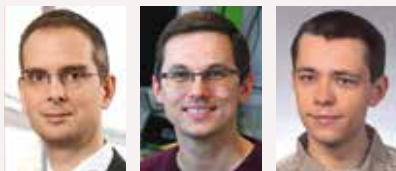


Omkring 900 VME-baserade chassin, "crates", används vid Cern för att styra olika experiment med acceleratorerna.

Av Gunther Gräbner,
Grzegorz Daniluk och
Adam Wujek, MEN



Gunther Gräbner har jobbat på MEN Mikro Elektronik Deutschland sedan 2011, som produktchef inom energi & kraft och järnväg. Han har läst elteknik på Georg Simon Ohms tekniska universitet i Nürnberg. Innan han kom till MEN var han hårdvaruutvecklare och avdelningschef inom området ljudsystem på Lear Corporation.

Grzegorz Daniluk är projektledare och elektronikingenjör på Cern sedan 2014. Han tog sin magisterexamen i elektronik och informationsteknologi på tekniska högskolan i Warszawas och är specialist på inbyggda system.

Adam Wujek jobbar som datortekniker på Cern sedan 2014. Innan dess arbetade han som mjukvaruutvecklare på Ericsson. Han läste datavetenskap vid Warszawas tekniska högskola och tog en magisterexamen i SoC-konstruktion på KTH i Stockholm.

Atomkrossen i Cern får specialsytt datorchassi

VME-bryggan är konstruerad i öppen källkod för att kunna hållas tillgänglig till år 2032.

MEN Mikro Elektronik har tagit fram ett nytt VME-kort med Intel Xeon D-processorer för det europeiska partikellaboratoriet Cern. En PCIe-till-VME64x-brygga baserad på FPGA:er och öppen källkod betyder att befintlig utrustning alltid kommer att kunna uppgraderas till senaste processorprestanda och att VME-bussen kan fortsätta att användas ända fram tills att den stora partikelkrossen LHC tas ur drift, år 2032.

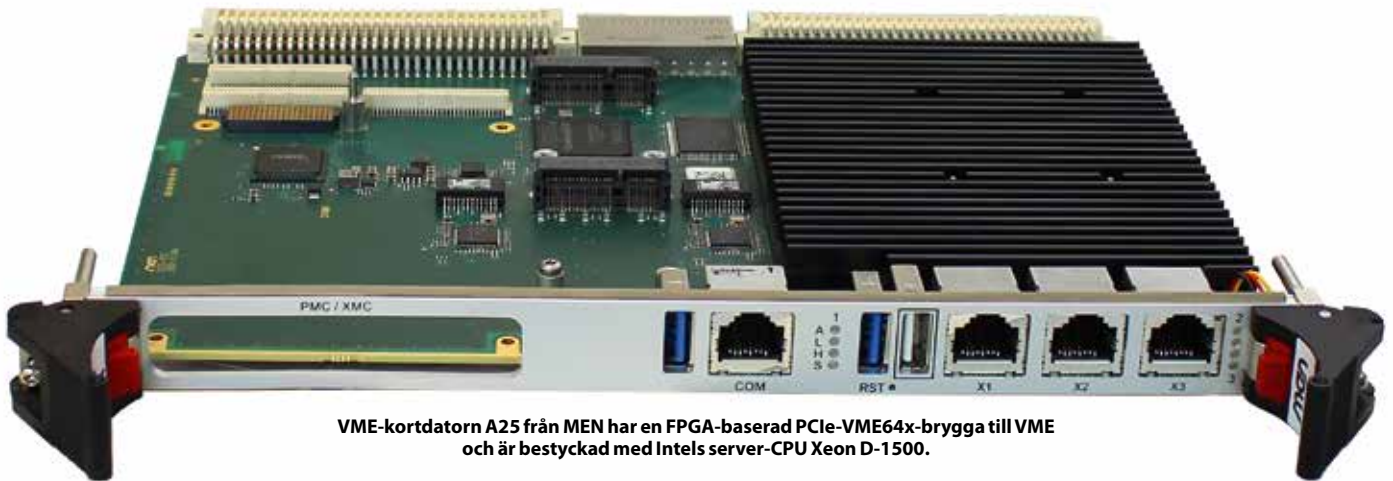
Cern är världens största forskningscenter inom partikelfysik. 2500 anställda forskare och över 12000 gästforskare från 85 nationer utforskar tillsammans universums byggblock. Förmodligen är centret mest känt för

