التوليــف الآلـي لهوائـي الأقمار الاصطنــاعية

بحث تكميلي لنيل درجة البكلاريوس مرتبة الشرف في الهندسة الكهربائية

(تحكم)

إعداد الطلاب :

أحمد عبد الرحمن علي خليفة

سيــدة عبد الله حســن السيد

نــزار علي الحـــاج عبد الله

إشراف :

أ. إبراهيم أحمد إبراهيم

كلـــــية الهندســـــة

جامعة الشيخ عبدالله البــدري

أكتوبر 2017

ا

الآيـــه

قال تعالي:

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وَلَا تَقُولَنَّ لِشَيْءٍ إِنِّي فَاعِلٌ ذَٰلِكَ غَدًا (23) إِلَّا أَن يَشَاءَ اللَّهُ وَاذْكُر رَّبَّكَ إِذَا نَسِيتَ وَقُلْ عَسَىٰ أَن يَهْدِيَنِ رَبِّي لِأَقْرَبَ مِنْ هَٰذَا رَشَدًا (24) ﴾

صدق الله العظيم

سورة الكهف

الإهداء

إهداء هذا العمل إلى فضيلة مولانا العارف بالله /

الشيخ عبد الله الشيخ البدري

الذي لولاه بعد الله سبحانه و تعالى لما كان هذا الصرح العملاق و ما كنا منتفعين به ، متعه الله بالصحة والعافية .

،،،،،،،،،،،،

إلى ذلك الفضاء الفسيح والأرض الطهور.... إلى شقائق النعمان التي نبتت من دماء الشهداء

إلى....الوطن

إلى أولئك الذين يحملون على كاهلهم بناء جيل المستقبل ،،،،،،،،،،،،،،،،،،،،

أساتذتنا الكرام

الباحثون

تقديراً إلى من قاتل من أجل سعادتي ... الصالحين في حياتي ، وعرفاناً إلى من سطّر قدري ،،،،،

أحمد

الى من لم يبخلا على بدعائهما الجميل .... فلو لا دعائهما لما وصلت الى هذه المرحلة.....

والديّ العزيزين،،،،،،،

سيدة

إلى من علمتني كلماتي الأولى مهجة الروح و بهجة الحياة.....أمي الحنون ،،،،،،،

إلى روحها (رحمة الله عليها)

نزار

شكر و عرفان

عملا بقوله تعالى (وَإِذْ تَأَذَّنَ رَبُّكُمْ لَئِن شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ.....)

نشكر الله على نعمه التي لا تقدر و لا تحصى و منها توفيقه تعالى لنا على اتمام هذا البحث . كما نتقدم بجزيل الشكر و الامتنان و خالص العرفان لمشرفنا :

أ. إبراهيم أحمد إبراهيم

لدعمه في انجاز هذا العمل و تشجيعه المتواصل متمنين له دوام التوفيق و النجاح . كذلك كل الشكر لأهلنا الذين كانوا للعون والمساعدة قاعدة مهمه طوال مسيرة الدراسة . و كل الشكر للزملاء و الإخوان لمساندتهم المستمرة و تقديم كل ما هو معين لإنجاز هذا العمل .

و في الختام الشكر أجزله و الثناء اجله لأسرة كلية الهندسة بجامعة الشيخ عبد الله البدري على مجهوداتهم المقدرة و تحملهم لنا طوال سنوات الدراسة ، و ما هذا العمل الا ثمرة لهذه السنوات من ما نهلناه على أياديهم جميعا .

الملخص

أصبحت هوائيات استقبال الأقمار الاصطناعية شائعة الاستخدام في السنوات الأخيرة ، و في أنظمة الاستقبال التلفزيوني في المقام الأول . هوائيات الارسال و الاستقبال للأقمار الاصطناعية هي عبارة عن هوائيات اتجاهية جداً ، لذلك يجب أن يتم توجيهها بدقة نحو القمر الاصطناعي المطلوب للتشغيل المضبوط . الطريقة التقليدية لضبط هوائي الاقمار الاصطناعية للحصول على اشارة قمر اصطناعي محدد تتم يدويا لكنها ليست دقيقة . هذا البحث يقدم تصميم للضبط التلقائي لهوائي الاقمار الاصطناعية مع القمر الاصطناعي المرغوب فيه . لتصميم هذا النظام أولا تم بناء التصميم الأولى باستخدام برنامج بروتوس و برنامج باسكوم . بعد ذلك تم تجهيز الهوائي بمحركي تيار مستمر أحدهما للحركة الأفقية و الآخر للحركة الرأسية ، مع استخدام متحكمة للتحكم في حركة المحركين التي بدورها تجعل الهوائي يتحرك حركة مماثلة لشكل النبضات . فعند حصول المتحكمة على الإشارة المطلوبة تقوم بحفظ مواقع المحركين في ذاكرة المتحكمة . كل هذا يتم وفق برنامج محدد تمت كتابته و وضعه داخل ذاكرة المتحكم الدقيق . المتحكمة المستخدمة في هذا النظام كانت من نوع آتميقا تمت برمجتها باستخدام برنامج باسكوم . تم اجراء اختبار و تقييم للنظام . أخيرا كانت النتيجة أن هذا النظام يجعل عملية ضبط هوائي الاقمار الاصطناعية سهله و سريعة ، و جاءت نتائج المحاكاة متوافقة مع ما كان متوقعا من استخدام هذه التقنية .

Abstract

Satellite dish receivers have become popular in recent years primarily for use in home television receiving systems. Satellite dish receivers and satellite dish transmitters are highly directional antennas. As a result they must be precisely aimed at a desired broadcasting satellite for proper operation. The traditional method for tuning or aligning satellite antenna to specific satellite is done manually which it is not precise. This thesis presents a design to align satellite antenna automatically to specific satellite. .To design this system firstly initial design was built using proteus and Bascom AVR ID. After that antenna was motorized with two DC Motor ,one for horizontal movement and the other for vertical movement. Then a controller was used to control movement of DC motors to move the two motors in pattern of pulses. When controller get a good signal level. It will save motors positions in its EEPROM. This done according to specific program built in microcontroller memory. Controller used in this system was avr Atmega32 programmed by using Bascom AVR ID. Then test and evaluation process was done for the proposed system. Finally, conclude that the use of the proposed solution makes alignment process easy and quickly. The results of the simulation are compatible with what is expected from using this technique.

المحتويات

الموضــوع	رقم الصفحة
الآيـه.....	I
الإهداء	II
شكر و عرفان	III
الملخص.....	IV
Abstract	V
المحتويات	VI
فهرس الأشكال	X
فهرس الجداول	XIII
الفصل الأول : المقدمة	
1-1 تمهيد	1
2-1 مشكلة البحث.....	1
3-1 أهمية البحث	2
4-1 الهدف من البحث	2
5-1 منهجية البحث	2
6-1 خطة البحث	2
الفصل الثاني : طرق توليف الهوائيات	
1-2 مدخل	4
1-1-2 الأقمار الصناعية للاتصالات	4

2-1-2 أنواع مدارات الأقمار الصناعية 4

3-1-2 المدار الجغرافي الثابت (GEO) 5

3-1-2 زوايا الموضع الأقمار الصناعية 5

4-1-2 الاستقطاب 6

5-1-2 الهوائي ذو القطع المكافئ 7

6-1-2 التوليف اليدوي لهوائي الأقمار الصناعية 7

7-1-2 دراسات سابقة 9

8-1-2 مساهمة البحث 11

9-1-2 ملخص الفصل 11

الفصل الثالث : تصميم النظام

1-3 مخطط النظام 12

2-3 نبذة عن النظام 12

3-3 المكونات المادية 13

1-3-3 محرك التيار المستمر ذو المغناطيس الدائم (PMDC) 13

2-3-3 المرحل الكهروميكانيكي 16

3-3-3 الشريحة (ULN2003A) 20

4-3-3 المتحكم الدقيق..... 21

5-3-3 المتحكمة (ATmega32A) 25

6-3-3 جهاز كاشف الإشارة 27

7-3-3 المشفرات البصرية 28

3-3-8 مفتاح نهاية الشوط 29

3-3-9 مصدر الجهد المستمر 30

3-3-10 وحدة خفض الضجيج (LNB) 30

3-3-11 نظام الترس اللولبي 30

3-3-12 مفاتيح (Push Button) 31

3-4 المكونات البرمجية 31

3-5 ملخص الفصل 31

الفصل الرابع : النتائج و المناقشة

4-1 المخطط الانسيابي للنظام 32

4-2 محاكاة النظام 38

4-2-1 تشغيل المحاكاة للنظام 39

4-3 تصميم النظام 46

4-4 تشغيل النظام 46

4-4-1 مرحلة عملية البحث 47

4-4-2 مرحلة التوليف 48

4-5 النتائج 49

الفصل الخامس : الخلاصة و التوصيات

5-1 الخاتمـة 50

5-2 التوصيــات 50

المراجع 51

الملاحق 54

فهرس الأشكال

الشكل	رقم الصفحة
(1-2) مدارات اقمار الاتصالات	5
(2-2) زاوية الأفق و زاوية الارتفاع	5
(3-2) زاوية الانحراف	6
(4-2) أنواع الاستقطاب الخطي	6
(5-2) الطريقة الأولى للضبط اليدوي	9
(6-2) الطريقة الثانية للضبط اليدوي	9
(1-3) المخطط التركيبي للنظام	12
(2-3) محرك التيار المستمر ذو المغناطيس الدائم	13
(3-3) الدائرة الكهربية لمحرك التيار المستمر.....	15
(4-3) أشكال المرحلات	17
(5-3) طريقة العمل المرحل	17
(6-3) تقريب مغناطيس لذراع المرحل	17
(7-3) البنية الداخلية للمرحل	18
(8-3) الملف المغناطيسي للمرحل	18
(9-3) ذراع المرحل	19
(10-3) أنواع المرحلات	20
(11-3) نماذج المرحلات	20
(12-3) نموذج لعمل المتحكم الدقيق	22

(13-3) مكونات المتحكم الدقيق 23

(14-3) مداخل و مخارج المتحكمة (Atmega32A) 26

(15-3) المخطط الصندوقي للمتحكمة (Atmega32A) 26

(16-3) كاشف الإشارة 27

(17-3) شكل و تركيب المشفر البصري 28

(18-3) الإشارة الناتجة من المشفر البصري 28

(19-3) مفاتيح نهاية الشوط 29

(20-3) بطارية (12V-7A/h) 30

(21-3) وحدة خفض الضجيج (LNB) 30

(22-3) الترس اللولبي 30

(23-3) مفاتيح (Push Button) 31

(1-4) عملية الموضع المرجعي 34

(2-4) عملية البحث 35

(3-4) عملية الحفظ 36

(4-4) عملية التوليف 37

(5-4) الدائرة الإلكترونية للنظام 38

(6-4) بداية عملية الموضع المرجعي 39

(7-4) استمرار عملية الموضع المرجعي 40

(8-4) نهاية عملية الموضع المرجعي 41

(9-4) بداية حركة الهوائي في عملية البحث..... 42

(10-4) نهاية عملية البحث و بداية عملية الحفظ 43

(11-4) استمرار عملية الحفظ 44

(12-4) نهاية عملية الحفظ 45

(13-4) محتويات ذاكرة (EEPROM) 46

(14-4) الدائرة الإلكترونية للنظام 46

(15-4) الهوائي المستخدم في النظام 47

(16-4) حركة الهوائي أثناء عملية البحث..... 47

(17-4) حالة الإشارة 48

(18-4) الحركة الرأسية 48

(19-4) نتيجة النظام 49

فهرس الجداول

الجدول	رقم الصفحة
(1-3) اشهر الشركات المصنعة للمتحكمات	24
(2-3) الخصائص الرئيسية للمتحكمة (Atmega32A)	27

الفصل الأول

المقدمة

الفصل الأول

المقدمة

1-1 تمهيد

نظام التحكم عبارة عن عدة عناصر تعمل معاً لتشكل وظيفة معينة. في معظم الحالات تكون هذه الوظيفة تحكم في متغير طبيعي مثل (السرعة – درجة الحراة – الإزاحة – الجهد أو الضغط) . وتسمى الإشارة التي تجعل هذه المكونات تقوم بالوظائف المطلوبة منها باشارة التشغيل. كذلك يمكن أن نقول أن نظام التحكم يدير ويأمر و يوجه أو ينظم سلوك الأجهزة أو الأنظمة الأخرى .

للتحكم الآلي دوراً أساسياً في تقدم الهندسة و العلوم الحديثة ، و بالإضافة إلى أهميته القصوى في سفن الفضاء وتوجيه الصواريخ و الطيران فان تطبيقات التحكم الألي أصبحت جزءاً هاماً و مكملاً لمختلف الصناعات الهندسية مثل محطات توليد الكهرباء ومصافي تكرير النفط و صناعة السيارات و الإسمنت والملاحة الجوية و التحكم في الأقمار الاصطناعية و غيرها الكثير.

نظام التحكم هو جهاز أو أكثر يقوم بإدارة وتوجيه وتنظيم أداء نظم أو أجهزة أخرى. يوجد نوعان رئيسيان من نظم التحكم ، نظم التحكم المفتوحة ونظم التغذية الراجعة (تحكم مغلق) كما يوجد نوع اخر من التحكم يقوم باستخدام بعض الأنظمة الذكية كالمنطق الضبابي والشبكات العصبية [1] .

2-1 مشكلة البحث

للحصول علي الإشارة المرسلة من أقمار البث التلفزيوني و الإذاعي فإنه يجب توجيه الهوائي بالاتجاه الصحيح للحصول علي هذه الاشارة وهو ما يعرف بعملية (الضبط اليدوي) . وذلك بتحريك الهوائي افقيا ورأسيا بصورة متكررة وبطيئة نسبيا وتحريك وحدة خفض الضجيج (LNB) ايضا ، حتي نحصل علي الاشارة وذلك يتم بالنظر مباشرة الي جهاز العرض لملاحظة الاشارة أو باستخدام جهاز كاشف الإشارة (Signal detector) او نستعين بشخص اخر اذا لم يكن بالإمكان مشاهدة جهاز العرض و لم يتوفر جهاز كاشف الاشارة .

لهذه الطريقة مساوئ كثيرة منها الافتقاد الي الدقة والموثوقية واستنفاد الوقت للحصول على الإشارة المطلوبة ، والجهد والمال في حالة اللجوء الي فني او مختص وايضا محدودية الاقمار التي يمكن مشاهدتها.

3-1 أهمية البحث

يدعم هذا البحث مجال انظمة التحكم الكهربائية بصورة عامة ويساعد في ترسيخ مفهوم الاعتماد علي التكنولوجيا في تشغيل الانظمة الكهربائية . وبصفة خاصة هذا البحث يقوم بتطوير نظام ضبط تلقائي لهوائي الاقمار الاصطناعية مما يجعل هذه العملية اكثر دقة و فاعلية و موثوقية.

4-1 الهدف من البحث

- تصميم منظومة الكترونية للتحكم في توليف هوائي الأقمار الاصطناعية وذلك باستخدام المتحكم الدقيق ومحركات التيار المستمر وكاشف إشارة وعناصر الكترونية أخري .
- محاكاة النظام باستخدام برامج (Bascom AVR) و (Proteus) .
- تصميم نموذج أولي للنظام (Pro-type).
- اختبار و تقييم أداء النظام .

5-1 منهجية البحث

في هذا البحث تم استخدام المنهج التطبيقي . أولا تم تصميم الدائرة الالكترونية باستخدام برنامج محاكاة ثم كتابة برنامج التشغيل. ثانيا تم تزويد الهوائي المستخدم بواسطة محركي تيار مستمر احدهما للحركة الافقية والاخر للحركة الراسية . يتم التحكم في حركة المحركين بواسطة المتحكم الدقيق الذي بدوره يجعل الهوائي يتحرك حركة مماثلة لشكل النبضات . عندما يتحصل المتحكم الدقيق على الإشارة المطلوبة يقوم بحفظ موضع الهوائي في الذاكرة الخاصة به . يتم ذلك وفقا للبرنامج الموجود في ذاكرة المتحكم الدقيق .

6-1 خطة البحث

يحتوي البحث على خمسة أبواب :

- **الفصل الأول** (المقدمة) ويحتوي على أهمية البحث و مشكلة البحث و الهدف من البحث و منهجية البحث .
- **الفصل الثاني** (طرق توليف الهوائيات) ويحتوي على دراسات سابقة في التحكم في الهوائيات و توجيهها و التحكم في المحركات الخطوية .
- **الفصل الثالث** (تصميم النظام) و يحتوي على وصف المكونات المادية المستخدمة في النظام و تصميم الدائرة الالكترونية و توصيلها .

- **الفصل الرابع** (النتائج و المناقشة) ويحتوي على استخدام المتحكم الدقيق في التحكم و توجيه الهوائي عندما يتحرك أفقيا و رأسيا .
- **الفصل الخامس** يحتوي على الخلاصة و التوصيات .

الفصل الثاني

طرق توليف الهوائيات

الفصل الثاني

طرق توليف الهوائيات

1-2 مدخل

1-1-2 الأقمار الاصطناعية للاتصالات

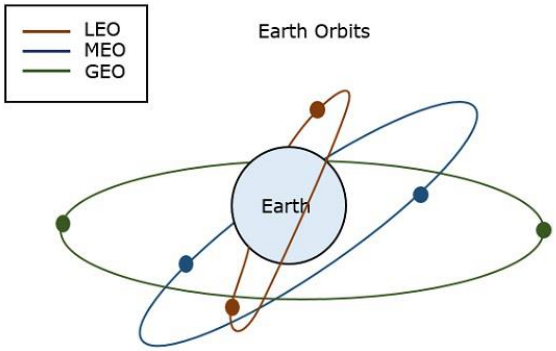
هي احدى اهم المكاسب التي تحققت من برامج الفضاء و أسهمت بشكل كبير في مجال الاتصالات العالمية . و هي أساسا عبارة عن حزمة من دوائر الاتصالات الالكترونية موضوعة في الفضاء . حيث ترسل اشارات الاتصالات الراديوية و تكبرها عبر مرسل مستجيب (Transponder) . يكون القمر الاصطناعي قناة اتصال بين مصدر الإشارات و مستقبلها في مواقع مختلفة على سطح الارض [1] .

تستخدم أقمار الاتصالات في البث التلفزيوني و الراديوي و الانترنت و التطبيقات العسكرية . و هنالك اكثر من 2000 قمر اتصالات في مدار الأرض تستخدمها مؤسسات خاصة و حكومية .

2-1-2 أنواع مدارات الأقمار الاصطناعية

توجد ثلاثة أنواع من المدارات التي يمكن أن تدور به الاقمار الاصطناعية للاتصالات حول الأرض حسب الشكل (2-1) :

- المدار الجغرافي الثابت Geostationary Earth Orbit (GIO) : هو مدار دائري على ارتفاع 35,786 كيلومتر (22,236 ميل) فوق خط الاستواء وفى نفس اتجاه دوران الأرض . أي جسم في هذا المدار يكون له فترة مدارية تساوي الوقت اللازم ليتم كوكب الأرض دورة كاملة حول نفسه (يوم فلكي) و بالتالي يبدو كأنه في موقع ثابت لا يتحرك بالنسبة لمشاهد على سطح الأرض .
- المدار الأرضي المنخفض Low Earth Orbit (LEO) : المدار الذي يقع بين سطح الأرض و حتى ارتفاع 2000 كيلومتر .
- المدار الأرضي المتوسط Medium Earth Orbit (MEO) : هو المنطقة من الفضاء التي تقع أعلى من المدار الأرضي المنخفض وتحت المدار الجغرافي الثابت.



الشكل (2-1) مدارات اقمار الاتصالات

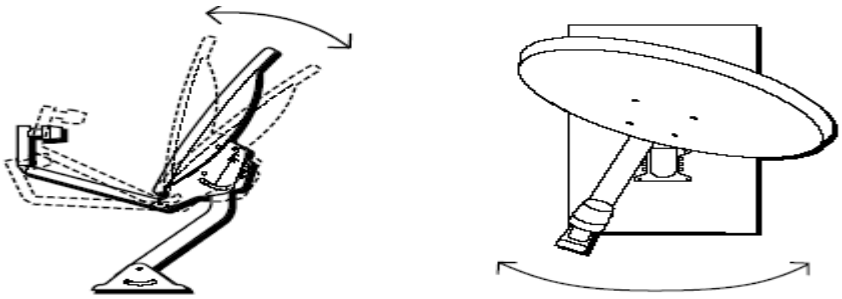
3-1-2 المدار الجغرافي الثابت (GEO)

أقمار الاتصالات وأقمار الأرصاد الجوية غالباً يتم وضعها في المدار الجغرافي الثابت وذلك حتى لا تضطر الهوائيات الأرضية التي تتصل بها أن تتحرك معها لمتابعتها، بل يتم توجيهها لنقطة ثابتة في السماء التي يوجد بها القمر المطلوب. المدار الجغرافي الثابت هو أحد أنواع المدارات المتزامنة. فكرة الأقمار الصناعية في المدارات المتزامنة بغرض الاتصالات تم نشرها لأول مرة عام 1928 (ولكنها لم تنتشر بشكل كبير حينها) . فكرة المدار الجغرافي الثابت انتشرت على نطاق واسع عام 1945 [1] .

3-1-2 زوايا الموضع للأقمار الاصطناعية

هي بمثابة الاحداثيات التي تمكن الهوائي من التقاط الإشارة من القمر الصناعي المحدد . هنالك ثلاث زوايا سنتعرف عليها :

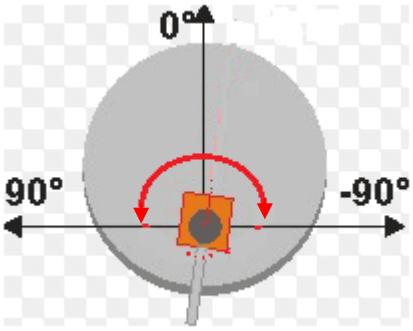
- زاوية الأفق (Azimuth Angle) : هي زاوية الحركة الأفقية للهوائي بالنسبة للقمر الاصطناعي المعين و الشكل (2-2) يوضح .
- زاوية الارتفاع (Elevation Angle) : هي زاوية الحركة الرأسية للهوائي بالنسبة للقمر الاصطناعي المعين و الشكل (2-2) يوضح .



