



#004i: Progetto completo con [PCBway](#)

“Sonda di corrente Alta frequenza”

di PIER-ALESSANDRO AISA

Introduzione

Questo articolo riporta il progetto completo realizzato con [PCBway](#) di una sonda di corrente per oscilloscopio, che possa operare ad alta frequenza, a basso costo. Tipicamente le sonde commerciali arrivano fino a frequenze di 60-120MHz, ma costano dai 4.000 euro in su. Questo oggetto è particolarmente utile a chi sviluppa alimentatori switching, per le alte frequenze e le alte correnti in gioco.

L'articolo è organizzato in queste sezioni:

- Principio di misura
- Dimensionamento
- Sbroglio del circuito stampato
- Ordine a [PCBway](#) di 10 prototipi in fast prototyping
- Montaggio
- Circuito di test
- Test del primo prototipo [PCBway](#) e misure

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Il principio di funzionamento di questa sonda in corrente, si basa sull'induzione elettromagnetica prodotta dal conduttore di cui si vuole misurare la corrente. Per acquisire la corrente in maniera precisa ad alta frequenza, senza distorsione e non introdurre delle perdite di inserzione, si utilizza come elemento principale un nucleo magnetico con le seguenti proprietà:

- **Bassa permeabilità magnetica.** E' definita come il rapporto tra l'induzione magnetica prodotta a parità di campo magnetico al fine di poter realizzare un trasduttore che possa leggere anche correnti elevate senza saturare il nucleo magnetico
- **Alta precisione.** Il coefficiente AL del materiale è stabile in temperatura e bassa tolleranza, in modo che il valore di induttanza secondaria di misura ottenuta sia preciso
- **Ingombro ridotto.** Al fine di poter rendere facilmente trasportabile l'oggetto

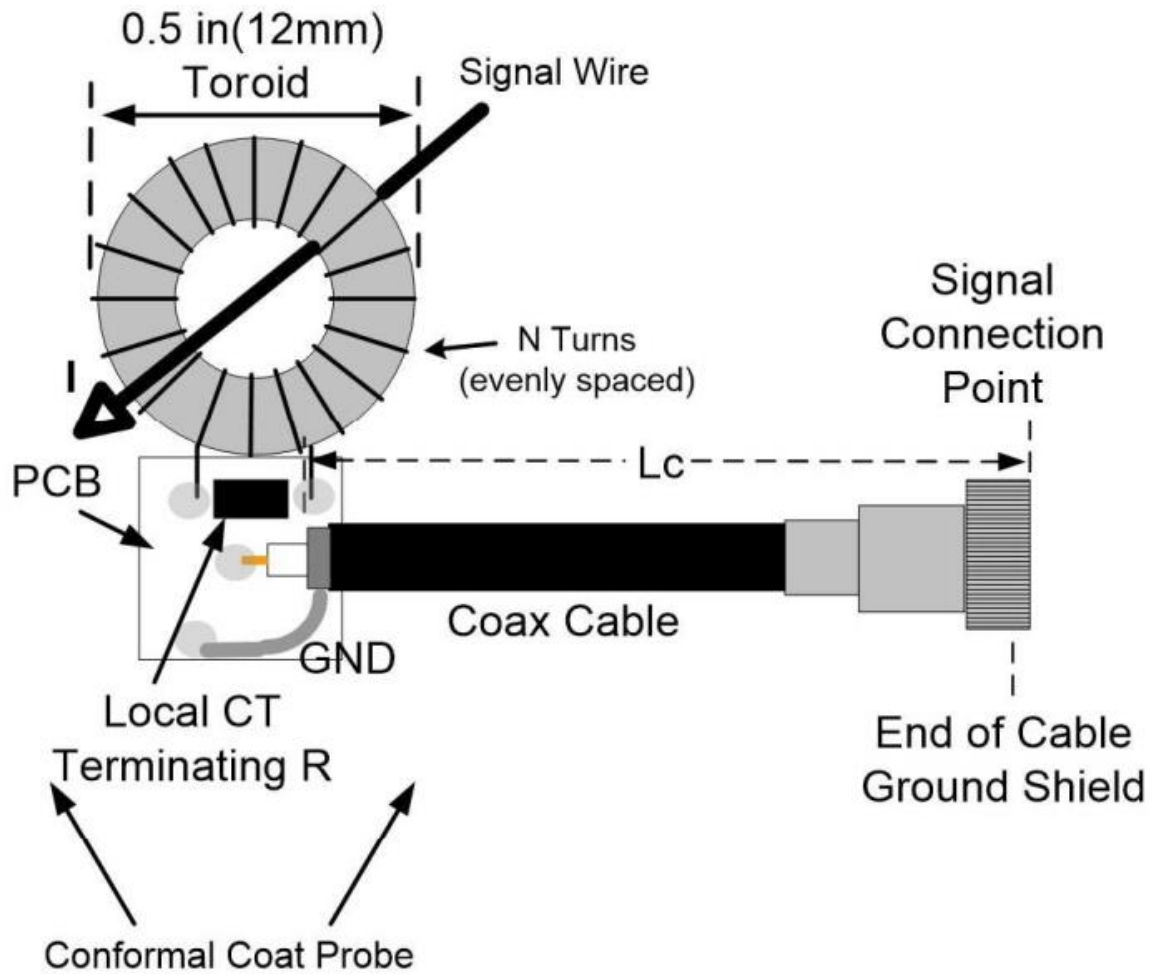


Figura 1: Principio di funzionamento della sonda in corrente

DIMENSIONAMENTO

Al fine di ottenere un rapporto di trasduzione che dia 1 Volt per ogni Ampere letto, si utilizzano le seguenti formule.

