



VI WORKSHOP DE FÍSICA e ASTROFÍSICA DE NEUTRINOS  
2009



V ENCONTRO DO PROJETO NEUTRINOS ANGRA

# Propostas para Fontes de Alta Tensão para Tubos Fotomultiplicadores do Detector Neutrinos Angra

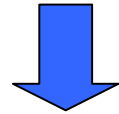
**Gabriel Luis Azzi <sup>1</sup>**

**<sup>1</sup> Laboratório Eletrônica - CAT - CBPF**

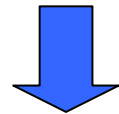
# Tópicos

---

**Requisitos para a alimentação de PMTs**



**Protótipos Realizados das Fontes de  
Alta Tensão Positiva e Negativa**



**Resultados Obtidos,  
Conclusões e Perspectivas**

# Ponto de partida

---

- **Necessidade de fontes de alta tensão para alimentar tubos fotomultiplicadores – PMT com tensões positivas ou negativas, nas faixas de +1500 a +2300 volts a 3 mA e -500 a -1000 a 0,5 mA, respectivamente.**
- **As fontes de alta tensão tem conversores CC-CC com:**
  - **Ruído e consumo baixos,**
  - **Estabilidade e rendimento altos.**

# Motivações

---

## Fontes Comerciais:

- **Custo mais alto**
- **Modificações e manutenção difíceis**
- **Informações do fabricante insuficientes**
- **Falta de peças de reposição no mercado**
- **Protegidas com resina epoxi**

## Nosso protótipo:

- **Modular e Adaptável**
- **Baixo custo**
- **Manutenção fácil**
- **Monitoramento remoto**
- **Confiabilidade e taxa de falhas adequados**

# Requisitos da Alimentação para PMTs

- O ganho do PMT é função da alta tensão aplicada no PMT:

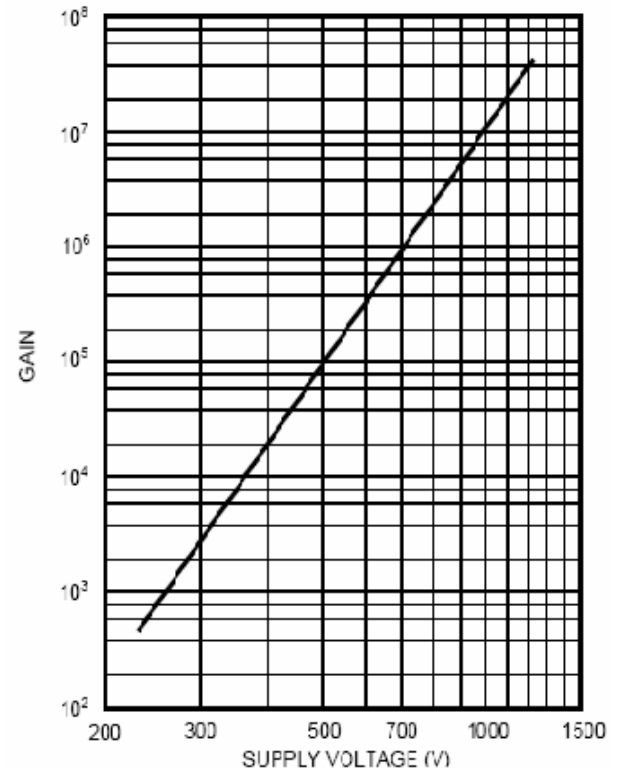
$$^1 G = K \cdot V^N \alpha$$

$K$  é uma constante

$N$  é o n° de dinodos

$\alpha$  depende do material do dinodo, entre 0.6 e 0.8

- O ganho é muito sensível à variação da alta tensão, e da temperatura.
- Para medidas de precisão com a PMT é preciso que a fonte de alta tensão apresente:
  - Alta estabilidade e regulação de linha e carga,
  - Alta estabilidade com a temperatura,
  - Baixo ripple.



