

Datorgrafik inom svensk industri förr, nu och i framtiden

en D-uppsats omfattande 20 poäng

Ulf Stenlund

Department of Computer Science
Mälardalen University
Västerås, Sweden
Handledare: Thomas Larsson

06 - 01 - 18



SAMMANFATTNING

Datorgrafik har ett mycket brett användningsområde. Denna rapport fokuserar på användning av datorgrafik inom svensk industri. Den bygger på litteraturstudier, erfarenheter och intervjuer. Syftet med rapporten är dels att dokumentera valda historiska skeenden, som belyser olika faser i införandet av datorgrafik i den svenska industrin, dels att belysa nutida användning liksom att ge ett möjligt framtidsscenario. De exempel som använts är hämtade från svensk processindustri och några större svenska verkstadsindustrier.

Rapporten tar upp vilka användningsområden som varit drivande i utvecklingen av datorgrafiken. I ett tidigt skede var datorgrafiken i mycket en militär angelägenhet. Industrin började därefter efterfråga CAD-system. Under slutet av 1960-talet och början av 1970-talet infördes processdatorer för att övervaka och reglera större processindustrier och snart blev grafisk visning av processparametrar på bildskärmar ett viktigt hjälpmedel. Med persondatorernas intåg kunde industrin utnyttja de allt mer sofistikerade grafiska hjälpmedel dessa massproducerade maskiner erbjöd. Utvecklingen av dagens datorgrafik är i huvudsak driven av krav från spelanvändare och därmed spelutvecklare. I rapportens avsnitt om framtida datorgrafikanvändning pekar rapporten på spelutvecklingens potential för att tillgodose grafiska behov inom industrin.

ABSTRACT

Computer graphics has a very broad usage. This report is focused on the usage of computer graphics within Swedish industry. It is based on literature studies, experiences, and interviews. The goal for the report is on one hand to contribute to the documentation of selected historical events, enlightening different phases in the introduction of computer graphics to Swedish industry, but also to elucidate current usage as well as a possible scenario of the future. Examples used are from Swedish process industry and a couple of large Swedish manufacturing industries.

The report brings up the different application areas that have been the driving force behind the evolution in computer graphics. Initially, computer graphics was at large a military concern. Then industry started to demand CAD-system. At the end of the 1960'ties and early 1970'ties process computers were introduced to monitor and control larger process industries and soon the showing of process parameters using graphics on CRT's became an important tool. With the personal computers arriving on the scene industry could take advantage of the ever more sophisticated graphical tools these mass-produced machines offered. The development of the computer graphics of today is mainly driven by the demands of game users and thus the developers of games. In the section on future usage of computer graphics the report is pointing out the potential game development constitute to future graphical needs within industry.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING

Bakgrund	4
Syfte	5
Avgränsningar	5
Läsanvisningar	5
Teori	6
DEL1 NÅGRA HISTORISKA NOTERINGAR	7
Lite om definitionen av datorgrafik och hur ämnet lärs ut.....	7
Några milstolpar i datorgrafikens utveckling.....	8
En tidig svensk tillämpning.....	11
Industriella tillämpningar av datorgrafik.....	12
Bildframställning i datorrummet.....	14
Semigraf	16
Tesselator	19
Persondatorer på ABB's kontor	21
Håkan Lans och färggrafiken	22
Visualisering.....	23
Millenniumbuggen och ERP-system.....	24
DEL2 DAGSLÄGET	26
Inledande kommentarer	26
Enkla tillämpningar	28
ABB.....	28
CAD	30
Ett Seminarium om CAD	31
Ett exempel på "state of the art" inom CAD-området	32
Skanning av industrilokaler.....	34
Smarta trendkurvor.....	35
DEL3 FRAMTIDEN.....	36
Framtidstankar.....	36
Svensk Datorgrafikforskning	36
Interaktiva glasögon	37
Simulering	38
Stora Paneler	38
Tankehjälp.....	40
SLUTSATSER	41
REFERENSER.....	42
BILAGOR	44
Bilaga 1. Tangentkoder i tecken-/grafmod (ASCII-tabell)	44
Bilaga 2 Data processing system and apparatus for color graphics display.....	45

INLEDNING

Bakgrund

Bakgrunden till tillkomsten av denna rapport är att författaren efter mångårig arbetslivserfarenhet inom process och verkstadsindustri valt att komplettera en civilingenjörsexamen i elektronik med studier i datalogi och med fördjupning i området datorgrafik.

Den historiska delen av denna rapport har som stomme egna erfarenheter. De egna erfarenheterna vad gäller tillämpad datorgrafik går ända tillbaka till införandet av de första amerikanska bildskärmsbaserade processtyrningssystemen från AccuRay inom svensk pappersindustri i början av 70-talet. En annan egenupplevd milstolpe är ABB's stora inbrytning på automationsområdet på 80-talet. Erfarenheterna från datorgrafik inom kontorsautomation är från 90-talet. Rapporten berör även införandet kring millenniumskiftet av stora övergripande informationssystem typ SAP och BAAN och deras då svaga grafiska gränssnitt.

En annan källa för historisk information är ett nätverk bestående av AccuRay-veteraner där författaren är medlem. Många av dessa är liksom författaren civilingenjörer med elektronisk inriktning. De flesta av dessa veteraner från 70- och 80-talet har sedan länge lämnat AccuRay. De har utöver sina minnen från AccuRay-tiden väl villigt delat med sig av erfarenheter från andra företag de verkat i!

Författaren lämnade AccuRay 1981 för att arbeta för ASEA. I detta skede lanserade ASEA sitt grafiska bildskärmssystem Tesselator. Som säljansvarig för vissa av Tesselatorns marknader är författaren bekant med åtskilliga av Tesselatorns företräden.

Under författarens arbete som försäljningschef för legotillverkade kretskort under 1990-talet bidrog införandet av persondatorer på ABB's kontor till omvälvande förändringar i arbetet. Detta gällde inte minst framställningen av presentationsmateriel både för interna träffar och för kunder. Behovet av att själv ha möjlighet att sammanfatta resultat och annan statistik med hjälp av lättillgänglig och lättanvänd grafik kan knappast överskattas. Författaren var under denna tid också nära den intensiva utvecklingen av CAD-system för konstruktion av mönsterkort som då pågick inte minst från en grafisk synvinkel.

Det hektiska jobbet att införa stora övergripande informationssystem typ SAP och BAAN i samband med millenniumskiftet var verkligen omvälvande. ABB satsade mångmiljonbelopp utöver kostnaden för själva SAP-systemen på att genomföra en smärtlös övergång från det gamla egenutvecklade AROS-systemet. Satsningen bestod i utbildning av all personal och att spänna upp en stor organisation för anpassning och genomförande. Bara den senare organisationen inkluderade åtskilliga årsarbeten. Flextronics, som köpte den verksamhet där författaren arbetade, använde BAAN i sina övriga svenska fabriker och satsade på BAAN även i Västerås.

Det gamla AROS-systemet var helt textbaserat så både BAAN och SAP borde ha haft ett bättre användargränssnitt än AROS, men dessa system var långt ifrån bra ur en grafisk synvinkel och de upplevdes som tungarbetade av personalen. Grafiken som var inkluderad i befintliga arbetsstationer var åtskilligt bättre.

En annan nackdel med de nya systemen var att det även blev betydligt svårare att ta fram källdata för egen grafikframtagning. Den tidigare direktkopieringen mellan stordator och den egna arbetsstationen var inte längre möjlig.

Syfte

Avsikten med denna rapport är för det första att göra en, låt vara begränsad, dokumentation av ett stycke svensk industrihistoria. Författaren har varit nära åtskilliga milstolpar vad gäller datografiska tillämpningar inom svensk industri. Ett andra syfte är att ge några glimtar av användningen av datorgrafik inom dagens svenska process- respektive verkstadsindustri.

Ett tredje syfte med rapporten är att, utifrån egna och andras erfarenheter och de behov som förefaller angelägna i nuläget, ge några framtidsvisioner. Rapporten pekar också på potentiella samarbetsmöjligheter mellan industri och högskola. De allt högre krav, som exempelvis spelindustrin ställer på snabbhet och realism, driver dagens teknikutveckling inom datorgrafiken. Med MdH's profilering på detta expanderande fält och globala industrijättar med utveckling i Västerås bör det vara rimligt att kunna hitta samarbetsformer.

Avgränsningar

Datorgrafik har många användningsområden med vitt skilda möjligheter. För att avgränsa denna rapport har tillämpningar inom process- och verkstads-industri valts. De historiska exemplen är också valda från dessa tillämpningar, men några icke industriella exempel finns också med. Dessa är med just för att de är tidiga och för att belysa att Sverige tidigt var långt framme vad gäller datorgrafik.

Ett område där datorgrafik har funnit en stor tillämpning är reklambranschen. Inte minst den lavinartat ökande användningen av Internet gör att behovet av tilldragande, men minnessnål, grafik är stort. Industrin är stora reklam användare även om reklamen oftast vänder sig till andra tillverkare och därmed kanske inte blir lika spektakulärt utförd som reklam direkt till konsument. Författaren har valt att inte ta med reklamtillämpningar. Orsaken är helt enkelt författarens intresse för och erfarenheter av direkta tillämpningar.

Läsanvisningar

Rapportens text är avsiktligt gjord lättläst för att sträckläsning ska kunna göras utan svårighet. Om någon endast vill fördjupa sig i delar av rapporten ska den enkla strukturen ge en bra vägledning.

Teori

Det har fallit sig naturligt att med hjälp av intervjuer av människor inom författarens nätverk liksom av personer som rekommenderats av dessa och av författarens handledare ta fram stoff till denna rapport. För att kunna utföra dessa intervjuer på ett vetenskapligt sätt har två böcker som används vid beteendevetarutbildningar vid MdH studerats [Kva97] [Sil01]. Steinar Kvale skriver att ”den kvalitativa forskningsintervjun är ett oundgängligt redskap inom den kvalitativa forskningen” [Kva97]. Efter arbetet med denna rapport instämmer författaren med Kvale.

DEL1 NÅGRA HISTORISKA NOTERINGAR

Lite om definitionen av datorgrafik och hur ämnet lärs ut

Människan har i alla tider uttryckt sig i grafisk form. Hällristningarna vid Tanumshede och Nämforsen är tidiga exempel på detta. Även dagens människor kan förstå budskapet i dessa uråldriga bilder. Det bevingade uttrycket ”en bild säger mer än tusen ord” är en allmänt erkänd sanning. Också i samband med de allra tidigaste datamaskinerna fanns behov av att på något sätt i grafisk form presentera det datorerna beräknade. Lars Kjelldahl berättar i sin artikel om ”Datorgrafikens rötter i Skandinavien” hur en av de första svenska datorerna, BESK (Binär Elektronisk Sekvens Kalkylator) försågs med en apparat som på film ritade ut datorns beräkningar [Comp96]. Enligt samtal med Kjelldahl finns BESK och denna apparat utställd på Tekniska Museet i Stockholm [Kjell05]. Figur 1 är en bild av BESK.



Figur1 BESK, Sveriges första elektroniska dator. Bilden från Tekniska Museet.

IEEE har i Computing Curricula 2001 definierat datorgrafik som ”konsten och vetenskapen för kommunicerandet av information genom att använda bilder som genereras och presenteras genom datorberäkning” [Comp01].

Redan 1985 gav Björn Gudmunsson ett tydligt och enkelt svar på frågan ”Vad är datorgrafik?” i sin lärobok Datorgrafik [Gudm85]. Hans svar var ”Datorgrafik är det teknikområde som arbetar med framställning av bilder med hjälp av datorer”. Gudmunsson skiljer på datorgrafik och det närliggande teknikområdet bildbehandling genom att se datorgrafik som syntes av bilder medan bildbehandling är en form av analys. Gudmunsson själv nämner dock filtrering av bilder som en gråzon.

Det känns väl snävt att utesluta bildbehandling från datorgrafikens område. I det industriella sammanhanget hamnar i så fall så viktiga tillämpningar som övervakning med kamera och mönsterigenkänning i bl.a. robotsammanhang utanför datorgrafiken. Detta trots att filtreringar och annan bearbetning med hjälp av datorprogram är väsentliga för god funktionalitet. I denna rapport finns ett antal exempel, som enligt Gudmunssons tes skulle hänföras till bildbehandling. Dessa exempel tyder på att bildbehandling blivit en allt mer integrerad del av datorgrafiken.

Lars Kjelldahl höll sin första kurs i datorgrafik vid KTH 1980 [Kjell05]. Vid denna tid räknades enligt Kjelldahl "Principles of Interactive Computer Graphics" som standardverket på området trots att denna bok utgavs redan 1973 [New73]. Andra upplagan av "Principles of Interactive Computer Graphics" kom 1979.

Från svenskt perspektiv är det värt att nämna att Gudmunssons bok utgavs på svenska. Detta tyder på att intresset för datorgrafik i Sverige bedömdes som högt av bokförlaget Studentlitteratur som gav ut boken. Det är också intressant att konstatera att boken tar upp samma frågeställningar och angreppssätt för att hantera datorgrafik, som dagens högskolekurser tar upp [Kurs2]. Naturligtvis var den teknik, som vid början av 1980-talet stod till buds, begränsande för användaren av datorgrafik. Framför allt gäller detta upplösning kombinerad med prestanda.

I Gudmundsons bok finns en kanske oväntad teknisk genomgång. Trots att boken är skriven 1985 behandlar den tekniken bakom platta datorskärmar. Den grundläggande tekniken för plasma och LCD skärmar finns med om än endast för svartvita applikationer. Det är först nu, 20 år senare, som dessa tekniker blivit standard! Observera att plasmatekniken är ytterligare åtskilligt äldre och finns omnämnd redan i den år 1973 utgivna boken "Principles of Interactive Computer Graphics" [New73].

En annan liten kuriositet i Gudmunssons bok är att datormusen genomgående benämns "råtta"! Ordet mus finns nämnt en gång i boken och då som ett alternativt namn. Ordet råtta var rätt så vedertaget 1985 men verkar nu totalt bortglömt. Enligt Kjelldahl berodde försöket att trumfa genom benämningen råtta på att namnet mus riskerade att betraktas som ekivokt [Kjell05].

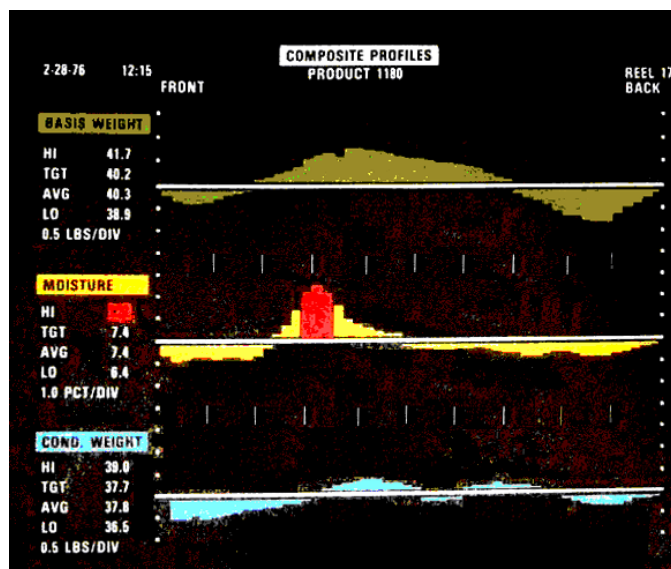
Några milstolpar i datorgrafikens utveckling

Att lista alla relevanta händelser i samband med datorgrafikens utveckling skulle visserligen vara intressant men samtidigt bli en alltför diger lista. Följande är ett personligt urval av händelser författaren funnit intressanta och i många fall varit nära.

- 1950 Militära krav i USA gjorde att högupplösande grafik utvecklades. [SIG89]
- 1954 Kurvritning på film som tillhör till Besk. [Comp96]
- 1963 Det troligen första CAD-programmet Sketchpad skapades. Efter några år användes liknande program för mekanisk konstruktion och för mönsterkortslayout. [SIG89]
- 1967 I en lärobok från författarens chalmerstid konstateras att grafiska I/O system är i ett tidigt utvecklingsskede. Boken tar upp användning av katodstrålerör som ett exempel

på ett grafiskt datorinterface. [Bar67]

- 1968 Det amerikanska företaget IN (Industrial Nucleonics Corp) hade bildats några år efter andra världskrigets slut. Affärsidén var att använda de radioaktiva isotoper som blivit tillgängliga efter allt kärnvapenexperimenterande. Företaget utnyttjade beta-emitterande isotoper för att med hjälp av uppmätt dämpning få fram mätvärden på ytvikten hos material i en löpande bana. Med hjälp av analoga beräkningar återkopplades signalerna i reglersystem som exempelvis kunde styra ytvikt och fukthalt i det papper som en pappersmaskin producerade. Mätvärden och beräknade värden redovisades via analoga skrivare men även med hjälp av numeriska displayer. Företaget hade en lysande ekonomi och levde gott på sin marknad.
- En av direktörerna i IN's ledningsgrupp, Dave Bossen, ville satsa på den nya digitala tekniken men fick inget gehör för detta. IN's kunder ansågs alltför konservativa. Detta resulterade i att Bossen bröt med IN och bildade företaget Measurex. Detta företag lanserade 1968 en processdator. Ett av huvudargumenten för detta system var att mätresultaten kunde presenteras i grafisk form på bildskärm.
- 1969 IN, där författaren själv arbetade vid denna tid, lanserade ett minidatorbaserat mät- och regler-system för pappersmaskiner. AccuRay var ett av IN's produktnamn. AccuRay användes även som företagsnamn i Europa. Kurvor över aktuella mätvärden visade i denna första version på X/Y-skrivare [IN69]. 1971 uppgraderades systemet så att tvärprofilkurvorna representerades i grafisk form på bildskärm medan trendkurvor fortsatt skrevs på löpande papper i en skrivare. Siffervärden och larm visades på separata s.k. annunciators [IN71]. Figur 2 visar en typisk operatörsstation Bilden är hämtad från en operatörsmanual för AccuRay 800 systemet. Författaren har själv skrivit manualen. System från IN, Measurex och med dessa konkurrerande fabrikat blev under 1970-talet standard inom den kapitalintensiva pappersindustrin.
- Den grafiska representationen av mätvärden i form av olika kurvor i färg var en väsentlig del av dessa system. Figur 3 är en bild från efterföljaren AccuRay 1180 Micro. Bilden är från 1986. Tvärprofilerna visades nu i färg och profilvärden utanför givna gränser markerades röda.
- 1976 En viktig del av kedjan dator till bildskärm är minnet för mellanlagring av det som ska visas på skärmen. AccuRay använde relativt enkla AnnArbour terminaler för detta. SRA (Svenska Radio AB) använde en mer avancerad hårdvara för detta. SRA-terminalerna kunde hantera semigrafiska tecken och inkluderade även kurvritning i hårdvaran.
- Den grafiska representationen av mätvärden i form av olika kurvor i färg var en väsentlig del av dessa system. Figur 3 är en bild från efterföljaren AccuRay 1180 Micro. Bilden är från 1986. Tvärprofilerna visades nu i färg och profilvärden utanför givna gränser markerades röda.



