



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Medicina e Chirurgia

Misure elettriche ed elettroniche

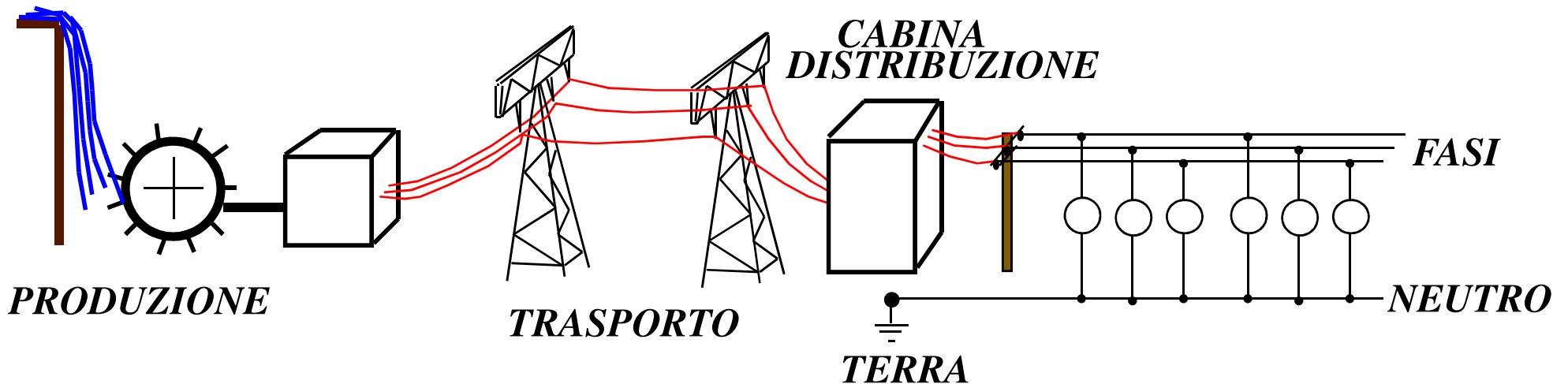
SHOCK ELETTRICO

NOZIONI GENERALI

1

rete ENEL

■ *produzione e distribuzione energia elettrica*



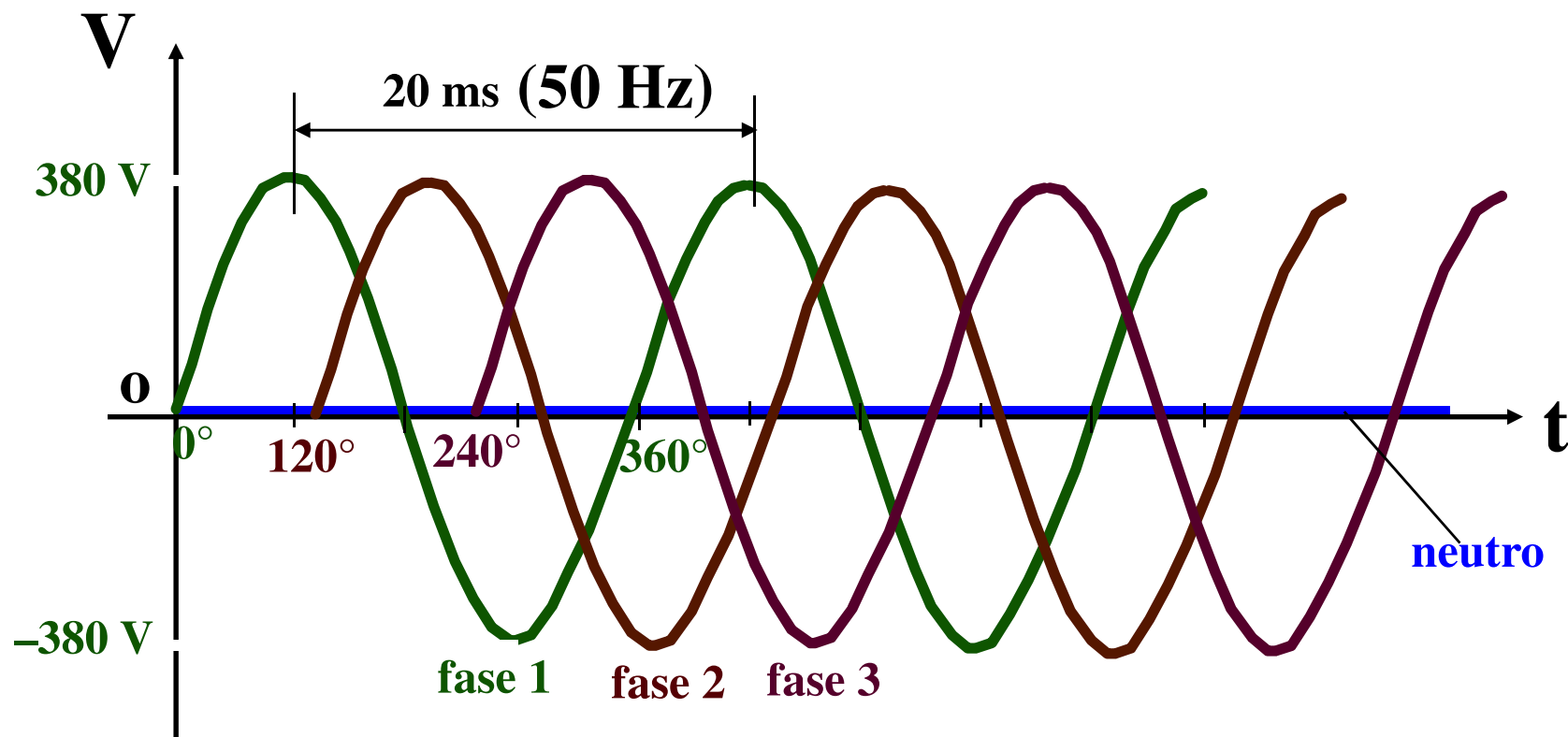
- *somma tre fasi = zero (neutro)*

NOZIONI GENERALI

2

rete ENEL

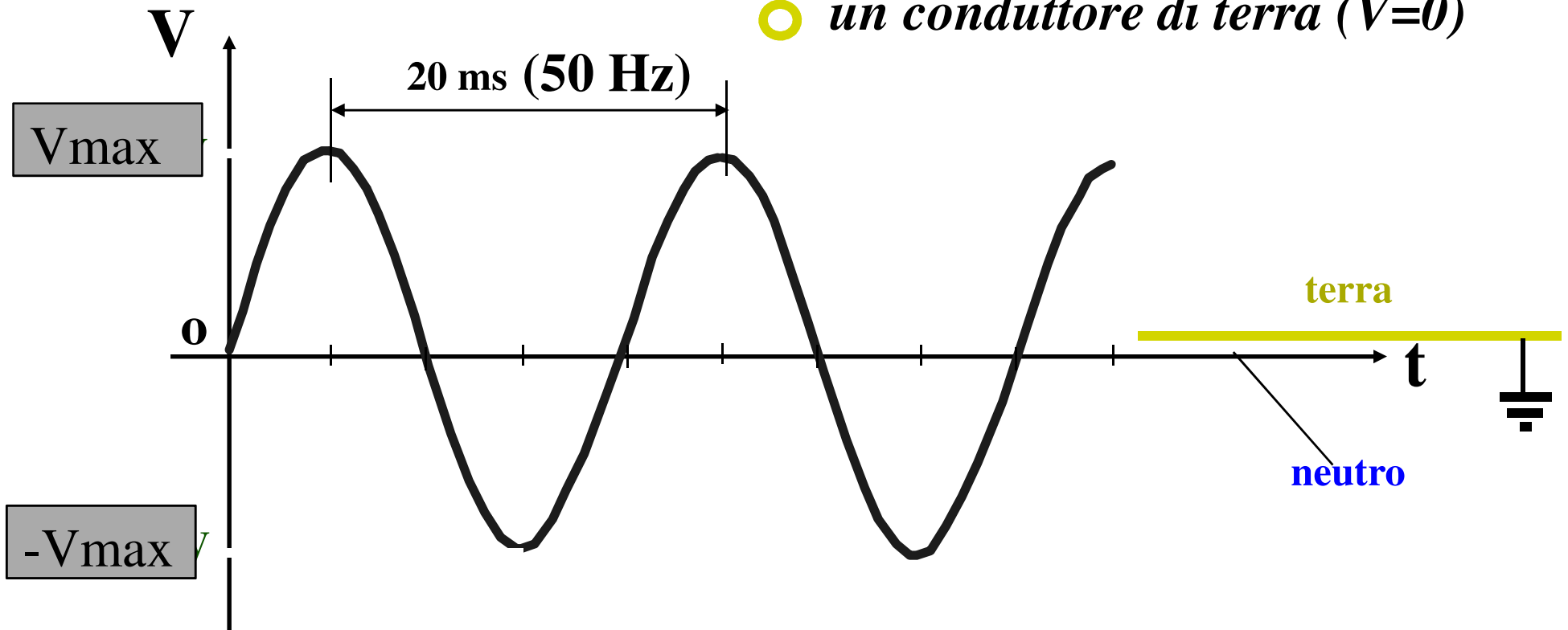
- *produzione e distribuzione energia elettrica:
la linea di alimentazione è trifase, 380 V, 50 Hz*



- *nelle utenze industriali si hanno motori trifase a 380 V; in quelle domestiche si ha una sola fase più il conduttore “neutro”, e tra fase e neutro ci sono 220 V*

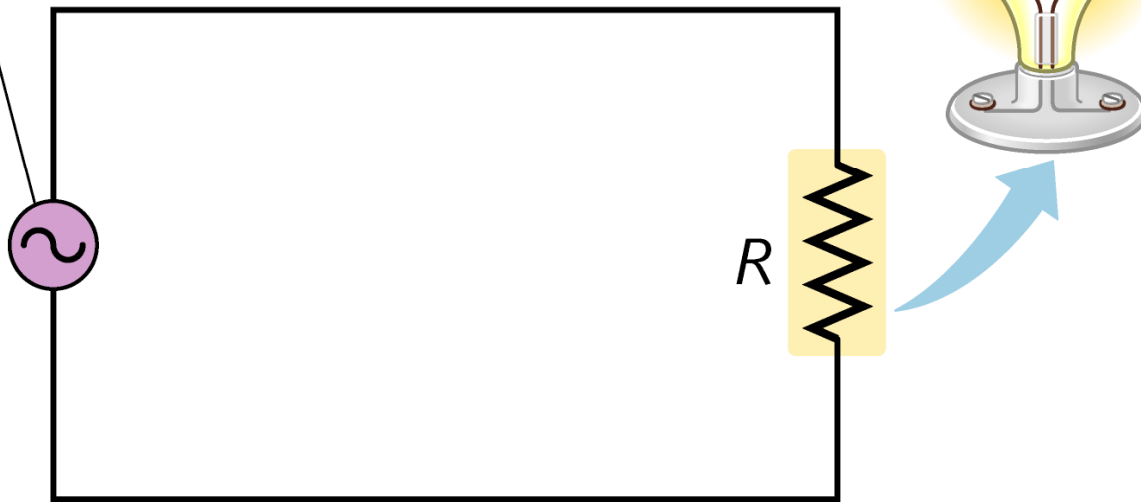
■ *utenza domestica:*

