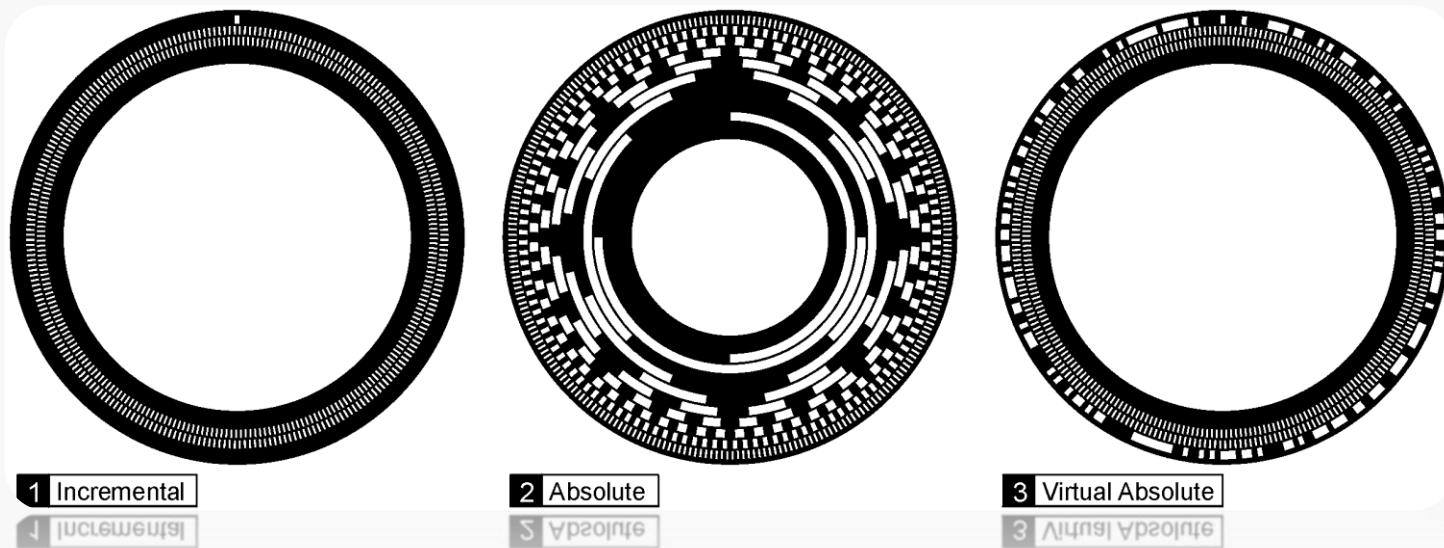




Seduta in Laboratorio: Encoder



Corso di misure meccaniche e termiche

A.A. 2022/2023

Slides a cura di Bernardo Lanza & Mariolino De Cecco

Sequenza operazioni

1. Assemblaggio dei sensori e emettitori dell'encoder
2. Costruzione del circuito per alimentare la coppia Emettitore-Sensore
3. Montaggio e collegamento encoder di riferimento
4. Impostazioni e raccolta dati durante la fase operativa



Da fare in laboratorio

Cosa	Come	Priorità
Assemblare meccanicamente coppie LED-fototransistor	Cercare di fare in modo che risultino sfasate di circa 90°	Altissima
Costruire i 4 circuiti di alimentazione e condizionamento	2 circuiti per accendere i LED 2 circuiti per leggere la potenza luminosa che incide sui fototransistor	Altissima
Connettere gli encoders all'oscilloscopio	Sia quello di vostra realizzazione che quello di riferimento per un totale di 4 canali	Altissima
Muovere a mano l'albero, osservare i segnali e mettere a punto encoder	Mettere a punto lo sfasamento di 90° tra i due canali e le ampiezze in modo che siano il più possibile uguali	Altissima
Mettere a punto oscilloscopio	In modo che alla velocità maggiore acquisisca almeno 100 campioni nel periodo dell'encoder di riferimento	Altissima
Registrare alcune sequenze di moto	2-3 sequenze a velocità di verse (tutti e 4 i canali)	Alta
Cambiare maschera mobile (diversa risoluzione)	Smontare e rimontare	Alta
Registrare alcune sequenze di moto	2-3 sequenze a velocità di verse (tutti e 4 i canali)	Alta

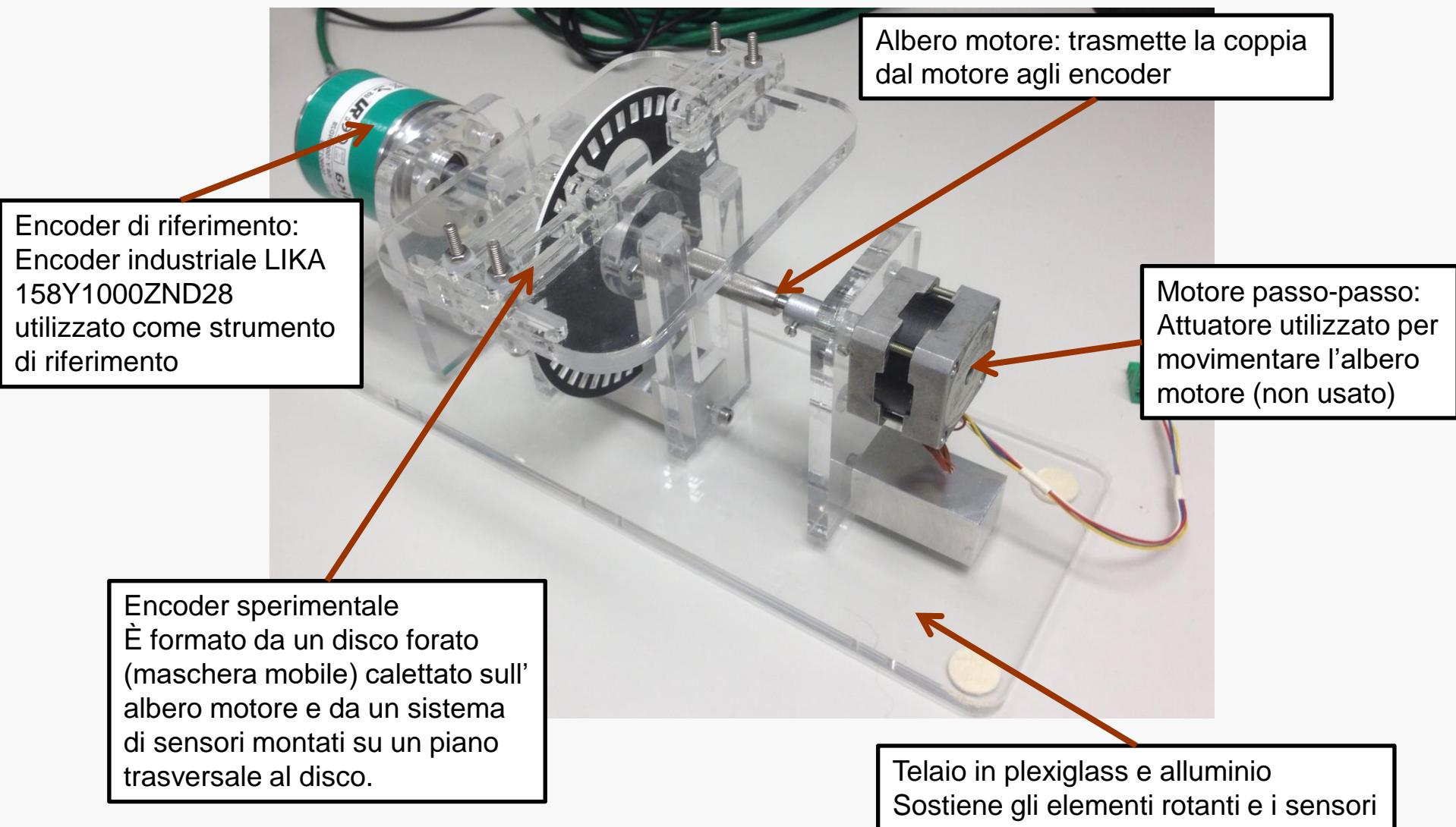
Da fare a casa

Cosa	Come	Priorità
Caricare segnale in Matlab		Altissima
Convertire i segnali dei due canali sfasati di 90° in due treni d'onde quadre		Altissima
Applicare il conteggio basato su ogni fronte d'onda (Convertire il conteggio funzione del tempo in angolo per entrambi gli encoders)	Sia per l'encoder da voi costruito che per quello di riferimento. Per ogni coppia fronte si ha un incremento di $\lambda/4 = 90^\circ = \text{risoluzione}/4$ (Confrontare gli andamenti angolari dell'encoder da voi costruito con quelli forniti dall'encoder di riferimento)	Altissima
Calcolare e confrontare le velocità	Confrontare gli andamenti di velocità dell'encoder da voi costruito con quelli forniti dall'encoder di riferimento	Altissima
Calcolo residui	Differenza tra andamento fornito da encoder da voi costruito rispetto ad andamento fornito dal riferimento	Altissima
Analisi statistica residui	Deviazione standard, media, etc	Altissima
Analisi in frequenza	Spettro dei due segnali e confronto Spettro dei residui	Altissima

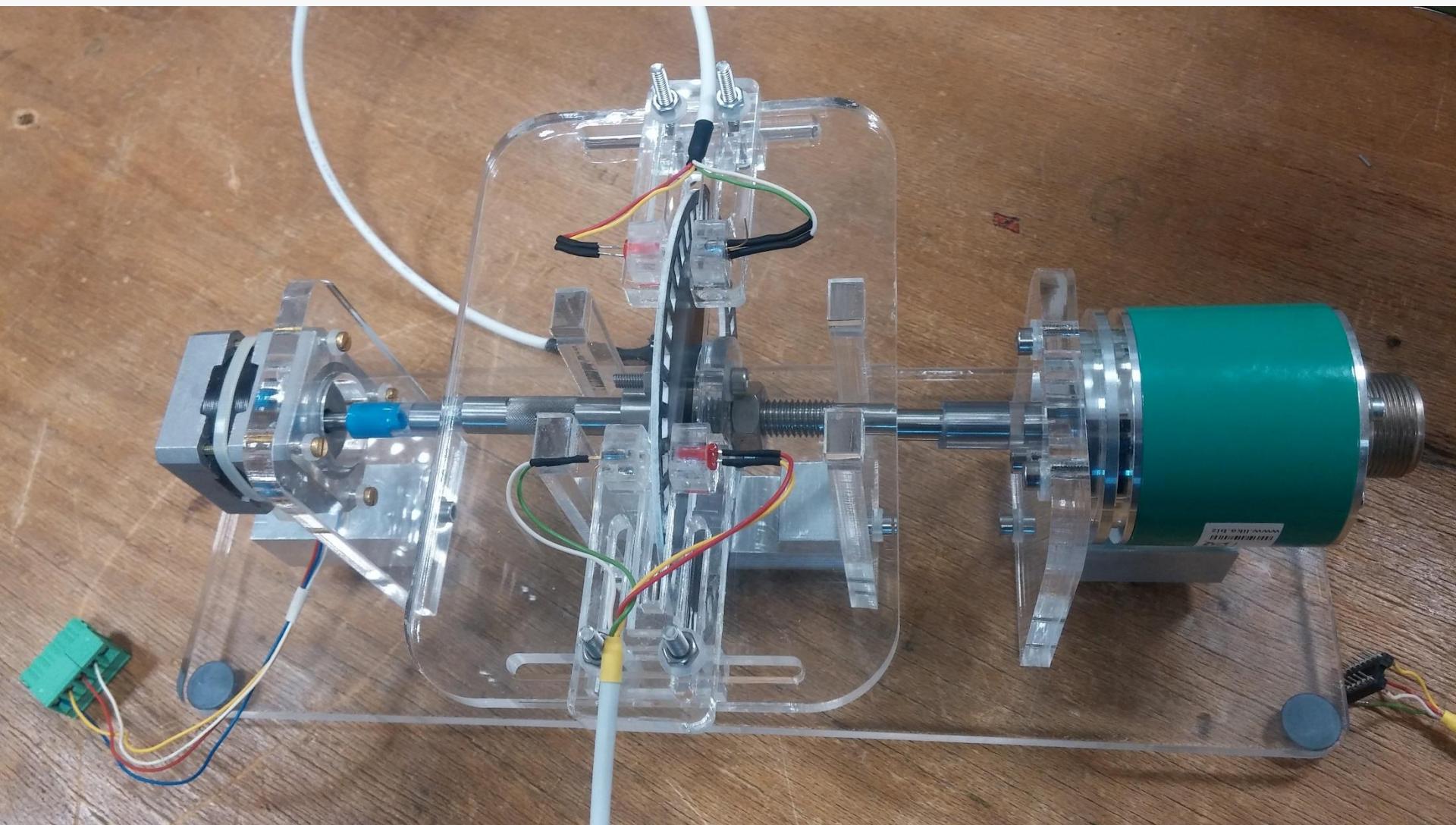
Da fare a casa

Cosa	Come	Priorità
Interpolazione per incremento risoluzione	Interpolare allo stesso passo dell'encoder di riferimento: interpolare l'encoder da voi costruito in corrispondenza di ogni istante di transizione dell'encoder di riferimento	Alta
Confronto andamento angolare	Plot	Alta
Confronto andamento di velocità angolare	Plot	Alta
Calcolo residui	Differenza tra andamento fornito da encoder da voi costruito rispetto ad andamento fornito dal riferimento	Alta
Analisi statistica residui	Deviazione standard, media, etc	Alta
Analisi in frequenza residui	Spettro	Alta

