جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم هندسة الطاقة الكهربائية

شعبة الطاقات المتجددة

دراسة أعدت لنيل درجة الإجازة في هندسة الطاقة الكهربائية

دراسة تصميم نظام تزويد بالطاقة الشمسية لمنشأة صغيرة

إعداد الطلاب:

محمد طلعت عجاج **ماجـد مرتضى**

بإشراف الدكتور المهندس:

عباس صندوق

Damascus University

Faculty of Mechanical and Electrical Engineering

Department of Electrical Energy/Renewable Energies

Graduation Project prepared to obtain a Diplom of electrical engineering degree

Photovoltaic cells system Designing for small building

Prepare students:

Majed Mortada **Mohammed Talat Ajaj**

Under the supervision of Dr. Eng:

Abbas sandok

بسم الله الرحمن الرحيم

((سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ))

صدق الله العظيم

كلمة الشكر

لا يسعنا في عملنا المتواضع هذا إلا أن نتقدم بجزيل الحمد والشكر لله عز وجل الذي وفقنا لأداء هذا العمل ونسأله تعالى المعونة والتوفيق دائماً .

ومع نهاية هذا المشروع لابدّ لنا من وقفة تأمل نستعرض فيها الأيام التي قضيناها في السعي الحثيث طلباً للعلم فكلنا أمل في أن يكون هذا المشروع بداية خير لمستقبلنا ، فقد قيل بأن رحلة الألف ميل تبدأ بخطوة و الربيع لا يبدأ بزهرة ولكن الزهرة تدل على مقدم الربيع .

ونحن نضع أقدامنا على عتبة الحياة العملية لا يسعنا إلا أن نتقدم بأسمى آيات الشكر والامتنان إلى كل من أنار لنا طريق العلم، وإلى كل من غرس نبتة في حقلنا ، وإلى كل من سقى وردة في بستاننا فالشكر كل الشكر لأساتذتنا الكرام نبراس العلم والعطاء ، وإلى كل من ساهم معنا في إنجاز هذا المشروع، ونخص بالشكر :

الدكتور المهندس عباس صندوق

على رعايته وتوجيهه الكريمين

الملخص :

لقد شهدت الآونة الأخيرة زيادة في الطلب على الوقود الأحفوري (النفط والغاز) وليس خافياً على أحد الارتفاع الصارخ في أسعار هذه الأنواع من الوقود . أضف إلى ذلك محدودية هذا المصدر وكونها آيلة للنضوب , لذلك كان لابد من التفكير في مصادر بديلة للطاقة ولعل انظف وأوفر هذه المصادر هي الطاقة الشمسية التي تتصف بلادنا بالغنى فيها حيث تبلغ شدة الإشعاع الشمسي قيمة جيدة على فترات طويلة في السنة . فكان استثمارها عملاً نجدياً للغاية , وهذا ما سيتم التطرق إليه في هذا المشروع .

سنلقي الضوء على كيفية استثمار الطاقة الشمسية وتحويلها لمصدر طاقة كهربائي قابل للاستعمال بشكل سهل ومباشر للمستخدم في المنشآت الصغيرة مروراً بكافة التجهيزات اللازمة لها .

وسنتطرق لكيفية بناء الجزء الأهم في هذا النظام وهو تحويل القدرة المستمرة المستجرة من الخلايا إلى شكل قابل للاستعمال المنزلي من خلال وحدة تعريج باستخدام عناصر استطاعية ترانزستوريه .

كما سيتم بناء برنامج تفاعلي للأمثلة الاقتصادية لدراسة احتياجات الأبنية من الخلايا الشمسية .

العنوان رقم الصفحة

الفهارس 6

الفصل الأول : مقدمة حول الخلايا الشمسية ومكونات النظام الشمسي..... 8

مقدمة 9

1- مكونات النظام الشمسي 9

1-1 الخلايا الشمسية الكهروضوئية 10

1-1-1 تطبيقات الخلايا الشمسية..... 11

1-1-2 ايجابيات وسلبيات الطاقة الشمسية 13

1-1-3 أنظمة PV الأكثر شيوعاً 13

1-1-4 معايير اختيار الموديولات في نظم الإنارة الكهروضوئية... 16

1-2 المدخرات الكهروكيميائية 17

1-2-1 مبدأ عمل مدخرات الرصاص الحامضية 17

1-2-2 سعة تخزين المدخرات 20

1-2-3 مفهوم نسبة التفريغ 20

1-2-4 المواصفات الواجب توافرها في مدخرات الانظمة الكهروضوئية 21

1-2-5 تقدير سعة المدخرات 22

1-3 منظم شحن البطاريات Charge controller 23

1-3-1 المواصفات الواجب توافرها في منظمات الشحن 24

الفصل الثاني : خوارزمية تصميم مكونات النظام الشمسي وتطبيق البرنامج الحاسوبي

2-1 استطاعة الحقل الشمسي 26

2-2 عدد وحدات التخزين (المدخرات) 27

2-2-1 المدخرات 28

2-3 استطاعة المعرج الواجب تركيبه 31

4-2 الحسابات النهائية لعدد اللوحات الشمسية 31
5-2 تصميم الكود النهائي لبرنامج حساب الانظمة الشمسية للمنشأت الصغيرة 32
1-5-2 واجهة البرنامج 32
2-5-2 اختبارات على البرنامج 33
3-5-2 كود البرنامج 35

الفصل الثالث : تصميم الأنفيرتر 39
1-3 تصميم الأنفيرتر 40
1-1-3 دارة المذبذب 40
2-1-3 دارة البور (Power) 41
3-1-3 المحولة الكهربائية 42
2-3 مخطط الدارة 43
3-3 مخطط الدارة باستخدام برنامج Protes 7.7 44
4-3 الدارة المطبوعة 45
5-3 النتائج وأشكال الاشارات 45
المراجع 49
الملحق 50

الفصل الأول

مقدمة حول الخلايا الشمسية ومكونات النظام الشمسي

مقدمة : Introduction

تعتبر الطاقة الشمسية التي تسقط على سطح الكرة الأرضية يومياً من أهم الطاقات المتجددة التي يمكن استثمارها في العديد من المشاريع وفي عدة مجالات.

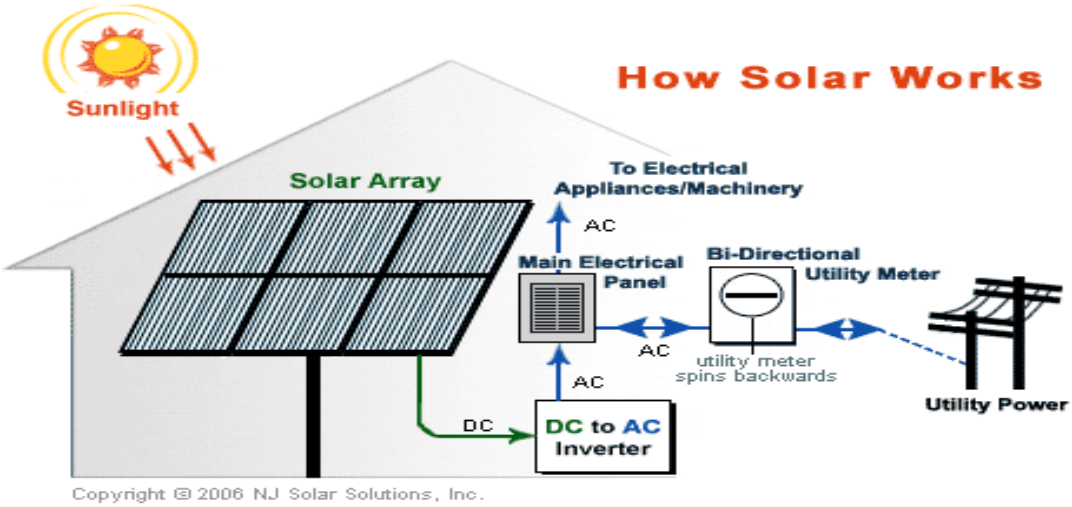
تعد سوريا من الدول الغنية بالإشعاع الشمسي والتي تصل قيمتها الوسطية إلى $5\ kwh/m^2$, وبعدد ساعات مشمسة تصل إلى 3200 ساعة سنوياً , ويقدر عدد الأيام الغائمة حوالي 40 يوم سنوياً وبالتالي هذه المؤشرات تعد بمستقبل مشرق لاستغلال الطاقة الشمسية في سوريا .

1- مكونات النظام الشمسي:

مقدمـــــــــــــــــة :

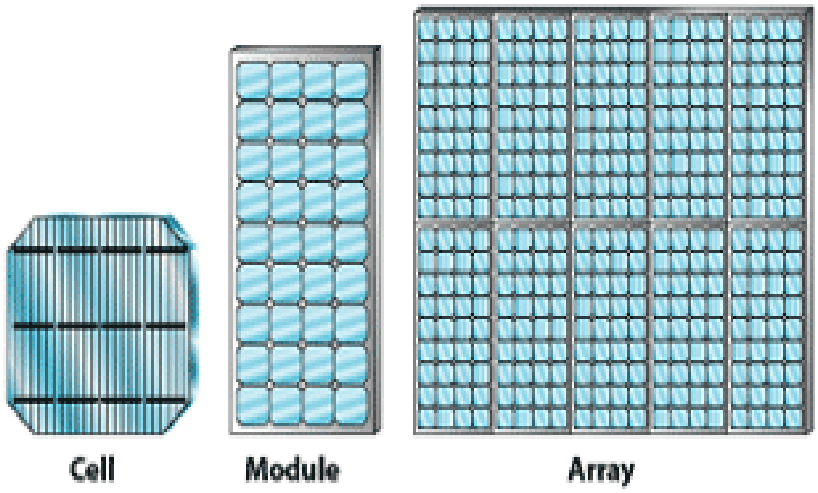
عندما يكون الغرض من توليد الطاقة الكهربائية عن طريق الشمس هو تغذية منزل معين بهذه الطاقة فانه ولتحقيق ذلك يلزمنا المكونات التالية :

1. الخلايا الشمسية Solar modules التي تغطي سطح المنزل
2. المدخرات Batteries وذلك لتخزين القدرة المولدة الفائضة (الزائدة عن الحاجة).
3. منظم شحن البطاريات Charge controller
4. Inverter. لتحويل الطاقة الكهربائية من تيار مستمر إلى تيار متناوب لتشغيل الأجهزة .



الشكل (2-2) مخطط توصيل النظام الشمسي PV .

1-1 الخلايا الشمسية الكهروضوئية (Photo voltaic):



1-1-1 أنواع الخلايا الشمسية التجارية :

تم تصنيع خلايا شمسية من مواد مختلفة إلا ان أغلب هذه المواد نادرة الوجود في الطبيعة أو لها خواص سامة ملوثة للبيئة أو معقدة التصنيع وباهظة التكاليف وبعضها لا يزال تحت الدراسة والبحث. وعليه فقد تركز الاهتمام على تصنيع الخلايا الشمسية السيليكونية وذلك لوفر عنصر السيلكون في الطبيعة علاوة على أن العلماء والباحثين تمكنوا من دراسة هذا العنصر دراسة مستفيضة وتعرفوا على خواصه المختلفة وملاءمته لصناعة الخلايا الشمسية المتبلورة ومتصدعة التبلور .

1- الخلايا الشمسية السيليكونية المتبلورة

تصنع هذه الخلايا من السيلكون عبر انماء قضبان من السليكون أحادي أو عديد التبلور ثم يؤرب إلى رقائق وتعالج كيميائياً وفيزيائياً عبر مراحل مختلفة لتصل الى خلايا شمسية.

كفاءة هذه الخلايا عالية تتراوح بين 9-17 % والخلايا السيليكونية أحادية التبلور غالية الثمن حيث صعوبة التنقية واستهلاك الطاقة بينما الخلايا السيليكونية عديدة التبلور تعتبر أقل تكلفة من أحادية التبلور وأقل كفاءة أيضا .

2- الخلايا الشمسية السيليكونية الأمورفية (متصدعة التبلور) :

مادة هذه الخلايا ذات شكل سيليكوني حيث التكوين البلوري متصدع لوجود عنصر الهدروجين أو عناصر أخرى أدخلت قصداً لتكسبها خواص كهربائية مميزة وخلايا السيليكون الأمورفية زهيدة التكلفة عن خلايا

السيلكون البلوري حيث ترسب طبقة شريطية رقيقة باستعمال كميات صغيرة من المواد الخام المستخدمة في عمليات قليلة مقارنة بعمليات التصنيع البلوري . ويعتبر تصنيع خلايا السيلكون الأمورفية أكثر تطويعاً وملائمة للتصنيع المستمر ذاتي الآلية .

تتراوح كفاءة خلايا هذه المادة ما بين 4-9 % بالنسبة للمساحة السطحية الكبيرة وتزيد عن ذلك بقليل بالنسبة للمساحة السطحية الصغيرة وإن كان يتأثر استقرارها بالإشعاع الشمسي.

2-1-1 تطبيقات الخلايـــــــــــــــــا الشمسية :

يمكن تصنيف وتحديد التطبيقات الأرضية وفق القدرة الكهربائية على النحو التالي :

A- تطبيقات ذات قدرة منخفضة : وتشمل الأجهزة والمنظومات التالية :

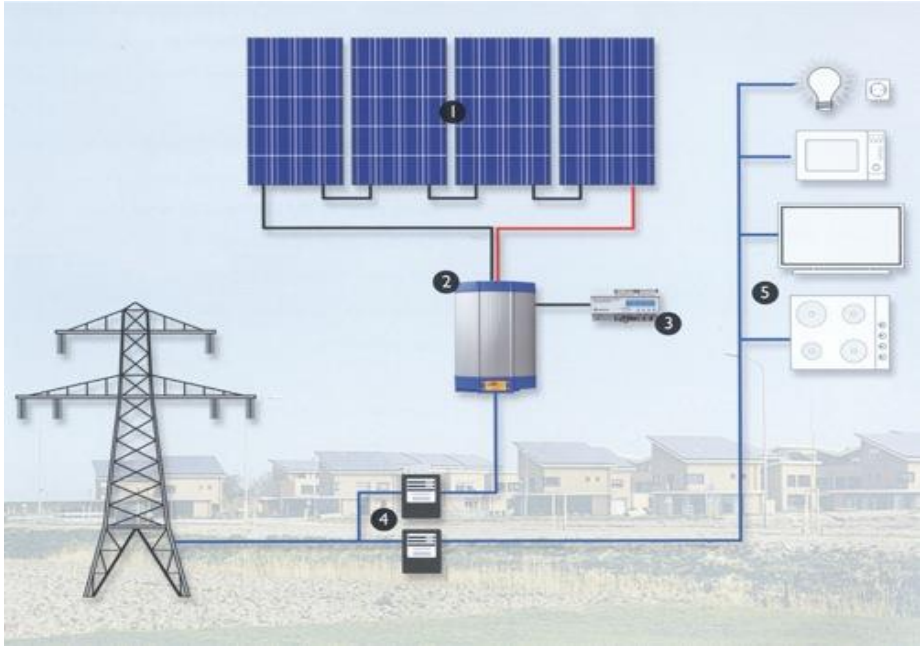
1. الحاسبات والألعاب الإلكترونية والساعات .
2. أجهزة الإذاعة المسموعة وشاحنات وسائط االقدرة المنخفضة .