- una singola fase
- un conduttore comune (“neutro”), collegato al dispersore di terra a livello della cabina di distribuzione
- un conduttore di terra ($V=0$)



- *In condizioni ideali* $V_{neutro} = 0$ anche a livello di singola utenza (non solo a livello della cabina di distribuzione), ma nella pratica non è così -> possibili rischi

Tensione CA proveniente
da una presa a muro



Esempio

220 volt

50 Hz

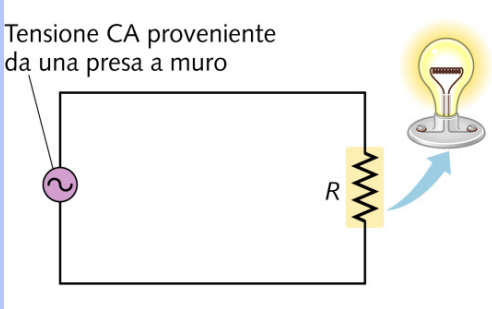
valore efficace

frequenza $\nu = \omega / (2\pi)$

la ddp misurata ai morsetti della presa di corrente si indica con il termine:
tensione di rete

Tensioni e correnti alternate

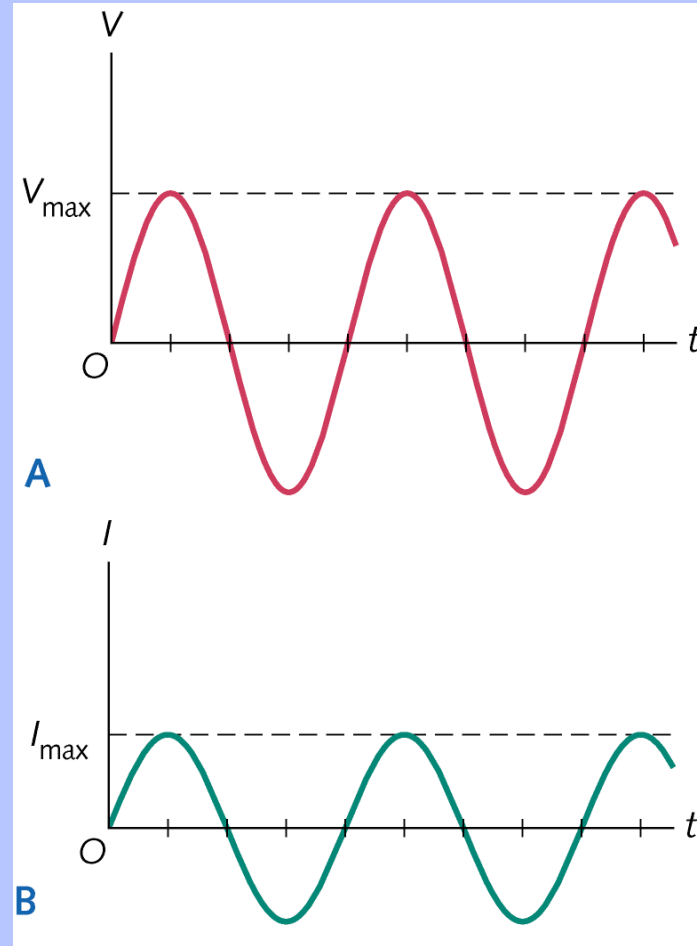
Tensione CA proveniente
da una presa a muro