Il banco di lavoro

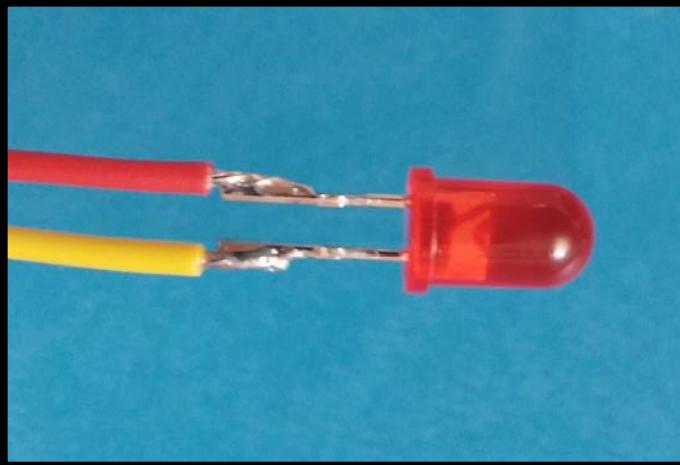
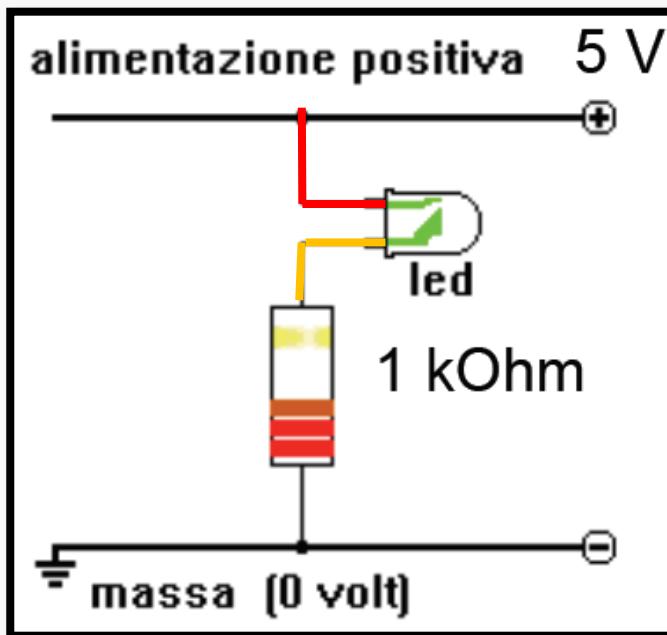
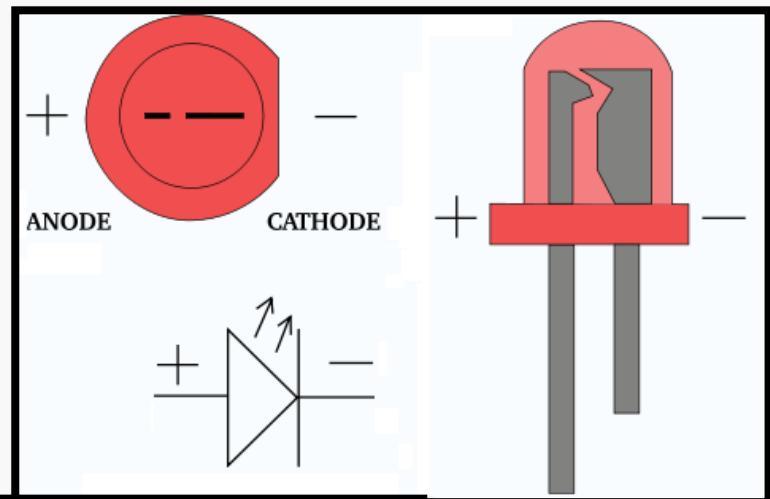


Il banco di lavoro



Emettitore: LED

- Light Emitting device
 - rosso: anodo (+)
 - giallo: catodo (-)



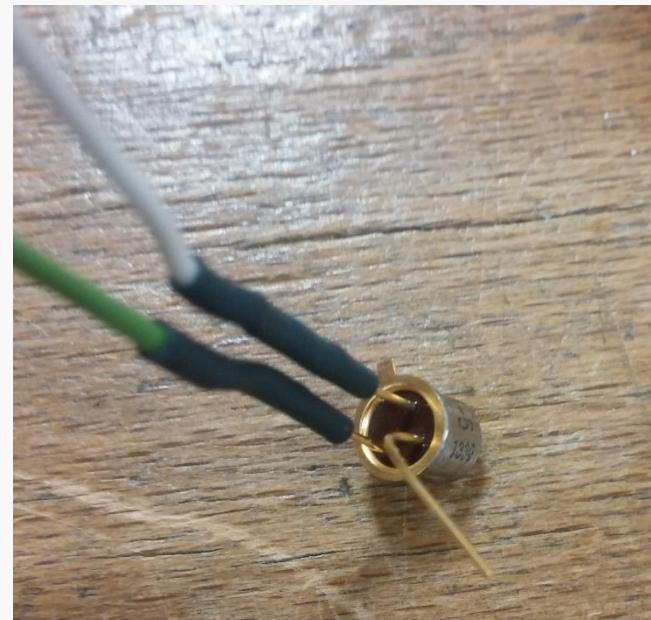
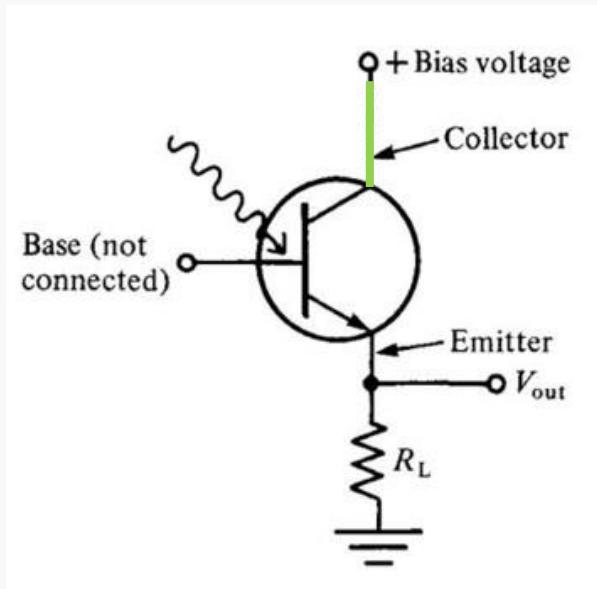
Sensore luminoso: fototransistor

- La corrente tra collettore ed emettitore è proporzionale all'intensità luminosa.

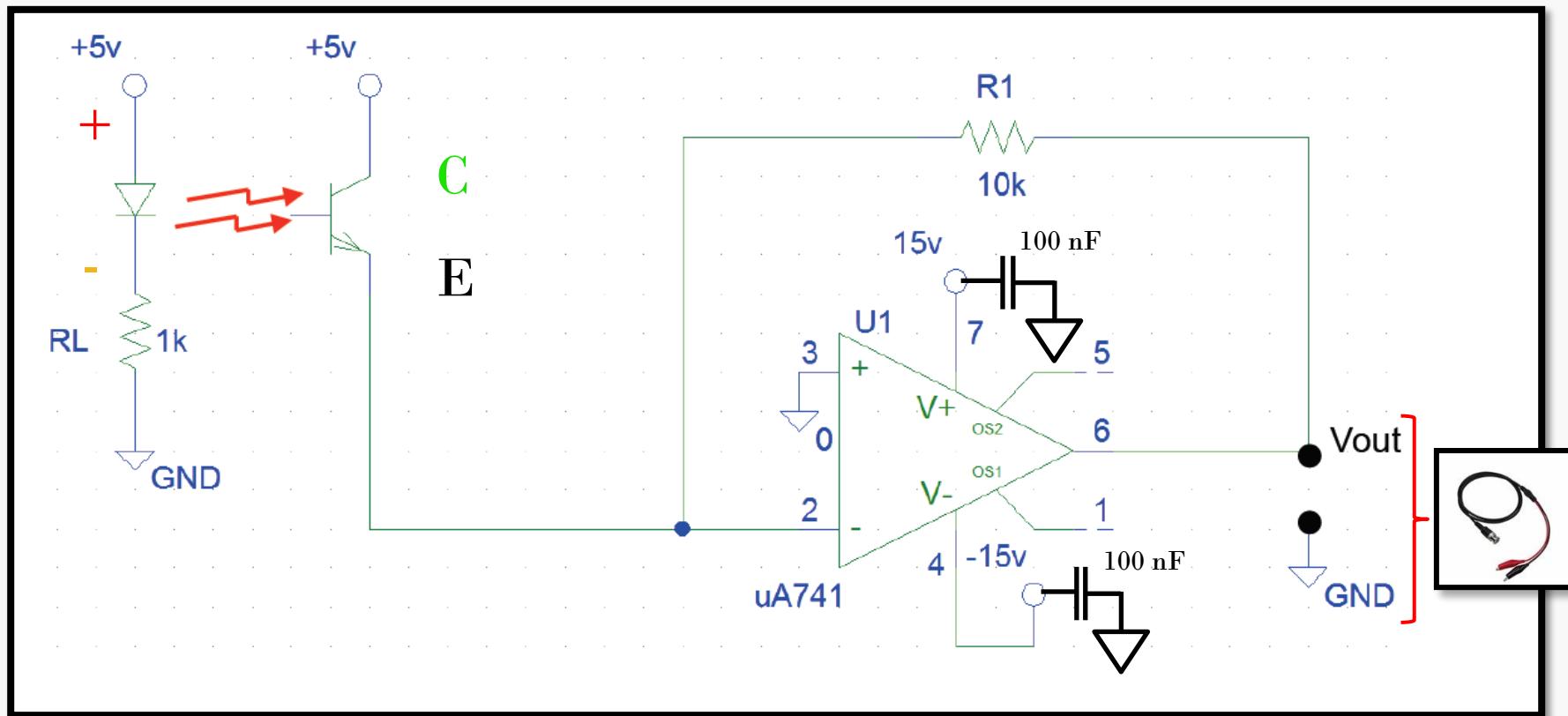
- Modello: BPX 43-4/5

Bianco: emettitore (E)

Verde: collettore (C)



Circuito Emettitore - Sensore



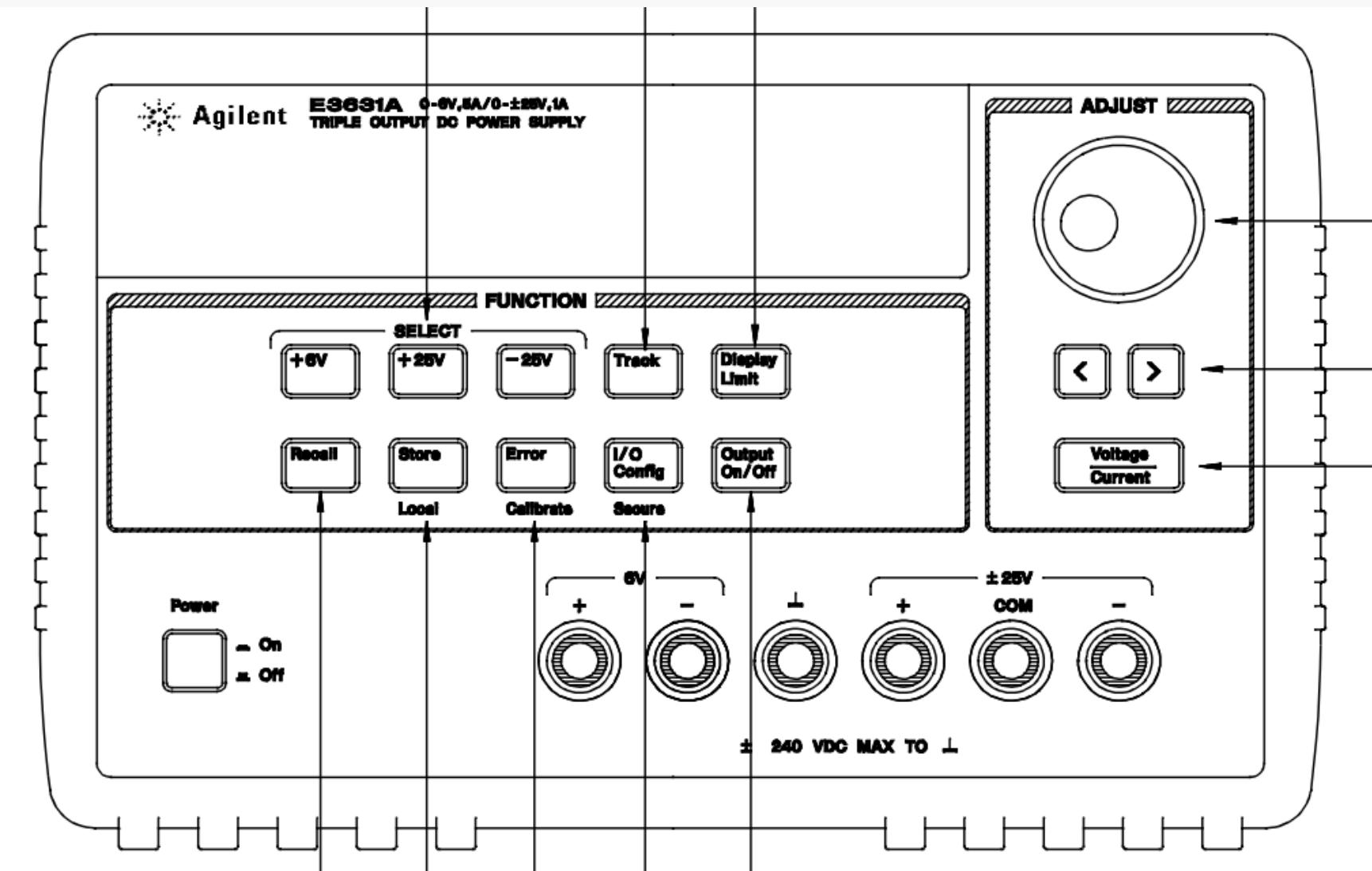
Rosso: LED anodo (+)

Giallo: LED catodo (-)

Bianco: fototransistor emettitore (E)

Verde: fototransistor collettore (C)

Alimentatore stabilizzato



ALIMENTAZIONE DUALE: due generatori di tensione con COM in comune

GND



-25V



COM



+25V



TASTO ON/OFF: Attiva/Disattiva le uscite

TASTO +25V: Regolazione della tensione boccola +25V (tra 0 e +25V)

TASTO -25V: Regolazione della tensione boccola -25V (tra 0 e -25V)

Regolare la tensione di uscita a +15V e -15V

TASTO +6V: Regolazione della tensione boccola +6V (tra 0 e +6V)