La corrente al secondario di lettura è pari a:

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{n_1}{n_2} \quad (1)$$

La tensione in uscita dalla sonda equivale al prodotto della corrente di secondario per la resistenza di terminazione

$$V_{OUT} = R_T \cdot I_2 \quad (2)$$

Sostituendo la (1) in (2)

$$V_{OUT} = R_T \cdot I_1 \cdot \frac{n_1}{n_2} \quad (3)$$

Tipicamente a seconda del fondo scala che si vuole adottare cambia il rapporto spire come segue: 1/100 per fondo scala 1 A, 1/50 per fondo scala 20 A e 1 / 25 per fondo scala 10 A. Nel nostro caso si seleziona 1 /25.

Se si impone $n_1 = 1$, $n_2 = 25$ e 1 Volt letto per ogni Ampere misurato e si esprime la (3) per ottenere R_T

$$R_T = \frac{V_{OUT}}{I_1} \cdot \frac{n_1}{n_2} = \frac{25}{1} \cdot \frac{1V}{1A} = 25 \Omega \quad (4)$$

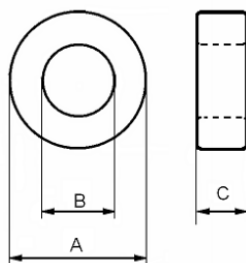
Calcolo del valore di induttanza:

$$L = A_L \cdot n^2 = 56 \frac{nH}{T^2} \cdot 25^2 = 34,9 \mu H \quad (5)$$



C055050A2

110 Delta Drive
Pittsburgh, PA 15238
NAFTA Sales: (1)800-245-3984
HK Sales : (852)3102-9337
magnetics@spang.com
www.mag-inc.com

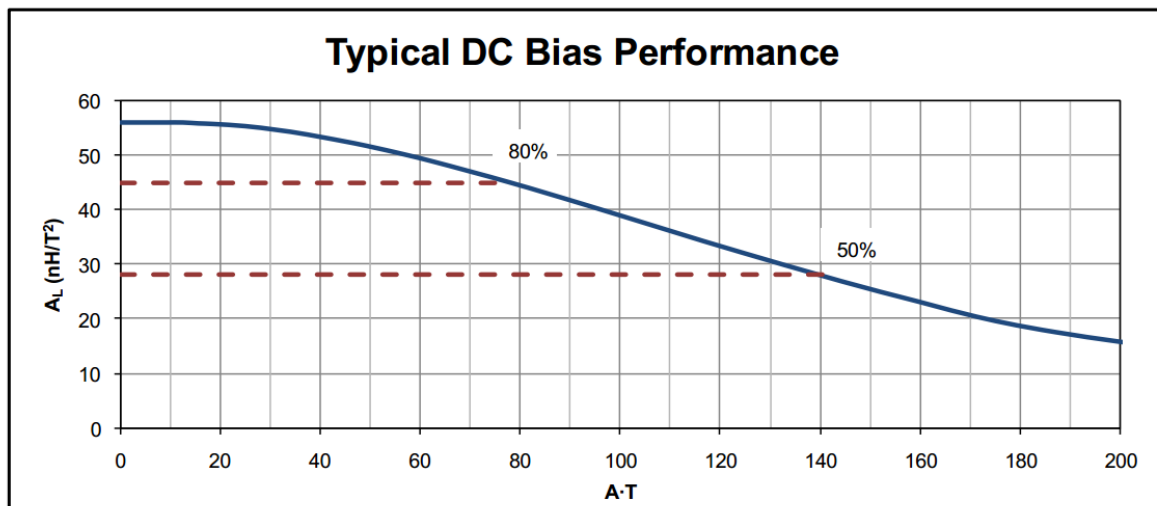


MPP Permeability (μ)	A _L (nH/T ²)	Core Marking			Coating Color
		Lot Number	Part Number	Inductance Grade	
125	56 ± 8%	XXXXXX	050A2	X	Gray

Dimensions	Uncoated		Coated Limits		Packaging
	(mm)	(in)	(mm)	(in)	
OD (A)	12.7	0.500	13.5	0.530	Bulk Pack 4 bags/box Box Qty= 5000 pcs
ID (B)	7.62	0.300	6.98	0.275	
HT (C)	4.75	0.187	5.52	0.217	

Electrical Characteristics			Physical Characteristics						
Watt Loss @ 100 kHz, 100mT max(mW/cm ³)	DC Bias min (A·T/cm)		Voltage Breakdown wire to wire min (V _{AC})	Break Strength min (kg)	Window Area W _A (mm ²)	Cross Section A _e (mm ²)	Path Length L _e (mm)	Volume V _e (mm ³)	Weight (g)
950	80%	50%	1000	8.6	38.3	10.9	31.2	340	3.1
	19.8	38.5							

Winding Information						Temperature Rating	
Winding Length Per Turn				Wound Coil Dimensions (mm)		Curie Temp: 460 °C	
Winding Factor	(mm)	Winding Factor	(mm)			Coating Temp (Continuous up to): 200 °C	
				Maximum OD (70%)	18.2	Notes:	
0%	17.5	40%	21.1	Maximum HT (70%)	11.5		
20%	19.3	45%	21.7	Surface Area (mm²)			
25%	19.8	50%	22.1				
30%	20.1	60%	23.2				
35%	20.7	70%	24.5	Unwound Core	561		
				40% Winding Factor	813		



REALIZZAZIONE PROTOTIPO SU PIASTRA MILLEFORI

Prima di procedere allo sbroglio del circuito si è provveduto a realizzare un prototipo su basetta millefori. Si è provveduto a utilizzare un contenitore plastico per il contenimento della sonda ed un cavo RG58 con impedenza 50 ohm per la connessione con l'oscilloscopio.

