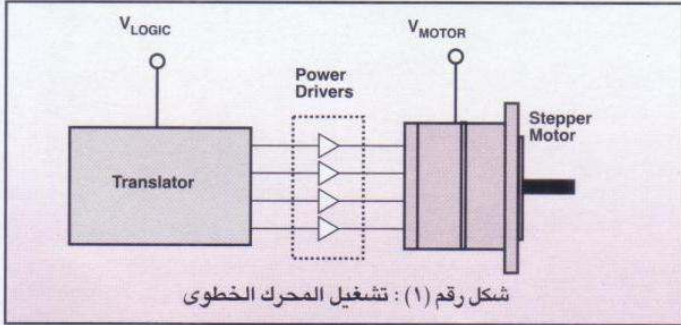


# كيف تبني "روبوت" حقيقي؟

## ٤ - استخدام المحرك الخطوى فى منظومة تحرك «الروبوت»

مهندس علاء خميس

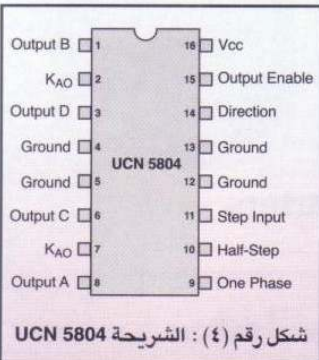
مدرس مساعد بكلية هندسة البترول - جامعة قناة السويس



### ١ - محرك خطوى ثنائى الأطوار (ثنائى الأوجه):

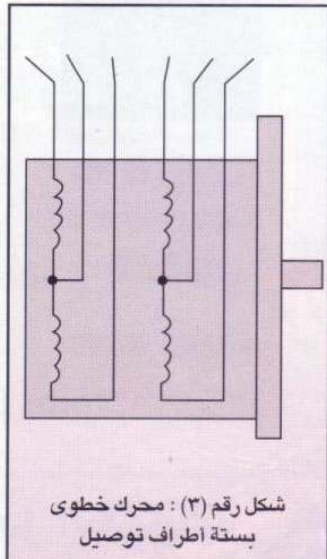
تقوم دائرة بدء تشغيل Trigger-Circuit تحتوى على مولد موجة مربعة Square Wave.. بتوفير نبضات التتابع اللازمة لتشغيل المحرك. يمكن استخدام المؤقت "555" أو خط التحكم بالحاسب الآلى للحصول على موجة مربعة. وفى حالة استخدام المؤقت "555" يجب استخدام مكثف بسعة 0.1 ميكروفاراد لتخفيض معدل الضوضاء المتولد فى المؤقت الذى يؤثر على الحاسب المنطقى بالدوائر المنطقية الموجودة فى دائرة التشغيل.

وتمثل الدائرة الموضحة بالشكل رقم (٢) إحدى الدوائر الشائع استخدامها فى تشغيل المحركات الخطوية. وفى هذه الدائرة.. نجد أن الوحدة "SGS L297" هى وحدة التحكم فى المحرك الخطوى التى تقوم بتوليد التتابع المطلوب لمرور التيار خلال ملفات المحرك.. وأن إشارات التتابع المتولدة تحتاج لرفع قيمتها حتى تتوافق مع المقنن المطلوب للمحرك.. مما يتطلب استخدام الوحدة "L298 N". يتم



وبعكس المحركات التقليدية.. تتطلب المحركات الخطوية دائرة تشغيل خاصة عادة ما تحتوى على وحدتين أساسيتين.. هما المترجم Translator والمشغل Driver - الشكل رقم (١) - وتتولى دائرة المترجم مسئولية تحويل إشارة الخطوة إلى ملفات المحرك.. بينما تعمل دائرة المشغل على ضبط التيار المسحوب بواسطة الملفات. ويتم توفير جهد للدائرة المنطقية  $V_{logic}$  (عادة ما يكون فى حدود ٥ف - ٤٨ف جهد مستمر).

وفى «الروبوتات» الشخصية.. ينصح باختيار المحرك بسرعات دورانية تتراوح ما بين ١٠٠ - ١٤٠ لفة/ دقيقة. وفيما يلى أمثلة لدوائر تشغيل محركات خطوية.. يمكن استخدامها:



الخطوى ونظرية تشغيله وأنواعه المختلفة وكذلك منظومات التغذية ومنظومات توجيه التيار ومنظومات ملفات الوجه فى مقال منفصل فى العدد السابق (ص ٤٢ - ٤٥).

