

# Dalla Joule thief all'autocostruzione di trasformatori

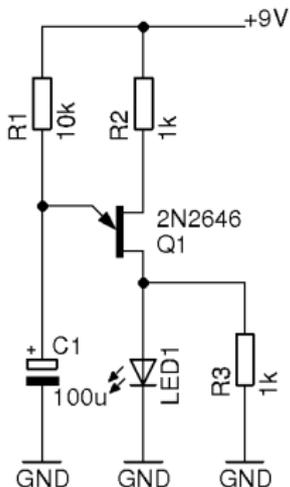
fede.tft

Cominciamo con una digressione.

Quanti transistor ci vogliono per far lampeggiare un LED?

# La legge di moore rivisitata...

Circa 1953: bastava un transistor. (Ma non c'erano ancora i LED!)

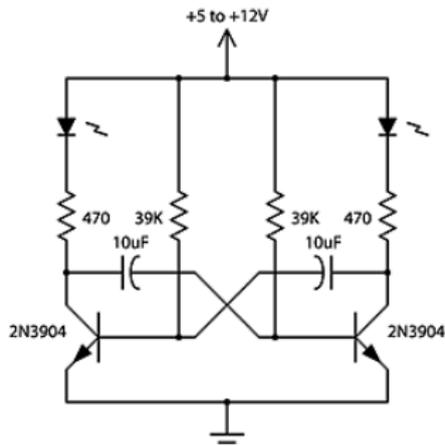


L'unigiunzione è un transistor pensato apposta per costruire oscillatori. E' stato sviluppato in un periodo in cui i transistor erano nuovi e costavano molto.

[www.semiconductormuseum.com/Transistors/GE/OralHistories/Suran/Suran\\_Index.htm](http://www.semiconductormuseum.com/Transistors/GE/OralHistories/Suran/Suran_Index.htm)

# La legge di moore rivisitata...

Anni '60: due transistor.

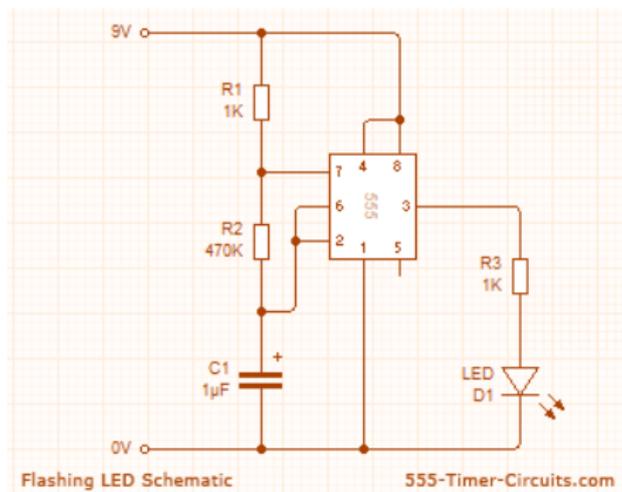


[http://www.reprise.com/host/circuits/transistor\\_flasher.asp](http://www.reprise.com/host/circuits/transistor_flasher.asp)

Il circuito in realtà risale ai tempi delle valvole, ma nel frattempo il prezzo dei transistor si era ridotto. Avevano anche inventato i LED.

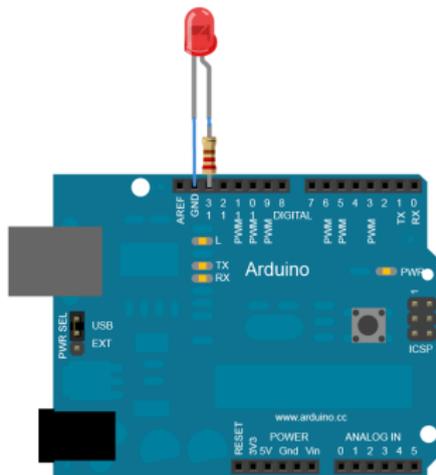
# La legge di moore rivisitata...

1971: 25 transistor. Nascosti in un unico circuito integrato, il NE555.



# La legge di moore rivisitata...

2010: ATmega32  $\sim 1$  milione <sup>1</sup> di transistor.



Quando hai solo un martello, tutto inizia a sembrare un chiodo.

<sup>1</sup>Stimato dalla quantità di memoria e foto del die di silicio

# La legge di moore rivisitata...

Il futuro: qualche decina di miliardi di transistor.



<http://www.nanospark.com> trasforma il tuo iPhone in un microcontrollore.

# La legge di moore rivisitata...

Il numero di transistor necessari per fare la stessa cosa raddoppia ogni due anni.

