Datorerna utvecklas snabbt

Av Bengt Olsen

I en tidigare artikel har vi fått läsa om den första datorutvecklingen. Den här artikeln skall i stället försöka ge en bild av utvecklingen mot framtidens datorer och informationssamhälle. I rasande fart får vi effektivare, snabbare, billigare och mindre datorer.

Vi är mitt uppe i ett utvecklingsskede som håller på att förändra samhället vi lever i. Men de ekonomiska och sociala konsekvenserna är mycket svåra att överblicka och är en mycket angelägen uppgift för våra forskare att utreda och för våra politiker att besluta om.

Under 1960-talet såg vi introduktionen av minidatorerna. En explosion i antalet minidatorer kom i början av 70-talet, samtidigt som de första mikrodatorerna och distribuerade systemen introducerades.

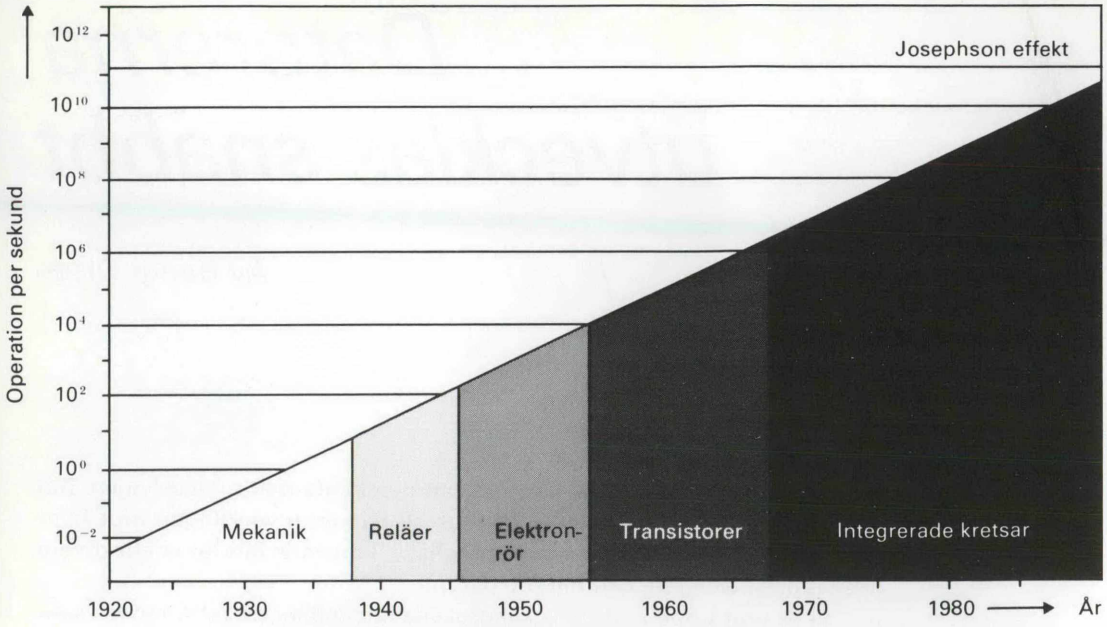
Vi upplever just nu början av mikrodatorexplosionen samtidigt som problematiken med distribuerade databaser och problemen med hopkopplade datorer – datornät – håller på att utredas. Senare halvan av 1980-talet kommer att leda fram till ett balanserat utnyttjande av såväl stor-, mini- som mikrodatorer. Detta kommer att ske i samverkan via effektiva kommunikationsförbindelser och allmänna och privata datornät.

Halvledarteknologin

Man använder ett stort antal olika halvledarteknologier för att få fram datorlogik och minneskretsar. De olika halvledarteknologierna ger olika kombinationsmöjligheter av faktorer som snabbhet, kostnad, storlek, packningstäthet, effektförbrukning, tillförlitlighet etc. Halvledarteknik är lättare att utnyttja för minnen än för logikkretsar, vilket har lett till att kostnaden för minnen avtagit snabbare än för logik.

Den ständigt ökade packningstätheten och integrationsgraden fås genom att använda allt finare upplösning med röntgen- och elektronstrålar. Med EBEM(Electron Beam Exposure Machine)-teknik kan man idag med hjälp av en elektronstråle "rita" kretsmönster med linjer med 1 à 2 tusendels mm bredd. Detta har medfört

- förbättrad tillförlitlighet genom att antalet förbindelser mellan kretsbrickor har minskat,
- ökad hastighet tack vare kortare avstånd,
- minskade behov av elektrisk effekt och därmed även reducerat behov av kylning.



1. Utvecklingen av räknehastighet – operationer per sekund – från 1920-talet. Datorerna har blivit allt snabbare genom utnyttjande av ny teknologi. (Enligt Tage Frisk, IBM.)

På tio år blir en komponent med en viss storlek cirka 100 gånger kraftfullare. Tillverkningen av brickorna automatiseras alltmer. IBM tillverkar idag 10 gånger fler kretsar än 1970 utan att ha ökat personalen.

Tekniker byggda på kiselbrickor kan inte förbättras i samma takt som hittills, p g a fysikaliska skäl. Det gäller bl a den litografiska upplösningen vid ''etsning'' av kiselbrickorna – begränsningarna är med optisk teknik 1–2 μm, elektronstråle 0,05 μm och 0,006 μm med röntgen och beror på strålningens våglängd – ju kortare desto bättre upplösning och finare detaljer. Dielektriska problem torde i praktiken omöjliggöra finare upplösning än 0,1–0,2 μm. Den gränsen uppnås förmodligen omkring 1990. Typiska fördröjningar i kretsen är då mindre än 0,1 nanosekunder.

Snabbare och billigare

Omkopplingshastigheten ökar 3–4 gånger och antalet aktiva komponenter per bricka ökar 4–16 gånger vart 5:e år. Tillverkningskostnaden per bricka är ungefär konstant, varför vi kan räkna med minst 10 gånger förbättring i prestanda/pris nästa 5-årsperiod.

De trender man nu kan observera leder till att man i början av 1980-talet har 25 000 logiska grindfunktioner per kiselbricka. 1980 finns minnesbrickor med 1 M bitar lagringsvolym. 1990 förväntas minnesbrickor med 1 000 M bitar lagringsvolym. I slutet av 1980-talet kan en bricka rymma motsvarande en av dagens stordatorers centralenheter eller av storleksordningen en miljon transistorer.

Det sannolikaste torde vara att dessa är programvarukompatibla med dagens IBM 360/370-datorer. Detta betyder att program utvecklade för IBM-datorer kan användas utan förändring. Man antar att 1985 säljs en

centralenhet (mikroprocessor) motsvarande IBM 370/158 på en VLSI (very large scale integrated) kretsbricka.

Om bara tillverkningsvolymen blir stor nog, kunde man vänta sig ett pris av cirka 500 kr per centralenhet. Det är dock knappast troligt att de kommer att säljas så billigt annat än för mycket speciella tillämpningar.

Minnen

Hittills har man talat om två typer av minne, dels det centrala primärminnet för lagrings-, internkontroll- och buffringsfunktioner och dels övriga sekundära minnesfunktioner för lagring av större datamängder. Hit har räknats t ex skivminnen och magnetband.

Kärnminnena har tills helt nyligen dominerat som primärminne. Men halvledarminnena har sådana uttalade fördelar att de kommer att i huvudsak helt ersätta kärnminnena. Medan kärnminnesteknologin i stort sett är statisk, förbättras prestanda/pris för halvledarminnena med ungefär 30 % varje år. Över en 10-årsperiod kan man förvänta sig att kostnaden per lagrad informationsbit på en halvledarbricka minskar till en tjugondel.

Kostnaden för 64 kb primärminne var ungefär 240 000 kr år 1965, 21 000 kr år 1975 och är kanske 1 200 kr år 1985.

"Read-only"-minnen (ROM och PROM) – minnen som datorn bara kan läsa, inte ändra i – har de lägsta priserna per minnesbit och medger den säkraste långtidslagringen. ROM kan programmeras en gång för alla och är lämpligast när man vet att programmet inte behöver ändras och då man behöver samma program i stort antal. Dessa minnen blir allt vanligare för att lagra program för instruktioner m m (mikroprogram) och för tillämpningsprogram i mikroprocessorer.

De senaste åren har det diskuterats i fackpressen om inte CCD- (Charged Coupled Devices) och bubbelminnen inom kort kommer att ersätta skivminnen. Det förefaller nu inte sannolikt att detta kommer att inträffa de närmaste åren, då de har olika åtkomsttider och även utvecklingen på skivminnessidan går snabbt framåt, speciellt med högre packningstäthet. Man kommer att välja bubbelminnen där snabbare åtkomsttider, kompakthet och mer robusta lösningar krävs. Bubbelminnena förlorar inte lagrad information om strömmen bryts, vilket de vanliga halvledarminnena gör.

