzor indítása, a Linux-rendszer mag betöltése a memóriába, majd a vezérlés átadása a rendszer mag belépési pontjára. A Virtex-II Pro FPGA a hagyományos rendszerindítást is támogatja, amelynél az elsődleges rendszertöltő külső ROM-ban, vagy a belső BRAM-ban található. Az utóbbi esetben nincs is szükség külső ROM-ra, ilyenkor az FPGA beállítását végző bitfolyam a rendszerbetöltőt is tartalmazza. Közvetlenül azután, hogy az FPGA beállítása megtörtént, a processzor kikerül az alapállapotból, a BRAM-ból megkezdja az utasítások olvasását, és lefuttatja az elsődleges rendszerindítót.

Egy – különösen MontaVista Linuxsal együtt – remekül hasz-



nálható megoldás a System ACE segítségével indítja a rendszert. A System ACE külső kísérőlapka a Virtex-II Pro FPGA-hoz, és ROM nélkül is lehetővé teszi a rendszer indítását. Két fő feladata van: az első az FPGA, a processzor és a processzorsínen található egyéb eszközöknek a JTAG kapun keresztül történő beállításával végzett rendszerindítás, amelyet Compact Flash-kártya vagy Microdrive segítségével végez el. A második, hogy az általa használt tárolóeszköz a Linux által is elérhető fájlrendszerként jelenik meg.

A Microdrive egy FAT12 vagy FAT16 és egy Linux-részt tartalmaz. A Linux-rendszer a System ACE támogatására van beállítva, fordításkor a System ACE különleges fájlformátumára alakítják, összefűzik az FPGA-t beállító bitfolyammal, és a FAT-fájlrendszeren helyezik el. A készülék bekapcsolásakor a System ACE a beállítóállományt beolvassa a FAT-fájlrendszerrel, beállítja az FPGA-t és elindítja a rendszermagot. Az indítási folyamat alatt a Linux-rendszer a Microdrive linuxos részét saját könyvtárként fűzi be. A System ACE használatának ugyancsak fontos előnye, hogy a processzor alapállapotához nem szükséges külön memória, a FAT-részen több különböző indítási beállítás is tárolható, és ezek normál fájlműveletekkel is módosíthatók.

A System ACE a JTAG láncot veszi igénybe, akár a processzor hibakereső kapuját használó külső hibakeresők. A programkód, az adatok és szükség szerint a Linux-rendszer adatai által használt ramlemez betöltése a memóriába a JTAG láncon és a processzorsínen keresztül történik. A processzor által elérhető egyéb összetevők beállítása is hasonló módon, a rendszer adatai betöltése előtt végezhető el. A folyamat végén a PPC405 programszámlálóját a Linux-rendszer kezdő címére állítjuk, és megkezdjük az operációs rendszer futtatását.

A System ACE egy kapcsolót tartalmaz, amely a nyolc működő beállítás egyikét választja ki. A betöltendő beállítást programból is lehet módosítani. A futó Linux-rendszer kiválasztja az új beállításokat, alapállapotba hozza a gépet, amely immár az új beállításokkal indul el, akár teljesen más külső eszközöket használva.

A FAT-fájlrendszer révén a System ACE által használt állományt a rendszer működése közben is lehet frissíteni – így lényegében használat közben a teljes eszköz javítható, frissíthető.

A Virtex-II Pro fejlesztői készletével szinte élmény egy-egy új rendszert tervezni. A készlet segítségével még annak megépítése előtt szimulálható a beágyazott rendszer működése, illetve a hibakeresési szakasz is újabb elvonatkoztatási szinttel gazdagodik. A készülék minden egyes összetevője önmagában is vizsgálható. A teljes készülék összeállítás után a vas és az alkalmazások együttes működése is utánozható, így a beágyazott rendszer kifogástalansága ellenőrizhető.