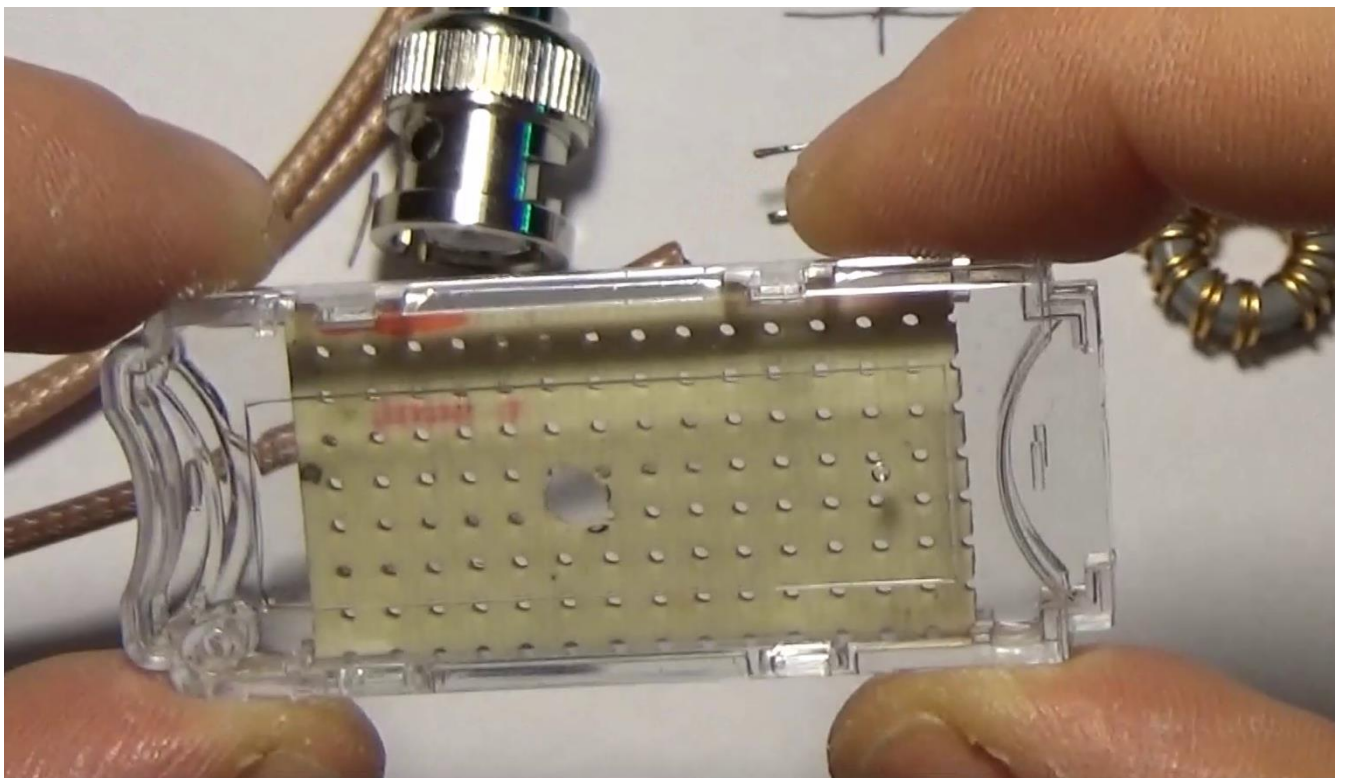


Figura 2: Prototipo realizzato su basetta millefori

SBROGLIO CIRCUITO STAMPATO

Per lo sbroglio è stato usato l'ambiente Altium

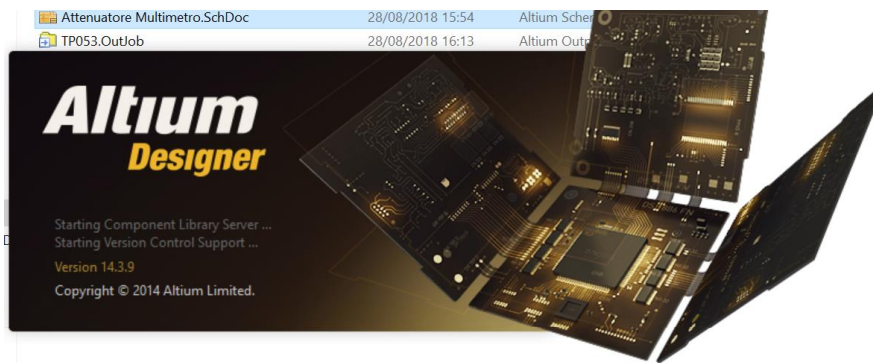


Figura 3 : Ambiente di sbroglio Altium

Il circuito stampato è stato realizzato per il montaggio della resistenza di terminazione RT in package SMD, ma è anche possibile il montaggio della resistenza in PTH sfruttando le piazzole disponibili.

