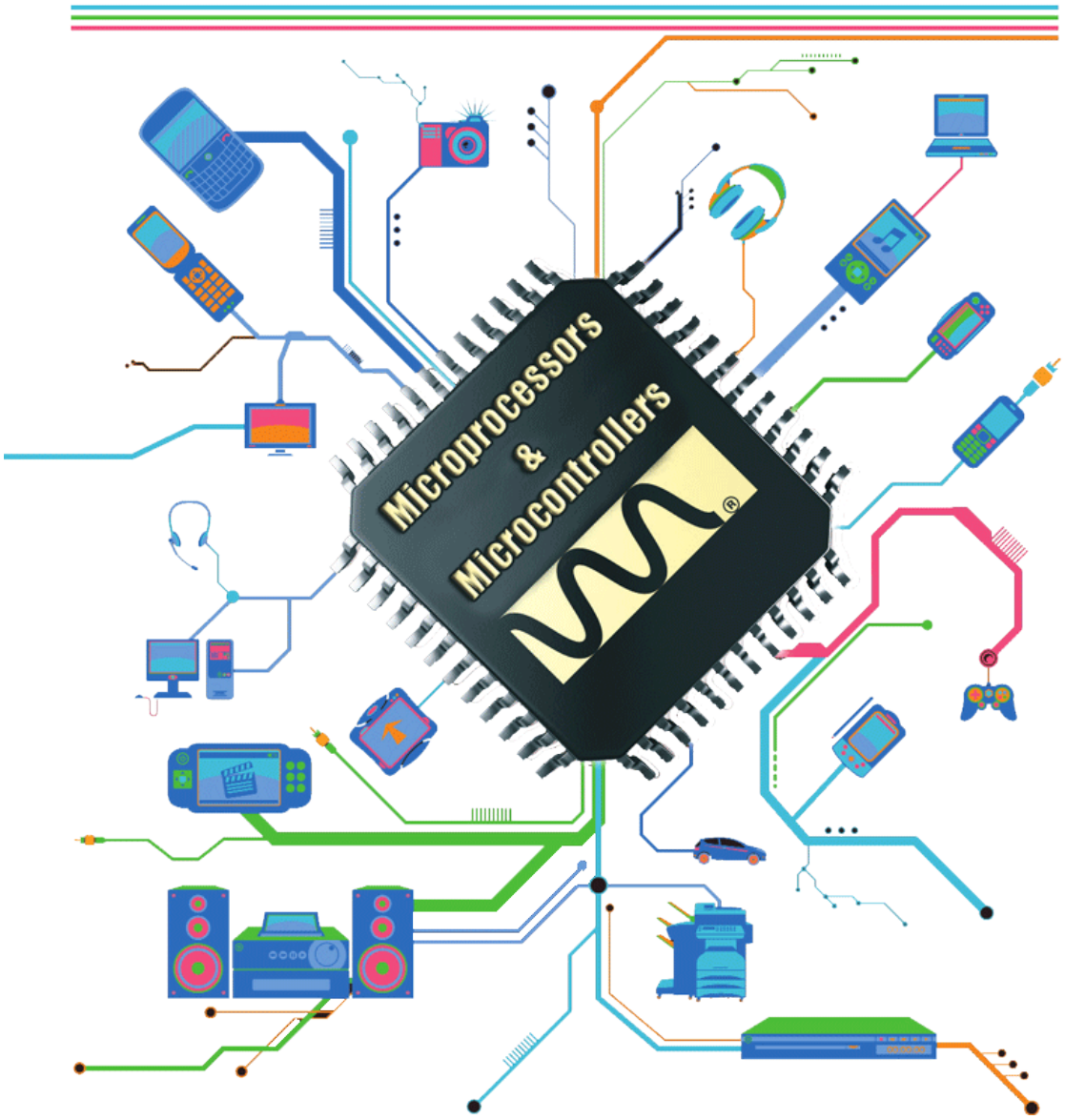
جامعـــــــــــة حلـــــــــــب
كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية
قسـم هندسـة التحكـم والأتمتـة

﴿ الجلسات العملية لمادة المعالجات والمتحكمات المصغرة ﴾

Microprocessors & Microcontrollers Lab Sessions

السنة الثالثة | قسم اتصالات

﴿ الجلسة العملية السابعة ﴾



م. وليد بليد

Copyright © 2012 Walid Balid - All rights reserved.

Wednesday, April 18, 2012

الجلسة العملية السابعة

نظرة عامة (Overview):

هذه المحاضرة تشرح بنية البروتوكول RC5 المستخدم في أجهزة التحكم بالأشعة تحت الحمراء. ثم تقدم تطبيقاً عملياً لربط مستقبل أشعة تحت الحمراء يدعم البروتوكول المذكور وطرقة قراءة البيانات من المستقبل. ثم طريقة تصميم وبرمجة جهاز تحكم لإرسال أوامر تحكم باستخدام الأشعة تحت الحمراء والبروتوكول RC5.

