

الميكروكونترولر من البداية وحتى الاحتراف

الفصل الاول : مقدمة

١- ما هو الكمبيوتر (الحاسوب)؟ Computer

يتكون الكمبيوتر من الأجهزة (المكونات المادية) hardware والبرمجيات software .

اولا : المكونات المادية Hardware

تتألف المكونات المادية للحاسوب من أربعة أنواع من المكونات وهي :

١-١ المعالج : Processor

المعالج هو المسؤول عن أداء جميع العمليات الحسابية وتنسيق استخدام موارد الحاسوب . وقد يحتوي نظام حاسوبي على معالج واحد أو على عدة معالجات . وهناك معالج يمكن أن يؤدي العمليات الحسابية للأغراض العامة واخر للعمليات الحسابية للأغراض الخاصة . مثل تقديم الرسوم البيانية والطباعة ، أو لتجهيز الشبكات (التشبيك) .

١-٢ اجهزة الدخل (المدخلات) : Input devices

يصمم الكمبيوتر لتنفيذ البرامج التي تتعامل مع البيانات (المعطيات) data. واجهزة الدخل ضرورية لتوصيل بيانات الدخل الى البرنامج المطلوب تنفيذه ويتم معالجتها في الحاسب . هناك طائفة واسعة من أجهزة المدخلات مثل : لوحات المفاتيح keyboards ، والمساحات الضوئية scanners ، وقراءة الشفرة الخطية bar code readers ، وأجهزة الاستشعار (الحساسات) sensors ، وهلم جرا.

١-٣ اجهزة الخرج (الاخراج) : Output devices

لا يهم إذا كان المستخدم يستعمل الحاسوب للقيام ببعض العمليات الحسابية أو للحصول على معلومات من شبكة الإنترنت أو قاعدة بيانات ، النتائج النهائية يتم عرضها و / أو طباعتها على الورق حتى يتسنى للمستخدم مشاهدتها. هناك العديد من الوسائل والاجهزة التي يمكن استخدامها لعرض المعلومات : كاشاشات العادية و المسطحة ، واجهزة العرض من نوع seven-segment والطابعات ، والدايودات المشعة للضوء LEDs وغيرها.

١-٤ اجهزة الذاكرة (التذکر) : Memory devices

لكي يتم تنفيذ البرنامج ولكي تعالج البيانات يجب ان تخزن في اجهزة ذاكرة (تذكّر) بحيث يستطيع المعالج الوصول اليها بسرعة .

٥-١ المعالج : Processor

يسمى المعالج أيضا وحدة المعالجة المركزية (CPU) . ويتكون المعالج على الاقل من العناصر الثلاثة التالية :

١-٥-١ السجلات : Registers

السجل هو موقع التخزين داخل وحدة المعالجة المركزية. وهو يستخدم للاحتفاظ و / او عنوانة الذاكرة أثناء تنفيذ التعليمات . ولان السجل قريب للغاية من وحدة المعالجة المركزية فانه يوفر وصول سريع إلى المعاملات operands اللازمة لتنفيذ البرنامج . عدد السجلات تختلف من معالج إلى معالج اخر .

