

المتحكمات الصغيرة و النظم المضمنة

محاضرة 6

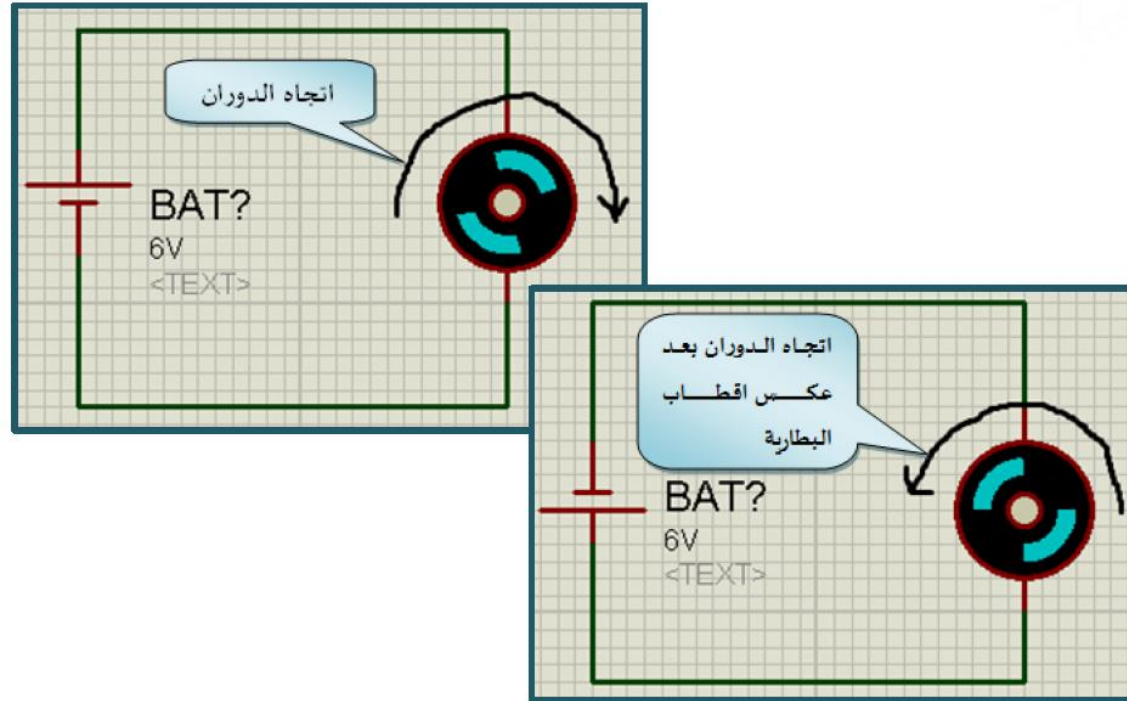
التحكم في المحركات DC Motor

د. فادي متوج

• يستخدم هذا النوع من المحركات في كثير من الاستخدامات منها الروبوت على سبيل المثال وبالتالي يكون من الضروري التحكم في سرعة الروبوت واتجاه حركته أو حركة أذرعته، وهذا ما سنتعلمه في هذه المحاضرة ...
التحكم في اتجاه دوران وسرعة دوران المحرك.

التحكم في اتجاه الدوران

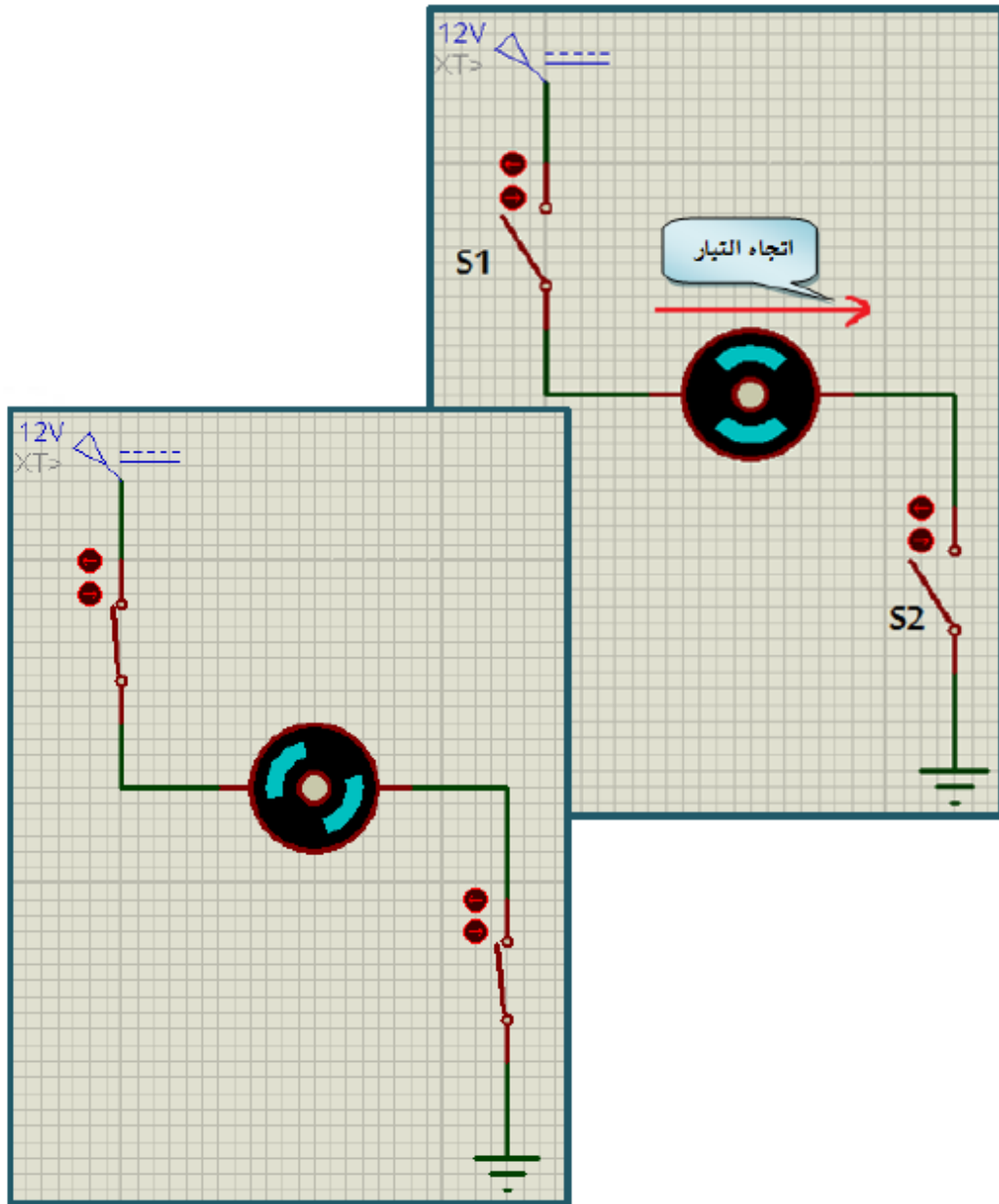
يمكننا تغيير اتجاه دوران المحرك إذا عكسنا اتجاه التيار الذي يمر من خلاله وذلك بعكس أقطاب البطارية الموصول عليها وذلك كما بالشكلين الآتيين:



ولو أردنا أن نفعل هذا بالطريقة التقليدية اليدوية فستقابلنا عيوب كثيرة منها مثلا أننا ببساطة سنضطر إلى إيقاف الدارة حتى نتمكن من عكس أقطاب البطارية، وهذا بالطبع غير مرغوب فيه ...

H-Bridge

يكمن الحل في دائرة شهيرة تسمى **H-bridge** والتي سنتعلمها تدريجياً ...

