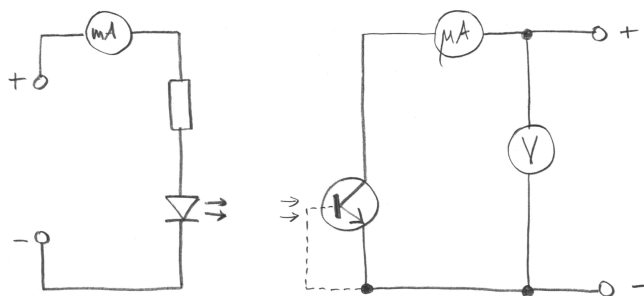
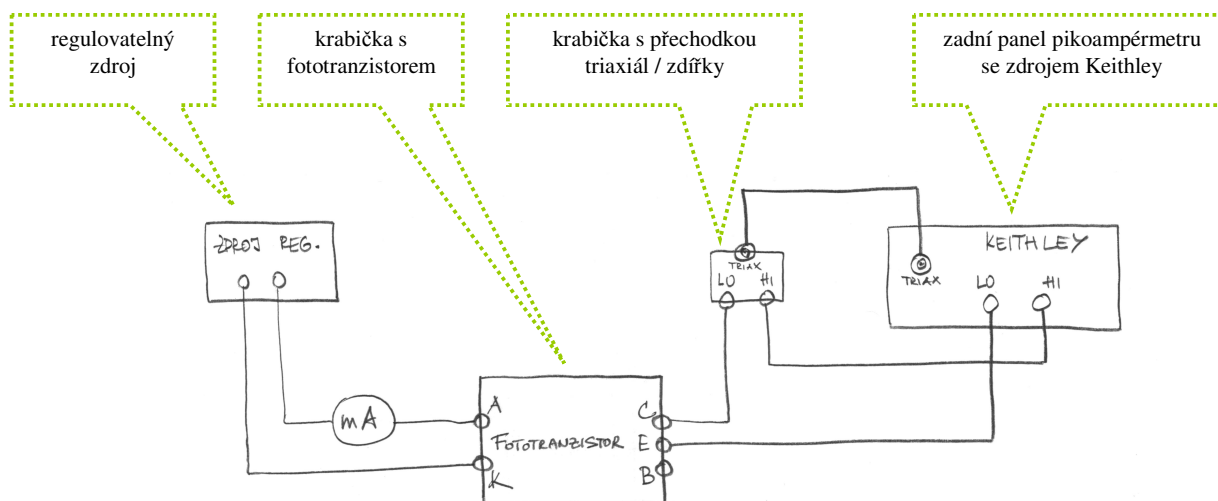


## Měření charakteristik fototranzistoru

Pracovní úkol č. 3 měřte pomocí pikoampérmetru s vestavěným zdrojem napětí Keithley 6487. VA charakteristiky fototranzistoru měřte v módu sekvenčního měření s ukládáním dat do paměti přístroje, data přeneste do PC programem Realterm. Povinnou součástí zápisu z měření jsou grafy naměřených křivek.



Obr. 1 Schéma zapojení



Obr. 2 Blokové schéma zapojení k pikoampérmetru s vestavěným zdrojem napětí

**POZOR:**  
**Připojení ke zdroji napětí a zapnutí pikoampérmetru**  
**provádí pouze vyučující !!!**

## Postup měření s pikoampérmetrem Keithley 6487

Po zapnutí se přístroj nastaví do správného profilu *USR0*.

Pokud by k tomu nedošlo, nastavíme tento profil takto:

- stlačíme **CONFIG**, pak **SETUP**,
- tlačítkem **▲** nebo **▼** v obdélníku **V-SOURCE** vybereme profil *USR0*,
- stlačíme **ENTER**.

Pokud na displeji svítí **ZEROCHECK**, přepneme přístroj na měření tlačítkem **ZCHK**. Přístroj měří proud při napětí 0 V.

Potřebujeme-li změnit počet zobrazovaných desetinných míst, učiníme to tlačítkem **DIGITS**. Dobu měření můžeme změnit tlačítkem **RATE** (předvolená *SLOW* snižuje šum měření). Volba rozsahu se provádí tlačítky **RANGE**, resp. **AUTO**.