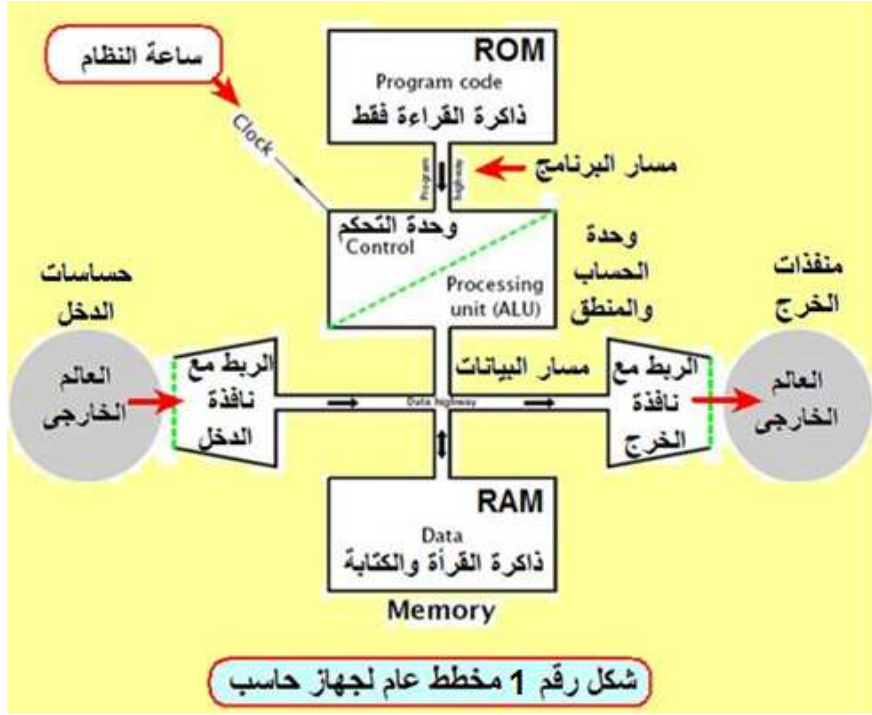
٢-٥-١ وحدة الحساب والمنطق (ALU) Arithmetic logic unit

تؤدي وحدة الحساب والمنطق كل العمليات الحسابية والمنطقية للمعالج . تستقبل وحدة الحساب والمنطق البيانات من الذاكرة ، وتقوم باجراء العمليات عليها ، وإذا اقتضى الأمر ، تعود لتكتب النتيجة في الذاكرة. يستطيع الحاسوب العملاق اليوم أداء تريليونات العمليات في الثانية الواحدة. إن وحدة الحساب والمنطق والسجلات معا يعرفان بانهما ممر(طريق) البيانات للمعالج.

٣-٥-١ وحدة التحكم : Control unit

تحتوى وحدة التحكم على العتاد hardware لمنطق التعليمات . ووحدة التحكم تفك الشفرة (تترجم) وتراقب (تتابع) تنفيذ التعليمات . وحدة التحكم أيضا تقوم بدور الحكم (الوسيط) عندما تتنافس مختلف اجزاء الحاسب موارد (امكانات) وحدة المعالجة المركزية. أنشطة (اعمال) وحدة المعالجة المركزية تعمل متزامنة من قبل ساعة النظام .system clock

وحدة التحكم يوجد بها مسجل يسمى عداد البرنامج (PC) يحافظ على تتبع عنوان التعليمات التالية في التنفيذ .
اثناء تنفيذ البرنامج قد يحدث فائض overflow او حمل carry من عملية الجمع او استعارة او استدانة او سلف borrow في عملية الطرح وما إلى ذلك حيث يقوم النظام بالاشارة اليها (بالعلام عليها) flagged وتخزن في مسجل يسمى مسجل الحالة status register .
والاعلام الناتجة تستخدم بواسطة المبرمج للتحكم في سير البرنامج واتخاذ القرار .



٢- المعالجات الدقيقة (الصغيرة) Microprocessor

ادى تقدم تكنولوجيا أشباه الموصلات الى امكانية تجميع كل مكونات (وحدات) المعالج فى دائرة متكاملة واحدة (وتسمى أيضا رقاقة) والمعالج الصغير هو معالج مجمع فى دائرة واحدة . والكومبيوتر الصغير microcomputer هو كومبيوتر يستخدم المعالج الصغير كوحدة معالجة مركزية . والكومبيوتر الشخصى pc هو كمبيوتر صغير .

وتعرف المعالجات على حسب عدد البتات او الخانات bits (وهى اصغر وحدة تعامل فى الانظمة الرقمية) التى يمكن ان يتعامل معها (يعالجها) فى عملية واحدة . فهناك المعالج الصغير ذو ٤ بت واخر ٨ بت وثالث ١٦ بت ورابع ٣٢ بت وخامس ٦٤ بت. وهذا الرقم هو طول الكلمة word (او طول مسار البيانات data path length) . وحاليا فان المعالجات الدقيقة الأكثر استعمالا هي ذو ٨ بت .