B- تطبيقات ذات قدرة متوسطة وتشمل المنظومات التالية :

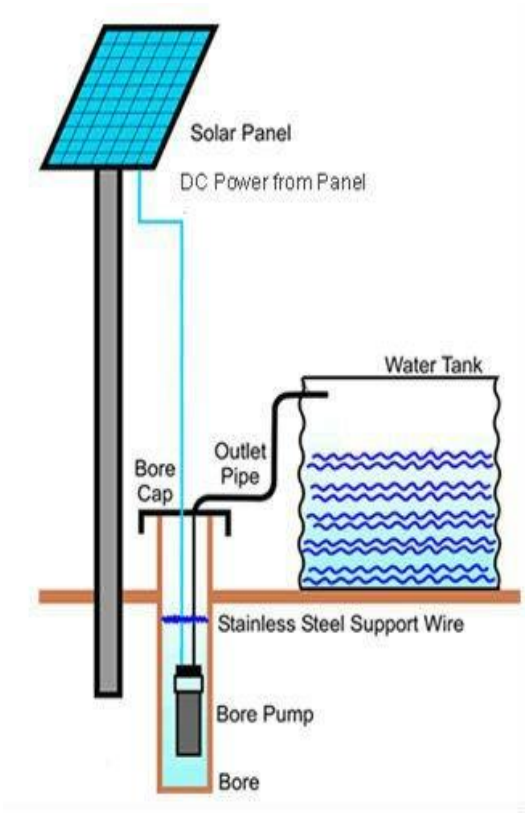
1. الإنارة .
2. أجهزة الإذاعة المرئية .
3. ثلاجات اللقاح والأمصال .
4. إشارات المرور والإنذار .
5. مراوح الأسقف (التهوية).
6. هواتف الطوارئ .
7. شاحنات السياج الكهربائي (حيث يشحن السياج المحاط بالمزارع وأماكن تربية الحيوانات لمنعها من الاقتراب منها).

C- تطبيقات ذات قدرة متوسطة وعالية وتشمل :

1. ضخ المياه .
2. محطات اتصالات الموجات السنتيمترية .
3. محطات الأقمار الصنـــاعية الأرضية .
4. الوقاية المهبطية لحماية أنابيب النفط والغاز والمنشآت المعدنية من التآكل .
5. تغذية شبكة الكهرباء العامة .



الشكل (1-8) تغذية الأحمال المنزلية بالطاقة الشمسية .



الشكل (1-9) ضخ المياه باستخدام الخلايا الشمسية .

3-1-1 ايجابيات وسلبيات الطاقة الشمسية :

A – المميـــــــــــزات :

1.سهولة ومرونة تقنياتها التي يمكن استخدامها في الأماكن التي يصعب فيها الحصول على الكهرباء لعدم إمكانية الربط بالشبكة الوطنية أو صعوبة نقل الوقود وسهولة تركيبها على أسطح المنازل والأبنية الأخرى .
2.لا تنبعث عن الكهرباء الناتجة أية غازات ضارة أو إشعاعات أو تلوث إضافة إلى صمتها المطبق فهي وبكافة المقاييس طاقة صديقة للبيئة .
3.صحيح أن الخلايا الشمسية تستهلك طاقة خلال عملية تصنيعها , إلا أن الطاقة المتراكمة خلال عمرها التشغيلي تزيد بكثير عن تلك الداخلة في تصنيعها .

B – السيئـــــــــات :

1.التكاليف العالية التي تتميز بها الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء مقارنة بالتقنيات الأخرى سواء كانت تقليدية أو من مصادر متجددة أخرى . وقدرت بعض المصادر بأنها تفوق مستويات الطاقة التقليدية بنحو ثلاثة إلى اربعة أضعاف .
2.عدم توفر الكهرباء أو الحرارة من الطاقة الشمسية أثناء الليل أو خلال الأحوال الجوية غير المواتية مما يتطلب تخزينها أو ربطها بنظام طاقة مكمل لمعظم التطبيقات .
3.تعاني الطاقة الشمسية من مشاكل بيئية بالمساحة المطلوبة لتشييد الألواح الشمسية ومستلزماتها .
ويساور البعض القلق من الغازات التي تنبعث من تصنيع الخلايا الضوئية وتلك التي قد تنبعث منها عند انتهاء دورة حياتها حيث يحتوي بعضها على عناصر كيميائية مثل الزرنيخ وغاز الميتان بالإضافة إلى مواد كيميائية ومعادن سامة ولو بنسب قليلة جداً .
4.تواجه صناعة الخلايا الضوئية عائقاً آخر هو نقص السيلكون المناسب لصناعتها وهو المطلوب بشدة لصناعة أنصاف النواقل semiconductors مما رفع أسعار إنتاج الخلايا الضوئية .

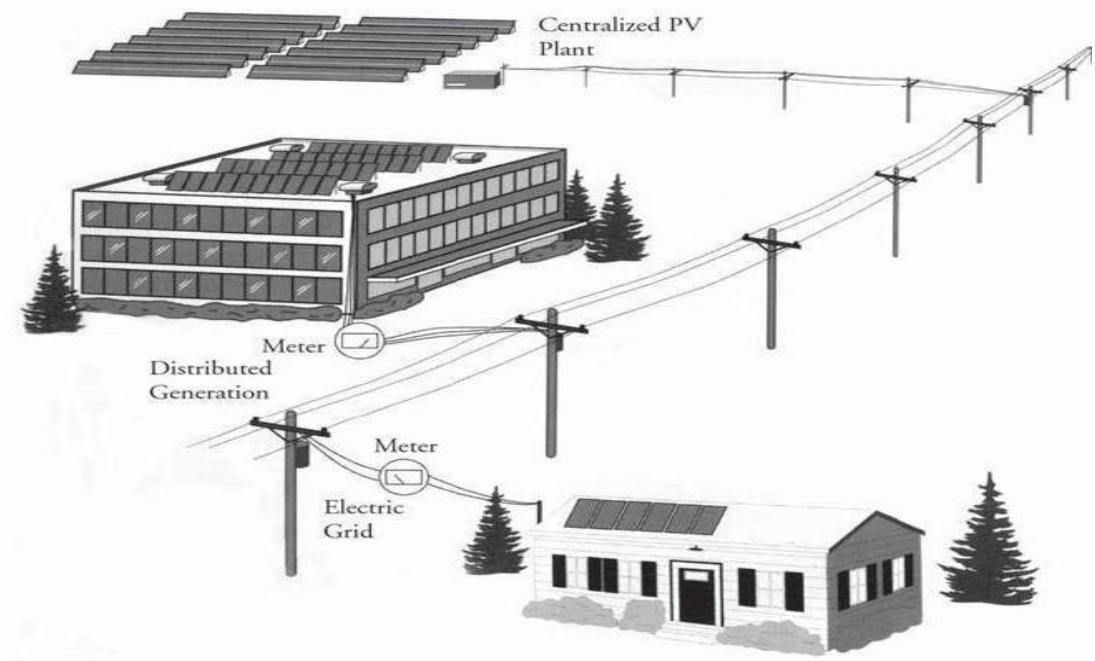
4-1-1 أنظمة PV الأكثر شيوعاً:

1- أنظمة تحقن الاستطاعة مباشرة في الشبكة العامة وتسمى الأنظمة المتصلة مع الشبكة

تملك هذه الأنظمة عدداً من الخواص المرغوبة :

- تؤدي بساطتها إلى وثوقيه عالية

- تضمن وحدة تعقب الاستطاعة العظمى للحقل الكهروضوئي مردوداً عالياً
- إمكانية تكامل هذه الأنظمة مع المبنى تنفي الحاجة لشراء أرض إضافية
- مقدرتها على إنتاج طاقة معتبرة في وسط في وسط اليوم في الوقت الذي تكون فيه كهرباء الشبكة عالية الثمن يزيد القيمة الاقتصادية لطاقتها
- بساطة النظام تأتي من عدم الحاجة إلى المدخرات .

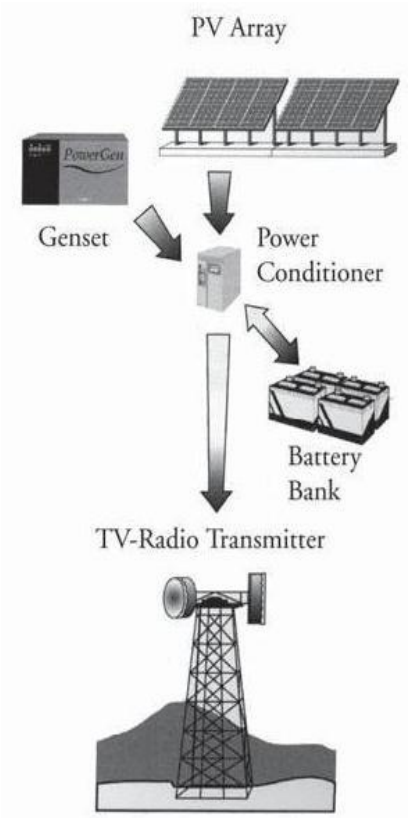


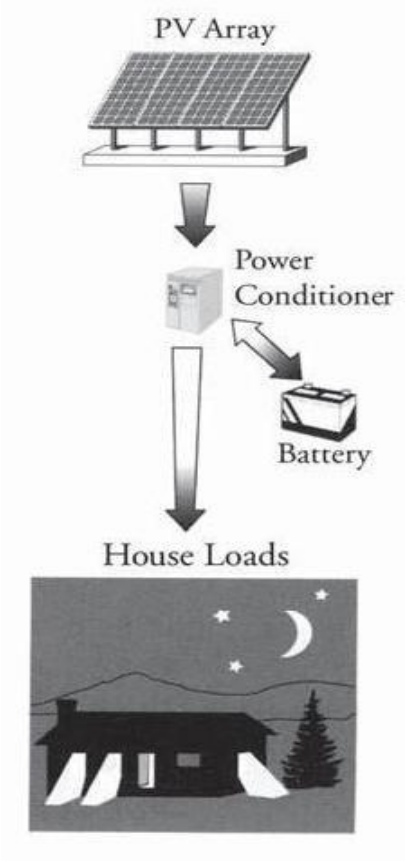
الشكل (1-19) نظام متصل مع الشبكة.

2- أنظمة مستقلة عن الشبكة لشحن المدخرات مع امكانية وجود مولد داعم

في هذه الأنظمة يوجد بطاريات تخزين ومعرج لتحويل توتر البطارية المستمر لتوتر متناوب لتأمين الكهرباء المنزلية ولكن في الأنظمة البسيطة ذات الأحمال ذات التيار المستمر فلا حاجة فيها لمعرج . يمكن أن تكون هذه الأنظمة اقتصادية جداً في المناطق النائية حيث مد شبكة كهربائية للموقع مكلف جداً إلا أنها تعاني من أمور تخفض كفاءتها أهمها :

- ضياعات في البطاريات .
- عمل الحقل بعيداً عن نقطة الاستطاعة العظمى .
- اختيار زاوية ميل الحقل .
- حاجة هذه الأنظمة لانتباه ورعاية أكثر من غيرها .



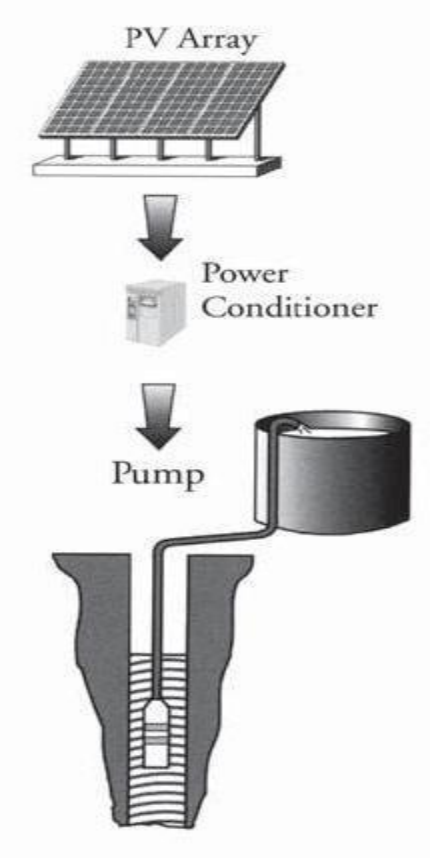


الشكل (1-20) أنظمة مستقلة عن الشبكة

3- أنظمة متصلة مباشرة إلى الحمل كما في معظم أنظمة ضخ المياه

في هذا النظام يغذي المولد الشمسي الحمل مباشرة دون الحاجة لبطاريات أو لمعدات تكييف استطاعة كبيرة .مزاياها هي :

- صيانة منخفضة.
- نظافة.
- سهولة في الاستعمال والتركيب.
- وثوقيه عالية.
- عمر أطول.
- إمكانية التلاؤم مع كافة المتطلبات.



الشكل (1-21) نظام شمسي متصل مباشرة للحمل .

5-1-1 معايير اختيار الموديولات (حقل الموديولات) في نظم الإنارة الكهروضوئية

Selection criteria for PV modules and arryas

عند اختيار الموديولات لتطبيقات نظم الإنارة الكهروضوئية لابد أن يؤخذ بعين الاعتبار عدد من العوامل والمعايير تتضمن :

- الأداء الكهربائي للموديول (الكفاءة).
- الخواص الفيزيائية (الوزن – الحجم).
- الخواص الميكانيكية (مواد التركيب – التثبيت).
- الوثوقية (اختبارات الجودة).
- المردود متطلبات مساحة التركيب للحقل ومردود الحقل .
- التكلفة , العمر , الضمان

2-1 المدخرات الكهروكيميائية:

إن الأنظمة الكهرشمسية المعزولة عن الشبكة الكهربائية بحاجة إلى طريقة لتخزين الطاقة الكهربائية أثناء فترة التوليد الزائد (extra generation) حتى يستطيع النظام استرجاع هذه القدرة أثناء فترات دورات الأحمال حيث يكون المولد الكهروضوئي غير قادر على تزويد الأحمال بكافة الطاقة الازمة .

هناك عدة طرق لتخزين الطاقة , مثل الدولاب المعدل (fly wheel) , الهواء المضغوط (compressed air) والهدرجين (fuel cells) . لكن تعد المدخرات الكهروكيميائية الأكثر أهمية من بين الطرق السابقة وأهم أنواعها هي مدخرات الرصاص الحامضية (lead-acid).

لا تكفي البطاريات بتزويد النظام بالقدرة الكهربائية وقت الذروة بل تتعدى مهامها إلى المقدرة على تزويد الأحمال بالتيارات العابرة والتي تزيد قيمتها اللحظية عن قيمة التيار الذي يؤمنه المولد الكهروضوئي بالإضافة إلى ذلك قدرتها على تنظيم والتحكم بتوتر خرج المولد وبالتالي فإن الأحمال سوف تزود بمجال توتر مناسب لها .

يبين الجدول التالي مقارنة لعدة أنواع من المدخرات :

Battery	Max depth discharge	Energy density {W.h/Kg}	Cycle life {cycles}	Calender life {years}	Efficiencies Ah	Wh	Cost $/KW
Lead acid SLI	20%	50	500	1~2	90	75	50
lead acid golf cart	80%	45	1000	3~5	90	75	60
Lead acid deeo cycle	80%	35	2000	7~10	90	75	100
Nickel cadmium	100%	20	1000-2000	10~15	70	60	1000
Nickel metal,hydcide	100%	50	1000-2000	8~10	70	65	1200

1-2-1 مبدأ عمل مدخرات الرصاص الحامضية :

لكي يتم تحديد سعة المدخرات للنظام يجب أن نأخذ فكرة أساسية عن كيمياء و آلية عملها . ببساطة كل مدخرة 2V من الرصاص الحامضية تحتوي على : الكترود موجب من ثاني أكسيد الرصاص

PbO_2 والكترود سالب من بنية الرصاص المعدني . كلا الالكترودين مغمورين بشكل تام في محلول كهرليتي يتكون من محلول حمض كبريتي وماء .