(ب) زاوية الارتفاع (أ) زاوية الأفق

الشكل (2-2)

- زاوية الانحراف (Skew Angle) : هي زاوية الحركة الدائرية لجهاز خفض الضجيج (LNB) الموجود في الهوائي ، و الشكل (2-3)



الشكل (2-3) زاوية الانحراف

4-1-2 الاستقطاب

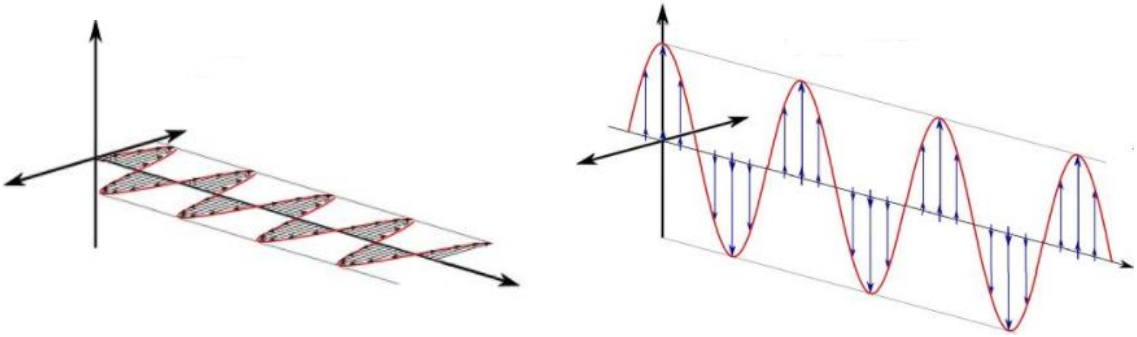
الاستقطاب في الاتصالات اللاسلكية يشير إلى اتجاه الحقل الكهربائي من الموجة الكهرومغناطيسية التي تتكون من الحقلين (متجهين) ، الكهربائي والمغناطيسي واللذين تحدهما زاوية مقدارها 90°.

يتم التفريق بين نوعي الاستقطاب الخطي والدائري لمستقبل الإشارات (الهوائي) حسب نوع اللاقط المستخدم (LNB) ، يمكن أن يكون الاستقطاب باتجاه باعث الإشارة أو عموديا عليه [2] .

هناك نوعين رئيسيين للاستقطاب الخطي لمرسل الاشارات الهوائية :

(أ) الاستقطاب الخطي العمودي : اتجاه الحقل الكهربائي يكون رأسيا بالنسبة لسطح الأرض.

(ب) الاستقطاب الخطي الأفقي: اتجاه الحقل الكهربائي يكون أفقيا بالنسبة لسطح الأرض.



(أ) استقطاب رأسي (ب) استقطاب افقي

الشكل (2-4) أنواع الاستقطاب الخطي

2-1-5 الهوائي ذو القطع المكافئ

يعرف الهوائي بانه جهاز معدني يستخدم لإرسال و استقبال الموجات الكهرومغناطيسية. و هو من اكثر الاجهزة الكهربية استخداما و انتشارا لأن له تطبيقات عديده في الاغراض السلمية والعسكرية .

الهوائي المثالي هو الذي يبث أو يستقبل كل الطاقة القادمة إليه ، و لكن عمليا لا يوجد هوائي مثالي بل هنالك معاملات للهوائيات العملية تجعلها تقترب أو تبتعد من مواصفات الهوائي المثالي تبعا لتصميمها و طبيعة عملها . ومن أهم المعاملات :

- كسب الطاقة : و هو مقياس لمقدرة الهوائي علي تركيز الطاقة الخارجة منه في مساحة اقل حيث انه اذا ركزنا الطاقة في مساحه معينه زادت جودة الاشارة في تلك المنطقة.
- الاتجاهية : و هي نسبة كثافة الطاقة المنبعثة من الهوائي في اتجاه معين الى كثافة الطاقة المنبعثة من هوائي مرجعي عند نفس النقطة مع فرض أن الطاقة المنبعثة من كليهما متساوية .

تعتبر الهوائيات التي تحتوي على عاكس على شكل قطع ناقص أكثر أنواع الهوائيات الاتجاهية استخداماً عند الحاجة إلى قيم كسب عالية. تتميز هذه الهوائيات بإمكانية تصنيعها للحصول على قيم عالية جداً للكسب و الاتجاهية ، في حين يتجلى أهم عيوبها في صعوبة تثبيت الأطباق الكبيرة عدا عن أنها تتأثر بسهولة بالرياح القوية.

تصنع الأطباق التي يقل قطرها عن متر واحد عادة من مواد معدنية مصمتة ، ويستخدم الألومنيوم بكثرة نظراً لخفة وزنه و متانته وناقليته الجيدة للتيار الكهربائي. يزداد تأثير الرياح مع ازدياد حجم الطبق وسرعان ما يشكل مشكلة حرجة . لقد تم تطوير الأطباق التي تصنع أسطحها العاكسة من شبكات معدنية مفرّغة لتجاوز هذه المشكلة . على الرغم من ضعف نسبة الأمام للخلف في هذه الهوائيات إلا أن استخدامها أكثر أمناً وتصنيعها أسهل [2] .

2-1-6 التوليف اليدوي لهوائي الأقمار الاصطناعية

ان ابسط نظام استقبال هوائي يجب ان يتكون من :

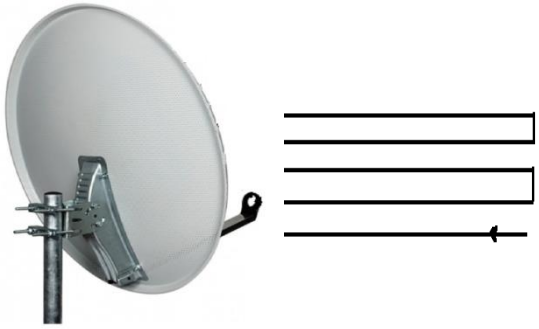
- وحدة خفض الضجيج (LNB) : والتي تتلخص وظيفتها في التقاط الاشارة القادمة من الاقمار الاصطناعية وتحويلها لتصبح صور تلفزيونية . وما تفعله هذه الوحدات يؤثر على الاشارة في رحلتها الي جهاز العرض . تقوم هذه الوحدات بتحويل الاشارات القادمة في شكل اشارات

كهرومغناطيسية الي اشارات كهربائية ثم تكبيرها وتحويلها الي حدود الترددات الصحيحة مع تخفيض كمية الضجيج خلال هذه العملية الي اقل قدر ممكن .

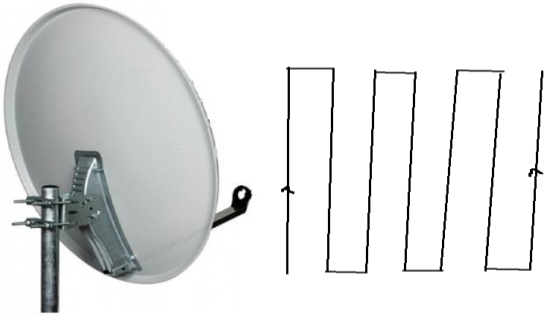
- الصحن او الطبق أو الهوائي : ووظيفته تجميع الإشارات القادمة من القمر الاصطناعي وعكسها من بؤرة الطبق الي وحدة خفض الضجيج (LNB) .
- جهاز الاستقبال : وهو المسؤول عن استقبال الاشارات القادمة من القمر الاصطناعي ومعالجتها .
- جهاز العرض (التلفاز او الشاشة) : وهو الذي بواسطته تعرض الإشارات التي تمت معالجتها بواسطة جهاز الاستقبال وعرضها في شكل صورة و صوت او صوت فقط .
- كابلات التوصيل : وهنالك عدة أنواع من الكابلات المستخدمة كل علي حسب وظيفته ، فهنالك كابل يربط ما بين وحدة خفض الضجيج (LNB) وجهاز الاستقبال ووظيفته الاساسية هي نقل الاشارات من وحدة خفض الضجيج الي جهاز الاستقبال وهو من الدلائل الموجية المتعارف عليها ، وهنالك الكابلات التي تصل جهاز الاستقبال مع جهاز العرض وهي متعددة الانواع .

2-1-6-1 طريقة التوليف اليدوي :

- بعد ربط المكونات السابقة مع بعضها البعض تبدأ عملية ضبط الهوائي للحصول علي الإشارة المطلوبة ، حيث تحتاج لشخص له دراية باتجاه الأقمار الاصطناعية . يقف الشخص خلف الهوائي و يبدأ في تحريكه بغرض الحصول على اشارة من القمر الاصطناعي و هنالك طريقتين للتوليف اليدوي حتي يغطي الشخص كل المساحة المتوقع وجود اشارة فيها بحيث يبدأ من نقطة مرجعية دائما :
- الأولى يبدأ الشخص بتحريك الهوائي أفقيا لأخر نقطة متوقعه ثم يرفع الهوائي قليلا ، ثم يعود افقيا للنقطة المرجعية ، أيضا رفع الهوائي قليلا ثم تحريك الهوائي افقيا في الاتجاه العكسي حتى اخر نقطة . هنا يكون الشخص اكمل دورة بحث و يتم تكرار هذه الدورة حتى الحصول على الإشارة . متابعة الإشارة تكون اما بالنظر مباشرة لجهاز التلفزيون أو باستخدام جهاز كاشف اشارة. الشكل (2-5) يوضح هذه الطريقة .
- الطريقة الثانية تكون دورة البحث عكس الأولى و ذلك بتحريك الهوائي رأسيا لأخر نقطة متوقعه ثم تحريك الهوائي أفقيا قليلا ، ثم يعود رأسيا للنقطة المرجعية ، أيضا تحريك الهوائي أفقيا قليلا في نفس الاتجاه السابق ثم تحريك الهوائي رأسيا في الاتجاه العكسي حتى اخر نقطة . هنا يكون الشخص اكمل دورة بحث و يتم تكرار هذه الدورة حتى الحصول على الإشارة . الشكل (2-6) يوضح هذه الطريقة .



الشكل (2-5) الطريقة الأولى للضبط اليدوي



الشكل (2-6) الطريقة الثانية للضبط اليدوي

2-1-7 دراسات سابقة

هنالك عدد من الدراسات التي ساهمت في تصميم و تطوير دوائر التحكم لتحديد موقع هوائيات الاقمار الاصطناعية .

ريتشاد فالنتين في كتابه " Motor Control Electronics Handbook " ذكر أن أكثر المحركات استخداما في التحكم و تطبيقات الأحمال الثقيلة هي محركات الـ (Servo Motors) ، و لكن من ناحية أخرى فهي ذات تكلفة عالية في تلك التطبيقات [3] .

ذكر شاترجي باتشارايا في كتابة " Industrial Electronics and Control " أن استخدام المتحكم الدقيق Microcontroller يطور عمل المحركات للحصول على الموقع المطلوب ، و بالرغم من أنها الخطوة الأولى بالقرب من نظم التحكم و نظم التشغيل الآلي و أنظمة الربوتات، إلا أنها تستطيع أن تخدم إلى حد كبير في التحكم الصناعي [4] .

شونق و باري قدما تصميم لألية مقترنة بالهوائي و تساعد في عملية الضبط ، بحيث تخبر الشخص الذي يقوم بعملية ضبط الهوائي بجودة الإشارة المستقبلة من القمر الاصطناعي أثناء عملية الضبط . يتكون النظام من مولد اشارة و جهاز عرض للإشارة . مولد الإشارة يحدد مدى قوة الإشارة بينما

يقوم عارض الإشارة بعرضها حتى تساعد الشخص في معرفة الموضع الدقيق للهوائي لاستقبال افضل اشارة من القمر الاصطناعي المحدد [5] .

قدم عماد الحسن و بروفسور عبد الرسول نموذج تصميم لتوليف هوائيات الاقمار الاصطناعية آليا . يستخدم التصميم محرك خطوي ، و يعتمد على خطوط الطول و خطوط العرض لموضع الهوائي ، كما يستخدم بيانات خط الطول للقمر الاصطناعي المطلوب كبيانات دخل للنظام . برمجيات النظام تقوم بعمل حسابات مختلفة لتحويل هذه البيانات الى خانات رقمية . هذه الخانات الرقمية يتم تحويلها الى اشارات كهربية لتغذية المحرك الخطوي المستخدم لضبط الهوائي من خلال ضبط زاويا الافق و الارتفاع و القطبية للقمر الاصطناعي المطلوب [6] .

مي كياو و د. جاو ميات قدما تصميم للتحكم في توليف هوائي الاقمار الاصطناعية. يتكون من جزأين مادي و برمجي . الجزء المادي يتكون من جهاز التحكم عن بعد و المتحكم الدقيق من نوع (PIC) و محرك (Servo Motor) و مشغل للمحرك . الجزء البرمجي سيحدد الموضع المطلوب للهوائي و ارسال اشارة التشغيل عبر المتحكم الدقيق .

يعمل نظام التحكم عندما يرسل جهاز التحكم عن بعد اشارة التشغيل للمتحكم الدقيق و الذي يقوم بحساب الدرجات و النبضات و حفظها في ذاكرة (EEPROM) . عندما يرسل جهاز التحكم عن بعد الدرجه المطلوب ضبط الهوائي عندها يقوم المتحكم الدقيق بتحريك المحرك . يتوقف المحرك عندما يكون الدرجة المعدودة مساوي للدرجة المطلوبة . نظام التحكم يستخدم تقنية الأشعة تحت الحمرا لاستقبال النبضات من جهاز التحكم عن بعد إلى المتحكم الدقيق [7] .

طور رافائيل و قونسالفيز و دوبرادو نظام ضبط تلقائي للهوائي يتكون من جهاز استقبال الأقمار الاصطناعية (Receiver) و حساس النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) و جهاز حاسوب و هوائي و محركات . حساس (GPS) يحدد نقاط خط الطول و العرض بالإضافة لنقطة خط الطول للقمر الاصطناعي المطلوب مرتبط مع الحاسوب بواسطة ناقل توالي. جهاز الـ (Receiver) مسؤول من قياس قوة الإشارة القادمة من القمر الاصطناعي في كل لحظة و ارسالها الى الحاسوب بواسطة ناقل التوالي . جهاز الحاسوب يتحكم في كامل النظام حيث يستقبل احداثيات مواقع الهوائي من حساس (GPS) و قوة الإشارة من الـ (Receiver) ، ثم يقوم بحساب زوايا الأفق و الارتفاع . يقوم البرنامج بتحريك المحركات وفقا لزوايا الافق و الارتفاع . و إذا كان الهوائي في الموضع الصحيح و الإشارة ربما تكون ضعيفة ، و لتأكيد أن الهوائي في الموضع الصحيح و الإشارة قوية يقوم الـ (Receiver) بإرسال تقرير كل فترة الى الحاسوب و الذي بدورة يعمل على توليف الهوائي حتى يستقبل اشارة قوية من القمر الاصطناعي .

مميزات هذا التصميم استخدام حساس (GPS) في تحديد الاحداثيات و استعمال الحاسوب في عملية حساب زوايا الافق و الارتفاع ، بينما عيوبه أنه يعتمد على الاسلاك في التوصيل مما يقيد المستخدم في منطقة صغيرة [8] .

8-1-2 مساهمة البحث

حاولت كل الاطروحات المقدمة في الدراسات السابقة حل مشكلة توليف هوائيات الاقمار الاصطناعية لكن بعض منها لازالت تحتاج بعض الاجراءات اليدوية و البعض الاخر يحتاج دوائر الكترونية و برامج معقدة . هذا العمل يحاول حل هذه المشكلة مع تجنب الاجراءات اليدوية و استخدام دوائر الكترونية و برامج مبسطة .

9-1-2 ملخص الفصل

في هذا الفصل تم استعراض خلفية عن نظم الاقمار الاصطناعية المستخدمة في مجال الاتصالات ، و بعض التعريفات و المعاملات المهمة. كذلك الدراسات السابقة في هذا المجال مع الاهتمام بالطريقة و الآليات المستخدمة من قِبل كل باحث مع مناقشة النتائج و ذكر أوجه القصور حتى يتم تجنبها في الطريقة المقترحة .

الفصل الثالث

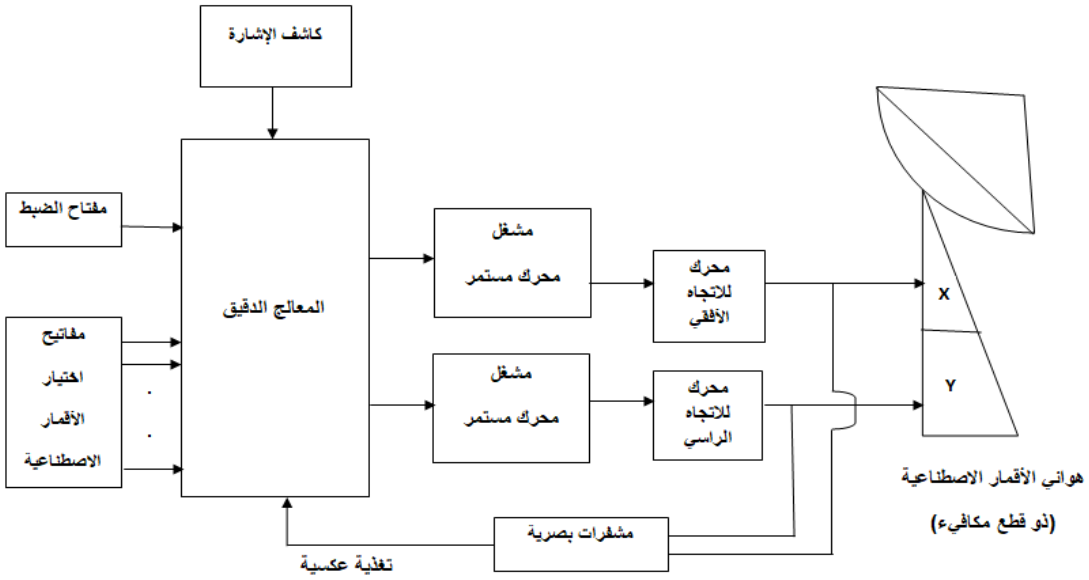
تصميـــم النظام

تصميم النظام

في هذا الفصل سيكون التركيز على تصميم المشروع و طريقة التطبيق و المكونات المادية للنظام . يحتوي نظام التشغيل على جزأين رئيسيين هما الجزء المادي و الجزء البرمجي . الجزء المادي يتكون من هوائي شكل قطع مكافئ مزود بمحركي تيار مستمر أحدهما للحركة الأفقية و الآخر للحركة الرأسية أيضا هنالك المتحكم الدقيق و مشغلات المحركات و كاشف الإشارة . الجزء البرمجي يتكون من برنامج (Bascom AVR) لكتابة البرنامج المستخدم و أيضا برنامج (Proteus) لمحاكاة النظام .

1-3 مخطط النظام

هذا النظام يسمح للمستخدم بتوليف الهوائي بسهولة ، و سرعة و بدون الحاجة لشخص محترف للتركيب . الشكل (3-1) يوضح المخطط التركيبي للنظام .



الشكل (3-1) المخطط التركيبي للنظام

2-3 نبذة عن النظام

العنصر الرئيسي و الأهم في هذا النظام هو المتحكم الدقيق الذي بمثابة العقل للنظام ، حيث يتحصل على بعض اشارات الدخل من اجهزة الدخل مثل المفاتيح و الحساسات . وفقا لهذه الإشارات يقوم المتحكم الدقيق باتخاذ قرار . هذا القرار يمكن أن يكون :

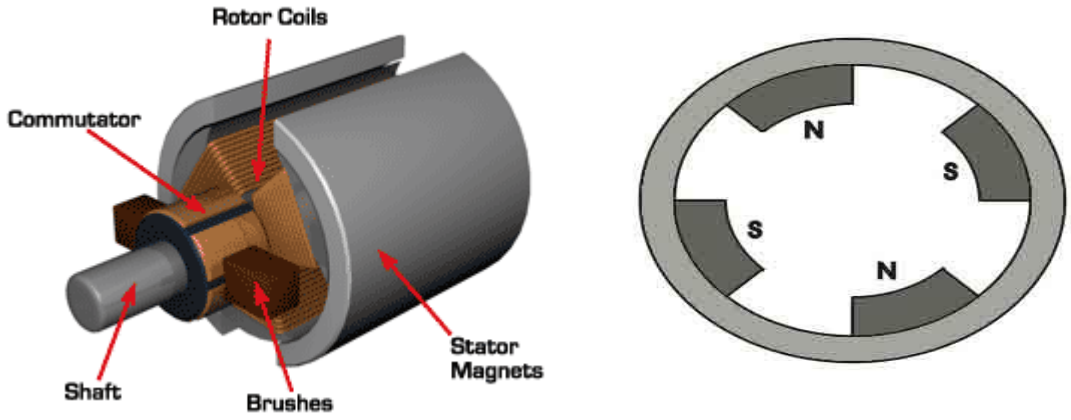
- تحريك محركا الحركة الأفقية و الرأسية على التوالي ويكون شكل الحركة يشبه شكل النبضات أثناء عملية البحث عن الإشارة .

- تحريك محركا الحركة الأفقية والرأسية على التوالي مباشرة تجاه موضع محدد لقمر اصطناعي محدد .

3-3 المكونات المادية

3-3-1 محرك التيار المستمر ذو المغناطيس الدائم (PMDC)

عادة في محركات التيار المستمر ، يدور المنتج داخل المجال المغناطيسي . مبدأ العمل الأساسي لمحركات التيار المستمر مبنية علي حقيقة أن اي موصل يحمل تيار كهربي يتم وضعه داخل مجال مغناطيسي ، سوف تتولد قوة ميكانيكية ناتجة من هذا الموصل . جميع انواع محركات التيار المستمر تعمل علي هذا المبدأ فقط ، بالتالي فانه لتصميم محرك تيار مستمر فمن الاساسي انشاء مجال مغناطيسي . ومن المعروف ان المجال المغناطيسي يتم انشائه بعدة وسائل ، فعلي سبيل المثال فان المغناطيس يمكن أن يكون مؤقت (ملف كهربي) أو أن يكون دائم كما بالشكل (3-2) .



