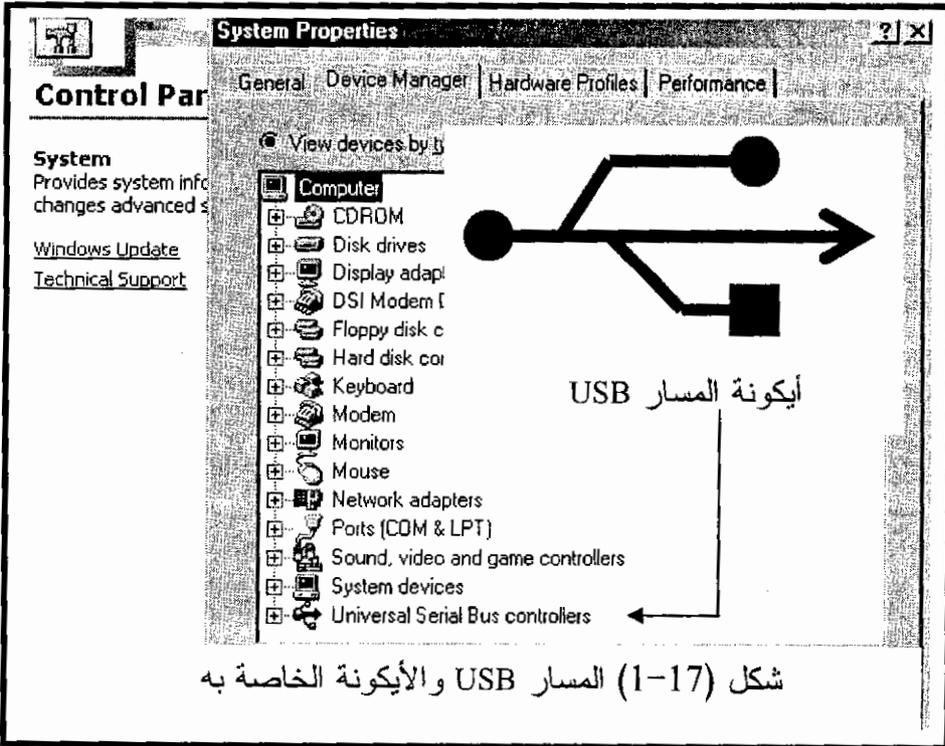


# 17 الفصل السابع عشر

المسار المتوالى العام  
Universal Serial Bus, USB

## 1-17 مقدمة

**المسار التوالى العام USB** هو مسار خارجى للحاسب تم تصميمه بواسطة العديد من شركات الحاسب وأولهم هى شركة intel ، ولقد عرض هذا المسار فى الأسواق وأتيح للاستخدام سنة 1996 . فى البداية كان معدل نقل البيانات على هذا المسار 12 ميجابت فى الثانية (12Mbps) ، وهذا المعدل الآن وصل إلى 480Mbps فى الإصدار الثانى من هذا المسار . هذا المسار يستطيع التعامل مع عدد من الأجهزة الملحقة بالحاسب يصل إلى 127 جهاز خارجى وذلك من خلال خط مقاطعة IRQ واحد . لكى تستخدم هذه المسار على الحاسب الخاص بك لابد أن تستخدم نظام النوافذ 95 أو أى إصدار أعلى كنظام تشغيل . شكل (1-17) يبين الأيقونة الخاصة بهذا المسار ولكى تعرف إذا كان جهاز الحاسب يحتوى أحد هذه المسارات أو البوابات افتح control panel وانظر إلى المخرج الذى يحتوى هذه الأيقونة . شكل (1-17) يبين ذلك أيضا وأن جهاز الحاسب الذى نتعامل معه يحتوى واحد من هذه المسارات ويمكنك معرفة خط المقاطعة الخاص به بنفس الطريقة .



شكل (1-17) المسار USB والأيقونة الخاصة به

لقد كان عام 1998 آخر عام يصدر فيه جهاز حاسب يحتوى المسار ISA بعد أن خدم هذا المسار فى الحاسبات الشخصية لمدة 15 عاما تقريبا ، وكانت إصداراته هى أول المسارات التى استخدمت فى أجهزة الحاسب ، ولقد استبدل هذا المسار الآن بالمسار USB حتى أن أجهزة الحاسب التى تصدر الآن تحتوى أكثر من مخرج من مخارج هذا المسار . لقد كان هناك أكثر من دافع مهم وراء الحاجة لإصدار هذا النوع من المسارات .

1- السرعة العالية للحسابات التى نعيشها الآن والتى من المتوقع أن تزداد كثيرا مع مرور الوقت لا يواكبها تقدم سريع فى نقل البيانات بين الحاسب والأجهزة المحيطة أو بين حاسب وآخر نظرا لعجز المسارات الحالية عن مواكبة ذلك .

