



<b>Evento</b>	XXI FEIRA DE INICIAÇÃO À INOVAÇÃO E AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO – FINOVA/2012
<b>Ano</b>	2012
<b>Local</b>	Porto Alegre - RS
<b>Título</b>	Sistema Automático Van der Pauw
<b>Autor</b>	MATHEUS DE OLIVEIRA ARAÚJO
<b>Orientador</b>	HENRI IVANOV BOUDINOV

## Sistema Medidor de Resistividade Utilizando Método de Van der Pauw e Coeficiente Hall

O projeto em que estamos trabalhando, o Medidor de Resistividade, foi concebido para acrescentar os meios de medida já presentes no Laboratório de Microeletrônica da UFRGS. Já existe um equipamento semelhante, mas com capacidade de medir amostras com resistência na magnitude de  $10^3$  Ohms. O medidor em construção será capaz de medir amostras com resistência na magnitude de  $10^6$  Ohms.

Para tais medidas, nos utilizamos primeiramente do Método de Van der Pauw. Este método consiste em preparar uma amostra com medidas aproximadamente iguais (6mm x 6mm, por exemplo, com espessura muito menor se compararmos às outras dimensões), com eletrodos - de menor tamanho possível - localizados nos cantos da folha a ser testada. Numeramos esses contatos de 1 a 4 em sentido horário.

Para obtenção das medidas, aplicamos uma diferença de potencial em dois eletrodos adjacentes (1 e 2, por exemplo), e medimos a diferença de potencial entre os eletrodos restantes (no caso, 3 e 4). Fazendo sucessivamente este procedimento, obtemos todas as combinações possíveis (aplicando a d. d. p. em 2-3, 2-1, 3-2, 3-4, 4-3, 1-4, 4-1). As respectivas resistências são calculadas pela Lei de Ohm (existe um dispositivo medidor de corrente ao fim do circuito). Finalmente, temos os parâmetros para as medidas:  $R_h$  (horizontal) e  $R_v$  (vertical) - que devem ser iguais. Tais resistências são dadas pelas fórmulas a seguir:

$$R_{\text{horizontal}} = \frac{R_{23,41} + R_{41,23} + R_{32,14} + R_{14,32}}{4}$$

$$R_{\text{vertical}} = \frac{R_{12,34} + R_{34,12} + R_{21,43} + R_{43,21}}{4}$$