Regolare la tensione di uscita a +5V

ALIMENTAZIONE DUALE:

due generatori di tensione con COM in comune

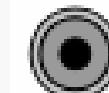
GND



-25V



COM



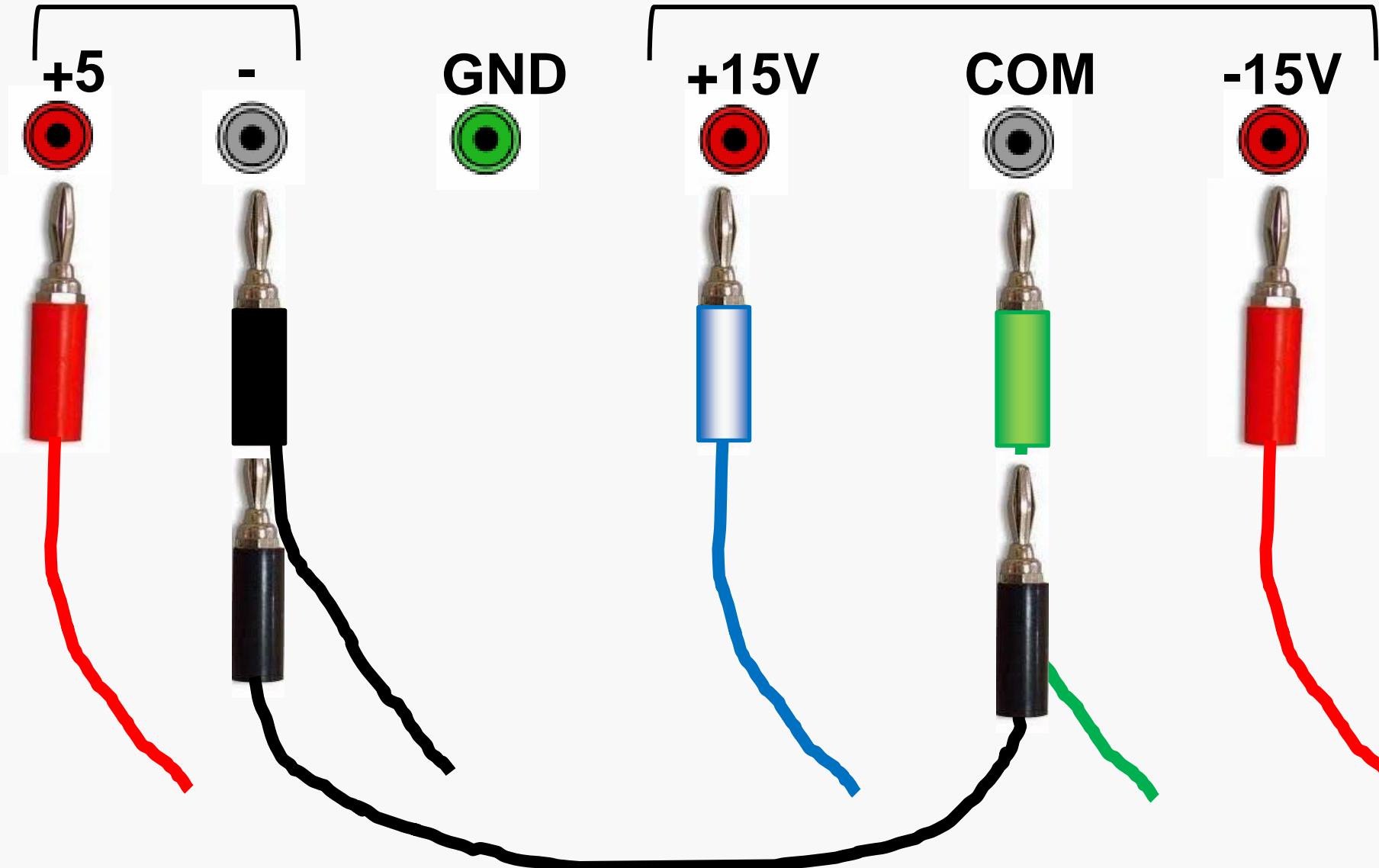
+25V



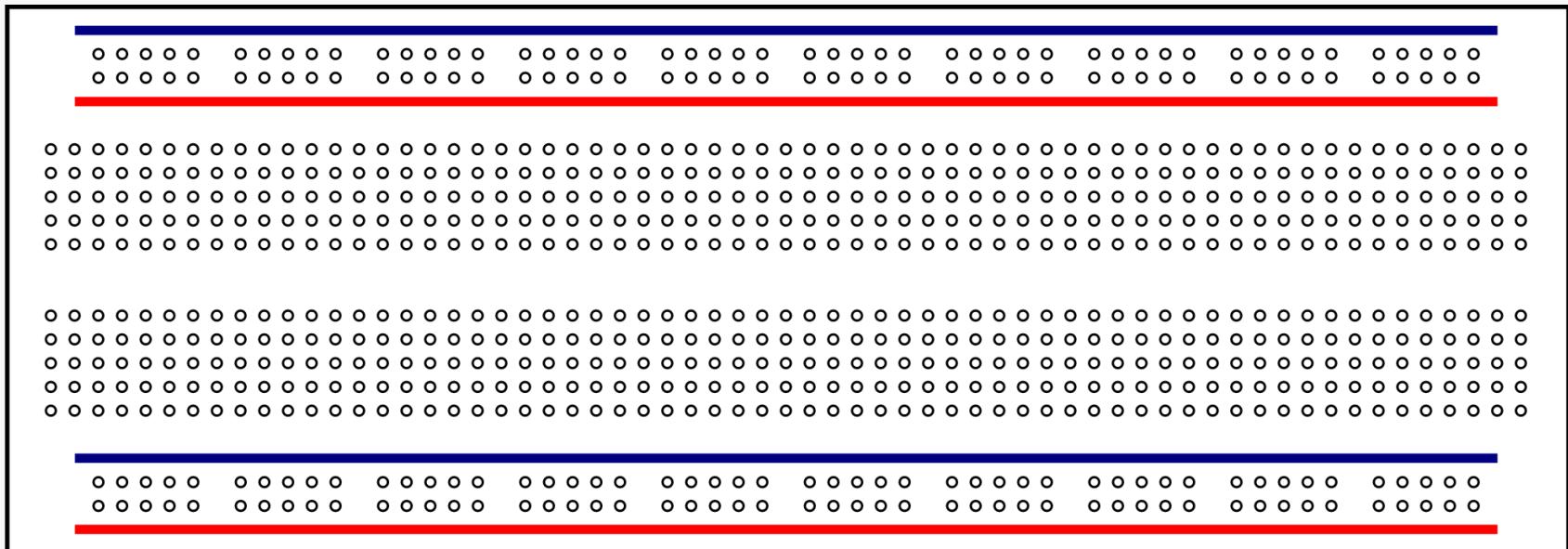
COLLEGAMENTI ALIMENTAZIONE

+0...6V

+ - 0...25V

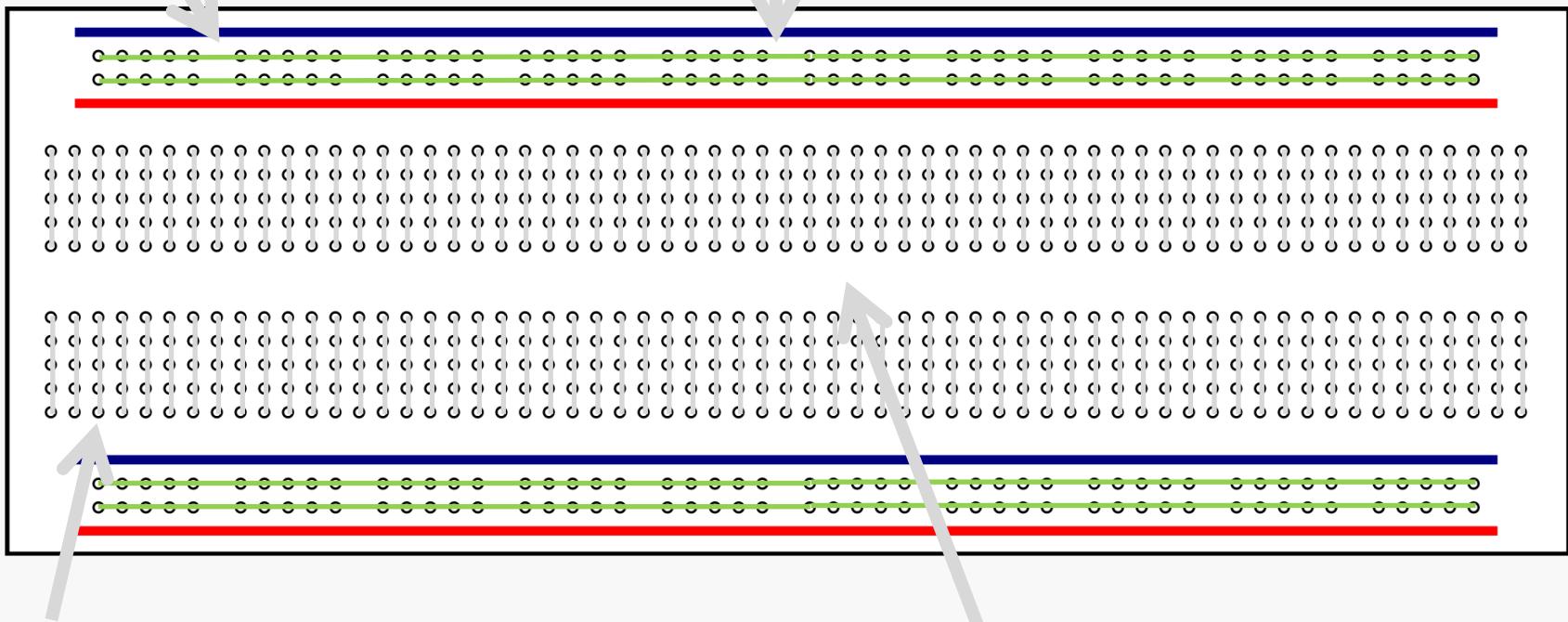


Bread-board per elettronica ANALOGICA



BUS STRIPS: utili per l'alimentazione del circuito

Alle volte le **BUS STRIPS** sono interrotte:
occorre inserire un ponticello per garantire la continuità

