

وحدة المعالجة المركزية

Central Processing Unit
(CPU)

تعد وحدة المعالجة المركزية (المعالج) بمثابة العقل للحاسوب. تقوم بأغلب العمليات التي تتم داخل الحاسوب مسئولة عن تشغيل مختلف البرامج وتنسيق عمل مختلف المكونات تحتوي قدر صغير من الذاكرة على شكل مسجلات (Registers) تستخدمه للقيام بهذه العمليات. تستخدم أيضا الذاكرة الرئيسية (RAM) الخاصة بالحاسوب.

تعد وحدة المعالجة المركزية المكون الأهم الذي يلعب الدور الرئيسي في السرعة الكلية للحاسوب. تقاس سرعة هذه الوحدة بالميجا هرتز وهي تشير إلى التردد الذي تعمل به الوحدة كلما زاد هذا التردد، زادت سرعة الحاسوب. أول حاسوب شخصي قامت شركة (IBM) بإنتاجه في عام ١٩٨١م كان يعمل بسرعة ٤,٧٧ ميجا هرتز، في حين أن الأجهزة الحديثة تعمل بسرعات تزيد عن ٣ جيجا هرتز (أي ٣٠٠٠ ميجا هرتز).

أهم الشركات المصنعة لوحدة المعالجة المركزية

شركة إنتل (Intel):

<http://www.intel.com>

شركة إي إم دي (AMD):

<http://www.amd.com>

شركة سيركس (Cyrix):

<http://www.viatech.com>

شركة موتورولا (Motorola):

<http://www.motorola.com>

في وحدة المعالجة المركزية تنفذ كل العمليات الحسابية والمنطقية وتستخرج النتائج ، ويجري عن طريقها التحكم في جميع عمليات إدخال وإخراج المعلومات في الحاسوب . تقوم فلسفة عملها على :

قراءة (جلب Fetching) التعليمات من ذاكرة البرنامج.
وتفسيرها (Decoding)
وتنفيذها (Executing)

ثم كتابة النتائج في الذاكرة (Saving or Storing) أو بقائها مرحلياً في وحدة المعالجة المركزية.

يتكون المعالج من عدد من الوحدات الرئيسية هي :

١- وحدة التحكم والسيطرة (:cu=control unit) وهي الوحدة المسؤولة عن التحكم بمسير البيانات داخل المعالج وتنسيق تبادلها بين أجزاء المعالج الداخلية ، طبعاً هذه الوحدة هي المتحكمة في عمل المعالج ، لذلك فهي ضرورية الوجود في كل معالج ، كما أنها جزء لا يتجزأ من المعالج ولا يمكن تطويرها وتتكون من

- وحدة العنوان Addressing Unit .
- وحدة التعليمات Instruction Unit .
- وحدة التحكم والتوقيت الزمني Control & Timing Unit .

2- وحدة الحساب والمنطق (: alu=arithmetic and logic unit)

وتقسم الى قسمين :

أ - وحدة الأعداد الصحيحة : تقوم بمعالجة العمليات الحسابية التي تتكون من أعداد صحيحة لا تحتوي على فاصلة عشرية ، تستخدم هذه العمليات في التطبيقات الثنائية الابعاد مثل word ,powerpoint ومعظم البرامج التي نستخدمها ، أي أن هذه الوحدة تستخدم من قبل التطبيقات الثنائية الابعاد ، لذلك هي مهمة جدا لان معظم البرامج التي نستخدمها تعتمد على هذه الوحدة.