Figur 2 Operatörsstation AccuRay 800 från 1971 Figur 3 Tvärprofilbild AccuRay 1180 Micro från 1986.

- 1976 En viktig del av kedjan dator – bildskärm är minnet för mellanlagring av det som ska visas på skärmen. AccuRay använde relativt enkla AnnArbour terminaler för detta. SRA (Svenska Radio AB) använde en mer avancerad hårdvara för detta. SRA-terminalerna kunde hantera semigrafiska tecken och inkluderade även kurvritning i hårdvaran.
- 1979 Den svenske uppfinnaren Håkan Lans lämnar in en patentansökan till patentverket i USA som beskriver ett sätt att sköta snabb minnesuppdatering av bildminnet för färggrafik.
- 1980 ASEA lanserar informationssystemet Tesselator som på sin tid var världsledande inom människa-maskin kommunikation [Eng83]. Personligen hade författaren nöjet att presentera detta system för Sveriges kung inför en japanresa han skulle göra. Tesselator kunde med sin semigrafiska representation till och med visa japanska tecken. Detta intresserade i hög grad potentiella japanska kunder.
- 1980-talet präglades av en omställning från system designade av ingenjörer till system användbara för alla med tonvikt på samverkan mellan människa och dator [Pr02].
- 1981 Luxor lanserar ABC 806 som är en vidareutveckling av den tidigare mycket populära ABC 80. ABC 806 innehöll semigrafiska funktioner vilket Luxor hoppades skulle bredda användningen av ABC maskinerna till tillämpningar utanför skolvärlden [Lux83].
- 1984 Apple lanserade sin Macintosh, en persondator som enbart arbetade med grafik och mus. Figur 4 är en bild av en tidig Macintosh dator. Denna dator anses vara den första datorn vars GUI (Graphical User Interface) var kommersiellt lyckosam. Maskinen medförde ett genombrott för grafik på bildskärmar i stor skala. Genom massproduktionen av persondatorer kom allt högre krav på högupplösande skärmar och

grafikkort till rimliga kostnader [SIG89].



Figur 4 Apple Macintosh från 1984. Bilden från www.old-computers.com

- 1990- talet Ett årtionde som karakteriseras av intensiv utveckling av datorgrafiken. Denna utveckling drevs av en exploderande marknaden för persondatorer och spelkonsoler. Behovet av realistiska bilder i spelen kopplade till allt högre krav på prestanda styrde teknikutvecklingen. Under detta årtionde kom också nya programspråk, bl.a. Java och Visual Basic, som var direkt skapade för att kunna skriva grafiska program, d.v.s. program med fönster, knappar och menyer. [Skans02] [Schneid03]
- 2004 Datorgrafiken befinner sig fortfarande i en intensiv utveckling. Prestanda fördubblas på ca sex månader. Enligt en aktuell datorgrafikkurs på Chalmers Tekniska Högskola är det hårdvaru-utvecklingen på grafikområdet som är mest intressant just nu. Hårdvara är ca 100 gånger snabbare än mjukvara och den är enkel att lägga i "pipeline" och att parallelisera [Kurs3].

En tidig svensk tillämpning

Veteranklubben Alfa är en förening med tonvikt på äldre datorer. På deras hemsida finns en artikel av Bo Lindestam: "Lite om Alwac men mera om datorhistoria" [Invia05]. Skedet artikeln behandlar utspelar sig 1962. Lindestam skriver "Jag själv kom mest att syssla med gigantiska topologiska problem för medicinskt bruk, någonting som maskinen inte var särskilt lämpad för. Men det var en finness med minnet, hur tokigt det nu var adresserat och det var att man kunde jobba just topologiskt, dvs i mitt fall tredimensionellt genom ett slags direktadressering. Där gjorde jag stora matrisvridningar och faltningar, summeringar och allt möjligt med verktyg som jag till sista biten måste utveckla själv." [Invia05]. Exemplet är inte datorgrafik i egentlig mening men visar att den matematik dagens datorgrafik utnyttjar tillämpades redan vid denna tid.

Ämnesområdet datorgrafik tillämpar många vetenskapliga områden bl.a. matematik, psykologi, datavetenskap och design [Kurs1]. Datorgrafiken utnyttjar åtskilliga matematiska begrepp och räknemetoder. När exempelvis en tredimensionell figur ska flyttas, vridas eller transformeras är det naturligt att representera figuren med hjälp av numeriska värden uppställda i en matris. Matrisen kan sedan behandlas matematiskt på olika sätt. I Lindestams artikel fattas visserligen den grafiska komponenten men matematiken finns där. Det är ju just matrisvridningar som är nyckeln till att dagens datorgrafik är så potent.

För att belysa samband och få klart hur framräknade värden presenterades tillfrågades Bo Lindestam per mail. Han hade vänligheten att svara omgående [Lind05]. Så här beskriver han hur resultaten av beräkningarna presenterades: "De resultat som beräknades presenteras tvådimensionellt (X/Y) på papper med siffror i varje relevant koordinatkryss (beroende på

upplösningen), ungefär som man idag beskriver färg- eller gråskalekomponenten i en pixel i bildbehandling.” Med andra ord krävdes det åtskillig iakttagelseförmåga och fantasi av användaren för att kunna tillgodogöra sig den abstrakta siffermängden. Exemplet belyser vilket genombrott 3D-grafiken representerar. Dagens magnetröntgen skulle vara oanvändbar om läkarna skulle tvingas läsa resultatet i form av massor av siffervärden.

Det framgår av Lindestams svar att det projekt han arbetade med handlade om att få fram information om delar av människokroppen. Upplägget av datat för den kroppsdel som skulle redovisas gjordes tredimensionellt. Enligt Lindestam var datat organiserat på ett sätt som påminner om dagens skiktröntgen. Kroppsdelen tilldelades ett eget XYZ-system. Lindestam skriver “Jag måste klart säga att vi aldrig såg några bilder, utan bara ett antal på varandra orienterade sifferblad (Z-dimensionen) med en siffra i varje koordinatkryss. Bilderna fick vi på sin höjd försöka föreställa oss. Och det var definitivt inte fråga om någon realtidfunktion.” [Lind05]

Lindestam berättar vidare att i beräkningsfunktionen fanns det en del olika idéer som prövades med matrisvridningar/speglingar och faltningar mm för att försöka efterlikna en del medicinska effekter. Detta var dock inte lätt att åstadkomma eftersom den rörbestyckade Alwac IIIE maskinen hade en begränsad datakapacitet. En addition tog ca 2 millisekunder och en enkel multiplikation kunde utan vidare ta 50 ms. I sin artikel berättar Lindestam målande att “Alwac IIIE var en besvärlig maskin med mycket underliga funktioner. Det var i grunden en seriemaskin och man hade på något sätt lyckats anordna minnet ungefär som när man hänger upp ett flaggspele i en julgran. Hälften av flaggorna hänger uppochnär. Det var ett siduppdelat programminne, där andra halvan av varje sida skrevs baklänges och separat dataminne. Det gick att modifiera programkod men då måste man bygga indexstrukturer.” [Invia05]

Det är beundransvärt att dåtidens entusiaster utnyttjade en ofullkomlig dators unika egenskaper för att försöka lösa problem som egentligen inte var åtkomliga med den tidens teknologi. Lindestam konstaterar att “Vi som jobbade med detta klart var ute alldeles för tidigt med dessa metoder. Det började som en intressant teoretisk metod, men ingen del av medicinen eller tekniken var mogen för en mer systematisk användning. Det dröjde säkert 20 år innan det började hända saker.” [Lind05]

Det är intressant att konstatera att den grundläggande matematik som idag används för att lösa datorgrafiska problemställningar tillämpades i Sverige redan i början av 1960-talet.

Industriella tillämpningar av datorgrafik

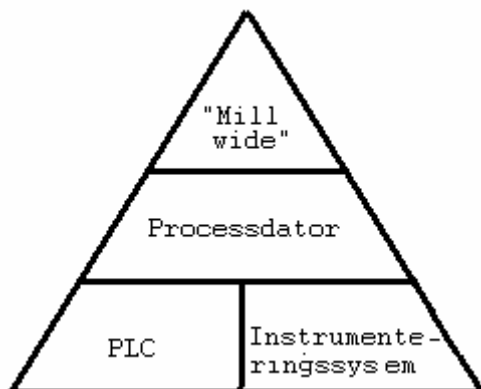
Vad var orsaken till att datorgrafik började användas så tidigt i industritillämpningar? Nedanstående svar på denna frågeställning bygger i stort sett på författarens egna erfarenheter. Återigen är det bevingade uttrycket att en bild säger mer än tusen ord direkt tillämpbart. Det är ytterst naturligt att illustrera vad som händer i en industriprocess med grafiska metoder. Speciellt tillämpbart är detta när en process inte är direkt observerbar för det mänskliga ögat.

Grafiken har dock inte något egenvärde i det industriella sammanhanget. En vanligt sätt att benämna de tjugiga bilder som visas upp på mässor och i reklamsammanhang är att kalla dem direktörsbilder. En vacker bild på en cistern med avancerad shading och snygg belysning drar uppmärksamheten till sig. En sådan bild kan verka lockande på en mäsas eller i en reklambroschyr. Om den fina bilden endast visar enstaka variabler, säg ett temperaturvärde och

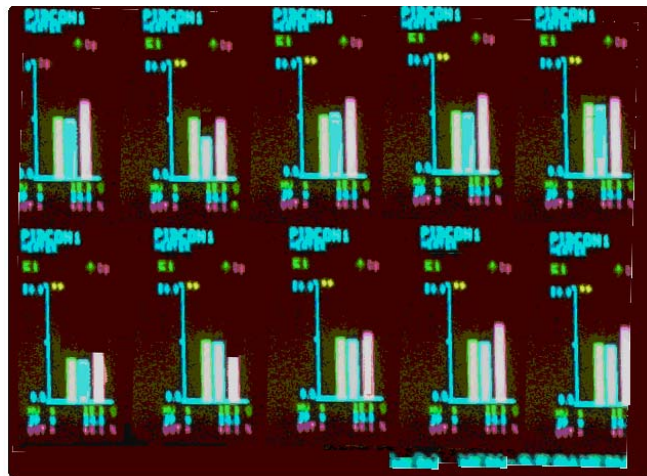
en nivå, kan den ändå vara förkastlig från en operatörs synvinkel. Han eller hon har efter en tid ingen som helst glädje av den tilldragande bilden. Att kontrollera att nivå och temperatur är rimliga är viktigt men en fabrik har tusentals nivåer och temperaturer att ha kontroll över. Skulle det visa sig att cisternavbildningen dessutom tar en viss tid att få fram på operatörens skärm kommer dennes frustration att vara fullständig. Användaren blir hindrad och inte hjälpt i sitt arbete!

Psykologi är, som tidigare nämnts, en viktig del av datorgrafikens grundvetenskaper. Datorgrafiken kan ses som ett kognitivt komplement för människan. Kognition är ett psykologiskt begrepp som gäller människans intellektuella funktioner. Det kan gälla människans olika sinnen, minne, perception och tänkande. Det är naturligtvis mycket viktigt att ta hänsyn till mänskliga förmågor och begränsningar vid utformningen av datorgrafiken. Läsbarhet och förståelse är nyckelbegrepp om grafiken ska upplevas som bra.

Större processindustrier och kraftindustrin hade tidigt ekonomiska möjligheter att satsa på datorer och med dem datorgrafik, men en viss konservatism gjorde att manöverpaneler med skrivare och vred fortsatt var den förhärskande tekniken för att övervaka och styra processerna. Vissa större pappers- och massabruk satsade på centrala datorer som tog in processignalerna för vidare bearbetning (Gruvön och Iggesund är exempel på sådana bruk) medan andra bruk i allt högre utsträckning satsade på olika specialiserade datorbaserade system. Figur 5 visar schematiskt hur dessa specialiserade system var positionerade i förhållande till varandra vid början av 1980-talet. Vid denna tid var systemen bara sammankopplade med hjälp av enstaka signaler. Alternativt var en viss signal kopplad till flera system.



Figur 5 Hierarki av datorsystem vid 1980-talets början.



Figur 6 Staplar och alfanumerisk information för PID-regulatorer.

Det var PLC och instrumenteringssystem som låg närmast processerna. PLC-systemen skötte typiskt logik och förreglingar kring driften av pappersmaskiner. Här användes ofta s.k. pekskärmar d.v.s. bildskärmar där man kunde interagera genom att med fingrarna peka direkt på skärmen. De s.k. instrumenteringssystemen ersatte de tidigare gängse limpregulatorerna. Här var syftet med grafiken helt enkelt att ge operatören ett interface som denne kände igen. Figur 6

är ett montage som illustrerar hur det kunde se ut på bildskärmen. De välkända P, I och D staplarna visades liksom deras tillhörande värden för de i instrumenteringssystemet inbyggda PID-regulatorerna.

Tidigast ute att använda datorgrafik i detta sammanhang var, som nämnts under rubriken milstolpar, processdatorerna. Orsaken till detta var helt enkelt att de system datorerna ingick i gav en mycket kort återbetalningstid trots höga utlägg för systemen. De mycket säljinriktade leverantörerna insåg att det var lätt att propagera för ett processdatorsystem med hjälp av de bilder systemet kunde leverera. Bland författarens säljhjälpmedel vid denna tid fanns en mock-up av en operatörsstation. Den innehöll ett blädderblock med bildskärmsbilder. På detta sätt kunde kunden få se typiska bilder. Författaren kan intyga att de konkreta bilderna gjorde kunderna mycket lättövertygade. Figur 3 är en kopia av en sådan bild.

Även övergripande s.k. "Mill Wide System" marknadsfördes. I dessa överordnade system var tanken att bruksledningen skulle kunna se sammanfattande bilder av hur situationen var i bruket. Även i detta sammanhang var naturligtvis grafiken viktig för att framhäva intressanta samband.

Idag är de olika systemen integrerade. I nybyggda respektive moderniserade manövercentraler inom processindustrin är de förr så karakteristiska långa manöverpulpeterna reducerade till ett minimum. Operatörerna kan från sina bildskärmar se och styra i stort sett varje detalj i de mycket stora system som en modern processindustri utgör. Se figur 16. Ett objektorienterat tänkande parallellt med hierarkier av grafisk representation av de 10000-tals olika objekten, har gjort den moderna processindustrin till en effektiv och säker producent. Mer om detta i del 2 av rapporten

En speciell tillämpning med hårda säkerhetskrav är styrning av kärnkraftsanläggningar. Några kärnkraftverk fanns bland författarens kunder och en kund var leverantör till kärnkraftsindustrin. Redundans är mycket strikt tillämpad inom denna industri och under lång tid var det tvingande att utföra de för redundansen viktiga "två av tre kopplingarna" i hårdvara. Två av tre innebär att om två indikationer överensstämmer antas dessa som dessa sanna även om den tredje visar något annat. Detta medförde att traditionell hårdvara användes betydligt längre inom kärnkraftsindustrin än exempelvis inom pappersindustrin. Under senare år har dock allt fler datorbaserade styrningar och övervakningar med hjälp av datorer tillåtits. En viktig faktor i detta har varit att datorgrafiken möjliggör en god överblick och ett gott beslutsunderlag för operatörerna.

Allmänt kan sägas att det inte skulle vara görligt att styra de komplexa och stora processer som idag kännetecknar processindustrin utan de möjligheter datorgrafiken erbjuder. Styrsystemen har också lett fram till den mycket låga bemanning som kännetecknar dagens processindustri.

Bildframställning i datorrummet

Redan 1921 kunde digitala bilder produceras med hjälp av en kodad tape och en skrivare för telegrafi. 1922 telegraferades en sådan bild över Atlanten [Gon93].

I leveranserna av processdatorsystem från AccuRay ingick ett serviceavtal som innebar att servicepersonal från AccuRay fanns på plats för att minimera stillestånd och uppmuntra operatörerna att utnyttja systemets möjligheter maximalt. Detta kunde innebära dygnetruntarbete men också perioder med lägre arbetsbörda. Två nyutexaminerade civilingenjörer från Chalmers, Björn Jungeröd och Åke Hansson, var stationerade på Hallstaviks pappersbruk några år in på 1970-talet. Deras uppgift var att vid behov sköta AccuRayssystemen på pappers-bruket [Hans05]. Björn var radioamatör och i hans nätverk cirkulerade gråskalebilder framställda med hjälp av alfanumeriska tecken. Teckenreportoaren i AccuRayssystemet var definierad i ASCII-kod. Ett ASCII-tecken svärta den yta där det skrivs ut i högre eller lägre grad beroende på vilket tecken som används. Det gick att åstadkomma riktigt realistiska gråskalebilder genom att välja lämpliga tecken. Bilden fick betraktas på lite avstånd för full behållning.



Figur 7 En gråskalebild sammansatt av alfanumeriska tecken med fonten Courier 10.

Åke förde tekniken ytterligare ett steg framåt genom att han byggde en egen scanner. Datorns konsolskrivare riggades så att den bild som skulle läsas in matades igenom succesivt. Åke hade kopplat in en fotodiod istället för konsolskrivarens skrivhuvud för att läsa av gråskalan i bilden i jämna intervall. Fotodioden var i sin tur kopplad till en av processdatorsystemets analoga ingångar. Med hjälp av datorn kunde Åke på detta sätt tilldela siffervärden till bilden. Genom lämpligt val av tecken, beroende på gråskalevärde, kunde en sådan inscannad bild reproduceras. Detta gjordes genom att de tecken som motsvarade önskat gråsskalevärde skrevs ut på konsolskrivmaskinen med skrivhuvudet återinstallerat. En del av de bilder som producerades på detta sätt distribuerades till serviceteknikerna på andra bruk. Distributionen skedde med den hålremsa som konsolskrivaren kunde trycka ut parallellt med pappersdokumentet. Åtskilliga av dessa alster smyckade AccuRays datorrum runt om i Sverige, Norge och Finland.

Ovanstående bild, figur 7, har författaren själv framställt för denna rapport. Den togs fram för att visa hur en alfanumerisk bild kunde se ut. Bilden är förminskad för att kunna betraktas på normalt läsavstånd. Förlagan är en digital gråskalebild som är analyserad med hjälp av ett litet program i C. Efter skalningar och tilldelning av tillgängliga tecken på ett standardtangentbord samt med hänsyn tagen till att ett alfanumeriskt tecken tar lite större plats i Y-led än i X-led blev bilden fullt njutbar. De använda tecknen är skrivna med fonten Courier i storlek 10. Courier valdes för att få tecknen ekvidistanta.

