



B Jiewertz

Datamaskinerna Saab D2 och Saab D21

Teknologie licentiaterna Bengt Jiewertz och Viggo Wentzel, Linköping



V Wentzel

Vid Saab i Linköping har sedan flera år bedrivits arbeten med utveckling och tillverkning av heltransistoriserade datamaskiner. Användning av halvledarkomponenter och ferritmateriell möjliggör mycket kompakta konstruktioner med låg vikt och låg effektkonsumtion. Sådana egenskaper är helt naturligt nödvändiga i militära sammanhang, där man har krav på att utrustningen skall vara mobil. Men också för civil användning visar det sig i många fall önskvärt att i största möjliga utsträckning nedbringa installations- och lokalkostnaderna för datamaskinläggningar. En intressant detalj i detta sammanhang är också att en snabb datamaskin måste utföras med så små dimensioner att pulsfördröjningen inom maskinen blir försumbar jämfört med maskinens klockfrekvens (1 ns motsvarar gångtiden längs en 30 cm lång ledning).

Militära elektroniksystem karakteriseras i allt högre grad av stor komplexitet och ett stort antal komponenter. Då miljöerna dessutom vanligen är krävande med bl.a. stora temperaturvariationer, vibrationer och fukt, behövs omfattande prov och kontroll av komponenter, apparater och tillverkning för att utrustningen skall få tillfredsställande låg felfrekvens. Erfarenheter av komponenter från dessa svåra mil-

jöer, tillämpade på datamaskiner i kontor och industrier med mindre svåra miljöer, ger därför en i motsvarande grad högre tillförlitlighet.

681.142

Prototypmaskinen Saab D2

På sensommaren 1960 färdigställdes en datamaskinprototyp benämnd Saab D2. Den är den första datamaskinen i Sverige, som har utvecklats och tillverkats enbart med transistorer. Maskinen, fig. 1, är en snabb, binär, parallellmaskin med enadressinstruktioner och fast binärpunkt. Ordlengthen är 20 binära siffror och maskinen är försedd med två separata ferritkärnmeminnen, ett för data och ett för instruktioner, för högst 2 048 resp. 4 096 ord. Maskinen har digitala in- och utmatningskanaler inte bara för remsläsare och stans utan även för digitala signaler i serie- och parallellform, pulsgivare, kodsivor, stegmotorer osv. Dessutom är den försedd med omvandlare för in- och utmatning av analoga signaler. Dessa möjligheter till mångsidig anslutning av olika typer in- och utsignaler gör maskinen speciellt lämpad för användning i system för automatisering och reglering. Den höga räknehastigheten — en addition på 7 μ s, och en multiplikation på 23 μ s — medger räkning i verklig tid även vid snabba förlopp, vilket är ett önskvärt villkor för en datamaskin, som ingår i ett regler-system.

Saab D2 är heltransistoriserad, även i kraftförsörjningsdelen och drivkretsarna till ferritminnena. Logiken är till största delen uppbyggd av ett begränsat antal enhetskretsar, fig. 2. För att uppnå högsta möjliga tillförlitlighet har maskinens komponenter undergått omfattande prov. Med ledning av dessa prov, som även tagit sikte på halvledarnas parameterförändringar under långtidsdrift, har enhetskretsarna marginalberäknats inom temperaturområdet -20° till $+60^{\circ}$ C. Totalt användes i räkne-maskinen ca 5 000 transistorer och 3 500 dioder. Alla krets-element är uppbyggda på kort med tryckt ledningsdragning och med inlödda förbindningar. Samtliga kort är utsvängbara, varvid kortets båda sidor blir tillgängliga för

Fig. 1. Datamaskin Saab D2

1 remsläsare, decimal utläsningstablå och stans.



provning och service, fig. 3. För att uppnå högsta tillförlitlighet har man så långt som möjligt undvikit att införa skarvdon, och de används endast för anslutning av in- och utkanaler och yttre tillsatsutrustning.