الشكل (3-2) محرك التيار المستمر ذو المغناطيس الدائم

عندما يتم استخدام مغنطيس دائم لإنشاء المجال المغناطيسي في محرك التيار المستمر فان المحرك يسمي (محرك تيار مستمر ذو مغنطيس دائم) . هذا النوع من المحركات يستخدم في العديد من التطبيقات من ضمنها : سيارات الاطفال ، محرك بدء في السيارات ، ماسحات الزجاج الامامي ، السخانات وفي المكيفات لتحريك شبك الواجهة الامامية .

التحكم في المجال المغناطيسي لهذا النوع من المحركات غير ممكن ، لذا فان محركات التيار المستمر ذات المغناطيس الدائم تستخدم في التطبيقات التي يكون فيها التحكم في السرعة غير مطلوب.

وكما هو مشار اليه من التسمية (المغناطيس الدائم) ، فان اقطاب المجال لهذه المحركات تكون مصنوعة من المغناطيس الدائم . وهذه المحركات تتكون من جزأين هما : العضو الثابت والدوار [3] .

3-3-1-1 العضو الثابت

العضو الثابت يكون مصنوع من اسطوانة فولاذيه . المغناطيس يكون مركب داخل محيط الاسطوانة بحيث يكون كل قطبين متشابهين متقابلين كما موضح في الرسم.

العضو الثابت الاسطواني ايضا يعمل كممانعة مسار التفاف للفيض المغناطيسي . لذلك فان ملفات المجال غير مطلوبة في هذا النوع من المحركات ، ولكنها تكون موجوده في بعض الاحيان لتعوض خسارة المغناطيس الدائم اذا فقد قواه .

3-3-1-2 العضو الدوار

العضو الدوار في محركات التيار المستمر ذات المغناطيس الدائم مشابه تماما لذلك الموجود في محركات التيار المستمر الأخرى . العضو الدوار او المنتج لمحركات التيار المستمر ذات المغناطيس الدائم ايضا تحتوي علي قلب حديدي ، ملفات و موحد.

القلب الحديدي للمنتج مصنوع من عدد من الشرائح الدائرية المعزولة ، بتجميع هذه الشرائح مع بعضها البعض يتشكل قلب المنتج الاسطواني. هذه الشرائح يتم استخدامها لتخفيض التيارات الدوامية ، وتكون موضوعه بداخلها اللفائف.

ملفات المنتج يتم توصيلها بعدة طرق حسب ما هو مطلوب ، النهايات الطرفية للفائف موصولة مع اطراف الموحد الموجود في عمود المحرك ، وكما في محركات التيار المستمر الأخرى توضع فرش مصنوعة من الكربون او الجرافيت لتغذي المنتج بالتيار الكهربائي.

3-3-1-3 مبدأ العمل

إن مبدأ عمل محرك التيار المستمر ذو المغنطيس الدائم مشابه تماما لمبدأ عمل محركات التيار المستمر الاخرى . فعند مرور تيار في موصل موضوع داخل مجال مغناطيسي ، ستتولد قوة ميكانيكية ، واتجاه هذه القوة يكون وفقاً لقاعدة فلمنج لليد اليسرى.

في محركات التيار المستمر ذات المغناطيس الدائم ، يكون المنتج موضوع داخل المجال المغناطيسي للمغناطيس الدائم ، المنتج يدور في اتجاه القوة المولدة . وكل موصل في المنتج يولد قدرة ميكانيكية (F) مقدارها يعطى بالعلاقة التالية :

$$F = B.I.L \quad (Newton)$$

حيث :

B ≡ شدة المجال المغناطيسي بالتيسلا.

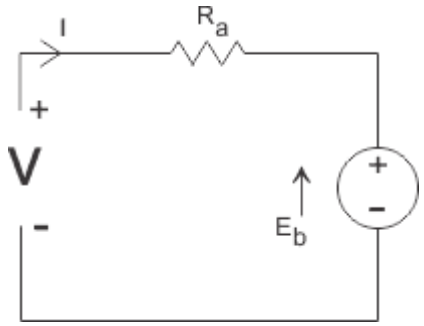
I ≡ التيار الذي يسري في الموصل بالأمبير.

L ≡ طول الموصل بالمتر.

كل موصل من موصلات المنتج يعطي قوة ومحصلة هذه القوى تعطي العزم.

4-1-3-3 الدائرة المكافئة

ينتج المجال عن طريق المغناطيس الدائم حسب الشكل (3-3) ، لذلك ليس هنالك حاجة لرسم ملفات المجال في الدائرة المكافئة.



الشكل (3-3) الدائرة الكهربية لمحرك التيار المستمر

حيث :

V ≡ جهد التغذية.

I ≡ تيار المنتج.

Ra ≡ مقاومة ملفات المنتج.

E_b ≡ تمثل القوة الدافعة الكهربائية المتولدة.

5-1-3-3 المميزات

محركات التيار المستمر ذات المغناطيس الدائم لها مميزات مقارنة بمحركات التيار المستمر الأخرى وهي :

i. ليس هنالك حاجة لتوفير اثارة للمجال المغناطيسي.
ii. ليس هنالك حاجة لملفات المجال لذا فان مساحة ملفات المجال يتم توفيرها والذي من شانه تخفيض الحجم الكلي للمحرك.
iii. اقتصادي ورخيص الثمن.

6-1-3-3 العيوب

i. رد فعل المنتج لا يمكن تعويضه وهذا من شانه اضعاف شدة المجال المغناطيسي.

ii. هنالك احتماليه لعدم مغنطة الاقطاب الدائمة بسبب تيار المنتج المفرط اثناء البدء ، عكس الحركة ، وظروف تعدي الحمل للمحرك.

iii. المجال في الثغرة الهوائية محدود ولا يمكن التحكم به خارجيا . لذلك التحكم بالسرعة في هذا النوع من المحركات صعب جدا.

7-1-3-3 التطبيق

هذا النظام يستخدم محركا تيار مستمر لتحريك الهوائي في بعدين أفقيا و رأسيا . الحركة الأفقية لضبط زاوية الأفق للهوائي ، بينما الحركة الرأسية لضبط زاوية الارتفاع للهوائي .

2-3-3 المرحل الكهروميكانيكي

هو عباره عن عنصر كهربائي يتكون من مفتاح ميكانيكي يمكن التحكم به من خلال تطبيق جهد علي الملف الموجود بداخله .

هذا العنصر يعتبر عنصر استطاعي اكثر من كونه عنصرا الكترونيا ، بالرغم من وجود عناصر تسمي (Mini Relay) تركب علي الدارات الالكترونية ، وهو يتوفر بأحجام متعددة و استطاعات مختلفة تبدأ من 1 امبير وحتي 60 امبير و ولها دور كبير في الدارات الصناعية في حال كونها يمكن ان تحل محل الكونتاكتور الذي يصدر اصواتا عالية عند الفتح والاغلاق .

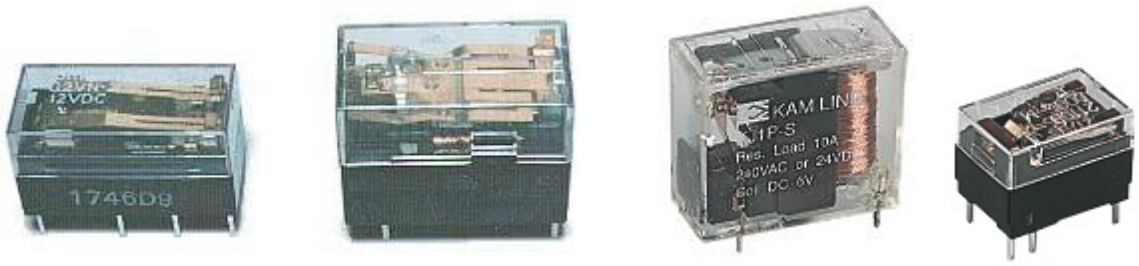
من اكثر استخداماتها في الدارات الالكترونية هو قيادة مرحلة الخرج النهائي من خلال التحكم في الجهد المطبق علي ملف المرحل باستخدام ترانزستور صغير لا يتجاوز تياره واحد امبير ، لكن يجب الانتباه ان المرحل يستغرق زمنا بأجزاء الملي ثانيه حتي يستجيب للوصل والفصل ، وهذا الزمن ناتج عن عطالته الميكانيكية ، لذا لا يمكننا استخدامه في التطبيقات التي تحتاج الي سرعات عالية ، حيث يستعاض عنه بثايرستور القدرة او الترياك او المفتاح السيليكوني .

تنتشر في التطبيقات الصناعية في دارات المنظمات الكهربائية واجهزة الـ (PLC) ودارات المصاعد والابواب الكهربائية والعديد من التطبيقات الأخرى [3] .

اضافة لكونها تتوفر بتيارات متعددة ، تتوفر ايضا بجهود تحكم متعددة وهي جهود نظامية عالمية :

6V , 9V , 12V , 15V , 24V, 36V , 48V , 60V , 220V

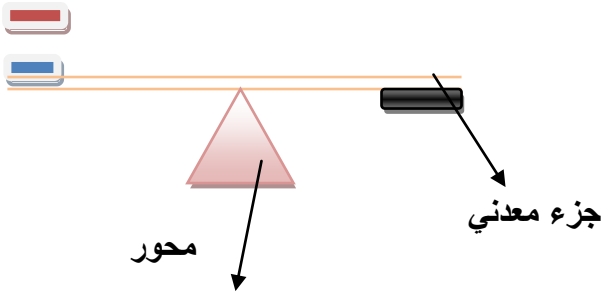
و الشكل (3-4) يوضح بعض اشكالها المستخدمة في الدارات الالكترونية :



الشكل (3-4) أشكال المرحلات

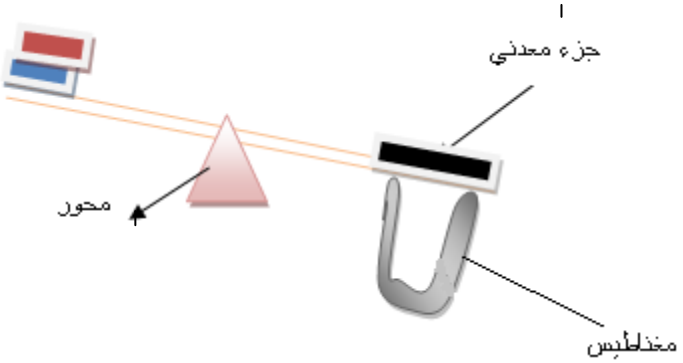
3-3-2-1 طريقة العمل

لفهم طريقة العمل انظر الي الشكل (3-5):



الشكل (3-5) طريقة العمل المرحل

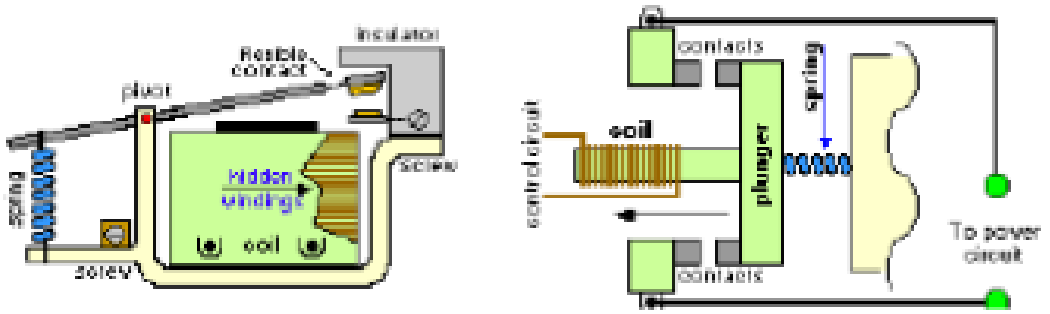
لو افترضنا ان هنالك ذراع معدني مستقر في وضعة الطبيعي علي محور ، وافترضنا ان هذا الذراع يمكنه التحرك بحريه علي هذا المحور فماذا سيحدث عندما نقرب مغناطيسا الى هذا الذراع كما هو موضح بالشكل (3-6) :



الشكل (3-6) تقريب مغناطيس لذراع المرحل

لا شك ان الذراع سيترك وضعه الطبيعي وسيتحرك الي الاسفل باتجاه المغناطيس مما يجعل طرفه الاخر يلامس النقطة الحمراء وبذلك يكون هنالك اتصال بين النقطة الحمراء والذراع . هذه ببساطة طريقة عمل المرحل .

يوضح الشكل (3-7) رسما تفصيليا للبنية الداخلية للمرحل حيث انه عندما يتم تغذية الملف (Coil) فان الذراع الذي يحمل التماس المتحرك سوف ينجذب ويلامس التماس الثابت ، مؤديا الي وصل الدارة ، وعندما يفقد الملف تهييجه تؤثر قوة النابض العكسية علي الذراع وتعيده الي وضعيته الاساسية .

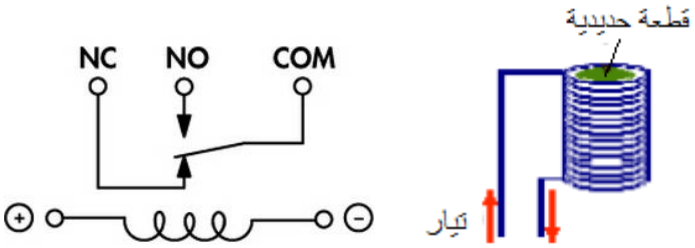


الشكل (3-7) البنية الداخلية للمرحل

3-3-2-2 اجزاء المرحل

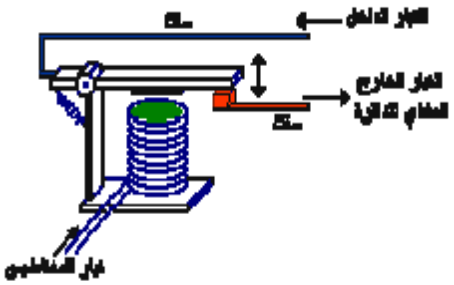
يتكون المرحل من جزأين اساسيين وهما :

i. الملف المغناطيسي : ومثلناه سابقا بالمغناطيس . ولكن بدلا من المغناطيس العادي فان المرحل يستخدم المغناطيس الكهربي ، وهو عبارة عن قطعة حديدية ملفوف حولها سلك حسب الشكل (3-8) . فعندما نمرر تيارا كهربائيا في السلك يتكون مجال مغناطيسي وتتحول القطعة الحديدية الي مغناطيس .



الشكل (3-8) الملف المغناطيسي للمرحل

ii. المفتاح : ومثلناه سابقا بالذراع ، في وضعه الطبيعي غير ملامس والاخر ملامس (موصل) ، فعندما يمر تيار ثابت في الملف ويبدا المغناطيس الكهربائي بالعمل ، ينجذب الذراع المعدني الي الاسفل وتكتمل الدائرة ويبدأ التيار في السريان الي الدائرة و الشكل (3-9) يوضح .



الشكل (3-9) ذراع المرحل

3-2-3-3 انواع المرحلات

هنالك انواع مختلفة من المرحلات تصنف علي حسب عدد نقاط التلامس ، فعدد حوامل التماسات يحدد عدد ما يسمي بالأقطاب وعدد نقاط التلامس يحدد ما يسمي بالتحويلات ، واهم هذه الانواع :

- المرحل ذو القطب الواحد والتحويلة الواحدة :

في هذا المرحل يكون هنالك ذراع واحد (اي قطب واحد) وتكون لهذه الذراع نقطة واحدة للتلامس حسب الشكل (3-10) (أ) .

- المرحل ذو القطب الواحد والتحويلتين :

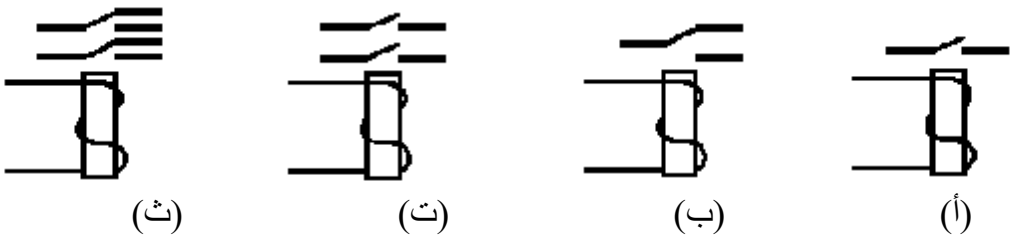
في هذا المرحل تكون هنالك ذراع واحده (قطب واحد) ولها نقطتين للتلامس تكون مرتبة بحيث عندما يتحرك الذراع تقوم احدي النقاط بالتوصيل بينما تكون الأخرى في وضع الفصل ، الشكل (3-10) (ب) يوضح ذلك .

- المرحل ذو القطبين والتحويلة الواحدة :

في هذا المرحل توجد هنالك ذراعان تتحركان بنفس الوقت ولكل ذراع نقطة تلامس واحدة حسب الشكل (3-10) (ت).

- المرحل ذو القطبين والتحويلتين :

في هذا المرحل توجد هنالك ذراعان تتحركان بنفس الوقت ولكل ذراع نقطتي تلامس ، و الشكل (3-10) (ث) يوضح ذلك .



الشكل (3-10) أنواع المرحلات

و الشكل (3-11) يوضح بعض من نماذج المرحلات المستخدمة في التطبيقات الالكترونية والصناعية :

الشكل (3-11) نماذج المرحلات

4-2-3-3 التطبيق

في هذا التطبيق يتم استخدام أربعة مرحلات اثنان منها للحركة الأفقية مع و عكس عقارب الساعة ، و اثنان للحركة الرأسية أيضا مع و عكس عقارب الساعة . يقوم المرحل بتشغيل المحرك المستمر و الذي قيم جهده و تياره أكبر من امكانيات المتحكم الدقيق و الذي بدورة يتحكم في تشغيل المرحلات بواسطة الشريحة (ULN2003) .

3-3-3 الشريحة (ULN2003)

هي عبارة عن مجموعة من المفاتيح الالكترونية (ترانزستورات) التي تسمح لتيار صغير للتحكم بأجهزة كهربائية تتطلب تيار أعلى مما يعطيه مخرج المتحكم الدقيق. حيث تتكون من مصفوفه من سبعة ترانزستورات دارلنجتون من النوع (NPN) (دارلنجتون : تركيبة من ترانزستورين تعطي كسب أعلى) .

من المعروف أن أطراف المتحكم الدقيق تعطي جهداً قدره (5V) بحيث لا يستطيع تشغيل الأحمال التي تعمل بجهود أعلى من هذه القيمة لذلك تعمل شريحة (ULN) كوسيط بين المتحكم الدقيق و

الأحمال ذات الجهود العالية . في هذا البحث هي تعمل وسيط بين المتحكم الدقيق و المرحلات ذات الجهد (12V) والتي بدورها تعمل على تشغيل محركات التيار المستمر المستخدمة في التطبيق [9] .

3-3-3-1 التركيب الداخلي للشريحة (ULN2003)

تحتوي دائرة (ULN2003) على 7 مداخل و 7 مخارج رقمية حيث مقابل كل مدخل رقمي هنالك مخرج رقمي.

يتم توصيل مداخل (ULN2003) بأطراف المتحكم الدقيق و المحددة في البرنامج الأساسي، أما مخارج (ULN2003) يتم توصيلها إلى المرحلات لتشغيلها . الطرف رقم (8) يتم توصيله بالأرضي .

3-3-3-2 مميزات الشريحة (ULN2003)

- تيار المجمع المقنن (500 mA) .
- جهد الخرج (50 V) .
- ثنائيات مدمجة متكاملة في حالة الأحمال الحثية .
- يمكن توصيل المخارج على التوازي في حالة التيار العالي.
- المداخل متوافقة مع العوائل (TTL/CMOS/PMOS/DTL) .

3-3-4 المتحكم الدقيق

3-3-4-1 المفهوم الأساسي

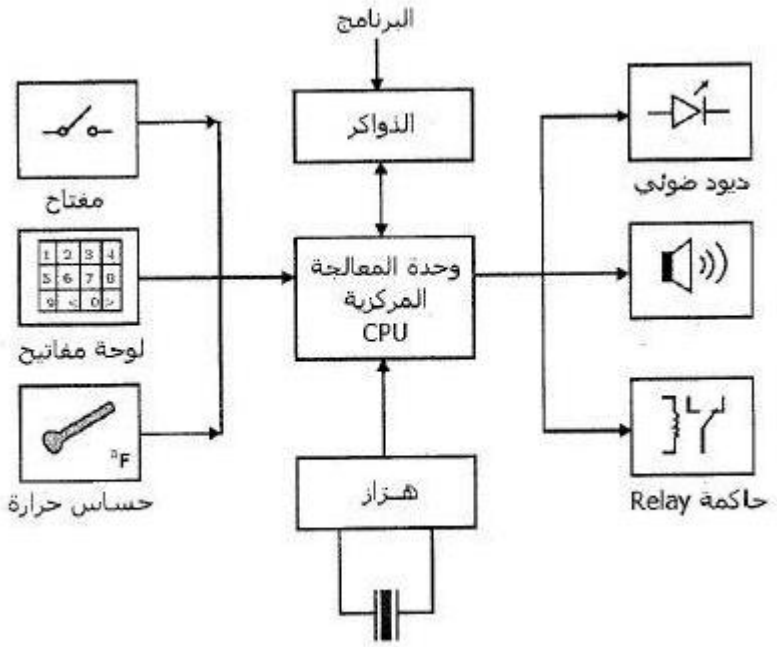
المتحكم الدقيق هو جهاز حاسب آلي متكامل محصور ضمن رقاقة صغيرة من أنصاف النواقل يقوم بنس المهام التي يقوم بها الحاسب الالي ، ويمكن عقد مقارنة بينهما إذا اردنا فهم المتحكم الدقيق بشكل جيد .

فالحاسب الالي هو جهاز الكتروني مهمته التفاعل مع المستخدم البشري من اجل قراءة البيانات و المعلومات من وحدات الادخال المتنوعة مثل لوحة المفاتيح و الفأرة و من ثم معالجتها ضمن وحدات المعالجة التابعة له ، وانتاج النتائج و الاحصاءات ثم اظهار هذه النتائج على وحدات الاخراج مثل الشاشات و الطابعات .

