

Test su (dispositivi a) semiconduttori

- misure di tensione/corrente;
- sistemi “specializzati” per sensibilità o modalità operative.

parametrici misura di specifici parametri

Test:

funzionali misura di vari parametri per assicurare la conformità alle specifiche e il corretto funzionamento in tutte le modalità operative.

Tipi di test

- Test in C.C.:

- misure I - V ;
- misure di R_{in} (I_{in} vs. V_{in});
- misure di R_{out} (I_{out} vs. V_{out});
- corrente assorbita dall'alimentazione.

! funzioni essenziali: fornire V , misurare I o viceversa.

- Test in C.A.:

- misure di R_{in} , R_{out} ;
- ampiezza di banda;
- slew-rate, rumore, distorsione, ...

! funzioni essenziali: gen. forme d'onda, analizzatori di spettro, digitalizzatori, ecc.

Tipi di test (2)

- Test nel dominio del tempo:
 - ritardo di propagazione;
 - tempo di salita/discesa;
 - ...
- ! funzioni essenziali: contatori, misuratori di intervalli di tempo, digitalizzatori in a.f.

Rilievo delle caratteristiche

Strumenti dedicati per il rilievo delle caratteristiche

- Caratteristigrafo o tracciacurve:
 - analogico
 - di vecchia concezione
 - poco flessibile
- Misuratori di parametri a SMU:
 - analogico a controllo digitale
 - modulare
 - molto flessibile

 Si lavora in DC.

Tracciature (curve tracer, caratteristigrafo)

Strumenti usati per visualizzare:

- caratteristiche I - V di bipoli lineari e non (R, D, ...);
- caratteristiche d'ingresso, d'uscita, mutua di dispositivi a tre (o più) terminali (BJT, FET, ...).

Strumenti specializzati:

- complessità inaccettabile per ottenere grande versatilità ⇒ applicazioni limitate, ~~misure in C.A.~~, ~~dominio nel tempo~~ (esistono altri strumenti) ...

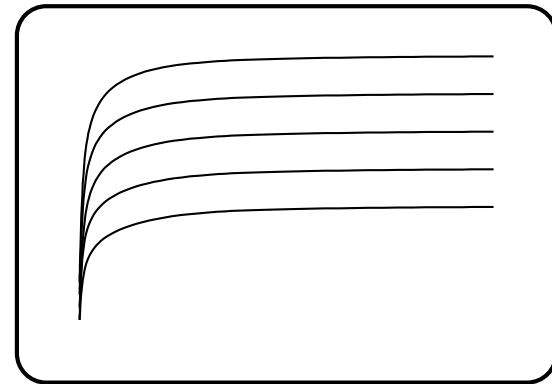
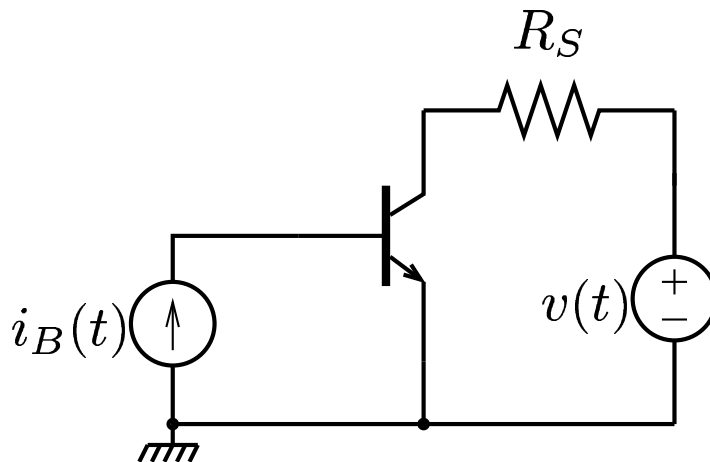
Funzionamento:

- bipolo: imporre tensione e misurare corrente;
- transistor: imporre tensione e misurare corrente al variare di un parametro (tensione o corrente);

Tracciature - architettura

Funzioni essenziali:

- alimentazione (p. es. collettore);
- generatore di gradinata (p. es. I_B);
- visualizzazione (mediante TRC);
- resistenza serie R_S (limitazione della potenza dissipata).

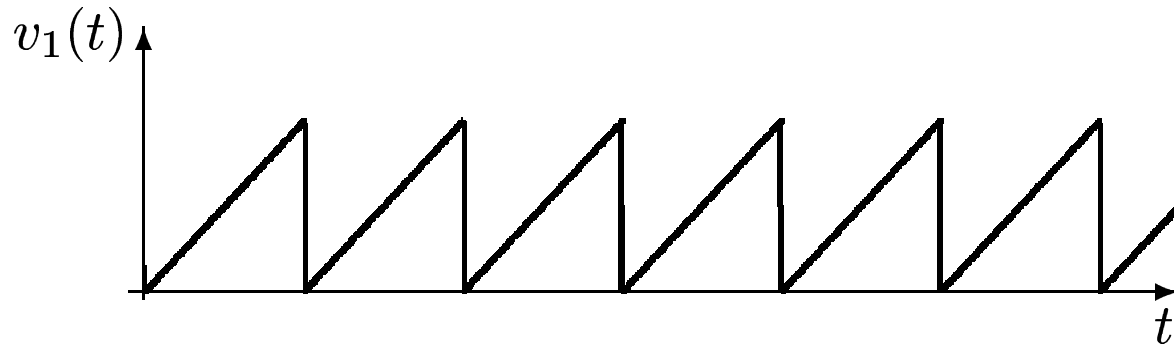


Alimentazione (sul collettore/drain)

funzione essenziale:

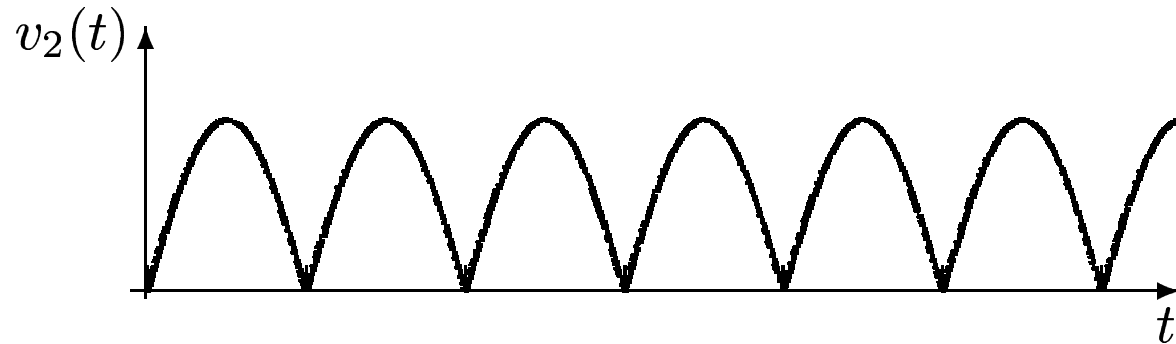
- variazione ripetitiva tra minimo (0) e massimo
- con andamento qualsiasi
- erogando la potenza necessaria

p. es.:



Alimentazione (2)