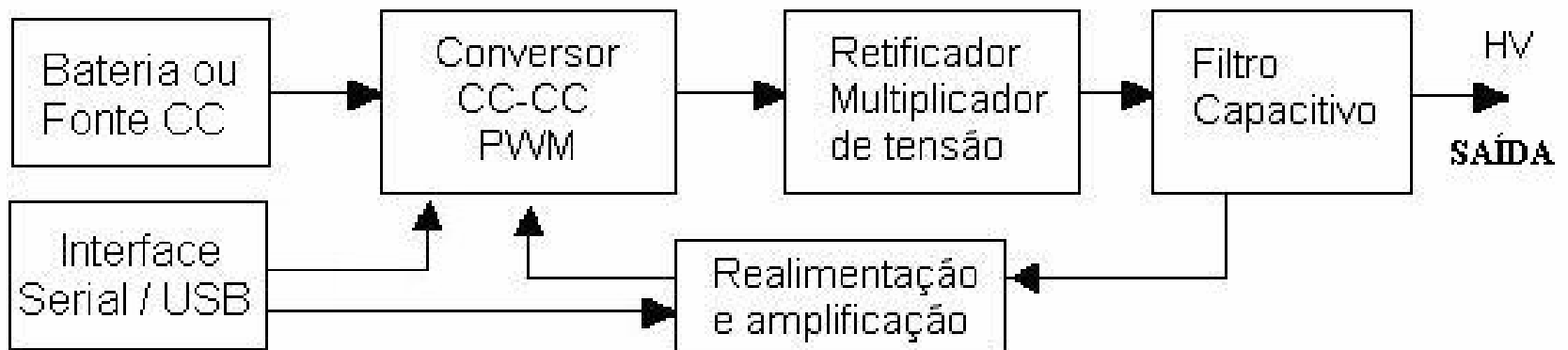
- É necessário também controle ou monitoração da temperatura.

<sup>1</sup> Knoll G. Radiation Detection and Measurement John Wiley Sons, 1999

# Projeto da Fonte Chaveada

---

## Diagrama de Blocos



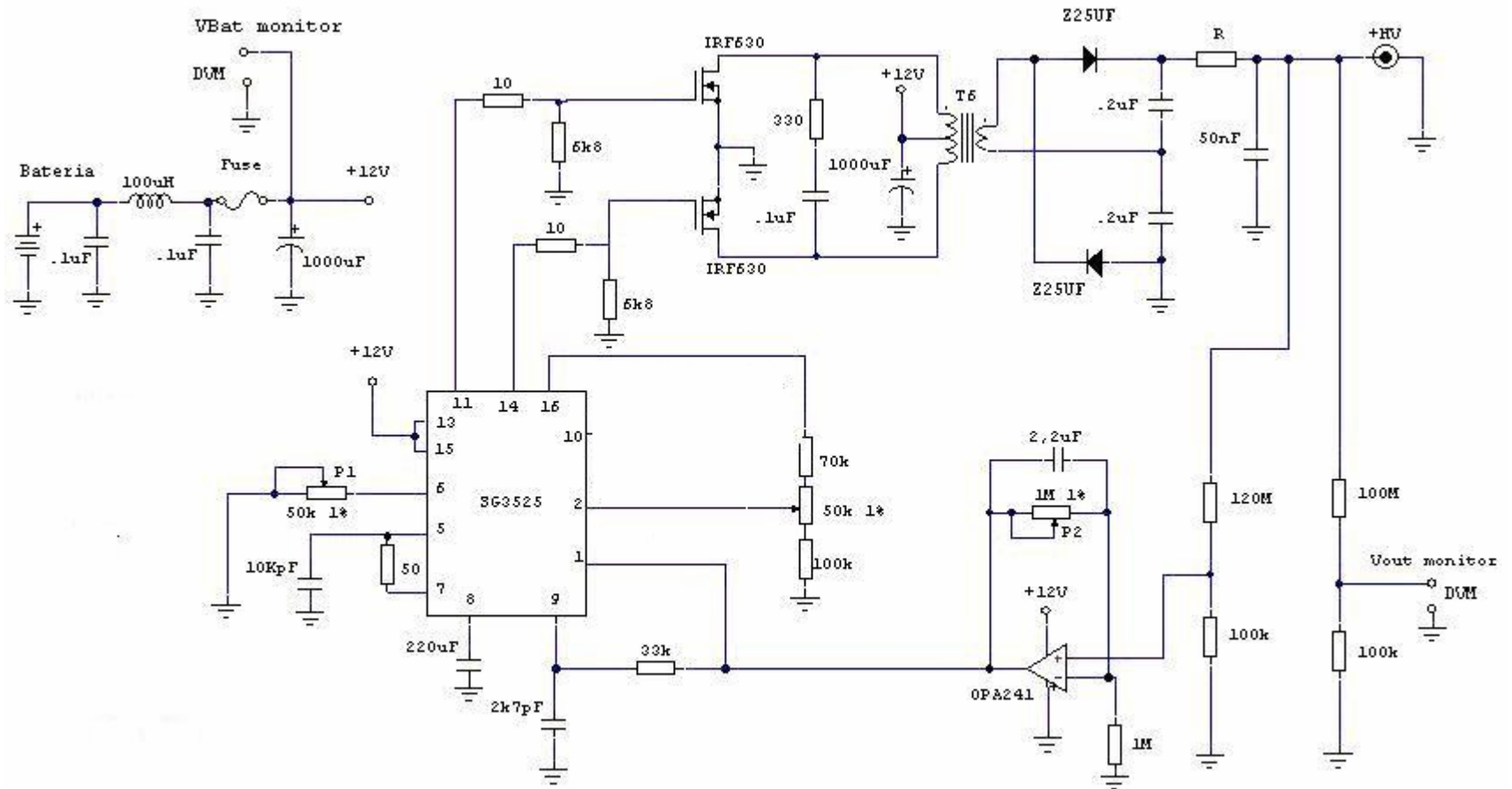
# Protótipo de fonte de alta tensão positiva - 1