1-7 البروتوكول RC5 وأجهزة التحكم بالأشعة تحت الحمراء (RC5 Code & The IR Remote Controls):

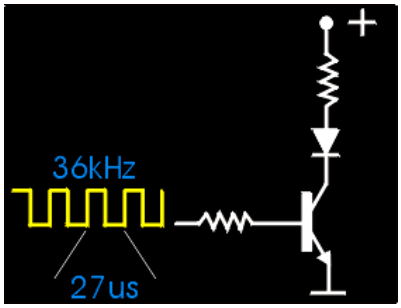
التساؤل الأول الذي يتبادر للذهن هو تساؤل عن ماهية الأشعة تحت الحمراء؟ فيأتي التعريف بأنها عبارة عن طاقة إشعاع ضوئي غير مرئي يقع تحت حزمة الترددات المرئية لأعيننا. في الحقيقة إن الأشعة تحت الحمراء هي ضوء طبيعي يبلغ طول الموجه لهذه الأشعة 950nm وهي موجة قصيرة جداً لهذا لا يمكن للعين أن ترى الضوء المنبعث من مرسل الأشعة تحت الحمراء.

تعتبر الأشعة تحت الحمراء من أرخص الطرق وأسهلها للتحكم عن بعد بالأجهزة وذلك ضمن مجال مرئي، وتستخدم بكثرة في الأجهزة الكهربائية المنزلية وأجهزة التسجيل الرقمي والعرض المرئي. بالإضافة إلى سهولة توليدها، كما أنها لا تعاني من التدخل الكهرومغناطيسي، ولكنها في نفس الوقت يمكن أن تتصادم مع إشعاعات تحت حمراء أخرى كأشعة الشمس مثلاً تحوي على مجال طيف عريض من الإشعاعات التي منها الأشعة تحت الحمراء، وهذا سيؤثر بدوره على فعالية الإرسال.

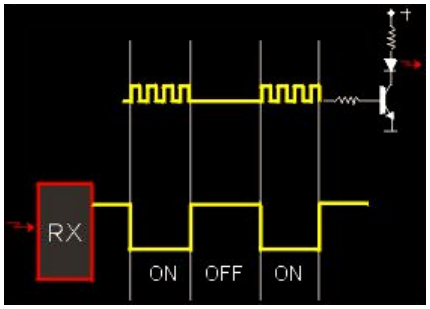
إن كثير من الأشياء يمكن أن تولد الأشعة تحت الحمراء، وخوصاً الأجسام التي تصدر حرارة كأجسادنا مثلاً: المصابيح، الأفران، الماء الحار، لذلك يجب استخدام مفتاح أو عنوان للجهاز المرسل لتفادي الأشعة المزيفة الصادرة عن الأجسام التي لها إصدار حراري وليخبر المستقبل عن البيانات الحقيقية التي يجب أن يستجيب لها نظام التحكم، وهذا ما سوف نوضحه لاحقاً ويعبر عنه بـ العنوان (Address).

إن حزمة ترددات الأشعة تحت الحمراء تتراوح بين 30KHZ – 60KHZ ومجال الأشعة الأفضل هو ضمن 36KHZ والحزم التي حوله (38KHZ). لذلك تستخدم أجهزة التحكم بالأشعة تحت الحمراء الحزمتين 38KHZ, 36KHZ لإرسال المعلومات وهذا يعني أن الثنائي المرسل للأشعة تحت الحمراء سوف يتذبذب 36~38 ألف مرة خلال دور قدره واحد ثانية من أجل القيمة واحد منطقي، وسيكون ساكن من أجل قيمة صفر منطقي.

إن مسألة إرسال تردد 36KHZ, 38KHZ هي مسألة سهلة، لكن الصعوبة تكمن في استقبال هذه الترددات وخصوصاً أن هذه الترددات انتقلت عبر الهواء وتراكبت معها ترددات الضجيج المحيط، لهذا السبب تقوم بعض الشركات بإنتاج مستقبلات الأشعة تحت الحمراء التي تحوي في بنيتها على مرشحات الحزمة ودارات فك التشفير ودارات القص للحزم الغير مرغوبة، وهذا بدوره يساعد على استخلاص الإشارة الحقيقية. الشكل التالي يبين دارة إرسال بسيطة من أجل إرسال تردد 36KHZ، وذلك بتطبيق إشارة مربعة 27uS على قاعدة الترانزستور الشكل1. إن المستقبل سيقوم باستلام الإشارة المرسلة وتعديلها كما في الشكل2.