# Invertire la tendenza

Eppure non è che i circuiti più ottimizzati smettono di funzionare quando ne escono di più complessi.

# Invertire la tendenza

Eppure non è che i circuiti più ottimizzati smettono di funzionare quando ne escono di più complessi.

Spesso però costruire circuiti ottimizzati richiede una conoscenza più approfondita dell'elettronica.

Eppure non è che i circuiti più ottimizzati smettono di funzionare quando ne escono di più complessi.

Spesso però costruire circuiti ottimizzati richiede una conoscenza più approfondita dell'elettronica.

Questo talk si inserisce in un ottica di più ampio respiro, con l'obbiettivo di diffondere una conoscenza approfondita e non superficiale dell'elettronica.

Eppure non è che i circuiti più ottimizzati smettono di funzionare quando ne escono di più complessi.

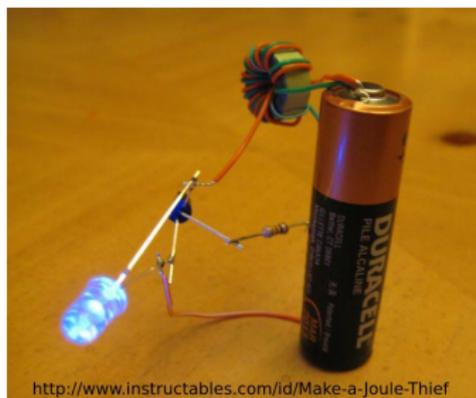
Spesso però costruire circuiti ottimizzati richiede una conoscenza più approfondita dell'elettronica.

Questo talk si inserisce in un ottica di più ampio respiro, con l'obbiettivo di diffondere una conoscenza approfondita e non superficiale dell'elettronica.

In questa presentazione proverò a fare un piccolo passo in questa direzione, presentando semplici circuiti interamente a transistor (usando meno matematica possibile, per non essere noioso!).

# Joule thief

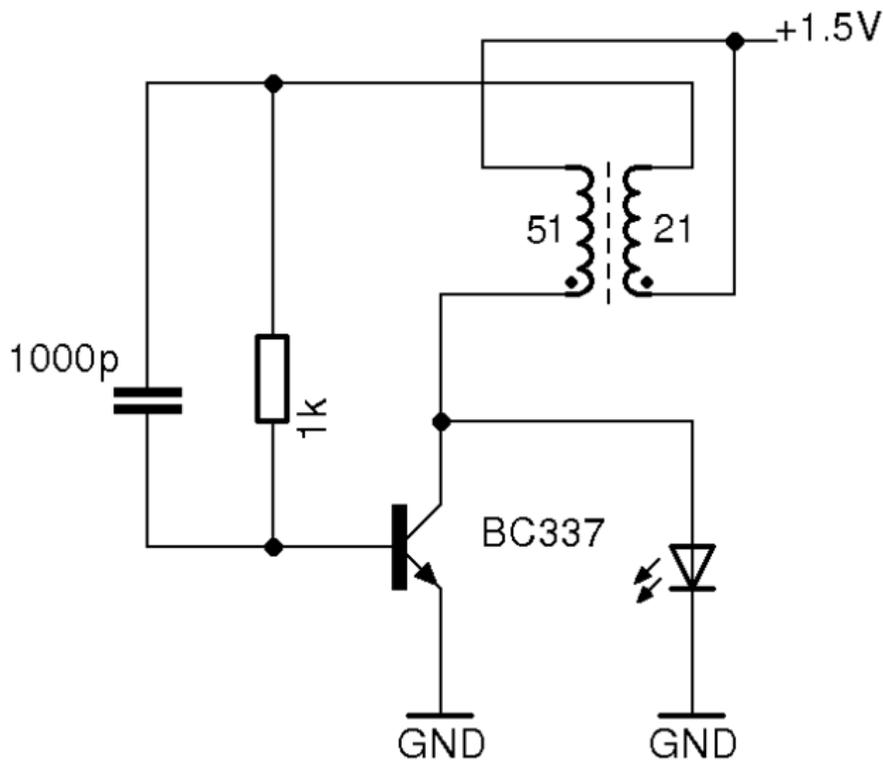
Una joule thief è un circuito in grado di accendere un LED con una singola pila da 1.5V (anche quelli bianchi che richiedono 3.6V per funzionare).



E' probabilmente l'alimentatore switching con il minor numero possibile di componenti.

# Joule thief

Il nome "formale" del circuito è *blocking oscillator*.



# Come costruire il trasformatore

Per un circuito come questo di bassa potenza si può smontare un induttanza di marca *neosid* da 330uH.