٣- المتحكم الدقيق (الصغير) الميكروكنترولر (Microcontrollers) (MCU)

الميكروكنترولر هو كومبيوتر تم تنفيذه فى دائرة متكاملة مفردة (واحدة) و بالاضافة الى المكونات الموجودة بالمعالج الصغير (الميكروبروسور) فان الميكروكنترولر يحتوى ايضا على بعض من المكونات المحيطة (الطرفية) :

ذاكرات

مؤقتات

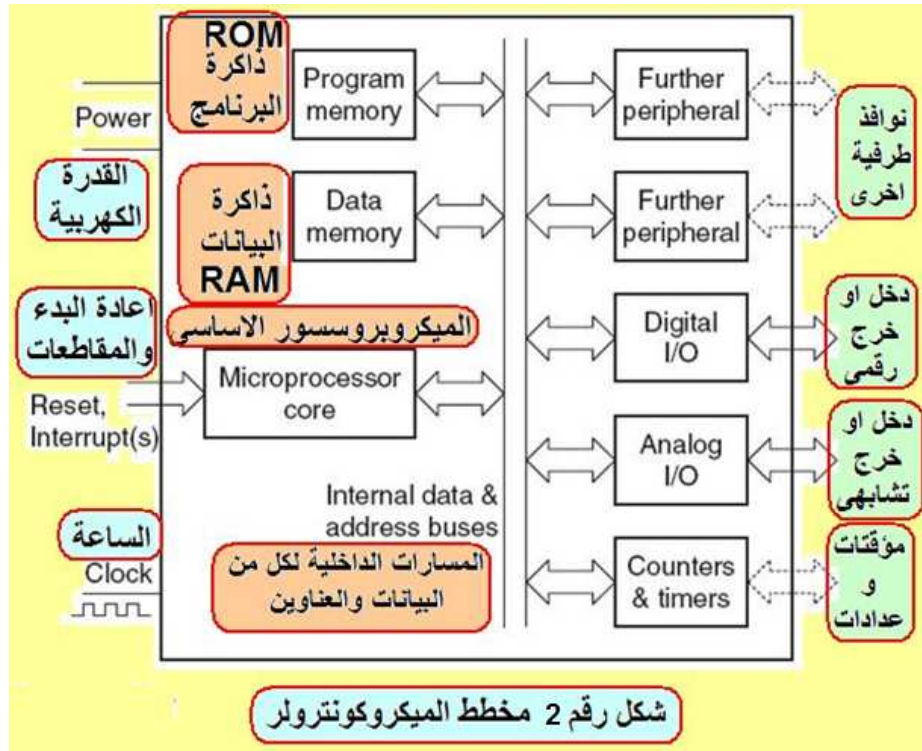
معدلات عرض النبضة (PWM)

محولات من تشابهى الى رقمى (ADC)

محولات من رقمي الى تشابهي (DAC)
وسائل ربط متوازي للدخل و الخرج Parallel I/O interface
وسائل ربط للاتصال المتوالي الغير متزامن (UART)
وسائل الربط للاتصال المتوالي المتزامن (SPI, 12C, and CAN)
متحكمات ذاكرات الوصول المباشر للذاكرة (DMA)
دوائر الربط مع مكونات الذاكرة
برامج التصحيح لدعم الأجهزة (العتاد)

مناقشة وظائف وتطبيقات هذه المكونات هو موضوعنا. سنتناول معظم هذه الوظائف بالتفصيل لاحقاً.