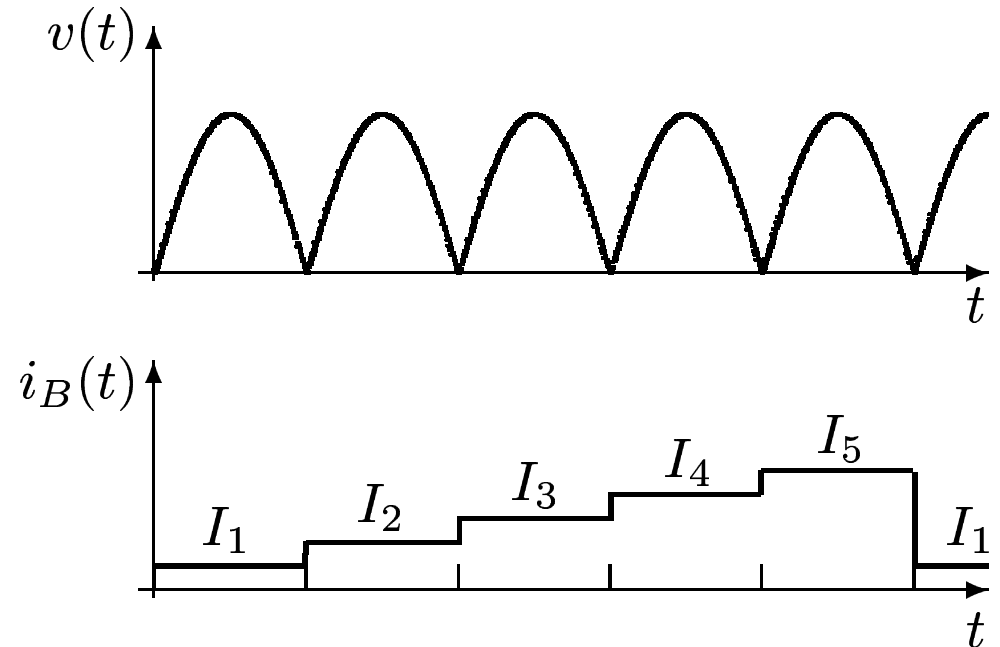
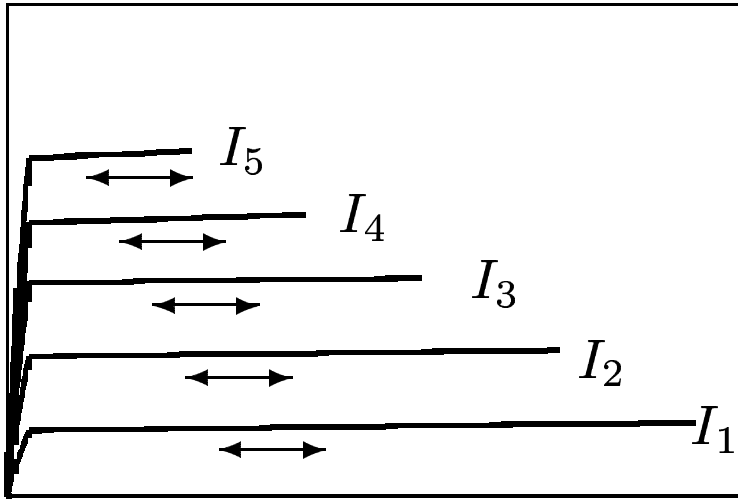
ma anche:



Ricavabile dalla tensione di rete (previo raddrizzamento).

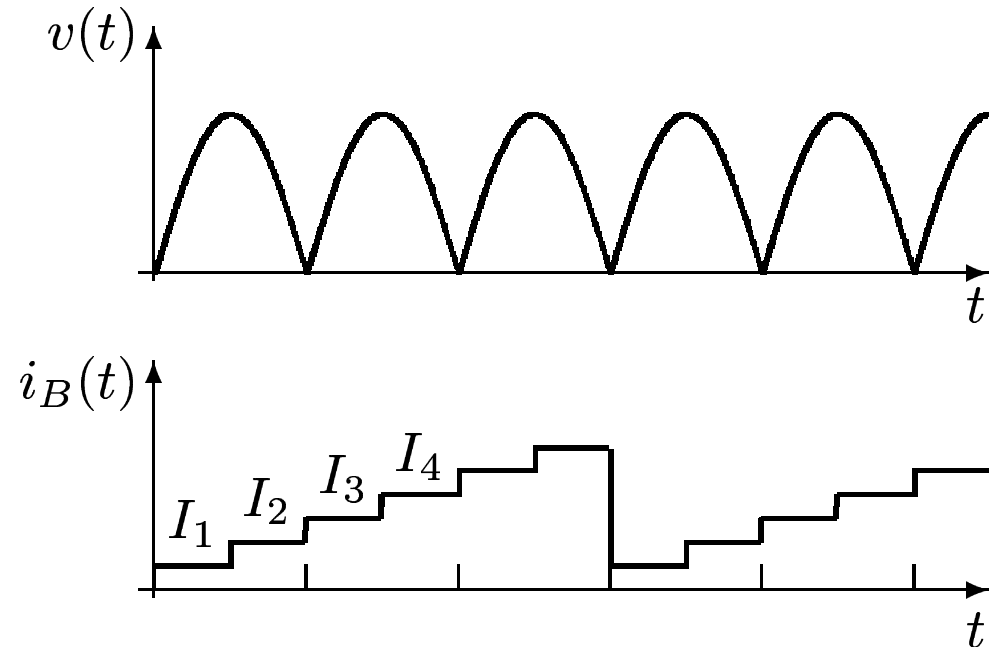
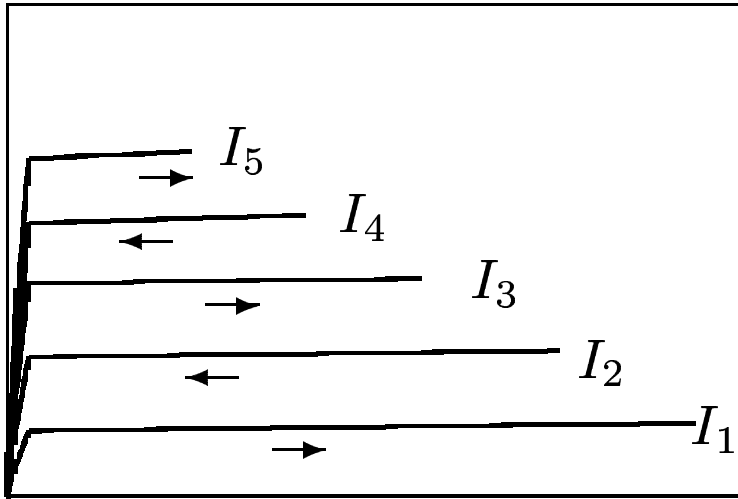
$\Rightarrow$ pilotaggio placche deflessione orizzontale.

