

236 – Conjunto eletrômetro



Roteiro elaborado com base na documentação que acompanha o conjunto por:
Oswaldo Guimarães – PUC-SP

Equipamentos

	127 V	220 V	
Multímetro digital	07134.00	07134.00	1
Cabo de conexão, 32A, 50cm, vermelho	07361.01	07361.01	1
Cabo de conexão, 32A, 50cm, azul	07361.04	07361.04	1
Amplificador de medidas DC E	13620.98	13620.93	1



Este conjunto é composto por um amplificador DC extremamente sensível — ficha técnica a seguir — , multímetro digital e cabos de conexão.

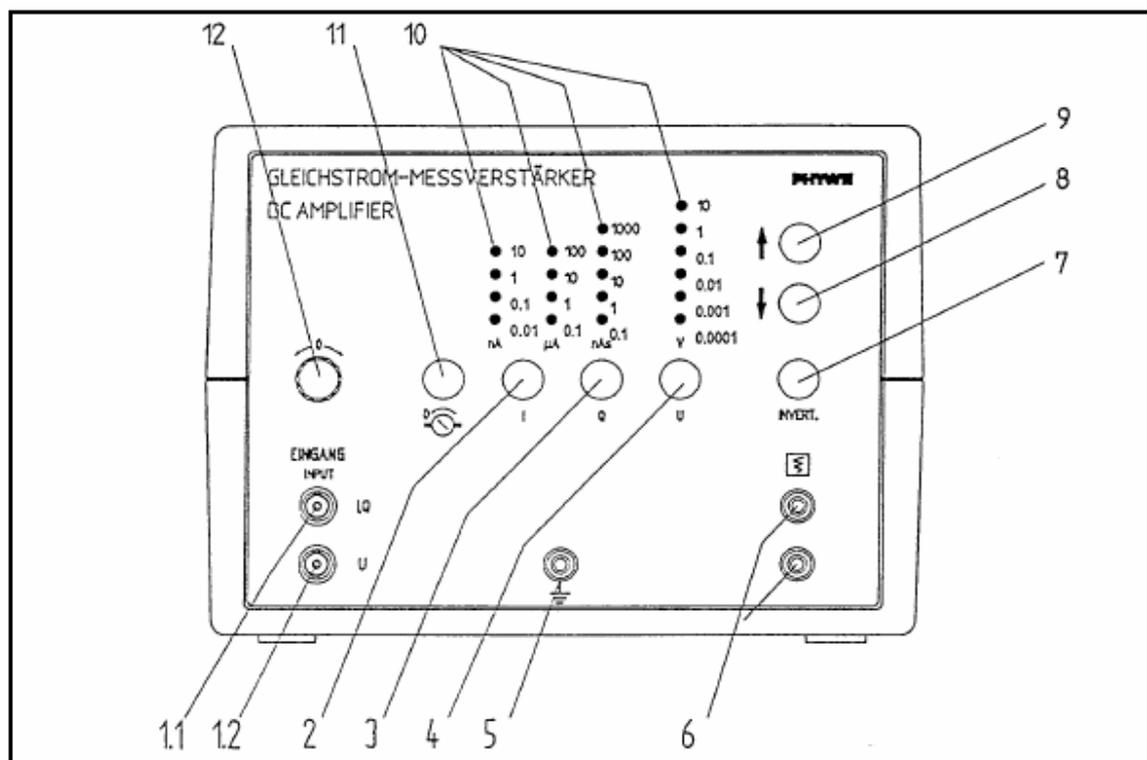
A montagem adequada permite a mensuração de intensidades de corrente muito pequenas (modo corrente I no amplificador), como por exemplo, no experimento de Franck-Hertz, ou baixíssimas tensões (modo tensão U no amplificador), ou ainda pequenas cargas (modo carga Q no amplificador).

No amplificador há duas conexões BNC para a entrada dos sinais da grandeza a ser medida:

- superior — U ou Q;
- inferior — I.

Como saída, o amplificador nos fornece uma tensão que é medida com um multímetro e interpretada de acordo com a escala que nele estiver sendo usada.

Amplificador DC — Ficha Técnica

**1. Finalidades e características**

O amplificador de medida de corrente contínua é um aparato de aplicação versátil para a medição de pequenas correntes DC, para medição de cargas — especialmente em experimentos de eletrostática —, assim como para a medição quasistática de tensões contínuas.

A comutação para uma das 19 escalas de medidas se faz mediante pulsadores. Uma matriz de LEDs mostra a escala de medida ativa. Ao valor de fundo de escala corresponde uma tensão de saída de 10 V.

