الفصل الثانى

البناء المعمارى للمعالج

Microprocessor Architecture

2-1 مـــقدمـــة

فى هذا الفصل سيتم عرض المهام الأساسية المطلوبة من أى معالج بصفة عامة وعلى ضوء هذه المهام سنعرض الوظائف الأساســـية للمكونـــات العامـــة لأى شريحة معالج ، ثم نقدم التركيب التفصيلى لاثنين من الشرائح المعروفـــة وهـــى الشريحة Intel8085 والشريحة Z80 على أساس أن هذه هى أكثر شرائح الجيـــل الثانى استخداما وبعد ذلك سنترك للقارئ رؤية مدى ملائمة هذا التركيب للمـــهام المطروحة . وسوف نعرض التركيب التفصيلى لـــــهذين المعـــالجين بصـــورة مختصرة وسريعة حتى يتمكن أى قارئ من مراجعة المكونات الأساســـية لـــهما حتى ولو كان لا ينوى التدريب إلا على أحدهما . لذلك فإننا ننصح بقراءة هـــذا الفصل بأكمله من مستخدمى هذين المعالجين بالذات أو المعالجات التـــى نقـــوم بعرضها فى هذا الكتاب . ولقد رأينا فى الفصل السابق (عصر المعالجـــات) أن وظيفة المعالج الأساسية هى إحضار الأوامر من الذاكرة وتنفيذها الواحـــد بعـــد الآخر ، ولذلك فإن تركيبه الداخلى يجب أن يناسب هذه المهمة أو الوظيفة .

2-2 المهام الأساسية المطلوبة من المعالج

1. يجب أن يكون المعالج قادرا على إحضار معلومـــات مـــن الذاكـــرة (هـــذه المعلومات قد تكون بيانات يحتاجها فى عملية تنفيذ الأوامر أو قد تكون الأوامـــر نفسها) .
2. يجب أن يحتوى المعالج على مكان مناسب بداخله لحفظ هذه المعلومات التـــى أحضرها لحين الحاجة إليها أو تنفيذها إذا كانت من الأوامر .
3. لابد أن يكون هناك أكثر من مكان بداخله بحيث يمكن نقل المعلومات فيما بين هذه الأماكن حيث تحتاج بعض الأوامر لذلك عند تنفيذها .
4. يجب أن تكون لديه الوسائل المناسبة لإدخال معلومات من بوابات إدخال حتى يتسنى لنا قراءة لوحة مفاتيح أو إدخال درجة حرارة مثلا تمهيدا لمعالجتها رقميا .
5. يجب أن تكون لديه المقدرة على إجراء بعض العمليات الحسابية والمنطقيـــة على البيانات التى أحضرها . العمليات الحسابية الأساسية هى الجمـــع والطـــرح والعمليات المنطقية الأساسية مثل AND و OR و NOT .
6. المقدرة على إرسال بيانات إلى الذاكرة وتسجيلها فيها من المـــهام الأساســـية للمعالج .

7. المقدرة على إرسال بيانات إلى وحدات إخراج من خلال بوابات إخراج حتى يتسنى لنا قراءة هذه المعلومات على شاشة أو إخراج بيانات نتحكم بها فى سرعة موتور مثلا .

كانت هذه هى المهام الأساسية للمعالج والتى يجب أن يحققها تركيبه الداخلى ومجموعة أوامره كما سنرى . سنبدأ فيما يلى الحديث عن مجموعة المسجلات والعدادات التى يشتمل عليها أى معالج حيث أنه من الضرورى لأى مستخدم للمعالج أن يعرف خصائص تلك المسجلات ووظائفها .

2-3 أجزاء المعالج الأساسية

جميع شرائح المعالجات تتركب من ثلاثة أجزاء رئيسية وهى :

1. مجموعة مسجلات وعدادات .
2. وحدة الحساب والمنطق ALU .
3. وحدة التزامن Clock .

بالنسبة لوحدة الحساب والمنطق سوف نرجئ الحديث عنها الآن حيث سيتم إفراد فصل قادم خاص بها (الفصل السادس) وأما وحدة التزامن فسوف يتم الحديث عنها أيضا لاحقا وفى معرض الكلام عن وظيفة كل طرف من أطراف شريحة المعالج . أما مجموعة المسجلات والعدادات ووظيفة كل منها فسوف تكون الموضوع الأساسى فى الجزء القادم .

2-4 المسجلات والعدادات فى شريحة المعالج

تستخدم المسجلات للتخزين المؤقت للمعلومات فى صورة خانات ثنائية فى داخل شريحة المعالج لحين الحاجة إليها . إن أى مسجل إزاحة يمكن تصميمه ليكون قادرا على أداء الوظائف التالية :

1. إدخال المعلومات بالتوالى وإخراجها بالتوالى (سواء من الشمال لليمين أو من اليمين للشمال) .
2. دوران المعلومات فى أى اتجاه وعكسه .
3. إدخال المعلومات بالتوازى وإخراجها بالتوازى .
4. إدخال المعلومات توالي من أى اتجاه وإخراجها توازي أو العكس .

المسجلات داخل المعالج يمكن النظر إليها على أنها واحد من نوعين ، الأول هو مسجلات عامة الأغراض general purpose registers وهذه تستخدم فى الكثير من الأغراض وتؤدى أكثر من وظيفة وعادة تكون هذه المسجلات متاحة

للمستخدم لكى يتعامل معها ، إما أن يسجل فيها أو يقرأ منها ، وأما النوع الثانى فهو مسجلات خاصة الأغراض dedicated registers وهذه مسجلات موجودة لأداء غرض أو وظيفة واحدة لا تحيد عنها وليس للمستخدم أى وسيلة للتحكم فيها سواء بالقراءة منها أو الكتابة فيها .

أما العدادات counters فتستخدم عادة لعد النبضات الداخلة إليها ويمكن توظيف هذه العدادات لكى تقوم بعملية العد إما تصاعديا أو تنازليا مع ملاحظة أن خرج العدادات يكون دائما توازي . سنعرض فيما يأتى بشكل عام لوظيفة كل مسجل من المسجلات الرئيسية لشريحة المعالج وذلك دون تخصيص معالج معين لأن ذلك مطبق على جميع المعالجات التى سنتعامل معها فى هذا الكتاب .