منذ بدء ظهور الميكروكونترولر فإنه يستخدم تقريباً في كل التطبيقات التي تتطلب قدراً من الذكاء. فهو يستخدم كمتحكم في أجهزة العرض ، والطابعات ، لوحات المفاتيح وأجهزة المودم ، وبطاقات شحن الهواتف والكمبيوتر الكفي والأجهزة المنزلية مثل الثلاجات والغسالات ، وأفران الميكروويف. كما أنه يستخدم للتحكم في تشغيل المحركات والآلات في المصانع. وواحدة من أهم تطبيقاته هو التحكم في السيارات لدرجة انه في السيارة الفخمة يمكن استخدام أكثر من ١٠٠ ميكروكونترولر. واليوم فإن معظم المنازل بها واحداً أو أكثر من الأجهزة الإلكترونية الاستهلاكية والتي تعمل بالميكروكونترولر. ومنتجات من هذا النوع تسمى بالانظمة المتضمنة embedded systems.



٤ - الذاكرة Memory

في نظام الحاسب تخزن البرامج والبيانات في الذاكرة. وقد يحتوي الحاسب على ذاكرات من نوع ذاكرة اشباه الموصلات وذاكرة مغناطيسية و / أو ذاكرة بصرية. سنناقش فقط ذاكرة اشباه الموصلات لأن الذاكرة الضوئية والمغناطيسية نادرا ما تستخدم في تطبيقات الميكروكونترولر ذو ٨ بت .
تصنف ذاكرة أشباه الموصلات إلى نوعين رئيسيين : ذاكرة الوصول العشوائي (رام) (RAM) وذاكرة للقراءة فقط (روم) (ROM) .

٤-١ ذاكرة الوصول العشوائي Random-access memory

ذاكرة الوصول العشوائي متطايرة (متبخرة) بمعنى أنها لا يمكنها بالاحتفاظ على البيانات في حالة عدم وجود جهد التغذية (القدرة). وتسمى أيضا بذاكرة القراءة والكتابة لأنها تسمح (تتيح) للمعالج بالقراءة منها والكتابة فيها. وزمن الوصول لشريحة الرام لكل من القراءة والكتابة تقريبا متساوى . ويستطيع الميكروبروسور كتابة البيانات في مكان ما في رقاقة ذاكرة الوصول العشوائي ، وإعادة قراءة محتوياتها في وقت لاحق طالما ان القدرة (التغذية) موجودة .
القرأة من الذاكرة غير مدمر بمعنى انه عندما يكتب المعالج الدقيق البيانات على الذاكرة يمحو البيانات القديمة ويكتب مكانها البيانات الجديدة .
وهناك نوعان من تقنيات ذاكرة الوصول العشوائي : رام ساكنة (SRAM) ورام ديناميكية (DRAM) .

تستخدم SRAM من أربع إلى ست ترانزستورات لتخزين حرف واحد من المعلومات. المعلومات المخزنة في SRAM لن تفقد ما دامت القدرة موجودة .
ذاكرة الوصول العشوائي الديناميكية تستخدم ترانزستور واحدة ومكثف واحدة لتخزين حرف واحد للمعلومات. تخزن المعلومات في المكثف في شكل شحنة كهربائية. الشحنة المخزنة في المكثف يحدث لها تسريب (فقد) مع الزمن ولذلك يجب دوريا إعادة تنشيط الذاكرة للحفاظ على محتويات ال DRAM .

ذاكرة الوصول العشوائي أساسا تستخدم لتخزين البيانات والبرامج الديناميكية (المتغيرة). وغالبا ما يرغب مستخدم الكمبيوتر في تشغيل برامج مختلفة على نفس الكمبيوتر ، وعادة ما تكون هذه البرامج تعمل على مجموعات مختلفة من البيانات. لذلك يجب تحميل البرامج والبيانات الى الذاكرة من القرص الصلب او اى مصدر تخزين ثانوى اخر ولهذا تسمى ديناميكية .

