

Digital ja Virtual Address eXtension eli VAX

Pasi Vettenranta

Helsinki 27. maaliskuuta 2003

Seminaariesitelmä

HELSINGIN YLIOPISTO

Tietojenkäsittelytieteen laitos

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Digital ja aika ennen VAX:ia	2
2.1	DEC:n ensimmäinen tietokone PDP-1	2
3	Kohti VAX-arkkitehtuuria	3
3.1	Uusi 32-bittinen arkkitehtuuri	4
3.2	Suunnitelmasta toteutukseen	5
4	VAX valmistuu	6
5	Digital ja VAX 80-luvulla	8
5.1	Uusia tuulia VAX-rintamalla	9
6	VAX yhdellä piirillä	10
7	VAX arkkitehtuurin loppu	13
	Lähteet	14

1 Johdanto

VAX oli Digital Equipment Corporationin lyhyemmin Digitalin tai DEC:n kehittämä tietokonearkkitehtuuri, joka hallitsi maailman minitietokone- ja myöhemmin myös tietokonepalvelinmarkkinoita 70-luvun lopusta 90-luvun alkupuolelle asti. VAX oli ehdottomasti Digitalin menestynein tuote ja VAX:n ansiosta Digital nousikin aikanaan maailman toiseksi suurimmaksi tietokonevalmistajaksi heti IBM:n jälkeen. VAX oli aikaansa nähden poikkeuksellisesti suunniteltu tietokonearkkitehtuuri. Se suunniteltiin alun perin tulevaisuuden tietokonelaskentaa silmällä pitäen. VAX-arkkitehtuuria suunniteltaessa sen käyttöikäsi arvioitiin 15 - 20 vuotta, mikä kuulostaa valtavalta verrattuna tämän hetken pc-koneiden 2-3 vuoteen. Mielenkiintoista tässä on se, että VAX-arkkitehtuuri kesti alan paineet ja säilyi käytössä muuttumattomana yli 15 vuotta.

Tässä kirjallisessa esityksessä käydään läpi Digitalin Equipment Corpora VAX-koneiden yhteistä historiaa. Esitys etenee seuraavalla tavalla. Aluksi käsitellään lyhyesti aikaa ennen VAX-koneita lähtien liikkeelle Digital Equipment Corporation:n perustamisesta. Kolmannessa luvussa kerrotaan miten Digitalilla päädyttiin VAX-arkkitehtuuriin ja miten sen toteutusprosessi sujui. Neljännessä luvussa tarkastellaan Digitalin tilannetta 70-luvun lopussa ja miten uudet VAX-koneet siihen vaikuttivat. Viidennessä luvussa käydään esitellään DEC:n seikkailua mikrotietokonemarkkinoilla 80-luvun alussa ja yhtiön toipumista siitä aina 80-luvun loppuun saakka. Kuudennessa luvussa palataan ajassa taaksepäin ja esitellään kuinka puolijohdepiirien integrointitekniikka vaikutti VAX-koneiden kehitykseen 80-luvun alusta eteenpäin.

2 Digital ja aika ennen VAX:ia

Digital Equipment Corporationin perustivat vuonna 1957 Massachusetts Institute of Technologyssä työskennelleet tutkijat Ken Olsen, Harlan Anderson. Lähtösyyksinä uuden yhtiön perustamiselle oli se että Ken Olsen oli työskennellyt MIT:n aikoihin myös IBM:n tehtaalla tietokoneiden parissa ja uskoi pystyvänsä rakentamaan parempia tietokoneita kuin IBM. Lisäksi Olsenin mielestä tietokoneet tuli saada pois eristetyistä tiloista useampien ihmisten käyttöön.[Str99].

Alun perin Digitalin toimenkuvaan kuului tuottaa loogisista piireistä valmistettuja räätälöityjä moduuleja laboratoriokäyttöön. Tämä oli yhtiöön taloudelliseksi neuvoksi palkatun Georges Doriotin neuvo, koska hän ei halunnut suurempien tietokoneyhtiöiden kiinnittävän huomiota yhtiöön ennen kuin yhtiön talous olisi tarpeeksi tukevalla pohjalla [Str99]. Tämän takia yhtiön nimi muutettiin alkupe- räisestä Digital Computer Corporationista Digital Equipment Corporationiksi.