Till skillnad från skivminnen har bubbelminnen ingen stor grundkostnad (som t ex disk drive, läs- och skrivmekanism). Därför är de redan idag billigare än skivor med fast läs- och skrivhuvud under 9 M bitar minne och för rörliga vid 1 M bitar. Bubbeltekniken, som är en ny halvledarteknik, kommer att förbättras snabbare än skivminnestekniken och gränserna ovan kommer att vara ungefär 40 M bitar resp 4 M bitar år 1985.

Priserna för bubbelminnen avtar kraftigt per bit räknat. Det går faktiskt redan nu att köpa en 92 kbitar bubbelminnesenhet för cirka 200 kr. Detta ger ett pris av cirka 0,25 öre/bit. Detta torde gå ned till cirka 0,10 öre/bit redan kring 1980.

Magnetband

Tekniken att lagra på magnetband är ganska färdigutvecklad. På högprestandasidan lagrar man idag 6 250 bitar per tum (BPI) och har bandtransporthastigheter som medför överföringshastigheter som överstiger 780 tusen bytes per sekund. Båda dessa karaktäristika torde förbättras

till 1985 med i varje fall en faktor två. Mest framsteg torde snarare nås på billiga magnetbands- eller kassettbandsenheter för terminaler och mikrodatorer.

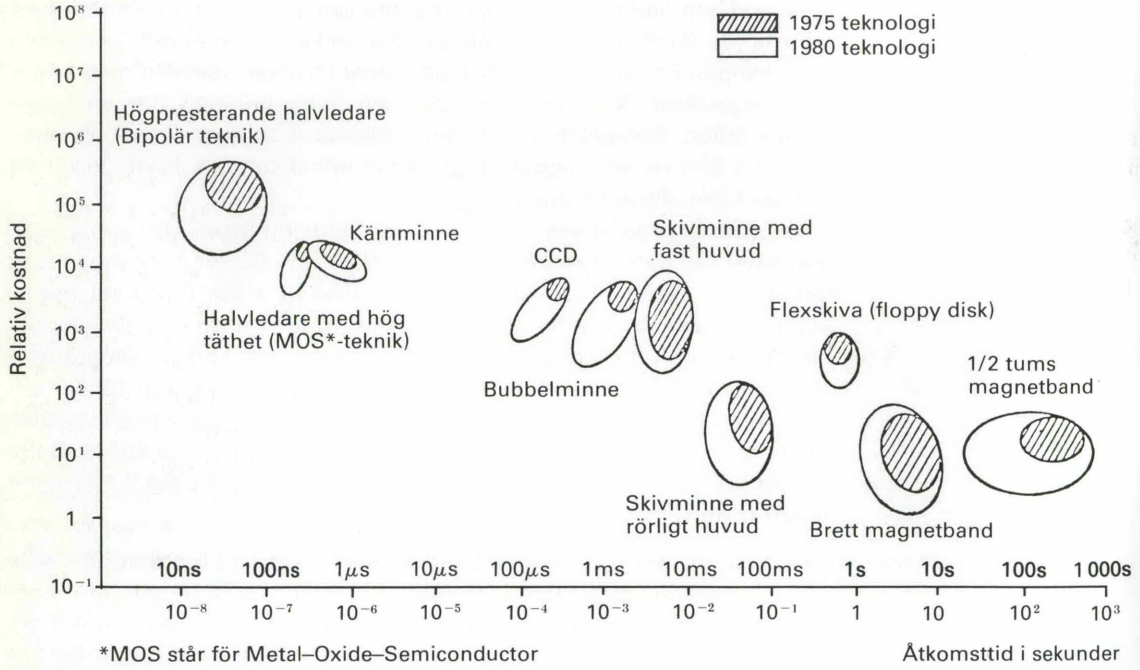
Man kan nu köpa s k flexskivor (floppydisks) med kapaciteten 0,2 till 0,5 Mb för 4 500 kr. Dessa är dyrare än vad kassettbandsminnen är, men har å andra sidan sådana fördelar för vissa tillämpningar, genom att de inte är rent seriella, att de definitivt har en marknad t ex i terminaler och specialiserade system. Man väntar sig avsevärt förbättrad packningstäthet (bittäthet) och spårtäthet. De har även en mycket hög driftsäkerhet, vilket gör dem speciellt lämpade i distribuerade system.

Massminnen

Idag saluförda system använder oftast lagring på breda magnetband. Ett typiskt system tillåter lagring av 50 M bytes på ett band som förvaras i en patron. Den plockas mekaniskt ut ur ett förråd av patroner utan operatörsingripanden. Dessa minnen nedbringar operatörsbehov och förbilligar lagringskostnader avsevärt. Fram till 1985 har man en förhoppning om att kunna lagra cirka 10^7 bitar/cm^2. Kostnaden per bit närmar sig $5 \cdot 10^{-8}$ öre/bit.

Olika minnens pris och prestanda 1975 och 1980 sammanfattas i figur 2. I figur 3 visas köppris som funktion av lagringskapacitet och i figur 4a visas förutsedd kostnadsutveckling under perioden 1976 till 1986.

2. Förhållandet mellan pris och prestanda för olika minnesteknologier under perioden 1975 till 1985.



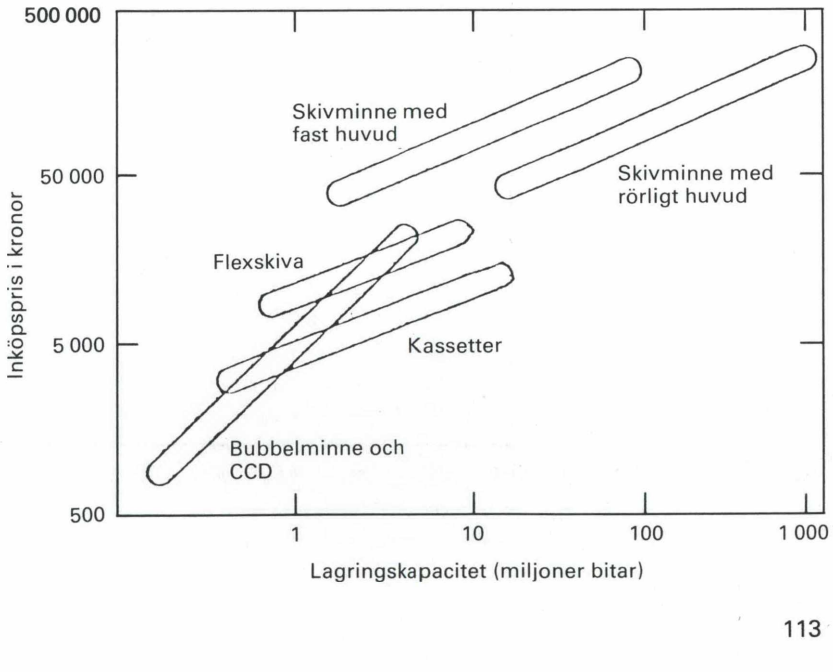
Liten ordlista

µm = mikrometer, tusendels millimeter
nanosekund = miljarddels sekund
bit = minsta enheten för data, 0 eller 1
M bitar = miljon bitar
byte = en grupp bitar, som är en enhet eller ett tecken, vanligen 8 bitar
Kb = tusen byte, kilobyte
Mb = miljon byte
CCD = charge coupled device
bubbelminne = minne där magnetiska "bubblor" representerar data
seriellt minne = minne där man inte kan "hoppa över" data – all tidigare information måste passeras
databas = minnen med en lagringskapacitet av minst 10^{10} bitar
Baud = enhet för dataöverföring, 9,6 Kbaud motsvarar 9 600 informationsbärande bitar per sekund
ROM = Read-Only-Memory, minne för långtidslagring
distribuerat datorsystem = geografiskt utspritt system av flera via datanät samverkande datorer
key = tangentbord
disk = skivminne
floppy = flexskiva
seriell skrivare = skriver ett tecken i taget
radskrivare = skriver en rad åt gången
LSI = large scale integrated

