

RC 4000

– en dansk trediegenerations datamaskine



Afdelingschef,
civilingeniør
H. Iankson,
A/S Regne-
centralen.

En moderne datamaskine af den såkaldte tredje generation er karakteristisk ved en række programmeringsmæssige og tekniske egenskaber. De avancerede multiprogrammerings-systemer, hvor flere programmer afvikles i samkørsel med tidsopdelt brug af centralenheden, stiller en række specifikke krav til såvel maskine som til programmer. Et stigende antal af opgaverne afvikles i tidstro kørsel, hvilket betyder, at værdien af et resultat set fra brugerens synspunkt falder drastisk, når en vis tidsgrænse bliver overskredet. Dette hænger nøje sammen med de mange nye anvendelsesområder for datamaskinerne som f. eks. produktionsstyring, vejrforudsigelser og programmeret undervisning. De konkrete, nye egenskaber, som udmærker en trediegenerations datamaskine fremfor de ældre typer, vil blive omtalt i det følgende. Parallelt hermed beskrives RC4000's specifikke egenskaber.

Beskyttelsessystemet

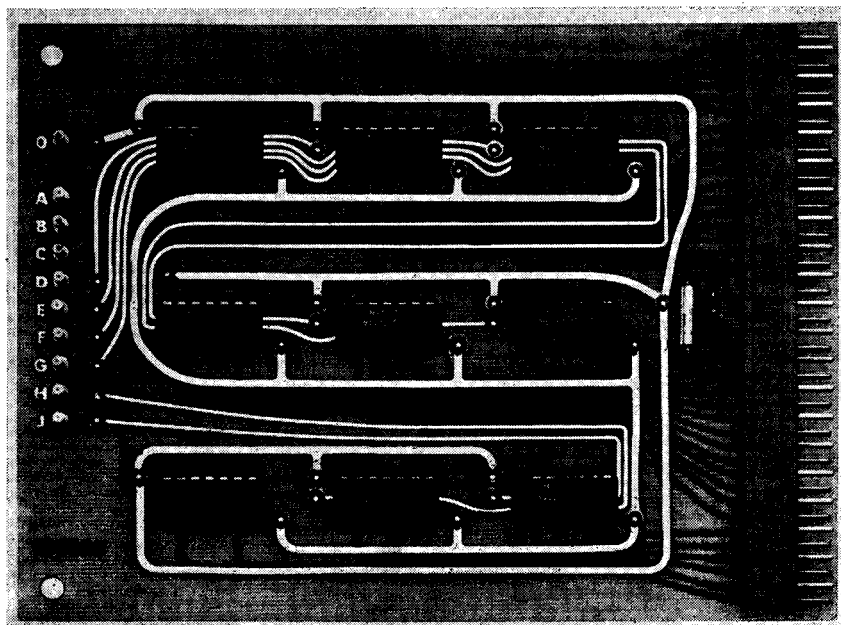
Når flere programmer samtidig er anbragt i en maskines arbejdslager, og styreprogrammet efter en fast strategi skiftevis tildeler de aktive programmer køretid på centralenheden, må der nødvendigvis ydes brugerne garanti for, at programmerne er ind-

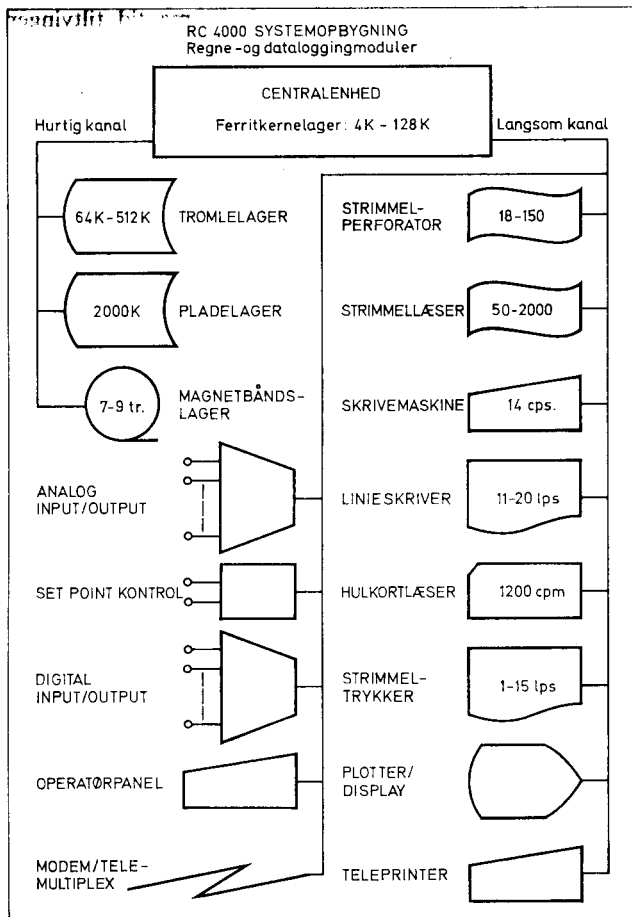
byrdes beskyttede. Et fejlbehæftet program vil, hvis ikke der er truffet særlige forholdsregler, kunne ødelægge store dele af de data og programmer, som findes lagret i maskinen. Beskyttelse kan ske på to principielt forskellige måder. Den rent programmerede beskyttelse, der udføres alene v. hj. a. det overordnede styreprogram, vil forhindre programmerne i gensidige overgreb ved en stadig kontrol. Denne beskyttelsesform kan være ret tidsrøvende. Et maskinorienteret beskyttelsessystem er udstyret med en logisk enhed, som automatisk kan udføre visse af kontrolfunktionerne i bedste fald uden at programafviklingen forsinkes af det. RC4000's beskyttelsessystem hører til sidstnævnte type. Hvert ord i ferritlageret indeholder 3 bits, udover de 24 databits, til angivelse af én ud af 8 mulige koder. Når et program forsøger at ændre indholdet i en lagercelle, vil det overordnede styreprogram automatisk blive alarmeret, dersom programmets »nøgle« ikke passer til »kodelåsen«. En række funktioner, specielt styringen af de ydre enheder, udføres v. hj. a. de såkaldte privilegerede ordrer. På denne måde sikres enhver ydre enhed imod, at flere

programmer på samme tid tiltvinger sig adgang til den. Al brug af ydre enheder kan således kun foregå via styreprogrammet.