Semigraf

Arne Ottoson var kollega till författaren på AccuRay-tiden [Otto05]. Ottoson arbetar sedan många år på Mönsterås Bruk, en stor och ledande tillverkare av pappersmassa. Han har haft vänligheten att skicka en intressant dokumentation om den grafiska delen av de datorsystem som Mönsterås Bruk köpte från ASEA i mitten av 1970-talet. För bildvisning användes svenska terminaler från SRA (Svenska Radio AB). Dessa terminaler var specificerade av ASEA men ASEA ville själva inte stå för produktionen [Lund05]. Specifikationen var grundad på intryck från en rundresa som Jan-Erik Lundström m.fl. från ASEA gjorde. Lundström var inte särskilt imponerad av de amerikanska tillverkarnas fabriker. ASEA's egna fabriker var bättre! [Lund05]. Terminalerna marknadsfördes under namnet SRA Semigraf. Figur 8 är en kopia av en broschyr tryckt 1976 med information om SRA Semigraf SG 212.

I de tidigare nämnda AccuRay 1180 systemen från 1970-talet användes amerikanska AnnArbour- terminaler för att mellanlagra information för bildskärmsvisning. I jämförelse med dessa var SG 212 / 242 mer komplexa [Otto05]. SRA-terminalerna tillhandahöll färggrafik men också kurvritningsmöjligheter i hårdvara. Systemen fanns på åtskilliga övervakningssystem för elkraft, energi mm under 1970-talet. Framför allt berodde detta på att ASEA använde SRA's terminaler i sina ASEA Sindac system som var utvecklade just för övervakningsändamål. Mönsterås Bruk hade 14 stycken sådana system som mest.

SRA

SEMIGRAF

MODEL 212

A colour display system for Graphics -
Alphanumerics - Curves etc.

The SEMIGRAF 212 is designed to be used with computer based systems for maximum "man-machine" communication in the following applications:

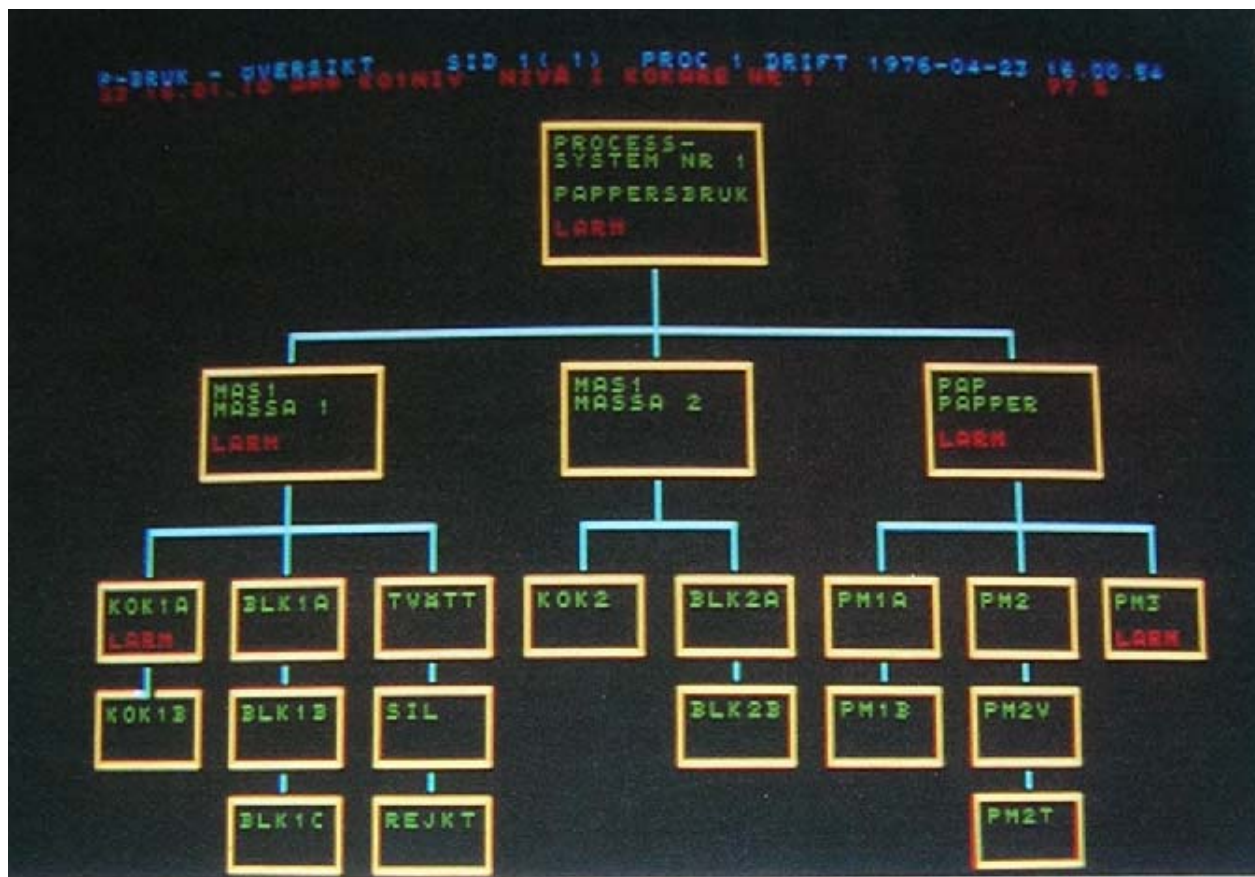
- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| ■ Power Production and Distribution | ■ Medical Electronics |
| ■ Traffic Control | ■ Defence Systems |
| ■ Process Industries | ■ Scientific Research |
| ■ Distribution Networks | ■ Administrative Systems |

The SEMIGRAF 212 colour display system is an obvious replacement for bulky and expensive operating consoles or main boards which in earlier days were the only alternative to such system applications.



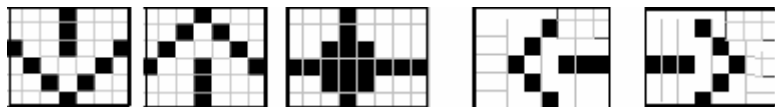
Figur 8 SRA Semigraf SG 212 enligt en brochyr tryckt 1976.

Dessa system var i drift under många år. När det inte längre var lönsamt att underhålla de ursprungliga terminalerna byggde bruket t.o.m. en emulerad Semigraf i DOS i slutet av 80 – talet! [Otto05]. Figur 9 är en bild från ett av ASEA's tidiga system daterad 1976 – 04 – 23. Den visar en enkel översiktsbild från ett pappers och massabruk.



Figur 9 Översiktsbild presenterad på SRA Semigraf 212. Bild tillhandahållen av Mönsterås Bruk.

Semigrafen kunde ställas i textmod eller i grafisk mod. ASEA behövde en vidare teckenreportoar än vad standard SEMIRAF erbjöd. Enligt dokumentationen från Arne, daterad 76 – 11 – 24, byggde ASEA egna semigrafiska tecken i två storlekar en större för 36 rader och en mindre för 48. Figur 10 innehåller några 48 raders symboler avbildade i pixelmönster från den nämnda dokumentationen.



Figur 10 Några semigrafiska tecken från ASEA's symboltabeller för SRA Semigraf.

Även de alfanumeriska tecknen kunde representeras i två storlekar. Vid denna tid hade användaren inte en uppsjö olika fonter att välja mellan!

1978 lanserade Luxor sin lilla dator ABC 80. Den blev mycket populär i bl.a. skolvärlden. 1981 kom Luxor med ABC 800 med vilken man försökte utvidga användningsområdet[Lux]. Denna maskin kunde fås i varianter som kunde användas för grafiska presentationer med hjälp av semigrafiska tecken. I en speciell grafikmod kunde ASCII-koden kalla på mer eller mindre fyllda rutor och riktigt bra bilder kunde framställas. I bilaga 1 finns en tabell med dels de vanliga

alfanumeriska tecknen presenterade tillsammans med de olika grafiska tecken som kunde användas i grafisk mod.

I Luxors ABC812 maskin hade grafikminnet kapacitet att lagra fyra olika bilder i högupplösningsgrafik. Eftersom bilderna var separat lagrade kunde de bytas ögonblickligt på skärmen. Man behövde inte utnyttja hela grafikminnet för lagring av bilder. Man kunde istället parallellt lagra data eller program. Ville man lagra 2 bilder fanns exempelvis plats för 66 kbyte data. Bilderna hade upplösningen 240x240 pixlar. Det fanns fyra färger valbara från en palett med åtta färger.

Tesselator

På ASEA's utvecklingsavdelning för elektronik upplevde man att det blev allt för begränsande med grafiska element omfattande antingen 8 x 6 eller 8 x 8 pixlar. Önskemålet var att fritt kunna blanda symboler av olika och valfria storlekar. Efter en tid fick en utvecklingsgrupp under ledning av Jan-Erik Lundström mandat att ta fram just ett sådant system. Detta ledde fram till det semigrafiska systemet Tesselator som lanserades 1980 [Eng83].

Det nya och patenterade med Tesselatorn var att bilderna byggdes med Tesslar [Lund05]. En Tessel består av 3 x 3 pixlar. Symboler kunde byggas i valfri storlek och definierades i en symboltabell. Varje symbol hade en definitionspunkt. Det var definitionspunktens X/Y-koordinater som bestämde var symbolen skulle komma att hamna på skärmen. För att övertyga ledningen om det möjliga i att bygga bilder på detta sätt införskaffades en korsstygsbok! En viktig tillämpning för ASEA var de stora övervakningssystemen för Sveriges kraftnät. I denna tillämpning var bild-skärmsbilderna väldigt centrala samtidigt som priskänsligheten var låg.



Figur 11 Typiska Tesselatorbilder med varierande storlek, bilderna körs emulerade på en modern PC. Bilden från www.tessem.nu

efter att den interna kunden fått möjlighet att se en Tesselatorprototyp blev det ett definitivt OK för framtagning av Tesselatorn.

En viktig egenskap i Tesselatorn var objektorienteringen. En symbol för exempelvis en viss sorts pump behövde bara en symbol som sedan kunde återanvändas vid behov. Figur 11 visar typiska Tesselatorbilder. Bilderna visas på en emulerad variant av Tesselator. Emulerade varianter av utgångna system är relativt frekventa och är ett sätt för industrin att hålla liv i större system där original kringutrustning inte längre går att få tag på eller har blivit för dyr. Att terminalerna är emulerade framgår av att bilderna visas på platta färgskärmar. Denna teknologi fanns inte tillgänglig under 1980-talet. Lägg även märke till att det skymtar en standard Microsoft bakgrundsbild bakom de emulerade bilderna!

Lägg märke till de väsentligt förbättrade presentationsmöjligheter Tesselatorn kunde uppvisa jämfört med SRA-terminalerna. Speciellt kan man se de varierande teckenstorlekarna.

Ett speciellt minne från den tid Tesselatorn var ny är den redan nämnda presentationen för Sveriges kung. Tesselatorn hade ett eget scriptspråk som gjorde det enkelt även för icke programmerare att iordningställa skraddarsydda visningsprogram. Hans Majestät blev mycket imponerat av Tesselatorn. Förhoppningsvis bidrog det visningsprogram författaren gjort och som inkluderade några japanska tecken till detta. Just möjligheten att visa japanska tecken var speciellt intressant eftersom kungen tillsammans med en affärsdelegation skulle göra en resa till Japan för att slå ett slag för svensk industri.

Författarens personliga reflexion är att Tesselatorn faktiskt var världsledande som semigrafiskt system i början av 1980-talet. ASEA beslöt att produktisera sitt DS100 system under namnet ASEA Master. Det blev då naturligt att inkludera Tesselatorn i operatörsstationen ASEA Master View. Asea Master har därefter successivt utvecklats till att bli ett av de världsledande processstyrssystemen i världen. Även om man inte längre använder egenutvecklade grafikkomponenter är det högst sannolikt att de tidiga erfarenheterna av datorgrafik har varit väsentliga för att nå dit man är idag. Jämför gärna med bilden på rapportens första sida som visar en ABB operatörsstation av idag.

Ibland kolliderar teknikframstegen med den krassa ekonomiska verkligheten. Den ovan nämnda produktiseringen kostade en hel del pengar och medförde att vidareutvecklingen av Tesselator prioriterades ned. Det visade sig också svårt att få acceptans för exempelvis nya kontaktdon. Synpunkter från kvalitetsavdelningen tillsammans med standardiseringskrav satte stopp för detta. Eldsjälen Jan-Erik Lundström lämnade efter en tid, och av dessa skäl, ASEA. Tillsammans med sin nya arbetsgivare, Westermo Teleindustri AB, bildade Lundström företaget RTG (Real Time Graphics). Huvudidén var att med programvaran EyesCream ersätta textbaserad information med avancerade datorgrafiska lösningar. Figur 12 visar ett bokningssystem för flygplan. Den illustrativa bilden är helt överlägsen textbaserade lösningar. Eyescream bygger på en patenterad teknik där Tesselatorns 3 x 3 Tessel ersatts med en pixel.



Figur 12 Ett bokningssystem baserat på Eyescream. Bilden tillhandahållen av Jan-Erik Lundström.

Persondatorer på ABB's kontor

För en tjänsteman inom ASEA/ABB i Västerås under 1980-talet var det dagliga datorhjälpmedlet en terminal kopplad mot det ASEA/ABB centrala AROS-systemet. AROS var en egenutvecklad ASEA-produkt med ett alfanumeriskt användargränssnitt. 1981 lanserade IBM sin PC-dator. Denna produkt blev snart en kommersiell framgång trots att den var tekniskt svag. "Grafikhanteringen i PC-datorn var närmast en katastrof." [Elek03]. ISA-bussen var långsam och oflexibel. Att mappa grafikminnet i mitten av minnesstacken var också osmart. IBM's lycka var att de öppnade för andra att utveckla produkten och PC förbättrades snabbt!

På författarens arbetsplats var det författarens sekreterare, som först fick en persondator. Året var 1986. Denna dator motiverades med att den var en ersättning för sekreterarens skrivmaskin. I början av persondatoreran på författarens division blev det också en sekreteraruppgift att ta fram underlag och framställa bilder med hjälp av detta nya hjälpmedel. 1989 började AROS-terminalerna bytas ut mot arbetsstationer med lokal intelligens men med fortsatt möjlighet att jobba i terminalläge mot AROS. Att namnet arbetsstation användes var helt enkelt ett sätt att markera att den lokala datorn hade mer prestanda än en normal PC. Naturligtvis var det också ett sätt för leverantören av kontorsdatorn att visa att vad man kunde få ut mer av en arbetsstation än av en dator för hemmabruk.

Arbetsstationerna innehöll standardmjukvara från Microsoft (MS-DOS) och därmed öppnades möjligheten för den lokale tjänstemannen att själv göra grafiska illustrationer till den information man ville förmedla. Till att börja med lades som sagt denna typ av uppgifter på sekreterarkåren. När 1990-talet närmade sig sitt slut var i stor utsträckning sekreterarna bortrationaliserade. Varje tjänsteman skrev sina egna mejl och eventuella brev. Den som behövde illustrerade också själv den information man ville framhålla.

Författaren satt med i produktionsdivisionens ledningsgrupp och i detta sammanhang var det viktigt att enkelt och koncist kunna illustrera olika samband och trender. Färdig med alla de nya möjligheterna var naturligtvis att en bild oftast såg trovärdig ut även om underlaget för bilden kunde ifrågasättas liksom att det var enkelt att, genom skalor och annat, överdrivet framhäva t.ex. en svag trend. En annan fara låg i att det helt enkelt var roligt att laborera med presentationsmöjligheterna så att detta tog tid från andra väsentliga arbetsuppgifter.

Trots dessa barnsjukdomar blev snart arbetsstationerna oundgängliga verktyg. PC-ålderns inträde innebar ett paradigmskifte vad gäller kontorsarbete. Sekreterarna är nästan borta och åtskilliga använder själva de mer avancerade grafiska verktyg en arbetsstation innehåller och inte bara de allt bättre grafiska användargränssnitten.

Håkan Lans och färggrafiken

Uppfinnaren Håkan Lans lyckades 1981 få patent i USA på "A system and apparatus for managing the picture memory of a digital color graphics imaging system" [Patent]. För den detaljintresserade finns patentet i bilaga 2.

Patentansökan hade lämnats in redan tidigt 1979 och denna beskrev ett system som kunde erbjuda slumpvis access till bildminnet på ett effektivt sätt och med hög hastighet. "Till en början ansågs detta måttligt intressant därför att tillämpningarna inte var uppenbara"[Mob]. När personatorerna gjorde sitt inträde på marknaden blev tekniken högintressant. Patentet visade sig svårt att komma runt och 1988 föll IBM till föga och tecknade ett avtal med ett av Håkan Lans bolag, Uniboard AB, som övertagit rätten till patentet.

Efter en förlikning 1995 skrev Lans även licensavtal med Hitachi [Mob]. En advokatbyrå åtog sig, mot del i eventuella intäkter, att stämma Dell och Hewlett Packard, som inte ville betala. Det fanns en viss oklarhet kring om Uniboard kunde räknas som ägare av patentet i USA eller om det måste vara Lans själv. Av strategiska skäl bestämde advokatbyrån att Håkan Lans skulle stämma dataföretagen, inte Uniboard. Detta visade sig bli en katastrof. Domstolen tog fasta på att i IBM-avtalet stod det att Uniboard hade rätten till patentet. Lans dömdes att betala både motpartens och de egna advokaternas kostnader trots att det, enligt Lans, var hans egna advokater som gjort fel. Sammanlagt dömdes Lans att betala över 100 miljoner kronor [Corr04].

