

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
EEL7051 – Materiais Elétricos - Laboratório

EXPERIÊNCIA 05
DIODOS DE JUNÇÃO PN E FOTODIODOS

1 INTRODUÇÃO

O objetivo desta aula, o primeiro ensaio proposto com o chip nº 3 da Motorola, consiste em analisar as características básicas de materiais semicondutores, possibilitando fazer comparações entre suas propriedades elétricas e as de materiais isolantes e condutores.

A seguir, é apresentada a noção de junção PN e também são realizadas experimentações com dispositivos baseados nos princípios básicos da junção PN, conhecidos como diodos de junção. Neste ensaio é possível observar o comportamento de um diodo semicondutor, isto é, verificar como a corrente varia com a aplicação de diferentes valores de tensão. Ainda, na parte final do experimento, é possível estimar a potência gerada por um fotodiodo operando no modo fotovoltaico.

2 JUNÇÕES PN E DIODO SEMICONDUTOR

A junção PN é a forma mais simples de um dispositivo semicondutor, por este motivo é utilizada para demonstrar a maior parte das características de condução em materiais semicondutores. Sua formação usualmente consiste em dois blocos de silício dopados com impurezas doadoras ou aceitadoras de elétrons, conforme mostrado na figura 1.

Quando estes dois materiais são unidos, formando uma junção PN, há um gradiente de concentração cruzando a junção resultante, de forma que os portadores majoritários (partículas de carga) são difundidos através da mesma, isto é, por exemplo, elétrons são difundidos do material tipo n para o material tipo p, estabelecendo uma região de depleção, conforme mostrado na figura 2.

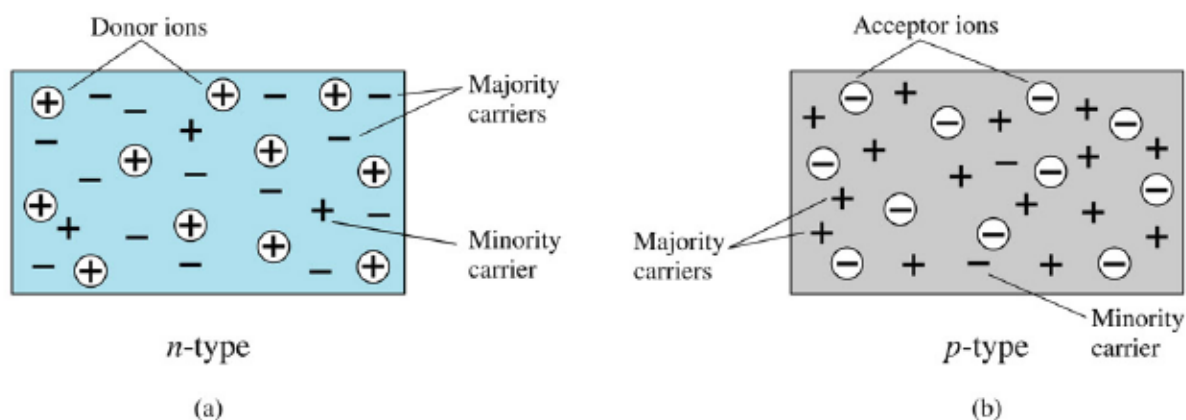


Figura 1 - Material semicondutor tipo N (a) e tipo P (b) [1].

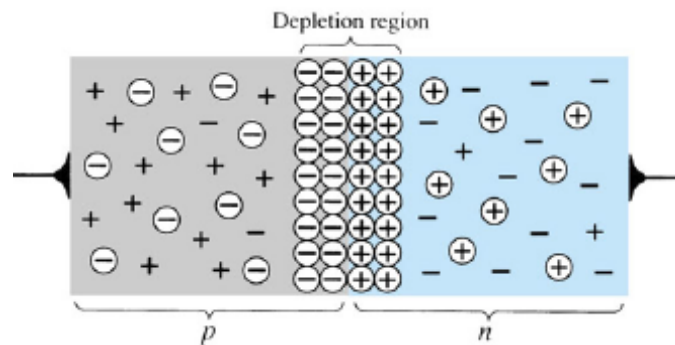


Figura 2 - Diodo de junção PN [1].