إن الصفيحة الرصاصية بتكوينها ضعيفة جداً وغير متماسكة لذلك يتم أشابتها بمواد كيميائية لتقوية بنيتها مثل الكالسيوم أو الانتيمون.

إن التفاعلات الكيميائية التي تجري في المدخرة أثناء عملية التفريغ هي :

Positive plate :

$$PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{-2} + 2e^- \longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$$

Negative plate :

$$Pb + SO_4^{-2} \longrightarrow PbSO_4 + 2e^-$$

إن من السهل بأن يتم الإشارة إلى قطبي المدخرة الموجب والسالب بدلاً من المصعد والمهبط .

وبكلمة أوسع فإن المصعد (Anode) هو الالكترود الذي تحدث عليه عمليات الأكسدة وذلك يعني بأنه خلال عمليات التفريغ فإن المصعد هو القطب الموجب. وأثناء التفريغ فأن الالكترونات تتحرر من القطب السالب لتمر عبر الحمل ومنه إلى القطب الموجب .

إن أهم عامل في المعادلات السابقة هو الشوارد الحمضية (SO_4^{-2}) والتي تنشأ في المحلول عندما تكون المدخرات مشحونة بشكل كامل وينتهي بها المطاف لتترسب على كل من الالكترودين كملح كبريتات الرصاص أثناء التفريغ .

هذا الحمض الرصاصي والذي هو عازل كهربائي يعمل على تبطين الالكترودات ويقلل من المساحة الفعالة على سطح الالكترودات التي كان من المفروض أن تساهم في التفاعلات في المستقبل .

عندما تصل البطارية إلى حالة التفريغ الكامل فإن توتر المدخرة سوف ينخفض بشكل حاد بينما ترتفع مقاومتها الداخلية بشكل كبير .

إن المدخرات الكهروكيميائية تكون أكثر حساسية للتجمد في حالة التفريغ ما لم تتخذ خطوات لمنع التجمد في الحمض الكبريتي , فمثلاً مدخرة رصاص حامضية مفرغة بالكامل سوف تتجمد عند درجة الحرارة 8C- بينما المشحونة بالكامل لن تتجمد حتى درجة الحرارة للمحلول 57 C- لذلك فإن وضع المدخرات في أجواء باردة جداً سوف يقلل من عمق التفريغ فيها .

يلاحظ أيضاً بأن توتر المدخرة سوف يرتفع عند درجة التجمد بينما المقاومة الداخلية للمدخرة سوف تنخفض , إن التفاعلات الكيميائية التي تجري أثناء عمليات الشحن هي عكس التفاعلات السابقة تماماً فأثناء الشحن سوف يزال الكبريت عن الصفائح ويعاد الدخول إلى المحلول كشوارد كبريتية .

لسوء الحظ فإنه ليس كل الكبريت يعود إلى المحلول , وفي عملية الشحن والتفريغ للمدخرة يترك بعض الكبريت مترسباً على سطح الصفائح . هذه العملية تدعى بالسلفنة وهي السبب الرئيسي لمحدودية عمر المدخرة .

إن توتر المدخرة يتغير تبعاً لحالة الشحن (State of charge) وهي النسبة المئوية للطاقة المختزنة في المدخرة .

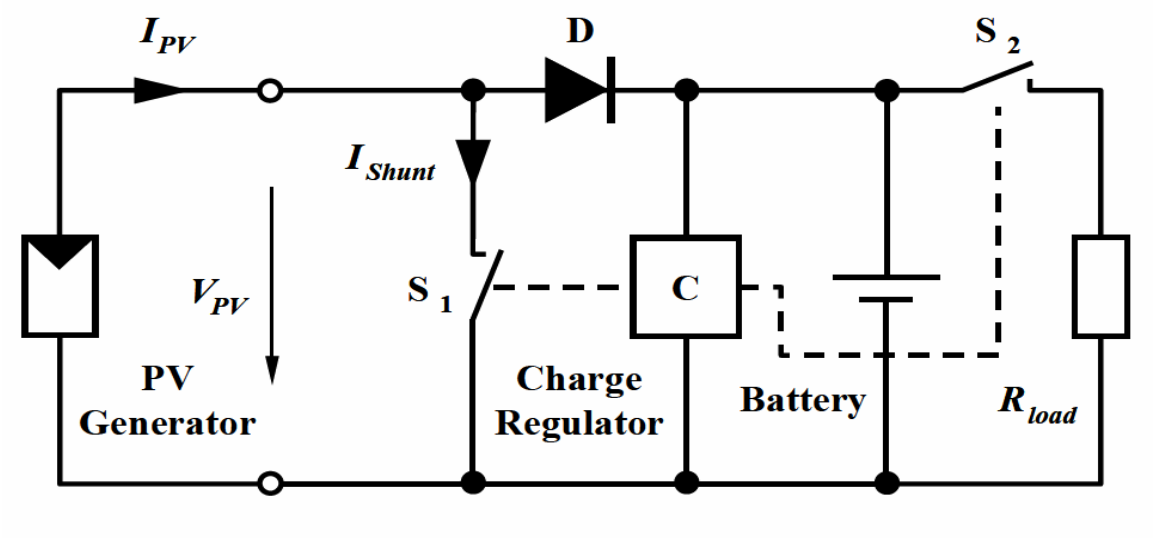
لإجراء قراءة صحيحة لتوتر المدخرة يجب أن تكون بوضعية الراحة أي يجب أن ينقضي عدة ساعات بعد آخر عملية شحن او تفريغ .

غالباً فإن التوتر الاسمي للخلية الواحدة من مدخرات الرصاص يساوي 2V وبشكل عام 6 من الخلايا تكون مربوطة على التسلسل لتعطي 12 V .

في حالات التفريغ فأن اصغر توتر يسمح الوصول إليه يدعى بعتبة التفريغ (Deep discharge) أو (discharge voltage threshold) و أي انخفاض في التوتر تحت هذه القيمة قد يؤدي إلى تلفها .

عند ترك المدخرة لمدة طويلة بعد عمليات التفريغ العميق فإن الرصاص سوف يتحول إلى كبريتات الرصاص (lead – sulphade) بشكل بلورات قاسية بحيث لا تعود قادرة على التفكك مرة أخرى عند محاولة الشحن مرة أخرى . بالتالي تكون المدخرة قد فقدت جزء من سعتها التخزينية .

في التطبيقات العملية دوماً يتم فصل الأحمال بشكل سريع عند وصول توتر المدخرة إلى عتبته الدنيا .يتم بمساعدة ما يدعى بحماية التفريغ للمدخرة (Deep discharge protection) (DDP) كما في الشكل :



الشكل (2-6) منظم تفرعي مع حماية من التفريغ الزائد للمدخرة.

1-2-2 سعة تخزين المدخرات :

تعطي السعة التخزينية للمدخرة بشكل اعتيادي بالأمبير ساعي (A.H) لأجل التوتر الاسمي وعند نسبة تفريغ معينة . فمدخرة رصاص حامضية 12 V تحتوي على 6 خلايا كل منها 2V فيقوم الصانع بتحديد الأمبير ساعي الممكن تقديمه عند نسبة تفريغ معينة بحيث يمكن أن نخفض التوتر لكل خلية إلى 1.75 V بعد زمن معين عند درجة حرارة 25 C.

إن القدرة الكهربائية كما نعلم ما هي إلا جداء التوتر بالتيار بعدد ساعات العمل ولكن بما أن التوتر غير ثابت أثناء عمليات التفريغ لذلك لا يمكننا القول بأن :

$$12\ V \times 20\ A \times 12\ h = 2400\ W.h$$

ولذلك تقدر غالباً السعة التخزينية للمدخرات بالأمبير الساعي بدلاً من الواط الساعي .

1-2-3 مفهوم نسبة التفريغ (Discharging rate)

مدخرة ذات المواصفات 200 A.h والتي تقدم 20 A كتيار اسمي .

يقال بأنه يتم تفريغها بنسبة C/10 بحيث :

C : تدل على الأمبير الساعي للسعة التخزينية .

10 : عدد الساعات اللازمة ليتم استهلاكها بشكل تام .

إن نفس هذه المدخرة لن تكون قادرة على تزويد 50 A على مدة (C/4 = 4 h) بينما قادرة على تزويد 10 A لمدة تزيد عن (C/20 = 20 h) . بكلمات أخرى فأن السعة التخزينية (الامبير الساعي) للمدخرات يعتمد على نسبة سحب التيار من الخلية .

بالنسبة للأنظمة الكهرشمسية فيجب استخدام تلك المدخرات ذات دورة العمر الطويلة (Deep – cycle) والتي تحدد دوماً بواسطة نسبة التفريغ (C/20) أو 20h . في حالات العمل الأطول فمن الأفضل استخدام النسبة (C/100) بحيث تعطي معنى أوضح عن المدخرة والجدول (2-2) يبين الأمثلة عن المدخرات و يوضح النسب (C/20) , (C/100) بالإضافة للوزن والتوتر .

Battery	Voltage	Weight	A/h C/20	A/h C/100
Concord PVX 50-40T	2	57	495	580
Trojan T-105	6	62	225	250
Trojan L16	6	121	360	400
Concord PVX 1080	12	70	105	124
Surelle 12 CSLLPS	12	272	357	500

الجدول (2-2) يوضح النسب (C/20) , (C/100) بالإضافة للوزن والتوتر .

4-2-1 المواصفات الواجب توافرها في مدخرات الأنظمة الكهرضوئية :

بما إن صيانة المدخرات تشكل العائق الأساسي أمام انتشار الأنظمة الكهرضوئية المستقلة فلذلك يجب دراسة المدخرات جيداً قبل الشروع في تركيبها لكي يتم استخدامها لفترات طويلة دون الحاجة إلى مراقبة دائمة . نذكر منها:

1- تكلفة الكيلو الواط الساعي منخفضة :

وهي مجموع تكاليف الإنشاء (التأسيسية) والتكاليف الجارية مقسمة على مجموع الكيلو الواطات الساعية المختزنة فيها خلال فترة عمر المدخرة .

2- عمر المدخرة : يجب أن يكون طويل بقدر الإمكان لتخفيض تكاليف المنشأة .

3- المردود العام (Overall efficiency) .

4- التفريغ الذاتي :

تقوم المدخرات بالتفريغ الذاتي حتى إذا كان الحمل مفصولا . وذلك الأثر السلبي للتفاعلات الثانوية على الالكترودات ويظهر أثرها أكثر فأكثر مع ارتفاع درجات الحرارة .

5- تكاليف الصيانة : مثل تعبئة الماء ..... يجب أن تكون أصغر ما يمكن .

هناك العديد من أنواع المدخرات التي يتم استخدامها في الأنظمة المعزولة . ويبين الجدول (2-3) قيم تقريبية توجيهية لهذه الأنواع .

Type	Cycle life Until 80%DOD	Investment Cost[□/kWh]	Specific kWh Cost[□/kWh]	η%	Self-discharge [%/month]	Temp-rang [C°]
Pb	500-1500	80.....350	0.17.....0.30	80	3.....4	15°-50°
NiCd	1500-3500	650...1500	0.30.....1	71	6.....20	40°-45°
NiFe	3000	1000	0.33	55	40	0....40°

الجدول (2-3) مواصفات بعض انواع المدخرات

5-2-1 تقدير سعة المدخرات :

إن تقدير سعة المدخرات في الأنظمة الكهرضوئية تعني بكل بساطة تامين التغذية الكهربائية الضرورية للأحمال أثناء فترات الليل حتى اليوم التالي إلى أن يصبح النظام قادر على القيام بذلك بشكل مباشر عن طريق الخلايا الكهرضوئية لوحدها .

في الحالة الطبيعية فان هناك اوقاتا يكون فيها الإشعاع الشمسي ضعيفاً بسبب الغيوم أو حتى معدوماً في بعض الأحيان لذلك على المدخرات أن تغذي الأحمال من حيث الأهمية بحيث يمكن التخلي عن الدرجة الثانية أو الثالثة إن لزم . أو يمكن ربط مصدر آخر للتغذية مثل خلايا الوقود على التوازي مع

المدخرات مع إدخال نظام تحكم دقيق يراقب مستوى الشحن للمدخرات ويطلب من خلايا الدخول وقت الحاجة .

بإجراء دراسة دقيقة وعلى عدة أعوام يمكن حساب عدد أيام الشمس في الموقع المدروس والتي قد توفر الكثير من المال في تحديد سعة المدخرات وتعطي وثوقية أكبر للنظام في النهاية .

على الرغم من ذلك فلا يوجد الآن معايير ونورمات محددة لتحديد حجم المدخرات هناك علاقة تقريبية لحساب سعة المدخرات اللازم إرفاقها بالنظام المعزول عن الشبكة :

$$Cn = 2 \times W \times \frac{F}{Vn}$$

بحيث أن :

W: متوسط الاستهلاك اليومي للأحمال .

Vn: توتر خرج النظام .

F: هو متوسط عدد الأيام الغائمة المتتالية خلال السنة .

إن اختبار المدخرات لتلبي 99% من أوقات الانقطاع الشمسي تؤدي إلى رفع الكلفة ثلاثة أضعاف عنها في حال تمت تلبية 95% من هذه الأوقات .

3-1 منظم شحن البطاريات (Charge controller) :

إن الهدف الأساسي من منظمات الشحن هو عملية تنظيم شحن المدخرات بمعنى السماح بالشحن الكامل للمدخرات دون الوصول إلى حالة الشحن الزائد كما تمنع منظمات الشحن عودة التيار من المدخرات إلى الخلايا الشمسية في المساء (حيث في الظلام تعتبر الخلية الشمسية كحمل مستهلك للطاقة) . في حال استخدام نظام شمسي موصول إلى المدخرات دون وجود حماية ضد الشحن الزائد للمدخرات فإن عمر المدخرات سوف يتعرض للخطر .

إن منظم الشحن بأبسط حالاته يتألف من ترانزستور موصول على التفرع مع أقطاب الخلايا الشمسية بحيث يقوم بقطع الشحن عن المدخرات عند قيمة محددة مسبقاً (يسمى توتر إيقاف الشحن) وبالمثل يقوم بوصل دارة الشحن عند قيمة معروفة مسبقاً للتوتر (يسمى توتر بدء الشحن) أما بالنسبة لمنظمات الشحن الأكثر تعقيداً فأنها تحتوي إما على نظام تعديل عرض النبضة (PWM) أو نظام

متتبع الاستطاعة (نقطة الاستطاعة العظمى) (MPPT) لضمان عملية الشحن الكامل للمدخرات .
في النظام الأول فأن 70% إلى 80% من سعة المدخرة يمكن استبداله أما النظام الثاني فأن 20% إلى 30% يحتاج إلى العناية وبالتالي فهو معقد أكثر .

1-3-1 المواصفات الواجب توفرها في منظمات الشحن :

1- الحماية من تيارات التسريب العكسي (من المدخرات إلى الخلايا) عن طريق فصل مصفوفة الخلايا الشمسية باستخدام ديود إيقاف والذي بدوره يقلل قيمة الضياعات في الخلايا الشمسية في الليل

2- الفصل عند التوترات المنخفضة للحمل (LVD) والذي بدوره يساعد على إطالة عمر المدخرات بمنع التفريغ الزائد لها .