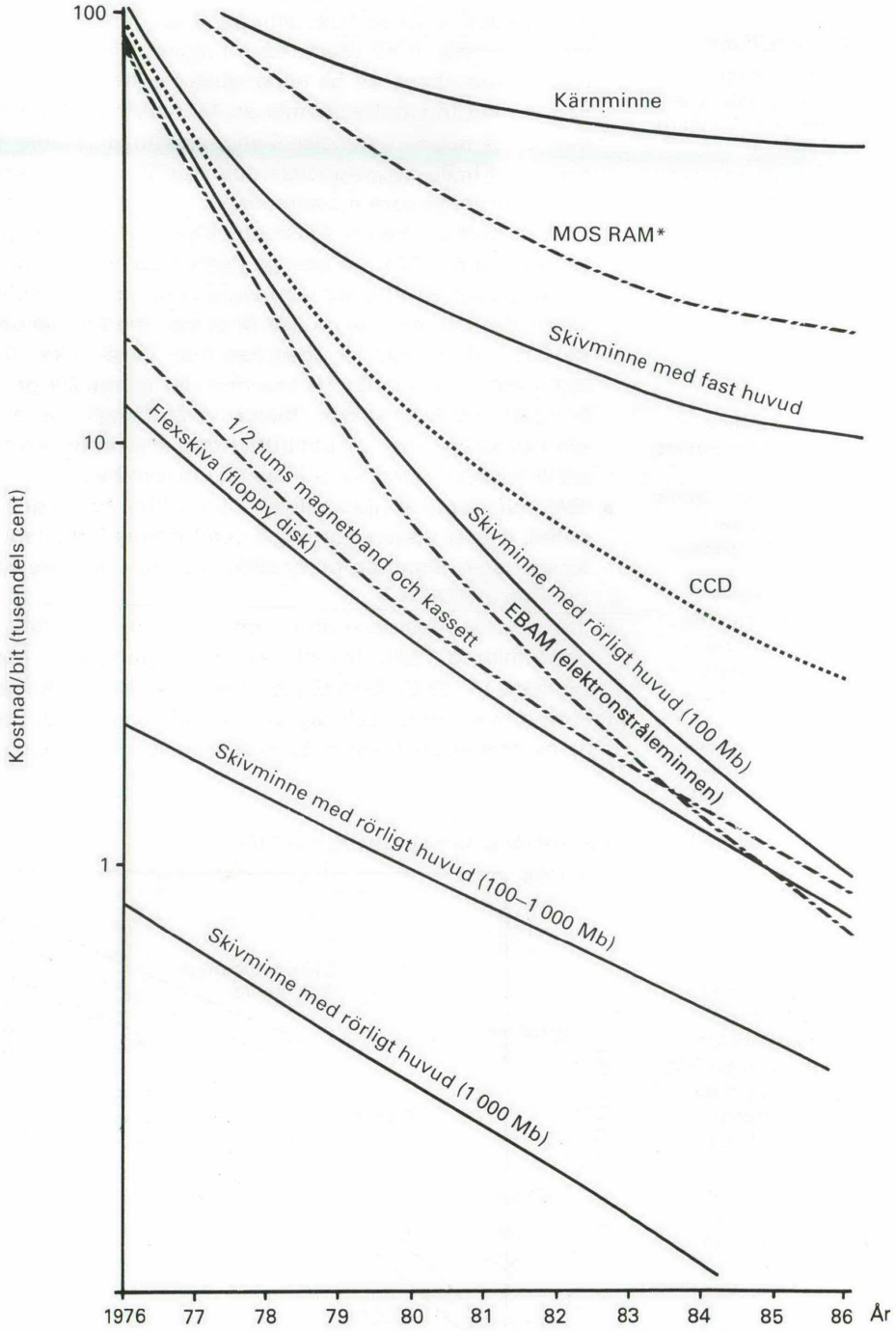
Nya, intressanta minnestyper

- En typ av minnen man beskrivit mycket i fackpressen är *optiska minnen.* Dessa, som är baserade på laser, holografi och video-minnen, torde komma ut på marknaden tidigast 1985. Särskilt "video-diskar" har en god chans att bli tillgängliga i mitten av 1980-talet. De tillåter idag en lagringstäthet av mer än 10^8 bitar/cm^2. Men de kommer knappast att få någon betydelse som ersättare till minnen baserade på lagring med hjälp av magnetiserade ytor. Det är mer sannolikt att de får sin tillämpning som massminnen.
- EBAM(Electron Beam Accessed Memory)-minnen påminner om ett katodstrålerör. Man skriver på detta med en elektronstråle genom att "omplacera" elektroner som lagras i ett lager kiseldioxid. I början av 1980-talet kan man lagra 256 M tecken med en åtkomsttid på mindre än 100 mikrosekunder. Idag kan man lagra cirka 10 Mbitar/cm^2 och detta kommer snabbt att öka mot det teoretiska gränsvärdet av omkring 10 000 Mbitar/cm^2. Bland användningsområden märks: ersättning av skivminne, snabbt buffertminne framför skivminnen och eventuellt ingående i en hierarki bland internminnen.
- IBM har upptäckt ljusbubblor i tunn film av magnesiumdopad zinksulfid. Under vissa spännings- och frekvensförhållanden rör sig bubblorna i steg liknande magnetiska bubblor. Kanske har vi ljusbubbelminnen år 1990?
- Josephson-effekten kommer inte att kunna utnyttjas 1985, men troligen omkring 1990. Josephson-teknologin arbetar nära absoluta nollpunkten (–270°C). Den tillåter utomordentligt korta omkopplingstider, små dimensioner och låg värmeavgivning. Omkopplingshastigheten är av storleksordningen 50 picosekunder (10^{-12} sek) och en maskin-

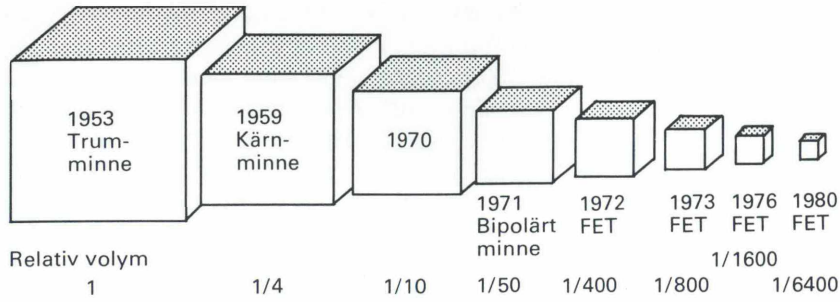
3. *Priset för olika slags minnen år 1977.*

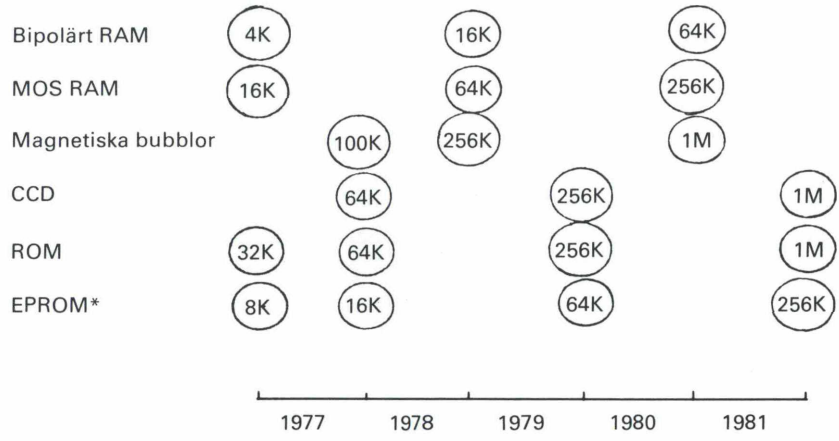


4a. Uppskattning av framtida minneskostnader.



4b. Storleken av primärminnena har minskat radikalt sedan 1950-talet, övre diagrammet.
Det undre diagrammet visar hur utvecklingen av kapaciteten hos olika slags minnesteknologi utvecklas fram till 1981.





* ROM-minne som kan omprogrammeras.

operation skulle därmed ta cirka 0,5 nanosekunder (10^{-9} sek). En centralenhet med 100 000 logiska kretsar baserad på Josephson-teknologin skulle kunna rymmas i en volym av några kubikcentimeter och skulle producera cirka 3 mikrowatt per krets eller omkring 300 milliwatt för hela centralenheten. Det bör vara helt realistiskt att bygga upp en dator baserad på Josephson-tekniken.

Forskare vid IBM tog hösten 1978 ut patent på en ny metod att med hjälp av laser och en fotokemisk process öka lagringskapaciteten i en given volym. I dag kan 1 000 frekvenskodade bitar lagras i en volym med diameter 1 μm. På en kvadratmeters yta skulle en lagringskapacitet av samma storleksordning som den mänskliga hjärnans minneskapacitet kunna lagras. Denna teknik kan tidigast komma till användning år 1990.

Periferiutrustning

Terminaler med tangentbord/skrivare används huvudsakligen när man omedelbart önskar en skriven kopia på kommunikationen med datorn. Skrivhastigheterna varierar mellan 10 och cirka 120 tecken/sekund. Priserna varierar mellan 4 000 och 20 000 kr beroende på prestanda. Trenden för dessa är kanske en prissänkning i övre prisintervallet, för övrigt torde man kunna vänta sig högre kvalitet, bättre prestanda, inklusive lägre ljudnivå, för ganska oförändrat pris.

Tangentbord/bildskärms-terminaler kostar idag som lägst 4–5 000 kr. Man förväntar sig att priserna går ned till cirka 1 500 kr omkring 1985. De är också billigare att underhålla än terminaler med skrivare och kommer att öka avsevärt snabbare i antal än de skrivande terminalerna. En typisk terminal kan på bildskärmen visa mellan 512 och 1 024 tecken och tillåter en överföringskapacitet upp till 9,6 kbaud. De största framstegen torde ske på den ergometriska sidan.

En intressant utveckling bedrivs bl a vid University of Southern California i Los Angeles, där man experimenterar med en handburen terminal i fickkalkylatorformat med bildskärm. Terminalen kommunicerar med datorn via radiovågor.

