

الذواكر (Cache memory)

د. خولة العلي

محتوى مجاني غير مخصص للبيع التجاري

بنيان الحاسوب 2

6/12/2021

RB Informatics

مقدمة:

تحدثنا في المحاضرات السابقة عن طرق تحسين أداء الحاسوب مثل التوارد والتوارد السلمي الفائق.. والآن في بحث الذواكر سنورد بعض الطرق التي حسنت أداء الحاسوب وسرعت زمن حصوله على المعطيات اللازمة من بين المعطيات التي يخزنها

✓ تعد الذاكرة مكون أساسي في أي جهاز رقمي وهي عبارة عن مجموعة من الخانات القادرة على تخزين معلومات ثنائية ، وعلى الرغم من بساطة مفهوم الذاكرة في نظام الحاسوب فإن للذاكرة مجالاً واسع التنوع مقارنةً بأي مكون آخر في نظام الحاسوب.

المميزات الأساسية لنظم ذاكرة الحاسب

Unit of transfer / وحدة النقل	Capacity / السعة	Location / الموضع
<ul style="list-style-type: none"> Internal External Addressable unit 	<ul style="list-style-type: none"> حجم الكلمة (The natural unit of organization) عدد الكلمات أو البايتات 	<ul style="list-style-type: none"> ضمن المعالج CPU داخلي Internal (ذاكرة رئيسية) خارجي External (ذاكرة فرعية)
Physical Types / المادة المكونة	Performance / الأداء	Access method / طريقة النفاذ
<ul style="list-style-type: none"> أنصاف النواقل Semiconductor مغناطيسية Magnetic ضوئية Optical غيرها مثل: Hologram 	<ul style="list-style-type: none"> زمن النفاذ Access Time زمن الدورة Memory Cycle time معدل النقل Transfer Rate 	<ul style="list-style-type: none"> تسلسلي Sequential مباشر Direct عشوائي Random تجميعي Associative

التنظيم / Organization

Not always obvious •

المميزات المادية / Physical Characters

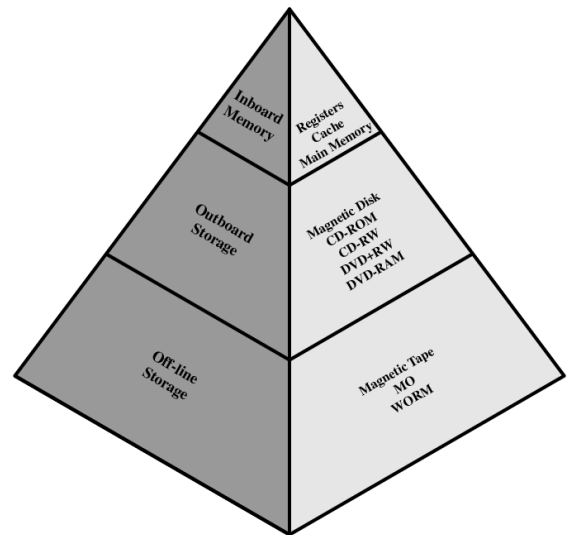
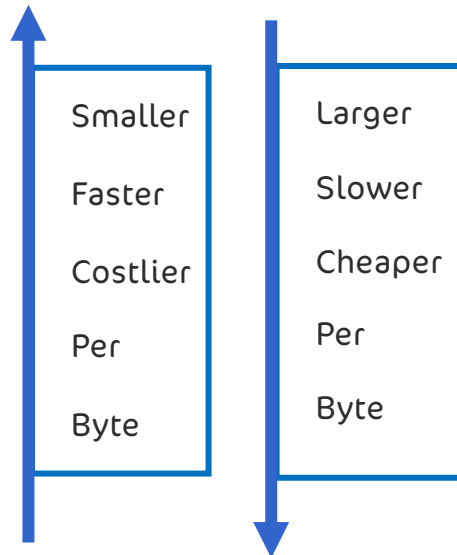
- متلاشية / متطايرة Decay
- مؤقتة Volatility
- قابلة للمحو Erasable
- تفقد البيانات بانقطاع الكهرباء
- Power consumption

