



Arsitektur dan Organisasi Komputer

Evolusi Komputer dan Performa

Ir. Heru Nurwarsito, M.Kom
Barlian Henryranu P, ST, MT
Eko Saksi Pramukantoro, S.Kom, M.Kom



MODUL

2

SELF-PROPAGATING ENTREPRENEURIAL EDUCATION DEVELOPMENT

1. PENDAHULUAN

- Pengantar
- Tujuan
- Definisi

2. Sejarah komputer

- 2.1 ENIAC
- 2.2 Mesin von neuman
- 2.3 Struktur mesin Von N.
- 2.4 komputer ias
- 2.5 komputer komersil
- 2.6 Ibm
- 2.7 transistor
- 2.8 mikroelektronik

3. EVOLUSI ARSITEKTUR

- 3.1 IBM serie 360
- 3.2 DEC PDP-8

4. Desain dan performa

- 4.1 peralatan semi konduktor
- 4.2 Intel
- 4.3 Peralatan input output
- 4.4 Perbaikan dalam organisasi dan arsitektur chip
- 5. Evolusi intel x86
- 6. Embedded sistem
- 7. Analisa performa

1. PENDAHULUAN

1.1 Pengantar

Evolusi komputer telah ditandai dengan meningkatnya kecepatan prosesor, semakin kecilnya ukuran komponen, kapasitas memory yang semakin besar, meningkatnya kapasitas dan kecepatan transfer data pada I/O serta kinerja komputer.

1.2 Tujuan

Menjabarkan perkembangan dan evolusi komputer dari generasi ke generasi selain itu juga intel x86 serta menjelaskan tentang sejarah teknologi komputer.



1.3 Latar Belakang

Evolusi komputer ditandai dengan oleh peningkatan kevepatan prosesor, ukuran komponen yang semakin kecil serta kapasitas dan kecepatan I/O yang meningkat. Salah satu faktor yang menyebabkan peningkatan kecepatan prosesor yaitu ukuran dari komponen mikroprosesor yang semakin kecil yang mengurangi jarak antar komponen. Selain itu untuk mempercepat kinerja komputer setiap komponen juga harus di seimbangkan seperti jalur data yang lebih luas dan memperbesar kapasitas cache.

2. Sejarah Komputer

2.1 ENIAC

ENIAC (Electronic Numerical Integrator Dan Komputer), dirancang dan dibangun di University of Pennsylvania. Proyek ini merupakan respon terhadap kebutuhan AS selama Perang Dunia II. Angkatan Darat balistik Laboratorium Penelitian (BRL), adalah sebuah badan yang bertanggung jawab untuk mengembangkan berbagai tabel dan lintasan untuk senjata baru, mereka mengalami kesulitan membuat tabel yang akurat dan dalam waktu yang wajar. Tanpa tabel ini senjata baru tidak berguna untuk gunners. John Mauchly, seorang profesor teknik listrik di Universitas Pennsylvania, dan John Eckert, salah satu mahasiswa pascasarjanya, diusulkan untuk membangun sebuah komputer menggunakan tabung vakum untuk aplikasi BRL itu. Dan pada tahun 1943 angkatan darat menyetujui usul ini dan memulai membangun ENIAC.

ENIAC diselesaikan pada tahun 1946, terlambat untuk digunakan dalam upaya perang, Sebaliknya, tugas pertamanya adalah untuk melakukan serangkaian perhitungan kompleks yang digunakan untuk membantu menentukan kelayakan dari bom hidrogen. ENIAC terus beroperasi di bawah manajemen BRL sampai tahun 1955.

Mesin ENIAC sangat besar, dengan berat 30 ton, dan dengan luas 1.500 meter persegi, serta terdapat lebih dari 18.000 tabung vakum. Ketika operasi, komputer ini mengkonsumsi 140 kilowatt tenaga. Kelemahan utama dari ENIAC adalah harus diprogram secara manual dengan mensetting switch serta menghubungkan dan mencabut kabel. Namun, secara substansial ENIAC lebih cepat daripada elektromekanis komputer, yang mampu melakukan 5000 penambahan per detik. Nomor diwakili dalam bentuk desimal, dan aritmatika dilakukan dalam sistem desimal. Memori terdiri dari 20 "akumulator," masing-masing mampu menampilkan 10-digit nomor desimal. Sebuah cincin dari 10 tabung vakum

mewakili setiap digit.

2.2 Mesin Von Newman

Tugasnya memasukan dan mengubah program untuk proses pemrograman ENIAC sangat membosankan. Program dapat diwakili dalam bentuk yang cocok untuk menyimpan memory bersama dengan data. Lalu komputer bisa mendapat petunjuk dengan membacanya dari memory dan program dapat diatur atau diubah dengan menetapkan nilai sebagian memory. Ide ini dikenal sebagai *store program concept*. Pada tahun 1946, von Neumann dan rekan-rekannya mulai mendesain sebuah program baru, disebut sebagai komputer IAS, di Institut Princeton untuk Studie Lanjutan. IAS komputer, meskipun tidak selesai sampai 1952, adalah prototipe dari semua komputer untuk keperluan umum berikutnya.

Sebuah memori utama, yang menyimpan data dan instructions. Sebuah unit aritmatika dan logika (ALU) mampu beroperasi pada data biner. Sebuah unit kontrol, yang menterjemahkan instruksi dalam memori dan menyebabkan mereka di eksekusi. Input dan output (I / O) peralatan dioperasikan oleh unit kontrol.

2.3 Struktur mesin Von Neumann

Struktur umum dari komputer von neumann adalah :

- Memori utama, yang menyimpan baik data maupun instruksi-instruksi dalam bentuk biner
- ALU yang memiliki kemampuan mengoperasikan data biner
- Control Unit, yang melakukan interpretasi instruksi-instruksi di dalam memori dan menyebabkan instruksi tersebut dieksekusi
- Peralatan I/O yang dioperasikan oleh Control Unit.

Struktur umum dari komputer von neumann adalah :

- Memori utama, yang menyimpan baik data maupun instruksi-instruksi dalam bentuk biner
- ALU yang memiliki kemampuan mengoperasikan data biner
- Control Unit, yang melakukan interpretasi instruksi-instruksi di dalam memori dan menyebabkan instruksi tersebut dieksekusi
- Peralatan I/O yang dioperasikan oleh Control Unit.

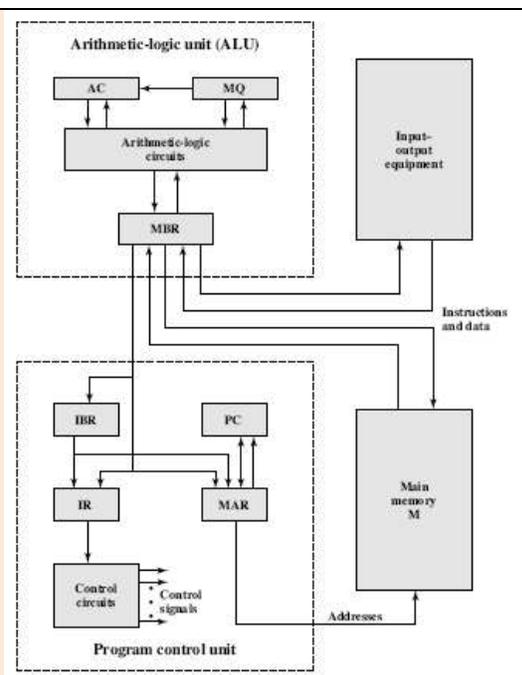
2.4 Komputer IAS

Struktur umum dari komputer von neumann adalah :