$$V = V_{MAX} \sin \omega t$$

$$I = V/R$$
$$= (V_{MAX} / R) \sin \omega t$$

$$I = I_{MAX} \sin \omega t$$



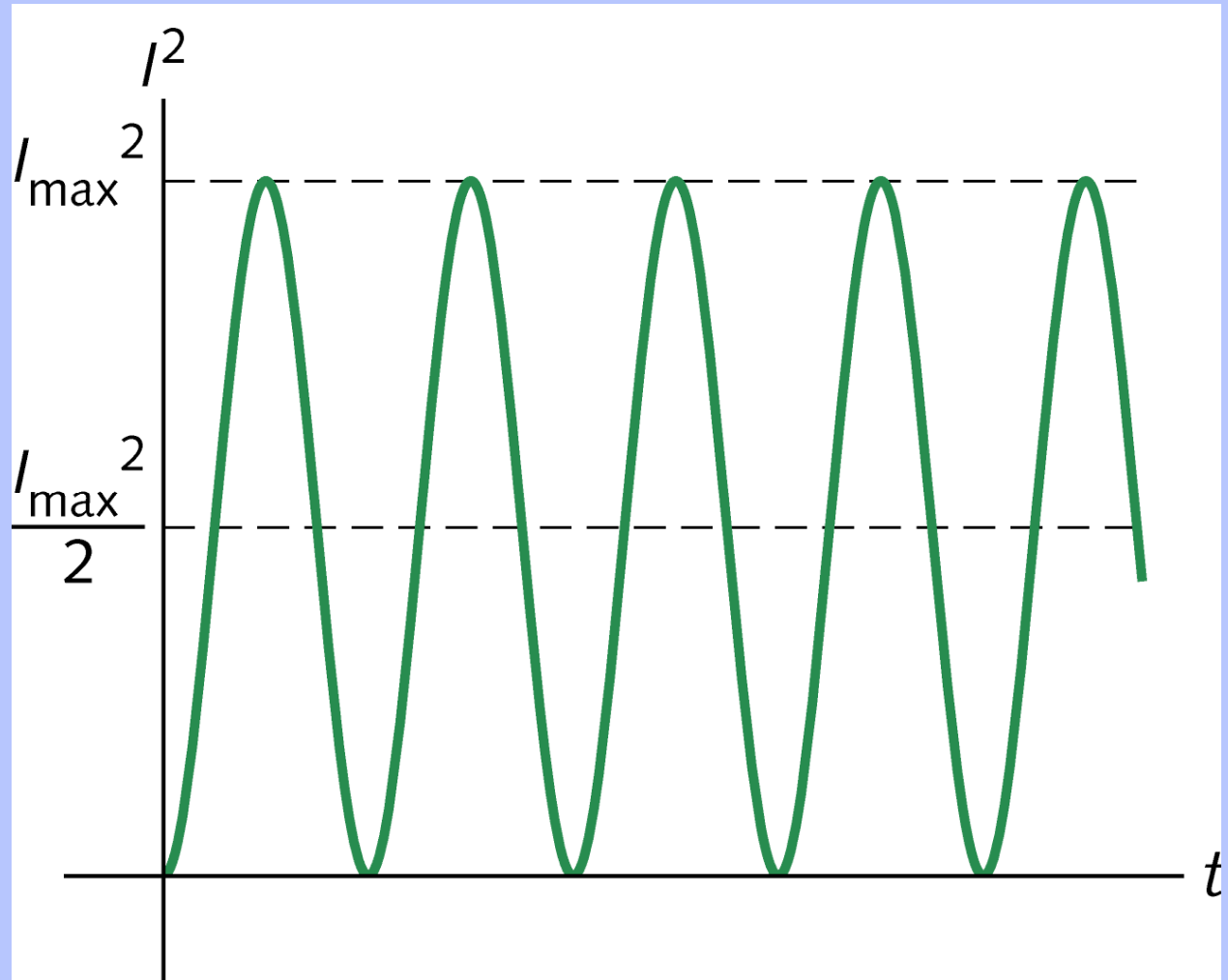
In un circuito elettrico unicamente resistivo corrente e tensione sono sempre in fase

Valori quadratici medi (valori efficaci)

$$I^2 = I_{\text{MAX}}^2 \sin^2 \omega t$$

**La media temporale
di $\sin^2 \omega t$ è $1/2$!**

$$(I^2)_m = 1/2 I_{\text{MAX}}^2$$



$$I_{\text{qm}} = \sqrt{1/2} I_{\text{MAX}}$$

$$V_{\text{qm}} = \sqrt{1/2} V_{\text{MAX}}$$

Potenza media assorbita dal circuito

$P = I^2 R$ Potenza istantanea

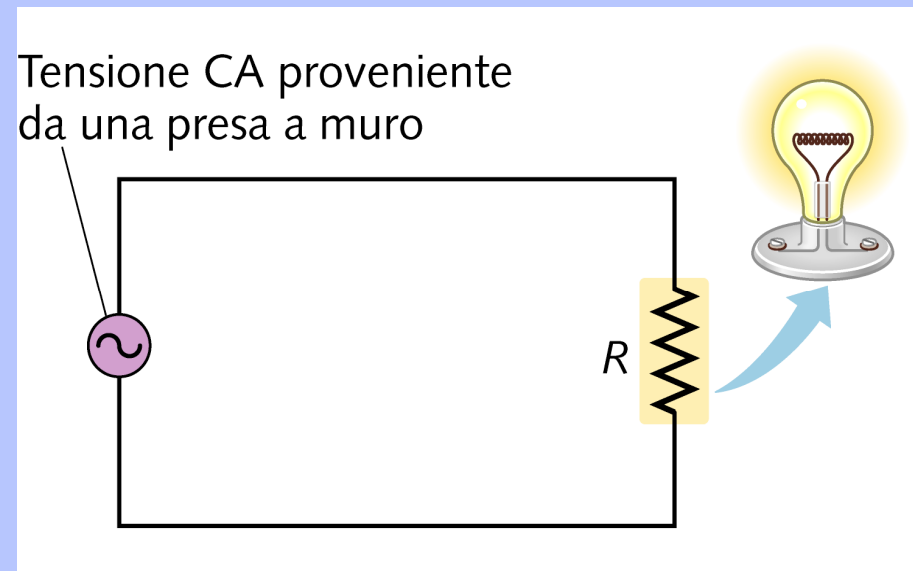
$$= I_{\text{MAX}}^2 R \sin^2 \omega t$$

$$P_m = \frac{1}{2} I_{\text{MAX}}^2 R$$

$$P_m = I_{\text{qm}}^2 R = I_{\text{qm}} V_{\text{qm}}$$

Potenza media

Amperometri e voltmetri misurano generalmente i valori efficaci non i valori istantanei!