den 27 kilometer långa Large Hadron Collider (LHC) som togs i drift år 2008. Den försöker svara frågor som varför vårt universum inte har lika antimateria som materia.

Enorma investeringar görs varje år och det är viktigt att befintlig infrastruktur kan fortsätta att återanvändas.

TA TILL EXEMPEL de tusentals modulära chassin av en unik konstruktion kallad crate som sedan flera år används just som stödinfrastruktur för partikelacceleratorer. De är boxar med kortplatser, bakplan, kylning et cetera – och används typiskt för trigging och datainsamling. En crate har ett bakplan och kan fritt konfigureras med olika modu-





VME-kortdatorn A25 från MEN har en FPGA-baserad PCIe-VME64x-brygga till VME och är bestyckad med Intels server-CPU Xeon D-1500.

ler. Detta gör den skräddarsydd för vetenskapliga institutioner som Cern. Modulariteten gör att korten kan återanvändas gång på gång i olika system och konfigurationer. När ett experiment är slutfört återanvänds chassina för nya experiment i andra konfigurationer – vilket säkrar investeringen.

Ett av chassina är VME-baserat. Standarden specificerades 1981 och har kontinuerligt utvecklats sedan dess. För närvarande finns drygt 900 sådana VME-chassin på Cern. De används främst för styrning av acceleratorerna. I varierande konfigurationer används de för datainsamling i olika experiment och detektorer. I det berömda LHCb-experimentet, till exempel, används de för att förbearbeta rådata från cirka en miljon sensorer så att forskarna bara behövt se det som är relevant för deras analyser. Ytterligare chassivarianter finns i andra Cern-detektorer (ATLAS, CMS, ALICE, ISOLDE och TOTEM) och används ofta för helt olika uppgifter, eftersom de liksom andra modulära backplanssystem är extremt flexibla.

EFTERSOM UPPGIFTERNA ändras med varje experiment, utvecklas nya chassikonfigurationer kontinuerligt för det senaste i datorprestanda. Bara under år 2016 togs cirka 50 nya chassin i bruk enbart i acceleratorerna. Det går att förutse att cirka 200 nya chassin kommer att installeras under en planerad "Long Shutdown" under 2019 och 2020. Pausen kommer att användas för reparationer och kompletteringar av utrustning.

Den första utmaningen med VME-bussar är processorer saknar inbyggt stöd för kommunikation över dem, och processorkorten därför behöver en PCIe-till-VME64x-brygga. Diskreta komponenter är endast tillgängliga från ett fåtal tillverkare eftersom huvudleverantören meddelat end-of-life för den aktuella komponenten, TSI148.

Problemet magnitud stod klart när man insåg att det för närvarande fanns fler än 900 stycken VME-kortdatorer installerade på Cern – enbart från MEN. Det är en imponerande kvantitet högkvalitativa VME-kort, men ändå inte tillräckligt för att ensamt mo-

tivera tillverknigen av en specialsydd komponent. Därför valde gruppen BE/CO (Beams Department/Control Group) att gå ut med ett anbud efter ett hållbart alternativ.

I jakten på en ny brygglösning till VME64x angavs tre möjliga spår. Leverantören skulle:

- antingen ha tillräckligt många TSI148-kretsar i lager för efterfrågat antal kort, eller
- ... ha dito Tundra Universe II-kretsar – föregångaren till TSI148 – eller
- ... ha en FPGA-lösning. Och här krävde Cern att komplett VHDL-kod för FPGA:n skulle släppas under öppenlicens (GPLv3 eller nyare).