Datamaskinen, som väger ca 200 kg, är placerad på ett bord, på vilket även erforderlig tillsatsutrustning, remsläsare, stans och siffertablå för presentation i decimal form av beräkningsresultat från maskinen är uppställd. I centralenheten rymmes, förutom räkneenheter, även omvandlare för analoga signaler samt anpassningslogik för tillsatsapparaterna. Effektförbrukningen för centralenheten är ca 250 W. Inga åtgärder behöver vidtagas för kylning av maskinens kretsar eller för extra ventilation av uppställningslokalen. Det stora temperaturområde, som maskinens kretsar har beräknats för, medger att den kan användas inom ett temperaturintervall, som vida överstiger normala variationer i t.ex. en laboratorielokal.

Anläggningen hade i maj 1961 varit i drift 2 500 h, varunder synnerligen värdefulla erfarenheter vunnits för det fortsatta utvecklingsarbetet. Så t.ex. har väntad komponenttillförlitlighet hittills infriats genom att endast en transistor och två dioder degenererat och måst bytas.

Maskinen har bl.a. använts för problemlösning under samkörning med analogimaskin. Härvid kopplas analogimaskinens in- och utvariabler direkt till datamaskinens omvandlare. Vid dessa simuleringskörningar löste analogimaskinen problemets linjära delar medan datamaskinen utnyttjades för multiplikationer och trigonometriska beräkningar.

Datamaskinen Saab D21

För närvarande pågår vid Saab konstruktion och tillverkning av datamaskinsystem, Saab D21, som är en vidareutveckling av prototypen D2. Centralenheten i detta system, till vilket även kan anslutas magnetband, hålkortsapparater och radarskrivare, skiljer sig väsentligen från prototypen genom en större ordlängd, ett kombinerat minne för order och data samt en ökad operationslista. Maskinens höga räknehastighet utnyttjas för att påskynda och förenkla kommunikationen med in- och utmatningsorgan och eliminerar därmed i allmänhet behovet av särskilda buffertminnen.

Logisk uppbyggnad

Maskinen, fig. 4, är en generell sekvenskalkylator av parallelltyp med en-adresskod. Ordlängden är 24 binära siffror inklusive tecken-siffra. Negativa tal representeras av 2-komplement och maskinen räknar med fix binärpunkt omedelbart till höger om teckensiffran. Decimala tal, alfabetisk text och speciella symboler kan inläsas och stansas. De olika enheternas register kommunicerar med varandra via en gemensam överföringsledning, som är begränsad till centralenheten. Kapaciteten för denna överföringsledning är högst $1,25 \times 10^6$ ord per

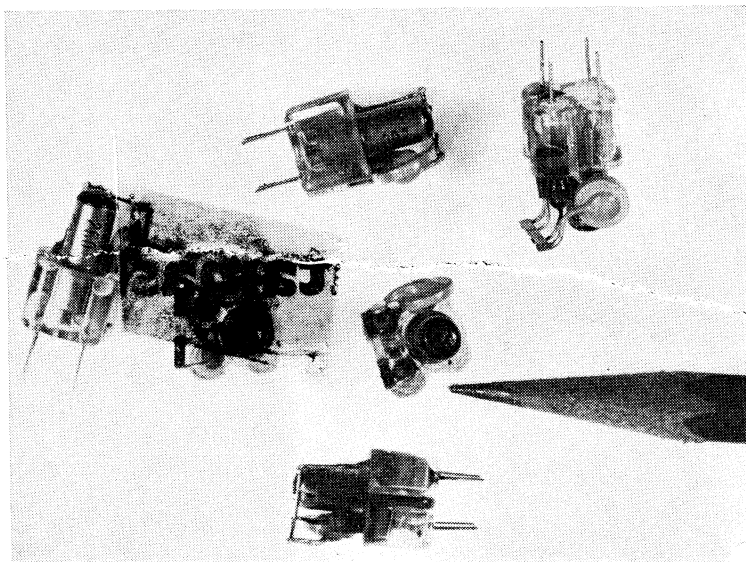


Fig. 2. Enhetskretsar bestående av en transistor, en kondensator och två motstånd.

sekund, dvs. överföring av ett tal från ett register till ett annat tar en tid av $0,8 \mu s$ i anspråk.