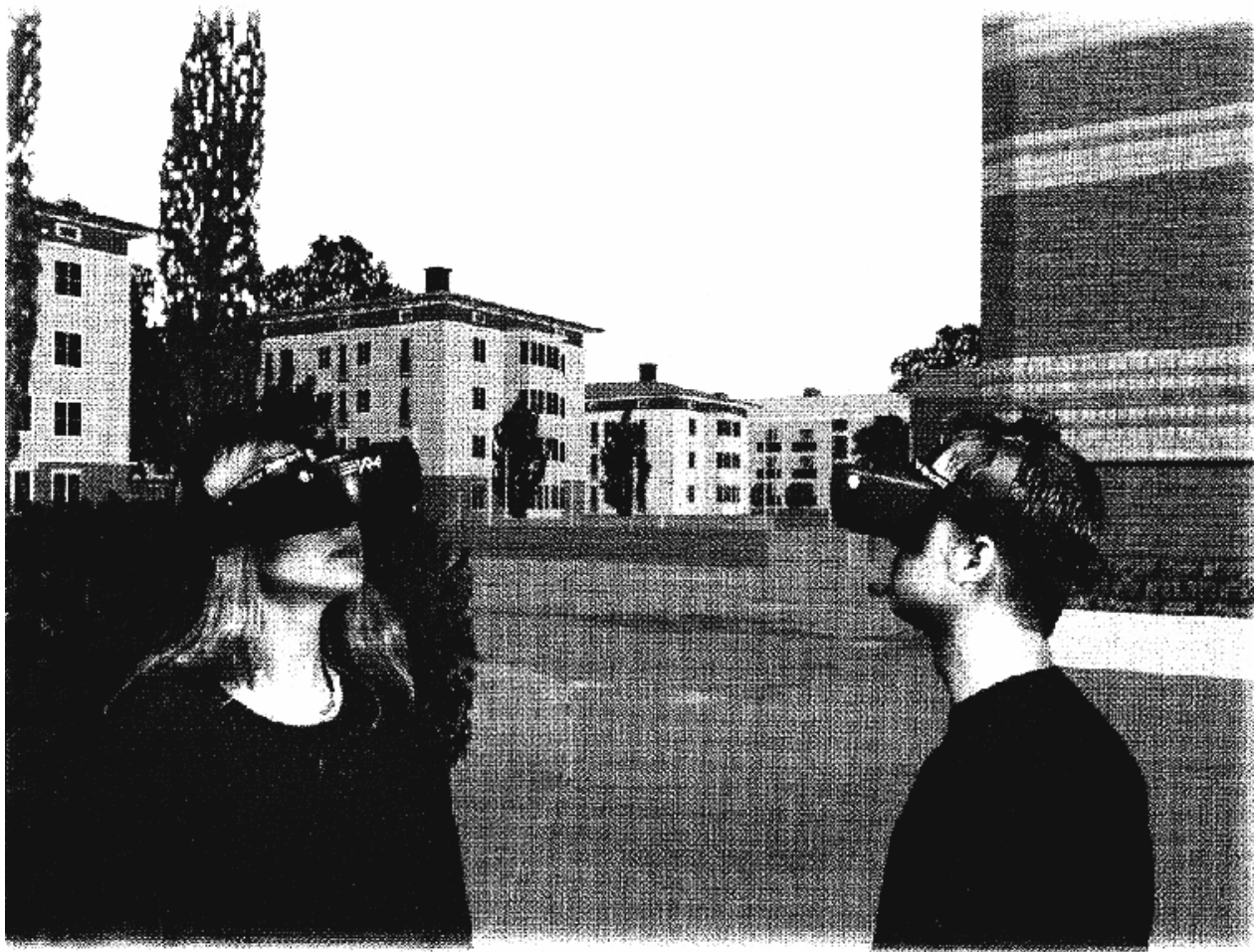
Den ursprungliga domen föll 01 – 09 – 06 [Mob05]. Lans skaffade en ny advokat. Beslutet om rättegångskostnaderna överklagades i början av 02 men ärendet blev liggande hos domstolen till dess att näringslivsminister Leif Pagrotsky och några EU-parlamentariker protesterade [Corr04].

Processen gick igång 04 – 12 – 23 men har inte ha gått Lans väg. Den nya domen föll 05 – 06 – 23. Kanske rör det sig om ett justitiemord [Mob05].

Utöver den orättvisa Håkan Lans verkar ha utsatts för kan man konstatera att han under lång tid inte hunnit ägna sig åt nya uppfinningar. Utöver Lans personliga förluster har därmed hela samhället antagligen blivit åtskilliga innovationer fattigare.

Visualisering

För tillverkningsindustrin har verktygen för 3D grafik och VR (Virtual Reality) visat sig vara mycket fruktbara. Ett svenskt företag, Clarus AB, var tidigt ute inom detta område. I en broschyr från 1995 pekar man på att CAD och simulering kopplas ihop av Clarus programvaror [Clarus95]. Tidigare hade de närbesläktade arbetsområdena "framställning av 3D bilder" och "interaktiv virtuell simulering" haft ett svagt samband. Clarus erbjöd verktyg där dessa datorgrafikbaserade aktiviteter länkades samman. Clarus AB köptes upp av Prosolvias som var ett



Figur 13 En visualisering av bostäder för MDH studenter. Observera visualiseringshjälmarna i förgrunden. Bilden från en av Arosutbildarnas reklambroschyrer.

företag med pengar från de avvecklade löntagarfonderna som grund. Att Clarus blev till salu kan möjligen spåras till att programvaran kördes på dyra Silicon Graphics arbetsstationer. Dessa använde IRIX programvara. Prosolvias satsade seriöst på Clarus som bl.a. fick arbeta med interaktiv visuell simulation. Bland industrikunder kan Ericsson och Volvo nämnas.

Arosutbildarna i Västerås använde Clarus programvara till att bygga 3D modeller från 2D eller 3D CAD-format eller från vanliga ritningar. Modellerna kunde sedan betraktas på exempelvis storbildskärm eller via hjälm. Verkstadsindustriföretag som ABB och Adtranz fanns bland Arosutbildarnas kunder. Figur 13 visar en modell av nya studentbostäder vid Herrgårdsskolan. Husen är numera byggda så dagens Västeråsare känner säkert igen motivet. Lagg märke till hjälmarna på personerna i bildens förgrund.

1998 bildade ABB Flexible Automation och Prosolvias ett samriskföretag. Det nya bolaget positionerade sig som en oberoende leverantör av Digital Plant Technology inom området automatiserad tillverkningsindustri [ABB05]. Denna teknik riktar sig till tillverkningsindustrin och effektiviserar utformning, planering, upphandling, programmering, installation, drift, utbildning och underhåll. Prosolvias AB begärde sig i konkurs 981231 tillsammans med dotterbolaget Prosolvias Clarus AB [Find05].

Millenniumbuggen och ERP-system

Inför millenniumskiftet var många företagsledningar kraftigt uppskrämda av de s.k. millenniumbuggarna. I äldre datorsystem hade av minnesbesparande skäl årtal endast angivits med två siffror. Detta innebar att alla beräkningar som byggde på att ett senare datum är större än ett tidigare skulle slå fel när det nya årtusendet inträdde. Eftersom äldre system var successivt påbyggda med ny funktionalitet och att de som ursprungligen gjort programmen oftast inte fanns kvar inom företagen framstod uppdateringar till fyrsiffriga årtal som ogörliga. Lösningen blev istället att man bytte ut hela system.

Många företagsledningar beslutade sig för att införa stora ERP (Enterprise Resource Planning) system. Alla data skulle vara säkerställda och bara uppdateras på ett ställe. Idén var att genom konsistent data säkerställa att alla funktioner i ett företag alltid skulle ha tillförlitliga uppgifter. Tanken var naturligtvis vettig men medförde att medarbetarna måste styras väldigt hårt för att säkerställa data. Ett ERP-system kunde till och med komma att styra hur företaget skulle vara organiserat. Kravet på att allt måste vara säkerställt blev besvärande och ibland orimligt. Vissa okända uppgifter behövde en längre utredning innan inmatning var möjlig. Detta kunde leda till frustration och innebar en tröghet som blev besvärande.

Inför ett byte av ett ERP-system måste ett omfattande inhämtande och säkerställande av grunddata göras och även en mycket omfattande utbildning av personalen genomföras. Inför ABB's byte av det egenutvecklade AROS-systemet till SAP deltog författaren i ett av de projektteam som skulle medverka till en problemfri systemövergång. En siffra ur författarens minne är att det var minst 40 månader som plöjdes ner i detta syfte bara på ABB Automation där författaren var anställd.

Efter Flextronics köp av ABB's produktionsdivision för elektronik i Västerås blev det istället det holländska ERP-systemet BAAN som infördes på författarens arbetsplats. Upplägget av detta system och dess grafiska användargränssnitt var mycket lika SAP's. För användaren upplevdes BAAN väldigt otympligt. Tvånget att säkerställa allt data innan systemet kunde godkänna det upplevdes även i detta system enerverande. Det undermåliga användargränssnittet bidrog till detta. Aros var textbaserat och rymde väldigt mycket information per sida vilket var en stark fördel för den vane användaren. BAAN hade mängder av enkla formulär vart och ett med väldigt begränsad informationsmängd per sida. Trots att man skulle kunna beteckna gränssnittet som grafiskt var det definitivt sämre än det AROS erbjöd och det upplevdes som väldigt jobbigt att arbeta med. Till saken hör att samtliga tjänstemän redan var vana vid det funktionella och tydliga användargränssnitt de hade på sina arbetsstationer.

En annan svårighet för användaren var att det blev mer komplicerat efter BAAN installationen att få tag i rådata för egenframställda kurvor och diagram. Visserligen finns många synpunkter på Microsofts programvaror och även på företagets olika gränssnitt, särskilt bland högskolestudenter, men enligt författarens mening har standardprogramvarornas jättevolym och en nyttig konkurrens från Apple bidragit till ett gränssnitt som är överlägset åtminstone ERP-leverantörernas.

DEL2 DAGSLÄGET

Inledande kommentarer

För att få en bred överblick av hur datorgrafik används i produkter och system avsedda för svensk industri av idag besökte författaren Tekniska Mässan i Älvsjö, Stockholm och den parallella utställningen Scanautomatic. Besöket gjordes onsdagen 051019.

Mer än 600 utställare fanns på plats för att visa upp sina erbjudanden på denna välbesökta fackmässa. En första och förväntad iakttagelse var att hos var och varannan utställare fanns bildskärmar uppställda eller upphängda i mängder. Utan undantag var alla skärmar platta! Tekniken med platta skärmar har verkligen nått fullt genomslag. Vare sig utställaren hade produkter där skärmar var en integrerad del eller om produkten i sig saknade skärm användes datorgrafik för att framhäva produktens och utställarens företräden.

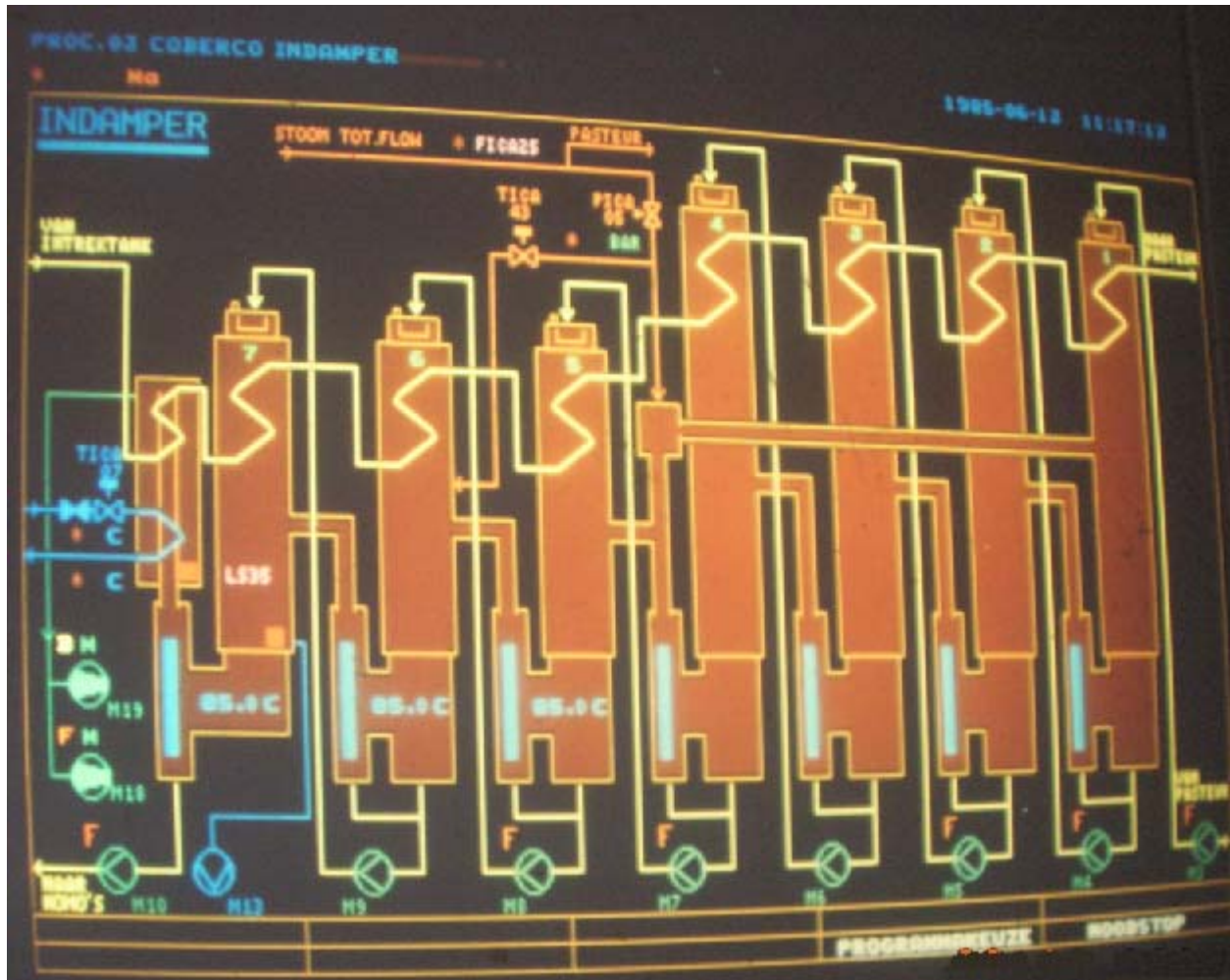
Avsikten med denna inledande kommentar är inte att ge en heltäckande bild av alla tillämpningar av datorgrafik som visades på mässan. Syftet är snarare att ge ett axplock av de intryck mässan gav författaren. Dessa axplock ska dock ge en känsla för hur datorgrafiken används idag i det industriella sammanhanget.

De exempel som valts spänner över allt från inbyggd grafik i små och enkla system med begränsade uppgifter till mycket omfattande och avancerade system avsedda att övervaka och styra hela fabriker.

Gemensamt för de flesta av de observerade systemen är att produktleverantörerna inte utvecklat de grafiska funktionerna själva. De flesta system, från de minsta till de allra största, tycks använda de datorgrafiska funktioner Microsoft erbjuder. Det är uppenbart att behovet av avancerade grafiska gränssnitt mynnat ut i att standardmjukvara och standardplattformar nu tycks i stort sett allena rådande! Att lägga till ett avancerat grafiskt gränssnitt till en produkt är idag väldigt enkelt förutsatt att man använder just en standardplattform och ett standard operativsystem. Egna lösningar skulle kräva månår av utveckling redan i form av egna grafikdrivrutiner för att inte tala om de underhållskostnader en sådan utveckling skulle dra med sig.

De flesta utställare kunde visa upp en mogen och vettig användning av datorgrafik. Det fanns dock undantag. En utställare försökte dra uppmärksamhet till ett mindre system genom att visa upp en klart överlastad bild föreställande en fiktiv process. Vid samtal med en representant för företaget höll denne med om att bilden var en typisk direktörsbild som inte var särskilt lämplig som operatörsbild. Det framkom att bilden var en demobild som tagits fram av en programmeringskunnig person utan egentlig industrierfarenhet! Figur 14 är en äldre bild från en ASEA Master View operatörsstation. Den är en översiktsbild över en indunstningsprocess. Denna bild lider i princip av samma problem som den bild den refererade utställaren visade. Den frodiga grafik som används gör att bilden blir svårläst. Mängden av olika färger bidrar till detta. Dåliga kontraster och brokigt färgval har tillsammans med det tidigare sagda, resulterat i en dålig bild, trots att ett i grunden bra färggrafiksystem fanns tillgängligt. Jämför gärna med figur 16 där

bildens sobra gråskala gör det möjligt att framhäva relevant och viktig information. Det gäller att bilderna stämmer med operatörernas kognitiva förmåga för att bilderna ska bli optimala och kunna rymma den myckna information som mäts i eller beräknas från dagens komplexa processer.



Figur 14 Översiktsbild över en industrianläggning visad på ett ASEA Master View system. Bilden tillhandahålls av ABB.

Några utställare kommenterade att när det gäller industriella applikationer har det inte hänt särskilt mycket på datorgrafikens område under senare år. Detta är säkert korrekt i många fall men det som händer inom området CAD (Computer Aided Design) är väl värt att notera. När det gäller 3D design har de avancerade rittekniska hjälpmedlen byggts på med funktioner för realistisk rendering av de konstruerade modellerna och med "provkörning" av modellerna där konstruktören direkt kan se hur den nykonstruerade produkten "uppför sig".

Ett mindre CAD-system för el-konstruktion, FastEl från PK Data bjöd på en överraskning. Detta CAD-system har funnit en marknad i spelframtagningsindustrin! Mer om detta under rubriken CAD. Till mässans begivenheter hörde även seminarier som olika leverantörer svarade för. Ett par av seminarierna finns redovisade senare i rapporten.

Enkla tillämpningar

Den lättillgängliga grafik som dagens standardsystem erbjuder har medfört att möjliga tillämpningar inte nämnvärt begränsas av framtagningskostnaderna för önskad funktionalitet. En begränsande faktor är i stället standarhårdvarans miljötålighet. Under datorernas korta historia har just hårdvarans begränsningar medfört omfattande investeringar i datorrum och annan skyddande miljö. S.k. ruggade datorer, d.v.s. datorer där hårdvaran gjorts extra robust för att tåla exempelvis större vibrationer än en standarddator, och tåliga kringutrustningar har flyttat gränserna för möjliga datortillämpningar. Hittills har kostnaden för denna typ av apparatur begränsat användningen till speciella avancerade applikationer. En observation under Tekniska Mässan var att avancerad men standardiserad grafik numera kan användas i en så pass enkel tillämpning som visande av truckförarinformation. Åkerströms, med säte i Björbo i Dalarna, utvecklar bl.a. robusta truckdatorer för trådlösa nätverk. De räknar sig som marknadsledande vad gäller ruggade datorer för extrema industrimiljöer. Figur 15 visar insidan av en truck där föraren får upp information som tidigare endast varit tillgänglig på stationära operatörsstationer.



Figur 15 En bildskärm från Åkerströms installerad inuti en truck. Bilden är ett montage.

Bildskärmen är av typen pekskärm, som är miljötåligt inkapslad. Istället för ett tangentbord finns en grafisk implementering av ett sådant direkt på skärmen. I övrigt är det standard Microsoft funktioner som står till förarens förfogande.

ABB

Av de bildskärmsbaserade datorsystem som visades på Tekniska Mässan var ABB's 800 system det mest omfattande. Det finns ett antal konkurrenter på världsmarknaden vad gäller denna typ av heltäckande processtysystem. Men ingen av dessa ställde ut sina stora system. Siemens som är en konkurrent till ABB fanns med på mässan men hade valt att ställa ut några av sina mindre system.

Ett ABB-system kan byggas i många nivåer och även geografiskt distribuerat. Större och mindre system kan kopplas samman och typiskt är att ett helt stort pappersbruk är i princip åtkomligt från en arbetsplats. Figur 14 visar en stor sådan arbetsplats med en stor skärm för överblick även på avstånd och fyra normalskärmar för användning på nära håll.