$$I_{MAX} = \varepsilon_{MAX} / Z$$

$$\text{Impedenza } Z = \sqrt{[(\omega L - 1/(\omega C))^2 + R^2]}$$

$$P_{media} = (I V)_{media} = I_{qm} V_{qm} \cos \varphi$$

Fattore di potenza

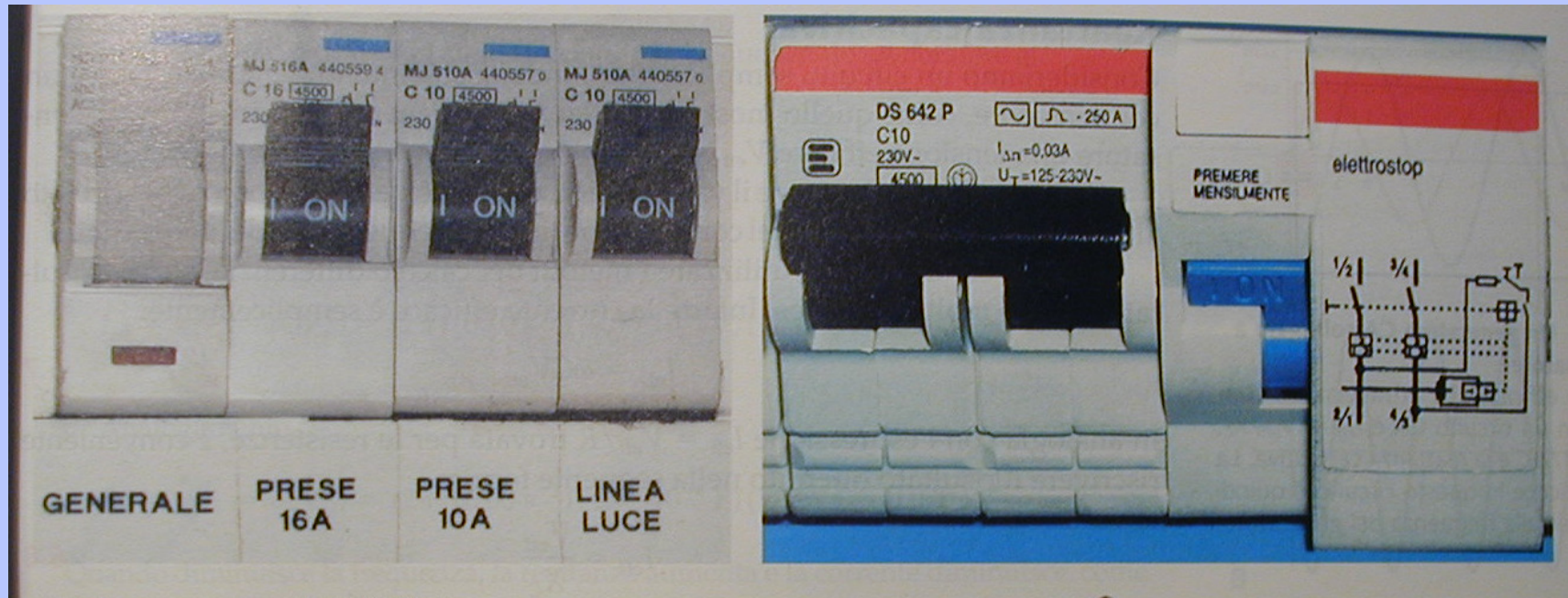
$$I_{qm} = V_{qm} / Z$$

$$\cos \varphi = R/Z$$

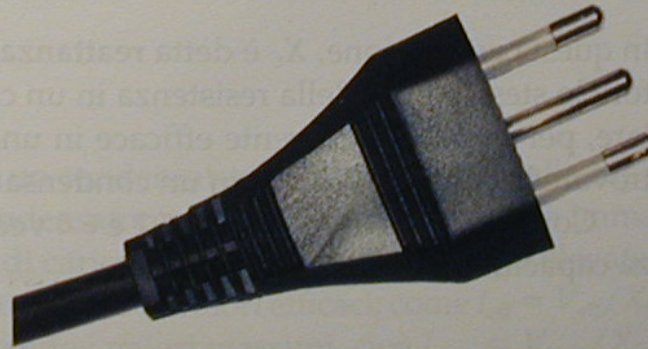


$$P_m = I_{qm}^2 R$$

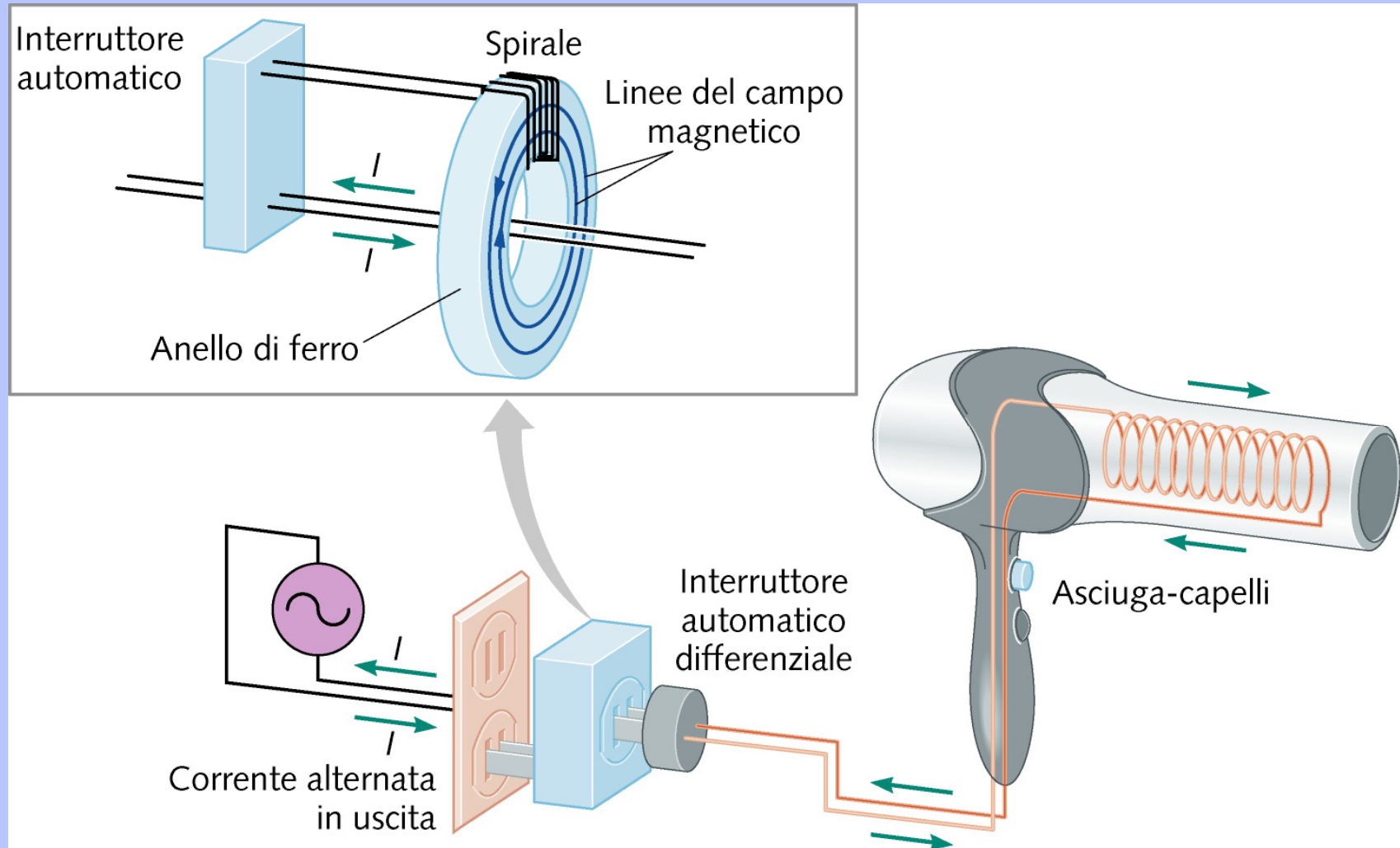
Sicurezza nei circuiti elettrici domestici:
Fusibili, interruttori automatici,
linee di terra



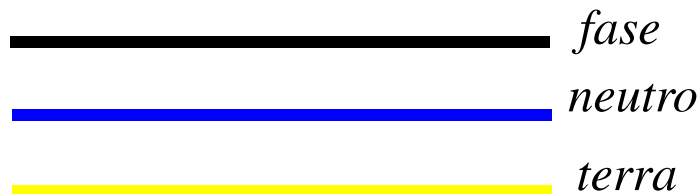