Aritmetiska enheten innehåller ett dataregister för inkommande data, ett ackumulatorregister för lagring av resultat samt ett multiplikatorregister för lagring av multiplikatorn vid multiplikation och kvoten vid division. Ackumulator- och multiplikatorregistren har båda skiftmöjligheter och bildar vid långa operationer tillsammans ett dubbelt ackumulatorregister för lagring av resultat med dubbel ordlängd.

Upp till 64 order kan ingå i maskinens grundläggande orderlista. Styrenheten arbetar med en intern klocka och klockfrekvensen är 2,5 MHz.

Genom positionerna 9–23 i orderordets adressdel, fig. 5, kan i maskinens minne av ferritkärnetyp totalt 32 768 ord adresseras. Min-

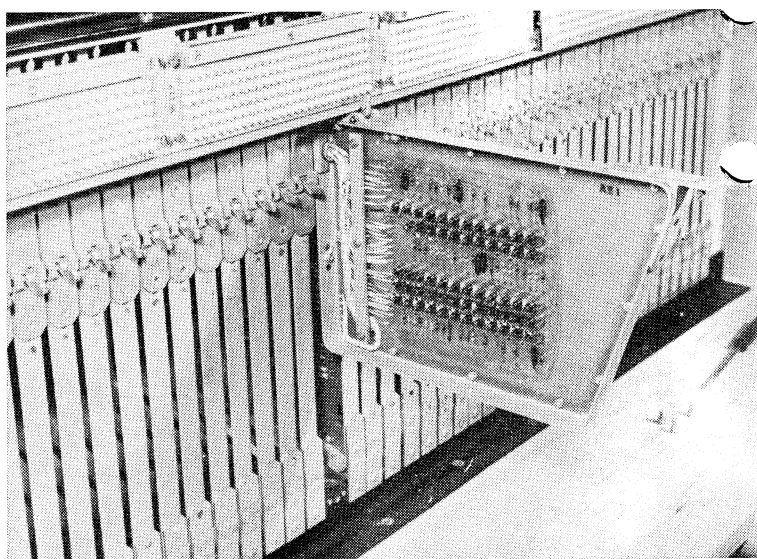


Fig. 3. Kort i utsvängt läge med enhetskretsar och andra komponenter. Observera det till kortet fast inlödda kabelknippet.

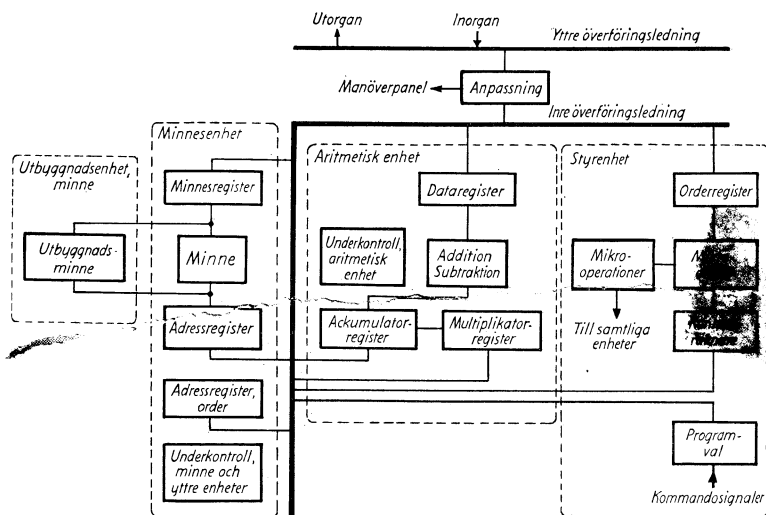


Fig. 4. Block-schema för centralenheten.

nescykeln inklusive adressändringen för detta interna snabbminne är 4,8 μ s. Minnet kan byggas ut successivt med enheter om 4 096 ord, från grundutförandets 4 096 ord med små marginalkostnader. Särskilda skyddskretsar förhindrar ändring av minnets informationsinnehåll vid exempelvis nätspänningsbortfall eller vid normalt till- och frånslag av maskinen. Operationstiden inklusive minnesaccess är vid addition 9,6 μ s och vid multiplikation 35,2—40,8 μ s.