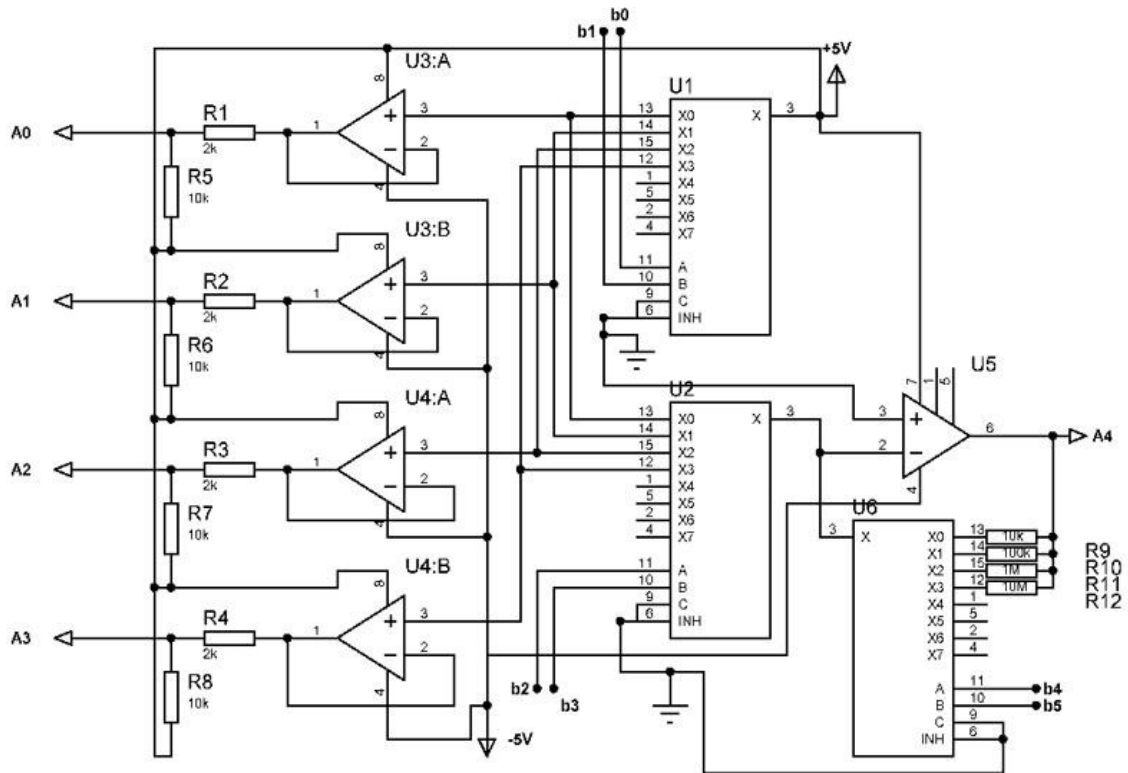
Após as medidas VDP, ligamos o campo magnético e partimos para a parte Hall. Agora, aplicamos a d. d. p. em eletrodos opostos, isto é, entrando no 1 e saindo no 3, por exemplo. Medimos, pois, a diferença de potencial nos eletrodos restantes (2 e 4, no caso). Novamente, pela Lei de Ohm, já que sabemos a corrente de saída, podemos medir a resistência Hall. A tensão Hall medida indica o tipo de dopagem da amostra (se positiva, a dopagem é do tipo P; se negativa, a dopagem é do tipo N). A partir dos valores obtidos, podemos calcular a resistividade, o tipo de dopagem, a mobilidade de cargas e a densidade de cargas da amostra.

### O Circuito

O circuito projetado para realizar as medidas se utiliza de dois multiplexadores para realizar todas as combinações possíveis de entrada e medida, tornando viável todas as permutações necessárias. O sinal obtido passa por buffers, que isolam o medidor e a plataforma programável Arduino, utilizada para ler os dados. É o Arduino que rege, por meio de um programa escrito em linguagem Arduino (uma variante de C), o funcionamento de todo o sistema: envia os bits que controlam as entradas e saídas dos multiplexadores, realizando a permutação desejada; lê, por meio de um conversor analógico digital, os sinais provindos da

amostra, que definirão suas características físicas; controla o sentido do campo magnético aplicado; e, enfim, realiza a ponte entre os dados obtidos e o computador, onde cálculos mais complexos podem ser realizados.

A seguir, o diagrama esquemático do circuito medidor:



esquema:

As saídas A0, A1, A2, A3 e A4 são os sinais analógicos obtidos das amostras. Como o Arduino não é capaz de ler tensões negativas (o que pode ocorrer durante as medidas), é precisamos ligar as saídas analógicas em um divisor de tensão. Um dos resistores deste divisor fica sempre ligado ao em +5V. O outro resistor recebe a medida da amostra, que pode ir de -5V a +5V. É feita, então, uma conversão via programação, transformando o sinal (que vai de 0 a 1023, numa escala linear onde 512 corresponde a 0V).

Os sinais correspondentes aos bits utilizados para realizar a permutação são b0, b1, b2, b3, Sinal 1 e Sinal 2, controlados via Arduino.

Observa-se a presença de mais um multiplexador (na figura, U6). Este componente é responsável por seleccionar 4 resistores diferentes (de 10k a 10M), possibilitando um ganho múltiplo. No programa, é seleccionado o melhor sinal dentre os 4 ganhos gerados, sendo, portanto, apenas um valor incluído no cálculo.