أما المتحكم الدقيق فهو رقاقة الكترونية (IC) اصغر بكثير من الحاسب الالي ، و مهمته أيضا التفاعل مع المستخدم و هو الجهار الذي تم تركيب المتحكم الدقيق في داخلة أي أن المستخدم الحقيقي له

هو آلة وليس انسانا. فالمتحكم الدقيق يقوم بتجميع البيانات و المعلومات من الجهاز عبر وحدات الادخال الخاصة به مثل أزرار التحكم و حساسات الحرارة أو الرطوبة و غيرها أو خط اتصال من أجهزة اخرى . ثم يقوم بمعالجة قيم هذه البيانات و المعلومات في وحدة المعالجة الخاصة به أيضا و هي البوابات التحكمية التي تقود الترانزستورات و الحاكمات و باقي الدوائر الالكترونية و الشكل (3-12) يوضح ذلك .

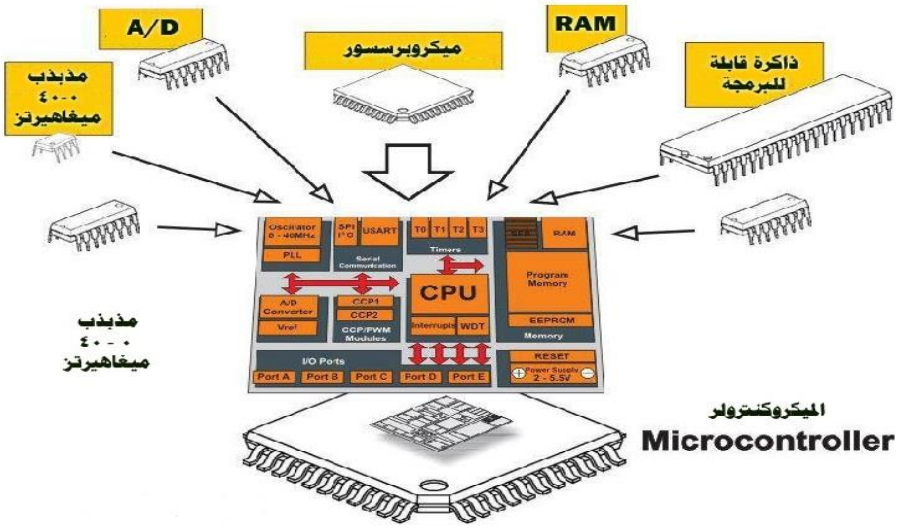
و كما أنه يوجد في الحاسب الآلي برامج خاصة يمكن برمجتها أو تغييرها لتعيير المهام التي يقوم بها الحاسب الالي فان للمتحكم الدقيق أيضا برنامجا يمكن برمجته مسبقا في ذاكرة المتحكم الدقيق ليتصرف وفقا لتعليمات هذا البرنامج [10] .



الشكل (3-12) نموذج لعمل المتحكم الدقيق

3-3-4-2 التعريف

المتحكم الدقيق هو دائرة الكترونية متكاملة IC كما بالشكل (3-13) و تحتوي على معالج داخلي و ذاكرة داخلية قابلة للبرمجة لتخزين البرنامج التحكمي فيها و ذاكرة اخرى لمعالجة البيانات كما انها تحتوي على بوابات ادخال و اخراج البيانات و الأوامر التحكمية كذلك تحتوي على ادوات اخرى كالمحولات الرقمية التماثلية و بالعكس وعلى مقارنات الجهد و مكبرات العمليات و مولد نبضات الساعة و العدادات و المؤقتات و غيرها .



الشكل (3-13) مكونات المتحكم الدقيق

3-4-3-3 الاستخدامات

يستخدم في معظم الاجهزة التي من حولنا بدء من دائرة التحكم بوظائف الشاشة التحكمية و مرورا بدوائر التحكم الخاصة بالقرص الصلب و مشغل الأقراص الليزرية والمتحكم في بطاقة الشبكة و انتهاءً بمتحكم وظائف اللوحة الأم . و سنراه في جهاز التحكم بالتلفاز و في جهاز الفيديو وفي اشارة المرور والقائمة طويلة جدا تكاد لا تنتهي .

3-4-3-4 الشركات المصنعة

هنالك الكثير من الشركات قامت بتصنيع المتحكمات الدقيقة و من ثم تطويرها و الجدول (3-1) يوضح اشهرها .

تتميز المتحكمات الدقيقة في كونها عامة الأغراض وزهيدة الثمن مما يجعلها بديل فعال عند تصميم دارة لغرض معين بعينه (لأن تصنيع الرقائق لا يكون إلا بكميات فلكية وكلما قلت الكمية زادت الكلفة) . كانت تتم برمجتها قديما عبر حرق البرنامج في الذاكرة الدائمة (ROM) بطرق متخصصة لكن حاليا أغلبها تحتوي ذاكرة (flash memory) يمكن إعادة برمجتها مرات متعددة باستخدام دارات بسيطة (عبر وصل بعض أطرافه بحاسوب عبر منفذ (serial) أو (parallel) أو حتى (USB) بدارات بسيطة يمكن عملها في المنزل) .

تتم كتابة البرنامج بلغة الآلة مباشرة عبر ملف (hex) وذلك لبساطة معماريتها (RISC) أو بلغة التجميع assembly و بعضها تدعم لغة (C) .

تتفاوت المتحكمات الدقيقة فيما بينها بـ :

- الملحقات المتوفرة فيها ومدى دقتها مثلا عدد المؤقتات (timers) وكم بت (Bit) يمكن أن توفر.
- عدد المدخلات والمخرجات العامة (General purpose I/O pins)
- حجم الذاكرة (سواء المتاحة للبرنامج أو البيانات وتقاس بالبايت أو الكيلوبايت) وإمكانية إعادة الكتابة.
- توفر دارات التحويل بين الرقمي والتناظري (ADC) وعدد تلك القنوات .
- استهلاك الطاقة .
- سرعة المعالجة وتردد المعالج ربما يصل إلى (20 MHz) و دقة تلك الساعة غالبا قد تحتاج لربطه بكرستالة خارجية .
- دعم طرق الربط مثل (I2C) بل إن الحديثة منها تدعم (USB) وغيرها .

م	اسم الشركة	شعار الشركة
1	انتل intel	
2	أتميل Atmel	
3	توشيبا Toshiba	
4	مايكروشيب Microship	

جدول (3-1) أشهر الشركات المصنعة للمتحكمات الدقيقة

5-4-3-3 متطلبات برمجة المتحكم الدقيق :

- حاسب آلي (Computer) .
- جهاز برمجة (Programmer) .
- البرنامج المستخدم في عملية البرمجة (Pascom-AVR) .
- برنامج المحاكاة مثل (Proteus) .
- متحكم دقيق (Atmega32A) .

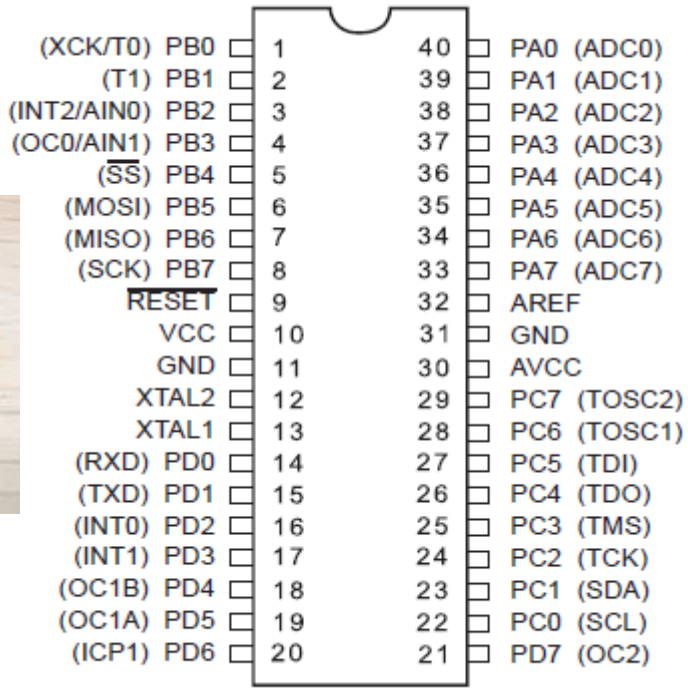
- بعض المكونات الالكترونية مثل : المقاومات و المكثفات و المذبذبات .

5-3-3 المتحكمة (ATmega32A)

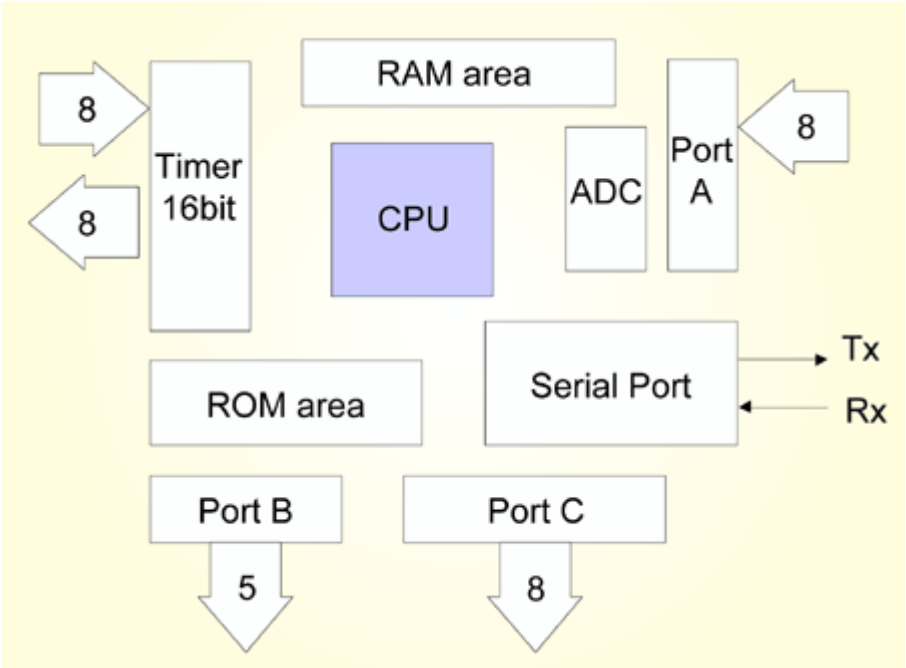
هي احدي العائلات المنتجة بواسطة شركة آتميل (Atmel) الأمريكية و أهم المميزات لهذه المتحكمة هي :

- البنية الأساسية : تعتمد على بنية (Harvard) حيث يحتوي ناقلين احدهما للتعليمات والآخر للبيانات أي جلب التعليمات و البيانات في نفس دورة الآلة، مما يعطي خاصية السرعة للمتحكمة .
- تقنية النواة : تعتمد على تقنية (RISC) وهي انقاص عدد التعليمات مما يميزها بالأداء العالي و الطاقة المنخفضة .
- تردد التشغيل الأعظمي : أي أعلى تردد يمكن أن يشتغل عليه المعالج و هو (20 MHz) حيث تحتاج كل تعليمة لنبضة واحدة فقط .
- عدد التعليمات : (131) تعليمة ، و معظمها تحتاج لنبضة واحدة للتنفيذ .
- حجم ذاكرة البرنامج : الحجم الكلي لذاكرة البرنامج (Flash) هو (32K-byte) منها ذاكرة (EEPROM) تستهلك (1K-byte) و ذاكرة (SRAM) تستهلك (2K-byte) .
- سعة المعالجة (Processing Power) : أكثر من (16) مليون تعليمة في الثانية (16 MHz) .
- عرض الناقل الداخلي (16 bit Data Bus) .
- جهد التشغيل : (2.7 – 5.5 V) .
- استهلاك الطاقة عند (1 MHz) و جهد (3 V) و درجة حرارة (25^{o} C) :
  i. في حالة العمل (0.6 A)
  ii. في الحالة المثالية (0.2 A)
- عدد المداخل و المخارج : تحتوي على (40) مدخل و مخرج منها (32) قابل للبرمجة ، كما بالشكل (3-14) .
- عدد (8) مداخل يمكن أن تعمل كمحول من تماثلي الى رقمي بسعة (10-bit).
- تحتوي على عدد إثنين (مؤقت / عداد) بسعة (8-bit) .
- تحتوي على عدد واحد (مؤقت / عداد) بسعة (16-bit) .
- تحتوي على عداد يعمل في الزمن الحقيقي مع مذبذب منفصل .
- تحتفظ بالبيانات لمدة (20) سنة عند درجة حرارة (85^{o} C) و لمدة (100) سنة عند درجة حرارة (25^{o} C) .

- و الكثير من المميزات موجودة في ورقة البيانات الملحقة (Data sheet) [12].



الشكل (3-14) مداخل و مخارج المتحكمة (Atmega32A)



الشكل (3-15) المخطط الصندوقي للمتحكمة (Atmega32A)

Features	ATmega32A
Pin count	44
Flash (KB)	32
SRAM (KB)	2
EEPROM (KB)	
General Purpose I/O pins	32
SPI	1
TWI (I2C)	1
USART	1
ADC	10-bit, up to 76.9ksps (15ksps at max resolution)
ADC channels	8
AC propagation delay	Typ 400ns
8-bit Timer/Counters 16-bit Timer/Counters	2 1
PWM channels	4
RC Oscillator 2.7 - 5.5V	+/-3heightOperating voltage
Max operating frequency	16MHz
Temperature range	-55C to +125C
JTAG	Yes

جدول (3-2) يوضح اهم خصائص المتحكمة (Atmega32A)

3-3-6 جهاز كاشف الإشارة

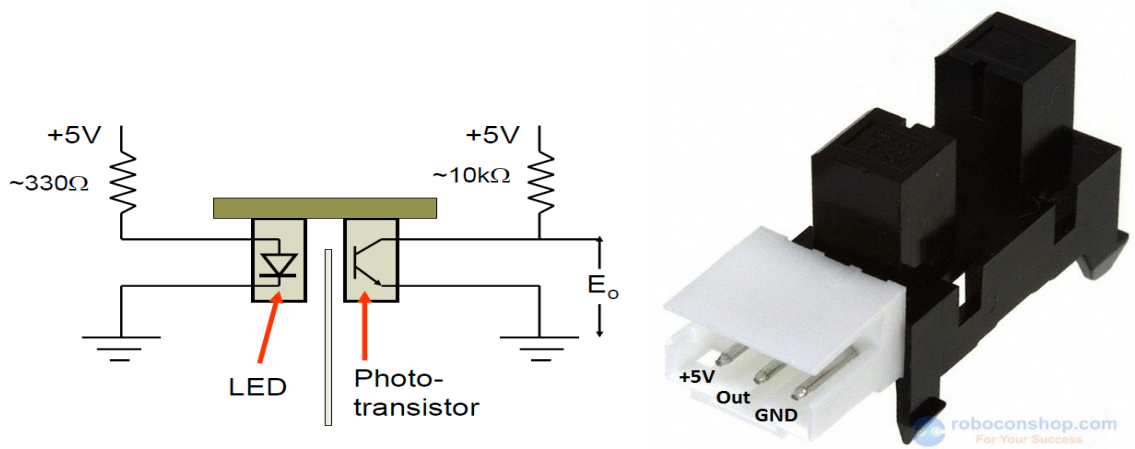
هو جهاز خاص لقياس قوة الإشارة المستقبلة من الاقمار الاصطناعية ، و يستخدم لتوجيه اطباق الاقمار الاصطناعية مع وحدة خفض الضجيج (LNB) . حيث يتم توصيلة بين الـ (LNB) و جهاز الاستقبال (Receiver) ، كما بالشكل (3-16) و عند تحريك الطبق يعطي اشارة صوتية في حالة وجود اشارة من القمر الاصطناعي أو يتحرك المؤشر [13] .

الشكل (3-16) كاشف الاشارة

الإشارة الصوتية تتغير طرديا مع جودة الإشارة المستقبلة من القمر الاصطناعي و ذلك بعد ضبطها بواسطة مفتاح خاص بذلك . تغير الإشارة الصوتية كذلك يكون وفقا لتغير فرق الجهد في اطراف السماعة ، حيث تم استخدام هذا الجهد كإشارة مرجعية للمتحكم الدقيق في هذا البحث .

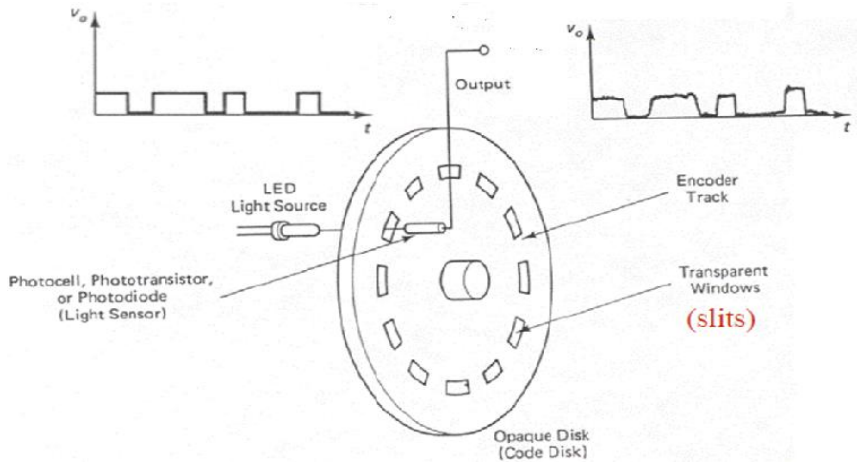
7-3-3 المشفرات البصرية

المشفر البصري عبارة عن محول طاقة يقوم بتحويل الحركة الدورانية الى اشارة كهربية رقمية . و يتكون عادة من دائرة ارسال (ثنائي باعث للضوء) و دائرة استقبال (ترانزستور مستقبل للضوء) كما بالشكل (3-17) و في وسط الدائرتين يتحرك قرص دائري به مجموعة من الفجوات بمسافات منتظمة .



الشكل (3-17) شكل و تركيب المشفر البصري

عند التشغيل يتقطع الضوء الواصل بين الدائرتين لان القرص عند دورانه يمرر الضوء بالفجوات و يقطعه بخلاف ذلك مكونا اشارة رقمية تتناسب مع حركة القرص و الشكل (3-18) يوضح ذلك ، و بالتالي تحويل الحركة الدائرية الى اشاره رقمية تستخدم حسب الحاجة لها و هو تطبيقه في هذا البحث .



الشكل (3-18) الإشارة الناتجة من المشفر البصري

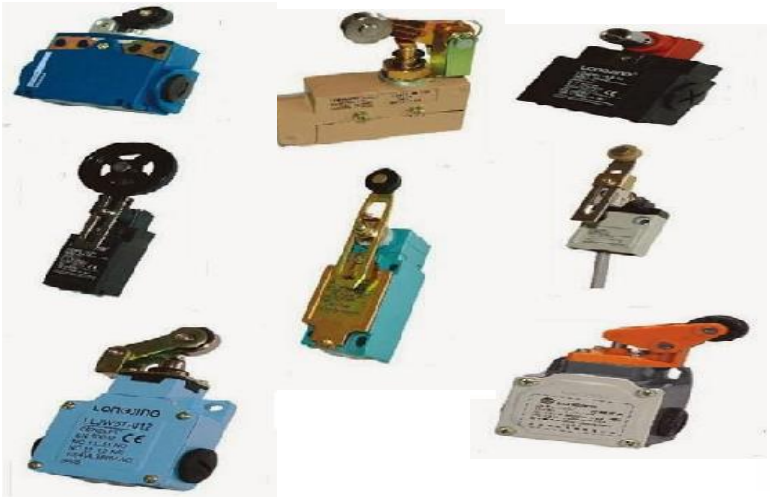
3-3-8 مفتاح نهاية الشوط

مفاتيح نهاية الشوط هي عبارة عن مفاتيح عادية لها نقطة أو نقاط تلامس مفتوحة ومغلقة حيث تتغير وضعيتها عند لمسها أو الضغط عليها بواسطة حمل ما . تغير وضعية نقاط التوصيل يستفاد منها في توصيل أو فصل دائرة ما حسب التطبيق المطلوب و دائرة التحكم . و تستخدم في المصاعد و الروافع و خطوط الانتاج و غيرها الكثير [3] .

3-3-8-1 التركيب :

يتكون المفتاح من :

- المشغل (Actuator) : و هو الجزء الذي يصطدم به الحمل الميكانيكي مما يؤدي للضغط على نقاط التوصيل ، وعادة يكون مزود بنابض للرجوع للوضع الطبيعي .
- الرأس (Head) : الجزء العلوي من المفتاح و يحتوي على المشغل حيث ينقل حركته الى نقاط التوصيل .
- نقاط التلامس (Contacts) : مجموعة من نقاط التوصيل يمكن أن تكون طبيعيا مغلقة (Normally close) أو مفتوحة (Normally open) حيث تتغير وضعيتها عند الضغط عليها.
- نقاط التوصيل (Terminal) : هي نقاط تركيب اسلاك التحكم المتصلة بنقاط التلامس و يوجد بها مسامير ربط لتثبيت الاسلاك .
- جسم المفتاح (Body) : و يحتوي جميع الاجزاء و يكون مصنع من البلاستيك المقوى .
- قاعدة المفتاح (Switch Base) : و من خلالها يمكن تثبيت المفتاح في المكان المخصص له . و الشكل (3-19) يوضح ذلك .



الشكل (3-19) مفاتيح نهاية الشوط التركيب و الأشكال المختلفة

9-3-3 مصدر الجهد المستمر

عبارة عن بطارية جهد مستمر تعمل على توفير جهد التشغيل لمحركات التيار المستمر المستخدمة في التطبيق مع قابليتها للشحن [14] .

مواصفاتها :

- بطارية (Lead Acid) .
- الجهد الإسمي 12 V .
- السعة 7 A/h .
- الوزن 2.7 kg .

الشكل (3-20) بطارية (12V-7A/h)

كذلك يستخدم مصدر جهد مستمر يوفر جهد (5V) لتشغيل المتحكم الدقيق و ملحقاته .