٤-٢ ذاكرة القراءة فقط ROM

ال ROM غير متطايرة . إذا تم ازالة القدرة عن ال ROM ثم اعيدت مرة اخرى فان البيانات الأصلية ستنظ كما هي . وبدل اسمها ان البيانات فيها تقرا فقط وهذا غير صحيح تماما.
معظم تقنيات ال ROM تتطلب خوارزمية (نظام او برنامج للحل الحسابى) وجهد لكتابة البيانات على الرقاقة. وبدون استخدام هذه الخوارزمية الخاصة والجهد ، فإن أي محاولة للكتابة على ذاكرة ROM لن يكتب لها النجاح.

تستخدم اليوم العديد من أنواع التقنيات المختلفة من ال ROM:

١-٢-٤ ذاكرة للقراءة فقط مبرمجة مقنعة (مخبئة) Masked-programmed

(MROM) وهى نوع من ال ROM والتي يتم برمجتها عندما يتم تصنيعها. وفيها يقوم صناع أشباه الموصلات بوضع البيانات الثنائية في الذاكرة حسب طلب ومواصفات الزبون. ليكون رخيصا من حيث التكلفة حيث يتم عمل عدة آلاف من رقائق الذاكرة MROM كل منها يحتوي على نسخة من البيانات نفسها (أو البرنامج). كثير من الناس يطلقون على ال MROM ال ROM .

٢-٢-٤ ذاكرة للقراءة فقط مبرمجة (PROM)

وهو نوع من ذاكرة القراءة فقط التي يمكن برمجتها في مكان العمل (في كثير من الأحيان من قبل المستخدم النهائي) باستخدام جهاز يسمى مبرمج ال PROM او حارق ال PROM. وبمجرد برمجة ال PROM فانه لا يمكن تغيير محتواها. وذاكرة ال PROM تعتمد على مصهرات fuse بمعنى ان المستخدم النهائي يقوم ببرمجة المصهرات لتكوين محتويات الذاكرة.

٣-٢-٤ ذاكرة للقراءة فقط القابلة للمحو (المسح) (EPROM)

وهى نوع من ذاكرة القراءة فقط التي يمكن مسحها بتعريضها للأشعة فوق البنفسجية القوية. تصميم دائرة بها EPROM يتطلب من المستخدم محو محتوياتها قبل كتابة قيم جديدة عليها. توجد نافذة من الكوارتز في أعلى الدائرة المتكاملة EPROM لتسمح للأشعة فوق البنفسجية بالسقوط مباشرة على رقائق السليكون في الداخل. بمجرد برمجة الرقاقة تغطي النافذة بشرط داكن لمنع المحو التدريجي للبيانات. في حالة عدم وجود النافذة فان رقاقة ال EPROM تكون قابلة للبرمجة لمرة واحدة فقط. تستخدم ال EPROM كثيرا في نماذج الكمبيوتر prototype حيث يتم إعادة البرمجة عدة مرات حتى الوصول الى الكمال . لا يسمح ال EPROM بمحو محتوى موقع معين . والطريقة الوحيدة هي محو كل محتويات رقاقة ال EPROM ثم إعادة برمجتها .

تتم برمجة رقاقة ال EPROM كهربائيا باستخدام جهاز يسمى مبرمج ال EPROM. اليوم اغلب المبرمجات اصبحت عامة بمعنى انها يمكن ال تقوم ببرمجة عدة انواع من الذاكرة مثل EPROM ، EEPROM ، ذاكرة الفلاش flash memory ، وبرمجة الأجهزة المنطقية.

٤-٢-٤ ذاكرة للقراءة فقط القابلة للمسح كهربيا (EEPROM)

وهى نوع من الذاكرة غير متطاير ويمكن أن تمحى ويعاد برمجتها باشارات كهربية . وهى مثل ال EPROM فتصميم دوائر EEPROM يتطلب أيضا من المستخدم محو محتويات الذاكرة قبل كتابة قيم جديدة عليها . تسمح ال EEPROM بمحو موقع معين وإعادة برمجته .

على العكس من ال EPROM فان ال EEPROM يمكن محوها وبرمجتها باستخدام نفس المبرمج. ولكن بدفع ثمن لهذه المرونة فى القابلية للمسح . فثمن رقاقة ال EEPROM اكثر بكثير من رقاقة ال EPROM التى لها نفس الخواص .