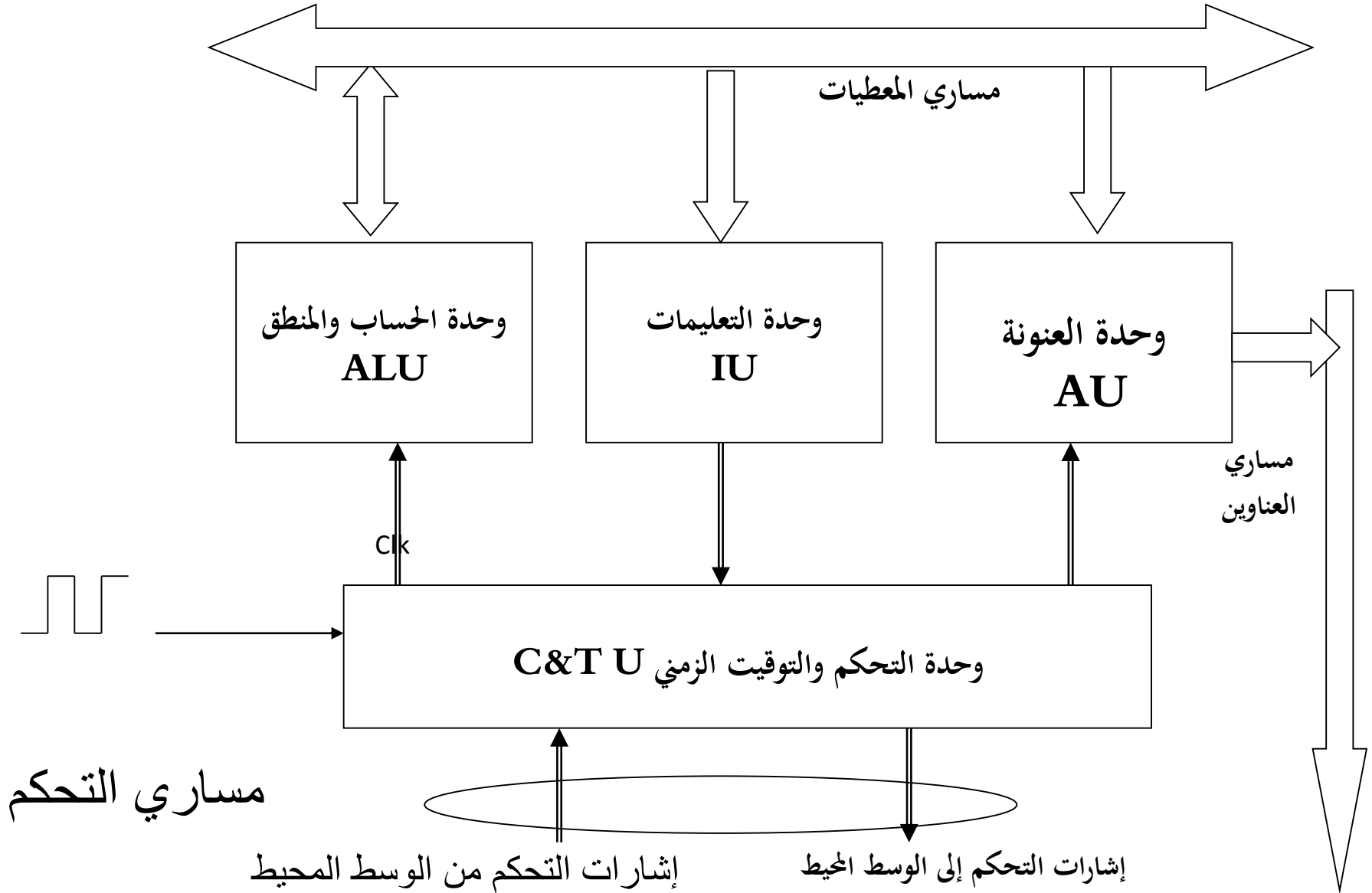
ب - وحدة الفاصلة العائمة (: fpu=floating point unit)

تقوم بمعالجة العمليات الحسابية التي تحوي فاصلة عشرية ،
تستخدم هذه الوحدة من قبل البرامج التي تعتمد على هذا النوع
من العمليات الحسابية مثل الألعاب الثلاثية الابعاد و برامج
التصميم الهندسي مثل autocad ، أصبحت هذه الوحدة مهمة
جدا في أيامنا هذه نظرا لان الألعاب الحديثة تعتمد في سرعتها
على هذه الوحدة .

حديثا قامت الشركات المصنعة لبطاقات الشاشة بوضع مسرع
يقوم بتخفيف الاعتماد على وحدة الفاصلة العائمة من قبل
الألعاب الحديثة .

3- المسجلات : ذواكر صغيرة جدا وسريعة جدا ، توجد داخل المعالج وذلك لحفظ الارقام المراد معالجتها من قبل وحدة الحساب و المنطق ، حيث أنه لا يتم تنفيذ أي عملية في المعالج الا بحفظ معطياتها في المسجلات لحين تنفيذها. طبعا المسجلات ذواكر مؤقتة (ram) ، من النوع الستاتيكي (sram=static ram) وهذا

يبين الشكل التالي البنية الأساسية لوحدة المعالجة المركزية .



