Introduction

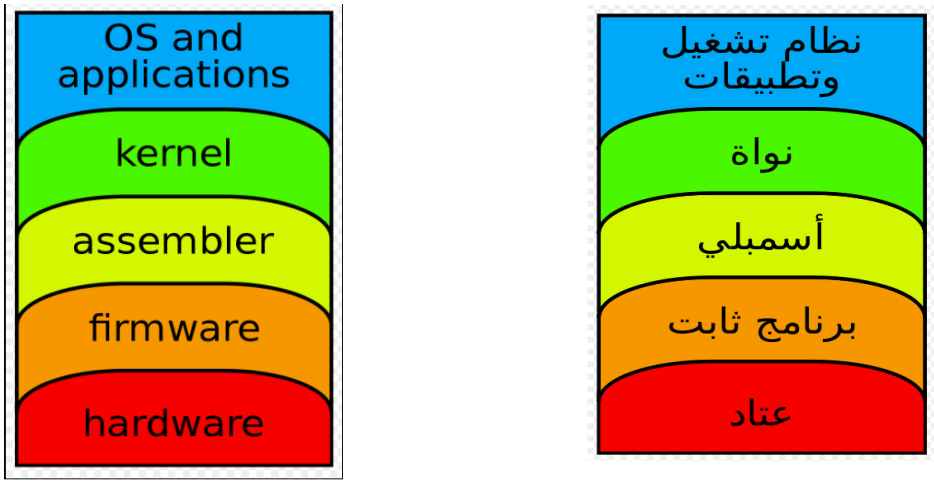
معمارية الحاسوب (Computer Architecture):

معمارية الحاسوب هي عبارة عن تصميم وبنية العمليات الوظيفية لنظام الحاسوب . تعتبر معمارية الحاسوب البصمة والوصف الوظيفي لمتطلبات وتصميم وتطبيقات أجزاء الحاسوب المختلفة - حيث يركز أساسا على طريقة انجاز وحدة المعالجة المركزية داخليا لمهامها وكيفية تواصلها مع عناوين الذاكرة في ذاكرة الحاسوب والمعروف علميا تحت تنظيم الحاسوب Computer Organization .

يمكن ان يعرف أيضا على انه علم وفن تصميم مجموعة تعليمات بنية الحاسوب (Instruction Set Architecture) واختيار وتوصيل العتاد الحاسوبي او الكيان المادي للحاسوب (Computer Hardware) المناسب لإنشاء حواسيب تطابق الأهداف المرجوة من حيث الآداء والعمل والكلفة.

إن مصطلح معمارية الحاسوب (أو بناء الحاسوب) يستخدم للدلاله على العلم الذي يدرس المفاهيم التي تربط بين المكونات المادية الملموسة للحاسوب Hardware مع المكونات البرمجية ممثله في نظام التشغيل Software. وقد عرّف العالم جين أمدال معمارية الحاسوب على أنها سمات الحاسوب (خصائص الحاسوب) التي تظهر مُبرمجةً في لغة التجميع، وتظهر في هيكلة المفاهيم والنماذج الوظيفية (البرمجية). وقد كان مفهوم معمارية الحاسوب يرتكز على تصميم مجموعة التعليمات الموجهة للشبكات المحلية LAN حتى ثمانينات القرن الماضي ليتم التركيز بعدها على تصميم وحدة المعالجة المركزية CPU والتسلسل الهرمي لوحدة الذاكرة ونظام الإدخال والإخراج والعمليات المتوازية بالإضافة إلى جوانب أخرى.

تصوير نموذجي لمعمارية الحاسب على شكل تسلسل من الطبقات التجريدية:



Computer abstraction layers

الجوانب الرئيسية في معمارية الحاسوب:

1. **بناء مجموعة التعليمات (**Instruction Set Architecture ISA**):** واجهة بين برامج الحاسوب والأجهزة، ويمكن أيضا أن ينظر إليها على أنها وجهة نظر مبرمج الجهاز. إن أجهزة الحاسوب لا يفهمون لغات عالية المستوى HLL التي لديها عدد قليل، إن وجدت، وعناصر اللغة مثل المترجمات التي يترجمها مباشرة إلى أكواد العمليات واطئة المستوى في الآلة الأم LLL. أما المعالج CPU يفهم فقط التعليمات المشفرة والمكتوبة بالأرقام الثنائية Binary Numbers. أدوات البرمجيات، مثل المترجم، يقوم بترجمة البرنامج من لغة عالية المستوى الى تعليمات مشفرة في لغة واطئة المستوى. بالإضافة إلى هذه التعليمات، يحدد ISA العناصر الموجودة في الكمبيوتر المتوفرة لبرنامج مثل أنواع البيانات والسجلات، ومعالجة الأوضاع، والذاكرة.
2. **تنظيم الحاسوب (**Computer Organization**):** تساعد منظمة الحاسوب تحسين المنتجات القائمة على الأداء. على سبيل المثال، مهندسي البرمجيات في حاجة إلى معرفة قدرة المعالجة من المعالجات. قد يحتاجون إلى تحسين البرمجيات من أجل الحصول على أكبر قدر من الأداء في أقل نفقة. وهذا يمكن أن تتطلب تحليلا مفصلا للغاية لمنظمة الحاسوب . على سبيل المثال، في فك

الوسائط المتعددة، قد تحتاج المصممين لترتيب لمعظم البيانات التي يتم معالجتها في مسار البيانات أسرع.

تساعد منظمة الكمبيوتر أيضا التخطيط لاختيار المعالج لمشروع معين. مشاريع الوسائط المتعددة قد يحتاج الوصول إلى البيانات سريع للغاية، في حين أن البرنامج الإشرافي قد تحتاج المقاطعات السريعة. أحيانا بعض المهام تحتاج مكونات إضافية أيضا. على سبيل المثال، جهاز كمبيوتر قادر على التمثيل الافتراضي يحتاج الأجهزة الذاكرة الظاهرية بحيث ذاكرة أجهزة الكمبيوتر محاكاة مختلفة يمكن أن تظل فصل. منظمة الكمبيوتر وميزات يؤثر أيضا استهلاك الطاقة والتكلفة المعالج.

3. **التطبيق (عملية التنفيذ** Implementation **):** مثل PentiumIII, , Pentium4, Pentium Xeon, ، وصفت مجموعة التعليم والهندسة المعمارية الصغيرة، يجب أن يتم تصميم آلة العملية. وهذا ما يسمى عملية التصميم والتنفيذ. وعادة ما لا يعتبر تنفيذ تعريف المعماري، وإنما الأجهزة التصميم الهندسي. تنفيذ يمكن تصنيف ذلك من أسفل إلى عدة خطوات:

- تنفيذ المنطق بتصاميم للقطع المحددة في هيكل النظام المصغر (في المقام الأول) ويكون بناء على المنطق.
- تنفيذ التصاميم على مستوى الترانزستور من العناصر الأساسية (البوابات وأجهزة الإرسال، الخ) وكذلك بعض الكتل الكبيرة (ALUs) التي يمكن تنفيذها على هذا المستوى، أو حتى (جزئيا) في المادية مستوى، لأسباب تتعلق بالأداء.
- توجه التنفيذ الفعلي للدوائر المادية. توضع المكونات بدائرة مختلفة في المخططات أو على لوحة ويتم توجيه الأسلاك التي تربط بينها.
- تصميم اختبارات التحقق الكمبيوتر ككل لمعرفة ما إذا كان يعمل في جميع المواقف وتوقيت. بمجرد أن يبدأ التنفيذ، وإثبات والتصميم الأول هو المحاكاة باستخدام محاكاة المنطق. ومع ذلك، وهذا عادة ما يكون بطيئا جدا لتشغيل برامج واقعية. وهكذا، بعد إجراء التصحيحات، هي التي شيدت باستخدام النماذج الميدانية للبرمجة بوابة صالحة (التصميم بما). وقف العديد من المشاريع هواية في هذه المرحلة. والخطوة الأخيرة هي لاختبار النموذج الأولي الدوائر المتكاملة. قد تتطلب الدوائر المتكاملة عدة يصمم لإصلاح المشاكل.