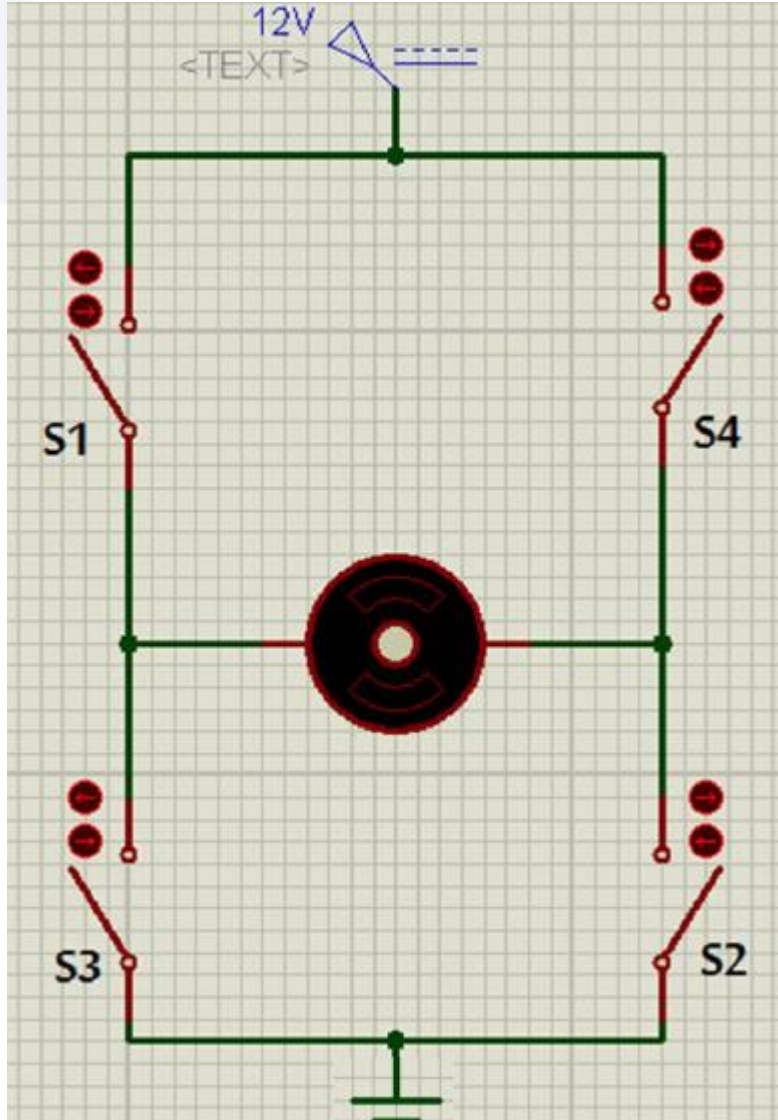


لنفرض أننا سنوصل
الدارة بالشكل الآتي:

سنجد في الشكل السفلي أنه لكي يدور المحرك
لابد أن نغلق المفتاحين S1 ، S2 معا وإلا فلن
يدور المحرك، مع الأخذ في الاعتبار اتجاه التيار
لأنه هو المتحكم في اتجاه دوران المحرك.



جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY



ولكننا حتى الآن لم نستطع أن نجعل المحرك يدور في اتجاهين مختلفين، ولكن إذا أضفنا على الدارة السابقة جزء آخر مماثل لتصبح كما في الشكل التالي:

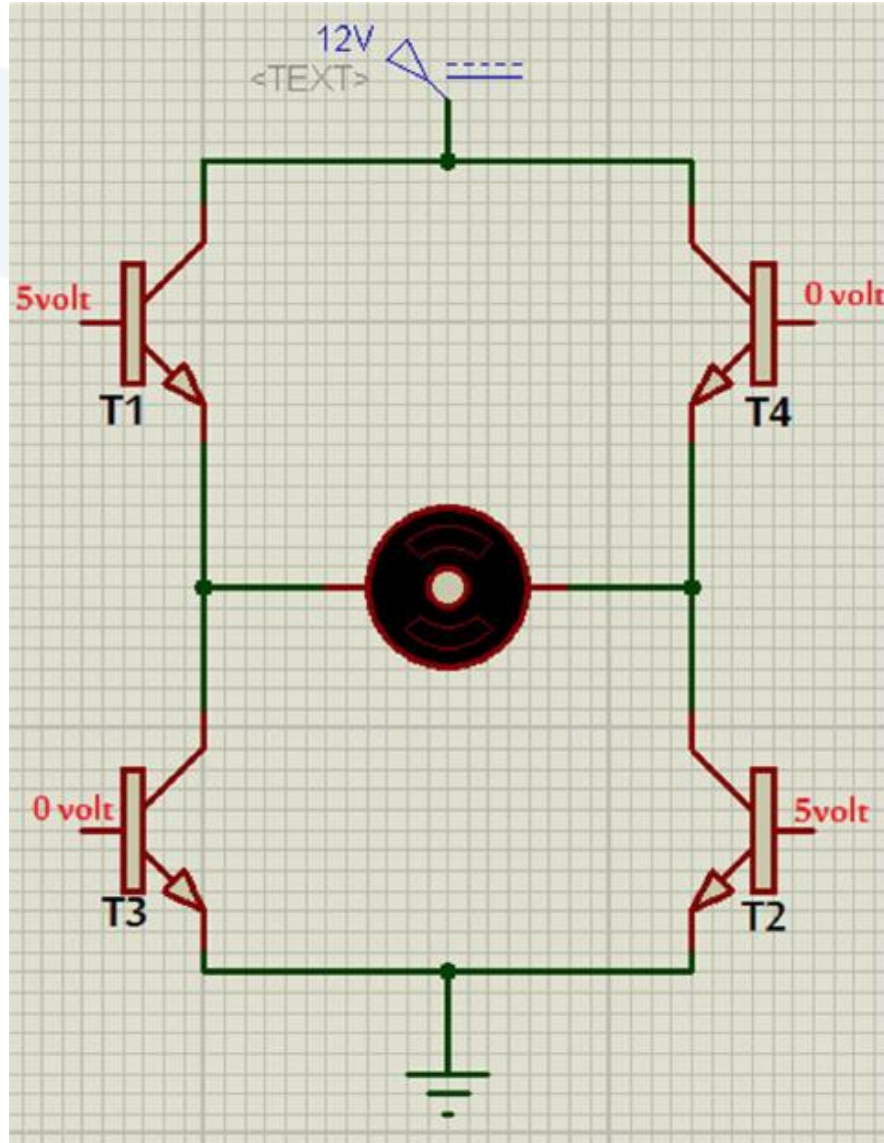
بالنظر إلى هذه الدارة سنجد ما يلي:

إذا تم إغلاق السويتشين $S1$ ، $S2$ والإبقاء على السويتشين $S3$ ، $S4$ مفتوحين سيتم توصيل الطرف اليسار للمحرك بالطرف الموجب للجهد 12 فولت وسيصبح الطرف اليمين للمحرك متصل بالأرضي، وهما ما يترتب عليه دوران المحرك في اتجاه معين.