Intelligenta terminaler

innehåller en mikro- eller minidator. Detta gör det praktiskt möjligt att genomföra distribuerad databehandling. De kan dels utföra vissa lokala uppgifter och dels stå i förbindelse med större datorer och andra intelligenta terminaler. Det märks en trend mot att största tillväxten av dessa kommer att ske för terminaler med ganska specialiserade uppgifter. Ofta kan uppgiften ändras genom att bara byta program. Detta kommer nog i framtiden att ske genom byte av ett ROM. Självfallet kan det även förekomma att terminalen baseras på en kraftfull generell minidator vilken även används som sådan.

Övriga terminaler

Grafiska terminaler kommer att öka kraftigt i antal. Priserna kommer att avta och prestanda att förbättras, delvis p g a inbyggda mikroprocessorer. Det kommer att tillverkas terminaler med mycket stor bildyta (mer än 1 m^2) men tjockleken kommer huvudsakligen att vara någon cm.

Det finns många prognoser över utvecklingen av antal terminaler. I Sverige fanns år 1976 cirka 25 000 st. 1985 förväntas antalet ha 6-dubblats till cirka 150 000 st. Omkring 1990 är det inte osannolikt att de flesta hushåll har en terminalanslutning via sina TV-apparater.

Hålkort och hålremsa

Hålkort torde förekomma i stor utsträckning även år 1985, trots att IBM då redan sedan 5 år slutat tillverka egna sådana i Sverige. Hålremsan torde däremot huvudsakligen vara utkonkurrerad av kassettband och flexskivor.

Kortstansar ersätts successivt med key-to-disk, key-to-floppy-system och med metoder att automatiskt samla upp data redan vid källan. Därutöver kommer alltmer registreringsarbete att ske direkt via interaktiva terminaler till datorer av olika storlekar.

Optiska läsare

Streckmarkeringsläsare (OMR) och optiska teckenläsare (OCR) kommer även i fortsättningen att vara viktiga inmatningsorgan. Dessa kommer i allt högre grad att användas i detaljhandeln etc. Enkla, allt billigare, enheter blir tillgängliga. Ett typiskt pris nu är 10–15 000 kr.

Skrivare

Här finns en hel rad av olika typer:

Seriella teckenskrivare med skrivhastigheter på mellan 30 och 240 tecken/sekund. Matrisskrivare är exempel på skrivare med anslag, medan värme- och bläckstråleskrivare utnyttjar annan teknik. De senare är snabbare och tystare, men kräver speciella arrangemang, t ex speciellt papper. De är oftast också billigare i inköp.

De förses alltmer med buffertminnen, varigenom de tillåter effektivare överföring från datorn. Skrivkvalitén är ganska låg men tillräcklig för de flesta tillämpningar. Priserna varierar från 2 500 kr och uppåt. Inga större förändringar väntas.

Radskrivare finns av två typer, trum- och kedjeskrivare. Dessa är mycket snabbare än de ovan beskrivna skrivarna och har en skrivhastighet av 300–2 000 rader/minut med typiskt 120–144 tecken/rad. Priserna varierar från 20 000 kr till flera hundra tusen kronor.

Man antar att skrivhastigheten för de seriella skrivarna omkring 1985 kommer att öka till ungefär 500 tecken/sekund och för de snabbaste radskrivarna till 3 000 rader/minut.

Härutöver finns de avsevärt snabbare laserskrivarna som producerar mer än 10 000 rader/min och mikrofilmskrivare. Priserna på dessa kategorier torde avta en hel del p g a konkurrens och större serier. Men på grund av den allt större användningen av bildskärmsterminaler för sökning i register och utbudet av olika enklare seriella skrivare kommer antalet dyra radskrivare knappast att öka nämnvärt, trots att totala utskriftsvolymen kommer att öka.

Stordator eller minidator?

Frågan om avvägning mellan stor- och minidator sammanfaller delvis med frågan om centralisering kontra decentralisering (distribuerad datakraft). Under 1960- och början av 1970-talet var den centraliserade den i alla lägen ekonomiskt mest fördelaktiga om man räknade kostnader på samma sätt, t ex redovisar alla kostnader i bägge fallen. För många, speciellt nya, tillämpningar har både ekonomiska och organisatoriska aspekter medfört att distribuerad datakraft kommer att växa avsevärt snabbare. Detta framgår av utvecklingen av antalet mini- och stordatorer, åskådliggjord i figur 5a. Det är idag ingen större skillnad mellan grundprinciperna för uppbyggnad av mikro- och stordatorer.

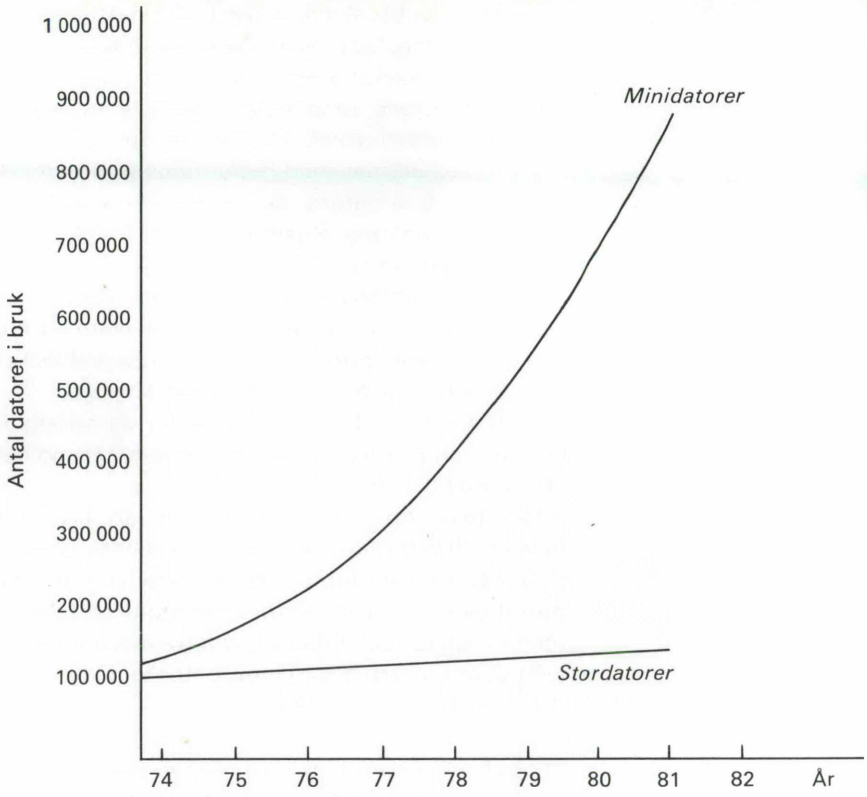
Totalt finns idag (1978) över 500 000 datorer (mycket små datorer inte räknade). Värdet torde idag vara cirka 85 miljarder dollar. 1980 antas det installerade värdet uppgå till cirka 130 miljarder dollar, varav hälften i USA.

Tre viktiga trender märks:

- En avsevärd ökning av hårdvaruprestanda.
- Snabb förändring i prisrelationerna mellan olika hårdvarukomponenter, programvara och kommunikationskostnader.
- Systemdesign blir mer tillämpningsorienterad och inriktad mot speciella problem.

Med anledning av de redovisade kostnadstrenderna ändras förutsättningarna för systemuppbyggnad snabbt. Det medger nu att systemen blir mer tillämpningsorienterade.

5a. *Utvecklingen av antalet USA-tillverkade datorer fram till 1982.*



Källa: International Data Corporation EDP/*Industry Report, 22 april 1977*

Decentralisering

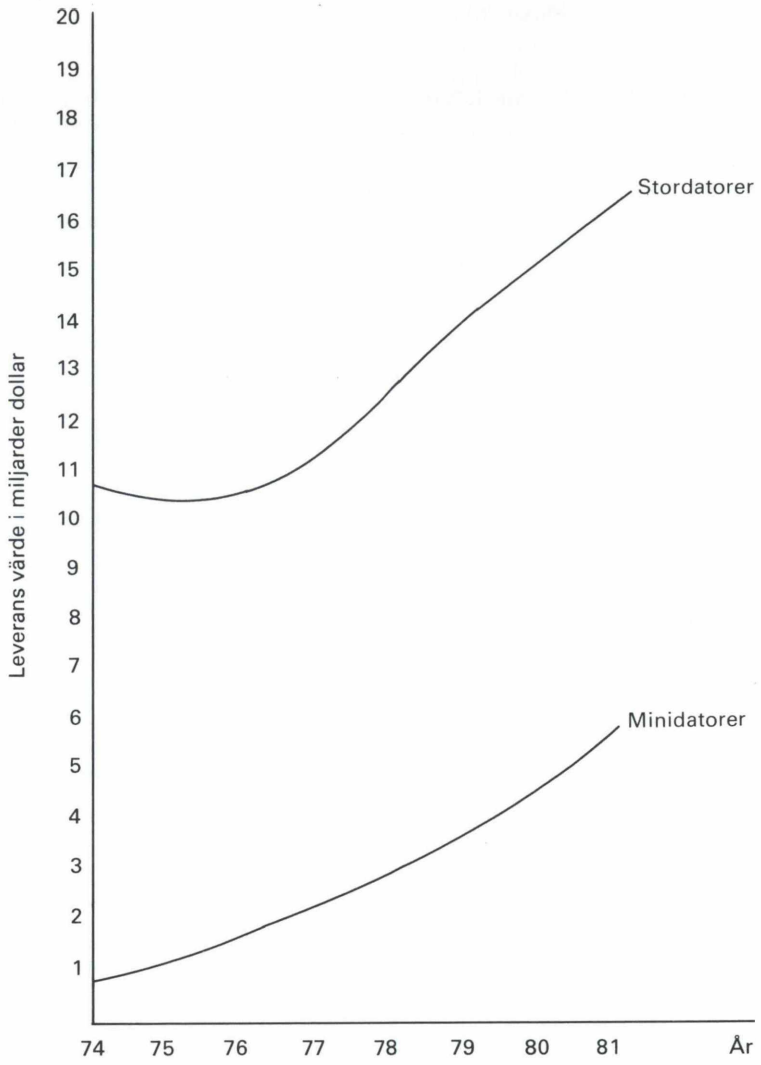
Tidigare var datorsystemen uppbyggda kring en dyr centralenhet, vilken måste utnyttjas effektivt, varför lösningen till alla tillämpningar fick formas därefter. Ibland kom användarvänligheten i kläm.

