

BM-311 Bilgisayar Mimarisi

Hazırlayan: M.Ali Akcayol
Gazi Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Konular

- Giriş
- Donanım performans kriterleri
 - Eş zamanlı çalışma
 - Güç tüketimi
- Yazılım performans kriterleri
- Multicore organizasyonu
- Intel Core Duo
- Intel Core i7

Giriş

- **Multicore işlemciler (chip multiprocessor) birden fazla işlemci birimini (core) birleştirir.**
- **Her core bir mikroişlemcinin sahip olduğu tüm bileşenlere sahiptir.**
- Her core içerisinde, **ALU, register'lar, pipeline donanımı, kontrol birimi, L1 instruction ve L1 data cache** bulunur.
- Günümüzdeki **multicore işlemciler L2 ve L3 cache belleklere de sahiptir.**
- Multicore işlemcilerin bir kısmı memory ve çevresel denetleyicilere de sahip olabilir ([Systems on Chip-SoC](#)).

Konular

- Giriş
- **Donanım performans kriterleri**
 - Eş zamanlı çalışma
 - Güç tüketimi
- Yazılım performans kriterleri
- Multicore organizasyonu
- Intel Core Duo
- Intel Core i7

Donanım performans kriterleri

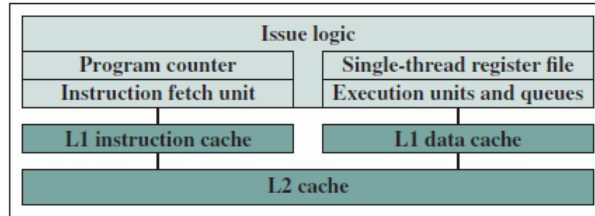
- Mikroişlemci tasarımındaki **organizasyona yönelik geliştirmeler** temel olarak **instruction-level parallelism'i artırmayı amaçlamaktadır.**
- Her clock cycle'da olabildiği kadar çok sayıda komut çalıştırılmaya çalışılır.
- Bu yöndeki çalışmalar kronolojik sırayla:
 - **Pipelining**
Komutların farklı aşamaları eş zamanlı çalıştırılmıştır.
 - **Superscalar**
Execution birimleri çoğaltılmıştır.
 - **Simultaneous multithreading (SMT)**
PC ve register blokları artırılmıştır.

Konular

- Giriş
- Donanım performans kriterleri
 - Eş zamanlı çalışma
 - Güç tüketimi
- Yazılım performans kriterleri
- Multicore organizasyonu
- Intel Core Duo
- Intel Core i7

Eş zamanlı çalışma

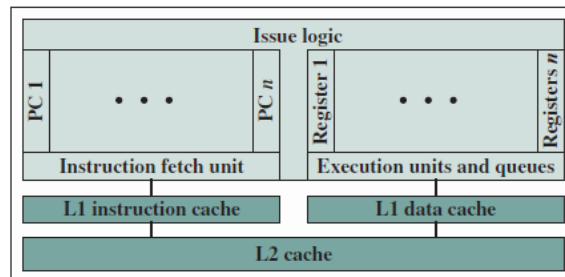
- **Superscalar mimaride**, birden fazla pipeline ile **execution kaynakları artırılır**.



Superscalar

Eş zamanlı çalışma

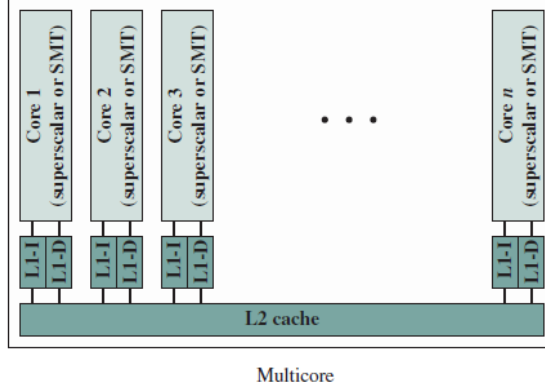
- **Simultaneous multithreading** mimarisinde, **çok sayıda PC** ve **çok sayıda register** bulunur.
- Böylelikle **birden fazla process** arasında geçiş yapılarak programlar **çalıştırılır**.