- Memori utama, yang menyimpan baik data maupun instruksi-instruksi dalam bentuk biner
- ALU yang memiliki kemampuan mengoperasikan data biner
- Control Unit, yang melakukan intepretasi instruksi-instruksi di dalam memori dan menyebabkan instruksi tersebut dieksekusi
- Peralatan I/O yang dioperasikan oleh Control Unit.
- Persamaan massa dengan energi dapat diturunkan secara sederhana berdasarkan hubungan momentum dengan energi untuk photon dan massa relativistic

Struktur IAS :

- *Memory Buffer Register (MBR)*, berisi sebuah word yang akan disimpan di dalam memori atau digunakan untuk menerima word dari memori.
- *Memory Address Register (MAR)*, untuk menentukan alamat word di memori untuk dituliskan dari MBR atau dibaca oleh MBR.
- *Instruction Register (IR)*, berisi instruksi 8 bit kode operasi yang akan dieksekusi.
- *Instruction Buffer Register (IBR)*, digunakan untuk penyimpanan sementara instruksi sebelah kanan word di dalam memori.
- *Program Counter (PC)*, berisi alamat pasangan instruksi berikutnya yang akan diambil dari memori.
- *Accumulator (AC)* dan *Multiplier Quotient (MQ)*, digunakan untuk penyimpanan sementara operand dan hasil ALU. Misalnya, hasil perkalian 2 buah bilangan 40 bit adalah sebuah bilangan 0 bit; 40 bit yang paling berarti (*most significant bit*) disimpan dalam AC dan 40 bit lainnya (*least*



Gambar 2.1 Desain IAS

significant bit) disimpan dalam MQ.

- IAS beroperasi secara berulang membentuk *siklus instruksi*. Komputer IAS memiliki 21 instruksi, yang dapat dikelompokkan seperti berikut ini :
 - *Data tranfer*, memindahkan data di antara memori dengan register – register ALU atau antara dua register ALU sendiri.
 - *Unconditional branch*, perintah – perintah eksekusi percabangan tanpa syarat tertentu.
 - *Conditional branch*, perintah – perintah eksekusi percabangan yang memerlukan syarat tertentu agar dihasilkan suatu nilai dari percabangan tersebut.
 - *Arithmetic*, kumpulan operasi – operasi yang dibentuk oleh ALU.
 - *Address Modify*, instruksi – instruksi yang memungkinkan perubahan alamat saat di komputasi sehingga memungkinkan fleksibilitas alamat yang tinggi pada program.

2.5 Komputer Komersial

Pada tahun 1947, Eckert dan Mauchly membentuk Computer Corporation Eckert-Mauchly untuk memproduksi komputer mesin commercially. Produk pertama yang berhasil adalah UNIVAC I (Universal Automatic Komputer), yang ditugaskan oleh Biro Sensus untuk 1950 calculations. Eckert-Mauchly Computer Corporation menjadi bagian dari divisi UNIVAC dari Sperry-Rand Corporation, yang melanjutkan membangun serangkaian mesin penggantinya. UNIVAC I adalah komputer komersial pertama yang sukses. UNIVAC II, yang memiliki kapasitas memori lebih besar dan kinerja yang lebih tinggi daripada UNIVAC, diantarkan pada tahun 1950-an dan menggambarkan beberapa kecenderungan tetap dari karakteristik sebuah industri komputer.

2.6 IBM

IBM, merupakan produsen utama dari punched-card peralatan pengolahan, disampaikan elektronik pertama yang disimpan-program komputer, 701, di 701 1953. Dimaksudkan terutama untuk aplikasi ilmiah [BASH81]. Pada tahun 1955, IBM memperkenalkan 702 produk pendamping, yang memiliki sejumlah fitur perangkat keras yang cocok untuk aplikasi bisnis. Ini adalah yang pertama dari serangkaian panjang komputer 700/7000 yang didirikan IBM sebagai produsen komputer yang sangat dominan.

2.7 Transistor

Perubahan besar pertama dalam komputer elektronik datang dengan penggantian tabung hampa udara dengan transistor. Lebih kecil, lebih murah, dan lebih dingin dari tabung vakum tetapi dapat digunakan dalam cara yang sama seperti tabung vakum untuk membangun komputer.

Tidak seperti tabung hampa udara, yang membutuhkan kabel, pelat logam, gelas kapsul, dan ruang hampa, transistor adalah perangkat solid-state, terbuat dari silikon. Transistor ditemukan di Bell Labs pada 1947 dan oleh 1950-an telah meluncurkan sebuah revolusi elektronik. Tidak sampai akhir 1950-an, bagaimanapun, yang sepenuhnya transistor komputer yang tersedia secara komersial.

IBM bukanlah perusahaan pertama yang memberikan teknologi baru. NCR dan, lebih berhasil lagi RCA adalah perusahaan terdepan dengan beberapa mesin transistor kecil. IBM segera diikuti dengan 7000 seri. Penggunaan transistor mendefinisikan komputer generasi kedua. Hal ini telah diterima secara luas untuk mengklasifikasikan komputer ke generasi berdasarkan mendasar teknologi perangkat keras yang digunakan. Setiap generasi baru ditandai dengan ukuran kinerja pengolahan, kapasitas memori lebih besar, dan lebih kecil dari yang sebelumnya. Tapi ada perubahan lain juga. Generasi kedua melihat pendahuluan aritmatika lebih kompleks dan unit logika dan unit kontrol, penggunaan tingkat tinggi bahasa pemrograman, dan penyediaan perangkat lunak sistem dengan komputer.

Digital Equipment Corporation (DEC) didirikan pada 1957 dan, pada tahun itu, disampaikan komputer pertama, komputer PDP-1. Perusahaan ini mulai fenomena komputer mini yang akan menjadi begitu menonjol di generasi ketiga.

2.8 Mikroelektronik

Microelectronics secara harfiah berarti "elektronik kecil." Sejak awal elektronik digital dan industri komputer, telah ada kecenderungan menuju pengurangan ukuran sirkuit elektronik digital. Elemen-elemen dasar dari sebuah komputer digital, seperti yang kita tahu, harus melakukan penyimpanan, gerakan pengolahan dan fungsi kontrol. Hanya dua dasar jenis komponen diperlukan yaitu gates dan sel memori. Sebuah gates atau gerbang adalah perangkat yang mengimplementasikan fungsi Boolean atau logika sederhana. Perangkat tersebut disebut gerbang karena mereka mengontrol aliran data dalam banyak cara sama seperti yang dilakukan sel memori gerbang kanal.

Sel memory adalah perangkat yang dapat menyimpan satu bit data, yaitu perangkat dapat berada di salah satu dari dua state yang stabil pada setiap waktu. Dengan jumlah interkoneksi yang besar perangkat mendasar ini, kita dapat membangun computer. Kita dapat menghubungkan hal ini dengan empat fungsi dasar sebagai berikut:

- Penyimpanan data: Disediakan oleh sel-sel memori.
- Pengolahan data: Disediakan oleh gerbang atau gates.
- Data Gerakan: Jalan antara komponen-komponen yang digunakan untuk memindahkan data dari memori ke memori dan dari memori melalui gerbang ke memori.
- Kontrol: jalur antara komponen-komponen dapat membawa sinyal kontrol yang mengaktifkan gate.

Sirkuit terpadu memanfaatkan fakta bahwa komponen seperti transistor, resistor, dan konduktor dapat dibuat dari semikonduktor seperti silikon. Hal ini hanya perpanjangan dari seni solid-state untuk membangun seluruh sirkuit dalam sepotong kecil silikon bukan merakit komponen diskrit yang terbuat dari potongan-potongan yang terpisah dari silikon ke dalam sirkuit yang sama.