2-4-1 مسجل التراكم Accumulator, A

أى مسجل يمكن النظر إليه على أنه بايت من بايتات الذاكرة وهذه البايت موجودة داخل شريحة المعالج وعادة تكون هناك حرية أكثر فى التعامل مع البيانات الموجودة داخل هذه المسجلات عن البيانات الموجودة فى الذاكرة . من هذه المسجلات ما يسمى بمسجل التراكم Accumulator أو المركم . يعتبر مسجل التراكم ، وعادة يرمز له بالرمز A ، من أكثر مسجلات المعالج عملا ولذلك فإنه يمكننا النظر إليه على أنه سكرتيرا لشريحة المعالج . إن أى عملية حسابية أو منطقية يقوم بها المعالج لابد وأن يكون مسجل التراكم طرفا فيها ، فمثلا لو أردت أن تجمع أى رقمين فإن واحدا منهما لابد وأن يوضع فى مسجل التراكم وأما الرقم الآخر فيوضع فى أى مسجل آخر أو حتى فى الذاكرة ، ليس هذا فقط بل إن نتيجة أى عملية حسابية أو منطقية لا توضع إلا فى مسجل التراكم ومنه يمكن نقلها لأى مكان آخر وذلك فى المعالجات 8 بت . هناك مهمة أخرى أيضا لهذا المسجل وهى أن أى عملية إدخال أو إخراج من خلال بوابات الإدخال أو الإخراج عادة تكون من خلال هذا المسجل . أى أن المعلومة توضع فى مسجل التراكم أولا ثم يتم إخراجها إلى بوابة الإخراج ، أو إذا كانت المعلومة قادمة من بوابة إدخال فإنها توضع أولا فى مسجل التراكم ثم يتم نقلها منه لأى مكان آخر فى داخل البروسيسور أو خارجه .

إذن ما رأيك الآن فى تسميته بسكرتير المعالج ؟ إن عدد البتات (الخانات) bits الموجودة فى مسجل التراكم دائما يساوى عدد خطوط مسار البيانات data bus ومن الممكن فى بعض المعالجات أن يكون هناك أكثر من مسجل تراكم واحد كما سنرى . بعض هذه الوظائف الخاصة بالمركم سيتم الاستغناء عنها فى المعالجات 16 بت كما سنرى .

2-4-2 عداد البرنامج Program Counter, PC

كما علمنا فإن مهمة المعالج الأساسية هى إحضار الأوامر من الذاكرة الواحد بعد الأخر ثم تنفيذها ، ولذلك فإنه لابد لهذه المهمة من تحديد للأماكن التى تحتوى هذه الأوامر فى الذاكرة . يحتوى عداد البرنامج دائما على عنوان المكان فى الذاكرة الذى يحتوى الأمر الذى عليه الدور فى التنفيذ ، وكلما تم إحضار أى أمر من الذاكرة وقبل أن يتم تنفيذه فإن عداد البرنامج تتغير محتوياته بحيث تشير إلى عنوان الأمر القادم فى التنفيذ . تذكر أيضا أنه حتى لو حدث قفز من مكان فى البرنامج إلى مكان آخر فإن وحدة التحكم داخل المعالج تضع عنوان الأمر الذى سيتم القفز إليه فى عداد البرنامج حتى يصبح هو الأمر الذى عليه الدور فى التنفيذ وتنتقل عملية تنفيذ البرنامج إلى هناك . عدد بتات هذا العداد دائما تساوى عدد بتات مسار العناوين address bus وهذا منطقى جدا حتى يتمكن المعالج من إحضار الأوامر مهما كانت فى أى مكان فى الذاكرة سواء فى أولها أو فى آخرها ، لاحظ أن كمية الذاكرة التى يمكن أن يتعامل معها المعالج تتوقف على عدد البتات أو الخطوط فى مسار العناوين كما سنرى فيما بعد . إذا نظرنا إلى عداد البرنامج على أنه مسجل يحتوى عنوان الأمر الذى عليه الدور فى التنفيذ فإننا سنصنفه على أنه من المسجلات ذات الأغراض الخاصة dedicated register ، لاحظ أيضا أنك كمبرمج لا تستطيع التحكم فى محتويات هذا العداد .

2-4-3 مسجل وفاكك شفرة الأوامر

Instruction Register And Decoder

بعد أن يتم إحضار الأمر من الذاكرة إلى شريحة المعالج لابد وأن يسجل أو يوضع فى أحد الأماكن فى انتظار تنفيذه ، هذا المكان هو مسجل الأوامر . أى أن مسجل الأوامر يحتوى شفرة الأمر الذى يتم تنفيذه الآن . لاحظ أن عدد بتات مسجل الأوامر عادة يساوى عدد بتات البايت فى الذاكرة التى تساوى بدورها عدد بتات مسار البيانات خاصة فى هذا الجيل من المعالجات الذى نحن بصدده الآن ، كما أن عدد الأوامر التى يمكن للمعالج أن ينفذها سيتوقف على عدد البتات فى مسجل الأوامر فمثلا إذا كان عدد بتات مسجل الأوامر هو 8 بت فإن ذلك يعنى أن هذا المعالج يستطيع التعامل مع 256= (2^8) أمر على الأكثر.

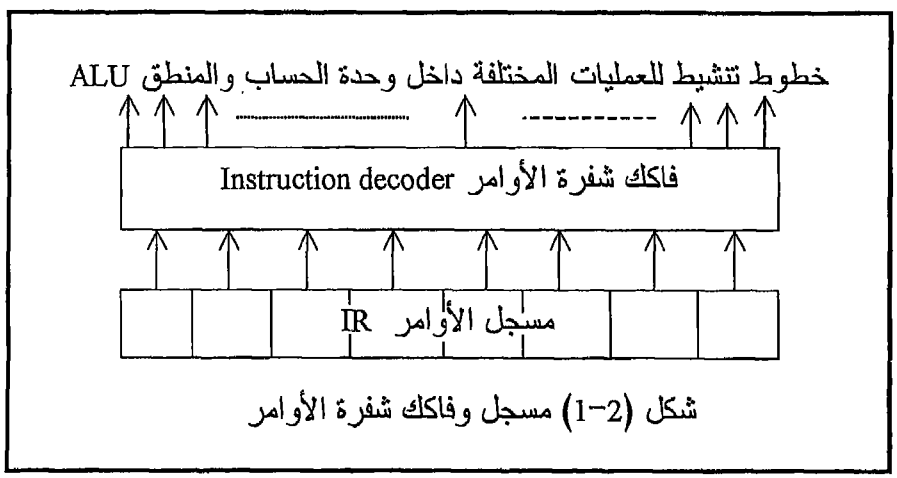
أول خطوات تنفيذ أى أمر تبدأ من فاكك شفرة الأوامر الذى يتصل دخله بخرج مسجل الأوامر كما فى شكل (2-1) بحيث أنه على حسب شفرة الأمر الموجودة فى مسجل الأوامر فإن عملية واحدة فقط سيتم تنفيذها على حسب الشفرة الموجودة على دخل فاكك الشفرة ويتم ذلك بالطبع بمساعدة وحدة التحكم ووحدة الحساب والمنطق .