A valódi eszközben felfedezett hibák a szimulációs szakaszba visszavezethetők és pontosan visszakövethetők. A GDB/XMD oly módon is beállítható, hogy HDL szimulátorhoz kapcsolódjon, következképpen a tervező lépésről lépésre követheti a programok végrehajtását, figyelheti a síneken folyó átviteleket, valamint az eszközök állapotváltozásait. A Virtex-II Pro FPGA és a MontaVista Linux együttese százszázalékos, kiváló megoldást kínál számos különböző alkalmazási területre. A soros, több gigabit sebességű Rocket I/O adóvevőknek köszönhetően távközlési területen is jól használható, például bázisállomásokon, ahol a nagy sávszélesség mellett hatalmas számítási teljesítményre is szükség van. Ugyanezeket az adóvevőket több eszköz között hátoldali átkötésként is lehet használni. Az elérhető külső eszközök a négy processzorral társulva kiváló választással teszik adatfeldolgozási és grafikus

feladatokhoz, akár munkaállomásként is.

A processzorok az FPGA-lapba építése több jövőbeli fejlesztéshez és érdekes elgondoláshoz szolgál alapul. Rendszertervezési szempontból egyetlen közös processzorsínen egyetlen gépben több processzor rákapcsolható. A kifinomultabb rendszerek a sín bedugulását kapcsolókkal előzik meg, és növelik a teljesítményt. Az FPGA jellegénél fogva a rendszertervezők először az egyszerűbb megoldást választják, majd áttérhetnek a bonyolultabbra. Teljesen mindegy, hogyan döntenek, a Linux hűségük társuk marad. Mivel a jelzők és mutatók kétkapus BRAM-okkal könnyedén megvalósíthatók, az erőforrások kezelése és a megosztott memóriakezelés különösebb nehézségek nélkül megoldható. A vas és az alkalmazások szoros együttműködése jelentősen növeli a rendszer teljesítményét. A vas oldaláról a gépek gyorsak, képesek a párhuzamosított működésre, a programok pedig rendkívül rugalmasak. A Linux számos olyan rendszerhívást használ, amelyek vasból valósíthatók meg. A rendszertervező számára csak az jelenthet kihívást, hogy meg kell találnia azokat a függvényeket, amelyeket érdemes a vasra terhelni, ezzel is gyorsabb, kifinomultabb rendszert építve. A még bonyolultabb gépeknél a Linux mellékprocesszorok igény szerinti használatára is képes. Ilyenkor részben átállítja az FPGA-t, így az éppen futtatott alkalmazás igényeinek megfelelő eszközök elérhetővé válnak. Míg az egyik alkalmazás nagyszámú FFT-átalakítást végez, a másik például adott részeket keres az adatfolyamokban. Amikor az időzítő az egyik alkalmazástól a vezérlést átadja a másikkak, a megfelelő kiegészítő modul is lecsereéli. Az időzítő a korábbi tapasztalatok alapján dönti el, hogy érdemes-e kihasználni a vas gyorsítását, vagy a megfelelő programból megvalósított függvényeket kell alkalmazni. A Virtex-II Pro FPGA és a MontaVista Linux a megfelelő rendszertervező, hibakereső és beállító eszközökkel együtt rendkívül rugalmas és kiváló teljesítményű eszközkészletet jelentenek. Az elkészülő eszköz tervezése a követelmények, és nem az eszközök és programok korlátjai szerint történik, a rendszer részei magas fokon egybeépíthetők, miközben nem kell lemondani a megfigyelhetőségről, a moduloknak és a hozzájuk kapható illesztőprogramoknak köszönhetően csökken a piacrajutás ideje, végül a mérnökök alkotóereje új teret nyer a készülékek és a rajtuk futó alkalmazások együttes tervezésében.

*Linux Journal 2002. augusztus, 100. szám*



*Michael Baxter*

kilencéves kora óta dolgozik a számítógépiparban, amióta magával ragadta az 1969-os 2001-vízió, az Űrodüsszeia. Tapasztalt számítógép-, rendszer-, áramkör- és FPGA-tervező. Tíz USA-szabadalmat jegyez számítógépek és áramkörök tervezésével kapcsolatban, valamint további ötnek a társhelfelalója. Szeret túrázni, érdekli az amatőr rádiózás és a Lisp nyelven való programozás.



*Peter Ryser*

rendszertervező mérnök a Xilinx, Inc. cégnél. Több, a Virtex-II Próval kapcsolatos beágyazott alkalmazástervezetért felelős. A peter.ryser@xilinx.com címen érhető el.