---

## Especificações:

- Tensão de saída: 1700V a 2300V
- Corrente de saída máxima: 3mA
- Tensão de Alimentação: 10V a 14V
- Consumo máximo de potência: 6,9 W
- Tensão de ondulação (ripple) < 10mV
- Regulação de linha < 0,1%
- Regulação de carga < 0,2%
- Estabilidade: melhor que 0,1%
- Eficiência: rendimento melhor que 80%

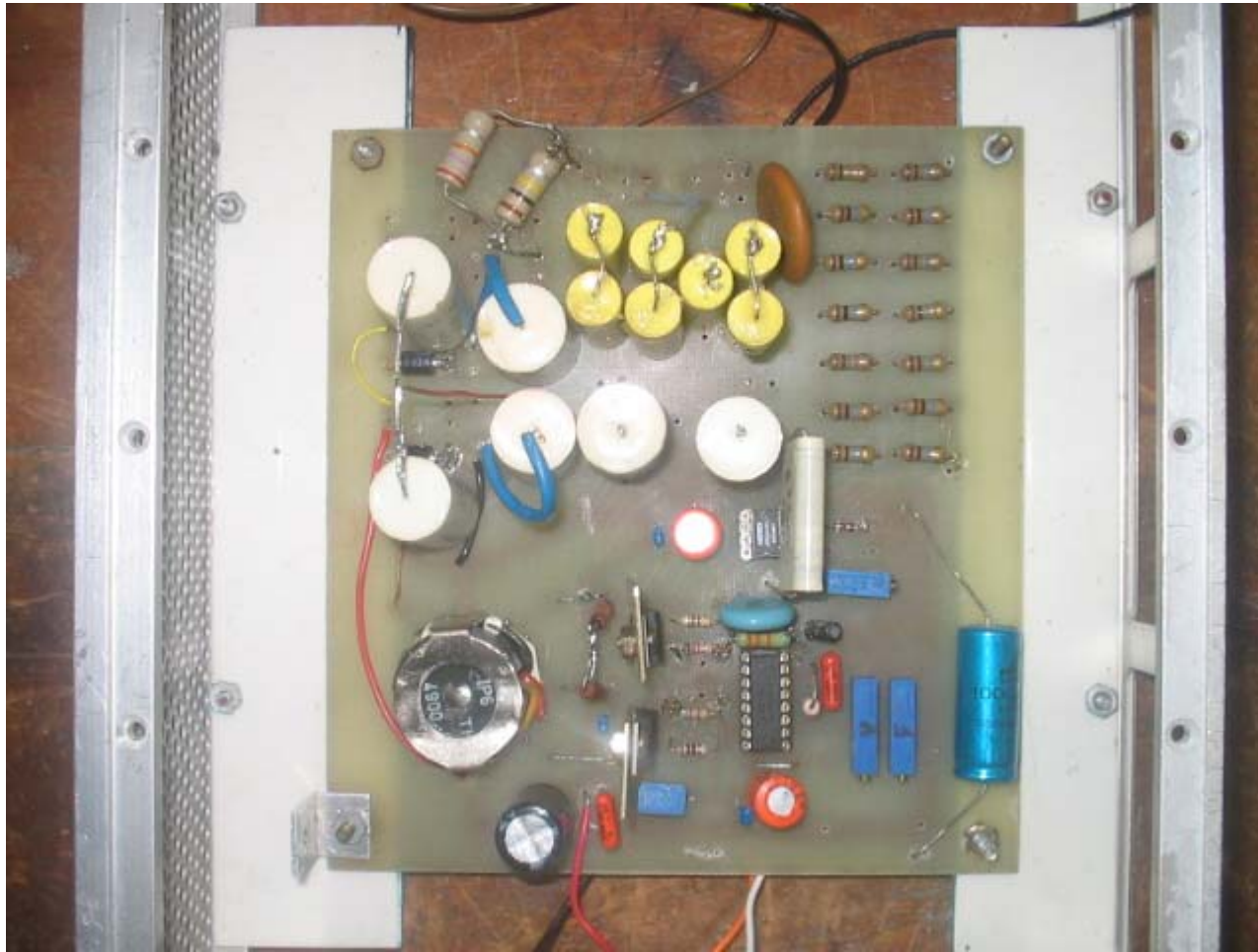
# Protótipo da fonte de alta tensão positiva - 2