1. التسلسل الهرمي للذاكرة: Memory Hierarchy

كما تعلمنا في مادة البنيان 1 سابقاً أنه لا يمكننا أن نجمع كل خواص الذاكر في ذاكرة واحدة ، ولذلك تم إيجاد هرمية الذاكر التالية؛ حيث أنه :

كلما ازدادت سرعة النفاذ ، ازدادت الكلفة وقلت السعة

Hierarchy List
Registers
L1 Cache
L2 Cache
Main Memory
Disk Cache
Disk
Optical
Tape



موقع الذاكرة

خارجي

وهو كل تخزين خارجي عن طريق الطرفيات مثل: الأقراص Hard Disk، والشرائط Tape ووسائل التخزين الشبكية (Network Storage)، وأيضاً يمكن التخزين عن طريق الشبكة مثل الـ Data Center وهو مبنى لتخزين المعلومات.

عادة يتم التحكم بهذه التخزينات عن طريق متحكمات الدخل والخرج I/O Controllers فالهارد يحوي جزء ميكانيكي وحتى يتم تشغيله نحتاج إلى متحكم كهربائي، الكتروني.

داخلي

- داخل الـ CPU وهي الـ Registers وهي أقرب ذاكرة للمعالج.
- داخل المعالج وتكون على شريحة المعالج وتشكل المستوى الأول من ذاكرة الـ Cache (L1 cache)←
- متوضعة على الـ motherboard مثل ذاكرة الـ RAM , ROM والمستوى الثاني او الثالث من الـ Cache إن وجد .

السعة ووحدة النقل

- إن المميّزة الجليّة للذاكرة هي السعة. Capacity ويُعبّر عن ذلك بالنسبة للذاكرة الداخلية عادةً بدلالة البايتات (1 بايت = 8 بت) أو الكلمات. ومن الأطوال الشائعة للكلمات نذكر: 8 بتات، 16 بت، 32 بت. ويُعبّر عن سعة الذاكرة الخارجية عادةً بالبايتات.
- ويتصل بذلك مفهوم آخر وهو وحدة النقل. transfer Unit فوحدة النقل في الذاكرة الداخلية تساوي عدد خطوط المعطيات الواردة إلى والخارجة من الذاكرة؛ ويساوي ذلك غالباً طول الكلمة، وقد لا يساويه أحياناً.

■ وللإيضاح ذلك ، نعرض ثلاثة مفاهيم تتعلق بالذاكرة الداخلية:

1/ الكلمة Word: وهي الوحدة

"الطبيعية" في تنظيم الذاكرة . ويساوي طول الكلمة عادةً عدد البتات المستخدمة في تمثيل الأعداد وطول التعليمات. ولسوء الحظ، هناك العديد من الاستثناءات فمثلاً، يبلغ طول كلمة في الحاسوب Cray-I 64 بت، وتُمثّل فيه الأعداد الصحيحة على 24 بت. في الذواكر الداخلية عرض المسرى يتحكم بكمية النقل.

2/ الوحدات القابلة للعنونة

Addressable units:

الكلمة هو الوحدة القابلة للعنونة في العديد من النظم. ولكن قد تسمح بعض النظم بالعنونة على مستوى البايت، وترتبط عنونة الذاكرة بعرض مسجلات العنونة :
- حجم الذاكرة القابلة للعنونة = عرض سجل العنونة 2^n .

3/ الكتلة Block: وهي بالنسبة

للذاكرة الرئيسية، عدد البتات المقروءة أو المكتوبة في الذاكرة دفعة واحدة. ولا تساوي وحدة النقل بالضرورة الكلمة أو الوحدة القابلة للعنونة. ففي الذاكرة الخارجية، تنقل المعطيات غالباً بوحدات أكبر كثيراً من الكلمات، ولذا فهي تسمى بالكتل block .