10-3-3 وحدة خفض الضجيج "LNB" (Low Noise Block Downconverter)

عبارة عن جهاز مثبت في هوائي الاقمار الاصطناعية يستخدم لاستقبال الموجات الكهرومغناطيسية المرسلة من الاقمار الاصطناعية و المنعكسة من الهوائي و تحويلها إلى اشارات كهربية .

الشكل (3-21) وحدة خفض الضجيج (LNB)

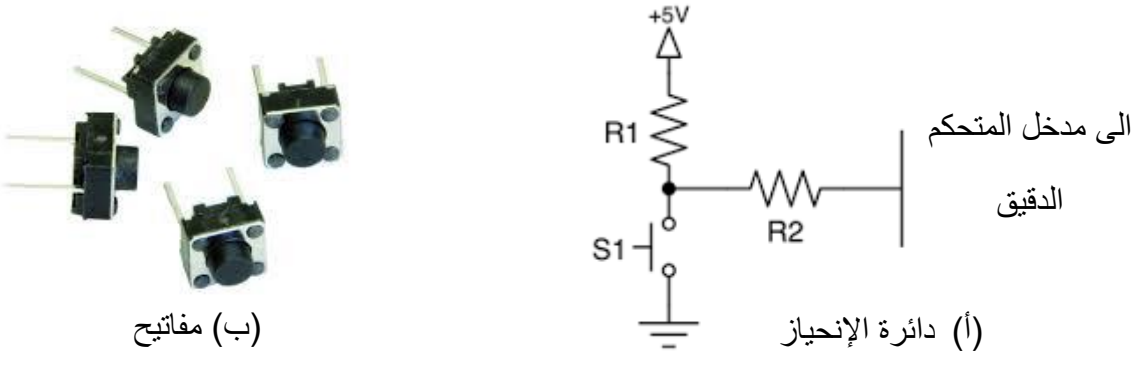
الشكل (3-22) الترس اللولبي

11-3-3 نظام الترس اللولبي

هو نظام ربط للتروس للحصول علي عزم أكبر و نسبة سرعة منخفضة ، و يستخدم كوسيط بين المحركات و حامل الهوائي حيث يوفر امكانية تثبيت الهوائي في موقعه عندما تكون المحركات في حالة توقف ، الشكل (3-22) يوضح هذا النظام [15] .

12-3-3 مفاتيح (Push Button)

مفاتيح تعمل بآلية تشغيل بسيطة للتحكم في دائرة كهربية محددة . تصنع من مواد صلبة ، عادة بلاستك أو معدن . الشكل (3-23) يوضح طريقة عمل المفتاح و أشكاله .



(أ) دائرة الإنحياز (ب) مفاتيح (Push Button)

الشكل (3-23) مفاتيح (Push Button)

4-3 المكونات البرمجية

يستخدم هذا النظام اثنين من المكونات البرمجية هما :

- برنامج (Bascom AVR) مصمم من لغة برمجة عالية المستوى إلا أنه برنامج سهل الاستخدام و يمكن المستخدم من انجاز ما يريد باستخدام خطوات بسيطة .
- برنامج (Proteus) و يستخدم للمحاكاة عند تصميم و تشغيل النظام .

5-3 ملخص الفصل

يستعرض هذا الفصل المكونات المادية المستخدمة في تصميم النظام بما فيها عناصر الدائرة الإلكترونية . كذلك المكونات البرمجية و العناصر الميكانيكية ، أيضا التطبيق المستخدم لكل عنصر في النظام و كيفية توصيلها مع بعضها البعض ، بالإضافة للمخطط التركيبي للنظام .

الفصل الرابع

النتائج و المناقشة

الفصل الرابع

النتائج و المناقشة

في الفصل السابق تناولنا مكونات المنظومة و الخصائص الوظيفية لكل عنصر في النظام. في هذا الفصل سنتناول كيفية بناء المنظومة و عمل محاكاة للدائرة العملية مع ذكر بعض الملاحظات أثناء عمل الدائرة .

4-1 المخطط الانسيابي للنظام

يتكون النظام من أربعة مخططات هي :

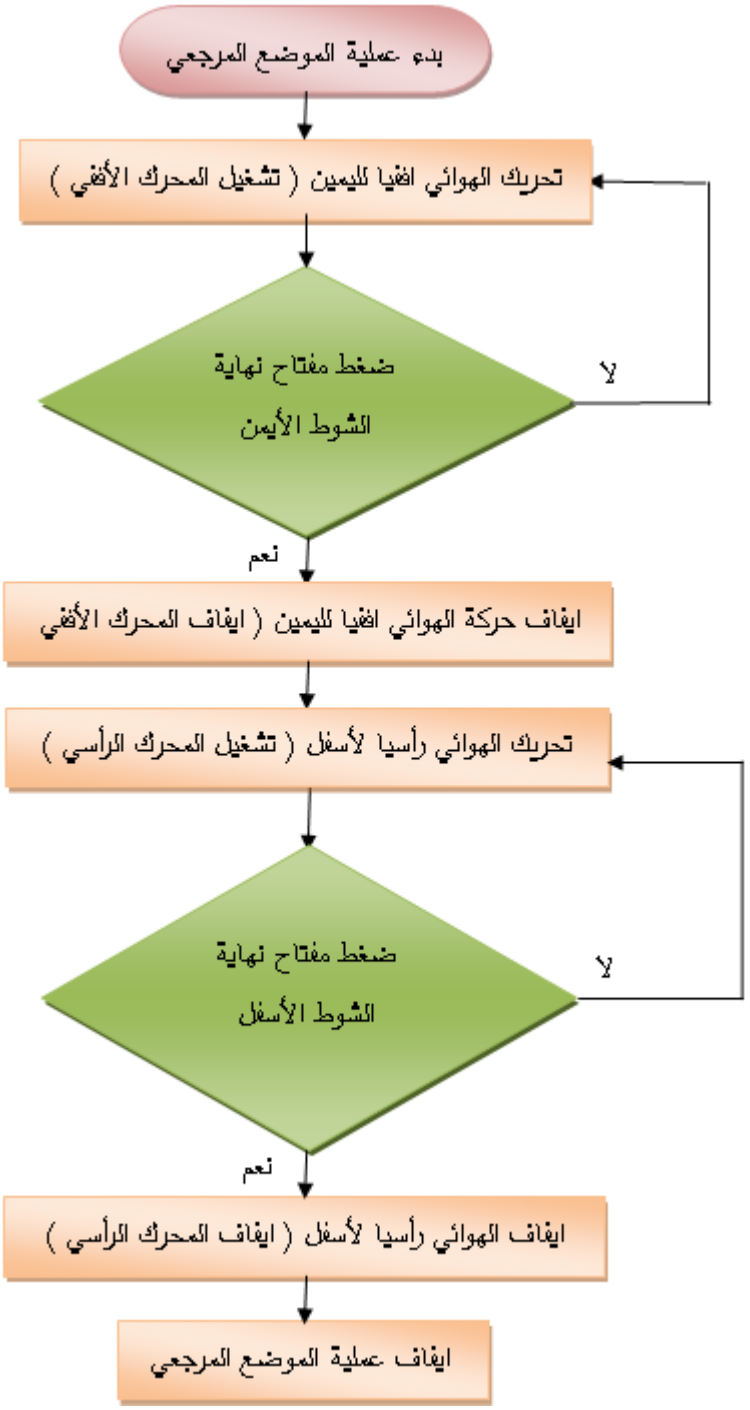
i. عملية الموضع المرجعي : و يقصد بـه نقطة البدايـة الأولى لحـركة الهوائي والشكـل (4-1) يوضح ذلك. و يتم ذلك اولا بحركة الهوائي أفقيا لليمين باعتبار الشخص يقف خلف الهوائي (مع عقارب الساعة) ، ويتم التوقف حال تلقي المتحكم الدقيق اشارة من مفتاح نهاية الشوط اليمين عندها. المتحكم الدقيق سيعطي اشارة لمحرك الحركة الافقية لإيقافه و أمر محرك الحركة الراسية ليتحرك للأسفل (عكس عقارب الساعة) ، تستمر هذه الحركة حتى يتلقى المتحكم الدقيق اشارة من مفتاح نهاية الشوط الأسفل ، عندها يكون الهوائي في الموضع المرجعي .

ii. عملية البحث : و هي عملية الحصول على اشارة القمر الاصطناعي ، و تبدأ مباشرة بعد أن يكون الهوائي في الموضع المرجعي و الشكل (4-2) يوضح هذه العملية . تكون حركة الهوائي في شكل موجة من النبضات ، حيث يعطي المتحكم الدقيق الأمر أولا لمحرك الحركة الرأسية لأعلى (مع عقارب الساعة) حتي يتحصل على اشارة من مفتاح نهاية الشوط الأعلى . عندها يصدر المتحكم الدقيق اشارتين الأولى لإيقاف الحركة الراسية ، و الثانية لتشغيل محرك الحركة الأفقية ليتحرك لليسار (عكس عقارب الساعة) لمدة (500) ملي ثانية ثم يتوقف . بعدها يقوم المتحكم الدقيق بإرسال اشارة التشغيل مرة اخرى لمحرك الحركة الرأسية و لكن هذه المرة ليتحرك لأسفل ، و تستمر هذه الحركة حتى تأتي اشارة مفتاح نهاية الشوط الأسفل . هنا يرسل المتحكم الدقيق اشارتين احداهما لإيقاف محرك الحركة الراسية و الأخرى لتشغيل محرك الحركة الافقية ليتحرك لليسار لمدة (500) ملي ثانية و يتوقف ، بعد انتهاء الزمن يعطي المتحكم الدقيق اشارة تشغيل لمحرك الحركة الراسية لأعلى حتى تصل اشارة مفتاح نهاية الشوط الأعلى ليصدر اشارة ايقاف الحركة . هنا يكون الهوائي قد أكمل دورة كاملة من الحركة. سوف تتكر هذه الحركة الدورية حتى الحصول على الإشارة المطلوبة .

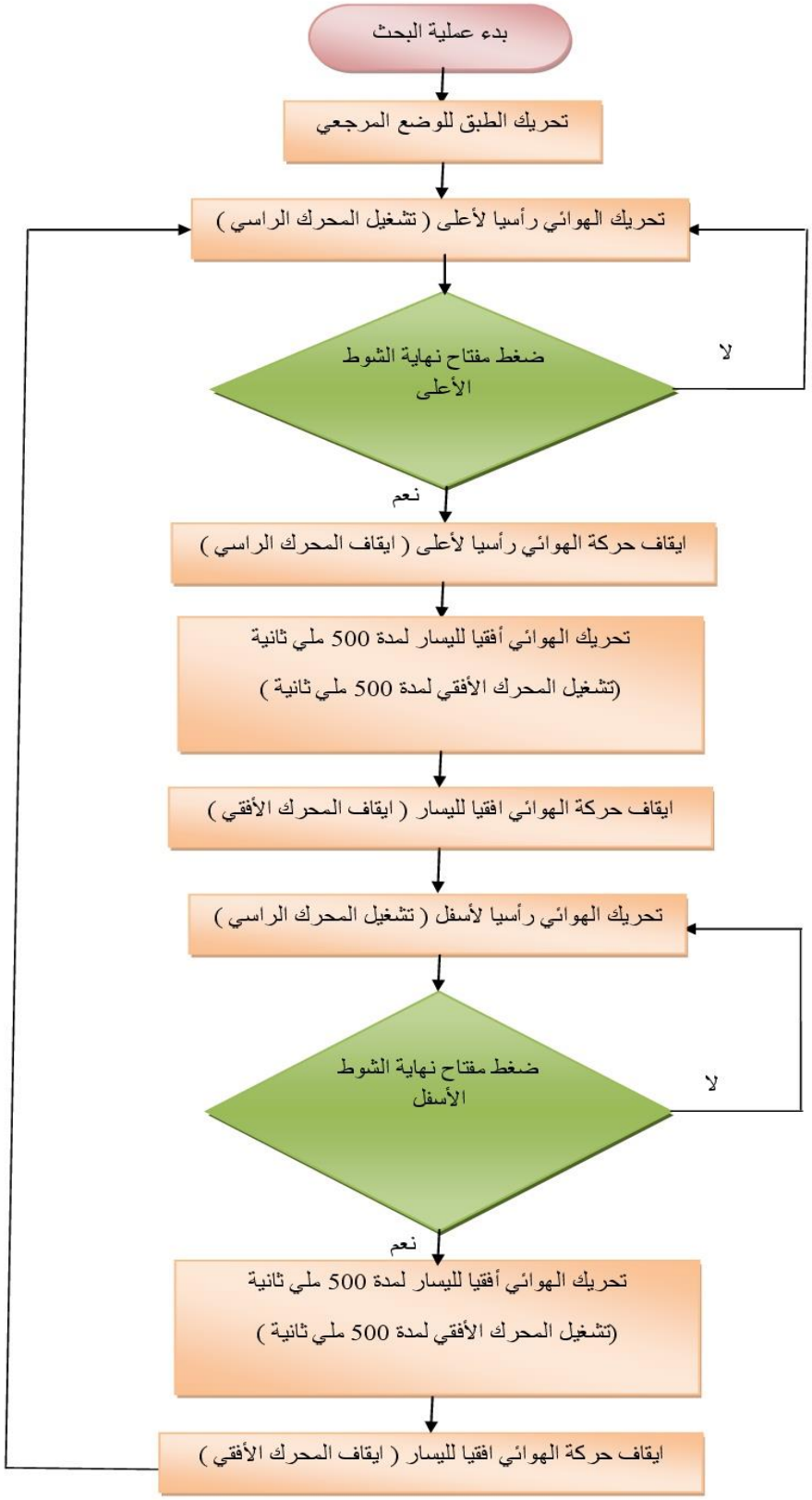
iii. عملية حفظ الموضع : يقصد بها حفظ اتجاه الهوائي نحو القمر الاصطناعي المطلوب ، وهي تلي عملية البحث عن الإشارة حسب الشكل (4-3) . في هذه العملية يعود الهوائي للموضع المرجعي من خلال مرحلتين ، الأولى الحركة الافقية تجاه اليمين حتى الموضع المرجعي ، حيث يتم قياس هذه الحركة من خلال مشفر بصري مربوط في عمود محرك الحركة الافقية . المشفر البصري يقوم بتحويل الحركة الدائرية لنبضات يتم حفظ العدد النهائي في ذاكرة (EEPROM) داخل المتحكم الدقيق . و تستمر هذه الحركة حتى تصل اشارة مفتاح نهاية الشوط الايمن للمتحكم الدقيق ليعطي اشارة ايقاف المحرك . المرحلة الثانية هي الحركة الرأسية لأسفل حتى الموضع المرجعي . حيث يعطي المتحكم الدقيق اشارة الحركة لمحرك الحركة الراسية ليتحرك لأسفل ، عنده يقوم المشفر البصري المربوط مع المحرك بتحويل الحركة الراسية الدائرية إلى نبضات يتم حفظ العدد

النهائي في موضع آخر في ذاكرة (EEPROM) داخل المتحكم الدقيق . في هذه اللحظة النظام يحتفظ بموقع الهوائي بالنسبة لقمر اصطناعي ما في أربعة مواقع لذاكرة (EEPROM) ، موقعين لعدد نبضات الحركة الأفقية و مثلهما لعدد نبضات الحركة الرأسية . سعة الموقع الواحد لذاكرة (EEPROM) عدد ثماني خانات (8 bits) أي أن اقصي عدد يمكن عده (256) نبضة . عدادات المتحكم الدقيق المستخدمة لِعد النبضات هي العداد رقم صفر (counter_0) و العداد رقم واحد (countr_1) . العداد رقم صفر سعته ثماني خانات (8 bits) ، والعداد رقم واحد سعته ست عشر خانة (16 bits) . لكل عداد علم فائض خاص به (overflow flag) ، حيث يمكن أن يكون عدد النبضات أكبر من سعة الموقع الواحد ، في هذه الحالة يبدأ العد في الموقع من الصفر مع زيادة علم الفائض بمقدار واحد وهكذا . من هنا يتضح سبب حجز موقعين في ذاكرة (EEPROM) لكل حركة حيث يشير الموقع الاول لعدد النبضات و الموقع الثاني لعدد المرات التي امتلأ فيها الموقع الأول .

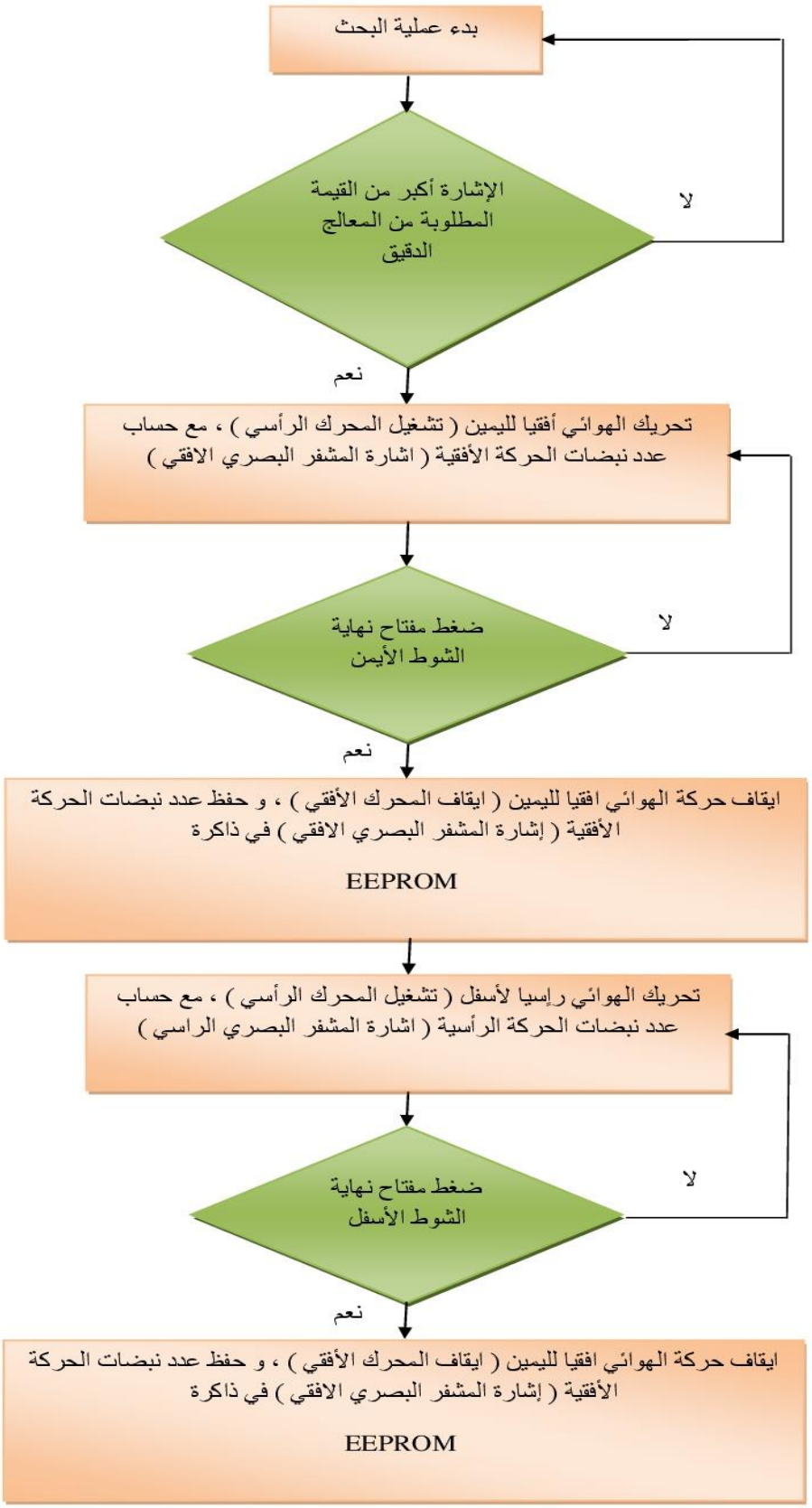
iv. عملية التوليف : يقصد بها توجيه الهوائي لاتجاه محفوظ مسبقا في ذاكرة المعطيات و ذلك لاستقبال اشارة قمر اصطناعي ما ، والشكل (4-4) يوضح ذلك . لتبدأ هذه العملية يجب ضغط المفتاح الخاص بها حتى يبدأ الهوائي بالعودة الى الموضع المرجعي . هنا يعطي المتحكم الدقيق اشارة تشغيل لمحرك الحركة الافقية ليتحرك تجاه اليسار (عكس عقارب الساعة) ، و في نفس اللحظة يقوم المتحكم الدقيق بحساب عدد نبضات الحركة الافقية من خلال المشفر البصري الأفقي و مقارنة هذا العدد مع عدد النبضات المحفوظ في الموقعين المخصصين لعدد نبضات الحركة الافقية في ذاكرة (EEPROM) ، و تستمر الحركة الأفقية حتي يتساوى عدد نبضات الحركة الحالية مع عدد النبضات المحفوظ في الذاكرة مسبقا . عندما يتحقق شرط المساواة يقوم المتحكم الدقيق بإرسال اشارة ايقاف لمحرك الحركة الافقية ليتوقف في الاتجاه المطلوب و ارسال اشارة تشغيل لمحرك الحركة الرأسية ليتحرك لأعلى (مع عقارب الساعة) ، و في نفس اللحظة يقوم المتحكم الدقيق بحساب عدد نبضات الحركة الراسية من خلال المشفر البصري الراسي و مقارنة هذا العدد مع عدد النبضات المحفوظ في الموقعين المخصصين لعدد نبضات الحركة الراسية في ذاكرة (EEPROM) ، و تستمر الحركة الراسية حتي يتساوى عدد نبضات الحركة الحالية مع عدد النبضات المحفوظ في الذاكرة مسبقا . عندما يتحقق شرط المساواة يقوم المتحكم الدقيق بإرسال اشارة ايقاف لمحرك الحركة الراسية ليتوقف في الاتجاه المطلوب . الآن تم توليف الهوائي في الاتجاه المطلوب ليستقبل اشارة القمر الاصطناعي المطلوب .