2.1 DEC:n ensimmäinen tietokone PDP-1

Ensimmäisen vuoden aikana yhtiön talous vakiintui ja Ken Olsen päätti aloittaa ensimmäisen oman tietokoneensa rakentamisen. Olsen ymmärsi, että monet toiminnot, joita suoritettiin valtavilla suurtietokoneilla voitaisiin toteuttaa myös pienemmällä vain perustoiminnot tarjoavalla tietokoneella [Str99].

Digitalin ensimmäinen tietokone julkaistiin vuonna 1959 [VAX97]. Jotta se olisi herättänyt vähemmän huomiota suurien tietokonevalmistajien keskuudessa, se nimettiin vaatimattomasti ohjelmoiduksi dataproessoriksi (Programmed Data Processor) eli PDP-1:ksi [Str99]. Vaikka PDP-1 vaikutti ulkoisesti olevan vain

laajennettu looginen moduuli, oli se ihan oikean tietokoneen mitat täyttävä laite, näppäimistöineen ja katodisädeputkineen (CRT). PDP-1 oli ensimmäinen markkinoille tuotu tietokone, mikä oli rakennettu transistoreista tyhjiöputkien (vacuum tubes) sijaan.

Vaikka PDP-1 myynti oli alussa hankalaa, koska jokainen laite oli muokattava tehtävätarkoitukseensa erikseen sopivaksi, alkoi Digital saada hiljalleen markkina-asemaa minitietokoneiden valmistajana ja myyjänä. 60-luvulla yhtiö toi markkinoille useita uusia versioita PDP-koneista, joista jokainen oli edeltäjänsä tehokkaampi. Kun Digital niitti menestystä minitietokoneiden valmistuksessa ja esitteli vuosi vuoden jälkeen yhä parempia taloudellisia tuloksia, myös muut tietokone valmistajat alkoivat kiinnostua minitietokonemarkkinoista. Vuoteen 1970 mennessä lähes 70 eri yritystä valmisti minitietokoneita [Str99].

3 Kohti VAX-arkkitehtuuria

70-luvun alkupuolella Digital kehitteli kahden tietokoneen välistä yhteydenpilotapaa ja julkaisi pian toimivan verkko-ohjelmiston nimellä DECnet. Se tarjosi käyttäjille mahdollisuuden kytkeytyä useisiin minitietokoneisiin ja jakaa yhteisiä tietokantoja. Tämä oli osaltaan sysäys aloittaa hajautetun laskennan tutkimus- ja kehitystyö. Asiakkaat olivat ihastuneita näiden uusien 'verkotettavien' minitietokoneiden interaktiivisuuteen ja käytettävyyteen. Digitalin talous alkoi kukoistaa, koska PDP-koneiden myynti nousi kymmeneen tuhansiin kappaleisiin.

1974 Digitalilla havahduttiin 16-bittisen PDP arkkitehtuurin heikkouksiin. Suurien ohjelmien kirjoittaminen ja suuren tietomäärän manipuloiminen oli tärkeää erityisesti tieteellisessä, teollisessa ja talouslaskennassa, eikä PDP-arkkitehtuuri

pystyisi enää tulevaisuudessa tarjoamaan vaadittuja ominaisuuksia [Pec97]. Digitalilla ymmärrettiin uuden arkkitehtuurin suunnitteleminen ja kehittäminen on on välttämätöntä. Suunnittelun lähtökohtana oli että, uuden arkkitehtuurin tuli olla yhteensopiva olemassa olevan PDP-arkkitehtuurin kanssa, mutta siinä tuli olla PDP-koneita paremmat muistinosoitushmahdollisuudet sekä tarpeeksi tehoa vastaamaan tulevaisuuden laskennan tarpeita.