التصنيف حسب طرق النفاذ Access Method

■ الوصول التسلسلي (التتابعي) Sequential:

تكون الذاكرة مقسمة إلى وحدات معطيات تدعى التسجيلات record وينبغي إجراء النفاذ وفق تتال خطي محدّد . وتستخدم معلومات العنونة المخزّنة للفصل بين التسجيلات، وهي تساعد في عملية الاسترجاع . وتستعمل آلية مشتركة للقراءة والكتابة، بحيث يمكن نقل التسجيلة من الموضع الحالي إلى الموضع المطلوب، بتجاوز التسجيلات الوسيطة واستبعادها. ولهذا، يكون زمن النفاذ إلى تسجيلة ما متغيراً جداً . مثل أشرطة الموسيقى القديمة، فمثلاً إذا أردنا سماع الموسيقى رقم 4 فعلياً الانتقال 1 ثم 2 ثم 3 ثم 4 وإذا أردنا الانتقال إلى 6 فننتقل 4 ← 5 ← 6 أي ال نعود إلى 0 ثم نذهب إلى 6، في هذا النوع يكون زمن النفاذ متعلق بالموقع الحالي والموقع المطلوب، تستخدم هذه الطريقة أيضاً في النفاذ إلى المعلومات المخزنة في الـ Tape.

■ باختصار سرعة الوصول تتعلق بموضع البيانات في الذاكرة ؛ أي يمر على البيانات بشكل خطي إلى أن يجد البيانات اللازمة.

■ الوصول المباشر Direct:

يتطلب النفاذ المباشر، كما هو الحال في النفاذ التتابعي، آلية مشتركة للقراءة والكتابة. ولكن يكون للتسجيلات أو الكتل الإفرادية عنوان فريد حسب موقعها المادي. ويُستعمل النفاذ المباشر لبلوغ موقع عام مجاور للموقع المطلوب، ثم يُستخدم البحث التتابعي، أو العدّ، أو الانتظار للوصول إلى الموقع المطلوب. ويكون زمن النفاذ هنا أيضاً متغيراً ويعتمد القرص الصلب ذو نفاذ مباشر. مثال: لنفرض أنه لدينا مدرج فيه طالب نقوم بعنونة صف تلو الآخر ويشير العنوان إلى صف كامل وليس إلى طالب محدد، وإذا أردنا البحث عن طالب فإنه يذهب إلى عنوان الصف الموجود فيه الطالب ثم يقوم بالبحث عنه ضمن الصف بطريقة تسلسلية. فهو وصول مباشر إلى Block ثم نبحث ضمن هذا القطاع عن Byte معين. يتعلق زمن النفاذ بالموقع الحالي + زمن البحث ضمن الـ Sector أو الـ Block.

■ أي باختصار يكون لدينا علم مسبق بعنوان فريد وللوصول للعنوان المطلوب نقوم بإضافة مقدار إزاحة .

■ الوصول العشوائي Random:

يملك كل موضع قابل للعنونة في الذاكرة آلية عنونة مبنية عتادياً مادياً، وفريدة. ويكون زمن النفاذ إلى أي موضع مستقلاً عن تتالي عمليات النفاذ السابقة، وله قيمة ثابتة. ولذا، يمكن انتقاء أي موضع عشوائياً، وعنونته عنونة مباشرة للوصول إليه. وتعدّ الذاكرة الرئيسية، وبعض نظم الخابيات (cache)، نظاماً ذات نفاذ عشوائي . في المثال السابق في الوصول المباشر قمنا بعنونة سطر أو صف، في الوصول العشوائي نقوم بعنونة شخص شخص ضمن هذا الصف أي نقوم بعنونة خانة خانة ضمن السطر، والعنوان لا يكون مخزن داخل الذاكرة وإنما هو عبارة عن دليل لهذه الخانة ويكون زمن النفاذ إلى كل العناصر متساوي.