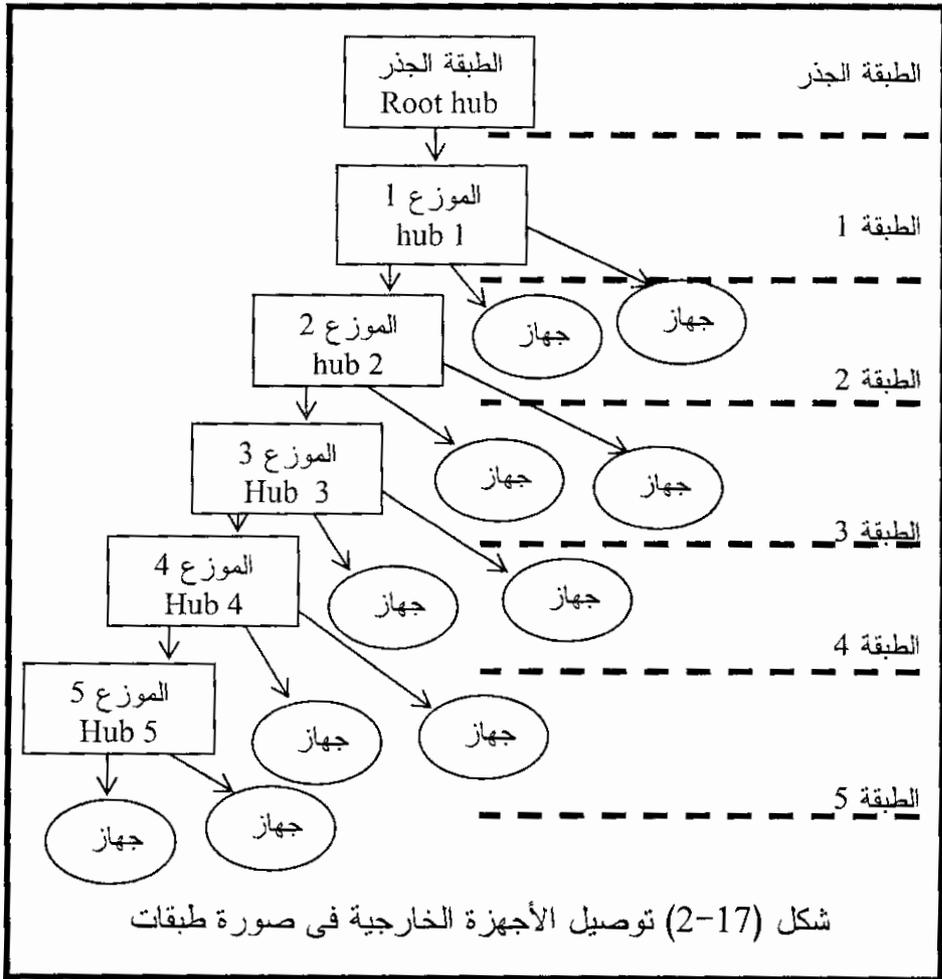
2- خاصية التركيب والتشغيل plug and play غير مدعمة بالكثير من الأجهزة الخارجية حتى الآن ، كما أن معظم الأجهزة الموجودة حاليا لا تتركب على الساخن أى فى أثناء تشغيل الحاسب ، وإذا تم تركيبها فلا بد من إعادة تشغيل الحاسب حتى يتعرف عليها وإلا فإنه لن يشعر بها . فى وجود المسار USB يمكن لكل الأجهزة المركبة عليه أن تدعم عملية التركيب والتشغيل وكذلك التركيب على الساخن ، لأنه فى وجود هذا المسار يشعر الحاسب فوراً بتركيب أو فك أى جهاز . تخيل أنك تقوم بتوصيل أو فصل أحد السواقات أثناء عمل الحاسب ودون الحاجة لإعادة تشغيله !

3- خاصية امتداد المخارج ، بمعنى أنه من مسار وحيد USB يمكن تركيب موزع hub يركب عليها أكثر من جهاز ، وعلى هذا الموزع يمكن تركيب موزع آخر يركب عليه هو الآخر أكثر من جهاز وهكذا يمكن تشييق هذه الموزعات مع بعضها إلى خمسة مستويات ويستطيع الحاسب أن يتعامل مع أى جهاز يركب على أى موزع . هذه الخاصية لم نرها فى المسارات أو المخارج القديمة . هذه الخاصية ستجعل جميع الأجهزة الخارجية يمكنها الاتصال بالحاسب من خلال نفس المخرج ، فلا حاجة لمخرج خاص بالطابعة وآخر خاص بالفأرة وثالث للوحة المفاتيح . الآن من خلال المخرج USB يمكن توصيل كل هذه الأجهزة بدون أى مشاكل .

4- هذا المسار يوفر مصدر القدرة للأجهزة الخارجية من خلال سلكين أحدهما الأرضى والآخر 5 فولت يوفر تيارا حتى 100 ميلي أمبير . هذه الخاصية غير موفرة فى الكثير من المخارج الأخرى مثل المخرج المتوازي مثلا . باختصار فإن المسار USB يمكن من خلاله تبادل البيانات بين الحاسب المضيف host computer وأنواع عديدة من الملحقات (لوحة مفاتيح ، فأرة ، ماسح ضوئى ، شاشة ، ...) المتصلة به من خلال هذا المسار ، ويسمح لهذه الأجهزة بالدخول والخروج على الساخن كما ذكرنا .