Afbrydeenheden

Styreprogrammets strategi for, hvornår der skal skiftes fra det i øjeblikket kørende program til et af de øvrige ventende programmer, er ofte baseret på en form for prioritetsfølge. Her indtager de ydre enheder gerne en fremtrædende rolle, da disse i mange tilfælde udgør flaskehalsen for opgavens afvikling. Når centralenheden har sat en ydre enhed i gang med en operation, f. eks. trykningen af et tegn på skrivemaskinen, sørger styreprogrammet for, at der skiftes over til et andet program, som udnytter centralenheden, medens trykningen foregår. Hvis skrivemaskinen har en maksimal skrivehastighed på 15 tegn/sek., svarende til ca. 60 millisek./tegn, og centralenhedens arbejdhastighed er f. eks. 3–10 mikrosek./operation, betyder det, at der kan udføres omkring 10.000 maskinoperationer under trykningen. Hvis der i hele trykketiden er brug for centralenheden til andre opgaver, vil den derfor ikke stå og vente, når skrivemaskinen endelig er færdig. På den anden side er udskrivningen måske en flaskehals i beregningen, hvorfor strategien kræver, at der igangsættes en ny trykkeoperation så hurtigt som muligt. I denne situation har skrivemaskinens udskrivningsprogram høj prioritet. Man vil derfor tildele skrivemaskinen en indgang til afbrydeenheden, som gør det muligt for skrivemaskinens klarsignal at afbryde det kørende program med kort varsel (ca. 10 mikrosek.). Styreprogrammet vil derefter på ny tildele udskrivningsprogrammet køretid,





hvorefter endnu en trykning igangsættes.

RC4000 har 24 afbrydeindgange (nivauer), som programmeringsmæssigt kan prioriteres indbyrdes v.h.j.a. et RC4000 har 24 afbrydeindgange (niveauer), som programmeringsmæssigt kan prioriteres indbyrdes v. h. j. a. et såkaldt maskeregister på 24 bits. En mulig strategi vil således være, at program C initieret af sit afbrydesignal har mulighed for at afbryde program D, medens det omvendte ikke er muligt. D må altså vente til program C er helt færdigudført.

Datakanaler med tidsopdeling

Overføringen af data mellem de ydre enheder og centralenheden sker via datakanalerne. Multiprogrammeringsanlæg vil ofte have et stort antal ydre enheder direkte tilsluttet. Da mange databehandlingsopgaver ikke belaster centralenheden 100 procent p. gr. a. de relativt langsomme ydre enheder, kan man således ydre enheder, kan man således med fordel køre flere programmer tidsopdelt, forudsat de ydre enheder kan køre simultant. Styreprogrammets strategi vil

da gå ud på at holde alle de ydre enheder fuldt beskæftiget hele tiden. Da der altid er flere ydre enheder, end der er kanaler, må enhver enhed kun beslaglægge kanalen i et kort tidsinterval, nemlig ved en dataoverførsel eller ved igangsætning af en operation. En ydre enhed vil derfor altid have sin egen styreenhed, som kan fuldføre en igangsæt operation, og sit eget lager (buffer-register), som kan opbevare et dataord.

RC4000 har to kanaler: En langsom og en hurtig. Den langsomme er beregnet for tilslutning af langsomme, karakterorienterede enheder, d. v. s. strimmellæser og -perforator, skrivemaskine, hulkortlæser, m. m. Dataoverføringen foregår i enkeltord (karakterer) på op til 24 bits mellem enhedens bufferregister og et af flip-flop registre (et arbejdsregister) i centralenheden.

Den hurtige datakanal er orienteret mod hurtige enheder, som naturligt arbejder med blokke bestående af et antal ord á 24 bits. Som eksempler kan nævnes magnetbånd, -tromle og -pladelager. Dataoverføringen foregår

direkte mellem ferritlageret og ydre enheds-bufferregister, idet programmet starter overføringen af en hel blok. Ferritlageret og datakanalen er optaget i ca. 2 mikrosek. ved overføringen af de enkelte ord og kan indimellem betjene andre enheder. Den driftsform kaldes cycle-stealing. Kanalens kapacitet begrænses af ferritlagerets cyklostid og er på 500.000 ord/sek.

Logisk såvel som elektrisk er alle tilslutningerne standardiserede, idet alle enheder på en kanal er forbundet med standardkabelstik.

Programkontrol af ydre enheder

For at det skal være praktisk gennemførligt at køre et samkørselssystem med mange direkte tilsluttede ydre enheder, må det kræves, at hele systemet ikke bryder ned, fordi en enkelt enhed går i stykker. Betydningen heraf understreges ved, at en stigende andel af de optrædende fejl forekommer på elektromekaniske dele i de ydre enheder. Desuden kræves det, at enhver fejl indikeres og kan afføles via styreprogrammet. Strategien er da, at enhver forudsigelig fejlsituation imødegås med en planlagt manøvre. F. eks. bør en triviel fejl, som at perforatoren er løbet tør for papirstrimmel, medføre, at operatøren får en melding på skrivemaskinen.