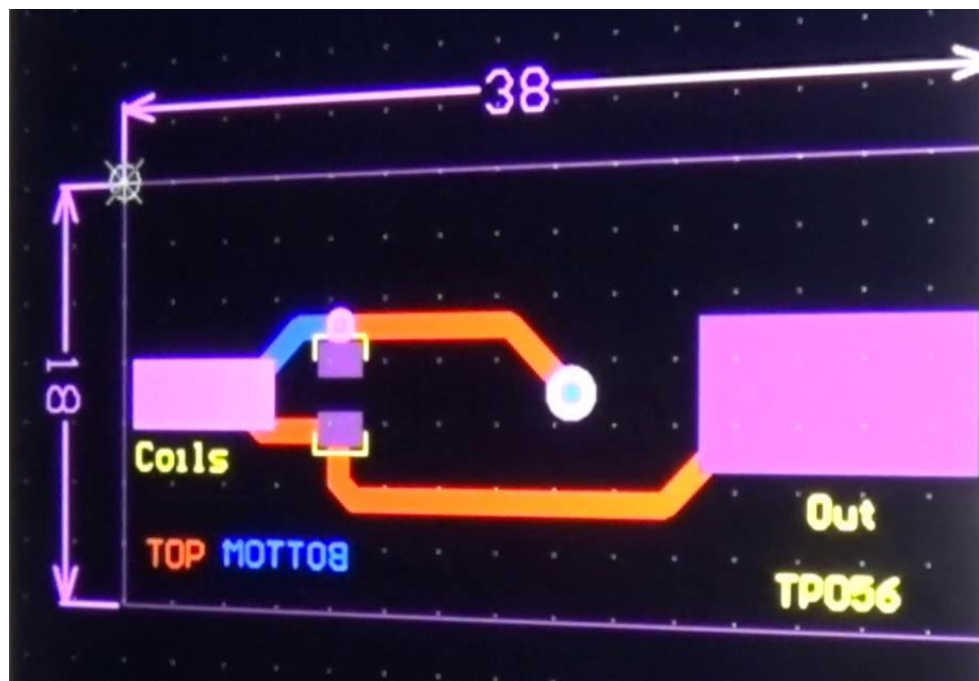


Figura 4: Sbroglio sonda in corrente

ANALISI DEI CIRCUITI STAMPATI RICEVUTI da [PCBway](#)

Vorrei sottolineare la rapidità con cui sono stati prodotti e spediti i circuiti stampati da [PCBway](#). In 4 giorni dall'ordine ho ricevuto i circuiti stampati. Secondo me il tempo tipico è di 7 giorni lavorativi, poi in alcuni casi fortunati può essere anche ridotto. La qualità dei PCB, secondo me trattandosi di prototipi è assolutamente accettabile. Le foto seguenti sono state eseguite tramite microscopio USB e rappresentano i punti principali dove si può valutare la qualità del processo, come vias, fori, serigrafia, silkscreen, centratura.

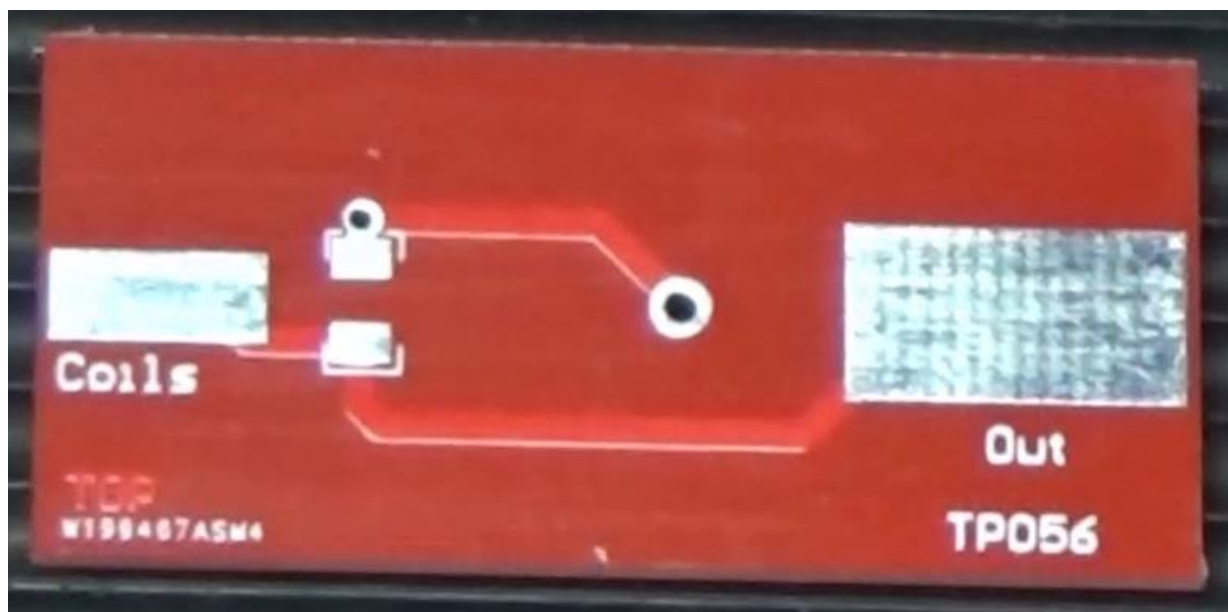


Figura 5: Primi prototipi ricevuti da [PCBway](#) lato TOP



Figura 6: Primi prototipi ricevuti da [PCBway](#) lato BOTTOM

MONTAGGIO e DEL PRIMO PROTOTIPO

Per ottenere un valore preciso della resistenza di terminazione è stata usata la serie di due resistenze con valori 21.76 ohm e 3.3 ohm , ottenendo una resistenza misurata di 25.06 ohm.