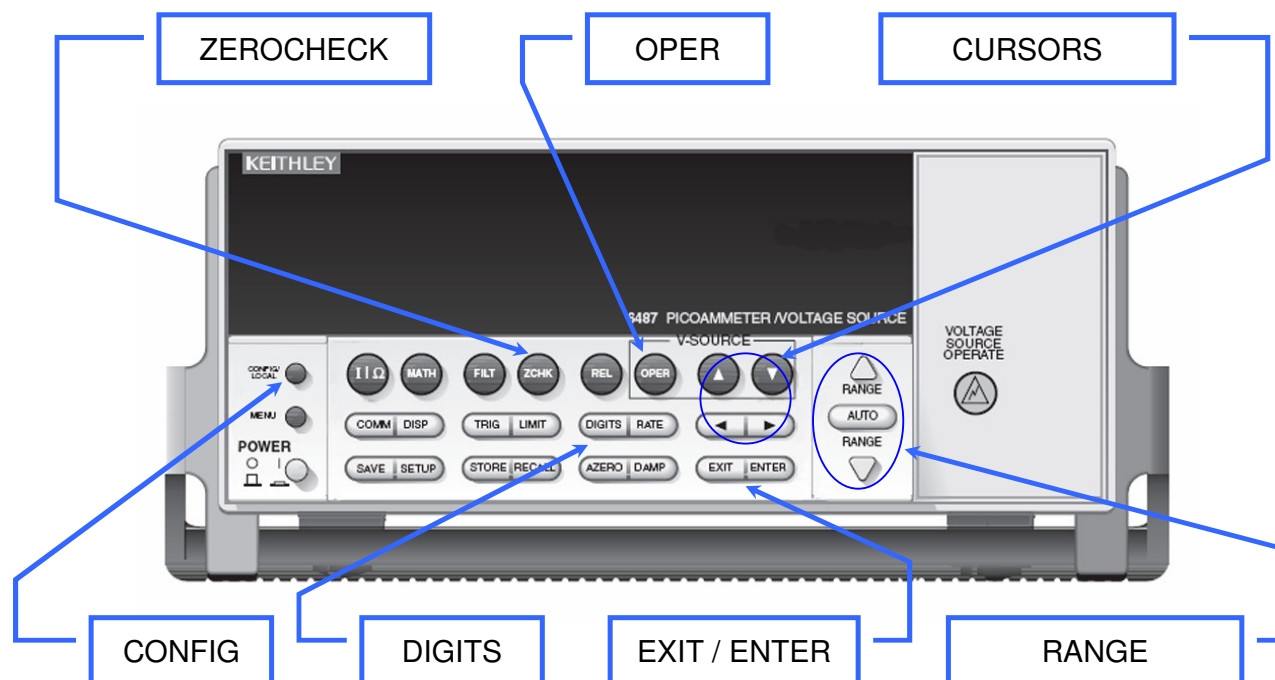
### Ovládání vestavěného napěťového zdroje

Zdroj umožňuje měření při napětí až  $\pm 500$  V a jeho elektronická pojistka má rozsahy  $25\mu\text{A}$ ,  $250\mu\text{A}$ ,  $2,5\text{mA}$  a  $25\text{mA}$ . V profilu je nastaven rozsah napětí  $\pm 10$  V a pojistka  $25\text{mA}$ .

Nastavení napětí je účinné až po zapnutí zdroje tlačítkem **OPER**. To je indikováno rozsvícením **modrého světla** vpravo dole.

Změna napětí zdroje:

- odpojíme zdroj tlačítkem **OPER**, **modrá kontrolka** vpravo dole **zhasne**,
- šedými tlačítky **▲** nebo **▼** v obdélníku **V-SOURCE** vyvoláme dialog nastavení napětí,
- displej ukazuje současné napětí, nastavovaný řád bliká,
- tlačítky **▲** nebo **▼** nastavujeme hodnotu daného řádu,
- tlačítky **◀** nebo **▶** přepínáme mezi jednotlivými řády,
- po nastavení zvoleného napětí stlačíme **ENTER**,
- stlačíme **OPER**,
- přístroj nabídne hodnotu proudové pojistky zdroje ( $25\text{mA}$ ),
- rozsah pojistky potvrdíme stiskem **ENTER** (nebo nastavíme  $25\text{mA}$  a stiskneme **ENTER**),
- **rozsvítí se modrá kontrolka** vpravo dole a přístroj měří – v levé části displeje ukazuje měřený proud a v pravé části měřící napětí (zaokrouhlené na 0,1 V !!!).