Para a leitura da tensão na saída pode-se usar um voltímetro ou aparatos para aquisição de dados, como por exemplo, a interface COBRA3 para computador.

236 – Conjunto eletrômetro

PHYWE

2. Operação

O amplificador de medida de corrente contínua se conecta à rede elétrica de corrente alternada por um cabo de três pinos que acompanha o conjunto.

Assegure-se de que a tensão da rede é a adequada (127 V ou 230 V) às especificações que constam da placa metálica presa à carcaça.

O porta-fusíveis retangular, situado acima do conector do aparato, pode ser aberto com uma chave de fenda comum, ou algo semelhante, desde que tenha sido removido o cabo de conexão. Fusível de troca – M 0,2 C.

O interruptor de alimentação da rede se encontra na parte posterior.

O aparelho está preparado para operação imediatamente após ser ligado.

Para obter-se as precisões de medida especificadas, recomenda-se uma espera de cerca de 5 minutos antes da operação efetiva, para aquecimento e estabilização dos circuitos.

2.2 Elementos funcionais e de operação

1.1 Conector BNC – entrada I, Q.

Para conexão do circuito de medida nos modos de funcionamento: intensidade de corrente I ou carga Q. Os pólos do conector correspondem ao terminal energizado e ao terra.

1.2 Conector BNC – entrada U.

Para conexão do circuito objeto das medidas no modo Medição de Tensões. Da mesma forma que o primeiro conector, os pólos correspondem ao terminal energizado e ao terra.

2 Pulsador I

Para seleção do modo de funcionamento “Medição de intensidade de corrente”.

3 Tecla

Para seleção do modo de funcionamento “Medição de cargas”.

4 Pulsador U

Para ativação do modo de funcionamento “Medição de tensões”.

5 Conector *terra*

Unido internamente ao *terra* do aparelho.

6 Par de conectores de saída

236 – Conjunto eletrômetro

Para conexão de um aparelho de medida (multímetro ou interface de coleta de dados). O fundo de escala dessa saída é 10 V. A partir de uma tensão de saída de aproximadamente 10,5 V se ativa a limitação interna de tensão e os valores de saída não correspondem mais às medidas.

- 7 Pulsador INVERT
Para inversão do sinal de saída.
- 8 Pulsador
Para redução da escala de funcionamento em todos os modos de operação.
- 9 Pulsador
Para amplificação da escala de funcionamento em todos os modos de operação.
- 10 Matriz de LEDs
Para indicação do modo de funcionamento e da escala utilizada.
- 11 Pulsador
Para “zerar” a carga residual que porventura tenha permanecido no aparelho quando se utiliza o modo de funcionamento Q.
- 12 Botão giratório
Para ajuste elétrico do ponto zero.
Esse ajuste deve ser feito no modo de funcionamento “I” se a entrada estiver aberta (escala de 10 nA). No modo de funcionamento “Q” deve-se curto-circuitar-se a entrada (1.2). Numa transição para escalas mais sensíveis deve-se refazer o ajuste do zero.

2.3 Generalidades

As medidas feitas nas escalas mais sensíveis podem resultar afetadas por cargas eletrostáticas e tensões de indução. Nas imediações de transmissores de alta frequência de grande potência (e.g. emissores de rádio), pode ocorrer que o sinal de saída do aparato fique fora das tolerâncias indicadas. As seguintes providências podem minimizar essas distorções:

- Utilização de cabos isolados.
- Manejo sobre uma base condutora aterrada.
- Prevenção para que não haja movimentações dos instrumentos durante as medições.

236 – Conjunto eletrômetro

Os pulsadores 8 e 9 para comutação da escala de medida só atuam se mantidos pressionados durante um breve intervalo.

Mantendo-se pressionado o pulsador ($t > 0,5$ s) as escalas de medidas vão sendo ativadas sucessivamente.

Os cabos de conexão não devem ter mais do que 3 m de comprimento.

2.4 Medição de intensidades de corrente

A queda de tensão durante as medidas não excede 0,5 mV. Na conexão com o circuito objeto de medida deve ser observado que o pólo exterior do conector BNC esteja ligado ao terra, ou seja, a questão da polaridade não é indiferente como ocorre na maioria dos multímetros.

A resistência do circuito externo deve possuir um valor mínimo determinado para que o amplificador trabalhe com precisão. Esses valores mínimos dependem da escala que está sendo utilizada e estão especificados no item “Dados técnicos”. Quando se opera com valores inferiores a esses há distorção nas medidas.