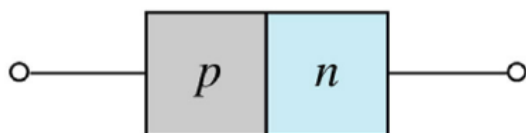


Figura 3 - Forma convencional de representar a junção de um diodo PN.

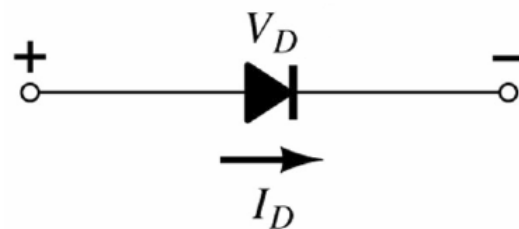


Figura 4 - Símbolo para representar o diodo de junção.

A partir daí pode-se reconhecer o diodo de junção, mostrado nas figuras 3 e 4, um dispositivo que conduz corrente quando polarizado diretamente, e que permanece bloqueado quando sujeito à polarização reversa. Note a polaridade da tensão direta V_D e o sentido da corrente direta I_D .

O objetivo desta aula é levantar a curva de corrente versus tensão do diodo. Uma curva típica é mostrada na figura 5. Pode-se notar a região de condução, onde o diodo está diretamente polarizado, e a região à esquerda da origem, de polarização reversa, onde normalmente o diodo estará bloqueado.

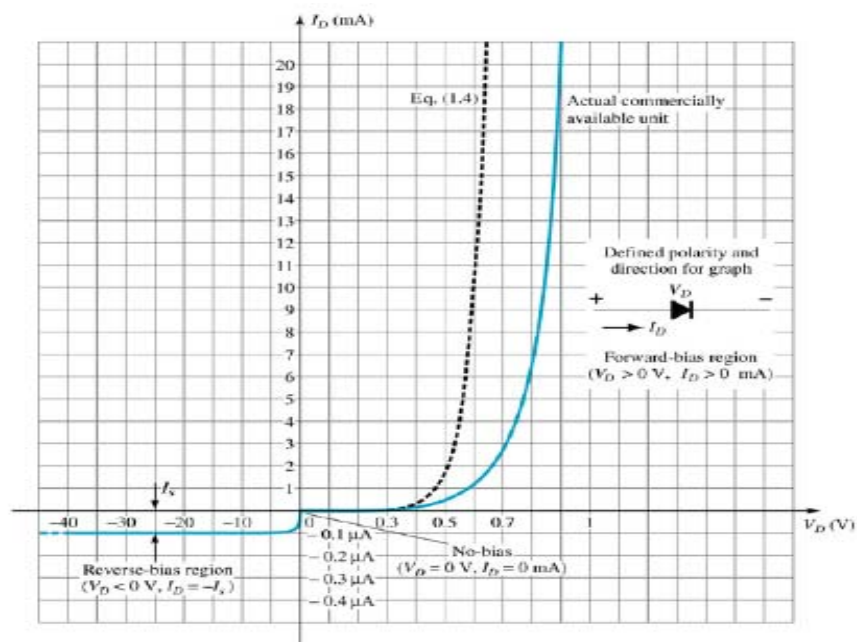


Figura 5 - Curva típica de corrente versus tensão de um diodo de junção de silício [1].

3 FOTODIODOS

Se uma junção PN polarizada reversamente é iluminada, o impacto de fótons sobre a junção quebra as ligações covalentes, gerando pares de portadores, que por sua vez geram uma corrente reversa através da junção. Trata-se da fotocorrente, que é proporcional à intensidade da luz incidente. Este tipo de comportamento caracteriza o fotodiodo, bastante utilizado para converter sinais luminosos em sinais elétricos.

Na figura 6 é mostrada a polarização de um fotodiodo e na figura 7 o símbolo. Nota-se que o símbolo é muito semelhante ao de um diodo e que sua polarização deve ser reversa.

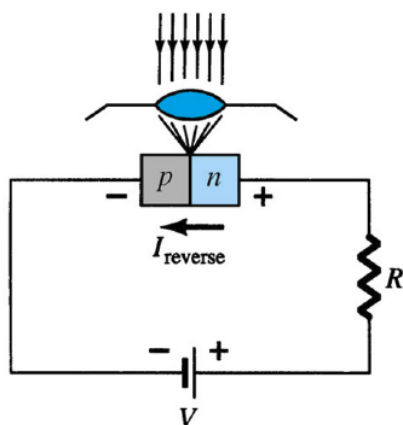


Figura 6 - Polarização básica de um fotodiodo [1].

