مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (27) العدد (1) 2005
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (27) No (1) 2005

# متطلبات التجهيزات الحاسوبية لتطبيقات الزمن الحقيقي

**الدكتور أحمد صقر أحمد ***

**( قبل للنشر في 2005/3/30)**

## □ الملخّص □

يقوم هذا البحث بدراسة لأهم المتطلبات الفيزيائية الحاسوبية المستخدمة في تطبيقات الزمن الحقيقي ،وذلك من خلال التعريف بحواسيب الأغراض العامة وأهم مكوناتها مثل وحدة المعالجة المركزية، وحدات التخزين،وحدات الدخل والخرج والمعالجات المتخصصة وغيرها من الخواص الأخرى التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند دراسة المكونات الفيزيائية لنظم الزمن الحقيقي.

كما يتطرق البحث على دراسة واجهات الملائمة للإشارات المختلفة المستخدمة في أنظمة التحكم باستخدام الحاسب الآلي وطرق التعامل معها مثل وحدات الملائمة للإشارات الرقمية والإشارات النبضية والإشارات التماثلية.

النقطة المهمة التي تم التركيز عليها هي تقنيات نقل المعلومات وعمليات الانتخاب والمقاطعة وحفظ واسترجاع السجلات أثناء عملية المقاطعة وآليات إدخال المقاطعة وآليات الاستجابة للمقاطعة والمقاطعة المتعددة المستويات والمقارنة بين تقنيات نقل المعلومات.

تم تقديم مفهوم مهم في الملائمة وهو توقيت إرسال البيانات ومراقبة الإرسال وأهمية قراءة وفهم المخططات الزمنية المتعلقة بزمن نقل المعطيات والتحكم به عن طريق CPU.

*أستاذ مساعد – قسم النظم والشبكات المعلوماتية– كلية الهندسة المعلوماتية – جامعة تشرين اللاذقية – سوريا.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (27) العدد (1) 2005
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (27) No (1) 2005

# Computer Hardware Requirements for Real- Time Applications

**Dr. Ahmad Saker Ahmad ***

**(Accepted 30/3/2005)**

## □ ABSTRACT □

This research studies the applied computer hardware requirements for real-time applications, through identifying the general purpose computers and its more important components such as CPU, storage devices, input / output devices and the other specification upon studying the hardware components for real time systems.

The research also deals with interfaces of different signals which are applied in control systems by using the computer methods dealing with it such as interfaces units for: digital signals, impulse signals and analog signals.

The important idea upon which attention is focused is data transfer techniques, polling, interrupts, saving and storing registers through out interrupts operation, interrupt input mechanisms, interrupt response mechanism, multi-level interrupts and comparison of data transfer techniques.

An important concept is put forward of interfacing which is the timing of the transferring data, the synchronization of transfer, and the importance of reading and understanding the timing diagrams which connected with data transfer and to control it via CPU.

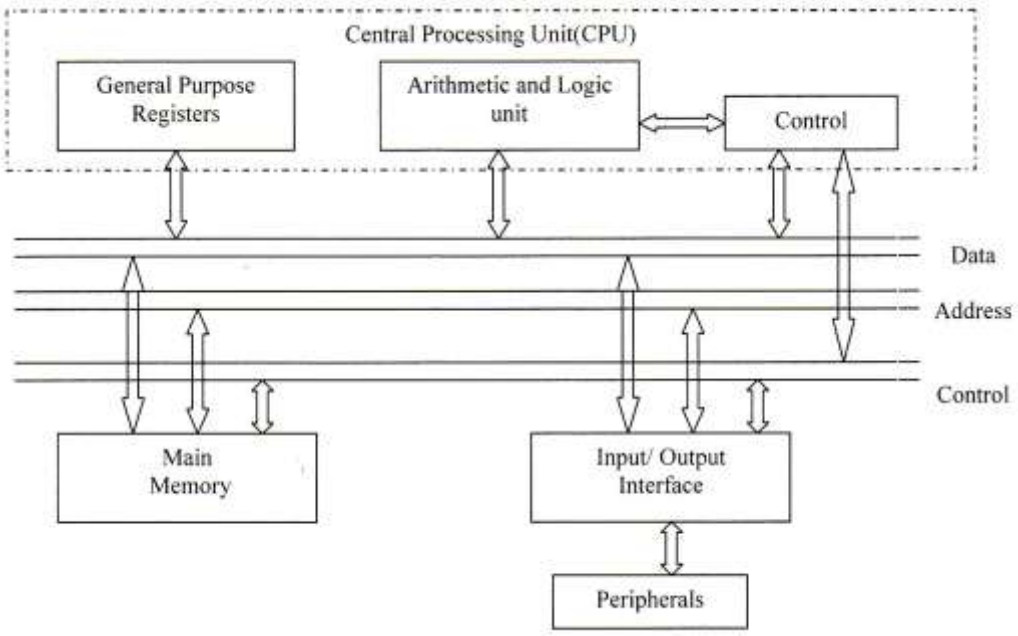
***Assistant Professor, Department Of Computer Network And Systems - Information Technology - Tishreen University, Lattakia, Syria.**

## مقدمة:

على الرغم من أن أي حاسب رقمي يمكن أن يستخدم للتحكم بتطبيقات وعمليات الزمن الحقيقي، لكنها ليست جميعها مهيأة لمثل هذا العمل على نفس الدرجة من السهولة. بشكل عام في الأنظمة التي تعتمد على الحاسوب يمكن أن يكون الحاسوب المستخدم ( microprocessor, microcomputer, specialized digital processor ) حيث أن specialized digital processor يتضمن معالجات الإشارة الرقمية السريعة fast digital signal processors والحواسيب المتوازية parallel computers ومعالجات RISC(Reduced Instruction Set Computers) التي تستخدم في التطبيقات الحرجة أمنيا .

## حواسيب الأغراض العامة:

تتسم الحواسيب المستخدمة في نظم التحكم بأنها قابلة للتعديل فهي تزود بوسائل لإضافة وحدات إضافية – بشكل خاص أجهزة الدخل/الخرج – إلى وحدة أساسية .إن قدرات هذه الوحدة الأساسية والتي تتحدد بـ(قوة المعالجة، سعة التخزين، عرض حزمة الدخل / الخرج، وبنية المقاطعات ) هي التي تحدد الأداء الكلي للنظام يعبر الشكل ( 1 )عن وحدة أساسية لحاسوب رقمي متعدد الأغراض [ 1 ].




**الشكل (1) يبين وحدة أساسية لحاسوب رقمي**

إن أقنية الدخل/ الخرج في حاسوب تحكمي مهمة أيضا، حيث توفر وسائل الاتصال بين الحاسوب وعملية إدارة الآلات وكذلك أجهزة الدخل والعرض المتوفرة للمعامل. لا تكون الأجهزة عادة متصلة مباشرة بل عن طريق وحدات ملاءمة وكذلك من المهم أن تملك القدرة على الاتصال مع الحواسيب الأخرى حيث أن العديد من أنظمة التحكم بالحاسوب الحديثة تستخدم عدة حواسب مرتبطة .

**1- وحدة المعالجة المركزية:**

تتكون وحدة المعالجة المركزية من: وحدة الحساب والمنطق(ALU)، وحدة التحكم (CU)، ومسجلات الأغراض العامة. تحتوي الـ ALU على الدارات الضرورية لتنفيذ العمليات الحسابية والمنطقية ( لجمع الأعداد، الطرح، المقارنة )، قد ترتبط بها وحدات أخرى لتزود بعمليات الضرب والقسمة للأعداد ذات الفاصلة الثابتة أو الفاصلة العائمة في حواسيب أكثر قوة. تستخدم مسجلات الأغراض العامة للتخزين المؤقت لنتائج العمليات أثناء المعالجة. كانت الحواسيب الأولى تحتوي على عدد محدود جدا من المسجلات العامة لذلك كانت هناك حاجة دائمة للدخول إلى الذاكرة الرئيسة. أما الآن فان معظم المعالجات تحتوي على العديد من المسجلات حتى أن بعض الأنظمة الضخمة تمتلك حتى الـ 256 مسجل فانه من أجل معظم العمليات الحسابية تخزن النتائج المرحلية ضمن المعالج دون الحاجة إلى الدخول إلى الذاكرة الرئيسة، وتتحقق معالجة أسرع. أما وحدة التحكم CU فهي تراقب باستمرار سير العمليات داخل المعالج، تقوم بجلب التعليمات من الذاكرة الرئيسة، فك ترميز التعليمات، تجهز مسارات المعطيات ودورات الساعة لتنفيذ التعليمات [ 1 ].

خصائص الـ CPU التي تحدد قوة المعالجة المتوفرة هي: ( طول كلمة المعالج، مجموعة التعليمات، طرق العنونة ، عدد المسجلات معدل نقل المعلومات، بنية المقاطعات ) .

إن طول الكلمة للمعالج مهم لتأمين الدقة في الحسابات وتؤمن الدخول إلى مساحة واسعة من الذاكرة الرئيسية ضمن تعليمة واحدة، ويمكن تحقيق ذلك مع طول كلمة قصير باستخدام multiple word operations، مع العلم أن هذا على حساب الزيادة في الزمن اللازم للعمليات.

مجموعة التعليمات الأساسية مهمة في تحديد الأداء الكلي، حيث يمكن تحديد ( أنماط عنونة مرنة للعنونة المباشرة والفورية، أنماط العنونة النسبية، تعديل العنوان باستخدام مسجلات الفهرسة، تعليمات لنقل المعطيات بأطوال مختلفة بين وحدات التخزين أو ضمن المواقع في الذاكرة، أوامر مفردة لتنفيذ تعليمات متعددة ).

هذه الخواص تقلل من عدد التعليمات اللازمة لعمليات إدارة الأجهزة وتأمينها وكذلك يقلل من متطلبات التخزين والسرعة الكلية للعملية بتقليل عدد مرات الدخول إلى الذاكرة الرئيسية اللازمة لتنفيذ العمليات. إن استخدام مجموعة تعليمات شاملة وقوية يجعل من البرمجة في لغة التجميع أصعب ولذلك من الأفضل برمجة النظام باستخدام لغة عالية المستوى تملك مترجما مصمما للاستخدام الأمثلي للمميزات الخاصة لمجموعة التعليمات.