■ باختصار العنوان معروف مسبقاً.

■ النفاذ التجميعي Associative:

وهو نوع من الذواكر ذات النفاذ العشوائي، يسمح بإجراء مقارنة بين مواضع البتات المطلوبة ضمن كلمة ما بحثاً عن تطابق معين، ويجري ذلك على جميع الكلمات بأن واحد. ولذا تسترجع كلمة اعتماداً على جزء من محتواها، بدلاً من الاعتماد على عنوانها. ويرتبط كل موضع هنا، كما هو الحال في الذاكرة العشوائية النفاذ العادية بآلية عنونة خاصة به. ويكون زمن الاسترجاع ثابتاً ومستقلاً عن الموضع أو عن عمليات النفاذ السابقة كما في الـ cache .

■ باختصار نقوم بمقارنة البيانات التي نبحث عنها مع البيانات المخزنة في الذاكرة.

من الأخطاء الشائعة:

إطلاق مسمى ذاكرة النفاذ العشوائي على الـ RAM ؛ إذ لا ينبغي وصفها بهذا الاسم فهي ليست الوحيدة التي تستخدم خاصية النفاذ العشوائي بل الـ Cache والـ Registers كذلك ذات وصول عشوائي.

المعايير التي تؤثر على الأداء:

2. زمن النفاذ Access Time

الزمن بين تقديم العنوان والحصول على البيانات الصحيحة المطلوبة أي الزمن المقيس من لحظة تقديم عنوان إلى الذاكرة إلى لحظة تخزين المعطيات أو إتاحتها للاستخدام.

3. زمن دورة الذاكرة Memory cycle time

يتألف من زمن النفاذ مضافاً إليه أي زمن لازم قبل حدوث نفاذ آخر وقد يكون الزمن الإضافي مطلوباً لتخامد الحالات العابرة على خطوط الإشارة أي هو الزمن الذي نحتاجه للوصول إلى البيانات في الذاكرة وقراءتها ونقلها عبر خطوط النقل إذاً هذا الزمن يعني بالمساري حتى تصبح فارغة وجاهزة لنقل بيانات أخرى ولا يعنى بالمعالج.

4. معدل النقل Transfer rate

معدل نقل البيانات في الثانية من وسط تخزين الذاكرة وإليه

تصنيف الذواكر حسب البنية الفيزيائية Physical Type

- ليس كل الذواكر مكونة من نفس المعادن وإنما لها أنواع عدة وأكثر هذه الأنواع استخداماً:

ليزري optical	مغناطيسي Magnetic :	أنصاف النواقل Semiconductor
CD,DVD	الذواكر التي لها أسطح مغناطيسية ذواكر دائمة مثل: Hard Disk, Tapery	الذواكر المصنوعة من أنصاف النواقل قد تكون دائمة أو مؤقتة مثل: RAM, Flash Memory, ROM, PROM, EPROM, EEPROM
	غير ذلك	
	Bubble Hologram	



تصنيف الذواكر حسب خصائصها الفيزيائية:

volatility

ذواكر مؤقتة وتتطلب إنعاش بشكل دائم حيث أنها مصنعة من مكثفات.

Decay

الذواكر المتلاشية أو المضمحلة المتطايرة، تتضمن المعلومات بشكل طبيعي وتفقّد عند انقطاع التغذية.

Power consumption

تفقّد بياناتها بإنقطاع التيار الكهربائي.

Eresable

قابلة للمحو، تمحى معلوماتها كهربائياً عن طريق تمرير شحنات كهربائية.