De ydre enheder til RC4000 er forsynet med en række fejlregistrerende anordninger for de hyppigst forekommende fejltyper. Desuden findes generelle typer af overvågninger, som f. eks. spændingsovervågning, paritetskontrol og tidskontrol (hvis en enhed ikke afslutter en operation indenfor en fastsat, maksimal tidsgrænse, gives der alarm). Enhver enhed kan desuden v. h. j. a. en omskifter sættes i en såkaldt lokal-tilstand, hvilket medfører, at styreprogrammet registrerer, at enheden er optaget og afventer dens tilbagevenden til normal-tilstanden. Denne facilitet benyttes f. eks. under isætning af papir i en skrivemaskine. Man kan således undgå at miste data uden, at det opdages.

Ydre enheder

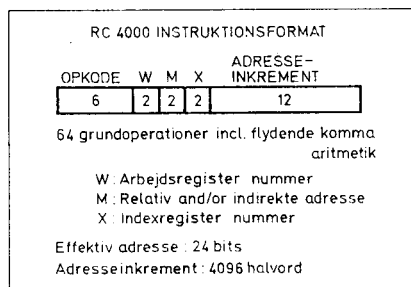
Et stort udvalg af ydre enheder er en væsentlig egenskab ved en datamaskine såsnart, der er tale om bare en middelstor maskine. Specielt må

man med den stigende anvendelse af samkørselsteknikken forvente, at en lang række forskelligartede opgaver, som tidligere blev løst v. hj. a. specialudstyr, nu kan løses af en central datamaskine. Herved øges naturligvis kravet om udbygningsmuligheder med ydre enheder. Til eksempel kan registrering af analoge og digitale måleværdier fra et forsøg eller fra en permanent proces bygges ind i et generelt samkørselssystem, uden at anlægget belastes mærkbart.

RC4000-systemets ydre enheder kan naturligt grupperes i følgende kategorier: Enheder for operatørkommunikation (skrivemaskine, strimmelrykker, kurvetegner, dataskærm og operatørpanel), enheder for ind- og udlæsning af store datamængder (strimmellæser og -perforator, hurtig linieskriver, magnetbånd og hulkortlæser), baggrundslagre (magnetromle og -pladelager), processtilslutningsudstyr (ind- og udgange for analoge og digitale spændingssignaler), samt data-transmissionsudstyr (fjernskriver, modem og telemultiplex).

Et standard RC4000-system vil være udstyret med: en RC2000 strimmellæser, som optisk kan aflæse 2000 karakterer/sek., en Facit perforator med en hastighed af 150 kar/sek. og en IBM kuglehoved-skrivemaskine med hastigheden 14 kar/sek. og med det internationale ISO alfabet.

Baggrundslageret kan enten være en tromle med minimum kapaciteten 128K udbygbar i moduler à 64K op til 512K ord à 24 bits, eller et pladelager på 2M ord, eller evt. begge dele. Tromlen, der er relativt dyrere pr. ord, udmærker sig ved sin korte tilgangstid (max. 20 millisek.), medens pladelageret (max. 100 millisek. tilgangstid) kan byde på større kapacitet. Det er muligt at tilslutte flere tromler eller pladelagre, ligesom disse frit kan kombineres. Programmeringsmæssigt behandles de ens, idet de har samme bloklængde. Både tromlen og pladelageret er udstyret med svævende (luftpudebårne) læse/skrivehoveder. Resultatet er en høj driftssikkerhed indenfor et stort temperaturinterval. Tromlen har en ekstrem høj pålidelighed, dels fordi lejer og tromle er hermetisk kapslede i en beskyttelsesatmosfære (helium), og dels fordi tromlens lejer er de eneste mekaniske



dele, som er udsat for slid. Pladelagerets plader er udskiftelige.

RC4000's Centralenhed

En datamaskines logiske struktur har stor betydning for programmeringen på maskinkodeniveau. Mange brugere vil imidlertid kode deres programmer i et af de højere sprog, som f. eks. Algol, dersom maskinen er forsynet med et egnet oversætterprogram. I denne situation har den logiske struktur størst interesse for de programmører, som skal fremstille de såkaldte systemprogrammer, d. v. s. oversættere, overordnede styreprogrammer, forskellige hjælpeprogrammer, standardprocedurer for numeriske beregninger, o. s. v. Disse programmer fremstilles normalt af fabrikanten. Der er dog ofte anvendelser, hvor brugeren vil maskinkode sin maskine, og han vil da naturligvis interessere sig for dens logiske egenskaber. RC4000's logiske struktur skal derfor refereres ganske kort, idet der i øvrigt henvises til Litt. 1.

Data formater. Grundoperanden er på 24 bits, hvilket er tilstrækkeligt for mange anvendelser. Desuden findes mulighed for direkte adressering af og beregning på 12 bits halvord (bytes). En fuldt udbygget RC4000 vil endelig være i stand til at behandle 48 bits dobbeltord med henblik på anvendelsesområderne teknisk videnskabelige beregninger og administrativ databehandling. Regning med flydende komma udføres med 36-bits mantisse og 12-bits eksponent.

Registerstruktur. I modsætning til de traditionelle 2. generations maskiner som f. eks. GIER har RC4000 mere end et akkumulatorregister. De 4 arbejdsregistre på hver 24 bits er direkte adresserbare som de 4 første helord i arbejdslageret, men er teknisk set udformet som hurtige flip-flop registre. Desuden fungerer 3 af disse

som indexregistre i forbindelse med adresseberegningen. Denne struktur muliggør en meget effektiv programmering, idet en mængde transportoperationer kan undgås.