## Měření většího počtu hodnot (sekvenční měření)

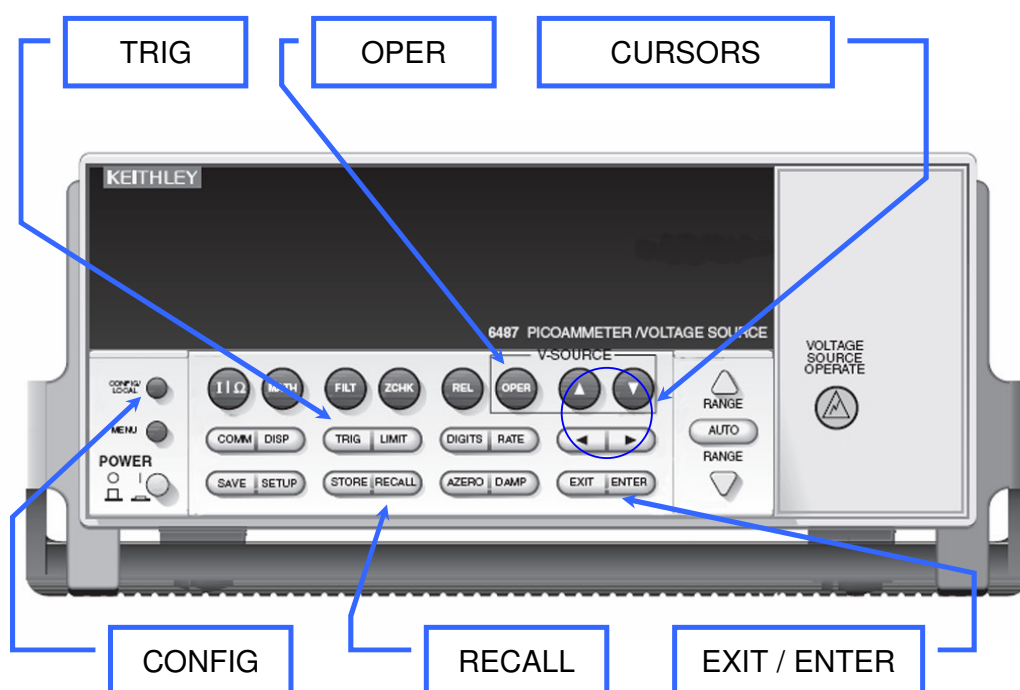
Zdroj může v režimu rozmítání *SWEEP* měřit větší počet hodnot proudu při ekvidistantní změně napětí. Naměřené hodnoty ukládá do zásobníku *BUFFER*, odkud je následně můžeme vyvolat na displej.

Nastavení režimu *SWEEP*:

- stlačíme **CONFIG** a pak **OPER**, přístroj ukáže aktuální mód (*DC* nebo *SWEEP*),
- tlačítkem **▲** vybereme režim *SWEEP* a potvrdíme tlačítkem **ENTER**,
- tlačítky **▲** a **▼** nastavíme počáteční hodnotu napětí *STRT* (v jednotkách *V*)  
pozor: znaménko  $\pm$  se zde nastavuje samostatně, jako číslice, nastavení začíná na místě s nejmenší vahou, tlačítky **◀** nebo **▶** přepínáme mezi jednotlivými řády, nakonec zvolenou startovní hodnotu potvrdíme **ENTER**,
- stejně nastavíme koncovou hodnotu napětí *STOP* a potvrdíme **ENTER**,
- dále nastavíme krok napětí *STEP* a potvrdíme **ENTER**,
- potvrdíme předvolenou prodlevu (*1,000 s*) mezi měřeními *DEL* stiskem **ENTER**,
- na displeji blikne *PRESS TRIG*,
- měření odstartujeme tlačítkem **TRIG**,
- ukončení sekvence je indikováno zhasnutím modrého světla.

## Vyvolání naměřených hodnot ze zásobníku (*BUFFER*) na displej

- stlačíme **RECALL**,
- struktura dat v *BUFFERu* je znázorněna v tabulce č.1, mezi jednotlivými údaji se pohybujeme cyklicky kurzorovými klávesami,
- displej ukáže *RDG NO.1*, kurzory **◀ ▶** se pohybujeme mezi hodnotami změřeného proudu (*Reading value*), nastaveného napětí (*V source*) a času startu daného měření vzhledem ke spuštění série (*Timestamp*),
- tlačítky **▲ ▼** se pohybujeme mezi jednotlivými měřeními (*RDG NO.2, ...*),
- za posledním měřením následují statistické údaje (poloha a hodnota maxima *MAX*, obdobně minima *MIN*, rozkmit „špička-špička“ čili rozdíl *MAX-MIN* označený *PK-PK*, průměr *AVERAGE*, standardní odchylka *STD DEV*),
- novou sekvenci odstartujeme tlačítkem **TRIG** (předchozí sekvence bude z *BUFFERu* vymazána !!! ),
- prohlížení ukončíme stiskem **EXIT**.