## 17-2 طريقة توصيل الملحقات على المسار USB

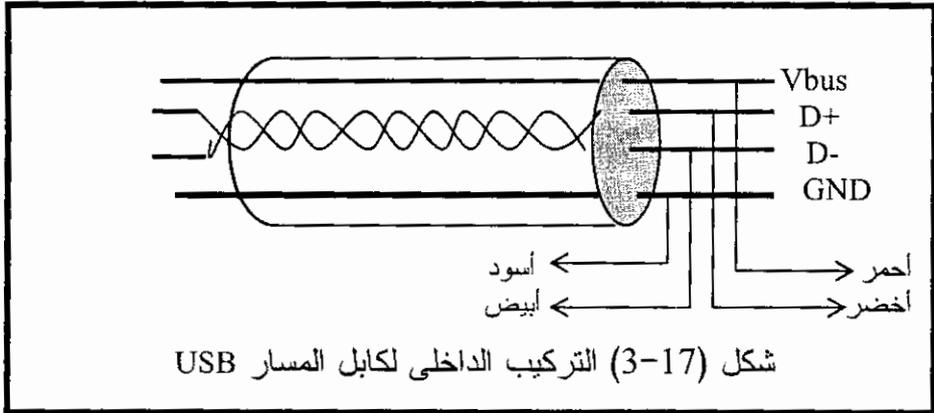
يتم توصيل الملحقات (حتى 127 جهاز) على هذا المسار في صورة طبقات هرمية كما في شكل (17-2). طبقة القمة أو الطبقة الأساسية وتسمى أحيانا بموزع الجذر root hub وهي تعتبر المخرج الأساسي الموجود على الحاسب المضيف. يوصل على الموزع الجذر أجهزة خارجية أو موزعات أخرى تنقل إلى طبقة أخرى كما في الشكل. أقصى عدد لهذه الطبقات هو سبعة طبقات بما في ذلك طبقة الجذر وآخر طبقة. الوصلات بين هذه الطبقات تكون باستخدام كابلات طولها حتى 5 متر في حالة المسارات البطيئة (1.5Mbps) و 3 متر في حالة المسارات السريعة (12Mbps).



كما نرى فى شكل (17-2) فإن الأجهزة المركبة على أى موزع تكون إما جهاز فعلى مثل لوحة المفاتيح أو الطابعة ، أو موزع آخر يبدأ طبقة جديدة من طبقات التوصيل .

### 17-3 كابل المسار USB

يحتوى كابل المسار على أربع أسلاك كما فى شكل (17-3) . نلاحظ من هذا الشكل أن الكابل يحتوى أربعة أسلاك ، إثنان منهما للبيانات D+ و D- وهما ملفوفان على بعضهما twisted pair ويميز السلك D+ باللون الأخضر والسلك D- باللون الأبيض . السلكان الآخران للقدرة ، الأول Vbus وهو خط القدرة 5V ولونه أحمر ، والسلك الأخير هو الأرضى ولونه أسود . جدول 1-17 يبين هذه الأسلاك وأرقام اتصالها بقاعدة الكابل من الطرفين .

