

Joule Thief 회로의 활용

류 신 호(매원고등학교)

오늘은 현대 역사를 통해 발전한 Joule Thief 회로의 실용적인 활용을 주제로 이야기 해 보고자 한다. 트랜지스터나 IC를 활용한 가장 간단한 Joule Thief 회로, Joule Thief 회로를 이용한 무선전력 수송, 자동으로 낮에 충전되고 밤에 켜지는 태양광 충전 자동 작동 전등에 대해 알아보고 시간이 허용된 범위에서 만들어 보자.

II. Joule Thief 회로¹⁾

1. Joule Theief 회로

줄 도둑 (Joule Thief)은 작은 부하를 구동하는 데 일반적으로 사용되는 소형, 저비용의 쉽게 제작할 수 있는 매우 작은 전압 발진기이다. 이 회로는 오실레이터, 주울 링거 (joule ringer), 뱀파이어 토치 (vampire torch)와 같은 다른 이름으로도 알려져 있다.

단일 셀 배터리의 거의 모든 에너지를 사용할 수 있고, 심지어 사용되어 배터리를 완전히 방전된 것으로 볼 수 있는 것조차 사용할 수 있어 이 회로는 회로가 에너지를 훔치고 있다는 재미있는 용어를 사용한다.

이 회로는 제어되지 않은 전압 발진 변환장치를 형성하는 발진자의 변형이며 출력 전압은 입력에서의 더 높아 전류는 작아진다.



그림 1. 적색 LED, 페라이트 코어에 두 코일을 감고, 2N2222A TR과 1000Ω의 저항을 사용한 줄도둑 회로의 예.

가. 간단한 역사

1930년대 진공관을 사용하여 만들기 시작한 이 회로는 시작하여 꾸준히 발전하였다. 1999년 11월에는 스웨덴의 Kaparnik가 1V로 작동되는 LED에 대한 기사를 잡기에 기고하여 이슈가 되기도 하였다.

Clive Mitchell는 2002에 Kaparnik의 회로를 BC549 NPN 트랜지스터를 사용하여 개량하고 "Joule Thief"라는 말을 처음 사용하였다.

요즘은 더 간단한 회로들이 다양한 용도로 사용되고 있다.

나. "Joule Thief"의 작동 원리²⁾

이 회로는 트랜지스터를 신속하게 스위칭하여 작동한다. 처음에는 전류가 저항, 2차 코일 및 베이스 - 에미터 접합을 통해 흐르기 시작하여 트랜지스터가 1차 코일을 통해 컬렉터 전류를 만들기 시작한다. 2개의 코일이 반대 방향으로 연결되기 때문에, 이것은 높은 바이어스로 트랜지스터를 턴 온 시키는 양(+)의 2차 코일에 전압을 유도한다.

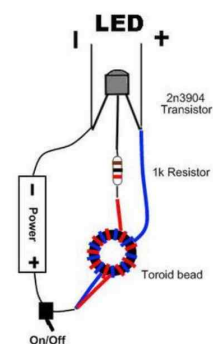
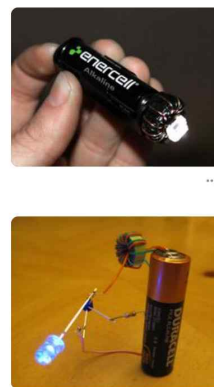
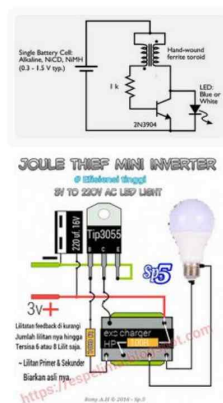
이 자체 피드백 프로세스는 거의 순간적으로 트랜지스터를 가능한 강하게 켜고 컬렉터 에미터 경로를 본질적으로 닫힌 스위치처럼 보이도록 만든다. 배터리를 가로 지르는 1차 코일을 효과적으로 사용하면 전류는 인덕턴스로 나눈 공급 전압에 비례하는 속도로 증가합니다. 트랜지스터 스위치 오프는 공급 전압에 따라 다른 메커니즘에 의해 이루어진다.