هناك عامل آخر يجب أخذه بعين الاعتبار عند اختيار حاسب للتحكم وهو معدل نقل المعلومات ضمن المعالج وكذلك بين المعالج ووحدات التخزين ووحدات الدخل/الخرج. إذا فان معدل النقل وقابلية تنفيذ التعليمات على التوازي مع معالجة البيانات وقابلية الاتصال مع عدد كبير من الأجهزة يمكن أن تكون حاسمة في تطبيق عملية التحكم، ومن المتطلبات الأساسية أيضا بنية مقاطعة متعددة المستويات ومرنة وكافية.

**2- وحدة التخزين:**

يقسم التخزين المستخدم في أنظمة التحكم بالحاسوب إلى قسمين: التخزين سريع الوصول والتخزين المساعد.

-التخزين سريع الوصول: هو ذلك الجزء من النظام الذي يحتوي على المعطيات والبرامج والنتائج قيد المعالجة. التقييد الرئيس للحواسب الحالية هو بشكل عام حدود العنونة للمعالج، بالإضافة إلى الـ RAM. يوجد الآن ROM وكذلك EPROM لتخزين التوابع المسبقة التعريف.

- إن استخدام الـ ROM سهّل مشكلة حماية الذاكرة لمنع فقدان البرامج عند حصول عطل في التغذية أو في البرمجيات (يمكن أن يكون هذا مشكلة جزئية خلال الاختبار). هناك بديل لاستخدام الـ ROM وهو استخدام تقنيات تخطيط الذاكرة والتي تمنع التعليمات التي تكتب في منطقة محظورة من الذاكرة. تستخدم هذه التقنية في الأنظمة الضخمة والتي تستخدم نظام إدارة الذاكرة لينظم عناوين البرنامج في مساحة العنونة الفيزيائية.

**3- التخزين المساعد:**

بشكل عام قرص صلب أو شريط مغناطيسي. تؤمن هذه الأجهزة تخزين المعطيات والبرامج التي لا نحتاجها بشكل دائم بكلفة أخفض بكثير من ذاكرة الوصول السريع. وتكون التكلفة أزمنة وصول أطول والحاجة لواجهات ملائمة وبرمجيات للاتصال مع الـCPU. كما أن هذه الأجهزة تعمل بشكل غير متزامن مع المعالج لذلك يجب الانتباه عند اختيار تقنية نقل البيانات المناسبة بين ذاكرة المعالج ذات الوصول السريع والذاكرة المساعدة. إن استخدام المعالج من اجل النقل غير مرغوب فيه في أنظمة الزمن الحقيقي لأنه يبطئ المعالج كما انه لا يمكن تنفيذ أية عملية أخرى خلال ذلك. ومن اجل الكفاءة في النقل من الأفضل نقل كتل كبيرة من المعطيات بدلا من نقل كلمة مفردة أو بايت وهذا يجعل الـ CPU غير متوفر ربما لبضع ثواني في بعض الأحوال، لذلك تستخدم تقنية الدخول المباشر إلى الذاكرة فان متحكم واجهة ذاكرة التخزين يجب أن يكون قادرا على التحكم بممرات المعطيات والعناوين.

**4- الدخل / الخرج:**

إن واجهة الدخل/الخرج من الأجزاء الأكثر تعقيدا في نظام الحاسب، وذلك بسبب التنوع الكبير في الأجهزة الواجب وصلها بالإضافة إلى التنوع الكبير في معدلات نقل البيانات. بالإضافة إلى انه يمكن أن تتطلب الأجهزة طرق نقل تسلسلية أو تفرعيه، التحويل من تمثيلي إلى رقمي وبالعكس، أو التحويل إلى نبضات.

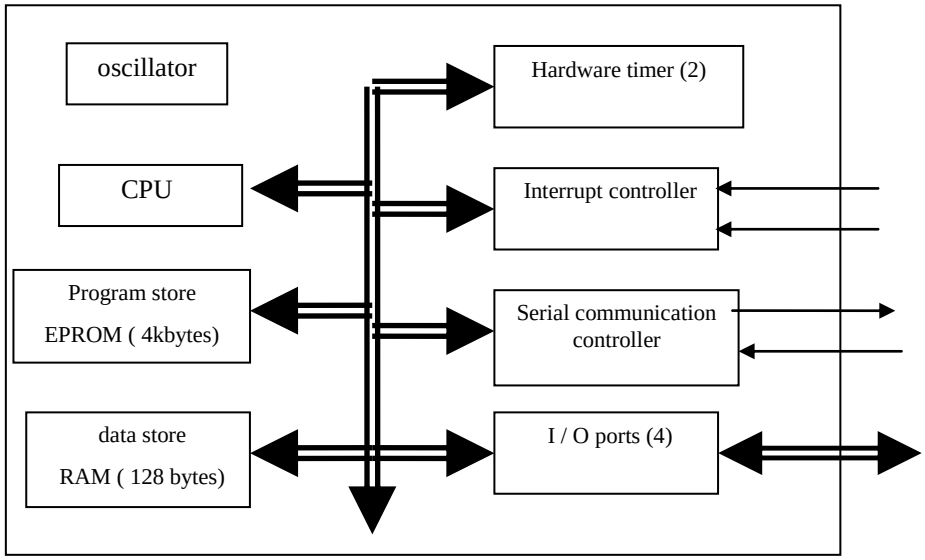
**5- بنية الممر:**

يمكن تصنيف الممرات بثلاثة طرق ( البنية الميكانيكية (الفيزيائية)، البنية الكهربائية، البنية الوظيفية). حسب البنية الميكانيكية (الفيزيائية) فالممر عبارة عن مجموعة من النواقل والتي تحمل الإشارات الكهربائية، مثلا المسارات على لوحة دارة مطبوعة أو الأسلاك في كابل، فالبنية الفيزيائية للممر تعبر عن الخواص الميكانيكية لنظام الممر. أما الخواص الكهربائية للممر فهي:مستويات تحميل الإشارة، ونمط بوابات الخرج. الخواص الوظيفية تصف نمط المعلومات التي تجسدها الإشارات الكهربائية التي تتدفق عبر نواقل الممر. يمكن تقسيم خطوط الممر إلى ثلاث مجموعات وظيفية ( خطوط العناوين، خطوط المعطيات، خطوط التحكم والحالة)، ويمكن وصفها بعبارات (أين، ماذا، ومتى )، فخطوط العناوين تزود بالمكان الذي سترسل إليه المعلومات ( المكان الذي سيتم الحصول عليها منه ) أما خطوط المعطيات فتحمل المعطيات، بينما تقرر خطوط التحكم والحالة زمن إرسالها.

**6- الحواسب والمتحكمات الوحيدة الشريحة:**

العديد من مصنعي الدارات المتكاملة تنتج حواسيب ميكروية حيث تكون جميع العناصر الضرورية من اجل حاسوب كامل مزودة على الرقاقة الالكترونية نفسها. يمثل الشكل (2) جهاز نموذجي وحيد الرقاقة، وذلك مع EPROM صغيرة و RAM أصغر، حيث أن هذا النمط من الأجهزة مصمم من أجل الأنظمة البسيطة ويمكن توسيع الذاكرة باستخدام شرائح ذواكر إضافية. تستخدم المتحكمات الميكروية في تطبيقات التحكم بالحواسيب الضخمة. الفرق الأساسي بينها وبين Microcomputers يكمن في وجود ADC وشكل من أشكال الخرج على

الشريحة (وحدة تعديل عرض النبضة على سبيل المثال )، وقد تحتوي الشريحة أيضا على مولد نبضات في الزمن الحقيقي ومؤقت حماية Watch-dog [ 1 ].




**الشكل (2) يبين جهاز نموذجي وحيد الرقاقة**

**7- المعالجات المتخصصة:**

طورت المعالجات المتخصصة لهدفين رئيسين ( التطبيقات الحرجة أمنيا وسرعة الحسابات المتزايدة ). من أجل التطبيقات الحرجة أمنيا استخدمت مجموعة تعليمات RISC. الفائدة من تبسيط مجموعة التعليمات هي إمكانية التحقق (باستخدام براهين رياضية) من أن منطق المعالج صحيح. الفائدة الأخرى من آلة RISC هي سهولة كتابة مجمعات ومترجمات لمجموعة التعليمات ( مثال عن هذه الآلة هو VIPER ) .

**8- الحواسيب المتوازية:**

طورت عدة أشكال لبنى الحواسيب التفرعية، يمكن تقسيمها كواحد من ثلاثة أصناف:

SIMD: Single Instruction Multiple Data
MISD: Multiple Instruction Single Data
MIMD: Multiple Instruction Multiple Data

أنظمة الـ MIMD هي الصنف الأقوى من الحواسيب التفرعية حيث أن كل معالج ينفذ برنامج مختلف على معطيات مختلفة، وكل رقاقة تحوي على CPU، ذاكرة داخلية، واجهة ذاكرة خارجية، وارتباطات للاتصال بينها وبين الشرائح الأخرى. يمكن استخدام إحدى الشرائح كجهاز حاسوبي قائم بذاته.

