

12. Input / Output Unit

Salah satu fitur dasar komputer adalah kemampuannya untuk mempertukarkan data dengan perangkat lain. Kemampuan komunikasi ini memungkinkan operator manusia, misalnya, untuk menggunakan keyboard dan layar display untuk mengolah teks dan grafik. Manusia mengembangkan penggunaan komputer untuk berkomunikasi dengan komputer lain melalui internet dan mengakses informasi di seluruh dunia. Dalam aplikasi lain, komputer tidak begitu tampak tetapi sama pentingnya. Komputer menjadi bagian integral pada alat-alat rumah tangga, peralatan manufacturing, sistem transportasi, perbankan dan terminal point-of-sale. Dalam aplikasi semacam itu, input ke suatu komputer dapat berasal dari sensor switch, kamera digital, mikrofon, atau alarm kebakaran. Output dapat berupa sinyal suara yang dikirim ke speaker atau perintah yang dikodekan secara digital untuk mengubah kecepatan motor, membuka katup, atau menyebabkan suatu robot bergerak dengan cara tertentu. Singkatnya, general-purpose komputer harus memiliki kemampuan untuk mempertukarkan informasi dengan sejumlah perangkat dalam lingkungan yang bervariasi.

Dalam bab ini, akan dibahas berbagai cara operasi I/O dilakukan.

12.1. Mengakses Perangkat I/O

Pengaturan sederhana untuk menghubungkan perangkat I/O ke suatu komputer adalah dengan menggunakan pengaturan bus tunggal, sebagaimana yang ditampilkan pada gambar 12.1. Bus tersebut meng-enable semua perangkat yang dihubungkan padanya untuk mempertukarkan informasi. Biasanya, pengaturan tersebut terdiri dari tiga set jalur yang digunakan untuk membawa alamat, data, dan sinyal kontrol. Tiap perangkat I/O ditetapkan dengan suatu set alamat yang unik. Pada saat prosessor meletakkan suatu alamat pada jalur alamat, perangkat yang mengenali alamat ini merespon perintah yang dinyatakan pada jalur kendali. Prosessor meminta operasi baca atau tulis, dan data yang di-request ditransfer melalui jalur data. Pada saat perangkat I/O dan memori berbagi ruang alamat yang sama, pengaturan tersebut disebut memory mapped I/O.

Dengan memory mapped I/O, tiap instruksi mesin yang dapat mengakses memori dapat digunakan untuk mentransfer data ke atau dari perangkat I/O. Misalnya,

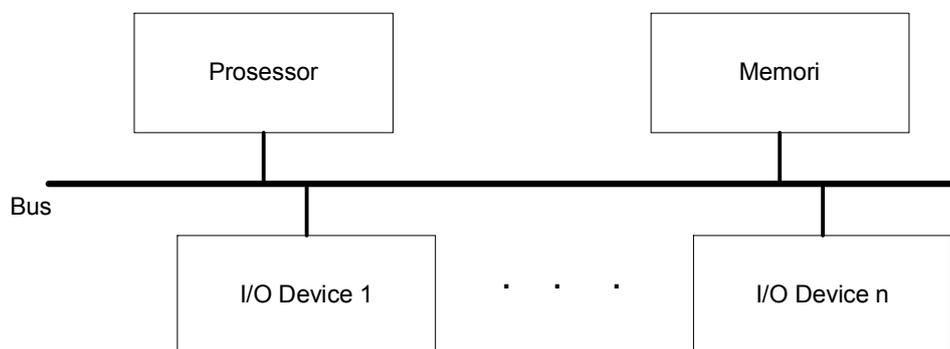
jika DATAIN adalah alamat input buffer yang terhubung dengan keyboard, maka instruksi

```
Move DATAIN, R0
```

Membaca data dari DATAIN dan menyimpannya dalam register prosessor R0. Serupa dengan instruksi

```
Move R0, DATAOUT
```

Mengirim isi register R0 ke lokasi DATAOUT, yang mungkin berupa buffer data output dari unit display atau printer.