Corrente di base (1)



- sincronizzazione
- ripetizione (rinfresco della traccia)
- scala (griglia)

Corrente di base (2)

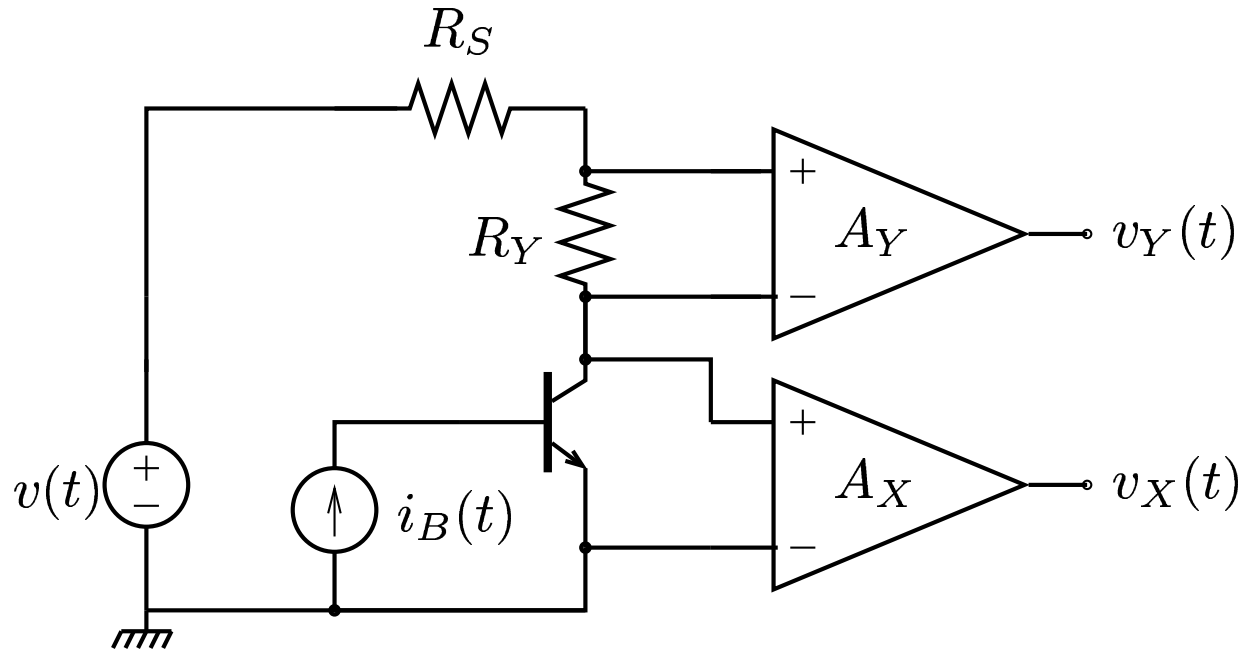


- maggiore frequenza di rinfresco della traccia

Tracciature - architettura

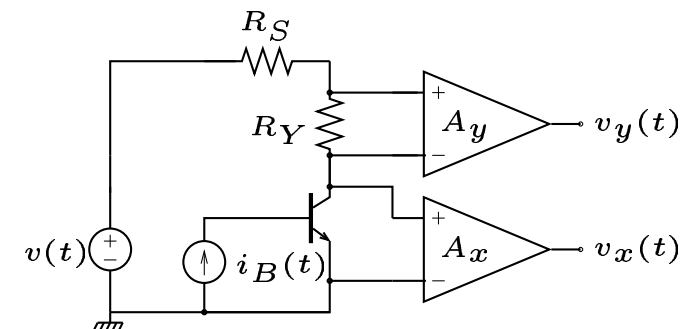
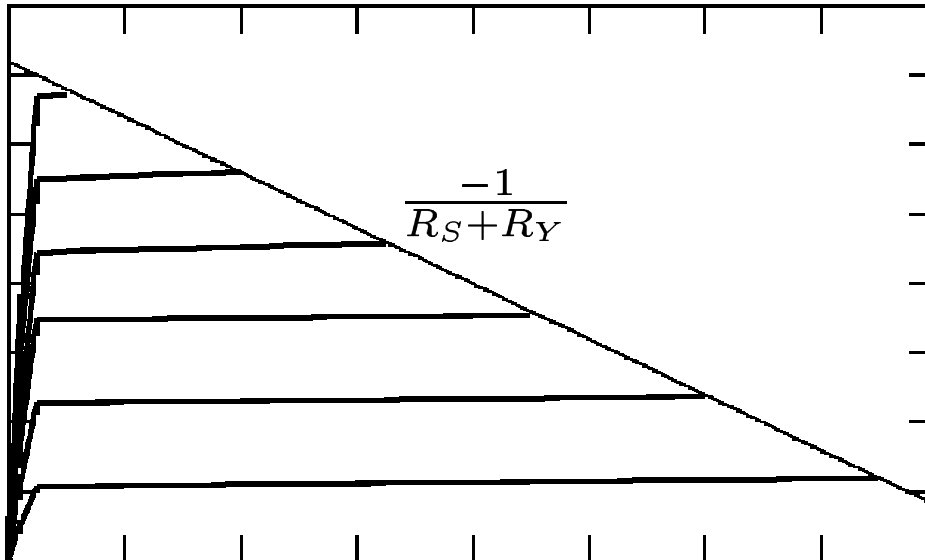
(piccola) Resistenza in serie al collettore

⇒ pilotaggio placche deflessione verticale.

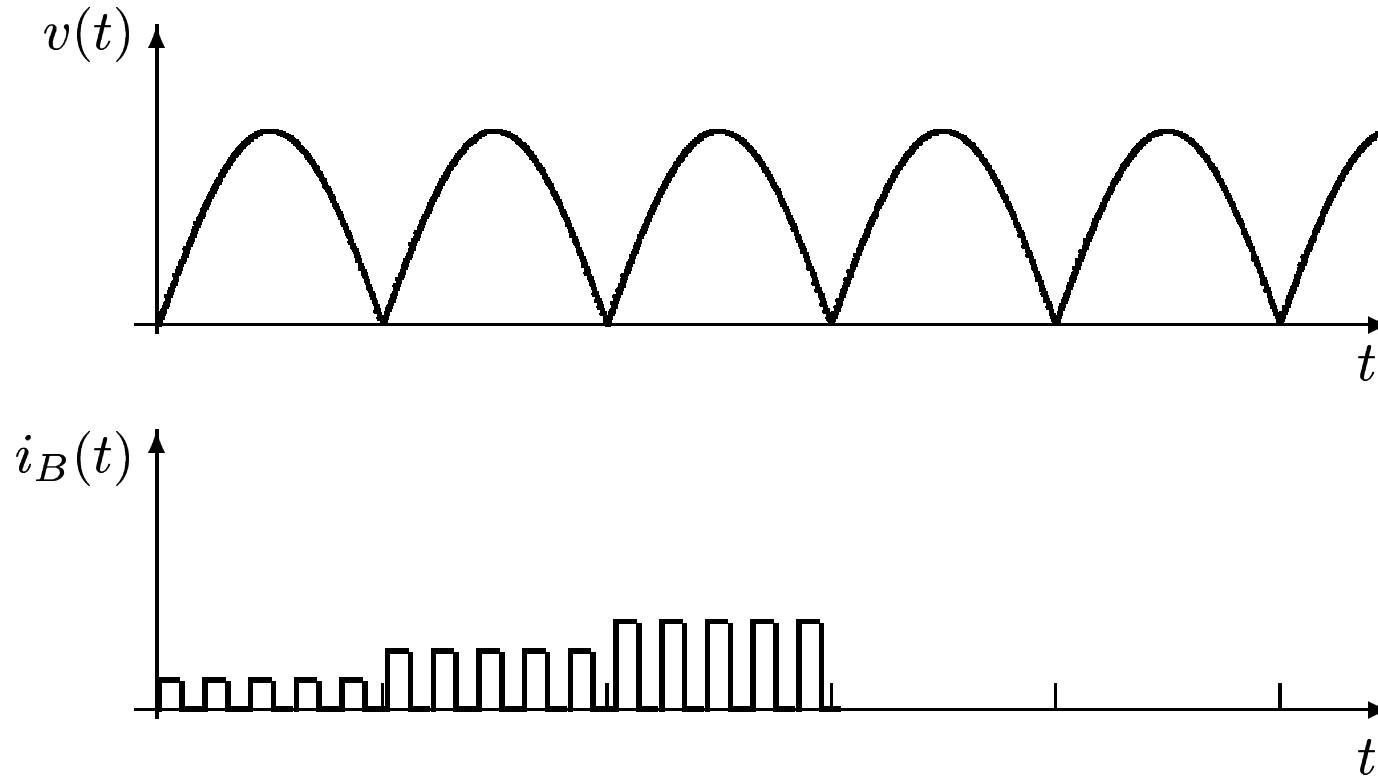


Tracciature - architettura

Resistenza serie R_S ($+R_Y$)