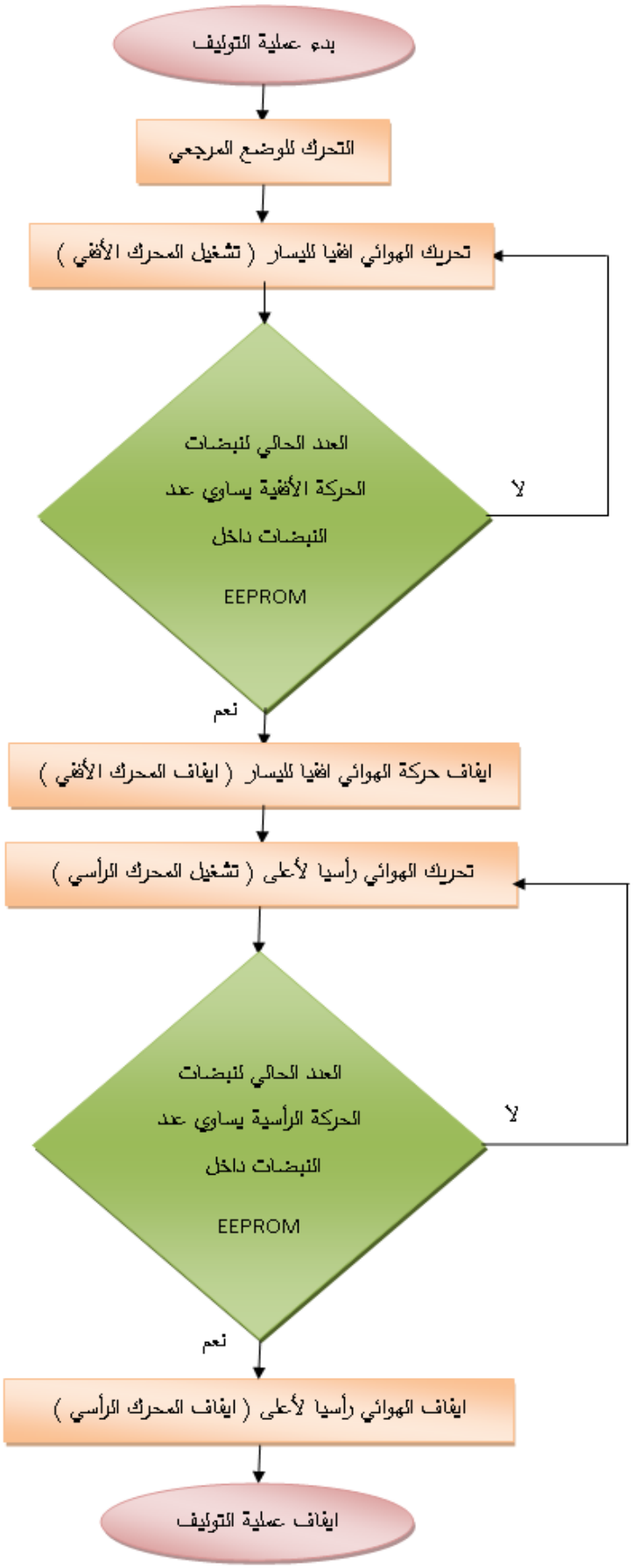
الشكل (4-1) عملية الموضع المرجعي



الشكل (4-2) عملية البحث



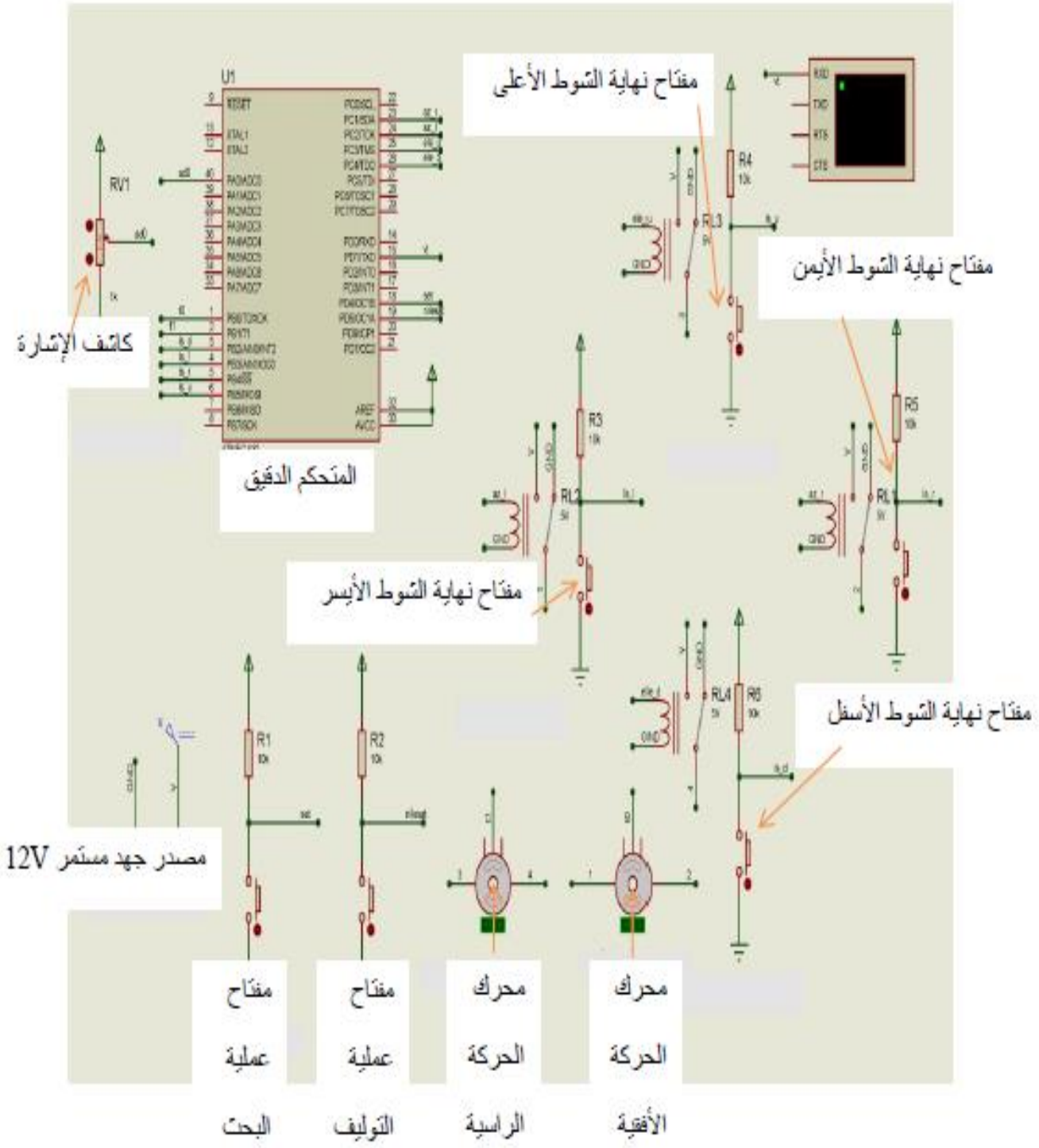
الشكل (4-3) عملية الحفظ



الشكل (4-4) عملية التوليف

2-4 محاكاة النظام

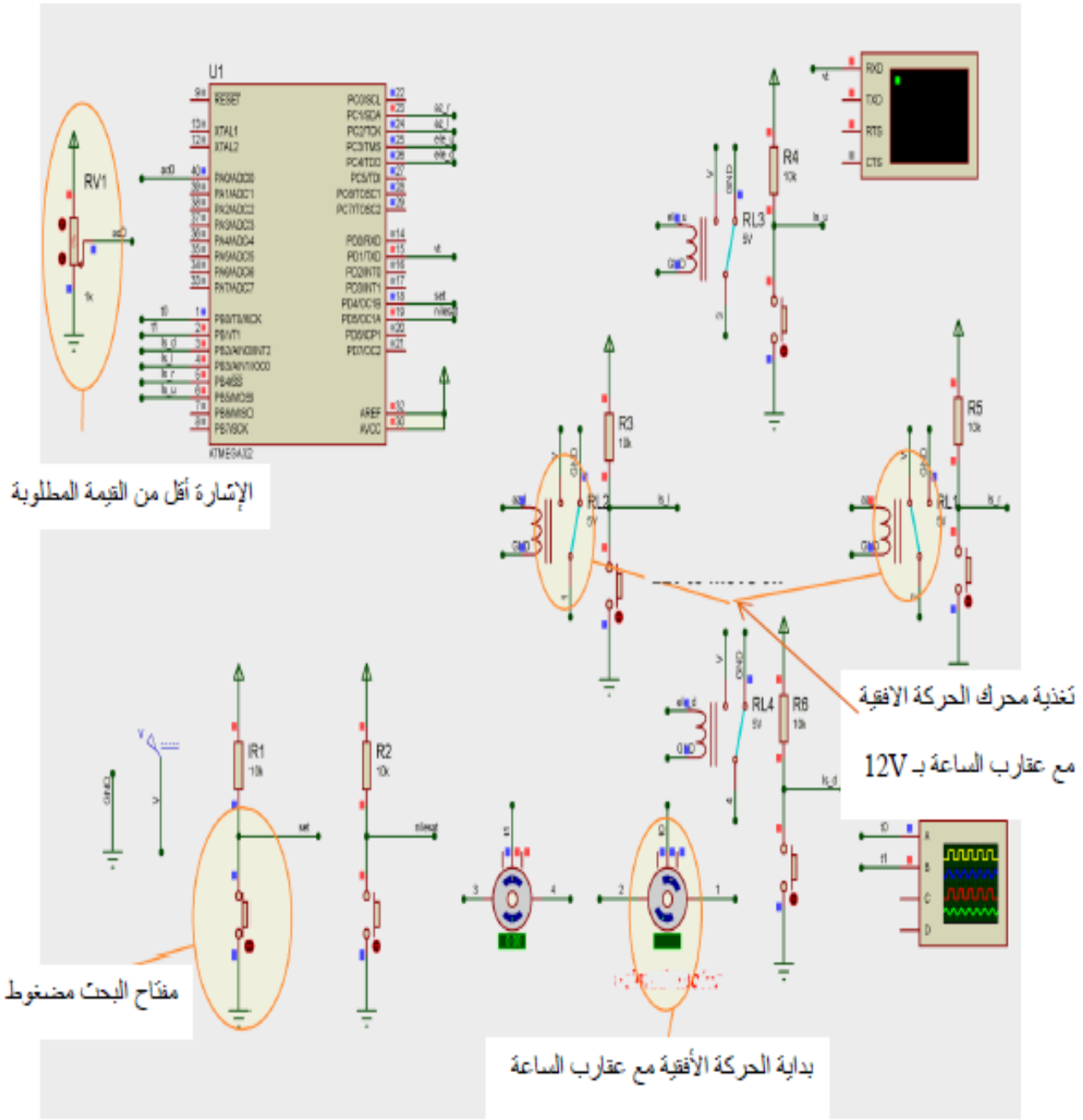
يوضح الشكل (4-5) كيفية توصيل العناصر باستخدام برنامج (Proteus) :



الشكل (4-5) الدائرة الإلكترونية للنظام

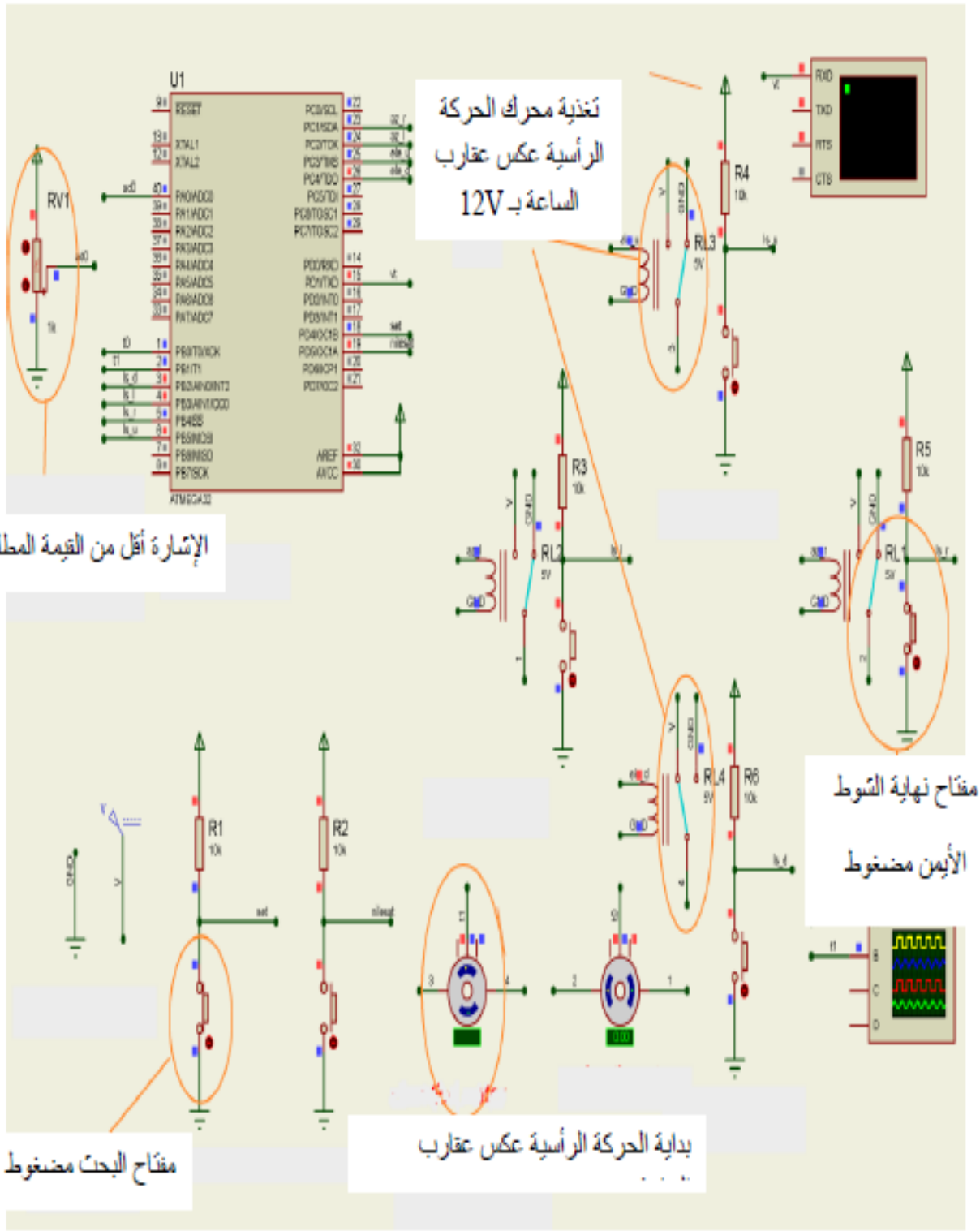
1-2-4 تشغيل المحاكاة للنظام

يوضح الشكل (4-6) أن الهوائي يحتاج للتوليف طالما أن قيمة الإشارة الناتجة عن كاشف الإشارة أقل من القيمة المطلوبة . تكون البداية بضغط مفتاح بداية البحث ليبدأ الهوائي عملية البحث عن الإشارة المطلوبة وذلك بالحركة الأفقية تجاه الموضع المرجعي .



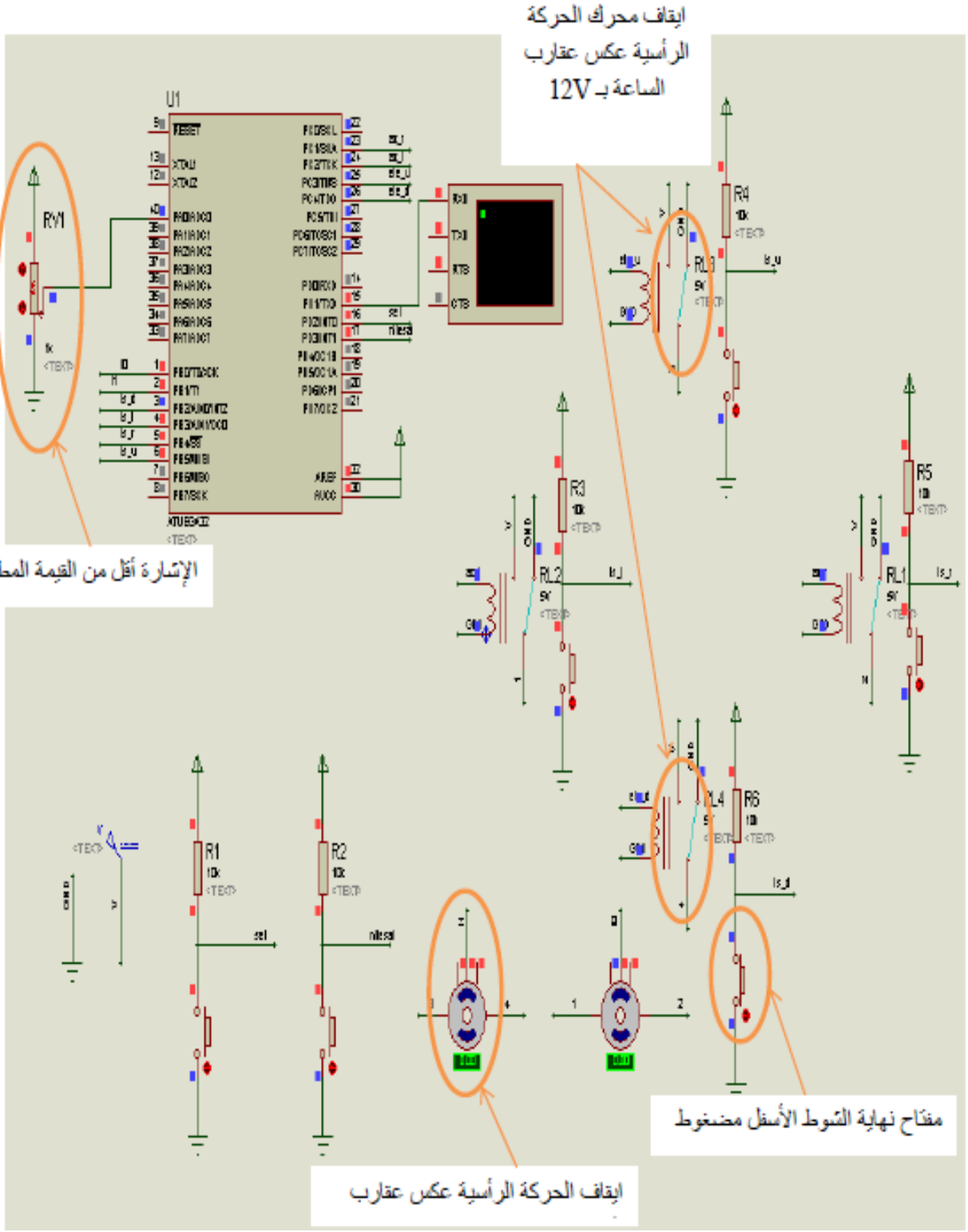
الشكل (4-6) بداية عملية الموضع المرجعي

الشكل (4-7) يوضح أن الهوائي وصل نهاية الحركة الأفقية للموضع المرجعي ، بعدها يبدأ الهوائي بالحركة الرأسية لأسفل حتى آخر نقطة .



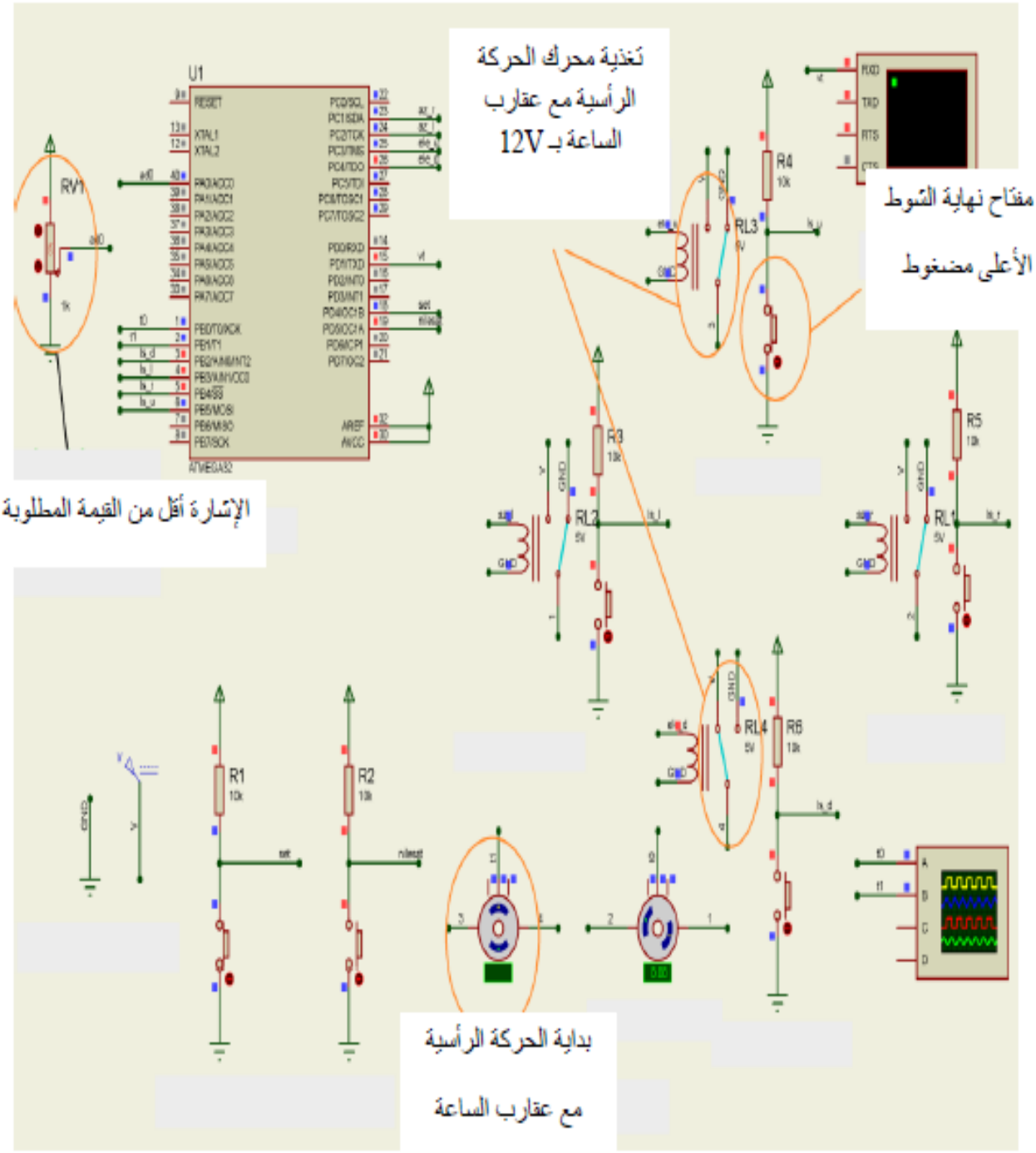
الشكل (4-7) استمرار عملية الموضع المرجعي

الشكل (4-8) يوضح توقف الحركة الرأسية للهوائي و ذلك بسبب توصيل مفتاح نهاية الشوط الأسفل ، و في نفس اللحظة بداية عملية البحث عن الإشارة المطلوبة .