Orderlista

Antalet maskinorder är 45. I orderlistan återfinnes t.ex. addition och subtraktion med dubbel ordlängd, medan lång multiplikation och division måste programmeras. Detta gäller även flytande räkning. För adressmodifikationer användes ett system med indirekt adressering. Varje order kan med positionerna 6 och 7 märkas för indirekt adressering enligt två varianter. I den första anger en märkt orders adressdel adressen till den minnescell varifrån orderns egentliga adress skall hämtas. En speciell hjälporder, som automatiskt utföres av maskinen vid denna märkning, användes för att hämta fram den rätta adressen och sätta in den på dess plats. I den andra varianten ökas orderns adressdel med 1 innan den insättes på sin plats. Med detta arrangemang erhålles praktiskt taget samma möjligheter för adressmodifikation som vid indexregister, samtidigt som behovet av separata dylika register bortfaller.

En speciell order, "hopp med lagring av orderadress", användes vid uthopp till standardsekvenser. Denna order har även en annan användning i samband med maskinens möjligheter till automatiskt programval och prioritetsavbrott. Maskinens räkneprogram kan såle-

des under körning väljas av olika yttre kommandosignaler. Dessa är prioritetsgraderade så att en signal kan avbryta ett program, som är associerat med en signal av lägre prioritet. Kommandosignaler med olika prioritet ger hopp till programsekvenser för in- och utläsning av data från olika yttre enheter, t.ex. magnetband, remsläsare, tangentbord, skrivmaskin etc. Genom detta arrangemang kan exempelvis inskrift av resultat till en långsam utenhet (t.ex. skrivmaskin) pågå samtidigt som maskinen räknar på ett annat program. Maskinens väntetider förbättras härigenom till ett minimum.

Maskinens orderlista är **anpassad med tanke** på automatiska kodningssystem, t.ex. Algol (Tekn. T. 1960 s. 1087). Endast i undantagsfall sker kodning direkt i maskinens eget språk. I stället användes en särskild autokod, där samtliga maskinorder förekommer skrivna i symbolisk form, jämte ett stort antal pseudo-order för exempelvis flytande räkning och trigonometriska funktioner.

Yttre enheter

Varje in- och utenhet betraktas som ekvivalent med en minnescell och adresseras på så sätt att en etta insättes i orderordets position 8. Härigenom fordras inga speciella order för in- och utmatning av information. Maskinen är i sitt grundutförande utbyggd för 32 in- och 32 ut-kanaler, men kan lätt modifieras för utbyggnad till 64, 128 etc. in- resp. ut-kanaler.

Med en för alla yttre enheter gemensam överföringsledning föres information till och från centralenhetens inre överföringsledning via en anpassningskrets. Den yttre överföringsledningen är anpassad till de i förhållande till centralenheten långsamt arbetande in- och utenheterna. Fordringarna på varje separat yttre enhet är att den är försedd med ett buffertregister på ett ord samt att den skall kunna startas från och ge kvitteringssignal till centralenheten. Överföringskapaciteten på den yttre överföringsledningen är ca 125 000 ord per sekund.

I maskinens grundutförande finnes förutom remsstans, skrivmaskin och två siffer-analog-omvandlare även en siffertablå som utorgan. Denna ger visuell presentation av tal med fem decimala siffror samt tecken och decimalkomma och användes t.ex. för utmatning av en speciell parameter, som man önskar observera under beräkningen. Som inorgan tjänstgör remsläsare och ett tangentbord. Det senare används för manuell inmatning av enstaka data i form av decimala tal med fem siffror, tecken och komma.

Utbyggnad kan ske för exempelvis hålkortsläsare och stans, radskrivare, analog-sifferomvandlare och siffergivare, t.ex. kodskivor. Analog-sifferomvandlare av typ Saab OMV-3 omvandlar en ± 10 V insignal med 0,1 % fel på 50 μ s. Omvandlaren är utförd som en central omvandlare med ett antal grindar för insignalerna.

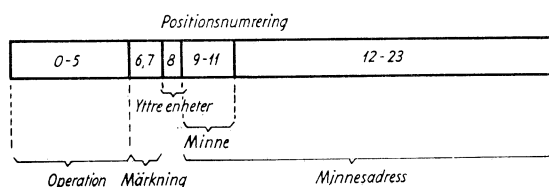


Fig. 5. Organisation av order-ord.