## واجهات الملائمة التي تعتمد على العملية:

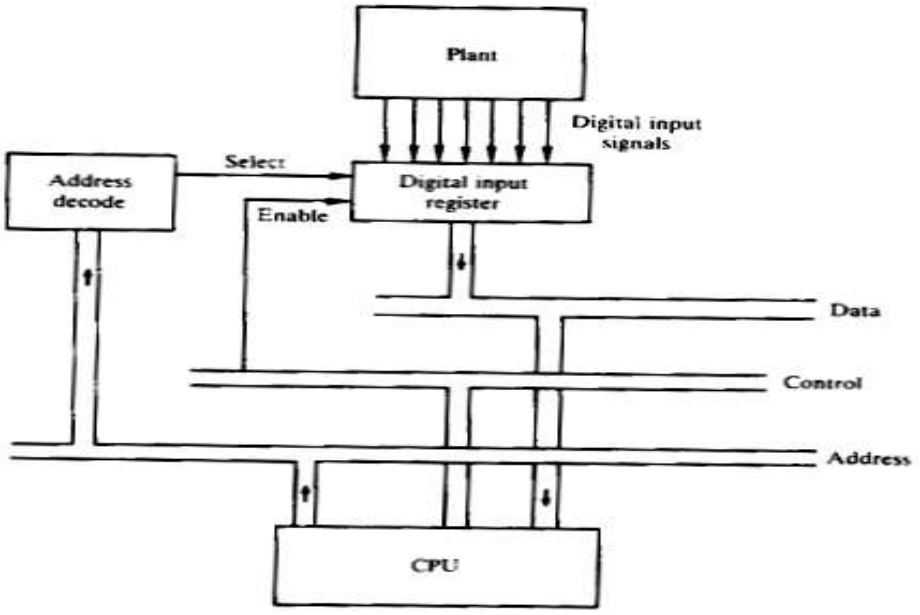
يمكن أن تأخذ الأدوات المرتبطة بالعملية تنوعا واسعا من الأشكال، فمثلا استخدام المزدوجة الحرارية لقياس الحرارة، وقياس معدلات التدفق، وفتح صمام و..... في كل هذه العلميات هناك حاجة لتحويل كمية رقمية (على شكل نموذج بتات في كلمة حاسب) إلى كمية فيزيائية أو تحويل كمية فيزيائية إلى نموذج بتات. إن تصميم واجهة

ملائمة لكل نوع محدد من الآلات ليس جيدا أو اقتصاديا لذلك فنحن نبحث عن أشياء مشتركة بينها.لكن يمكننا تلخيص أنواع الإشارات المستخدمة بما يلي :( كميات رقمية، كميات تمثيلية، النبضات ومعدل النبضات، التحكم عن بعد ) [ 2 ].

إن القدرة على تصنيف متطلبات وحدات الملائمة إلى الأصناف السابقة تعني أن عددا محدودا من الواجهات يمكن تزويدها لحاسب عملياتي. الترتيب الشائع هو استخدام العديد من بطاقات الملائمة والتي يمكن إضافتها إلى النظام لتشكيل الهيكلية المناسبة ليتم التحكم بالعملية. على سبيل المثال: من أجل عملية ما عدد كبير من القياسات لدرجات الحرارة ربما تحتاج إلى العديد من لوحات الإدخال التمثيلية.

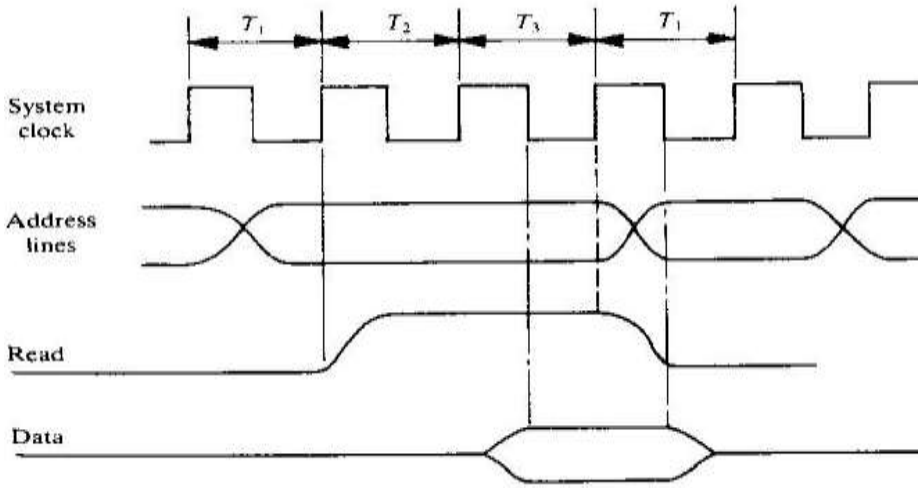
**1- واجهات الملاءمة للإشارات الرقمية**

يبين الشكل (3) واجهة إدخال رقمية بسيطة، يفترض أن خرج المنبع إشارات منطقية تظهر على الخطوط المتصلة بمسجل الدخل الرقمي، يتم عادة نقل كلمة واحدة في الوقت نفسه إلى الحاسب، فإن مسجل الدخل الرقمي سيكون لديه العدد نفسه من خطوط الدخل كعدد البتات في كلمة الحاسب. المستويات المنطقية على خطوط الدخل ستكون 0v و5v. لقراءة الخطوط المتصلة بمسجل الدخل الرقمي، على الحاسب أن يضع عنوان المسجل على خطوط العناوين ويتطلب ذلك دارة فك تشفير في وحدة الملاءمة لاختيار مسجل الدخل الرقمي، بالإضافة إلى إشارة Select هناك إشارة Enable، ويمكن التزود بها من الإشارة read من ممر التحكم للحاسب، فإن ( Digital input register(DIR يمكن بواباته للخرج ويضع المعطيات على خطوط المعطيات للحاسب. من أجل أن تعمل خطوط المعطيات بشكل مناسب يجب أن يصل DIR بواباته للخرج إلى ممر المعطيات عندما تفعل فقط ( select and enable) [ 2 ].




**الشكل (3) يبين واجهة إدخال رقمية بسيطة**

إذا اتصلت في أي وقت آخر فإنها تحرف المعطيات الموجهة إلى أجهزة أخرى، يتم التحكم بزمن نقل المعطيات عن طريق الـ CPU، يبين الشكل (4) مثالا عن ذلك.

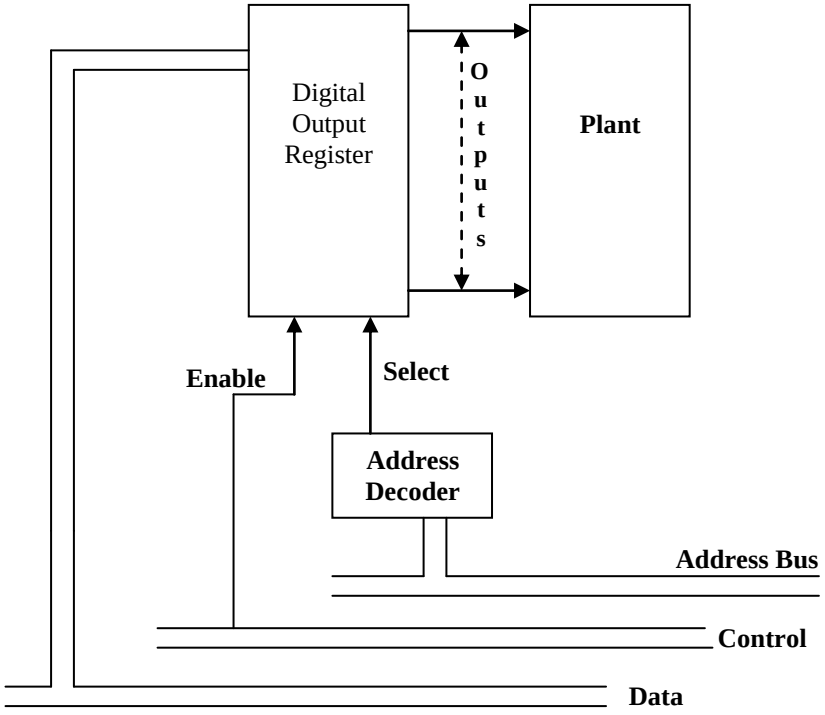



**الشكل ( 4 ) يبين التحكم بزمن نقل المعطيات عن طريق الـ CPU**

في هذا النظام يفترض أن النقل يتطلب ثلاث دورات من ساعة النظام تسمى T1, T2, T3. تبدأ خطوط العناوين بالتغير في بداية T1 ويجب أن تكون متوفرة عند بداية T2، وكذلك عند بداية T2 يفعل خط الـ read. من أجل عملية قراءة ناجحة يقوم DIR بتزويد معطيات مستقرة عند الحافة الهابطة للساعة عند T3، ويجب أن تبقى المعطيات على خطوط المعطيات حتى نهاية الجبهة الهابطة للنبضة التالية. لاحظ أن الزمن الحقيقي الذي يستغرقه نقل المعطيات من خطوط المعطيات إلى الـ CPU قد يكون أقل بكثير من الزمن الذي تكون خلاله المعطيات متوفرة.

يبين الشكل (3) نظاما يزود بالمعلومات فقط عند الطلب من الحاسب ولا يمكنه إخبار الحاسب أن المعلومات في حالة انتظار. هناك العديد من الحالات يكون فيها من المفيد إخبار الحاسب بتغيير حالة خطوط الدخل. ولفعل ذلك نحتاج إلى خط حالة يستطيع الحاسب فحصه، أو يمكن استخدامه عن طريق مقاطعة.

يبين الشكل (5) واجهة خرج رقمية بسيطة، الخرج الرقمي هو أبسط أنواع الخرج، وكل ما نحتاج إليه هو مسجل يستطيع حمل خرج المعطيات من الحاسب لمنع المعطيات في المسجل من التغير عندما تتغير المعطيات على خطوط المعطيات، ويجب أن يستجيب هذا المسجل فقط عندما تتم عنونته. تستخدم إشارة enable لإخبار الجهاز أن المعطيات مستقرة على خطوط المعطيات ويمكن قراءتها. يجب أن يكون المسجل قادرا على تلقي المعطيات خلال فترة قصيرة من الزمن( أقل من 1 m sec)، ويكون خرجه عبارة عن مجموعة من المستويات المنطقية عادة 0v إلى 5v، وفي حال كانت هذه المستويات غير كافية لتشغيل المسجلات على المنبع عندئذ نحتاج إلى محول إشارة [1].