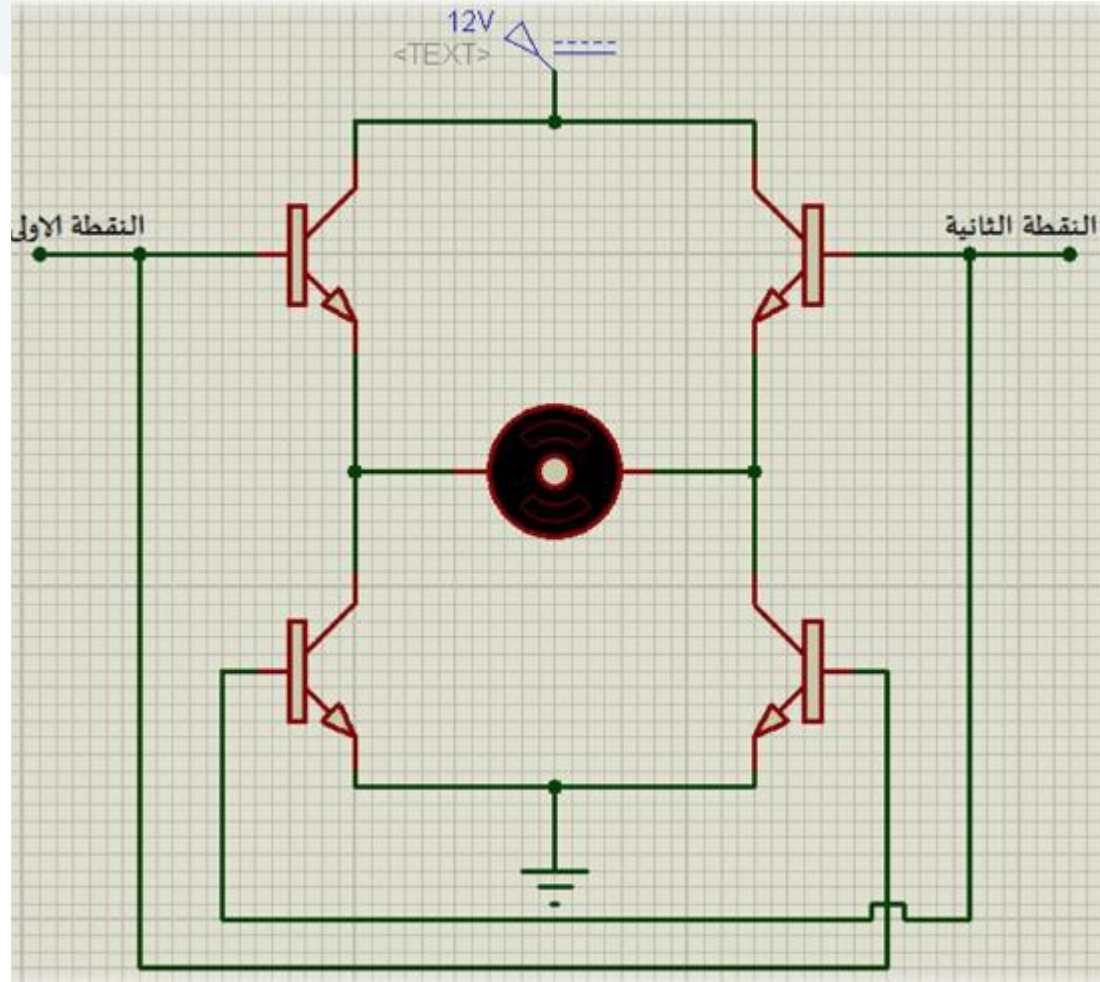
أما في الحالة العكسية أي عند إغلاق السويتشين $S3$ ، $S4$ والإبقاء على السويتشين $S1$ ، $S2$ مفتوحين سيكون الطرف اليسار للمحرك متصل بالأرضي والطرف اليمين متصل بموجب الجهد 12 فولت، أي أنه تم عكس الأقطاب وبالتالي سيدور المحرك في الاتجاه المعاكس.

وبهذا نكون قد فهمنا الدارة السابقة والتي من خلالها نستطيع التحكم في اتجاه المحرك وباستخدام بطارية واحدة فقط، إلا أنه بقي بها مشكلة بسيطة وهي أنها تستلزم أن نقوم نحن بالضغط على السويتشات يدويا، مما يجعل عملية التحكم بطيئة وتستلزم تدخل المستخدم وهذا في حد ذاته مشكلة فالمطلوب هو التحكم إلكترونيا عن طريق الميكروكنترولر ...

والحل لهذه المشكلة البسيطة يمكن استنباطه من فكرة أن الميكروكنترولر يخرج جهد إما خمسة وإما صفر فولت فبالتالي يمكن استبدال السويتشات بدارة أخرى تؤدي نفس وظيفتها أي عند خروج الخمسة فولت من الميكرو تقوم بإغلاق السويتش وتوصل الطرفين وعند وضع صفر فولت تكون Open Circuit وهو ما ينطبق على دارة ال **transistor as a switch** ، وبناء عليه نستبدل الأربعة سويتشات بأربعة ترانزستورات لتصبح الدارة كما بالشكل:



- إذا أدخلنا خمسة فولت على T1، T2 وصفر فولت على T3، T4 فإن المحرك سيدور في اتجاه معين. والعكس بالعكس فإذا أدخلنا صفر فولت على T1، T2 وخمسة فولت على T3، T4 فإن المحرك سيدور في الاتجاه المعاكس.
- سميت هذه الدائرة H-bridge لأن الدارة بالشكل تشبه رسم حرف H

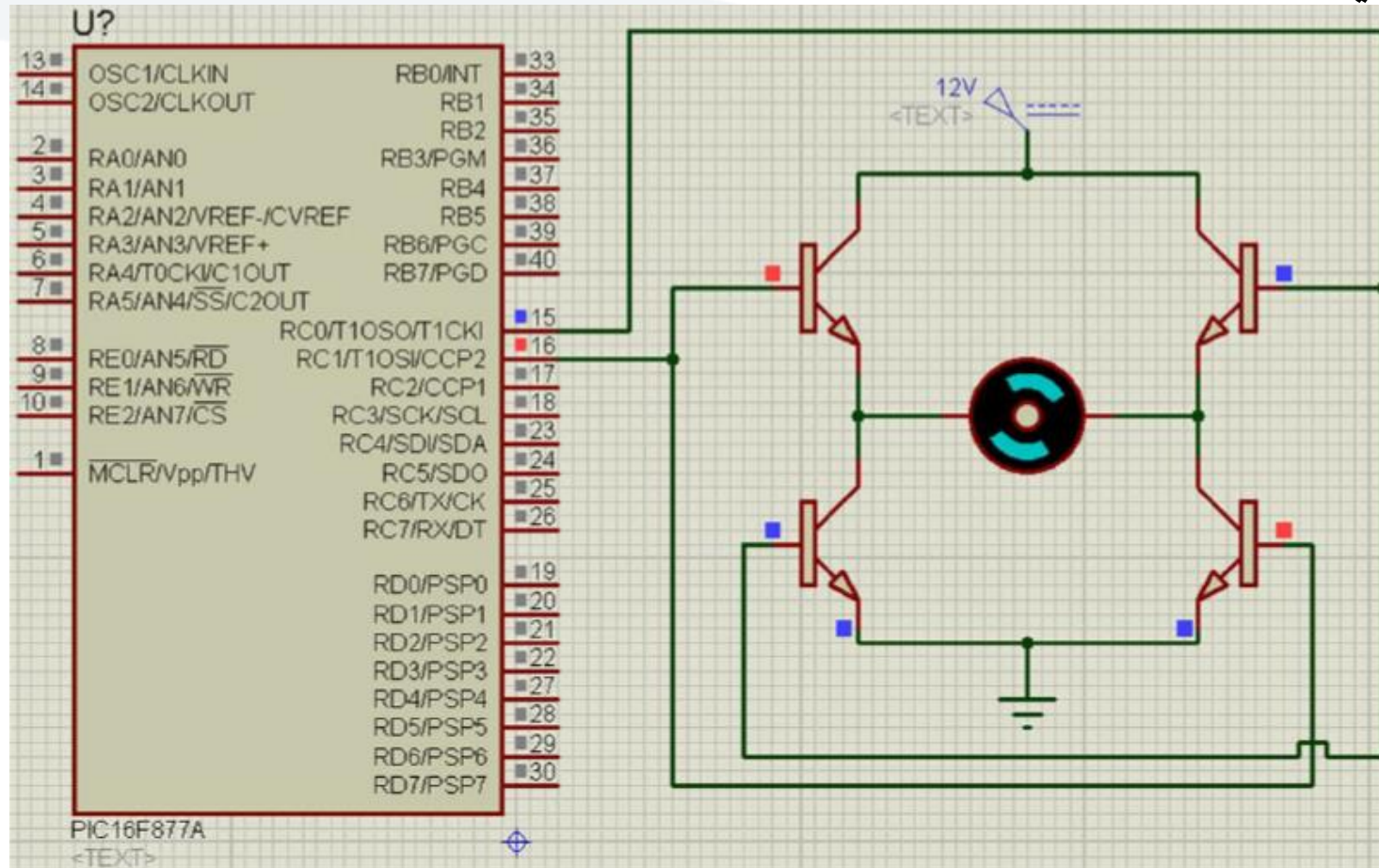


- نلاحظ أن T1، T2 يتصل عليهم دائما نفس القيمة، فلو وصلت خمسة فولت على T1 لابد أن يكون T2 متصل أيضا بخمسة فولت، وكذلك الحال عن توصيل صفر فولت، والمثل بالمثل بالنسبة لـ T3، T4 وبالتالي من المنطقي اختصار كل طرفين متشابهين في طرف واحد لتقليل أطراف الدارة وذلك كما في الشكل.