الشكل1



الشكل2

نلاحظ أن دارة التعديل الموجودة داخل المستقبل قد عكست المستوى المنطقي للإشارة.

2-7 ماهي معايير التحكم باستخدام الأشعة تحت الحمراء:

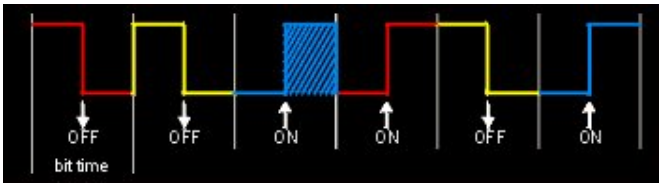
هناك الكثير من معايير التحكم (بروتوكولات) التي تعمل عليها المستقبلات، منها: NEC، SIRCS، RC5، JAPAN، SAMSUNG، Sony. وتختلف هذه البروتوكولات عن بعضها في شكل موجة الإرسال وبنيتها (Waveforms).

3-7 المعيار RC5:

إن اهتمامنا ينصب بشكل كلي على معيار RC5 الذي طورته شركة فيلبس ويتلخص بإرسال قطار من 14 نبضة في كل مرة يتم فيها الضغط على أحد أزرار جهاز التحكم وبزمن 1.728mS عند التردد 36KHz أو بزمن 1.4mS عند التردد 38KHz لكل نبضة، وهذا القطار من النبضات يتكرر كل 130mS إذا أبقيت المفتاح مضغوطاً. ولفهم مبدأ عمل هذا البروتوكول يجب التعرف إلى البارامترات التالية:

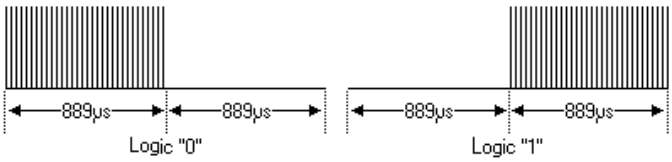
- طول العنوان (Address Length).
- طول أمر التحكم (Command Length).
- تردد الناقل (Carrier Frequency).
- زمن نبضة بداية الإرسال (Start Bit).
- زمن نبضة الإرسال للمستوى المنطقي "1" (High-Bit-Time).
- زمن نبضة الإرسال للمستوى المنطقي "0" (Low-Bit-Time).

إن هذه البارامترات تختلف حسب نوع المستقبل. إن كل نبضة من قطار النبضات هي بت واحد منقسم إلى قسمين: له نصف يميني ونصف يساري، ولكل منهما مستوى منطقي معاكس للآخر دائماً. فإذا كان البت المرسل من طرف الإرسال هو واحد منطقي، فإن القسم اليميني من البت سيكون واحد منطقي، بينما القسم اليساري سيكون صفر منطقي، وإذا كان البت المرسل هو صفر منطقي، فستكون عكس الحالة السابقة تماماً. بمعنى آخر، يمكنك أن تستنتج أن القسم اليميني من البت المستقبل، سيكون له نفس المستوى المنطقي للبت المرسل، من الشكل السابق تجد النبضة الزرقاء لها مستوى واحد منطقي، وهذا يعني أن البت المرسل هو واحد منطقي أيضا، ولكن القسم اليساري سيكون عكسه.



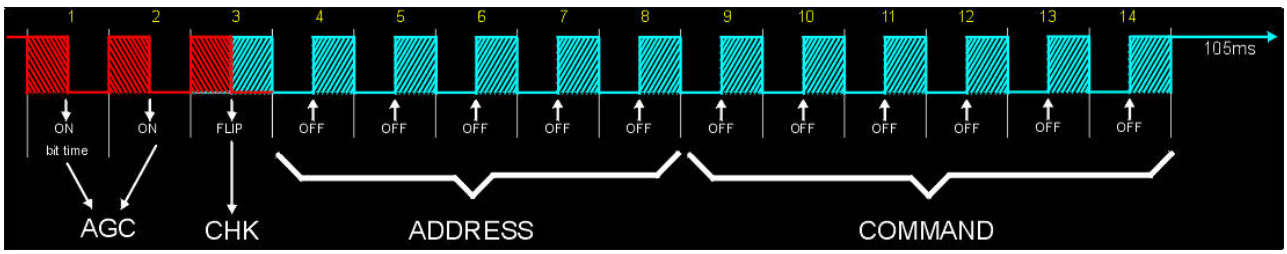
الشكل3 يبين المنطق الحقيقي الذي سوف تستقبله