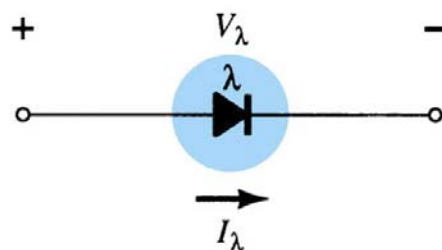


Figura 7 - Símbolo do fotodiodo.

Informações adicionais sobre esta experiência podem ser encontradas:

[1] Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos. Robert L. Boylestad e Louis Nashelsky – 8ª Edição. Editora Prentice Hall, 2004;

[2] Site do livro [1] disponível em http://www.prenhall.com/boylestad_br

4 PARTE EXPERIMENTAL

4.1 Curvas de tensão versus corrente do diodo

O objetivo deste ensaio é determinar experimentalmente, para diversas tensões de polarização direta e reversa, conforme mostrada nas figuras 8 e 9, a curva típica de um diodo de junção PN.

Os circuitos mostrados nas figuras 8 e 9 devem ser montados, anotando-se os dados na tabela a seguir.

Para o circuito da figura 8 tem-se que:

$$V_D = V_1 - V_2 \text{ e } I_D = \frac{V_2}{R_3}$$

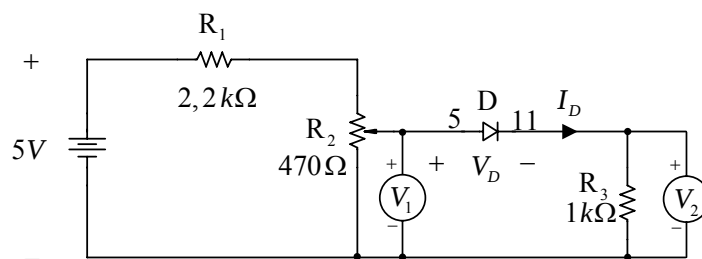


Figura 8 - Circuito para polarização direta do diodo.

Para o circuito da figura 9 tem-se que:

$$V_D = V_2 - V_1 \text{ e } I_D = -\frac{V_2}{R_3}$$

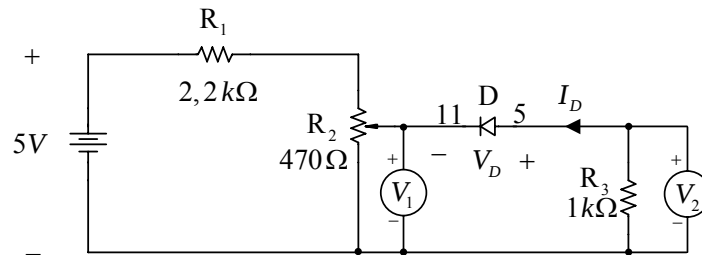


Figura 9 - Circuito para polarização reversa do diodo.

Tabela com as medidas para o circuito da figura 8 – Polarização direta.

V_1 desejada [V]	V_1	V_2	V_D	I_D
0,0				
0,1				
0,2				
0,3				
0,4				
0,5				
0,6				
0,7				
0,8				
0,9				
1,0				

Tabela com as medidas para o circuito da figura 9 – Polarização reversa.

V_1 desejada [V]	V_1	V_2	V_D	I_D
0,0				
0,1				
0,2				
0,3				
0,4				
0,5				
0,6				
0,7				
0,8				
0,9				
1,0				

Posteriormente, para o relatório, deve ser traçado o gráfico com ajuda de algum software ou então em papel milimetrado.

A curva encontrada deve ser semelhante à mostrada na figura 5.

4.2 Fotodiodo

Montar o circuito mostrado na figura 10 e medir a tensão sobre o resistor de $100\text{ k}\Omega$.

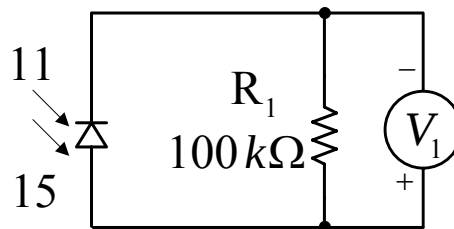


Figura 10 - Circuito para medir a tensão nos fotodiodos.