Linea di terra



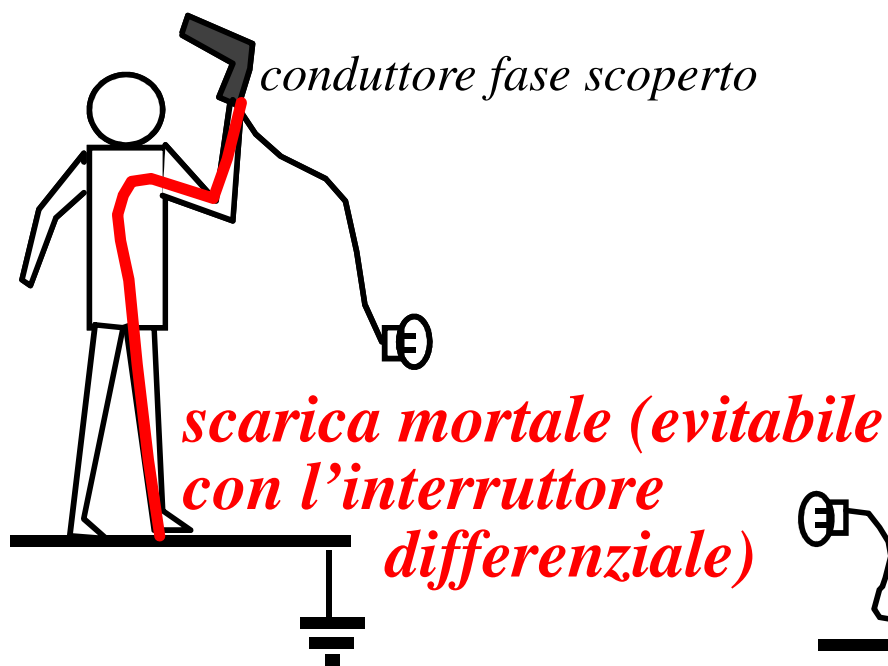
Sicurezza nei circuiti elettrici domestici: interruttori differenziali



■ *utenza domestica:*



passaggio corrente: collegamento fase - neutro **normale**
collegamento fase - terra **anomalo**
collegamento neutro - terra **anomalo**



fase-terra

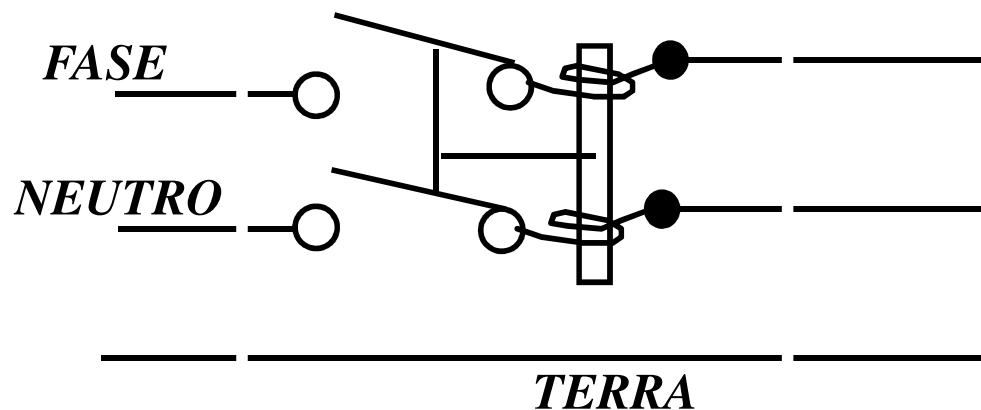


neutro-terra

- per evitare rischi, si monta un “interruttore differenziale” che confronta la corrente di fase con quella che attraversa il neutro