3.1 Uusi 32-bittinen arkkitehtuuri

Osa Digitalin asiakkaista oli jo törmännyt 16-bittisen arkkitehtuurin luomiin laskennan rajoihin. Heitä turhautti se, että he joutuivat pilkkomaan suuret ohjelmansa pienempiin osiin, jotta saivat ne yleensäkin toimimaan tietokoneissa [Pec97]. Digitalilla oli aikomus säilyttää paikkansa johtavana minitietokoneiden valmistajana ja yrityksessä oltiin selvillä siitä, että muistin osoitusarkkitehtuurin laajentaminen oli välttämätöntä, jotta päästäisiin haluttuihin päämääriin. Yrityksessä mietittiin useita eri tapoja laajentaa nykyisten PDP- ja DECsystem-10 -koneiden osoitusarkkitehtuuria tietäen, että asiakkaat eivät halua ainoastaan lisää laskentatehoa ja muistia, vaan myös yhteensopivuutta vanhojen, jo ostettujen laitteistojen ja ohjelmien kanssa. Samoihin aikoihin myös muut tietokoneyhtiöt alkoivat havaita 16-bittisen arkkitehtuurin asettamia rajoja ja aloittivat omat 32-bittiset laitteistokehitysprojektinsa. [Pec97]

Digital päätti ratkaista ongelman muuntamalla PDP-11:sta osoitustekniikasta vastaavan 16-bittisen arkkitehtuurin 32-bittiseksi. Maaliskuussa 1975 perustettiin pieni aggressiivinen kehitysryhmä ehdottamaan uutta 32-bittistä PDP-11 arkkitehtuuria [Pec97]. Itse projekti jaettiin kolmeen vaiheeseen. Ensimmäinen vaiheessa tehtävänä oli dokumentoida liikesuunnitelma, uuden laitteiston rakenne- sekä

rakennussuunnitelma, projektin arviointi kriteerit, uuden arkkitehtuurin mahdollisuudet pitemmän aikavälin tuotekehitykseen, ohjelmistot sekä muut vaihtoehdot projektin toteuttamiseksi. Projektin toisessa vaiheessa tehtävänä oli aikataulun suunnitteleminen ja kolmannessa toteutus [Pec97]. Suunnittelun tuotteen valmistumisajaksi arvioitiin 18 - 20 kuukautta.

3.2 Suunnitelmasta toteutukseen

Toteutus projekti käynnistettiin huhtikuussa 1975. Sen tarkoituksena oli tehdä mahdollisimman vähän muutoksia PDP-11:sta, laajentaen sitä käyttämään suurempaa virtuaalista muistiosoiteavaruutta. Ryhmän ongelmana oli voidaanko PDP-11:sta osoitusarkkitehtuuria laajentaa käyttäjien kannalta tuntumattomasti sekä pystyykö tämä uusi laajennettu arkkitehtuuri tarjoamaan tulevaisuudessa samanlaista raha/tehokkuus suhdetta kuin alkuperäinen PDP-11 -arkkitehtuuri aikanaan pystyi [Pec97]. Ryhmä huomasi nopeasti, että arkkitehtuuri ei pystyisi vastaamaan täydellisesti kumpaakaan tavoitteista, joten ryhmä päätti kehittää kokonaan uuden arkkitehtuurin.

Vaikka uuden laitteiston alkuperäinen nimi oli Star, alettiin sitä kehittäjien keskuudessa nopeasti kutsumaan VAX (Virtual Address eXtension) nimellä. Kaikki ryhmän jäsenet olivat sitä mieltä, että uuden järjestelmän tulisi säilyttää yhteensopivuus PDP-11:sta kanssa, sekä säilyttää samanlainen ulkonäkö ja olemus kuin edeltäjällensä. Ryhmä päätti yhdistää sekä vanhan PDP-11 arkkitehtuurin, että uuden kehitetyn arkkitehtuurin, jotta lopputulos näyttäisi ulospäin laajennetulta PDP-11:sta.

VAX-kehitys- ja arvosteluryhmät tekivät töitä meikein vuoden VAX-arkkitehtuurin parissa ennen kuin neljännen suunnitellun version jälkeen haluttu arkkitehtuuri todettiin liian monimutkaiseksi, liian vaativaksi ja liian kalliiksi toteuttaa. Laitteistoinsinöörit: Bill Strecker, Richie Lary ja Steve Rothman ja ohjelmistoinsinöörit: Dave Cutler, Dick Husvedt ja Peter Lipman saivat tehtäväkseen yksinkertaistaa aiemmat suunnitelmat ja muodostaa toteuttamiskelpoisen suunnitelman [Pec97]. Huhtikuussa tasan vuosi varsinaisen suunnitteluprojektin aloittamisen jälkeen viimeisteltiin ja hyväksyttiin VAX-arkkitehtuurin yksinkertaistettu viides versio.