Nu är tendensen att allt fler centralenheter byggs in i systemen för att öka den allmänna kapaciteten och tillförlitligheten. Där tillämpningarna behöver det kommer "intelligens" och datorkraft att fördelas geografiskt och dessa datorer och intelligenta terminaler kommer att knytas ihop till ett nätverk. Detta bör ske med tanke på sårbarhetsaspekter, så att den lokala lösningen är "tillräckligt" självständig. Denna tendens till decentralisering är åtföljd av att periferienheter förses med datorer.

Användningen avgör

Det är således alltmer meningslöst att klassificera datorer efter storlek som nano-, mikro-, mini-, midi-, maxi-(stor) och superdator på grund av de flytande gränserna. En annan lika meningslös indelning baseras på inköpspriser eller ordlängd för datorsystemen. En bättre indelning tar fasta på hur datorerna saluförs och används, organisatoriskt och typ av tillämpningar. Exempel på sådana är *gemensamma generella* för stort antal användare (datacentral), respektive *specialiserad dator;* korridordator, distribuerade datorer, dedicerade datorer (inriktade på ett fåtal

5b. Värdet av de USA-tillverkade datorerna på världsmarknaden.



Källa: *International Data Corporation EDP/Industry Report, 22 april 1977*

typer av arbetsuppgifter), kontorsdator, portabla datorer, privatdator, hemdator, processtyrnings-, datainsamlings- eller kommunikationsdatorer.

Mikrodatorernas överlägsna pris/prestanda jämfört med 1970-talets minidatorer utvidgar antalet möjliga tillämpningsområden för egna datorer. Det kommer att finnas allt fler tillämpningar som inte kräver entusiaster och missvisande kostnadsredovisning för att de skall vara lönsamma.

Antalet datacentraler och gemensamma datororganisationer kommer att öka måttligt men deras utbud av datakraft och olika typ och kvalitet av service kommer att öka kraftigt. Samtidigt kommer antalet privata, loka-

la, distribuerade och specialiserade datorer att öka exponentiellt de närmaste 10 åren.

Vad kännetecknar då de olika typerna av dator?

Generella datorer

Dessa datorer "behärskar" ett stort antal högnivåspråk och har många användarprogram och även en rikhaltig periferiutrustning. De lämpar sig för olika typer av användare, inte minst för utvecklingsprojekt. De baseras oftast på s k super-, stor- eller mididatorer med en ordlängd av 32 bitar eller mer men kommer i ökande omfattning att omfatta även mini- och mikrodatorer.

Superdatorer

Superdatorer behövs i första hand inom en ganska begränsad del tekniskt-vetenskapliga områden. Exempel på sådana vilka kräver lösningar av utomordentligt stora beräkningsuppgifter finns inom astrofysisk, molekylär biologi, oljeforskning, vissa problem inom fysik, seismologi, strukturkemi, flygteknik, mekanik och hållfasthetslära, meteorologi, energiforskning, bildbehandling, radiologi, miljöföroreningar.

Inom medicinen skulle dynamisk tredimensionell rekonstruktion (60 bilder/sek) och 1 mm upplösning kräva ungefär 2 000 miljoner instruktioner/sekund, dvs kapaciteten hos de allra största datorerna 1978. En eller flera sådana datorer skulle behövas på varje större sjukhus. Detta skulle revolutionera bl a "röntgen", radioterapi och kirurgi, i varje fall från den tekniska sidan sett.

Inom meteorologi finns behov av datorer som är mer än en miljon gånger kraftfullare än dagens största datorer.

Ett annat besläktat problem är att simulera luftföroreningar. Redan för att efterlikna, simulera, utsläppen från en fabriksskorsten sekund för sekund behövs kapacitet av storleksordningen 1 000 gånger större än dagens stordatorer.

För att bygga datorer som klarar dessa problem arbetas huvudsakligen med att utnyttja bästa tillgängliga logik och minnesteknologi och parallellbearbetning med flera processorer och samtidigt utförande av operationer i av varandra oberoende delar av samma processor.

Under de senaste 20 åren har det alltid funnits datorer som kostat 20–40 Mkr och användare som löst problem som tagit 1/2–1 timme. Det har alltid funnits användare med problem som avsevärt överstigit respektive dators kapacitet. Detta förhållande kommer att bestå i varje fall 20 år till.

I figurerna 6 och 7 visas karaktäristika för superdator under tiden 1960–1985.

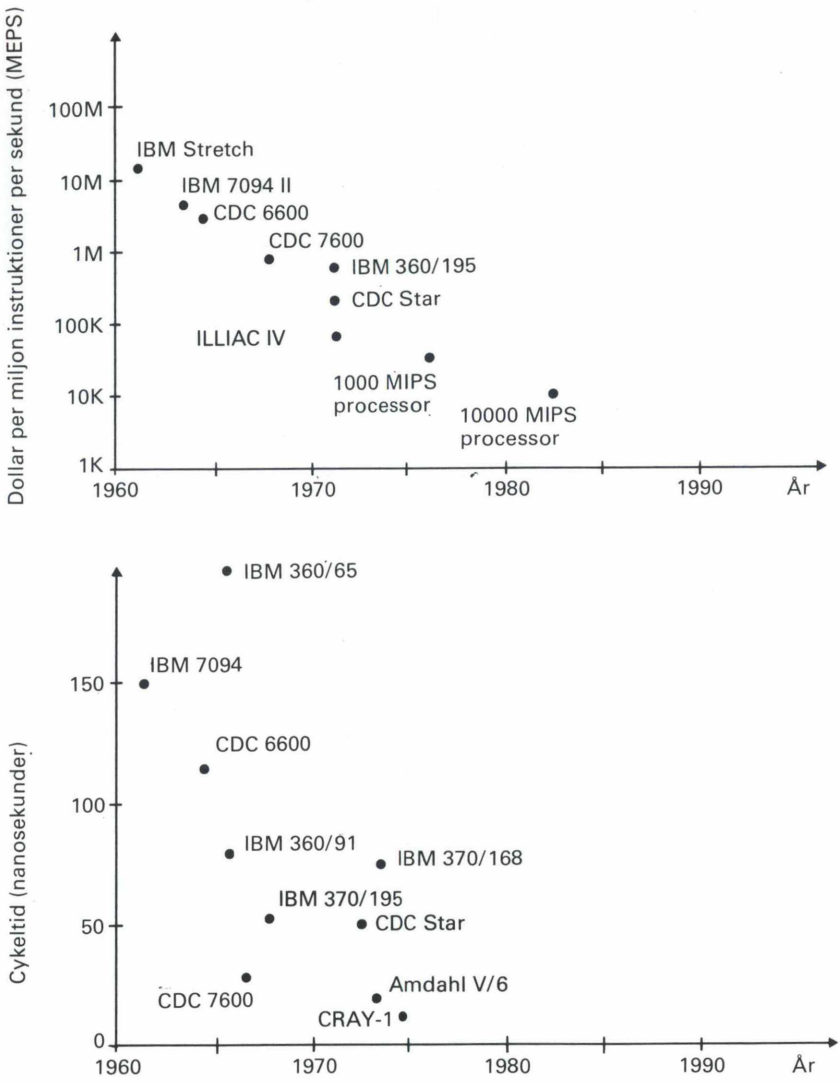
Minidatorer

När minidatorerna introducerades i större skala i slutet av 1960-talet breddades datorns användningsområde avsevärt, t ex för övervakning och styrning av industriella processer, kommunikation och lokala specialiserade uppgifter.

I dag finns mer än 300 000 minidatorer och just nu ökar de med ungefär 60 000 per år trots den explosiva utvecklingen av mikrodatorer. Framtiden erbjuder avsevärt större datakraft för oförändrad kostnad.