회로의 부하가 매우 작으면 컬렉터의 상승률과 최대 전압은 부유 용량에 의해서만 제한되며 공급 전압의 100배 이상으로 상승 할 수 있다. 이러한 이유로, 트랜지스터가 손상되지 않도록 항상 부하가 연결되어야한다.

이 트랜지스터는 높은 진동 주파수에서도 매우 적은 에너지를 발산한다. 대부분의 시간을 완전 온 또는 완전 오프 상태로 소비하기 때문에 트랜지스터를 통한 전압 오버 또는 전류가 제로가 되어 스위칭 손실이 최소화된다.

회로의 스위칭 주파수는 약 50 kHz이다. LED는 이 속도로 깜박이지만 인간의 눈은 깜박임을 알 수 없다.

2. 여러 가지 "Joule Thief"³⁾



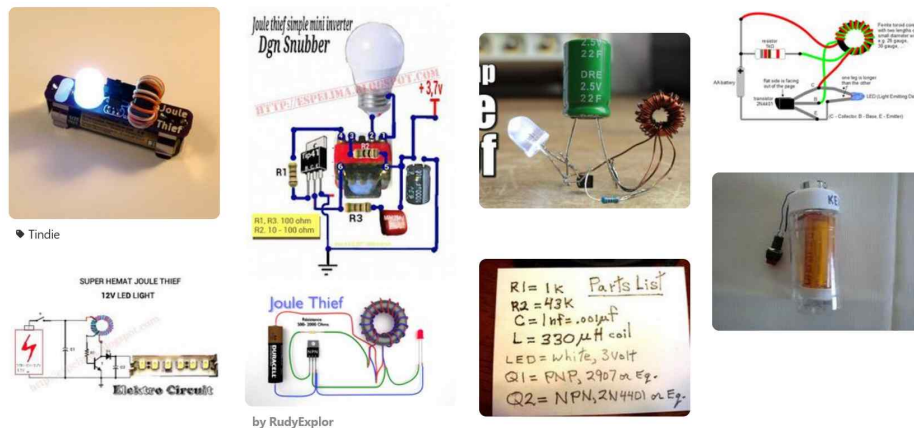


그림 2. <https://www.pinterest.co.kr>에서 “joule-thief circuit” 검색한 것.

II. Joule Thief 회로의 제작

1. 오늘 만들 Joule Theief 회로

오늘 만들 Joule Thief 회로는 IC를 사용하여 보다 단순화된 것으로, 응용은 정원 용 작은 조명 장치로 낮에 태양광에 의해 충전지가 충전되고, 밤에는 충전된 전지에 의해 LED가 자동으로 켜지는 장치이다.

2. 필요 재료와 구입 예

가. 납땀인두(+땀납), 글루건(+핫멜트), 스트리퍼, 글루건 등

나. 재료

* 젓갈통

식품용기/양념단지/액젓통/단지/고추장통/젓갈통 (M257(C5) 팔각 180g 400원 /개)

- <http://itempage3.auction.co.kr/DetailView.aspx?ItemNo=B231279982&frm3=V2>

* 태양전지

0.65W 1.5V Solar Cell (US \$15.19 / 10개)

- <https://www.aliexpress.com/snapshot/0.html?spm=a2g0s.9042647.0.0.270c4c4dbmVxJS&orderId=31035365351637&productId=32809133635>

* 충전지

3300mAh 1.2V Ni-Mh AA Rechargeable Battery (US \$25.76/48개)

- <https://www.aliexpress.com/item/4-8-16-24-32-48pcs-3300mAh-1-2V-Ni-Mh-AA-Rechargeable-Battery-White-2A/32850545394.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.597c4c4d08D8ts>

* 배터리 홀더

AA Battery 1.5V Holder (US \$1.18 / 10개)