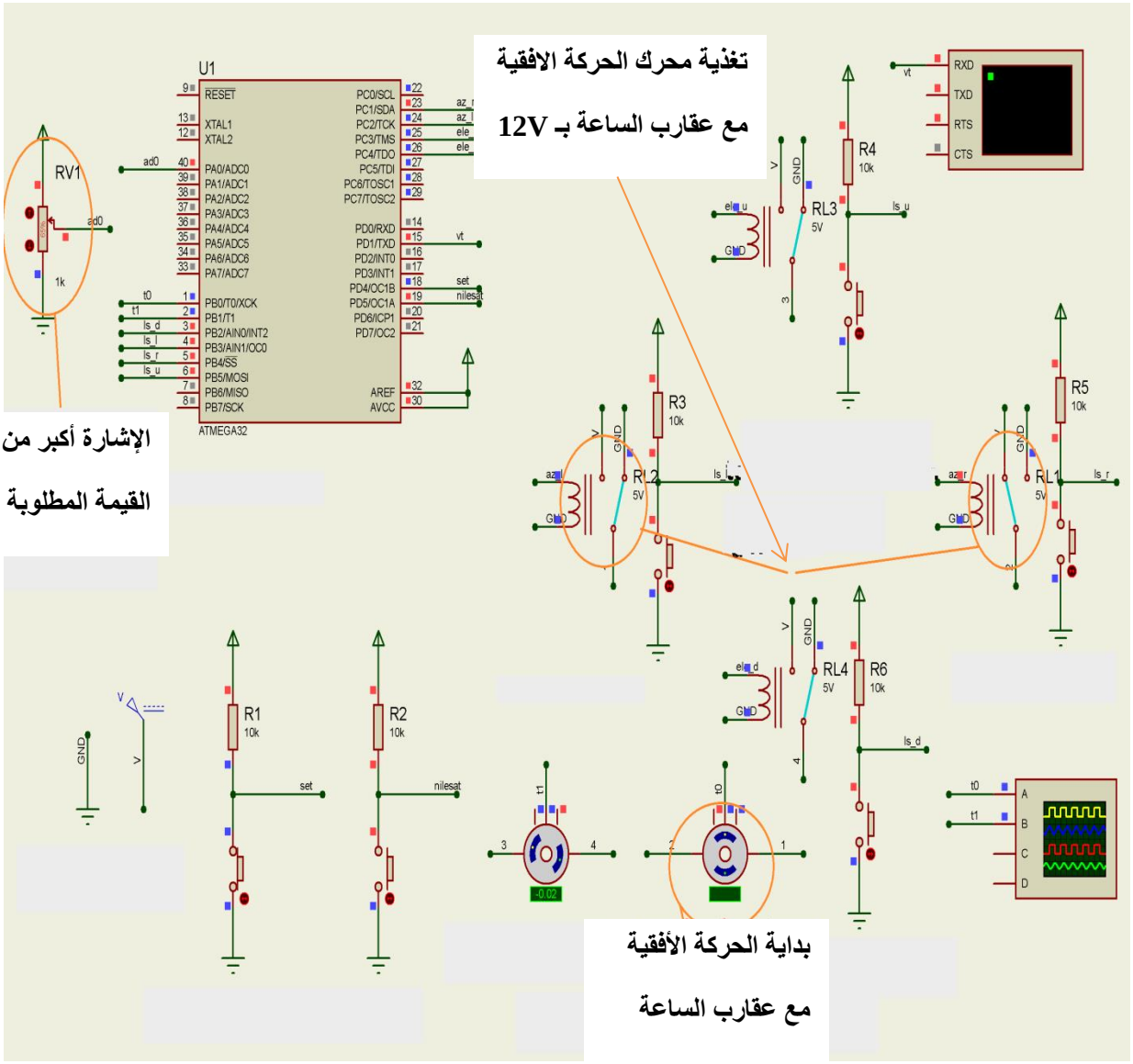
الشكل (4-8) نهاية عملية الموضع المرجعي

الشكل (4-9) يوضح بداية حركة الهوائي في عملية البحث .



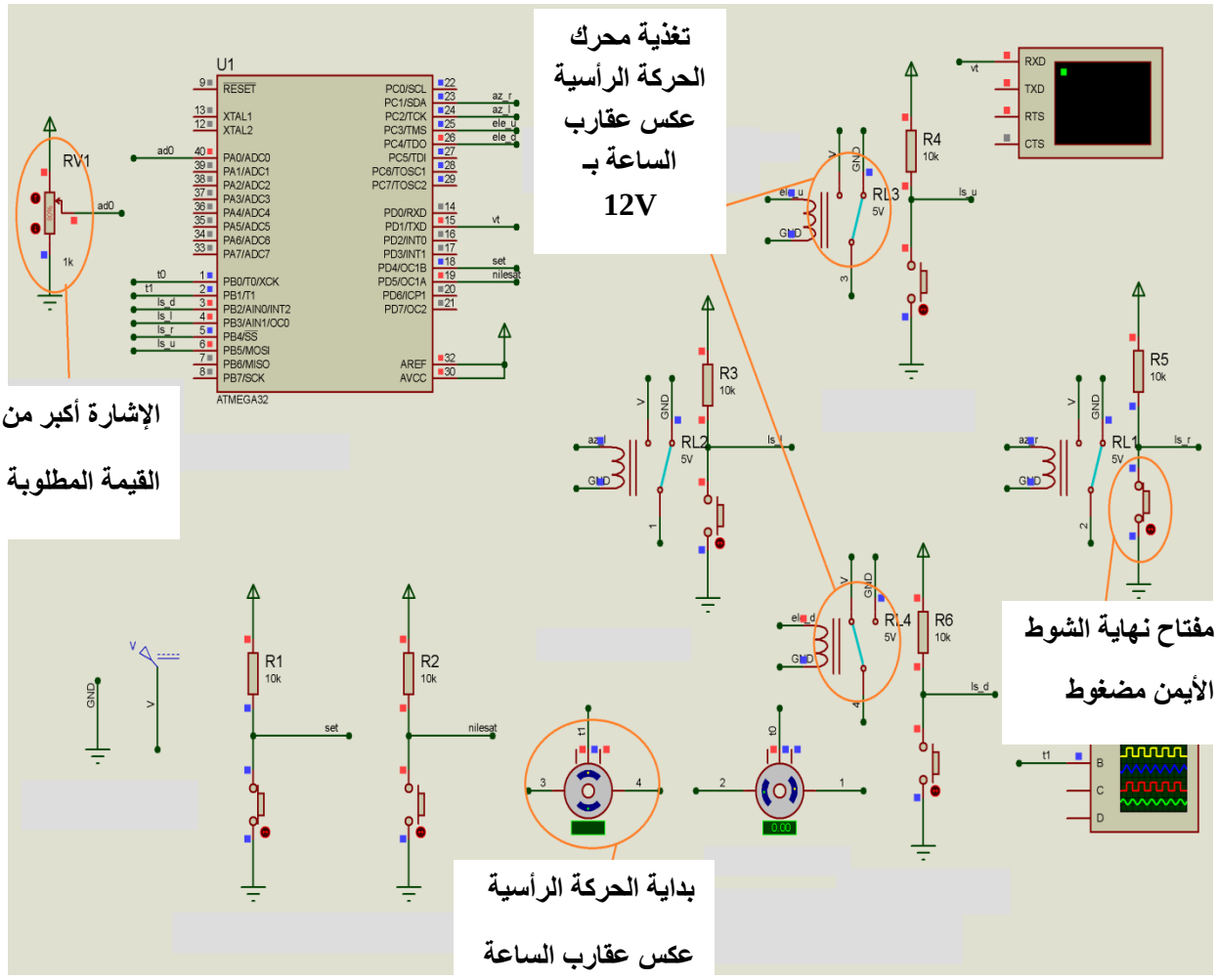
الشكل (4-9) بداية حركة الهوائي في عملية البحث

الشكل (4-10) يوضح أن إشارة كاشف الإشارة اصبحت أكبر من الإشارة المطلوبة أي تم استقبال اشارة من القمر الاصطناعي ، عندها يبدأ الهوائي في العودة للموضع المرجعي الأفقي مع حساب عدد نبضات الحركة الأفقية .



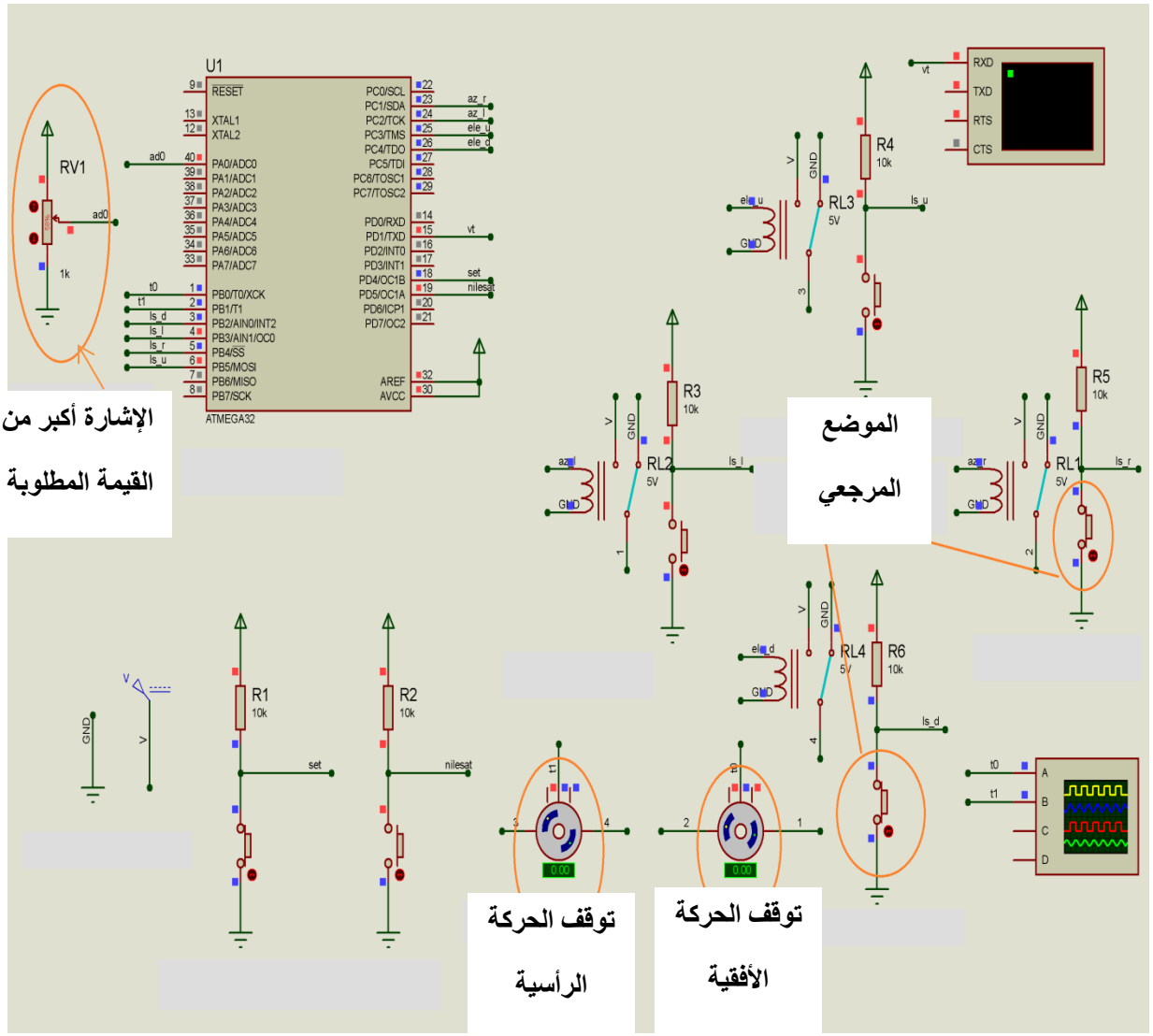
الشكل (4-10) نهاية عملية البحث و بداية عملية الحفظ

الشكل (4-11) يوضح أن الهوائي عنما يصل للموضع المرجعي الأفقي يضغط على مفتاح نهاية الشوط الأفقي و بالتالي يبدأ الحركة رأسيا لأسفل حتى يصل للموضع المرجعي الرأسي و عندها يضغط على مفتاح نهاية الشوط الأسفل فيتوقف عن الحركة . أثناء هذه الحركة الأفقية و الرأسية يتم حساب عدد النبضات في كل حالة و حفظها .



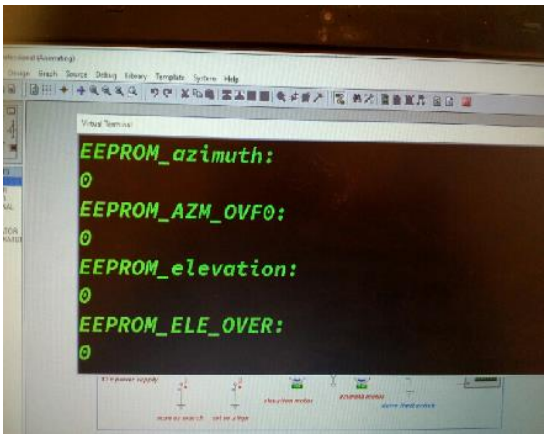
الشكل (4-11) استمرار عملية الحفظ

يوضح الشكل (4-12) نهاية عملية الحفظ و ذلك بضغط مفتاح نهاية الشوط الأسفل ، و يكون الهوائي في هذه اللحظة في الموضع المرجع مع حفظ موقع اتجاه القمر الاصطناعي في ذاكرة (EEPROM) .

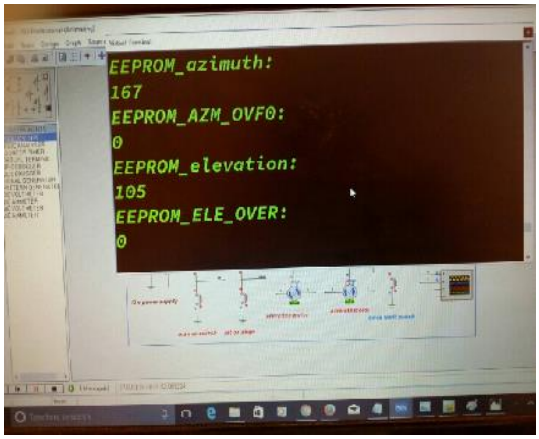


الشكل (4-12) نهاية عملية الحفظ

يوضح الشكل (4-13) محتويات ذاكرة (EEPROM) قبل و بعد عملية الحفظ . قبل عملية الحفظ لا توجد محتويات أي موقع عدد النبضات صفرا و كذلك موقع علم الفائض صفر لكل من الحركة الأفقية (Azimuth) و الحركة الرأسية (Elevation) . أما بعد نهاية عملية الحفظ اصبحت عدد نبضات الحركة الأفقية (167) نبضات و عدد نبضات الحركة الرأسية (105) نبضات حيث لا يوجد قيم في موقع علم الفائض لكل من الحركة الأفقية و الرأسية .



(أ) قبل عملية الحفظ

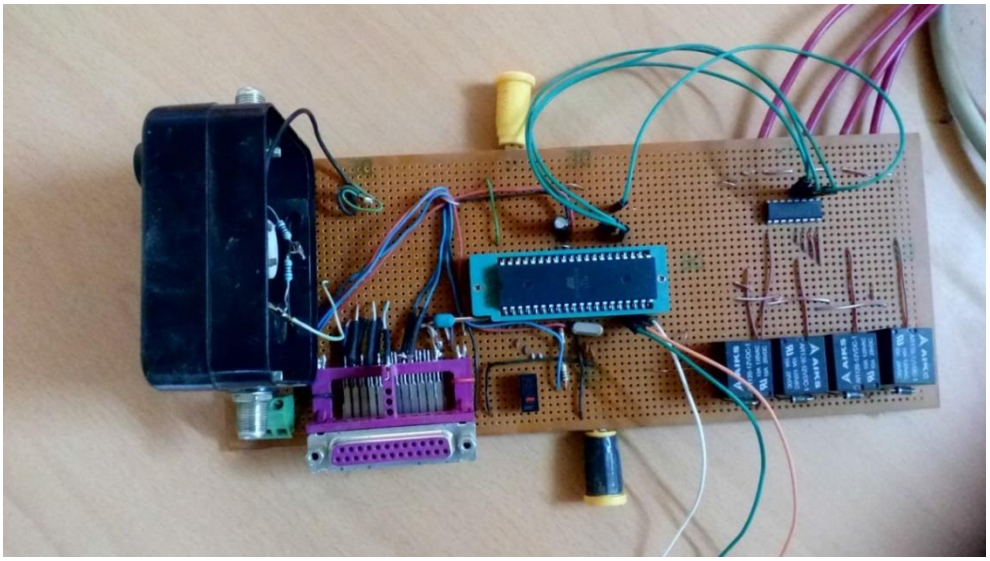


(ب) بعد عملية الحفظ

الشكل (4-13) محتويات ذاكرة (EEPROM)

3-4 تصميم النظام

يوضح الشكل (4-14) النموذج المبدئي للدائرة الإلكترونية التي تم تصميمها .



الشكل (4-14) الدائرة الإلكترونية للنظام

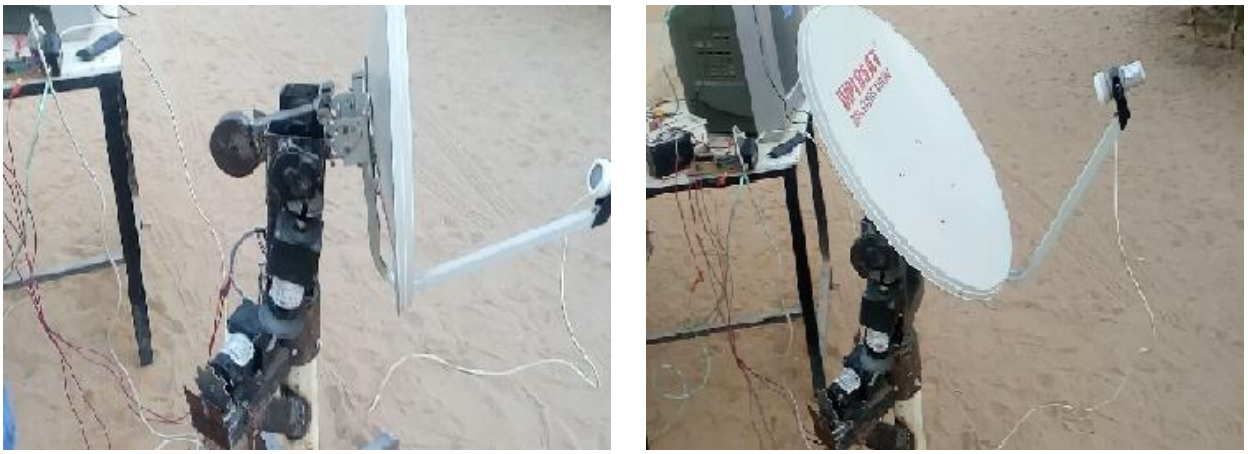
و يوضح الشكل (4-15) الهوائي الذي تم التحكم فيه بواسطة محركي تيار مستمر .

4-4 تشغيل النظام

ينقسم تشغيل النظام إلى مرحلتين :

i. مرحلة عملية البحث .
ii. مرحلة عملية التوليف .

عند تركيب الهوائي للمرة الأولى ، فإنه يحتاج للمرحلتين معا للحصول على الإشارة . أما في حالة التحول من قمر اصطناعي لآخر فان الهوائي يحتاج فقط للمرحلة الثانية .



الشكل (4-15) الهوائي المستخدم في النظام

4-4-1 مرحلة عملية البحث

في هذه المرحلة يبدأ الهوائي حركته من الوضع المرجعي ، و تكون الحركة في شكل دورة حلزونية و الشكل (4-16) يوضح ذلك .

الشكل (4-16) حركة الهوائي أثناء عملية البحث

أثناء هذه العملية يكون المتحكم الدقيق في حالة متابعه للإشارة المستقبلة من خلال جهاز كاشف الإشارة . فعندما تكون الإشارة أكبر من القيمة المطلوبة تتوقف الحركة و يكون الهوائي تم توليفه على القمر الاصطناعي المطلوب.

بعد ذلك يعود الهوائي للموضع المرجعي . أولا يتحرك الهوائي أفقيا و في هذه الأثناء يقوم المشفر البصري الافقي بإرسال اشارة مرجعية للمتحكم الدقيق موضحا عدد النبضات المقابلة للحركة الأفقية ، ثانيا يتحرك الهوائي رأسيا و في هذه الأثناء يقوم المشفر البصري الرأسي بإرسال اشارة مرجعية للمتحكم الدقيق موضحا عدد النبضات المقابلة للحركة الرأسية ، و في نهاية عملية البحث يتم حفظ عدد النبضات لكل حركة في موقعها المخصص في ذاكرة (EEPROM) .