وحدة التحكم

تتحكم الوحدات الجزئية الثلاث في وحدة التحكم بتنفيذ تعليمات البرنامج ضمن وحدة المعالجة المركزية وذلك وفقاً لما يلي :

يبدأ العمل انطلاقاً من وحدة العنوان (Address Unit (AU التي تحدد عنواناً في الذاكرة لبداية البرنامج المطلوب تنفيذه في لحظة زمنية معينة، ويظهر هذا العنوان على مساري العناوين Address Bus التي هي أحد مكونات مساري المعلومات المرتبطة بالذاكرة التي تتضمن البرنامج المطلوب تنفيذه.

يُجلب محتوى الذاكرة (المؤشر عليه بالعنوان الظاهر على مساري العناوين) عبر مساري المعطيات (التي هي أيضاً أحد مكونات مساري المعلومات) إلى وحدة التعليمات (Instruction Unit (IU

يجري في وحدة التعليمات تفسير التعليمات الواصلة وتسليمها إلى وحدة التحكم والتوقيت الزمني (Timing Unit (TU التي تقوم بدورها بإصدار الأوامر المناسبة لتنفيذ التعليمات في وحدة الحساب والمنطق . قد تتضمن التعليمات رمزها، وعنوان موقع الذاكرة الذي يتضمن المتحولات أو المعطيات المطلوب معالجتها، فيجري لاحقاً جلبها من الذاكرة عبر مساري المعطيات (تتضمن الذاكرة التعليمات والمعطيات).

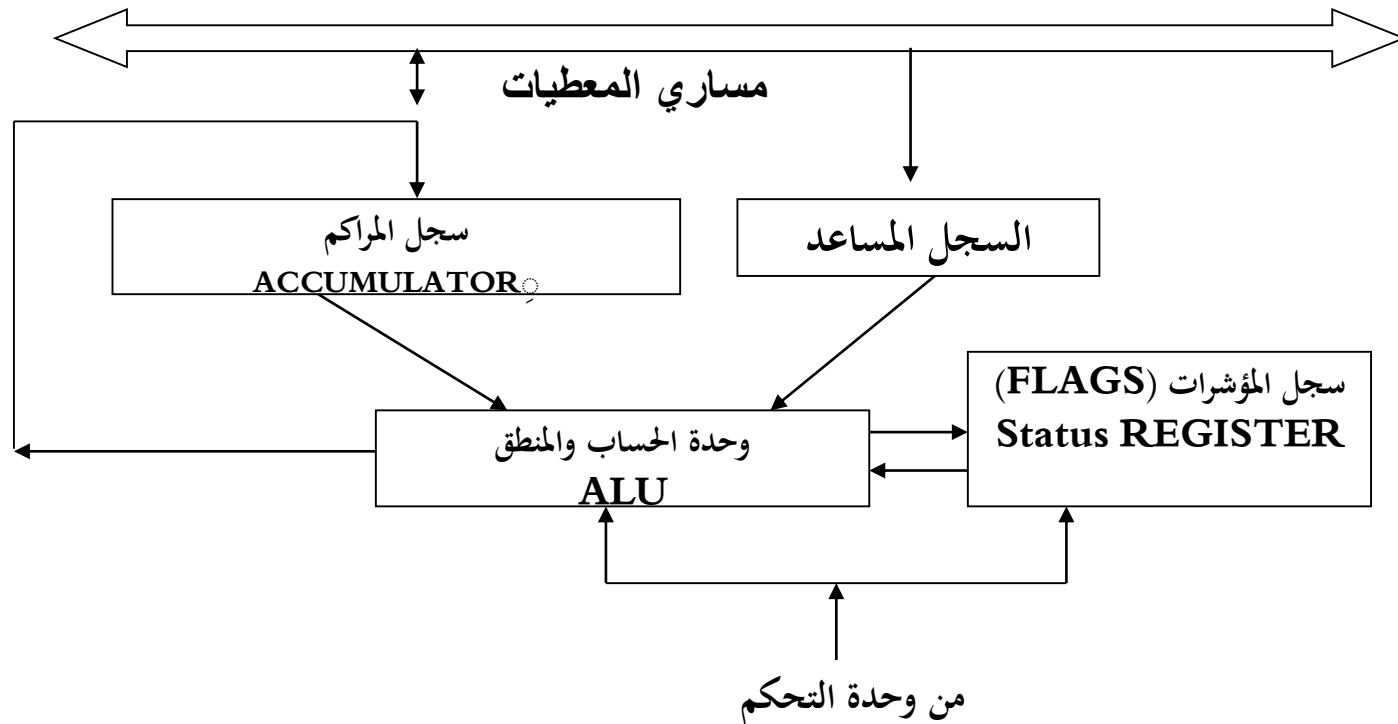
بعد انتهاء تنفيذ العملية المطلوبة تُنقل النتائج إلى المكان المذكور إما في نفس التعليمات أو في التعليمات التي تليها، وهذا المكان ربما يكون أحد مواقع الذاكرة، أو تخزن مؤقتاً ضمن وحدة المعالجة المركزية في ذاكرة مؤقتة (مجموعة سجلات). وهكذا تتكرر العملية على جميع تعليمات البرنامج ، فتقوم وحدة العنوان بالانتقال التلقائي إلى العنوان التالي بعد انتهاء تنفيذ التعليمات الحالية.