**الشكل (5) يبين واجهة خرج رقمية بسيطة**

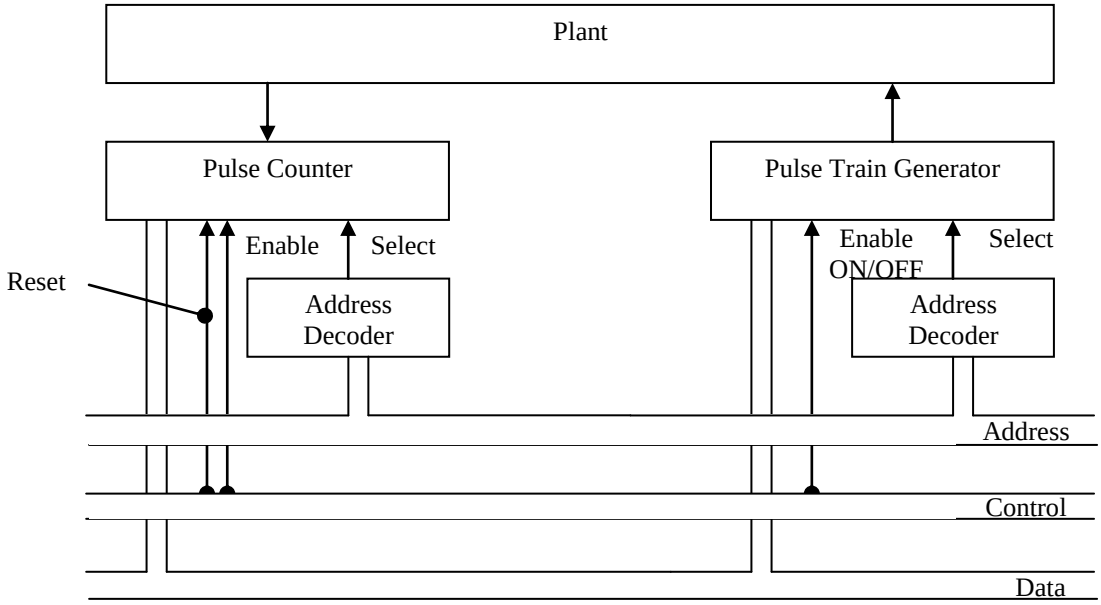
يمكن استخدام واجهات الدخل/خرج الرقمية الموصوفة سابقا لتستقبل معطيات BCD من الآلات، حيث أنها أجهزة دخل/خرج رقمية متوازية. يمكن لجهاز دخل رقمي (بـ 12 bit) أن ينقل 4 أرقام BCD إلى الحاسب. ونظرا لأن عملية الدخل / خرج الرقمي مطلوبة بشكل دائم، ينتج العديد من مصنعي المعالجات الصغرية دارات تكاملية مزودة بمثل هذه الوحدات.

**2- وحدة ملائمة نبضية :**

تتألف وحدة الملائمة للدخل النبضي من عداد يرتبط بخط من المنبع، يتم تعيين العداد تحت تحكم البرنامج وبعد زمن ثابت تتم قراءة محتوياتها من قبل الحاسب. ويبين الشكل (6) واجهة دخل / خرج نبضي. إن عملية نقل المعطيات من العداد إلى الحاسب تستخدم تقنيات مشابهة لتلك (في الدخل الرقمي). وإن قياس طول الزمن الذي يستغرقه العد يمكن تحقيقه إما عن طريق دارة منطقية في واجهة العداد أو عن طريق الحاسب. في حال تم عن طريق الحاسب عندها يجب أن تقوم إشارة Enable بمنع عداد النبضات .

يمكن أن يأخذ الخرج النبضي أحد الأنواع الآتية:

- **سلسلة من النبضات بامتداد ثابت** :يقوم الحاسب بتفعيل أو إلغاء تفعيل مولد النبضات، أو يحمل مسجلا بعدد النبضات المطلوب نقلها. يمكن استخدام نظام من هذا النوع للتحكم بحركة محرك.
- **نبضة مفردة بطول متغير :** يقوم الحاسب برفع أو تخفيض خط منطقي، وبالتالي يرسل نبضات بطول مختلف إلى المنبع، أو يحمل مسجلا ما بعدد يدل على طول النبضة المطلوب، يستخدم عادة للتحكم بالصمامات.
- **تعديل عرض النبضة** : سلسلة من النبضات مختلفة العرض ترسل عند تردد ثابت.




**الشكل (6) يبين واجهة دخل / خرج نبضي**

الدخل إلى المؤقت يكون عادة مولد نبضات دقيق مستمر والذي قد يعمل بتردد ثابت أو أنه مبرمج ليعمل في مجال من الترددات. تبرمج الوحدة إما باستخدام مفاتيح خارجية أو أوامر ترسل إلى الحاسب، وتستخدم المؤقتات لتحدد الزمن الأعظمي المسموح للاستجابة من جهاز خارجي.

حالة خاصة هو مؤقت الحراسة الذي يستخدم عادة في عملية التحكم بالحاسب. يصفر المؤقت في فواصل زمنية ثابتة ( عادة عندما يدخل نواة نظام التشغيل) إذا كان time out فإنه يخبر أنه لسبب ما فإن نواة نظام التشغيل لم تدخل في الوقت المناسب ربما كان بسبب عطل مادي، أو بسبب المقاطعات. يمكن استخدام المؤقت كساعة زمن حقيقي

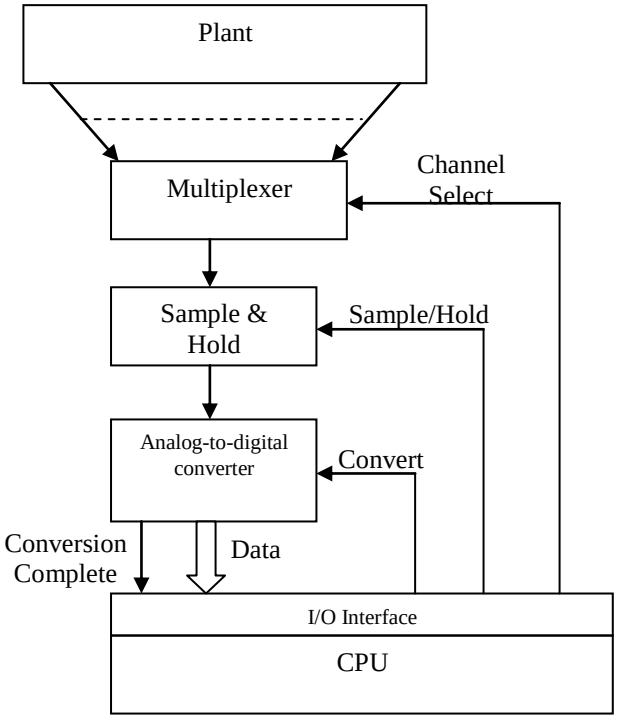
**3- وحدات الملائمة التماثلية:**

لتحويل من تمثيلي إلى رقمي يتضمن خطوتي التقطيع والتكميم. إن معدل التقطيع ضروري للتحكم بالعملية. يبين الشكل (7) العديد من محولات تمثيلي / رقمي متضمنة /ماسك العينة/. زمن التقطيع لهذه الوحدة أقصر بكثير من زمن التقطيع المطلوب للعملية، تستخدم هذه الوحدة لمنع حدوث تغيير في الكمية المقاسة عند تحويلها إلى كمية متقطعة [2].

لكي تعمل واجهة الدخل التمثيلي، ينتج الحاسب إشارة start أو sample، بشكل عام نبضة قصيرة (1 mic s)، عندها تقوم ADC بتفعيل sample – hold إلى sample لفترة زمنية قصيرة، وبعدها تبدأ عملية التكميم. يمكن أن تستغرق هذه العملية من بضع mic s إلى عدة m s، عند إتمام التحويل ترفع ADC إشارة ready أو Complete والتي تستخدم من قبل الحاسب أو تستخدم لتوليد مقاطعة.

من أجل أنظمة أبسط تستخدم إشارة وحيدة لاختيار القناة والتي تدع الناخب ينتقل إلى القناة التالية ويتم تقطيع الأقنية بالتسلسل. ترتيب معقد أكثر هو التزويد بطريقة اختيار عشوائية للقناة بوصل دخل عنوان القناة إلى خطوط المعطيات للحاسب فإن تسلسل الأحداث يكون كالآتي: ***أولا:*** اختيار القناة.. ***ثانيا:*** إرسال أمر بداية التحويل وبعدها

الانتظار من أجل عنوان القناة التالية، خلال الفترة التي يتم فيها تكميم الدخل السابق. تستخدم هذه التقنية أيضاً بشكل مستمر مع reed-relay حيث تحتاج إلى تأخير للسماح لزمن الإشارات بالثبات بين اختيار القناة والتقطيع.




**الشكل (7) يبين محولات تمثيلي / رقمي متضمنة /ماسك العينة/**

## تقنيات نقل المعطيات:

هناك العديد من الخواص التي تتعلق بنقل المعطيات من الواجهة إلى الحاسب، تتصف معظم الواجهات بأنها تعمل بشكل متزامن مع الحاسب وأنها تعمل بسرعات أقل. يعرف التحكم المباشر بأجهزة الملاءمة عن طريق الحاسب بـ"النقل المبرمج" وهي تتضمن استخدام المعالج وتوفر مرونة عالية للعملية، لكنها غير كافية بسبب الاختلاف في السرعة بين المعالج ومعظم أجهزة الملاءمة. لذلك تم استخدام DMA كبديل، حيث تجهز متطلبات النقل من قبل برنامج التحكم ولكن نقل المعطيات يحدث بشكل مباشر بين الجهاز والذاكرة دون إقلاق المعالج .[3]

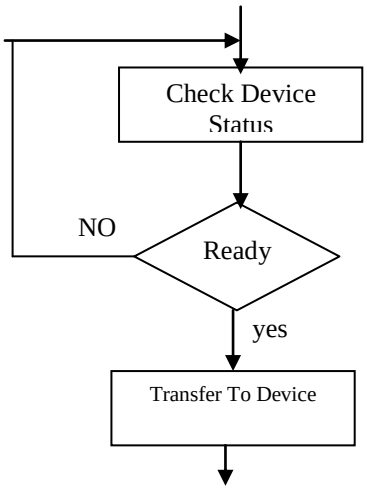
إن المشكلة الأساسية في نقل المعطيات هي "التوقيت"، ويمكن القول أنه في النقل المبرمج يستطيع الحاسب أن يقرأ أو يكتب في أي وقت إلى الجهاز وهذا ما يعرف بالنقل غير المشروط. من أجل بعض أجهزة الخرج، مفاتيح، أضواء متصلة بواجهة خرج رقمية أو من أجل DACs يكون النقل غير المشروط ممكنا لأنها جاهزة دائماً لاستقبال البيانات، أما من أجل أجهزة أخرى، الطابعات، وقنوات الاتصال والتي لا تصل سرعتها إلى سرعة الحاسب ومع ذلك فيجب أن تستقبل سلاسل معطيات دون أن تفقد أياً منها، عندها لا يمكن استخدام النقل غير المشروط. يجب أن يكون الحاسب متأكداً من أن الجهاز في حالة جاهزية لاستقبال المعطيات، لذلك يحتاج إما إلى حلقة زمنية لتحقيق التزامن أو استخدام النقل المشروط. يمكن أن يستخدم النقل المشروط للدخل الرقمي وليس للدخل

النبضي أو التماثلي، بينما يستخدم النقل غير المشروط لقراءة القيمة الرقمية لإشارة تمثيلية أو قيمةآلة رقمية، لذلك يجب استخدام ترميز Gray أو شكل آخر من أشكال الترميز الرقمي لتجنب احتمال حدوث أخطاء.