Simultaneous multithreading

Eş zamanlı çalışma

- Multicore mimarisinde, **çok sayıda CPU** kendisine ait **L1 split cache belleğe sahiptir.**
- **L2 cache** bellek **paylaşılarak kullanılır.**



Eş zamanlı çalışma

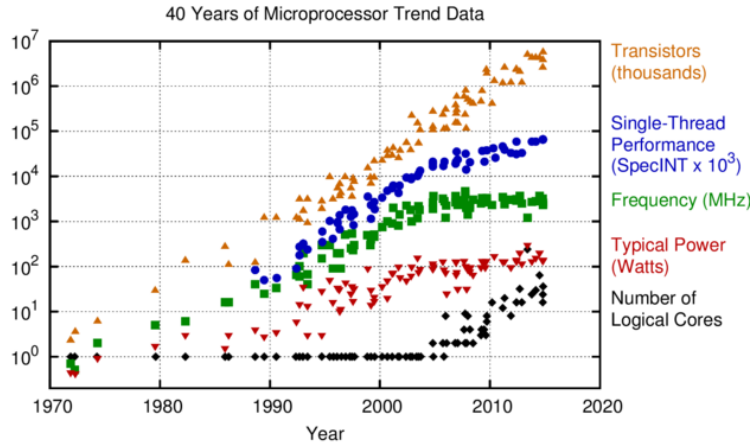
- Mikroişlemcilerde performansı artırmak için yapılan **her geliştirme karmaşıklığı artırmıştır.**
- **Superscalar mimaride birden fazla pipeline ile performans artırılır.**
- Pipeline sayısı artırılırken ortaya çıkacak **sorunların giderilmesi için daha çok mantık devresine ihtiyaç duyulur.**
- Pipeline üzerinde çalışırken **kaynak bağımlılığı** ve **veri bağımlılığı** gibi sorunlardan dolayı **pipeline mimarisinden alınacak performans sınırlanır.**
- Simultaneous multithreading mimarisinde **çok sayıda thread'in eş zamanlı çalıştırılması daha karmaşık hale gelmektedir.**

Konular

- Giriş
- Donanım performans kriterleri
 - Eş zamanlı çalışma
 - **Güç tüketimi**
- Yazılım performans kriterleri
- Multicore organizasyonu
- Intel Core Duo
- Intel Core i7

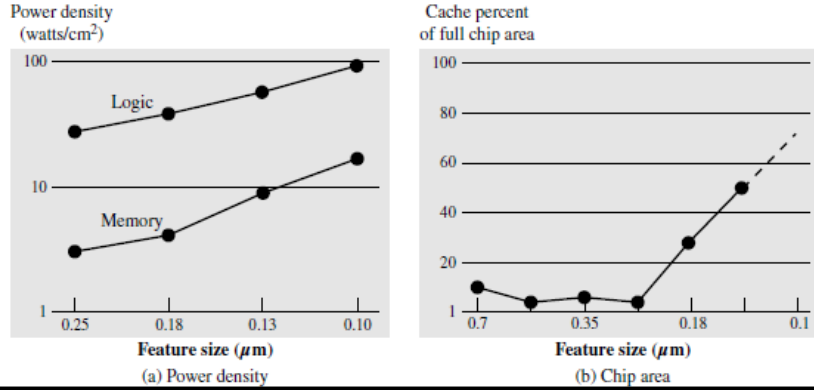
Güç tüketimi

- Mikroişlemci içerisindeki **transistör sayısı, işlem performansı, frekans, güç tüketimi ve core sayısı her geçen yıl artmıştır.**



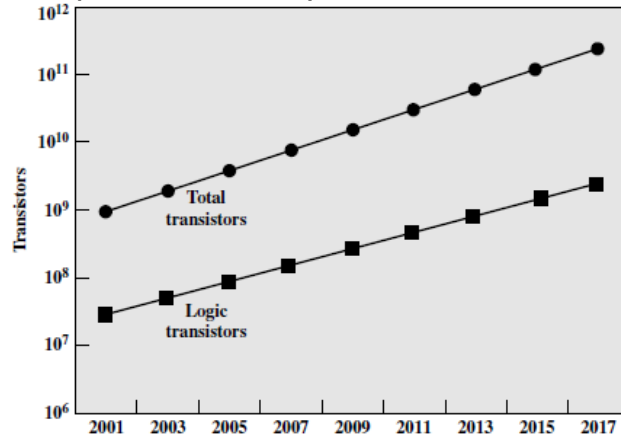
Güç tüketimi

- Mikroişlemci içerisindeki **yoğunluk arttıkça** ve **clock frekans arttıkça güç gereksinimi artmaktadır.**
- **Mantık devrelerinde harcanan güç, hafızada birim alanda harcanandan daha yüksektir.**
- Mikroişlemciye **memory alanı giderek artmıştır (1/2).**



Güç tüketimi

- 2015 yılı sonunda **3cm² işlemci alanında** yaklaşık **100 milyar transistör** oluşturulmuştur.
- 2015 te cache belleğin 100 MB olacağı, mikroişlemci alanının %50'sini kaplaması ve 1 milyar transistör olması öngörülmüştü.