De flesta är skaffade för speciella tillämpningar, t ex i distribuerade system, där de har sin självklara roll. Här sker detta i ökad konkurrens med mikrodatorerna.

6 och 7. Karakteristiska för några "superdatorer" under perioden 1960–1985.

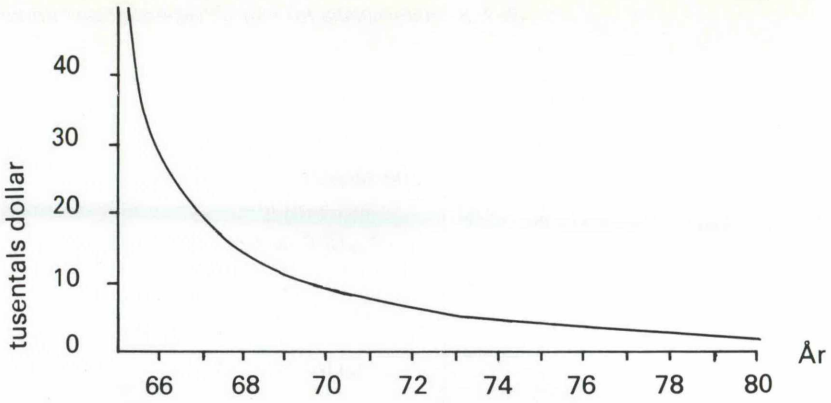


Tillverkningskostnaden för framställning av en minidator under perioden 1965–1980 framgår av figuren 8.

Distribuerade system

De prisbilliga mikro- och minidatorerna gör det möjligt att fördela datakraften dit den bäst behövs. Exempel på funktioner som är lämpade för distribuerade system är:

- distribuerad datainsamling (lokal testning och förbearbetning),
- distribuerad behandling av lokala datamängder (distribuerade databaser),
- små fristående system,
- kassaterminaler etc.



8. Enhetskostnaden för framställning av en minidator under perioden 1965–1980. Källa: The Industrial Reorganization Act. Hearings US Senate: The Computer Industry – July 1974.

Mikrodatorer

Mikrodatorrevolutionen föddes ur idén att tillverka en uppsättning LSI-brickor som skulle utgöra standardiserade programmerbara logiska element. Dessa skulle ersätta enorma mängder dyrbara logikkretsar i digitala system. Utvecklingen blev en annan. I dag finns över 100 "standard" mikrodatorer från de prisbilliga "singel-chip" TMS1000 eller Intel 8048 till "multichip" mikroprocessorer som DEC:s LSI-11.

En mikrodator kan uppfattas som en dator vilken som helst, bara mycket mindre. Den utomordentligt snabba försäljningsökningen har berott på att man för ett stort antal nya tillämpningsområden har väntat på billigare lokal datorkraft. Mikrodatorerna används som fristående datorer i likhet med många minidatorer, t ex i privata datorer. Vidare används de som komponenter i större datorkonfigurationer, där de bl a kan sköta avbrottsfunktioner.

Mikrodatorer ersätter nu i allt högre grad minidatorer i nya tillämpningar. Tillämpningsområdena för mikroprocessortekniken kommer att växa extremt. Den kommer att leda till allt mer decentraliserade system. Priserna per kapsel kommer att bero mer på produktionsvolymer än på komplexitet. De kommer troligen snart att ha bubbelminnen i stället för mekaniskt drivna enheter. En utveckling mot högnivåspråk kommer. Brickor med analoga och digitala funktioner blir allt vanligare och lämpade i processkontrollsammanhang.

Mikrodatorns användning

Vi har sett trender som ger oss:

- mer människoanpassade maskiner,
- nya typer av smarta maskiner,
- μ-datorer för automatisering av uppgifter som maskiner och människor utför,
- kommunikationssystem/nätverk som medger effektivt utnyttjande av datorn.

Hittills har vi sett mikrodatorn användas i:

- TV-spel
- klockor
- vågar
- mobila telefoner
- mikrovågugnar
- taxametrar i bl a taxibilar
- symaskiner
- bränsleinsprutning i motorer
- testmaskiner
- kassettradio
- skrivmaskiner
- kalkylatorer

Nu kommer de snart att dyka upp som/i:

- generella rit- och designmaskiner
- "kom-ihåg"-apparater
- service- och felsökningsutrustning
- spisar, ugnar, brödrostar m fl hushållsapparater
- diverse proteser
- portabla EKG och EEG övervakare för hjärt- resp hjärnpatienter
- kameror
- kontroll av luftföroreningar, luftkonditionering etc

Före år 2000 torde många av nedanstående tillämpningar av mikrodatorer vara möjliga och därmed göra dessa avsevärt mer avancerade:

- medicinska diagnosmaskiner, begränsad husläkare
- beslutsunderstöd för olika områden
- husläraren
- avancerad luftkonditionering i hemmen
- intelligent jordbruksmaskin som analyserar och bearbetar skörden
- intelligenta maskiner i fabriker
- prognosmaskiner
- glasögon och hörapparater
- hjälp för blinda att "se" och döva att "höra"
- intelligenta bilar (kollisionsvarnare, vägväljare, automatförare etc)
- förarövervakning för t ex bilar, bussar, tåg och flyg. Omöjliggöra för sjuka, berusade etc att framföra fordon.

Många datoranvändare känner att de skulle vilja ha närmare fysisk kontakt med och kontroll över datorn. Detta i kombination med en form av revolt mot de komplexa och ibland övercentraliserade systemen har lett fram till den explosionsartade ökningen av specialiserade och privata datorer.

Specialiserade datorer

Dessa är tänkta för vissa speciella tillämpningar. De behöver inte lika omfattande operativsystem, kompilatorer för högnivåspråk och programbibliotek som de generella datorerna. Ofta kommer de att kunna skötas av personal som inte behöver kunna detaljer om datorer. De baseras i allmänhet på en mini- eller mikrodator.

Exempel på sådana datorer är:

- datorer för ordbehandling och meddelandehantering,
- kontorsdatorer för enkla, administrativa rutiner,
- datorer specialiserade på vissa programmeringsspråk (BASIC, FORTRAN, APL etc),
- arrayprocessorer för parallell bearbetning av flera matematiska uppgifter.

I början på 1980-talet kommer vi bl a att få se kommersiellt tillgängliga datorer speciellt anpassade för:

- löneberäkningar,
- databastillämpningar,
- mer komplicerade programmeringsspråk, t ex LISP, PASCAL etc,
- bildbearbetning (ytmaskiner).

En fördel med specialiserade datorer är att de kan anpassas till problemet t ex vad ordlängd och konfiguration beträffar och drar inte med sig onödig utrustning.

Privat- och hemdatorn

Dessa datorer, i allmänhet uppbyggda kring en mikroprocessor, kommer huvudsakligen att försäljas via varuhus och postorder. De kommer att användas för diverse hushållsuppgifter. Nya tillämpningar kommer att växa fram. De får en stor betydelse för att avdramatisera datorer och bidrar till ökad kunskap om och erfarenhet av datorer. De karaktäriseras på prissidan av:

	1978	1985
centralenhet	$\geq$ 1 000 kr	
programvara	$\geq$ 1 000 kr	
komplett system med periferienheter	$\geq$ 5 000 kr	$\geq$ 2 000 kr

Antalet sålda system kan utveckla sig ungefär så här:

	1975	1978	1985
Antal system	10^0	$> 10^5$	$\geq 10^6$
varav i Sverige	0	$> 10^4$	$\geq 10^5$
Tillverkare	1	$> 10^2$	$> 10^3$

Datornät och datakommunikation

Med datakommunikation menas information i sifferform som överförs från en punkt till en annan med hjälp av telenätet (i vid bemärkelse).

Den nya rörelsen för distribuerade system, att flytta datorkapacitet närmare användaren, har ökat vikten av terminaldatorer och dator-dator kommunikation. Många uppgifter, kontrollfunktioner etc kan skötas antingen vid en central dator eller i användarens dator eller på vägen i det datorstödda kommunikationsnätet. Bl a detta kommer att leda till att vi delvis får en sammanslagning av dator- och telekommunikationstjänster. Datorleverantörer erbjuder datornätstjänster, t ex via en egen satellit medan televerk och motsvarande kommer att erbjuda vissa datortjänster via sina digitala datornät.

En kommunikationstillämpning som blir allt viktigare är att användare vill utnyttja avlägset belägna databaser som underhålls vid ett fåtal datorer i världen. Decentraliserade system kräver ofta också avsevärd kommunikation för att uppdatera centrala sekundärminnen eller komma åt avancerad periferiutrustning. Därutöver bidrar det faktum att programvara blir allt dyrare och det blir allt vanligare att viss sådan endast finns tillgänglig vid några datacentraler eller specialiserade datorer.

Användarna önskar enkel, säker, standardiserad kommunikation. I sådana fall behövs avancerade datornät. Datorkommunikationsforskning syftar till att göra sådant utbyte mellan terminaler och datorer möjligt på ett för användaren enkelt sätt. Det är i väldigt stor utsträckning en fråga om standardisering.