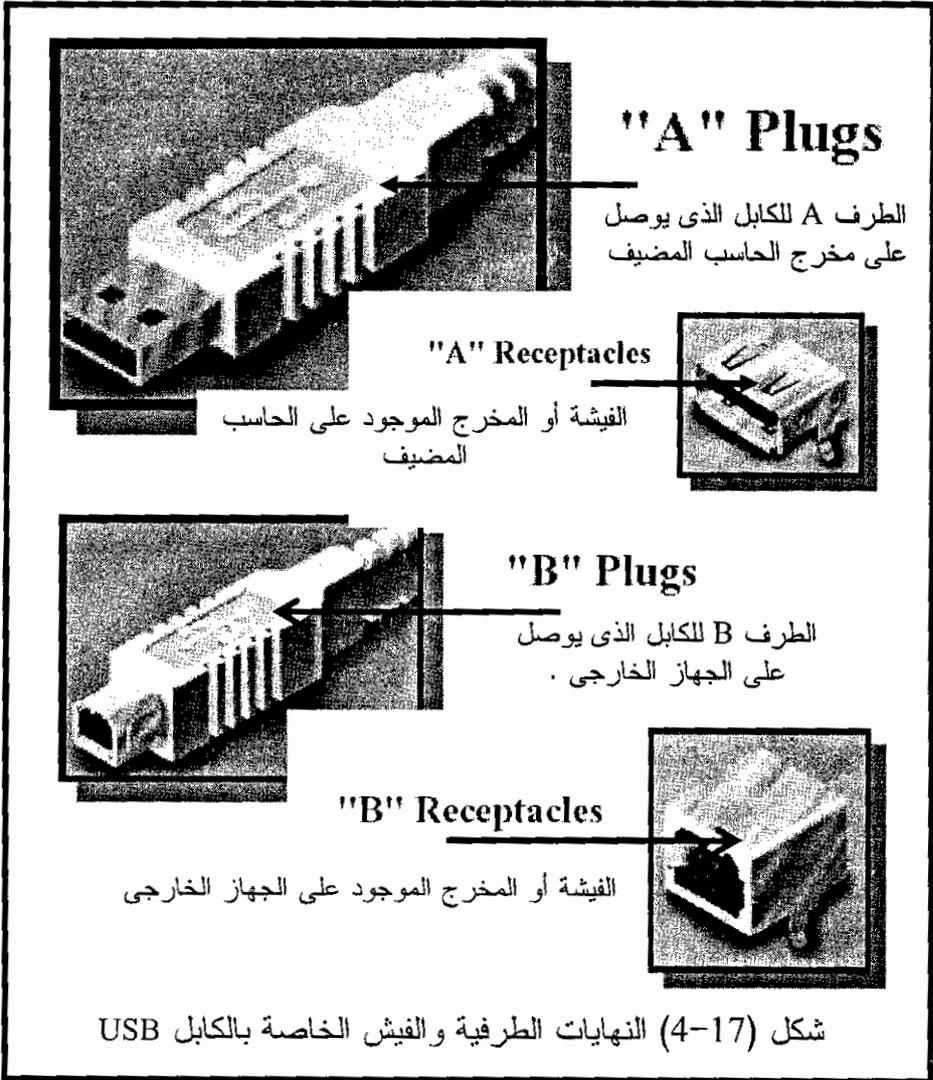


جدول 1-17

رقم الطرف	الإشارة	اللون
1	Vbus	أحمر
2	D-	أبيض
3	D+	أخضر
4	GND	أسود

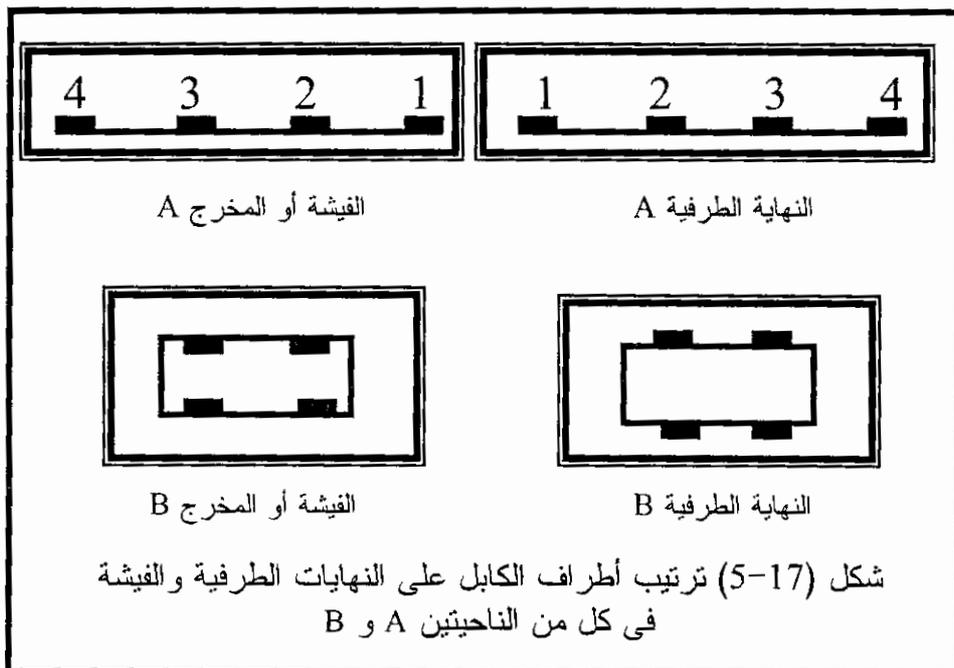
شكل (17-4) يبين صورة النهايات الطرفية لكابل المسار USB . نلاحظ فى هذا الشكل أن النهاية الطرفية التى تتركب فى الحاسب المضيف تسمى الطرف A

بينما الطرف الذي يوصل على الجهاز الخارجى أو الموزع تسمى الطرف B وهذه التسمية قياسية ومتفق عليها .

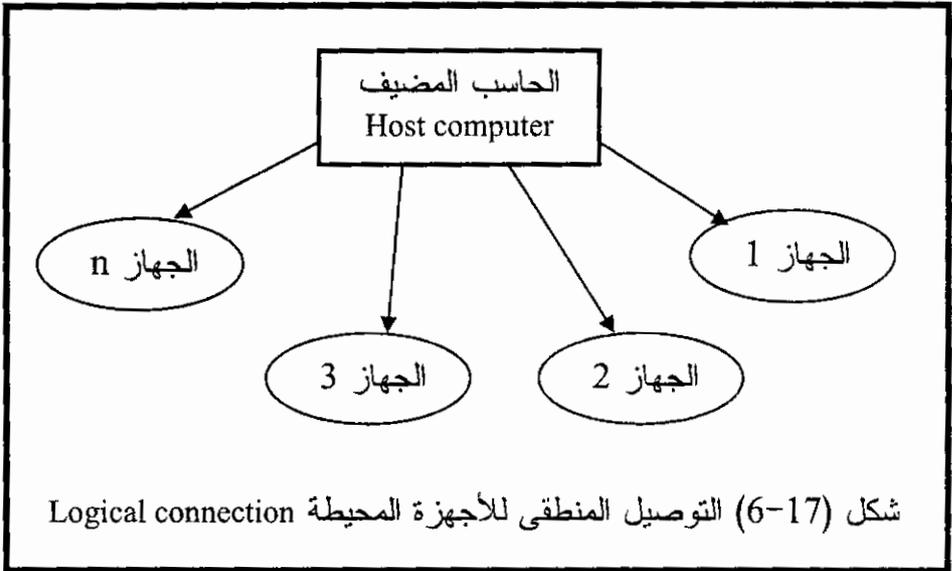


شكل (4-17) يبين أيضا شكل المخرج أو الفيشة الخارجة من كل من الحاسب المضيف والجهاز الخارجى . لاحظ أن الكابل يمكنه أن يوصل بين الحاسب المضيف وجهاز خارجى أو موزع كما رأينا . يمكن أيضا أن يوصل الكابل بين موزع وموزع آخر . فى كل هذه الأحوال الطرف A و الفيشة A يشيران دائما لقمة هرم التوصيل upstream ، بينما الطرف B و الفيشة B فيشاران إلى قاعدة الهرم downstream .

شكل (5-17) يبين ترتيب أطراف الكابل على النهايات الطرفية وكذلك على الفيشة الخاصة بكل من الطرف A والطرف B . لاحظ أن المخارج هنا لا تكون في صورة مسامير وثقوب كما كان الحال مع المخارج المتوازية أو المخارج المتوالية ، ولكنها تكون في صورة كارتة مطبوعة .