في هذا البروتوكول هناك عدد محدد من النبضات التي دور كل منها 27µs (عند التردد 36KHz) أو 18.75µS (عند التردد 38KHz) يجب أن تصل إلى دارة فاك التشفير الموجودة داخل المستقبل (demodulator) ليفهم أن التردد المستقبل هو التردد الصحيح ومن ثم نقله إلى الخرج، هذا العدد من النبضات لمستقبلات شركة فيلبس هو 32 نبضة لكل قسم من كل بت من بتات الإرسال، وبالتالي 64 نبضة لكل بت. وعليه فإنه من أجل إرسال "0" فإنه سيكون لدينا في طرف المستقبل في مرحلة فك التعديل 32 نبضة مربعة دور كل منها 27µs (عند التردد 36KHz) أو 18.75µS (عند التردد 38KHz) ثم يليها 32 silence pulse. بينما من أجل إرسال "1" سيكون لدينا الحالة المعاكسة تماماً، 32 silence pulse ثم يليها 32 نبضة مربعة دور كل منها كل منها 27µs (عند التردد 36KHz) أو 18.75µS (عند التردد 38KHz).



الشكل4 المنطق "1" والمنطق "0" في الإرسال عند التردد 36KHz

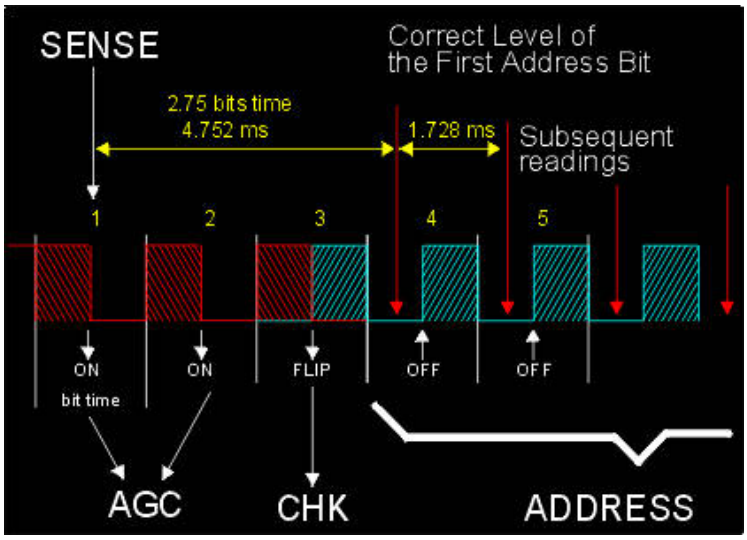
يتكون بروتوكول RC5 من 14Bits ثنائي (أي له نصفين) كما هو مبين على الشكل5.



الشكل5 بروتوكول الإرسال RC5

Bit1	Bit2	Bit3	Bit4	Bit5	Bit6	Bit7	Bit8	Bit9	Bit10	Bit11	Bit12	Bit13	Bit14
start bits		control	Address					Command					

- Bits1-2: هي بتات بداية الإرسال (Start Bits or AGC "Automatic Gain Control") وهي دائماً تملك القيمة "1". وهي تساعد هذه البتات في معايرة التحكم الآلي بربح مستقبل الأشعة وكذلك لإعلام المستقبل ببدء عملية الإرسال.



الشكل6 بتات التحكم في بروتوكول الإرسال RC5

- Bit3: هو بت التحكم CHECK bit (Control Bit or Toggle Bit)، هذا البت تتغير قيمته بين الصفر والواحد منطقي في كل مرة يتم فيها ضغط أحد أزرار التحكم. هذا يفيد جهاز التحكم ليفهم إذا مازلت تضغط على أحد الأزرار ويتكرر الأمر – تصور انك تضغط الرقم واحد وتستمر بالضغط، فلولا هذا البت فإن الجهاز سيفهم انك تريد اختيار القناة 11 بدلاً من القناة واحد لأنه سيرسل قطارين من النبضات لهما القيمة نفسها.
- Bits4-8: هي بتات العنوان، هذه البتات الخمسة تسمح لي باختيار نوع الجهاز الذي يجب أن يستجيب للأوامر، وهي تحقق لي عنونة لـ 32 جهاز (2^5=32) وهي على الشكل التالي:

SYSTEM ADDRESS	EQUIPMENT
0	TV SET 1
1	TV SET 2
2	VIDEOTEXT
3	EXPANSION FOR TV 1 AND 2
4	LASER VIDEO PLAYER
5	VIDEO RECORDER 1 (VCR 1)
6	VIDEO RECORDER 2 (VCR 2)
7	RESERVED
8	SAT 1