2-4-4 مسجل الحالة Status Register, SR

أحيانا يطلق على هذا المسجل اسم مسجل الأعلام Flag Register, FR . يعتبر هذا المسجل نشرة إخبارية تعكس حالة نتيجة آخر عملية حسابية أو منطقية قام المعالج بتنفيذها ، فمن هذا المسجل نستطيع أن نعرف مثلا إذا كانت هذه النتيجة سالبة أم موجبة أم تساوى صفرا وغير ذلك من الأخبار المفيدة . هذا المسجل يحتوى على عدد من البتات وكل واحدة منها تعتبر علما flag يعكس أو يدل على حالة معينة من العملية الحسابية أو المنطقية التى تم تنفيذها ، من هذه الأعلام ما يلى :

2-4-4-1 علم الصفر Zero flag, ZF هذه البت تكون واحدا إذا كانت نتيجة آخر عملية حسابية أو منطقية تساوى صفرا وتكون هذه البت صفرا إذا كانت النتيجة مختلفة عن الصفر سواء موجبة أو سالبة .

2-4-4-2 علم الإشارة Sign flag, SF هذه البت تكون واحدا إذا كانت نتيجة آخر عملية حسابية أو منطقية نفذها المعالج سالبة ، أما إذا كانت هذه النتيجة موجبة فإن هذا العلم يكون صفرا ، لذلك فإنه أحيانا يسمى بعلم السالبية Negative Flag, NF . لاحظ أن آخر بت فى النتيجة تعكس إشارتها فإذا كانت آخر بت تساوى صفرا فإن ذلك يعنى أن النتيجة موجبة أما إذا كانت هذه البت واحدا فإن ذلك يعنى أن النتيجة سالبة لذلك فإنه دائما تكون محتويات علم الإشارة تساوى محتويات آخر بت فى النتيجة .

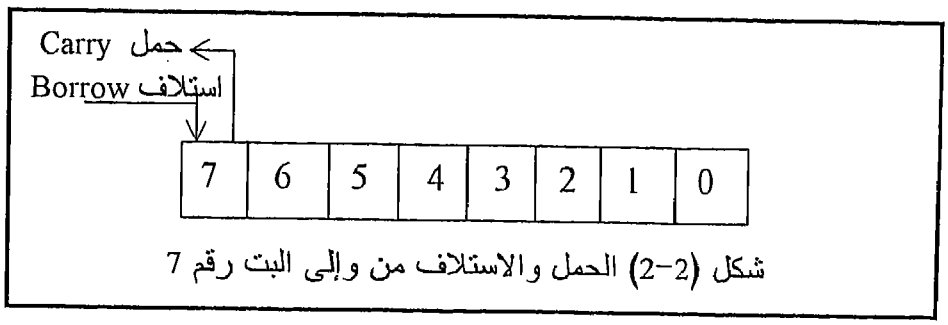


شكل (2-1) مسجل وفاكك شفرة الأوامر

2-4-4-3 علم الحمل Carry flag , CF هذا العلم يكون واحدا إذا حصل حمل carry من آخر بت فى أى عملية جمع أو حصل استلاف Borrow لآخر بت

في أى عملية طرح ويكون صفرا إذا لم يكن هناك حمل أو استلاف فـــى آخـــر عملية حسابية . شكل (2-2) يبين كل من عمليات الحمل والاستلاف من وإلـــى البت رقم 7 .

2-4-4-4 علم الباريتى Parity flag, PF هذا العلم يكون واحدا إذا كانت آخر عملية حسابية أو منطقية قام بها المعالج تحتوى على عدد زوجى من الوحـــايد أما إذا كانت هذه النتيجة تحتوى على عدد فردى من الوحايد فإن هذا العلم يكـون صفرا .



شكل (2-2) الحمل والاستلاف من وإلى البت رقم 7

2-4-4-5 علم الحمل النصفى أو البينى Half carry flag , HC هذا العلم يكون واحدا إذا كان هناك حمل من الخانة أو البت الثالثة إلى البت الرابعـــة نتيجـــة أى عملية جمع أو هناك استلاف من البت الرابعة إلى البت الثالثة نتيجة أى عمليـــة طرح ، ويكون صفرا فيما عدا ذلك أى إذا لم يحدث استلاف أو حمل من أو إلـــى البت الرابعة ، لاحظ أننا هنا نبدأ عملية عد البتات بالرقم صفر ، أى أن أول بـــت هى البت رقم صفر . شكل (2-3) يبين كيفية تأثر علم الحمل النصفى .
التطبيق على جميع هذه الأعلام واستخدامها سيأتى عند الشرح التفصيلى لأوامـــر المعالج ، مع العلم أن عدد الأعلام سيختلف من معالج لآخر كما ســـنرى عنـــد دراستنا للتركيب التفصيلى لكل بروسيسور سندرسه فى هذا الكتاب ولكن دعنـــا الآن ننظر للمثال التالى كتطبيق سريع على هذه الأعلام .

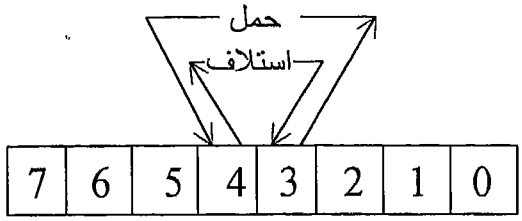
مثال 2. 1

اكتب محتويات الأعلام السابقة بعد إجراء عملية جمع الرقميـــن 77H و A5H . لاحظ أن الرقمين مكتوبين فى الصورة الستعشرية hexadecimal .
الجمع الثنائى للرقمين السابقين سيتم كما يلى :

الرقم الأول	0111 0111
الرقم الثانى	1010 0101
النتيجة	0001 1100 حمل 1

نلاحظ الآتى من النتيجة السابقة :

1. النتيجة لا تساوى الصفر ، إذن فعلم الصفر يساوى صفر ZF=0 .
2. آخر بت فى النتيجة صفر فالنتيجة موجبة وعلم الإشارة يساوى صفر SF=0 .
3. هناك حمل من البت السابعة (الأخيرة) فعلم الحمل يساوى واحد CF=1 .
4. النتيجة تحتوى ثلاثة وحايد (عدد فردى) فعلم الباريتى يساوى صفر PF=0 .
5. ليس هناك حمل من الخانة الثالثة للرابعة فعلم الحمل النصفى يساوى صفر HCF=0 .