Prima formula: l'induttanza di un avvolgimento è pari a

$$L = A_L n^2 \quad (1)$$

$A_L$  si chiama *inductance factor* e dipende dal materiale ferromagnetico e dalla sua forma. Avvolgendo direttamente del filo di rame sottile sul nucleo neosid  $A_L \approx 13.5nH$

Avvolgimento #1: 51 spire  $L = 13.5nH \cdot 51^2 = 35\mu H$

Avvolgimento #2: 21 spire  $L = 13.5nH \cdot 21^2 = 6\mu H$

# Putting it all together

Con questo metodo di costruire il trasformatore sono finito su hackaday.

## BUILDING A GLUE STICK FLASHLIGHT

by: [Mike Szczys](#)

29 Comments

f t 8\*

June 9, 2010



Building an LED flashlight is simple, right? Take a battery, connect it to an LED by way of a resistor. Alright wise guy, now make one that steps up the voltage for multiple LEDs and don't use a boost-converter IC to do so.

[fede.tft] shares [a flashlight built inside of a used glue stick case](#). It's the perfect size for one AA battery (we're always on the lookout for [good battery cases](#)), and a shape that we're familiar with as a flashlight. The problem is that he wants two white LEDs but with just one AA cell he's never going to have more than 1.5V available. He licked that problem, getting to 7.2V by designing his own step-up converter using one transistor, an inductor, and three passive components. To get the inductor he needs, a stock part is disassembled and rewound to suit. Maybe you just end up with a flashlight when all is said and done, but then again, the [Sistine Chapel](#) is just some paintings on a ceiling.

# Scaling it up?

Poi, nel 2015, ho trovato su ebay questi (9 chipled 3s3p, richiedono 11V)



## 5PCS 10W Warm White High Power LED 850-900LM 3000

Item condition: **New**

Time left: 8h 39m 36s Today 11:31PM

Starting bid: **US \$4.99**

[ 0 bids ]

Enter US \$4.99 or more

**Place bid**

[Add to watch list](#)

[Add to collection](#)

Experienced seller

Free shipping

Shipping: **FREE** Standard Int'l Shipping | [See details](#)

See details about international shipping here. ⓘ

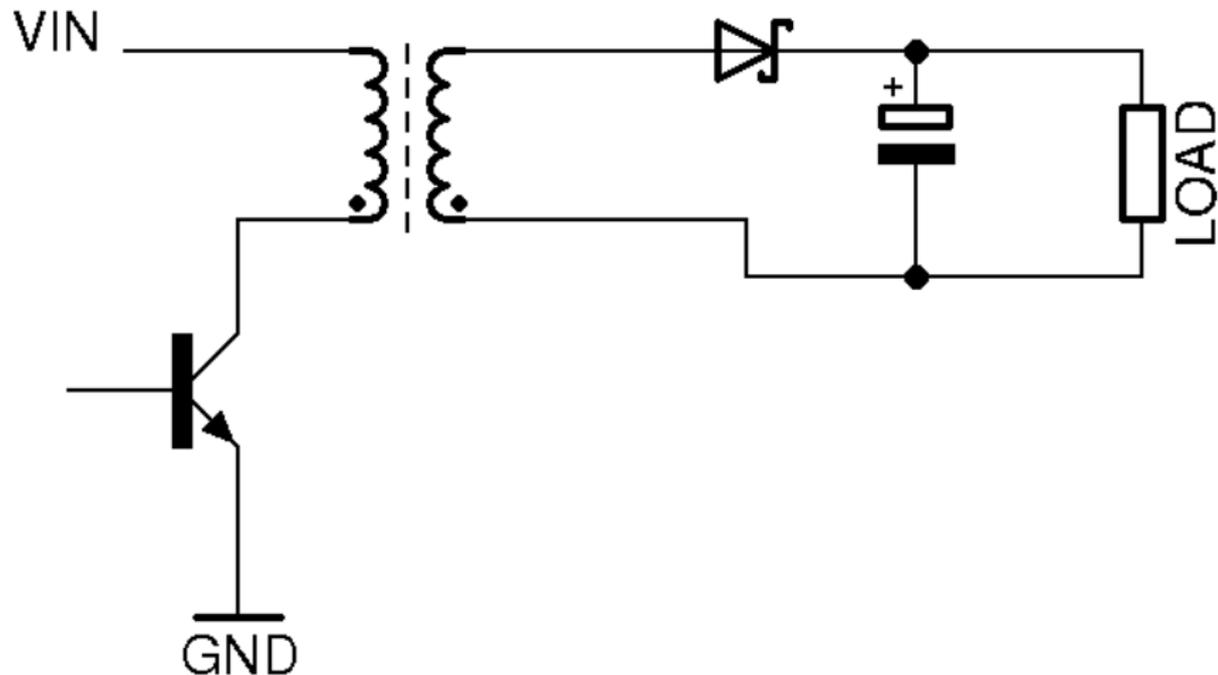
Item location: **China**

Ships to: **Worldwide** | [See exclusions](#)

ho iniziato a pensare a come fare un alimentatore in grado di fornire 10W.