**1-الإنتخاب ( Polling ):**

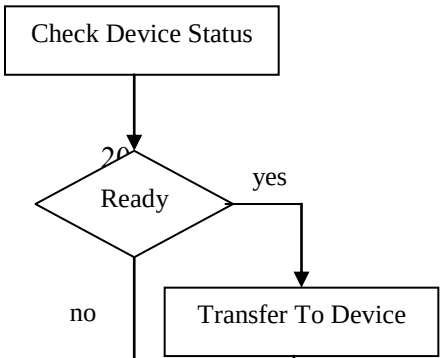
يبين الشكل (8) مثالاً بسيطاً عن النقل المشروط، بفرض أن المعطيات تنقل إلى طابعة تعمل بسرعة 40 cps سيفحص الحاسب الجهاز كل 25 ms وتستغرق التعليمات الثلاث التي تقوم بذلك تقريباً 5 µsec (الوقت الحقيقي يعتمد على سرعة الحاسب) وبالتالي فإن الاختبار سيتم تنفيذه 5000 مرة من أجل كل محرف، وهذا يعني أنه سيضيع 99.98% من الزمن على الاختبار و0.02% على عمل مفيد [3,4].

يمكن استخدام حلقة زمنية كبديل لخط حالة على الواجهة ويمكن توليد تأخير بتحميل رقم على المسجل وإنقاص هذا الرقم حتى يصل إلى الصفر. للتأكد من أنه لا يتم نقل قبل أن يكون الجهاز جاهزا، يجب أن يكون التأخير في الحلقة أكبر بقليل من التأخير الأعظمي المتوقع في الطرفية، وهكذا فإن هذه الطريقة هي أيضا ليست جيدة لأنها تستغل وقت المعالج (هي فقط تقلل من كلفة الواجهة).




**الشكل (8) يبين مثالاً بسيطاً عن النقل المشروط**

هنالك بدائل للنقل المشروط، والتي تسمح للحاسب القيام بعمل مفيد في حال كان الجهاز مشغولا موضحة في الشكل (9). يتم في هذه الطريقة فحص الجهاز فيما إذا كان جاهزا. في حال الإيجاب يتم النقل وإلاّ فإن الحاسب يتابع عمله ويعود بعد فترة ليفحص الجهاز.تستخدم هذه التقنية لتجنب الانتظار، لكنها تحمّل المبرمج مسؤولية ترتيب البرنامج حيث يتم فحص جميع الأجهزة في فترات زمنية ثابتة.



**الشكل (9) يبين حالة الجهاز المشغول**

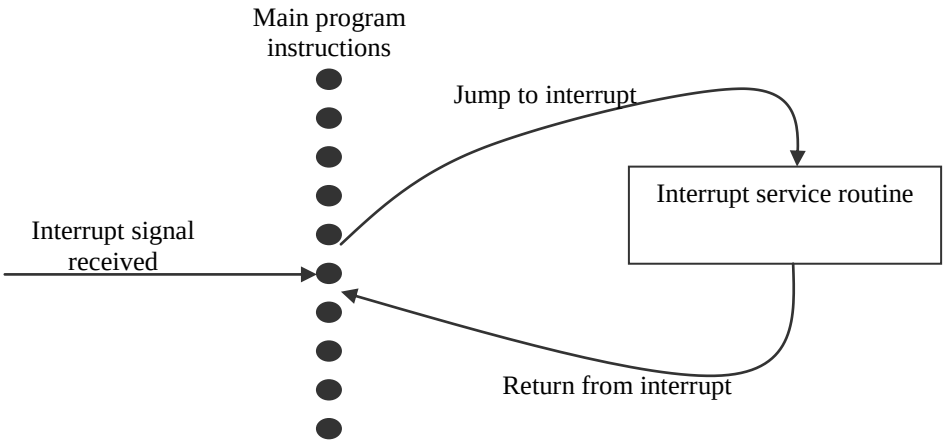
تقنيات العمل المشروط تتضمن الـ polling والتي تستخدم الحاسب لمعرفة جاهزية الجهاز لنقل المعطيات. مشاكل الـ polling هي استخدام الانتظار المشروط، والذي يمكن تجنبه إذا كان الجهاز قابلا لاستقبال المقاطعات.

2- **المقاطعات:**

المقاطعة هي الآلية التي يمكن فيها لجريان البرنامج أن يتوقف مؤقتاً ليسمح لبرنامج خاص بالعمل، عندما تنتهي هذه الإجرائية يُستأنف البرنامج الذي تم تعليقه مؤقتاً. يشرح الشكل (10) هذه العملية [4].

تشكل المقاطعات أساس العمل السليم لمعظم أنظمة الزمن الحقيقي، بالإضافة إلى أنها تقدم حلاً للانتظار المشروط conditional wait فهي تُستعمل أيضاً لـ:

- ساعة الزمن الحقيقي *Real-time clock*:يقوم جهاز ما خارجي بإصدار إشارة على فترات زمنية منتظمة، ويقوم بإجراء خدمة المقاطعة بعدّ هذه الإشارات وضبط الساعة.
- الإنذار *Alarm inputs*: تستعمل حساسات متنوعة لإحداث تغيير ما في بيئة منطقية عند حدوث إنذار. وبما أن هذه الإنذارات غير متكررة بكثرة، إلا أنها قد تكون بحاجة إلى زمن استجابة سريع، ولذا فإن استعمال المقاطعة يؤمن حلاً فعالاً لذلك.
- التحكم اليدوي *Manual override*: يمكن أن يسمح استعمال المقاطعة بالتحكم خارجياً بالنظام مما يسمح بالصيانة والإصلاح.
- كشف أعطال الأجهزة *Hardware failure indication*:يمكن إعلام المعالج بإخفاق أحد الأجهزة أو وحدات الملاءمة عن طريق استعمال المقاطعة.




**الشكل (10) يبين حالة المقاطعة**

- التصحيح *Debugging aids*: تستعمل المقاطعات كثيراً لوضع نقاط توقفbreakpoints أو تتبع traces في البرنامج أثناء اختباره.
- نظم التشغيل *Operating systems*:تستعمل المقاطعات في الدخول السري إلى نظام التشغيل قبل انتهاء شريحة زمنية ما.
- الإنذار بضياع الطاقة *power failure warning*: يمكن ببساطة أن يتضمن نظام الحاسب دارة تقوم بسرعة كبيرة بكشف ضياع الطاقة في النظام وتصدر إنذاراً قبل عدة ميلي ثوان من أن يصبح ضياع الطاقة هائلاً ويؤدي إلى توقف النظام عن العمل. إذا وصلت هذه الدارة إلى المقاطعة تأخذ الأولوية الأعلى من كل العمليات الأخرى في الحاسب بالتالي سيكون هناك وقت كافٍ لتنفيذ بضعة تعليمات يمكن أن تكون كافية لإيقاف النظام بشكل نظامي.

**3- حفظ واسترجاع المسجلات:**

بما أن المقاطعة قد تحدث عند أي نقطة من البرنامج، فيجب أخذ الحذر مسبقاً لمنع الكتابة فوق المعلومات التي تُحفظ مؤقتاً في مسجلات المعالج. تقوم جميع المسجلات تلقائياً بحفظ محتويات عداد البرنامج program counter وهذا أمر أساسي. إذا لم تُحفظ المحتويات فإن العودة إلى نقطة حدوث المقاطعة من البرنامج غير ممكنة،و لكن بعض المسجلات تفعل أكثر من ذلك عن طريق ( تخزين محتويات المسجلات في منطقة معينة من الذاكرة، تخزين المحتويات في مكدس الذاكرة، استعمال مجموعة مسجلات مساعدة ) [5].

إن استعمال الحفظ الآلي للمسجلات المستعملة هو طريقة فعالة إذا استعملت كل المسجلات، وغير فعالة إذا كان مسجل واحد أو اثنان فقط سيستعمل من قبل إجراء المقاطعة. لهذا السبب يقتصر استعمال الحفظ الآلي على المعالجات التي تحتوي على بضعة مسجلات قليلة في المعالج، وتزود الأنظمة ذات المسجلات العديدة بخيار لحفظها أو عدم حفظها. يجب طبعاً استرجاع حالة الجهاز عند الخروج من إجرائية المقاطعة، ويتم ذلك بشكل أمامي straightforward في جميع الطرق ما عدا تلك التي تستخدم المكدس لحفظ المسجلات، في هذه الحالة

تسترجع المسجلات بترتيب معاكس للترتيب الذي حُفِظت فيه. النظم التي تؤمن حفظ آلي تؤمن أيضاً استرجاع آلي عند الخروج من المقاطعة.