Saab D21 är ej bunden till någon speciell typ av magnetbandenhet. Konventionella bandspelare med läs- och skrivhastigheter på upp till 288 000 bitar/s kan användas så väl som bandminnen av direktaccess-typ exempelvis karusellminne. Den normalt använda elektroniken tillåter variabel blocklängd upp till 1 023 ord och samtidig läsning och skrivning på två olika bandaggregat. Övriga funktioner är blockräkning samt spolning till ändläge. Kommunikationen med centralenheten sker ordvis och styrs från bandenheten på så sätt att en avbrottsignal inkopplar en speciell order, som överför ett ord mellan centralenhetens minne och bandenheten.

Denna order tar i medeltal 14 μ s i anspråk, medan tiden mellan två på varandra följande ord från bandenheten är ca 80 μ s. Besparingen i tid är alltså avsevärd, förutsatt att D21 kan tillåtas arbeta på andra program mellan inläsningarna av ord från bandenheten.

Mekanisk konstruktion m.m.

Maskinens centralenhet är mekaniskt uppdelad i sju delenheter; aritmetisk enhet, två styrenheter, minnesenhet om 8 192 ord med register, utbyggnadsminne om maximalt 8 192 ord, utbyggnadsminne om maximalt 16 384 ord samt kraftaggregat.

Till centralenheten hör även en separat manöverpanel med organ för övervakning och manövrering av maskinen, samt ett antal siffertablåer, representerande olika register. Till dessa register kan även från manöverpanelen inmatas tal i oktal form.

I centralenhetens delenhet för kraftaggregat finns en instrumentpanel samt kontroller för

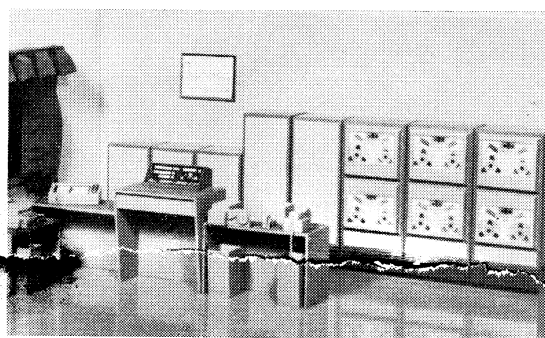


Fig. 6. Modell av Saab D21-anläggning. Centralenhet med logik för yttre enheter, magnetband, remsläsare, remsstans, skrivmaskin, xy-skrivare samt pulpet med manöverpanel.

justering av spänningarna vid marginalprovingen av maskinen.

De logiska kretsarna i centralenheten är uppbyggda på kort, som är fast inlödda i delenheterens kabelknippen. Varje kort är utsvängbart för god åtkomlighet vid service. Detta arrangemang ger en synnerligen kompakt konstruktion och är nödvändig med hänsyn till centralenhetens stora snabbhet. Samtliga delenheter i centralenheten är var för sig försedda med skarvdon för lätt utbytbarhet.

I anpassningsenheterna för in- och utorgan, som är betydligt långsammare än centralenheten, har ett annat uppbyggnadssätt valts. Här är korten försedda med pluggbara skarvdon och insatta i 19" standardlådor. Med tanke på de höga kraven på flexibilitet i de yttre enheterna har antalet korttyper hållits nere,