Generasi dari komputer

- Pada tahun 1946 vacuum tube ditemukan dan di kembangkan sampai tahun 1957
- Tahun 1958 transistor mulai di gunakan sebagai komponen komputer
- Dengan pengenalan largescale integrasi (LSI), lebih dari 1000 komponen dapat ditempatkan pada terintegrasi tunggal sirkuit chip,
- verylarge-integrasi skala (VLSI) mencapai lebih dari 10.000 komponen per chip.
- sementara saat ini ultra-large-scale integration (ULSI) chip dapat mengandung lebih dari satu juta komponen.

Hukum moore

Hukum Moore, yang dikemukakan oleh Gordon Moore, pendiri Intel, pada tahun 1965 [MOOR65]. Moore mengamati bahwa jumlah transistor yang dapat

ditempatkan pada sebuah chip tunggal dua kali lipat setiap tahun dan prediksi yang benar bahwa langkah ini akan terus berlanjut. Yang mengejutkan banyak orang, termasuk Moore, kecepatan ditingkatkan tahun demi tahun dan dekade demi dekade. Namun kecepatan melambat sebanyak dua kali lipat setiap 18 bulan di tahun 1970-an.

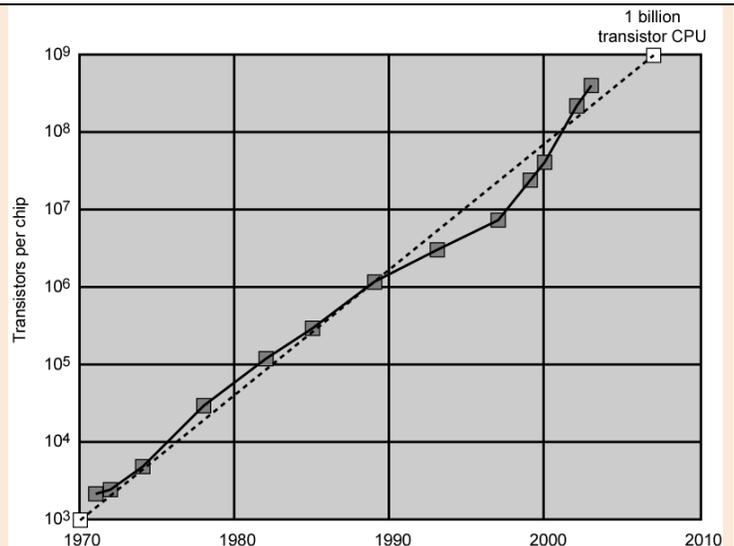
Konsekuensi dari hukum Moore:

- Biaya chip tetap hampir tidak berubah selama periode pertumbuhan yang cepat. Ini berarti bahwa biaya logika komputer dan memori sirkuit telah jatuh pada tingkat yang dramatis.
- Karena elemen logika dan memori ditempatkan lebih dekat pada kemasan chip, mengakibatkan panjang jalur listrik dipersingkat, meningkatkan kecepatan operasi .
- Komputer menjadi lebih kecil
- Ada pengurangan daya dan kebutuhan pendinginan.
- Para interkoneksi di sirkuit terpadu jauh lebih dapat diandalkan daripada solder connections.

3. EVOLUSI ARSITEKTUR

Grafik Jumlah Transistor

Awalnya, hanya beberapa gerbang atau sel memori bisa diproduksi secara andal dan bersama-sama. Awal sirkuit terpadu dikemas disebut sebagai integrasi skala kecil (SSI). Seiring berjalannya waktu, menjadi mungkin untuk berkemas komponen lebih dan lebih pada pertumbuhan chip. ini adalah salah satu dari tren teknologi yang paling luar biasa yang pernah dicatat.



Gambar 3.1 Grafik pertumbuhan transistor

3.1 IBM seri 360

Tahun 1964, IBM telah mencengkeram pasar komputer dengan 7000 mesin seri . Pada tahun itu, IBM mengumumkan System/360, keluarga baru produk komputer. Namun lini produk 360 tidak kompatibel dengan IBM machines yang lama. IBM merasa perlu untuk keluar dari beberapa kendala arsitektur 7000 dan untuk menghasilkan sistem yang mampu berkembang dengan teknologi sirkuit baru yang terintegrasi. Karakteristik dari keluarga pertama ini adalah sebagai berikut:

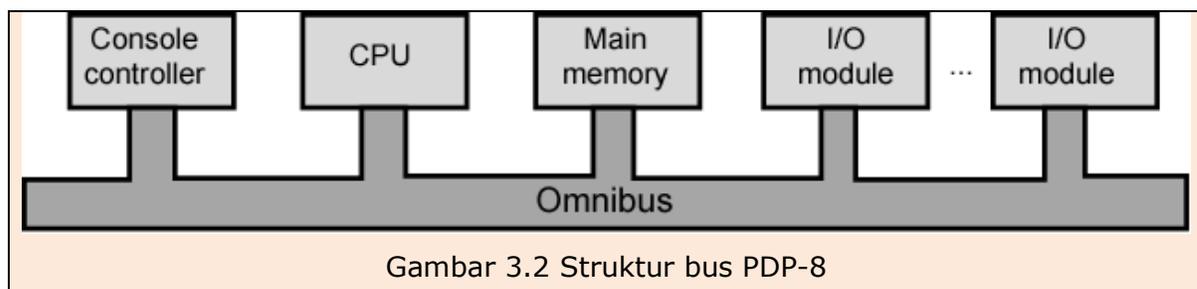
- set instruksi yang serupa atau identik: Dalam banyak kasus, set sama persis dari mesin instruksi didukung pada semua anggota keluarga. Dengan demikian, program yang mengeksekusi pada satu mesin juga akan mengeksekusi pada mesin lainnya.
- sistem operasi serupa atau identik: Sistem operasi dasar yang sama tersedia untuk semua anggota keluarga. Dalam beberapa kasus, fitur tambahan yang ditambahkan pada anggota akhir yang lebih tinggi.
- Meningkatkan Kecepatan: Tingkat kenaikan eksekusi instruksi untuk berkembang dari anggota keluarga terendah ke anggota keluarga yang lebih tinggi.
- Meningkatkan jumlah I / O port: Jumlah I / O port meningkat dari anggota terendah ke anggota keluarga yang lebih tinggi.
- Meningkatkan ukuran memori: Ukuran memori utama meningkat dari anggota keluarga terendah ke anggota keluarga yang lebih tinggi.
- Peningkatan biaya: Pada titik tertentu, biaya sistem naik dari anggota keluarga terendah ke anggota keluarga yang lebih tinggi

3.2 DEC PDP-8

PDP-8 Diluncurkan pada tahun 1964 oleh Digital Equipment Corporation (DEC). Ketika komputer rata-rata memerlukan sebuah ruangan ber-AC, PDP-8 (dijuluki komputer mini) yang cukup kecil untuk ditempatkan di atas bangku laboratorium atau dibangun menjadi peralatan lain. tidak bisa melakukan semua yang mainframe bisa, tetapi dengan \$ 16.000, cukup murah untuk setiap teknisi laboratorium memiliki satu. Sebaliknya, seri System/360 komputer mainframe diperkenalkan hanya beberapa bulan sebelum biaya ratusan ribu dolar.

