

9. SAMMANFATTNING AV UTVECKLINGEN

Det är relativt svårt att direkt sia om vad som kommer att hända under 80-talet. Går man tillbaka till 1969 och ser vad man förutspådde för 70-talet, så upptäcker man att uppskattningarna om komplexitetsökningar och prisutveckling i stort har stämt. Svårare har det däremot varit att prediktera vad, som skulle ske inom de olika teknikområdena. Svårast har dock varit att prediktera hur utvecklingen skulle påverka människan. Jag minns den fråga jag fick under en konferens 1970. En deltagare frågade mig när kalkylatorerna skulle bli så utvecklade att var man kunde köpa dem och speciellt att de skulle ersätta räknestickan för skolbarnen. Jag tänkte en stund, uppskattade storlek och sedan angav jag tiden då jag visste att mikroelektroniken blir ca 2 x bättre varje år. Jag tvivlade flera gånger. Publikens ansåg att jag fantiserade då jag sa att detta skulle ske under 70-talet. Man kan även ge andra exempel, som ligger senare i tiden och som ännu inte har hänt. När blir skrivmaskinerna helelektroniska med rättningsfunktioner och redigeringsfunktioner. Skrivautomater finns ju, så tekniken finns ju redan. Utöver den mekanik, som finns i skrivmaskin, behövs mekanik för en floppy disk, resten är kisel. Jag tror att 80-talet slutar med att alla skrivmaskiner är datoriserade. Detta kommer självklart att påverka oss människor relativt mycket, men det är inte något revolutionerande. Jag tänker inte sia om vad som kommer att revolutionera under 80-talet. Jag vill bara påpeka att den tekniska utvecklingen kommer sannolikt att kunna förutsägas, men inte hur detta påverkar människan. Erfarenheten har visat att teknikerna har varit de mest pessimistiska då det gäller att prediktera utvecklingen [1].

HALVLEDARKOMPONENTERNA UTVECKLAS STARKT

Hela datorutvecklingen bygger på att elektronikkomponenter kan tillverkas billigt. Det finns nu en etablerad teknik för att ta bort all onödig mekanik och ersätta den med datorfunktioner. Det finns ett antal olika områden, som för dagen inte verkar lämpade för att använda mikrodatörer, men det beror främst på att vi inte kan fatta vad vi skall göra då vi har en komponent, som är 1000 ggr billigare än idag. Detta gör att jag tror att det alltid finns applikationer för elektronik baserad på VLSI. Redan idag känner elektronikindustrin av att man inte hinner framställa komponenter i den omfattning, som önskas. Jag tror att detta kommer att fortsätta under hela 80-talet. I kapitel 2 visades på vad, som var de svårigheter man såg inför 80-talet inom halvledarindustrin. På alla punkterna antydde man lösningar. Detta gör att man har en viss konfidens på att utvecklingen skall gå i den riktningen.

DATORSYSTEMEN FÖRÄNDRAS — MER EXEKVERING I FÖRHÅLLANDE TILL LAGRINGSKAPACITET

Halvledarindustrin framställer komponenter, som främst kommer att vara minnen och processorer med kringkretsar. Kiset kan användas till att göra en processor ca 10 x snabbare och att den får 1000 x större primärminnen. Prestan- dat för en sådan stordator har då i praktiken enbart ökat 10 x jämfört med tekno- login, som har ökat 1000 x. Detta kommer att medföra att datorindustrin är

tvingad att på samma sätt förbättra arkitekturen. Sannolikt kommer enbart lokaliteten i databaser att vara så god, att stora delar av vad, som är sekundärminne idag kan ersättas med halvledarminne och då kommer ett kraftigt prestandalyft ske i många databaser. I en sådan stor dator kommer enbart ca 10-talet kretsar av 1000-talet att arbeta. Resten kommer att vila. Just detta kommer att vara en sak, som måste utnyttjas för att ytterligare höja prestanda. Vad jag vill säga är: minnen är något statiskt, som inte presterar något för en människa, medan däremot processorer gör detta. Stora minnen kommer därför inte att ge människan något prestanda. Detta gör att datorarkitekturen sannolikt kommer att orienteras så, att antalet processorer starkt ökar.