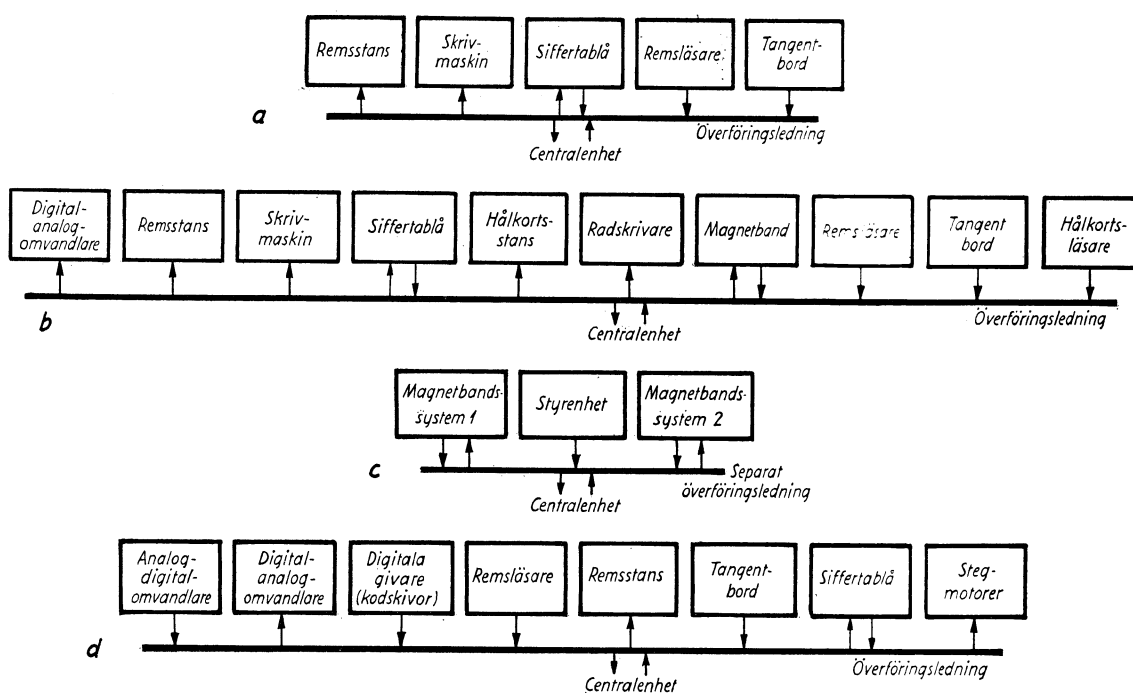


Fig. 7. Olika utbyggnadsalternativ för Saab D21; a maskinens minimiutförande, b maskinen utbyggd för allmän databehandling, c maskinen utbyggd för off-line kopiering, d maskinen utbyggd för processreglering.

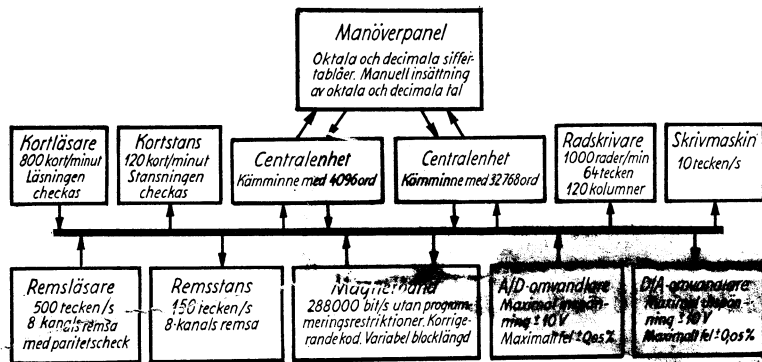


Fig. 8. Utrustning för Saab D21 i en större kommersiell databehandlingsanläggning.

vilket emellertid leder till en sämre fyllnadsgrad än i centralenheten. Såväl centralenhet som anpassningsenheter rymmes i ett utbyggbart stativ. Genom att modulprincipen konsekvent genomförts såväl elektriskt som mekaniskt, kan en anläggning lätt anpassas efter varierande utbyggnadsbehov.

Samtliga aktiva komponenter är transistorer, varav i centralenheten ingår ca 5 000. Alla komponenter är typprovade och alla kretsar är marginalberäknade med hänsyn till komponenttoleranser och temperaturvariationer.

En medelstor Saab D21-maskin, inkluderande tre magnetbandstationer, kräver totalt åtta 19" standardstativ. Centralenhetens sex delenheter rymmes i tre stativ med höjden 1,2 m medan magnetbandstationerna och logiken för dessa samt övriga yttre enheter, remsläsare, stans, omvandlare etc. rymmes i fem andra stativ med höjden 1,8 m, fig. 6.

Effektförbrukningen för anläggningen är ca 5 kW. Härav drar centralenheten ca 300 W. Denna effekt är av sådan storleksordning att maskininstallationen endast fordrar forcerad ventilation i uppställningslokalen samt viss kontroll av luftens fuktighetshalt för magnetbandens skull.