فيما يلي مثال عن هيكلة إجرائية خدمة المقاطعة:

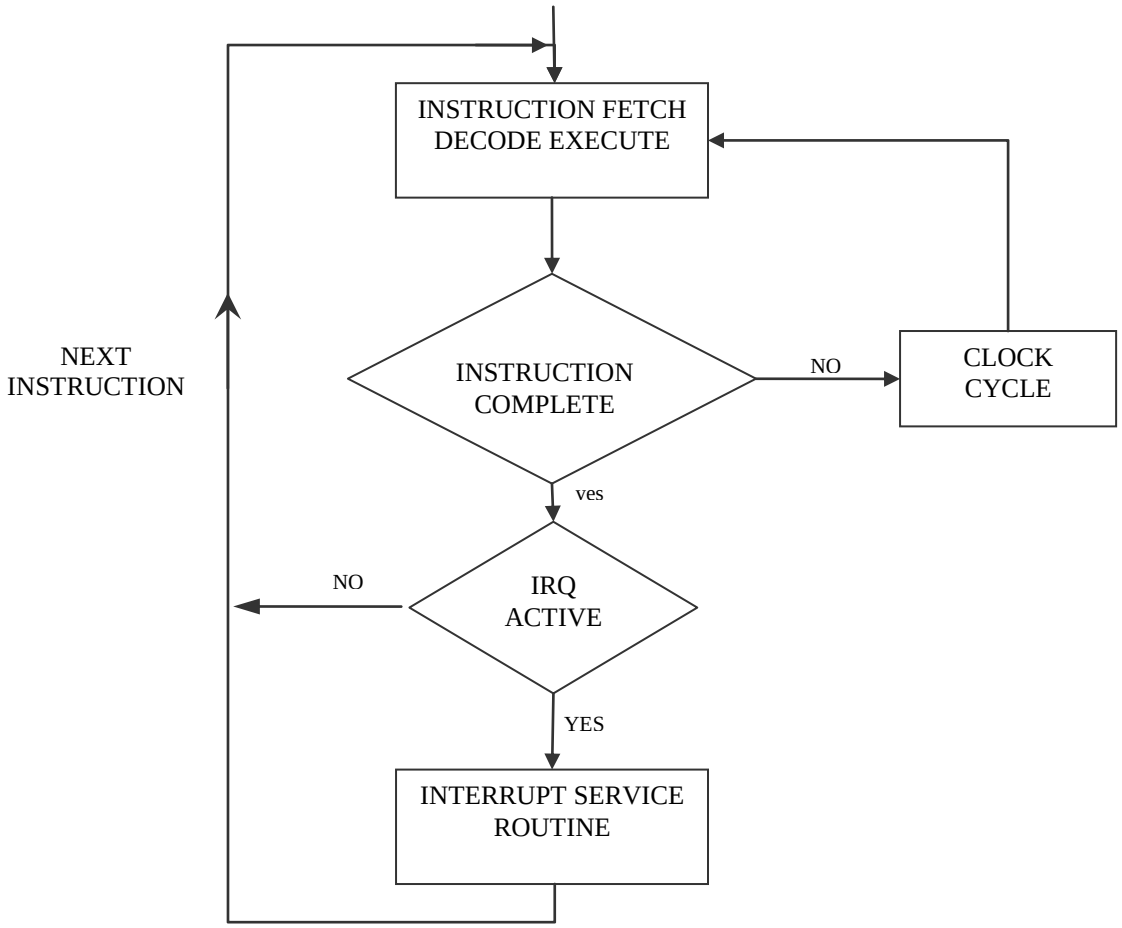
```
INT: CALL SAVREG        ; SAVREG is routine which saves
                        ; working registers
;
; Code for interrupt handling is inserted here
;
      CALL RESREG       ; RESREG is routine which restores
                        ; working registers
       EI               ; enable interrupts
       RETI             ; return from interrupt routine
```

الإجرائية السابقة مناسبة للأنظمة التي تكون مقاطعاتها لا تسمح بالمقاطعة،و هكذا فإن تعليمة EI التي تقوم بتمكين المقاطعات لا تنفذ قبل العودة من المقاطعة تماماً. يجب معالجة عملية العودة من إجرائية المقاطعة بحذر لمنع الآثار غير المرغوب فيها. مثلاً: لا تقوم التعليمة EI بإعادة تمكين المقاطعات إلا بعد تنفيذ التعليمة التي تليها مباشرةً، وهكذا فباستعمال التركيبة EI\RETI لا تستطيع المقاطعة المنتظِرة pending interrupt أن تباشر تأثيرها إلا بعد اكتمال العودة من المقاطعة السابقة. فرضنا في هذا المثال أن المعالج يعطّل المقاطعات تلقائياً عند الإعلام بمقاطعة ما وتبقى معطلة إلى أن تنفذ التعليمة EI [5].

## آليات إدخال المقاطعة:

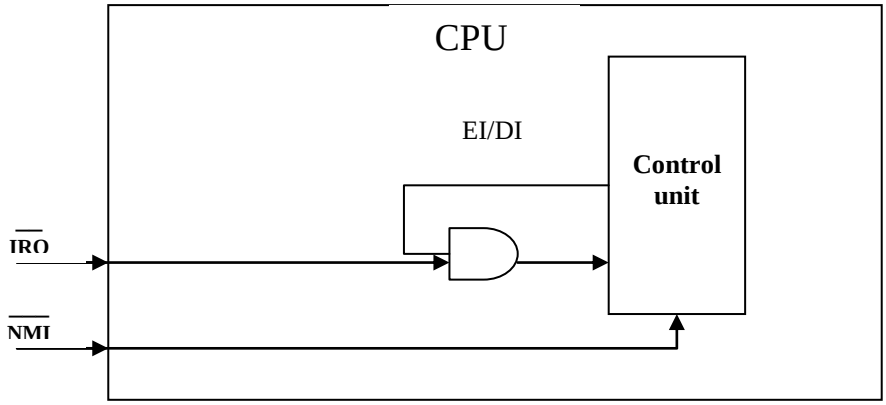
يوضح الشكل (11) شكلاً بسيطاً لإدخال المقاطعة. يقوم المعالج CPU خلال كل تعليمة بتفحص الخط IRQ، إذا كان فعالاً فهذا يدل على وجود مقاطعة ويتم دخول إجرائية خدمة المقاطعة،إذا لم يكن فعالاً تجلب التعليمة التالية ويتم تكرار الحلقة. لاحظ أن التعليمة الواحدة تتطلب أكثر من نبضة ساعة واحدة CPU Clock cycle وأن خط المقاطعة يُفحص فقط بين التعليمات. وبما انه قد تمر عدة نبضات بين الفحص المتتالي لخط المقاطعة، فيجب أن يتم تخزين إشارة المقاطعة وأن يتم إلغاؤها فقط بعد إرسال إشعار باستلامها Acknowledgment. [6] .

هناك تنسيق شائع بأن يوجد خطان للمقاطعة كما في الشكل (12)، أحد هذين الخطين IQR، يمكن تفعيله وتعطيله بواسطة البرمجيات وهكذا يستطيع الحاسب العمل في وضع لا يمكن فيه للأحداث الخارجية إزعاج عملية المعالجة. خط المقاطعة الآخر لا يمكن تعطيله بواسطة البرمجيات ولذا يسمى " بالمقاطعة غير القابلة للحجب" non-maskable interrupt (NMI)، يستعمل عادة للكشف عن المقاطعات الناتجة عن انقطاع الطاقة.




**الشكل (11) يبين شكلاً بسيطاً لإدخال المقاطعة**

مع أن معظم المعالجات الحديثة تملك خط مقاطعة واحد أو اثنان فإنه يمكن وصل عدد كبير من المقاطعات بواسطة بوابة or، وعند ذلك تظهر مشكلة تحديد أي من خطوط المقاطعة الخارجية العديدة هو الذي ولد المقاطعة للمعالج [6].




**الشكل ( 12 ) يبين خطي المقاطعة**

**1- آليات الاستجابة للمقاطعة:**

يستجيب المعالج للمقاطعات بطرق مختلفة، وفيما يلي بعض أكثر هذه الطرق شيوعاً :

- إرسال التحكم إلى عنوان معين يكون عادة على شكل تعليمة call (استدعاء).
- تحميل مؤشر البرنامج program counter بقيمة جديدة من مسجل معين أو عنوان ذاكرة.
- تنفيذ تعليمة استدعاءcall ولكن لعنوان يعطيه النظام الخارجي.
- استعمال إشارة خرج interrupt acknowledgment لجلب تعليمة من جهاز خارجي.

تميل الطريقتان الأولى والثانية إلى الناحية البرمجية حيث أنها تتطلب القليل من المعدات الخارجية وتعتمد بدلاً من ذلك على البرمجيات لتحديد مصدر المقاطعات وإجرائية الخدمة الملائمة، بينما تميل الطريقتان الثالثة والرابعة إلى الناحية العتادية من حيث أنها تحتاج إلى المزيد من المعدات الخارجية لكنها تستطيع تحديد مصدر المقاطعة وإرسال التحكم مباشرة إلى إجرائية خدمة المقاطعة المناسبة.

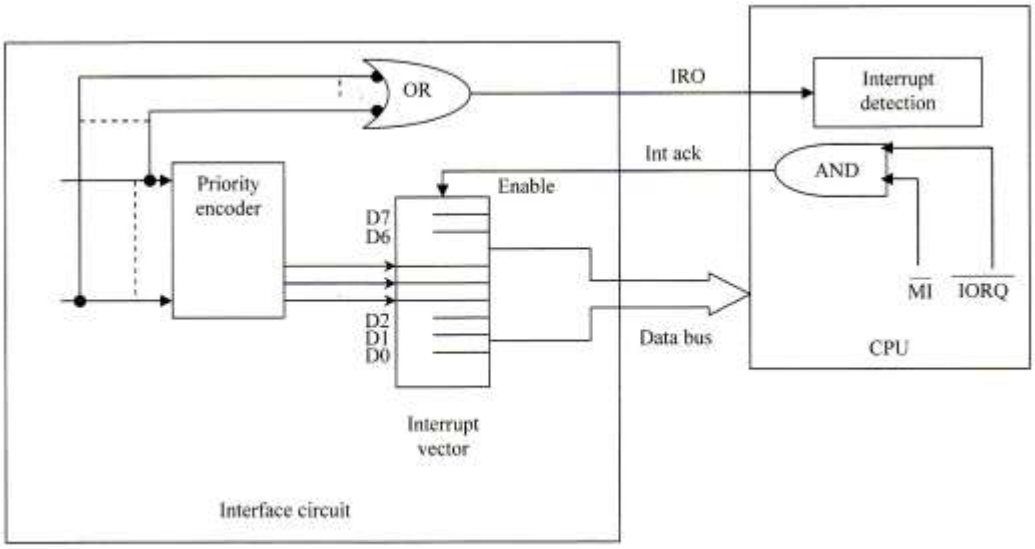
في الطريقة الثانية يخزن عنوان إجرائية الاستجابة للمقاطعة في موقع ذاكرة محدد، يسمى هذا العنوان هنا بموجه المقاطعة interrupt vector أو بموجه استجابة المقاطع interrupt response vector. حالما يكشف عن حدوث مقاطعة يعطى التحكم لإجرائية الاستجابة ويجب أن يتم الاستفتاء polling لتحديد الجهاز الذي سبب المقاطعة.