MINIDATORERNA FÖRSVINNER I SIN NUVARANDE FUNKTION

De konventionella minidatorerna har varit fattigmans dator under det senaste decenniet. De har nu utvecklats så att de idag kan tillverkas som mikrodatorer. Om några år, i mitten av 80-talet, är det möjligt att i en krets utveckla en dator med samma logiska styrka, som datorer i IBM:s 370-serie med ca 100 kbyte minne och kanaler för anslutning av omvärlden. Priset för en sådan komponent är några hundralappar omonterad. Detta gör att den konventionella minidatorn har fått en överlägsen son. Detta kommer med all sannolikhet att innebära att datorsystem kommer att innehålla IO-enheter, såsom skrivmaskiner, printrar, skivminnen o dyl, samt något som förbinder dessa. Vart tog mikrodatorn vägen? Den integrerades in i varje enhet, det åtgick kanske enbart en komponent för att styra och kommunicera med IO-enheten. Detta är då säkert en av dessa stora mikrodatorer. I övrigt återstår det två saker i systemet att implementera: en sammankopplingslänk mellan alla enheter och en dator för att lösa problemet. Den senare monteras då säkert i tangentbordet i den terminal, som styr systemet. Denna utveckling är i viss mån skrämmande. Vad den visar på är att kisel är mer eller mindre gratis, det enda som kostar är mekaniken i systemet och sammankopplingsfunktionen.

Alla system, som har sekundärminneskapaciteter under ca 5 Mottader, kommer med all sannolikhet att ha minnen implementerade med enbart halvledarminne. Då detta är 1000 x billigare, motsvarar detta idag system med primärminne om 5 kottader. Ingen kan idag drömma om att använda floppy disk till sådana minnen. Även om minnesvolymen skulle bli ca 10—50 x större, motsvarar idag 50—250 kottader, så skulle man sannolikt använda halvledarminne. Problemet med flyktiga minnen har säkert lösts med extremt effektsnåla minnen, som drivs av batterier liknande de, som sitter i dagens klockor. Detta innebär att alla normala minidator tillämpningar utförs i mikrodator.

DATAKOMMUNIKATION ÄR DYRT — BILLIGARE MED DECENTRALISERAD BEARBETNING

Transport av data är dyrt och kommer alltid att vara dyrt. Detta helt beroende på att antingen måste data sändas via ett länksystem på radio eller annars måste signalen gå i trådar, som läggs ut med hjälp av dyra människor. Det tar kanske 2 timmar att dra en kabel, jfr tiden för en televerkare att installera en telefon, detta kostar ca 500 kr eller motsvarande några stora mikrodatorer. En anslutningskabel för en terminal till modern kostar idag 600 kr. Med detta vill jag säga att det kommer inte att vara någon idé att transportera data från en terminal till en central enhet för att exekvera. Detta innebär att mellanytan för människa-maskin kommer att innehålla en dator. Denna kommer då med all sannolikhet att utnytt-

jas för kontakten med människan, dvs avkoda teckenströmmar, som matas in och för att detektera syntaxfel och i övrigt kommunicera och utföra lokala operationer.

Kommunikation till databaser sker över ledningar, som är dyra. Databaserna kommer att styras av enklare uppbyggda kommandon och transportera svaret till människa-maskininterfacet. Innan data sänds över kanske det analyseras och nya accesser sker till databasen. Detta sker förmodligen i en dator, som är allokerad enbart för den användaren.

VAD JAG HAR VELAT VISA PÅ ÄR ATT DET I ENKLA SYSTEM GÅR ATT INFÖRA FLER MIKRODATORER TILL LÅGT PRIS FÖR ATT YTTRELLIGARE SKAPA MER PARALLELL EXEKVERING OCH DÄRMEDE SKAPA PLATS FÖR FLER PROCESSORER.

DATORERNA

Ovan har visats att datorerna sprids ut och de generella datorerna med ett antal tungt arbetande "tasks" kommer att vara oekonomiska och därmed sakta försvinna. Den här nya lilla mikrodatorkomponenten är i sig själv inte en optimal produkt. Det märker man då arbete sker i reell tid, med komplexa funktioner eller databasliknande funktioner. Vårt önskemål att ytterligare öka exekveringsprestanda eller programmerbarheten, begränsas av att datorn adresserar celler dvs den arbetar enligt "von Neumann" principen.