شكل (2-3) الحمل والاستلاف النصفى (من وإلى الخانة الثالثة)

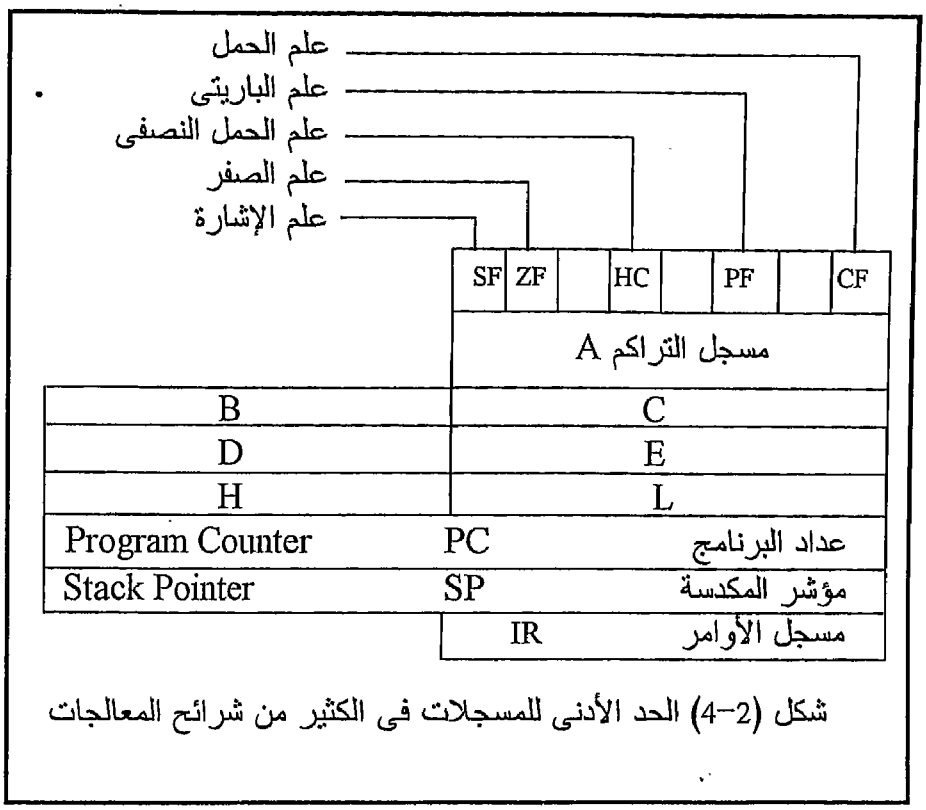
2-4-5 مسجل مؤشر المكدسة Stack Pointer register, SP

سيأتى إن شاء الله شرحا تفصيليا للمكدسة stack فيما بعد فى معرض الكلام عن البرامج الفرعية وبرامج المقاطعة ، ولكن الآن بإمكانك أن تعرف أن المكدسة هى جزء من الذاكرة يتم فيه تخزين بعض العناوين أو البيانات المهمة والتى لابد من الحاجة إليها واسترجاعها مرة ثانية وبنفس الترتيب الذى تم تخزينها به . مسجل مؤشر المكدسة يحتوى عنوان آخر مكان تم التسجيل فيه فى هذا الجزء من الذاكرة ، لذلك فإنه طالما أن هذا المسجل سيحتوى على عنوان فلابد أن يكون 16 بت . لاحظ أن المبرمج عادة تكون لديه الحرية فى اختيار الجزء من الذاكرة الذى سيستعمل كمكدسة .

2-4-6 المسجلات عامة الأغراض General Purpose Registers

فى الكثير من الأحوال عندما نجمع أكثر من رقم ، نحتاج لحفظ نتيجة معينة لحين استخدامها فى عملية أخرى لاحقة ، ولذلك فإنه بدلا من إرسال هذه النتيجة إلى الذاكرة ثم استدعائها ثانية مما يأخذ الكثير من الوقت فقد تم تجهيز المعالج ببعض المسجلات التى تستخدم لتخزين مثل هذه النتائج المرحلية لحين الحاجة إليها . عدد البتات فى هذه المسجلات يكون عادة مساويا لعدد بتات مسار البيانات . عدد هذه المسجلات يختلف من معالج لآخر ومن شركة لأخرى . ولقد

تم التعارف على تسمية هذه المسجلات بالمسجلات B و C و D و E و H و L كما سمى المركم من قبل بالمسجل A . هذه التسمية كما سنرى هى التسمية التى ستستخدم مع لغة الأسمبلى (التجميع) assembly language . شكل (2-4) يبين جميع المسجلات التى تكلمنا عنها حتى الآن والتى تمثل كما ذكرنا الحد الأدنى لمحتويات أى معالج من المسجلات .



شكل (2-4) الحد الأدنى للمسجلات فى الكثير من شرائح المعالجات

هناك بعض الأوامر التى تتعامل مع هذه المسجلات كأزواج يتكون كل زوج منها من 16 بت بدلا من التعامل معها كمسجلات يحتوى الواحد فيها على 8 بتات فقط. فى هذه الحالة يكون كل مسجل له مسجل آخر يمكن ازدواجه معه ولا يمكن ازدواجه مع أى مسجل آخر ، فمثلا المسجل B لا يزدوج إلا مع المسجل C فقط وكذلك المسجل D لا يزدوج إلا مع المسجل E والمسجل H لا يزدوج إلا مع المسجل L . لاحظ أنه فى حالة ازدواج المسجل B والمسجل C فإن المسجل C يحتوى أو يمثل البايت ذات القيمة الصغرى low significant byte من المعلومة المكونة من 16 بت والمسجل B يحتوى البايت ذات القيمة العظمى high significant byte من هذه المعلومة . بنفس الطريقة فى حالة الأزواج DE و HL

فإن المسجلات E و L تحتوى البايت ذات القيمة الصغرى والمسجلات D و H تحتوى البايت ذات القيمة العظمى . فمثلا إذا أردنا أن نسجل المعلومة 4CF6H المكونة من 16 بت فى زوج المسجلات HL فإن البايت F6 وهى البايت ذات القيمة الصغرى لابد أن توضع فى المسجل L وأما البايت 4C ذات القيمة العظمى فتوضع فى المسجل H . فى شكل (2-4) ستلاحظ أن هذه المسجلات موضوعة بنفس طريقة وكيفية ازدواجها .

إن التعامل مع هذه المسجلات من خلال المعالج يتم عن طريق شفرة أو كود code تم إعطاؤه لكل واحد من المسجلات العامة ولكل زوج منها بحيث يعرف كل مسجل فى لغة الماكينة كما سنرى فيما بعد بهذه الشفرة أو هذا الكود . إن هذه الشفرة كما هو موضح فى جدول 2-1 مكونة من وحايد وأصفار فقط وهذا يتناسب مع متطلبات لغة الماكينة . تذكر أيضا أن المكونات التى رأيناها إلى الآن ما هى إلا أقل ما يمكن أن يحتويه أى بروسيسور وإن اختلف عددها من بروسيسور لآخر كما سنرى .