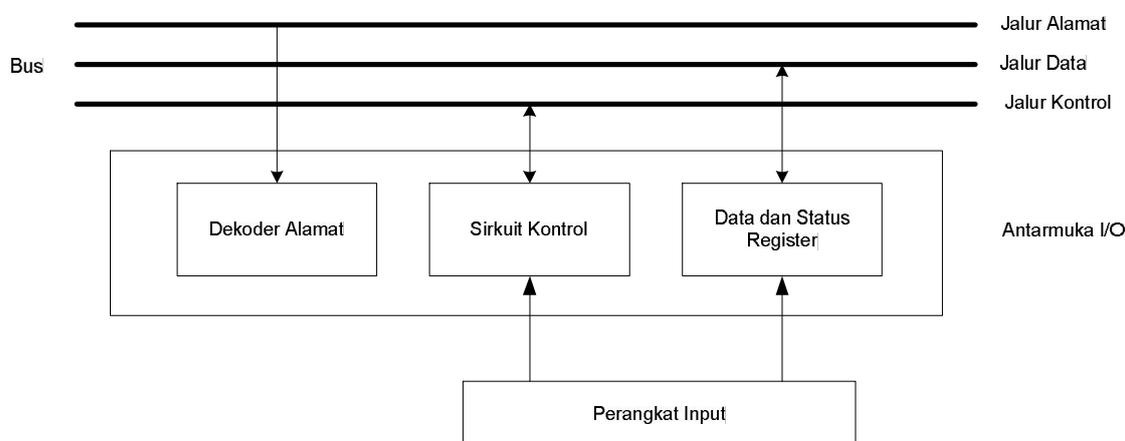


Gambar 12.1. Struktur bus tunggal

Kebanyakan system komputer menggunakan memory mapped I/O. Beberapa prosessor memiliki instruksi In dan Out khusus untuk menjalankan transfer I/O. Misalnya, prosessor dalam famili Intel memiliki instruksi I/O khusus dan ruang alamat 16-bit terpisah untuk perangkat I/O. Pada saat membangun sistem komputer yang berbasis pada prosessor ini, desainer memiliki pilihan dalam mengkoneksikan I/O dengan menggunakan ruang alamat I/O khusus atau hanya dengan menggabungkannya sebagai bagian dari ruang alamat memori. Pendekatan paling akhir tersebut sejauh ini merupakan yang paling umum karena melibatkan penggunaan software yang lebih sederhana. Salah satu manfaat ruang alamat terpisah adalah perangkat I/O menangani lebih sedikit jalur alamat. Perhatikan bahwa alamat I/O terpisah tidak harus berarti jalur alamat I/O tersebut terpisah secara fisik dari jalur alamat I/O tersebut terpisah secara fisik dari jalur alamat memori. Sinyal khusus pada

bus tersebut mengindikasikan bahwa transfer baca atau tulis yang diminta adalah operasi I/O. Pada saat sinyal ini dinyatakan, unit memori mengabaikan transfer yang di-request. Perangkat I/O menganalisa bit low-order bus alamat untuk menentukan apakah sebaiknya memberi respon.

Gambar 12.2 mengilustrasikan hardware yang diperlukan untuk menghubungkan perangkat I/O ke bus. Dekoder alamat meng-enable perangkat tersebut untuk mengenali alamatnya pada saat alamat ini muncul pada jalur alamat. Register data menyimpan data yang ditransfer ke dan dari prosesor. Register status berisi informasi yang relevan dengan operasi perangkat I/O. Register data dan status dihubungkan dengan bus data dan ditetapkan dengan alamat-alamat unik. Dekoder alamat, register data dan status, dan sirkuit control yang diperlukan untuk mengkoordinasikan transfer I/O membentuk sirkuit antar muka perangkat.



Gambar 12.2. Antarmuka I/O untuk perangkat input

Perangkat I/O beroperasi pada kecepatan yang sangat berbeda dengan prosesor. Pada saat operator manusia memasukkan karakter pada keyboard, prosesor mampu mengeksekusi jutaan instruksi antar-entri karakter yang berurutan. Suatu instruksi yang membaca karakter dari keyboard sebaiknya hanya dieksekusi pada saat karakter tersebut tersedia dalam input buffer antarmuka keyboard. Juga kita harus memastikan bahwa karakter input tersebut hanya dibaca sekali.

12.1.1. Keyboard

Perangkat input yang paling sering digunakan adalah keyboard, biasanya dilengkapi dengan mouse atau trackball. Bersama dengan video display sebagai perangkat output, perangkat tersebut digunakan untuk interaksi manusia langsung dengan computer.

Keyboard tersedia dalam dua tipe. Satu tipe terdiri dari array switch mekanik yang dipasang pada *printed circuit board*. Switch tersebut diatur dalam baris dan kolom dan dihubungkan ke mikrokontroller pada board. Pada saat suatu switch ditekan, controller mengidentifikasi baris dan kolom, dan dengan demikian menentukan tombol mana yang ditekan. Setelah mengoreksi switch bounce, controller menghasilkan kode yang menyatakan switch tersebut dan mengirimnya melalui link serial ke computer.



Gambar 12.3. Keyboard

Tipe kedua menggunakan struktur flat yang terdiri dari tiga layer. Layer paling atas adalah bahan plasticized, dengan posisi tombol ditampilkan pada permukaan atas dan conducting trace disimpan pada sisi bawah. Layer tengah dibuat dari karet, dengan lubang pada posisi tombol. Layer dasar adalah metalik, dengan tonjolan keluar pada posisi tombol. Pada saat tekanan diterapkan pada layer paling atas pada posisi tombol, trace yang berada tepat dibawahnya bersentuhan dengan tonjolan yang tepat pada layer dasar, sehingga membentuk sirkuit elektrik dengan cara yang sama seperti switch mekanik. Arus yang mengalir dalam sirkuit ini diterima oleh mikrokontroller. Pengaturan ini menyediakan keyboard biaya-rendah yang juga memiliki kelebihan yaitu kuat dan kebal terhadap persoalan yang disebabkan oleh tumpahan makanan atau minuman. Keyboard tersebut biasa ditemui dalam aplikasi misalnya terminal point-of-sale.

12.1.2. Mouse

Penemuan Mouse pada tahun 1968 menunjukkan langkah penting dalam pengembangan sarana baru bagi orang-orang untuk berkomunikasi dengan computer. Hingga titik tersebut, teks adalah bentuk utama entri data. Mouse memungkinkan untuk memasukkan informasi grafis secara langsung, dengan menggambarkan objek yang diinginkan, dan membuka pintu ke banyak ide baru dan canggih, termasuk windows dan menu pull-down.



Gambar 12.4. Mouse

Mouse adalah perangkat yang dibentuk untuk kenyamanan tangan operator, sehingga dapat digeser pada permukaan datar. Sirkuit elektronik merasakan gerakan ini dan mengirim beberapa pengukuran jarak yang dilalui dalam arah X dan Y ke computer. Pergerakan diawasi baik secara mekanik atau optik. Mouse mekanik diisi dengan suatu bola yang dipasang sedemikian sehingga dapat berotasi dengan bebas pada saat mouse digerakkan. Rotasi bola dirasakan dan digunakan untuk meningkatkan dua counter, satu untuk tiap dua sumbu gerakan. Mouse tersebut juga diisi dengan dua atau tiga pushbutton. Informasi dari counter dan button tersebut dikumpulkan oleh mikrokontroller, diencodemenjadi paket 3-byte, dan dikirim ke komputer melalui link serial.