4 VAX valmistuu

Seitsemänkymmentäluvun puolivälissä alan trendeihin kuului interaktiivinen käyttö ja tietokoneverkot. Yritykset huomasivat että suurtietokoneen (mainframe) ohjelmoinnin sijaan, hajautettu laskenta voisi olla todellinen vaihtoehto. Alan nopeasta kehityksestä johtuen myös yhä enemmän ja enemmän laskentatehoa saatiin mahtumaan yhä pienempään ja pienempään fyysiseen tilaan.

Keväällä 1977 IBM julkisti lopulta ensimmäisen minitietokoneensa, the Series 1:n. Digital ei ollut asiasta huolissaan, koska se luotti omaan asiakaskuntaansa. IBM ja kilpailijat tarjosivat omia koneitaan vanhojen koneiden korvaajiksi. Toisin kuin Digitalin koneet, heidän koneensa eivät olleet yhteensopivia keskenään, eivätkä toimineet samoilla ohjelmilla. Näiden valmistajien koneiden vanhat ohjelmat piti ainakin kääntää ja usein myös kirjoittaa uudelleen, siirrettäessä niitä alustalta toiselle.

Digital oli tehnyt tutkimus ja kehitystyötä tietokoneverkoissa jo 70-luvun alkupuolelta asti. Ensimmäinen versio DECnet:istä julkaistiin vuonna 1974 [Pec97], joten VAX:ien käyttöjärjestelmän (VMS) suunnittelussa ja toteutuksessa otettiin myös tietokoneverkot ja hajautettu laskenta. Tässä asiassa kilpailijat olivat vielä lasten kengissä. VAX-strategian ydin oli yksinkertaisuus. Sen tarkoituksena oli tuottaa joukko samankaltaisia, hajautettuun laskentaan pystyviä tietokoneita, joi- ta asiakkaat voisivat käyttää ilman, että he joutuisivat, vaihtamaan kerralla kaikki vanhat tietokoneensa ja kirjoittamaan kaikki ohjelmansa uudestaan.

Lokakuussa 1978 vain 18 kuukautta projektin aloittamisen jälkeen ensimmäinen VAX valmistui. Uudelle koneelle valittiin nimeksi VAX-11, koska se kuvasi asiakkaille, että kone oli yhteensopiva vanhan PDP-11 -laitteiston kanssa [Str99]. Ensimmäistä mallia kutsuttiin nimellä VAX-11/780 ja ensimmäinen valmistunut kappale asennettiin Carnegie Mellon yliopistoon Pittsburghiin. Siellä tietokonetta käytti yli 50 käyttäjää, mikä oli huima määrä tuohon aikaan. Myöhemmin 1978 VAX-11/780 asennettiin myös Sveitsiin CERN:in ja Saksaan Max Planck Instituuttiin [Pec97].

Seuraavien vuosien aikana Digital julkaisi 2 entistä pienikokoisempaa VAX-konetta. VAX-11/750 oli samaan aikaan VAX-11/780 valmistuksen kanssa aloitettu projekti. Kummatkin koneet ovat arkkitehtuuriltaan identtisiä, mutta VAX-11/750:n päätettiin toteuttaa uudella silikonipiirien integrointitekniikalla. Tekniikan käytöstä, johtuvien ongelmien vuoksi VAX-11/750 valmistui 1980 [Pec97]. Kolmas markkinoille saapunut VAX-kone oli nimeltään VAX-11/730. Se valmistui vuonna 1982 ja oli pienin ja halvin markkinoilla oleva VAX [Dig97]. Se oli ensimmäinen VAX, joka pystyttiin rakentamaan valmiina olevista komponenteista ja jota saattoi käyttää DECnetin avulla 8 käyttäjää saman aikaisesti.

5 Digital ja VAX 80-luvulla

Vuoteen 1979 mennessä Digital oli suurin minitietokoneiden tuottajia maailmassa. Tällöin yhtiön myynti ylitti ensimmäistä kertaa 2 miljardin dollarin rajan. Vuoteen 1980 mennessä Digital oli nostanut itsensä maailman toiseksi suurimmaksi tietokoneiden valmistajaksi heti IBM:n jälkeen [Str99].