### استخدام المحرك الخطوى فى منظومة تحرك «الروبوت»

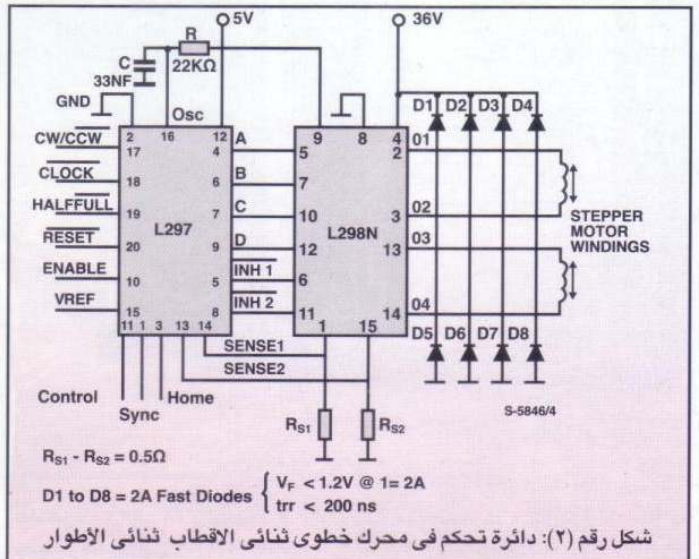
رغم ما يشوب هذا النوع من المحركات من صعوبة الاستخدام وعدم توفرها وارتفاع تكلفتها.. فإنها تتمتع بالعديد من المميزات التى تتطلبها التطبيقات «الروبوتية».. ومن ذلك:

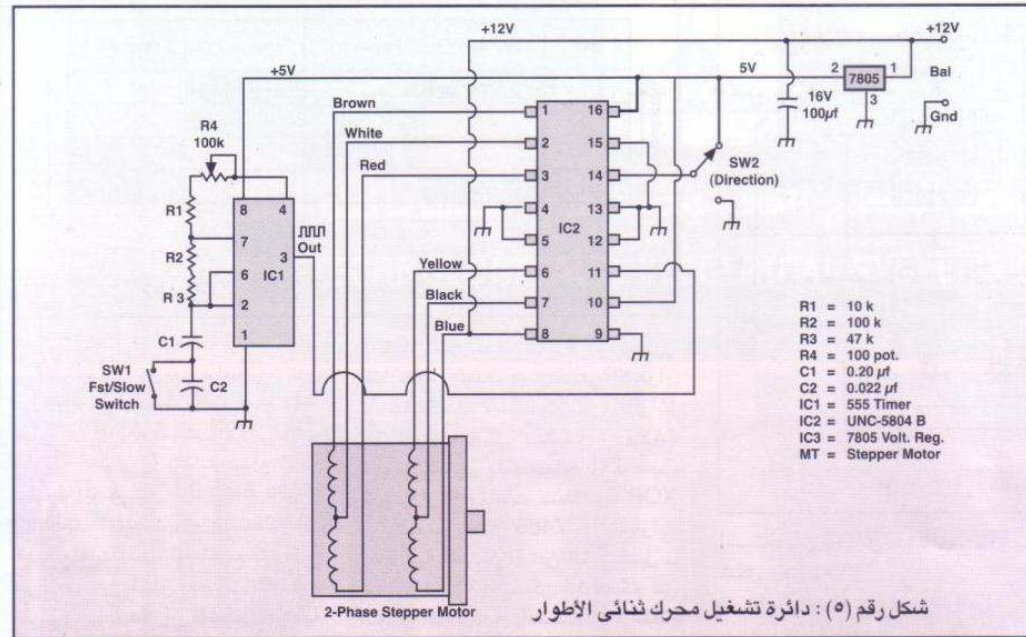
- استجابة سريعة لبدء التشغيل والتوقف وعكس اتجاه الحركة.
- الدقة العالية فى الحركة والقدرة التكرارية.. حيث تتراوح دقتها بين ٣ - ٥٪ من الخطوة وهو خطأ غير تراكمى من خطوة إلى أخرى.
- تتناسب حركة الحمل مع عدد نبضات الدخلى الرقمية للمحرك دون حاجة للتغذية الخلفية فى دائرة التحكم مما يؤدى إلى سهولة ورخص عملية التحكم.
- توفر مدى كبير من السرعات الدورانية حيث تتناسب السرعة مع تردد نبضات الدخلى.
- ظاهرة الفرملة التى تغنى عن الحاجة إلى دائرة فرملة خاصة.
- انعدام الحاجة للصيانة.. حيث لا يتم فيها استخدام فرش توصيل.