Mouse optic menggunakan *light-emitting diode* (LED) untuk mengiluminasi permukaan tempat mouse berada, dan suatu perangkat *light-sensitive* merasakan cahaya yang direfleksikan dari permukaan. Pada beberapa model, mouse tersebut harus diletakkan pada pad khusus yang memiliki pola garis vertical dan horizontal. Cahaya yang direfleksikan berubah pada saat mouse bergerak dari area terang ke gelap permukaan dibawahnya, dan mouse tersebut mengukur jarak yang dilalui dengan menghitung perubahan ini.

Mouse optic yang lebih canggih, dubbed Intellimouse, diperkenalkan oleh Microsoft pada tahun 1999. Mouse tersebut dapat digunakan pada hampir setiap permukaan. Daripada sensor cahaya sederhana, citra area yang sempit pada permukaan dibawahnya difokuskan pada kamera digital mini, yang mengkonversi citra ke representasi digital. Kamera tersebut mengambil 1500 gambar setiap detik. Kecuali jika permukaan tersebut seragam dan halus sempurna, seperti cermin, maka citranya akan berisi fitur garis, perubahan kecerahan, dan seterusnya.

Dengan membandingkan citra yang berurutan, suatu prosessor dalam mouse dapat mengukur jarak yang dilalui dengan akurasi tertentu. Prosessor tersebut menggunakan teknik pengolahan sinyal yang dikenal sebagai korelasi untuk menentukan jarak yang dilalui satu gambar ke gambar berikutnya. Ini adalah tugas komputasi intensif yang harus diulang 1500 kali tiap detik. Hal ini dimungkinkan hanya karena ketersediaan prosessor embedded biaya rendah. Prosessor digunakan untuk mengeksekusi 18 juta instruksi tiap detik.

Sejak penemuan mouse, sejumlah perangkat yang menjalankan fungsi serupa telah diperkenalkan. Termasuk, trackball, joystick dan touchpad.

12.1.3. Trackball, Joystick, dan Touchpad

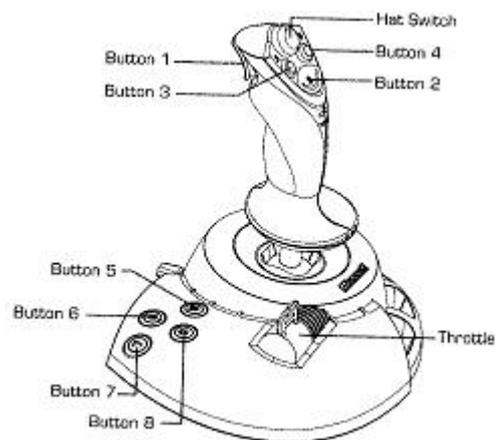
Mouse meng-enable operator untuk memindahkan kursor pada layar computer. Sekumpulan perangkat input inovatif telah dikembangkan untuk melakukan fungsi serupa, untuk memenuhi berbagai lingkungan aplikasi dan preferensi user.

Prinsip operasi trackball sangat mirip dengan mouse mekanik. Suatu bola dipasang pada *shallow well* pada keyboard. User memutar bola tersebut untuk mengindikasikan pergerakan kursor yang diinginkan di layar.



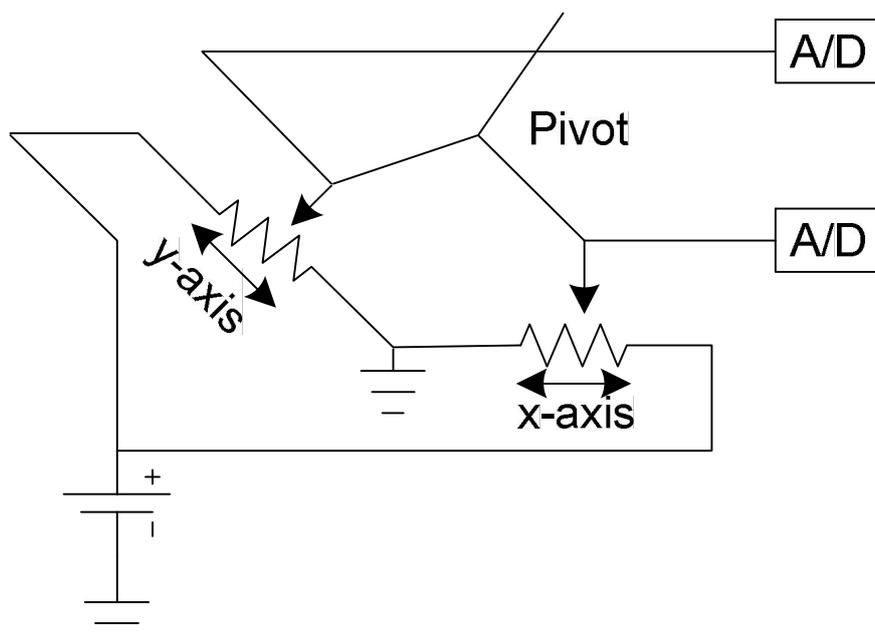
Gambar 12.5. Trackball

Joystick adalah stick pendek berputar yang dapat digerakkan dengan tangan untuk menunjuk ke tiap arah dalam bidang X-Y. Pada saat informasi ini dikirim ke computer, software menggerakkan kursor pada layar dengan arah yang sama.