80-luvun alussa termi henkilökohtainen tietokone (PC) pyöri kaikkien mielissä. Myös Digitalilla oltiin kiinnostuneita asiasta, joten yritys aloitti oman vastaavan mallinsa kehittämistä. Valitettavasti Ken Olsen ei ymmärtänyt pc-käsitettä samoin kuin kilpailijansa. Sen sijaan että olisi rakentanut edullisen ja nopeasti koottavan koneen, joka vetoaisi laajaan markkinakuntaan, Olsen päätti käyttää 18 kuukautta rakentaakseen elegantin tietokonepäänteen, jota saattoi käyttää itsenäisesti, mutta joka voitiin myös vaivattomasti liittää muihin Digitalin koneisiin verkon välityksellä. Tämä ei ollut Olsenin ainoa virhe. Sen sijaan että Digital olisi keskittänyt voimansa yhden 'pc'-tuotteen taakse, se ryntäsi markkinoille kolmella mallilla [Str99].

Vuoteen 1983 mennessä Digital oli taloudellisissa ongelmissa. Olsen yritti järjestää hyvin suureksi kasvanutta yritystä uuteen kuntoon saneeraamalla henkilökuntaa, mutta se ei auttanut. Lopulta Digital päätti vetäytyä pc-markkinoitten kilpailusta ja keskittyä VAX-koneisiinsa.

5.1 Uusia tuulia VAX-rintamalla

Digitalin epäonnistuminen yrityksessä nostaa itsensä merkittäväksi kotitietokonevalmistajaksi IMB:n ja Applen ohella 80-luvun alussa, johti VAX-koneiden aseman vahvistumiseen Digitalin päätuotteena. Maaliskuussa 1983 Digital julkisti VAX-klusterin, mikä merkitsi useamman VAX-minitietokoneen kiinnittämistä yhteen paikallisverkon avulla, mahdollistaen niiden yhteisen laskentatehon vastaavan sen hetkisiä suurtietokoneita. Lokakuussa 1984 Digital lopulta julkisti uuden lippulaivansa VAX 8600 [Dig97]. Se tarjosi jopa 4,2 kertaa enemmän laskentatehoa kuin vanha VAX-11/780 sekä huomattavasti vanhoja järjestelmiä tehokkaammat I/O-toiminnot, säilyttäen silti yhteensopivuuden vanhojen VAX-11/780 ja VAX-11/785 mallien kanssa. VAX 8600 aloitti VAX-koneiden toisen sukupolven.

Talouttaan elvyttääkseen Digital tuotti ulos uusia ja uusia VAX-tuotteita ja julkisti Ethernetin etuja ja paransi yhteensopivuuttaan muiden valmistajien laitteiden kanssa. Vuoteen 1985 mennessä Digital oli taas nousussa. Nyt se oli se oli saanut myyntivaltikseen tietokoneverkko-käsitteen. Digital myi välittömästi kaikki valmistuneet VAX 8600 -koneet ja seuraavan 18 kuukauden aikana se julkaisi 10 uutta VAX-konetta, jotka kaikki pystyivät kommunikoimaan sukulaistensa kanssa välittömästi asennuksen jälkeen.

Tammikuussa 1986 Digital julkisti huippuluokan VAX 8800 sekä keskiluokan VAX 8300 ja VAX 8200 [Dig97]. Nämä olivat ensimmäiset kahta prosessoria käyttäneet VAX-koneet. Kaikissa malleissa käytettiin uutta nopea I/O-väylää nimeltään VAXBI. VAX 8800 oli kahdesta kolmeen kertaa nopeampi kuin VAX 8600. Vuotta myöhemmin julkaistiin VAX mallit 8978 ja 8974 [Dig97]. Ne olivat no-

peimmat koskaan rakennetut minitietokone VAX-järjestelmät. Ne vastasivat laskentateholtaan noin 50:n VAX-11/780 -koneetta. Kumpikin kone tarjosi 2.5 gigatavun tallennuskapasiteetin. Se yhdistettynä HSC70 I/O-suorittimeen ja VAXBI-väylään järjestelmät tarjosivat suurtietokoneluokkaa olevan I/O-tehokkuuden ja tallennuskapasiteetin.