# Protótipo da Fonte Positiva - 3

---



# Protótipo da Fonte Positiva

---



# Estabilidade da Fonte Positiva:

## 1º Ensaio: com PMT

$V_{\text{entrada}} = 12\text{Volts}$   
Período: 96 horas  
Temperatura: 25 °C

Estabilidade:  $\pm 0.1\%$

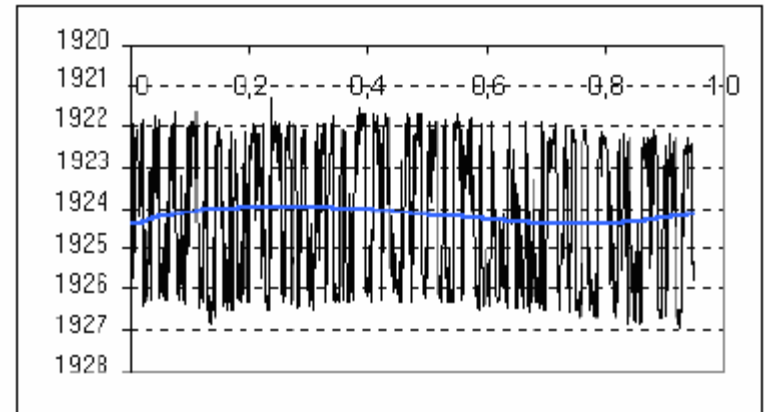


Gráfico da estabilidade na primeira hora de funcionamento

## 2º Ensaio: com carga p/ 2mA

$V_{\text{entrada}} = 12\text{Volts}$   
 $I_{\text{saída}} = 2\text{mA}$   
Período: 14 horas  
Temperatura: 21 °C  
Monitoramento: digital - LabView