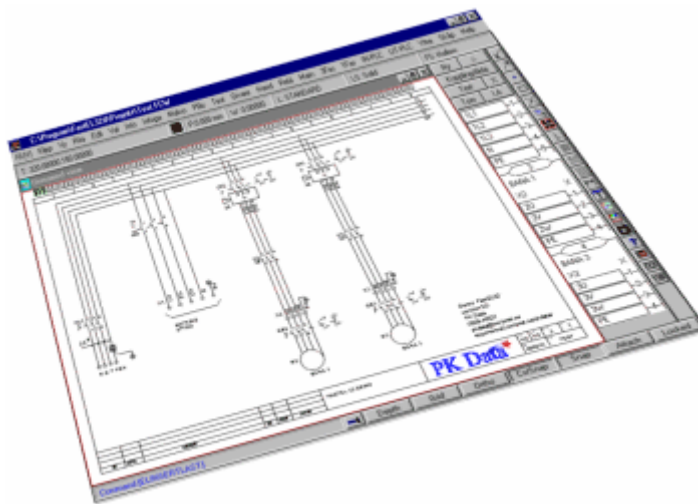
Figur 16 En ABB 800 operatörsstation med möjlighet till överblick och detaljstudier. Denna bild liksom bilden på rapportens framsida är tillhandahållen av ABB.

Normalt är de bilder som systemet visar utförda av användarna själva. Själva bildskapandet görs på en separat arbetsstation som ABB tagit fram för detta ändamål. Detta är ofta det bästa och framför allt det billigaste sättet att lägga upp det som ska visas. Den enskilda industrin kan dock sakna spetskompetens i utformning av bilder. De bilder som figur 16 visar är utförda av ABB själva. De har lagt sig vinn om att hålla bilderna i en sober färgskala men ABB har naturligtvis utnyttjat färger och blinkfunktioner när det är befogat. Detta gäller framför allt när systemet behöver påkalla uppmärksamhet vid en larmsituation eller för ett viktigt meddelande. Detta gör att bilderna, trots sin eleganta 3D-design, inte blir tröttnande för operatören och att viktig information inte skymms av excesser i färg och form.

En styrka med denna typ av system är tillgången till djup och detaljerad information på förfrågan. Informationen kring ett visst objekt kanske i normalfall inte visas alls eller bara i form av något enstaka värde i en översiktsbild. Detta kan gälla en pumpmotor, bland 100 tals andra motorer i ett större processavsnitt, som normalt aldrig krånglar. Skulle det visa sig att den ändå krånglar kan operatören begära mer information om exempelvis motorns olika driftparametrar. Dessutom kan manualer och serviceanvisningar vid behov tas fram direkt på bildskärmen. Operatören eller en reparatör kan också klicka fram en reservdelsförteckning för motorn. Den som vill kan få uppgifter om tidpunkten för nästa planerade service. Skulle önskad information om motorn inte finnas i systemets databas går det också att klicka sig vidare till exempelvis motorleverantörens hemsida på nätet.

CAD

Åtskillig utställningsyta var abonnerad av olika leverantörer inom CAD området. Två av utställarna var speciellt intressanta. PK Data visade ett litet funktionellt CAD-system inriktat på elteknisk konstruktion. Deras traditionella 2D CAD-system har många funktioner som är behändiga för användaren. En smart detalj är att användaren kan använda det bibliotek av färdiga moduler som erbjuds. Ett exempel är ett linjeschema för en relativt omfattande motorkrets. PK Data rekommenderar att man använder biblioteksfunktionen även när en enklare krets ska ritas. Det är nämligen betydligt snabbare att ta bort färdigritade funktioner än att rita en egen krets från scratch. Den modifierade kretsen kan naturligtvis återanvändas. Verkytyget såg tydligt och enkelt ut och är säkert användbart särskilt för ett mindre företag med begränsad budget. Figur 17 visar ett typiskt linjeschema.



Figur 17 Linjeschema för några motorkretsar på CAD systemet FastEl från PK Data. Bilden från PK-Data.

Detta lilla CAD-system hade byggts på med möjligheter att inkludera bitmapfunktioner. Plattformen är definierad som vektorobjekt i CAD-ritningen. Tekniker som används är filter som till exempel Blur, Glow, Drop shadow och Transparency. För bitmapbilderna används dessutom en alfakanal. För att få tillräcklig prestanda har PK Data tagit fram lösningar för bitmap-filtren, dynamiska cursors och cacheminne. De har dessutom stått för en stor del av idéerna samt för all

programmering. Detta påbyggda CAD-system har funnit en marknad i spelframtagningsindustrin! CAD-systemet kan används som en plattform för spelutveckling. Figur 18 visar en spelplan som utvecklats på denna plattform av ProFantasy Software Ltd.



Figur 18 En spelplan byggd på CAD-systemet FastEl från PK Data. Copyright på bilden har ProFantasy Software Ltd.

PK Data satsar nu på att återanvända framgångarna från spelmarknaden genom att införliva bitmapfunktionaliteten i sitt vanliga CAD-system. Detta är således ett konkret exempel på att idéer från spelindustrin kan komma industrin till godo!

Ett Seminarium om CAD

Professor Staffan Sunnersjö från ingenjörshögskolan i Jönköping höll ett intressant föredrag om intelligenta system för automatiserad konstruktion. Han framhöll att CAD-system hittills har använts för analys men inte för syntes. Numera finns verktyg i CAD-systemen som medger syntes. Detta ger nya möjligheter!

Enligt professor Sunnersjö stiger projektkostnaden för CAD-jobb exponentiellt år för år. Det är alla möjligheter som dagens konstruktionsverktyg erbjuder som är huvudorsaken till detta. Ett sätt att möta detta problem är att möjliggöra för CAD-systemen att göra automatisk konstruktion.

Prodesign är ett samarbete mellan fyra högskolor, Jönköping, Chalmers, KTH och Luleå. De arbetar bl.a. med att modellera själva konstruktionsprocessen. Detta har i sin tur nu lett fram till hjälpmedel just för automatiserad konstruktion.

Analysen, d.v.s. de manuella ritmetoderna, har successivt förbättrats under de 20 senaste åren. Först kom 2D ritbrädor. Sedan kom möjligheter att rita trådmodeller i 3-D för att följas av att åstadkomma ytor i 3D. Enligt professor Sunnersjö kunde CAD-systemen hantera ritning av solider vid mitten av 1990- talet och snart därefter kom möjligheter att rita parametriska solidmodeller. Nu är tiden mogen för en generativ modell d.v.s. att låta datorn hjälpa till med att åstadkomma CAD-ritningen.

Efter en fråga från författaren bekräftade Sunnersjö att CAD för mönsterkort är ett undantag från påståendet att syntes är nytt inom CAD-området. Elektronikindustrin har sedan länge i CAD-processen för framtagning av mönsterkort använt sig av automatiserad syntes. Automatisk routing (hur ska ledaren som ska förbinda olika punkter dras) har varit standard vid CAD-ning av mönsterkort sedan åtminstone 15 år. Allt mer sofistikerade algoritmer har tagits i bruk som, utöver isoleringsavstånd mellan ledare, även kan ta hänsyn till överhörning och andra elektriska parametrar. Hur ledare dras och hur nära ledare ligger varandra i kritiska partier åskådliggörs med mycket avancerade datorgrafiska hjälpmedel

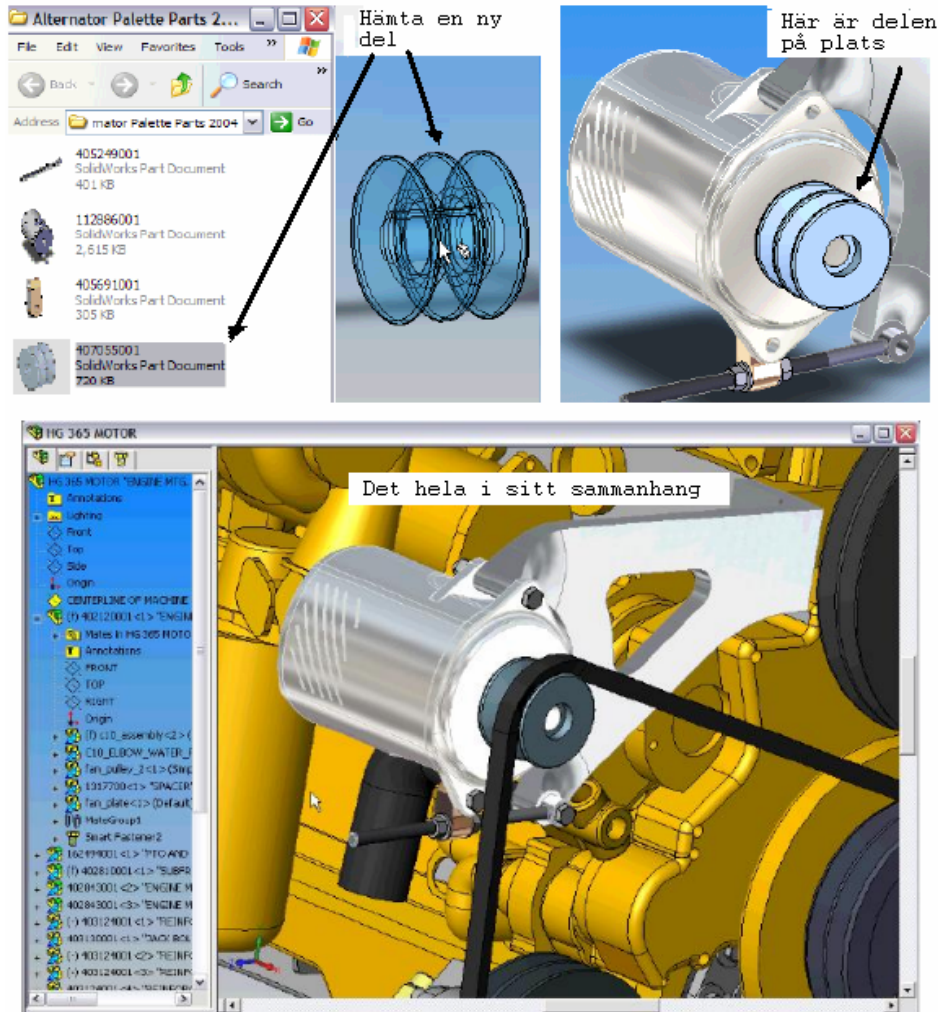
Numera skulle det knappast vara möjligt att konstruera de kanske 15 - 20 lager som dagens mer sofistikerade mönsterkort kräver utan de automatiska hjälpmedel som elektronikindustrins CAD-system erbjuder.

När författaren först kom i kontakt med CAD för mönsterkortstillverkning satt de mycket specialiserade operatörerna i mörkrum eftersom bildskärmarna var relativt ljussvaga. Förbättrade bildskärmar och den allt mer avancerade men ändå mer lättlästa datorgrafiken har gjort att CAD folket numera sitter ute i kontorslandskapet tillsammans med övriga tjänstemän på produktionsavdelningen.

Ett exempel på “state of the art” inom CAD-området

MP Engineering, en av utställarna på Tekniska Mässan, tillhandahåller 3D-lösningar för hela utvecklingsprocessen, CAD, CAM, PDM och Analys. De leverar bl.a. programvaran SolidWorks från det fransköpta amerikanska företaget SolidWorks Corp.

På Tekniska Mässan avgjordes tävlingen 3D CAD-SM. Fred Möller, som driver det egna konsultföretaget Duo Design AB i Tullinge, tog hem guld i en rafflande final. De tävlandes CAD-program fick ha de inställningar de tävlande brukar använda. Möller använde SolidWorks och det var även andrapristagarnas programvara. Det är fascinerande att det till och med tävlas i att på tid åstadkomma datorgrafik.



Figur 19 Några steg i konstruktion/visualisering av en generator med 3D CAD verktyget Solid Works.

SolidWorks innehåller en rad olika verktyg för att göra 3D konstruktion effektiv och säker. Det är enkelt att testa alternativ och att se och lösa problem redan innan en produkt börjat produceras. Under Tekniska mässan visades på en storbildsskärm, i en mycket välbesökt monter, hur konstruktion och test av en fällbar stol kan gå till. Även om en demonstrator på en mässa kan förutsättas vara flyhänt var det imponerande att se med vilken lätthet de olika detaljerna modellerades fram och sammanfogades. Mest imponerande var dock momentet där stolsitsen fälldes ner på den renderade 3D modellen på skärmen och hur programmet markerade var sitsen hakade i så att den inte kunde fällas in så fullständigt som önskats. Att rätta till problemet var förstås enkelt.

Figur 19 visar ett annat exempel på vad som kan åstadkommas med SolidWorks. En detalj hämtas ur en katalog för att sedan integreras med en nyritad generator. Denna placeras slutligen i sitt sammanhang som en del i ett motorpaket. Det är tidsbesparande att kunna utnyttja arbete andra utfört.

Skanning av industrilokaler

Att datorgrafiken kommer till större och större nytta i privatlivet finns det många exempel på. När författaren byggde ett nytt hus 1999 erbjöd husförsäljaren en rundvandring via dator i den husmodell familjen var intresserade av. Det var verkligen säljande att kunna se hur huset tog sig ut både in och utvändigt i alla vinklar och vrår. Trädgårdsprogrammet Gröna rum visade i SVT2 051005 hur man med datorns hjälp kan göra artificiella planteringar av växter utifrån ett inscannat foto. Man kunde genast se hur de olika växttyperna skulle "göra sig". Växternas utseende varierade med vald årstid. Ett verkligt illusoriskt exempel på datorgrafik i arbete.

Industrin tar nu också denna teknik i sin tjänst. Vid tekniska mässan hölls ett seminarium med inriktning på optisk skanning av produkter. Det var företaget Cascade Computing AB som genom Börje Larsson informerade om de möjligheter dagens optiska teknik ger. Detta hjälpmedel tillsammans med speciell programvara möjliggör att mycket kvalificerade tjänster inom 3D-skanning/Digitalisering/Visualisering kan erbjudas för många tillämpningar.

Eftersom 3D-skanning är en ny teknologi har den en kort historia. För tio år sedan kunde man läsa av en yta med 3D-skanning. Fem år senare kunde tekniken användas till att studera en utförd design. För drygt tre år sedan hade 3D-skanning utvecklats till ett verktyg för kvalitetskontroll. Halvautomatiska lösningar med hjälp av 3D-skanning var enligt Larsson tillgängliga för två år sedan och nu finns helautomatik på 3D-skanningsområdet tillgänglig.

En av Cascades kunder är Svensk Verktygsteknik AB i Luleå. Svensk Verktygsteknik AB är ett utvecklingsbolag som arbetar inom området industriella formningsprocesser. De har genom Cascade köpt in en optisk skanningsutrustning från det tyska företaget GOM. Företagets VD Lars Sandberg uttalar sig så här "Med denna investering sluter vi cirkeln i utvecklingsprocessen. Från att tidigare ha jobbat uteslutande i virtuell miljö så kan vi nu knyta ihop denna med resultat från skanning av fysiska utfallsprover och därmed verifiera att vi har hamnat rätt med avseende på geometri, verktygsytor och simuleringsresultat" [Casc05].

Med optisk 3D skanning kan produktutveckling göras på ett nytt sätt. Ett exempel är "reverse engineering". 3D skanning utförs på en fysisk modell varefter ytberedning görs och resultatet kan sedan direkt användas i CAD-programmet.

Optisk 3D skanning är beröringsfri och ger en hög noggrannhet (från 0,001 mm till 0,05 mm beroende på utrustning)[Casc05]. 3D skanning ger avsevärt kortare ledtider i utvecklingsskedet. Dessutom får produkten en starkt förbättrad kvalitet. Andra möjligheter är användning av metoden för kvalitetskontroll. Tillverkaren skannar produkten efter tillverkning och jämför sedan med konstruktionsunderlaget. 3D skanning kan också användas i en annan del av designprocessen. Efter att en modell är tillverkad till exempel i lera kan den göras digital och bli "backup" för mastermodellen eller helt ersätta fysisk lagring av modeller. Ytterligare en användning är för modifiering av gamla produkter. Dessa kanske var konstruerade på ritplanka eller med annan 2D CAD. Nu kan de överföras till modern 3D CAD.

Företaget BBK (Berg Bygg Konsult AB) använder laser vid skanning och kan därigenom göra digitala modeller av berggrum och industrilokaler[BBK05]. Dessa modeller kan sedan användas

vid deras projektering för ombyggnader mm. ÅF (Ångpanneföreningen) har genom sin underavdelning ÅF teknik förfinat denna teknik för användning i deras industriella projekt. När ÅF får ett konsultuppdrag innebär det ofta att rördragningar behöver göras om alternativt kompletteras. I en befintlig industrilokal kan detta medföra besvärliga mätjobb. Detta för att kunna avgöra vad som behöver göras och för att göra bättre kostnadsestimeringar. Enligt Ulf Hamrin, ytterligare en kollega från författarens AccuRay-tid och verksam inom ÅF, löser man numera detta genom att helt enkelt göra en laserskanning av lokalen. Resultatet av skanningen blir en bild av tillsynes låg kvalitet men med smarta filtreringstekniker kan bilden förbättras. ÅF utför sedan enkla kompletterande mätningar av exempelvis isoleringstjocklekar på rör och efter sådan bearbetning har man ett mycket användbart underlag [Ham05].

Smarta trendkurvor

Iggesunds bruk utanför Hudiksvall tillverkar högkvalitativ kartong. I personaltidningen Holmen Insikt [Holm05] beskrivs en enkel men funktionell grafisk applikation som kallas smarta trendkurvor. I dagens avancerade men lågt bemannade industri är ett välkänt problem att ta vara på det väsentliga i det stora informationsflöde som operatören har att övervaka. Iggesund kallar funktionen smarta trendkurvor. Utvecklingsingenjör Anders Skoglund är mannen bakom detta hjälpmedel. Verket byggs på Skoglunds doktorandarbete med rubriken "Multivariate modelling and monitoring for stabilisation of paperboard manufacturing" [Skog04]. Arbetet mynnar ut i en modell för att med många variabler styra och stabilisera kartongtillverkning. På KM (Kartongmaskin) 2 finns ca 2000 olika variabler som påverkar kartongkvaliteten. Ungefär 300 av dessa har valts ut att ingå bland de smarta trendkurvorna tillsammans med ca 200 variabler från KM1 och ca 100 från massalinjen. Av alla dessa variabler är det bara ett fåtal i varje ögonblick som skulle behöva operatörens uppmärksamhet. De variabler som behöver åtgärdas sorteras av programvaran så att den mest angelägna avvikelserna hamnar längst upp på en lista på operatörens skärm. Storleken på varje avvikelse redovisas i form av liggande staplar där riktningen anger om det är en positiv eller negativ avvikelse och och röd, gul eller grön färg indikerar angelägenhetsgraden.

Detta är ett exempel på att ett komplext sammanhang kan göras lättförståeligt med en smart programvara tillsammans med en enkel grafisk redovisning. De smarta trendkurvorna har nu använts på Iggesunds Bruk under tre och ett halvt år. Tillsammans med flera andra åtgärder har de smarta trendkurvorna bidragit till höjd produktivitet och bättre kvalitet. Enligt tidningen tycker personalen att de smarta trendkurvorna är ett bra hjälpmedel som underlättar deras arbete.