Vuonna 1989 Digital julkaisi ensimmäisen ja viimeisen suurtietokoneensa VAX 9000 [VAX97]. VAX 9000 oli viimeinen VAX-kone joka ei perustunut Digitalin VAX-suorittimiin. Se oli yhtiön lippulaiva, mutta siitä tuli taloudellinen floppi. Kone vei tilaa kokonaisen huoneen ja kulutti energiaa noin 20kW. Koneen laskentateho liikkui 125 MFLOPS:n tietämällä mallista riippuen. Suorittimen ja muistin oli kytketty toimi 1GHz:n nopeudella. SGI/Gray alkoi rakentaa vastaavan tehoisia koneita vasta 8 vuotta myöhemmin.

6 VAX yhdellä piirillä

Vuonna 1981 eräs kehitysryhmä halusi kokeilla puolijohteiden mahdollisuuksia ja päätti yrittää toteuttaa VAX-arkkitehtuurin yhdellä sirulla. Projektille annettiin nimeksi V-11 [Pec97]. Projektin edetessä kävi ilmi että oikeat mikroprosessorit tuli suunnitella ja toteuttaa eri tavalla, kuin V-11. Sen takia Digitalille perustettiin suunnitteluryhmä kehittämään ensimmäistä VAX-mikroprosessoria MicroVAXia.

Toisin kuin V-11, MicroVAX suunniteltiin riisutuksi versio VAX-arkkitehtuurista. Koska MicroVax oli yksinkertaisempi valmistaa, valmistui se nopeammin kuin V-11. MicroVax-projekti käynnistettiin kesäkuussa 1982 ja piiri saatiin valmiiksi 19 kuukautta myöhemmin 4. helmikuuta 1984. Ensimmäinen versio suorittimes-

ta osoittautui pettymykseksi sekä suoritustehonsa että myyntilukujensa suhteen. Sen kehittämistä ja testausta kuitenkin jatkettiin ja toukokuussa 1985 suoritin julkaistiin uudelleen MicroVAX II nimellä [Pec97]. MicroVax II oli menestys. Se oli ensimmäinen VAX, joka maksoi alle 20000 dollaria. Ken Olsen kommentoi hintaa ja kokoa seuraavasti: "MikroVAX II on ensimmäinen VAX jonka voit varastaa." MicroVAX II:n menestys johti Digitalin kehittämään uusia VAX-mikroprosessoreja.

Seuraava uusi VAX tulokas oli VAXStation 2000. Se oli MicroVax II pienempi kone ja se toteutettiin MicroVAX II suorittimen ympärille. Kun MicroVAX II toimitettiin pienen pöydän kokoisessa kotelossa ja tuki laajaa valikoimaa PDP-11 lisälaitteistosta, VAXStation 2000 olisi mahtunut kenkälaatikkoon. Kaikki oleelliset toiminnot oli saatu VaxStationsissa saatu mahtumaan yhdelle piirilevyille. Koneen lisälaitteisto oli rajoitettu vain monitoriin, näppäimistöön, hiireen, levyke ja nauha-asemaan sekä maksimissaan kahteen massamuistilevyyn. Käyttäjälle se tarjosi lähes VAX-11/780 -koneen laskentatehon ainoastaan 5000 dollarin rahallisella kustannuksella. Ensimmäisenä vuonnaan VAXstation 2000 oli menestys. Laitteita myytiin yli 60000 kappaletta.

Digitalin seuraava mikroprosessori oli nimeltään CVAX. Se tarjosi 2.5 - 3.5 kertaa edeltäjänsä MicroVAX II:n tehon [Pec97]. CVAX oli ilmestyessään markkinoiden nopein mikroprosessori. Siinä oli piirille integroitu 1 kilontavun cache-muisti sekä 28 käskyn tlb. Syyskuussa 1987 ilmestyneet MicroVAX 3500 ja 3600 perustuivat CVAX-suorittimeen. Kuten myös vuotta myöhemmin ilmestynyt VAX 6000 kone.

VAX 6000 oli Digitalin ensimmäinen yritys toteuttaa symmetrinen moniprosessorikone. Aluksi näytti siltä että VSM-käyttäjärjestelmä tulisi toteuttaa uudes-

taan tätä varten, mutta VMS:n parissa työskennelleet insinöörit löysivät yksinkertaisemman ratkaisun. Käyttöjärjestelmään tuli rakentaa parempi lukitusjärjestelmä useampia suorittimia varten. Tämä toteutettiin VMS:n versiossa 5 [Pec97]. VAX 6000 oli myös ensimmäinen VAX-kone, minkä suoritin tai suorittimet voitiin vaihtaa uudempiin malleihin, vaihtamatta koko tietokonetta.