Estabilidade:  $\pm 0.1\%$

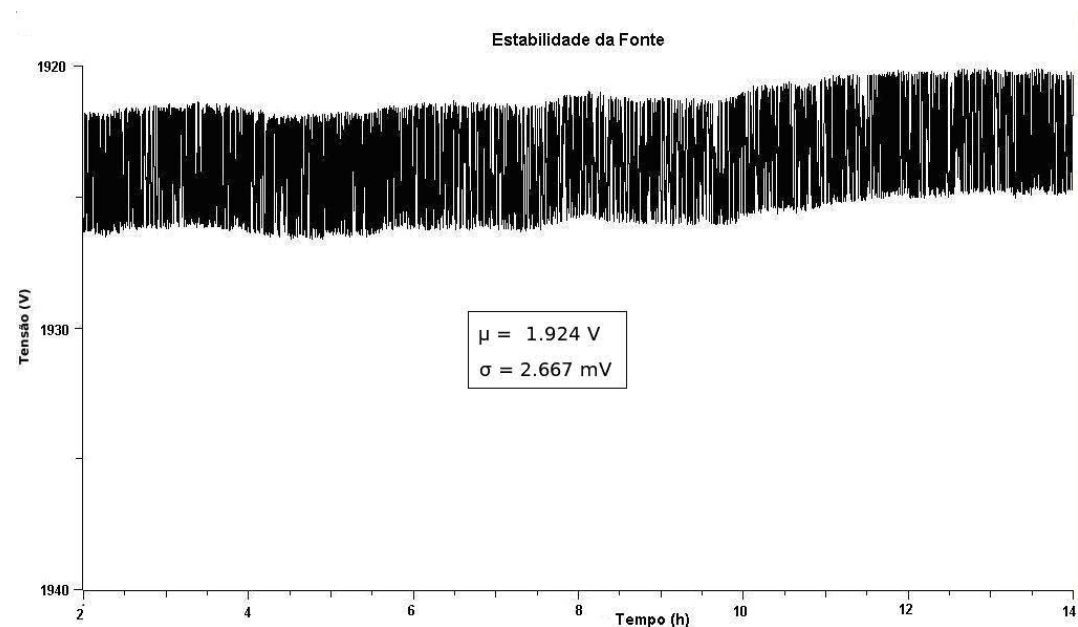


Gráfico da estabilidade no período de 14 horas

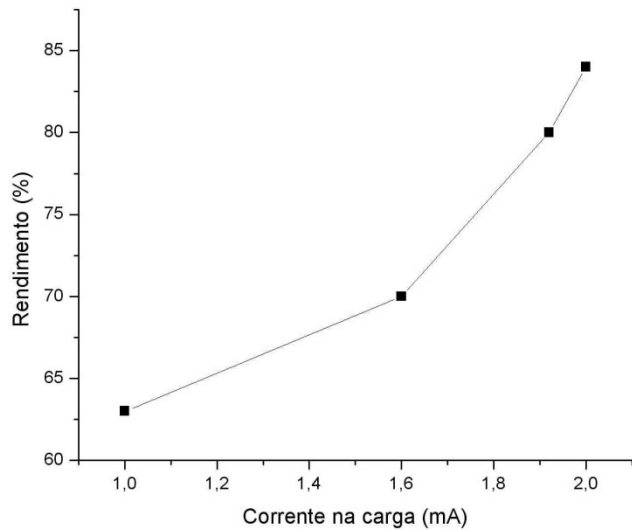
# Rendimento da Fonte Positiva

a) Para correntes de carga diferentes:    b) Para tensões de entrada diferentes:

Condições:

$V_{\text{entrada}} = 12 \text{ Volts}$

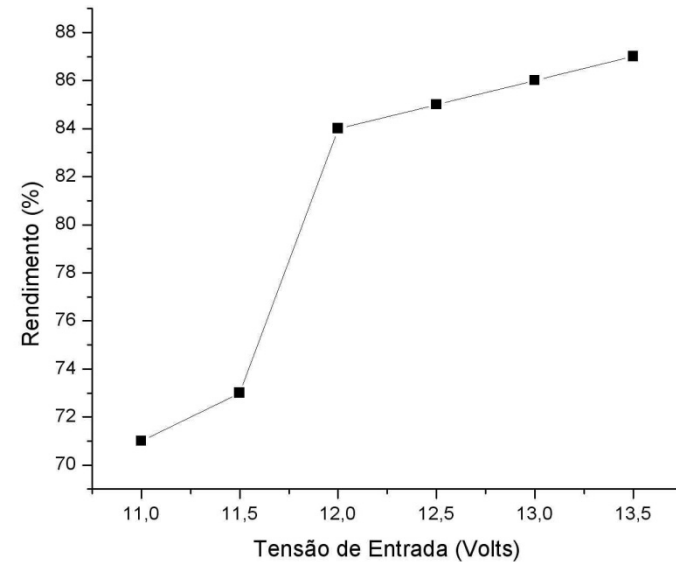
HV= 1900 Volts



Condições:

$I_{\text{saída}} = 2 \text{ mA}$

HV=1900 Volts



AngraNote 003-2007

Test Setup to Measure Gains of the Angra  
Photomultipliers Using the Single  
Photoelectron Technique