Gambar 12.6. Josystick

Posisi stick dapat diketahui oleh transduser posisi linear atau angular yang sesuai, misalnya pengaturan potensiometer yang ditunjukkan pada gambar berikut. Output tegangan potensiometer X dan Y diumpankan ake dua analog-to-digital (A/D) converter, yang outputnya menentukan posisi joystick dan, dengan demikian, arah gerakan yang diinginkan.



Gambar 12.7. Potentiometer sebagai transduser posisi

Joystick terdapat dalam computer notebook dan videogame. Pada computer notebook, joystick dipasang diantara tombol keyboard, dan stick agak lebih keatas. Berdasarkan penempatannya, joystick memiliki kelebihan yaitu tidak memerlukan tangan operator untuk menggunakan keyboard. Joystick dapat ditekan dengan satu jari untuk menentukan posisi kursor pada layar. Joystick juga kuat secara mekanik dan hanya memerlukan sedikit ruang. Untuk digunakan dalam video game, joystick dibentuk menjadi pegangan yang sesuai dengan sifat game tersebut. Biasanya dilengkapi dengan pushbutton untuk tujuan seperti melempar bola atau menembakkan pistol.



Gambar 12.8. Touchscreen

Perangkat input lain yang sangat penting adalah touchpad dan perangkat sejenisnya, touchscreen. Touchpad adalah pad kecil yang dibuat dari bahan *pressure-sensitive*. Pada saat jari user atau ujung pena menyentuh beberapa titik pada pad, tekanan tersebut menyebabkan perubahan karakteristik listrik bahan pada titik tersebut. Lokasi titik tersebut dideteksi dan dikomunikasikan ke computer. Dengan memindahkan jari pada pad, user dapat menginstruksikan software untuk memindahkan kursor pada layar dengan arah yang sama. Hal ini menjadikan touchpad sebagai pengganti berbiaya-rendah untuk mouse atau trackball, dengan kekuatan dan keandalan tingkat tinggi karena tidak berisi bagian yang bergerak. Touchpad sangat sesuai untuk computer notebook.



Gambar 12.9. Touchpad

Banyak bahan baru yang telah dikembangkan untuk digunakan sebagai touchpad. Mungkin yang paling inovatif adalah bahan dengan sejumlah besar fiber optic embedded mini didalamnya. Bahan tersebut dapat mengidentifikasi lokasi objek yang menyentuhnya dan jumlah tekanan yang diterimanya. Bahan ini dikembangkan untuk aplikasi robot diluar angkasa. Dan dengan cepat bahan ini digunakan untuk berbagai aplikasi lain, misalnya sebagai perangkat input yang menggantikan dan memperluas peranan keyboard piano.

Touchpad dapat digabungkan dengan *liquid crystal display* untuk menghasilkan layar *touch-sensitive* yang dapat digunakan untuk operasi input dan output. Tipe layar ini biasanya ditemukan dalam *personal digital assistant* (PDA), misalnya Palm Pilot. Bentuk lain dari touch screen menggunakan *cathode ray tube* (CRT). Perubahan kapasitansi yang disebabkan oleh sentuhan jari pada layar dirasakan oleh layar pada saat berkas electron men-scan layar untuk menampilkan

suatu citra. Pengaturan ini biasanya ditemukan dalam cash register dan terminal point-of-sale.

12.1.4. Scanner

Scanner mentransformasikan bahan tercetak dan fotografi menjadi representasi digital. Pada scanner awal, halama yang di-scan diletakkan pada silinder kaca yang berputar disekeliling sensor. Kebanyakan scanner saat ini menggunakan pengaturan flat-bed, dimana halaman yang discan ditempatkan pada permukaan kaca datar. Suatu sumber cahaya men-scan halaman tersebut, dan cahaya yang direfleksikan difokuskan pada array linear *charge-coupled device* (CCD). Pada saat perangkat CCD dipaparkan terhadap cahaya, suatu muatan listrik disimpan dalam kapasitor mini yang dihubungkan dengannya sehingga jumlah muatan proporsional dengan intensitas cahaya. Muatan ini dikumpulkan oleh sirkuit yang sesuai dan dikonversi ke representasi digital menggunakan *analog-to-digital converter*. Untuk scanner warna, filter merah, hijau dan biru digunakan untuk memisahkan warna primer dan mengolahnya secara terpisah. Pada saat sumber cahaya bergerak melewati halaman tersebut, sensor array dibaca berulang kali, melakukan sampling jalur pixel pada citra yang berurutan. Sebaiknya diperhatikan bahwa teknik ini juga digunakan dalam digital copier. Suatu digital copier adalah gabungan dari scanner dan laser printer.



Gambar 12.10. Scanner

Setelah scanning suatu halaman tercetak ke dalam computer, maka citra dinyatakan dalam memory sebagai array pixel. Dalam bentuknya yang paling

sederhana, tiap pixel dinyatakan sebagai satu bit, mengindikasikan apakah titik tertentu pada citra tersebut adalah terang atau gelap. Untuk citra dengan kualitas lebih tinggi, maka lebih banyak informasi yang disimpan untuk tiap pixel untuk menyatakan warna dan intensitas cahaya pada titik tersebut. Dapat digunakan sampai dengan tiga byte informasi per pixel, dengan satu byte untuk tiap tiga warna primer.