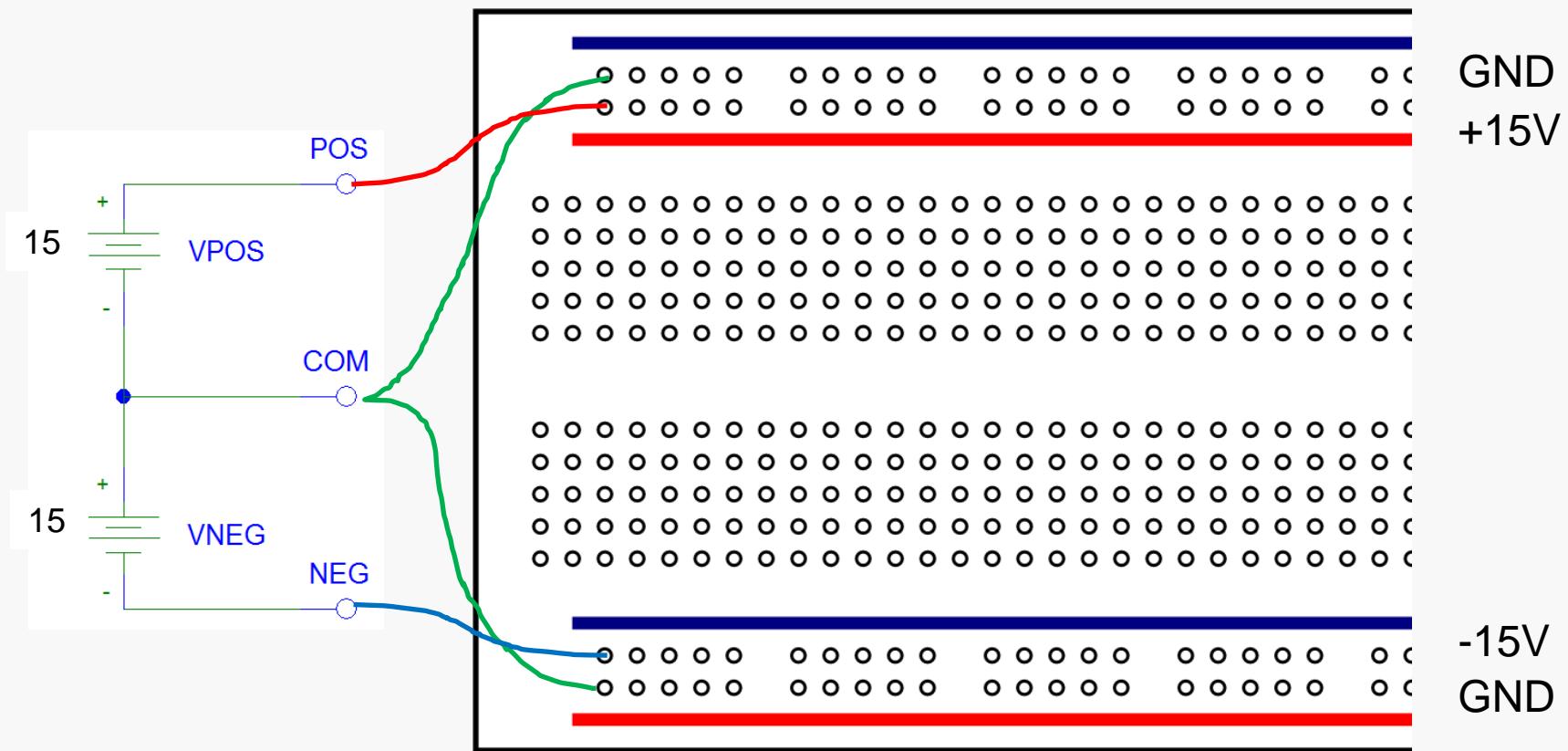


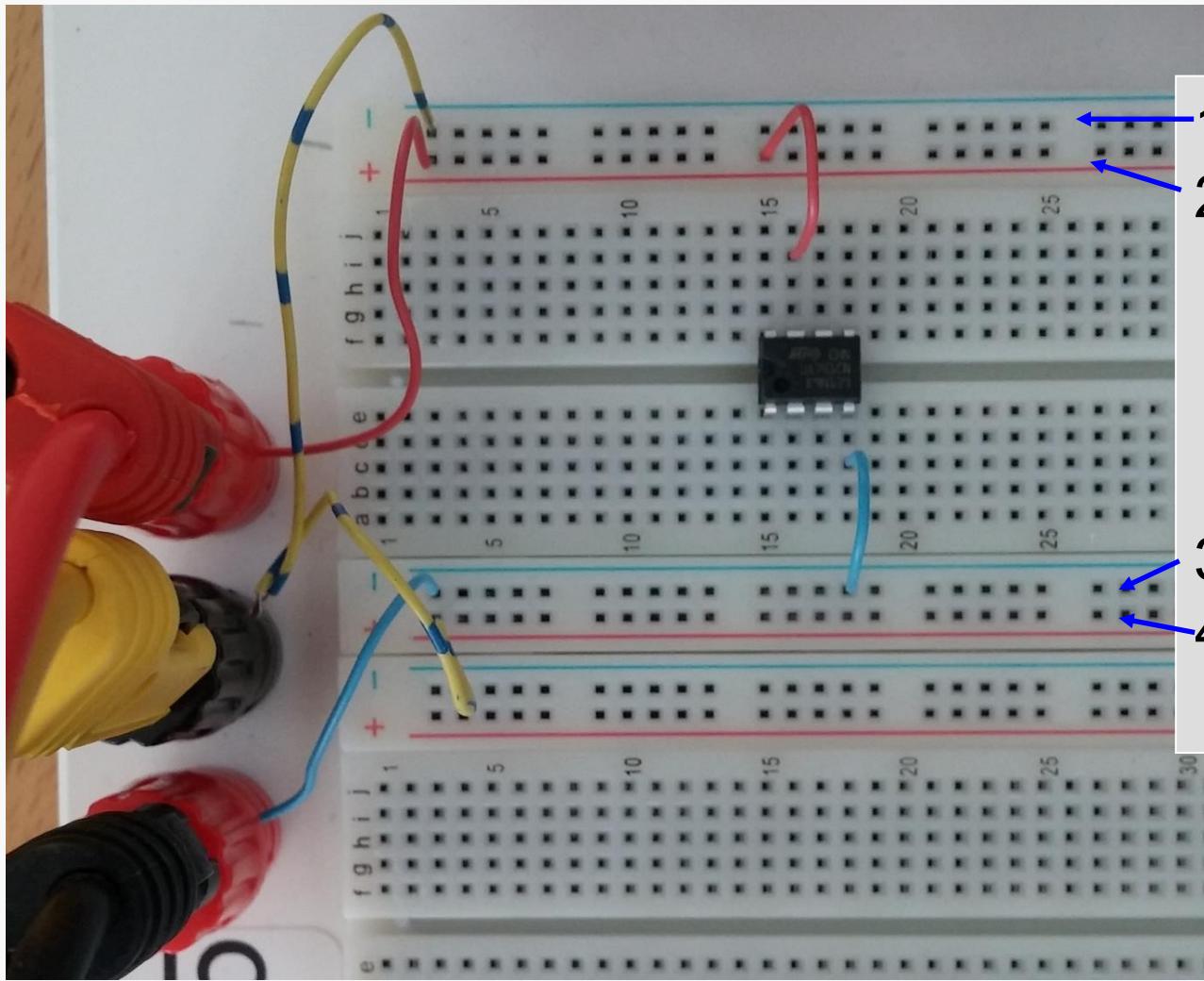
TERMINAL STRIPS:
utili per connettere i componenti discreti
(R, C, L, in, out, ecc...)

CAVITÀ CENTRALE:
utile per connettere i circuiti integrati DIL

Collegamenti sulla bread-board per ANALOGICA

- Alimentazioni (+V, -V, COM) devono essere connessi sulle 3 boccole a lato della bread-board
- Con filo sottile si portano le alimentazioni e la COM dalle boccole alle linee orizzontali della bread-board





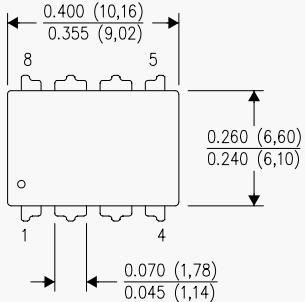
Riga: COM
Riga: +Vs

Riga: -Vs
Riga: COM

Amplificatore operazionale uA741

P (R-PDIP-T8)

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE

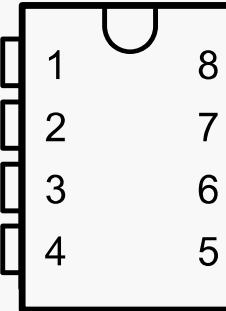


OFFSET N1

IN-

IN +

V_{CC}-

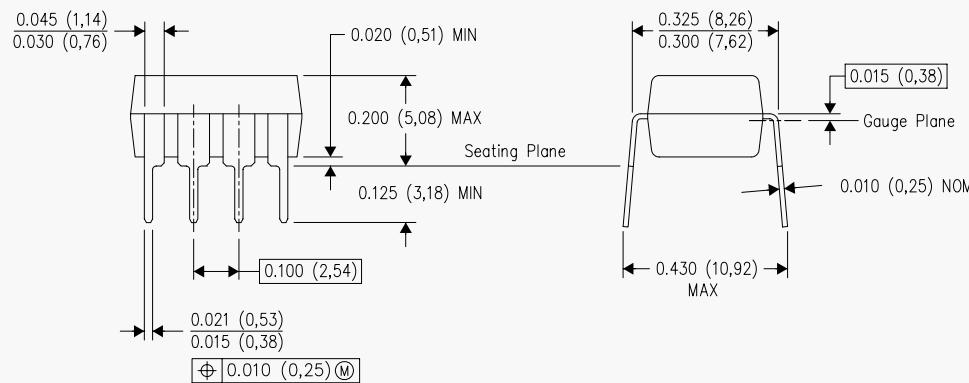


NC

V_{CC}+

OUT

OFFSET N2

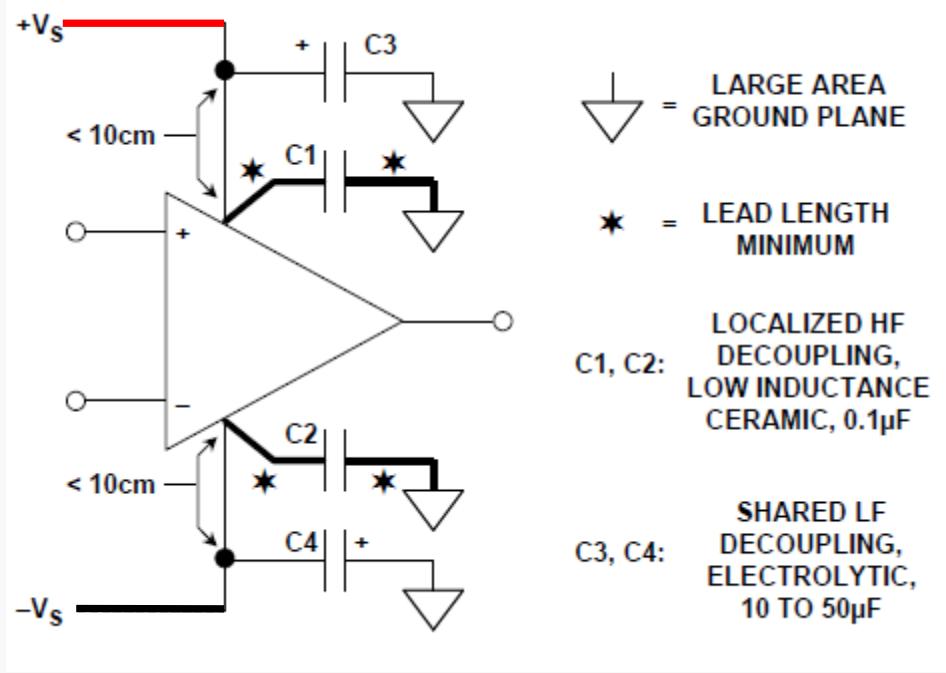


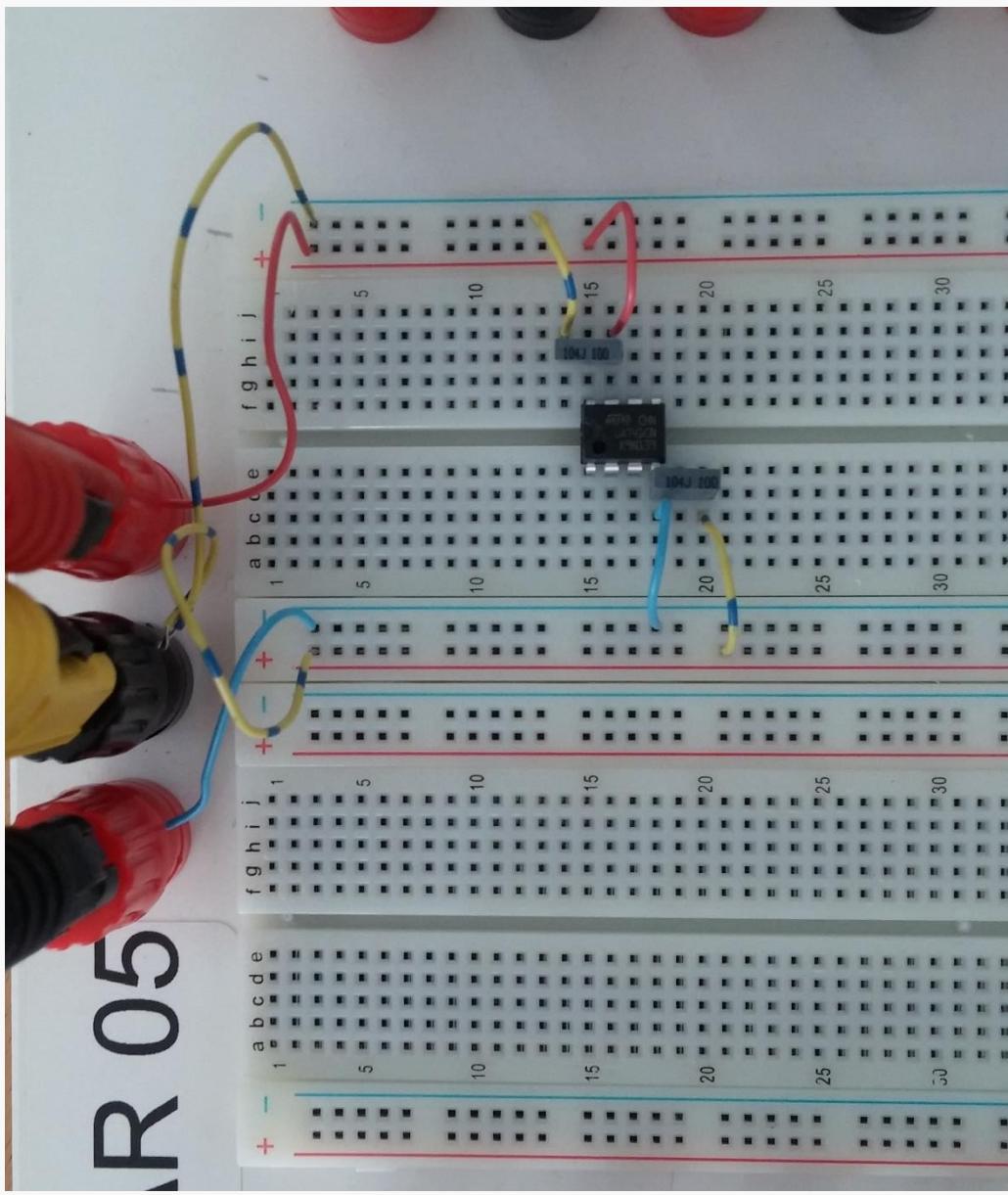
Layout

4040082/E 04/2010

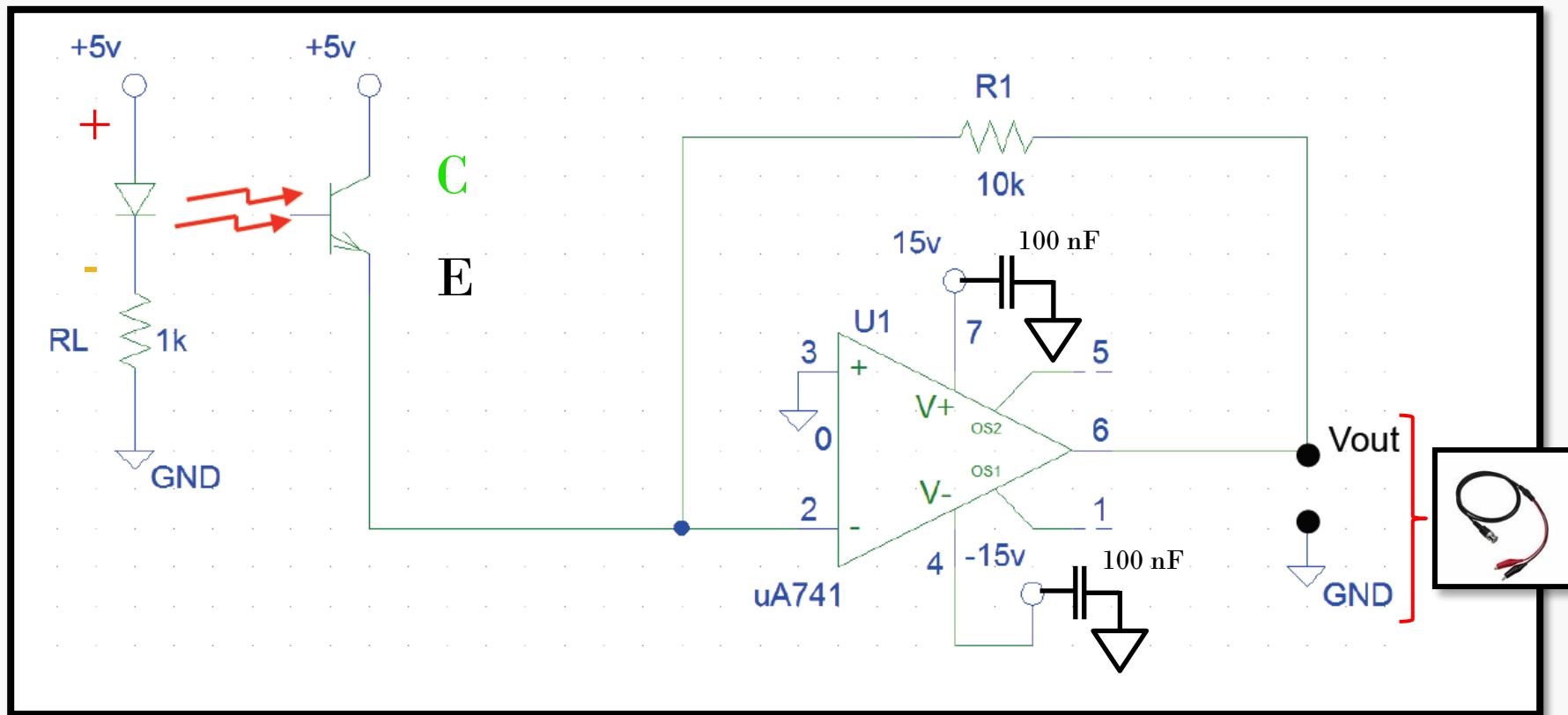
NOTES: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Falls within JEDEC MS-001 variation BA.

