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.

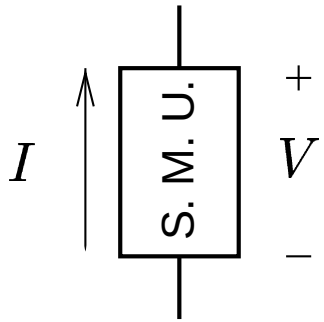
Misuratori di Parametri (di dispositivi a semiconduttori)

o *(Semiconductor) Parameter Analyzer*

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

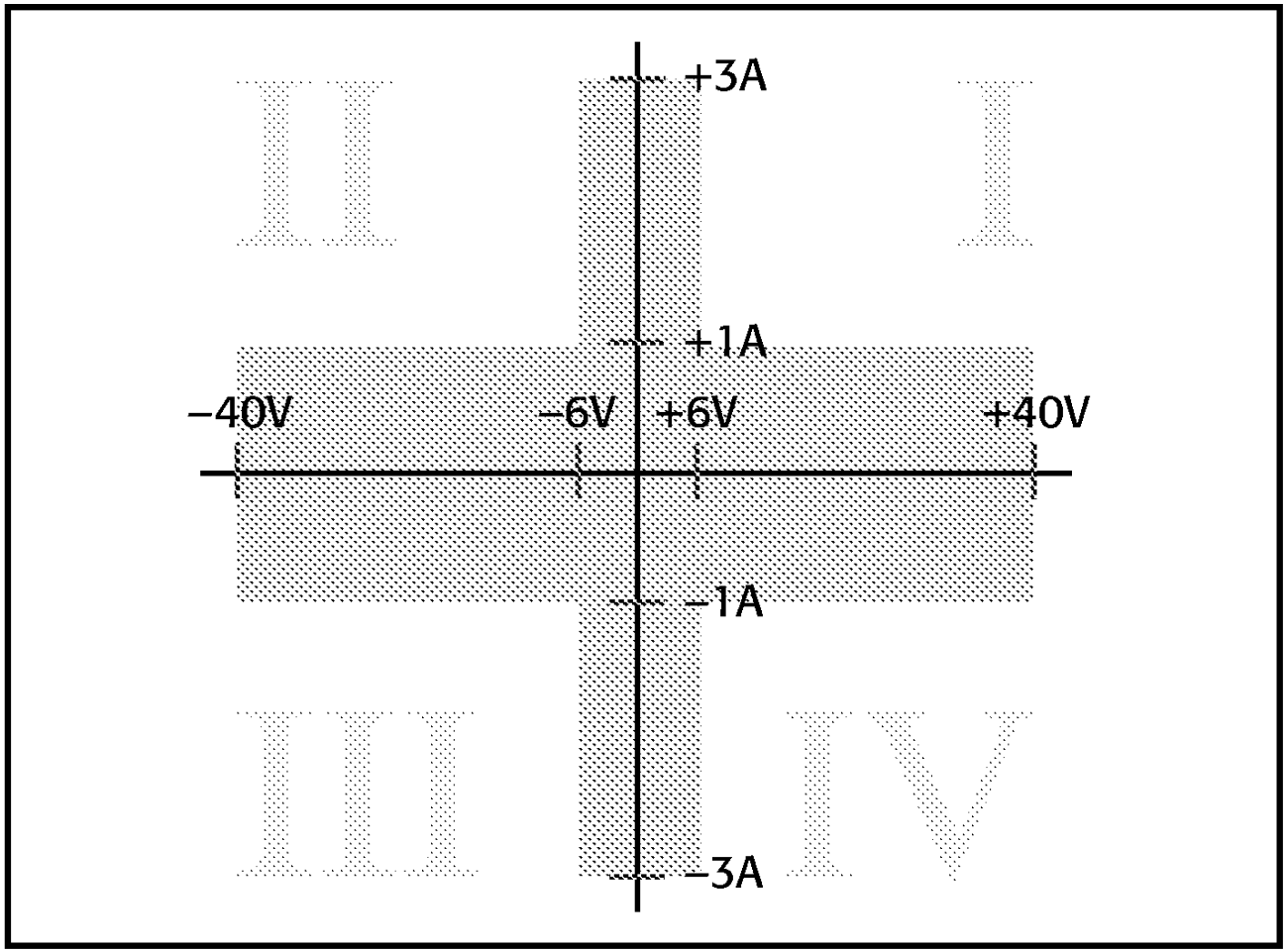
S.M.U.