Adresseberegningen. Instruktionsformatet tillader tre former for adressemodifikationer: relative, indirekte og indexadressering. Med disse 3 modifikationer kan der genereres en effektiv maskinkode, som tillader at standardprogrammer kan placeres frit i arbejdslageret.

Den endelige adresse på en operand er på 24 bits. Herved er der givet en rigelig ramme for udbygning af ferritlageret. Den teoretiske grænse for lagerets størrelse er således 8M ord. I praksis kan ferritlageret udbygges til 64K indenfor det normale centralenhedskabinet. Yderligere udvidelser vil ske i et ekstra kabinet.

Instruktionsformatet. En RC4000-instruktion fylder et ord på 24 bits. Af disse udgør operationskode 6 bits, modifikationsdelen 6 bits, og adresse-delen 12 bits. De 2 bits af modifikationsdelen angiver indexregisteret, andre 2 angiver et ud af 4 arbejdsregistre, medens de sidste 2 bits angiver h. h. v. indirekte og relativ adresse.

Instruktionslisten omfatter således 64 grundoperationer. De aritmetiske operationer omfatter regning med operander på 12, 24 eller 48 bits. Addition, subtraktion, multiplikation og division findes i både fast- og flydendekomma regning. Endelig kan følgende detaljer fra instruktionsreper-toiret nævnes: register-til-register instruktioner, manipulation af 12-bits bytes for effektiv lagring af små heltal og håndtering af karakterstreng, instruktioner for ordsammenligning, samt sætning og afføling af enkeltbits.

RC4000's programmel

Ovenfor er det blevet fremhævet, at brugerens situation er præget af en udvikling henimod samkørsel af tidstro opgaver. Samtidig øges behovet for velegnede, højere sprog. RC4000 er udstyret med en avanceret *Algoloversætter* bygget op omkring den internationalt vedtagne Algol 60-rapport. Dette oprindelige Algol-sprog er ikke udstyret med faciliteter for behandling af ydre enheder. På denne baggrund er RC4000's Algol-sprog, Algol 5, interessant derved, at det er

udstyret med et effektivt redskab for en simpel og ensartet håndtering af de ydre enheder. Det muliggør en blokvis overføring af information uden derfor at medføre en ineffektiv udnyttelse af lagerpladsen og uden risiko for at igangværende datatransporter er skjult for programmet. Zone-begrebet er en effektiv løsning på problemet parallelle processer. En anden væsentlig egenskab ved Algol 5 er, at ingen del af maskinen er skjult for oversættelsen. Herved er det blevet muligt at skrive Algol-programmer til tidstro kørsel.

RC4000 vil i øvrigt blive forsynet med oversættere for *Fortran IV* og for det symbolske *maskinkodesprog Slang*.

Programbiblioteket vil dernæst omfatte forskellige *hjælpeprogrammer* samt et bibliotek af *standardprocedurer for numeriske beregninger*. Algol 5 åbner bekvemme muligheder for at indpasse disse og/eller andre programmer som standardprocedurer i Algol-sproget.

Det overordnede styreprogram, *Monitor II*, er den ramme indenfor hvilken programafviklingen normalt vil foregå. Monitor II indeholder faciliteter for kommunikation mellem og synkronisering af programmer i samkørsel. Strukturen omfatter »batch-processing« som et undertilfælde. Den indbyrdes styring af flere programmer og deres kommunikation f. eks. med baggrundslageret, kan desuden opbygges hierarkisk i et familietræ. (Data-maskinens forskellige driftsformer findes beskrevet i Litt. 2).

Administrative databehandlingsopgaver kræver, foruden den ovenfor beskrevne flexible håndtering af ydre enheder, en række specielle programmer. Som eksempel kan nævnes standardprogrammer for fletning og sortering af data på f. eks. magnetbånd.

Til slut omtales de specielle programmer, som udvikles til det ret nye anvendelsesområde procesovervågning og -regulering. Den første udgave af RC4000 anvendes i øvrigt til en procesovervågningsopgave. En stor kemisk fabrik overvåges ved, at maskinen affører ca. 700 måleværdier fra fabrikken. Disse korrigeres og omregnes til naturlige måleenheder, hvorefter der udskrives lograppporter, udføres alarmovervågning, foretages effektiv-

tetsberegninger, osv. Ind imellem kan operatøren kommunikere med anlægget. I alt omfatter samkørselssystemet 9 uafhængige programmer. Til opgaver af denne art må benyttes såvel standardprogrammer som specialprogrammer, der udarbejdes i et samarbejde mellem brugeren og datamaskinleverandøren. (Se i øvrigt litt 3 og 4).

RC4000's teknologi

RC4000 er opbygget af integrerede kredse og siliciumkomponenter. Man har herved opnået en væsentlig forbedret driftssikkerhed og en højere driftshastighed indenfor et udvidet temperaturinterval. Samtidig er opbygningen gennemført modular, således at reparationer kan udføres sikrere og hurtigere end tilfældet var med en 2. generations maskine.

Kredsløbsteknikken er domineret af den benyttede type af integrerede kredse. RC4000 er hovedsagelig opbygget af monolitiske integrerede kredse af typen Transistor-Transistor-Logik (TTL), svarende til Serie 74 fra Texas Instruments. Støjmarginale er typisk 1V; kredsløbsdelay typisk 13 nanosek. pr. logisk niveau; fan-out 10 for normale kredsløb; udgangsimpedansen er ret lav ved begge logiske niveauer; der bruges kun én forsyningsspænding på 5V; det tilladte temperaturinterval er 0 til 70°C; effektforbruget er typisk 10 mW pr. logikelement.