Perhatikan kasus halaman teks. Area gelap pada citra berhubungan dengan karakter tercetak. Banyak teknik pengenalan karakter telah dikembangkan yang memungkinkan untuk menganalisa peta pixel yang disimpan dalam memori dan mengenali karakter dalam citra tersebut. Jadi, mungkin untuk membuat file teks yang mendeskripsikan isi halaman tercetak, dengan tiap karakter ditranslasikan ke kode biner yang sesuai, misalnya ASCII. File yang dihasilkan kemudian dapat diolah dengan program pengolahan-teks misalnya Microsoft Word.

12.2. Output

Output komputer dapat berupa berbagai bentuk, termasuk teks alfanumerik, citra grafis, atau suara.

12.2.1. Video Display

Video display digunakan pada saat diperlukan representasi visual pada output komputer. Perangkat display yang paling umum menggunakan *cathode ray tube* (CRT).

Suatu berkas elektron terfokus menabrak layar fluorescent, menimbulkan emisi cahayanya sebagai titik terang pada latar gelap. Titik yang terbentuk menghilang pada saat berkas tersebut dimatikan atau dipindahkan ke tempat lain. Jadi secara umum, tiga variabel bebas perlu ditetapkan sepanjang waktu, menyatakan posisi dan intensitas berkas. Posisi berkas berhubungan dengan koordinat X dan Y pada suatu tempat pada layar. Intensitasnya, yang biasanya disebut sebagai kontrol Z-axis, menyediakan informasi gray scale atau brightness pada tempat tersebut. Suatu tempat addressable yang paling kecil pada layar disebut pixel. Tempat tersebut terdiri dari sejumlah titik yang lebih kecil dengan berbagai ukuran, diatur dalam pola geometrik, dengan mengiluminasi titik tersebut dalam berbagai kombinasi, maka dapat diperoleh level brightness yang berbeda. Teknik ini dikenal sebagai half toning. Dalam tampilan warna, tiap pixel memiliki tiga warna titik fluorescent yang berbeda, merah,

hijau, dan biru. Warna yang berbeda diperoleh dengan mengeksitasi titik tersebut dengan kombinasi yang berbeda.



Gambar 12.11. Monitor CRT

Ukuran tempat yang terbentuk pada layar oleh berkas elektron menentukan jumlah total pixel dalam citra. Hal ini biasanya berada dalam rentang 700 hingga 2500 titik disepanjang tiap koordinat X dan Y. Informasi Z-axis dideskripsikan sampai 24bit, yang terdiri dari satu byte untuk tiap warna. Hal ini diperhitungkan untuk menghasilkan resolusi warna paling tinggi yang dapat diterima mata manusia. Standar paling umum untuk Video Display komputer adalah VGA (*Video Graphics Array*) dan varian kualitas tingginya. VGA display dasar memiliki 640 x 480 pixel. Variasi standar ini menetapkan display dengan resolusi yang lebih tinggi, misalnya 1024 x 768 (XVGA) dan 1600 x 1200 (UXGA).

Teks alfanumerik dan gambar grafis dapat dikonstruksi menggunakan teknik yang disebut raster scan. Berkas elektron disapu secara berurutan pada tiap baris pixel dari kiri ke kanan, hingga semua baris telah di-scan dari puncak ke dasar layar. Banyak video display menggunakan interlacing untuk meningkatkan tingkat penerimaan pada layar saat di refresh. Berkas tersebut men-scan layar dalam dua lewatan, sekali untuk baris bernomor-ganjil dan sekali untuk baris bernomor-genap. Image yang ditampilkan disimpan dalam memori display buffer yang menyediakan informasi Z-axis selama scanning. Dalam representasi paling sederhana, suatu bit map, yang terdiri dari satu bit untuk tiap pixel dapat digunakan untuk mendeskripsikan citra yang

akan ditampilkan pada layar. Karenanya, suatu layar dengan 1024 x1024 pixel memerlukan 1M-bit memori buffer display. Untuk me-refresh display tersebut pada kecepatan 60 kali per detik, maka kecepatan data adalah 60 megabit/det. Display kualitas tinggi saat ini menggunakan 32 bit per pixel, sehingga memerlukan display buffer dan bandwidth komunikasi yang jauh lebih besar. Biasanya, hanya 24 dari 32 bit yang menyimpan informasi warna. Byte keempat disediakan untuk kompatibilitas dengan panjang word prosesor host. Juga menyediakan ruang untuk peningkatan di masa mendatang. Sistem modem memiliki kapabilitas untuk meng-overlap banyak citra layar yang berbeda, seperti halnya pada kasus sistem operasi window-based, dan karenanya memerlukan beberapa display buffer terpisah.

12.2.2. FLAT-PANEL DISPLAY

Sekalipun teknologi cathode-ray tube telah mendominasi aplikasi display, flat-panel display semakin meningkat popularitasnya. Display tersebut lebih tipis dan lebih ringan. Juga menyediakan linearitas yang lebih bagus dan, pada beberapa kasus, bahkan resolusi yang lebih tinggi. Telah dikembangkan beberapa tipe flat-panel display, termasuk liquid-crystal panel, plasma panel, dan electroluminescent panel. Ketersediaan flat-panel display biaya-rendah telah membantu perkembangan komputer notebook.