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



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

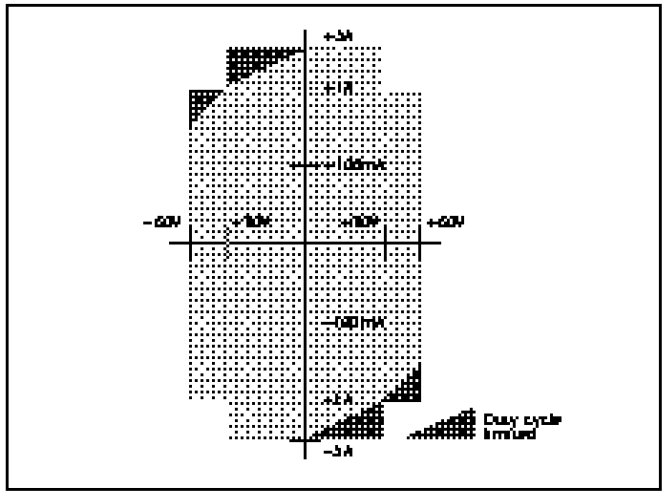
S.M.U.



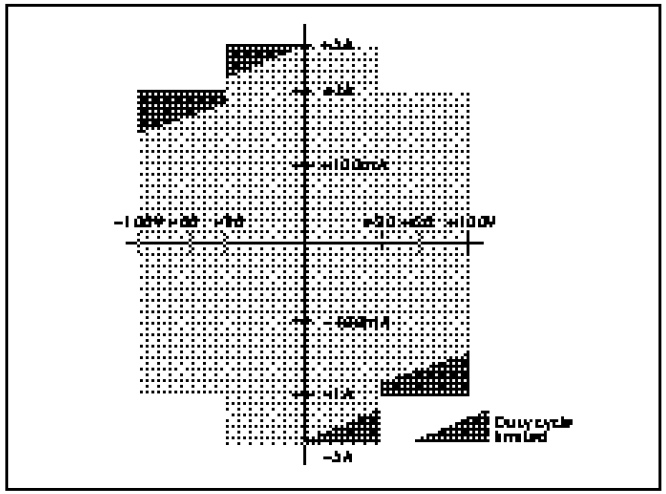
Models 2601 and 2602 I-V capability

KEITHLEY

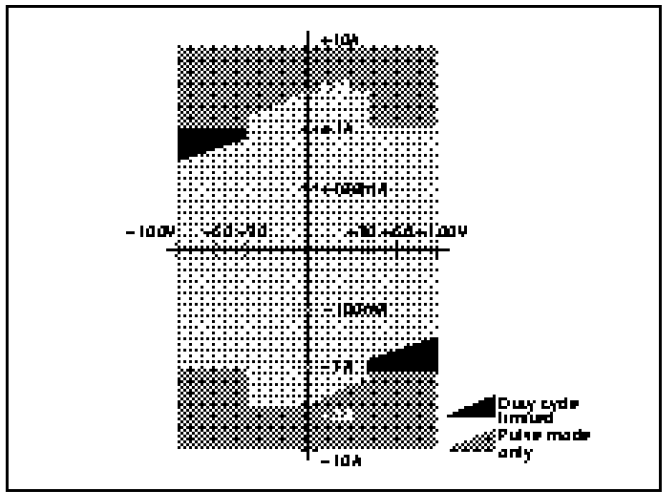
S.M.U.