Güç tüketimi

- **Bir mikroişlemcinin karmaşıklığı arttıkça performans karekök oranında artar (Pollack's rule).**
- İşlemci core kısmında mantık devre (karmaşıklığı) iki katına çıkarıldığında performans %41 oranında artmaktadır ($\sqrt{2} = 1,41$).
- Multiple core kullanıldığında, **core sayısı arttıkça yaklaşık olarak lineer performans artışı sağlanmaktadır.**

Konular

- Giriş
- Donanım performans kriterleri
 - Eş zamanlı çalışma
 - Güç tüketimi
- **Yazılım performans kriterleri**
- Multicore organizasyonu
- Intel Core Duo
- Intel Core i7

Yazılım performans kriterleri

- Multicore organizasyonda **performans, çoklu kaynakların uygulamalar tarafından etkin kullanımını artırmakla orantılıdır.**
- **Amdahl'ın kuralına** göre hızlanma faktörü:

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

- Burada, N **işlemci sayısını**, f **paralel çalıştırılabilen program parçası oranını**, $(1 - f)$ **seri çalıştırılması zorunlu olan program parçası oranını** gösterir.

Yazılım performans kriterleri

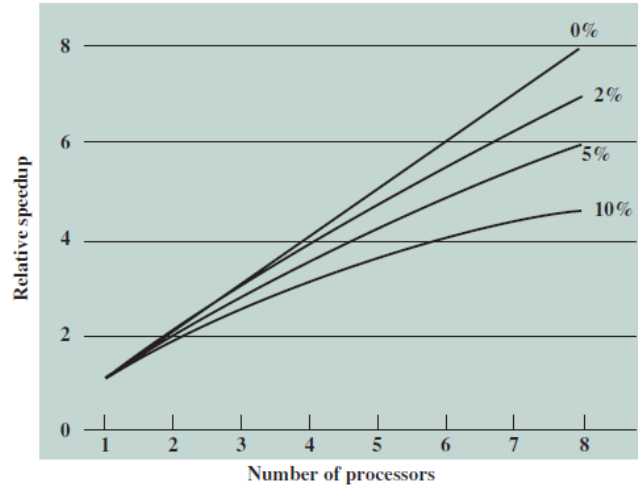
Örnek:

- Multicore bir mikroişlemcide **8 core** bulunmaktadır.
- Bir programın **%10'ı seri çalışırsa, speedup factor 4,70** olur.

$$\begin{aligned} \text{speedup} &= \frac{1}{(1 - f) + \frac{f}{N}} \\ &= \frac{1}{(0,1) + \frac{0,9}{8}} \\ &= 4,70 \end{aligned}$$

Yazılım performans kriterleri

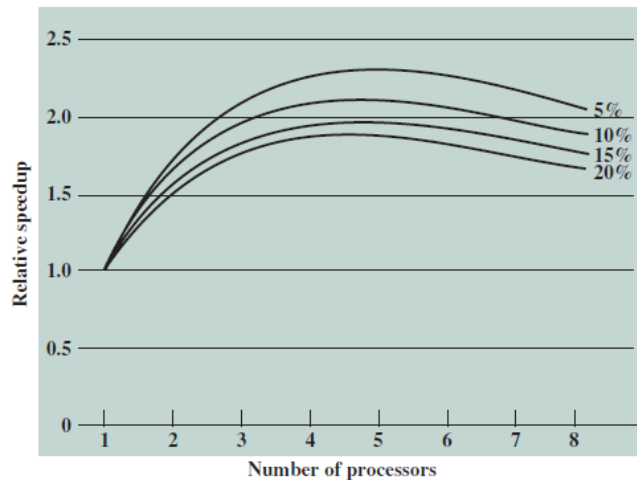
- Bir programda **seri çalışan kısım oranı arttıkça hızlanma faktörü azalır.**



(a) Speedup with 0%, 2%, 5%, and 10% sequential portions

Yazılım performans kriterleri

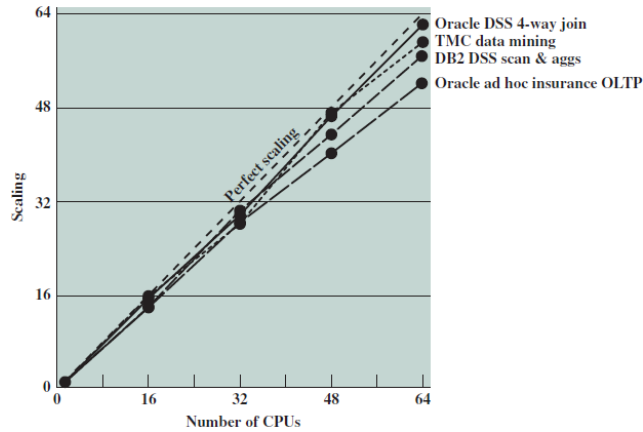
- Multicore işlemcilerde **işlerin dağıtılması, cache coherence sağlanması ve iletişim için overhead oluşur***.