تنظيم الذواكر organization:

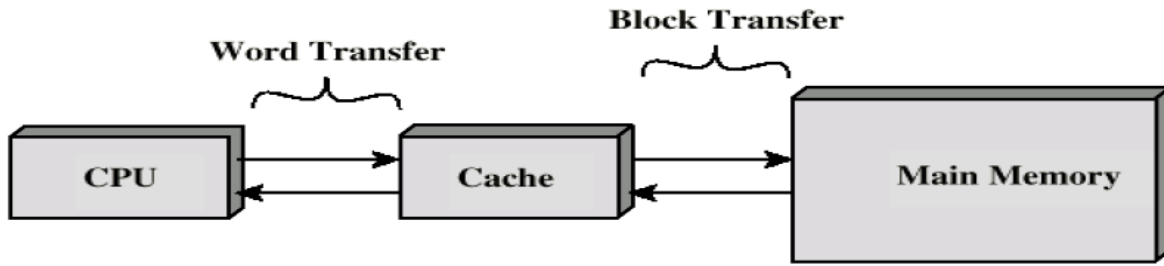
- فيزيائياً هي عبارة عن مصفوفة مؤلفة من كلمات مرتبة إلى جانب بعضها البعض، يتم التعامل معها كلمة كلمة وتختلف الكلمة من معالج لآخر إذ تحدد حسب المعالج.
- لا يكون تنظيمها دوماً واضح فيختلف عرض الكلمة باختلاف المعالج.
- الكلمات متعلقة ببعضها البعض.

الذاكرة الخابية Cache Memory

وهي الذاكرة التي تأتي في الترتيب الثاني من الذواكر بالنسبة لقربها من المعالج بين ال Register وال Main Memory وبالتالي فإن سرعتها أكبر من سرعة Main Memory.

مميزات الذاكرة الخابية:

- كمية صغيرة من الذاكرة السريعة.
- تقع بين الذاكرة الرئيسية العادية ووحدة المعالجة المركزية.
- قد تكون موجودة على رقاقة المعالج أو خارجها.
- تستخدم لتخزين أجزاء من البرامج التي يتم تنفيذها حالياً في وحدة المعالجة المركزية والبيانات المؤقتة المطلوبة بشكل متكرر في الحسابات الحالية.
- من الممكن بناء جهاز كمبيوتر يستخدم ذاكرة الوصول العشوائي الثابتة فقط؛ سيكون هذا سريعاً جداً ولا يحتاج إلى ذاكرة التخزين المؤقت ولكن هذا من شأنه أن يزيد الكلفة بكمية كبيرة جداً.

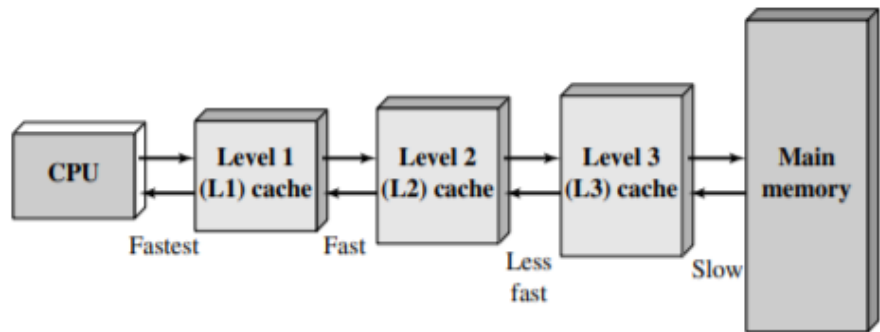


ملاحظة:

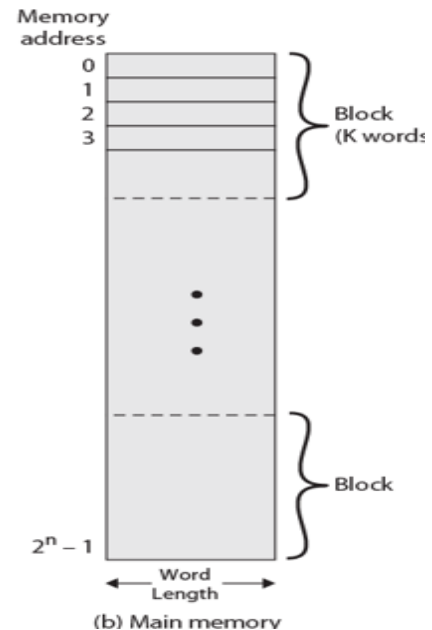
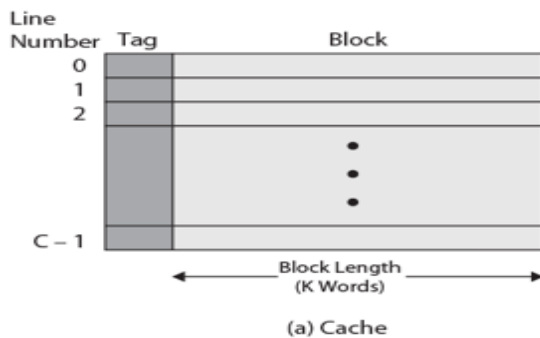
ذكرنا سابقاً أنه عند تنفيذ أي برنامج فإن جميع التعليمات الخاصة بها ستحمّل إلى الذاكرة الحية ثم تنفذ التعليمات واحدة تلو الأخرى، لذلك وبهدف تسريع هذه العملية تم إضافة الـ Cache Memory والتي سرعتها تفوق سرعة الذاكرة الحية لكنها أصغر بالحجم ... وبإضافتها أصبحت عملية التنفيذ تتم بتحميل مجموعة كاملة من التعليمات (Block) من الذاكرة الحية إلى الكاش حتى يتم تنفيذها وعند الانتهاء منها يتم تحميل مجموعة أخرى من التعليمات وهكذا.

- يمكن أن يكون أكثر من مستوى للـ Cache memory

■ نلاحظ أنه كلما ابتعدنا عن الـ CPU تصبح الذاكرة أبطأ.



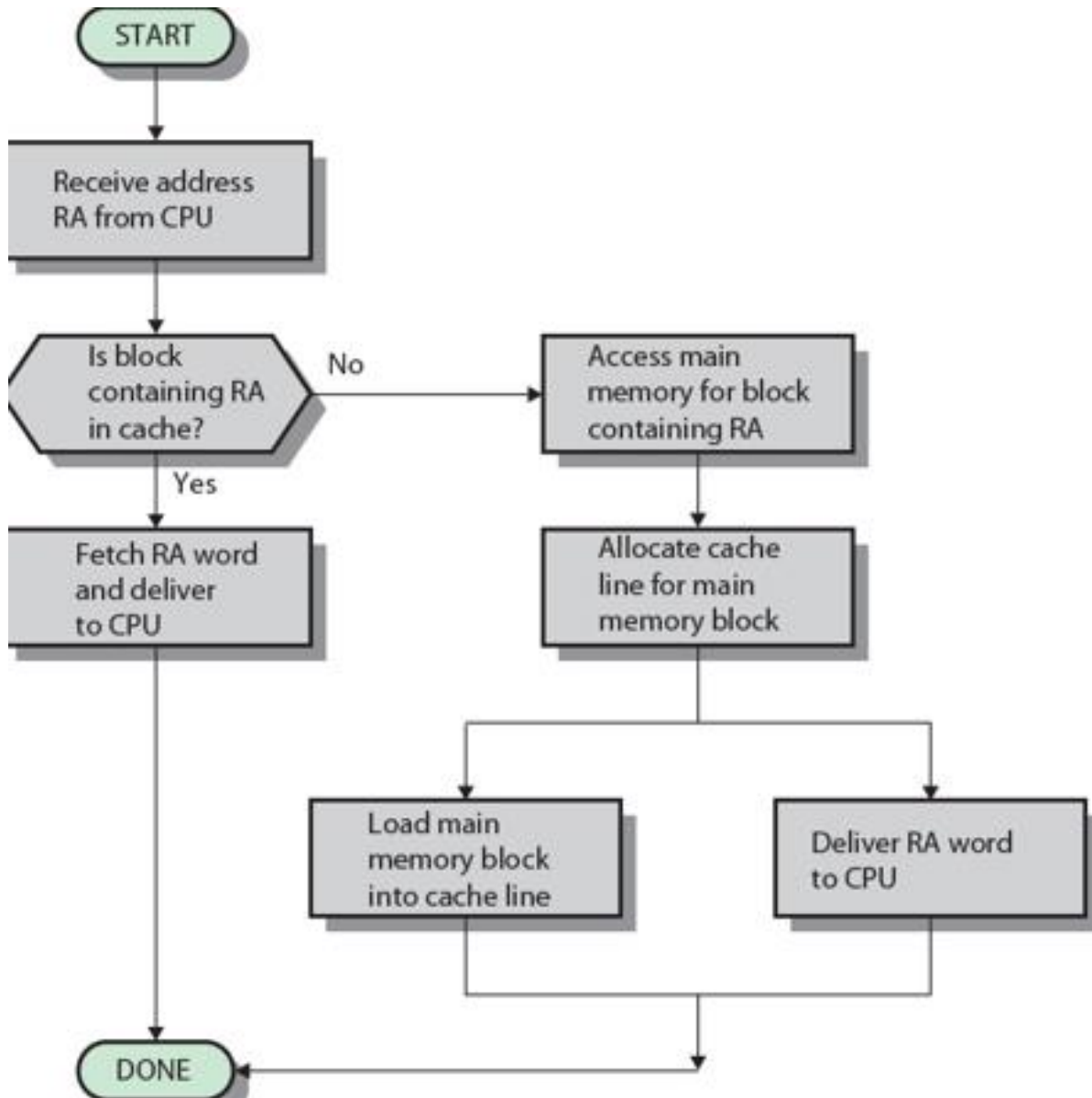
نموذج يوضح بنية الذاكرة الرئيسية والـ Cache :