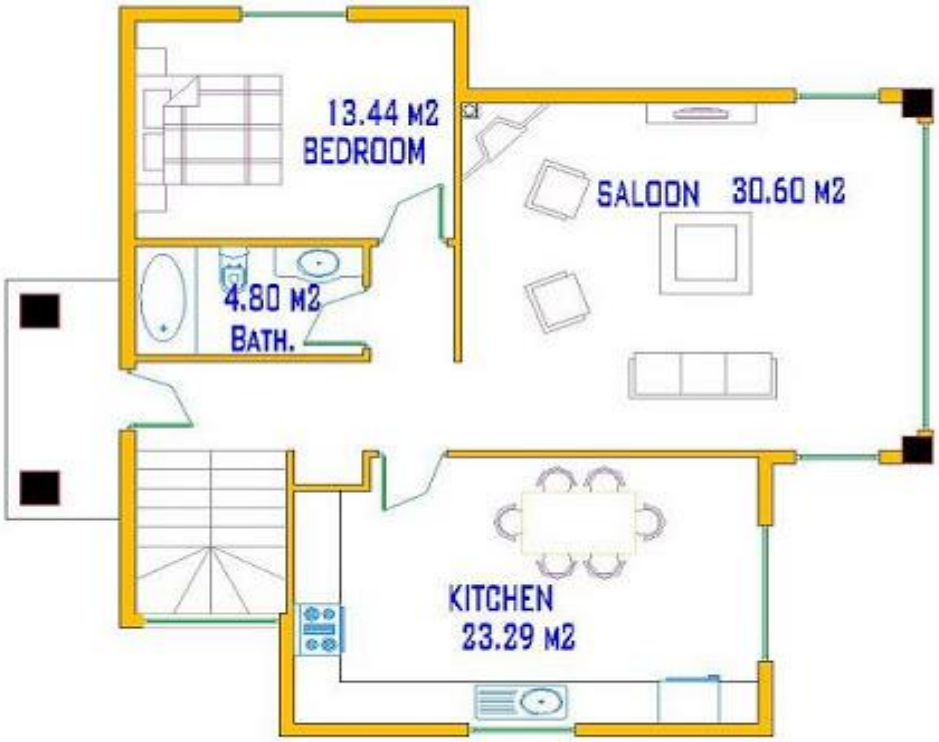
3- يعمل كنظام مراقبة عن طريق المقاييس المستخدمة فيه بحيث يمكن أن يعطي ضوء أنذار عند حالات العمل غير النظامية .

4- يحمي من التيارات الزائدة وذلك عن طريق الفيوزات أو دارات خاصة بالفصل .

5-تعويض الحرارة وذلك أنه في حال كانت المدخرات متوضعة في مكان لايحتوي على تحكم بالحرارة , فإن توتر الشحن سوف يعدل بحيث يلائم درجة الحرارة المحيطة بالمدخرات.
6-تعديل مجال عرض النبضة (PWM) وهي طريقة شحن للمدخرات فعالة والتي تحافظ على حالة الشحن الأعظمية للمدخرات وتحمي من حالة التملح عند تعرضها لنبضات توتر عالية التردد .
7-نظام متتبع نقطة الاستطاعة العظمى (MPPT) وهي طريقة جديدة لتنظيم الشحن وتعتمد على مبدأ استخلاص الطاقة العظمى الممكنة من الخلايا الشمسية وذلك عن طريق تغير العمل لها بحيث تعطي أعظم استطاعة خرج لها .

الفصل الثانـي

خوارزمية تصميم مكونات النظام الشمسي وتطبيق البرنامج الحاسوبي



تتضمن الخوارزمية :

1. حساب القدرة المستهلكة خلال يوم واحد (بشكل وسطي).
2. حساب استطاعة الحقل الشمسي .
3. حساب عدد وحدات التخزين (المدخرات).
4. حساب استطاعة المعرج الواجب تركيبه .
5. الحسابات النهائية لعدد اللوحات الشمسية .

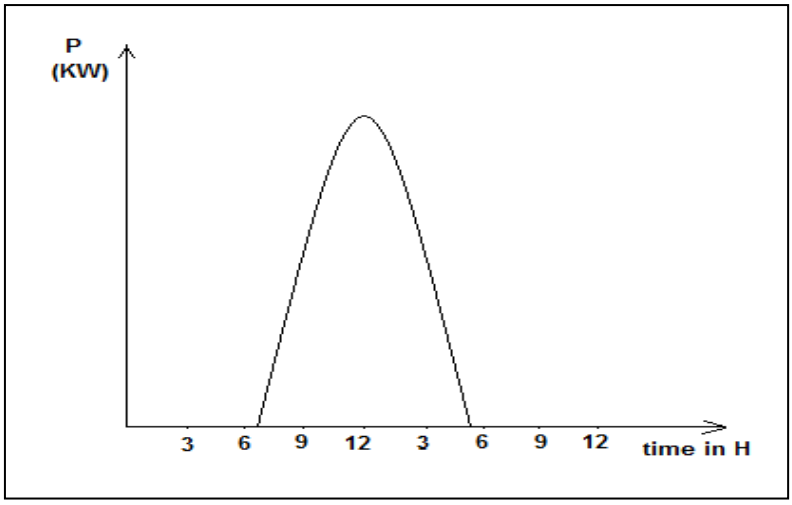
1-2 استطاعة الحقل الشمسي :

إن هذه القدرة من المفروض توليدها عن طريق الحقل الشمسي المركب على سطح البناء . وبما أن التوليد لا يستمر إلا لمدة 10 ساعات وبالتالي يمكن حساب استطاعة الحقل الشمسي بشكل مبدئي كما يلي :

P for sun cells = (E for one day / 10)

نلاحظ أن هذا الحساب لم يراعي منحني التوليد الشمسي وكذلك لم يراعي مردود الأجهزة الملحقة بنظام التوليد (منظم شحن – وحدات تخزين قدرة – معرج – أسلاك التوصيل) .

من منحني التوليد الشمسي المبين بالشكل :



الشكل (1-2) منحني التوليد الشمسي اليومي الوسطي.

وبإجراء التكامل نحسب القدرة الذي يولدها الحقل الشمسي بحيث تبقى استطاعته المركبة على حالها ولكن هذه الكمية لا تكفي لكامل اليوم .

2-2 عدد وحدات التخزين (المدخرات):

لدينا فرضيات يمكن أن نناقشها وهي :

1. بيت ريفي بعيد عن الشبكة العامة وحالات غياب الشمس قد تستمر إلى مدة وأقصاها يومان بلا توليد (عواصف فصل الشتاء).
2. بيت ريفي بعيد عن الشبكة العامة وحالات غياب الشمس نادرة (كما هو الحال في أغلب مناطق سورية).
3. بيت ريفي موصول مع الشبكة العامة (عملية البيع والشراء للقدرة الكهربائية بين المنزل والشبكة العامة).

1-2-2 المدخرات :

للمدخرات عوامل عدة تلعب دوراً هاماً في حساب القدرة التي يمكن لنا استردادها من المدخرة دون إلحاق الضرر بها , من اهم هذه العوامل :

الجدول (1-2) يبين قيمة معامل تصحيح درجة الحرارة .

الحرارة (F)	الحرارة (C°)	المعامل (A)
80	26.6	1
70	21.1	1.04
60	15.5	1.11
50	10	1.19
40	4.44	1.3
30	-1.1	1.4
20	-6.6	1.59

وباعتبار درجة الحرارة الوسطية في سورية هي بحدود (25C) يمكن أخذ قيمة معامل تصحيح درجة الحرارة بالقيمة التالية :

A=1.1

B : معامل عمق التفريغ ويتراوح بين (0.8 – 0.5).

يمكن اعتبار عمق التفريغ مساوياً لـــــــ : B=0.65

مناقشة الحالات الثلاثة :

الحالة الأولى : بيت ريفي بعيد عن الشبكة العامة واعتبار حالة غياب الشمس قد تستمر مدة زمنية أقصاها يومان بلا توليد (عواصف فصل الشتاء).

الحل :

a) القدرة الواجب استردادها من المدخرات يجب ان تكفي لمدة ثلاثة أيام :

$E_{\text{come from batteries}} = E_{\text{for one day}} \times 3$

b) ومنه القدرة الواجب تخزينها في المدخرات :

$E_{\text{save in batteries}} = (A \times E_{\text{come from batteries}})/B$

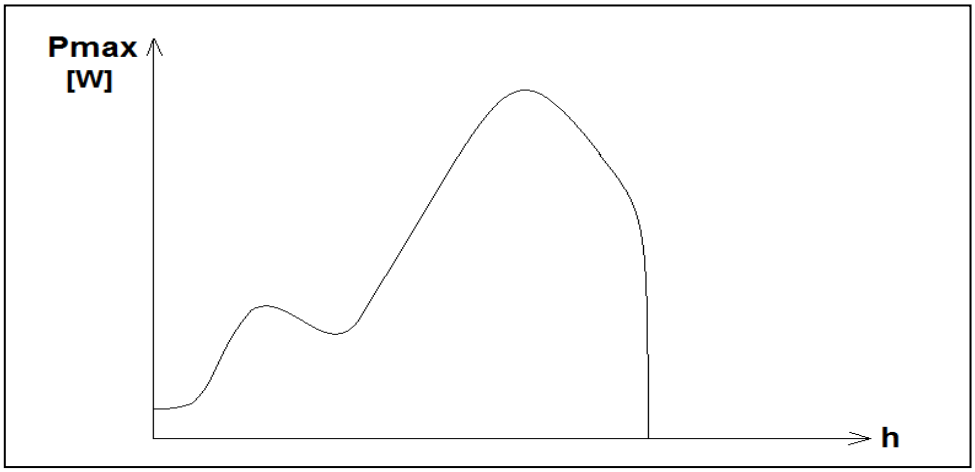
c) مواصفات المدخرة المختارة لتخزين القدرة

d) عدد المدخرات الواجب استعمالها هي :

$\text{Num}_{\text{of batteries}} = E_{\text{save in batteries}} / E_{\text{in one batteries}}$

الحالة الثانية : بيت ريفي بعيد عن الشبكة العامة وحالات غياب الشمس نادرة (كما هو الحال في أغلب مناطق سورية).

ومنه القدرة المخزنة في المدخرات يجب ان تكفي ليوم واحد فقط . بل الأصح أنها تكفي للفترة التي ينقطع التوليد فيها (فترة الليل).



الشكل (2-2) منحني الحمل اليومي الوسطي .

(3,1) مناطق استهلاك القدرة دون توليد .

(2) فترة التوليد للطاقة الشمسية .

من منحني الحمل اليومي الوسطي للمنزل نجد أن :

حوالي 40% من القدرة المستهلكة في المنزل تستهلك في أثناء التوليد , أي أننا لسنا بحاجة إلى تخزينها في المدخرات .

القدرة التي يجب استردادها من المدخرات :

$E_{\text{come from batteries}} = 60\% \; E_{\text{for one day}}$

القدرة التي يجب تخزينها في المدخرات :

$E_{\text{save in batteries}} = (A \times E_{\text{come from batteries}})/ B$

$\text{Num}_{\text{of batteries}} = E_{\text{save in batteries}} / E_{\text{in one battery}}$

الحالة الثالثة :

بيت ريفي موصول مع الشبكة العامة (عملية البيع والشراء للقدرة الكهربائية بين المنزل والشبكة العامة).

في هذه الحالة يتم توليد القدرة الكهربائية عن طريق الحقل الشمسي المركب حيث يتم استهلاك ما يعادل 40% من القدرة المولدة تقريباً في اليوم . أما القدرة الفائضة (الزائدة عن الحاجة – 60% من القدرة المولدة) فيتم حقنها في الشبكة العامة .

أي انه وان صح التعبير يتم تخزين 60% من القدرة المولدة في الشبكة العامة بدلا عن تخزينها في المدخرات .

ملاحظات :

a. إن التكلفة في هذه الحالة هي الاقل من بين الطرق الثلاث .
b. نحتاج إلى عداد قدرة مزدوج (يقيس القدرة باتجاهين).

3-2 استطاعة المعرج الواجب تركيبه :

يتم اختيار المعرج حسب الاستطاعة المطلوبة وزيادة بسيطة للوثوقية و مراعاة توسع الاحمال مستقبلاً .

حيث: استطاعة المعرج P inv وتوتر الدخل U in put والمردود η

4-2 الحسابات النهائية لعدد اللوحات الشمسية :

القدرة الكهربائية المستهلكة في المنزل يومياً E for one day

وبالأخذ بعين الاعتبار معامل الاستطاعة تصبح العلاقة :

E new for one day = E for one day / cos(Θ)

القدرة التي يجب تقديمها للمعرج مع الأخذ بعين الاعتبار مردود المعرج η

E new generator in one day = E new for one day / η .

اما بالنسبة لاستطاعة الحقل الشمسي يتم تحديده بالأخذ بعين الاعتبار أن الحقل خلال فترة الـــ 10 ساعات التوليد سوف يقوم بتغذية المنزل وشحن المدخرات .

ويتم اختيار المواصفات الاسمية للألواح الشمسية

Un, In, Pmax, وابعاد اللوح الشمسي .