ذكرنا فى العدد السابق.. أن منظومات تحرك «الروبوت» LOCO-motion Systems تنقسم إلى نوعين أساسيين طبقاً لنوع المحرك المستخدم.. وتناولنا النوع الأول الذى يتم فيه استخدام محركات التيار المستمر التقليدية التى تتميز بتوفرها وانخفاض تكلفتها وسهولة تركيبها والتحكم فى سرعتها وقدرتها على توليد عزم كبير بالنسبة لحجم المحرك والتوافق مع تطبيقات مختلفة فى مجال «الروبوتات» الشخصية. وذكرنا.. أنه يعيب هذه المحركات عدم الدقة وبصفة خاصة فى حالة عدم وجود تحكم دائرة مغلقة بتغذية مرتدة مؤازرة Servo Feedback Control وكذلك صعوبة التحكم فى المحرك لكى يدور بدقة عالية عدداً معيناً من اللفات فى الدقيقة.

وفى هذا العدد.. نتناول نوعاً آخر من منظومات تحرك «الروبوت» الذى تستخدم فيه المحركات الخطوية Stepper Motors والتى تختلف بعض الشئ عن محركات التيار المستمر سواء فى التطبيق أو التركيب على الرغم من اعتماد فكرة عمل كليهما على الفيض المغناطيسى المتولد فى الملفات.

وقد تم بيان مكونات المحرك





شكل رقم (٥): دائرة تشغيل محرك ثنائي الأطوار

استخدام المتحكمات الدقيقة في مقالات تالية عند التحدث عن طرق التحكم في «الروبوتات».

٣ - محرك خطوى رباعى الأطوار: يتكون أحد أشكال هذا المحرك من جزأين متتالين كل منهما يحتوى على ملفين كما هو موضح بالشكل رقم (٦).

580". ويمكن باستخدام المؤقت 555 توفير إشارة التوقيت Clock-Signal التي يمكن رفعها أو خفضها باستخدام Potentiometer R4. وبالتحكم في تردد إشارة التوقيت يمكن التحكم في سرعة المحرك.. وذلك باستخدام أحد المتحكمات الدقيقة Microcontroller. وسوف يتم تناول كيفية

الطرف المشترك في كل من المجموعتين وطرفى النهايتين - شكل رقم (٣).

يتم تصميم دائرة تشغيل هذا المحرك باستخدام الشريحة - UCN "5804 - (شكل رقم (٤) - التي توفر مقنن خرج مستمر (١,٢٥ أمبير لكل طور - جهد قصوى ٣,٥ ف)

يتم التحكم الداخلى في قيمة الخرج عن طريق تغذية نقطة التوصيل رقم 11 فى الدائرة المتكاملة بنبضة موجة مربعة Square Wave Pulse.. ويتم استخدام نقطة التوصيل رقم 14 للتحكم فى اتجاه الحركة. يوضح الجدول رقم (١) كيفية الحصول على تتابع خطوة كاملة أو نصف خطوة.

ويوضح الشكل رقم (٥) دائرة تشغيل مقترحة لهذا المحرك باستخدام الدائرة المتكاملة - UCN

التحكم فى وحدة التشغيل باستخدام إشارات رقمية صادرة من وحدة المتحكم الدقيق Micro-controller أو من حاسب الى باستخدام كارت دخول/ خروج رقمى مثل "8255" حيث تتطلب وحدة التشغيل ثلاث أنواع من الإشارات:

١ - إشارة الساعة Clock Signal والتي توفر إشارات نبضية بتردد مرتبط خطياً بالسرعة الزاوية للمحرك.. حيث يدور المحرك زاوية خطوة واحدة مع كل نبضة.

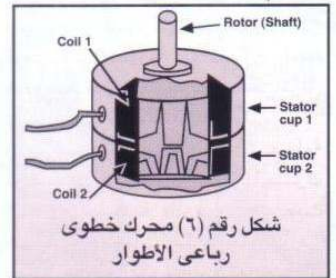
٢ - إشارة الاتجاه CW/CCW والتي تحدد اتجاه دوران المحرك.