٤-٢-٥ ذاكرة الفلاش

تم اختراع ذاكرة الفلاش لدمج مزايا وتجنب مساوئ تقنيات كل من EPROM و EEPROM .
ذاكرة الفلاش يمكن محوها وبرمجتها فى النظام دون استخدام جهاز برمجة خاص .
وهى تحقق خصائص ال EPROM لكن لا تحتاج إلى نافذة للمحو. ومثل ال EEPROM
فذاكرة الفلاش يمكن برمجتها ومحوها كهربائيا. ومع ذلك ، لا تسمح بمحو مكان معين من
الذاكرة ولكن يمكن للمستخدم فقط محو اما جزء او كامل الرقاقة .
ويزداد اليوم أكثر فأكثر إدراج رقاقة ذاكرة الفلاش داخل رقاقة الميكروكونترولر MCUs
لتخزين البيانات والبرامج.
مثال ذلك ذاكرة الفلاش المعتمدة داخل الميكروكونترولر PIC .

فقط تذكر المعادلة الاتية :

الميكروكونترولر = ميكروبروسور + بعض نوافذ الخرج والدخل المختلفة

اى

Microprocessor + Some Preipherals = Microcontroller

وحتى تكتمل الفائدة ولازالة بعض الغموض لابد من الاجابة على السؤال :

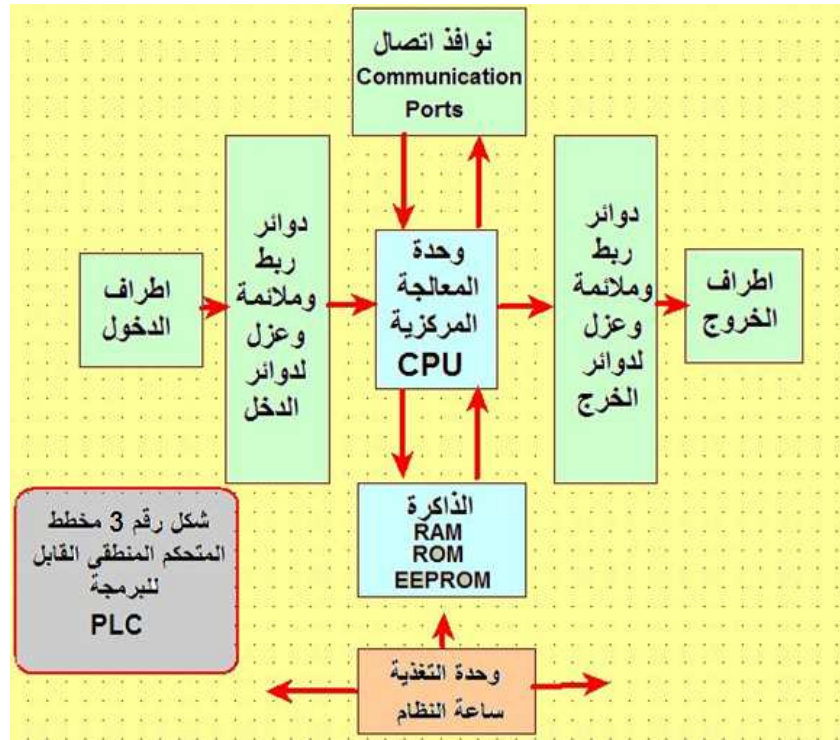
ماذا عن المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLC

ان المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة فى الحقيقة هى عبارة عن ميكروكونترولر فى اساس
تكوينها الا انه يضاف اليها العديد من الاجهزة (العتاد) الصلب hardware وايضا
البرمجيات software اى انه ايضا يعتبر نظام حاسب ولكنه خاص .