المسجل Register	الشفرة Code
A	111
B	000
C	001
D	010
E	011
H	100
L	101
M	110
أزواج المسجلات Register pairs	
BC	00
DE	01
HL	10
SP	11

جدول 2-1 المسجلات وأزواج المسجلات وشفراتها الثنائية

2-5 نظرة خارجية على شرائح المعالج

إن مجموعة شرائح المعالجات ذى 8 بتات التى ندرسها فى هذا الكتاب كلها لها عدد 40 طرفا تخرج منها ، وكذلك المعالج 8086 ذو 16 بت . ابتداء من المعالج 80186 بدأ عدد أطراف هذه المعالجات فى الزيادة حيث أصبح 68 طرفا فى

المعالج 80186 ، وظل فى الزيادة إلى أن وصل إلى 296 طرفا فى حالة المعالج بنتيم برو Pentium Pro وهو آخر المعالجات التى سندرسها فى هذا الكتاب . فما هى وظيفة كل طرف من هذه الأطراف ، ولماذا كل هذا العدد من الأطراف ؟ إننا هنا سنحاول إلقاء نظرة سريعة على وظائف الأطراف الأساسية فقط وسوف نرجئ الحديث التفصيلى عنها وشكل الإشارات على كل طرف وكيفية ربط هذه الأطراف بالعالم المحيط بشريحة المعالج إلى فصول خاصة بذلك . هذه الأطراف يمكن تقسيمها إلى المجموعات التالية :

2-5-1 مسار العناوين Address bus

أى مكان يريد المعالج أن يتعامل معه سواء كان ذاكرة أو غيرها لابد وأن يحدد المعالج عنوانا لهذا المكان . هذا العنوان يتم وضعه فى صورة شفرات كهربية من الوحايد والأصفار بواسطة المعالج على عدد من هذه الأطراف الخارجة من المعالج تسمى مسار العناوين . لذلك فإنه على حسب عدد هذه الأطراف المخصصة لحمل شفرة العناوين يتحدد عدد الأماكن التى يمكن للبروسيسور أن يتعامل معها ، ودائما يكون عدد هذه الأماكن يساوى 2 مرفوعة لأس عدد هذه الخطوط أو الأطراف . فى جميع الشرائح 8 بت والتى نحن بصدد الكلام عنها يكون عدد أطراف مسار العناوين يساوى 16طرفا لذلك فإن مقدار الذاكرة التى يتعامل معها مثل هذا البروسيسور يساوى 2^{16}= 65536 بايت =64كيلوبايت باعتبار أن كل واحد كيلو بايت يساوى 1024 بايت . لاحظ أن الإشارة الموجودة على مسار العناوين تكون دائما خارجة من البروسيسور إلى الأجهزة الخارجية وليس العكس لأن البروسيسور هو فقط الذى يحدد العنوان الذى يريد التعامل معه . جدول 2-2 يبين علاقة بين عدد خطوط مسار العناوين وكمية الذاكرة التى يمكن التعامل معها فى كل حالة .

2-5-2 مسار البيانات Data bus

بمجرد أن يحدد المعالج المكان الذى يريد التعامل معه عن طريق العنوان الذى وضعه على مسار العناوين يقوم المعالج بإخراج أو استقبال المعلومة نفسها على أو من مسار آخر وهو مسار البيانات . هذا المسار أيضا عبارة عن عدد من الخطوط تصل بين المعالج والأجهزة المحيطة حيث تسير عليها البيانات المطلوب تداولها بين المعالج والأجهزة خارجه . إن عدد البتات التى تعرف بها أى شريحة معالج يكون على حسب عدد بتات أو أطراف مسار البيانات ، فالشرائح 8 بت سميت كذلك لأن لها مسار بيانات مقداره 8 بت والشرائح 16 بتا سميت كذلك لأن لها مسار بيانات 16 بتا وهكذا . فى عالم الحاسبات توضع أى معلومة دائما فى صورة عدد من الخانات أو البتات وكل بت أو خانة من هذه

الخانات يوضع بها واحد أو صفر حيث يمثل الواحد بجهد معين ويمثل الصفر بجهد آخر . التركيبة المكونة من هذه الوحايد والأصفار هى ما يسمى بالشفرة الثنائية للمعلومة . إن ثمانية من هذه البتات أو الخانات تسمى بايت واثنين بايت تسمى كلمة أو Word . كمثال على هذه الشفرات الرقم 85H الذى شفرته هى 10000101 ، ولزيادة المعلومات عن نظم العد والتشفير المتبعة فى الحاسب يمكن الرجوع إلى أى كتاب عن الإلكترونيات الرقمية . عندما يتعامل المعالج مع الذاكرة فإن وحدة التعامل بينهما تتوقف على عدد خطوط مسار البيانات لأن كل بت من بتات المعلومة تنقل على خط منفصل . فى حالة الشرائح 8 بت فإن أى معلومة تنقل من أو إلى المعالج لابد وأن تكون مكونة من ثمانية بتات ، إذا كانت هذه المعلومة مكونة من عدد من البتات أكبر من ثمانية فإنها تنقل على أكثر من مرة وعلى حسب عدد بتاتها . فى حالة الشرائح 16 بتا تكون وحدة التعامل فى نقل المعلومات هى 16 بتا ، لذلك فإنه من البديهى أن نتوقع أن الشرائح 16 بتا تكون أسرع من الشرائح 8 بت لهذا السبب أساسا وأسباب أخرى سنعرفها فيما بعد ، فما بالك الآن بالشرائح 32 بتا والشرائح 64 بتا . لاحظ أن زيادة عدد بتات مسار البيانات لن ينعكس فقط على سرعة التعامل مع الذاكرة ولكنه ينعكس أيضا على سرعة تنفيذ العمليات الحسابية . كلمة أخيرة عن مسار البيانات وهى أن الإشارة عليه يمكن أن تكون خارجة من المعالج إلى الأجهزة المحيطة أو داخلة إلى المعالج من الأجهزة المحيطة .

3-5-2 خطوط التحكم Control lines

هذه الخطوط يختلف عددها من معالج لآخر وعن طريق هذه الخطوط يخبر المعالج أى جهاز من الأجهزة المحيطة (الذاكرة مثلا) الذى تم تحديد عنوانه على مسار العناوين عن الغرض من هذا التعامل ، فقد يكون الغرض من التعامل مع الذاكرة مثلا هو القراءة منها ، أى استقبال معلومة منها ، فى هذه الحالة فإن البروسيسور يرسل إشارة إلى الذاكرة على خط التحكم Memory Read, $\overline{MEMR}$ تعرف منها الذاكرة أن الغرض من التعامل هو القراءة فتقوم بإرسال المعلومة المطلوبة على مسار البيانات فيتلقاها المعالج . أما إذا كان الغرض من التعامل هو الكتابة أو إرسال معلومة إلى الذاكرة فإن المعالج يقوم بوضع إشارة على الخط Memory Write, $\overline{MEMW}$ تفهم منها الذاكرة الغرض من التعامل فتتلقى المعلومة من على مسار البيانات . هناك خطان للتحكم بنفس الطريقة للتعامل مع بوابات الإخراج والإدخال . هناك أيضا خطوط المقاطعة Interrupt التى بها تتم مقاطعة أى برنامج يجرى تنفيذه وخطوط المسك HOLD التى بها يتم فصل البروسيسور عن المسارات لأغراض معينة .