- وبالتالي لكي يدور المحرك في الاتجاه الأول نضع خمسة فولت على النقطة الأولى وصفر فولت على الثانية والعكس عندما نريده أن يدور في الاتجاه الآخر، وبالطبع لا داعي للتنويه أن هذه الخمسة فولت يمكن الحصول عليها من خرج الميكروكنترولر، وبالتالي استطعنا التحكم في اتجاه دوران المحرك من خلال الميكرو.

مثال تطبيقي

- بافتراض توصيل النقطة الأولى على RC0 والنقطة الثانية على RC1، فسيكون شكل الدارة على بروتس كما يلي:



مثال تطبيقي

- وبافتراض أيضا أننا نريد مثلا أن يدور المحرك في الاتجاه الأول لمدة 3 ثواني ثم يدور في الاتجاه المعاكس
- لثلاث ثواني أخرى، وبالتالي، سيكون البرنامج كما هو موضح:

```
void main()
{
    TRISC.B0 = 0;
    TRISC.B1 = 0;

    while (1)
    {
        PORTC.B0 = 1;
        PORTC.B1 = 0;
        delay_ms(3000);

        PORTC.B0 = 0;
        PORTC.B1 = 1;
        delay_ms(3000);
    }
}
```

لضبط RC0, RC1 على ان يعملوا كخرج

الامرین الموضحين يتم تنفيذهم بسرعة كبيرة جدا فيبدوا وكأنهم ينفذان في نفس اللحظة وهذا ما نريده وهما يجعلوا الموتور يدور في الاتجاه الاول

لجعل الموتور يدور في الاتجاه الاخر

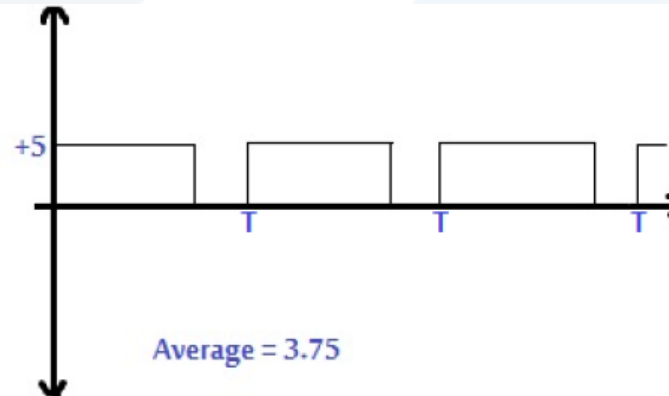
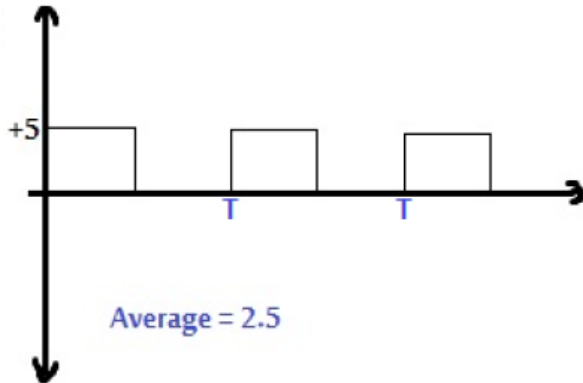
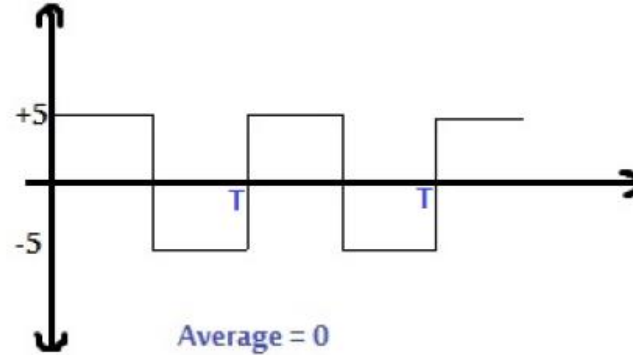
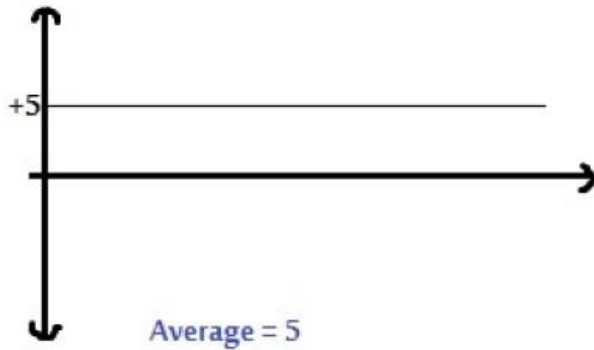
التحكم في سرعة الدوران

- أبسط طريقة للتحكم في سرعة المحرك تكون **بتغيير قيمة الجهد المطبق عليه**، فلو فرضنا مثلا محرك يعمل على جهد 12 فولت، فعند توصيله ببطارية 12 فولت سيدور بالسرعة المحددة الطبيعية له، ولكن عند تقليل الجهد إلى 6 فولت ستقل سرعته للنصف مثلا، ولو قللنا الجهد إلى 3 فولت ستقل سرعته ... وهكذا، لكن كيف يمكن لنا أن نغير قيمة الجهد التي يتم تطبيقها على المحرك؟؟
- الإجابة البديهية هي شراء عدد كبير من البطاريات المختلفة الجهد وربما نحتاج لتوصيل بطاريتين أو ثلاثة لتكوين قيمة معينة وأيضا لن نحصل على كل القيم بل سيكون الفرق بين كل قيمة والمجاورة لها واحد فولت أو على الأقل نصف الفولت؟؟ **فهل يمكن تغيير الفولت باستخدام بطارية واحدة فقط؟؟ ...** لتتعرف كيف ذلك ولكن بطريقة تدريجية

...

التحكم في سرعة الدوران

نوع المحرك الذي نتناوله بالتحكم في هذه المحاضرة يسمى DC Motor، ولكن ليس المقصود بكلمة DC الجهد الثابت للقيمة وإنما المقصود بها هي **قيمة الجهد المتوسط** للإشارة وفيما يلي بعض الأمثلة التي نفهم منها معنى القيمة المتوسطة Average Value

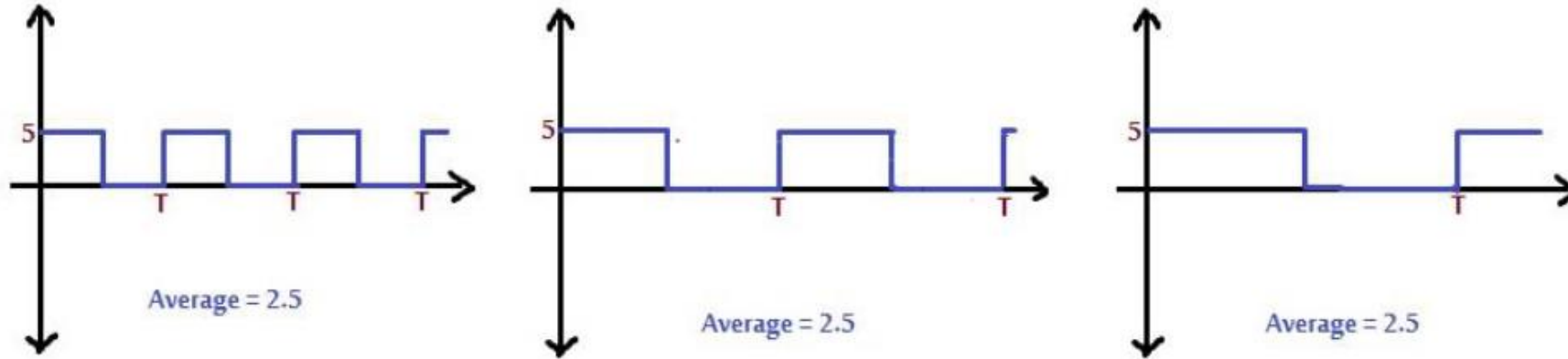


التحكم في سرعة الدوران

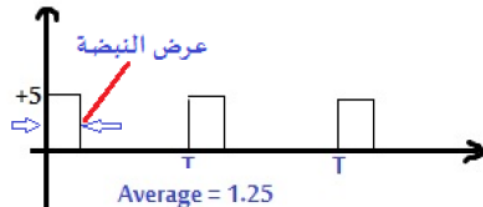
• إذا استخدمنا محرك يعمل على 9 فولت وأدخلنا الإشارة التي قيمتها المتوسطة 9 فولت فإن المحرك سيدور بسرعه العظمى المحددة له، وبتقليل هذه القيمة المتوسطة تقل سرعة دوران المحرك إلى أن تتوقف تماماً عند الصفر. وبالتالي إذا استطعنا الحصول على إشارات مثل السابقة يمكن التحكم في قيمتها المتوسطة من الميكروكنترولر فإننا نستطيع التحكم في سرعة المحرك ...