Tecnica di disaccoppiamento alimentazioni per basse e alte frequenze





Circuito Emettitore - Sensore



Rosso: LED anodo (+)

Giallo: LED catodo (-)

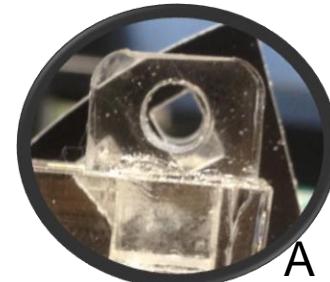
Bianco: fototransistor emettitore (E)

Verde: fototransistor collettore (C)

Sfasamento 90° dei due canali

- ❖ Encoder sperimentale
 - canale A
 - canale B (sfasato $\lambda/4$)

Calcolo del verso di rotazione tramite l'analisi dello sfasamento tra i canali

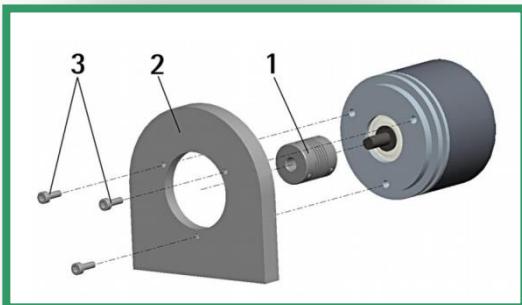


A

B

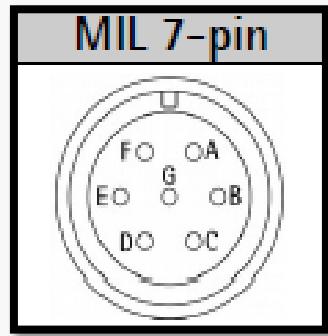
Encoder di riferimento: 158Y1000ZND28

DATA SHEET



Order code (example)									
158	L	500	Z	C	U	1	6	xxxxx	
I58SK	H	4096	Z	C	Z	4	8	xxxxx	
I65	Y	2000	B	N	F	2	B	xxxxx	
NPN o.c. PNP o.c. Push-Pull Line Driver PP/LD 1Vpp	N P Y L H V								Additional code
Pulse rate (PPR)									
AB output signals ABO output signals					B Z				Shaft diameter (mm)
ABO outputs ABO, /ABO outputs					N C				
F	1 m (3.3 ft) 5-wire cable								
U	1 m (3.3 ft) 8-wire cable								
D	MIL 7-pin								
P	MIL 10-pin								
M	M12 8-pin								
Z	M23 12-pin								

Encoder rotativo:
Le specifiche tecniche vengono ricavate
dal codice d'ordine del prodotto.



- ❖ Connettere l'encoder al suo connettore femmina.
- ❖ I PIN del connettore sono numerati da A a F, di seguito è riportata la tabella che ne chiarisce il significato

Electrical connections									
Signals	A	/A	B	/B	0	/0	+Vdc	0Vdc	Shield
ABO outputs (5-wire I5 type cable)	Brown Marrone Braun Marrón Marron	-	Blue Blu Blau Azul Bleu	-	White Bianco Weiß Blanco Blanc	-	Red Rosso Rot Rojo Rouge	Black Nero Schwarz Negro Noir	Shield Schermo Schirm Malla Blindage
MIL 7-pin	A	-	C	-	E	-	G	F	Case

Canali

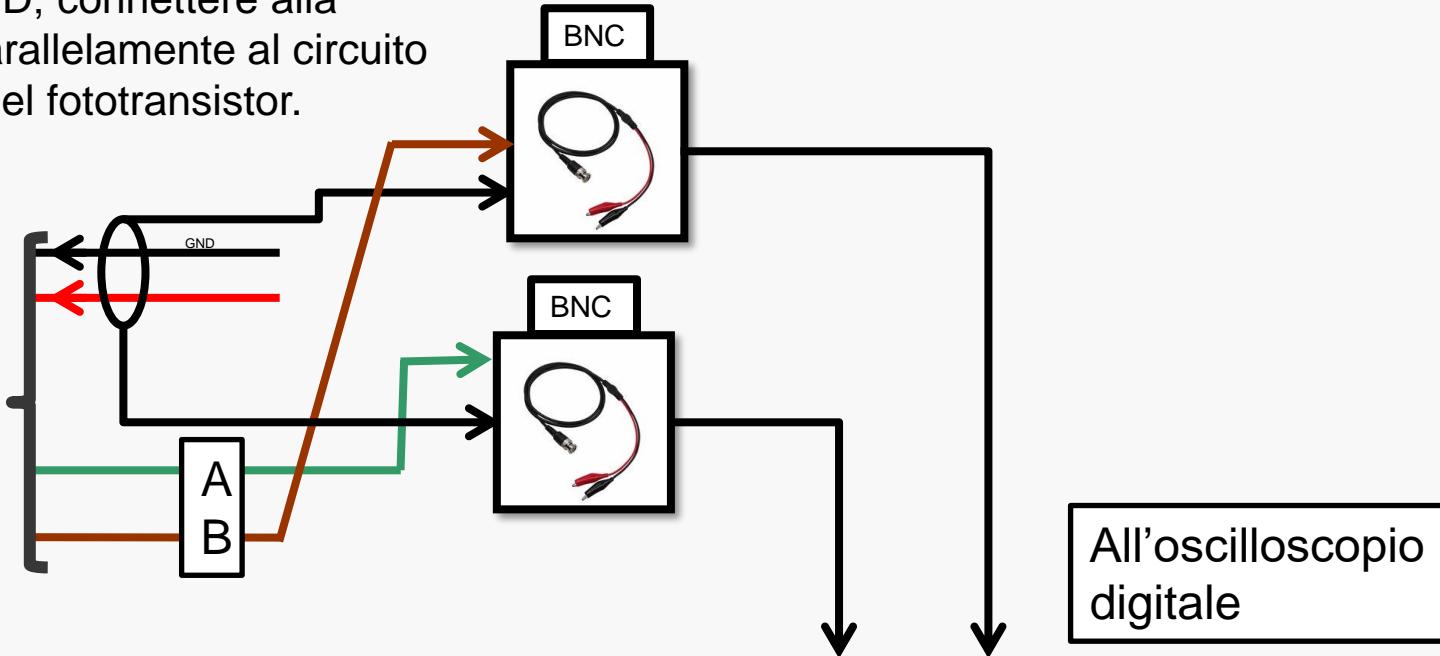
Alimentazione

Data sheet: http://www.lika.it/eng/file7.php?id_file=3827

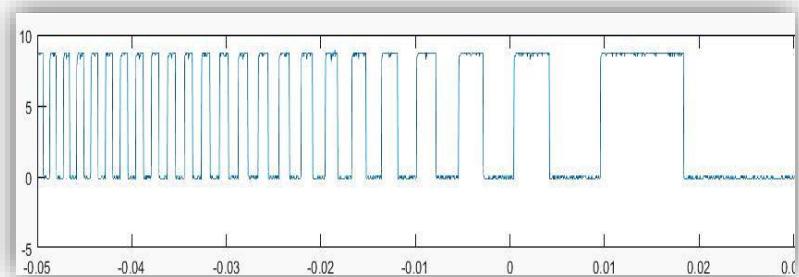
Connettori, alimentazione ed output encoders

ALIMENTAZIONE:

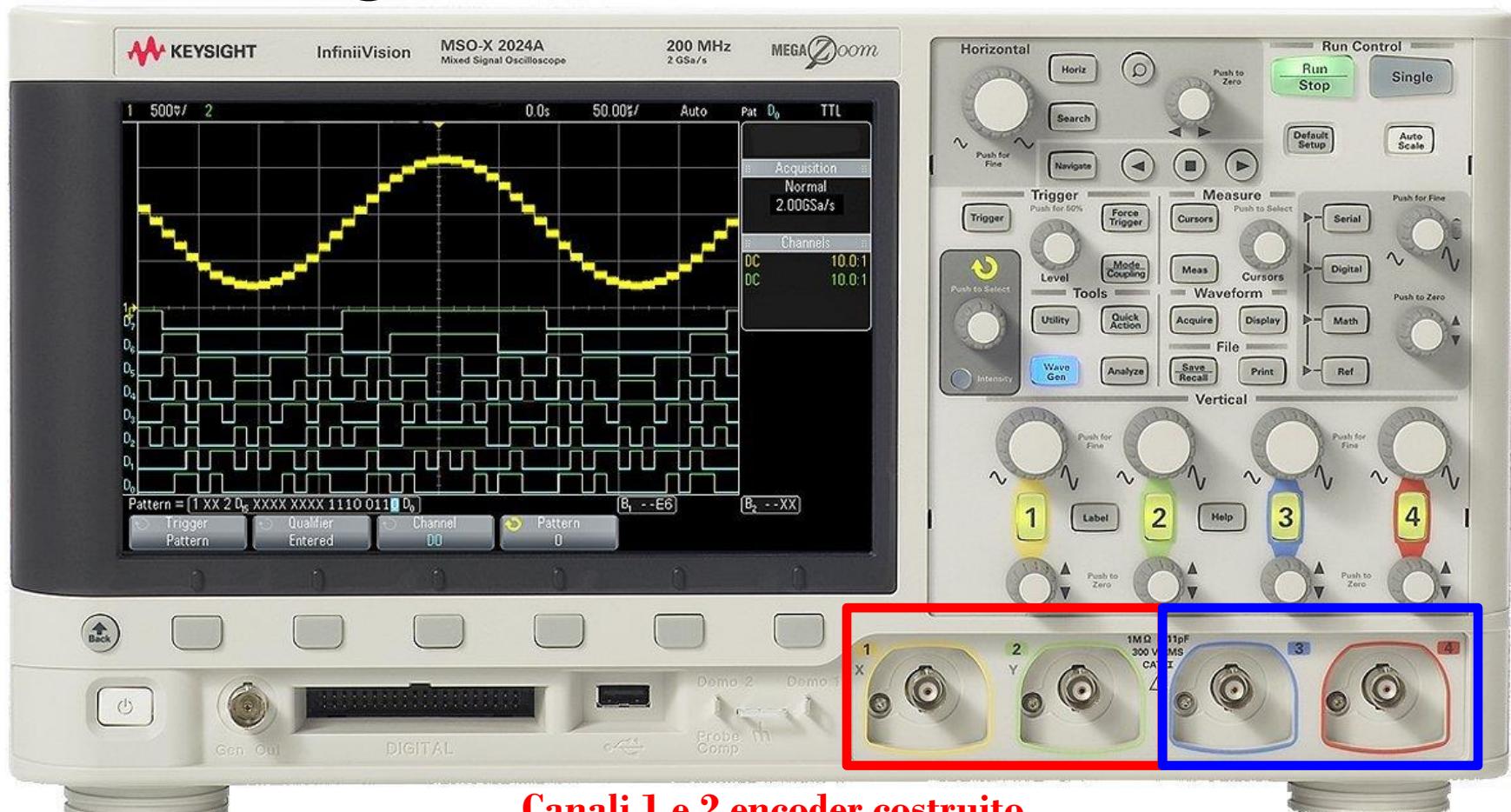
+15V-0,1A/GND; connettere alla breadboard parallelamente al circuito comparatore del fototransistor.



I canali A e B possono essere visualizzati e acquisiti dall'oscilloscopio digitale.
Durante la connessione all'oscilloscopio ogni segnale in ingresso va riferito al GND tramite l'apposito cavo.