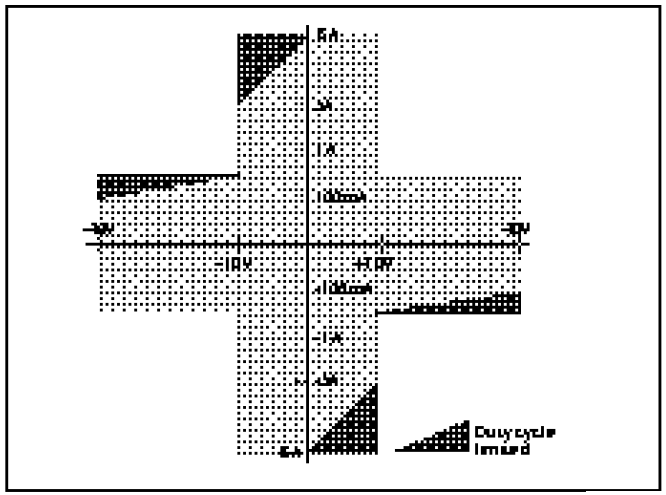
Model 2420 3A SourceMeter



Model 2425 100W SourceMeter



Model 2430 1kW Pulse Mode SourceMeter



Model 2440 5A SourceMeter

S.M.U. (2)

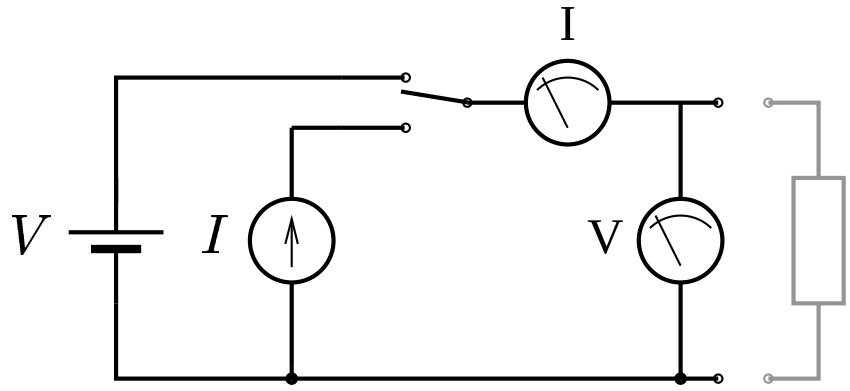
Generatori “universali”:

- 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



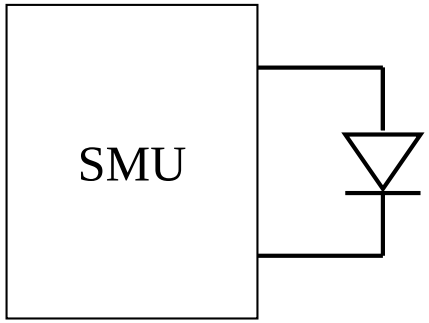
T aperto: I <u>force</u> - V <u>measure</u>

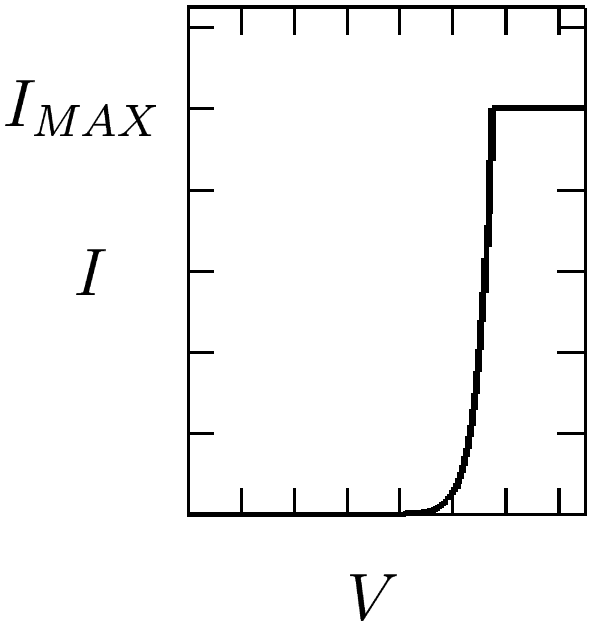
T chiuso: V <u>force</u> - I <u>measure</u>

Controllo (digitale) mediante microprocessore/computer.