*McDougall, R. "Extreme Software Scaling." *ACM Queue*, September 2005.

Yazılım performans kriterleri

- **Veritabanı uygulamaları, işletim sistemleri ve middleware** yazılımlarda **speedup faktörü yüksektir.**
- Oracle Decision Support System (DSS), DB2 DSS, Oracle OLTP uygulamalarında speedup faktörü yüksektir.



Yazılım performans kriterleri

- Multicore işlemcilerle aşağıdaki uygulama türlerinde performans artışı sağlanmaktadır*.
 - **Multithreaded native applications:** Lotus Domino ve Siebel CRM (Customer Relationship Manager) yazılımları.
 - **Multiprocess applications:** Oracle veritabanı, SAP, Peoplesoft.
 - **Java applications:** Java dili multithreaded uygulama geliştirmek için güçlü araçlar sağlar. Java Virtual Machine Java multithreaded process'tir ve Java uygulamalarına scheduling ve memory management sağlar.
 - **Multi-instance applications:** Bir uygulamanın birden fazla örneği paralel çalıştırılarak performans artırılabilir.

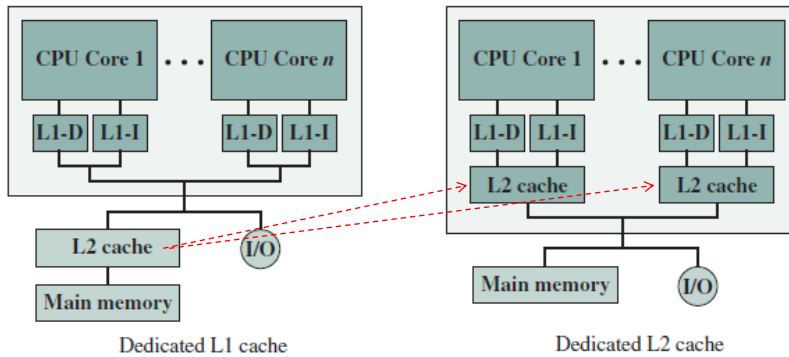
*McDougall, R., Laudon, J. "Multi-Core Microprocessors are Here.", login, October, 2006.

Konular

- Giriş
- Donanım performans kriterleri
 - Eş zamanlı çalışma
 - Güç tüketimi
- Yazılım performans kriterleri
- **Multicore organizasyonu**
- Intel Core Duo
- Intel Core i7

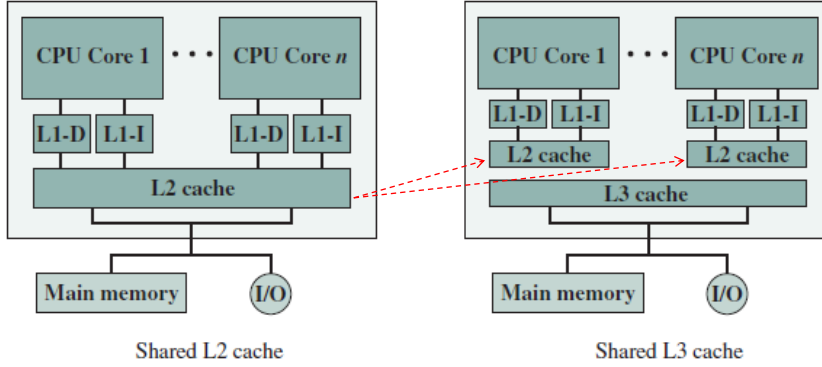
Multicore organizasyonu

- Multicore organizasyondaki temel değişkenler:
 - Chip içerisinde **core işlemci sayısı**
 - **Cache bellek seviye** sayısı
 - **Cache bellek paylaşım şekli**
 - **SMT olup olmadığı**



Multicore organizasyonu

- L2 cache bellek (Intel Core Duo) veya L3 cache bellek (Intel Core i7) paylaşılabilir.