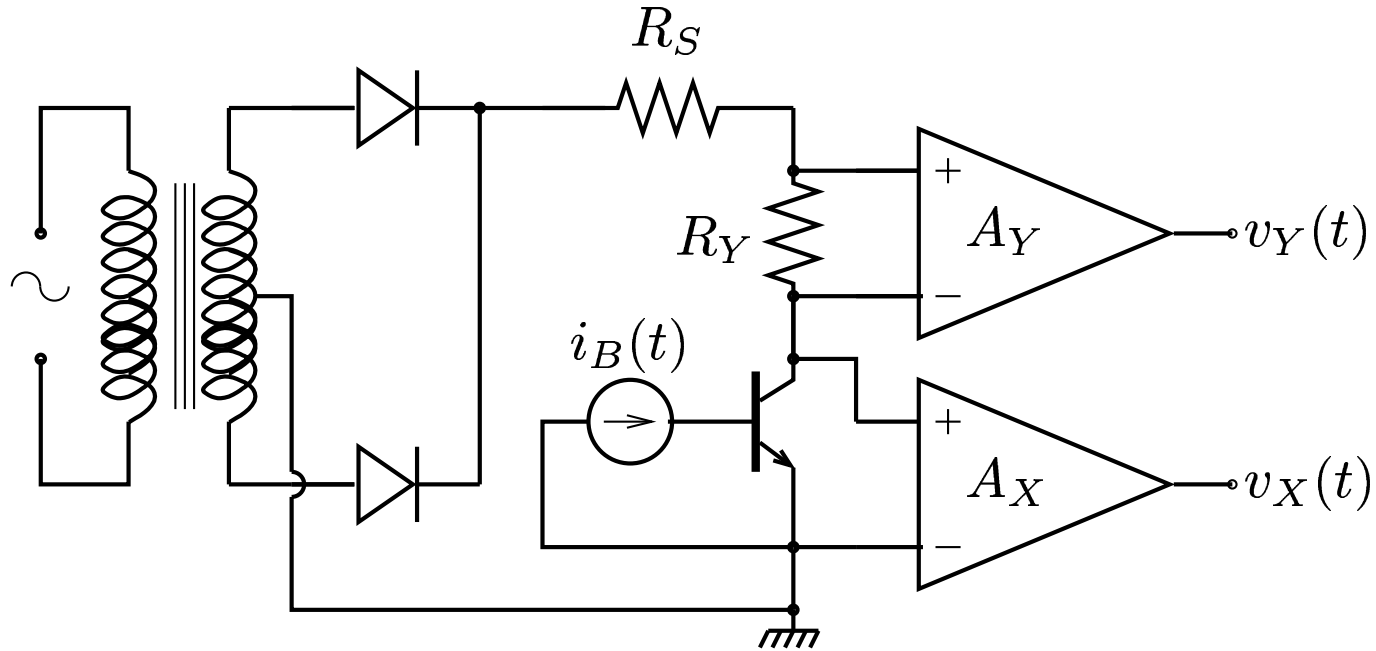


Pilotaggio impulsato della base

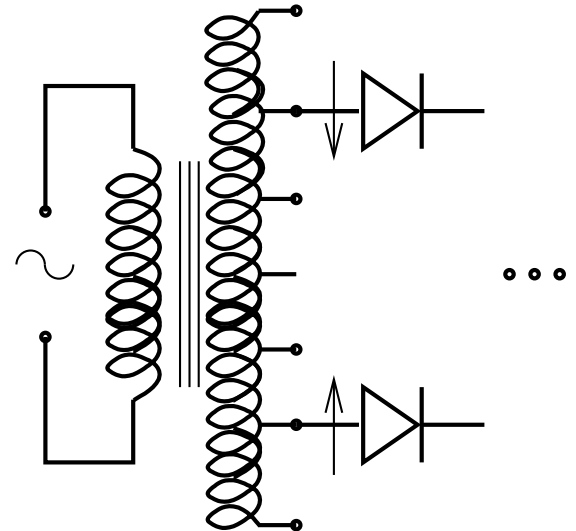


- riduzione della potenza (media) dissipata

Caratteristigrafo



trasformatore
a rapp. spire variabile



Rilievo di caratteristiche (di dispositivi a semiconduttore)

- Test in C.C.:
 - misure I - V ;
 - misure di R_{in} (I_{in} vs. V_{in});
 - misure di R_{out} (I_{out} vs. V_{out});
 - corrente assorbita dall'alimentazione.
- ! funzioni essenziali: fornire V , misurare I o viceversa.

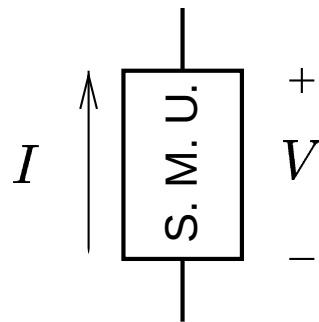
Misuratori di Parametri (di dispositivi a semiconduttori)

o (Semiconductor) Parameter Analyzer

- Sistemi più complessi
- Maggiore versatilità
- Basati su *Source/Measure (o Monitor) Unit* (S.M.U.)

S.M.U.

- Generatori di tensione/corrente
- Possibilità di funzionamento in 4 quadranti:



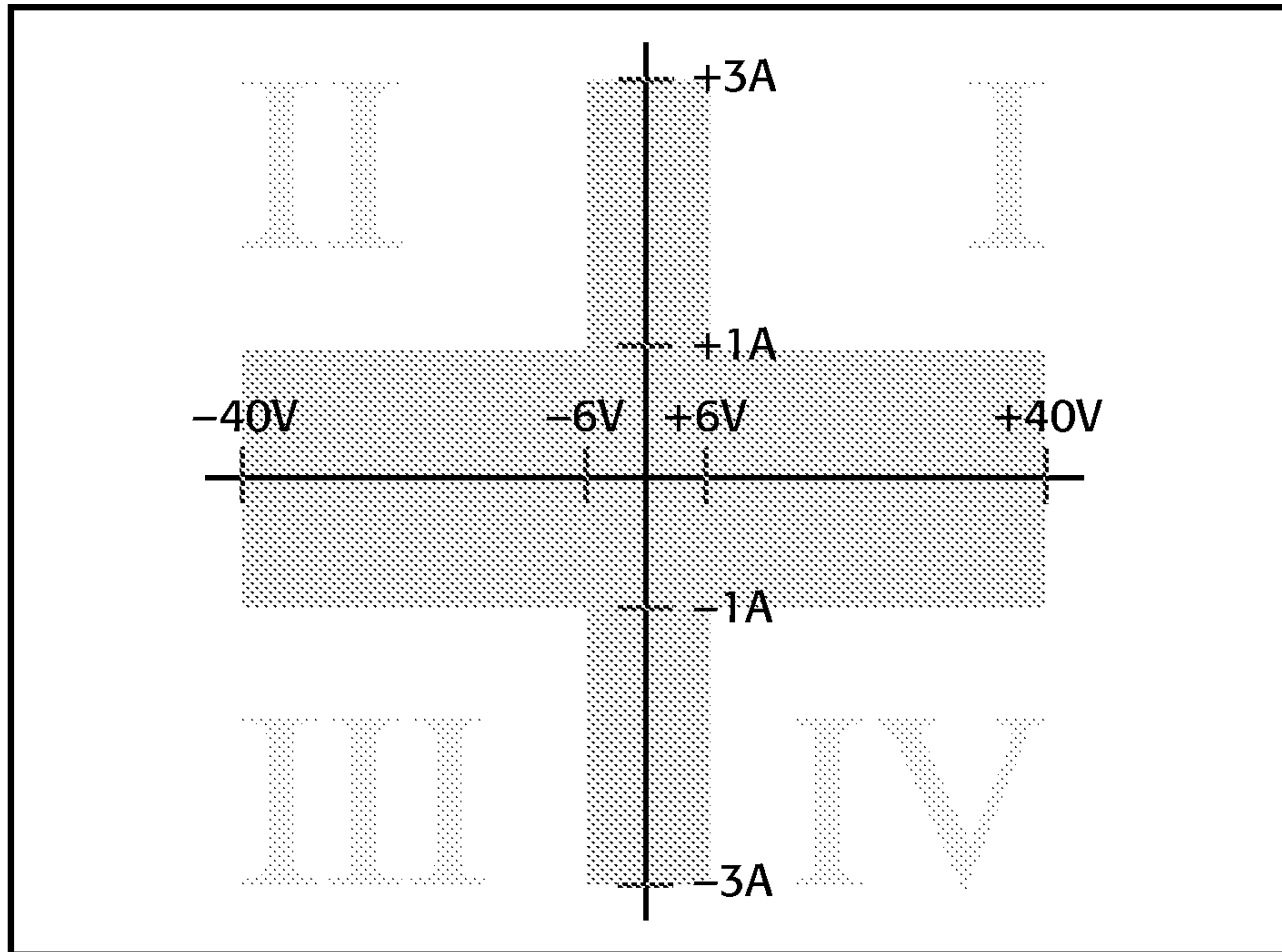
$$V > 0, I > 0 \quad (\text{gen.})$$

$$V > 0, I < 0 \quad (\text{carico})$$

$$V < 0, I > 0 \quad (\text{carico})$$

$$V < 0, I < 0 \quad (\text{gen.})$$

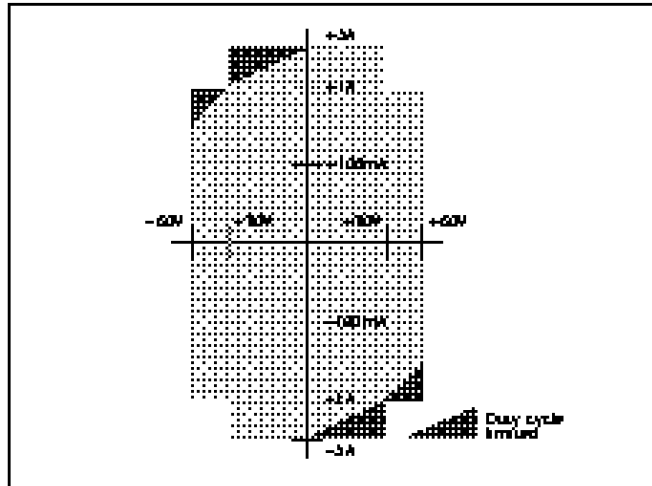
S.M.U.



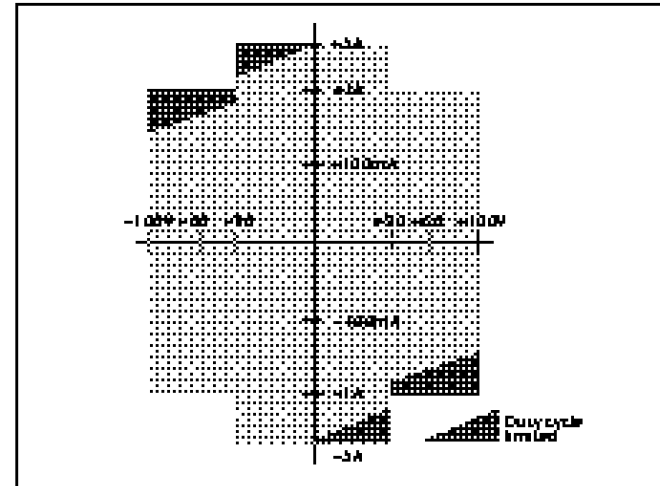
Models 2601 and 2602 I-V capability



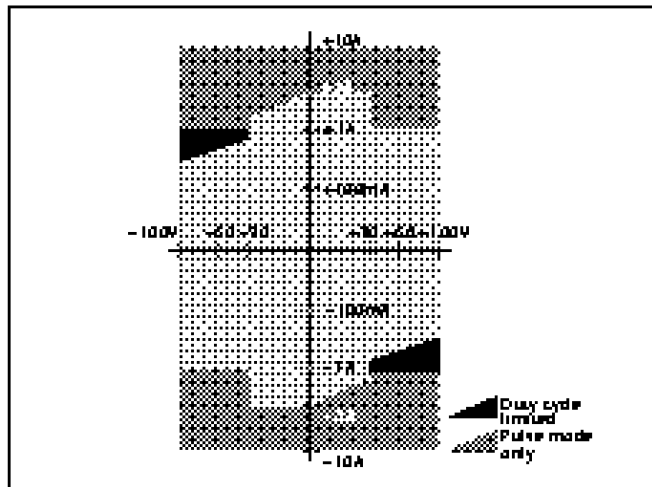
S.M.U.