S.M.U. - Esempi

Caratt. I-V di un diodo



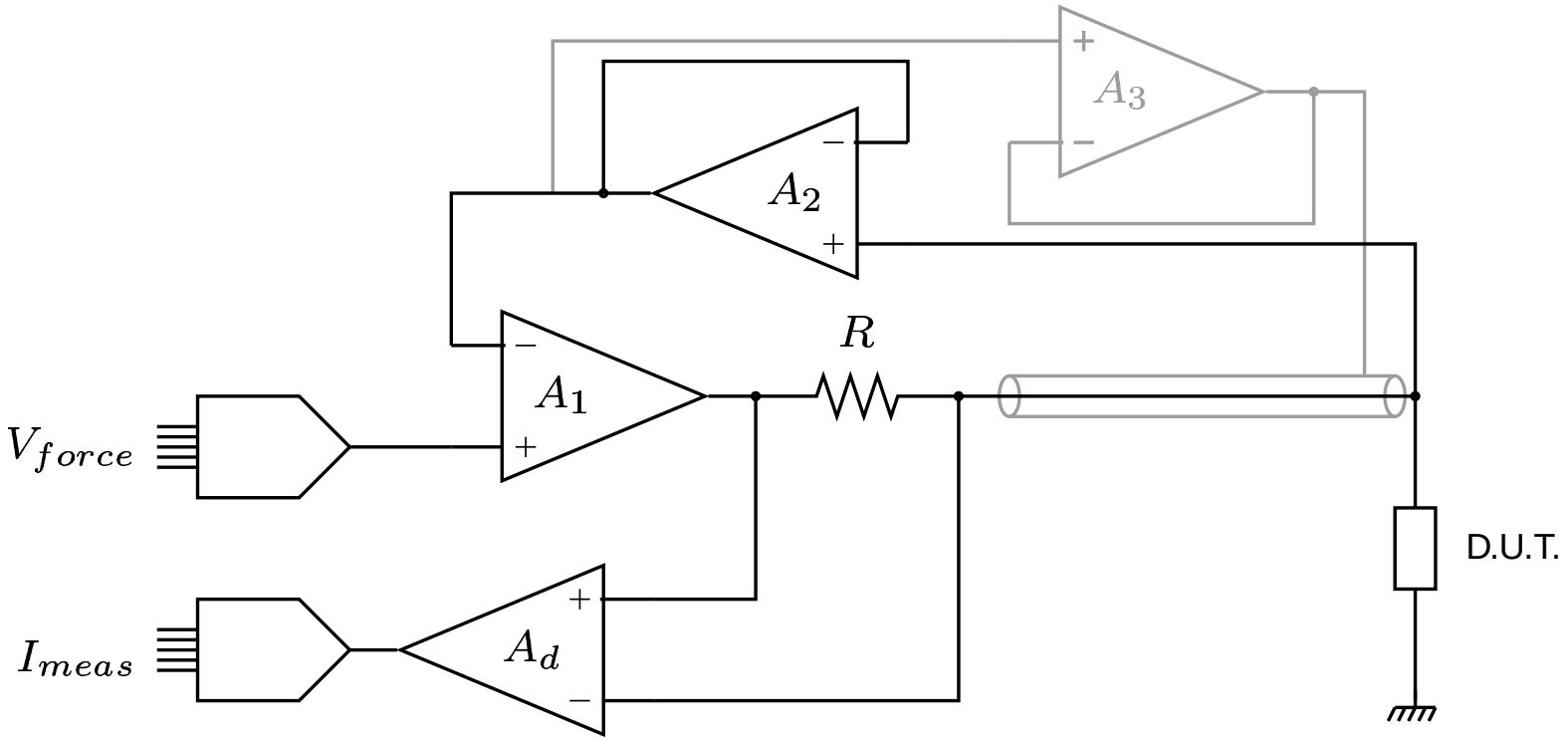


V force $\quad (0 \div 1\ \mathrm{V})$

I meas.