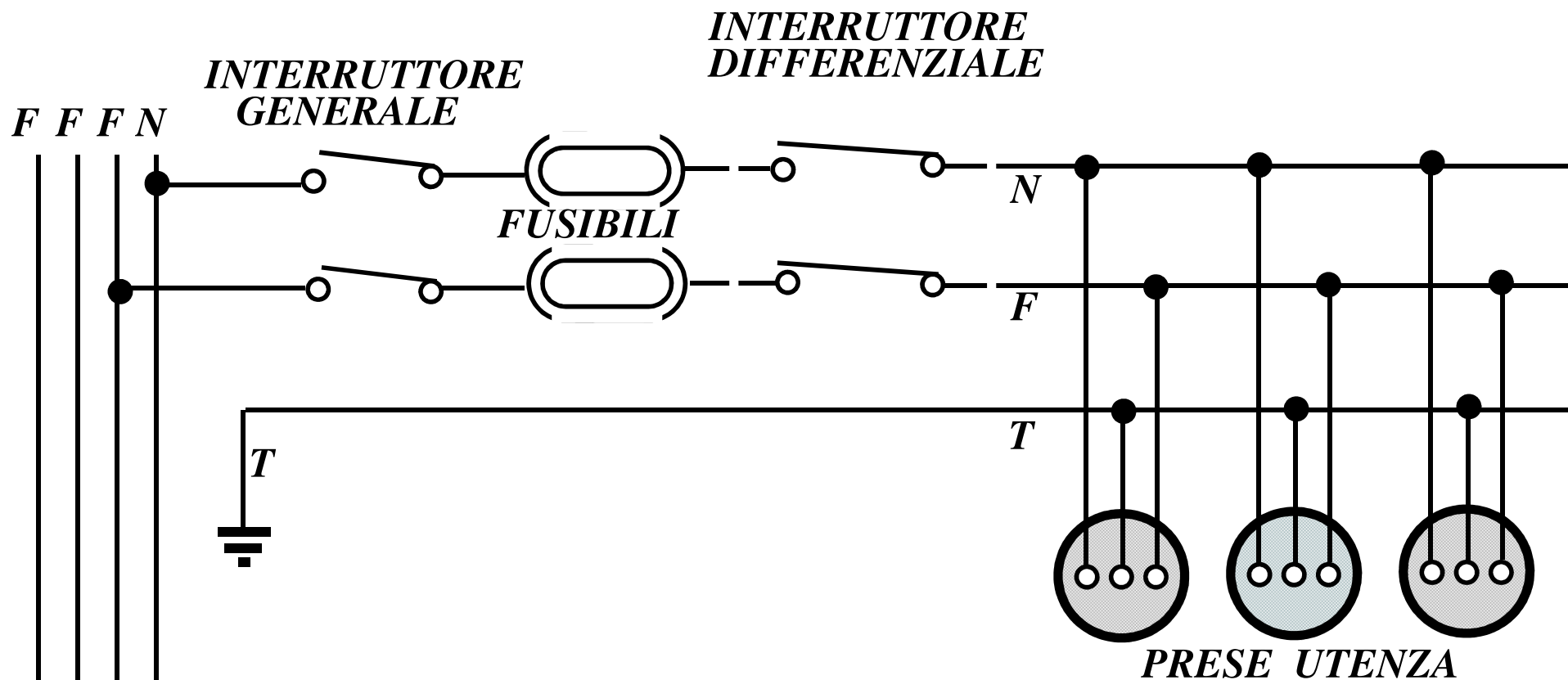
Se $\Delta I > I_{limite}$ \longrightarrow l'alimentazione viene interrotta

Esempio: 30 mA



INTERRUTTORE DIFFERENZIALE

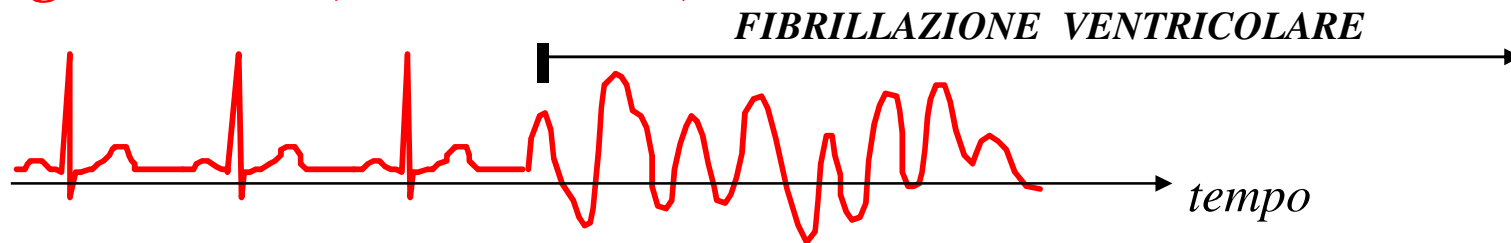
■ *impianto di alimentazione a norma (D.L. 626)*



MACRO- e MICRO-SHOCK

1

*Se si ha elettrocuzione fase – terra:
passaggio ~ 100 mA attraverso il soggetto, distribuiti in tutti gli organi;
se per il cuore passa corrente > 10 μ A, si può avere morte per
folgorazione (macroshock):*



- *passaggio corrente attraverso il cuore*
- *arresto cardiaco per fibrillazione ventricolare*
- *arresto flusso sangue agli organi*
- *perdita di conoscenza, morte*
- *intervento: depolarizzazione elettrica globale del cuore
(defibrillazione)*
- *altri effetti: tetanizzazione e ustioni interne*

fibrillazione: basta una corrente attraverso il cuore di 10 μ A !!!

EFFETTI BIOLOGICI DELLA CORRENTE ELETTRICA

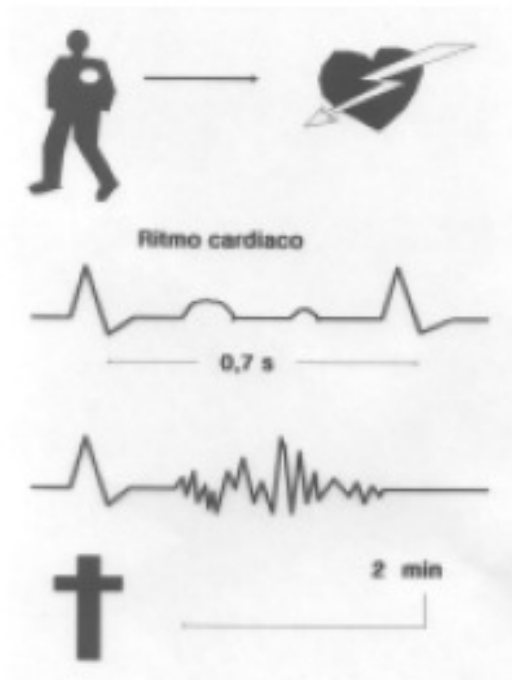
La corrente elettrica, attraversando il corpo umano, produce effetti che possono essere dannosi, fino a portare alla morte, a seconda del valore della intensità della corrente, della frequenza e del tempo di contatto:

- **Tetanizzazione dei muscoli:** i muscoli (anche quelli che presiedono alla respirazione) rimangono contratti, indipendentemente dalla volontà della persona.
- **Fibrillazione ventricolare:** il cuore perde la sua capacità di contrarsi ritmicamente e non è più in grado di assicurare la circolazione sanguigna.
- **Ustioni:** il passaggio della corrente elettrica produce dissipazione di energia per effetto Joule e conseguente incremento della temperatura. Le ustioni prodotte risultano particolarmente dannose in quanto interessano anche i tessuti interni del corpo



Valori di corrente	Definizione	Effetti
1-3 mA	SOGLIA DI PERCEZIONE	Non si hanno rischi o pericoli per la salute.
3-10 mA	ELETTRIFICAZIONE	Produce una sensazione di formicolio più o meno forte e può provocare movimenti riflessi.
10 mA	TETANIZZAZIONE	Si hanno contrazioni muscolari. Se la parte in tensione è stata afferrata con la mano si può avere paralisi dei muscoli, rendendo difficile il distacco.
25 mA	DIFFICOLTÀ RESPIRATORIE	Si hanno a causa della contrazione di muscoli addetti alla respirazione e del passaggio di corrente per i centri nervosi che sovrintendono alla funzione respiratoria.
25-30 mA	ASFISSIA	La tetanizzazione dei muscoli della respirazione può essere tale da provocare la morte per asfissia.
60-75 mA	FIBRILLAZIONE	Se la corrente attraversa il cuore può alterarne il regolare funzionamento, provocando una contrazione irregolare e disordinata delle fibre cardiache che può portare alla morte.

Effetti sul cuore



EFFETTI FISIOLGICI DELLA CORRENTE A 50 Hz

0,5 mA		Nessuna reazione
3 mA		Formicolio
15 mA		Difficoltà di liberarsi
40 mA		Crampo muscolare
80 mA		Fibrillazione cardiaca morte

MACRO e MICRO SHOCK

2

- *il paziente è spesso collegato a terra (ad es. tramite elettrodo):*



- *soluzione:*

“trasformatore di isolamento” all'ingresso dell'utenza ⇒

- *nessun effetto da contatti neutro-terra e fase-terra*
- *nelle sale operatorie, di rianimazione ecc. si inserisce un allarme luminoso e sonoro per evidenziare eventuali dispersioni di corrente verso terra*

■ *possibili cause d'innesco della fibrillazione:*

- 1 - corrente di dispersione con impianto e strumentazione non idonei*
- 2 - scarica elettrostatica da parte dell'operatore*

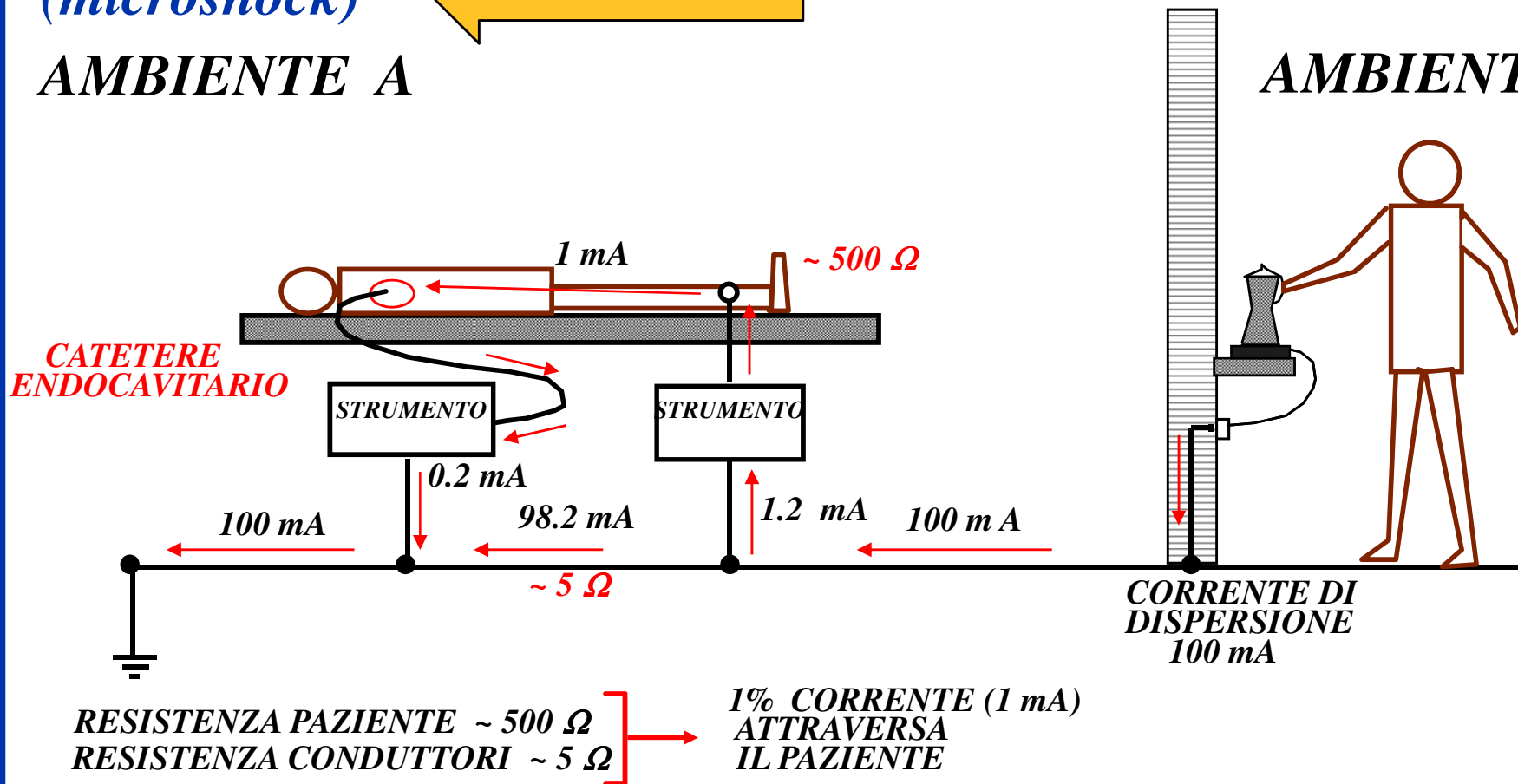
MACRO e MICRO SHOCK

3

1 - corrente di dispersione in impianto e strumentazione **non idonei** (microshock)