شكل (2-17) يبين طريقة توصيل الأجهزة الخارجية على الحاسب المضيف من خلال المسار USB وباستخدام موزعات hubs حتى خمسة مستويات . هذا التوصيل هو ما نسميه التوصيل الطبيعي أو الحقيقي physical connection . بالرغم من هذه الطريقة في التوصيل إلا أن الحاسب ينظر لكل هذه الأجهزة كما لو كانت موصلة عليه مباشرة من خلال الموزع الأساسي hub root ويتعامل مع كل جهاز بعنوان معين يحدده الحاسب (نظام التشغيل) . هذه الطريقة في التوصيل هي ما نسميه التوصيل المنطقي logical connection . شكل (6-17) يبين العديد من الأجهزة المحيطة (حتى 127 جهاز) موصلة على الحاسب المضيف توصيلاً منطقياً . أي أن الحاسب لا يهتم ولن تؤثر في طريقة تعامله إذا كان هذا الجهاز موصلاً من خلال موزع أو أكثر أو موصلاً مباشرة على الموزع الأساسي .

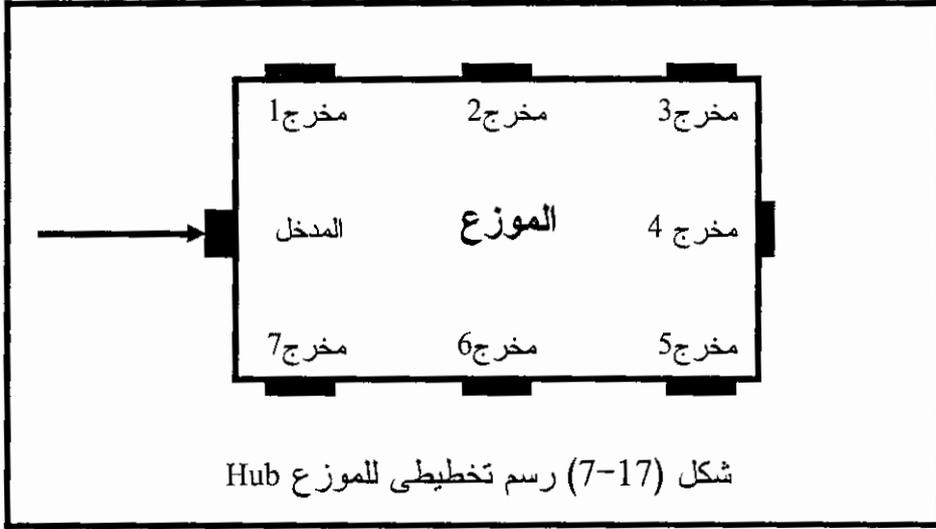


## 17-4 الموزع HUB

يعتبر الموزع hub أحد المكونات الأساسية في أى نظام للمسار USB . شكل (7-17) يبين رسماً تخطيطياً لأحد هذه الموزعات . كل نقطة من نقاط التوصيل على الموزع تسمى بوابة أو منفذ port . كل موزع كما نرى في الشكل يحول بوابة إدخال واحدة إلى العديد من بوابات الإخراج ، أى أنه يحول مدخل واحد إلى العديد من المخارج ، أو بمعنى آخر يوزع الإشارة الداخلة على العديد من المخارج . مدخل الموزع هو الذى يوصل عليه الإشارة الداخلة من ناحية الحاسب المضيف ، بينما المخارج فتوصل إما على أجهزة أو على موزع آخر . يمكن للموزع أن يشعر أو يحس بأى جهاز أو أى موزع آخر يتم توصيله أو فصله على أو من أى واحد من المخارج . كل مخرج من مخارج الموزع يمكن ضبطه برمجياً ليعمل على أحد معدلات النقل الثلاثة التالية : المعدل العالى High speed ومقداره 480Mbps أو المعدل المتوسط full speed ومقداره 12Mbps أو المعدل المنخفض low speed ومقداره 1.5Mbps . يتكون أى موزع من ثلاثة أجزاء أساسية هي :

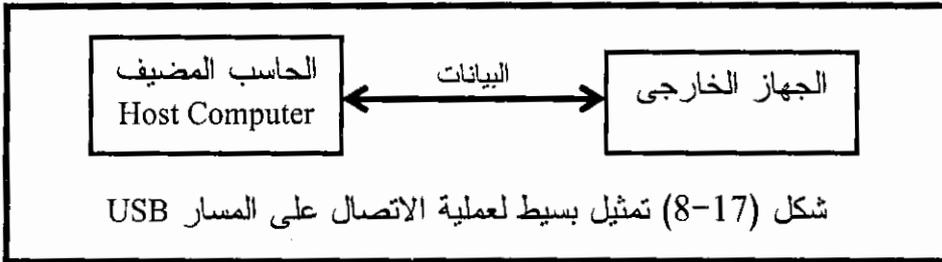
- 1- حاكم الموزع Hub controller
- 2- المكرر أو المجدد Hub repeater
- 3- الموزع Transaction translator