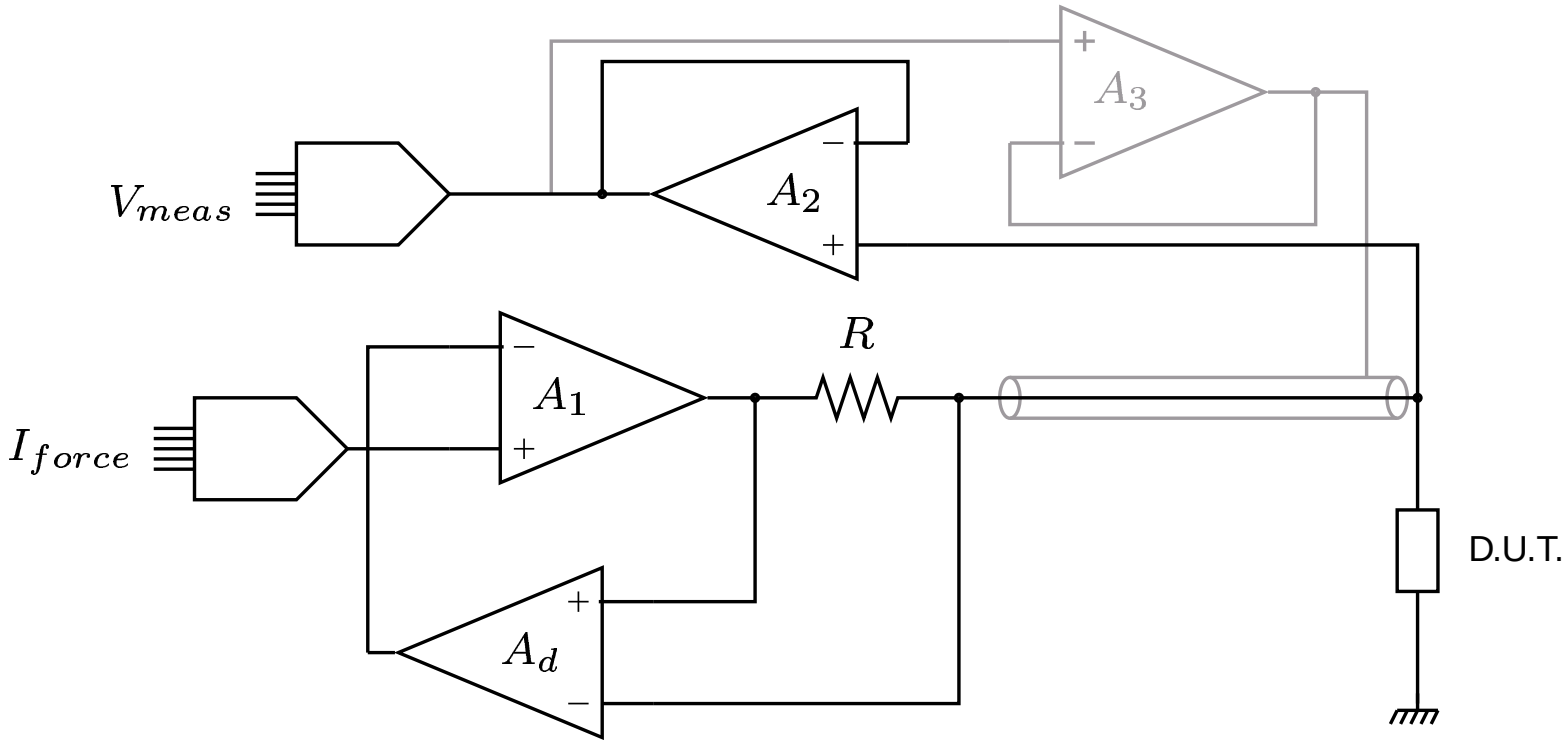
I lim. $\quad (I_{MAX} = 10\,\mathrm{mA})$

S.M.U. - Modalità V <u>force</u>



- 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.