TTL-serien omfatter en lang række forskellige kredsløb af hvilke følgende blev udvalgt: NAND-elementer med 2, 4 og 8 indgange, effekt drivtrin med fan-out på 30, JK- og D-registerelementer, 4-bits additionslogik, 8-bits skifteregister, monostabil multivibrator og en operationsforstærker for kabeltransmission, ialt omkring 10 forskellige kredsløbstyper. Antallet er tilstræbt så lille som praktisk muligt for at lette produktion og vedligehold-

delse. Kredsene er indkapslede i plastikhuse af dual-in-line typen.

Logikmodulserien omfatter ca. 65 forskellige typer kredsløbskort. Opdelingen af logikken på enkeltkort er foretaget under hensyntagen til en række forskellige forhold. Først og fremmest tilstræbes et lille antal korttyper for at minimere omkostningerne ved anskaffelse af et komplet sæt reservekort. Antallet må dog ikke blive så lille, at der medgår en urimelig mængde kort og dermed også kortstik og ledningsforbindelser ved opbygningen af en enhed. Samtidig øges nemlig den fysiske udstrækning af enheden, og i større systemer (500 kredsløbskort) vil der på et tidspunkt opstå støjproblemer p. gr. a. for lange ledninger.

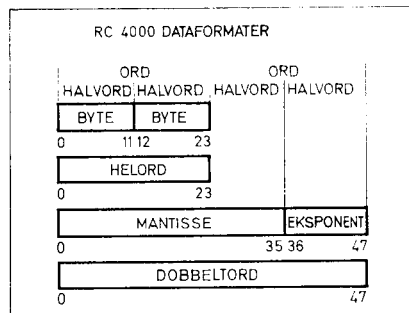
De integrerede kredses støjfølsomhed hænger nøje sammen med arbejds-hastigheden. De benyttede kredse kan tolerere støjimpulser på op til 8 nanosek. varighed målt ved et niveau på 0,4 V. En undersøgelse af signal-udbredelsesforholdene i RC4000's 0-plan med tilhørende ledningsnet viste, at man kunne tillade en ledningslængde på op til 25 cm. Over denne længde må anvendes snoede par, idet signallederen er snoet med en 0-Volt leder. Alle ledninger er i øvrigt ført i fugleflugtslinie for at mindske ledningslængden.

Yderligere detaljer om kredsløbsteknik og logisk udvikling findes i litt. 5.

Kredsløbskortene fremtræder således som en veldefineret række af logikmoduler. Da det kan forventes at en række anvendelser vil kræve udvikling og opbygning af speciallogik udført af brugerens egne teknikere, vil logikmodulserien være til rådighed som en komplet produktlinie omfattende såvel kort som kabinetter, strømforsyninger, o. l.

Teknisk vedligeholdelse af RC4000 er baseret på, at reparationer så vidt det er muligt foregår ved udskiftning af indstikbare moduler. Herved undgår man helt at stille krav til reparatørens manuelle færdigheder. Reparation af en fejlbehæftet modul kan i givet fald henlægges til leverandørens værksted. Den hurtige reparation er desuden ønskelig ved tidstro kørsel.

Fejlfinding baseres i første række



RC 4000

◀ 30

på brugen af diagnostiske programmer, dernæst på de kendte målemetoder med oscillograf, m. m. Når der er tale om tidstro kørsel med krav om hurtig reparation ved driftsstop, vil brugeren måske med fordel lade sine egne teknikere uddanne, således at de kan klare de fleste forekommende fejltypen. I så fald er det vigtigt at datamaskinesystemet er reparationsvenligt. Desuden er indbyggede fejlindikatorer (som altid) af stor værdi. RC4000 har indbygget kontrol af feritlageret, idet hvert ord er forsynet med en paritetsbits. Det samme gælder mikroprogramlageret. Alle forsynings-spændinger overvåges og alarmeres centralt. De ydre enheder er desuden udstyret med individuelt valgte over-

vågninger som f. eks. på papirsanden på perforatoren. (Se afsnittet om ydre enheder).

De mange problemer omkring drift og vedligeholdelse af datamaskineanlæg og de tilhørende programmerings-systemer er udførligere behandlet i litt. 3. ●

Litteraturhenvisninger.

- Litt. 1: The logical structure of the RC4000 Computer, P. Brinch Hansen. BIT Bind 7 hefte 2, pp. 192-199, 1967.
 Litt. 2: Datamatisering - struktur og ledere, P. G. Jensen, m. fl. Ingeniøren FORSKNING, 15. august 1968.
 Litt. 3: Samarbejde mellem leverandør og bruger ved indførelse af datamaskiner i processtyringen, H. Isaksson. Ingeniøren-FORSKNING, 15. juli, 1968.
 Litt. 4: The RC 4000 Real-Time Control System at Pulawy, P. Brinch Hansen. BIT Bind 7 hæfte 4, pp. 279-288, 1967.
 Litt. 5: Hardware development and realization of the RC4000 Computer, H. Isaksson. NordSAM67, Oslo, June 1967.



Afdelingsingeniør
cand. polyt.
H. Worsøe,
A/S Regne-
centralen, Århus.

YDRE ENHEDER

Nogen definition af hvad ydre enheder er, findes knap nok, men i almindelighed kommer input og output udstyr samt forskellige former for lagre ind under denne betegnelse.

De fleste af apparaterne adskiller sig fra centralenheden, derved at de indeholder mekanik, og at denne mekanik er pint til grænsen af det mulige, hvad hastighed angår, dog selvfølgelig med det sædvanlige kompromis mellem krav om høj hastighed og lav pris. Det er nemlig sådan, at uanset hvor meget der er gjort for at øge hastigheden af de mekaniske apparater – blandt andet ved at erstatte mekanik med elektronik, hvor det er muligt – er hastigheden af EDB-maskinernes centrale elektronik øget endnu mere. Dette misforhold har været en væsentlig medvirkende årsag til, at mange nyere maskiner er indrettede til samtidig kørsel af flere programmer, da man derved kan udnytte den »ventetid«, der ellers opstår mellem forskellige dele af et EDB-anlæg.