DEL3 FRAMTIDEN

Framtidstankar

Kostnadsmedvetenhet, energibesparing och allt lägre bemanning är tillsammans med kvalitet och produktivitet redan idag viktiga frågor för en tillverkande industri. I ett framtidsscenario för industrin måste denna typ av hänsyn fortsatt tas. Utformningen av framtidens datorgrafik för industrin kommer rimligen fortsatt att ha starka kopplingar till företagets behov av att driva dessa frågor.

Den tid är förbi då industrin hade tillräckliga volymer för att kunna sägas vara drivande i själva grundutvecklingen av datorgrafiken. I ett relativt kort framtidsperspektiv kommer med stor säkerhet Microsofts satsning på Vista (tidigare Longhorn) att få ett kraftigt genomslag på grundläggande grafiska möjligheter. Säkerligen innebär inte detta att det blir ett omgående nytänkande i industrin. Förändringar på befintliga installationer kommer troligen inte att göras utan att det finns andra krav än förbättrad grafik för ett visst datorsystem. Det sätt på hur investeringar beslutas i dagsläget liksom de ekonomiska kriterierna för att godkänna en investering kommer rimligen fortsätta att gälla.

Apple med sitt Dashboard och Googles Sidebar har varit förebilder när Microsoft i Vista satsar på ett område på bildskärmen för små hjälpprogram [Nytekn05a]. Det enkla grafiska användargränssnittet kommer säkerligen att användas på framtidens arbetsstationer för kontorsapplikationer. Microsoft tror själva på att mängder av nya hjälpprogram kommer att tas fram av tredje part och att dessa kommer att utnyttja detta gränssnitt. Microsoft har också gjort det lättare för utvecklare att komma åt de grafiska effekterna i Vista. De grafiska effekterna i sig kommer också att utvecklas.

En annan framtidsfaktor som kommer att förändra datorgrafiken är de ständiga förbättringar spelindustrins krav leder till. Någon exakt förutsägelse av vad denna utveckling kommer att föra med sig är knappast meningsfull men man behöver inte vara någon mer framstående guru för att kunna förutse både högre prestanda och bättre pris/prestanda.

Svensk Datorgrafikforskning

Sverige har 14 universitet och 22 högskolor i statlig regi samt 3 högskolor med privat huvudman. Vid dessa lärosäten finns ett rikt utbud av kurser relaterade till datorgrafik. Under rubriken Svensk Datorgrafikforskning kunde väldigt mycket sägas men av utrymmesskäl och med sikte på vad framtiden kan tänkas bära i sitt sköte för svenska industritillämpningar har författaren valt att endast nämna ett fåtal projekt.

Forskningen inom CAD-området Jönköpings högskola driver är redan nämnd. I samband med författarens besök på ABB berättade Jan Lagnelöv att ABB samarbetar med Umeå universitet vad gäller frågor rörande grafisk design [Lagn05]. Detta är ett gott exempel på samarbete mellan en

stor industrikoncern och forskningsvärlden. Även MdH ligger långt framme vad gäller grafisk design. En doktorand, Thomas Porathe, stationerad i Eskilstuna har tagit fram ett 3D sjökort. Arbetet presenterades under rubriken "Landmark Representation in 3-D Nautical Charts" vid Eighth International Conference on Information Visualisation (IV'04) [Por04]. Med ett 3D sjökort kan en kapten sänka vattennivån fiktivt till en nivå lämpligt mycket under ett fartygs djupgående och få en bild av vilka grund som är farliga just för dennes fartyg. Denna typ av 3D-hjälp borde kunna finna tillämpningar även inom processindustrin för exempelvis simuleringar av produktionsomställningar och optimeringar.

LTH (Lunds Tekniska Högskola) bedriver en omfattande forskning inom 3D-grafikområdet [Lugg05]. Grafik för mobiltelefoner är ett viktigt forskningsområde för LTH men de håller på med många andra tillämpningar också. Här ska nämnas kollisionsdetektering där man har ett samarbete med MdH. Kollisionsdetektering leder till associationen spelutveckling men att kunna detektera objekts positioner i förhållande till varandra är viktigt också vid simuleringar. Det finns industriella tillämpningar av detta också inte minst i robotsammanhang. Detta bör således vara ett framtidsområde som har industriella tillämpningar.

Ett annat möjligt framtidsområde där LTH arbetar är konvertering av skriven text till 3D animationer. Forskare vid Lunds Tekniska Högskola har tagit fram ett sådant program [Nytek05b]. Programmet, som fått namnet Carsim, används för simulering av trafikolyckor. En kort notis på vanlig svenska visar olyckan i en animerad händelseföljd. Resultatet är förbluffande realistiskt. Ett återkommande problem inom processindustrin är att förstå, följa och rekonstruera händelser i form av felförlopp. Mycket möda har lagts ner i datorprogram för att logga felföljder och för att förhindra att felskurar blockerar loggar. Det är viktigt att kunna bestämma vad som är "root cause" till en viss felbild. Idag är undertryckning av fel och att visa felföljder standardfunktioner i processdatorsystemen men att animera felförloppen är så vitt författaren vet något nytt.

Carsim har grundläggande funktioner, som inte har med krockande bilar att göra. Programmets metod att omvandla text till animation är generell. Programmet borde kunna anpassas till att visa ett felförlopp inom processindustrin i form av en animation utgående från en bra fellogg!

Ett annat intressant forskningsfält är visualisering. Vid Linköpings Universitet forskar man på detta område. En av deras forskningsrapporter beskriver under rubriken "PRACTICAL IMPLEMENTATION OF THE 3D TETRAHEDRAL TLM METHOD AND VISUALIZATION OF ROOM ACOUSTICS" ett datorgrafiskt verktyg för att illustrera akustiken i en lokal [Lin04]. Denna typ av visualisering borde ha sin direkta tillämpning för att hitta åtgärder för bullriga lokaler.

Interaktiva glasögon

Det lilla enmansföretaget Penny stationerat i teknikbyn i Västerås har tagit fram de interaktiva glasögonen C-more. Innovationen har gett titeln "Årets kickstart företagare" [VLT05].

Idén är att en iakttagen datorbild projiceras in i användarens ögon. Användaren kan styra en markör med blicken och jobba interaktivt genom att "klicka" med tinningsmusklerna.

Målgruppen för uppfinningen var från början handikappade men nu är CIA intresserade av att använda glasögonen som spaningshjälpmedel. Spaning skulle kunna verkställas utan att spanarens identitet röjs!

Kanske skulle framtidens operatör inom processindustrin kunna vara mer rörlig än idag med hjälp av kombinationer av denna typ av glasögon och andra kroppsnära hjälpmedel. När operatören går omkring i processen kanske denne hör eller ser något misstänkt. En pump kanske ger ifrån sig någon form av missljud. Genom att titta/klicka på pumpen skulle operatören kunna få tillgång till relevanta data och med hjälp av denna information kunna besluta om åtgärder. Ett nödstopp kanske är nödvändigt för att undvika haveri eller så är det tillräckligt att "klicka" så att pumpen kommer in på en lista över reparationer vid nästa ordinarie stopp.

Simulering

Bilkörning och konsten att flyga har under lång tid kunnat läras ut genom att eleverna fått sätta sig i en simulator. I en inte alltför avlägsen framtid borde även processindustrin anamma denna funktionalitet. Så snart en ny process eller ett nytt processavsnitt ska projekteras borde ett kontrollrum etableras. Genom att simulera den framtida processen borde den kunna provköras. Olika detaljlösningar borde genom detta kunna testas. Detta leder i sin tur till att en mer optimal lösning kan hittas. En annan värdefull effekt borde vara att operatörernas upplärning skulle kunna tidigareläggas och att även de operatörsbilder som skall tas fram kan göras tidigare än i dagsläget.

Under rubriken "Svenska forskare lär industrin simulera" beskriver NyTeknik ett treårigt forskningsprojekt där produktion ska simuleras [Nytek04]. Utöver KTH har högskolorna i Linköping och Skövde varit inblandade. Företagen Volvo och SKF har skjutit till medel. IVF i Göteborg deltar också i detta projekt inriktat på verkstadsindustri. I en inte allt för avlägsen framtid bör data kunna flyttas fritt mellan produktionssystem och simuleringsmodeller.

Stora Paneler

Det är endast fantasin som sätter gränserna för vad som skulle kunna åstadkommas med datorgrafik och denna typ av hjälpmedel. Industrin har under lång tid strävat efter att kunna ge sina operatörer en överblick över de processer de har att övervaka. Den stora panel som visas i figur 20 är ett exempel på hur en panel levererad av ASEA. Leveransdatum är okänt men bör ha ägt rum senast under 1950-talet att döma av möbler och personernas klädsel.

Dessvärre visade det sig att denna typ av paneler krävde för mycket underhåll. De lampor som skulle indikera processtillstånd hade kort livslängd och fick bytas mycket frekvent. En annan mycket besvärande nackdel var att uppdateringar redan efter små processändringar blev kostsam och omfattande. Författaren har själv sett en mycket påkostad panel på Iggesunds Bruk under mitten av 1980-talet. Panelen underhölls inte längre just pga ovan anförda skäl. Paneler av detta slag är sedan länge avvecklade. En annan praktisk svårighet med de gamla panelerna var panellängden. I vissa applikationer var det helt enkelt inte möjlig för den enskilde operatören att överblicka hela panelen. När bildskärmar infördes som ersättning för olika panelarangemang var detta ett av flera vägande argument. Figur 16 är, utöver ett exempel på "state of the art" vad gäller operatörsplatser, en indikation på att stora skärmar är på väg in i industriella applikationer.



Figur 20 En stor översiktspanel från 1950-talet. Processen är ett elkraftnät. Bild tillhandahållen av ABB

De sjunkande priserna på platta skärmar gör det redan idag möjligt att med kluster av platta skärmar återinföra den översikt de gamla panelerna erbjöd. Enligt samtal med Jan Lagnelöv, som är Global Product Manager för ABB's 800xA Operations, är stora översiktsbilder på väg tillbaka [Lagn05]. Med ett lämpligt antal stora skärmar kan detta åstadkommas idag. Rimligen fortsätter priset på platta skärmar och därmed blir framtidens operatörsplats allt mer datorgrafikbaserad!

En annan framtidsvision Lagnelöv förmedlade berörde hjälp till användaren. För att en operatör ska kunna tillgodogöra sig den massiva informationsmängd en översiktsbild representerar är ABB intresserad av att utnyttja algoritmer för mönsterigenkänning som hjälpmedel i sina system.

Tankehjälp

Ett vanligt arbetssätt vid problemlösning i de ledningsgrupper författaren deltagit i inom ABB och Flextronics har varit s.k. brainstorming. Arbetssättet har varit att varje deltagare skrivit ner sina tankar och idéer på papper. Det nedskrivna har sedan grupperats och sammanställts och har varit värdefulla för beslut.

Ett annat hjälpmedel för att strukturera tankar togs för länge sedan fram av engelsmannen Tony Buzan. Hjälpmedlet kallas Mind Map. Författaren hade i slutet av 1980-talet nöjet delta i en Mind Map kurs som Tony Buzan själv höll i. Att använda Mind Maps blev dock sporadiskt utnyttjat. Ny Teknik har jämfört 6 olika datoriserade associeringshjälpmedel varav 5 är grafiska [Nytek 05c]. Vissa av programmen klarar att själv länka tankekjedor till varandra. Ett möjligt framtidsscenario är att brainstormingmöten hålls vid deltagarnas respektive bildskärmar och att datorerna sammanställer och grafiskt visar de samlade resultaten av sådana möten.

Datorernas möjligheter att underlätta framtidens beslutfattande kan knappast överskattas samtidigt som ytterligare förbättrade grafiska funktioner säkert måste till för att åstadkomma en önskvärd struktur.

SLUTSATSER

Datorgrafik har utvecklats i en mycket rask takt det senaste decenniet. Fortfarande befinner sig datorgrafiken i en intensiv utveckling. Hårdvaruutvecklingen på grafikområdet verkar vara det mest intressanta området just nu. Detta innebär att det enda förutsägbara är att utvecklingen kommer att överraska även experterna. Behovet av att utveckla samspelet mellan människa och maskin finns kvar inom de redan nämnda tillämpningarna. Ett oöverskådligt antal nya tillämpningar inte minst inom området inbyggda system ligger öppet för den som vill specialisera sig på datorgrafik. Det är bara fantasin, som begränsar tillämpningar inom exempelvis mobiltelefonbranchen, smarta kläder och smarta hem.

Studenter som satsar på detta mycket expansiva bör rimligen att ha alla chanser att ha sin framtid säkrad antingen man satsar på anställning i ett stort företag eller ett litet innovationsföretag. Den djärve kanske t.o.m. vågar förverkliga sina idéer i ett eget företag.

REFERENSER

- [ABB05] URL: <http://www.abb.se/global/seabb/> Senast besökt 051216.
- [BESK] URL: <http://www.algonet.se/~rittzel/dator/besk1.htm> Senast besökt 051117.
- [Bar67] Robert C. Baron / Albert T. Piccirilli, "Digital Logic and Computer Operations", McGraw – Hill book company, Sida 241, 1967.
- [Comp 96] Lars Kjell Dahl, Scandinavia: Computer Graphics "Roots" with Color Ink Jet Plotters, Computer Graphics May 1996.
- [Casc05] URL: <http://www.cascade.se/> Senast besökt 051117
- [Clar95] Broschyrer från Clarus AB Tryckta 1995.
- [Comp01] Computing Curricula 2001, Computer Science. 2001-12-15.
- [Corr05] URL: <http://archive.corren.se/archive/2005/2/26> Senast besökt 051222
- [Craw82] Chris Crawford, "The Art of Computer Game Design"
- [Eng83] Gunnar Engström, "Elektronik i krafttillämpningar", artikel i "Teknik i ASEA 1883 – 1983", ASEA, Sida 74, 1983.
- [Elek03] Elektronik i Norden Nr 1 2003.
- [Find05] URL: <http://www.findarticles.com/p/articles> Senast besökt 051222
- [Gon93] Rafael C. Gonzalez / Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley Publishing Company 1993.
- [Gudm85] Björn Gudmunsson "Datorgrafik" Studentlitteratur 1985.
- [Hans05] Personlig kommunikation med Åke Hansson, STFI 2005-09-17
- [Ham05] Personlig kommunikation med Ulf Hamrin, ÅF 2005-09-17
- [Holm05] Holmen Insikt Nr 3 2005
- [IN69] Årsrapport från Industrial Nucleonics Corp 1969.
- [IN71] Årsrapport från Industrial Nucleonics Corp 1971.
- [Invia05] URL:<http://se.invia.fujitsu.com/veteran/> Senast besökt 2005-10-02
- [Itceum] URL:<http://www.itceum.se/bakgrund.php> Senast besökt:2005-10-02
- [Kerl04] Isaak Kerlow "The Art of 3D Computer Animation and Effects" John Wiley & Sons, Inc 2004.
- [Kjell05] Personlig kommunikation med Lars Kjell Dahl, KTH 2005-10-19
- [Kurs1] URL:<http://www.idt.mdh.se/kurser/ct3580/material> Senast besökt 2005-12-22
- [Kurs2] URL:<http://www.idt.mdh.se/kurser/ct2890/> Senast besökt 2005-01-07
- [Kurs3] URL:<http://www.ce.chalmers.se/old/undergraduate> 2004-10-07
- [Kva97] Steinar Kvale "Den kvalitativa forskningsintervjun" Studentlitteratur 1997.
- [Lagn05] Personlig kommunikation med Jan Lagnelöv, ABB 2005-11-01.
- [Lin04] URL: <http://www.itn.liu.se/> Senast besökt 2005-12-22
- [Lind05] Personlig kommunikation med Bo Lindestam 2005-09-19
- [Lugg05] URL: <http://graphics.cs.lth.se/> Senast besökt 2005-12-22
- [Lund05] Personlig kommunikation med Jan-Erik Lundström . 2005-12-12
- [Lux83] URL: <http://www.devili.iki.fi/Computers/Luxor> Senast besökt 2005-10-07
- [Mob05] URL: <http://www.mobergpublications.se> Senast besökt 2005-10-18
- [New73] Newman, Sproull "Principles of Interactiv Computer

- . Graphics” Mac Graw Hill 1973.
- [Nytek04] Ny Teknik 040623
- [Nytek05a] Ny Teknik Nr 41 2005
- [Nytek05b] Ny Teknik Nr 45 2005
- [Nytek05c] Ny Teknik Nr 47 2005
- [Otto05] Personlig kommunikation med Arne Ottosson
- . Mönsterås Bruk 2005-10-11
- [Patent] URL: <http://patft.uspto.gov/netacgi/> Senast besökt 2005-12-22
- [Por04] URL: <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/IV.2004.1320139>
- [Pr02] Jennifer Preece, Yvonne Rogers, Helen Sharp
- . ”Interaction Design beyond human-computer
- . interaction” John Wiley & Sons, Inc Sida 7, 2002
- [Schneid03] David I. Schneider ”An introduction to Programming
- . using Visual Basic .Net” Pearson Education Inc, Sida 20, 2003
- [SIG89] ”The early years in Computer Graphics at MIT,
- . Lincoln Lab, and Harvard”, SIGGRAPH '89, Los
- . Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM 87545,
- . USA
- [Sil01] David Silverman ”Interpreting Quality Data, Methods
- . for Analysing Talk, Text and Interaction”
- . SAGE Publications Ltd 2001
- [Skans02] Jan Skansholm ”Java direkt med swing”
- . Studentlitteratur, Sida 5, 2002.
- [Skog04] URL: <http://www.lith.liu.se/forskning/disputationer> November 2004
- [Spalt99] Anne Morgan Spalter ”The Computer in the Visual
- . Arts” Addison Wesley Longman, Inc 1999.

BILAGOR

Bilaga 1. Tangentkoder i tecken-/grafmod (ASCII-tabell)

A	T	G	A	T	G	A	T	G	A	T	G
32	Blank		56	8		80	P	P	104	h	
33	!		57	9		81	Q	Q	105	i	
34	"		58	:		82	R	R	106	j	
35	#		59	;		83	S	S	107	k	
36	¤		60	<		84	T	T	108	l	
37	%		61	=		85	U	U	109	m	
38	&		62	>		86	V	V	110	n	
39	'		63	?		87	W	W	111	o	
40	(		64	É	É	88	X	X	112	p	
41	)		65	A	A	89	Y	Y	113	q	
42	*		66	B	B	90	Z	Z	114	r	
43	+		67	C	C	91	A	A	115	s	
44	,		68	D	D	92	O	O	116	t	
45	-		69	E	E	93	Ä	Ä	117	u	
46	.		70	F	F	94	Ü	Ü	118	v	
47	/		71	G	G	95	-	-	119	w	
48	0		72	H	H	96	é		120	x	
49	1		73	I	I	97	a		121	y	
50	2		74	J	J	98	b		122	z	
51	3		75	K	K	99	c		123	a	
52	4		76	L	L	100	d		124	o	
53	5		77	M	M	101	e		125	ä	
54	6		78	N	N	102	f		126	u	
55	7		79	O	O	103	g		127		

Figur 22 ASCII-koder (A) toltrade i teckenmod (T) och grafikmod (G). Bid

Bilaga 2 Data processing system and apparatus for color graphics display

Abstract

A system and apparatus for managing the picture memory of a digital color graphics imaging system, thereby enabling images on a display monitor to be changed efficiently at high rates, and more specifically a control system which comprises a video memory controller having an internal memory for a digital color graphics imaging system. The controller operates under the direction of a host computer to generate synchronized color data signals for input to a cathode ray tube monitor or other suitable graphical display device. The controller is effective to randomly address its memory at high speed and serially read, but not serially write, the data stored in the memory at TV rates for displaying on the monitor. The particular embodiment of the controller disclosed herein has a universal organization which may be adapted for use in various computer graphics systems. The controller may be operated by software capable of automatic stepping in X and Y directions to provide for transfer of data into the memory using a first word length and for transfer of data out from the memory using a second longer word length, the controller including specific X and Y address registers for computer addressing into the controller's internal memory at those memory locations specified by the computer or at locations which are reached by incrementing or decrementing the X and Y address registers one step in X and/or Y directions or by loading a new absolute address, the controller being capable of determining and changing values of each word to be stored in memory for presentation on the monitor at a specific location based upon a previous value of that same word combined with other input data from the host computer.