إن استعمال الاستفتاء في نظام المقاطعة يملك ميزة تفوق نظام الاستفتاء العادي وهي ضمانة أنه هناك واحد من المداخل على الأقل يكون فعالاً، لكنه من الواضح أنه ليس بالنظام الكافي إذا كان هناك عدد كبير من الأجهزة التي يجب تفحصها.

**2- المقاطعات الموجهة فيزيائياً:**

إن الطريقتين الثالثة والرابعة بحاجة لاستعمال نوع من المقاطعة الموجهة البنية vectored interrupt structure لتحديد الجهاز الذي أصدر المقاطعة. كما تحتاج إلى آلية تحكم بين المصادر الممكنة للمقاطعة لتمنع تفعيل الخط IRQ من عدة مقاطعات في نفس الوقت. تتطلب عملية التحكم هذه تعيين الأولويات للمقاطعات المختلفة. هناك تنسيق يستعمل كثيراً وهو السلسلة daisy chain، وفيه تنشر إشارة acknowledgment عبر الأجهزة إلى أن يتم إيقافها من قبل الجهاز الذي أصدر المقاطعة [7,8].

يمكن تحديد أولوية المقاطعة بواسطة دارات ترميز المقاطعة priority encoder circuits (الشكل(13)).في هذا النظام تؤدي المقاطعة التي تحدث على أي خط إلى تفعيل الخط IRQ وتضع رمزاً من ثلاث بتات يحدد خط المقاطعة الفعال على ممر المعطيات. وفي حالة تفعيل أكثر من خط يقوم مرمّز الأولوية priority encoder بإعطاء رقم المقاطعة ذات الأولوية الأعلى، ويكون عادةً الخط ذو الرقم الأقل هو صاحب الأولوية الأعلى.



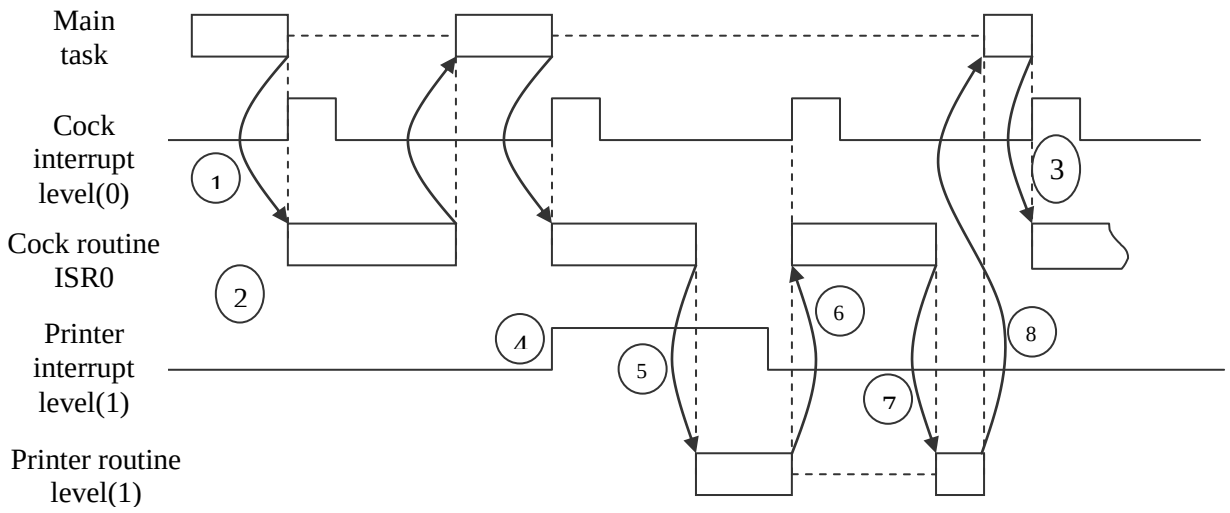

**الشكل ( 13 ) يبين أولوية المقاطعة بواسطة دارات ترميز المقاطعة**

**3- موجه استجابة المقاطعة:**

في النظم السابقة يمكن لموجه المقاطعة أن يكون بأشكال مختلفة: فقد يكون عبارة عن تعليمة، أو عنوان خدمة إجرائية المقاطعة، أو عنوان مؤشر إلى إجرائية خدمة المقاطعة، أو جزء من عنوان أو مؤشر إلى إجرائية خدمة المقاطعة.عادة ما تستخدم آلية مقاطعة يقوم فيها الجهاز المقاطِع بإعطاء عنوان الموقع الذي يخزن فيه مؤشر إلى بداية إجراء خدمة المقاطعة. وعندما يقوم جهاز ما بالمقاطعة فإنه يعطي ذلك العنوان ويقوم المعالج بتحميل مؤشر البرنامج بمحتويات موقع موجه المقاطعة وهكذا ينتقل تحكم المعالج إلى أول تعليمة في إجراء خدمة المقاطعة.

**4- المقاطعة المتعددة المستويات:**

في أغلب نظم الزمن الحقيقي تكون المقاطعة الوحيدة المستوى single interrupt level غير مرغوب فيها، حيث أن الهدف الكلي من المقاطعات هو الحصول على استجابة سريعة ولن يتحقق ذلك إذا كانت المقاطعات المنخفضة المستوى low priority interrupt تستطيع إيقاف المقاطعات ذات الأولوية العليا high priority. يبين الشكل ( 13 ) نموذجا لمقاطعات متعددة المستوى.

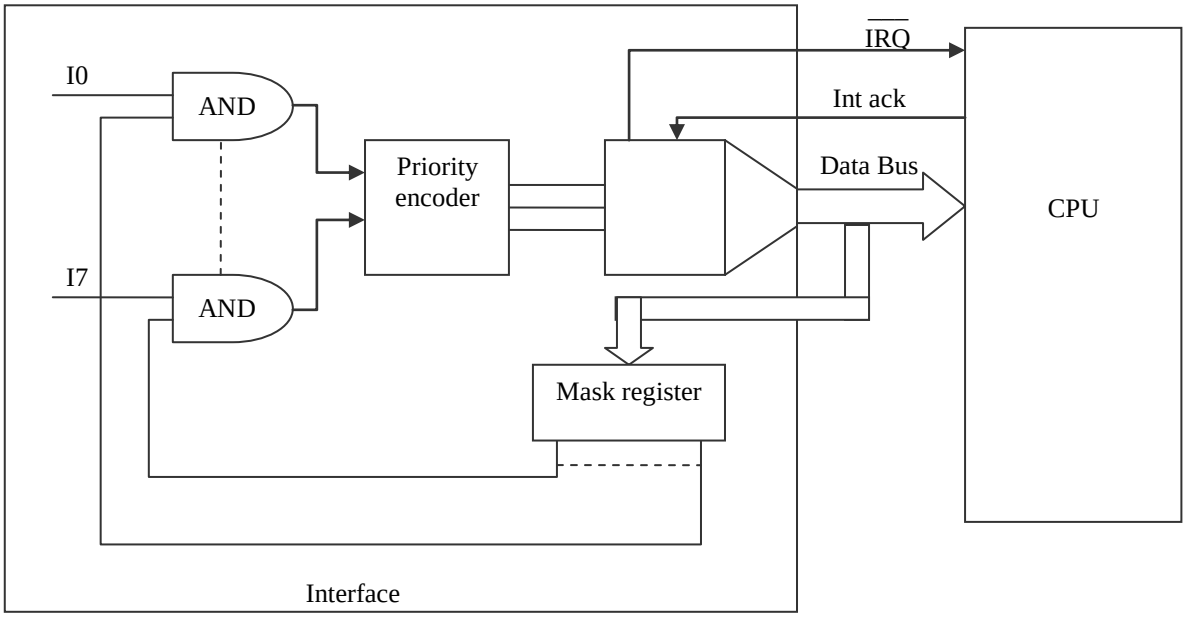



**الشكل ( 14 ) يبين المقاطعة عندما ينقل التحكم إلى إجرائية خدمة المقاطعة الخاصة بالساعة**

هناك برنامج تطبيقي ( أو مهمة رئيسة ) تتم مقاطعته خلال فترات زمنية منتظمة من قبل الساعة clock التي هي المقاطعة ذات الأولوية الأعلى (مستوى0). عندما تحدث المقاطعة ينقل التحكم إلى إجرائية خدمة المقاطعة الخاصة بالساعة (ISR 0) – ( التحولات 1 و2 و3 في الشكل(14)). أثناء تخديم مقاطعة الساعة، تصدر الطابعة طلب مقاطعة (4)، ولكن بما أن الطابعة ذات أولوية أخفض من الساعة، لا تتم معالجة مقاطعتها إلى أن تنتهي إجرائية الساعة ISR0. وبعد انتهائها، بدلاً من عودة التحكم إلى البرنامج الرئيس فإنه ينتقل إلى إجرائية خدمة الطابعة ISR1 (5)، ودون أن تكتمل إجرائية خدمة الطابعة قبل مقاطعة الساعة التالية، لذا فإنها تُعلّق suspend (6) بينما تعالج مقاطعة الساعة التالية. وعند انتهاء إجرائية الساعة تتم العودة إلى الطابعة (7)، وأخيراً، عندما تنتهي إجرائية الطابعة ISR تتم العودة إلى البرنامج الرئيس(8).