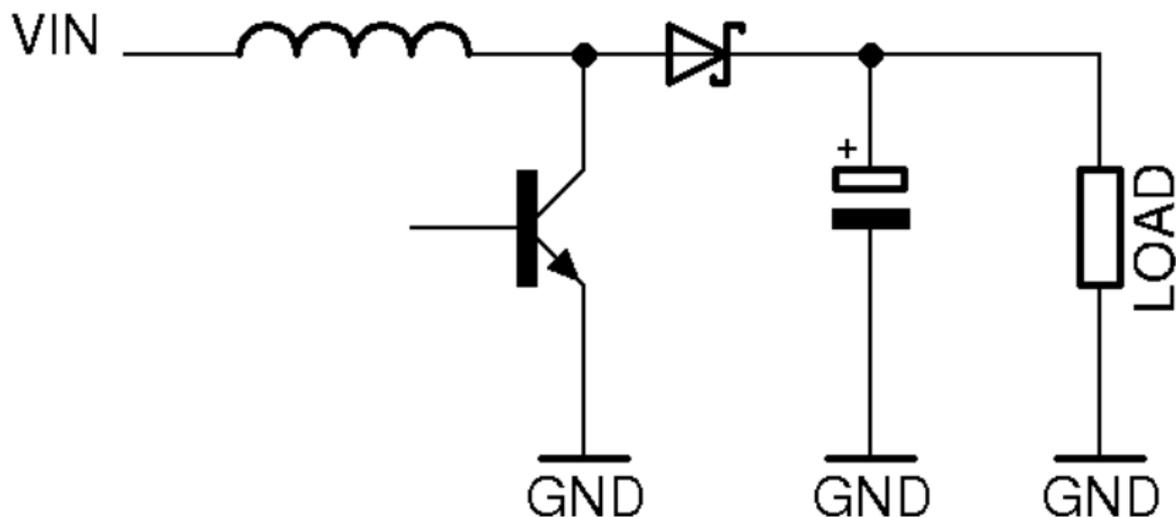
# Topologie di regolatori switching

Forward converter.



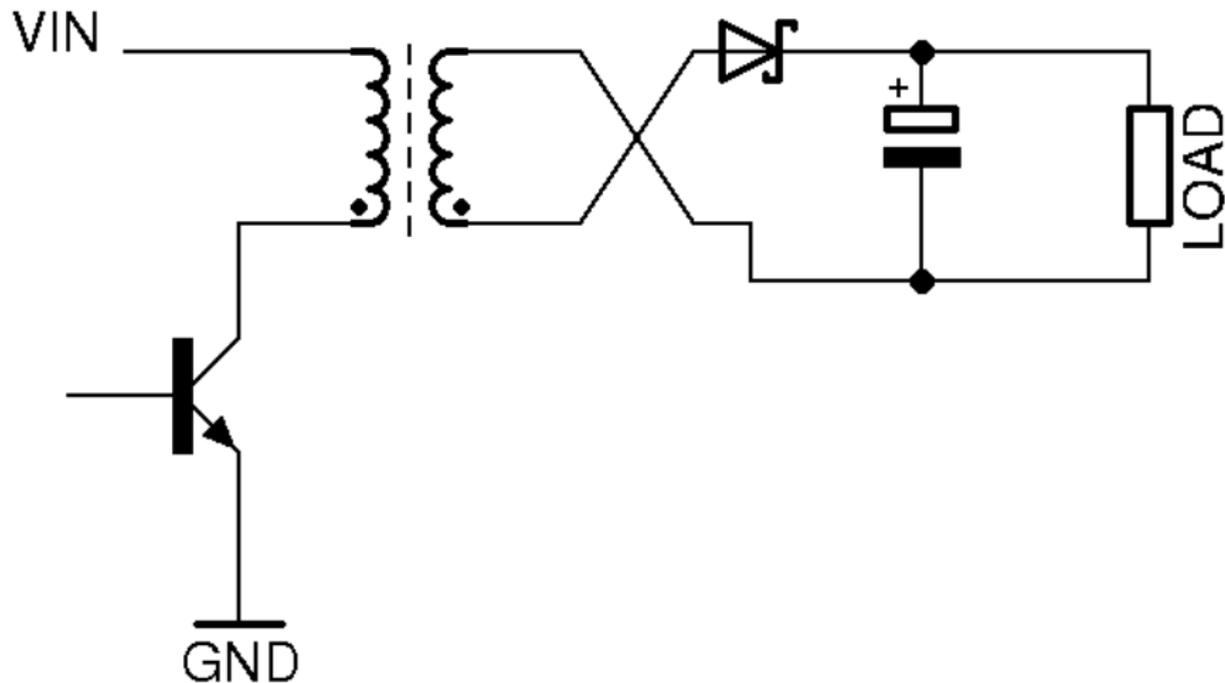
# Topologie di regolatori switching

Step-up boost.