عدد خطوط مسار العناوين	كمية الذاكرة التى يمكن التعامل معها
1	2 بايت
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64
7	128
8	256
9	512
10	1024 واحد كيلوبايت (1كب)
11	2 كب
12	4 كب
13	8 كب
14	16 كب
15	32 كب
16	64 كب
17	128 كب
18	256 كب
19	512 كب
20	1024 كب (1 ميجابايت ، 1مب)
21	2 مب
22	4 مب
23	8 مب
24	16 مب
25	32 مب
26	64 مب
27	128 مب
28	256 مب
29	512 مب
30	1024 مب (1 جيجابايت , 1 جب)
31	2 جب
32	4جب
33	8 جب
34	16 جب
35	32 جب
36	64 جب

جدول 2-3 عدد خطوط مسار العناوين وكمية الذاكرة

هذه الأطراف وغيرها سيأتى الكلام بالتفصيل عنها فيما بعد نظـــرا لأن عددهـــا وشكل الإشارة عليها يختلف من معالج لآخر . من أهم الأطراف التى يجـــب أن

نأخذ فكرة عنها هى طرف التزامن CLOCK وعلى هذا الطـــرف يتـــم إدخـــال نبضات كهربية بمواصفات معينة وتردد معين يحدد على حسب نـــوع شـــريحة المعالج . هذه النبضات CLOCK هى ساعة التوقيت الخاصة بالمعالج حيث يحدد زمن تنفيذ أى عملية يقوم بها المعالج بعدد معين من هـــذه النبضـــات يجـــب ألا تتعداه ، ولذلك فإن تردد هذه النبضات يعتبر خاصية من الخواص التى يعـــرف بها المعالج حيث بها أساسا تحدد سرعة المعالج . فى حالة المعالجـــات 8 بـــت يكون تردد التزامن CLOCK اثنين ونصف ميجاهرتز تقريبا قد تزيد أو تقل مـــن معالج لآخر . إن ذلك يعنى أن زمن النبضة الواحدة حوالى نصف ميكروثانيـــة تقريبا ، فإذا علمنا أن عملية جمع مسجلين مثلا تتم بعد 7 من هذه النبضات فـإن ذلك يعنى أن عملية جمع المسجلين ستتم فـــى زمـــن مقـــداره ثلاثـــة ونصـــف ميكروثانية ! ، فما بالك بالمعالجات التى تبلغ نبضات الساعة لـــها الآن 400 أو 500 ميجاهرتز . جدول 2-3 يبين عدد خطوط مسار العناوين ومسار البيانـــات فى بعض المعالجات ، وكذلك سنة ظهور كل واحد منها . هذا الجدول يبين أيضا كمية الذاكرة التى يمكن لكل معالج من هذه المعالجات أن يتعامل معـــها . يبيـــن الجدول أيضا تردد نبضات الساعة لكل معالج كمقياس لسرعة تنفيـــذ الأوامـــر . حاول دراسة هذا الجدول لتتبين التطور السريع فى بناء المعالجات .

رقم المعالج	سنة الظهور	عرض المسجلات	مسار العناوين	مسار البيانات	المدى العنواني	تردد نبضات الساعة
8080	1974	8 بت	16 بت	8 بت	64 ك بايت	2 م هرتز
8085	1976	8 بت	16 بت	8 بت	64 ك بايت	2 م هرتز
Z80	1977	8 بت	16 بت	8 بت	64 ك بايت	2-4 م هرتز
8086	1978	16 بت	20 بت	16 بت	1 م بايت	6-16 م هرتز
80186	1980	16 بت	20 بت	16 بت	1 م بايت	6-16م هرتز
80286	1982	16 بت	24 بت	16 بت	16 م بايت	12-20م هرتز
80386	1985	32 بت	24 بت	16 بت	16 م بايت	16-40م هرتز
80486	1989	32 بت	32 بت	32 بت	4 ج بايت	25-66م هرتز
Pentium	1993	32 بت	32 بت	64 بت	4 ج بايت	60-200م هرتز
Pentium Pro	1995	32 بت	36 بت	64 بت	64 ج بايت	150-200 م هرتز

جدول 2-3 معلومات عامة عن المعالجات التى سيتناولها هذا الكتاب

6-2 شرائح المعالجات ذات 8 بت
8 bit microprocessors

سندقق النظر فى هذا الجزء على تركيب شريحتين من شرائح الجيل الثانى من المعالجات وهى الشرائح Intel8085 و Z80 ولقد اختيرت هذه الشرائح بالذات لأنها هى الأكثر استخداما وكانت وما زالت الأسهل فى التعلم والأبسط فى التركيب والأنسب لتقديم فكرة المعالج وكيفية عمله وبرمجته للمتعلمين الجدد فى هذا المجال .