9	EXPANSION FOR VCR 1 OR 2
10	SAT 2
11	RESERVED
12	CD VIDEO
13	RESERVED
14	CD PHOTO
15	RESERVED
16	AUDIO PREAMPLIFIER 1
17	RECEIVER / TUNER
18	TAPE / CASSETE RECORDER
19	AUDIO PREAMPLIFIER 2
20	CD
21	AUDIO RACK
22	AUDIO SAT RECEIVER
23	DCC RECORDER
24	RESERVED
25	RESERVED
26	WRITABLE CD
26–31	RESERVED

- Bits9-14: هي بتات الأوامر الوظيفية، هذه البتات الستة تحتوي عن عنوان الأمر المرسل تبعاً للزر الموجود على جهاز التحكم، وهي تحقق لي استخدام 64 مفتاح وظيفي (2^6=64) وهي بالنسبة للأجهزة القياسية على الشكل التالي:

COMMAND	DESCRIPTION of FUNCTION
0-9	NUMERIC KEYS 0 - 9
12	STANDBY
13	MUTE
14	PRESETS
16	VOLUME UP
17	VOLUME DOWN
18	BRIGHTNESS +
19	BRIGHTNESS -
20	COLOR SATURATION +
21	COLOR SATURATION -
22	BASS UP
23	BASS DOWN
24	TREBLE +
25	TREBLE -
26	BALANCE RIGHT

27	BALANCE LEFT
48	PAUSE
50	FAST REVERSE
52	FAST FORWARD-
53	PLAY
54	STOP
55	RECORD
63	SYSTEM SELECT
71	DIM LOCAL DISPLAY
77	LINEAR FUNCTION (+)
78	LINEAR FUNCTION (-)
80	STEP UP
81	STEP DOWN
82	MENU ON
83	MENU OFF
84	DISPLAY A/V SYS STATUS
85	STEP LEFT
86	STEP RIGHT
87	ACKNOWLEDGE
88	PIP ON/OFF
89	PIP SHIFT
90	PIP MAIN SWAP
91	STROBE ON/OFF
92	MULTI STROBE
93	MAIN FROZEN
94	3/9 MULTI SCAN
95	PIP SELECT
96	MOSAIC MULTI PIP
97	PICTURE DNR
98	MAIN STORED
99	PIP STROBE
100	RECALL MAIN PICTURE
101	PIP FREEZE
102	PIP STEP UP
103	PIP STEP DOWN
118	SUB MODE
119	OPTIONS BUS MODE
123	CONNECT
124	DISCONNECT

4-7 ربط مستقبل IR إلى معالج مصغر:

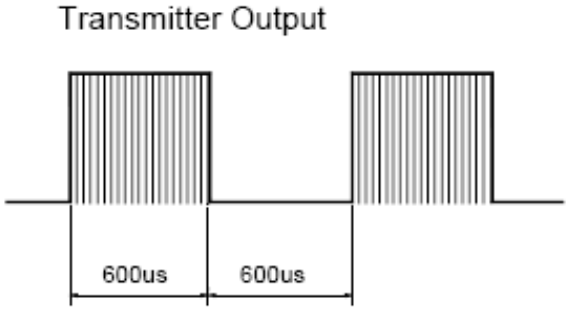
توضح هذه الفقرة بعض الأمور التي يجب مراعاتها عند وصل مستقبل أشعت تحت الحمراء مع متحكم مصغر.

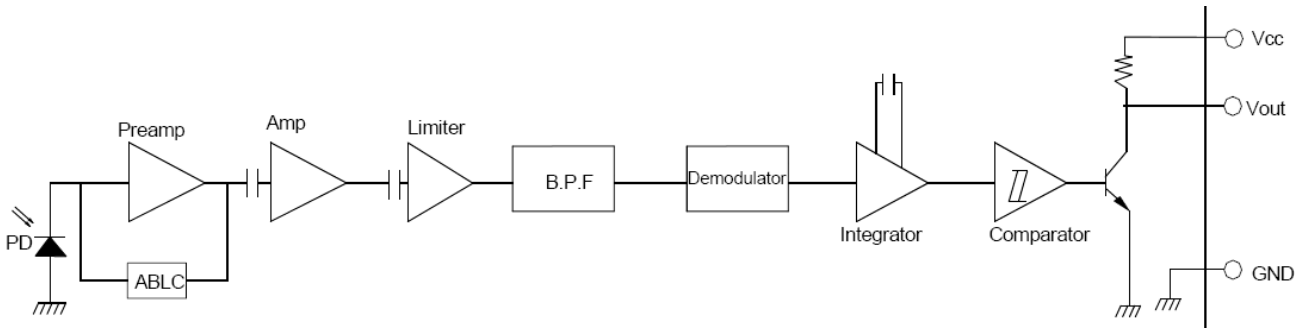
1) مستقبل الأشعة تحت الحمراء سوف يعكس المستوى المنطقي للنبضات – "1" = off | "0"=On.
2) في حال عدم الإرسال فإن خرج المستقبل سيكون على المستوى "1".
3) يمكن ربط خرج المستقبل إلى أي قطب من أقطاب المايكرو أو إلى قطب مقاطعة خارجية ومراقبة حالة القطب حتى تتغير حالته إلى المستوى المنخفض دلالةً على وجود حالة إرسال، حينها تبدأ باستقبال الشيفرة المؤلفة من 14 بت.