# Topologie di regolatori switching

Flyback.



QUIZ: Qual è la topologia della joule thief vista finora?

# Un trasformatore più grosso

Prima cosa che serve: filo di rame.



## Magnet Wire, Enameled Copper, Green, 30 AWG (gauge),

Item condition: **New other (see details)**

Quantity:

4 available / 12 sold

Price: **US \$5.83**

**Buy It Now**

**Add to cart**

**5 watching**

[Add to watch list](#)

[Add to collection](#)

**Limited quantity remaining**

More than 75% sold

Longtime member

Shipping: **\$13.15** USPS First Class Mail Intl / First Class Package Intl Service | [See details](#)

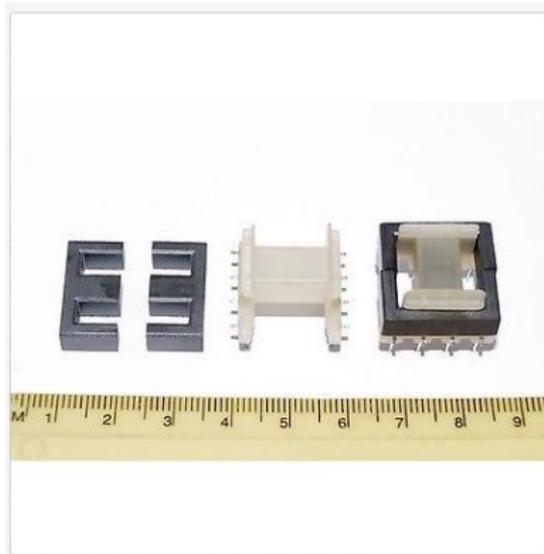
See details about international shipping here. ⓘ

Item location: **Salisbury, Maryland, United States**

Ships to: **Worldwide**

# Un trasformatore più grosso

Poi dei nuclei per trasformatori.



## E2005 E20 E EE Ferrite Cores (20mm x 5mm) transformer

Item condition: **New**

Quantity:

5 lots available (2 items per lot) / **43 sold**

Price: **US \$2.20**

**Buy It Now**

**Add to cart**

12 watching

[Add to watch list](#)

[Add to collection](#)

**43 sold**

More than 90% sold

Experienced seller

Shipping: **\$5.00** Standard Int'l Shipping | [See details](#)

Item location: EUROPE, Bulgaria

Ships to: Worldwide

Delivery: Estimated between **Fri. Sep. 4** and **Fri. Sep. 11**

Assicuratevi che sia specificato il materiale ferromagnetico (in questo caso N67) che vi servirà per calcolare la corrente di saturazione.

# Un trasformatore più grosso

Caratteristiche del nucleo magnetico:

$A_L = 1400nH$  (inductance factor)

$A_e = 25e - 6m^2$  (sezione del circuito magnetico)

$B_s = 0.38T @100^\circ C$  (campo magnetico che causa saturazione)

# Un trasformatore più grosso

Caratteristiche del nucleo magnetico:

$A_L = 1400nH$  (inductance factor)

$A_e = 25e - 6m^2$  (sezione del circuito magnetico)

$B_s = 0.38T @100^\circ C$  (campo magnetico che causa saturazione)

Requisiti del primario del trasformatore:

Induttanza: circa  $9\mu H$

Corrente massima: almeno  $9A$  ( $10W/4.5V \cdot 4 = 8.9A$ )

# Un trasformatore più grosso

Caratteristiche del nucleo magnetico:

$A_L = 1400nH$  (inductance factor)

$A_e = 25e - 6m^2$  (sezione del circuito magnetico)

$B_s = 0.38T @100^\circ C$  (campo magnetico che causa saturazione)

Requisiti del primario del trasformatore:

Induttanza: circa  $9\mu H$

Corrente massima: almeno  $9A$  ( $10W/4.5V \cdot 4 = 8.9A$ )

$$n = \sqrt{L/A_L} = \sqrt{9e - 6/1400e - 9} = 2.5 \quad (2)$$

$$I_{max} = \frac{B_s A_e}{n A_L} = \frac{0.38 \cdot 25e - 6}{2.5 \cdot 1400e - 9} = 2.7A \quad (3)$$

Problema: la corrente massima è minore di quella richiesta: che fare?