ومن ثم نحصل على المعادلة :

software Microcontroller + Some hardware + Some = PLC

والشكل يوضح تركيب متحكم منطقى مبرمج



ثانيا : برمجيات الحاسب الآلي Software

تعرف البرامج Programs بالبرمجيات Software . والبرنامج هو عبارة عن مجموعة من التعليمات التي يمكن أن ينفذها الكمبيوتر. يخزن البرنامج في ذاكرة الكمبيوتر في شكل ارقام ثنائية تسمى تعليمات الآلة (الماكينة) *machine instructions* . طول تعليمات الآلة للكمبيوتر قد يكون ثابتا أو متغيرا. تثبيت (تحديد) طول التعليمات يجعل فك رموز التعليمات سهل (بسيط) وبالتالي يمكن تبسيط تصميم المعالج. ومع ذلك هناك واحدا من أوجه القصور المحتملة. طول البرنامج يكون اطول بسبب عدم كفاءة فك الشفرة .

لغة التجميع (الاسمبلي) Assembly Language

ليس من الصعب استنتاج أن تطوير البرمجيات بلغة الآلة صعبا للغاية للأسباب الآتية :

١- ادخال (كتابة) البرنامج :

يجب أن يستخدم المبرمج أنماط ثنائية لكل تعليمة من تعليمات الآلة. وقبل أن يتمكن المستخدم من حفظ (تخزين) الأنماط الثنائية يجب عليه الرجوع الى الجداول (القوائم) باستمرار لترجمة التعليمات. وبالإضافة إلى ذلك يجب على المبرمج أن يعمل بمنطق برمجة ذو مستوى منخفض جدا ، مما يعيق إنتاجية البرمجة.

٢- تصحيح أخطاء البرنامج *debugging*

كلما لا يحقق البرنامج الاداء المتوقع منه ، سيجد المبرمج صعوبة في التعرف على التعليمات التي تسببت في المشكلة وسوف يحتاج المبرمج إلى تحديد كل تعليمة آلة ثم التفكير في ما هي العملية التي تقوم بها تلك التعليمة. هذه ليست مهمة سهلة.

٣- برنامج الصيانة :

معظم البرامج تحتاج الى الصيانة على المدى الطويل. والمبرمج الذي لم يكتب البرنامج سيكون من الصعب عليه قراءة البرنامج وكشف منطق البرنامج .
اخترعت لغة التجميع (الاسمبلى) لتبسيط عملية البرمجة . يتألف برنامج الاسمبلى من تعليمات لغة الاسمبلى و تعليمات لغة الاسمبلى هي تمثيل للتذكير mnemonic لتعليمات الآلة.

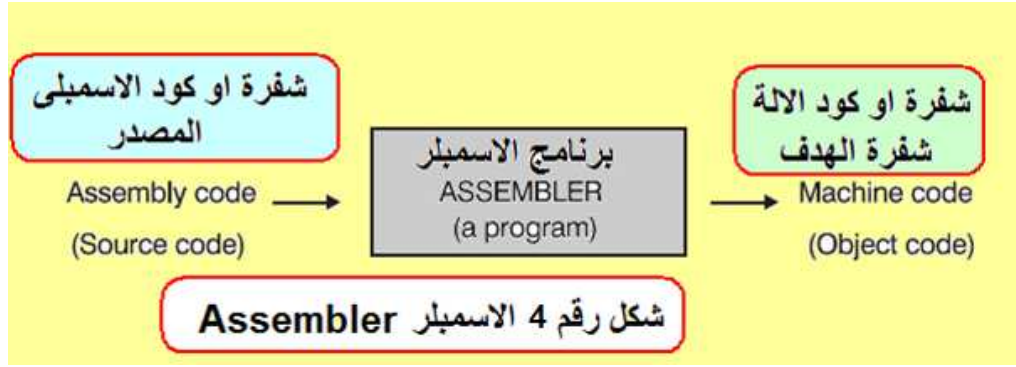
باختراع لغة التجميع لم يعد المبرمج بحاجة للعمل من خلال الارقام الثنائية (الصفير والواحد) بغرض تحديد ما هي التعليمة في البرنامج. وهذا يمثل تحسنا كبيرا على البرمجة بلغة الآلة.