5-7 مستقبل الأشعة تحت الحمراء CLRM-2038S:

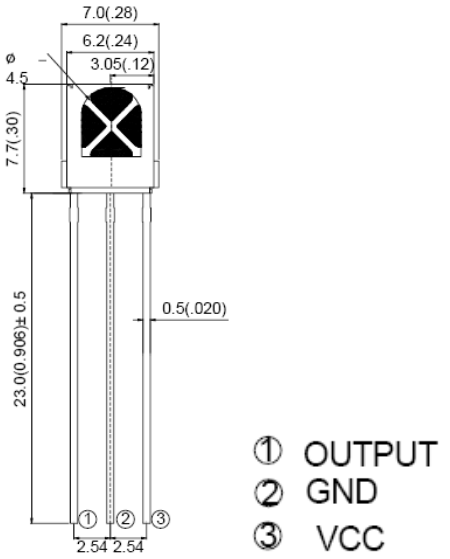
إن مستقبل الأشعة المستخدم في مشروعنا هو من النموذج CLRM-2038S وله المواصفات الأساسية التالية:

1) مستقبل أشعة تحت الحمراء ومضخم إشارة في نفس الوقت.
2) مرشح تمرير داخل غلاف المستقبل من أجل ترددات PCM.
3) مناعة عالية ضد التأثر بالأضواء المحيطة.
4) درع مطور للمناعة ضد اضطرابات الحقل الكهربائي.
5) استهلاك طاقة منخفض ضمن مجال العمل 2.7V~5.5V.
6) متوافق مع متطلبات المستوى المنطقي TTL, CMOS.
7) متوافق مع معايير NEC code,RC5 code.
8) تردد الحامل 38KHZ.
9) مسافة الاستقبال حتى 12m.
10) يمكن استخدامه من أجل التطبيقات التالية:
   - ✓ مفتاح ضوئي (Optical switch).
   - ✓ تطبيقات التحكم بالأجهزة مثل: Audio, TV, VCR, CD, MD, DVD, etc.
   - ✓ التحكم بالأجهزة المنزلية مثل: Air-conditioner, Fan, CATV, etc





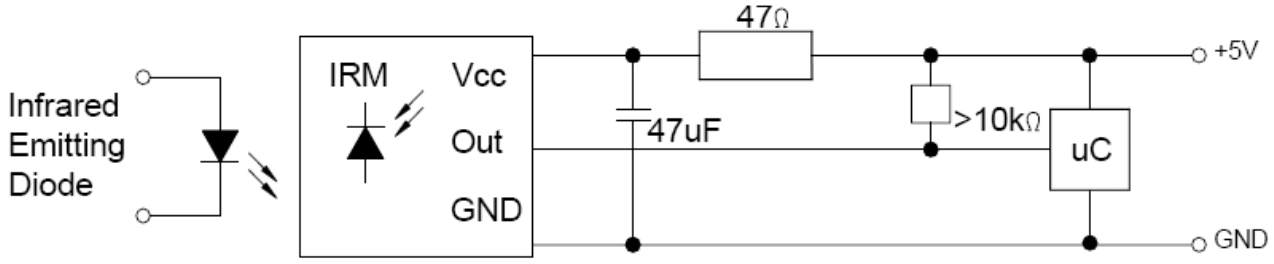
الشكل7 البنية الداخلية للمستقبل CLRM-2038S.



الشكل8 توزع الأقطاب للمستقبل CLRM-2038S.

6-7 دارة الملائمة لمستقبل الأشعة تحت الحمراء:

عند ربط مستقبل أشعة تحت الحمراء مع معالج، فإنه يجب وضع مكثف 4.7uF على التوازي مع أقطاب التغذية للمستقبل وأقرب ما يمكن إلى تلك الأقطاب، وإلا لن يعمل في الغالب. الشكل التالي يوضح دارة الملائمة لهذا المستقبل.