Classification of Computer Architecture

Flynn's taxonomy: تصنيف فلين

Classification of computer systems according to Michael Flynn (1966) is based on the presence of ***single*** or ***multiple*** streams of instruction and data:

أن التصنيف الأكثر انتشاراً لمعمارية الحاسوب هو ذلك التصنيف الذي العالم اقترحه مايكل ج. فلين (Flynn) في عام 1966.

ويأخذ تصنيف فلين بعين الاعتبار عاملين اثنين وهما: كمية السريان (أو التدفق) للتعليمات او الايعازات ***Instruction stream*** وكمية السريان للبيانات ***Data stream*** التي تتدفق للمعالج.

Instruction stream: A sequence of instructions executed by a processor.

Data stream: A sequence of data required by an instruction stream.

إن تصنيف فلين مبني أساساً على كمية تدفق البيانات والتعليمات الموجودة في الآلة. ويقصد بالتدفق هنا على أنه تتابع أو تسلسل لعناصر (التعليمات أو البيانات) كما نفذت أو شغلت بواسطة المعالج. فعلى سبيل المثال, تقوم بعض الآلات بتنفيذ تدفق واحد ***single*** من التعليمات, بينما يتم تنفيذ عدة ***multiple*** تدفقات في آلات أخرى. وهذه التصنيفات الاربعة هي:

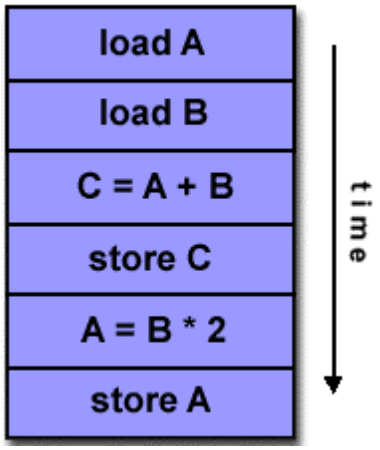
Flynn's taxonomy

	Single instruction stream	Multiple instruction streams
Single data stream	SISD – Single Instruction Single Data	MISD – Multiple Instruction Single Data
Multiple data streams	SIMD – Single Instruction Multiple Data	MIMD – Multiple Instruction Multiple Data

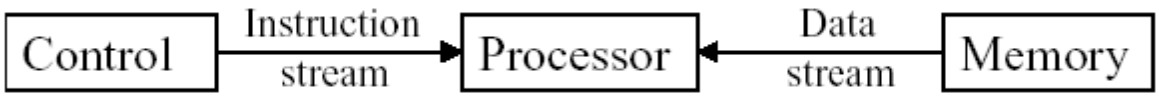
1. SISD الحاسبات وحيدة تدفق التعليمات ووحيدة تدفق البيانات

ويندرج تحت هذا الصنف جميع الحاسبات التسلسلية المعتادة, مثل Apple Macintosh والحاسبات من هذا الصنف تُحضر التعليمات من الذاكرة ثم تقوم بتنفيذها عادة باستخدام قيم البيانات المشار إليها من الذاكرة. ومن ثم تقوم بإحضار تعليمات أخرى من الذاكرة, وهكذا. وأيضاً يعرف هذا التصميم (SISD) بتصميم "فون نيومان Von Neumann" والذي قام به العالم "جون فون نيومان" في أواخر الأربعينات وأوائل الخمسينات من القرن الماضي.

SISD: Execution of instruction in SISD processors is illustrated bellow:



The SISD organization

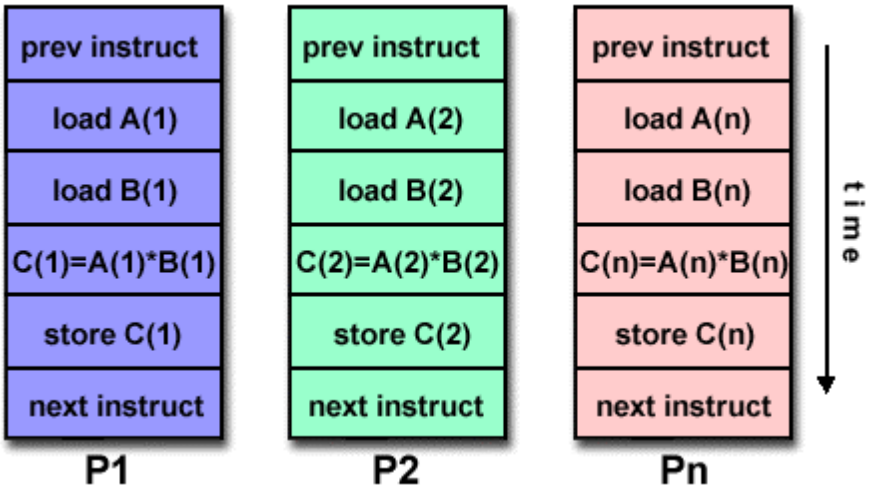


- Instructions are executed sequentially.
- This is the oldest and until recently, the most common form of computer
- Examples: most PCs, single CPU workstations and mainframes

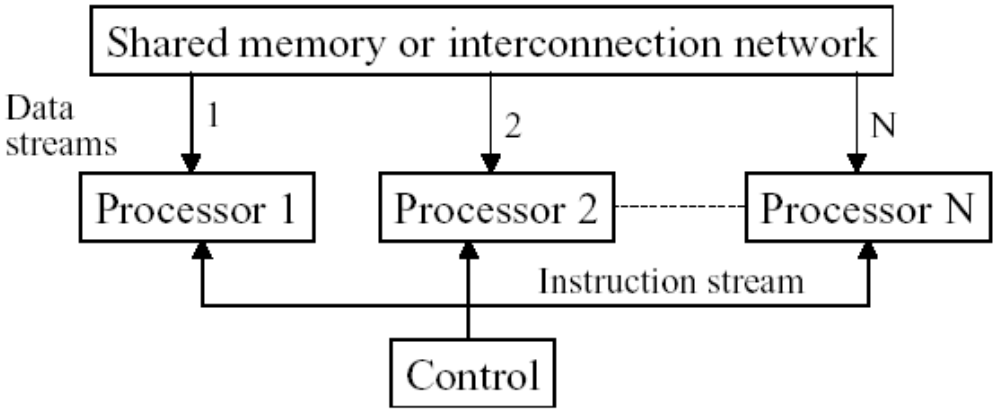
2. SIMD الحاسبات وحيدة تدفق التعليمات ومتعددة تدفق البيانات

ويتضمن هذا التصنيف الحاسبات التي تحتوي على وحدة تعليمات واحدة تصدر أوامر إلى عدة عناصر معالجة (Ps). ولأن كل عنصر معالجة(P) يُشغّل بياناته المحلية الخاصة فهناك تدفقات متعددة للبيانات. وعادة فإن وحدة التعليمات تصدر نفس الأمر إلى جميع عناصر المعالجة. يتميز هذا النوع من الحاسبات بوجود وحدة تحكم مركزية. وتشرف على عناصر المعالجة المختلفة تعليمة واحدة من وحدة التحكم وتقوم بتنفيذ هذه التعليمة بشكل متزامن على معاملات مختلفة. تكون هذه الحاسبات متزامنة, وغالباً ما تملك ذاكرة مشتركة بين الوحدات. ولتسهيل عملية الولوج المتوازي إلى الذاكرة يُلجأ إلى تقسيمها إلى بنوك مما يسمح باستخلاص عدة معاملات في نفس الوقت, تتبادل وحدات معالجة البيانات عن طريق الذاكرة المشتركة ويتم الاتصال بين وحدات المعالجة المختلفة وبنوك الذاكرة عبر شبكة الربط.