Agilent DSO-X 2004A

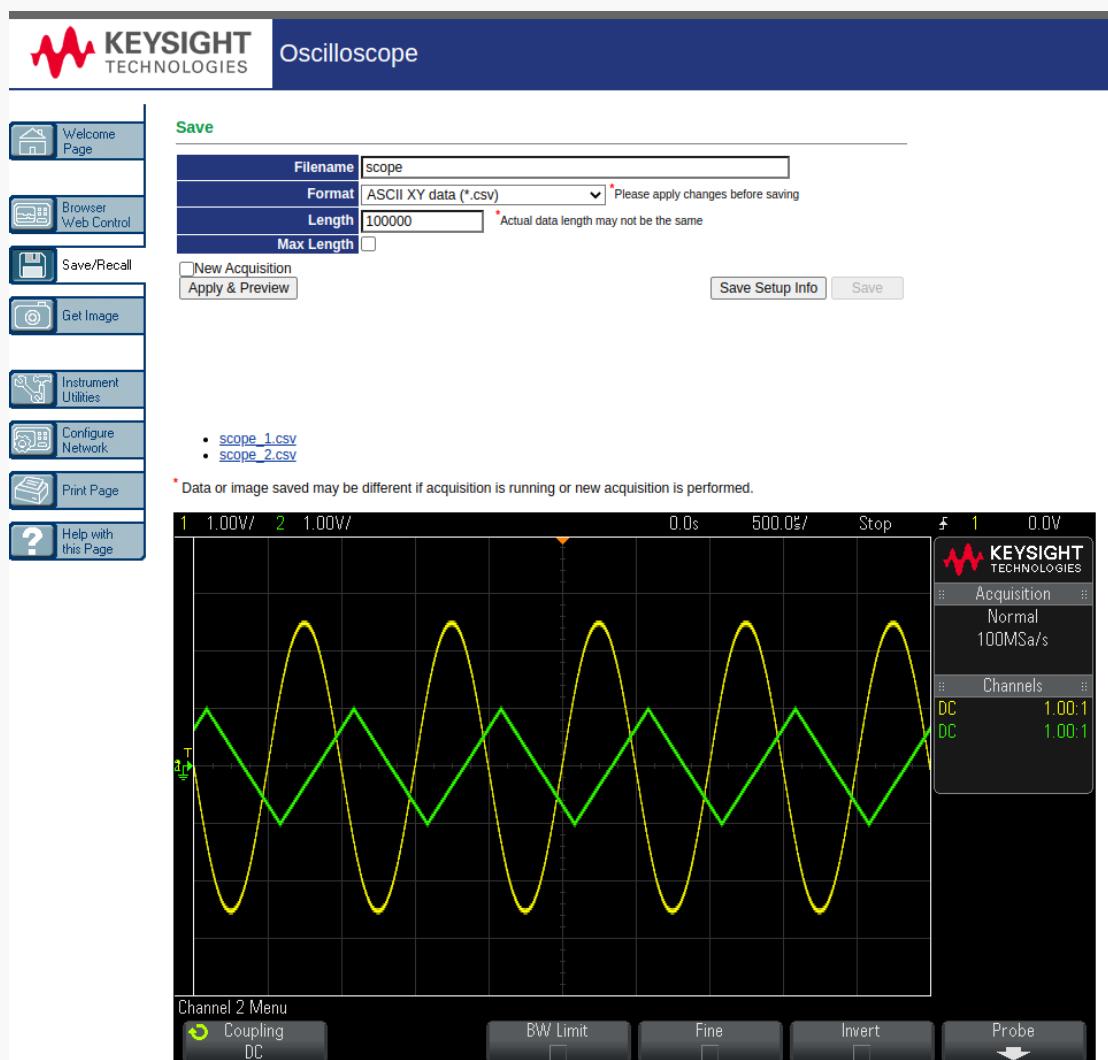


Canali 1 e 2 encoder costruito

Canali 3 e 4 encoder riferimento

Agilent DSO-X 200*a: salvataggio dati

- Accedere alla pagina web 10.194.101.xxx
- Selezionare ‘Save/recall’ e poi ‘Save’
- Selezionare:
 - Format: ‘ASCII XY data’
 - Length: da 2000 a 100000
- Cliccare ‘Apply and preview’
- Cliccare sui link per scaricare i files



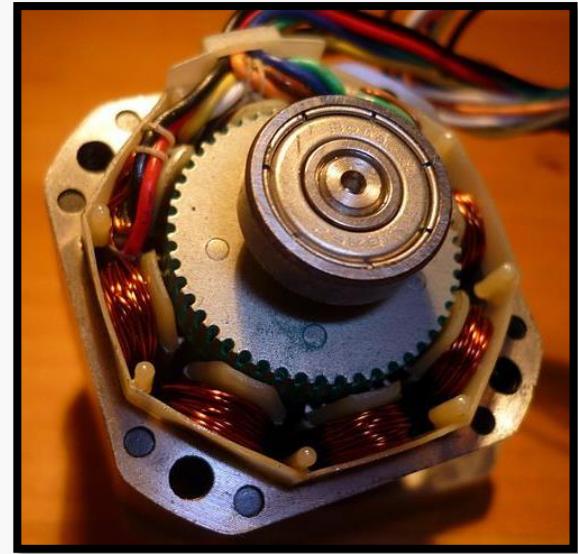
Analisi dati

- In Matlab:
 - Usare load() per caricare i dati
 - Per normalizzare si consiglia:

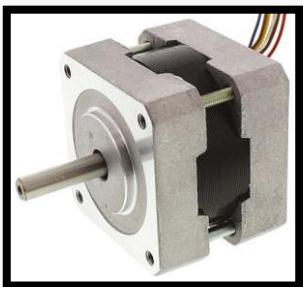
```
function XN = norm1 (X)
    M = median(X);
    MAX = max(X);
    MIN = min(X);
    XN = (X-M) / ((MAX-MIN)/2);
end
```

Motore Passo-Passo

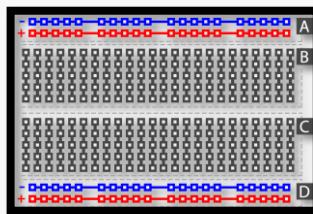
- Il motore passo-passo è un attuatore elettromeccanico.
- Converte gli impulsi elettrici di comando, in rotazioni angolari elementari. Ad ogni impulso elettrico l'albero ruota di un determinato angolo.
- Nella versione semplificata, il motore P-P è costituito da un ROTORE a magnete permanente e da uno STATORE con degli avvolgimenti.
- Il rotore può essere visto come una “calamita” che si orienta seguendo il campo magnetico esterno creato dagli avvolgimenti dello statore



Azionamento: componenti



Attuatore



Circuiti e controller



Logica lato comando:
L297 su breadboard
(elettronica analogica)



Scheda di controllo



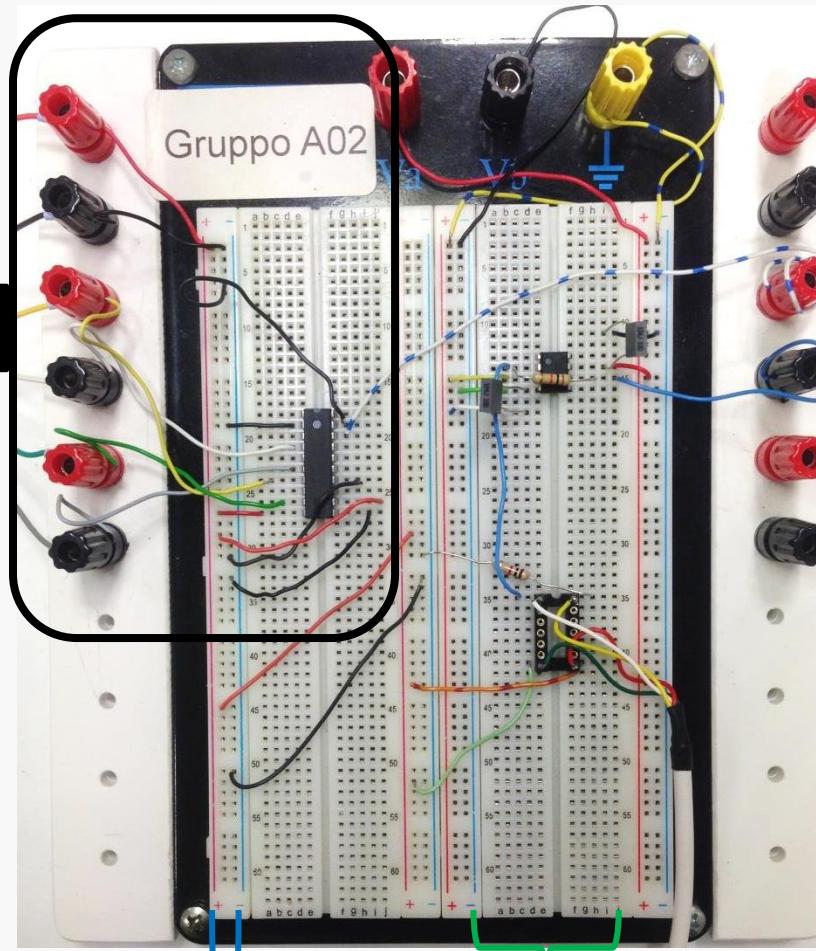
Logica lato potenza e alimentazione del motore



Generatori

Logica lato comando

Logica,
Lato comando
MOTORE



Bus strips: alimentazione

Terminal strips: connettono i componenti
discreti (R, C, L, in , out, ecc)

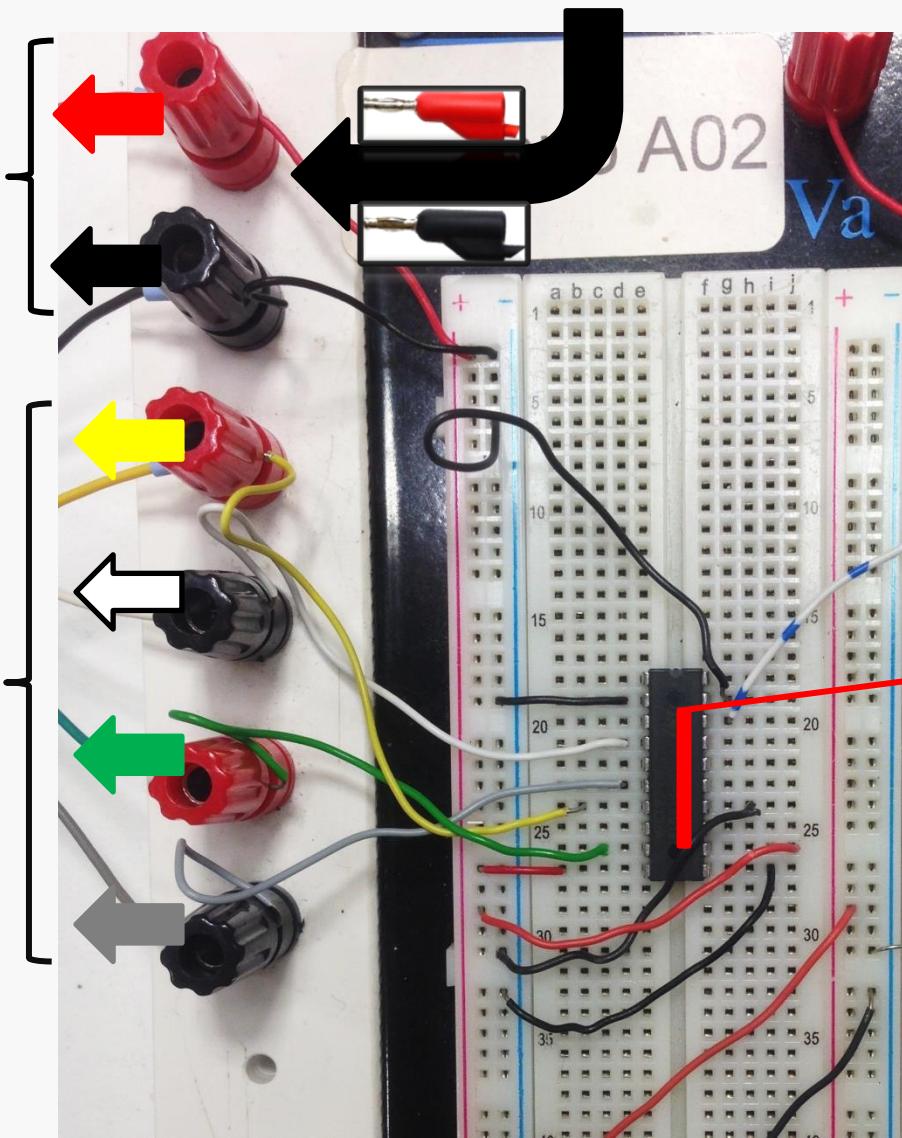
Alimentazione logica lato
comando(entrata) generata da NI
myDAQ I/O (5V, 0,2A)

Connettore nero:

Alimentazione
logica lato
comando(uscita)

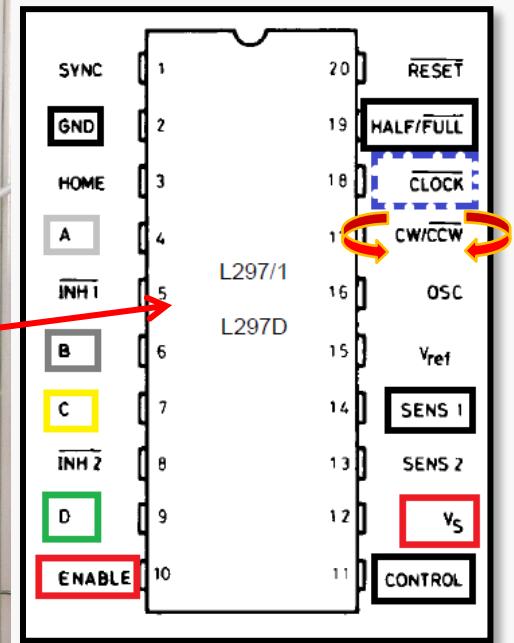


Ingressi di
comando
motore



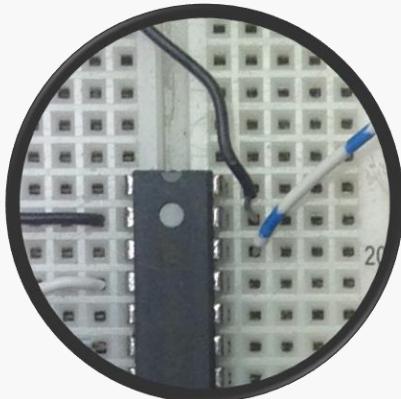
- Vcc
- GND
- CLOCK input

Controllore L297:
Genera quattro
ingressi di comando
(giallo, bianco,
verde, e grigio)

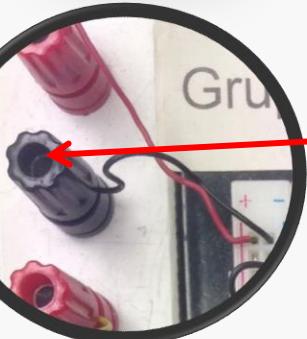
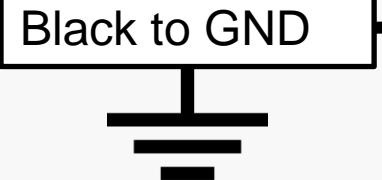


- CW (senso orario)
- CCW (senso antiorario)
- DEFAULT

Input clock L297



Per generare i quattro ingressi di comando del motore è necessario alimentare e fornire al controllore del motore passo-passo L297 un opportuno input clock. Utilizziamo il generatore di onde Agilent 33120a.