Iluminação no fotodiodo	V_1
Escuro	
Ambiente	
Iluminado	

Sabendo que a impedância de entrada de um multímetro digital ET-2020A Minipa é de $10\text{ M}\Omega$, meça a tensão, diretamente, entre os terminais dos fotodiodos, conforme a tabela abaixo.

Iluminação no fotodiodo	Fotodiodo	V_1
Escuro	D_1 (pinos 11 e 15)	
Ambiente		
Iluminado		
Escuro	D_2 (pinos 11 e 16)	
Ambiente		
Iluminado		
Escuro	D_3 (pinos 1 e 2)	
Ambiente		
Iluminado		
Escuro	D_5 (pinos 11 e 14)	
Ambiente		
Iluminado		

Para o relatório, responder:

- Calcular a potência gerada no fotodiodo da figura 10;
- O fotodiodo é um retângulo com lados iguais a $0,5\text{ mm}$ e $0,8\text{ mm}$. Utilize seus resultados para determinar a potência por mm^2 e por m^2 , para o circuito da figura 10;
- Qual seria a área de célula solar necessária para gerar uma potência de saída de 1 W ;
- Comente os resultados obtidos medindo a tensão nos fotodiodos D_1 , D_2 , D_3 e D_5 .

5 DESCRIÇÃO DO CIRCUITO INTEGRADO (nº 3)

A seguir são fornecidas as folhas de dados do circuito integrado nº 3, o qual basicamente o circuito integrado contém 10 fotodiodos e 3 diodos, conforme mostrado nas figuras 11 a 14.

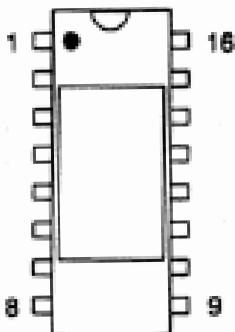
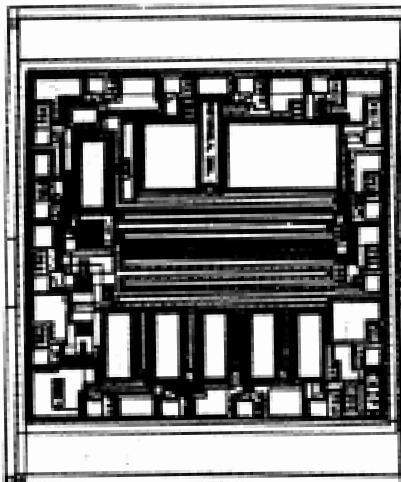
SCHOOLS CHIP PROJECT		Chip 03	1
		p-n junction diodes Photodiodes	
General description			
The chip contains:			
5 identical p+n photodiodes			
2 larger area p+n photodiodes			
2 edge p+n photodiodes			
1 n+p-well photodiode			
3 'black' diodes			
Package		Chip plan view	
			
Ceramic dual-in-line 16 pins glass lid 0.3" wide 0.1" pin pitch Max power rating 1 W			
 MOTOROLA University of Edinburgh Compugraphics International Ltd Scottish Enterprise			

Figura 11 - Folha de dados do CI nº 3, página 1.