SIMD: Execution of instruction in SIMD processors is illustrated bellow:



The SIMD organization

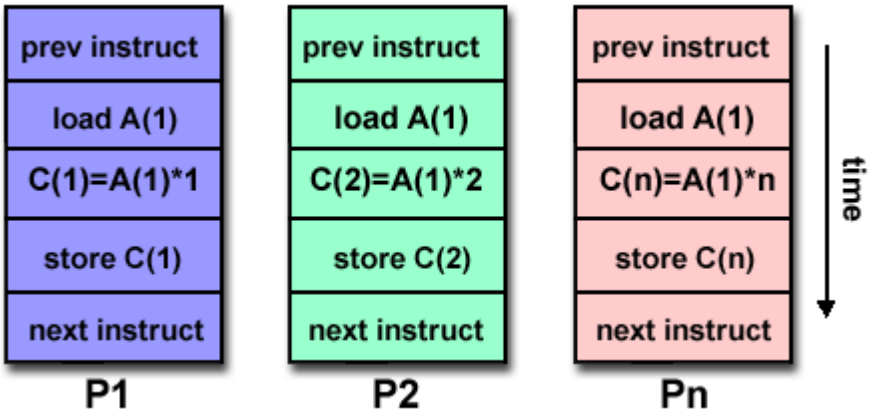


- A type of parallel computer
- Best suited for specialized problems such as image processing and vector computation.

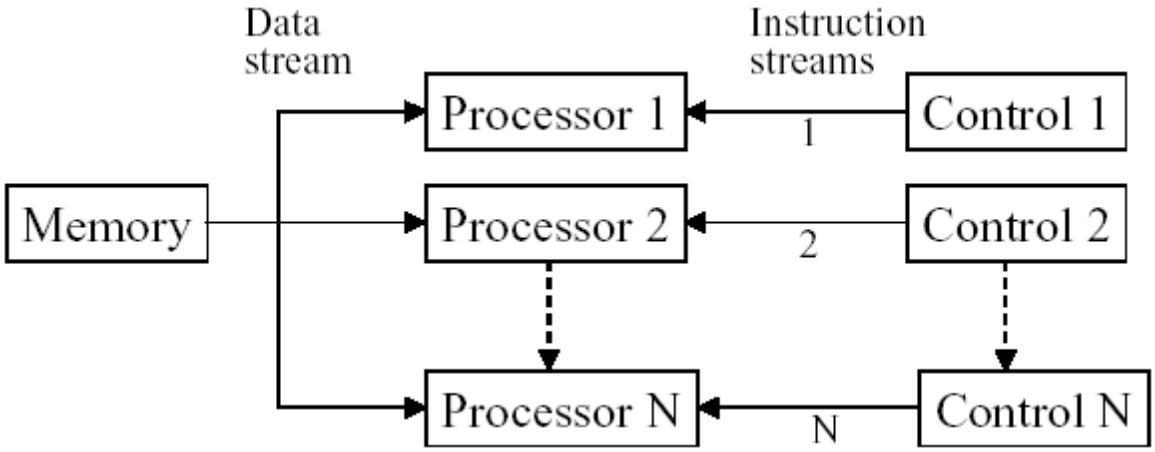
3. MISD الحاسبات متعددة تدفق التعليمات ووحيدة تدفق البيانات

حيث يتم في هذا النوع تنفيذ عدة تعليمات مختلفة على معامل واحد خلال الدورة الزمنية للحاسوب. يتضمن كل معالج وحدة تحكم خاصة به تساعده على تنفيذ المهام الجزئية الموكلة إليه. يوجد القليل من الحاسبات المتوازية من نوع MISD وتكاد تكون أهمية هذا النوع مقتصرة على تصنيف ((Flynnلأنه يتلاءم مع مبدأ التصنيف. وأن MISD هي قليلة الاستعمال فهي تعتمد مبدأ العمل التسلسلي.

MISD: Execution of MISD processor is illustrated bellow:



The MISD organization



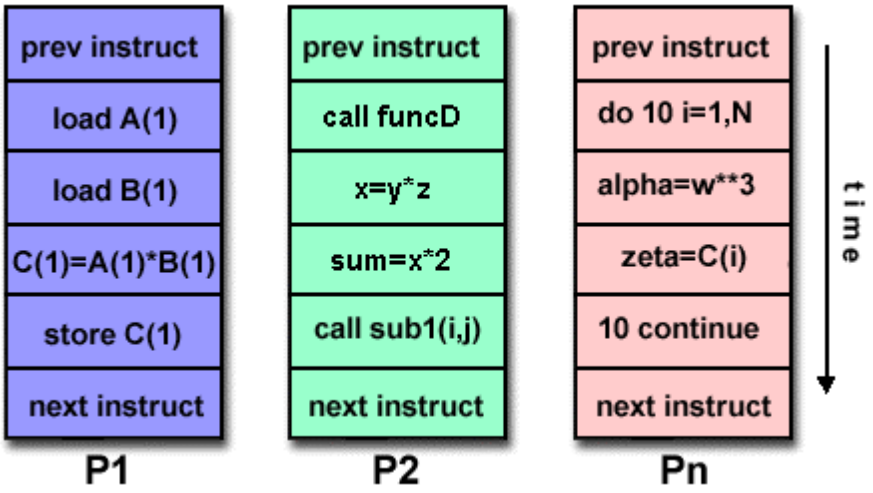
- This architecture is also known as systolic arrays for pipelined execution of specific instructions

- Few actual examples of this class of parallel computer have ever existed. One is the experimental Carnegie-Mellon C.mmp computer (1971).

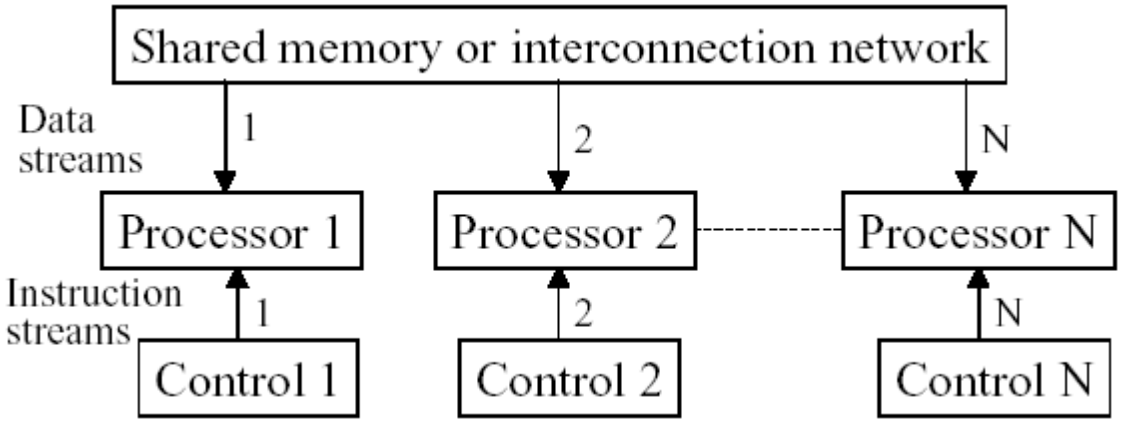
4. MIMD الحاسبات متعددة تدفق التعليمات ومتعددة تدفق البيانات

يتميز هذا النوع من الحاسبات بوجود عدد من المعالجات التي تعمل بشكل مستقل عن بعضها البعض. يتضمن كل معالج وحدة تحكم خاصة به تساعده على تنفيذ المهام الجزئية الموكلة إليه. هذه الحاسبات غير متزامنة وبالتالي فالحوادث التي تجري على معالج ما لا ترتبط بالحوادث التي تجري على المعالجات الأخرى. تتكون هذه الحاسبات من عشرات المعالجات وهي الحاسبات الأكثر عمومية في وقتنا الحاضر حيث يمكن استثمارها من أجل تطبيقات مختلفة ومتنوعة.