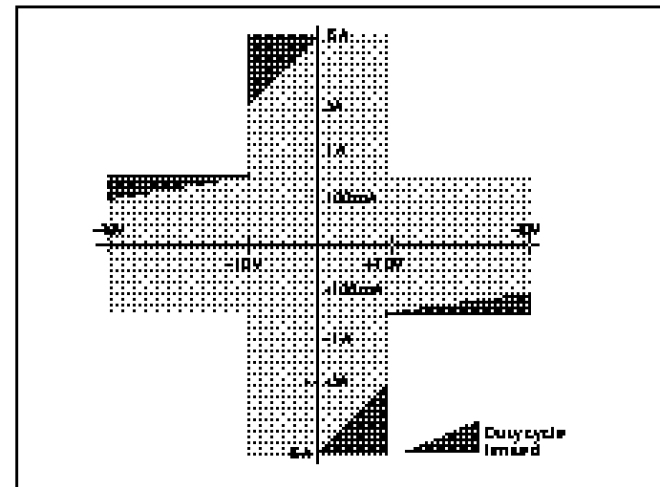
Model 2420 3A SourceMeter



Model 2425 100W SourceMeter



Model 2430 1kW Pulse Mode SourceMeter



Model 2440 5A SourceMeter

KEITHLEY

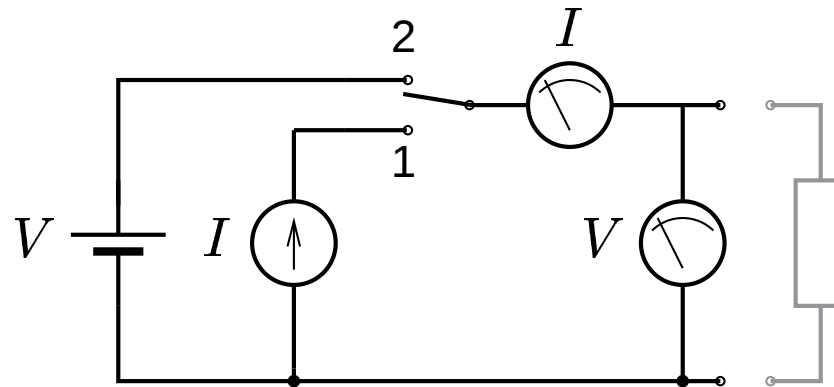
S.M.U. (2)

Generatori “universali”:

- Generatori di corrente con
 - possibilità di far variare la corrente erogata (I_{min} , I_{max} , I_{step});
 - possibilità di misurare tensione ai capi;
 - possibilità di limitare tensione ai capi;
- Generatori di tensione con
 - possibilità di far variare la tensione erogata (V_{min} , V_{max} , V_{step});
 - possibilità di misurare corrente erogata
 - possibilità di limitare corrente erogata

S.M.U. (3)

Schematizzazione



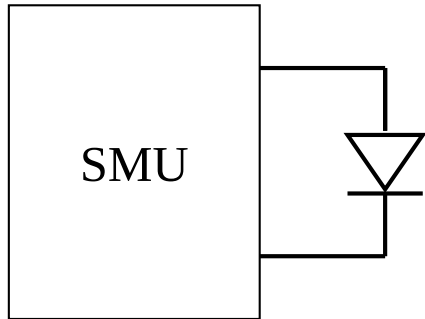
pos. 1: I force - V measure

pos. 2: V force - I measure

Controllo (digitale) mediante microprocessore/computer.

S.M.U. - Esempi

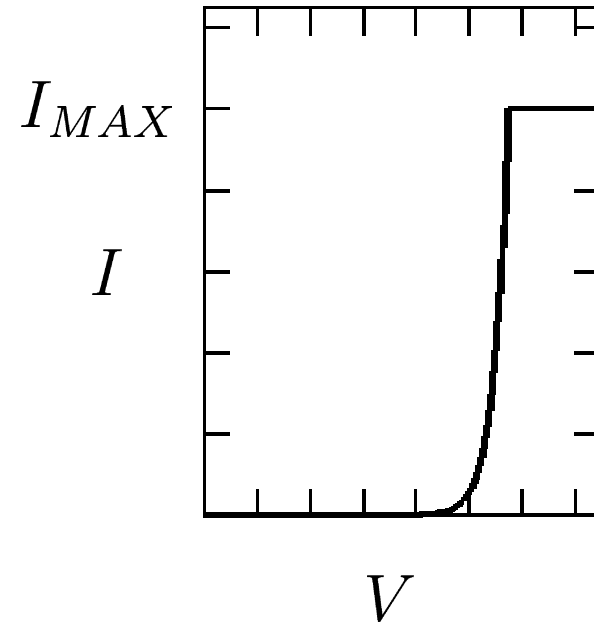
Caratt. I - V di un diodo



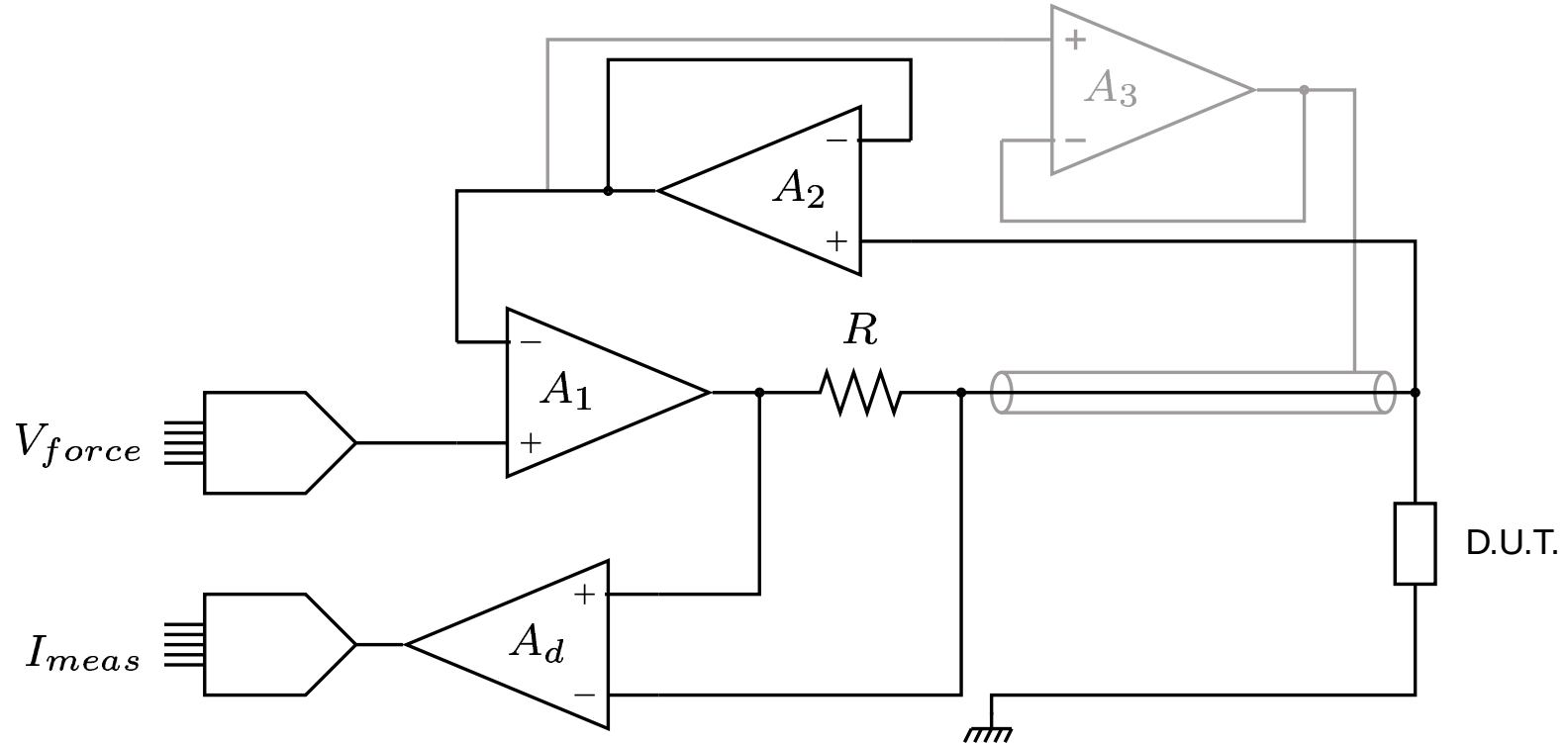
V force $(0 \div 1 \text{ V})$

I meas.