Inventors : **Lans; Hakan** (Oviksgaten 43, 162 21 Vallingby, Stockholm, SE)
Appl. No.: **002017**
Filed: **January 9, 1979**

Current U.S. Class: 345/589; 345/536; 345/563; 345/605
Intern'l Class: G06F 003/14
Field of Search: 364/200 MS File, 900 MS File
340/703, 799, 709, 715, 750, 798, 800, 801

References Cited [\[Referenced By\]](#)

U.S. Patent Documents

3728683	Apr., 1973	Biegert et al.	364/900.
3781822	Dec., 1973	Ahamed	364/900.
3967266	Jun., 1976	Roy	340/709.
4119955	Oct., 1978	Nichols	340/703.
4149152	Apr., 1979	Russo	340/703.
4228430	Oct., 1980	Iwamura et al.	340/709.

Primary Examiner: Zache; Raulfe B.

Attorney, Agent or Firm: Hubbard, Thurman, Turner, Tucker & Glaser

Claims

What is claimed is:

1. A data processing system comprising:

host computer means for outputting binary coded color data signals;

memory means for selectively storing said binary coded color data signals including means for selectively outputting said binary coded color data signals in multiple words at a rate of outputting inversely proportional to the multiple as referenced the rate of storing;

controller means for selectively outputting display signals at a rate of output proportional to said multiple as referenced to the memory means rate of outputting, responsive to said multiple words of binary coded color data; and

display means for selectively providing a visual display responsive to said display signals.

2. A data processing system comprising:

memory means for selectively storing and outputting data signals responsive to a control signal;

means for transferring said data signals grouped in a first word length into said memory means for storage; and

means for transferring said data signals grouped in a second word length out from said memory means, said second word length being wider than said first word length by an integer multiple.

3. The system as defined in claim 2 further comprising:

means for selectively storing said data signals grouped in said second word length including means for selectively outputting said data signals grouped in a third word length less than said second word length, and

display means for selectively providing a visual display responsive to said data signals grouped in said third word length.

4. The system as defined in claim 3 wherein the first word length is four binary digits, the second word length is sixteen binary digits, and the third word length is four binary digits.

5. The system as defined in claim 3 or 1 wherein said display means is a cathode ray tube.

6. The system as defined in claim 3 or 1 wherein said display means is a laser scanner display.

7. The system as defined in claim 3 or 1 wherein the display means is an incremental plotter.

8. A data display system comprising:

memory means organized in N-bit wide data words including means for selectively storing, at a first rate, input data signals organized in M-bit wide data words, M being an integer sub-multiple of N, responsive to a write signal, and further including means for selectively outputting, at said first rate, stored data signals as N-bit wide data words responsive to a read signal;

means for selectively storing said data signals output from said memory means including means for sequentially outputting, at a second rate, R-bit wide sub-groups of said data signals, R being an integer sub-multiple of N, less than N, said second data rate being greater than said first data rate.

9. The system as defined in claim 8 wherein said second data rate is the product of R multiplied by the first data rate.

10. The system as defined in claim 8 wherein:

N equals sixteen;

M equals four, and

R equals 4.

11. The system as defined in claim 8 further comprising:

means coupled to said sequential output means for determining the sequence in which each of the R-bit wide sub-groups of said data signals is output.

12. The system as defined in claim 8 further comprising:

display means coupled to said sequential output means for selectively providing a visual display responsive to each of said R-bit wide sub-groups of said data signals.

13. A data display system comprising:

means for providing a read control signal and a cursor control signal;

read register means for selectively storing and outputting a read mode address signal responsive to said read control signal;

cursor register means for selectively storing and outputting a cursor address signal responsive to said cursor control signal;

memory means including means for selectively storing coded data signals at the address corresponding to said cursor address signal, and further including means for selectively outputting said coded data signals from the address corresponding to said read address signal; and

means for selectively storing said memory means output of coded data signals including means for selectively outputting mutually-exclusive sub-groupings of said coded data signals responsive to said read address signal.

14. The system as defined in claim 15 further comprising:

display means for selectively providing a visual display responsive to said mutually-exclusive sub-groupings of said coded data signals.

15. A data display system comprising:

means for outputting a control signal, a read signal, and a sequence signal;

first memory means cycling at a first rate for selectively storing and outputting a video data signal responsive to the control signal;

second memory means including means cycling at said first rate for selectively storing said video data signal responsive to the read signal, and further including means, cycling at a second rate faster than said first rate, for selectively outputting said video data signals sequentially in sub-groups, wherein said sub-groups are comprised of a word length being a sub-multiple of the video data signal word length as stored, responsive to the sequence signal; and,

display means coupled to said second memory means for selectively providing a visual display responsive to said sub-groups of said video data signal.

16. The system as in claim 15 wherein said first rate is proportional to said second rate by the inverse of the sub-multiple.

17. The system as in claim 15 further comprising:

means for generating a blink mask signal; and,

means coupled to said display means and to said blink generating means for selectively blinking a predefined color on said visual display responsive to said sub-group of said video data signal being displayed being equal to said blink mask value signal.

18. The system as defined in claim 17 further comprising:

first register means for selectively storing said video data signal as output from said second memory means, including means for selectively outputting said stored video signals;

second register means for selectively storing and outputting a blink mask signal;

comparator means for selectively outputting a mask signal responsive to detecting equivalency between said first register means output video data signal and said blink mask signal; and

means for forcing said first register means to store and output a predefined video data signal responsive to said mask signal.

19. The system as defined in claim 18 further comprising:

means for selectively blinking the visual display between a first color and a second color responsive to said mask signal.

20. The system as defined in claim 18 or 19 further comprising:

means for selectively causing a predefined color and non-color visual display to appear on the display means responsive to said mask signal.

21. The system as defined in claim 20 wherein said pre-defined color is determined by said blink mask data signal.

22. The system as defined in claim 18 or 19 further comprising:

means for selectively performing logical and arithmetic operations on said video data signals as output by said second memory means, including means for selectively storing the operated on video data signals in the first register means in the place of the video data signals as output by said second memory means.

23. A data display system comprising:

memory means for outputting a video data signal;

first register means for selectively storing and outputting said video data signal;

second register means for selectively storing and outputting a blink mask signal;

comparator means for selectively outputting a mask signal responsive to detecting an equivalence between said blink mask signal and said video data signal;

means for forcing said first register means to output a pre-defined video data signal responsive to said mask signal;

display means for providing a visual display responsive to said video data signal as output from said first register means.

24. The system as defined in claim 23 further comprising:

means for causing said visual display to alternate between a first color and a second color at a

predefined rate responsive to said mask signal.

25. The system as defined in claim 24 wherein said first color is determined by said blink mask signal.

26. The system as defined in claim 12 or 14 or 23 wherein said display means is a cathode ray tube.

27. The system as defined in claim 12 or 14 or 23 wherein said display means is a laser scanner display.

28. The system as defined in claim 12 or 14 or 26 wherein said display means is an incremental plotter.

29. A digital color graphic imaging system comprising a control unit (40) and a display monitor (30) characterized in that the system includes:

a video memory (50) organized as a number of matrixes (M1-M16) for storing binary information units defining different columns in definite points of the monitor (30) and for storing binary units defining write prohibition information in said definite points;

a circuit arrangement (64) coupled to said video memory for transmitting color information from an external controlling computer (20) to said display monitor;

an arithmetic and logic unit (436) coupled to said video memory and the controlling computer for producing picture information by combining information from the controlling computer with previously stored information in order to decrease the load on the computer;

circuit means (300, 304, 308, 312) coupled to said video memory for incrementing or decrementing by "1" the address information in X and/or Y display monitor direction upon receiving said color information from said controlling computer in order to plot a continuous curve on the monitor; and,

circuit means (324) coupled to said video memory for arbitrarily selecting addresses defining the starting point of a curve.

30. A digital color graphic imaging system according to claim 29, characterized in that said video memory is organized in such manner that writing is carried out word after word where each word defines one point on the monitor, whereas reading out of the information is carried out simultaneously for a number of points.

Description

Attached hereto are three appendix sheets labelled A, B, and C which give the contents of the four PROMs used in the presently disclosed controller circuit 40. The information is presented in

the hexadecimal programming format known as ASCII-hex, well known in the art. The addresses, as for example A000, A080, are also given in hexadecimal. Appendix A gives the contents of PROMs 108 and 112, Appendix B gives the contents of PROM 135 and Appendix C gives the contents of PROM 152.

The present invention pertains generally to graphic imaging systems, and more particularly to high speed real time color data processing instruments operable under the direction of a host computer for displaying color graphic information on a cathode ray tube monitor or specially adapted color television monitor.

With the advent of low cost digital processing, the art of raster scan computer graphics has become technically practical. Depending on resolution and the numbers of colors, a single frame in a television display can contain up to 500,000 bits of information, which may be updated as many as 30 times per second. A popular technique for processing such large amounts of information is by means of a raster scan. In the United States, the TV raster standard is 525 horizontal lines, scanned in an odd and even interlaced line pattern. The scanning spot moves horizontally across alternate lines stepping downward on the screen and then returns to the top and scans the remaining lines to complete one picture frame.

Although different levels of X-Y picture resolution are possible using a conventional color CRT monitor, such as 480 by 640 or 512 by 512 addressable picture elements (pixels), the present invention is directed to a system employing a picture memory having 256 by 256 pixels. Each pixel preferably consists of 4 bits of binary coded color information, or a 4-bit pixel word.

With the above in mind, it will be apparent that it is necessary to provide on the order of 64,000 4-bit pixel words in a picture memory in order to process the picture information out to the CRT monitor. It has been the practice in the prior art to employ high speed static memories having a density of about 1,000 memory bits per integrated circuit package. Thus, it has been necessary to employ 256 such static 1K memory IC's in order to store the 256 by 256 by 4-bit picture memory. State of the art dynamic random access memories, which contain 16K bits per IC device, would be an attractive alternative for reasons of economy compared to the 1K static RAMs presently employed. However, the 16K dynamic RAMs have a much slower memory cycle time than the 1K static RAMs. For example, conventional 16K dynamic RAMs have a memory cycle of about 400 nanoseconds, and it will be appreciated that it is necessary to transfer information to the CRT monitor at a rate of about 133 nanoseconds per 4-bit pixel. Accordingly, the principal object of the present invention is to provide a color data processing apparatus having a speed compatible with the requirements of a 256 by 256 pixel resolution color CRT monitor and employing 16K dynamic RAMs to construct the memory.

The principal object as well as other objects and advantages are achieved in accordance with the present invention by providing a color data processing instrument or a video memory controller having a plurality of high capacity dynamic random access memories organized to read out a plurality of color data bits to a group of fast acting latches arranged in parallel to provide at least four pixel words sequentially to the CRT monitor during each memory cycle.

For example, the controller can be operated under the direct control of a minicomputer having a general purpose parallel interface with the controller, or the controller can be operated by a

remote minicomputer through a conventional serial interface communicating with the controller through a microprocessor adapted to convert the serial signals from the minicomputer to a suitable parallel format such as described in detail herein. With a low speed serial interface, the microprocessor can be used for high speed vector generation. The controller can be operated under the direction of software in a microprocessor alone or minicomputer alone or in a combined microprocessor and minicomputer system. A particular advantage of the present controller is that a minicomputer can be readily programmed using conventional incremental plotter software with only minor modifications.

The various advantages and novel features of the present invention may best be understood by reference to the following detailed description of an illustrative embodiment, wherein:

FIG. 1 is circuit block diagram of the inventive system;

FIG. 2A is a detailed circuit block diagram of a portion of the system for generating timing signals;

FIG. 2B is a detailed circuit block diagram of a portion of the system for sequentially addressing the picture memory during CRT scanning;

FIG. 2C is a detailed circuit block diagram of a computer interface portion of the inventive system with I/O control circuitry and circuitry for random addressing of the picture memory during the memory write cycle;

FIG. 2D is a detailed circuit block diagram of a portion of the system including the memory and data output circuitry;

FIG. 2E is a detailed circuit block diagram of the preferred memory organization using sixteen 16K dynamic RAMs; and

FIG. 3 is a timing diagram for the interface between the host computer and memory controller portions of the system.

Referring now to the drawings, a presently preferred embodiment of the inventive system will be described in detail, like reference numerals designating like circuit portions in the various figures. To further facilitate the description of the detailed circuit block diagram illustrated in FIGS. 2A through 2E, letters of the alphabet are used to designate bus lines and signal lines common to the circuit portions of the separate figures. Also seen in FIGS. 2A through 2E are the part numbers and pin number locations of the presently preferred IC devices available from Texas Instruments Incorporated of Dallas, Tex.

Referring to FIG. 1, a digital color graphics imaging system in accordance with the present invention is illustrated and designated generally by reference numeral 10. The system 10 comprises a host computer 20, a display monitor 30 and a video memory controller designated generally by reference numeral 40. The controller 40 is a high speed digital machine which processes binary coded color data under the direction of software stored in the host computer 20 and outputs the color data to the monitor 30. In the description which follows, it will be assumed

that the monitor 30 is a conventional color CRT. It will be appreciated, however, that other kinds of monitors, such as a black and white CRT or a laser scanner display, can be employed with the controller 40.

The host computer 20 sends data and control signals to a portion of the controller 40 referred to as data input and I/O control circuitry 42 via a conventional parallel interface or bus 44. The controller 40 includes microprogrammed timing circuitry 46 and internal address registers 48 for performing operations on picture memory 50 via arithmetic and logic circuitry 436. The binary coded color data read out of the memory 50 is processed by circuitry 52, which includes means for blink control, prior to being output to the monitor 30 via a 4-bit data bus 54. The data output is also communicated to the host computer 20 via another 4-bit data bus 56 to provide a "handshaking" between the controller 40 and the host computer 20.

The four bits of data transmitted through bus 54 to the monitor 30 can be coded representations of 16 different colors or can be coded representations of 8 different colors leaving one bit for available to protect against writing on preselected portions or fields of the monitor's screen. In the later case, which will be described by way of example herein; a write protect signal 58 is generated in the I/O control circuitry 42 is ANDed with a signal 60 from memory output latch circuitry 62 and the result is fed to decoder circuitry 64, which in turn selectively sends write signals to the memory 50 via bus AA. The latch circuitry 62 sends four color data bits from the memory 50 to the output circuitry 52 via data bus 401. One of these four bits, such as the most significant bit, indicates whether the particular picture element (pixel) is in a protected field, and this bit is also carried by the signal line 60. Thus, when both the write protect line 58 and the signal line 60 are high, the write cycle of the memory 50 is inhibited in decoder circuitry 64. However, when the write cycle is not inhibited, the decoder circuitry 64 selects the portion of the memory 50 to be written into by decoding the address information received from registers 48 via bus 66 coincident with a write signal on line 68 from the control circuitry 42.

Referring briefly to FIG. 2E, a preferred memory organization is illustrated as comprising sixteen dynamic random access memories M1 through M16, each of which having 16K bits of memory storage capacity. It will be appreciated that the cycle time of such 16K-RAMs is relatively slow, about 400 nanoseconds, compared to the scan rate of conventional color CRT monitors which is about 133 nanoseconds per pixel. Therefore, in accordance with a unique feature of the present invention, a 16-bit word is read from the memory 50, one bit from each RAM, and then split into four groups of four by the latch circuitry, which consists of four fast acting latches 400, 404, 408 and 412. Referring again to FIG. 1, it will be appreciated that the latch circuitry 62 can put out the sixteen bits of information in a four stage sequence of 133 nanoseconds per stage, thereby giving the memory 50 sufficient time to proceed through the next read cycle. Accordingly, the memory organization exemplified by FIG. 2E permits the use of relatively low speed dynamic RAMs for reading out color data at TV scan rates.

The internal timing for the controller 40 is generated in circuitry 46, which sends the necessary clock and clear signals as seen in FIG. 1 to the I/O circuitry 42 via bus 70, to the address registers via bus 72, to the latch circuitry 62 via clock line 74 and to the output and blink circuitry via bus 76. In addition, the circuitry 46 selects one of four address buffers in buffer circuitry 78 via bus 80, and one of two decoders in decoder circuitry 64 via line 82. The timing circuitry 46 also generates mixed sync and blanking signals on lines 84 and 86 to the monitor 30 as well as row

and column address strobe signals on lines 88 and 90 to the memory 50.

In accordance with a unique feature of the invention controller 40, all data from the host computer 20 is processed by the arithmetic and logic circuitry 436 to permit both arithmetic and logic operations to alter selected portions of the picture memory, as will be appreciated better by the following description of the detailed circuit schematic of the controller 40. Briefly, as seen in FIG. 1, an intermediate latch or control function register 316 is provided so that two sets of incoming data from the host computer can be demultiplexed on their way to the circuitry 436. The first set of data comprises a 6-bit binary coded instruction transferred through latch 316 via bus CC. The second set of data comprises 4 bits of binary coded color data transferred to circuitry 436 via bus EE. An arithmetic or logic operation is performed on the two sets of data on busses EE and 401 as determined by the instruction on bus CC, the result being returned to the picture memory via bus FF.

FIG. 2A illustrates the details of the preferred timing circuitry 46, which includes a crystal oscillator 100 generating from its pin 7 a 15 megahertz clock signal 101 which passes to a divide-by-16 counter 104. Counter 104 produces output signals on its output terminals 11-14, which signals become addressors into two 32-word by 8-bit PROMs 108 and 112. These two PROMs contain data patterns which are used to generate timing pulses which in turn are clocked into octo-latches 116 and 120 by the 15 megahertz clock signal 101 applied at pin 11 of the latches 116 and 120. The outputs of octo-latches 116 and 120 provide the various timing signals mentioned above. The basic machine cycle used is sixteen fifteenths of a microsecond for read, arithmetic/logic, write and address transfer operations.