• وللحصول على مثل هذه الإشارات يستخدم موديول يسمى **Pulse Width Modulation** **Module** أو اختصاراً **PWM** ، وإذا قمنا بترجمة المصطلح PWM لوجدنا أن كلمة Modulation تعني تعديل وكلمة pulse width تعني عرض النبضة وبالتالي تكون الجملة كاملة تعني **تعديل وتغيير في عرض النبضة** للحصول على جهود ذات قيمة مختلفة وهو ما ظهر في الرسومات البيانية السابقة.

- ولكي نفهم التوابع علينا أولاً معرفة الخصائص التي نحتاج لتخصيصها في الإشارة ذات النبض المتغير العرض التي تخرج من الميكرو ... بعض الخصائص قد يؤثر في عمل المحرك ..
- أولاً: يلزم تحديد تردد الإشارة وهذه خاصية هامة جداً في المحركات ويتم تحديدها عن طريق التجربة حيث نقوم بتجربة عدد مختلف من الترددات على المحرك حتى يتبين لنا على أي تردد يعمل، وفي هذه الأشكال تتضح خاصية التردد حيث أن القيمة المتوسطة للخروج متساوية ولكن الفرق في التردد:



- ثانياً: يلزم تحديد عرض النبضة الخارجة، والصورة الآتية توضح المقصود بعرض النبضة حيث أنها تمثل الجزء الـ High من الإشارة ...



توابع الميكرو سي

• التابع الاول:

```
PWM1_Init(5000);
```

- يستخدم لضبط تردد الإشارة الخارجة، حيث يكتب التردد بالهرتز بين الأقواس، ففي الأمر السابق كان التردد 5000 هرتز، ويكتب هذا التابع داخل التابع الرئيسي ...
- في حال لا يمكنك ملاحظة التغير في سرعة المحرك فعندها قم بتغيير قيمة التردد بالزيادة أو النقصان حتى يمكنك ملاحظة التغير في السرعة.

توابع الميكرو سي

• التابع الثاني:

```
PWM1_Set_Duty(192);
```

- يستخدم لتحديد عرض النبضة وهو يأخذ قيمة من صفر إلى 255 ، حيث أن:
 - القيمة صفر تعني أن عرض النبضة يساوي صفر أي نستطيع اعتبار أن الإشارة صفر فولت لأنه لا يوجد أي جزء من الإشارة في الحالة high
 - القيمة 255 تعني أن النبضة كلها high
 - القيمة 128 تعني أن نصف الزمن تكون الإشارة فيه High
 - القيمة 192 (ثلاثة أرباع القيمة 255) تعني أن ثلاثة أرباع الدور تكون فيه الإشارة High
 - القيمة 64 (ربع القيمة 255) تعني أن ربع الدور تكون فيه الإشارة High

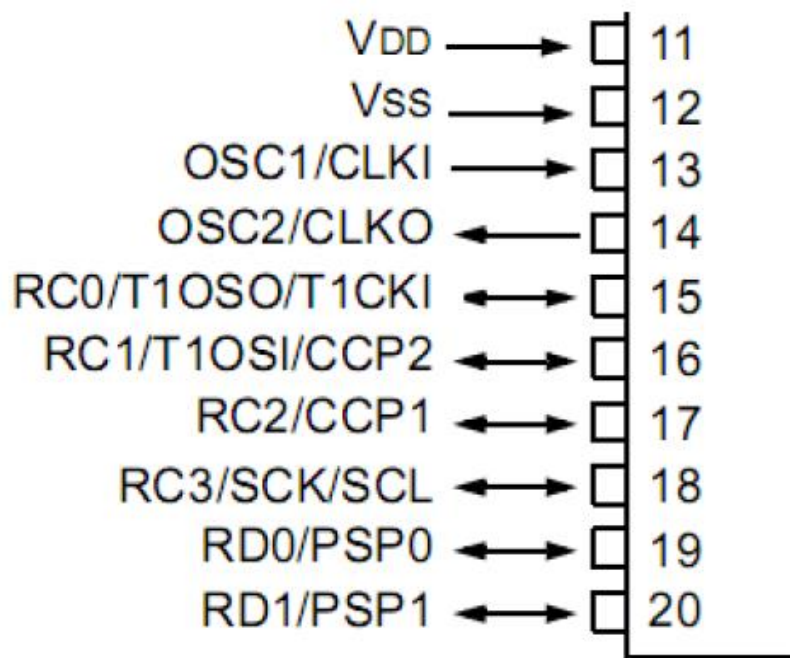


جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

توابع الميكرو سي

• التابع الثالث:

- باستخدام التابعين الأول والثاني قمنا بضبط الإعدادات، ثم يأتي الدور على التابع الثالث ليقوم بإخراج الإشارة على أحد أرجل الميكرو المخصصة لهذا الموديوول، وهذه الرجل يكون مكتوب بجوارها CCP1 في الداتا شيت، وهي تمثل الرجل رقم 17 في الميكروكنترولر 16F877A كما بالشكل:



- نلاحظ أيضا أن الرجل رقم 16 مكتوب عليها CCP2 أيضا، وهذا يعني أن هذا الميكرو يحتوي على عدد موديوولين وليس موديوول واحد فقط ...
- يأخذ التابع الشكل التالي:

```
PWM1_start();
```

- نلاحظ وجود الرقم 1 في اسم التابع PWM1 وهذا يعني أن التابع سيعمل على الموديوول الأول أي الرجل رقم 17، وإذا أردنا العمل على الموديوول الثاني أي الرجل 16 سنستبدل الرقم 1 بالرقم 4 في اسم التابع السابق.



جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

توابع الميكرو سي

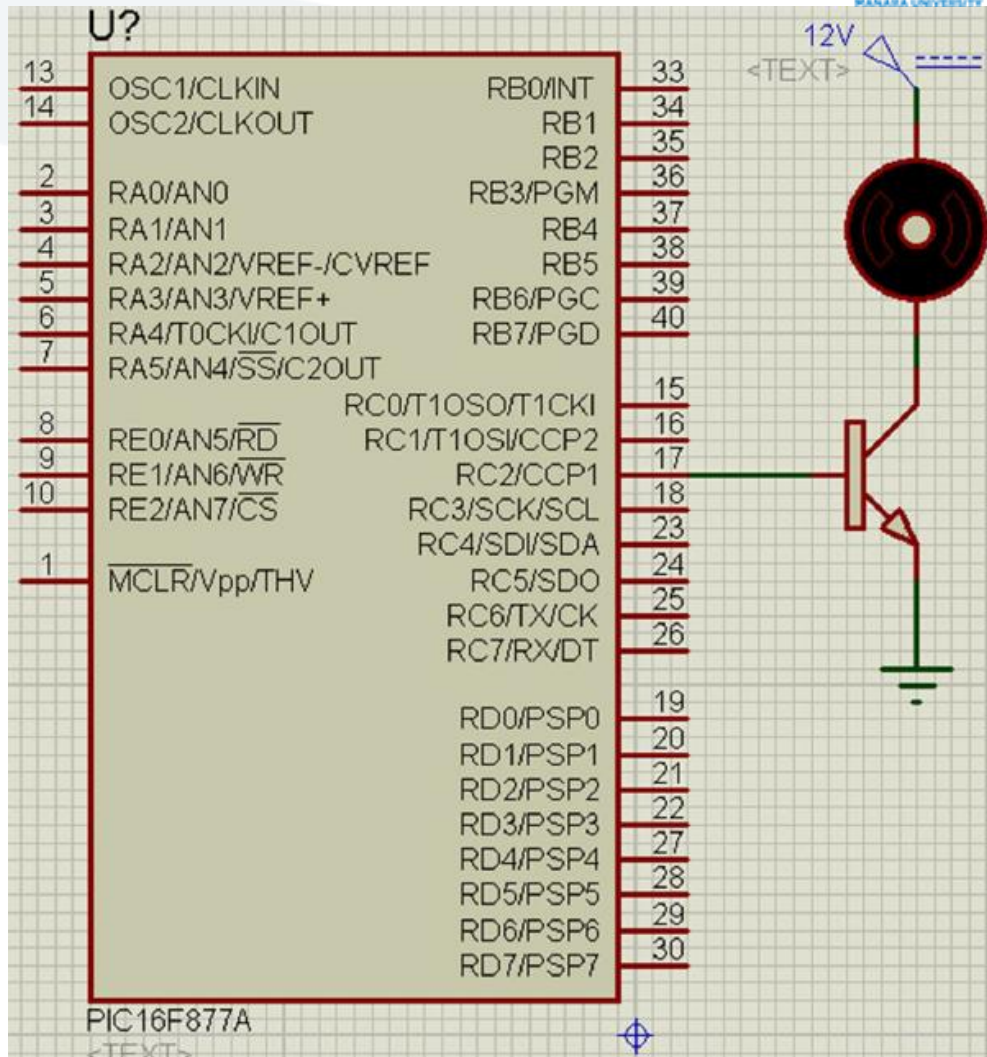
• التابع الرابع:

- ويقوم بإيقاف إخراج الإشارة، وهو مهم جدا في بعض الاستخدامات حيث يمكن استخدامه في إيقاف المحرك مثلا، ويأخذ التابع الشكل التالي مع مراعاة الرقم كسابقه:

```
PWM1_Stop();
```



على مستوى الهاردوير



- ولكن يتبقى مشكلة بسيطة وهي أن الإشارة التي سيخرجها الميكرو أقصى قيمة لها خمسة فولت ، وبالتالي يمكن للميكرو أن يخرج 5 أو 2.5 أو 1.25 فولت مثلا أو غير ذلك من القيم فيما لا يتعدى الخمسة فولت، ولكن بعض المحركات تعمل على جهد أعلى من ذلك كما نعلم وبالتالي لا يمكن توصيلها مباشرة بالميكرو، فما الحل ???

- يتمثل الحل في استخدام الدارة والتي تسمى Transistor as a switch فندخل الإشارة الخارجة من الميكرو على قاعدة الترانزستور فيقوم الترانزستور بتوصيل أو قطع دارة الجهد العالي الموصل عليها المحرك حسب قيمة الخرج إما خمسة فولت أو صفر.



جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

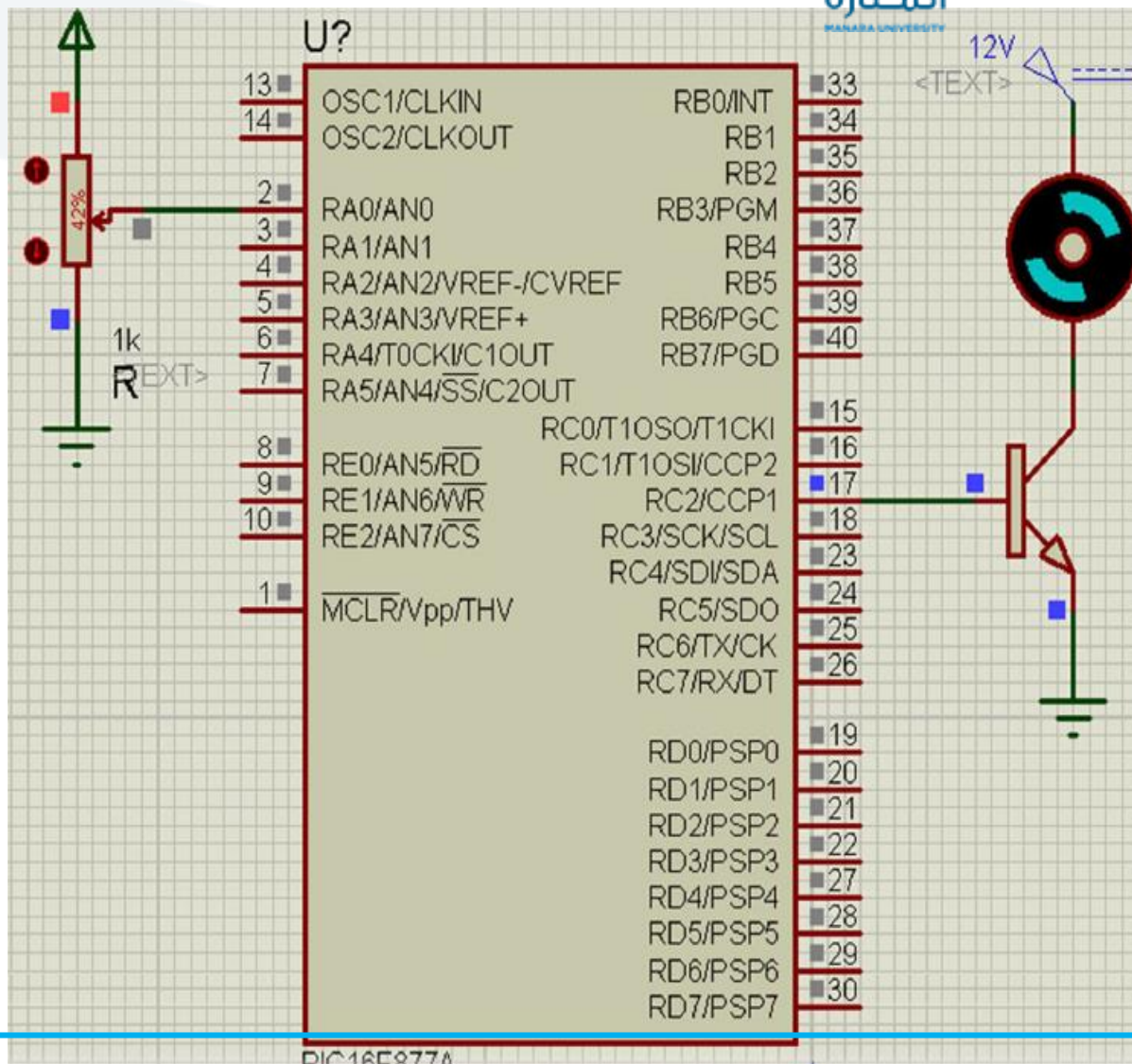
مشروع تطبيقي

• فكرة المشروع

نريد عمل مشروع للتحكم في سرعة المحرك عن طريق مقاومة متغيرة، بحيث عندما يتم تغير قيمة هذه المقاومة تتغير سرعة المحرك ...

• طريقة العمل:

نقوم بتوصيل المقاومة المتغيرة على مصدر جهد خمسة فولت للحصول على جهد متغير منها يتراوح بين صفر وخمسة فولت، وعندما تتغير قيمتها يقوم الميكرو بقراءة الجهد الناتج عنها. وبناء على قيمة الجهد المقروء يقوم الميكرو بحساب عرض النبضة، ثم يقوم الميكرو بضبط الإعدادات وإخراج الإشارة.