اهم الأفكار التي يجب فهمها من هذا النموذج :

- هو ان الذاكرة الرئيسية كل سطر فيها هو عبارة عن كلمة يمكن ان يختلف طول الكلمة من ذاكرة لأخرى لكن مصطلح الكلمة يطلق على سطر في الذاكرة الرئيسية وعدة أسطر أي عدة كلمات من الذاكرة الرئيسية تعتبر Block.
- اما بالنسبة لل Cache السطر فيها هو عبارة عن block المؤلف من عدة كلمات المنقولة من الذاكرة الرئيسية مضاف لها Tag (هو عبارة عن بتات تضاف على ال block) وال Tag يعرف الكتلة المخزنة حالياً إلى العنوان الأساسي في الذاكرة الرئيسية.

كيف تتم عملية القراءة من ال Cache



يقوم المعالج بإنشاء عنوان القراءة (RA: Read Address) للكلمة المراد قراءتها.

■ إذا كانت الكلمة موجودة في ذاكرة التخزين المؤقت، يتم تسليمها وتنتهي المهمة.

■ إذا لم تكن موجودة ضمن ذاكرة التخزين المؤقت Cache Memory يتم البحث في RAM عن الكلمة وعندما يجدها يقوم بنقل كتلة Block كاملة من ضمنها الكلمة المراد قراءتها (يتم نقل كتلة كاملة لان من المتوقع ان الكلمة المراد قراءتها وكل الكلمات المحيطة بها ستكون مطلب من المعالج في وقت لاحق) الى الذاكرة Cache Memory وفي نفس الوقت يتم نقل الكلمة الى المعالج وتكون العملية تمت.

Cache Design

لمعرفة تصميم ال cache وآلية عملها سنتعرف على العناوين التالية:

Mapping Function

Size

Addressing

Block Size

Write Policy

Replacement Algorithm

Number of caches



انتهت المحاضرة ...