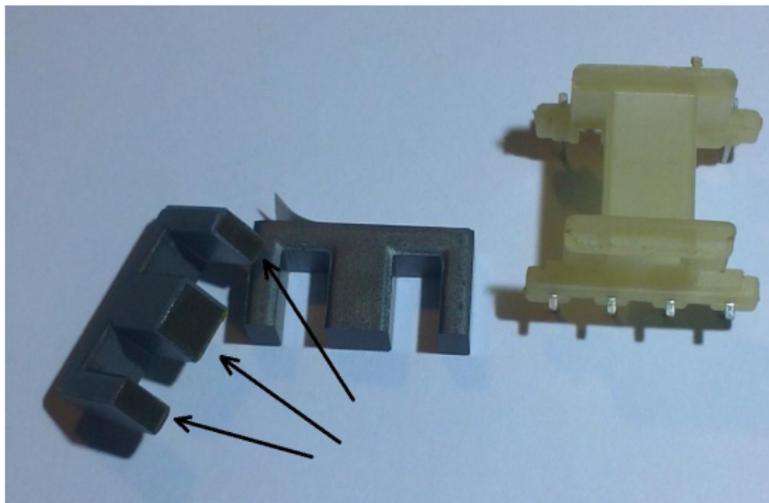
# Mi faccio un air gap tutto mio

I nuclei per convertitori flyback hanno un *air gap* per ridurre  $A_L$  e incrementare la corrente massima.

# Mi faccio un air gap tutto mio

I nuclei per convertitori flyback hanno un *air gap* per ridurre  $A_L$  e incrementare la corrente massima.

Nessuno ha detto che il gap deve essere di aria, un qualunque materiale non ferromagnetico va bene.



Basta applicare 3 strati di nastro in kapton alle gambe del nucleo.  
Però, come misurare  $A_L$ ?

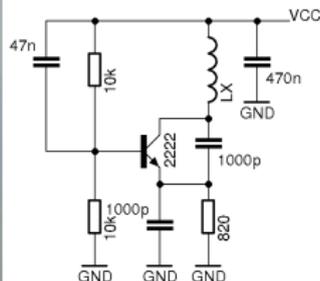
# Misurare $A_L$

Per misurare  $A_L$  si può avvolgere qualche spira attorno al nucleo, e misurare l'induttanza, da lì si trova  $A_L$ .

# Misurare $A_L$

Per misurare  $A_L$  si può avvolgere qualche spira attorno al nucleo, e misurare l'induttanza, da lì si trova  $A_L$ .

Se non avete un induttanzimetro basta costruire un oscillatore colpitts.



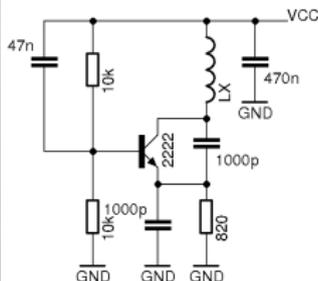
Un frequenzimetro è più facile da reperire di un induttanzimetro.

Misurando la frequenza l'induttanza è  $L[\mu H] = 53/f^2[MHz]$

# Misurare $A_L$

Per misurare  $A_L$  si può avvolgere qualche spira attorno al nucleo, e misurare l'induttanza, da lì si trova  $A_L$ .

Se non avete un induttanzimetro basta costruire un oscillatore colpitts.



Un frequenzimetro è più facile da reperire di un induttanzimetro.