2-6-1 الشريحة Intel8085

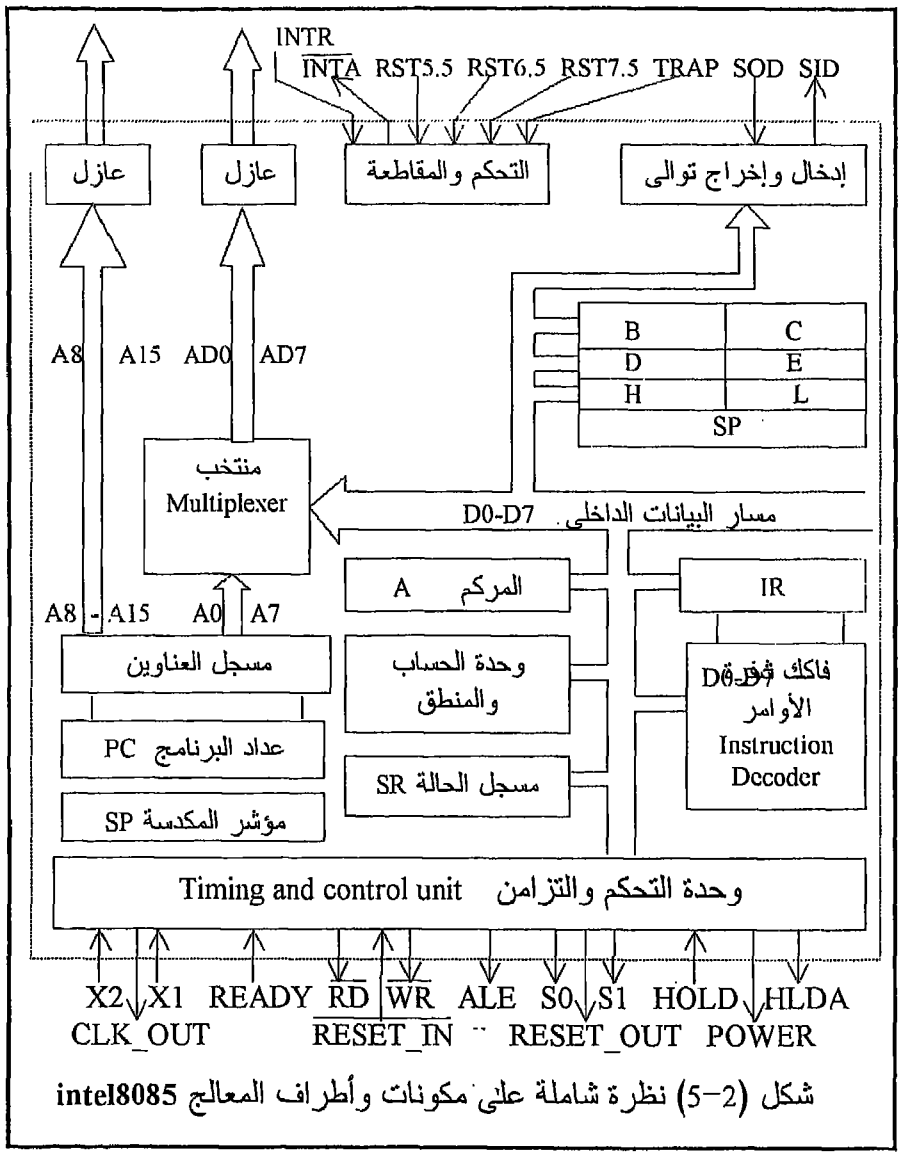
شكل (2-5) يبين المحتويات التفصيلية لشريحة المعالج 8085 ومن هذا الشكل يمكننا ملاحظة الآتى :

1. نلاحظ وجود الحد الأدنى من المسجلات والعدادات الذى ذكرناه من قبل وهو مسجل تراكم واحد A وعداد برنامج PC ومسجل ومشفر للأوامر IR ومسجل مكدسة SP ومسجل حالة SR بالإضافة لوحدة الحساب والمنطق وستة من المسجلات العامة .
2. لاحظ وجود مسجل للعناوين Address register وهذا المسجل 16 بت يحتوى عنوان أى مكان فى الذاكرة يراد التعامل معه . النصف العلوى من أى عنوان A15-A8 يخرج من مسجل العناوين إلى خارج الشريحة مباشرة من خلال عازل Buffer ، وأما النصف الأول A7-A0 فإنه يدخل أولا على مازج Multiplexer يقوم بدمج إشارة هذه الخطوط فى تتابع زمنى محدد مع الإشارة القادمة من مسار البيانات وإرسال الإشارتين على نفس الخطوط حيث تخرج إلى خارج الشريحة من خلال عازل أيضا . إن عملية المزج هذه التى يقوم بها المازج يقصد بها تقليل عدد أرجل الشريحة وأما كيفية فصل الإشارتين ثانية فسوف يتم الحديث عنه بالتفصيل فى فصل قادم .
3. عدد الأطراف الخارجة من الشريحة 40 طرفا سيأتى الحديث عن كل طرف وشكل الإشارة الموجودة عليه فى فصل قادم أيضا إن شاء الله . الخط المنقط فى شكل (2-5) عبارة عن حدود للشريحة يبين الأطراف الخارجة منها والتى من خلالها يتم الاتصال بين خارج الشريحة وداخلها . اتجاه السهم على هذه الخطوط يبين أيضا اتجاه الإشارة على كل منها إذا كانت داخلة للمعالج أم خارجة منه .

2-6-2 المعالج Z80

كما نلاحظ من شكل (2-6) فإن أساس تركيب الشريحة Z80 هو نفسه أساس تركيب الشريحة Intel8085 من حيث وجود المسجلات الأساسية مثل عداد البرنامج ومسجل ومشفر الأوامر ومسجل التراكم وعدد من المسجلات العامة

ووحدة الحساب والمنطق ووحدة التحكم والتزامن ، لكن كما ذكرنا من قبل دائما تكون هناك بعض الاختلافات عن هذا الأساس وتتمثل هذه الزيادات في حالة الشريحة Z80 فيما يلى :