I grupperingen input-output-lagerudstyr indtager magnetbånd en særstilling, idet det kan benyttes i alle tre funktioner. Dette betyder, at man kan nøjes med dette apparatur på et anlæg for alle ind- og ud-funktioner, og overlade det til en anden (billigere) maskine at omsætte til og fra magnetbånd.

Input – output udstyr

Det traditionelle input og output medium er papir, som længe før EDB alderen har været benyttet til maskinel databehandling i form af hulkort og hulstrimler (telex), ligesom hulkort-tabulatorer og telex-maskiner har givet output i klar skrift.

Hulkort

Det traditionelle hulkort indeholder 80 kolonner med hver 12 hul-mulig-

heder, hvilket muliggør registrering af et vilkårligt alfabet, eller de eksisterende muligheder for hulkombinationer kan udnyttes i binær kode (2 tals systemet), hvilket giver en større informationsmængde pr. kort. Sidstnævnte metode benyttes derfor til f. eks. registrering af programmer og lignende, som hules ud af en EDB-maskine, og som siden skal læses af en sådan.

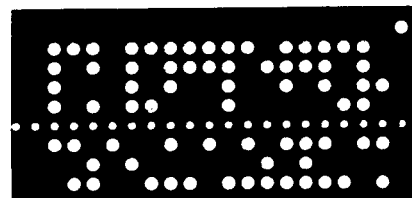
De hulkort-læsere og -hullere, som benyttes på EDB-anlæg var indtil for få år siden de samme, som benyttedes på hulkort-anlæg. Kortene blev ført frem »på tværs«, hvilket giver den letteste styring af f. eks. tabulatorer, og da maskinerne var beregnet til samarbejde med anden mekanik, er de ret langsomme. De nyere maskiner fører kortene frem på langs, hvilket bevirker, at de registrerede karakterer behandles i rækkefølge en ad gangen, ligesom selve kortfremføringen styres således, at EDB-maskinen »selv« sørger for at sende kortene afsted til læsning eller hulning. Hulkort benyttes også til input uden huller, men med markeringer, som udføres som blyantsmærker (alle danske kupon-noterede telefonsamtaler registreres ved at ekspedienten markerer på sådanne kort med en blød blyant i specielle felter), der er dog kun plads til ca. 27 kolonner mod 80 ved hulning.

En moderne hulkortlæser behandler 20–25 kort pr. sekund, svarende til ca. 2000 tegn. Hulning går betydelig langsommere på grund af den megen mekanik til indstilling af hulleknivene. De hurtigste – ca. 5 kort pr. s. – huller hele kortet i et slag, mens de lidt langsommere huller et tegn af gangen, men er til gengæld betydelig simple i mekanikken.

Papirstrimler

Den strimmel, som benyttes til te-

lex (fjernskriver), har altid været for smal. De fem hulrækker giver kun 32 kombinationsmuligheder, men telex-alfabetet indeholder flere forskellige tegn end 32. Vanskelighederne klares ved at benytte to tegn som »skifte-tegn«, men til EDB-brug, er man nu næsten gået over til at benytte 8 kanals strimler (1 tomme bred).



Et stykke 8-spors papirkodebånd. De små huller benyttes i visse maskiner til fremføring af strimlen og i andre til synkronisering. Et tegn (en karakter) er en række huller på tværs af strimlen, som er 25,4 mm bred. Teksten i strimlen er et stykke af det ALGOL program, som er vist andetsteds i bladet.

De fleste EDB-maskiner har indtil for nylig været udstyret med temmelig langsomme apparater for strimmelbehandling, måske fordi de store EDB-firmaer traditionelt er hulkort-firmaer, muligvis er det de mange kontormaskiners anvendelse af strimler, som er årsag til det, men faktisk er, at der synes at være stigende interesse for hurtigere strimmellæsere og hullere, (der er forøvrigt hele to danske firmaer, som fremstiller strimmel-input og -output-udstyr, GNT AUTOMATIC og Regnecentralen).

En hurtig strimmellæser læser 2000 tegn pr. sek., hvilket giver en papirhastighed på 5 m/sek. At standse strimlen kræver en forfinet mekanik, eller, som i RC2000 læseren, at mekanikken erstattes med elektronik; der standses ikke pludseligt, men et opsamlingslager tager det læste, mens der bremses, så det udefra ser ens ud.

Perforatorer må nødvendigvis være langsommere end læsere; en perfora-

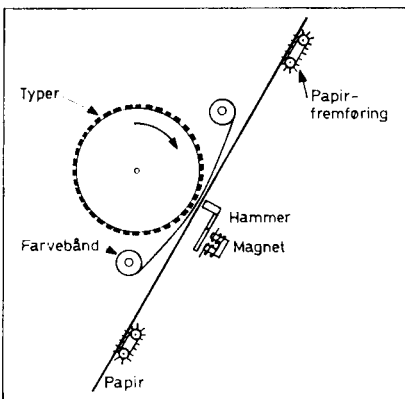
tor (f. eks. Facit's) som huller 150 tegn pr. sek., regnes at være meget hurtig, men sammenlignet med EDB-maskinens interne hastighed er den jo uhyre langsom.