MIMD : Execution of MIMD processor is illustrated bellow:



The MIMD organization



- As shown in the above figure there are different processor each processing different task.
- Examples: most current supercomputers, networked parallel computer.

Memory system

Memory System

الذاكرة هي مثل **الدماغ البشري** (human brain). يتم استخدامه لتخزين البيانات والتعليمات (data and instructions). **ذاكرة الكمبيوتر** هي مساحة التخزين في الكمبيوتر حيث يتم معالجة البيانات وتخزين التعليمات المطلوبة للمعالجة. تنقسم الذاكرة إلى عدد كبير من الأجزاء الصغيرة تسمى **الخلايا** (Cell). لكل موقع أو خلية عنوان فريد (unique address) يختلف من صفر إلى حجم الذاكرة.

For example, if computer has **64k words,** then this memory unit has **64 * 1024 = 65536** memory locations. The address of these locations varies from **0 to 65535**.

Memory Hierarchy System

The memory hierarchy system consists of all storage devices employed in a computer system from slow but high capacity auxiliary memory to a relatively faster cache memory accessible to high speed processing logic. The figure below illustrates memory hierarchy:

يتكون نظام التسلسل الهرمي للذاكرة من جميع أجهزة التخزين المستخدمة في نظام الكمبيوتر من الذاكرة الإضافية البطيئة ولكن ذات السعة العالية إلى ذاكرة التخزين المؤقت الأسرع نسبيًا والتي يمكن الوصول إليها من خلال منطق المعالجة عالية السرعة. يوضح الشكل أدناه التسلسل الهرمي للذاكرة:

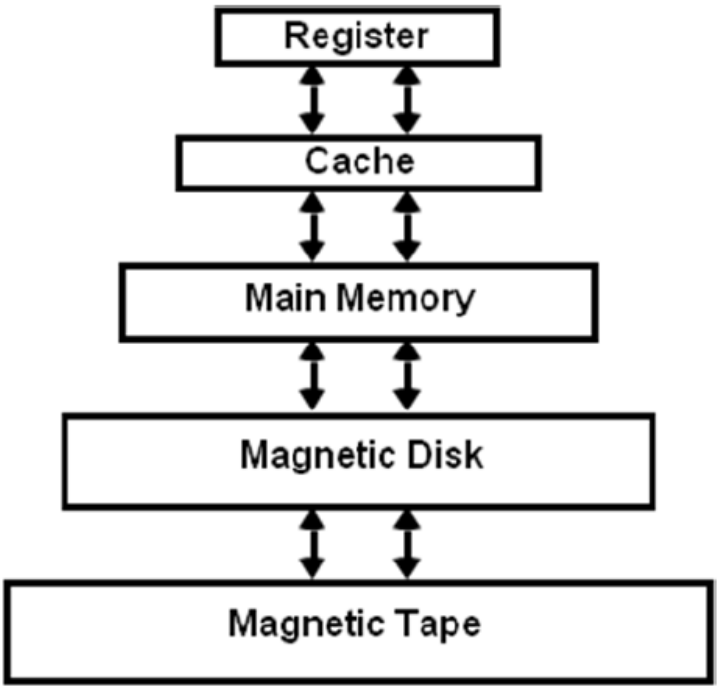


Fig: Memory Hierarchy

Note that the registers in the processing unit are temporary storage devices. They are the fastest components of the computer system memory.
لاحظ أن السجلات *registers* التي تقع في وحدة المعالجة المركزية هي أجهزة تخزين مؤقتة. حيث تعتبر هذه السجلات هي أسرع مكونات ذاكرة نظام الكمبيوتر.

As we go down in the hierarchy من خلال الهبوط في الشكل الهرمي نلاحظ:
- Cost per bit decreases انخفاض تكلفة البت
- Capacity of memory increases زيادة سعة الذاكرة
- Access time increases زيادة وقت الوصول
- Frequency of access of memory by processor also decreases.
انخفاض في معدل وصول المعلج للذاكرة

Thus, in a general purpose computer system, the highest speed memory is closest to the processing unit and is most expensive. The least expensive and slowest memory devices are farthest from the processing unit.

ملاحظة مهمة: في نظام الكمبيوتر للأغراض العامة ،
- تكون الذاكرة الأعلى سرعة هي الأقرب إلى وحدة المعالجة وهي الأغلى تكلفة.
- تكون أجهزة الذاكرة الأقل تكلفة والأبطأ سرعتاً هي الأبعد عن وحدة المعالجة.

MEMORY SYSTEM characteristics: خصائص نظام الذاكرة

The most important characteristics of any memory system are its ***capacity***, ***data access time***, ***the data transfer rate***, ***the cycle time***, and ***cost.***

1. The capacity of the storage system: Is the maximum number of units (bits, bytes, or words) of data it can store:

RAM capacity= no. of words X word size

سعة نظام التخزين: هو الحد الأقصى لعدد وحدات (بت أو بايت أو كلمات) البيانات التي يمكنه تخزينها في الذاكرة

2. The access time: Is the time taken by the memory module to access the data after an address is provided to the module. The data appear in the MDR at the end of this time in a RAM.

وقت الوصول: هو الوقت الذي تستغرقه وحدة الذاكرة للوصول إلى البيانات بعد توفير عنوان للوحدة النمطية.

3. The data transfer rate: Is the number of bits per second at which the data can be read out of the memory. This rate is the product of the reciprocal of access time and the number of bits in the unit of data (data word) being read (Transfer rate=(1/ t).B)

معدل نقل البيانات: هو عدد البتات في الثانية التي يمكن عندها قراءة البيانات خارج الذاكرة.

4. The cycle time: Is a measure of how often the memory can be accessed.

وقت الدورة: هو مقياس لعدد المرات التي يمكن الوصول فيها إلى الذاكرة.

5. The cost: Is the product of capacity and the price of memory device per bit. RAMs are usually more costly than other memory devices.

التكلفة: هي نتاج السعة وسعر جهاز الذاكرة لكل بت. عادة ما تكون ذاكرة الوصول العشوائي أكثر تكلفة من أجهزة الذاكرة الأخرى.

Memory Access Methods طرق الوصول إلى الذاكرة

• ***Sequential access***: In this access, it must start with beginning and read through a specific linear sequence, example tape.

● **الوصول المتسلسل:** في هذا الوصول ، يجب أن يبدأ ببداية ويقرأ من خلال تسلسل خطي محدد ، على سبيل المثال الشريط

• ***Direct Access***: Each block of memory have unique address based on its location. Access is performed by direct access to general neighbor location then a sequential search to reach the final location, example disk.

●**الوصول المباشر**: كل كتلة من الذاكرة لها عنوان فريد بناءً على موقعها. يتم الوصول عن طريق الوصول المباشر إلى موقع الجوار العام ثم البحث المتسلسل للوصول إلى الموقع النهائي ، على سبيل المثال القرص.

• ***Random access***: Any location can be selected out randomly and directly addressed and accessed, example RAM.

الوصول العشوائي: يمكن تحديد أي موقع بشكل عشوائي ومباشر ويتم الوصول إليه ، مثل ذاكرة الوصول العشوائي.

• ***Associative access***: Uses the contents of part of the memory words to select the cells being written or read by making a comparison between the desired location and part of the word stored in that location, example cache.

●**الوصول الترابطي:** يستخدم محتويات جزء من كلمات الذاكرة لتحديد الخلايا يتم كتابتها أو قراءتها من قبل إجراء مقارنة بين الموقع المطلوب وجزء من كلمة المخزنة في هذا الموقع، مثل ذاكرة التخزين المؤقت.