Strukturerad parallellism

Det föreligger ett starkt behov att kunna beskriva parallellitet vid exekvering. I realtid kan det vara ett system med minst 2 asynkrona händelser, i en databas kan alla ingående poster ses som parallella händelser. Om datorerna kunde programmeras med något språk, som kan ange parallellitet, så skulle den transform, som sker då program skrivs bli mycket mindre. Detta skulle då innebära snabbare utvecklingstid för program.

Data flow drivna datorer

Skulle sedan datorerna själv helt ta hand om fördelningen av resurserna och kommunikation mellan de olika parallella exekveringarna skulle mer eller mindre hela operativsystem försvinna. För att detta skall kunna göras fordras att data styr hur det skall användas. Detta kallas, som visats i kapitel 8, "data flow". Sådan exekvering skulle med all sannolikhet starkt öka prestanda i bl a databaser. Tänk er, det finns kanske 1000 datorer i ett system, som har effektivt sammankopplats.

Rekursiva datorer — enbart en datorkomponent

Vidare skulle sådana datorer vara modulariserade så att på varje nivå fanns en eller fler sådana här datorer. Varje dator hade hand om sitt delsystem. Ett sådant delsystem skulle i sin tur kunna bestå av ett nytt liknande datorsystem. Detta innebär att en mycket stor flexibilitet skapas, det blir möjligt att göra varje delsystem så starkt, som applikationen kräver. Delsystemet har inte krav på sig att vara utfört på samma sätt, det kan implementeras på följande sätt: subrutinanrop i egen dator, processanrop i egen dator, anrop av process i annat delsystem eller anrop av process i ett specialsystem. Denna typ av maskiner presenterades i kapitel 8 som "rekursiva datorer". Till dator i varje delsystem kan en och samma komponent användas.

Associativ adressering — naturligt för användaren och databaser

Adresseringen inne i en dataflowmaskin försvinner till största delen om strukturerad parallellitet införs. Allt data kan då lagras i en graf, som liknar ett träd. Detta är utspritt över ett antal "dataflow"-chip. Inne i datastrukturer kan adressering ske associativt. Sådan associativ mekanism är mycket lik den, som används i databaser. Den kan då användas på processornivå för att implementera databaser.

Större databaser kan implementeras med samma teknik. Skillnaden blir att status kommer att lagras i bubbelminne, som styrs av halvledare. Dessa blir i funktion lika som halvledarvarianterna. Liknande system experimenteras redan idag med, t ex CASSM eller RAP. 2, se kap 8. Sådana databaser kan utföra alla de funktioner, som idag utförs i en databas.

Exekvering enligt en syntaxbeskrivning — emulerande maskiner, reduktionsmaskiner

Sedan adresseringen blivit associativ kan adresseringen uppdelas i ett antal noder i vilken accessen når en viss mängd funktioner. Med den tekniken erhålls en maskin, som är syntaxstyrd, se reduktionsmaskiner i kap 8.

Med en sådan styrning kan olika språk direktexekveras, kommunikationsprotokoll kan exekveras direkt från sin syntaktiska beskrivning. Vidare kan felhantling för första gången få en naturlig beskrivning i maskinvaran. Denna typ av exekvering kommer att väsentligen påverka tiden för programframställning.

Bussar sammankopplar datorer — på kort och på km avstånd, samma protokoll

Då systemen var rekursiva, kommer alla grenar att ha samma dator. Detta innebär att maskinvaran enbart byggs upp av en komponent. Varje kretskort kommer att bestå av ett antal sådana här komponenter sammankopplade med hjälp av bussar. Olika delsystem i olika fysiska enheter kan på samma sätt sammankopplas med bussar. Ett system består då av ett antal hierarkiska bussar med dessa nya typer av datorer emellan dem. Dessa datorer består till ca 50 % av processorfunktioner. Den totala exekveringskapaciteten i ett system har då blivit avsevärt större än dagens. De olika bussarna är olika snabba. Bussar inom kort har extremt hög hastighet, medan de som förbinder system på km avstånd är mycket långsammare.