٣ - إشارة ENABLE التي تسمح لدائرة التشغيل بقبول إشارات دخول وتوليد نبضات خروج وبالتالي تسمح بتشغيل المحرك.

ومن الإشارات الاختيارية الأخرى.. إشارة HALF/FULL التي تحدد نوعية التشغيل خطوة كاملة أو نصف خطوة حسب المسافة المطلوبة فى «الروبوت».

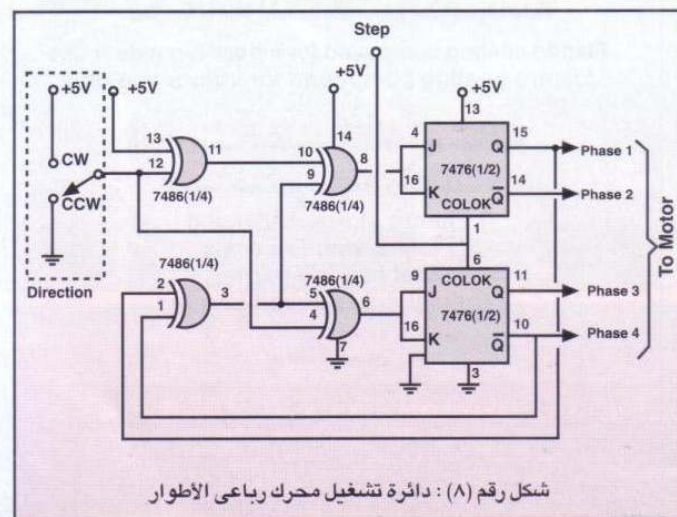
٢ - محرك خطوى ثنائى الأطوار مزدوج الملفات:

يحتوى هذا النوع من المحركات الخطوية على ضعف ملفات النوع السابق موصلة بحيث يخرج منها ستة أطراف توصيل. يمكن قياس المقاومة بين الأطراف للتعرف على

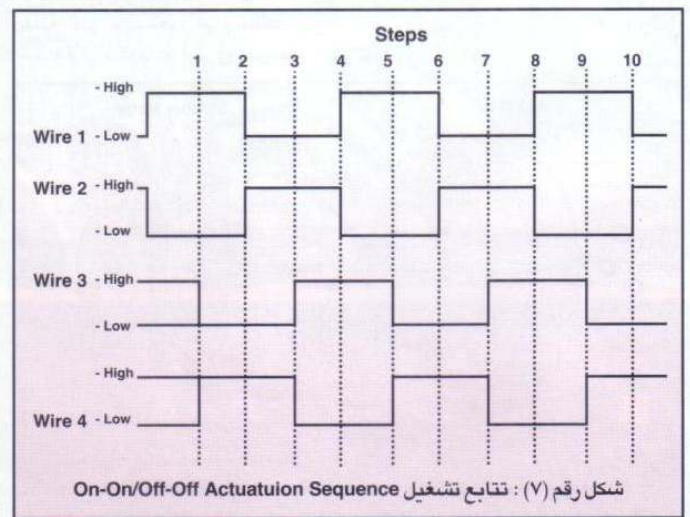


شكل رقم (٦) محرك خطوى رباعى الأطوار

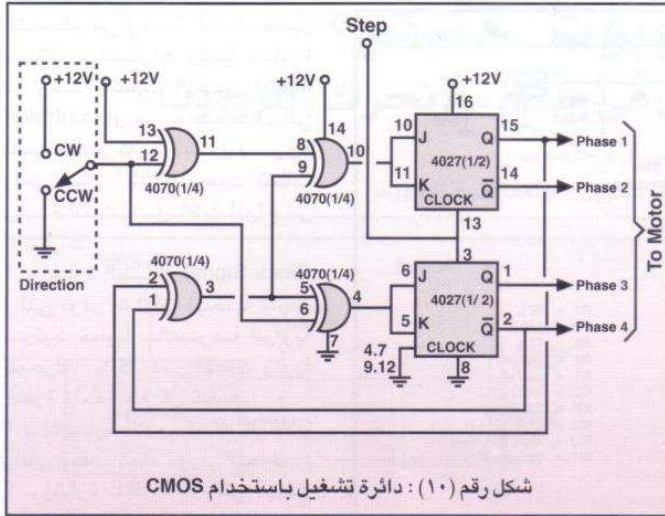
جدول رقم (١): تتابع خطوة أو نصف خطوة							
Full - Step Sequence				Half - Step Sequence			
on	-	-	-	on	-	-	-
-	on	-	-	on	on	-	-
-	-	on	-	-	on	on	-
-	-	-	on	-	-	on	on
-	-	-	on	-	-	-	on
on	on	on	on	on	no	-	on



شكل رقم (٨): دائرة تشغيل محرك رباعى الأطوار



شكل رقم (٧): تتابع تشغيل On-On/Off-Off Actuation Sequence



في المشغل مثل الحساسات الضوئية والمفاتيح الدقيقة -Micro switches.