Biaya rendah dan ukuran kecil dari PDP-8 memungkinkan produsen lain untuk membeli PDP-8 dan mengintegrasikannya ke dalam sistem total untuk produsen resale. Yang kemudian dikenal sebagai produsen peralatan asli (Original Equipments

Manufacture - OEM), dan Pasar OEM menjadi segmen utama dari pasar komputer. DEC adalah produsen komputer kedua setelah IBM. Berbeda dengan arsitektur pusat-switched yang digunakan oleh IBM pada 700/7000 dan 360 sistem nya, model dari PDP-8 menggunakan struktur yang sekarang hampir universal untuk mikrokomputer: struktur bus. PDP-8 bus, disebut Omnibus, terdiri dari 96 jalur sinyal yang terpisah, digunakan untuk membawa kontrol, alamat, dan sinyal data. Karena semua komponen sistem berbagi seperangkat jalur sinyal, penggunaannya harus dikontrol oleh arsitektur CPU. Ini sangat fleksibel, memungkinkan modul untuk dipasang ke bus untuk menciptakan berbagai konfigurasi.



PDP-8 bus, disebut Omnibus, terdiri dari 96 jalur sinyal yang terpisah, digunakan untuk membawa kontrol, alamat, dan sinyal data. Karena semua komponen sistem berbagi seperangkat jalur sinyal, penggunaannya harus dikontrol oleh arsitektur CPU. Ini sangat fleksibel, memungkinkan modul untuk dipasang ke bus untuk menciptakan berbagai konfigurasi.

4. DESAIN UNTUK KINERJA

4.1 Memory semikonduktor

Dengan pengenalan largescale integrasi (LSI), lebih dari 1000 komponen dapat ditempatkan pada terintegrasi tunggal sirkuit chip, verylarge-integrasi skala (VLSI) mencapai lebih dari 10.000 komponen per chip, sementara saat ini ultra-large-scale integration (ULSI) chip dapat mengandung lebih dari satu juta komponen. pada tahun 1970, Fairchild memproduksi semikonduktor Chip memory pertama. Ukuran dari inti tunggal, bisa menampung 256 bit memori. Ini tidak merusak dan jauh lebih cepat dari inti. Butuh hanya 70 miliar detik untuk membaca sebuah bit.

4.2 Intel

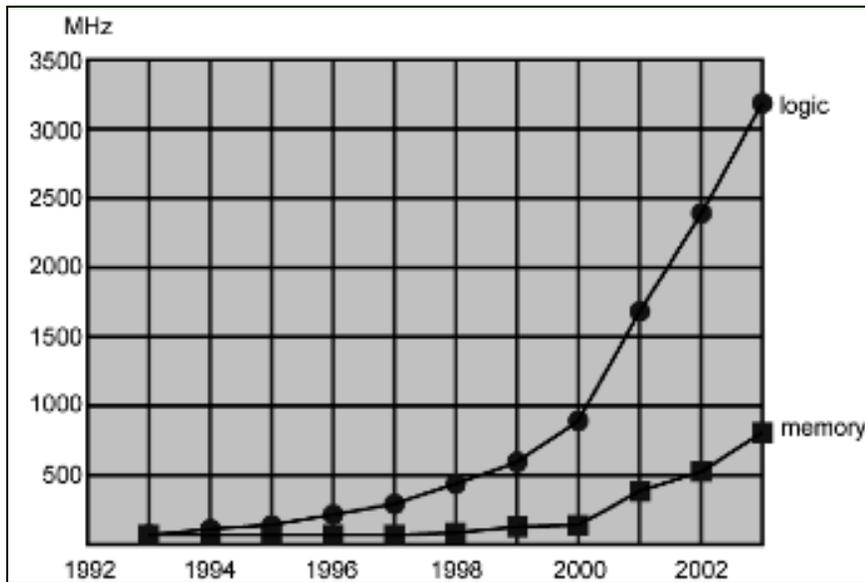
- Sebuah terobosan dicapai pada tahun 1971, ketika Intel mengembangkan 4004. 4004 adalah chip pertama yang berisi semua komponen CPU pada sebuah chip tunggal: Mikroprosesor lahir. Para 4004 dapat menambahkan dua 4-bit dan dapat berkembang biak hanya dengan penambahan berulang.
- Langkah besar berikutnya dalam evolusi mikroprosesor adalah pengenalan pada tahun 1972 dari Intel 8008. Merupakan mikroprosesor 8-bit pertama dan hampir dua kali lebih kompleks seperti 4004. 4004 dan 8008 telah dirancang untuk aplikasi tertentu,
- 1974 dari Intel 8080. 8080 dirancang untuk menjadi CPU dari suatu komputer mikro untuk tujuan umum. 8080 adalah sebuah mikroprosesor 8-bit, lebih cepat, memiliki lebih banyak set instruksi, dan memiliki kemampuan pengalamatan yang besar.

Dimulai pada akhir 1980-an, dan berlanjut selama sekitar 15 tahun, dua utama strategi telah digunakan untuk meningkatkan kinerja yang melampaui apa yang dapat dicapai hanya dengan meningkatkan clock speed. Pertama, telah ada peningkatan capacity. Biasanya terdapat dua atau tiga level cache antara prosesor dan memori utama. fungsional chip telah meningkat, lebih banyak memori ache telah dimasukkan pada chip, memungkinkan mengakses cache lebih cepat.

Diantara teknik yang dibangun pada prosesor kontemporer adalah sebagai berikut:

- Branch prediction : prosesor tampak terdepan dalam kode instruksi dilihat dari memori dan memprediksi kelompok instruksi, cenderung untuk memproses selanjutnya. Jika prediksinya tepat sebagian besar percobaan, maka dapat mendapataka instruksi yang tepat dan mem-buffer mereka sehingga prosesor disimpan.
- Analisis aliran data: analisis prosesor instruksi yang bergantung pada hasil masing-masing, atau data, untuk membuat jadwal instruksi yang optimal.
- eksekusi spekulatif : Menggunakan prediksi cabang dan analisis aliran data, beberapa prosesor mengeksekusi instruksi spekulatif menjelang pengekseskuan mereka padahal sebenarnya dalam pelaksanaan program, prosesoser memegang hasil di lokasi sementara. Hal ini memungkinkan prosesor untuk menjaga pelaksanaan mesin sesibuk mungkin dengan mengeksekusi instruksi yang kemungkinan akan dibutuhkan.

Kecepatan prosesor bertambah, harus di ikuti dengan memory yang semakin besar dan kecepatan memory yang besar agar terjadi keseimbangan dalam dalam komputer tersebut singga prosesor bekerja secaramaksimal



Gambar 3.3 Grafik kinerja logic dan memory

Selama prosesor telah berkembang dengan pesat, kecepatan data yang dapat ditransfer antara memori utama dan prosesor telah tertinggal. Antara prosesor dan memori utama adalah jalur yang paling penting pada seluruh komputer karena ia bertanggung jawab untuk membawa aliran konstan instruksi program dan data antara chip memori dan prosesor. Jika memori atau jalur gagal untuk mengikuti tuntutan prosesor, prosesor akan berhenti pada suatu state dan waktu proses yang berharga hilang.

Solusi

Ada beberapa cara untuk mengatasi masalah ini, semuanya ada dalam desain komputer kontemporer seperti :

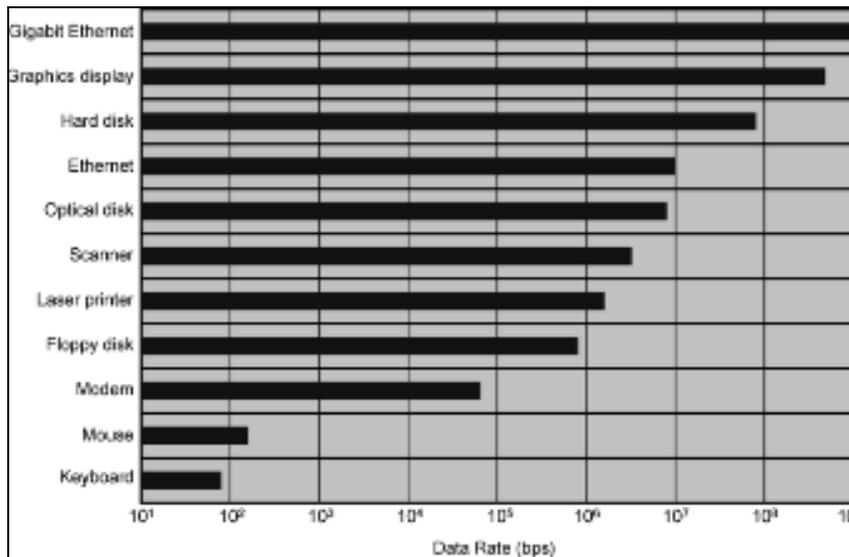
- Meningkatkan jumlah bit yang diambil pada satu waktu dengan membuat DRAM "Lebih luas" dari pada "lebih dalam" dan dengan

menggunakan data bus jalur yang lebar.