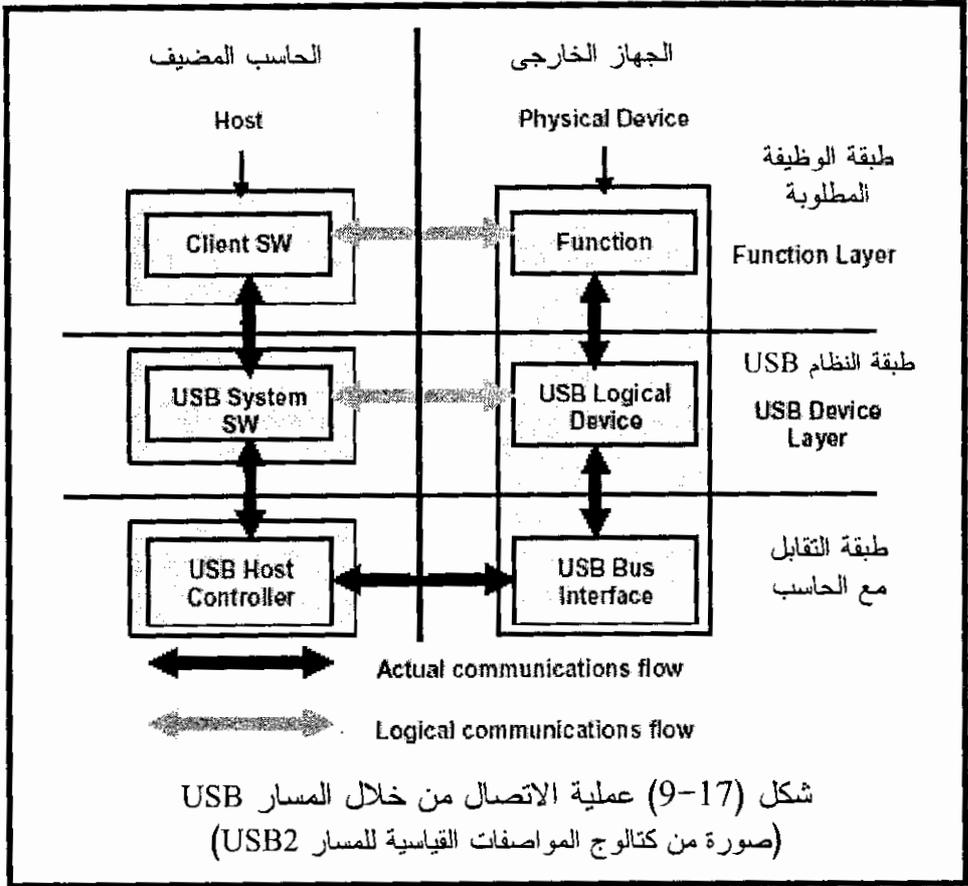
المكرر أو المجدد هو الجزء الذي يقوم بتكرار الإشارة الداخلة للموزع تمهيدا لإرسالها على أحد المخارج . أما الحاكم فهو الجزء الذي يتعامل مع الحاسب المضيف من خلال أوامر تحكم control command وأوامر حالة status command تضبط بها عملية الاتصال من حيث السرعة وعوامل أخرى سنراها فيما بعد . وأخيرا فإن الموزع هو الخاص بتوزيع البيانات الداخلة إلى المخارج المناسبة وبمعدل النقل الخاص بكل واحد من هذه المخارج حيث من الممكن لكل مخرج أن يعمل عند السرعة الخاصة به .



## 5-17 تدفق البيانات على المسار USB

شكل (8-17) يبين تمثيلا لعملية الاتصال أو تدفق البيانات بين الحاسب المضيف وأى جهاز خارجي في أبسط صورة ، ولكن عملية الاتصال تكون أعقد من ذلك بكثير . شكل (9-17) يبين عدد من الطبقات أو المناطق التي تمر خلالها عملية الاتصال بين الحاسب المضيف وأى نظام USB وهي كما يلي :





1- طبقة الجهاز الخارجى ممثلة فى الوظيفة التى يؤديها هذا الجهاز مثل لوحة المفاتيح أو الفأرة .

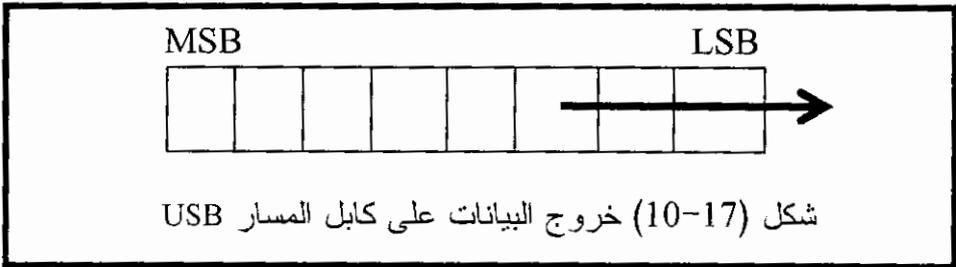
2- برمجيات العميل client software وهى البرمجيات الخاصة بتشغيل الجهاز الخارجى والتعامل معه ، فإن كان الجهاز الخارجى هو لوحة مفاتيح مثلا فإن هذه البرامج ستكون البرامج التى تشعر بضرب أى مفتاح فتقوم بقراءته وعرضه على الشاشة . هذه البرامج توجد على الحاسب المضيف وتكون فى الغالب مضافة على نظام التشغيل مثل برامج إدارة الطابعة أو لوحة المفاتيح وغيرها .

3- برمجيات إدارة المسار USB ، USB system software ، وهذه هى البرمجيات الخاصة بإدارة المسار نفسه مثل طريقة إرسال واستقبال البيانات وترقيم الأجهزة ووضع البيانات فى مجموعات packets . هذه البرامج تأتى مع نظام التشغيل ولا تعتمد على الجهاز الخارجى .

4- حاكم المسار USB ، USB bus controller ، وهو نقطة الاتصال الطبيعية أو الدوائر الخاصة بالنظام USB على الحاسب المضيف وعلى الجهاز الخارجى .

## 17-6 التراسل على المسار USB

تخرج البيانات من المرسل على الكابل فى صورة بتات بحيث تخرج البت ذات القيمة الصغرى LSB أولا ثم التى تليها إلى أن تصل إلى البت ذات القيمة العظمى MSB. شكل (17-10) يبين رسما تخطيطيا لعملية خروج البيانات على كابل التراسل .