الشكل9 دارة الملائمة لمستقبل الأشعة تحت الحمراء CLRM-2038S

7-7 عناوين جهاز التحكم AL-AWAIL:

بالنسبة لجهاز التحكم المستخدم والموضح على الشكل10 فقد تم تصنيعه وتصميمه خصيصاً لشركة الأوائل للهندسة الإلكترونية وفق دلائل وظيفية خاصة. لذلك فإن لهذا الجهاز عنوان خاص وهو: RC5 Address = 27، وأما بالنسبة لأوامر المفاتيح على الجهاز فهي موضحة على الشكل في الطرف الأيمن باللون الأزرق علماً أن القيم هي بصيغة Hex.

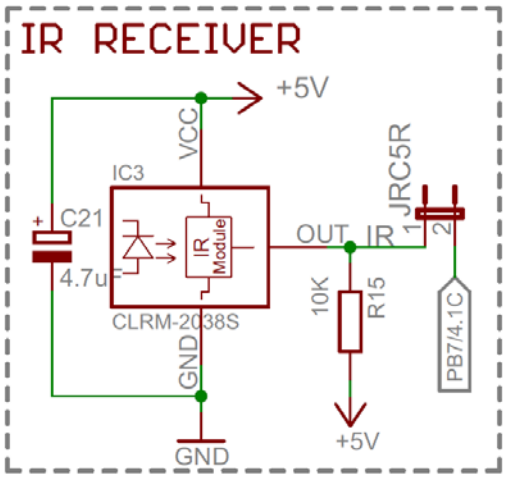
الشكل10 جهاز التحكم بالأشعة تحت الحمراء

8-7 تجربة توصيل وبرمجة مستقبل أشعة تحت الحمراء (CLRM-2038S) مع متحكم AVR.

المطلوب كتابة برنامج لاستقبال أوامر مرسلة من أجهزة التحكم بالأشعة تحت الحمراء والتي تعمل وفق البروتوكول RC5، وفي هذه الحالة سوف نستخدم التعليمات المخصصة للتعامل مع مستقبلات الأشعة تحت الحمراء التي تعتمد RC5 في البيئة Bascom-AVR. سوف يقوم البرنامج باستدعاء مكتبة التابع RC5 الموجودة في البيئة البرمجية والتي تحوي على بروتوكول الاستقبال RC5. يتم فحص حالة المستقبل باستخدام التعليمة Getrc5 والتي تقوم بتشغيل المؤقت Timer0 لعد النبضات بشكل آلي.

شرح التعليمة	التعليمة البرمجية
تعريف القطب الموصول مع خرج مستقبل IR.	`Config Rc5 = Pinb.7 , Wait = 2000`
استحصال العنوان والأمر من المستقبل.	`Getrc5(address , Command)`

الشكل11 يبين طريقة توصيل مستقبل أشعة تحت الحمراء (CLRM-2038S) مع المتحكم على اللوحة التعليمية Mini-Phoenix.



الشكل11 توصيل مستقبل أشعة تحت الحمراء (CLRM-2038S) مع المتحكم للتجربة 16

البرنامج Exp.16.bas في بيئة BASCOM-AVR:

```
' ************************************************************************
' * Title          : Exp.16.bas                                          *
' * Target Board   : Mini-Phoenix - REV 1.00                             *
' * Target MCU     : ATMega32A                                           *
' * Author         : Walid Balid                                         *
' * IDE            : BASCOM AVR 2.0.7.3                                  *
' * Peripherals    : RC5 Receiver;                                       *
' * Description    : Receiving RC5 Code from Remote Control              *
' ************************************************************************
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
'----------------------[Definitions]
$regfile = "m32def.dat"
$crystal = 8000000
$baud = 9600
```