- <https://www.aliexpress.com/item/Lot-10X1-AA-Battery-1-5V-Holder-Storage-Box-Case-with-5-Lead-for-DIY-Experiment/32673357714.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.3ad4c4dc0zaEf>

* 4핀 터미널 하우징 : KF2510 4P 2.54mm Pitch Terminal Housing

- <https://www.aliexpress.com/item/20set-Kit4-Pin-KF2510-4P-2-54mm-Pitch-Terminal-Housing-Pin-Header-Connectors-Adaptor/32827103841.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.25244c4dbv8P2t>

* QX5252F IC

QX5252F TO-94 (\$1.48 / 50개) 스위칭 다이오드

- <https://www.aliexpress.com/item/100pcs-QX5252F-TO-92-QX5252-TO92-5252F-free-shipping/32718726785.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.25244c4dBv8P2t>

* LED : LED lamp / F8MM power 0.5W white (US \$1.43 / 50개), 출력이 적은 적외선도 좋을 수도..

- <https://www.aliexpress.com/item/50PCS-8mm-straw-hat-LED-lamp-bead-are-white-light-0-5W-F8MM-power-0-5W/32850688634.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.27424c4d4ikFQP>

* 인덕터

0410 Color circle Coils Inductor 33uH (US \$11.58 / 1000 개)

- <https://www.aliexpress.com/item/1000Pcs-0410-Color-circle-Coils-Inductor-10UH-12UH-15UH-18UH-22UH-27UH-33UH-39UH-47UH-56UH/32848866451.html>

* 스위칭 다이오드

1N4148 High-speed switching diodes (US \$9.22 /1000개+ 배송료, US \$0.56 / 100개)

- <https://www.aliexpress.com/item/Free-shipping-100PCS-do-35-1N4148-1N4148-High-speed-switching-diodes/32804799676.html>

3. 제작하기

가. 건전지만 사용하는 경우

- 1) '① QX5252F IC(참고 : 아래 그림은 글자가 보이는 쪽을 기준으로 한 그림),
② 33μH 인덕터, ③ LED(참고 : 다리가 긴 쪽이 +) ④ 배터리(헨 것도 좋음),
⑤ 배터리 소켓(AA 또는 AAA)'을 준비한다.
- 2) 아래의 그림을 참고하여 납땜을 하여 회로를 완성한다,

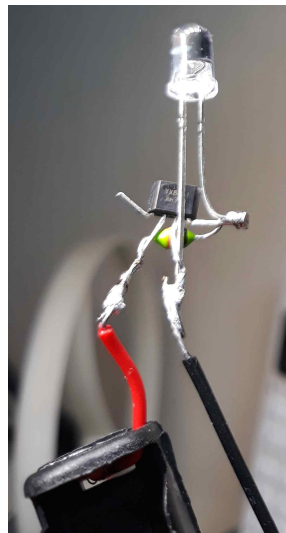
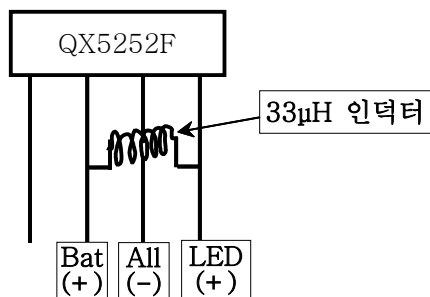


그림 3. (헨) 건전지를 사용할 joule-thief

나. 태양전지와 충전지를 사용하는 경우

- 1) '① QX5252F IC(참고 : 아래 그림은 글자가 보이는 쪽을 기준으로 한 그림),
② 33μH 인덕터, ③ LED(참고 : 다리가 긴 쪽이 +) ④ 배터리(헨 것도 좋음),

⑤ 배터리 소켓(AA), ⑥ IN4148 스위칭 다이오드, ⑦ 충전지(3300mAh 1.2V Ni-Mh AA), ⑧ 태양전지(0.65W 1.5V), ⑨ 젓갈통'을 준비한다.