VAD GÄLLER DET SISTA alternativet visste Cern att det innan de TSI148-baserade korten fanns kortdatorer vars PowerPC-processor var ansluten till en FPGA som implementerade VME-bussgränssnittet. Cern hoppades att någon av de leverantörerna skulle vara beredd att öppna sin källkod. För att säkerställa rättvisa mellan offerterna gav Cern ändå inte något av alternativen förtur utan det slutliga valet baserades på priset.

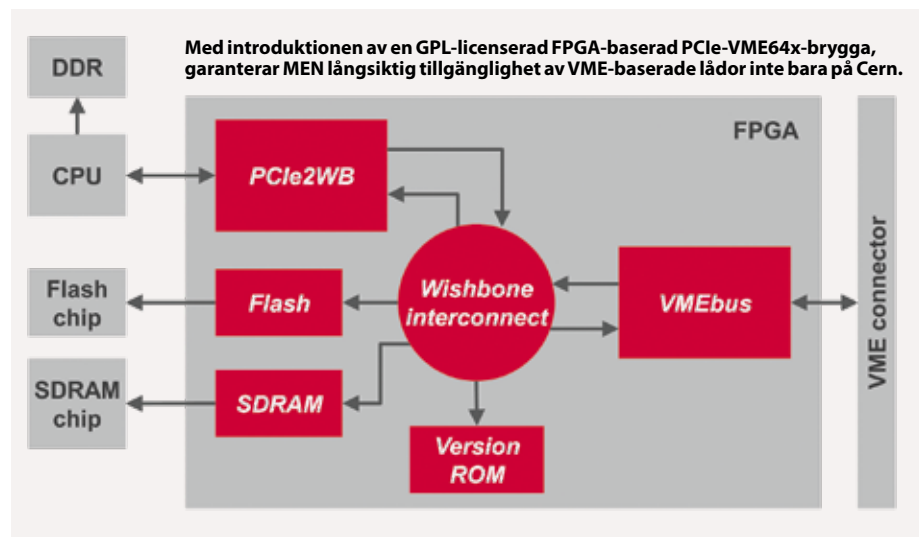
FPGA-baserad teknik vann anbudet. VHDL-koden finns nu i licenser under GPLv3 eller senare, liksom drivrutiner för Linux i

GPLv2 eller senare. Mer information finns på projektsidan "PCI-Express to VME bridge" på Open Hardware Repository.

Detta är ett stort framsteg inte bara för Cern, utan för alla institutioner runt om i världen som fortfarande använder VME. Cerningenjörerna är inte längre beroende av en viss leverantör. Om FPGA-kretsen skulle bli föråldrad, finns VHDL-kod att hämta för portering till någon annan FPGA.

Institutioner och företag kan nu inte bara köpa färska produkter med VME-brygga, utan kan även ta fram en egen VME-SBC med samma brygga, liksom använda samma Linux-drivrutiner. I framtiden torde det innebära att ingenjörer kan samarbeta mer effektivt i VME-världen och ha större frihet att dela och återanvända Linuxkod för de VME-slavkort som bland annat Cerns ingenjörer konstruerar på egen hand.

MEN MIKRO ELEKTRONIK var det företag som var berett att satsa tillsammans med Cern i konstruktionen, testandet och valideringen av en lämplig brygga från PCIe Gen 3 till VME 64. Företaget arbetade inte bara med Cernteamet med validering och tester utan även med publiceringen i form av öppen källkod



av den PCIe-till-VME-brygga som översätter läs- och skrivoperationerna i PCIe-adressutrymmet till transaktioner på VME-bussen. På sin ena sida är den en PCIe-ändpunkt och på den andra en VME-buss-master. Bryggan kan generera VME-singelcykler och blocköverföringar. Följande åtkomsttyper stöds för närvarande:

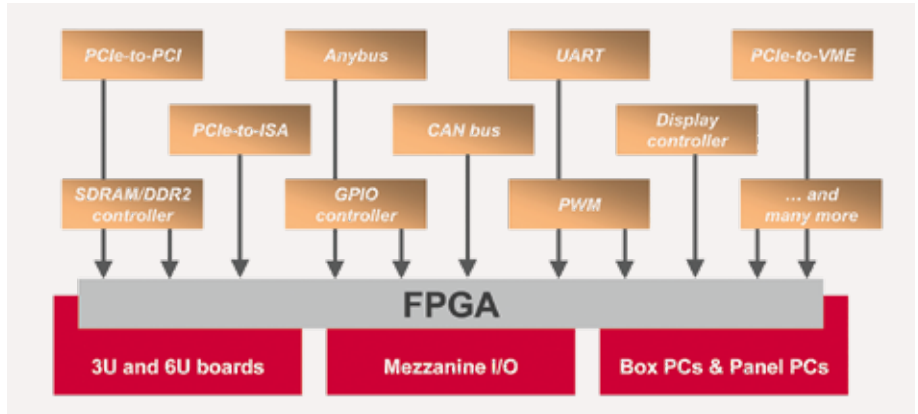
- VME-singelcykler: A16, A24, A32 med databredd D8, D16 och D32
- VME-blocköverföring (BLT): A24D16, A24D32, A32D32 samt A24D64 och A32D64-multiplexerad BLT
- Åtkomst till CR/CSR-konfigurationsutrymme

VME-BLOCKÖVERFÖRINGARNA utförs av en inbyggd DMA-motor mellan systemminne och VME-buss, som alltså kringgår CPU:n. Singelcykel-DMA stöds, vilket är särskilt användbart för anslutna kort som inte stöder BLT-åtkomst.

Generellt är DMA ett snabbare och effektivare sätt att sända multipla dataord, eftersom CPU-enheten är fri att fortsätta sin normala drift tills DMA-motorn är klar med sin uppgift.

Bryggan stöder dessutom vissa av tilläggsfunktionerna i VME64x. Den kan användas de geografiska adressbenen och generera en speciell typ av A24-åtkomst för att läsa och skriva CR/CSR-konfigurationsutrymmet för VME-slavar installerade i samma chassi.

DE SNABBA ÖVERFÖRINGSLÄGENA (2eVME, 2eSST) stöds för närvarande inte, men kan komma att implementeras i framtiden, om kommande VME-slavkort kräver dem – frågan utreds tillsvidare på MEN. Dessutom kan MEN:s VME-bussmodul fungera både som VME-master och VME-slave. Utöver att köras som master, kan en VME-SBC därmed också användas som I/O- eller annat periferikort anslutet som slav. Fast vad gäller VME SBC-tillämpningen så fokuserar configurationen endast på funktionen som VME-master.



MEN erbjuder en rad olika FPGA-implementationer för såväl standardiserade inbyggnadsdatorer som kundspecifika plattformar.

Bryggkonstruktionen omfattar för närvarande endast cirka 30 procent av ytan på FPGA:an – en Intel Cyclone – så det finns gott om ledigt utrymme för att implementera andra funktioner (som 2eVME och 2eSST).

Genom att släppa specifikationen och samtidigt sjösätta de första korten med den nya FPGA-baserade PCIe-VME64x-bryggan, passerar Cern en viktig milstolpe vad gäller garanterad långsiktig tillgänglighet för dessa VME-baserade chassin för datainsamling och acceleratorstyrning. Det är en milstolpe för alla användare av VME-baserade system. Enligt en färsk skattning kommer marknaden för de nya korten att uppgå till mer än 200 miljoner dollar år 2020.

MEN kan dessutom erbjuda liknande lösningar på kundförfrågan, till exempel bryggor från PCIe till PCI eller till och med från PCIe till ISA. Också detta ökar livslängden på äldre hårdvara från OEM:er, och ger bättre avkastning på investeringen.