Memory is primarily of three types: أنواع الذاكرة

1- ***Cache Memory*** ذاكرة التخزين المؤقت

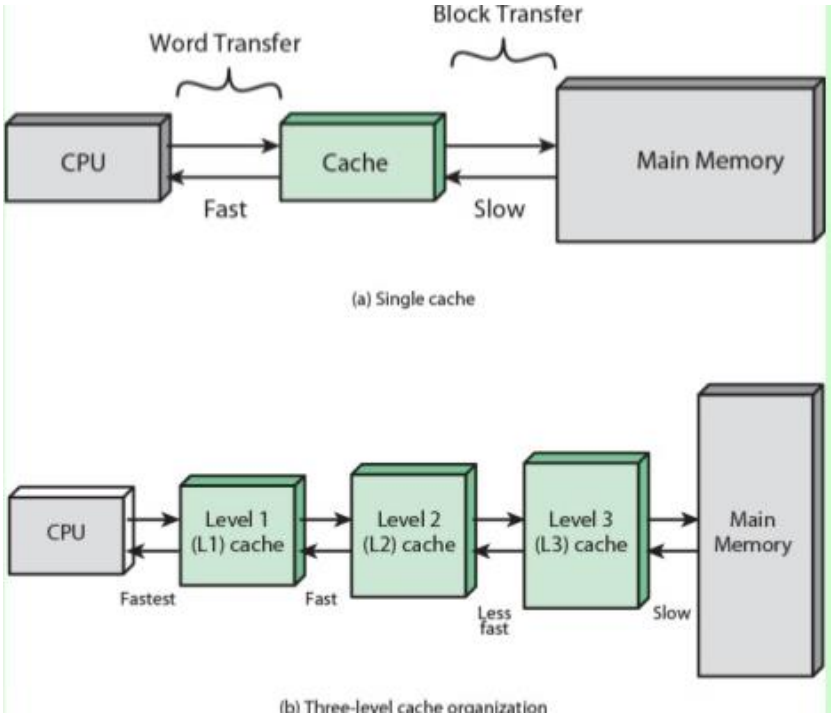
2- ***Primary Memory/Main Memory*** الذاكرة الرئيسية

3- ***Secondary Memory*** الذاكرة الثانوية

Cache Memory

Cache Memory ذاكرة التخزين المؤقت هي ذاكرة أشباه الموصلات ***semiconductor memory*** عالية السرعة والتي يمكنها تسريع وحدة المعالجة المركزية. يعمل كمخزن مؤقت ***buffer*** بين وحدة المعالجة المركزية والذاكرة الرئيسية. يتم استخدامه لخزن تلك الأجزاء من البيانات والبرامج التي تستخدمها وحدة المعالجة المركزية بشكل متكرر. يتم نقل أجزاء البيانات والبرامج من القرص إلى ذاكرة التخزين المؤقت بواسطة نظام التشغيل، حيث يمكن ***CPU*** الوصول إليها.

Cache memory is a fast small memory where the active portion of the program and data are placed in, so *the average memory access time is reduced*. It is located between CPU and main memory.



- When CPU needs to access a memory, cache is examined
- If memory location found then OK! Read (Hit)
- If not, then memory location is searched in main memory and block that contained the required location is transffered to the cahe and read by CPU (Miss).

• عندما تحتاج CPU الوصول إلى الذاكرة ، يتم فحص ذاكرة التخزين المؤقت cache اولاً. فإذا تم العثور على الموقع فهو المطلوب! فتتم عملية القراءة (بشكل صحيح Hit) ·وإذا لم يكن الأمر كذلك ، فسيتم البحث في موقع الذاكرة في الذاكرة الرئيسية ويتم نقل الكتلة التي تحتوي على الموقع المطلوب إلى cache وقراءتها بواسطة CPU وبهذا تكون العملية (Miss).

Cache performance: أداء كفاءة ذاكرة التخزين المؤقت

- The *performance* of cache memory is measured by ***Hit Ratio***.
- **Hit Ratio = (total hit) / (total hit +total miss).**
- Hit Ratio of 0.9 and higher have been reported.

Advantages الفوائد

1- Cache memory is faster than main memory.
2- It consumes less access time as compared to main memory.
3- It stores the program that can be executed within a short period of time.
4- It stores data for temporary use.

1. ذاكرة التخزين المؤقت أسرع من الذاكرة الرئيسية.
2. يستهلك وقت وصول أقل مقارنة بالذاكرة الرئيسية.
3. يقوم بتخزين البرنامج الذي يمكن تنفيذه خلال فترة زمنية قصيرة.
4. يخزن البيانات للاستخدام المؤقت.

Disadvantages المساوئ

1. Cache memory has limited capacity.
2. It is very expensive.

1. ذاكرة التخزين المؤقت لها سعة محدودة.
2. أنها مكلفة للغاية.

Main Memory (Primary Memory)

Main Memory الذاكرة الرئيسية تحتفظ فقط بالبيانات والتعليمات التي يعمل الكمبيوتر عليها حاليا. ولديها سعة محدودة من الخزن ويتم فقدان محتوياتها عند انقطاع التيار الكهربائي عنها. وهي تتكون بشكل عام من اجهزة أشباه الموصلات. وهي ليست سريعة مقارنتا بذاكرة السجلات. وهي مقسمة إلى نوعين رئيسيين فرعيتين RAM وROM .

As the name implies, the main memory provides the main storage for a computer.

كما يوحي الاسم ، فأن الذاكرة الرئيسية توفر التخزين الرئيسي لجهاز الكمبيوتر.

Characteristics of Main Memory خصائص الذاكرة الرئيسية

1. These are semiconductor memories. هي ذاكرة اشباه موصلات
2. It is known as main memory.تعرف بالذاكرة الرئيسية للحاسوب
3. Usually volatile memory. عادة ما تكون ذكرة متطايرة؟
4. Data is lost in case power is switched off.تفقد بياناتها بانقطاع في حالة انقطاع الطاقة عنها
5. It is working memory of the computer.تعتبر الذاكرة التشغيلية للحاسوب
6. Faster than secondary memories. اسرع من الذكرات الثانوية
7. Computer cannot run without main memory. لا يعمل الحاسوب بدونها

The figure below shows **a *typical interface*** واجهة نموذجية between the main memory and the CPU:

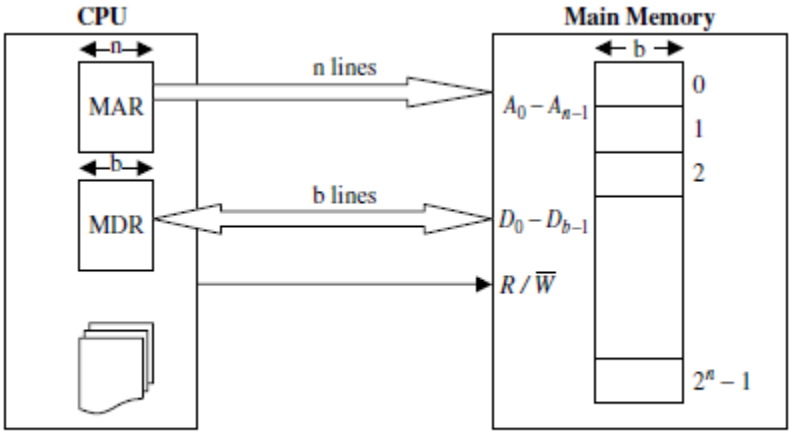


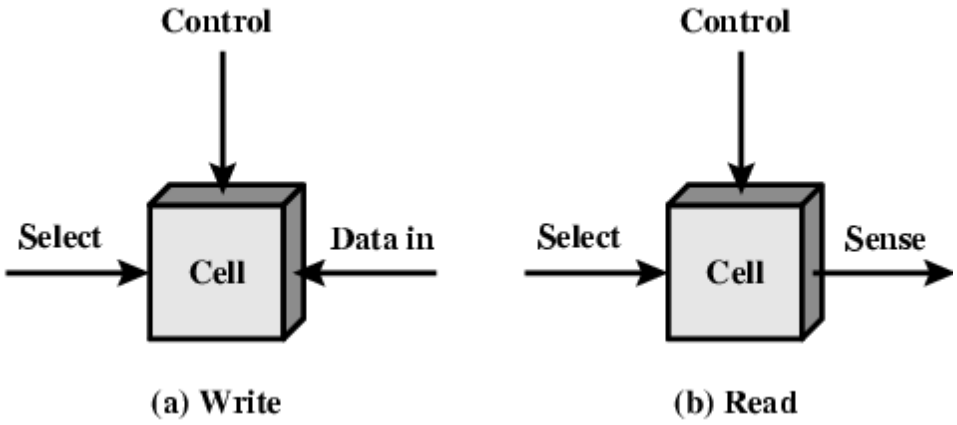
Figure 7.1 A typical CPU and main memory interface

Two *CPU registers* are used to interface the CPU to the main memory. These are
(1) the ***memory address register*** (**MAR**) and
(2) the ***memory data register*** (**MDR**).