2) 아래의 그림을 참고하여 납땜을 하여 회로를 완성하며, 젓갈 통을 이용하여 잘 설치한다.

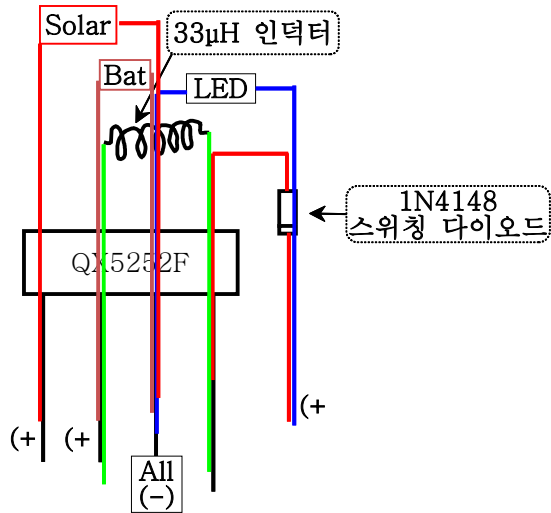


그림 4. 전원등을 만들기 위한 회로와 준비물



그림 5. 필요한 공구들

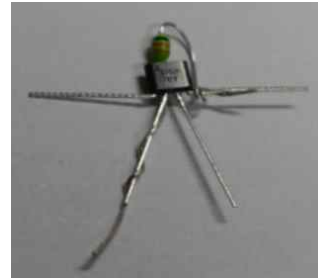
3) 제작 순서



⇒



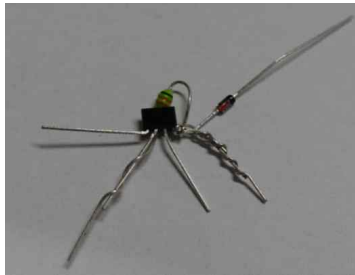
⇒



⇒

QX5252F IC 다리를 편다.

IC의 2와 4번 다리에 인덕터를 부착

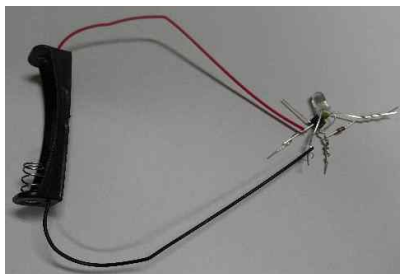


⇒

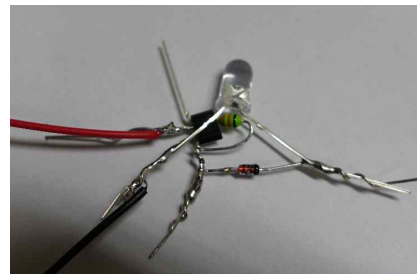


⇒

IC 4번 다리에 다이오드 부착, 다이오드에 LED+, IC 3번 다리에 LED- 연결



⇒



⇒

IC 2번 다리는 전지 소켓+, 3번 다리는 전지 소켓- 연결 후 납땜.



⇒



⇒

납땜인두로 젓갈 뚜껑에 구멍을 내고 태양전지 전선 삽입

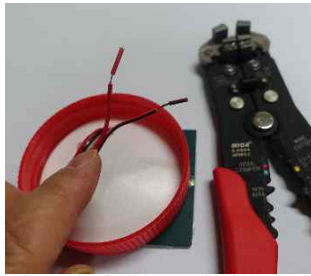


⇒

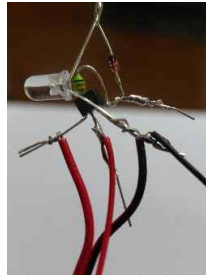


⇒

태양전지는 글루건(핫멜트)으로 뚜껑에 부착!