AMBIENTE A

AMBIENTE B



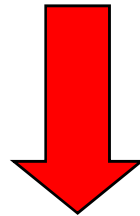
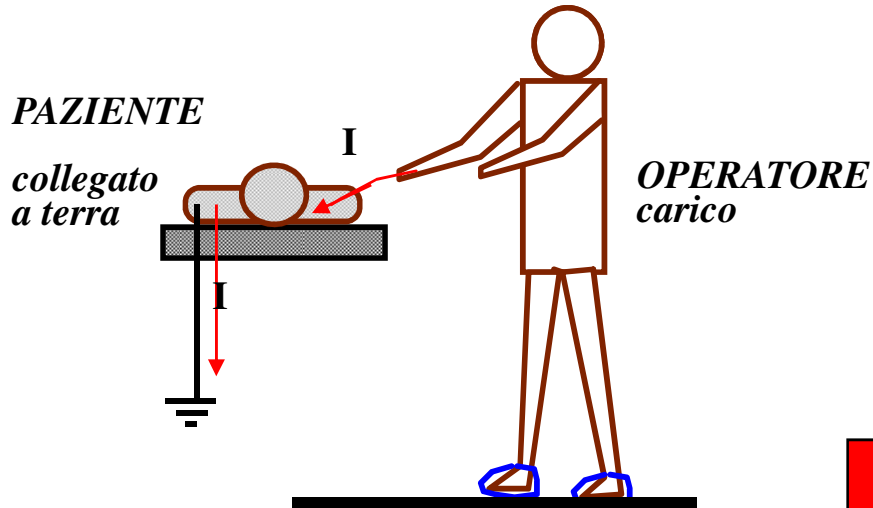
Evitabile collegando a terra tutti i punti di alimentazione e usando strumenti con stadio di ingresso isolato dal resto dello strumento

(simbolo *acquire*)
SHOCK ELETTRICO 10

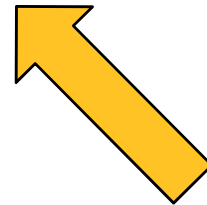
MACRO e MICRO SHOCK

4

*2 - scarica elettrostatica da parte dell'operatore:
se l'operatore (=VOI!) ha calzature **isolanti** e indumenti sintetici,
può acquistare carica elettrostatica (ambiente secco, strofinio)*



**SCARICA DI BASSA INTENSITA' MA ALTA TENSIONE (macroshock),
che può produrre fibrillazione o aritmia**



Provvedimenti:

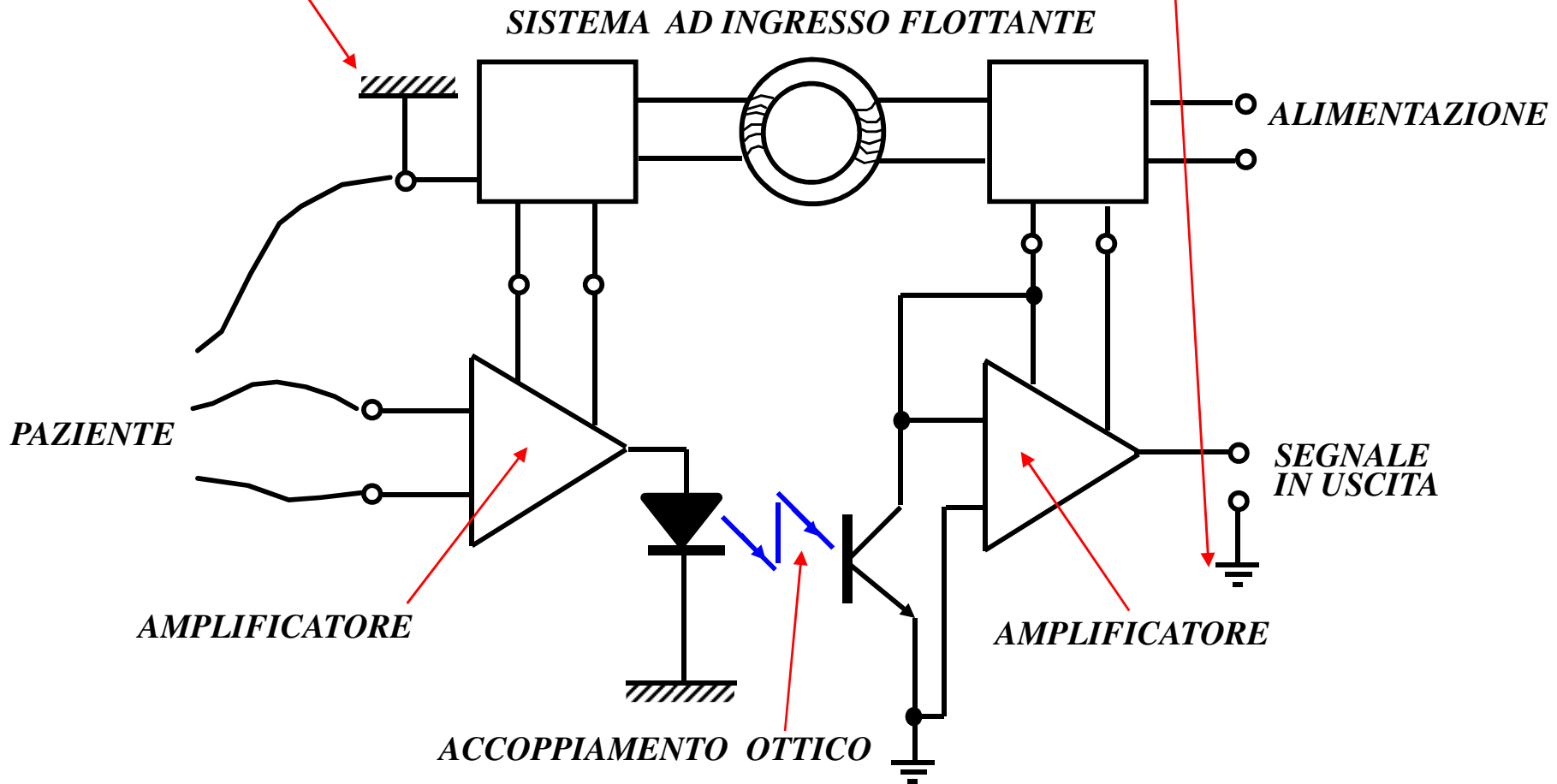
- *pavimenti **elettroconduttori***
*calzature **conduttrici** (“antistatiche”)*
- *strutture in metallo collegate a riferimento equipotenziale, collegato direttamente al dispersore di terra*
- *sistema allarme sonoro e luminoso in caso di correnti di dispersione*
- *strumenti ad ingresso galvanicamente isolato (“flottante”, simbolo ♥)*
- *fusibili e interruttori differenziali*
- *trasformatori di isolamento*

IMPIANTO E STRUMENTI IDONEI

2

strumentazione ad ingresso flottante

RIFERIMENTO ZERO PAZIENTE SEPARATO GALVANICAMENTE DAL RIFERIMENTO DI TERRA DELL'ALIMENTAZIONE



IMPIANTO E STRUMENTI IDONEI

3

■ *impianto elettrico in ambiente sanitario*