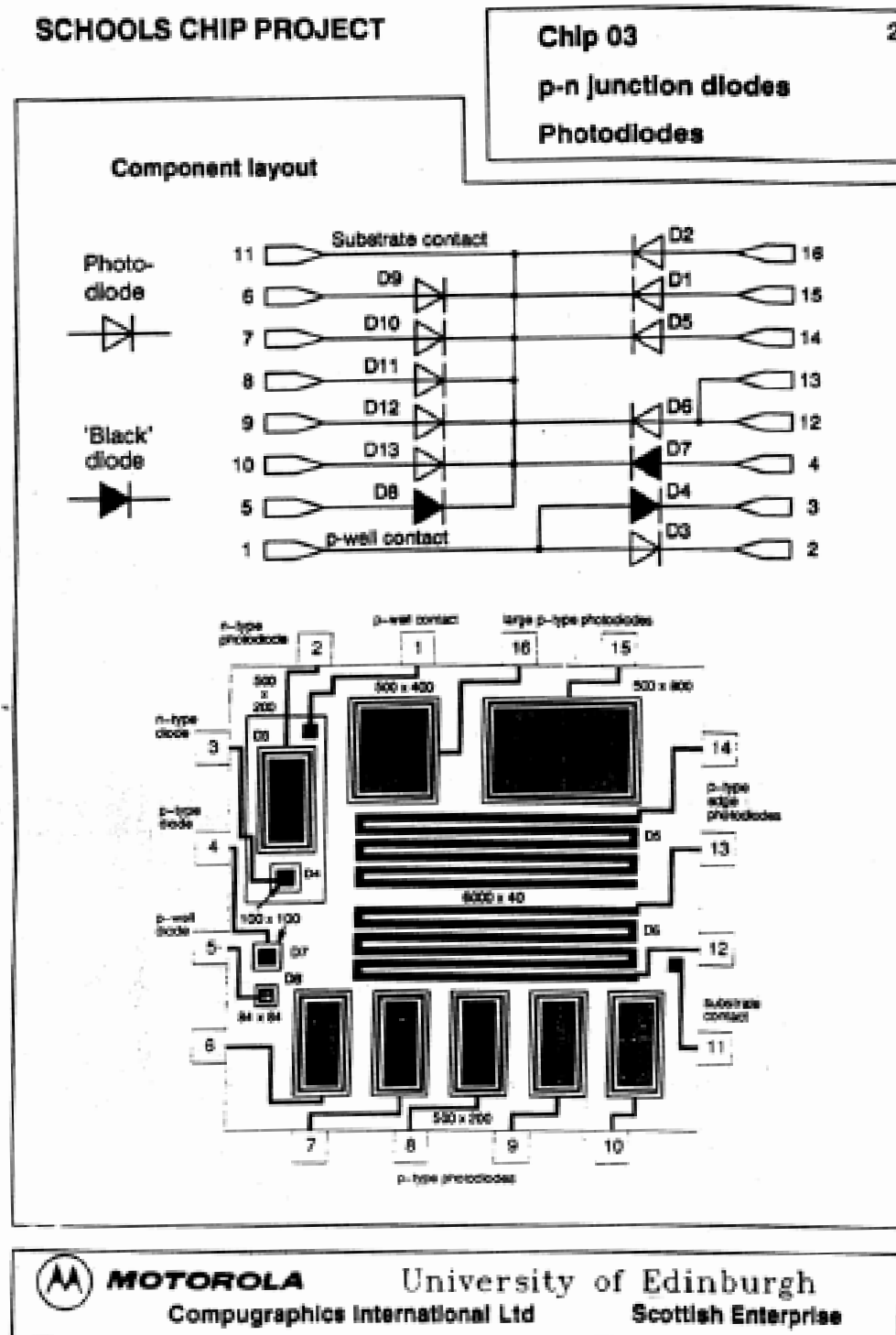


Figura 12 - Folha de dados do CI nº 3, página 2.

SCHOOLS CHIP PROJECT

Chp 03
p-n junction diodes
Photodiodes

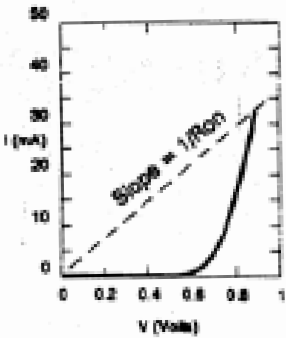
3

Diode properties

Diode	Photo or black	Type	Length (microns)	Width (microns)	Max current (mA)	Ron (ohms)
D1	P	p+n	800	500	60	15
D2	P	p+n	500	400	40	22
D3	P	n+p	500	200	22	41
D4	B	n+p	100	100	17	53
D5	P	p+n	6000	40	35	26
D6	P	p+n	6000	40	7	130
D7	B	p+n	100	100	15	60
D8	B	p-n	84	84	15	60
D9	P	p+n	500	200	40	22
D10	P	p+n	500	200	40	22
D11	P	p+n	500	200	40	22
D12	P	p+n	500	200	40	22
D13	P	p+n	500	200	40	22

Common features

1. Maximum forward voltage for all diodes = 0.9 volts
2. Derive Ron from forward current at 0.9 volts bias
3. Dark Roff > 10 Gohms for all diodes



MOTOROLA
 Compugraphics International Ltd

University of Edinburgh
Scottish Enterprise

Figura 13 - Folha de dados do CI nº 3, página 3.