- Mengubah interface DRAM untuk membuatnya lebih efisien termasuk menambahkan cache atau skema penyangga lainnya pada chip DRAM
- Mengurangi frekuensi dari akses memori dengan membuat struktur cache lebih kompleks dan efisien antara prosesor dan memori utama. Ini termasuk penggabungan satu atau lebih cache pada chip prosesor sebagai chip cache off yang dekat dengan chip prosesor.
- Meningkatkan bandwidth interkoneksi antara prosesor dan memori dengan menggunakan kecepatan bus yang lebih tinggi dan dengan menggunakan hierarki bus ke buffer dan struktur aliran data

4.3 Peralatan input output

Bidang lain pada fokus desain adalah penanganan I / O device. Seperti komputer, menjadi lebih cepat, aplikasi yang lebih canggih dikembangkan yang mendukung penggunaan peripheral dengan tuntutan I / O yang intensif. Selama prosesor mampu menangani kebutuhan dari device, akan terjadi transfer data meskipun masih terdapat masalah pada saat perpindahan data. Untuk mengatasi masalah tersebut dapat dilakukan beberapa Strategi di sini mencakup skema caching dan buffering ditambah dengan penggunaan kecepatan tinggi interkoneksi bus dan struktur bus yang lebih rumit. Selain itu, penggunaan konfigurasi multi-prosesor dapat membantu dalam memenuhi tuntutan I / O. Kunci dalam semua ini adalah keseimbangan. Desainer terus berupaya untuk menyeimbangkan throughput dan pengolahan tuntutan komponen prosesor, memori utama, I/O device, dan struktur interkoneksi.



Gambar 3.4 Perbandingan data rate antar I/O

Kuncinya yaitu keseimbangan

Desainer terus berupaya untuk menyeimbangkan antara komponen prosesor, memori utama, I / O device, dan struktur interkoneksi. Desain ini harus selalu dipikirkan embali untuk mengatasi dua faktor yang terus berkembang. Faktor tersebut yaitu:

- Tingkat di mana kinerja mengalami perubahan di berbagai area teknologi (prosesor, bus, memori, peripheral) sangat berbeda dari satu jenis ke jenis lain.
- Aplikasi baru dan perangkat periferal baru terus-menerus mengubah sifat permintaan pada sistem dalam hal profil instruksi khas dan data pola akses.

4.4 Perbaikan dalam organisasi dan arsitektur chip

Terdapat 3 pendekatan untuk memperoleh peningkatan kinerja prosesor, yaitu:

- Meningkatkan kecepatan hardware dari prosesor. Peningkatan ini merupakan peningkatan yang fundamental, karena berkaitan dengan ukuran gerbang logika pada chip prosesor, lebih banyak gerbang yang dapat dikemas lebih rapat bersama-sama sehingga dapat meningkatkan clock rate. Gerbang yang saling berdekatan, waktu propagasi untuk sinyal secara signifikan berkurang, memungkinkan peningkatan kecepatan prosesor. Kenaikan clock rate berarti bahwa operasi individu dieksekusi lebih cepat.
- Meningkatkan ukuran dan kecepatan cache yang menghubungkan prosesor dan memori utama. Dengan mendedikasikan sebagian dari prosesor chip sendiri untuk cache, waktu akses cache akan turun secara signifikan.

- Melakukan perubahan pada organisasi dan arsitektur prosesor yang dapat meningkatkan efektifitas kecepatan eksekusi instruksi. Biasanya melibatkan paralelisme.

Masalah dengan Kecepatan dan Kepadatan Login Clock

- Daya listrik

Kepadatan logika dan kecepatan clock pada chip meningkat, begitu juga dengan kepadatan daya (Watts/cm²). Kesulitan melepaskan panas yang dihasilkan pada kepadatan tinggi, kecepatan tinggi chip menjadi masalah desain yang serius.

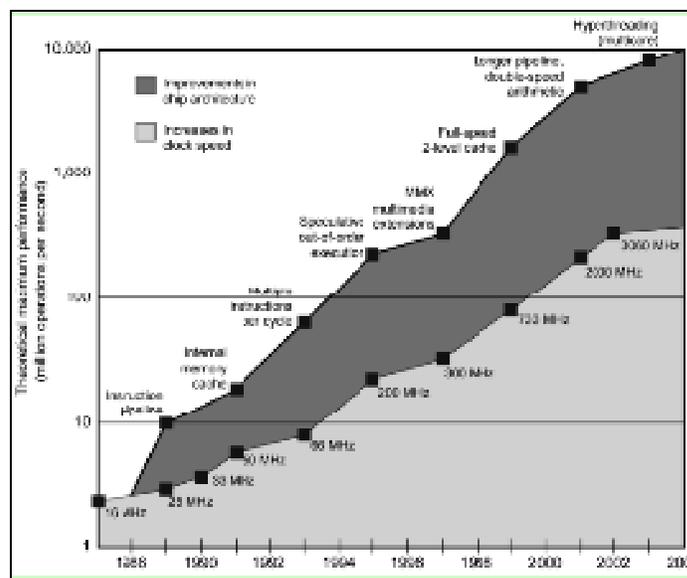
- RC penundaan

Kecepatan di mana elektron dapat mengalir pada chip antara transistor dibatasi oleh resistansi dan kapasitansi dari kabel logam yang menghubungkannya, delay meningkat dengan meningkatnya produk RC. Sebagai komponen pada menurun chip ukuran, kawat interkoneksi menjadi lebih tipis, meningkatkan resistance. Selain itu, kabel-kabel lebih dekat dan kapasitansi meningkat.

- Memori latency

Kecepatan memori tertinggal kecepatan prosesor.

Solusinya yaitu akan ada lebih banyak tekanan pada pendekatan organisasi dan arsitektur untuk meningkatkan kinerja.



Gambar 3.5 performa intel mikroprosesor

Gambar 3.5 memperlihatkan bahwa perubahan besar yang telah dibuat selama bertahun-tahun untuk meningkatkan paralelisme dan efisiensi komputasi dari prosesor.

Dimulai pada akhir 1980-an, dan berlanjut selama sekitar 15 tahun, dua strategi telah digunakan untuk meningkatkan kinerja yang melampaui apa yang dapat dicapai hanya dengan meningkatkan clock speed. Terdapat peningkatan kapasitas cache. Biasanya dua atau tiga level cache antara prosesor dan memori utama. Seperti kepadatan chip yang telah meningkat, lebih banyak memori cache yang telah dimasukkan pada chip, memungkinkan akses cache lebih cepat. Sebagai contoh, chip Pentium sli yang menyediakan sekitar 10% dari wilayah-chip untuk cache. Pentium 4 menyediakan sekitar 50% dari area chip untuk cache.