عدد الالواح الشمسية المطلوبة :

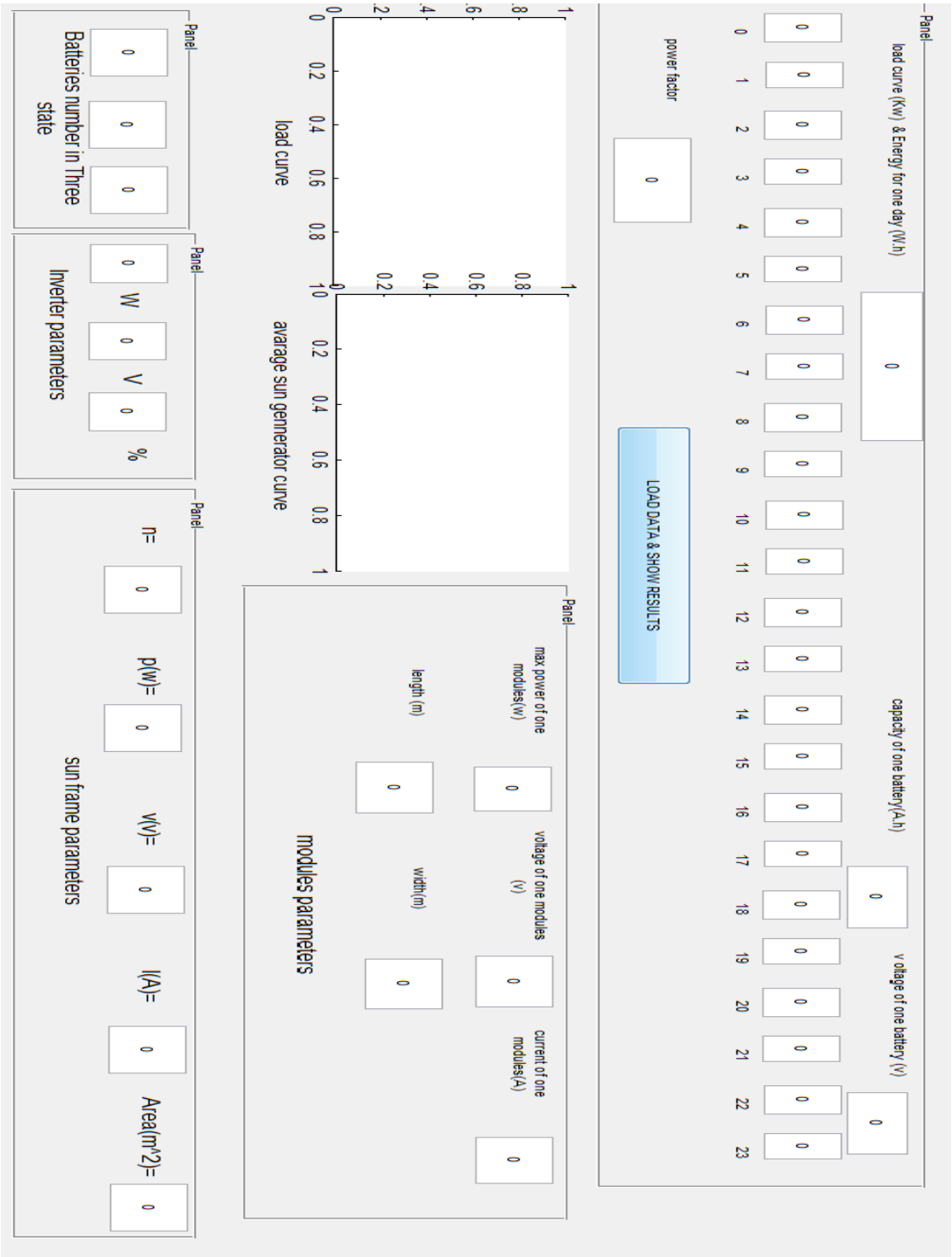
$$Num_{\text{of module}} = P_{\text{for sun cells}} / P_{max}.$$

ينتج لدينا استطاعة الحقل :

$$P_{\text{for sun cells}} = Num_{\text{of module}} \times P_{max}$$

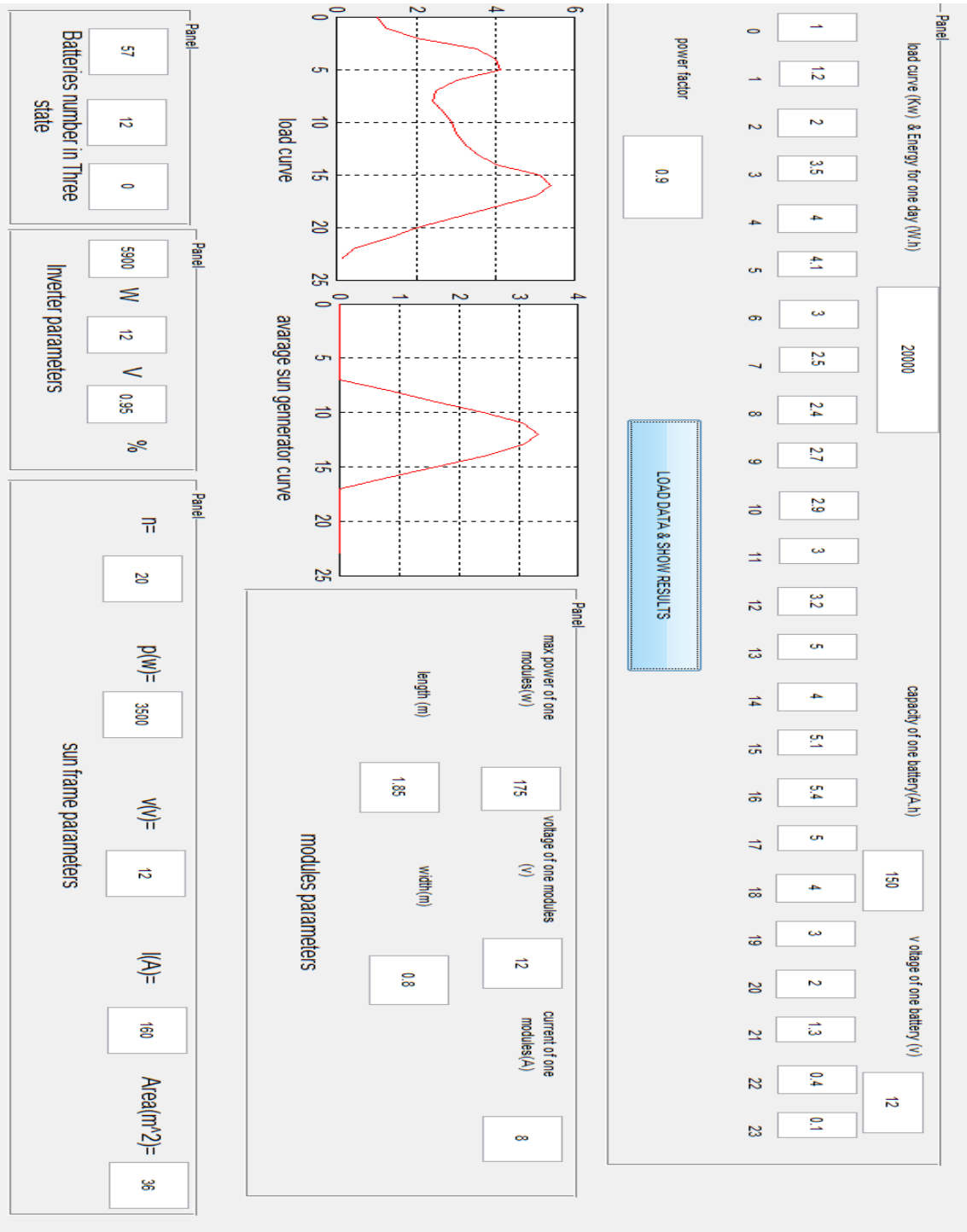
5-2 تصميم الكود النهائي لبرنامج حساب الانظمة الشمسية للمنشأت الصغيرة :

1-5-2 واجهة البرنامج :

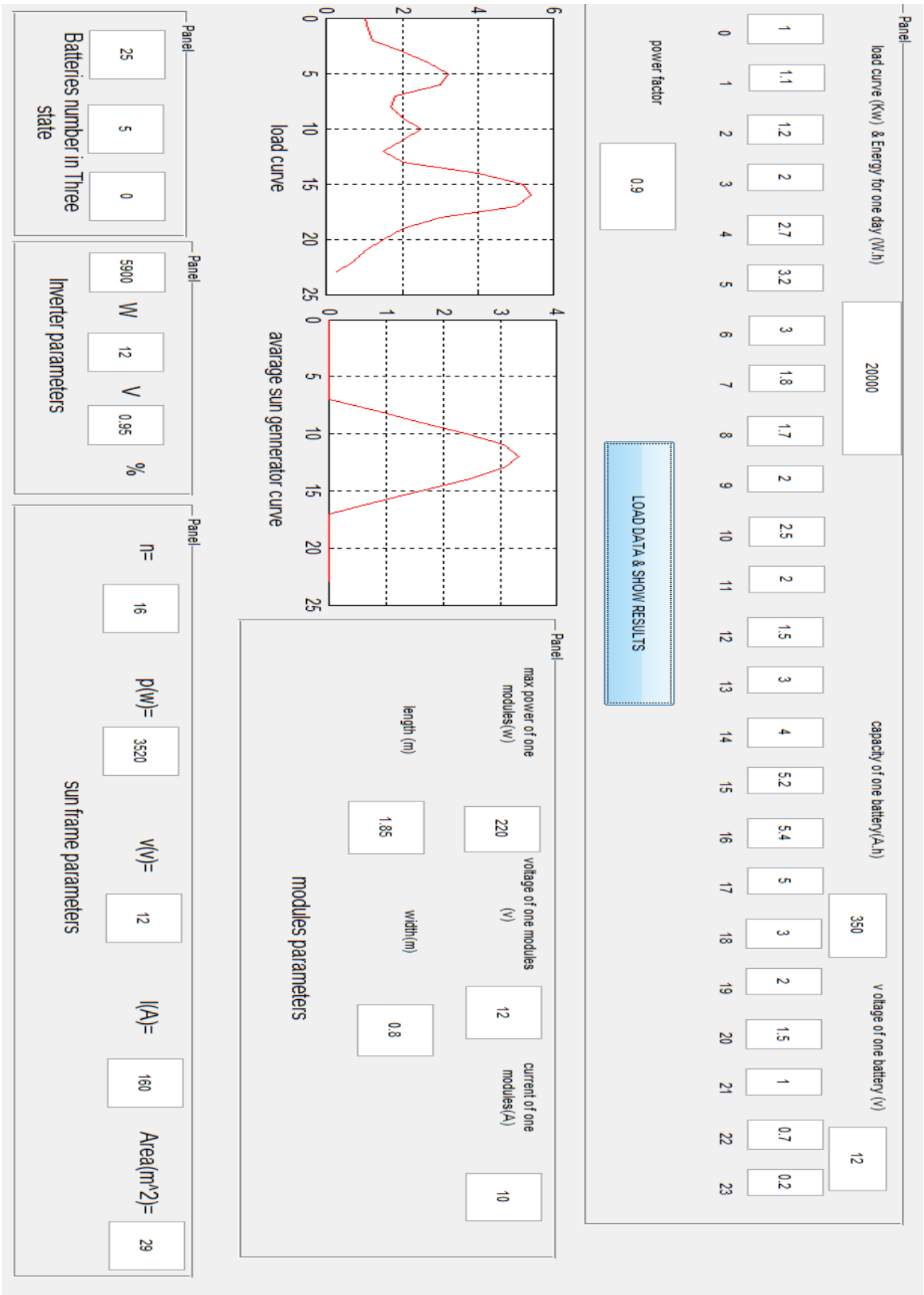


2-5-2 اختبارات على البرنامج :

الاختبار الاول :



الاختبار الثاني :



3-5-2 كود البرنامج :

```
p0=str2double(get(handles.p0,'string'));
p1=str2double(get(handles.p1,'string'));
p2=str2double(get(handles.p2,'string'));
p3=str2double(get(handles.p3,'string'));
p4=str2double(get(handles.p4,'string'));
p5=str2double(get(handles.p5,'string'));
p6=str2double(get(handles.p6,'string'));
p7=str2double(get(handles.p7,'string'));
p8=str2double(get(handles.p8,'string'));
p9=str2double(get(handles.p9,'string'));
p10=str2double(get(handles.p10,'string'));
p11=str2double(get(handles.p11,'string'));
p12=str2double(get(handles.p12,'string'));
p13=str2double(get(handles.p13,'string'));
p14=str2double(get(handles.p14,'string'));
p15=str2double(get(handles.p15,'string'));
p16=str2double(get(handles.p16,'string'));
p17=str2double(get(handles.p17,'string'));
p18=str2double(get(handles.p18,'string'));
p19=str2double(get(handles.p19,'string'));
p20=str2double(get(handles.p20,'string'));
p21=str2double(get(handles.p21,'string'));
p22=str2double(get(handles.p22,'string'));
p23=str2double(get(handles.p23,'string'));
ed=str2double(get(handles.ed,'string'));%E for
one day W.h
v=str2double(get(handles.v,'string'));%batt
voltage volt DC
ah=str2double(get(handles.ah,'string'))%batt
capacity A.h
co=str2double(get(handles.co,'string'));
pm=str2double(get(handles.pm,'string'));
```

```
vmn=str2double(get(handles.vmn,'string'));
imn=str2double(get(handles.imn,'string'));
l=str2double(get(handles.l,'string'));
w=str2double(get(handles.w,'string'));
t=[0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
18 19 20 21 22 23];%hours in Day
p=[p0 p1 p2 p3 p4 p5 p6 p7 p8 p9 p10 p11 p12 p3
p14 p15 p16 p17 p18 p19 p20 p21 p22 p23];%load
curve
ps=ed/(6000);%p for sun cells KW
pp8=0.24*ps;
pp9=0.48*ps;
pp10=0.72*ps;
pp11=0.92*ps;
pp12=ps;
pp13=pp11;
pp14=pp10;
pp15=pp9;
pp16=pp8;
t1=[0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
18 19 20 21 22 23];%hours in Day
pp=[0 0 0 0 0 0 0 0 pp8 pp9 pp10 pp11 pp12 pp13
pp14 pp15 pp16 0 0 0 0 0 0 0  ];%sun gen curve
%CACULATING

a=1.1;%temprture factor
b=0.65;%depth discharge
eba=(ah*v)/1000;%E in one batt KW.h
%%%
```

```
%%%
```

```
%%%
```

الفصل الثالث

تصميم الأنفيرتر

Design Inverter

1-3 تصميم الأنفيرتر:

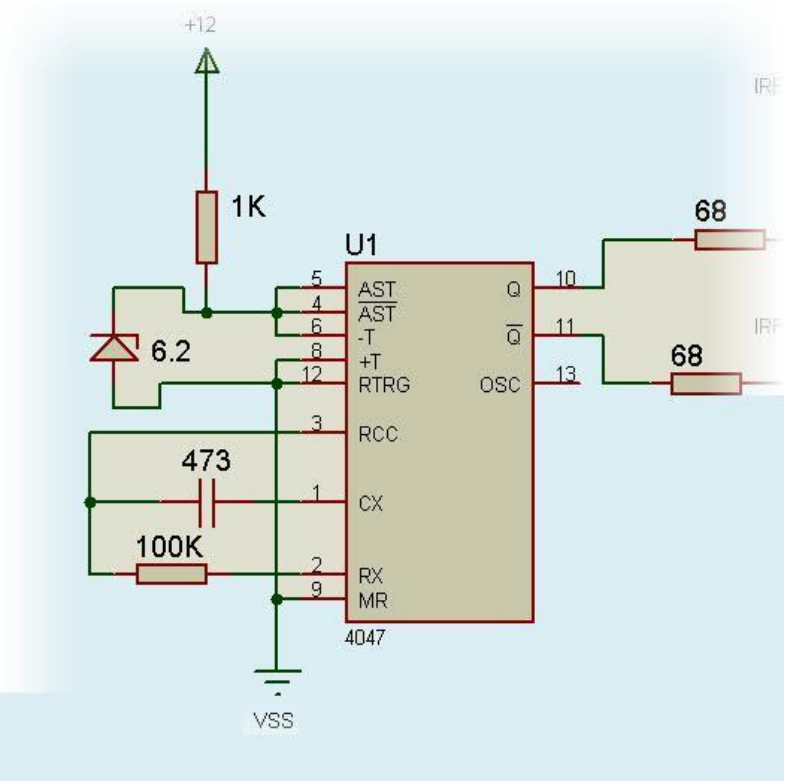
1-1-3 دارة المذبذب :