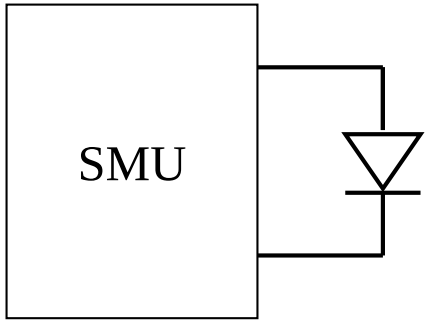
S.M.U. - Modalità I force



- 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

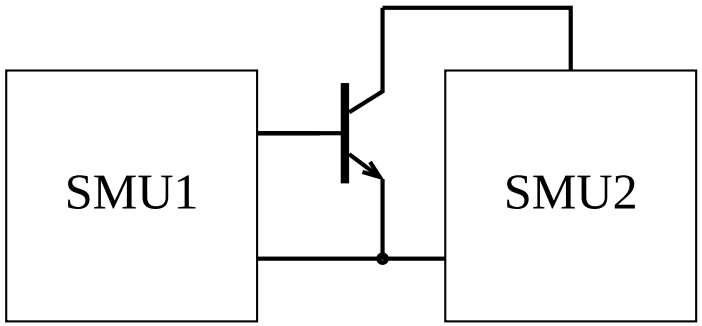


V force, I meas.

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

Caratteristiche di uscita di un tr. bipolare

$1 : I$ force, $(V$ meas.$)$ $\qquad$ $2 : V$ force, I meas.