Utöver bryggor till äldre bussar erbjuder företaget FPGA-baserade bryggor till externa gränssnitt och bussar, inklusive UART, CAN och QSPI via SPI. Ett sådant scenario låter OEM-kunder skapa varianter extremt kostnadseffektivt. Till exempel kan en och

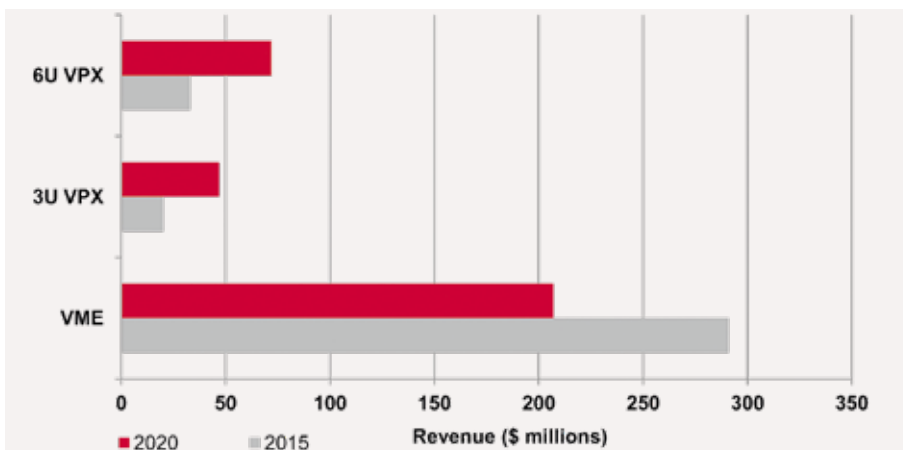
samma CPU-kortkonstruktion användas för vitt skilda tillämpningar. Även vid små volymer blir det möjligt att tillhandahålla betydligt fler tillämpningar – som systemlösningar med olika fältbussar eller varianter på industriell Ethernet – eller specifika lösningar med krav på migration som inom järnväg och flyg. OEM-användare kan använda en och samma hårdvaruplattform i alla varianter, vilket gör service, dokumentation och certifiering betydligt enklare.

DET FÖRSTA KORT som Cern använder med den nya FPGA-baserade bryggan, är A25 från MEN. Den använder server-CPU:n Intel Xeon D-1500 och utöver den nya FPGA:n kombinerar den hög kostnadseffektivitet med en rik funktionalitet. A25 reducerar dessutom systemstorleken, ger pålitlig långsiktig drift utan tvingad luftkyllning och rymmer en stor uppsättning beräkningsfunktioner på ett enda datorkort.

Med sina två USB 3.0-portar, upp till tre Gigabit Ethernet-portar och två RS232 COM-anslutningar på framsidan, lägger kortet grunden för en industridator med många användningsområden. Den har upp till 8 GByte DDR4 SDRAM med ECC plus flash. MicroSD- och mSATA-anslutningar täcker behovet av flexibel masslagring. Dessutom kan A25 utrustas med ett XMC/PMC-mezzaninkort och ett PCI Express Mini-kort, vilket öppnar för ytterligare I/O-möjligheter i fronten (XMC/PMC) för funktioner som grafik, masslagring eller extra Ethernet-portar. PMC-platsen tar emot PCI-X-moduler på upp till 64 bitar/133 MHz, medan XMC-platsen styrs av en PCI Express x8-länk.

MODULÄRA UTÖKNINGSMÖJLIGHETER i I/O-mezzaniner på en SBC gör det möjligt att konfigurera skräddarsydda system från öppna standardkomponenter, vilket sänker integrationstid och kostnad.

A25 stöder drift mellan -40°C och +60°C. Kortet är tåligt mot stötar och vibration genom att alla komponenter är lödda, vilket är en förutsättning för pålitlig drift och lång livslängd.



Marknaden för VME-kort minskar. IHS uppskattar emellertid att den årligen kommer att fortsätta att generera mer än 200 miljoner dollar i kortförsäljning, vilket motsvarar en omsättning på mer än en kvarts miljon kort, om man antar ett snittpris på 750 dollar per kort.