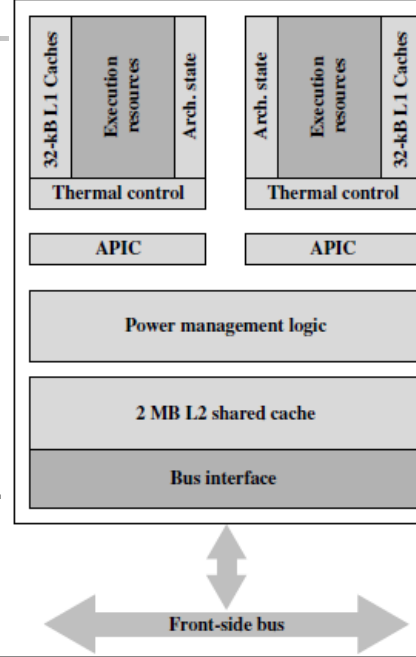


Konular

- Giriş
- Donanım performans kriterleri
 - Eş zamanlı çalışma
 - Güç tüketimi
- Yazılım performans kriterleri
- Multicore organizasyonu
- Intel Core Duo
- Intel Core i7

Intel Core Duo

- **Intel Core Duo** 2006 yılında geliştirildi.
- **İki tane x86 superscalar işlemciye** sahiptir.
- İşlemciler, **L1 split cache** belleklerine sahiptir.
- **Paylaşılmış 2MB L2 cache** belleğe sahiptir.
- L2 ile L1 cache bellek tutarlılığı için **MESI** (Modified Exclusive Shared Invalid) protokolü kullanır.
- Thermal kontrol birimi **eşik ısı değeri aşıldığında clock frekansı düşürür**.



Intel Core Duo

- **Advanced Programmable Interrupt Controller (APIC)**
 - İşlemciler arasında interrupt gönderimini sağlar. Bir işlemci diğerine interrupt gönderebilir.
 - I/O cihazlarından gelen **interrupt'ları ilgili core'a iletir**.
 - Her APIC timer'a sahiptir ve OS tarafından set edilerek **kendi core'ları için interrupt üretir**.
- **Power Management Logic:** Özellikle mobil cihazlar için güç tüketimini minimuma indirmeye çalışır. **Isı durumunu, CPU aktivitesini izler** ve gerilim seviyesi ile **güç tüketimini ayarlar**.
- **Bus interface:** Main memory, I/O controller'lar ve diğer işlemcilerin bağlantısını sağlayan **external bus'a (Front Side Bus) bağlıdır**.

Konular

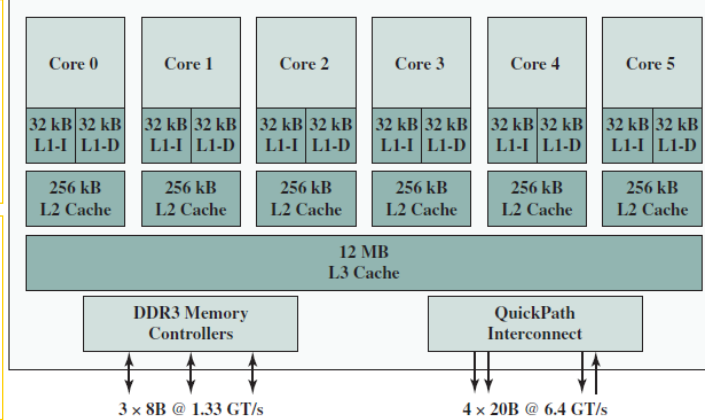
- Giriş
- Donanım performans kriterleri
 - Eş zamanlı çalışma
 - Güç tüketimi
- Yazılım performans kriterleri
- Multicore organizasyonu
- Intel Core Duo
- Intel Core i7

Intel Core i7

- Intel Core i7-990X içerisinde **6 tane core** işlemci vardır.
- **Dedicated L2** cache belleğe sahiptir.
- **Paylaşılmış L3** cache belleğe sahiptir.

- DDR3 memory controller, 3 tane 8 byte (toplam 192 bit) kanala sahiptir.
- 32 GB/s data rate (24B * 1,33 GT/s)

- QPI (QuickPath Interconnect), cache-coherence için işlemciler arasında **yüksek hızlı iletişim** yapar.



Intel Core i7

- **Core 2 Quad** (4 çekirdek) işlemci de Core Duo (2 çekirdek) gibi **paylaşılmış L2 cache bellek kullanır.**
- **Core i7 işlemci** ise her core için **dedicated L2 cache kullanmaktadır.**
- Core 2 Quad ve Core i7 mikroişlemci için **cache bellek erişim süreleri** clock cycle olarak aşağıda verilmiştir.

CPU	Clock Frequency	L1 Cache	L2 Cache	L3 Cache
Core 2 Quad	2.66 GHz	3 cycles	15 cycles	—
Core i7	2.66 GHz	4 cycles	11 cycles	39 cycles