### تثبيت المحرك

كما شرحنا في المقال السابق.. توجد أنواع مختلفة من منظومات تحرك «الروبوتات» الجواله.. مثل المنظومات المعتمدة على استخدام عجلات بتشكيلات مختلفة (محرك تفاضلي أو محرك تزامني أو محرك السيارة).. والمنظومات التي يتم فيها استخدام سيقان حركة بدلاً من العجلات و«روبوتات» المسار.. ينصح باستخدام منظومة المحرك التفاضلي حيث يتم فيها استخدام محركين متماثلين من المحركات الخطوية مع تثبيت عجلة محورية بدون محرك لحفظ اتزان «الروبوت» Caster Wheel. يوضح الشكل رقم (١١) عملية توصيل عامود إدارة المحرك الخطوي بعجلة «الروبوت».. حيث تستخدم مكونات يمكن تجميعها من محلات بيع المكونات الكهربائية أو عن طريق مجموعات بناء الوحدات «الروبوتية» -Fischertechnik, Lego, Capselanik.

استخدام CMOS بدلاً من TTL - شكل رقم (١٠).

### استخدام مشغل أقراص في بناء «روبوت» شخصي

تستخدم المحركات الخطوية في مشغلات الأقراص بالحاسب الألى للتحكم في وضع رأس الكتابة والقراءة في وحدة تشغيل القرص.. وعادة ما تكون هذه المحركات بسرعات تتراوح ما بين ٢٠٠ - ٤٠٠ خطوة في اللفة الواحدة وتعمل بجهد مقنن +١٢ أو +٥ ف كما في حالة مشغل الأقراص المرنة ٣.٥ بوصة. يمكن استغلال المحرك الخطوي الموجود في مشغل أقراص غير مستعمل في بناء «روبوت» شخصي.. ويمكن أيضاً استغلال وحدة التحكم في تشغيل المحرك بشرط منع بعض الوظائف عن العمل مثل البحث الأتوماتيكي عن المسار (صفر) عند بدء التشغيل أو ارتباط تشغيل المحرك بوجود قرص مرن في المشغل. يمكن أيضاً استخدام المحرك الموجود في مشغل أقراص صلبة غير مستعمل بالإضافة إلى استغلال مكونات أخرى موجودة

Step	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON	OFF	OFF	OFF
2	OFF	ON	OFF	OFF
3	OFF	OFF	ON	OFF
4	OFF	OFF	OFF	ON

شكل رقم (٩) : تتابع التشغيل لمحرك رباعي الأطوار

يمكن تجميع دائرة تشغيل المحرك الخطوي رباعي الأطوار باستخدام وحدتين من الدوائر المتكاملة. يمثل الشكل رقم (٨) دائرة تشغيل باستخدام TTL حيث توفر أربع بوابات منطقية XOR من الشريحة "7486" الإشارات المنطقية المسؤولة عن التشغيل - شكل رقم (٩). يمكن التحكم في اتجاه التغذية باستخدام نقطة التوصيل 12.. ويتم التحكم في عملية التغذية باستخدام الشريحة "7476" التي تحتوي على دائرتين منطقيتين من النوع - JK Flip Flops.

يعتمد التصميم الثاني المقترح لدائرة تشغيل المحرك الخطوي على

وهناك طريقتان لتشغيل هذا النوع من المحركات.. الأولى وهي الطريقة التقليدية باستخدام تتابع خطوة الموجة - Wave Step Sequence.. حيث يتم التحكم في تغذية ملفات المحرك بتتابع كل طور على حدة عن طريق نبضات التشغيل التي تسبب دوران المحرك زاوية خطوة مع كل نبضة.. أما الثانية - وهي أكثر فاعلية - فيتم فيها استخدام تتابع On - On / Off - Off كما هو موضح في الشكل رقم (٧).. حيث يتم تغذية طورين معاً مما يؤدي إلى زيادة العزم وبالتالي دقة أعلى في حركة المحرك.