Gambar 12.12. Flat Panel

Liquid-crystal panel dibangun dengan men-sandwich layer tipis liquid crystal-liquid yang menampakkan sifat crystalline-antara dua piringan transparan. Piringan paling atas mengandung elektroda transparan yang ditanamkan didalamnya, dan piringan bagian belakang adalah suatu cermin. Dengan mengaplikasikan sinyal listrik yang tepat pada piringan tersebut, maka dapat diaktifkan berbagai segmen liquid crystal, menyebabkan perubahan pada sifat light-diffusing atau polarizing-nya. Jadi, segmen tersebut mentransmisikan atau menghalangi cahaya. Suatu citra dihasilkan dengan melewatkan cahaya melalui segmen tertentu pada liquid crystal dan kemudian merefleksikannya kembali dari cermin ke viewer. Liquid-crystal display terdapat dalam jam tangan, kalkulator, komputer notebook, dan banyak perangkat lain.

Liquid-crystal display muncul dalam dua variasi. Display statik memiliki struktur sederhana dimana elektroda disimpan sepanjang satu axis, ada puncak piringan dan sepanjang orthogonal axis pada piringan yang lebih bawah, sehingga menyatakan kolom dan baris. Untuk mengiluminasi segmen tertentu, suatu tegangan diterapkan antara satu baris elektroda dan satu kolom elektroda. Hal ini menghasilkan medan listrik yang menyebabkan liquid crystal pada titik perpotongannya menyala, dan ditampilkanlah suatu titik terang. Display yang menggunakan pengaturan ini dapat dibangun secara sederhana dan murah, tetapi kualitas citra yang dihasilkan rendah. Area yang teriluminasi tidak didefinisikan dengan jelas, sehingga pinggiran pada citra tidakjelas. Juga, elektroda yang panjang memiliki kapasitansi yang besar, karenanya kecepatan untuk menghidup-matikan suatu titik rendah. Misalnya, jika kursor dipindahkan melalui layar tersebut dengan cepat, maka respon yang rendah menyebabkan tail terlihat mengikuti kursor.

Display kualitas tinggi dihasilkan dengan menggunakan transistor pada tiap titik perpotongan. Hal ini menghasilkan respon yang lebih cepat dan kontrol yang lebih baik pada area yang akan diiluminasi. Transistor tersebut dipersiapkan pada film tipis yang ditanamkan pada salah saw piringan. Karenanya tipe display ini disebut thin-film transistor (TFT) display. Juga dikenal sebagai active matrix display. Tipe display ini paling umum ditemukan pada komputer notebook kualitas tinggi.

Plasma panel terdiri dari dua piringan kaca yang terpisah oleh celah tipis yang diisi dengan gas misalnya neon. Tiap piringan memiliki beberapa elektroda paralel diatasnya. Elektroda pada dua piringan tersebut bekerja pada sudut-sudut yang berhadapan. Suatu pulsa tegangan diterapkan diantara dua elektroda tersebut, saw

pada tiap piringan, menyebabkan suatu segmen gas kecil pada petpotongan dua elektroda berpijar. Pijaran segmen gas tersebut dipertahankan oleh tegangan rendah yang terus-menerus diterapkan ke semua elektroda. Pengaturan pulsing yang serupa digunakan untuk secara selektif mematikan suatu titik. Plasma display dapat menghasilkan resolusi tinggi tetapi agak mahal. Plasma display terdapat dalam aplikasi yang mementingkan kualitas display dan yang tidak menginginkan ukuran cathode-ray tube yang sangat besar.

Electroluminescent panel menggunakan layer fosfor tipis diantara dua electrically conducting panel. Citra tersebut dibuat dengan menerapkan sinyal listrik pada piringan, menjadikan fosfor tersebut berpijar.

Kelangsungan flat-panel display untuk aplikasi yang berbeda sangat erat berhubungannya dengan perkembangan dalam teknologi cathode-ray tube display yang bersaing, yang terus menyediakan gabungan yang baik antara harga dan performa dan mengijinkan implementasi mudah pada display warna.

12.2.3. PRINTER

Printer digunakan untuk memproduksi hard copy dari data output atau teks. Printer biasanya diklasifikasikan sebagai tipe impact atau nonimpact, tergantung pada sifat mekanisme printing yang digunakan. Impact printer menggunakan mekanisme printing mekanik, dan nonimpact printer mengandalkan pada teknik optik, ink jet, atau elektrostatik.

Nonimpact printer memiliki beberapa bagian bergerak dan dapat dioperasikan pada kecepatan tinggi. Laser printer menggunakan teknologi yang sama dengan photocopier. Suam drum yang dilapisi dengan bahan fotokonduktif bermuatan positif di-scan oleh suatu berkas laser. Muatan positif yang diiluminasikan oleh berkas tersebut didisipasikan. Kemudian bubuk toner bermuatan negatif disebarkan pada drum. Bubuk tersebut menempel pada muatan positif, sehingga menghasilkan image halaman yang kemudian ditransfer ke kertas. Drum tersebut dibersihkan dari bahan toner yang berlebihan untuk mempersiapkannya mencetak halaman berikutnya.

Nonimpact printer tipe lain menggunakan ink jet, dimana tetesan tinta warna yang berbeda ditembakkan ke kertas dari nozzle mini, untuk menghasilkan output warna. Berbagai teknik digunakan untuk menembakkan tetesan tinta. Misalnya,

dalam bubble ink-jet printer, nozzle dipasang pada ruang kecil yang menerima pulsa panas. Hal ini menyebabkan tinta di dalam ruang tersebut menguap, membentuk gelembuug gas yang mendorong sejumlah kecil tinta keluar dari nozzle. Pada saat gas dalam ruangan mendingin, menimbulkan ruang hampa yang menghisap muatan tinta baru.