AngraNote 004-2007

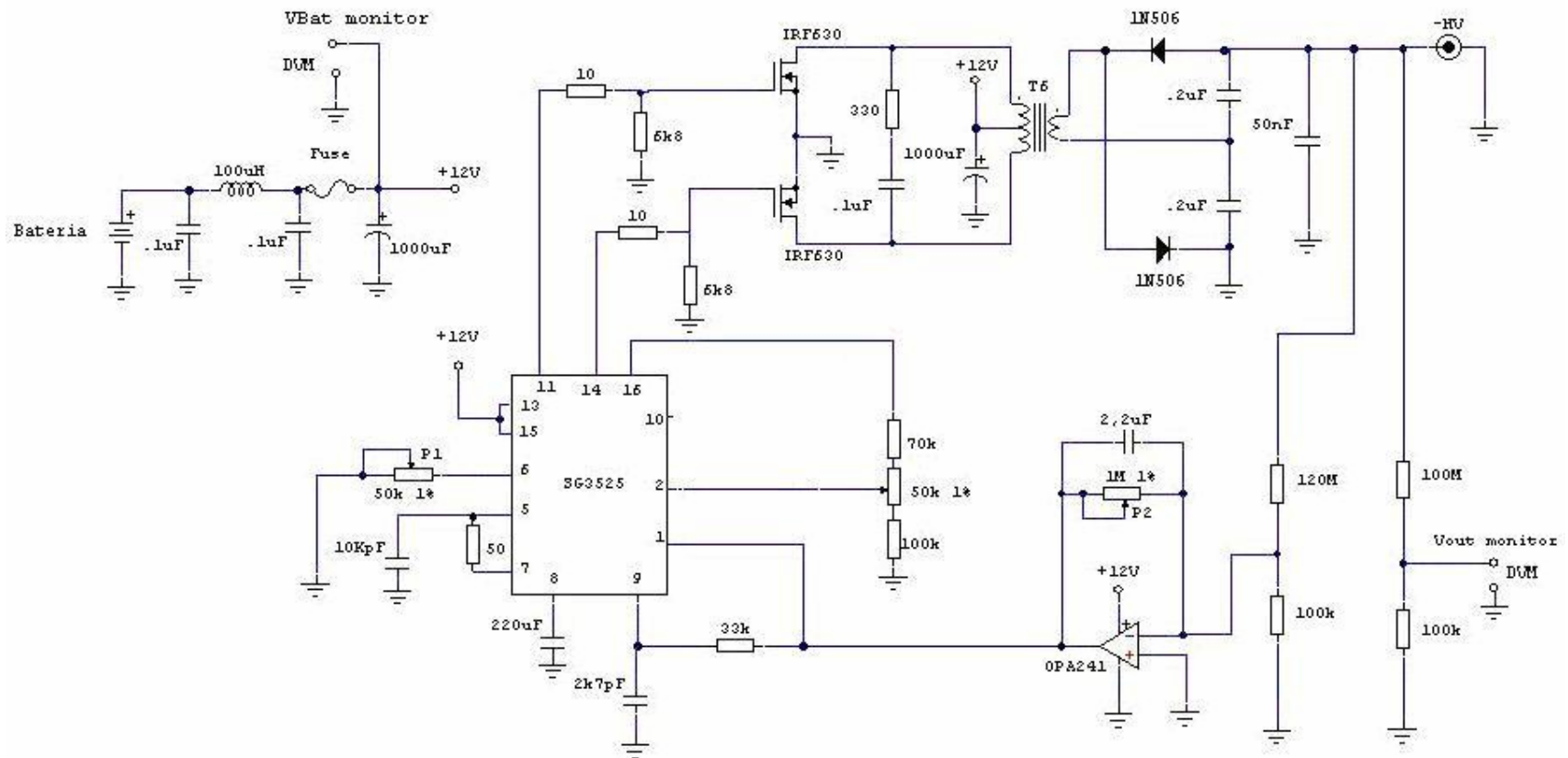
Measurements of Signals from Muons Crossing  
Vertically and Horizontally the Hamamatsu  
R5912 PMT

W. Raposo, M. Vaz - CBPF, Rio de Janeiro, Brazil

L. Villasenor - UMSNH, Morelia, Mexico

# Protótipo de fonte de alta tensão negativa - 1

- O projeto é idêntico ao do protótipo da fonte de altas tensões positivas. Difere quanto ao dobrador de tensão com filtro capacitivo que fornece tensões negativas e a realimentação para estabilização da tensão de saída.