• برنامج الميكروسي

الموديولات التي سنحتاجها هي ال PWM وكذلك ال ADC، وبالتالي نكتب داخل التابع الرئيسي توابع التهيئة الخاصة بهما كالآتي ...

```
PWM1_Init(1000);  
ADC_Init();
```

```
int duty;  
int V;  
void main()  
{  
    PWM1_Init(1000);  
    ADC_Init();
```

```
while(1)
```

```
{  
    V = ADC_Read(0);  
    V = (V * 5) / 1023;
```

```
    duty = (V * 255) / 5;  
    PWM1_Set_Duty(duty);
```

```
    PWM1_Start();  
}
```

لقراءة قيمة الإشارة المتناوب والتي تتراوح قيمتها من صفر إلى 1023

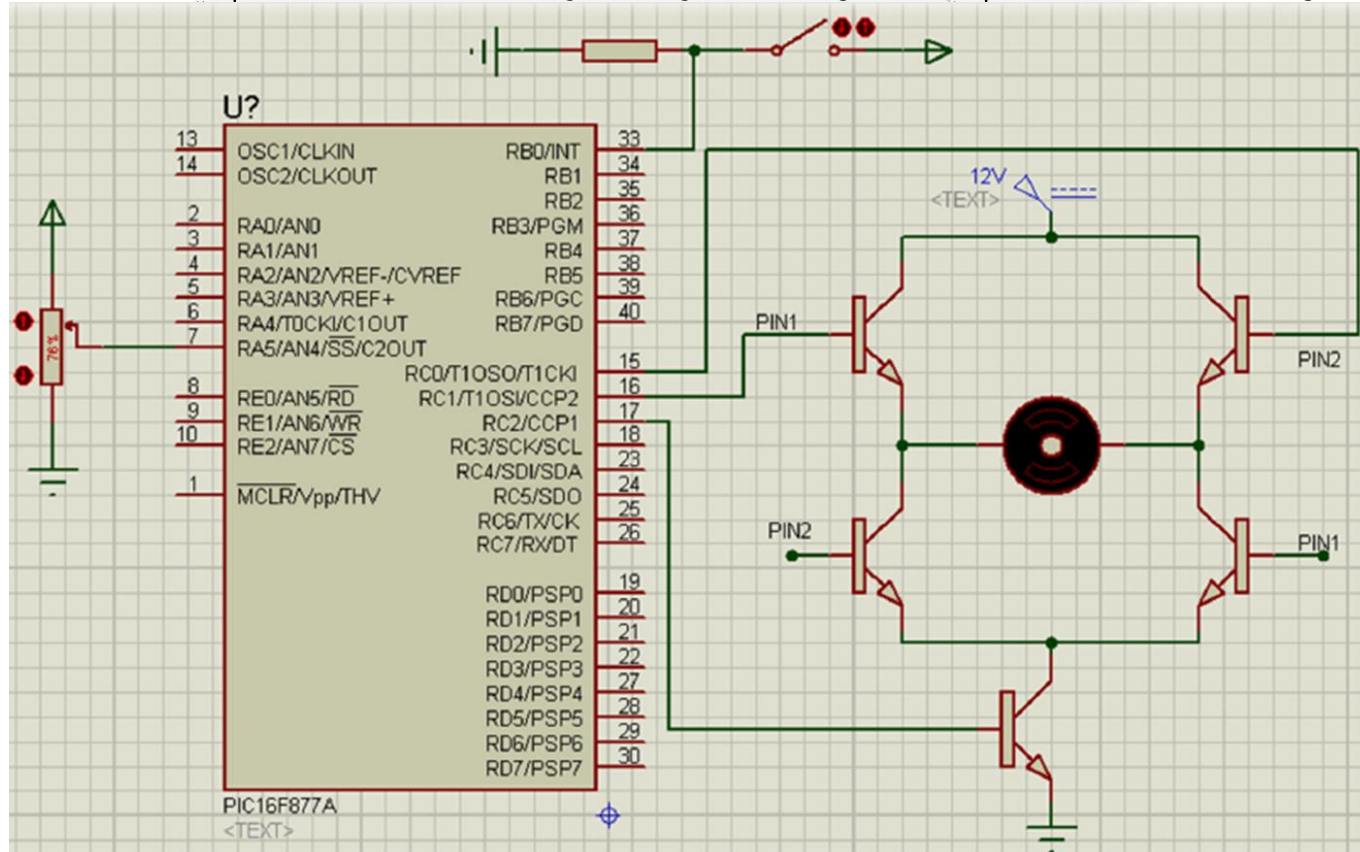
لتحويل القيمة إلى قيمة الجهد الفعلي (من 0 إلى 5 فولت)

لتحويل قيمة الجهد (من 0 إلى 5) إلى قيمة تحدد عرض النبضة والتي تتراوح من 0 إلى 255 ووضعها في الدالة

ويكون البرنامج الكلي كما بالشكل:

مشروع متكامل

- حتى هنا تعلمنا كيف نتحكم في اتجاه حركة المحرك وتعلمنا أيضا كيف نقوم بالتحكم في سرعته كل على حدة، ونريد الآن أن نتعلم كيف نقوم بالتحكم في السرعة والاتجاه معا في مشروع واحد ... **كيف ذلك؟؟؟**
- بالطبع سيكون ذلك بدمج الدارة الخاصة بالتحكم في السرعة بالدارة الأخرى الخاصة بالتحكم في الاتجاه، حيث تصبح الدارة الكلية كالآتي:



مشروع متكامل

- من الدارة يمكن ملاحظة أنه تم وضع الترانزستور الخاص بالتحكم في السرعة
- كذلك تم وضع سويتش لتغيير اتجاه الدوران على الرجل RBO، ومقاومة متغيرة للتحكم في السرعة على أحد الأرجل التشابيهية وليكن AN4