I lim. ($I_{MAX} = 10 \text{ mA}$)

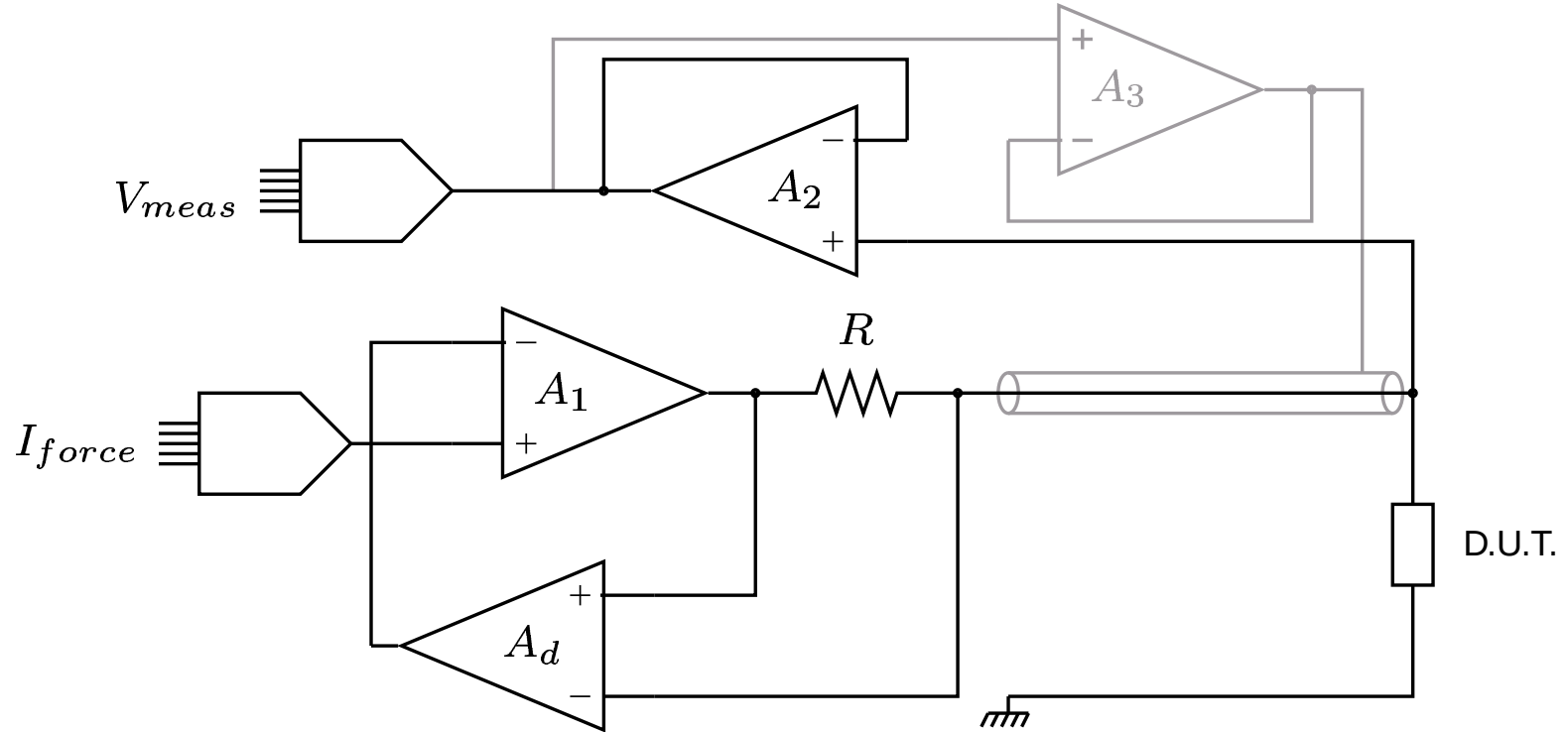


S.M.U. - Modalità V_{force}



- A_1 , A_2 , A_3 : guadagno elevatissimo (A.O.)
- A.D.: amplificatore differenziale
- D.A.C.: per imporre la tensione richiesta;
- A.D.C.: per misurare la corrente.

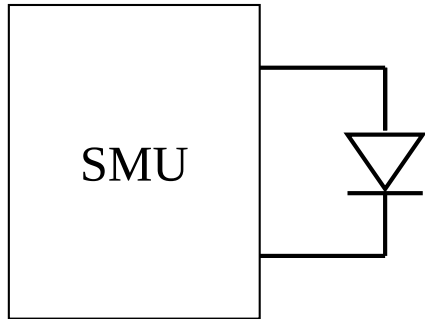
S.M.U. - Modalità *I force*



- A_1, A_2, A_3 : guadagno elevatissimo (A.O.)
- A.D.: amplificatore differenziale
- D.A.C.: per imporre la corrente richiesta;
- A.D.C.: per misurare la tensione.

S.M.U. - esempi

Caratteristica I - V di un diodo



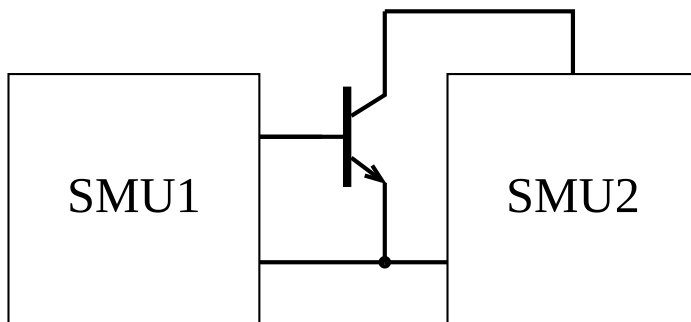
V force, I meas.

$V_{MIN}, V_{MAX}, \Delta V, I_{MAX}$

Caratteristiche di uscita di un tr. bipolare

1 : I force, (V meas.)

2 : V force, I meas.



$I_{BMIN}, I_{BMAX}, \Delta I_B$

$V_{CE,MIN}, V_{CE,MAX}, \Delta V_{CE}$

$I_{C,MAX}, (V_{BE,MAX})$

S.M.U. - modalità di pilotaggio

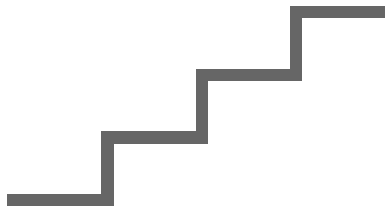
a)



b)



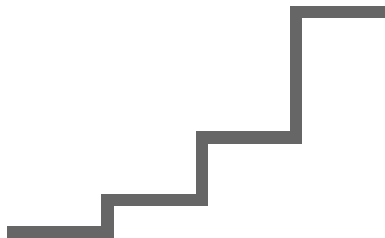
c')



d')



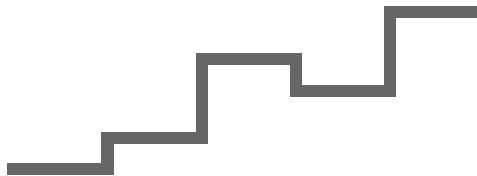
c'')