Eksekusi instruksi logika dalam prosesor menjadi lebih kompleks untuk memungkinkan eksekusi paralel dalam instruksi prosesor. Dua pendekatan desain telah melalui pipelining dan superscalar. Sebuah pipeline bekerja lebih sebagai jalur assembly di manufaktur yang berbeda yang memungkinkan tahap pelaksanaan instruksi yang berbeda terjadi pada saat yang sama sepanjang pipa. Pendekatan super scalar pada dasarnya memungkinkan beberapa pipa dalam satu prosesor sehingga instruksi tidak bergantung pada satu sama lain dan dapat dieksekusi secara paralel.

5. EVOLUSI INTEL

- **8080**

Merupakan mikroprosesor pertama di dunia. Ini adalah mesin 8-bit, dengan jalur data 8-bit untuk memori. 8080 digunakan dalam komputer pribadi pertama, Altair.

- **8086**

Jauh lebih kuat karena menggunakan 16-bit mesin. Selain jalur data lebih luas dan register yang lebih besar, 8086 memakai cache instruksi, atau antrian, yang mengatur beberapa instruksi sebelum mereka dieksekusi. Varian prosesor ini digunakan pada komputer pribadi pertama IBM, menghasilkan keberhasilan Intel. 8086 merupakan

penampilan pertama dari arsitektur x86.

- **80286**

Merupakan perluasan dari 8086 memungkinkan pengalamatan memori 16-MByte bukan hanya 1 MByte.

- **80386**

Mesin 32-bit pertama yang dimiliki Intel . Dengan 32-bit arsitektur, 80386 disaingi oleh kompleksitas dan kekuatan minicomputer dan mainframe yang diperkenalkan beberapa tahun sebelumnya. 80386 merupakan Prosesor Intel pertama yang mendukung multitasking, yang berarti dapat menjalankan beberapa program pada waktu yang sama.

- **80486**

80486 memperkenalkan penggunaan teknologi cache jauh lebih canggih dan kuat juga pipelining instruksi yang canggih. Para 80.486 juga menawarkan built-in math coprocessor, pembongkaran operasi matematika kompleks dari CPU utama.

- **Pentium**

Dengan Pentium, Intel memperkenalkan penggunaan teknik superscalar yang memungkinkan beberapa instruksi untuk dieksekusi secara paralel.

- **Pentium Pro**

Pentium Pro terus bergerak ke organisasi superscalar yang dimulai dengan Pentium, dengan penggunaan agresif mendaftarkan, cabang mengubah nama prediksi, analisis aliran data, dan eksekusi spekulatif.

- **Pentium II**

Intel Pentium II dimasukkan teknologi MMX, yang dirancang khusus untuk proses video, audio, dan data grafis efisien.

- **Pentium III**

Pentium III menggabungkan tambahan instruksi floating-point untuk mendukung perangkat lunak grafis 3D.

- **Pentium 4**

Pentium 4 mencakup peningkatan floating-point dan tambahan lain untuk multimedia. Menggunakan note Arabic daripada angka romawi.

- **Core**

Core merupakan mikroprosesor Intel x86 pertama dengan dual core, mengacu pada pelaksanaan dua prosesor pada satu chip.

- **Core 2**

Core 2 merupakan perluasan arsitektur untuk 64 bit. Core 2 Quad menyediakan empat prosesor pada satu chip.

Lebih dari 30 tahun setelah diperkenalkan pada tahun 1978, arsitektur x86 terus mendominasi pasar prosesor di luar embedded system. Meskipun organisasi dan teknologi dari mesin x86 telah berubah secara dramatis selama beberapa dekade, arsitektur set instruksi telah berevolusi untuk tetap kompatibel dengan versi sebelumnya. Setiap program yang ditulis pada versi lama dari arsitektur x86 dapat dieksekusi pada versi barunya. Semua perubahan arsitektur set instruksi telah terlibat penambahan pada set instruksi, tanpa adanya pengurangan. Laju perubahan meningkat sekitar satu instruksi per bulan ditambahkan kearsitektur selama 30 tahun sehingga sekarang ada lebih dari 500 instruksi di set instruksi.

X86 memberikan ilustrasi yang baik dari kemajuan dalam perangkat keras komputer selama 30 tahun terakhir. 1978 8086 diperkenalkan dengan kecepatan clock 5 MHz dan memiliki 29.000 transistor. Sebuah quad-core Intel Core 2 diperkenalkan pada tahun 2008 beroperasi di 3 GHz, speedup dari factor 600, dan memiliki 820 juta transistor.

6. EMBEDDED SYSTEM

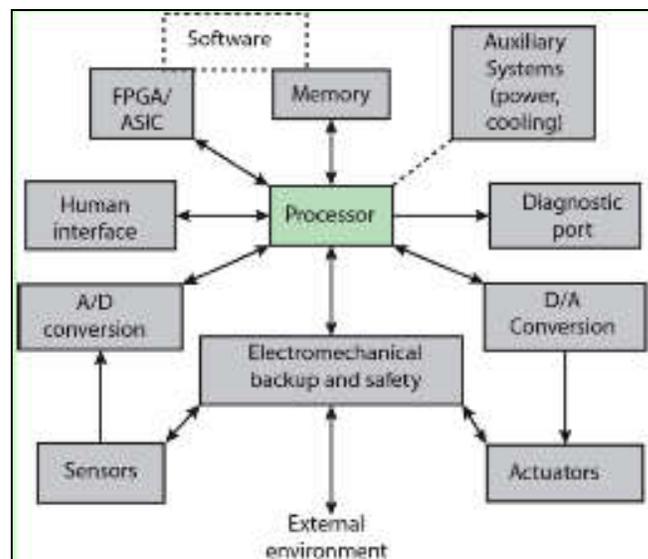
Arsitektur ARM mengacu pada arsitektur prosesor yang telah berevolusi dari prinsip-prinsip desain RISC dan digunakan dalam embedded system. Embedded Sistem merujuk pada penggunaan elektronik dan perangkat lunak dalam suatu produk, sebagai lawan dari tujuan komputer, seperti laptop atau sistem desktop.

Embedded system sendiri merupakan kombinasi hardware dan software

Komputer, dan mungkin tambahan mekanis atau bagian lainnya yang dirancang untuk melakukan fungsi khusus. Di banyak kasus, embedded system merupakan bagian dari system atau produk yang lebih besar, seperti dalam kasus pengereman antipenguncian sistem dalam mobil.

Kebutuhan Embedded System

- Kecil untuk sistem yang besar, menghasilkan perbedaan besar dari biaya, perbedaan itu membutuhkan optimasi dan reuse.
- Kombinasi persyaratan kualitas yang berbeda, misalnya, sehubungan dengan keamanan, keandalan, real-time, fleksibilitas, dan undang-undang
- Jangka hidup mulai dari pendek hingga panjang
- Kondisi lingkungan yang berbeda dalam beberapa hal, misalnya, radiasi, getaran, dan kelembaban
- Karakteristik aplikasi yang berbeda yang mengakibatkan beban statis daripada beban dinamis.
- Kecepatan mulai dari lambat hingga cepat.
- Perhitungan tugas antarmuka dibandingkan tugas intensif I/O, dan atau kombinasinya.
- Berbagai model perhitungan mulai dari sistem diskrit hingga melibatkan dinamika waktu kontinu (biasanya disebut sebagai sistem hibrida).