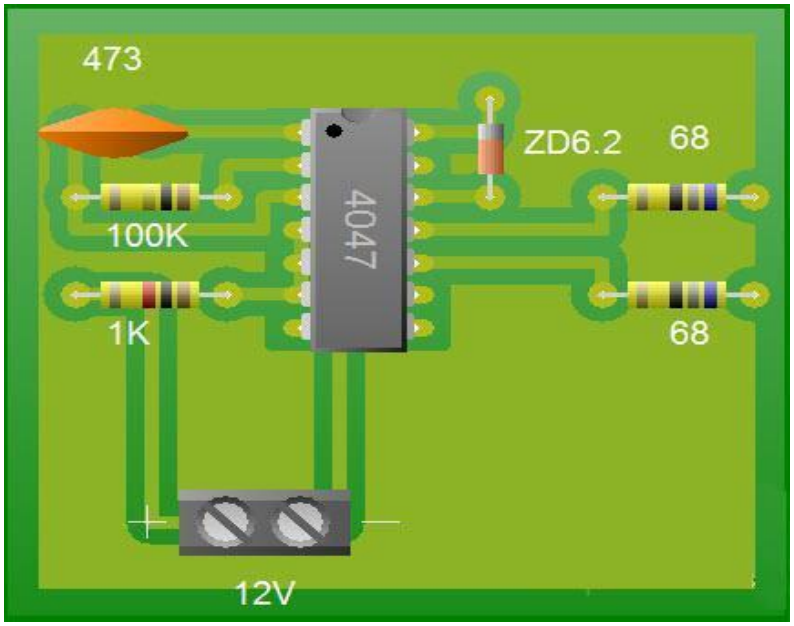
يعتبر المذب ذب القلب النابض في ال(Inverter) حيث يقوم بتوليد (50 هرتز) المطلوبة لعمل الأنفيرتر ومذب ذبنا يتكون من :

1 - زينر دايود v6.2 مع المقاومة (k1) يستعمل لتثبيت الفلتية وذلك لضمان ثبات التردد

2- المقاومة k100 مع مكثف(473) هما لتحكم في التردد الخارج والتردد الخارج هنا(50 هيرتز)

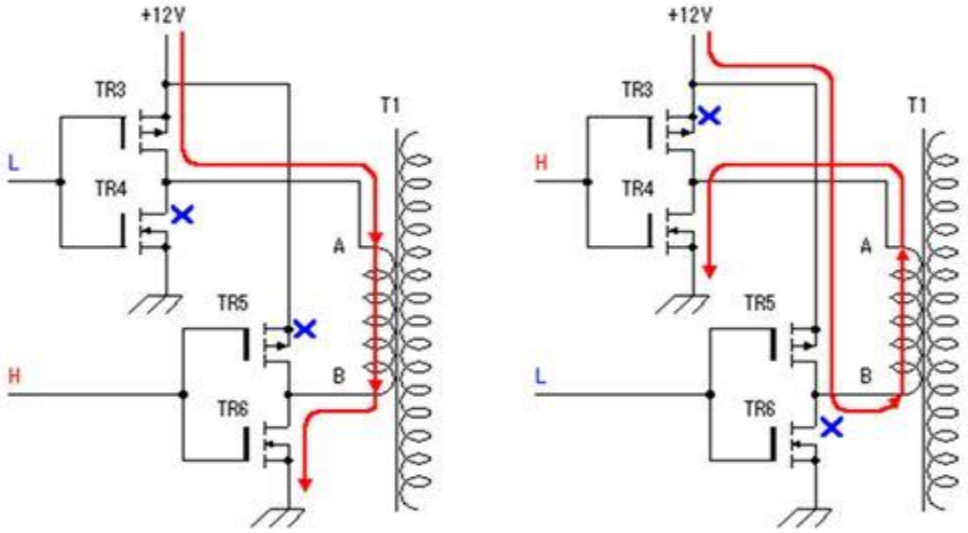
3- المقاومتان (68 اوم) هما خرج الدائرة ويربط الى المرحلة التالية





2-1-3 دارة البور Power :

هذه المرحلة هي الدائرة الأساسية في الأنفيرتر وتستخدم ترانزستورات قدرة نوع موسفيت . يوجد مجموعتان من الترانزستورات ويتم التحكم بهما بإشارتين معكوستان في الوجه.

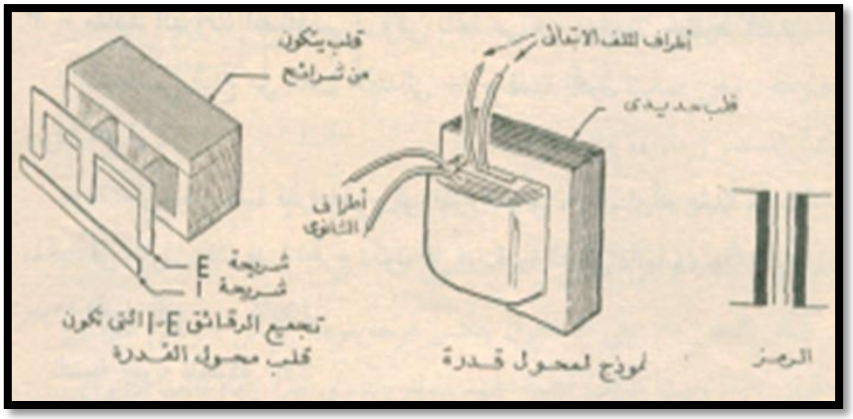


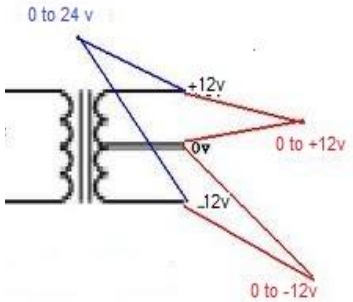
عندما يكون دخلTR3 و TR4 عند المستوى المنخفض L ودخل TR5 و TR6 عند المستوى المرتفع Hفإن TR3 و TR6 يصبحان في حالة توصيل ON بينما يكون TR4 و TR5 في حالة عدم توصيل OFF . نتيجة لذلك يمر التيار الكهربائي في التجاه من A إلى B بملف الجهد 12 Vللمحول.

عندما تنعكس المستويات يصبحTR3 وTR6 في حالة عدم توصيل OFF بينما يصبح TR4 و TR5 في حالة توصيل . ON نتيجة لذلك يمر التيار عكس الاتجاه السابق.
يمر تيار مرتفع في هذا الملف لذلك يجب وضع مصهر (فيوز) حماية مناسب.

3-1-3 المحولة الكهربائية :

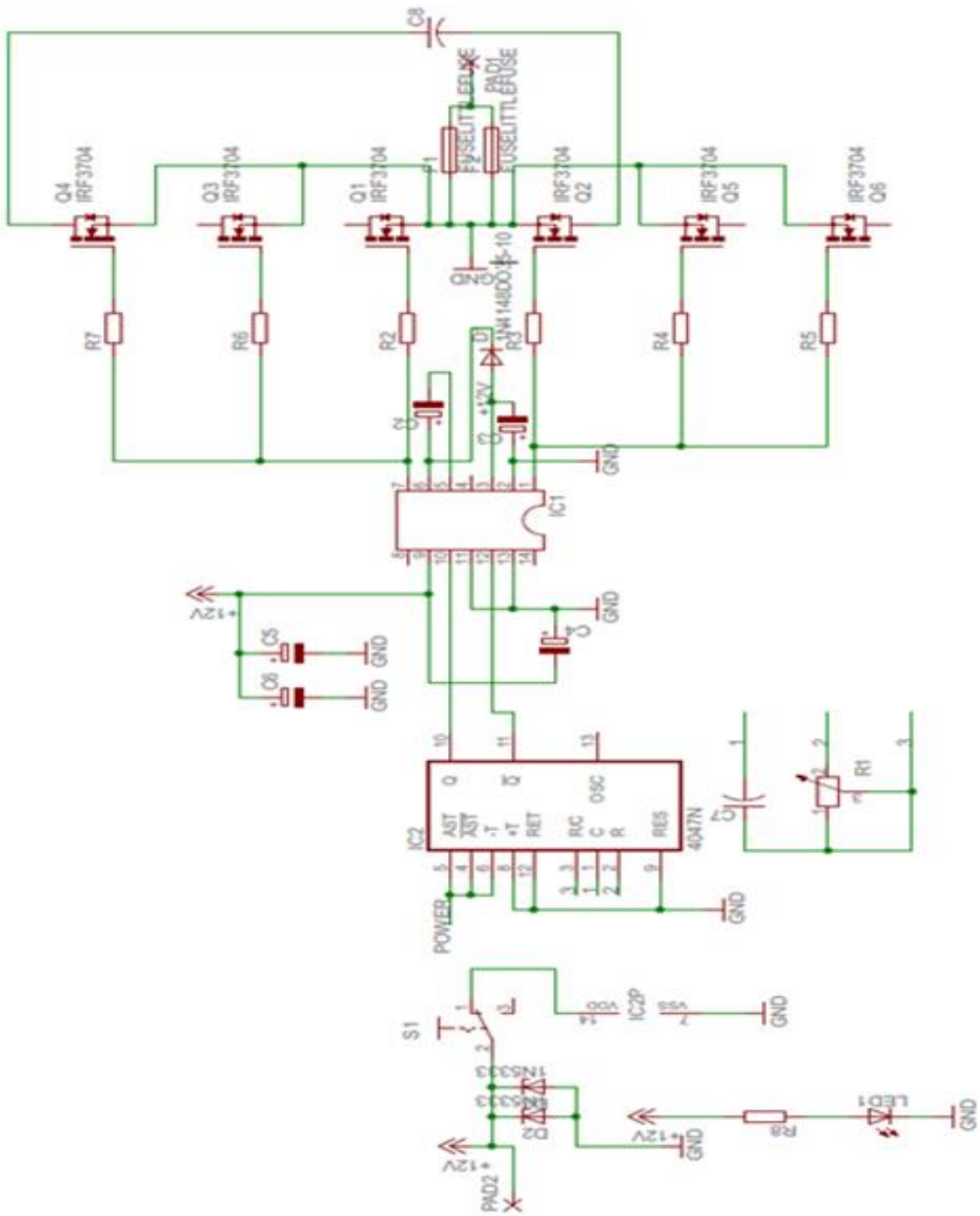
تم استخدام محولة 220v/24v نقطة وسط , متعدد المراحل :



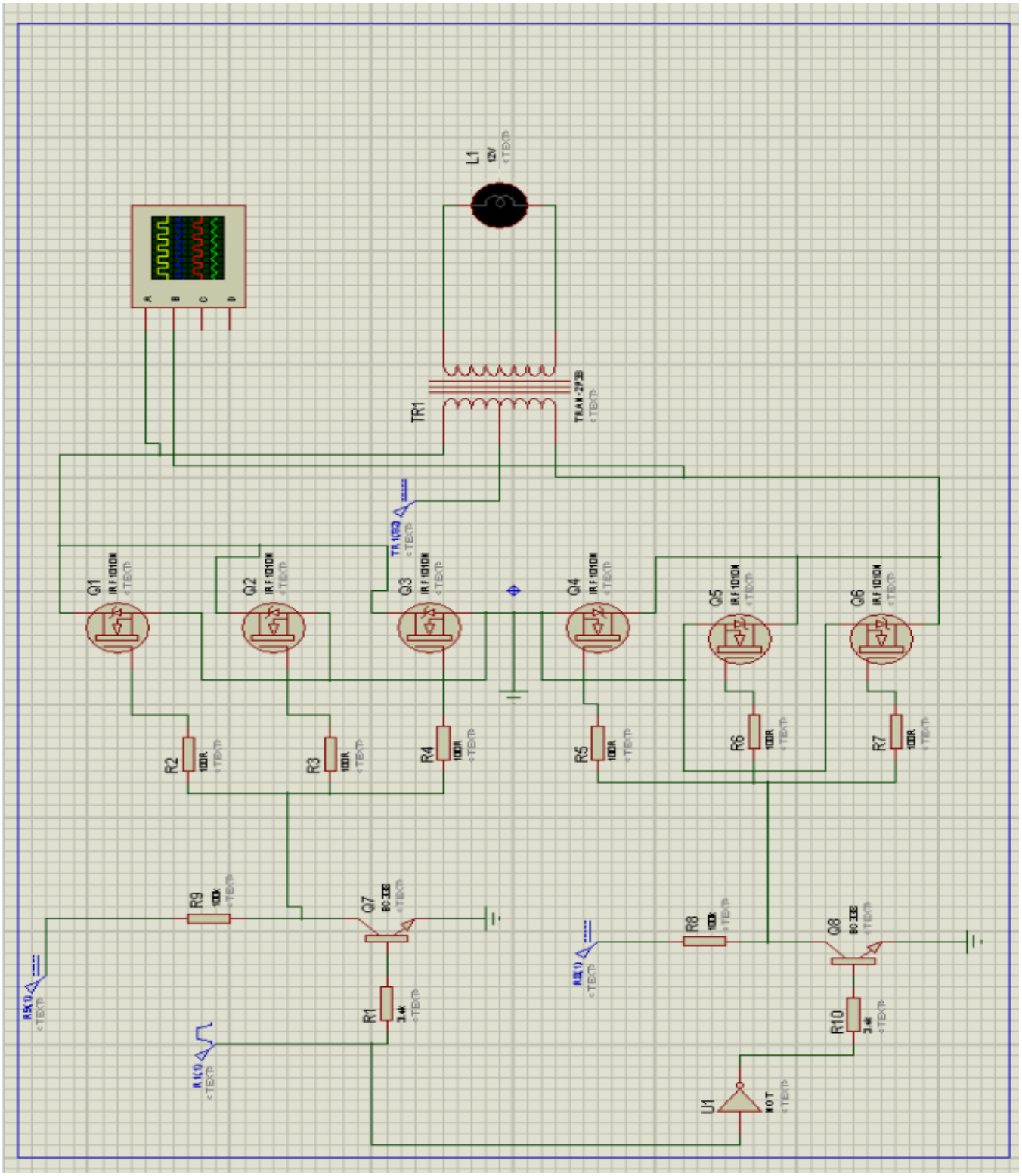


مواصفات	
تصنيف المدخلات الجهد	220v
تردد	50hz
الناتج الجهد	24v
انتاج الطاقة	350w
كفاءة	98%
تشويه الموجي	1%
عازلة تحمل فولت	2000v
المقاومة	2.2 M
درجة حرارة العمل	-- 15 , +40
حجم	Ei57#38
البعد (mm)	45*90*100
الوزن	3.5Kg

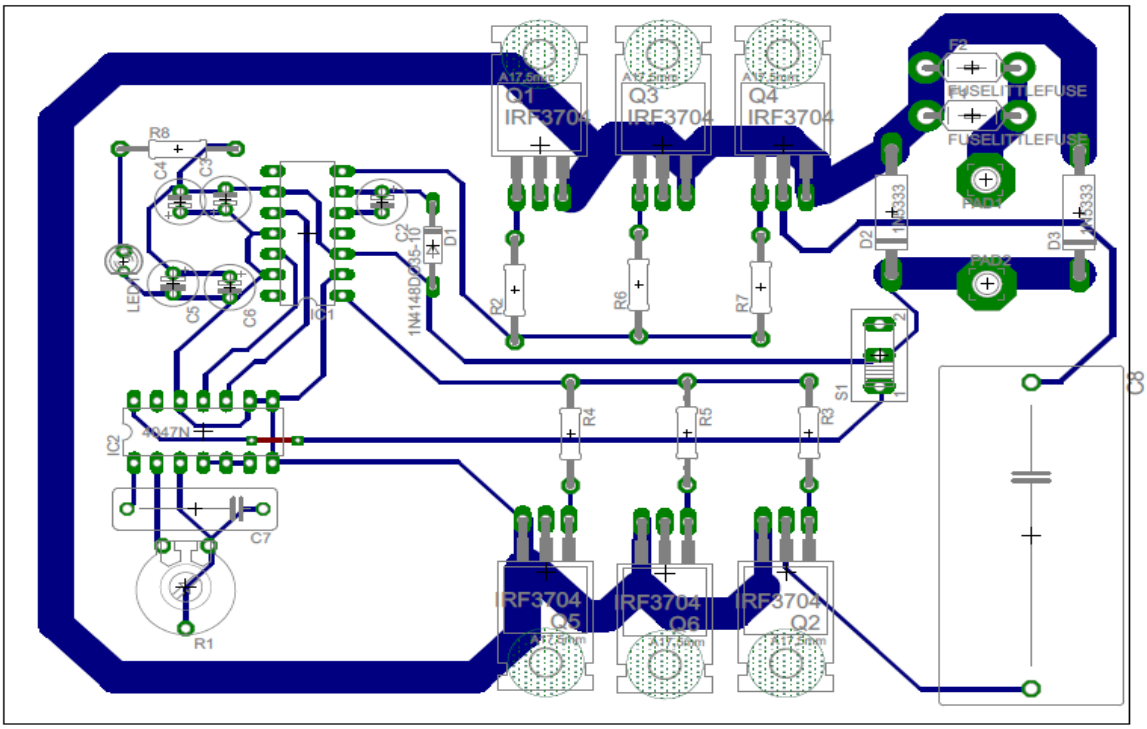
2-3 مخطط الدارة :