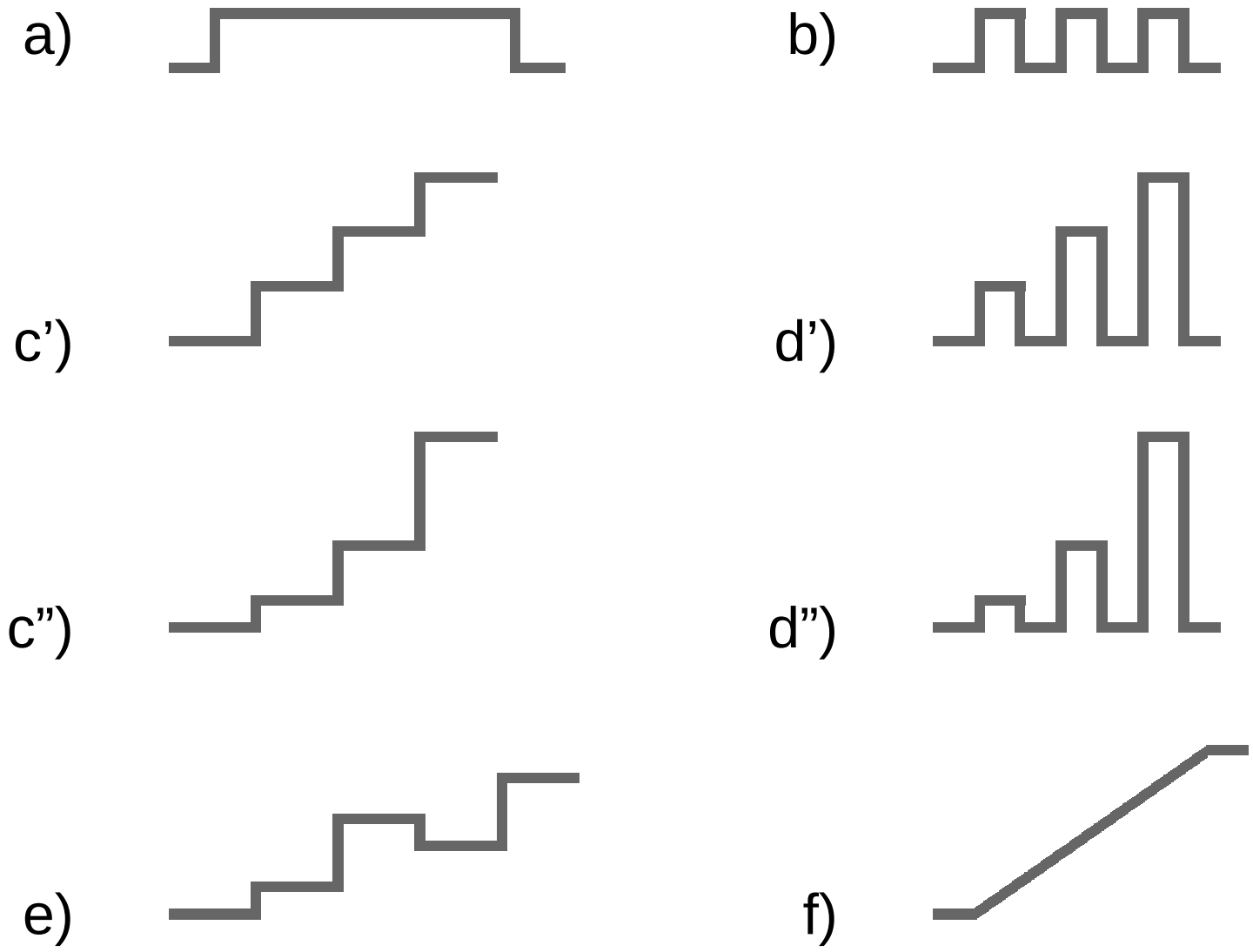


$I_{BMIN}, I_{BMAX}, \Delta I_B$

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

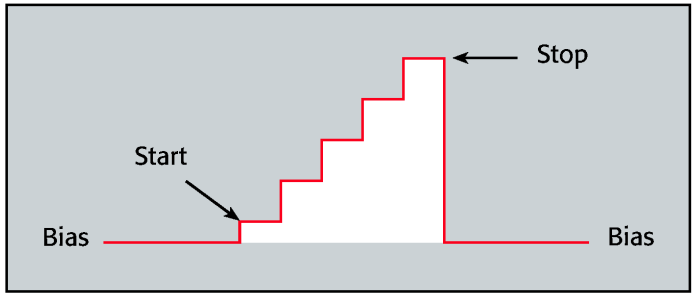
$I_{C,MAX}, (V_{BE,MAX})$

S.M.U. - modalità di pilotaggio



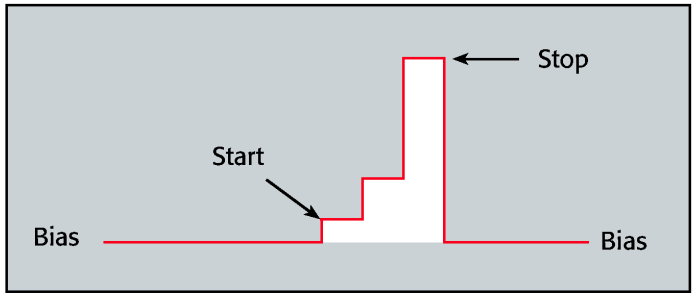
S.M.U. - modalità di pilotaggio

- gradinata lineare



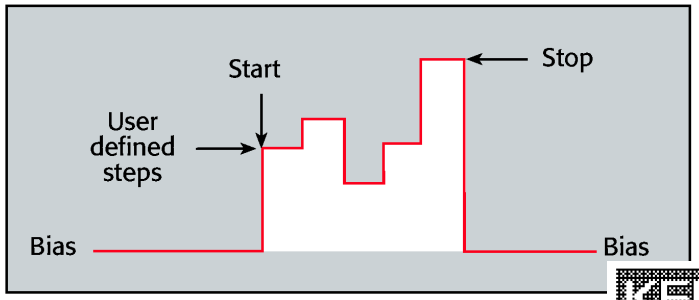
Linear staircase sweep

- gradinata logaritmica



Logarithmic staircase sweep

- successione di livelli definiti dall'utente

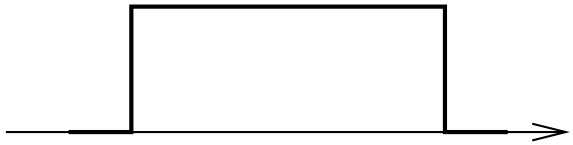