På grund av väntad ringa felfrekvens förutses att daglig översyn av elektronikenheterna med marginalprov kan slopas. Vid fel bör hela delenheter bytas och ej enstaka kort, vilket förklarar feldiagnosen och minskar risken för osakkunniga "reparationer". Å andra sidan förutsätter detta att reservenheter snabbt kan anskaffas.

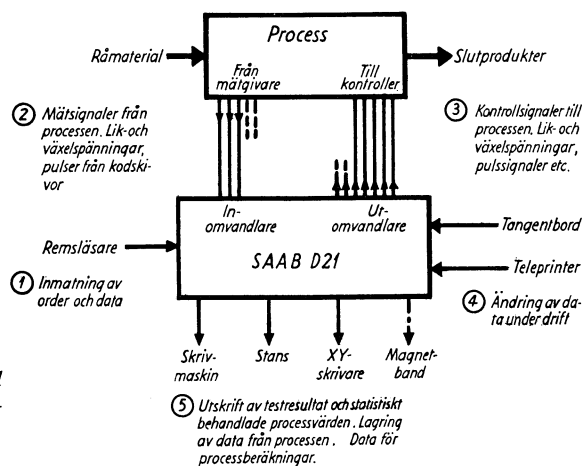


Fig. 9. Exempel på Saab D21 använd för processreglering.

Utbyggnadsalternativ för datamaskin Saab D21

Den yttre gemensamma överföringsledningen och de krav den ställer på en yttre enhet gör en D21-maskin mycket flexibel och anpassningsbar till olika utbyggnadsalternativ, fig. 7.

Genom tillsats av en yttre separat styrenhet kan den yttre överföringsledningen även användas för en överböring från ett inorgan till ett utorgan utan att informationen passerar centralenheten. Exempel på sådan överböring är remsläsare eller hålkortläsare till magnetband. Vid stora anläggningar är det lämpligt att dela upp den yttre överföringsledningen på flera separata ledningar varav exempelvis en reserveras helt för magnetbandskopiering, fig. 7. Med hjälp av den yttre överföringsledningen är det också möjligt att låta flera maskiner kommunicera med varandra.

Vid kommersiell databehandling möjliggör maskinens stora snabbhet en ekonomisk anpassning av nödvändiga yttre enheter, magnetband, hålkort och radskrivare, samt inläggning av omfattande checkprogram, fig. 8. Genom maskinens stora flexibilitet kan den väl fylla ett medelstort företags behov av såväl teknisk som kommersiell databehandling.

För processreglering ansluts analog-sifferomvandlare för mottagning av lik- och växelspanningssignaler och siffer-analogomvandlare för utmatning av analoga signaler. Insigener av siffertyp erhålls från t.ex. kodskivor och stegmotorer används för utmatning.

Ett exempel visar användningen av maskinens olika in- och utorgan i en processregleringstillämpning, fig. 9. Med en remsläsare 1 införes i maskinen data och instruktioner för regleringsprogrammet. Från processen, angivande tillståndet hos denna, matas olika typer 2 informationssignaler, en del prioriterade, vilka omformas av maskinen till lämplig form. Beräkningsresultat från maskinen med information om processens styrning 3 omformas före utmatning till processen. Signalerna av typ 2 och 3 är de väsentliga kommunikationskanalerna mellan processen och kalkylatorn.

Det är ofta nödvändigt att ändra vissa konstanter i kontrollprogrammet under körningen. För detta ändamål används tangentbordet för inmatning av enstaka decimala tal 4. Inmatning kan också ske med fjärrsignalöverföring via telexapparat. Med regelbundna intervall upprepas i räknemaskinen kontrollprogram, som kontrollerar centralenheten samt in- och utorganen. Kontrollutskrift från sådana program göres på stans eller i klartext på skrivmaskin 5. Statistiskt behandlade resultat från processen, t.ex. kvalitetsvariationer hos en produkt, presenteras på en xy-skrivare. Magnetbandsystemet, slutligen, används för lagring av data från processen för eventuellt senare studium. I andra tillämpningar kan processen fordra stora datamängder som underlag för beräkningarna. För dessa datamängder är magnetbanden det huvudsakliga minnesmediet.