يرتبط عمل وحدة التحكم والتوقيت الزمني بالميكاتية، وهي المسؤولة عن التسلسل الزمني لتنفيذ التعليمات ضمن وحدة المعالجة المركزية. فهي تتلقى التعليمات مترجمة إلى أوامر تحكم قابلة للتنفيذ فيها، فتقوم بدورها بضبط التسلسل الزمني للقراءة من الذاكرة وكذلك ضبط تنفيذ عمليات وحدة الحساب والمنطق، وتتحكم أيضاً بوحدة العنوان لتعلمها بالانتقال إلى عنوان التعليمات التالية في البرنامج بعد انتهاء تنفيذ التعليمات الحالية. وتقوم وحدة التوقيت الزمني إضافة إلى مهامها الداخلية بمهام خارجية. فيمكنها أن تتلقى أوامر من الدارات الإلكترونية المحيطة بوحدة المعالجة المركزية، بحيث تقاطع Interrupt عملها وتوجهها من برنامج إلى آخر، وغير ذلك من الأوامر الأخرى. كما تصدر بدورها أوامر إلى التجهيزات المحيطة بوحدة المعالجة المركزية مثل الذاكرات ووحدات الدخل والخرج، وتكوّن بعض الإشارات الخارجة منها جزءاً من مساري نقل المعلومات (مساري التحكم). تعمل وحدة التحكم بسرعات عالية جداً وقد يقتصر زمن تنفيذ التعليمات الواحدة في بعض المعالجات على زمن أقل من 1ns (واحد نانو ثانية ويساوي جزءاً من ألف مليون جزء من الثانية).

تحتوي وحدة العنوان على عداد يحدد عنوان التعليم المراد تنفيذها ويزداد هذا العداد آلياً، خلال تنفيذ التعليم الحالية، وهو دوماً يشير إلى عنوان التعليم التي ستتفذ لاحقاً بعد انتهاء تنفيذ التعليم الحالية. ويمكن أن يحدث قفز إلى عنوان آخر في الذاكرة وفي مثل هذه الحالة يتم تغيير محتوى عداد وحدة العنوان عن طريق مساري المعطيات المتصلة بتلك الوحدة وذلك عند توفر التعليم المناسبة. تتضمن وحدة العنوان، في بعض المعالجات (اعتباراً من المعالج 80386)، وحدة خاصة بإدارة عناوين الذاكرة Memory Management Unit مهمتها تنظيم وتسهيل التعامل مع الذاكرة الرئيسية في الحاسوب. يختلف عدد خطوط مساري العناوين من وحدة معالجة (أو معالج) إلى أخرى. فمثلاً هناك وحدات معالجة بمسرى عناوين ذي 16 bits، 20 bits، 24 bits، أو 32 bits. وهذا الأخير قادر على التعامل مع قرابة 4 مليارات عنوان مختلف.

وحدة الحساب والمنطق

تقوم وحدة الحساب والمنطق بتنفيذ مجموعة من التعليمات الحسابية والمنطقية . وتتضمن هذه الوحدة مجموعة من السجلات المساعدة (ذاكرة داخلية) تساعدها في حفظ العناوين والنتائج المرحلية. يبين الشكل التالي آلية عمل وحدة الحساب والمنطق.