قبل خروج البيانات من المرسل على الكابل يتم وضعها فى صورة حزم packets عن طريق برمجيات خاصة ، وكل حزمة تكون مقسمة إلى عدد من الحقول التى لكل منها وظيفة معينة يتعرف بها المستقبل على الكثير من المعلومات عن هذه الحزمة . هذه الحقول هى :

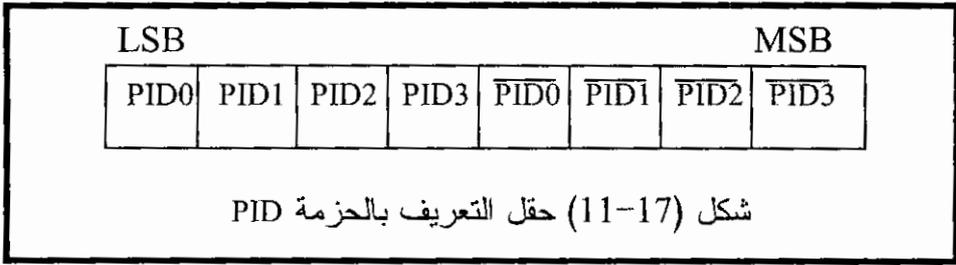
1- **حقل التوافق SYNC field** : أى حزمة تبدأ دائما بهذا الحقل . هذا

الحقل يتكون من 8 بت فى السرعات المنخفضة والمتوسطة و 32 بت فى السرعات العالية . هذه البتات تحمل كود معين يستخدمه المستقبل فى ضبط توافق نبضات الساعة المولدة بداخله مع نبضات بتات الحزمة المرسله . آخر 2 بت فى حقل التوافق تحدد نهاية هذا الحقل وبالتالي بداية الحقل التالى له مباشرة وهو الحقل PID . أى أن البداية الفعلية للحزمة ، Start Of Packet, SOP تكون موجودة ضمنا فى حقل التوافق .

2- **حقل التعريف بالحزمة PID, Packet ID** : يأتى هذا الحقل بعد حقل

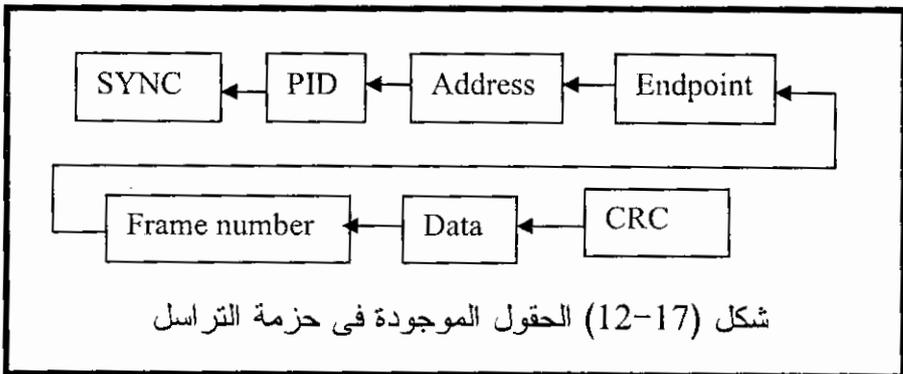
التوافق مباشرة . هذا الحقل يتكون من 4 بتات تحدد نوع الحزمة ، يعقبها 4 تخنبر صحة الأربعة السابقة وهى المعكوس الأحادى المنطقى لها . شكل (17-11) يبين بتات هذا الحقل . من ذلك نرى أنه يمكن تحديد واحد من 16

نوع من أنواع الحزم التي سيتم التعامل معها وذلك على حسب الشفرة الموجودة في الأربع بتات الأولى من هذا الحقل .



3- **حقل العنوان Address field** : هذا الحقل يتكون من 7 بت ، لذلك فإنه يمكن عنونة 128 جهاز خارجي على حسب الشفرة الموجودة في هذا الحقل. العنوان صفر تلقائيا لا يخصص لأي جهاز ولكنه يكون عنوان كل الأجهزة عند بداية التشغيل ثم بعد ذلك يتم تخصيص عنوان لكل جهاز .

4- **حقل الوصول النهائي Endpoint field** : هذا الحقل يتكون من 4 بت ، ويأتي بعد حقل العنوان ويستخدم لتعيين نقطة اتصال نهائية داخل جهاز معين مثل أحد مسجلاته إذا كان هذا الجهاز يحتوى بداخله على أكثر من مسجل يتم التعامل معها .