Misurando la frequenza l'induttanza è  $L[\mu H] = 53/f^2[MHz]$

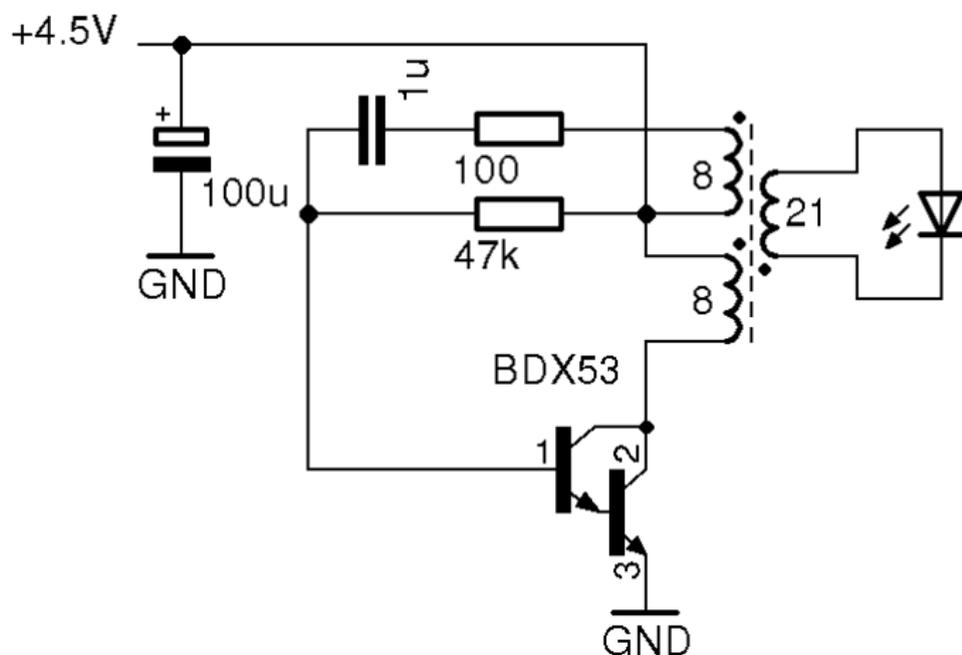
Con tre strati  $A_L$  si è ridotta da  $1400\mu H$  a  $156\mu H$ .

$$n = \sqrt{L/A_L} = \sqrt{9e-6/156e-9} = 7.5 \quad (4)$$

$$I_{max} = \frac{B_s A_e}{n A_L} = \frac{0.38 \cdot 25e-6}{7.5 \cdot 156e-9} = 8A \quad (5)$$

# Una joule thief più grossa

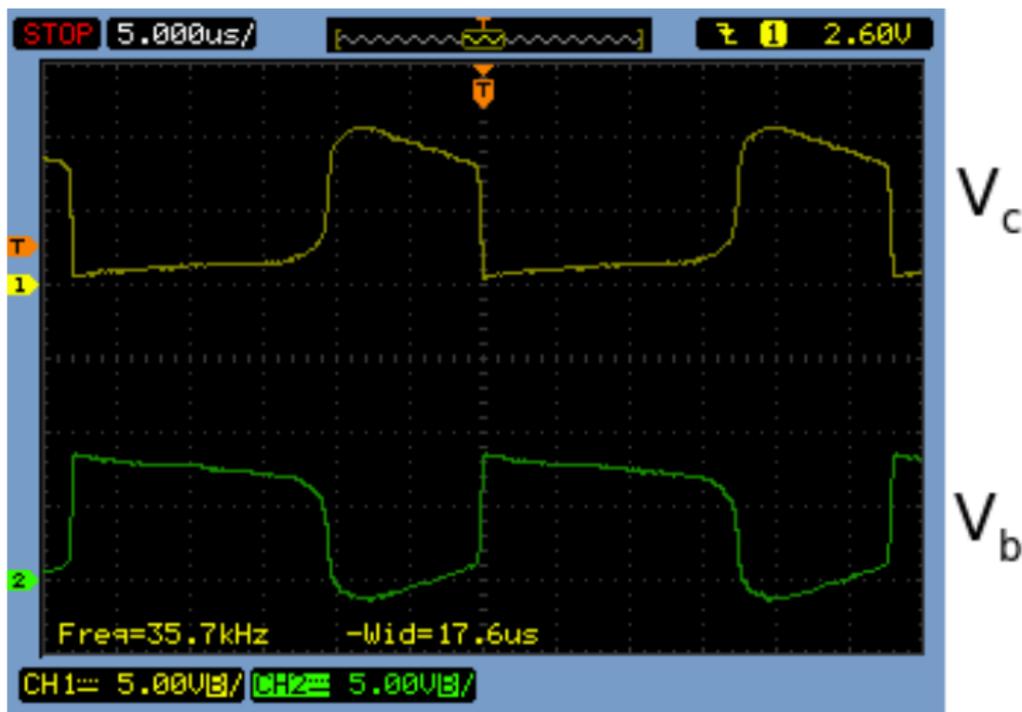
Versione 0.2 del circuito.



Funziona, ma la potenza misurata al LED è solo 4W, e l'efficienza è del ~ 55%.

# Una joule thief più grossa

QUIZ: dove si sta perdendo potenza?