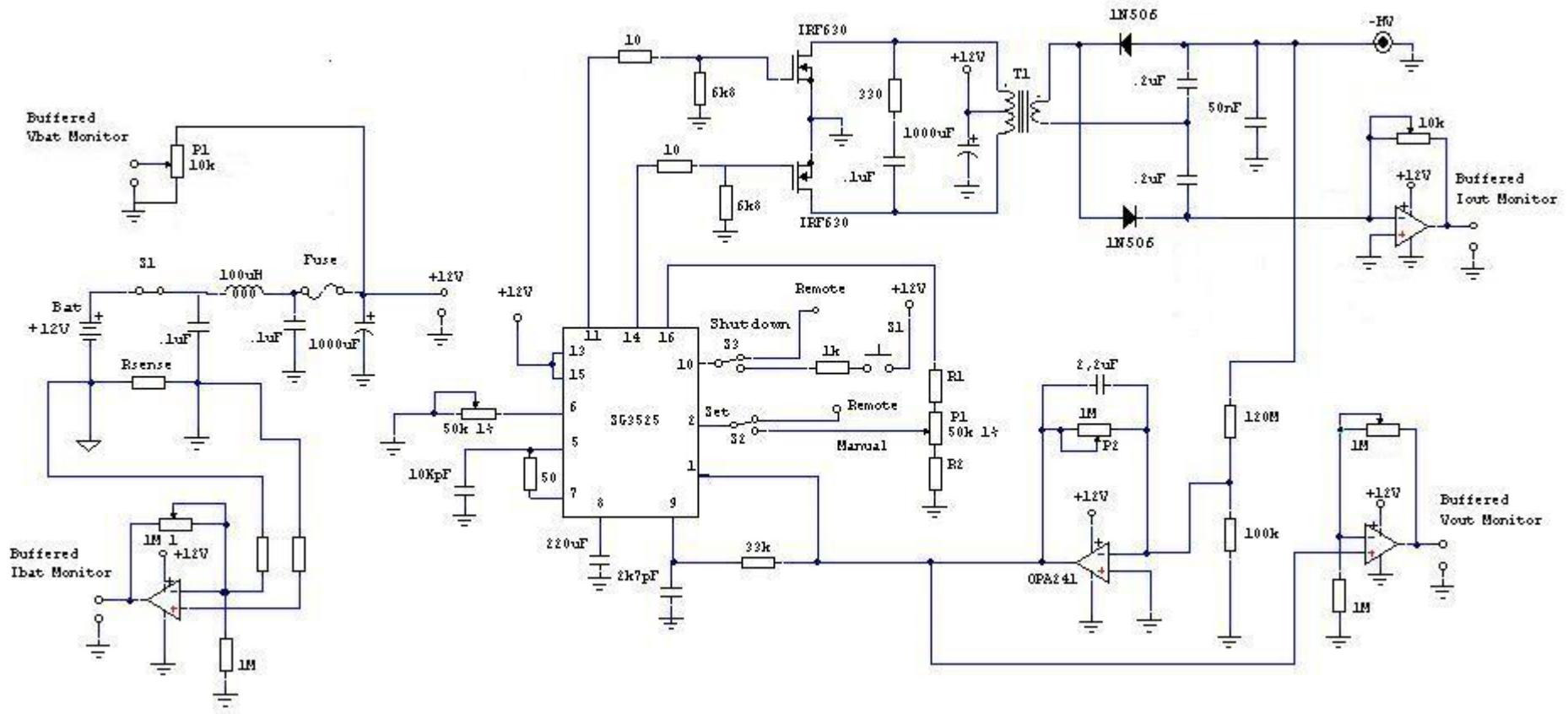
# Protótipo de fonte de alta tensão negativa - 2