آلية عمل وحدة الحساب والمنطق

يبين الشكل السابق وجود سجلين على مدخلي وحدة الحساب والمنطق يسمى أحدهما المُرَاقم Accumulator والآخر السجل المساعد، تخزن فيهما القيم الواجب إجراء العمليات عليها ضمن تلك الوحدة، ونلاحظ أن خرج الوحدة يمكن أن يعود ويخزن في المُرَاقم أو يوضع على مساري المعطيات. غالباً ما يحدد عرض مساري المعطيات تسمية وحدة المعالجة. فمثلاً إذا كانت هذه المساري بعرض 16 bits نقول إن وحدة المعالجة ذات 16 bits، وتتوفر وحدات معالجة بـ 8 bits، 16 bits، 32 bits، 64 bits، 128 bits. كما يبين الشكل وجود سجل المؤشرات Flags الذي توضع فيه مؤشرات تصف خرج وحدة الحساب والمنطق. فمثلاً عند جمع قيمتين يوضع في أحد مواقع سجل المؤشرات قيمة تدل على كون الناتج صفراً وفي موقع آخر للدلالة على إشارة الناتج أي كونه موجباً أو سالباً.

السجلات Registers

السجلات هي أماكن تخزين مؤقتة للمعلومات

- يجب أن يكون لكل حاسب وكل معالج أماكن لتخزين المعلومات أثناء معالجتها.
- معالجات 8086 و 8088 لها أربعة عشرة سجلاً يحفظ كل منها عدد واحد من ١٦ بت.
- المعالج Pentium II يحوي عدد سجلات أكبر بكثير ويحفظ أعداد بطول ٦٤ بت وبعضها يستطيع حفظ عدد أكبر من البتات (تدعى هذه السجلات الطويلة: ذواكر التخزين الجانبية الانتقالية Translation lookaside buffers). ويكون جزء من البتات الموجودة فيها مرئياً بالنسبة للبرنامج الجاري تشغيله في المعالج في حين تكون البقية مخفية . وفيما يلي وصف لخمس مجموعات سجلات لمعالجات x86:

أنواع السجلات

- ١ - السجلات عامة الغاية General Purpose Registers
- ٢ - سجل الرايات The Flags Register
- ٣ - مؤشر التعليمات The Instruction Pointer
- الجريان الطبيعي للتحكم The Normal Flow of Control
- تعليمات التفرع Branch Instruction
- ٤ - سجلات الأدلة Index Registers
- ٥ - سجلات القطاعات Segment Registers
- سجلات مؤشرات أخرى Other Pointer Registers

١ - السجلات عامة الغاية General Purpose Registers

- تحوي أربعة سجلات عامة تستخدم لحفظ البيانات التي تجري معالجتها، أي يمكن جمع أحدها مع الآخر أو طرحه منه أو ضربه به أو مقارنة الرقم الموجود فيه مع عدد آخر موجود في الذاكرة الرئيسية.
- إذا احتاجت التعليمات الجارية تنفيذها بايتماً واحداً فقط من البيانات فمن الممكن وضع هذا البايت في نصف سجل عام ثم تتعامل تلك التعليمات معه دون أن تؤثر على محتوى النصف الآخر من السجل.
- للسجلات العامة الغاية أسماء بسيطة، فعند استخدام السجل بأكمله: (16 bit) فإنها تدعى: AX, BX, CX, DX ويدل الدليل X على مفهوم موسع extended، لأنه إذا استخدم النصف الأدنى من السجل فيدعى عند ذلك: AL, BL, CL, DL وإذا استخدم النصف الأعلى منه فيدعى: AH, BH, CH, DH.

- السجل AX: (AL+AH) يستخدم كمدخرة Accumulator حيث توضع فيه نتيجة بعض عمليات الحساب.
- السجل BX: (BL+BH) يستخدم لتخزين القطاع (segment portion) من عنوان معطى، حيث أن القطاع يدل على بداية منطقة من الذاكرة.
- السجل CX: (CL+CH) يستخدم لتخزين عدد يدل على عدد مرات تنفيذ عملية ما، فإذا بلغ هذا العدد قيمة معينة نسعى إليها فيجب عند ذلك القفز إلى موقع آخر من البرنامج.
- السجل DX: (DL+DH) يدعى سجل البيانات (Data register) ويستخدم أحياناً لحفظ عنوان منفذ port، وأحياناً في تركيب مع AX لحفظ عدد ٣٢ بت (كنتيجة ضرب عددين طول كل منهما ١٦ بت مثلاً).