The latch 120 generates an output 121 for clocking a counter 128 having duo binary counters which provide the address for a 512-word by 8-bit PROM 136, which is used to generate timing signals in the horizontal direction of the TV scan (i.e., horizontal sync, horizontal blanking and horizontal timing). The two binary counters in counter 128 become the horizontal counters for the TV scan format. The timing signals from PROM 136 are strobed into a latch 140, one output of which is the blanking signal 86. A multiplexer 144, which is controlled by vertical timing signals 157, produces a composite sync or mixed sync signal 84 on its output terminal in response to certain additional outputs from latch 140 as shown. IC counters 132 and 148 count off the vertical scan lines of the TV scan format and 512-word by 8-bit PROM 152 produces timing signals which are delatched in octo-latch 156 to provide the vertical timing signals 157 as well as data signals for resetting the counters 132 and 148 by means of an end-of-picture signal 159 from NAND gates 160. A clear signal 165 is also generated by PROM 152 through latch 156 and gate 164 to reset the address counters 200, 204, 208 and 212, as seen in FIG. 2B. The clear signal 165 is also input to a synchronized gate 124 which increments the counters 200, 204, 208 and 212 in a manner to be described more fully below. Finally, an odd/even picture signal 167 is output from pin 3 of counter 132 and an end-of-line signal 169 is generated at the output of AND gate 170 for the respective timing functions as will be appreciated by those skilled in the art.

In summary, the responsibility of IC's 100, 104, 108, 112, 116 and 120 is to generate timing for memory operations while the responsibilities of IC's 128, 132, 136, 140, 144, 148, 152, 156 and gates 160 and 170 are to generate the timing signals necessary to establish the TV scan format using the techniques of generating clocking signals defined using PROM coding.

Referring to FIG. 2E, the memory 50 preferably comprises sixteen 16K dynamic RAMs M1 through M16 in which a picture memory of 256 by 256 by 4 bits is stored. The memory 50 conveniently provides a 16-bit output data format which can be time multiplexed into a 4-bit wide output using four fast acting latches 400, 404, 408 and 412. Similarly, 4-bit wide input on bus FF can be used to sequentially load the memories of FIG. 2E by selecting one of four groups of four RAMs by means of bus AA to enable writing in 4 memory chips at a time.

Two sets of address registers are used. One set comprises the TV read mode address registers 200, 204, 208 and 212 of FIG. 2B. Cursor address registers 300 and 304 for the Y coordinates and registers 308 and 312 for the X coordinates comprise the second set, as best seen in FIG. 2C. It is the address of these cursor registers 300, 304, 308 and 312 which determines the location into which data is to be written off 4-bit data bus FF and to be read onto 16-bit data bus 502, which data is distinct from the TV output. This cursor address can be incremented or decremented in both X and/or Y directions so that it may be moved in any one of 8 directions from a current location.

Referring to FIG. 2B, the registers 200, 204, 208 and 212 are synchronous binary counters which form the TV read mode address register to read out 256 4-bit word locations per scan line over 256 scan lines. The most significant 14 bits of the address from this address register pass into tri-state buffers 216 and 220 to be strobed onto the 7-bit address bus 501. It is standard in 16K dynamic RAMs to use the 7-bit address bus to address the full 14-bit address register within the memory chip, 2.sup.14 being approximately 16,000. This is done by first sending a row address of 7 bits and then a column address of 7 bits sequentially prior to each read or write cycle of the memory 50. Thus, buffer 216 sends the lower significant 7 bits and buffer 220 sends the upper significant 7 bits onto the same 7-bit address bus 501 and these two pairs of 7-bit addresses are strobed using pins 4 and 15 of the RAMs as seen in FIG. 2E with inverted RAS for row address strobe and inverted CAS for column address strobe, on lines 88 and 90, respectively. The lower significant 2 bits of the memory address, pins 13 and 14 of counter 212, are decoded in decoder 224 to produce 4 lines on bus BB which are used as seen in FIG. 2D to select via the latch circuitry 62 one of four groups of 4 bits of data read out on the 16 data out lines 502 of the dynamic RAMs M1 through M16 of the memory 50.

In particular, in each major memory cycle, all 16 lines from bus 502 produce output data. In each subcycle, of which there are 4 for each memory cycle in the TV read mode, one of the 4 groups of 4 bits of data is outputted onto an output tri-state bus 401 from one of the latches 400, 404, 408 and 412 of FIG. 2D. This data is then strobed in the 4-bit binary register 416 for output to the monitor 30 at the clock rate of the register 416, which in this example is 7.5 megahertz. Thus, the subcycles occur at a 7.5 megahertz rate and the main memory access cycles occur at one quarter of that rate. It will therefore be appreciated that the memory 50 can complete a cycle while the latches 400, 404, 408 and 412 are sequentially selected for output onto bus 401 using the one-of-four select bus BB. The output of register 416 may therefore be used to represent 1 of 16 possible binary coded colors of 1 of 8 such colors and a write protected field, as mentioned above. Additionally, output color code 0 from register 416 can have a special significance and is asserted by comparator 420 when the code on the output tri-state bus 401 is identical to data from latch 444 which represents a blink mask loaded from the host computer 20 via the four least significant bits of an input latch 324, seen in FIG. 2C. When this equality occurs, the color out data on the output of register 416 corresponds to binary color 0000, as NAND gate 424 clears the content of

register 416 through pin 1.

The facility for clearing the contents of register 416 and therefore zeroing the color out signal, whenever the output signal corresponds to a preset input, provides a blinking facility to enable a given color to be blinked. Blinking is the turning ON or turning OFF at a clock rate which is determined by selectively connecting terminal 428 to one of four outputs of counter 432 seen in FIG. 2D. Terminal 428 is in turn connected to the upper input line to gate 424, thereby determining the frequency of the blink rate of the selected color defined in the four least significant bits of the input latch 324. The blink rate is a divided-down form of the signal from pin 6 of counter 132, which is one of the counters in the vertical count chain of the TV sweep generation logic.

The output tri-state bus 401 is fed from one of the four tri-state output 4-bit D-type latches 400, 404, 408 and 412, depending on the output from decoder 224 when reading in TV mode or from decoder 320 when reading in computer I/O or cursor mode. The data on bus 401 also provides an input into an arithmetic/logic unit (ALU) 436 seen in FIG. 2D. The purpose of the ALU 436 is to provide the facility for performing logical and arithmetic operations between the output of the memory 50 on the output tri-state bus 401 and some preset data loaded from the host computer 20 to appear at the output of octo-latch 324 in the four most significant bits. The operation to be performed is defined by the 6 least significant bits out of octo-latch 316 also to be loaded from the host computer 20 at a different time.

The output tri-state bus 401 containing the 4 bits of memory data is also passed to register 440, which is used to return the output data to the host computer 20 at the conclusion of each memory I/O cycle, and to the blink mask comparator 420, as previously mentioned.

As already pointed out, there are two modes of addressing the memory 50. One is the TV read mode for displaying the data, which as seen in FIG. 2B, uses address registers 200, 204, 208 and 212 incrementing synchronously with the TV scan format. The address registers 200, 204, 208 and 212 are 4-bit output synchronous counters controlled by a clock signal 125 from the synchronized gate 124 which in turn is controlled from pins 2 and 19 of latch 116 as seen in FIG. 2A. The other mode is the computer I/O mode for output data which is addressed using an address register split into an X and Y component, the X component of the address being stored in registers 308 and 312, the Y component of the address being stored in registers 300 and 304. As will be appreciated from FIG. 2C, these X and Y registers can be loaded with data from the computer 20 received in the octo-latch 324, used as an input latch, or can be incremented or decremented one step in X and/or Y directions under control of the incoming coded function control lines 375 from the computer 20 to latch 376. The incoming data on lines 375 is decoded by function decoder 372 to provide one of eight different possible function instructions, which will be described more fully below. One of the eight instructions, however, when combined with the data from the four least significant bits of latch 324, will produce the desired incrementing or decrementing of the X and/or Y cursor addresses in counter registers 300, 304, 308 and 312.

In summary, incrementing or decrementing the X address counters 308 and 312 and/or the Y address counters 300 and 304 is accomplished by a strobe signal from the computer 20 to a dual monostable multivibrator 340, generating a delay pulse which triggers from the first monostable multivibrator in unit 340 which, in turn, triggers the second monostable multivibrator in unit 340

producing an output at pin 5 thereof. When pin 5 goes high, the decoded function data is strobed into counter registers 300, 304, 308 and 312 to increment or decrement the X and/or Y cursor addresses. Whether an increment, a decrement or no step at all occurs, depends upon the condition of the four least significant outputs of buffer latch 324 which, in conjunction with gates 344 for Y and gates 348 for X, enables the count up or count down inputs at pins 5 and 4 of registers 304 and 312, respectively.

An alternative way to establish data in the X registers 308 and 312 and Y registers 300 and 304 is by directly loading address data from the output of buffer latch 324 into either the X address register or the Y address register, by providing the appropriate instruction from the computer 20 to the function input lines 375.

Another one of the eight function instructions from decoder 372 enables the control function latch 316, which provides a 6-bit coded instruction to the ALU 436, to select one of several different logical or arithmetic operations to be performed by the ALU 436 seen in FIG. 2D. Still another one of the eight function instructions enables the blink mask latch 444 to receive data from the four least significant bits of the input latch 324 and to output such data to the comparator 420 which in turn clears the output latch 416 to the monitor 30 whenever the data on output bus 401 matches the blink mask data coincident with an enabling signal at gate 424 from the blink rate generator 432, previously described. The color to be blinked is determined by the output from the four least significant bits from the input latch 324 on receipt of a strobe signal into monostable multivibrator 340 when the blink enable instruction is received on lines 375.

The address structure used to address X and Y locations from the X address register or counters 308 and 312 and the Y address register or counters 300 and 304 is understood by recognizing that the memory 50 is organized, as far as the output tri-state bus 401 is concerned, as an array of 256 by 256 4-bit words, as previously mentioned. The two least significant bits of the word address, whether referenced to the address registers 200, 204, 208 and 212 or the address registers 300, 304, 308 and 312 select one of the 4 groups of 4-bit latches 400, 404, 408 and 412 via decoders 224 and 320, respectively. Each raster line of scan requires 256 4-bit words and these words are addressed by the seven bits of the read mode address register provided to buffer 216 by counters 204, 208 and 212 or by the seven bits of the X cursor or computer I/O address register provided to buffer 352 by counters 308 and 312. The image also contains 256 raster lines and these are addressed by the seven bits of the read mode address register provided to buffer 220 by counters 200 and 204 or by seven bits of the Y cursor or computer I/O address register provided to buffer 356 by counters 300 and 304. The outputs from pins 2 and 3 of counter 312 are fed to decoder 320, which in turn generates driver outputs on pins 4 through 7 to select via bus BB one of the four 4-bit D-type output latches 400, 404, 408 and 412 for reading operations. Similarly, the outputs from pins 9 through 12 of decoder 320 are used to select via bus AA the appropriate write enable line for the purpose of writing data into memory 50 from the output of the ALU 436 via bus FF.

Since the cursor addressing of the memory 50 proceeds in the same manner as the row and column addressing from the TV read mode address register provided by counters 200, 204, 208 and 212, reference is made to the previous discussion thereof. Briefly, the cursor addressing proceeds as follows. As seen in FIG. 2C, the most significant 6 bits of the X cursor address from counters 308 and 312 are fed into the tri-state buffer 352 and thence on to the 7-bit address bus

501, together with the least significant bit from counter 304. The Y address data is provided by the most significant 7 bits from counters 300 and 304, which in turn pass through tri-state buffer 356 onto the address bus 501. The respective times at which the outputs of buffers 352 and 356 are strobed onto the address bus 501 is determined by outputs from the timing octo-latch 116 in response to patterns stored in the PROM 108 of the timing circuitry seen in FIG. 2A.

A first Bistable flip/flop provided in unit 360 of FIG. 2C generates ready and ready complement signals, either one or both of which are coupled to the host computer 20 to indicate that the color processor 40 is ready or busy in response to a signal from the first monostable multivibrator of unit 364. A second flip/flop provided in unit 360 generates the write signal 68 (previously discussed with reference to FIG. 1) which is input to pin 15 of decoder 320. A second monostable multivibrator of unit 364 is triggered at pin 10 in response to the strobe complement line going into monostable multivibrator unit 340 at pin 1 and is used to clock the flip/flop in unit 368, which in turn signals the host computer 20 that output data is ready on the output of latch 440.

Referring to Table I a graphical explanation is given of the eight presently employed function instructions from the host computer 20 to the controller 40. In the present system, a sixteen line standard interconnect is used for data input from the host computer 20 to the controller 40, which lines are designated D0 through D15. Referring to FIG. 2C, lines D0 through D7 are input to latch 324 and lines D12 through D15 are input to latch 376. As seen in Table I, lines D8 through D11 are not presently used. The binary equivalents of the four bits D12 through D15 are listed in the column adjacent thereto. It will be appreciated that these four binary bits can provide as many as sixteen different function instructions when decoded by IC unit 372, thereby providing the system with expansion possibilities. The eight presently employed function instructions, which are listed at the bottom of Table I, determine the treatment to be given to the eight data bits D0 through D7 input to latch 324. Referring to the top of the table, it will be appreciated that function F0 instructs the controller 40 to input the six least significant bits D0-D5 to the control function latch 316 for determining the particular arithmetic or logic function to be performed in ALU 436. Similarly, functions F1 and F2 instruct the controller to perform address stepping in the registers 300, 304, 308 and 312 in the X and Y directions as indicated in Table I and in accordance with the information incoming on data bits D0-D3. Those skilled in the art will appreciate that function F1 corresponds to a pin down instruction and function corresponds to a pin up instruction in the analogy of an incremental plotter during stepping operations. Accordingly, it will be appreciated that a modified form of incremental plotter software may be employed in the host computer 20 of the present system 10.

TABLE I

Function					
Interface					
F = 3					
F = 4					
F = 1	F = 2	F = 0	F = 5		
data bit					
X-data					
Y-data					
write stp					
only step					
control					

blink

```

D.sub.0
  X-LSB
    Y-LSB
      X+ step X+ step 2.sup.0
        processor
          2.sup.0
            blink
D.sub.1
  X- direction
    X- direction
      2.sup.1
        control
          2.sup.1
            mask
D.sub.2
  Y+      Y+      2.sup.2
            func 2.sup.2
D.sub.3
  Y-      Y-      2.sup.3
            2.sup.3
D.sub.4
  2.sup.0
    color
      -- not 2.sup.4
        --
          not
D.sub.5
  2.sup.1
    data -- used 2.sup.5
      --
        used
D.sub.6
  2.sup.2 --      --      --
D.sub.7
  X-MSB
    Y-MSB
      2.sup.3 --      --      --
D.sub.8
  not used
D.sub.9
  not used
D.sub.10
  not used
D.sub.11
  not used
D.sub.12
  2.sup.0
    Function:
      F = 0
        set processor control function
      F = 1
        write color and step
D.sub.13
  2.sup.1  F= 2
            only step
          F = 3
            load X-data
D.sub.14
  2.sup.2  F= 4
            load Y-data
          F = 5

```

```

                                load blink mask
D.sub.15
  2.sup.3    F = 6
              set write protect
              F = 7
              reset write protect

```

TABLE II

DATA COLOR I/O timing in .mu.S				
PARAMETER		MIN	TYP	MAX
tc	cycle time	0.7	2	35
tws	strobe pulse with	0.15		
tsud	data setup time			0.3
thd	data hold time	0.6		
tb	busy time	0	2	35
tpr	busy delay time	0.5		0.7
tpo	output delay time			0.2
tpd	output data delay time	0		0.01

Continuing with the description of the functions from Table I, color data information is input on lines D4-D7 to latch 324 coincident with an F1 function instruction, which data is transferred to the ALU 436 on bus EE. The functions F3 and F4 are used to load absolute X and Y address data into registers 300, 304, 308 and 312, D0 being the least significant bit and D7 being the most significant bit. The function instruction F5 causes 4 bits of blink mask data input to lines D0-D3 to be loaded into the blink mask latch 444 via bus DD. Finally, functions F6 and F7 are used to set and reset the write protect signal 58 from pin 9 of IC unit 368.

Referring now to Table II in conjunction with FIG. 3, the timing of the instruction and data transfer between the host computer 20 and the controller 40 will be described. Briefly, when the computer 20 has data available for input to latches 324 and 376, a strobe or strobe complement signal is sent to the controller 40. When the controller is ready to receive data via its latches 324 and 376, it sends a ready or ready complement signal to the computer 40. Data input is then read into latches 324 and 376 between times t.sub.sud and t.sub.hd. Later in the cycle, the controller 40 signals the computer 20 when output data on bus 56 is valid by generating an out dat or out dat complement signal to indicate that data output will be valid a short delay time later.

It will be appreciated from the foregoing description that the inventive system 10 provides many unique advantages over prior art systems. It will also be appreciated that while the presently preferred embodiment describes a 256 by 256 pixel memory organization, similar techniques can be employed to expand the size of the picture memory matrix by employing additional numbers of dynamic RAMs with an expanded latch circuitry. Although a preferred embodiment of the inventive system has been described in detail it is to be understood that various changes, substitutions and alterations can be made without departing from the spirit and the scope of the

invention as defined by the appended claims.

APPENDIX A

```
PROM 108
/$A000,
/B7 77 77 77 F7 F6 F7 B7 B7 77 77 77 F7 F7 F7 B7
/E7 E7 D7 D7 D5 F7 F7 F7 F7 F7 FF F7 F7 F3 F7 B7
PROM 112
/$A000,
/22 20 00 00 00 18 28 A8 20 20 00 00 00 18 28 AA
/2A 20 20 00 00 00 04 94 44 04 04 04 04 2C 2C AE
/
```

APPENDIX B

```
PROM 136
/$A000,
/67 67 67 67 67 21 21 21 21 21 20 20 20 20 20 20
/20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
/20 20 20 20 20 A0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0
/B0 B0 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 F6 F6 F6 F6
/F6 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2
/B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2 B2
/B2 B2 B2 B2 B2 32 22 22 22 22 22 22 22 22 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 08 08 00 00 00 00 00 00
/$A080,
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/
/$A100,
/67 67 67 67 67 61 61 61 61 61 60 60 60 60 60 60
/60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60
/60 60 60 60 60 E0 F0 F0 F0 F0 F0 F0 F0 F0 F0 F0
/F0 F0 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 F6 F6 F6 F6
/F6 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0
/B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0 B0
/B0 B0 B0 B0 B0 30 20 20 20 20 20 20 20 20 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 08 08 00 00 00 00 00 00
/
/$A180,
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/

APPENDIX C

PROM 152

/\$A000,
/01 03 03 42 43 43 41 03 03 01 01 01 01 01 01 05
/21 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01
/01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 85 85 85 85
/85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85
/85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85
/85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85
/85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85
/85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85
/\$A080,
/85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85
/85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85
/85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85
/85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85
/85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85
/85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85
/85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85
/
/\$A100,
/85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85
/85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85
/85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 85 01 01 01 01 01
/01 01 01 01 01 01 01 01 09 01 01 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/
/\$A180,
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
/