من الواضح أن إمكانية مقاطعة إجراء خدمة مقاطعة يجب أن تقتصر على المقاطعات ذات الأولوية الأعلى من الإجرائية التي تكون قيد التنفيذ. لتحقيق ذلك هناك بعض التسهيلات لحجب المقاطعات المنخفضة الأولوية. يتم هذا الحجب تلقائياً في نظام السلسلة daisy chain حيث يقوم الجهاز الذي يريد المقاطعة بوضع الخط IEO في الحالة low ومنع الأجهزة الأقل أولوية من الاستجابة للإشارةAcknowledge. ولكن في نظام السلسلة هذا، يكون على الجهاز أن يستقبل إشارة من ال CPU عند العودة من إجراء خدمة المقاطعة لكي يضع خطه IEO عند high وهكذا يسمح للأجهزة الأقل أولوية بالوصول إلى النظام.

تستعمل خطة بديلة وهي وجود ما يسمى بمسجل حجب mask register يأخذ قيمته من البرمجيات ويستعمل لمنع خطوط المقاطعة الأقل أولوية. الشكل (15) يظهر نظاما يستخدم مفكك ترميز للأولوية والتسلسل البرمجي مبين بالشكل (16). لاحظ أنه بنظام الحجب هذا mask system يمكن منع أي مقاطعة، وليس فقط تلك التي أولويتها منخفضة. ميزة هذا أنه مثلاً إذا حدثت مقاطعة أولويتها عالية وتم إصدارها بشكل مستمر بسبب عطل في المنشأ، حالما تكشف حالة الخطأ هذه سيكون من الأفضل إيقاف المقاطعة لمنع الحاسب من تمضية كل الوقت في تخديم المقاطعة.




**الشكل (15) يظهر نظاما يستخدم مفكك ترميز**

يبين الشكل /15/ وظيفة كاملة تنفذها إجرائية خدمة المقاطعة. الخطوة الأولى هي حفظ معطيات بيئة العمل ويجب أيضاً حفظ قيمة المسجل الحالية وإعطاء قيمة جديدة له. الآن يمكن تمكين المقاطعات وبدء الخدمة الفعلية للمقاطعة.

وعند انتهاء الخدمة يتم إلغاء تمكين المقاطعات، استرجاع القيمة السابقة لمسجل الحجب، واسترجاع بيئة العمل. لاحظ أن بعض أنظمة الكمبيوتر تقوم تلقائياً بتعطيل المقاطعات كافة ذات الأولوية المنخفضة وتلغي الحاجة لحفظ واسترجاع المسجلات.

## الوصول المباشر للذاكرة:

تستعمل عادةً ثلاث طرق:

طريقة الدفعات burst mode

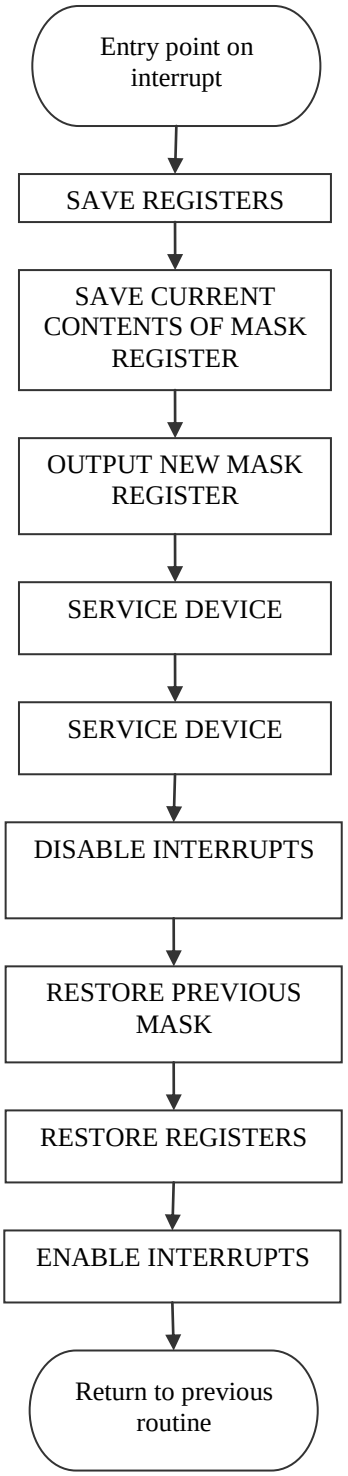
الطريقة الموزعة distributed mode

سرقة الدورات cycle stealing

–في الطريقة burst mode: يسيطر متحكم DMA (DMA controller) على الطريق العام للبيانات في الحاسب ويعطل المعالج CPU لفترة من الزمن اللازمة لإرسال 256 بايت (مثلاً) بين الذاكرة السريعة fast memory وذاكرة التخزينbacking memory، لكن هذه الطريق لها تأثير خطير على استجابة نظام الزمن الحقيقي للأحداث الخارجية ولذا فقد تكون غير مقبولة.

– في الطريقة distributed mode: يأخذ متحكم DMA دورات معينة من تحكم المعالج CPU ويستعمل كل دورة لإرسال بايت من المعلومات بين الذاكرة السريعة وذاكرة التخزين. إن فقدان هذه الدورات من الCPU يكون أمراً غير ملحوظ خارج نظم الزمن الحقيقي. ولكن في نظم الزمن الحقيقي التي تستعمل برمجيات ذات حلقات توقيت timing loops فإن فقدان هذه الدورات سيؤثر على الوقت المطلوب لإتمام حلقة التوقيت. لا ينتبه البرنامج إلى الدورات المستعملة من قبل متحكم DMA ولذلك سيتابع دورانه بنفس العدد من التعليمات، لكن الوقت المنقضي قد يبلغ 200 دورة بدلاً من المتوقع 100دورة .

– في الطريقة cycle-stealing: ترسل البيانات فقط خلال الدورات التي يكون فيها الـ cpu لا يستعمل ممر المعطيات data bus. وهكذا يتقدم البرنامج حسب المعدل الطبيعي له ولا يتأثر أبدا بإرسال البيانات، ولكن بالمقابل، هذه هي أبطأ طريقة للإرسال بين الذاكرة السريعة وذاكرة التخزين.




**الشكل (16)**

## مقارنة بين تقنيات نقل البيانات:

إن الاستفتاء polling سواء في حالة busy wait أو الفحص الدوري periodic checks تؤمن الطريقة الأبسط في نقل البيانات بالنسبة للمتطلبات البرمجية واختبار البرامج. تظهر نتائج المقاطعة في البرامج الأقل بنيوية less structured من البرامج التي تتضمن إرسال صريح للتحكم، حيث يكون احتمال إرسال التحكم متساو عند كل نقطة من البرنامج.

بما أن العديد من الأخطاء في نظم الزمن الحقيقي تعتمد على الوقت time dependent فإن هذه النظم تكون صعبة الاختبار. هنالك قاعدة بسيطة هي تفحص حدوث أخطاء دورية في جزء البرنامج الذي تتضمن المقاطعة. إن من الصعب توليد إجرائية اختبار ملائمة لأنظمة المقاطعة، فمن أجل اختبار صحيح يجب توليد نماذج مقاطعة عشوائية وإجراء تحليل دقيق للنتائج.

عند معدلات عالية لنقل البيانات لا تكون المقاطعات فعالة بسبب المتطلبات الزائدة في إجراء خدمة المقاطعة (حفظ واسترجاع معطيات البيئة)، ولذا غالباً ما تستعمل طريقة الاستفتاء. هناك خيار بديل عند معدلات النقل العالية هو استبدال المعدات الفيزيائية بالبرمجيات للتحكم واستعمال تقنيات الوصول المباشر للذاكرة.

## الخلاصة:

قدم هذا البحث نظرة واضحة لبعض أساسيات العتاد الصلب المتعلقة باستعمال الحاسب في تطبيقات التحكم. ركّزنا على الأفكار الأساسية وليس على معالجات محددة. لكي تصمم نظام تحكم يستخدم الحاسب ضمنياً يجب الإحاطة بمعرفة مفصلة عما ستستعمله تحديداً من microcomputer ,microprocessor، أو microcontroller. وبشكل خاص يجب أن تفهم بالتفصيل ملائماتها interface وأين يتوفر مجال عملها من أجل معالج معين. إذا كنت تريد اختيار الجهاز المناسب فأنت بحاجة لفهم الخصائص الهامة لانتشار الأجهزة على نطاق واسع.

إن الطريق إلى الفهم والخوض في تعقيدات المعدات الصلبة المتوفرة هو التفكير في الطبقات أو البنى الهرمية. أعطينا مثال عن ذلك في هذا البحث عند وصف بنية الممر، جزأنا المناقشة إلى خصائص فيزيائية وكهربائية ووظيفية. مثال آخر هو النموذج الذي تبنته ISO في نموذج الاتصالات OSI، حيث أن التفاصيل التي لا يطلبها المستوى الأعلى تكون مخفية في المستوى الأدنى، وهذا النموذج سيطبق على البرمجيات، وسيخفي التفاصيل غير المرغوب فيها في وحدات البرمجيات الأقل مستوى.

هناك مفهوم مهم في الملاءمة هو توقيت إرسال البيانات ومزامنة الإرسال. المخططات الزمنية المبينة في الشكل (14 ) مهمة ويجب أن تكون قادراً على قراءة وفهم مثل هذه المخططات.

# REFERENCES:

••••••••••••••••••••••••••••

1- Stuart Bennett. Real-Time computer control, Prentice Hall International Series in systems and control Engineering, 1994.
2- Shem-Tov Levi,Ashok K.Agrawala.Real-Time System design ,McGraw-Hall Publishing company, 1990.
3- Goldsmith, S., A practical guide to Real -Time System Development, Prentice Hall, Englewood cliffs ,1993.
4- www.retailrealtime.com/mretail.htm
5- www.retailrealtime.com/templates
6- www.computer.org/proceedings/rtas/7448/74480019abs.htm
7- www.1st-real-time-stock-market-search-engine.com
8- www.realtimerendering.com