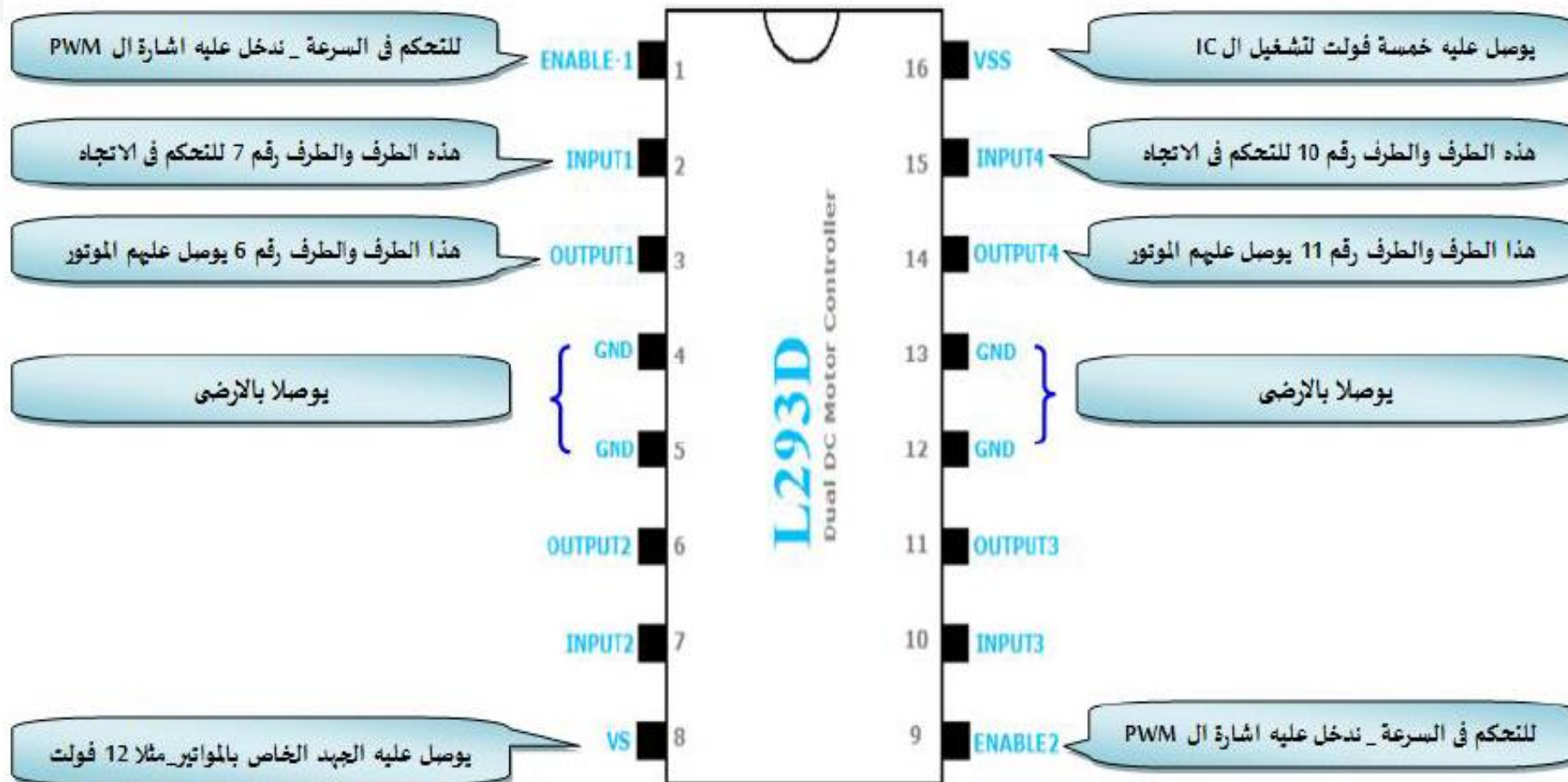
تقليل تعقيد الدارة

- أعتقد أننا بحاجة لتسهيل الدارة أكثر من هذا، بمعنى أنه بدلا من أن نقوم نحن يدويا بتركيب الترانزستورات وتكوين الدارة سنتعامل مع IC تحتوي بداخلها على دارتي التحكم في السرعة والاتجاه معا
- يحمل هذا ال IC الأرقام L293B أو L293D أو L298 ويكمن الاختلاف بين الثلاثة موديلات في قيم التيار القصوى التي يمكن لكل IC تحملها، وبالتالي يجب تحديد تيار الحمل أو المحرك وبناء عليه يتم اختيار الموديل المناسب من الثلاثة السابقين ...
- إذا أردنا أن نتخيل هذا ال IC قبل أن نراه، و نتوقع عدد أرجله ...
 - ✓ نحتاج رجلين لتوصيل طرفي الموتور نفسه.
 - ✓ نحتاج رجل لتوصيل الجهد الخاص بالموتور (12 فولت) وبالتالي نحتاج رجل أخرى لتوصيل الأرضي.
 - ✓ نحتاج رجلين لدخيلين ال H-bridge للتحكم في الاتجاه.
 - ✓ نحتاج رجل أخرى للتحكم في السرعة.
 - ✓ وأيضا رجل إضافية لندخل عليها 5 فولت لازمة لتشغيل ال IC حيث أن أي IC لكي يعمل لابد أن يوصل له جهد معين.
- بالتالي يمكن توقع 8 أرجل لل IC، ولكن إذا قلنا أنه يستخدم للتحكم في محركين في نفس الوقت وليس محرك واحد وبالتالي يكون له عدد 16 رجل ...



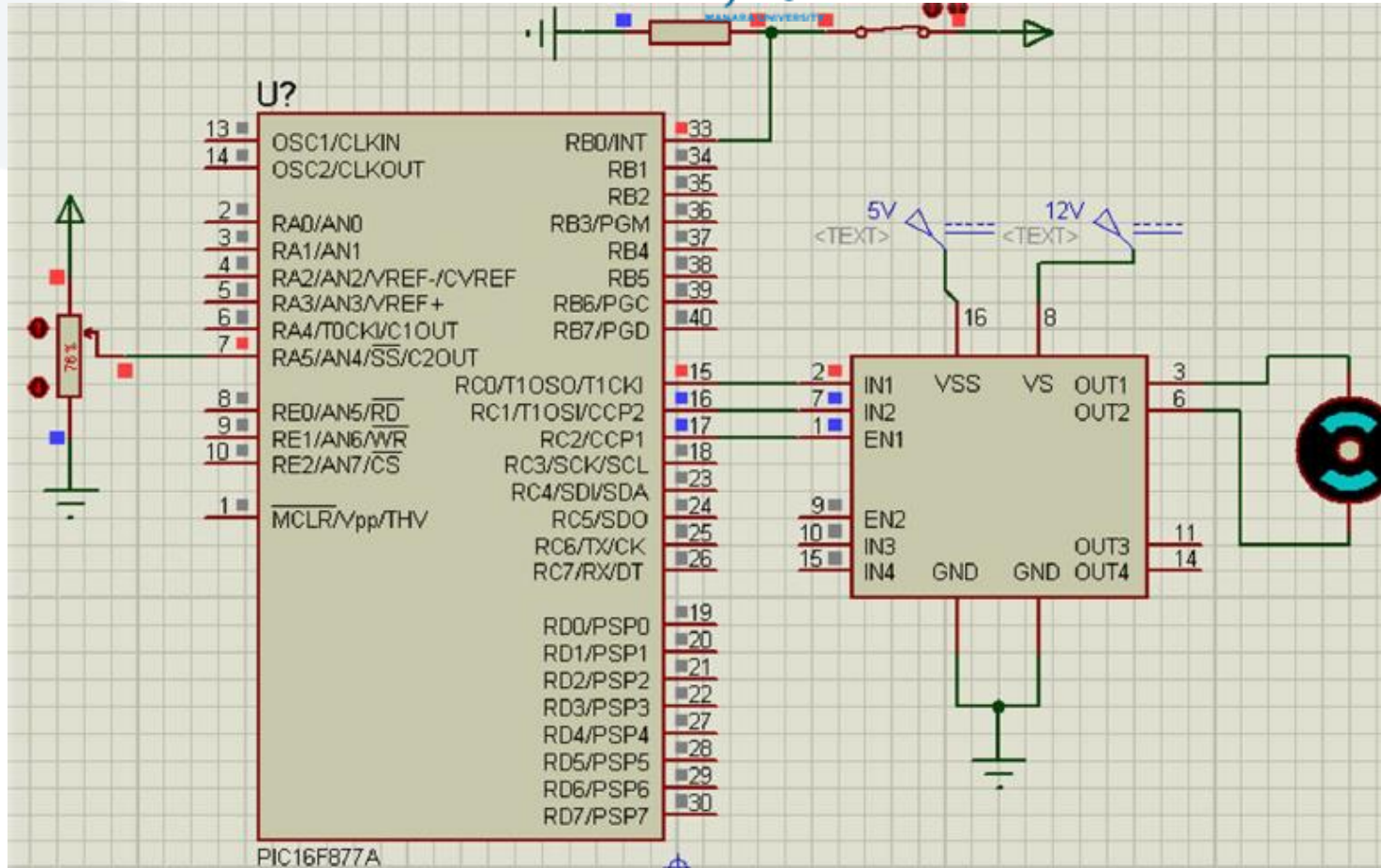
جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

L293D





و بالتالي سيصبح تصميم الدارة كما بالشكل:



وبالتالي فقد تم استبدال ال IC بالدارة السابقة على نفس الأرجل دون تغيير في الباقي وبالتالي فإن البرنامج سيكون واحد سواء في حال استخدام ال IC أو في حال عدم استخدامه ...

```

int duty;
int V;

void main()
{
    TRISB.B0 = 1;    TRISC.B0 = 0;    TRISC.B1 = 0;

    PWM1_Init(500);    ADC_Init();
    PWM1_Start();

    while(1)
    {
        if(PORTB.B0 == 1)
        {
            PORTC.B0 = 1;
            PORTC.B1 = 0;
        }
        else
        {
            PORTC.B0 = 0;
            PORTC.B1 = 1;
        }

        V = ADC_Read(4);
        V = (V *5)/1023 ;
        duty = (V*255)/5;
        PWM1_Set_Duty(duty);
    }
}

```

لضبط RC0,RC1 كخرج و RB0 كدخل

أوامر تهيئة المودولات

إذا كان السويتش مغلق يتم الدوران في اتجاه وان لم يكن مغلق يتم الدوران في الاتجاه الاخر

لقراءة قيمة الجهد الناتج عن تغير قيمة المقاومة وتحديد قيمة عرض النبضة لتغيير السرعة