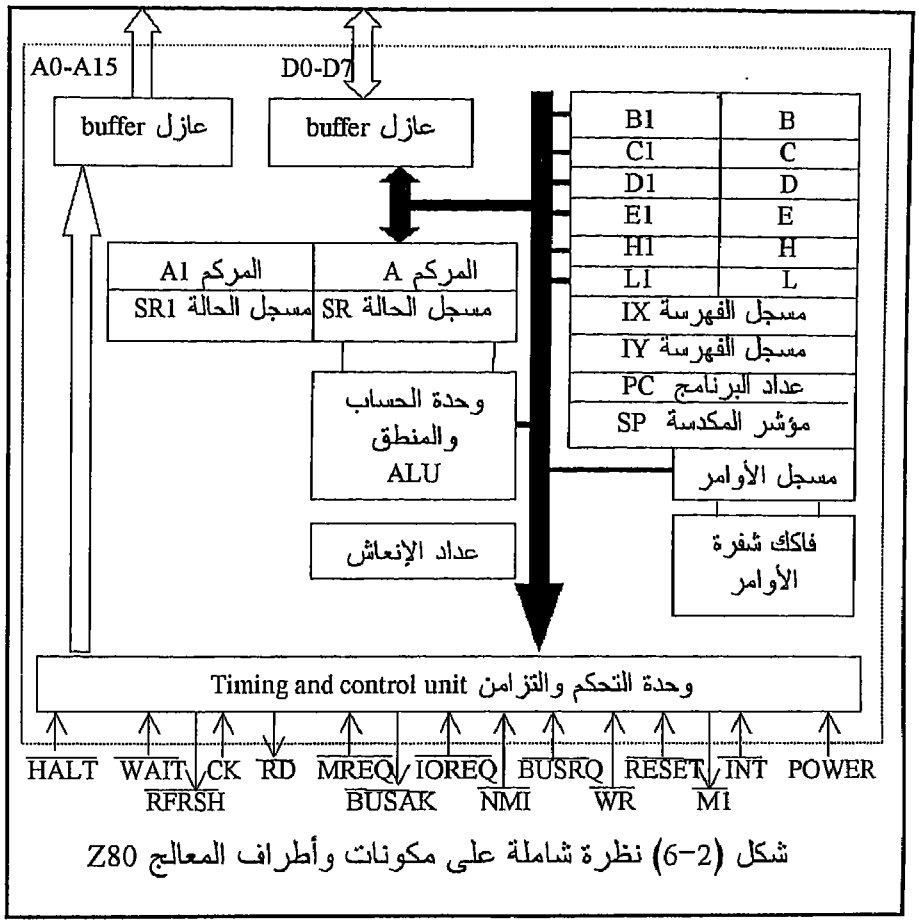


شكل (2-5) نظرة شاملة على مكونات وأطراف المعالج **intel8085**

1. معظم مسجلات الشريحة Z80 تم مضاعفتها فهناك مثلا مسجلين للتراكم A و A1 ومسجلين للحالة SR و SR1 وجميع المسجلات العامة تم مضاعفتها

أيضا كما هو موضح فى شكل (2-6) وذلك سيكون له ميزة عظيمة فى عمليـــة البرمجة كما سنرى .

2. تم زيادة المسجلين IX و IY وكل منهما 16 بت وهذان المسجلان يســتخدمان فى طرق مختلفة لعنونة الذاكرة كما سيتضح فيما بعد .



شكل (2-6) نظرة شاملة على مكونات وأطراف المعالج Z80

3. تم زيادة عداد إنعاش الذاكرة والذى يستخدم فـــى عمليـــة إنعـــاش الذاكـــرة الديناميكية لأنه كما نعلم فإن الذاكرة الديناميكية تحتاج دائما لعمليـــــة تجديـــد أو إنعاش أو إعادة تخزين لمحتوياتها بعد فترات زمنية محددة وإلا فإنها تفقدها بعـــد زمن مقداره بعض ميللثانية .

4. نظرة شاملة على الأطراف الخارجية للمعالج Z80 سنجد أن له عدد 40 طرفا لها تقريبا نفس الوظائف الخاصة بـــأطراف المعـــالج Intel8085 وإن اختلفـــت المسميات وسنعرف ذلك بالتفصيل عند دراسة الخواص والوظائف المختلفة لكـــل

طرف . الخط المنقط فى شكل (2-6) عبارة عن حدود للشريحة يبين الأطـراف الخارجة منها والتى من خلالها يتم الاتصال بين خارج الشريحة وداخلها . اتجـه السهم على هذه الخطوط يبين اتجاه الإشارة على كل منها إذا كانت داخلة للمعالج أم خارجة منه .

2-7 تـمـاريـن

1. اذكر المهام الأساسية التى من المفروض أن يقوم بها أى معالج ؟
2. لماذا يعتبر مسجل التراكم من أهم المسجلات فى المعالج ؟
3. كم عدد بتات مسجل التراكم فى المعالجات التى ندرسها فى هـذا الكتـاب ؟ ولماذا هذا العدد بالذات ؟ وماذا يحدث لو نقص هذا العدد أو زاد ؟
4. هل تصنف مسجل التراكم من المسجلات عامة الأغراض general purpose registers أم المسجلات خاصة الأغراضdedicated registers ؟
5. ما هى وظيفة عداد البرنامج PC ؟ وكم عدد بتاته ؟ ولماذا يرتبط عدد بتاتـه بعدد بتات مسار العناوين ؟
6. ماذا يحدث لو أن عدد بتات عداد البرنامج كان ثمانيـة بـدلا مـن 16 فـى المعالجات التى ندرسها ؟ وماذا يحدث لو أن هذا العدد كان 20 مثلا ؟
7. ما هى وظيفة مسجل الأوامر IR ؟ وكم عدد بتاته ؟ وهل يرتبط هذا العـدد بمسار البيانات data bus أم بمسار العناوين address bus ؟
8. ما هى وظيفة مسجل الحالة SR ؟ اذكر الأعلام الموجودة فى مسجل الحالـة للمعالج الذى تهتم بدراسته فى هذا الكتاب ، ومتى يكون كل علم من هذه الأعلام واحدا ومتى يكون صفرا ؟
9. هل مسجل الحالة ومسجل الأوامر وعداد البرنامج تصنف على أنها مسجلات عامة الأغراض أم خاصة الأغراض ؟
10. على ضوء المهام المنوطة بالمعالج ، هل تشعر أن أيا من المسجلات السـابقة يعتبر زائدا ويمكن الاستغناء عنه ؟
11. ما هى محتويات كل علم من الأعلام بعد إجراء العمليات التالية :

10101111	10101111	01101110	11011101
11110001 XOR	11110001 AND	00101111-	10011001+

12. هل يحتوى المعالج الذى تهتم بدراسته على مسجلات عامة الأغراض غـير مسجل التراكم ؟ أذكر هذه المسجلات ، وما فائدتها ؟ وهل يمكن الاستغناء عنها؟
13. وضح بالرسم تركيب المعالج الذى تهتم بدارسته ؟

14. الكلية التى ندرس بها فيها 200 عضوا هيئة تدريس ، مطلوب إعطاء شـــفرة ثنائية لكل واحد منهم ، وكم سيكون عدد بتات هذه الشفرة ؟ هذه الشفرة الثنائية ، هل يمكن التعارف على أنها بمثابة عنوان للشخص ؟

15. شفرة ثنائية مكونة من 5 بتات ، كم عدد العناوين التى يمكن تشـــفيرها بـــهذا العدد من البتات ؟

16. كم عدد الخطوط (البتات) فى مسار العناوين فى المعالج الذى تدرسه ؟

17. ما مقدار كمية الذاكرة التى يستطيع أن يتعامل معها هذا المعالج ؟

18. ما هو تأثير زيادة أو نقصان عدد الخطوط فى مسار العناوين لأى معالج ؟

19. لدينا 16 راكبا نريد نقلهم من مكان إلى مكان آخر باستخدام أتوبيس يســـع 8 ركاب فقط ، كم عدد المشاوير التى سيقوم بها الأتوبيس ؟ لو استخدمنا أتوبيـــس يسع 16 راكبا ويسير بنفس سرعة الأول ، كم سيكون عـــدد المشـــاوير؟ وأى الوسيلتين أسرع ؟

20. لو شبهنا الأتوبيس بمسار البيانات للمعالج ، وسعة الأتوبيس بعـــدد البتـــات (الخطوط) فى هذا المسار ، أيهما سيكون أفضل من حيث الســـرعة فـــى نقـــل المعلومات ، المعالج ذو 8 بتات أم ذو 16 بتا ؟