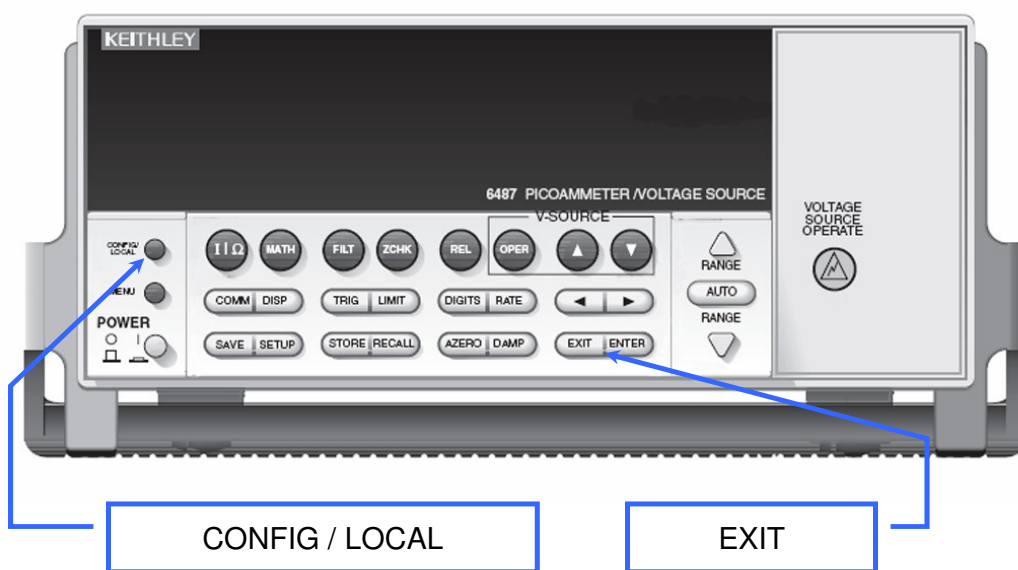


Tab. 1 Buffer locations

	RDG NO. 10		Reading value (nA)		Vsource (V)		Timestamp (s)	
	RDG NO. 9		Reading value (nA)		Vsource (V)		Timestamp (s)	
	RDG NO. 8		Reading value (nA)		Vsource (V)		Timestamp (s)	
	RDG NO. 7		Reading value (nA)		Vsource (V)		Timestamp (s)	
	RDG NO. 6		Reading value (nA)		Vsource (V)		Timestamp (s)	
	RDG NO. 5		Reading value (nA)		Vsource (V)		Timestamp (s)	
	RDG NO. 4		Reading value (nA)		Vsource (V)		Timestamp (s)	
	RDG NO. 3		Reading value (nA)		Vsource (V)		Timestamp (s)	
	RDG NO. 2		Reading value (nA)		Vsource (V)		Timestamp (s)	
	RDG NO. 1		Reading value (nA)		Vsource (V)		Timestamp (s)	
	STD DEV		Standard Dev. value		-----		-----	
	AVERAGE		Average value		-----		-----	
	PK-PK		Peak to Peak value		-----		-----	
	MIN AT		Minimum value		Vsource (V)		Timestamp (s)	
	MAX AT		Maximum value		Vsource (V)		Timestamp (s)	

## Přečtení naměřených hodnot z paměti pikoampérmetru do PC

- připojíme přístroj k PC pomocí portu COM přes rozhraní RS 232 příslušným kabelem (případně pomocí USB kabelu a adaptéru RS232-USB),
- spustíme program Realterm **ikonou „Realterm“**, tím je připravena komunikace s přístrojem,
- **ikonou „Realterm Voltage,Current“** přečteme z přístroje dvojice naměřených napětí a proudů,
- pro vložení do tabulky je třeba data přeformátovat do sloupců programem **Konvertor.exe**,
- upravené sloupce zkopírujeme do tabulky (MS EXCEL, ORIGIN),
- komunikací s PC pomocí programu Realterm se přístroj dostane do stavu *REMOTE* (svítí *REM*), nelze jej tedy ovládat tlačítky na předním panelu přístroje, do stavu lokálního ovládání přístroj vrátíme stisknutím tlačítka **CONFIG/LOCAL**,
- ukončení režimu *SWEEP* (svítí *SWEEP*) pro možnost ručního měření v režimu *DC* se provádí tlačítkem **EXIT**.



Pozn.: Data lze vyčíst z přístroje také jednotlivě (napětí nebo proud) **ikonou „Realterm Voltage“** nebo **ikonou „Realterm Current“**, v tom případě je možné data přeformátovat např. pomocí programu MS WORD takto:

- zrušíme konce řádků (náhrada znaků ^p žádným znakem),
- oddělovač čárku nahradíme odřádkováním ^p,
- v případě potřeby nahradíme desetinnou tečku desetinnou čárkou.