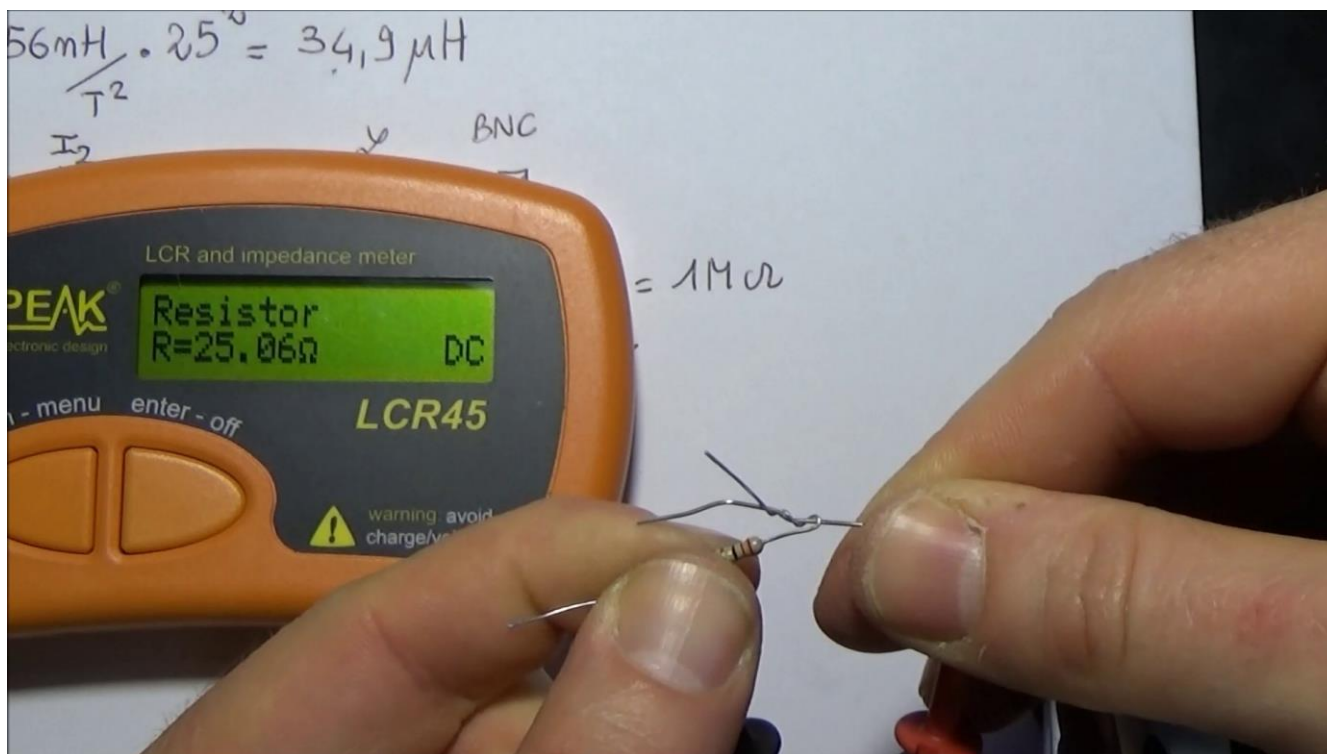


Figura 7: Creazione resistenza di terminazione R_T

Poi si è proceduto alla saldatura su PCB [PCBway](#) del toroide, delle resistenze e del cavo coassiale RG58.



Figura 8: Montaggio primo prototipo [PCBway](#)

COLLAUDO DEL PRIMO PROTOTIPO

Per il test del prototipo è stato impiegato un MOSFET veloce IRPFZ44, in grado di switchare a frequenze di qualche centinaio di KHz correnti fino a 5 Ampere. Il circuito è pilotato da un generatore di finzione Agilent 332210A.