---

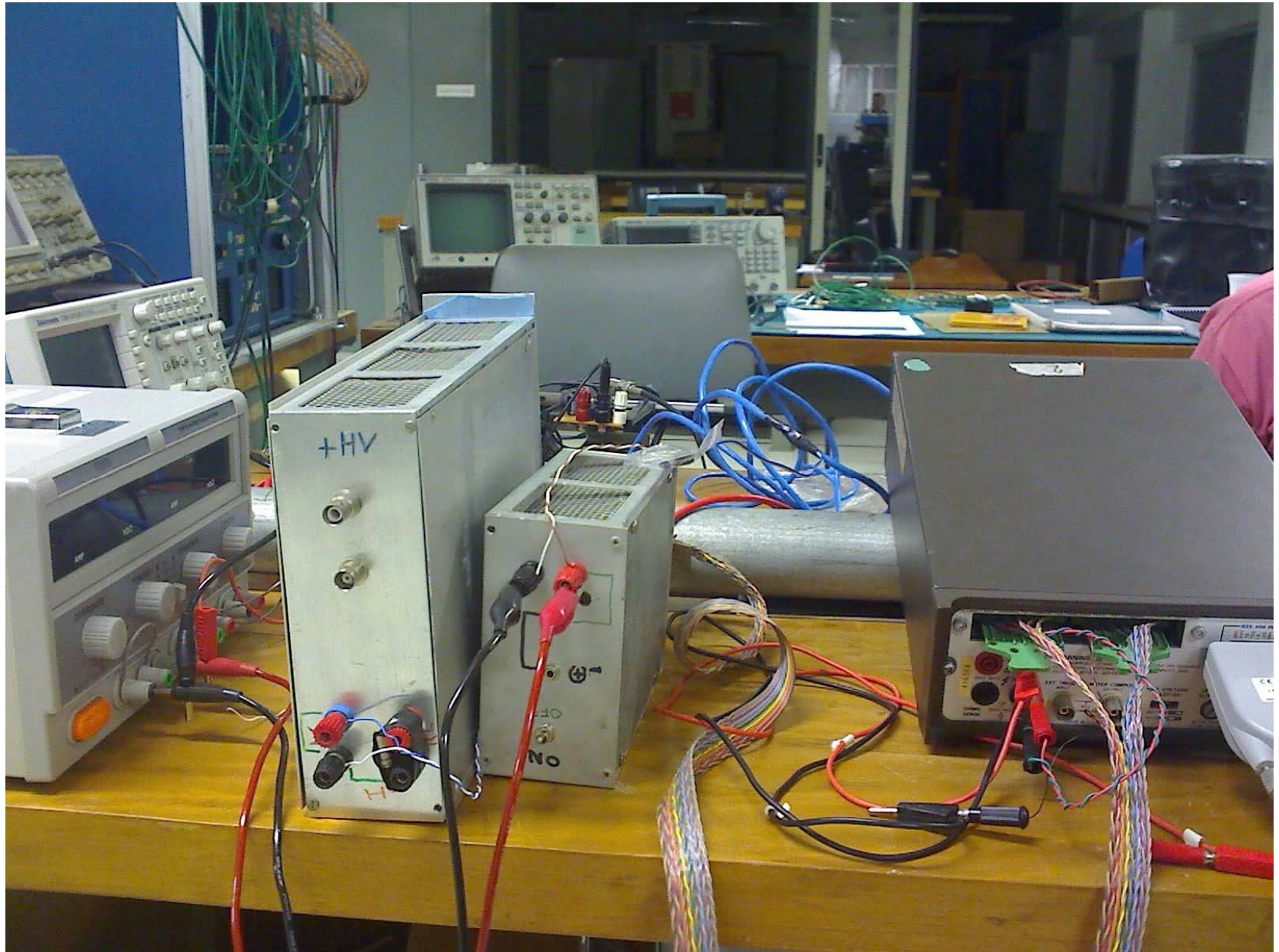
## Especificações:

- Tensão de saída: -500V a -1000V
- Corrente de saída máxima: 0,5mA
- Tensão de Alimentação: 10V a 14V
- Consumo máximo de potência: 0,5 W
- Tensão de ondulação (ripple) < 10mV
- Regulação de linha < 0,1%
- Regulação de carga < 0,2%
- Estabilidade: melhor que 0,1%
- Eficiência: rendimento melhor que 80%

# Protótipo Final de fonte de alta tensão negativa - 3







# Conclusões

---

- **Projetou-se e construiu-se fontes de alta tensão positivas e negativas na faixa de utilização esperada para os tubos fotomultiplicadores – PMTs do detector Neutrino Angra.**
- **As fontes foram usadas no CBPF em testes de PMTs ( dois anos com a Hamamatsu R5912 e um ano com a H7546A) que duravam vários dias, sem nenhuma falha, mantendo-se a estabilidade melhor que 0,1%.**
- **Custo das partes é inferior a 300 reais.**
- **Determinou-se as características principais das fontes, que apresentaram baixo ruído, alta estabilidade e regulação, baixo consumo, e um rendimento de cerca de 84%, para carga nominal, adequados a PMTs.**