٢ - سجل الرايات: The Flags Register

يعتبر هذا السجل ذي غاية خاصة يجري فيها تخزين مجمع من ١٦ بت لكل منها معنى معين نذكر منها:

- بت يحتفظ بنتيجة مقارنة بايتين، بحيث يدل على أنهما متساويين أو لا.
- بت يدل على نتيجة آخر عملية حسابية موجبة أو سالبة.
- بت يدل على كون نتيجة العملية الحسابية صفراً.
- بت تدل على حالة المعالج مثل هل يفترض أن يستجيب للمقاطعات interrupts الخارجية أو تجاهلها.
- بت تدل على عمل المعالج في نمط الخطوة المفردة.
- بت يدل على قيام المعالج بمعالجة سلسلة من البيانات من الأدنى للأعلى.
- بت يدل على قيام المعالج بمعالجة سلسلة من البيانات من الأعلى للأدنى.

٣ - مؤشر التعليمات The Instruction Pointer

يحتفظ هذا السجل بعنوان موقع التعليمة التي يجري تنفيذها في الوقت الراهن في الذاكرة الرئيسية ويرمز له بـ IP:

لكن للحصول على الموقع المذكور يجب تركيب محتوى هذا السجل IP مع محتوى سجل آخر يدعى (سجل قطاع الرموز) code segment register بطريقة معينة.

يجري تغيير القيمة المخزنة في هذا السجل بطريقتين:

١. الجريان الطبيعي للتحكم Normal flow of control.

٢. تعليمات التفرع Branch instruction .

مجموعة تعليمات وحدة المعالجة المركزية تتميز كل وحدة معالجة مركزية، أو معالج، بمجموعة من التعليمات التي يمكن أن تتكون من ثمانية واحدة byte إلى ثلاث ثمانيات أو أكثر حسب نوع وحدة المعالجة أو المعالج. فالتعليمة هي سلسلة من الوحدات والأصفار تسمى لغة الآلة. تتضمن الثمانية ثمانية خانات ثنائية يمكنها تمثيل 256 تعليمة مختلفة. تقسم التعليمات التي يمكن أن تنفذها وحدة المعالجة المركزية إلى مجموعات ذات وظائف متشابهة أهمها :

• التعليمات الحسابية : وهي مجموعة التعليمات التي تحقق عمليات : الجمع ، الطرح ، الضرب ، القسمة ، زيادة القيمة المخزنة في سجل ما بمقدار واحد ، إنقاص القيمة المخزنة في سجل ما بمقدار واحد .

• التعليمات المنطقية : وهي مجموعة من التعليمات التي تحقق العمليات المنطقية AND, NOT, OR, XOR والمقارنة بين محتوى المراكم وسجل آخر . يضاف إلى هذه العمليات عمليات إزاحة نحو اليمين لمحتويات سجل ما وإزاحة نحو اليسار ، وتدوير محتوى السجل .

• تعليمات نقل المعطيات : وهي مجموعة التعليمات التي تحقق عمليات نقل المعطيات من مواقع محددة في الذاكرة ، إلى السجلات ضمن وحدة المعالجة المركزية ، كما تحقق النقل بين السجلات الداخلية في الوحدة . يضاف إليها تعليمات إخراج المعطيات من الوحدة وإخراج المعطيات عبر بوابات الدخل/ الخرج المتصلة بالمعالج .

• تعليمات التفريع أو القفز : وهي مجموعة التعليمات التي تغير من تتابع تنفيذ البرنامج . مثل تعليمات القفز المشروطة بنتيجة عملية سابقة أو بقيمة معينة أو القفز غير المشروط . كما تضم تعليمات طلب البرامج الجزئية والعودة من البرامج الجزئية إلى البرنامج الرئيسي .

• طبعاً لا يمكن كتابة البرنامج بلغة الآلة لصعوبة التعامل مع الوحدات والأصفار . لذا عُرِّفت لغة برمجة تسمى لغة التجميع **Assembly Language**، تعطي رمزاً من ثلاثة أو أربعة حروف لكل تعليمة وتكتب المعطيات بالشكل الست عشري. يبين الجدول التالي أمثلة توضيحية عن لغة المجمع .