Klar-skrift input output

Ved klar skrift forstås her: Skrift, som kan læses af almindelige mennesker uden speciel træning. Output volder mindre problemer, hvis det skrives »kun« skal læses af mennesker, som, viser det sig, er meget mere tolerante med manglende præcision i tegnform, placering, og sværtning etc. end de maskiner, man hidtil har lavet, selvom man har udformet specielle typer tal og tegn, som skulle være lettere for maskinerne at læse – de er grimme og mindre let læselige for os.

Skrivemaskiner

Som EDB-apparat er den konventionelle typearmsmaskine ved at fortrænges af kuglehovedmaskinen, som er hurtigere på grund af mindre bevægelige masser – ca. 15 tegn pr. s. På grund af dens relativt lave hastighed benyttes den normalt kun til korrespondance mellem maskine og operatør.



Tegningen viser princippet i en hurtigprinter. Der findes en trykhammer for hver trykposition hen langs linien.

Linieprintere

opnår større trykkehastighed ved at være udstyret med trykmechanismer for hver skriveplads hen langs linien. Dens karakteristiske hastighed er da også det samme antal linier pr. s., som skrivemaskinen trykker tegn.

Der findes to hovedtyper; fælles er, at hver skriveposition er udstyret med en hammer for hver skriveposition og farvebåndet på den ene side af papiret

og at et sæt typer farer afsted tæt på den anden side af papiret. Hammeren rammer i det øjeblik, hvor den rette type er foran papiret (uden at typen står stille). Hammeren skal ramme med en præcision på ca. 10–50 mikrosekunder, for at tilstrækkelig tryk-kvalitet kan opnås. Forskellen mellem de to typer er, at den ene har typerne anbragt på en roterende valse bag papiret, den anden på en kæde som passerer »vandret« forbi papiret. Som kuriosum og eksempel på EDB-tek-nikkens mangfoldighed kan nævnes, at i en valseprinter kan strømme på op til 1000 ampere løbe, når en hel linie med ens tegn trykkes (7 ampere pr. hammer).

Display

I tilfælde, hvor et output blot skal læses straks og ikke gemmes, kan man lade skriften opstå på en fjernsyns-skærm. Denne kan forbindes til maskinen gennem en af de til rådighed værende ydre-enhedskanaler eller gennem en data-transmissionskanal. Som på et TV-apparat gentages billedet så hyppigt, at det ikke ser flimrende ud. For ikke at belaste EDB-maskinen for meget må display'et indeholde et lille lager for at kunne repetere billedet.

Ikke-mekaniske printere

Display princippet kan benyttes til meget hurtig skrivning på film, eller på papir ved Xerox-metoden. Herved kan opnås meget store outhastigheder, men denne type apparatur er ikke meget i brug – måske også på grund af høj pris.

Klar-skrift læsning

Der gøres meget forskning på området læsning af skrift. Men endnu findes kun kommercielt brugbare maskiner, som læser specielle typer. Der benyttes nu to forskellige typer skrift, den magnetiske som anvendes på checkblanketter og lignende, og den optiske som Postgirovæsenet har taget i anvendelse. (Man kan kende de specielle typer på nogle af giroblanketterne som kommer fra forskellige offentlige kontorer).

Magnetskriften (cheks) er opbygget af lodrette streger af tryksværte med magnetiserbart stof i. Koden ligger i afstanden mellem stregerne (ikke høj-

GIRO INDBETALINGSKORT
Undgå at folde og tilsmuds denne blanket, der registrerer Deres

2400100007460239200 ****169 55

Nr. Central | Telefonnummer | Postkto | Kontto | Øst

til postgirokonto nr. **92 00**

Udfyld af posthaver
Nr.

Et girokort trykt af en EDB-maskine med en skrift, der er læselig både af mennesker og maskiner.

derne). Ved læsning magnetiseres skriften ved at passere en permanent magnet, hvorefter et hoved som på båndapparater aflæser.

Optisk skrift aflæses ved fotoceller. Tegnene opdeles i et antal punkter og et genkendelseskredsløb undersøger derefter mønstret ved sammenligning med de tilladte. Et vist antal punkter tillades at være forkerte, men ikke så mange at forveksling kan ske. Hvis blot et tegn ikke godkendes på en formular aflægges denne og må behandles manuelt. Afvisningsprocenten 1 betragtes som acceptabel. Læsehastigheden er ikke imponerende – nogle få blanketter pr. sekund.

Plottere

Til tegning af kurver og andre tegninger er udviklet en særlig type plottere som i modsætning til de traditionelle skrivere ikke giver »udslag« proportionalt med et indgangssignal, men som »stepper« frem på kommando. Når skridtene er små nok (0,1 mm) kan alle kurver tegnes med rimelig præcision ved kombination af lodrette og vandrette skridt. Hastigheden er indtil nogle hundrede skridt pr. s.

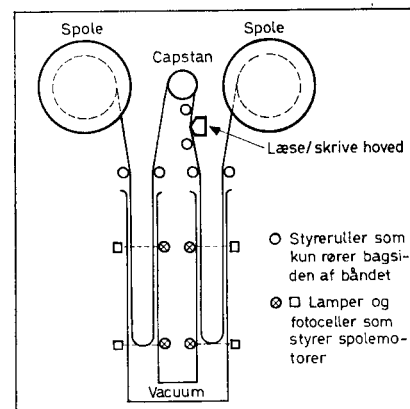
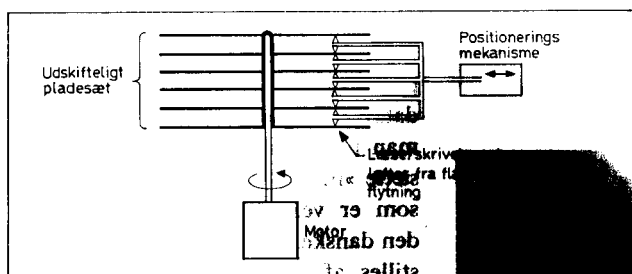
Lagre

EDB-maskiner er som al anden teknik kompromier mellem ydeevne og pris. Forholdet kommer tydeligt frem, når man betragter lagre, hvor især hastigheden spiller en stor rolle for prisen pr. bit (mindste informations enhed). De hurtigste lagre, registre, findes kun i maskinens centralenhed, ligeledes ferritlagre, selvom man i mange tilfælde kan udvide ferritlageret blokvis. ▶

Fælles for alle de ydre lagre er, at informationsregistreringen foregår på en overflade, som er belagt med et magnetiserbart materiale. Hurtigst er tromler, derefter skiver, kort og magnetbånd, idet dog bemærkes, at alle typer findes i både hurtigere og langsommere modeller.