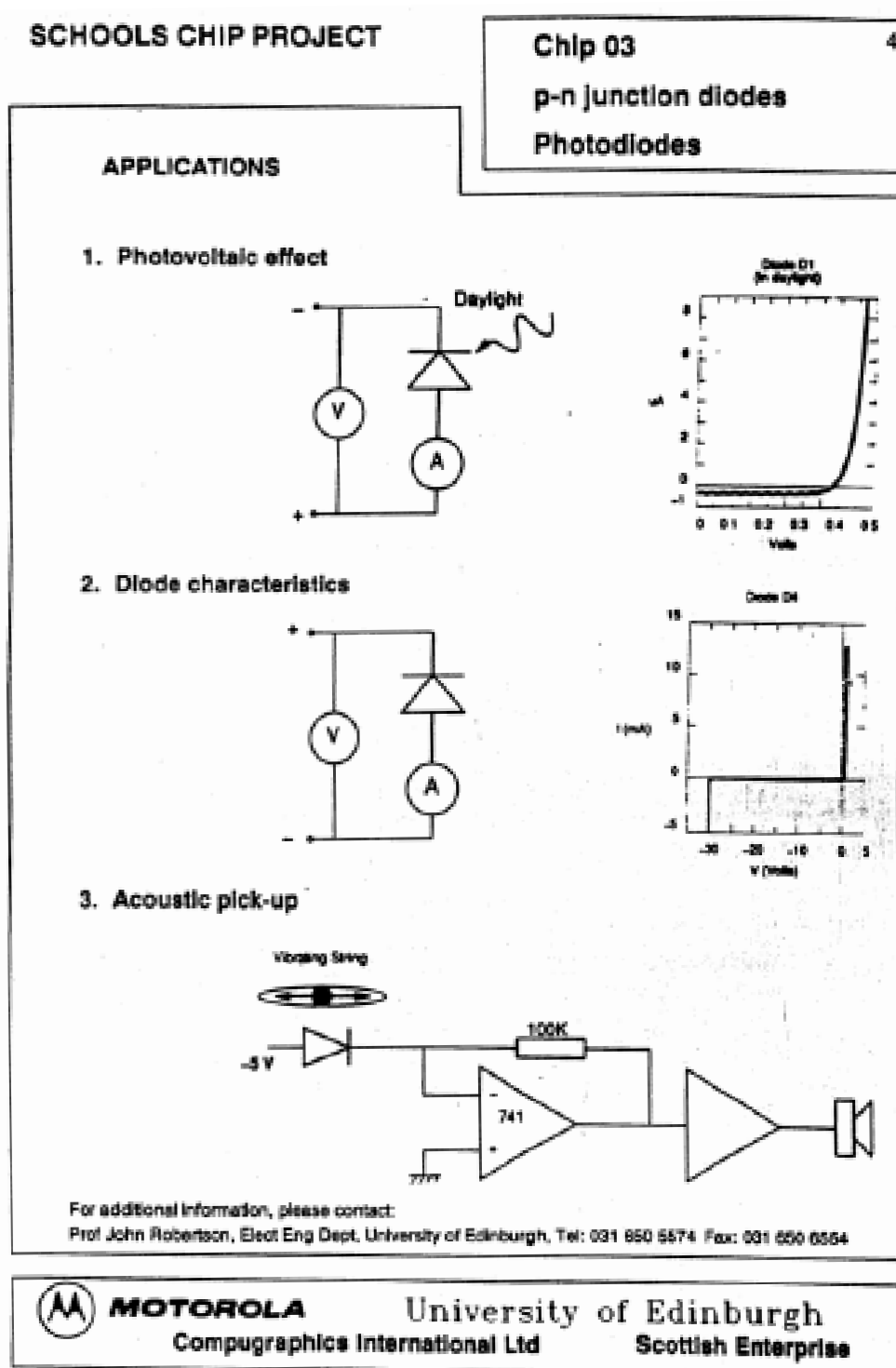


Figura 14 - Folha de dados do CI nº 3, página 4.