(أ) الإشارة أقل من القيمة المطلوبة

(ب) الإشارة أكبر من القيمة المطلوبة

الشكل (4-17) حالة الاشارة

الشكل (4-18) الحركة الرأسية

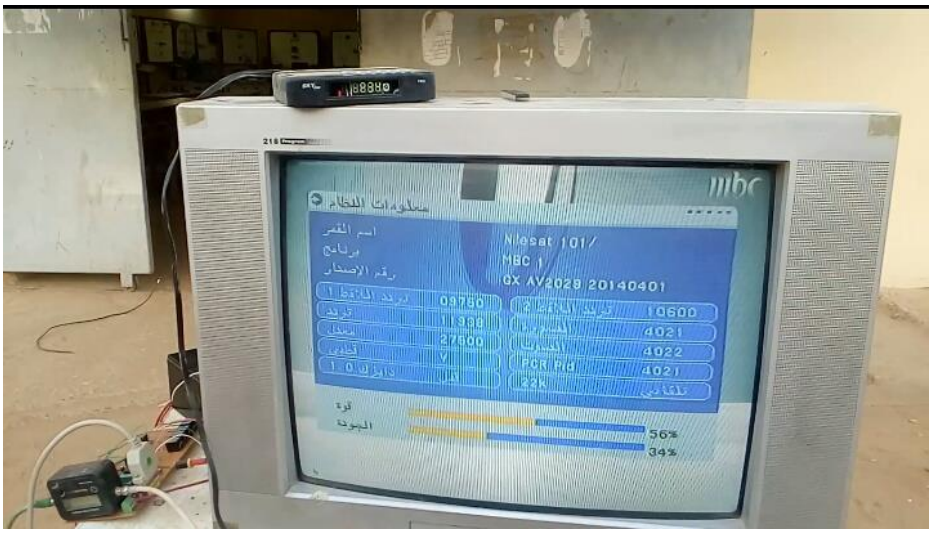
4-4-2 مرحلة التوليف

في هذه المرحلة تكون مواضع الأقمار الاصطناعية المطلوبة تم حفظها في ذاكرة (EEPROM) داخل المتحكم الدقيق ، لذلك تتم عملية التوليف مباشرة دون الحاجه للعمليات الأخرى .

عنما يكون المطلوب ضبط موضع قمر اصطناعي محدد يجب ضغط المفتاح المخصص له . يستجيب النظام لهذا الطلب في ثلاث مراحل . أولا يعود الهوائي للموضع المرجعي . ثانيا يتحرك الهوائي أفقيا في اتجاه موضع القمر الاصطناعي المحدد و تستمر الحركة حتى تتساوى قيمة عدد النبضات المتولدة من المشفر البصري الأفقي مع عدد النبضات المحفوظة في الذاكرة في موقعي الحركة الأفقية للقمر الاصطناعي المحدد ، عندها تتوقف الحركة الأفقية . ثالثا يتحرك الهوائي رأسيا في اتجاه موضع القمر الاصطناعي المحدد و تستمر الحركة حتى تتساوى قيمة عدد النبضات المتولدة من المشفر البصري الرأسي مع عدد النبضات المحفوظة في الذاكرة في موقعي الحركة الرأسية للقمر الاصطناعي المحدد ، عندها تتوقف الحركة الرأسية . في هذه اللحظة تكون عملية التوليف اكتملت و يكون الهوائي في موضع القمر الاصطناعي المحدد .

5-4 النتائج

يوضح الشكل (4-19) بعد اكتـمال عملية التوليف للقمر الاصطناعي المحدد ، كانت قوة الإشارة (جودة الإشارة) (56%) . وكانت هذه النتيجة بتطبيق النظام على القمر الاصطناعي نايلسات (Nilesat) .



الشكل (4-19) نتيجة النظام

الفصل الخامس

الخاتمـة و التوصيات

الفصل الخامس

الخاتمـة و التوصيات

1-5 الخاتمـة

تم تصميم نموذج لضبط هوائي استقبال اشارات الاقمار الاصطناعية و تمت التجربة و كانت ناجحة في هدفها الأساسي من خلال الحصول على اشارة أكبر من القيمة المطلوبة . المكونات لهذا النظام هي المتحكم الدقيق و محركي تيار مستمر أحدهما للحركة الافقية و الآخر للحركة الرأسية بالإضافة الى دائرة تشغيل المحركين التي تتكون من شريحة (ULN2003) و أربعة مرحلات كهرو ميكانيكية ، كذلك مشفرين بصريين أحدهما لمتابعة الحركة الأفقية و الآخر لمتابعة الحركة الرأسية ، أيضا تم استخدام هوائي قطع شكل قطع مكافيء مع جهاز خفض الضجيج (LNB) و أجزاء ميكانيكية و بعض الملحقات . البرنامج المستخدم في هذا النظام تم انجازه بواسطة (Bascom AVR)، حيث يمكن المستخدم فقط من ضغط زر لعملية البحث و الحفظ لأي قمر اصطناعي متاح في منطقة تركيب الهوائي . بعد ذلك عندما يريد المستخدم التحول لأي قمر اصطناعي محدد عليه ضغط زر التوليف للقمر الاصطناعي المحدد . هذا النموذج يجعل عملية التوليف للأقمار الاصطناعية تتم بسهولة و دقة .

2-5 التوصيــات

هذا النظام يساعد في توليف الهوائي من خلال تحريكه في اتجاهين أفقيا و رأسيا أي في محورين (x-y) لذلك نوصي بالآتي :

- استخدام حساس يساعد في قياس الحركة في الثلاثة محاور (x,y,z) بواسطة حساسات الاتجاهات مثل حساس الجيروسكوب (Gyroscope) .
- استخدام المحركات الخطوية (Stepper Motors) يعطي مزيد من الدقة في الحركة .
- اضافة محرك ثالث للنظام للتحكم في حركة جهاز خفض الضجيج (LNB) لأن زاويته مهمه في استقبال الإشارة من القمر الاصطناعي .
- إضافة نظام تحكم عن بعد .

المراجع

قائمة المراجع

المراجع العربية

[1] " قوى كهربائية ، آلات و معدات كهربائية ، تقنية التحكم الآلي ، 233 كهر" ، المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني- المملكة العربية السعودية .

[2] " الاتصالات ، الهوائيات و انتشار الموجات ، 232تصل " ، المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني- المملكة العربية السعودية .

[3] دوائر التحكم الآلي ، أ. وجيه جرجس ، معهد السالزيان الإيطالي دن بوسكو .

المراجع الأجنبية

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Communications_satellite

[2] https://en.wikipedia.org/wiki/Polarization_(waves)

[3] Richard, V., Editor, “Motor Control Electronics Handbook, Mc Graw-Hill, Boston.

[4] Chatterjee S., “Industrial Electronics and Control”, New Delhi: Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited.

[5] B. Chuong, C. Barry, " Satellite Dish Positioning System, " Jan. 4, 2000. US Patent 6,011,511.

[6] E. Alhasan and A. Alzubaidi," A design of software driver for a satellite dish antenna positioning system," IOSRJEN, vol. 5, no. 1, pp. 42-44, 2015.

[7] M. M. Kyaw Oo, C. M. New, H. M. Tun, " Satellite Dish Positioning Control by DC Motor Using IR Remote Control, " International Journal of Electronics and Computer Science Engineering, ISSN: 2277-1956/V3-N3-199-207.

[8] M. C. Rafael, J. B. Goncalves, and P. P. L. do Prado " Development of an automated system for maneuvering parabolic dish antennas used in satellite communication," in ABCM Symposium Series in Mechatronics Section II e Control Systems, vol. 5, p. 68e78, 2012.

[9] http://en.wikipedia.org/wiki/ULN2003A

[10] http://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller

[11] http://en.wikipedia.org/wiki/Atmel_AVR

[12] Atmega32_datasheet

[13] https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_finder

[14] https://www.craftys.co.nz/product/12-volt-7-amp-battery

[15] Robert H. Bishop " THE MECHATRONICS HANDBOOK " The University of Texas at Austin Austin, Texas

الملاحق

ملحق (أ)

البرنامج

```
$regfile = "m32def.dat"
$crystal = 4000000
$baud = 9600
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
Config PORTD = Input
Config PORTC = Output
Config PORTB = Input
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~VARIABLES~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
Dim Az_pulse_e As Eram Byte At 126 : Dim Overf0_e As Eram Byte At 128
Dim Elev_pulse_e As Eram Word At 164 : Dim Overf1_e As Eram Byte At 166
Dim Overf0 As Word : Dim Overf0_d As Word : Dim Ovf1 As Word
Dim Ovf1_d As Word : Dim N As Byte : Dim M As Byte : Dim A As Byte
Dim B As Word : Dim Detector As Integer : Dim Elev_pulse As Word
Dim Elev_pulse_d As Word : Dim Az_pulse As Byte : Dim Az_pulse_d As Byte
Dim G As Integer : Dim H As Integer : Dim X As Word : Dim Y As Byte
Dim Z As Integer : Dim O As Byte : Dim Savea As Byte : Dim Savee As Word
Dim Aa As Byte : Dim Bb As Byte : Dim Compensation As Word : Dim Last_value As Byte
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~GPIO CONFIGURATION~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
Ls_u Alias PINB.5
Ls_d Alias PINB.2
Ls_l Alias PINB.3
Ls_r Alias PINB.4
Az_r Alias PORTC.1
Az_l Alias PORTC.2
Ele_u Alias PORTC.3
Ele_d Alias PORTC.4
Setx Alias PIND.4
Nilesatx Alias PIND.5
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~adc configuration~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
Config ADC = Single , Prescaler = Auto
Start ADC
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~counters configurations~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
Config TIMER0 = Counter , Edge = Falling , Clear Timer = 0
Config TIMER1 = Counter , Edge = Falling , Clear Timer = 0 , Prescale = 256 , Noise Cancel = 1
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~DEBOUNCE TIME~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
Config Debounce = 100
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
PORTD.4 = 1 : PORTD.5 = 1
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~INTERRUPT CONFIGURATION~~~~~~~~~~ ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~

'Config Int0 = Falling : On Int0 Seting : Enable Int0 : Portd.2 = 1
'Config Int1 = Falling : On Int1 Nilesat : Enable Int1 : Portd.3 = 1

'On Timer0 Isr1
'Enable Ovf0

Enable Interrupts
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~


'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~MAIN LOOP~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
Do

Debounce Setx , 0 , Seting , Sub
  If M = 3 Then
 Savea = Az_pulse_e
 Bb = Overf0_e
Savee = Elev_pulse_e
Aa = Overf1_e
M = 0
End If
Debounce Nilesatx , 0 , Nilesat , Sub
   ' Print "azimuth:" : Print Az_pulse
 ' Print "over_azimuth:" : Print Overf0
    Print "EEPROM_azimuth:" : Print Savea
     Print "EEPROM_AZM_OVF0:" : Print Bb
```

```
 'Print "elevation:" : Print Elev_pulse
' Print "OVER_ELEVATION:" : Print Ovf1
 Print "EEPROM_elevation:" : Print Savee
 Print "EEPROM_ELE_OVER:" : Print Aa
Loop
End

'~~~~~~~~SETING ROUTINE~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
Seting:
Y = Ls_r
While Y <> 0
Set Az_r
Y = Ls_r
Wend
Reset Az_r
Z = Ls_d
While Z <> 0
Set Ele_d
Z = Ls_d
Wend
Reset Ele_d
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
X = Getadc(0)
While X < 190
X = Getadc(0)
G = Ls_u
While G <> 0 AND X < 290
Set Ele_u
X = Getadc(0)
G = Ls_u

Wend
Reset Ele_u
G = Ls_u
X = Getadc(0)
If G = 0 AND X < 290 Then
  Set Az_l
  End If
  Waitms 150
  Reset Az_l
  H = Ls_d
  X = Getadc(0)
  While H <> 0 AND X < 290
  Set Ele_d
   H = Ls_d
  X = Getadc(0)
  Wend
  Reset Ele_d
   H = Ls_d
   X = Getadc(0)
  If H = 0 AND X < 290 Then
  Set Az_l
  End If
  Waitms 150
  Reset Az_l
  Wend
  Waitms 400


  '~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
  Start COUNTER0
   TCNT0 = 0
 Overf0 = 0
 Y = Ls_r
  While Y <> 0
```

```
Set Az_r
O = TIFR.0
If O = 1 Then
 Incr Overf0
  Set TIFR.0

End If

 Y = Ls_r
Wend
Reset Az_r

Az_pulse = COUNTER0
Az_pulse_e = Az_pulse
Overf0_e = Overf0
M = 3
Stop COUNTER0
   Start Counter1
 TCNT1 = 0
 Ovf1 = 0
Z = Ls_d
While Z <> 0
Set Ele_d
If TIFR.2 = 1 Then
 Incr Ovf1
  Set TIFR.2
 End If

Z = Ls_d
Wend
Reset Ele_d

Elev_pulse = Counter1

 Elev_pulse_e = Elev_pulse
 Overf1_e = Ovf1
     N = 3
Stop Counter1

Return

'~~~~~~~~~~~~~~~nilesat routine~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
 Nilesat:
 Y = Ls_r
While Y <> 0
Set Az_r
Y = Ls_r
Wend
Reset Az_r
Z = Ls_d
While Z <> 0
Set Ele_d
Z = Ls_d
Wend
Reset Ele_d
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~

  Start COUNTER0
   TCNT0 = 0
   Overf0_d = 0
 A = 0
 Savea = Az_pulse_e
 Bb = Overf0_e
 While Overf0_d <> Bb
 Set Az_l
```

```
 O = TIFR.0
If O = 1 Then
 Incr Overf0_d
  Set TIFR.0

End If
 A = COUNTER0

 Wend

 While A <> Savea
 Set Az_l
   A = COUNTER0
 Wend
 Reset Az_l
 Stop COUNTER0
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
 Start Counter1
 TCNT1 = 0
 Ovf1_d = 0
 Savee = Elev_pulse_e
Aa = Overf1_e
 B = 0

 While Ovf1_d <> Aa
 Set Ele_u
 If TIFR.2 = 1 Then
 Incr Ovf1_d
  Set TIFR.2
 End If

B = Counter1
 Wend
 While B <> Savee
  Set Ele_u
 B = Counter1
 Wend
 Reset Ele_u
 Stop Counter1
 '~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~compensation error~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
 Waitms 1000
 Start COUNTER0
 TCNT0 = 0
 Z = Ls_r
  X = Getadc(0)
 Compensation = COUNTER0
While X < 270 AND Compensation < 200
If Z <> 0 Then
Set Az_r

End If

 X = Getadc(0)
 Z = Ls_r
 Compensation = COUNTER0
Wend
Reset Az_r
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
 TCNT0 = 0
  X = Getadc(0)
  Z = Ls_l
  Compensation = COUNTER0
While X < 270 AND Compensation < 200
If Z <> 0 Then
Set Az_l

End If
```

```
 X = Getadc(0)
 Z = Ls_l
 Compensation = COUNTER0
Wend
Reset Az_l
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
 TCNT0 = 0
  X = Getadc(0)
  Z = Ls_l
  Compensation = COUNTER0
While X < 270 AND Compensation < 200
If Z <> 0 Then
Set Az_l
End If
 X = Getadc(0)
 Z = Ls_l
 Compensation = COUNTER0
Wend
Reset Az_l
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
 TCNT0 = 0
 Z = Ls_r
  X = Getadc(0)
 Compensation = COUNTER0
While X < 270 AND Compensation < 200
If Z <> 0 Then
Set Az_r
End If
 X = Getadc(0)
 Z = Ls_r
 Compensation = COUNTER0
Wend
Reset Az_r
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
Start Counter1
 TCNT1 = 0
  X = Getadc(0)
  Z = Ls_u
    Compensation = Counter1
While X < 270 AND Compensation < 100
If Z <> 0 Then
Set Ele_u
End If
 X = Getadc(0)
 Z = Ls_u
 Compensation = Counter1
Wend
Reset Ele_u
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
 TCNT1 = 0
  X = Getadc(0)
  Z = Ls_d
    Compensation = Counter1
While X < 270 AND Compensation < 350
If Z <> 0 Then
Set Ele_d
End If
 X = Getadc(0)
 Z = Ls_u
  Compensation = Counter1
Wend
Reset Ele_d
Stop Counter1
```

ULN2003 Datasheet

ULN2001A-ULN2002A
ULN2003A-ULN2004A

SEVEN DARLINGTON ARRAYS

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRATED SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT

DIP16

ORDERING NUMBERS: ULN2001A/2A/3A/4A

SO16

ORDERING NUMBERS: ULN2001D/2D/3D/4D

DESCRIPTION

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 and ULN2004A are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

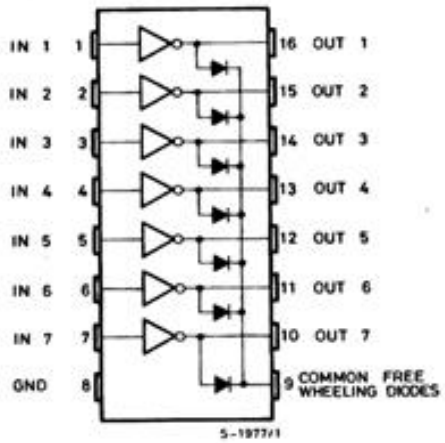
The four versions interface to all common logic families :

ULN2001A	General Purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS
ULN2002A	14-25V PMOS
ULN2003A	5V TTL, CMOS
ULN2004A	6–15V CMOS, PMOS

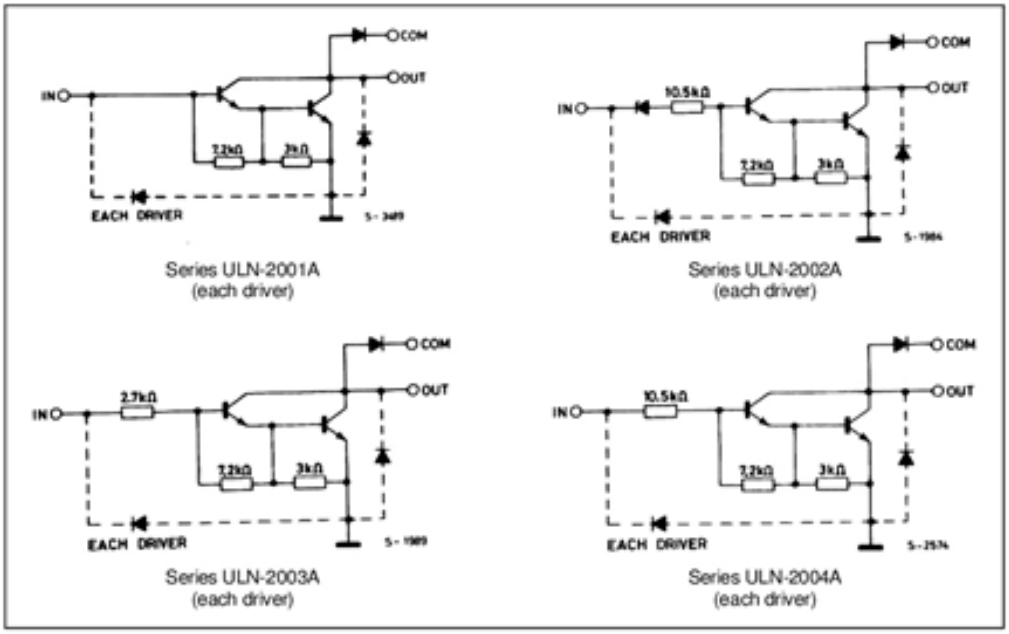
These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal printheads and high power buffers.

The ULN2001A/2002A/2003A and 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.

PIN CONNECTION



SCHEMATIC DIAGRAM



Series ULN-2001A (each driver)

Series ULN-2002A (each driver)

Series ULN-2003A (each driver)

Series ULN-2004A (each driver)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_o	Output Voltage	50	V
V_{in}	Input Voltage (for ULN2002A/D - 2003A/D - 2004A/D)	30	V
I_c	Continuous Collector Current	500	mA
I_b	Continuous Base Current	25	mA
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	– 20 to 85	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	– 55 to 150	°C
T_j	Junction Temperature	150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter		DIP16	SO16	Unit
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	70	120	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{amb} = 25°C unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
I_{CEX}	Output Leakage Current	V_{CE} = 50V			50	µA	1a
		T_{amb} = 70°C, V_{CE} = 50V			100	µA	1a
		T_{amb} = 70°C for ULN2002A V_{CE} = 50V, V_i = 6V			500	µA	1b
		for ULN2004A V_{CE} = 50V, V_i = 1V			500	µA	1b
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	I_C = 100mA, I_B = 250µA		0.9	1.1	V	2
		I_C = 200 mA, I_B = 350µA		1.1	1.3	V	2
		I_C = 350mA, I_B = 500µA		1.3	1.6	V	2
$I_{i(on)}$	Input Current	for ULN2002A, V_i = 17V		0.82	1.25	mA	3
		for ULN2003A, V_i = 3.85V		0.93	1.35	mA	3
		for ULN2004A, V_i = 5V		0.35	0.5	mA	3
		V_i = 12V		1	1.45	mA	3
$I_{i(off)}$	Input Current	T_{amb} = 70°C, I_C = 500µA	50	65		µA	4
$V_{i(on)}$	Input Voltage	V_{CE} = 2V for ULN2002A I_C = 300mA			13	V	5
		for ULN2003A I_C = 200mA			2.4		
		I_C = 250mA			2.7		
		I_C = 300mA			3		
		for ULN2004A I_C = 125mA			5		
		I_C = 200mA			6		
		I_C = 275mA			7		
		I_C = 350mA			8		
h_{FE}	DC Forward Current Gain	for ULN2001A V_{CE} = 2V, I_C = 350mA	1000				2
C_i	Input Capacitance			15	25	pF	
t_{PLH}	Turn-on Delay Time	0.5 V_i to 0.5 V_o		0.25	1	µs	
t_{PHL}	Turn-off Delay Time	0.5 V_i to 0.5 V_o		0.25	1	µs	
I_R	Clamp Diode Leakage Current	V_R = 50V			50	µA	6
		T_{amb} = 70°C, V_R = 50V			100	µA	6
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	I_F = 350mA		1.7	2	V	7