Trots att tekniken med distribuerade datorer medför att den lokalt utförda databehandlingen tar en allt större del av den totala ökningen, så växer även databehandlingen vid datacentralerna. Kommunikationsbehovet kommer att öka drastiskt mellan olika typer av datorer och terminaler. Genom att utnyttja datakommunikation kan en effektivare användning av befintlig datorutrustning, programvaror, personal m m uppnås.

Kostnaden för datakommunikation har ungefär halverats från 1960 till 1975 och väntas halveras ytterligare en gång till 1985. Nya tekniker – fiberoptik, satellitöverföring m m – beräknas medge avsevärda taxesänkningar samt nya typer av tjänster under senare delen av 1980-talet. Detta illustreras i figurerna 9 och 10.

För själva överföringen kommer lokala bredbandiga förbindelser, kablar, kabel-TV, radio, satellit, mikrovåg, laser och optiska fibrer att användas.

När de nya satelliterna, speciellt ägnade åt överföring av data mellan datorer samt mellan terminaler och datorer, sänds upp i början av 1980-talet, inleds en ny epok i användningen av datorer. Med nya avancerade markstationer, med fiberoptik eller nätverk av koaxialkabeltyp kan vi förvänta oss enorma framsteg i kommunikationen, priserna bör kunna gå ned avsevärt medan överföringshastigheterna ökar kraftigt.

Lasern

Alltsedan lasern uppfanns i början av 1960-talet har man insett den framtida stora betydelsen för datatransmission via optiska informationsbärare. Man har successivt utvecklat sändare, modulatorer och detektorer, men det lämpliga transmissionsmediet har saknats. Tidigare dämpningar har mätts i 1000-tals dB/km men med de optiska fibrerna har man under 1970-talet kommit ned i under 1 dB/km.

I fiberoptiska transmissionssystem sänds lasersignaler genom en hårstråstunn glasfiberkabel. Fördelar med fiberoptik är:

- hög bandvidd och små förluster vid signalernas fortplantning,
- liten storlek och vikt,
- låga materialkostnader,
- eliminering av elektromagnetisk växelverkan,
- låg överhöring,
- mindre risk för överslag och gnistbildning.

Den ekonomiska satsningen i gammal utrustning verkar dock bromsande på utvecklingen. Konventionella telenät har en avskrivningsperiod på flera 10-tal år.

Programutveckling

Den mest kostsamma delen av ett projekt är allt oftare programmeringen. Även om olika metoder utvecklats för att effektivisera programutvecklingen – såsom arbetsmetodik, dokumentationsstandard, program som underlättar programmeringen – kommer programvarudelens andel av kostnaderna att öka.

För framställning, försäljning och underhåll av programvara har speciella programvaruhus vuxit fram. Detta har hittills varit huvudsakligen nationella angelägenheter. Här kan vi räkna med en kraftigt ökande internationalisering.

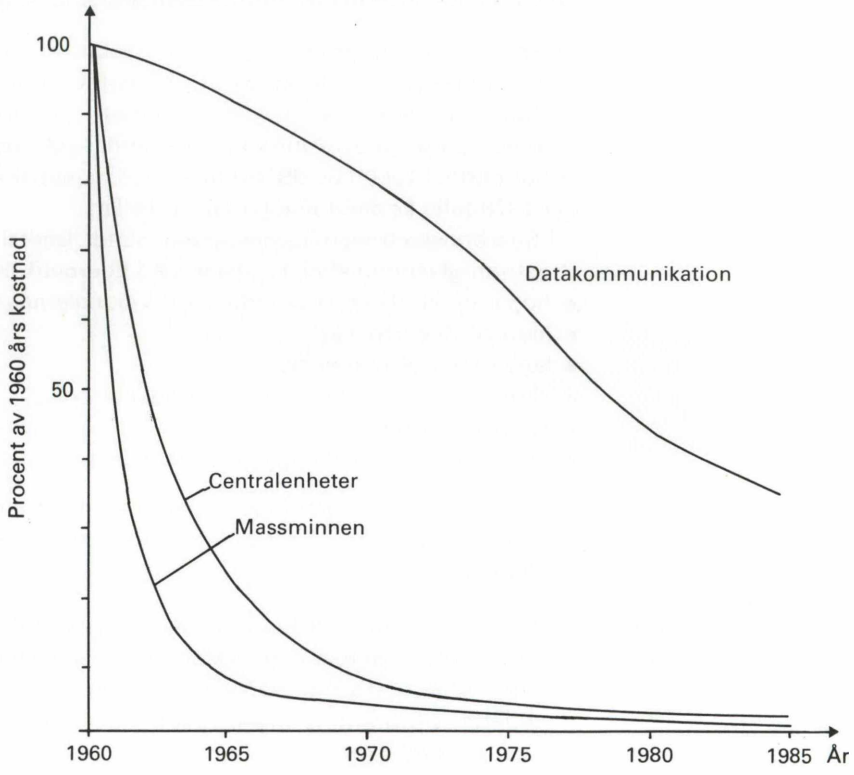
Avancerad programmerarutbildning, speciellt vidareutbildning, är i likhet med övrig utbildning inom datorområdet kraftigt dominerad av datorleverantörerna och internationella kursvaruhus.

Under 1950- och 1960-talen ansåg man programmering vara en konst och ingen vetenskap. Först mot slutet av 60-talet stod det helt klart att krafttag måste tas för att hitta metoder till mer disciplinerad teknik för programutveckling.

Under de senaste 10 åren har mycken teoretisk kunskap kommit fram om hur man borde bygga system, hur kompilatorer borde vara uppbyggda etc. Antalet nya idéer verkar avta något – alltför många gamla idéer är oprövade eller dåligt utvärderade.

Det finns endast lite hopp om att den enorma mångdubbleringen av arbete – olika företag tar fram liknande programvaror – kommer att upphöra. En ljusning kan kanske ses mot slutet av 1980-talet att program som ovan nämnts kan köpas i form av massproducerad ev standardiserad

9. Pris- och prestandautveckling för datorer och datakommunikation under perioden 1968–1985, enligt SIND 1978:1.



firmware, dvs i form av förprogrammerade minnesenheter, som pluggas in i befintlig dator.

Databas-system

De samlade datavolymerna ökar kraftigt både lokalt och centralt. Distribuerad databehandling och samtidigt större centrering kring stora gemensamma databaser medför en tyngdpunktsförskjutning från den tidigare centralenhetscentrerade synen till att en centralenhet alltmer får karaktären av periferienhet i det totala dator-, data- och periferienhetsnätet.

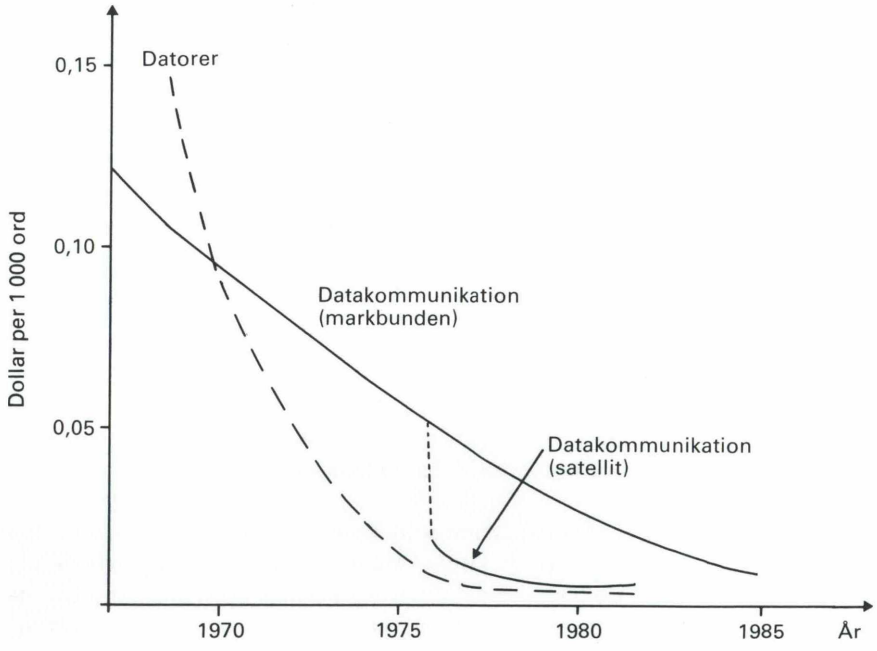
Databassystem kommer att förbättras främst inom områdena:

- användbarhet (enkla kommandon skall tillåta komplexa frågor, databasers underliggande struktur skall vara transparent för användaren),
- integritet (säkerhet och sekretess kräver speciell hårdvara och förbättrad databas-semantik, situationen kompliceras av datanät, databasmaskiner och parallellprocessorer) och
- effektivitet (användaren kräver minimala svarstider, bl a krävs förbättrad parallellbearbetning, effektivare bearbetning av frågorna).