The **MDR** is used to hold the data to be stored and/or retrieved in/from the memory location whose address is held in the **MAR**.
يتم استخدام MDR للاحتفاظ بالبيانات المراد تخزينها و / أو استرجاعها في / من موقع الذاكرة الذي يتم الاحتفاظ بعنوانه في MAR

The memory cell has three functional terminals which carries the electrical signal: خلية الذاكرة لديها ثلاث محطات الوظيفية الذي يحمل إشارة كهربائية

1. The **select** terminal: It selects the cell.
2. The **data in** terminal: It is used to input data as 0 or 1 and data out is used for the output of the cell's state.
3. The **control** terminal: It indicates **read** and **write**.



Most of the main memory in a general purpose computer is made up of **RAM integrated circuits chips**, but a portion of the memory may be constructed with **ROM chip**.
Integrated RAM are available in two possible operating modes, ***Static*** *and* ***Dynamic***: **SRAM** and **DRAM.**

Types of ROM:

1. **PROM** (Programmable Read only Memory)
2. **EPROM** (Erasable and Programmable Read Only Memory)
3. **EEPROM** (Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory)

Secondary Memory

يُعرف هذا النوع من الذاكرة أيضًا بالذاكرة الخارجية أو غير المتطايرة. وهي أبطأ من الذاكرة الرئيسية. يتم استخدامها لتخزين البيانات / المعلومات بشكل دائم. لا تصل وحدة المعالجة المركزية CPU مباشرة إلى هذه الذاكرات بدلاً من الوصول إليها عبر إجراءات الإدخال والإخراج. يتم أولاً نقل محتويات الذكريات الثانوية إلى الذاكرة الرئيسية ، ومن ثم يمكن لوحدة المعالجة المركزية الوصول إليها. على سبيل المثال: قرص ، قرص مضغوط، (disk, CD-ROM,DVD)

Characteristic of Secondary Memory

1. These are magnetic and optical memories.
2. It is known as backup memory.
3. It is non-volatile memory.
4. Data is permanently stored even if power is switched off.
5. It is used for storage of data in a computer.
6. Computer may run without secondary memory.
7. Slower than primary memories.

Notes:

- CPU + main memory constitutes the "***core***" of the computer system.
- Secondary memory + I/O devices are the so called ***peripherals***
- Communication between different components of the system is usually performed using one or several buses.

Definitions

Registers

المسجلات وهي مواقع تخزين مؤقته مبنية داخل ال CPU الغرض منها تسريع عمليات المعالج تستخدم للتخزين المؤقت للبيانات أو تعليمات . قوم السجلات بتخزين عناصر البيانات للمعالجة دون الحاجة إلى الوصول إلى الذاكرة الرئيسية حيث تكون بعضها مبنية داخل شريحة المعالج. وتستخدم عادتا الأغراض العامة والأغراض الخاصة. ومن امثلتها Accumulator(AC), Program Counter (PC), Memory Data Register (MDR)

Addresses

العناوين وهي مجموعة من البتات التي يتم ترتيبها بشكل تسلسلي في الذاكرة ، لتمكين الوصول المباشر ، يرتبط رقم يسمى العنوان بكل مجموعة. تبدأ العناوين عند 0 وتزداد للمجموعات المتتالية. يشير مصطلح الموقع إلى مجموعة من البتات لها عنوان وحيد.

Memory Units

وحدات الذاكرة وهي كمية البيانات التي يمكن تخزينها في وحدة التخزين ، وهي عبارة عن مجموعة من خلايا التخزين جنبًا إلى جنب مع الدوائر المرتبطة اللازمة لنقل المعلومات داخل وخارج جهاز التخزين.

- 1 bit = 0 or 1 (binary digit)
- 8 bits = 1 byte
- 1 character = 1 byte = 8 bits
- 1 kilo bytes (KB) = 1024 bytes (the number 210= 1024 = 1K for Kilobyte, (thus 640K = 640 * 1024 = 655360 bytes))
- 1 Megabytes (MB) =1024 KB
- 1 Gigabytes (GB) =1024 MB
- 1024 GB = 1 Terabyte (TB)
- 1024TB = 1 Petabytes (TB)
- Word=2-bytes (16-bit) data item
- Double Word=4-byte (32-bits)
- Quadword=8-Bytes (64-bit)
- Paragraph=16-bytes (128-bit)

MEMORY SYSTEM DESIGN USING ICs

The major steps in such memory designs are the following:

1. Based on speed and cost parameters, determining the type of memory ICs (static or dynamic) to be used in the design.

2. It is generally better to select an IC with the largest capacity in order to reduce the number of ICs in the system.

3. Determining the number of ICs needed

   N = (total memory capacity)/(chip capacity).

4. Arranging the above N ICs in a P x Q matrix, where
   Q = (number of bits per word in memory system)/(number of bits per word in the IC) and P = N/Q.

5. Designing the decoding circuitry to select a unique word corresponding to each address.

The following examples illustrates the design:

EX: construct (64K x 16) memory using (16K x 1) memory chip:

1-

$64K = 2^{16}$ 16 address line (A1……A16)

$16K = 2^{14}$ 14 address line (A1……A14)

2-

We need 64 K/16 K = 4 row = P

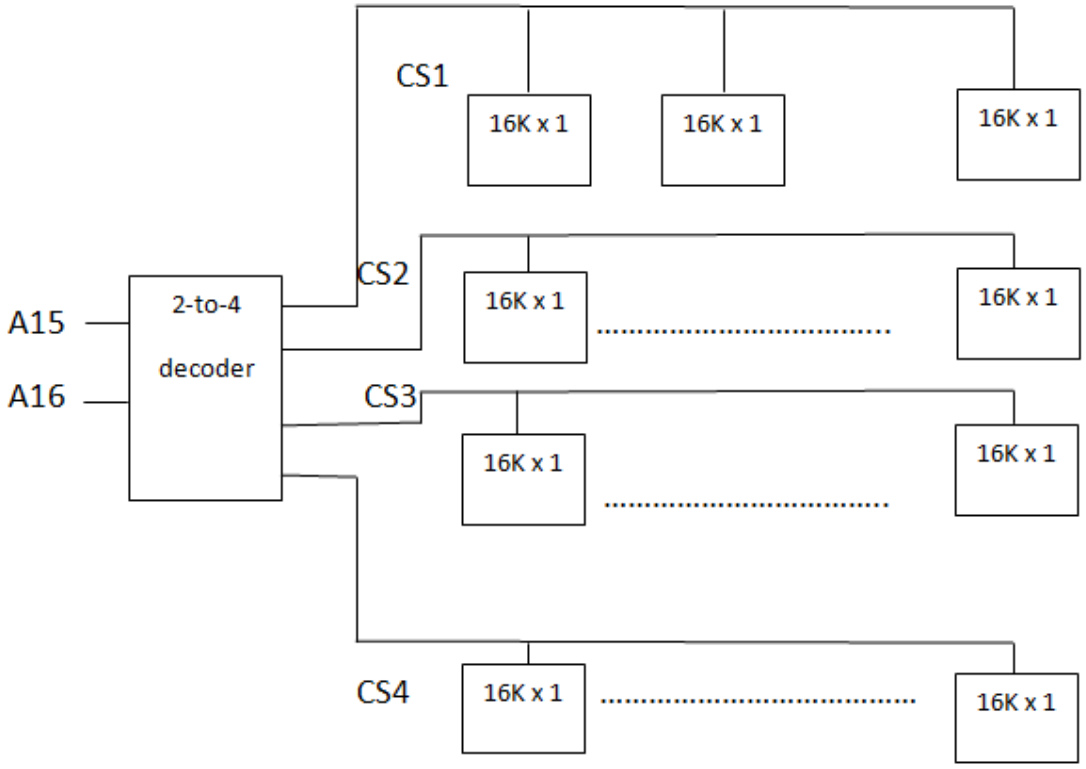
We need 16/1= 16 column = Q

3-

16-14=2 (A15 ,A16) we use them as an input to a (2- to-4) decoder to select

rows:

4-

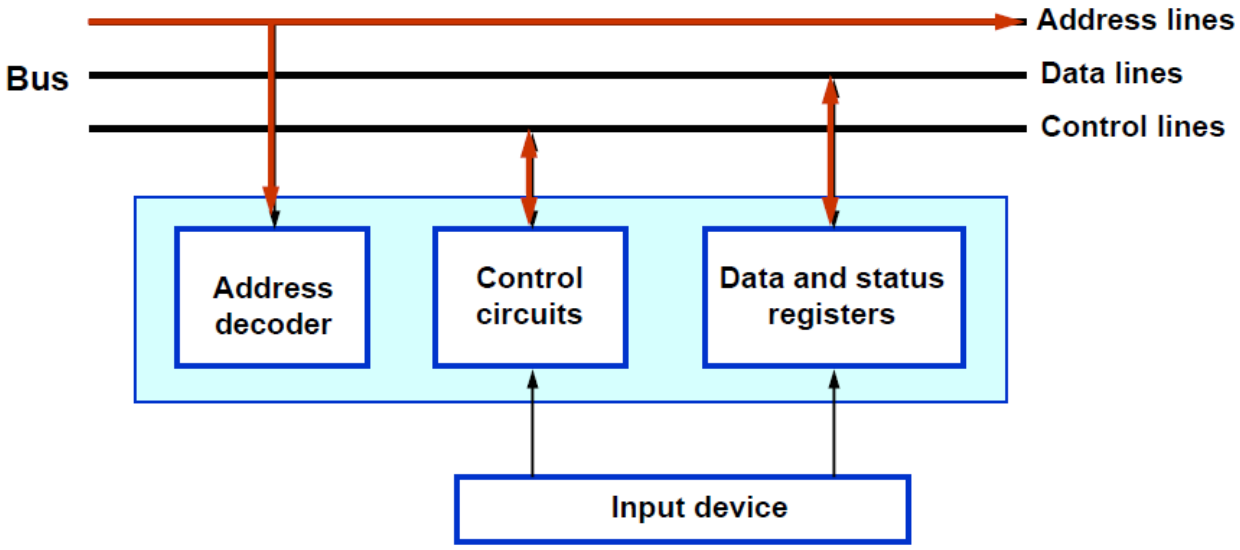


HW: construct (4K x 4) memory using (1K x 4) memory chip:

DIRECT MEMORY ACCESS (DMA)

IO Interface for an Input Device

The address decoder, the data and status registers, and the control circuitry required to coordinate IO transfers constitute the device's interface circuit



Address decoder: It is used for IO device identification.

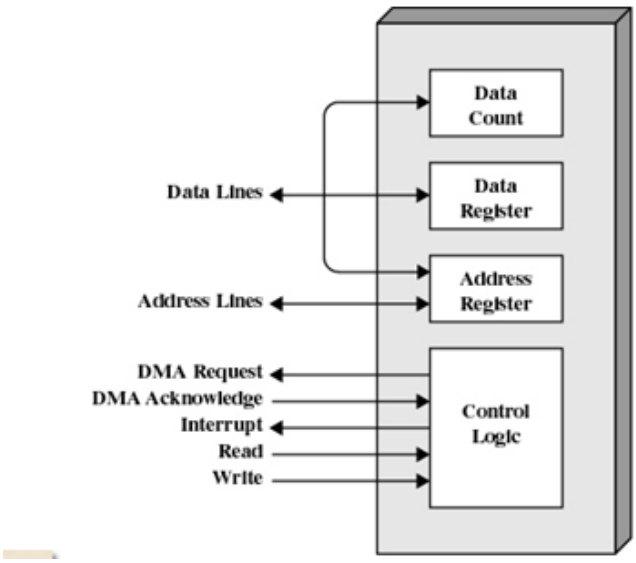
وحدة فك ترميز العنوان: يتم استخدامه لتعريف جهاز الإدخال / الإخراج.

Status registers: It is used to determine the status for each IO device, whether it is ready to transfer data to the processor

سجلات الحالة: يتم استخدامه لتحديد حالة كل جهاز إدخال / إخراج ، سواء كان جاهزًا لنقل البيانات إلى المعالج.

Direct Memory Access (DMA):

The DMA controller is a piece of hardware that controls one or more peripheral devices. It allows devices to transfer data to or from the system's memory without the help of the processor.
Having peripheral devices *access memory directly* would allow the CPU to do other work, which would lead to improved performance, especially in the cases of large transfers.
DMA controller هو نموذج من الأجهزة المادية التي تتحكم في جهاز طرفي واحد أو أكثر. وانها تسمح الأجهزة لنقل البيانات من أو إلى ذاكرة النظام دون مساعدة من المعالج. وبهذا سيسمح لوحدة المعالجة المركزية بالقيام بعمل آخر ، مما سيؤدي إلى تحسين الأداء ، خاصة في حالات النقل الكبيرة.



A DMA controller has an **address register**, a **Data count register**, and a **control logic**:
•**The address register**: contains an address that specifies the memory location of the data to be transferred. The DMA controller automatically increment the address register after each word transfer, so that the next transfer will be from the next memory location.
•سجل العنوان: ويحتوي على عنوان يحدد موقع ذاكرة البيانات المراد نقلها. تقوم وحدة تحكم DMA بزيادة تسجيل العنوان تلقائيًا بعد كل عملية نقل للكلمات ، بحيث يكون النقل التالي من موقع الذاكرة التالي.

•**The Data count register**: Holds the number of words to be transferred. The word count is decremented by one after each word transfer.
•سجل حساب البيانات: يحتفظ بعدد الكلمات المطلوب تحويلها. يتم تقليل عدد الكلمات بمقدار واحد بعد كل كلمة نقل.

•**The control logic**: Specifies the transfer mode (number of DMA channels they support).تحديد نمط النقل المستخدمة لنقل البيانات

The following steps summarize the **DMA operations**:
1. DMA request.
2. DMA accept.
3. Release buses.
4. DMA controller initiates data transfer.
5. Data is moved (increasing the address in memory, and reducing the count of words to be moved).
6. When word count reaches zero, the DMA informs the CPU of the termination by means of an interrupt.
7. The CPU regains access to the memory bus.

DMA transfer types

1- Burst mode: The DMA controller keeps control of the bus until all the data has been transferred to(from) memory from(to) the peripheral device. This mode of transfer is needed for fast devices where data transfer cannot be stopped until the entire transfer is done.

-نمط الاندفاع: وحدة تحكم DMA تبقي السيطرة على الناقل حتى يتم نقل جميع البيانات إلى (من) ذاكرة من (إلى) الجهاز طرفي. وهذا النمط من النقل مطلوب للأجهزة السريعة حيث لا يمكن إيقاف نقل البيانات حتى يتم النقل بالكامل.