Gambar 6.1 Organisasi Embeded System

Gambar 6.1 menunjukkan secara umum organisasi sistem Embedded. Selain prosesor dan memori, ada sejumlah elemen yang berbeda dari desktop biasa atau pada laptop:

- Mungkin ada berbagai interface yang memungkinkan sistem untuk mengukur, memanipulasi, dan sebaliknya berinteraksi dengan lingkungan eksternal.
- Interface manusia dapat sesederhana lampu berkedip atau serumit real-time visi robot.
- Port diagnostik dapat digunakan untuk mendiagnosa sistem yang sedang dikendalikan-bukan hanya untuk mendiagnosa komputer.
- Khusus-tujuan bidang diprogram (FPGA), aplikasi spesifik (ASIC), atau bahkan hardware nondigital dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja atau keselamatan.
- Perangkat lunak sering memiliki fungsi tetap dan khusus untuk aplikasi.

ARM merupakan keluarga berbasis RISC mikroprosesor dan mikrokontroler yang dirancang oleh ARM Inc, Cambridge, perusahaan England. Perusahaan tidak membuat prosesor melainkan desain mikroprosesor dan arsitektur multicore dan lisensi mereka untuk produsen. Chip ARM merupakan prosesor berkecepatan tinggi yang dikenal dengan ukuran kecil dan kebutuhan daya yang rendah. Banyak digunakan pada PDA dan perangkat genggam lainnya, termasuk game dan telepon serta berbagai macam produk konsumen. Chip ARM prosesor populer pada Apple iPod dan iPhone. ARM mungkin paling banyak digunakan pada arsitektur prosesor dan memang paling banyak digunakan di dunia.

Asal-usul teknologi ARM yaitu perusahaan Acorn Computer. Pada awal 1980-an, Acorn memperoleh kontrak dengan British Broadcasting Corporation (BBC) untuk mengembangkan arsitektur mikro untuk BBC Computer Literacy Project. Keberhasilan kontrak ini digunakan Acorn untuk pergi mengembangkan prosesor komersial pertama yaitu RISC, Acorn RISC Machine (ARM). Versi pertama, ARM1 pada tahun 1985 digunakan untuk penelitian internal dan pengembangan serta digunakan sebagai coprocessor di mesin BBC. Pada tahun 1985, Acorn merilis ARM2, fungsi dan kecepatan yang lebih besar dalam ruang fisik yang sama. Perbaikan lebih lanjut di rilis pada tahun 1989 yaitu ARM3.

Sepanjang periode ini, Acorn digunakan perusahaan Teknologi VLSI untuk melakukan fabrikasi actual dari chip prosesor. VLSI ini dilisensikan ke pasar chip dan memiliki beberapa keberhasilan dalam mendapatkan perusahaan lain untuk

menggunakan ARM dalam produk mereka, terutama sebagai embedded prosesor. Desain ARM cocok sebagai kebutuhan komersial tumbuh untuk kinerja tinggi, daya rendah konsumsi, ukuran kecil dan biaya yang rendah untuk aplikasi embedded prosesor. Namun pengembangan lebih lanjut berada di luar lingkup kemampuan Acorns. Oleh karena itu, perusahaan baru diselenggarakan, Acorn, VLSI, dan Apple Computer sebagai pendiri, yang dikenal sebagai ARM Ltd.

Tiga kategori system ARM yaitu:

- Embedded real-time system
Sistem untuk penyimpanan, tubuh otomotif dan kereta api power, industri, dan aplikasi jaringan.
- Platform Aplikasi
Perangkat menjalankan sistem operasi terbuka, termasuk Linux, Palm OS, Symbian OS, dan Windows CE di nirkabel, hiburan dan digital imaging aplikasi.
- Keamanan aplikasi
Kartu pintar (smart Card), kartu SIM, dan terminal pembayaran.

7. ANALISA PERFORMA

Dalam mengevaluasi hardware prosesor dan setting requirement untuk sistem baru, kinerja merupakan salah satu parameter kunci untuk dipertimbangkan, bersama dengan biaya, ukuran kehandalan, keamanan, dan, dalam beberapa kasus konsumsi daya.

Operasi sistem clock dilakukan oleh prosesor, seperti mengambil instruksi, decoding instruksi, melakukan operasi aritmatika, dan sebagainya, diatur oleh system clock. Biasanya, semua operasi dimulai dengan pulsa dari clock. Pada tingkat yang paling mendasar, kecepatan dari sebuah prosesor ditentukan oleh frekuensi pulsa yang dihasilkan oleh clock, diukur dalam siklus per detik, atau Hertz (Hz).

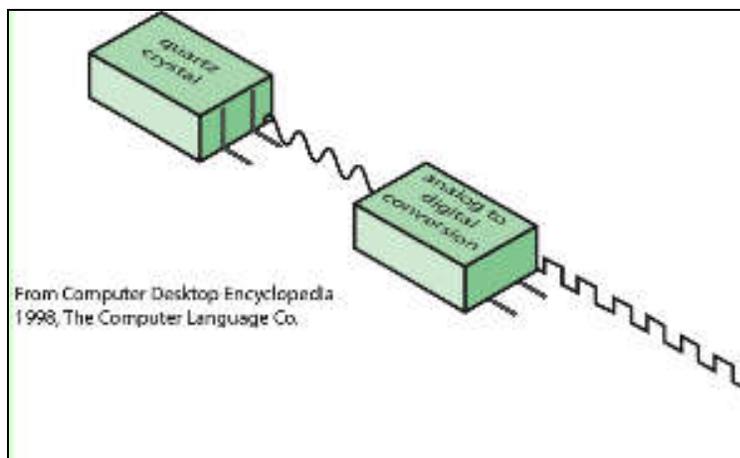
Biasanya sinyal clock dihasilkan oleh kristal kuarsa (quartz crystal) yang menghasilkan sebuah gelombang sinyal yang konstan sementara daya diaplikasikan. Gelombang ini dikonversi menjadi aliran tegangan digital yang disediakan dalam aliran konstan ke sirkuit prosesor. Sebagai contoh, prosesor 1-GHz menerima 1 miliar pulsa per tiap detik. Rate dari pulsa dikenal sebagai clock rate, atau kecepatan clock. Satu kenaikan, atau satu pulsa dari clock disebut sebagai siklus clock, atau tick. Waktu antara pulsa

adalah waktu siklus(cycle time).

Clock rate harus sesuai dengan tata letak fisik dari prosesor. Tindakan dalam prosesor memerlukan sinyal yang akan dikirim dari satu elemen prosesor ke elemen lainnya. Ketika sinyal ditempatkan pada garis di dalam prosesor, Level ketegangan membutuhkan waktu untuk menetap sehingga terdapat suatu nilai akurat (1 atau 0) yang tersedia. Selanjutnya, tergantung pada tata letak fisik dari sirkuit prosesor, beberapa sinyal dapat berubah lebih cepat daripada yang lain. Jadi, operasi harus disinkronkan sehingga sinyal listrik yang tepat (Tegangan) tersedia untuk setiap operasi.

Eksekusi instruksi melibatkan sejumlah langkah-langkah diskrit, seperti mengambil instruksi dari memori, decoding berbagai bagian dari instruksi, loading dan menyimpan data, dan melakukan operasi aritmatika dan logika. Dengan demikian, sebagian besar instruksi pada prosesor merupakan yang paling membutuhkan multiple clock cycle. Beberapa instruksi hanya mengambil beberapa siklus, sementara yang lainnya memerlukan puluhan. Selain itu, ketika pipelining digunakan, beberapa instruksi dieksekusi secara bersamaan.

Jadi, perbandingan lurus kecepatan clock pada prosesor yang berbeda tidak menceritakan seluruh kisah tentang kinerja/perfoma.



Gambar 2.8 System clock

Sebuah ukuran umum kinerja prosesor yaitu tingkat di mana instruksi dijalankan, dinyatakan sebagai jutaan instruksi per detik (MIPS), disebut sebagai rate. MIPS dapat mengekspresikan tingkat MIPS dalam hal clock rate dan CPI.