برنامج الاسمبلى الذى يقوم المبرمج بكتابته (ادخاله) يسمى البرنامج المصدر أو شفرة(كود) المصدر source code .
يحتاج المستخدم الى برنامج لترجمة البرنامج المصدر الى لغة الآلة بحيث يمكن للكمبيوتر من تنفيذ هذا البرنامج يسمى الاسمبلر assembler. وخرج الاسمبلر يسمى شفرة (كود) الهدف (الغاية -المقصود) object code

وهناك نوعان من الاسمبلر : اسمبلر طبيعي (محلى -فطرى) native واسمبلر متقاطع (متعارض) cross .

النوع الاول native يعمل فى جهاز كمبيوتر ويولد كود الآلة والذى ينفذ فى نفس الكمبيوتر او فى كومبيوتر اخر له نفس مجموعة التعليمات .

اما النوع الثانى cross يعمل فى جهاز كومبيوتر ولكنه يقوم بتوليد شفرة الآلة والتي سيتم تنفيذها من خلال أجهزة الكمبيوتر التي لديها مجموعة تعليمات مختلفة.
وبرنامج MPASM هو اسمبلر شركة ميكروشيب Microchip من النوع الثانى cross assembler والمصمم بحيث يعمل على الكمبيوتر الشخصى PC لترجمة برامج لغة الاسمبلى للميكروكونترولر طراز PIC .



اللغات ذات المستوى الرفيع (العالى) High-Level Languages

هناك بعض السلبيات للغة البرمجة الاسبلى :

١- يجب ان يكون المبرمج على علم ببنية الجهاز hardware الذي سينفذ البرنامج عليه.
٢- البرنامج المكتوب بلغة الاسبلى (وخاصة الطويل) يصعب على الكثير فهمه الا مؤلفه(كاتبه).

٣- إنتاجية برمجية غير مرضية وخاصة لبرمجة المشاريع الكبيرة لأن المبرمج بحاجة للعمل بمنطق برمجى في مستوى منخفض جدا.

لهذه الأسباب تم ايجاد (اختراع) لغات البرمجة ذات المستوى الرفيع مثل C لتجنب مشاكل البرمجة بلغة التجميع.

اللغات رفيعة المستوى اقرب الى اللغة الانجليزية العادية وبالتالي فان البرامج المكتوبة باللغات الرفيعة المستوى تكون أيسر على الفهم.

فالعبارة الواحدة statement فى اللغات رفيعة المستوى غالبا ما تناظر عشرات بل مئات التعليمات من لغة الاسبلى . ويمكن للمبرمج العمل بمنطق برمجى على المستوى الأمر الذي يجعل مهمة البرمجة أسهل بكثير.

البرنامج المكتوب بلغة عالية المستوى يسمى ايضا شفرة المصدر source code ويحتاج الى برنامج software يسمى الكومبيلر (المجمع) compiler لترجمته الى تعليمات لغة الالة . خرج الكومبيلر هو ايضا يسمى شفرة الهدف او المقصود object code . وكما يوجد اسيمبلر متقاطع يوجد كومبيلر متقاطع اى يعمل على جهاز ولكن يترجم التعليمات لتنفذ على جهاز اخر مختلف معه فى التعليمات .

لغات البرمجة عالية المستوى ليست مثالية ايضا .

واحدة من المشاكل الرئيسية التي تواجه البرمجة باللغات رفيعة المستوى هي أن شفرة الآلة الناتجة من برنامج مكتوب بلغة عالية المستوى تكون اطول ولا تستطيع ان تعمل اسرع من المكافىء لها بلغة assembly . ولهذا السبب مازال الكثير من البرامج والتي فيها الوقت (الزمن) حرج او حيوى تكتب بلغة ال assembly .

استخدمت لغة السى C على نطاق واسع في برمجة الميكروكونترولر فى الصناعة ومعظم مطورى ومصنعى الميكروكونترولر لهم سى كومبيلر C compilers .