4-3 مخطط الدارة باستخدام برنامج Protes7.7 :

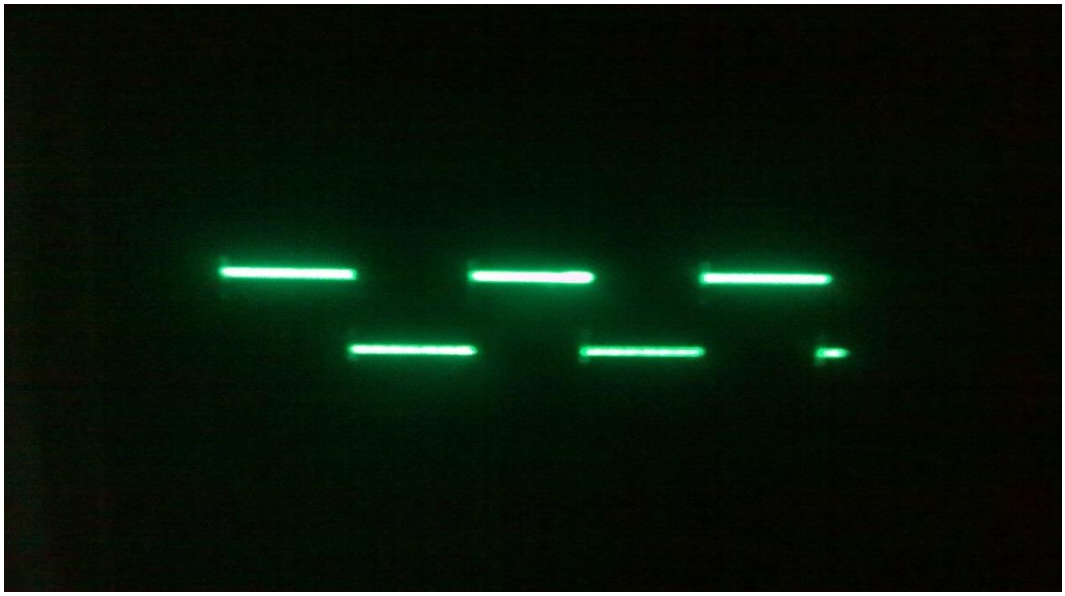


4-3 الدارة المطبوعة :

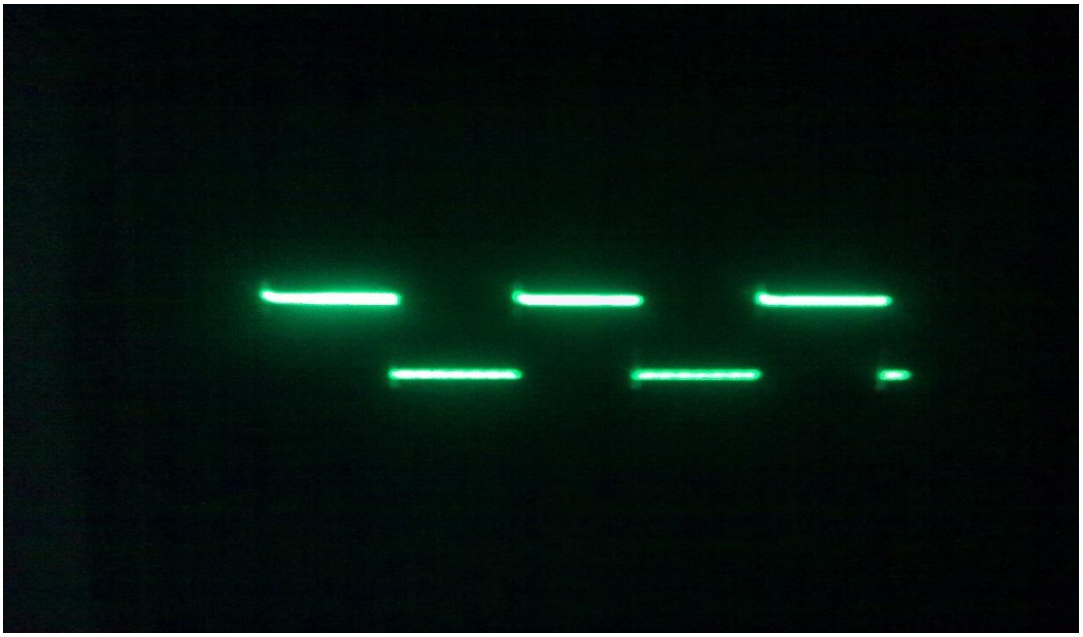


5-3 النتائج واشكال الإشارات :

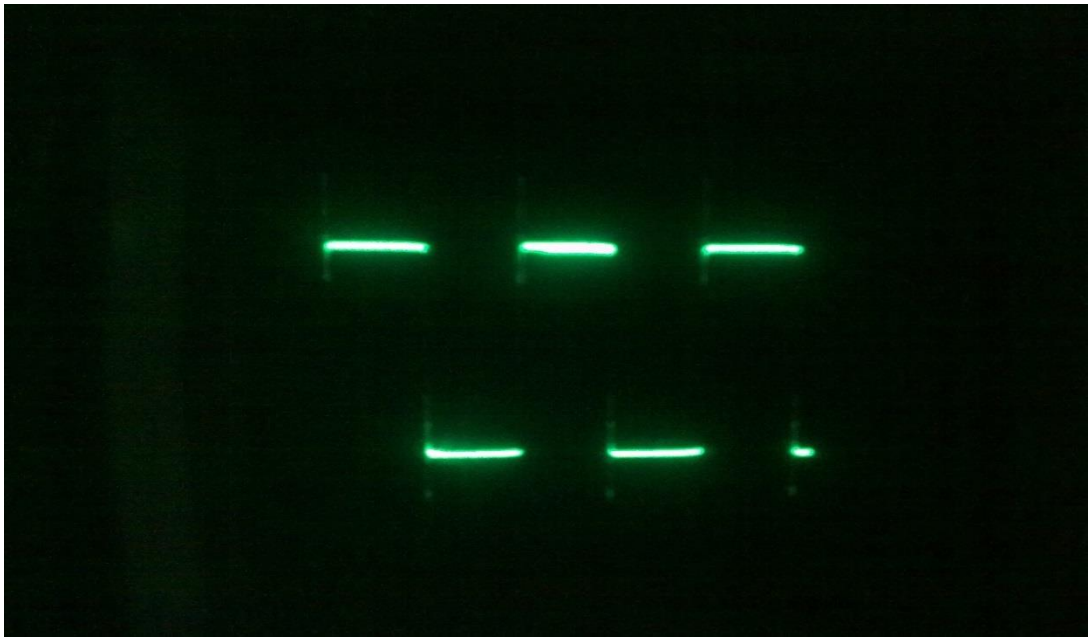
1- نبضات القدح على خرج دارة IR2110 :



2- اشارة خرج الترانزستورات :



3- اشارة الخرج على المحولة بدون حمل :



نلاحظ من الاشارة في حالة اللاحمل ظهور (Spikes) في اشارات التوتر والسبب :

اثناء عملية تبديل القدرة تظهر زيادات توتر بسبب محاولة قطع فجائية للتيار بواسطة ترانزستورات الاستطاعة كما هو معلوم فإن التوتر الناشئ بالتحريض يعطى بالعلاقة :

$$V = L\,\frac{di}{dt}$$

وبسبب محاولة قطع التيار المفاجئة التي تمثل حالة معدل كبير لتغير التيار مما يؤدي لظهور زيادات توتر كبيرة أثناء عملية التبديل وهذا واضح من الإشارة السابقة حيث نلاحظ وجود (Spikes) في التوتر عند كل فصل ووصل في القواطع .

4- اشارة الخرج على المحولة عند التحميل :

المراجع :

- كتاب مدخل الى الطاقات المتجددة – د. علي حمزة – د. سميح الجابي – د. كمال ناجي منشورات جامعة دمشق .
- كتاب الكترونيات القدرة (2) – د. هاشم ورقوزق – منشورات جامعة دمشق .
- هندسة النظم الشمسية الكهروضوئية تحليل وتصميم – أ.د. علي حمزة - منشورات جامعة دمشق .
- https://inventors.about.com
- https://old.solar-aid.org
- https://www.tkne.com

الملحق :

International
IOR Rectifier

Data Sheet No. PD60147 Rev.T

IR2110(S)/IR2113(S) & (PbF)

HIGH AND LOW SIDE DRIVER

Features

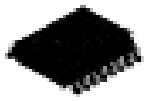
- Floating channel designed for bootstrap operation
  Fully operational to +500V or +600V
  Tolerant to negative transient voltage
  dV/dt immune
- Gate drive supply range from 10 to 20V
- Undervoltage lockout for both channels
- 3.3V logic compatible
  Separate logic supply range from 3.3V to 20V
  Logic and power ground ±5V offset
- CMOS Schmitt-triggered inputs with pull-down
- Cycle by cycle edge-triggered shutdown logic
- Matched propagation delay for both channels
- Outputs in phase with inputs
- Also available LEAD-FREE

Product Summary

V_{OFFSET}	(IR2110)	500V max.
	(IR2113)	600V max.
I_O+/-		2A / 2A
V_{OUT}		10 - 20V
$t_{on/off}$ (typ.)		120 & 94 ns
Delay Matching	(IR2110)	10 ns max.
	(IR2113)	20ns max.

Packages

14-Lead PDIP
IR2110/IR2113

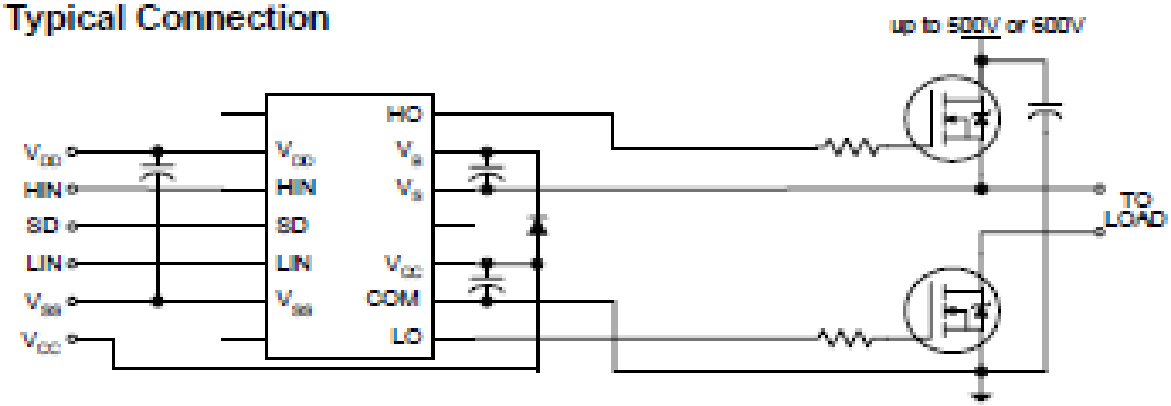


16-Lead SOIC
IR2110S/IR2113S

Description

The IR2110/IR2113 are high voltage, high speed power MOSFET and IGBT drivers with independent high and low side referenced output channels. Proprietary HVIC and latch immune CMOS technologies enable ruggedized monolithic construction. Logic inputs are compatible with standard CMOS or LSTTL output, down to 3.3V logic. The output drivers feature a high pulse current buffer stage designed for minimum driver cross-conduction. Propagation delays are matched to simplify use in high frequency applications. The floating channel can be used to drive an N-channel power MOSFET or IGBT in the high side configuration which operates up to 500 or 600 volts.

Typical Connection



(Refer to Lead Assignments for correct pin configuration). This/These diagram(s) show electrical connections only. Please refer to our Application Notes and Design Tips for proper circuit board layout.

www.irf.com

Absolute Maximum Ratings

Absolute maximum ratings indicate sustained limits beyond which damage to the device may occur. All voltage parameters are absolute voltages referenced to COM. The thermal resistance and power dissipation ratings are measured under board mounted and still air conditions. Additional information is shown in Figures 28 through 35.

Symbol	Definition	Min.	Max.	Units
V_B	High side floating supply voltage (IR2110)	-0.3	525	V
	(IR2113)	-0.3	625	
V_S	High side floating supply offset voltage	V_B - 25	V_B + 0.3	
V_{HO}	High side floating output voltage	V_S - 0.3	V_B + 0.3	
V_{CC}	Low side fixed supply voltage	-0.3	25	
V_{LO}	Low side output voltage	-0.3	V_{CC} + 0.3	
V_{DD}	Logic supply voltage	-0.3	V_{SS} + 25	
V_{SS}	Logic supply offset voltage	V_{CC} - 25	V_{CC} + 0.3	
V_{IN}	Logic input voltage (HIN, LIN & SD)	V_{SS} - 0.3	V_{DD} + 0.3	
dV_s/dt	Allowable offset supply voltage transient (figure 2)	—	50	V/ns
P_D	Package power dissipation @ $T_A \leq +25°C$ (14 lead DIP)	—	1.6	W
	(16 lead SOIC)	—	1.25	
R_{THJA}	Thermal resistance, junction to ambient (14 lead DIP)	—	75	°C/W
	(16 lead SOIC)	—	100	
T_J	Junction temperature	—	150	°C
T_S	Storage temperature	-55	150	
T_L	Lead temperature (soldering, 10 seconds)	—	300	

Recommended Operating Conditions

The input/output logic timing diagram is shown in figure 1. For proper operation the device should be used within the recommended conditions. The V_S and V_{SS} offset ratings are tested with all supplies biased at 15V differential. Typical ratings at other bias conditions are shown in figures 36 and 37.

Symbol	Definition	Min.	Max.	Units
V_B	High side floating supply absolute voltage	V_S + 10	V_S + 20	V
V_S	High side floating supply offset voltage (IR2110)	Note 1	500	
	(IR2113)	Note 1	600	
V_{HO}	High side floating output voltage	V_S	V_B	
V_{CC}	Low side fixed supply voltage	10	20	
V_{LO}	Low side output voltage	0	V_{CC}	
V_{DD}	Logic supply voltage	V_{SS} + 3	V_{SS} + 20	
V_{SS}	Logic supply offset voltage	-5 (Note 2)	5	
V_{IN}	Logic input voltage (HIN, LIN & SD)	V_{SS}	V_{DD}	
T_A	Ambient temperature	-40	125	°C

Note 1: Logic operational for V_S of -4 to +500V. Logic state held for V_S of -4V to -V_{BS}. (Please refer to the Design Tip DT97-3 for more details).
Note 2: When V_{DD} < 5V, the minimum V_{SS} offset is limited to -V_{DD}.