Halvledarkomponenterna förändras — random accessminnena försvinner

Då denna nya typ av dator inte adresserar celler försvinner de normala halvledarkomponenterna och ersätts av nya. Dessa nya kan lagra internt lediga aktiviteter och en graf, som beskriver parallellism och sammankoppling av alla aktiviteter och innehåller aritmetiska funktioner för t ex addition. Ett större antal sådana enkla aritmetiska enheter finns i varje krets. En sådan enhet är avsevärt enklare än en mikroprocessor (< 5 %).

SLUTORD

Den framtida datorutvecklingen under senare delen av 80-talet kommer sannolikt att vara lika revolutionerande, som utvecklingen av mikrodatorn. Man har då lärt sig hur system av datorer skall vara uppbyggda. Sannolikt kommer associativa, data flow drivna, rekursiva, bussade och hierarkiska datorer att ge de egenskaper som vi önskar. Denna typ av dators egenskaper motsvarar i viss mån helt de, som databas datorerna CASSM m fl har. Förmodligen kommer en stor

variant av denna typ av dator att implementeras med halvledare och bubbelminne med samma egenskaper som den med enbart halvledare.

Programmeringen av sådana system är helt olik den vi idag är van med, inga minnesceller kommer att finnas. Allt kommer att vara aktiviteter, som kommunicerar. Någoting, som är mycket likt det vi människor gör i praktiska livet. I dessa program kommer inte någon möda att användas för att utföra adressberäkningar. Detta innebär att databaserna kommer att förenklas extremt mycket. Förmodligen kommer allt vad vi idag har lärt oss om databaser att vara föråldrat då denna arkitektur kommer.

Programmering av realtidssystem motsvarar mycket närmare verkligheten en dagens omsättning av allting i dataceller och matematiska formler. Parallellitet är naturligt och kan enkelt utprovas. Realtidsprogrammering blir helt annorlunda än dagens teknik.

Styrningen av dessa typer av datorer är associativ mot andra portar i en deterministisk form. Detta medger att program skrivs, som motsvarar syntaxanalys. Detta medför att kommunikationsprotokoll, t ex mellan människa och maskin enkelt skrivs. All hantering av symboltabeller och sökningar handhas av datorn själv.

Datorkomponenterna kommer att anslutas till en eller flera hierarkiska bussar. På dessa sker kommunikation mellan system, som innehåller alla datorer med mycket data lagrat. Datorerna placeras nära det de kommunicerar med. Användarna ser enbart färdiga datorkomponenter, såsom databaser, skrivare etc och bussar. Några datorer, som är synliga för användaren, finns inte.

För datortillverkningen försvinner arbetet med att tillverka processorer. Arbetet inriktas mer på att bygga mekanik och skriva program för datorer i den enhet de tillverkar. Detta innebär att datortillverkarna allt mer kommer att tillverka deciderade funktioner, som kan sammansättas till system.

DEN OVAN ANGIVNA UTVECKLINGEN INNEBÄR EN STARK DECENTRALISERING. DENNA KOMMER ATT FÅ TILLVERKARNA ATT TILLVERKA STANDARDFUNKTIONER, SOM ÄR AVSEDDA TILL VISSA UPPGIFTER. APPLIKATIONSPROGRAMMERARNA KOMMER OCKSÅ ATT FÅ HIERARKISKA SYSTEM DÄR VARJE FUNKTION ÄR UPPBYGGD I EN SPECIELL MASKINVARA. SYSTEMEN BLIR PÅ DETTA SÄTT BYGGBARA OCH BEGRÄNSADE I OMFÅNG.

Detta innebär:

mindre delsystem, större system, avgränsade väldefinierade delsystem, som alla medverkar till att skapa möjligheter för att

MINSKA KOSTNADEN FÖR FRAMSTÄLLNING AV SYSTEM.

REFERENSER

1. Gordon E Moore, "Progress in digital electronics", föredrag under International Electron Device Meeting, Washington, USA, 1975.