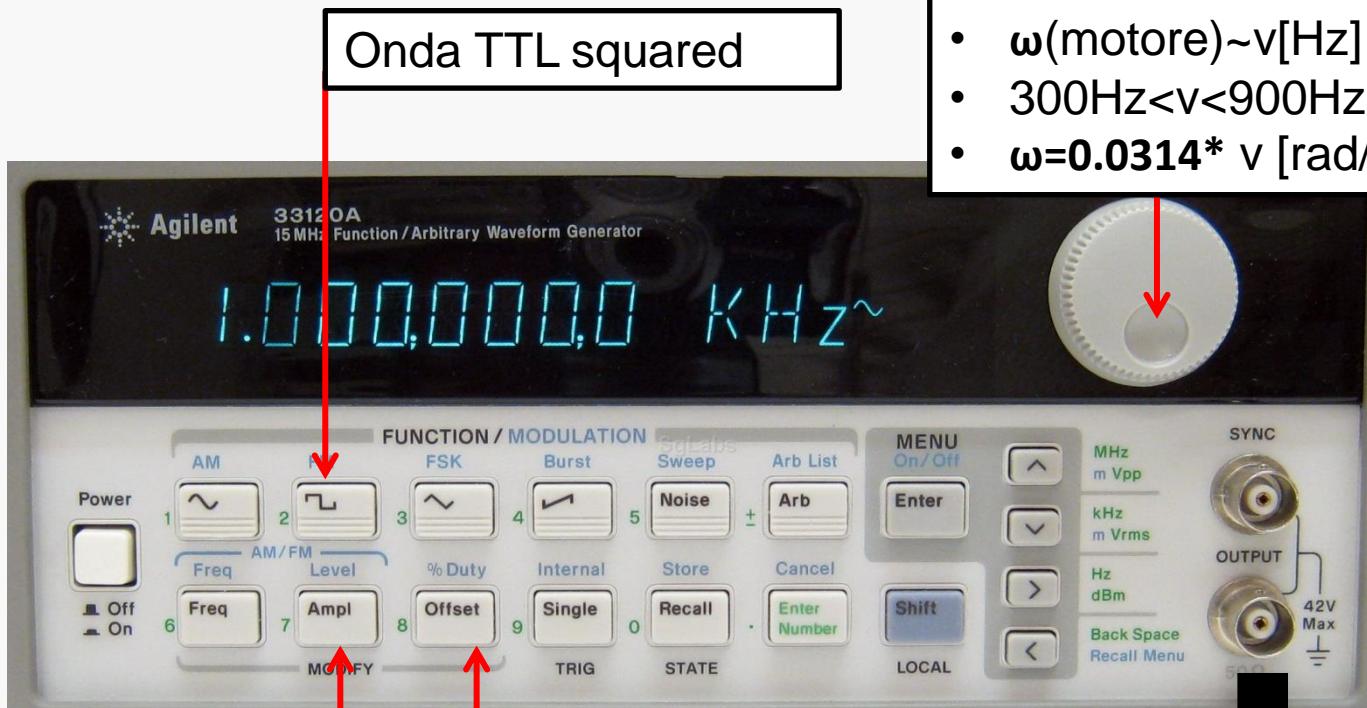
Al generatore di onde Agilent



Data sheet:

<http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/f9/35/6e/3f/48/18/48/51/CD00000063.pdf/files/CD00000063.pdf/jcr:content/translations/en.CD00000063.pdf>

Agilent 33120a (generatore di onde)



Onda TTL squared

Regola la frequenza dell'onda:

- $\omega(\text{motore}) \sim v [\text{Hz}]$
- $300\text{Hz} < v < 900\text{Hz}$
- $\omega = 0.0314 * v [\text{rad/s}]$

Ampl=5V

Offset= 2.5V

Step: 200 step/giro
1 step = 1.8° } $\omega = 1.8 * v [\text{deg/s}]$

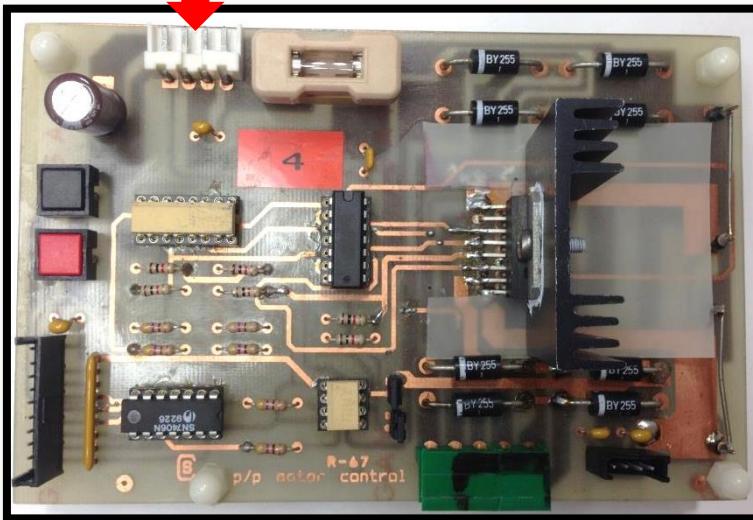


Azionamento di potenza

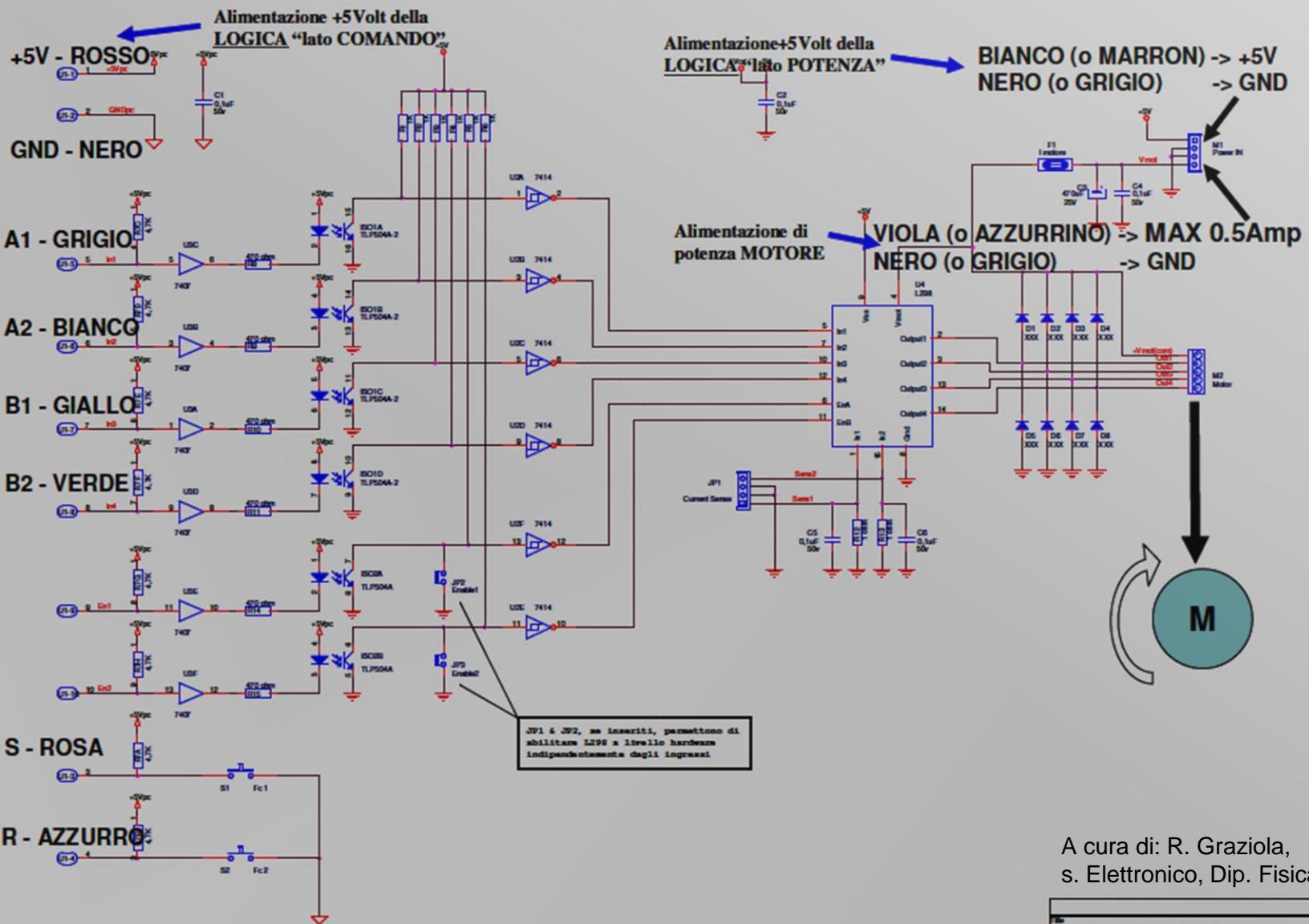
- ❖ Alimentazione logica lato potenza (bianco 5V, nero GND)
- ❖ Alimentazione potenza motore (viola 13V-0.6A, nero GND)