CVAX piiriä seurasi hyvin nopeasti Digitalin kolmas mikroprosessori, Rigel. Digitalin oli tarkoitus toteuttaa huippumallinsa VAX 8800:n suunnitelmat yhdellä piirillä. Rigel valmistui kesäkuussa vuonna 1989. Rigel-suoritin oli ensimmäinen VAX-suoritin, joka tuki vektori laskentaa (vector extension). Rigel piiriä käytettiin VAX 6400 koneissa ja myöhemmin myös VAX 4000 koneissa. Lokakuussa 1990 Digital julkaisi Rigelin korvaajan Mariah-suorittimen. Uuden suorittimen erikoisuus oli VAXeissa ennen näkemätön cache teknologia write-back cache, joka vähensi suorittimen ja muistin välistä liikennettä ja nopeutti siten koneen toimintaa [Dig97]. Mariah-suoritin vastasi nopeudeltaan noin 13 VAX-11/780:a ja sitä käytettiin VAX 6500 koneissa.

Neljäs ja viimeinen VAX-mikroprosessori ilmestyi Marraskuussa 1991. Se oli nimeltään NVAX. Se toteutti VAX 9000:ssa esitellyn liukuhihnoituksen ja oli aikansa nopein CISC piiri [Dig97]. NVAXia käytettiin VAX 6600-sarjassa ja se vastasi teholtaan kolmeakymmentä VAX-11/780:sta. NVAX-suorittimiin perustuva VAX 6610, pystyi suorittamaan 83 transaktiota sekunnissa, tarjoten paremman suorituskyvyn kuin IBM:n ja HP:n RISC-suorittimiin perustuvat laitteistot.

7 VAX arkkitehtuurin loppu

VAX-arkkitehtuuri pysyi muuttumattomana 70-luvun lopun ja koko 80-luvun ajan. Se oli aikanaan suunniteltu siten, että siihen ei tarvinnut tehdä muutoksia vaan se tarjosi käytännössä kaiken, mistä käyttäjät vain uskalsivat haaveilla. Reilun kymmenen vuoden aikana tuote muuttui yhdestä VAX-11/780 koneesta tuoteperheeksi, joka tarjosi jatkuvasti tehokkaampia tietokoneita yhä halvemmalla. Tietokoneita jotka toimivat samalla käyttöjärjestelmällä, pystyivät suorittamaan samoja ohjelmia sekä kommunikoimaan keskenään vaivattomasti jo silloin kun muut vasta uneksivat siitä. Nämä olivat VAX-arkkitehtuurin ja sen VMS-käyttöjärjestelmän vahvuudet.

80-luvun loppupuolella alettiin Digitalilla kuitenkin miettimään kuinka pitkälle VAX-arkkitehtuuri vielä kestää. Uudenlainen suorittimien suunnittelu filosofia (RISC) nosti päätään. Vuonna 1986 Digitalilla päätettiin aloittaa oman RISC-suorittimen valmistus, koska VAX:n muuntaminen sellaiseksi mahdotonta. Projekti Käynnistyi nimellä Prism. Kaksi vuotta myöhemmin Digital aloitti uuden Alpha projektinsa Prismin pohjalta. Alphasta olisi tuleva Digitalin uusi VAX. Toukokuun 25. päivä 1992 Digital julkaisi uuden huipputuotteensa maailman ensimmäisen 64-bittiseen arkkitehtuuriin pohjautuvan suorittimen, Alphan [Dig97].

Lähteet

- Dig97 Digital Computing Timeline 1957 - 1997,
http://www.montagar.com/dfwcug/VMS_HTML/timeline/1957.htm
[12.1.2003]
- Pec97 Peck, K., OpenVMS at 20 Nothing Stops it!,
<http://www.openvms.compaq.com/openvms/20th/vmsbook.pdf>
[12.1.2003]
- Str99 Stranahan, L., Digital Equipment Corporation (DEC), *Jones Telecommunications & Multimedia Encyclopedia*,
<http://www.digitalcentury.com/encyclo/update/dec.html>
[12.1.2003]
- VAX97 Virtual Address Extension VAX, http://telnet.hu/hamster/vax/e_main.html
[12.1.2003]