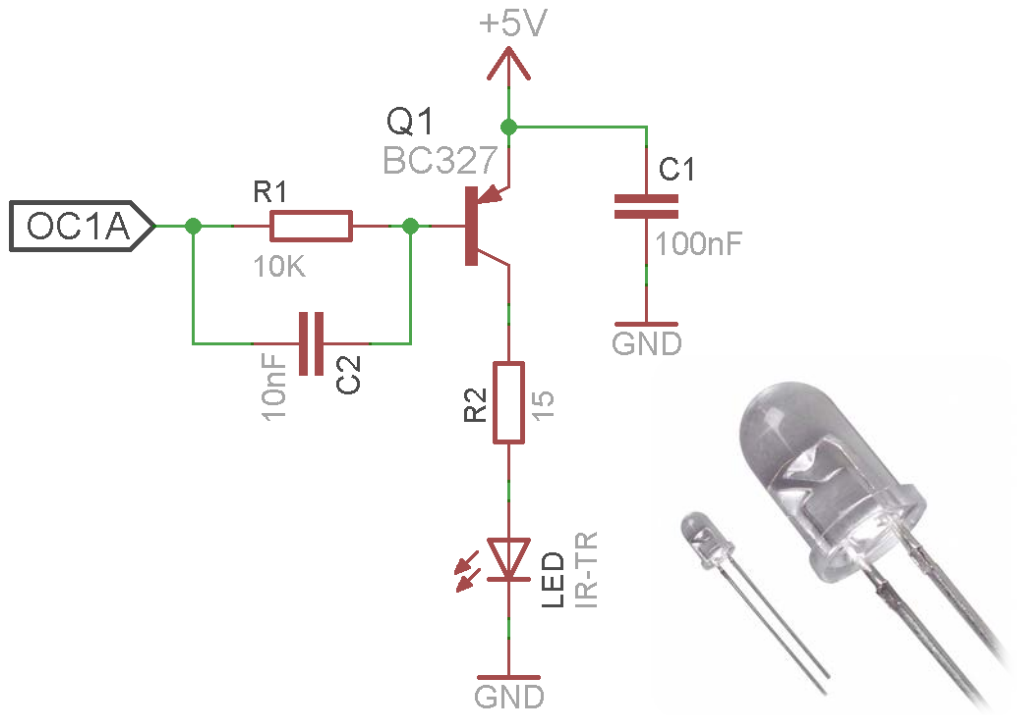
```
'-----------------------
'-----------------------[RC5 Receiver Configurations]
Config Rc5 = Pinb.7 , Wait = 2000
'-----------------------
'-----------------------[Variables]
Dim Rc5_address As Byte , Rc5_command As Byte
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
'--->[Main Program]
Enable Interrupts
Do
   Gosub Read_rc5 : Waitms 100
Loop
End
'---<[End Main]
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
'--->[Read RC5 Code]
Read_rc5:
   Getrc5(rc5_address , Rc5_command)
   If Rc5_address <> 255 Then
      Rc5_command = Rc5_command And &B01111111

      Print "Address is: " ; Rc5_address
      Print "Command is: " ; Rc5_command
   End If
Return
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
```

9-7 تجربة توصيل وبرمجة مرسل أشعة تحت الحمراء (IR LED) مع متحكم AVR.

المطلوب كتابة برنامج لإرسال أوامر تحكم بالأشعة تحت الحمراء تعمل وفق البروتوكول RC5، وفي هذه الحالة سوف نستخدم التعليمات المخصصة للتعامل مع مستقبلات الأشعة تحت الحمراء التي تعتمد RC5 في البيئة Bascom-AVR. سوف يقوم البرنامج باستدعاء مكتبة RC5 الموجودة في البيئة البرمجية Bascom-AVR والتي تحوي على بروتوكول الإرسال المطلوب. يتم إرسال البروتوكول باستخدام التعليمة RC5SEND والتي تقوم بتشغيل المؤقت Timer1 لحساب زمن النبضات بشكل آلي.

التعليمة البرمجية	شرح التعليمة
`Rc5send Togbit , Address , Command`	تعليمة إرسال بت الحالة والعنوان والأمر على القطب OC1A وفق RC5

الشكل12 يبين طريقة توصيل مرسل أشعة تحت الحمراء إلى القطب OC1(A) مع المتحكم على اللوحة التعليمية Mini-Phoenix.



الشكل12 توصيل مرسل أشعة تحت الحمراء مع المتحكم للتجربة 17

البرنامج Exp.17.bas في بيئة BASCOM-AVR:

```
' ************************************************************************
' * Title          : Exp.17.bas                                          *
' * Target Board   : Mini-Phoenix - REV 1.00                             *
' * Target MCU     : ATMega32A                                           *
' * Author         : Walid Balid                                         *
' * IDE            : BASCOM AVR 2.0.7.3                                  *
' * Peripherals    : RC5 Sender                                          *
' * Description    : Sending RC5 Code using IR LED                       *
' ************************************************************************
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
'----------------------[Definitions]
```

```
$regfile = "m32def.dat"
$crystal = 8000000
'-----------------------
'-----------------------[GPIO Configurations]
Config Pinb.2 = Input : Portb.2 = 1 : Send_ir Alias Pinb.2
Config Debounce = 500
'-----------------------
'-----------------------[Variables]
Dim Togbit As Byte , Command As Byte , Address As Byte
'---------------------
Command = 18 : Togbit = 0 : Address = 0
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
'--->[Main Program]
Do
   Debounce Send_ir , 0 , Power_command , Sub                'OC1A pin
Loop
End
'---<[End Main]
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
'--->[Send RC5 Code]
Power_command:
   If Togbit = 0 Then Togbit = 32 Else Togbit = 0
   Rc5send Togbit , Address , Command
Return
'~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
```

. . . ﴿انتهت الجلسة العملية السابعة﴾ . . .

وليد بليد

- دمتم بخير ومودة ونور -