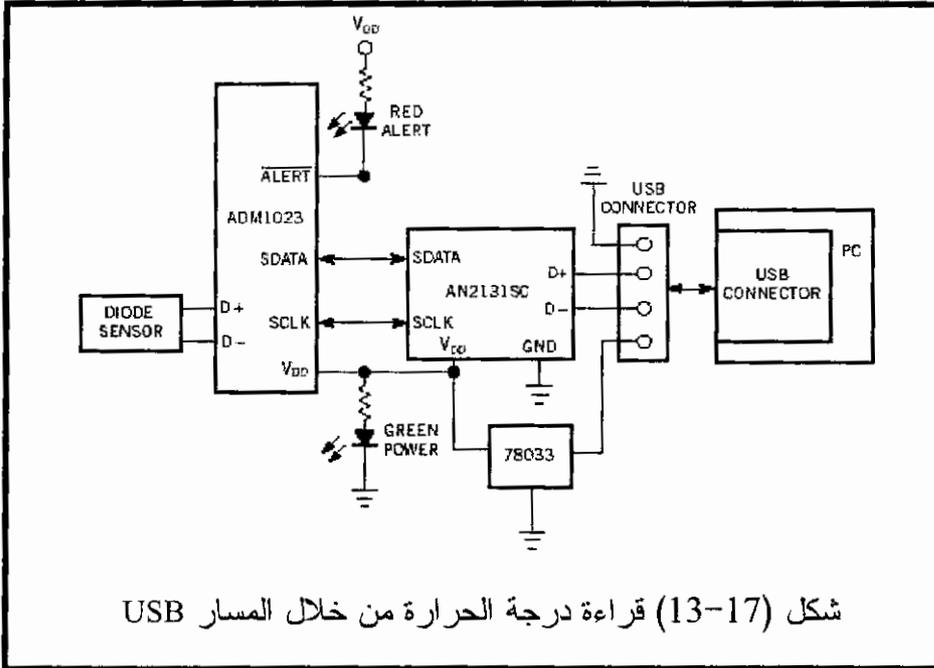
5- **حقل تحديد رقم الإطار Frame number field** : يتكون هذا الحقل من 11 بت تستخدم في تحديد رقم الإطار . معنى ذلك أنه يمكن ترقيم حتى 2048 إطار على حسب الشفرة الموجودة في هذا الحقل (من الإطار رقم صفر حتى الإطار رقم 2023) . إذا زاد عدد الإطارات عن 2048 يبدأ العد من الصفر مرة ثانية . هذا الحقل يرسل في بداية كل إطار Start Of Frame.

SOF . الإطار يحتوى العديد من الحزم ، وهو وحدة زمنية ثابتة 1 مليثانية في حالة التراسل البطيء والمتوسط و 125 ميكروثانية في حالة التراسل السريع .

6- حقل البيانات Data Field : يتكون هذا الحقل من عدد من البايتات الصحيحة التى تتراوح بين صفر و 1024 بايت تمثل البيانات المراد إرسالها . عدد البايتات فى هذا الحقل لابد أن يكون عددا صحيحا . شكل (12-17) يبين رسم تخطيطى للحقول الموجودة فى أى حزمة .

## 7-17 مشاريع للتقابل مع الحاسب من خلال المسار USB

سنقدم هنا مشروع بسيط لقراءة درجة الحرارة من خلال المسار USB . شكل (13-17) يبين الدائرة المستخدمة فى ذلك . فى هذا الشكل تقوم الشريحة ADM1023 بقراءة درجة الحرارة وترسلها إلى الحاكم الدقيق microcontroller الذى يقوم بعملية التخاطب مع الحاسب من خلال المسار USB وإرسال هذه الحرارة عند طلبها . الحاكم الدقيق هو AN2131 .



الشريحة ADM1023 رخيصة الثمن يمكنها قياس درجة الحرارة الخاصة بها أى الوسط الموجودة فيه ، كما يمكنها قياس درجة حرارة وسط خارجى بعيدا عنها

وذلك بتوصيل دايود حرارى بين الطرفين D+ و D- ووضع هذا الدايدود فى الوسط المراد قياس درجة حرارته . يجب ألا يزيد طول السلك الموصل عليه هذا الدايدود عن 30 متر على أن يكون سلك مجدول ومعزول twisted and shielded pair cable . أحد الدايدودات الحرارية المناسبة لذلك هو الدايدود 2N3906 . يمكن برمجة الشريحة ADM1023 لتعمل بين مستويين للحرارة بحيث إذا خرجت الحرارة خارج هذه الحدود يتم ضرب إنذار ويتم ذلك عن طريق توصيل دايود ضوئى أحمر على الطرف ALERT كما فى الشكل . الدايدود الضوئى الأخضر عبارة عن مبدن للقدرة . لاحظ أن كل من الشريحتين تعملان عند الجهد 3.3V وقد تم الحصول عليه باستخدام مثبت الجهد 78033 . الجهد الداخلى لهذا المثبت تم أخذه من الطرف Vbus القادم من المسار USB والذى قيمته 5V . هذه الدائرة ستعمل تابع للحاسب المضيف ، بمعنى أن الحاسب عندما يريد قراءة درجة الحرارة فإنه سيرسل للدائرة ويقراها . الشريحة AN2131 عبارة عن حاكم دقيق microcontroller يقوم بمهمة التخاطب مع الحاسب من خلال المخرج USB ، حيث كما رأينا لابد من تجهيز الإشارة فى صورة معينة مناسبة لهذا المسار وهذه المهمة لا يقوم بها إلا أحد الحاكمات الدقيقة المخصصة لذلك . يوجد فى الأسواق العديد من هذه الشرائح المؤهلة للتعامل مع هذا المسار والتي يمكن برمجتها لذلك . من أمثلة هذه الشرائح ما يلى:

- CY7C63411 حاكم دقيق للمسار USB المنخفض السرعة (4 كيلو EPROM ، 8 خطوط إدخال/إخراج ، 3 نهايات) .
- CY7C64601-52 حاكم دقيق للمسار USB العالى السرعة (4 كيلو RAM ، 16 خط إدخال/إخراج ، مسار بيانات 8 بت) .
- AN2131SC حاكم دقيق للمسار USB العالى السرعة (8 كيلو RAM ، 16 خط إدخال/إخراج) .
- AN2131QC حاكم دقيق للمسار USB العالى السرعة (8 كيلو RAM ، 24 خط إدخال/إخراج ، مسار بيانات 8 بت ، مخرج لزيادة الذاكرة)