Dynamic Electrical Characteristics

V_{BIAS} (V_{CC}, V_{BS}, V_{DD}) = 15V, C_L = 1000 pF, T_A = 25°C and V_{SS} = COM unless otherwise specified. The dynamic electrical characteristics are measured using the test circuit shown in Figure 3.

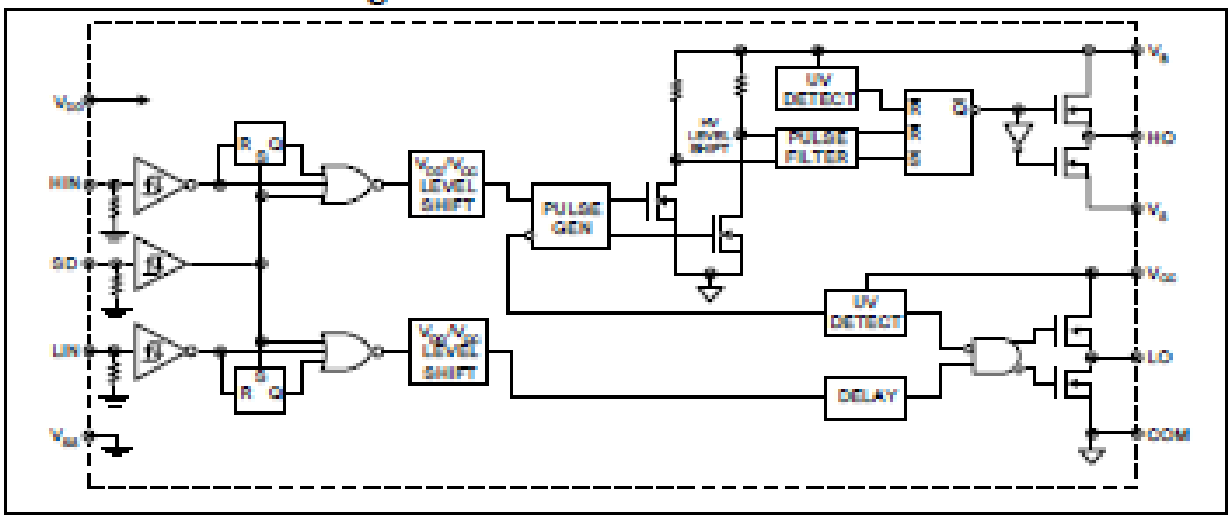
Symbol	Definition	Figure	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
t_{on}	Turn-on propagation delay	7	—	120	150	ns	V_S = 0V
t_{off}	Turn-off propagation delay	8	—	94	125		V_S = 500V/600V
t_{sd}	Shutdown propagation delay	9	—	110	140		V_S = 500V/600V
t_r	Turn-on rise time	10	—	25	35		
t_f	Turn-off fall time	11	—	17	25		
MT	Delay matching, HS & LS (IR2110) turn-on/off	—	—	—	10		
	Delay matching, HS & LS (IR2113) turn-on/off	—	—	—	20		

Static Electrical Characteristics

V_{BIAS} (V_{CC}, V_{BS}, V_{DD}) = 15V, T_A = 25°C and V_{SS} = COM unless otherwise specified. The V_{IN}, V_{TH} and I_{IN} parameters are referenced to V_{SS} and are applicable to all three logic input leads: HIN, LIN and SD. The V_O and I_O parameters are referenced to COM and are applicable to the respective output leads: HO or LO.

Symbol	Definition	Figure	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
V_{IH}	Logic "1" input voltage	12	9.5	—	—	V	
V_{IL}	Logic "0" input voltage	13	—	—	6.0		
V_{OH}	High level output voltage, V_{BIAS} - V_O	14	—	—	1.2		I_O = 0A
V_{OL}	Low level output voltage, V_O	15	—	—	0.1		I_O = 0A
I_{LK}	Offset supply leakage current	16	—	—	50	µA	V_B=V_S = 500V/600V
I_{QBS}	Quiescent V_{BS} supply current	17	—	125	230		V_{IN} = 0V or V_{DD}
I_{QCC}	Quiescent V_{CC} supply current	18	—	180	340		V_{IN} = 0V or V_{DD}
I_{QDD}	Quiescent V_{DD} supply current	19	—	15	30		V_{IN} = 0V or V_{DD}
I_{IN+}	Logic "1" input bias current	20	—	20	40		V_{IN} = V_{DD}
I_{IN-}	Logic "0" input bias current	21	—	—	1.0		V_{IN} = 0V
V_{BSUV+}	V_{BS} supply undervoltage positive going threshold	22	7.5	8.6	9.7	V	
V_{BSUV-}	V_{BS} supply undervoltage negative going threshold	23	7.0	8.2	9.4		
V_{CCUV+}	V_{CC} supply undervoltage positive going threshold	24	7.4	8.5	9.6		
V_{CCUV-}	V_{CC} supply undervoltage negative going threshold	25	7.0	8.2	9.4		
I_{O+}	Output high short circuit pulsed current	26	2.0	2.5	—	A	V_O = 0V, V_{IN} = V_{DD} PW ≤ 10 µs
I_{O-}	Output low short circuit pulsed current	27	2.0	2.5	—		V_O = 15V, V_{IN} = 0V PW ≤ 10 µs

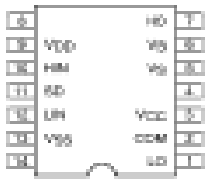
Functional Block Diagram



Lead Definitions

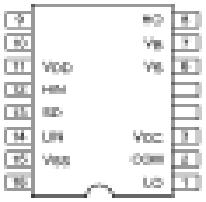
Symbol	Description
VDD	Logic supply
HIN	Logic input for high side gate driver output (HO), in phase
SD	Logic input for shutdown
LIN	Logic input for low side gate driver output (LO), in phase
VSS	Logic ground
VB	High side floating supply
HO	High side gate drive output
VS	High side floating supply return
VCC	Low side supply
LO	Low side gate drive output
COM	Low side return

Lead Assignments



14 Lead PDIP

IR2110/IR2113



16 Lead SOIC (Wide Body)

IR2110S/IR2113S

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR™

October 1987
Revised March 2002

CD4047BC
Low Power Monostable/Astable Multivibrator

General Description

The CD4047B is capable of operating in either the monostable or astable mode. It requires an external capacitor (between pins 1 and 3) and an external resistor (between pins 2 and 3) to determine the output pulse width in the monostable mode, and the output frequency in the astable mode.

Astable operation is enabled by a high level on the astable input or low level on the $\overline{\text{astable}}$ input. The output frequency (at 50% duty cycle) at Q and $\overline{Q}$ outputs is determined by the timing components. A frequency twice that of Q is available at the Oscillator Output; a 50% duty cycle is not guaranteed.

Monostable operation is obtained when the device is triggered by LOW-to-HIGH transition at + trigger input or HIGH-to-LOW transition at − trigger input. The device can be retriggered by applying a simultaneous LOW-to-HIGH transition to both the + trigger and retrigger inputs.

A high level on Reset input resets the outputs Q to LOW, $\overline{Q}$ to HIGH.

Features

- Wide supply voltage range: 3.0V to 15V
- High noise immunity: 0.45 V_{DD} (typ.)
- Low power TTL compatibility: Fan out of 2 driving 74L or 1 driving 74LS

Special Features

- Low power consumption: special CMOS oscillator configuration
- Monostable (one-shot) or astable (free-running) operation
- True and complemented buffered outputs
- Only one external R and C required

Monostable Multivibrator Features

- Positive- or negative-edge trigger
- Output pulse width independent of trigger pulse duration
- Retriggerable option for pulse width expansion
- Long pulse widths possible using small RC components by means of external counter provision
- Fast recovery time essentially independent of pulse width
- Pulse-width accuracy maintained at duty cycles approaching 100%

Astable Multivibrator Features

- Free-running or gatable operating modes
- 50% duty cycle
- Oscillator output available
- Good astable frequency stability
  typical:: ±2% + 0.03%/°C @ 100 kHz
  frequency:: ±0.5% + 0.015%/°C @ 10 kHz
  deviation (circuits trimmed to frequency V_{DD} = 10V ±10%)

Applications

- Frequency discriminators
- Timing circuits
- Time-delay applications
- Envelope detection
- Frequency multiplication
- Frequency division

Ordering Code:

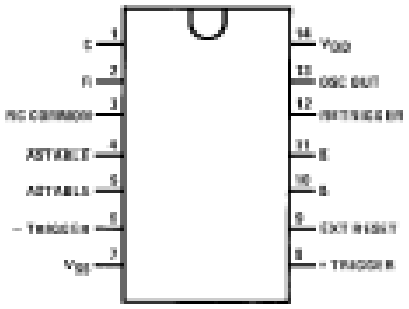
Order Number	Package Number	Package Description
CD4047BCM	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
CD4047BCN	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

© 2002 Fairchild Semiconductor Corporation

Connection Diagram

Pin Assignments for SOIC and DIP



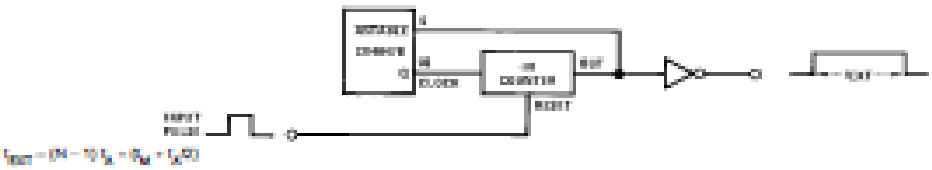
Top View

Function Table

Function	Terminal Connections			Output Pulse From	Typical Output Period or Pulse Width
	To V_{DD}	To V_{SS}	Input Pulse To		
Astable Multivibrator					
Free-Running	4, 5, 6, 14	7, 8, 9, 12		10, 11, 13	$t_W(10, 11) = 4.40$ RC
True Gating	4, 6, 14	7, 8, 9, 12	5	10, 11, 13	$t_A(13) = 2.20$ RC
Complement Gating	6, 14	5, 7, 8, 9, 12	4	10, 11, 13	
Monostable Multivibrator					
Positive-Edge Trigger	4, 14	5, 6, 7, 9, 12	8	10, 11	
Negative-Edge Trigger	4, 6, 14	5, 7, 9, 12	6	10, 11	$t_W(10, 11) = 2.48$ RC
Retriggerable	4, 14	5, 6, 7, 9	8, 12	10, 11	
External Countdown (Note 1)	14	5, 6, 7, 8, 9, 12	Figure 1	Figure 1	Figure 1

Note 1: External resistor between terminals 2 and 3. External capacitor between terminals 1 and 3.

Typical Implementation of External Countdown Option



$t_{OUT} = (N - 1)t_A + t_W + t_A(D)$

FIGURE 1.

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

(Note 3)

DC Supply Voltage (V_{DD})	−0.5V to +18V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	−0.5V to V_{DD} +0.5V_{DC}
Storage Temperature Range (T_S)	−65°C to +150°C
Power Dissipation (P_D)	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
Lead Temperature (T_L)	
(Soldering, 10 seconds)	260°C

Recommended Operating Conditions (Note 3)

DC Supply Voltage (V_{DD})	3V to 15V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	0 to V_{DD} V_{DC}
Operating Temperature Range (T_A)	−55°C to +125°C

Note 2: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. They are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Recommended Operating Conditions" and "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

Note 3: V_{SS} = 0V unless otherwise specified.

DC Electrical Characteristics (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	−55°C		25°C			125°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	V_{DD} = 5V		5			5		150	μA
		V_{DD} = 10V		10			10		300	
		V_{DD} = 15V		20			20		600	
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	$\|I_O\|$ < 1 μA								V
		V_{DD} = 5V		0.05		0	0.05		0.05	
		V_{DD} = 10V		0.05		0	0.05		0.05	
		V_{DD} = 15V		0.05		0	0.05		0.05	
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	$\|I_O\|$ < 1 μA								V
		V_{DD} = 5V	4.95		4.95	5		4.95		
		V_{DD} = 10V	9.95		9.95	10		9.95		
		V_{DD} = 15V	14.95		14.95	15		14.95		
V_{IL}	LOW Level Input Voltage	V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V or 4.5V		1.5		2.25	1.5		1.5	V
		V_{DD} = 10V, V_O = 1V or 9V		3.0		4.5	3.0		3.0	
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V or 13.5V		4.0		6.75	4.0		4.0	
V_{IH}	HIGH Level Input Voltage	V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V or 4.5V	3.5		3.5	2.75		3.5		V
		V_{DD} = 10V, V_O = 1V or 9V	7.0		7.0	5.5		7.0		
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V or 13.5V	11.0		11.0	8.25		11.0		
I_{OL}	LOW Level Output Current (Note 4)	V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V	0.64		0.51	0.88		0.36		mA
		V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V	1.6		1.3	2.25		0.9		
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V	4.2		3.4	8.8		2.4		
I_{OH}	HIGH Level Output Current (Note 4)	V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V	−0.64		−0.51	−0.88		−0.36		mA
		V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V	−1.6		−1.3	−2.25		−0.9		
		V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V	−4.2		−3.4	−8.8		−2.4		
I_{IN}	Input Current	V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V		−0.1		-10^{-5}	−0.1		−1.0	μA
		V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V		0.1		10^{-5}	0.1		1.0	

AC Electrical Characteristics (Note 5)

T_A = 25°C, C_L = 50 pF, R_L = 200k, Input t_r = t_f = 20 ns, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{PHL}, t_{PLH}	Propagation Delay Time Astable, $\overline{\text{Astable}}$ to Osc Out	V_{DD} = 5V		200	400	ns
		V_{DD} = 10V		100	200	
		V_{DD} = 15V		80	160	
t_{PHL}, t_{PLH}	Astable, $\overline{\text{Astable}}$ to Q, $\overline{Q}$	V_{DD} = 5V		550	900	ns
		V_{DD} = 10V		250	500	
		V_{DD} = 15V		200	400	
t_{PHL}, t_{PLH}	+ Trigger, − Trigger to $\overline{Q}$	V_{DD} = 5V		700	1200	ns
		V_{DD} = 10V		300	600	
		V_{DD} = 15V		240	480	
t_{PHL}, t_{PLH}	+ Trigger, Retrigger to $\overline{Q}$	V_{DD} = 5V		300	600	ns
		V_{DD} = 10V		175	300	
		V_{DD} = 15V		150	250	
t_{PHL}, t_{PLH}	Reset to Q, $\overline{Q}$	V_{DD} = 5V		300	600	ns
		V_{DD} = 10V		125	250	
		V_{DD} = 15V		100	200	
t_{THL}, t_{TLH}	Transition Time Q, $\overline{Q}$, Osc Out	V_{DD} = 5V		100	200	ns
		V_{DD} = 10V		50	100	
		V_{DD} = 15V		40	80	
t_{WL}, t_{WH}	Minimum Input Pulse Duration	Any Input				ns
		V_{DD} = 5V		500	1000	
		V_{DD} = 10V		200	400	
		V_{DD} = 15V		160	320	
t_{RCL}, t_{FCL}	+ Trigger, Retrigger, Rise and Fall Time	V_{DD} = 5V			15	μs
		V_{DD} = 10V			5	
		V_{DD} = 15V			5	
C_{IN}	Average Input Capacitance	Any Input		5	7.5	pF