Gambar 12.13. Printer

Sebagian besar printer membentuk karakter dan citra grafis menggunakan cara yang sama dengan pembentukan citra pada layar video, yaitu, mencetak titik dalam matrik. Pengaturan ini dapat dengan mudah mengakomodasi berbagai font dan dapat juga digunakan untuk mencetak

citra grafis. Akau tetapi, karena sensitivitas mata manusia terhadap pola reguler, maka dot matrix reguler dapat dengan mudah dideteksi dan bercampur dengan kualitas citra yang diterima. Printer kualitas-tinggi menggunakan teknik yang disebut dithering untuk mengatasi kesulitan ini. Ingatlah bahwa pixel terdiri dari beberapa dot, masing-masing memiliki salah sam dad tiga warna. Dithering berarti bahwa pengaturan geometrik dot dalam pixel dan pengaturan warna pada tiap dot divariasi. Hal ini mengubah pola reguler yang monoton dan menghasilkan penampilan dengan lebih banyak pilihan warna.

Pencetakan kualitas tertinggi diperlukan dalam aplikasi seperti pencetakan seni grafis dan fotografi. Ink-jet printer yang menggunakan teknik yang dikenal sebagai dye sublimation Sesuai untuk aplikasi ini. teknik tersebut juga dikenal sebagai yang paling mahal. Dalam hal ini, temperatur tinta dipanaskan dikontrol untuk mengubah jumlah tinta yang ditembakkan pada kertas. Jadi, intensitas warna

pada tiap dot dapat divariasikan secara terus menerus. Juga, digunakan kertas khusus yang menyebarkan tinta, yang menghasilkan warna yang terkontrol dengan tepat.

12.2.4. AKSELERATOR GRAFIS

Banyak aplikasi komputer yang melibatkan citra grafis kualitas-tinggi. Mungkin pengguna grafis yang paling umum adalah dalam video game. Aplikasi lain adalah tugas artistik, ilmu kedokteran, dan film animasi. Citra kualitas-tinggi memerlukan tampilan sejumlah besar piksel. Sebelum suatu citra dikirim ke layar display, warna tiap piksel tersebut harus dihitung dan disimpan dalam buffer memori. Dari sana, informasi tersebut dikirim ke layar pada kecepatan minimal 30 kali per detik untuk mempertahankan ter-refresh-nya citra yang ditampilkan.

Tugas perhitungan intensitas piksel dan warna dapat dilakukan dalam software. Citra yang dihasilkan dapat disimpan pada screen buffer dalam memori utama komputer, dan dari sana dapat dikirim ke display melalui bus komputer. Akan tetapi, potongan volume data yang perlu ditangani adalah sedemikian sehingga pendekatan ini dapat dengan mudah membanjiri prosesor dan menyisakan sedikit daya komputasi untuk tugas lain. Juga, penggunaan bus komputer untuk mentransfer isi screen buffer untuk display akan memakan sejumlah besar bandwidth bus. Dengan 32 bit per piksel, 1024 x 1024-piksel citra ditampilkan dengan 4M byte data, yang akan menghasilkan minimum 120 megabyte/detik lalu lintas pada bus memori.

Sebagian besar aplikasi grafis memerlukan kemampuan untuk menampilkan objek tiga dimensi (3D). Misalnya dalam game komputer ditampilkan dunia 3D buatan, dengan citra full video, sepenuhnya dalam software. Tugas pembuatan citra tersebut intensif secara komputasi. Solusi yang paling praktis adalah dengan menyediakan prosesor special-purpose, yang didesain khusus untuk menangani komputasi intensif ini. Prosesor tersebut, yang dikenal sebagai graphics-processing unit (GPU), adalah basis kartu grafis populer yang terinstal pada sebagian besar personal computer. Kartu grafis tersebut juga menyertakan sejumlah memori kecepatan-tinggi, biasanya berada dalam rentang dari 8M hingga 512M byte. Memori ini digunakan oleh GPU pada saat melakukan komputasi tersebut, dan juga menyimpan citra hasil untuk dikirim ke layar display. Display tersebut

dihubungkan langsung ke kartu grafis, sehingga transfer data untuk refreshing layar tidak menggunakan bus komputer. Kartu grafis kualitas-tinggi mampu me-refresh layar antara 75 dan 200 kali per detik.

12.2.5. Port Grafis

Kartu grafis tersebut dapat dicolokkan ke dalam bus komputer misalnya PCI. Umumnya motherboard komputer menyertakan slot koneksi khusus yang dikenal sebagai Accelerated Graphics Port (AGP), untuk menyisipkan kartu grafis. Ini adalah port 32-bit yang mampu mendukung kecepatan transfer data yang lebih tinggi daripada yang dapat dicapai pada bus PCI. Kecepatan ini biasanya dinyatakan sebagai AGP 1 x, 2x, 4x, atau 8x, dimana AGP 1 x adalah standar awal yang menyediakan kecepatan transfer data 264 megabyte/det. Standar selanjutnya mendukung kelipatan kecepatan ini, dengan AGP 8x menyediakan 2 gigabyte/det.