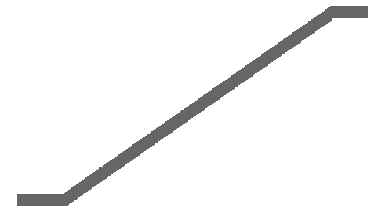
d'')



e)

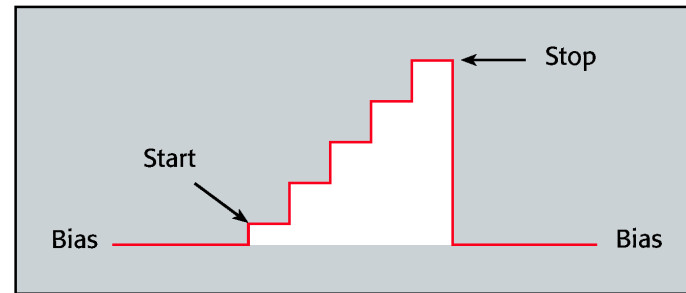


f)



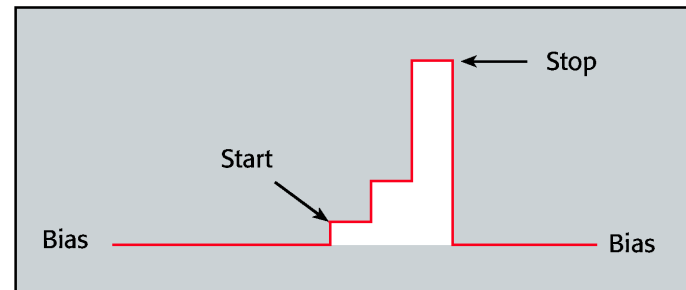
S.M.U. - modalità di pilotaggio

- gradinata lineare



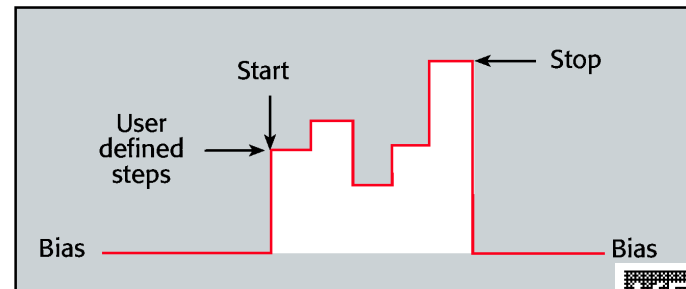
Linear staircase sweep

- gradinata logaritmica



Logarithmic staircase sweep

- successione di livelli definiti dall'utente



Custom sweep



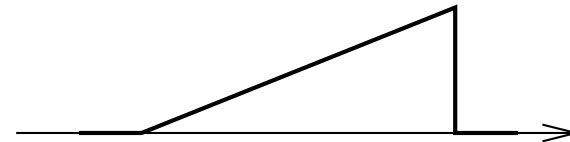
S.M.U.

esempi di modalità di pilotaggio in relazione all'impiego

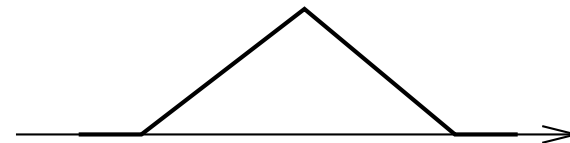
- stress



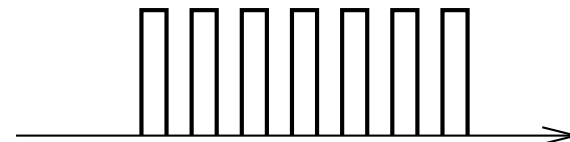
- I - V



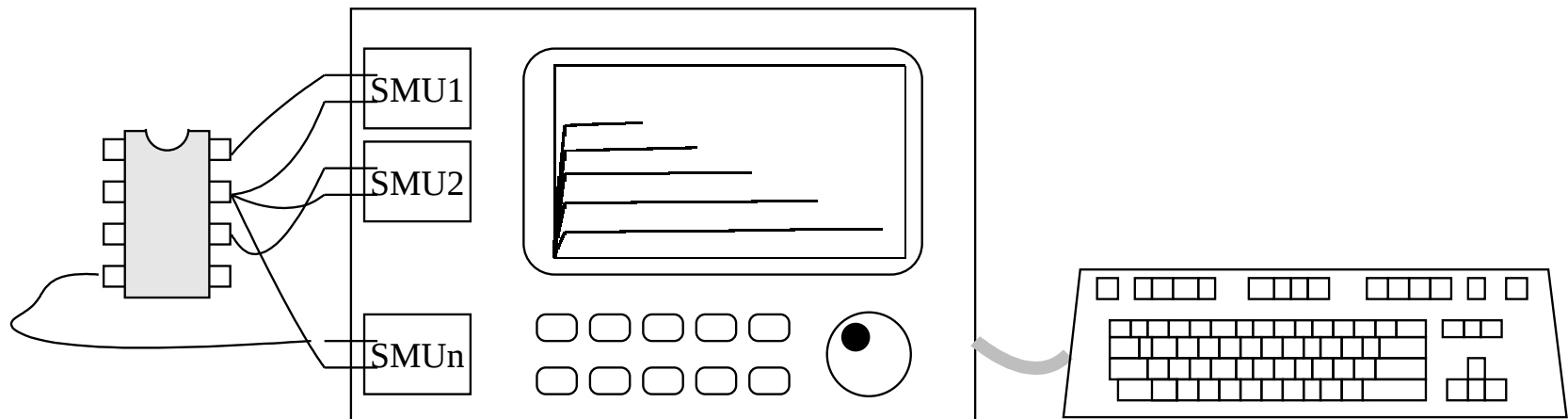
- isteresi



- pulsed



Parameter Analyzer - riepilogo (1)



- dotati di più S.M.U. (min 2);
- configurabili: V/I source, max I/V , I/V measure, I/V range, I/V step, ...;
- caratteristiche presentate in diagrammi o tabelle;
- possibilità di memorizzare caratteristiche (hard disk, floppy disk, memoria USB, ...);
- stimoli a rampa, o gradinata, o ... (tensione/corrente);

Parameter Analyzer - riepilogo (2)

- controllabile mediante P.C. (configurazione, estrazione dati, ...), o con P.C. interno (Windows, Excel, ...);
 - talvolta limitate capacità di funzionamento in A.C.: fornire stimoli e digitalizzare risposta, fino a pochi kilohertz.
 - elevatissima risoluzione (prog. $5\ \mu\text{V}$)
 - elevatissima risoluzione (mis. $1\ \mu\text{V}$, $10\ \text{aA}$, $1\ \mu\Omega$)
 - elevatissima accuratezza ($< 0.1\%$)
-
- Source/Meter Instrument: dotato di 2 S.M.U., 1 canale, 5 e 1/2 cifre
 - V -source, I -source, V -meter, I -meter, Ω -meter
 - funzionante anche come gen. di forme d'onda (basse frequenze).

S.M.U. - esempi di misure

- caratteristiche I - V
- caratteristiche d'ingresso di transistor
- caratteristiche d'uscita di transistor
- caratteristiche mutue di transistor
- caratteristiche in-out (in corrente continua)
- test su porte logiche
- test di carica-scarica su batterie
- test di lettura/scrittura su memorie
- test su convertitori A/D a D/A ($\triangle!$ n. canali)
- ...