Apesar da reduzida resistência de entrada, o amplificador está é eficazmente protegido contra sobrecargas, mesmo operando no modo “Medida de corrente”. Observando-se que a tensão de entrada não supere 250 V DC, o aparelho estará protegido.

2.5 Medição de tensões

No modo de funcionamento “Medição de tensões”, a entrada 1.2 possui uma resistência muito elevada, superior a $10^{11} \Omega$. Medidas precisas requerem que a resistência do circuito externo seja, pelo menos, 1000 vezes inferior, ou seja, menor do que $10^8 \Omega$.

Mesmo em circuito aberto, é inevitável que a tensão de saída não se anule devido à intensidade mínima de corrente elétrica que circula pelo amplificador operacional. Assim, se um multímetro é acoplado à saída, sua indicação não é nula. Portanto, antes de efetuar-se cada medida de tensão, primeiro deve-se curto-circuitar a entrada 1.2 para então se ajustar o zero. Se a entrada estiver curto-circuitada, o aparato de medida acoplado à saída deve apresentar leitura nula. Caso isso não ocorra, ajuste o zero com o botão giratório 12.

(Uma compensação do zero na escala de intensidade de corrente de 10 nA (ver mais acima), em geral, também proporciona um zero suficientemente exato para a o modo de funcionamento “U”).

Medidas de tensão também são possíveis no modo de funcionamento “Medição de carga” (tópico 2.6). Neste modo de funcionamento, a estabilização fica mais lenta, o que pode ser útil quando se quer evitar sinais parasitas.

236 – Conjunto eletrômetro

2.6 Medição de cargas

Este modo de funcionamento coincide em grande parte com o modo “U”, com a diferença que a entrada tem conectada a si, em paralelo, um capacitor de medida de alta qualidade de 100 nF. Deste modo, a partir das escalas de medidas de tensões 10 V. . . 1 mV se obtém as escalas de medidas de cargas de 1000 nAs. . . 0,1 nAs, pois $Q = CU$.

Para a medição da carga armazenada em um capacitor que liguemos à entrada, devemos primeiro zerar a carga residual do capacitor interno usando o botão 11. O capacitor cuja carga queremos medir deve estar desconectado da fonte. A carga pode ler-se imediatamente.

Esta técnica de medida pressupõe que a carga se transfira integralmente do capacitor C ao capacitor do amplificador C_0 . Essa condição fica garantida se $C_0 \gg C$. Se essa condição não for observada, a carga real Q se calcula a partir do valor lido Q' da seguinte forma:

$$Q = \left(1 + \frac{C}{C_0}\right) Q'$$

Atenção:

Não deve ser ultrapassada a tensão máxima de 250 V na entrada do amplificador, mesmo neste modo de funcionamento. Há considerável risco de danos aos componentes eletrônicos nos experimentos eletrostáticos. O condutor cuja capacidade se quer medir deve estar desligado da fonte que o carregou.

236 – Conjunto eletrômetro

3. Dados técnicos

Generalidades

Entrada	conectores tipo BNC - fêmea
Proteção contra sobrecargas	$\pm 250V$ em todos modos de operação
Saída	Par de conectores fêmea 4mm
Tensão de saída	0...10V
Resistência de saída	1 k Ω
Proteção contra sobrecarga	protegido contra curtos-circuitos

Medidas de intensidade de corrente

Faixas de medidas	100 μA . 10 μA ...10pA (8 faixas)
Precisão	$\leq 3\%$
Desvio do ponto zero	$\leq 0.5\%/K$
Queda de tensão	$\leq 0.5mV$

236 – Conjunto eletrômetro**Resistência externa mínima**

Faixa	Valor
100 μ A	100 Ω
10 μ A	1k Ω
1 μ A	10k Ω
100nA	100k Ω
10nA	1M Ω
1nA	10M Ω
100pA	100M Ω
10pA	1G Ω

Medidas de tensão

Escalas de medidas	10V, 1V...100 μ V (6 escalas)
Precisão	$\leq 3\%$ (escalas 10V...1mV) $\leq 5\%$ (escala 100 μ V)
Deslocamento do ponto zero	$\leq 1\%/K$ (escalas 10V...1mV) $\leq 2\%/K$ (escala 100 μ V)
Resistência interna	$> 10^{11} \Omega$

Medidas de carga

Escalas de medidas	1000nAs, 100nAs...0.1nA (5 escalas)
Precisão	$\leq 3\%$
Capacitor de medida	100nF $\pm 1\%$
Resistência do isolamento	$> 5 \cdot 10^{12} \Omega$
Carga própria	$< \pm 12$ pAs / min