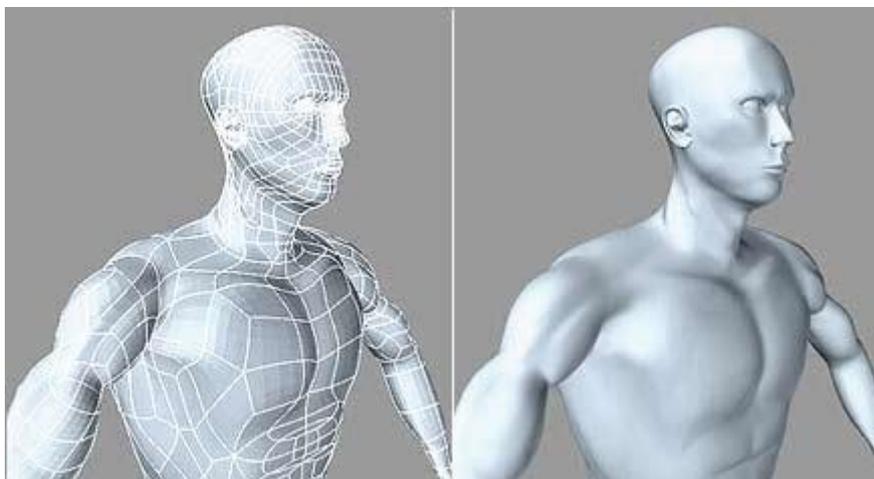


Gambar 14.14. Kartu VGA

12.2.6. Pengolahan Grafis

Dalam grafis komputer, objek tiga-dimensi dinyatakan dengan membagi permukaannya menjadi sejumlah besar poligon kecil, biasanya segitiga. Tugas pertama adalah mengubah 3D scene menjadi representasi 2D yang paling sesuai dengan citra yang akan dilihat oleh mata manusia. Perhitungan proyeksi dan perspektif menentukan lokasi dalam citra dua-dimensi pada puncak segitiga yang merepresentasikan berbagai objek pada scene. Kemudian, algoritma kompleks digunakan untuk menentukan warna yang sesuai dan bayangan tiap segitiga untuk

menghasilkan citra realistik. Komputasi tersebut memperhitungkan sumber pencahayaan pada scene tersebut, refleksi dari berbagai permukaan, bayangan, dan lain sebagainya. Langkah penting dalam proses ini adalah dengan memberi beberapa tekstur pada permukaan, misalnya tampilan urat kayu atau dinding batu bata. Tekstur tersebut biasanya dibuat menggunakan elemen yang disebut texel. Array texel diterapkan ke segitiga citra individu untuk menghasilkan kesan permukaan bertekstur pada objek tiga-dimensi awal. Bagian scene tersembunyi dihilangkan dalam proses yang dikenal sebagai clipping untuk menghemat komputasi yang tak perlu. Langkah terakhir adalah sampling, dimana citra di-sample untuk menentukan warna dan intensitas tiap pixel citra. Keseluruhan proses komputasi yang mengurangi 3D scene ke deskripsi pixel yang akan dikirim ke display dikenal sebagai rendering.



Gambar 12.15. 3D rendering

Untuk citra bergerak, komputasi ini harus diulang beberapa kali tiap detik. Untuk membuat tampilan gerakan yang halus pada layar, pixel citra harus di komputasi ulang minimal 20 kali per detik, biasanya 30 hingga 40 kali per detik, untuk menghasilkan gambar video kualitas-tinggi. Ini disebut frame rate. Kemampuan kartu video untuk melakukan komputasi yang diperlukan sering diukur oleh T&L (Transformations and Lighting) rating-nya, yang merupakan jumlah segitiga per detik yang diperlukan kartu tersebut untuk dapat menyelesaikan semua komputasi yang diperlukan untuk proyeksi, clipping,

lighting, dan sampling. Rating pada umumnya berada dalam rentang 10 hingga 30 juta segitiga per detik.

Sebagai contoh, karakteristik utama kartu grafis RADEON VE yang diproduksi oleh ATI Corp. ditunjukkan pada Tabel 10.1. Prosesor grafis GeForce 2 MX dari nVidia Corp. menawarkan kemampuan yang sangat mirip. Keduanya populer untuk penggunaan dalam personal computer. Tersedia pula versi profesional dengan kemampuan yang ditingkatkan. Dapat diharapkan munculnya prosesor yang jauh lebih canggih dimasa mendatang dalam segmen industri komputer yang berkembang pesat ini.

Fitur	Deskripsi
Chip GPU	RADEON VE
Bus	AGP 4x
Memori	Sampai dengan 64M byte, DDR SDRAM
Warna	32 bit, termasuk 8 bit yang dicadangkan untuk penggunaan selanjutnya
Pixel	2048 x 1536
T&L rating	30M triangle per detik
Screen refresh rate	75 hingga 200, dimana tingkat yang lebih tinggi digunakan untuk image dengan resolusi rendah
Kapabilitas tambahan	Perlengkapan untuk digunakan dengan TV, VCR, DVD, HDTV dan kompresi MPEG 2

Tabel 12.1. Kartu grafis RADEON VE

12.2.7. Software Grafis

Kartu grafis menawarkan berbagai fitur yang canggih. Penggunaan fitur tersebut memerlukan software yang didesain secara spesifik untuk kartu tersebut. Terdapat sangat sedikit standar dalam area ini, dan pasar terbuka luas untuk kompetisi. Hanya dengan menginstal kartu grafis yang lebih baik pada suatu komputer tidak akan secara otomatis meningkatkan kualitas citra yang dihasilkan. Diperlukan software khusus untuk digunakan dengan kartu ini. Beberapa standar application programming interface (API) untuk software grafis mulai muncul. Tujuan standar tersebut adalah

untuk meng-enable pengembangan hardware-independent software. Jadi, software untuk game komputer, misalnya, akan bekerja dengan baik dengan kartu grafis yang diproduksi oleh perusahaan yang berbeda dan akan mampu menggunakan fitur yang disediakan. OpenGL (Open Graphics Language) adalah contoh standar tersebut. Secara bertahap, kartu grafis didesain untuk kompatibilitas dengan standar ini dan sejumlah standar serupa yang berhubungan dengan berbagai aspek pengolahan grafis.