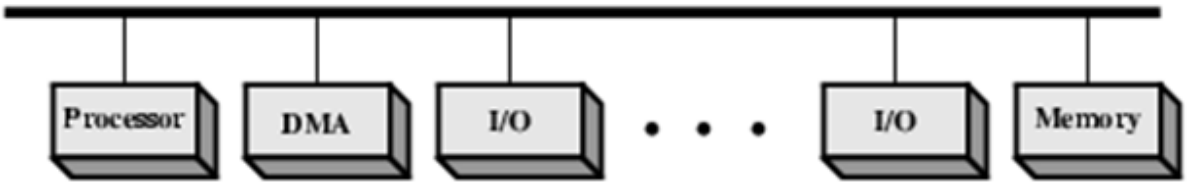
2- Single-cycle mode (**cycle stealing or flyby**): the DMA controller releasing the bus after each transfer of one data word. This minimizes the amount of time that the CPU is not controlling the bus. The single-cycle mode is preferred if IO devices can store very large amounts of data.

نمط الدورة الواحدة (سرقة الدورة أو التحليق):
وحدة تحكم DMA تترك الناقل بعد كل عملية نقل كلمة بيانات واحدة. وهذا سيقلل من مقدار الوقت الذي لا تتحكم فيه وحدة المعالجة المركزية في الناقل. يُفضل استخدام هذا النمط من النقل إذا كانت أجهزة IO يمكنها تخزين كميات كبيرة جدًا من البيانات.

DMA configurations:

The DMA mechanism can be configured in a variety of ways. Some possibilities are shown in Figure below:

DMA configuration(1)

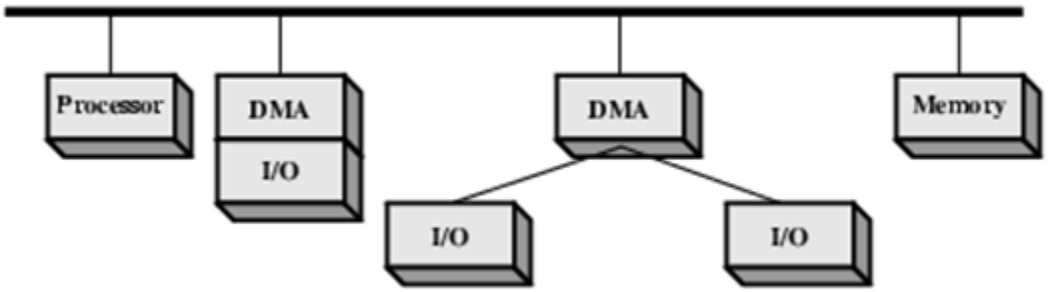


(a) Single Bus, Detached DMA controller

- Each transfer uses bus twice (IO to DMA then DMA to memory)
- CPU is suspended twice.

•يستخدم في كل عملية نقل الناقل مرتين
•يتم تعليق CPU مرتين.

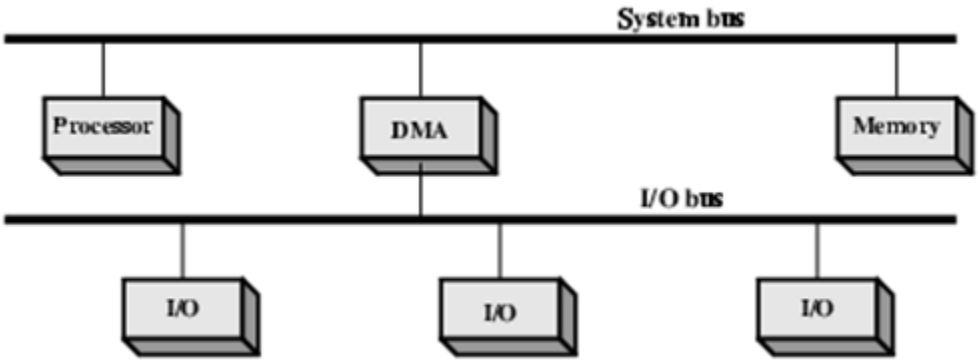
DMA configuration (2)



(b) Single-bus, Integrated DMA-I/O

- Single Bus, **Integrated** DMA controller (support one IO device or more)
- Each transfer uses bus once (DMA to memory) so CPU may be suspended only once.

DMA configuration(3)



(c) I/O bus

- Separate IO Bus
- IO Bus connect between DMA and all enabled devices
- Each transfer uses bus once (DMA to memory) so CPU suspended once.

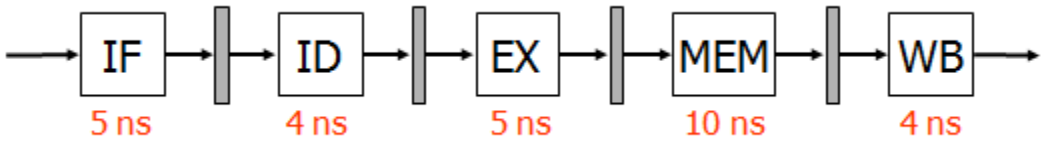
Pipelining

Pipelining is an implementation technique used to build fast processors. It allows the execution of multiple instructions to overlap in time.

Pipeline هي تقنية تنفيذ تستخدم لبناء معالجات سريعة. بحيث تسمح بتنفيذ تعليمات متعددة تتداخل في الوقت المناسب.

حيث يتم تنفيذ التعليمات على شكل مراحل. كل مرحلة تكمل جزء من التعليمات بالتوازي. ترتبط المراحل من مرحلة إلى أخرى لتكوين أنبوب -pipeline تدخل التعليمات من أحد طرفي ، وتتقدم خلال المراحل ، وتخرج من الطرف الآخر. وتتم قراءة معاملات الذاكرة وكتابتها من / إلى الذاكرة الموجودة في التعليمات.

Pipeline Stages



The computer pipeline divide the instruction processing into stages. Each stage completes a part of an instruction and loads a new part in parallel.

We can divide the execution of an instruction into the following 5 "classic" stages:

IF: Instruction Fetch (fetch instructions from memory)

ID: Instruction Decode (read registers and decode the instruction)

EX: Execution (execute the instruction or calculate an address)

MEM: Memory Access (access an operand in data memory)

WB: Write Back (write the result into a register)

Example: Compute the time needed to process three instructions in four-stage pipelining versus sequential technique.

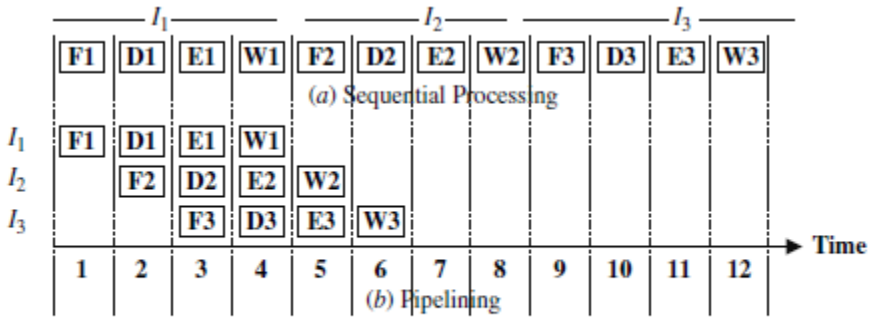


Figure 9.1 Pipelining versus sequential processing

It is clear from the figure that the total time required to process three instructions (I1, I2, I3) is only **six** time units if four-stage pipelining is used as compared to **12** time units if sequential processing is used.

Advantages/Disadvantages

Advantages:

- More efficient use of processor استخدام أكثر كفاءة للمعالج
- Quicker time of execution of large number of instructions
  وقت أسرع لتنفيذ عدد كبير من التعليمات

Disadvantages:

- Pipelining involves adding hardware to the chip
  يتضمن Pipelining إضافة أجهزة إلى الشريحة
- Inability to continuously run the pipeline at full speed because of pipeline hazards which disrupt the smooth execution of the pipeline.
  عدم القدرة على تشغيل طريقة الpipeline بشكل مستمر بأقصى سرعة بسبب مخاطر الطريقة التي تعطل التنفيذ السلس لها.