التعليمة	العمليات التي تنفّذ
ADD AX,BX	جمع محتوى السجل BX إلى سجل المراكم ووضع الناتج في المراكم
SUB AL,CL	طرح محتوى السجل CL من محتوى الجزء الأدنى من سجل المراكم
XOR CH,24	تنفيذ العملية المنطقية XOR بين محتوى السجل CH والقيمة 24
XOR CX,CX	تصفير السجل CX (أي تحميله بالقيمة صفر)
NOT BX	إجراء عملية عكس منطقية على القيمة المحتواة في السجل BX وتسجيل الناتج في السجل BX
MOV BX,AX	نقل محتوى السجل AX (المراكم) إلى السجل BX
MOV DX,AX	نقل محتوى سجل المراكم إلى السجل DX
DEC DX	إنقاص محتوى السجل DX بمقدار واحد

تقوم وحدة المعالجة المركزية بتنفيذ عدد من العمليات المعقدة باستخدام التعليمات المرمزة. وخلال التنفيذ تقوم وحدة التحكم بجلب التعليمات من الذاكرة وتفسيرها في وحدة التعليمات IU قبل الشروع في تنفيذها. على هذا فإن زمن التنفيذ يتضمن الزمن اللازم لفك ترميز التعليمات. ويجري تقصير هذا الزمن ببدء جلب التعليمات التالية من الذاكرة خلال طور تنفيذ التعليمات السابقة. تسمى وحدات المعالجة المستخدمة لهذا النوع من التعليمات بمعالجات CISC وهي اختصاراً لـ Complex Instruction Set Computer. يحتوي هذا النوع من المعالجات ما بين ١٠٠-٤٠٠ تعليمة تقوم بعمليات معقدة نسبياً (مثلاً عنونة غير مباشرة للذاكرة) وتتضمن عدداً محدوداً من السجلات المساعدة.

هناك نوع أحدث من وحدات المعالجة المركزية أو المعالجات التي تستخدم تعليمات محدودة بسيطة وتسمى بمعالجات RISC وهي اختصاراً لـ Reduced Instruction Set Computer . يحتوى هذا النوع من المعالجات على عدد محدود من التعليمات البسيطة (أقل من ١٠٠ تعليمة) تنفذ مباشرة دون الحاجة إلى تفسير، لذا لا حاجة إلى وجود جزء كبير من وحدة التحكم . يستخدم في هذا النوع من المعالجات مثلاً عنونة مباشرة للذاكرة، على حين ينفذ باقي الوظائف في العدد الكبير من السجلات الموجودة في هذا النوع من المعالجات دون العودة إلى الذاكرة.

نظراً إلى العدد المحدود من التعليمات البسيطة في معالجات RISC والذي أدى إلى اختصار حجم وحدة التحكم ، فقد أتيح المجال لمصممي الدارات العالية التكامل ، لإضافة دارات تقوم بوظائف معقدة بالمقارنة بمعالجات CISC. فمثلاً في معالجات CISC تنفَّذ عملية الضرب بسلسلة من عمليات الجمع والإزاحة، على حين في معالجات RISC تنفَّذ عملية الضرب مباشرة خلال دور أو دورين من ميقاتية المعالج، وذلك حسب الدقة المطلوبة، وقد تحقق هذا لوجود ضارب فعلي ضمن المعالج. وعلى العموم تنفَّذ كل تعليمة من تعليمات معالجات RISC خلال دور واحد من أدوار ميقاتية المعالج، على حين تحتاج تعليمة معالج CISC إلى عدة أدوار من تلك الميقاتية. هذا يعني أن الزمن اللازم لتنفيذ وظيفة معينة في معالج RISC أقصر بكثير من الزمن اللازم لتنفيذ نفس الوظيفة (تحميل التعليمات وتفسيرها وتنفيذها) في معالج CISC. والنتيجة هي أن سرعة وأداء معالجات RISC تفوق بدرجة ملحوظة سرعة وأداء معالجات CISC.

من المتوقع أن تسود معالجات RISC في المستقبل وعلى كافة مستويات الحواسيب. لكن لا بد من الإشارة هنا إلى أنه لكي تتم الاستفادة من مزايا معالجات RISC لا بد من وجود أنظمة تشغيل وبرمجيات أساسية (مترجمات لغات عالية المستوى) مكتوبة ومترجمة إلى لغة الآلة لتعمل على هذا النوع من المعالجات. وإن عدم توفر حواسيب تعمل بمعالجات RISC على نطاق واسع حالياً (على مستوى الحواسيب الشخصية الواسعة الانتشار والمربحة تجارياً) يحد من الانتشار السريع للبرمجيات الأساسية لهذا النوع من المعالجات.