Custom sweep

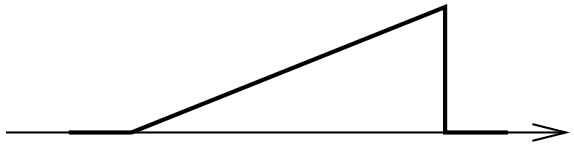
S.M.U.

esempi di modalità di pilotaggio in relazione all'impiego

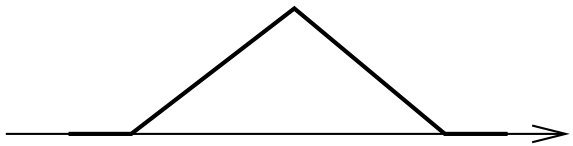
- stress



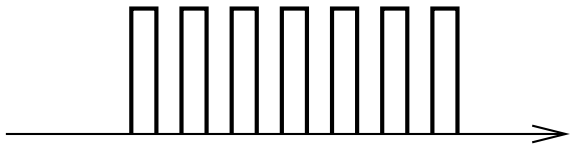
- I-V



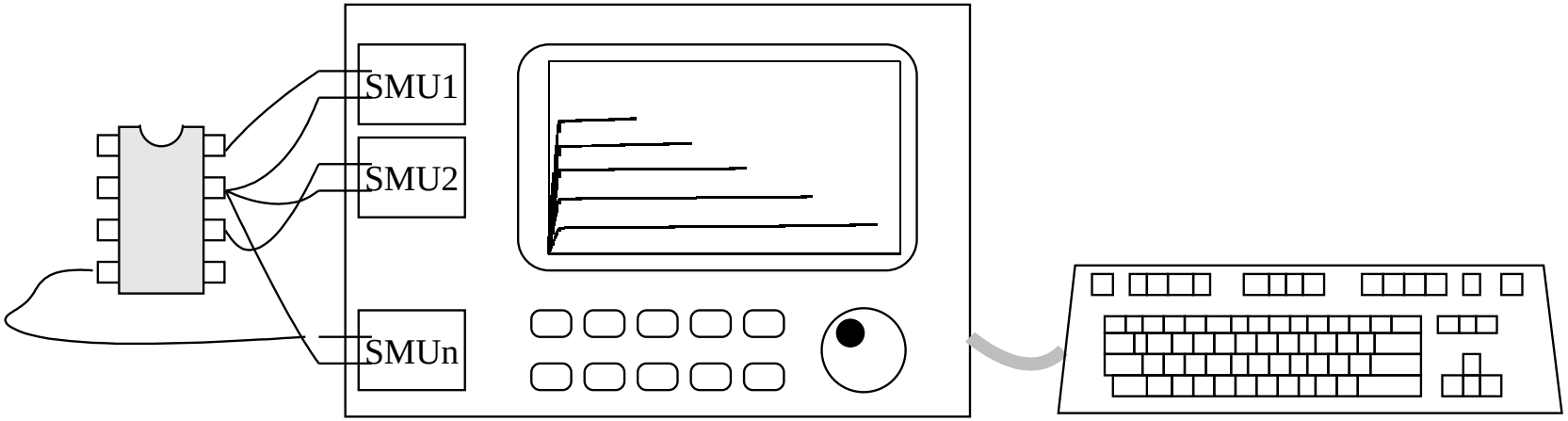
- isteresi



- 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. $5\,\mu\mathrm{V}$)
- elevatissima risoluzione (mis. $1\,\mu\mathrm{V}, 10\,\mathrm{aA}, 1\,\mu\Omega$)
- 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 (⚠ n. canali)
- ...