Kostnaderna

De kostnadsbegränsningar som tvingade fram användning av centraliserade generella datorinstallationer håller på att luckras upp. Detta medför

10. Prisutvecklingen för datakommunikation, centralenheter och massminen relativt kostnadsläget år 1960 enligt SIND 1978:1.



att allt fler kommer att köpa egen hårdvara. För många kan det dock bli en chockartad upplevelse att finna att programvara och drift kan komma att kosta flera gånger mer än vad hårdvaran kostade.

Andra, speciellt sådana som satsar på specialiserade lösningar, med därpå följande enkelt program- och systemunderhåll, drar stor nytta av utvecklingen. Generellt kan man säga att förändringen i relativ kostnad mellan datorkomponenter kommer att medge större flexibilitet.

När man läser tekniska prognoser får man lätt intrycket att i framtiden kommer vi att kunna köpa oändlig kapacitet till nästan ingen kostnad. Självfallet blir det inte så. Det är den automatiserade massproduktionen av komponenter som möjliggjort den dramatiska kostnadssänkningen för minnen och logik. En förutsättning för att prognoserna skall kunna uppfyllas är att leverantörerna finner nya, snabbt växande marknader. Det kommer alltså att vara till stort gagn för mer seriösa tillämpningar att enormt överkvalificerade mikroprocessorer säljes till olika typer av spel och mer nöjesbetonade användningar.

Enligt olika undersökningar fördubblas de medel som satsas på datorer vart 5:e år från 1970 till 1990, medan den tillgängliga datorkraften ökar avsevärt fortare p g a förbättringar i prestanda/pris.

I USA räknar man med att:

- den totala kostnaden för användningen kommer att öka från ungefär 2,1 % av BNP (1970), 8,3 % 1985 till 13 % 1990,
- vid den tidpunkten krävs att var femte person har kunskaper om databehandling och 6 av 10 är beroende av databehandling,
- mer än 90 % av de totala databehandlingskostnaderna kommer att kunna hänföras till personalkostnader.

När når tekniken oss?

Hur fort kommer de teknologiska nyheterna till användarna? Olika krafter verkar här i motsatt riktning. Produktion och försäljning ligger alltid flera år efter att prototyper testats i laboratorierna.

För att få lönsamhet på de gamla investeringarna måste förutsett antal säljas av de gamla "modellerna". Stordatorleverantörerna, som samtidigt är minidatorleverantörer, har, förutom eget ekonomiskt intresse, ansvar för kontinuitet för sina kunders stora installationer. Av priset för stordatorer är mindre än 1/3 tillverkningskostnad, resten satsas på forskning, kontinuitet, försäljning, vinst m m. För en mikrodator är ca 4/5 tillverkningskostnader.

Giganten på datormarknaden, IBM, torde ha avsevärt bättre datormodeller framtagna i sina laboratorier. Introduktionen på marknaden och prissättningen beror på dels utnyttjad teknik, konkurrenternas position samt inverkan på IBM:s äldre produkter. Av IBM:s totala intäkter 1976 om 16,5 miljarder dollar användes 1 miljard dollar till forskning och utveckling, FoU (dvs mer än Sveriges hela industris satsning på FoU) och 2,4 miljarder dollar utdelades som vinst.

Framtiden

Den snabba introduktionen av mikrodatorer kommer att medföra ett kraftigt ökat behov av utbildning både av allmänheten och av alla typer av servicepersoner och reparatörer som arbetar inom den industri som berörs av mikrodator, dvs bl a all elektronik- och mekanisk industri.

De framtida datakraftförbrukarna kommer att ha ett fantastiskt utbud att välja mellan. De flesta hem antas ha ett 10-tal mikrodatorer inbyggda i konsumentelektronik redan i början av 1980-talet. En växande skara har egna mer generella hemdatorer huvudsakligen som hobbyverksamhet. I mitten av 1980-talet torde man kunna ansluta sin hem-TV till olika databaser och datorer via tele- och datanätet.

I Sverige utreds nu möjligheter att införa datavision med bl a viewdata och teletextsystem enligt engelsk förebild. Institutioner och små företag kan därutöver välja mellan egna små eller medelstora datorlösningar som komplement till fjärranslutning till datacentraler. Kanske kommer televerken att bygga upp "datakraftverk"? Finns kanske sådana uppbyggda med Josepsonteknik i satelliter (löser kylningsproblemet) år 1995?

Samhällsrollen

Databranschen växer. Det betyder inte att vi bara har att skära och äta. Kraven ökar. Detta gäller både effektivitet och kostnadsmedvetande. Det är vår uppgift att leva upp till dessa krav. En svår men stimulerande uppgift. Vi måste alla känna ansvar för vår bit i det hela.

Det är mycket svårt att genomskåda allt vad detta kan medföra. Dels kan vi utföra nuvarande tillämpningar bättre och billigare. Dessutom kan vi lösa ständigt nya problem såväl inom beräknings- och databehandlings- (ADB-) som inom mer kommunikationsorienterade tillämpningar.

De möjligheter den nya mikrodatortekniken erbjuder kommer att kraftigt påverka samhället genom att förbättra prestanda hos olika typer av hemelektronik och därigenom ur en snäv och kortsiktig synvinkel förbättra (?) livskvalitén hos medborgarna. Ekonomiska och sociala konsekvenser är dock mycket svåra att överblicka och är en mycket angelägen uppgift för våra forskare att utreda och politiker att besluta om.

Kommer datoranvändningen i största allmänhet att regleras genom politiska beslut? Hur skall man få använda Data-TV (Viewdata, Datavision, Teletext)? Här finns intressanta aspekter på yttrande- och tryckfrihet! Vilka sociala effekter är att vänta?

Kommer användarna att få större inflytande på datorleverantörerna?

Inflytandet på konsumenten av all "smart" hemelektronik som utvecklas blir kanske inte så enormt som det kan bli i mer produktionsorienterade fall, t ex den intelligenta jordbruksmaskinen som analyserar jorden samtidigt som den förbereder och sår. Ett annat exempel är hjärtpatienter som varnas av sin i en tandplomb inbakade mikrodator om en tilltagande EKG-förändring (detta senare exempel är ännu science fiction).

Sysselsättnings-aspekter

Datortekniken torde kunna få avsevärda konsekvenser i början av 1990-talet. Vad händer med dagstidningarna när "Viewdata"- och "Teletext"-system kommer i allmänt bruk?

Vad händer med SJ och Linjeflyg när telemötessystem i stor utsträckning ersätter resor till sammanträden etc.

Vad händer med postverket, brevbärare och postpersonal när en stor del av meddelanden av affärstyp, men även privata sändes via "elektronisk post"? Telefonister kommer delvis att ersättas av "talande datorer".

Problemen

Den nya teknikens möjligheter kan leda till en mängd nya problem av social och sociologisk natur. Vilken utbildning krävs av framtida medborgare, politiker och specialister?

Hur skall vi använda tekniken bäst och effektivast? Är det samma sak? Vilka arbetsmarknadspolitiska konsekvenser förutses? Decentralisering – centralisering? Blir det billigare att flytta information än människor? Integritetsproblem, blir de mer komplicerade att lösa? Vem skall få tillgång till vilken information?

Blir samhället helt beroende av datorerna? Kan datorer utnyttjas för att minska samhällets sårbarhet? Bidrar datorn till att öka eller minska klyftan mellan socialgrupper, olika begåvade etc? Datorn som

- tankeförstärkare – råräknare – tenderar att öka klyftan – men samhället kanske tjänar på det?
- informationsspridaren – minskar klyftan
- undervisaren – minskar klyftan

Rätt använd kan alltså tekniken bli till stort gagn.

Helt säkert kommer framstegen att leda till förändringar av vår livsstil. Denna dator- och informationsexplosion kan leda till en intellektuell och organisatorisk revolution med konsekvenser som är jämförbara med de som den industriella revolutionen medförde. Lika säkert är att samtidigt som teknologin ändras, ändras samhällets ekonomi, politiken och psykologin. Det blir ännu viktigare att dessa utvecklas i balans med varandra i framtiden.

Att läsa mer

Dolotta, T. A. et al: *Data Processing in 1980–1985.* A Study of Potential Limitations to Progress. John Wiley, 1976.

Datormarknaden inför 1980-talet, Utredning från Statens Industriverk, SIND 1978:1.

Minis Versus Mainframes, Infotech State of the Art Report, Maidenhead, 1978.

Future System, Infotech State of the Art Report, Maidenhead, 1977.

Information Processing in the United States. A Quantitative Summary. (Eds Nyborg et al) AFIPS PRESS, 1977.

Datateknik, Miljöstudie 1980–85, Utredningspromemoria nr 1 till Data och näringspolitik, SOU 1974:10.

Computing in the 1980's. Computer, Sept 1978, vol 11, No 9.

Därtill finns ett antal utredningar från bl a

Quantum Science Corporation
International Data Corporation (IDC)
Arthur D. Little Inc.
Auerbach Associates Inc.

vilka redovisats i diverse tidskriftsartiklar. Sifferuppgifter från dessa har utnyttjats i artikeln.