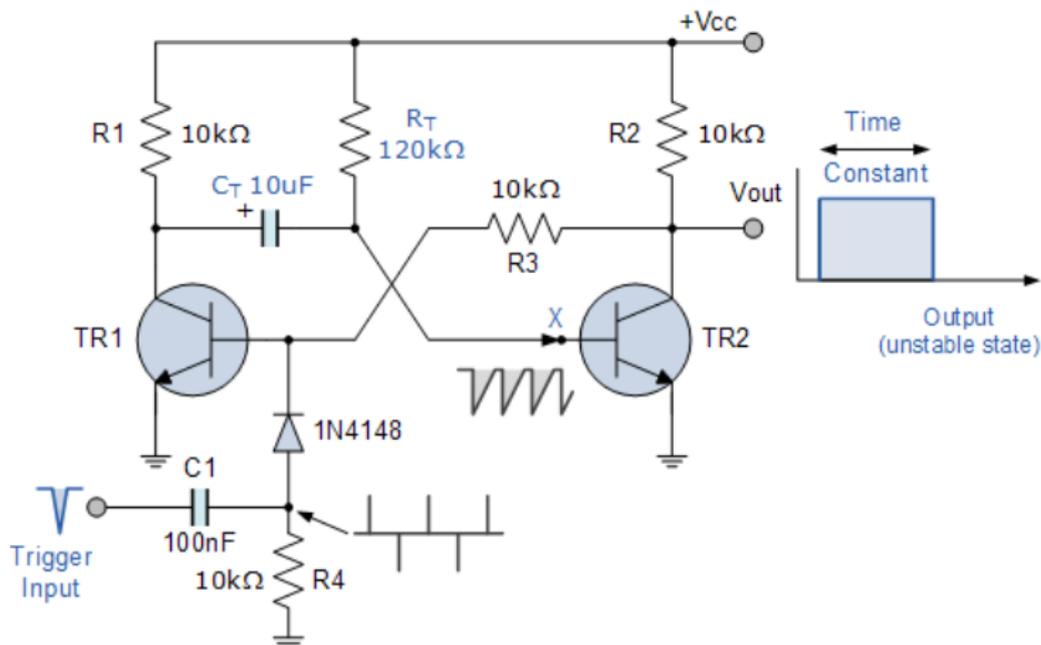
# Una joule thief più grossa

Dove si sta perdendo potenza? Nella  $V_{ce}$  del transistor.



# Una joule thief più grossa

Per usare un MOSFET invece che un BJT ho preso spunto dal monostabile a transistor.

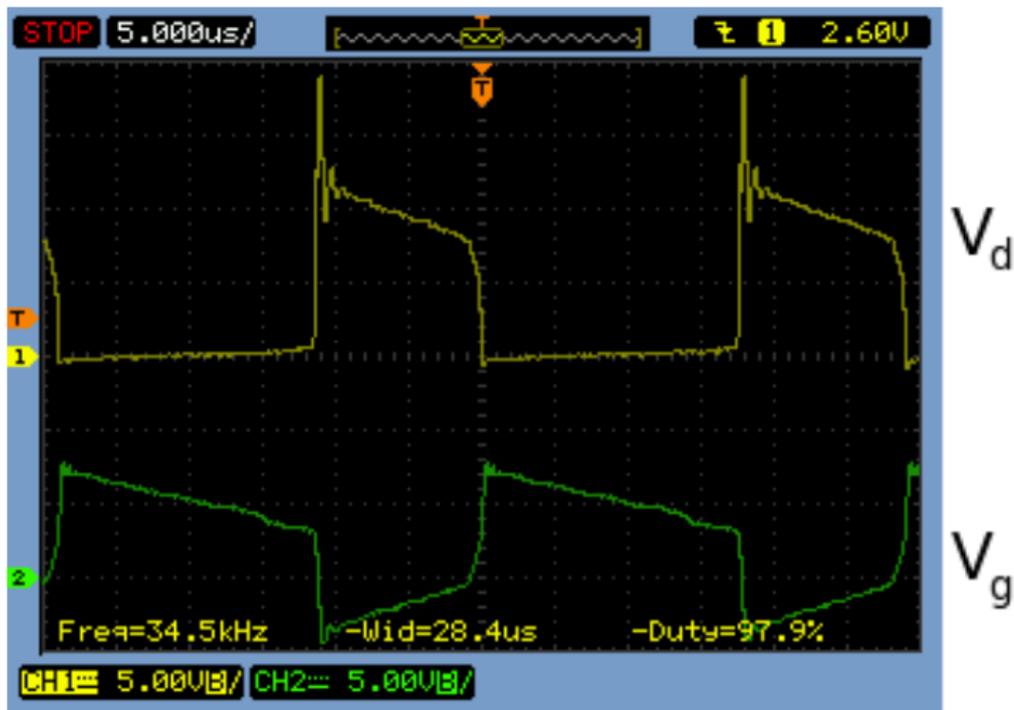


<http://www.electronics-tutorials.ws/waveforms/monostable.html>



# Una joule thief più grossa

Potenza misurata al LED 10.4W, efficienza  $\sim 77\%$ !



# Test della torcia - curve di scarica