Ukuran kinerja lain hanya berurusan dengan instruksi floating-point. Hal ini umum dalam aplikasi ilmiah dan banyak game. Kinerja Floating point dinyatakan sebagai jutaan operasi floating-point per detik (MFLOPS).

Faktor-faktor kinerja dipengaruhi oleh empat atribut system yaitu desain set instruksi (dikenal sebagai arsitektur set instruksi), kompilator teknologi (seberapa efektif compiler dalam menghasilkan mesin bahasa pemrograman yang efisien dari program bahasa tingkat tinggi), implementasi prosesor, cache dan hirarki memori.

Bechmark

Kebutuhan umum dalam industri dan komunitas akademis dan penelitian untuk pengukuran kinerja komputer umumnya diterima, menyebabkan pengembangan standarisasi benchmark suite. Benchmark Suite merupakan koleksi program, yang didefinisikan dalam bahasa tingkat tinggi, yang bersama-sama mencoba untuk memberikan tes perwakilan dari sebuah komputer dalam aplikasi tertentu atau area sistem pemrograman.

Koleksi terbaik seperti Benchmark suite didefinisikan dan dikelola oleh Sistem Evaluasi Kinerja Corporation (SPEC), sebuah konsorsium industri. Pengukuran kinerja SPEC secara luas digunakan untuk tujuan perbandingan dan penelitian.

Yang paling terkenal dari benchmark suite adalah SPEC CPU2006. Ini merupakan industry standar suite untuk aplikasi prosesor-intensif. Artinya, SPEC CPU2006 lebih tepat untuk mengukur kinerja aplikasi yang menghabiskan sebagian besar waktu mereka melakukan perhitungan daripada I / O. CPU2006 Suite didasarkan pada aplikasi yang sudah ada yang telah porting ke berbagai platform oleh industri anggota SPEC. Terdiri dari 17 floating-point program yang ditulis dalam C, C++, dan Fortran; dan 12 program bilangan bulat yang ditulis dalam C dan C++. Suite ini berisi lebih dari 3 juta baris code dan merupakan generasi kelima dari prosesor intensif suite dari SPEC, menggantikan SPEC CPU 2000, SPEC CPU95, SPEC CPU92, dan SPEC CPU89.

Kecepatan Metric SPEC

Kecepatan metrik mengukur kemampuan komputer untuk menyelesaikan satu tugas. SPEC mendefinisikan sebuah runtime dasar untuk setiap program benchmark menggunakan referensi mesin. SPEC mendefinisikan sebuah runtime dasar untuk setiap program benchmark menggunakan mesin referensi. Hasil untuk sistem tes dilaporkan sebagai rasio dari referensi run time kepada system yang berjalan. Rasio dihitung sebagai berikut:

$$r_i = \frac{T_{ref_i}}{T_{sut_i}}$$

dimana T_{ref_i} adalah waktu pelaksanaan program benchmark i pada sistem referensi dan T_{sut_i} adalah waktu pelaksanaan program benchmark i pada sistem yang diuji.

Karena waktu untuk sistem sedang diuji berada pada denominator, semakin besar rasio, maka semakin tinggi kecepatan. Ukuran keseluruhan kinerja system yang diuji dihitung dengan rata-rata nilai untuk rasio untuk semua bilangan integer 12 benchmark. SPEC menentukan penggunaan geometric mean, yang didefinisikan sebagai berikut:

$$r_G = \left(\prod_{i=1}^n r_i \right)^{1/n}$$

di mana r_i adalah rasio untuk program benchmark.

Rate metrik mengukur throughput atau laju mesin yang melakukan sejumlah tugas. Beberapa salinan dari benchmark dijalankan secara bersamaan. Biasanya, jumlah salinan sama dengan jumlah prosesor pada mesin. Sekali lagi, rasio digunakan untuk melaporkan sebuah hasil, meskipun perhitungannya lebih kompleks. Rasio dihitung sebagai berikut:

$$r_i = \frac{N \times T_{ref_i}}{T_{sut_i}}$$

dimana T_{ref_i} adalah referensi waktu eksekusi untuk benchmark i , N adalah jumlah salinan dari program yang dijalankan secara bersamaan, dan T_{sut_i} adalah waktu yang telah berlalu dari awal pelaksanaan program pada semua prosesor N dari sistem yang sedang diuji sampai penyelesaian semua salinan program. Rata-rata geometric dihitung untuk menentukan ukuran kinerja secara keseluruhan.

Hukum Amdahl pertama kali diusulkan oleh Gene Amdahl di dan berhubungan dengan potensi percepatan program menggunakan beberapa prosesor lebih dibandingkan dengan prosesor tunggal. Ketika mempertimbangkan kinerja sistem, perancang sistem komputer mencari cara untuk meningkatkan kinerja dengan perbaikan dalam teknologi atau perubahan dalam desain. Contohnya termasuk penggunaan prosesor paralel, penggunaan hirarki cache memori, dan percepatan waktu akses memori dan kecepatan transfer I / O karena teknologi meningkatkan-dokumen. Dalam semua kasus ini, penting untuk dicatat bahwa percepatan dalam satu aspek dari teknologi atau desain tidak menghasilkan peningkatan yang sesuai pada kinerja. Keterbatasan ini ringkas dinyatakan oleh hukum Amdahl.

Misalnya, server dapat mempertahankan beberapa thread atau beberapa tugas untuk menangani klien dan mengeksekusi thread atau tugas-tugas secara paralel sampai dengan batas jumlah prosesor. Aplikasi database yang melibatkan perhitungan pada sejumlah besar data yang dapat dibagi menjadi tugas-tugas paralel. Namun Hukum Amdahl menggambarkan masalah yang dihadapi industri dalam pengembangan mesin multi-core dengan jumlah yang semakin berkembang dari core. Perangkat lunak yang berjalan pada mesin tersebut harus disesuaikan dengan lingkungan eksekusi yang sejajar dengan kekuatan pemrosesan paralel.

Formula Hukum Amdahl

Pertimbangkan sebuah program yang berjalan pada prosesor tunggal seperti fraksi-tion $(1 - f)$ dari waktu eksekusi melibatkan kode yang inherenserial dan f fraction yang melibatkan kode yang jauh parallelizable tanpa penjadwalan pengeluaran tambahan. Misalkan T adalah total waktu eksekusi dari program menggunakan prosesor tunggal. Kemudian speedup menggunakan prosesor paralel dengan prosesor N yang sepenuhnya memanfaatkan bagian paralel dari program ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Speedup} &= \frac{\text{time to execute program on a single processor}}{\text{time to execute program on } N \text{ parallel processors}} \\ &= \frac{T(1 - f) + Tf}{T(1 - f) + \frac{Tf}{N}} = \frac{1}{(1 - f) + \frac{f}{N}} \end{aligned}$$

Kesimpulang yang didapat adalah

1. Bila f adalah kecil, penggunaan prosesor paralel memiliki pengaruh yang kecil.
2. Sebagai N mendekati tak terhingga, percepatan terikat oleh $1 / (1 - f)$,

sehingga adakeuntungan yang semakin berkurang untuk menggunakan prosesor yang lain.

REFERENSI

Stalling, W. COMPUTER ORGANIZATION AND ARCHITECTURE *DESIGNING FOR PERFORMANCE* EIGHTH EDITION, prentice hall 2010

PROPAGASI

A. **Pertanyaan** (Evaluasi mandiri)

1. Jelaskan tentang hokum more?
2. Bagaiman menurut anda evolusi dari komputer?

B. **QUIZ** -mutiple choice (Evaluasi)