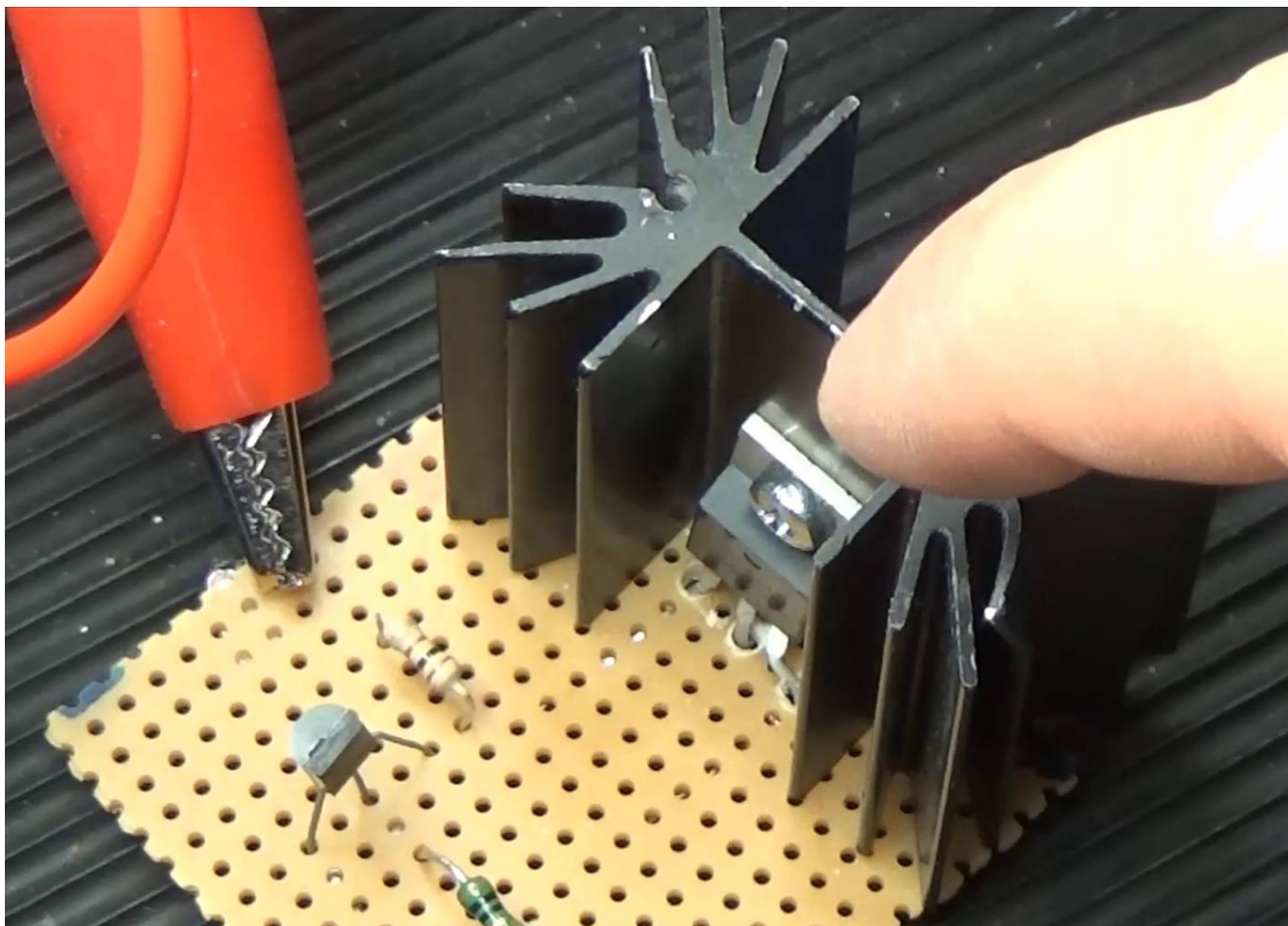


Figura 9: Circuito di test



Figura 8: Generatore di funzione Agilent 33120A

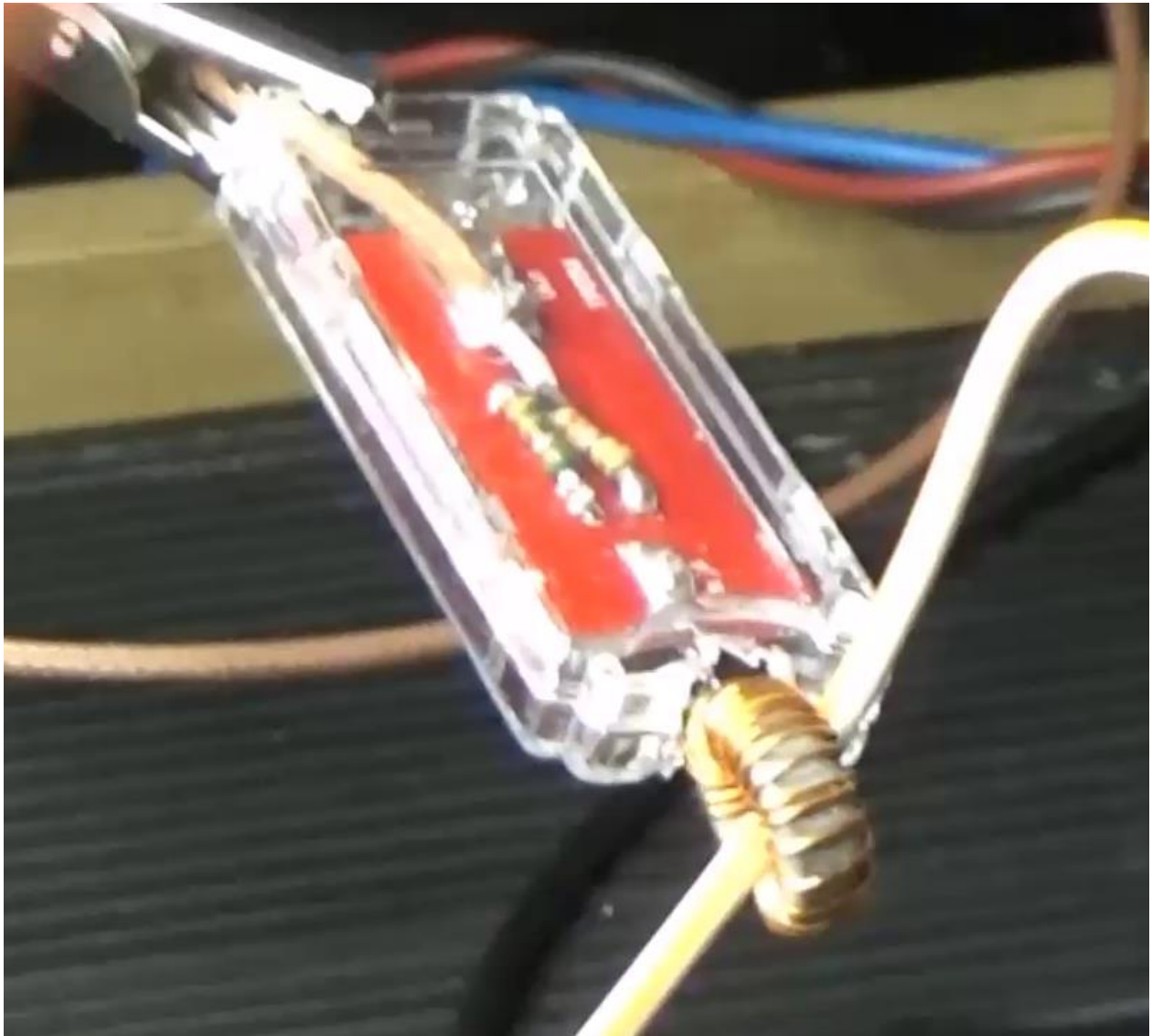