Generatore:
Agilent
E3631A

Logica lato comando
in uscita dalla
breadboard



Comandi di
corrente in entrata
al motore

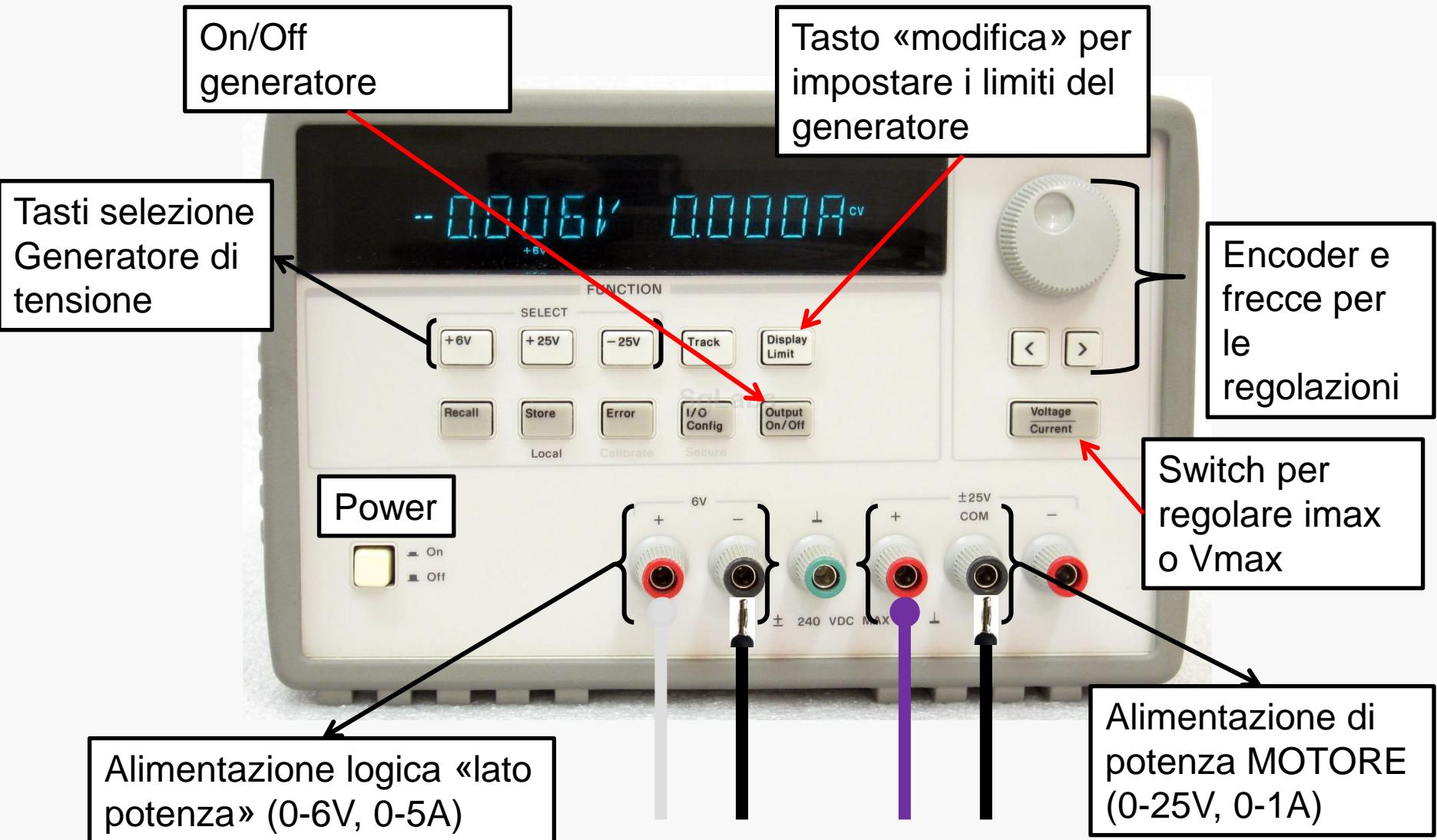


A cura di: R. Graziola,
s. Elettronico, Dip. Fisica

Azioneamento motori Passo/Passo		
A3	R-47	Lab. Didattici

Agilent E3631A

Alimentatore stabilizzato



+5V

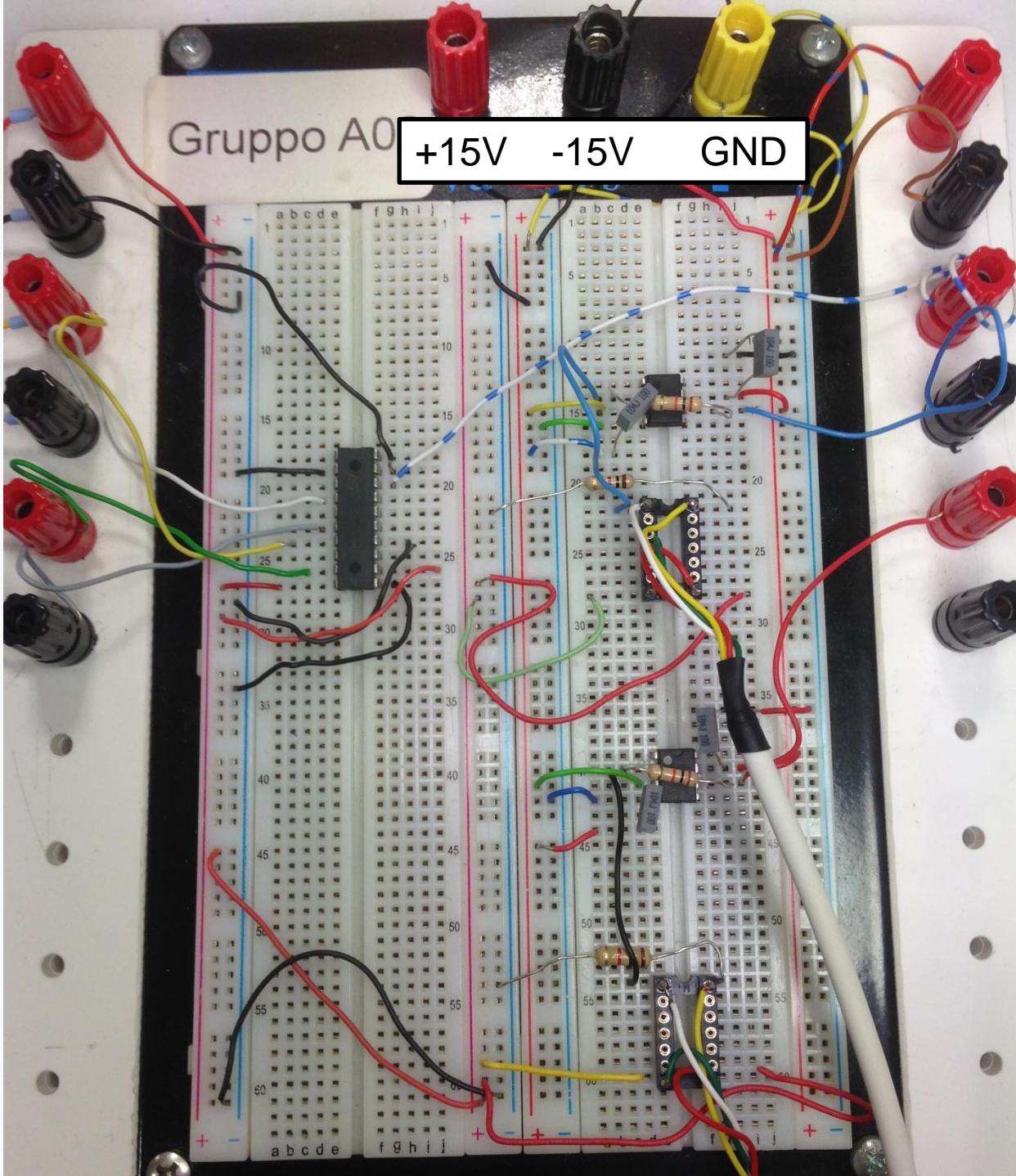
GND

out Y

out W

out G

out Gr



+Vc encoder
Rif.

GND
encoder

Input clock

Out fototr. 1

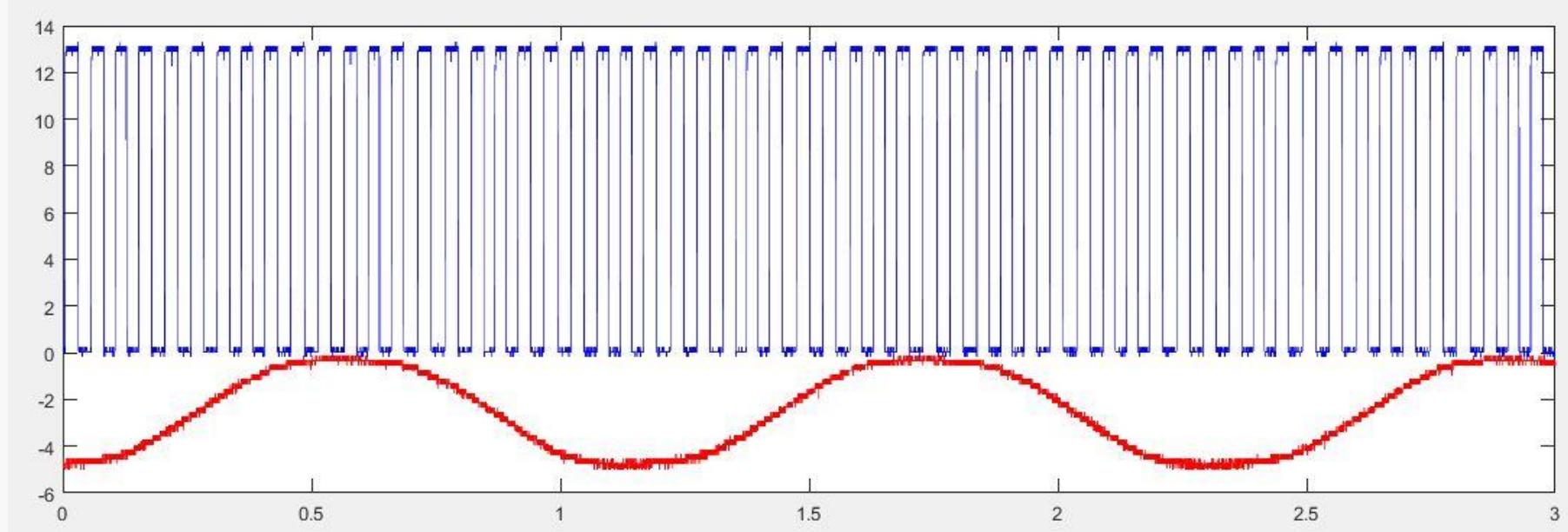
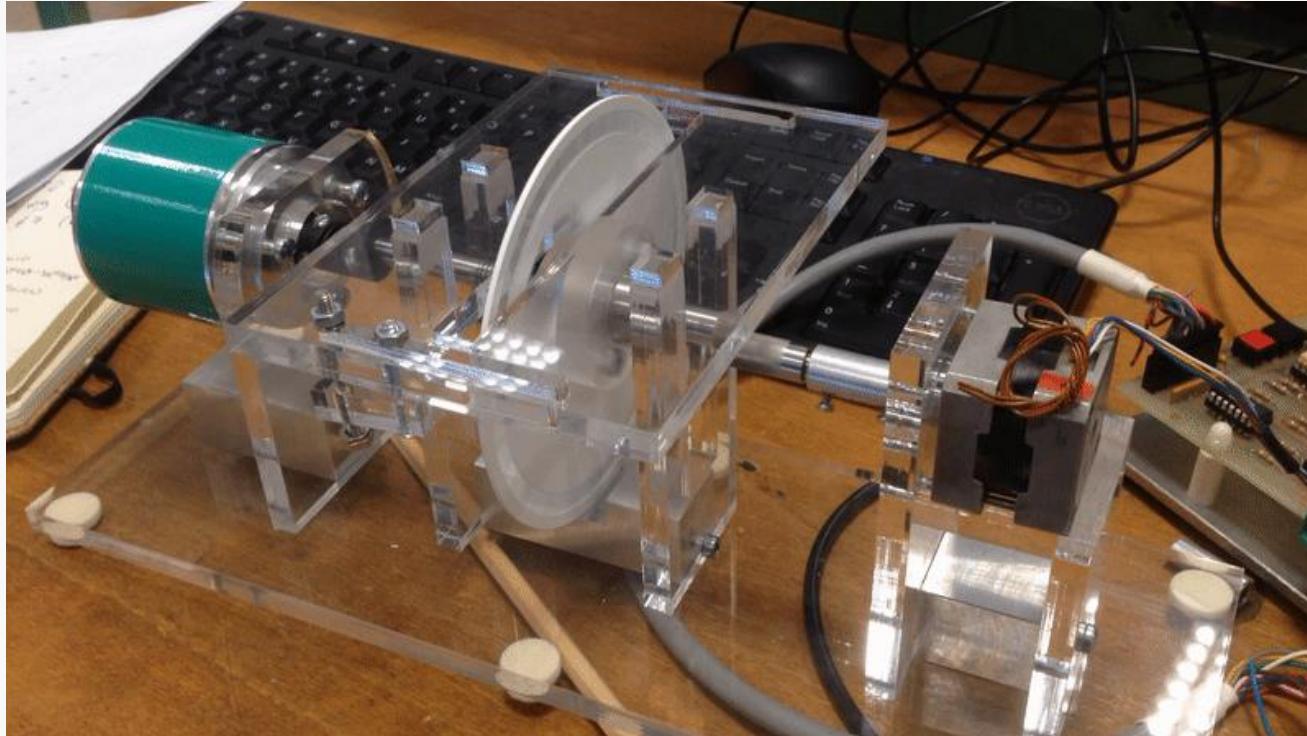
Out fototr. 2

Matlab

- Acquisisco i dati tramite Matlab utilizzando un file .csv
- Vengono presentati tre sistemi di elaborazione del segnale:
 - conversione A/D
 - interpolazione canali A-B
 - analisi e confronto dell'output(misurando) per i due encoders

```
clc  
clear  
close all
```

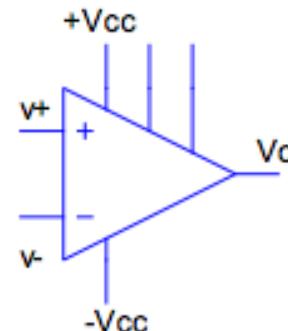
```
%% CARICO I DATI  
cartellaDati = 'acquisizione' ;  
load sensori.csv;  
sensori = sensori(50000:end,:);  
%limitazione estesa a tutte le  
colonne  
second =  
sensori(:,1);%campionamento  
temporale  
%NORMALIZZAZIONE  
%sottraggo al vettore ampiezza il  
suo valor medio  
%=> valor medio nullo  
%divido il vettore ampiezza per il  
suo valor massimo  
%=>ampiezza unitaria  
%PLOT
```





Amplificatori operazionali

$$v_o = A_{ol}(v_+ - v_-)$$



Operazionali ideali	$r_{in} \rightarrow \infty$	$i_{in} = 0$
	$r_{out} \rightarrow 0$	$Se v_+ = v_- allora v_{out} = 0$
	$A_{ol} \rightarrow \infty$	$CMRR = \infty$
	Larghezza di banda infinita	

Amplificatore operazionale uA741

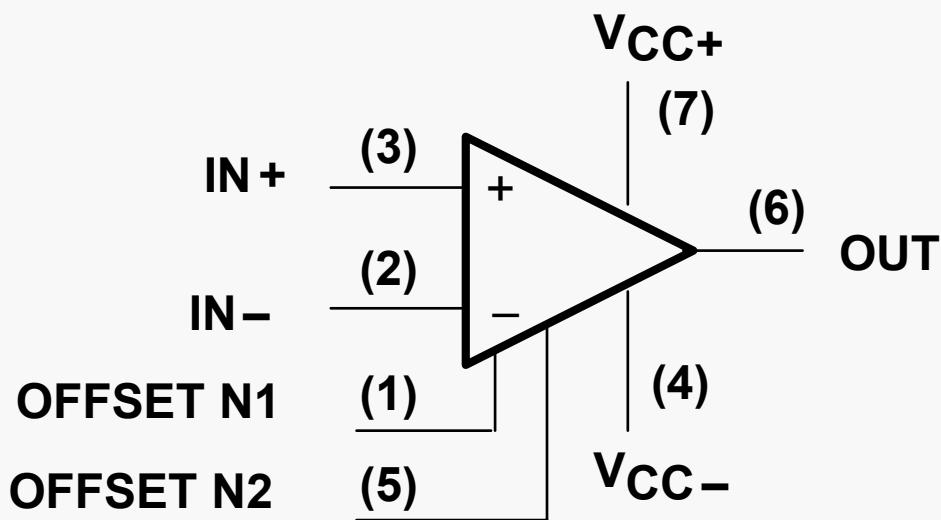
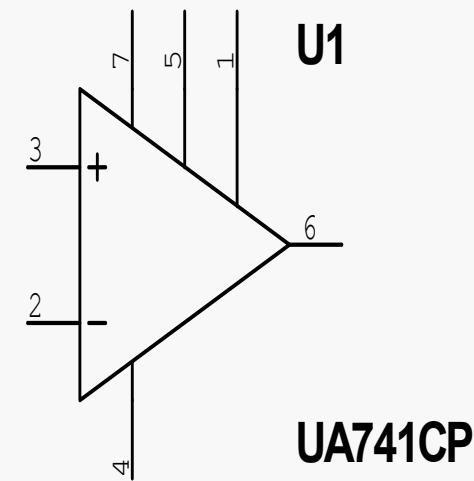


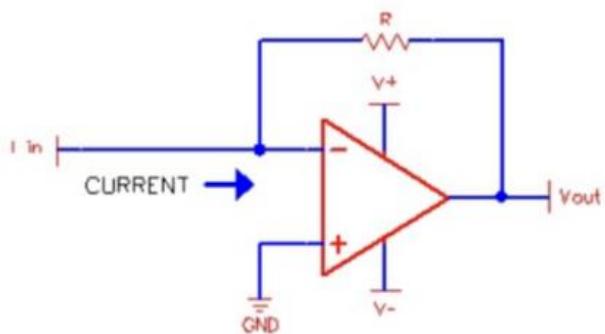
Diagramma funzionale



Schema per CAD-SPICE

Convertitore corrente-tensione

- ❖ Sfrutto le proprietà dell'OpAmp



$$V_+ = 0 \quad V_{out} = -I_{sensor} R_F \quad I_- \approx 0$$

$$V_{out} = -R_F \cdot I_{sensor}$$

$$R_F = 10 \text{ k}\Omega$$