⇒



⇒

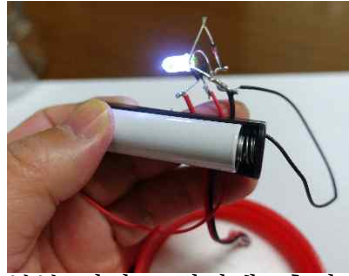


⇒

필요하면 스트리퍼로 태양전지 선을 벗긴 후 1번(+), 3번(-) 다리에 연결, 납땜



⇒



⇒



⇒

납땜 후 불필요한 부분 니퍼로 잘라냄. 충전지를 넣고 LED확인, 글루건 접착



⇒



뚜껑 닫음. 태양전지에 빛이 있으면 LED off, 태양전지에 빛이 없으면 LED on.



그림 6. 야외에 설치한 정원 LED 전등

Ⅲ. Joule Thief 회로의 활용⁴⁾

1. 야외 정원용, 캠핑용 조명



야외 조명등



정원용 전등



캠핑용 전등

2. 손전등, 자전거 전등



미니 손전등 (AAA전지 사용)



손전등 (태양광 충전)



자전거 전등

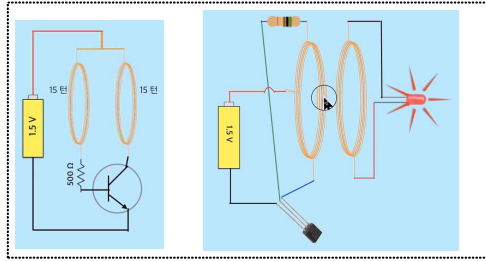


낮에 태양빛을 충전하고 밤에 자동 점등
봉축등 태양광 충전 팔각등, 초롱등, 연등



태양광 카페등

3. “줄 도둑 회로 이론과 실기”을 통해 무선 전력 수송⁵⁾



재료

1. 코일 10m & 감기위한 유리병
2. 스위칭 트랜지스터 2N2222A 1개
3. 저항 500옴 1개
4. LED 1개
5. 건전지 1개
6. 커터칼, 납땀인두 등

IV. 교육과정에서의 활용

1. 적정기술
2. 반도체
 - 1) 다이오드
 - 2) LED
 - 3) 트랜지스터
 - 4) IC
 - 5) 태양전지의 작동 원리
3. 전지와 전지의 종류
4. 전자기 유도
5. 무선전력 수송

V. 참고문헌

1. Joule thief https://en.wikipedia.org/wiki/Joule_thief
& 2012년 전과협 워크샵, 류신호, “삶과 에너지의 이용”
2. 줄도둑 회로 이론과 실기 https://www.youtube.com/watch?v=yX_0S4JhSXE
3. <https://www.pinterest.co.kr>에서 “joule-thief circuit” 검색
[https://www.pinterest.co.kr/search/pins/?q=joule-thief%20circuit&rs=typed&term_meta\[\]=joule-thief%7Ctyped&term_meta\[\]=circuit%7Ctyped](https://www.pinterest.co.kr/search/pins/?q=joule-thief%20circuit&rs=typed&term_meta[]=joule-thief%7Ctyped&term_meta[]=circuit%7Ctyped)
판매용 LED art - <https://blog.theledart.com/blog/archives/tag/joule-thief>
4. ① Joule Thief Applications
- <https://joulethiefkits.com/category/joule-thief-applications/>
② Joule thief circuit powering a clock
- https://rimstar.org/science_electronics_projects/joule_thief_powering_clock_ls.htm
③ Joule-Thief Circuit Performance for Electricity Energy Saving of Emergency Lamps

- https://www.researchgate.net/publication/316260536_Joule-Thief_Circuit_Performance_for_Electricity_Energy_Saving_of_Emergency_Lamps

④ Joule thief - getting power from dead batteries

- https://rimstar.org/sdenergy/joule_thief.htm

⑤ 태양광 조명등

- <http://itempage3.auction.co.kr/DetailView.aspx?ItemNo=A722001923>

- <http://itempage3.auction.co.kr/DetailView.aspx?itemno=B272635844&frm3=V2>

5. 줄 도둑 회로 이론과 실기 https://www.youtube.com/watch?v=yX_0S4JhSXE