Figura 9: Setup per misura di una corrente di test della sonda realizzata con [PCBway](#)

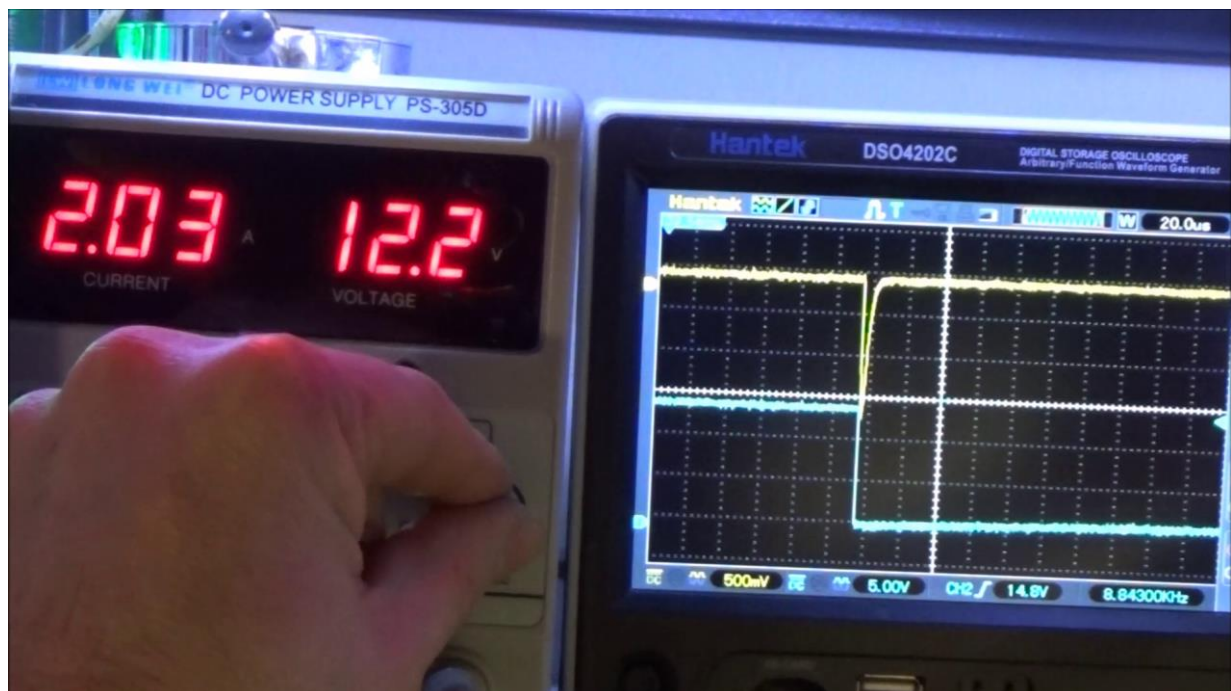
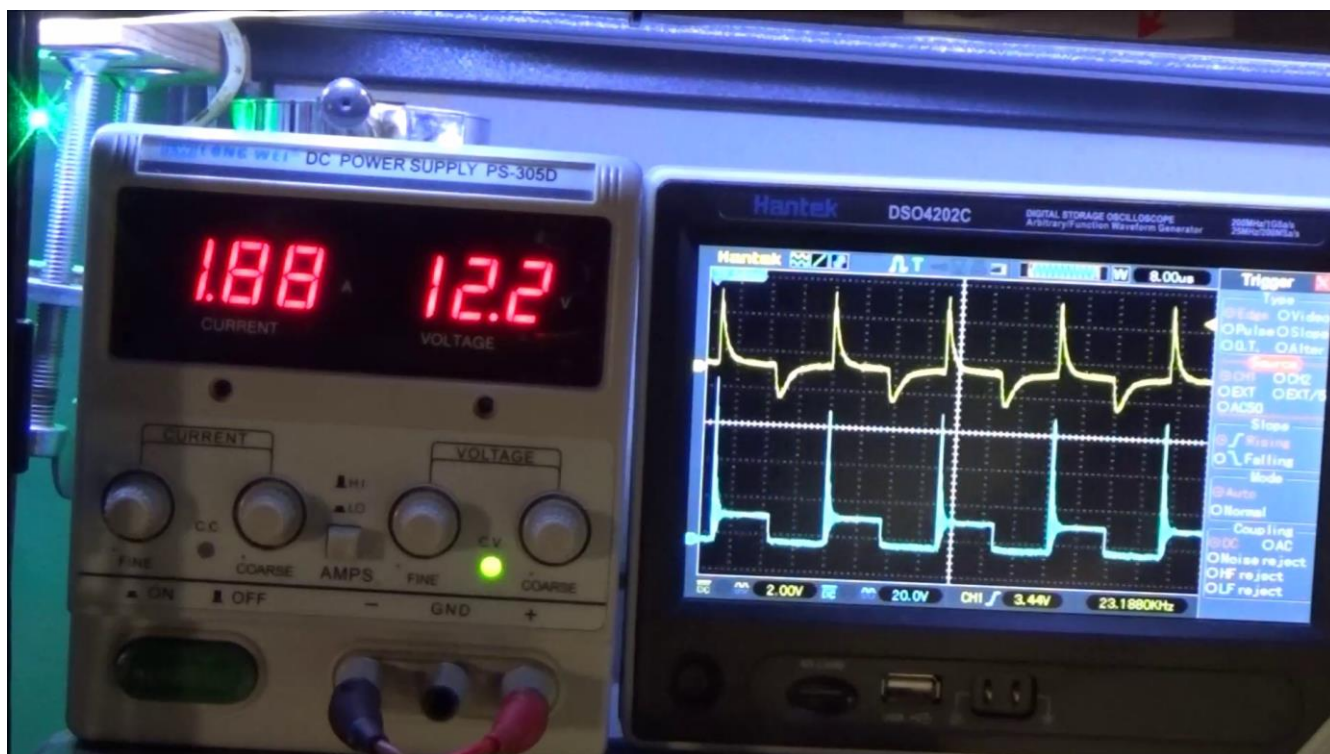