Tromle

En tromle består af en cylinder med typisk diameter 10–30 cm. På overfladen er den belagt med magnetmateriale og omkring den er anbragt et antal (nogle hundrede er almindeligt) læse-skrive-hoveder, som betjener hver sit spor. Det eneste, som bevæger sig, er altså cylinderen, som roterer. Dataoverføringshastigheden kan være nogle få megabits/s. (millioner bits) og kapaciteten adskillige megabits.



Skematisk fremstilling af båndtransportsystemet i en magnetbåndstation.

»pinch-roller«, som klemmer båndet mod en eller anden af to modsat roterende capstan, eller vacuum capstan, hvor båndet holdes mod capstan af vacuum i denne, men det ser ud til, at det mekanisk simpleste system med en enkelt servostyret capstan, som altid er i kontakt med båndet, vinder mere og mere frem.

I alle undtagen de allerlangsomste maskiner holdes båndet stramt ved at passere et vacuumkammer. Op og afspoling foregår uafhængigt af capstanstyringen, således at der altid er en passende længde bånd i vacuumkammeret.

Båndhastigheden er 1 til 5 meter pr. s, hvilket giver en datoverføringshastighed på op til ca. en million bits pr. s. Det er ikke muligt at holde bånd helt fri for defekter, i hvert fald ikke efter nogen tids brug. Derfor er alt magnetbåndsudstyr forsynet med paritetskontrol og automatisk kontrol-læsning, således at ingen fejl kan skrives uden opdagelse, hvorefter omskrivning finder sted. Ved fejl under læsning er årsagen som regel en partikel som passerer mellem båndet og hovedet; fejlen er derfor væk ved et nyt læseforsøg. De uafhjælpelige fejl er så sjældne som én pr. 1000 hele ruller bånd, hvis anlægget passes rigtigt.

Magnetbånd

Dette udstyr findes i mange varianter, men båndet, og den måde data registreres, er nogenlunde standardiseret. Båndet er 0,5 tomme bredt og en rulle 2400 ft (ca. 800 m) lang. Der benyttes 7 eller 9 spor (på samme type bånd). Informationen skrives med en tæthed på 200, 556 og 1600 tegn pr. tomme. Ved skrivning mættes magnetbelægningen i den ene eller anden retning, når der skrives 1, vendes magnetiseringen, ved nul sker ingen ændring. Denne skriveform (NRZ, non return to zero), som ved læsning giver impulser for 1 og intet ved nul benyttes ved 7 spor 200, 556 og 800 bits pr. tomme og ved 9 spor 800 bits pr. tomme, mens man ved 1600 bits pr. tomme benytter fase-modulation, d. v. s. ved skrivning skrives et mærke for

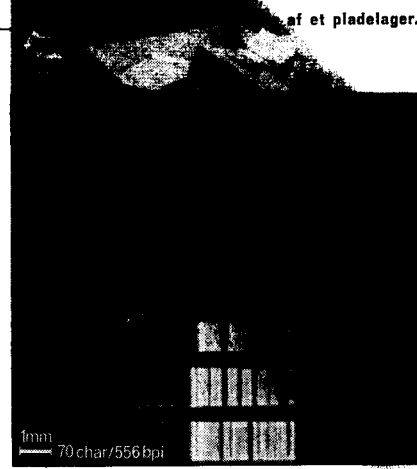
Skiver (engelsk Diskfile)

Arbejder efter samme princip som tromler, men overfladerne er skiver, og der er normalt kun et hovede pr. skiveoverflade. (Typisk diameter 40 cm, og 6 skiver på akslen).

Da der findes af størrelsesordenen 200 spor på hver skiveside, er hovederne monteret på en mekanik, som forskyder disse ind og ud mellem sporene. Dette tager ca. 50 ms, ligesom der forekommer ventetid, hvis den ønskede information ikke er udført hovedet, når den rekvireres. Når overførsel af data ekspederes, går det som ved tromler hurtigt – nogle millioner bits pr. s.

Magnetkort

Denne lagerform benyttes ikke så generelt som de førnævnte, men bør nævnes. Principielt har man en tromle, hvis overflade udskiftes med kort, eller ark af plasticfolie, som automatisk tages frem og vikles på og af igen.



Billedet viser et stykke magnetbånd forstørret 4 gange. De magnetiserede områder er fremkaldt ved at drysse et meget fint jernoxydpulver på. Der ses en blok på 70 tegn, som er skrevet med en tæthed af ca. 20 pr. mm i syv spor.

hver bit, men forskudt eftersom det er 1 eller nul. Da man ved læsning kun får tilstrækkelig signal fra læsehovedet, når båndet har en vis hastighed, må man for at kunne starte og stoppe båndet, lade tomme stykker stå imellem de skrevne »blokke« af information. Disse mellemrum er 1/2 til 3/4 tomme (man er i denne branche så vant til amerikanske specifika-