Figura 10: TEST#1: di una corrente di con valore 1,5 A e frequenza 1KHz



Figura

Figura 11: TEST#2: Misura di una corrente di con valore 2 A e frequenza 50KHz



Figura 12: TEST#3: Misura di una corrente di con valore 2 A e frequenza 100KHz

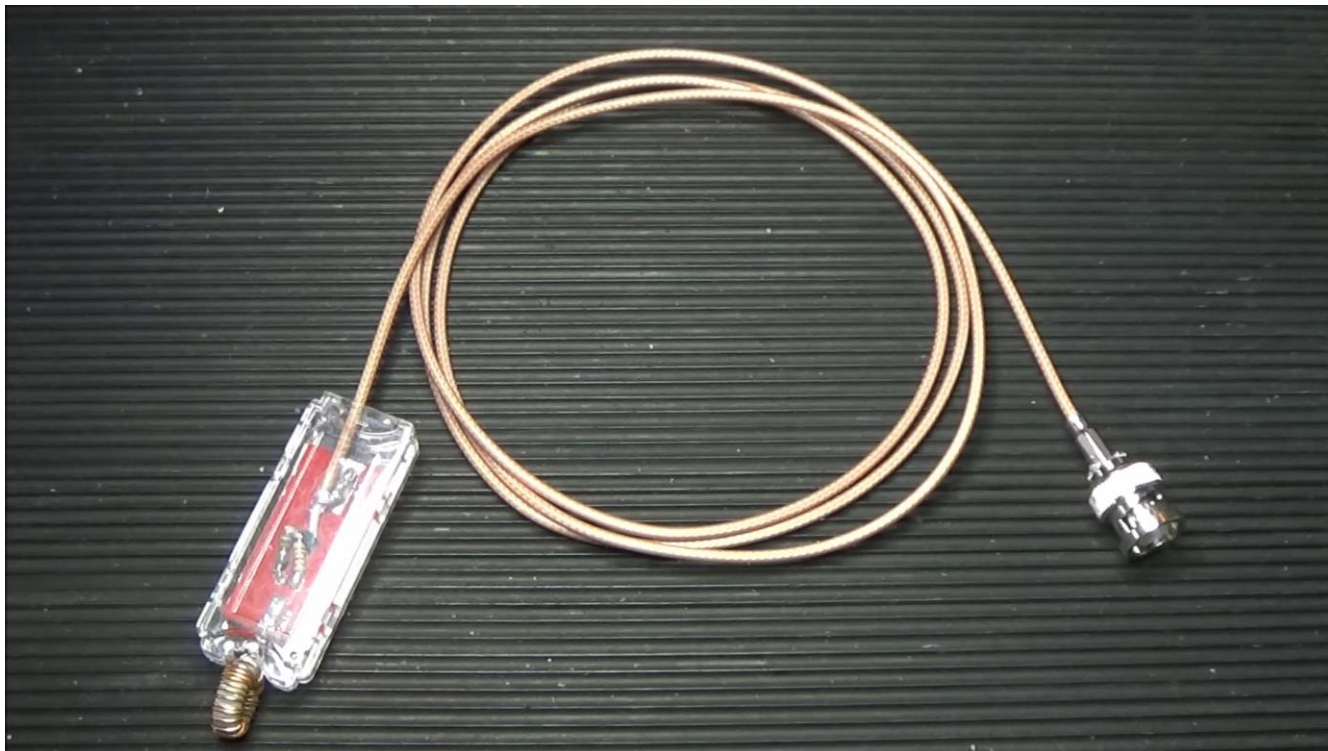


Figura 13: Montaggio completo della sonda in corrente realizzata con [PCBway](#)