

Capítulo III

Entendendo os Ledsv

Por Vicente Scopacasa*

Nesse capítulo, serão abordadas, com detalhes, as características elétricas, mecânicas e óticas do Led por meio de uma análise minuciosa das folhas de especificações, também conhecidas como data sheets, explicando os principais parâmetros e detalhes do funcionamento, objetivando fornecer dados concisos para melhor utilização dos componentes em projetos de iluminação de estado sólido.

Comumente, notamos que a má interpretação e a utilização das informações contidas nestas folhas de especificações podem resultar em produtos com desempenho abaixo do esperado e muito aquém do que a tecnologia efetivamente pode disponibilizar.

Como já foi citado em artigos anteriores, a tecnologia do Led ainda está em evolução e, de certa forma, muito longe

de padronização, portanto, é muito comum termos diferentes encapsulamentos nos mais diversos fabricantes, o que pode vir a dificultar o trabalho do projetista. Cuidados extras deverão ser utilizados na análise e escolha do Led mais apropriado para o projeto ou a aplicação em questão.

Hoje, existem vários tipos de Leds com diferentes características elétricas, mecânicas, óticas e térmicas e não necessariamente com o mesmo nível de desempenho. Por exemplo, para uma mesma luminária, podemos ter várias opções de encapsulamento de Leds a considerar fornecendo diferentes níveis de fluxo luminoso, com diferentes potências e, além de tudo, de diferentes fabricantes, o que complica em muito a escolha do Led mais ideal para o nosso projeto.

Uma vez definidas a faixa de fluxo

luminoso e a potência necessárias para o nosso projeto, escolhemos o encapsulamento do Led a ser incluído no projeto, quer seja do tipo low power, mid power, high power, multichip ou CoB. Para facilitar, vamos considerar um Led do tipo high power, com fluxo luminoso unitário da ordem de 280 lúmens na corrente de 700 mA, dissipando algo como 2 watts de potência. Levando em conta somente estas especificações básicas, temos uma quantidade enorme de fabricantes de Leds, porém, vamos considerar somente três fabricantes, por exemplo, Cree, Lumileds e Nichia.

As famílias a serem consideradas destes três fabricantes são XP-G2, Luxeon TX e 219B-V1 da Cree, Lumileds e Nichia, respectivamente, e iremos analisar os parâmetros constantes nas folhas de

Absolute Maximum Ratings

Table 4. Absolute maximum ratings for LUXEON TX.

PARAMETER	MAXIMUM PERFORMANCE		
DC Forward Current ⁽¹⁾⁽²⁾	1050mA	1200mA	1500mA
Peak Pulsed Forward Current ⁽¹⁾⁽³⁾	1200mA	1350mA	1650mA
LED Junction Temperature ⁽¹⁾⁽⁴⁾ (DC & Pulse)	150°C	135°C	85°C
ESD Sensitivity (ANSI/ESDA) JEDEC J5-001-2012)	Class 3B		
Operating Case Temperature ⁽¹⁾	-40°C to 135°C		
Storage Temperature	-40°C to 135°C		
Soldering Temperature	JEDEC 020c 260°C		
Allowable Reflow Cycles	3		
Reverse Voltage (V _{reverse}) ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	LUXEON LEDs are not designed to be driven in reverse bias		

Figura 1 – Absolute Maximum Ratings do Luxeon TX, da Lumileds.

especificações de cada um destes três componentes, não com o intuito de compará-los, mas sim de interpretá-los. A abordagem será estritamente técnica sem nenhum aspecto comercial, quer seja de preço ou demais condições de comercialização.

O passo inicial ao analisar as folhas de especificações é procurar pelo Absolute Maximum Ratings, onde encontraremos os parâmetros máximos do Led. Na Figura 1, apresentamos o quadro do Absolute Maximum Ratings do Luxeon TX da Lumileds.

Na Figura 1, são encontradas algumas informações importantes, como a corrente máxima que pode ser aplicada ao Led vinculada à sua temperatura de junção. Outra informação importante é referente à faixa de temperatura de operação do Led e à faixa de temperatura de armazenamento. Convém salientar que a temperatura de operação máxima do Led, aqui representada pelo valor de 135 °C está relacionada à

temperatura máxima de junção e não deve ser simplesmente interpretada como um valor a ser utilizado livremente. Como sabemos, quanto mais próximo o Led estiver operando do valor máximo da temperatura de junção, menor será o seu desempenho e menor será sua vida útil.

Por outro lado, o mesmo acontece com a corrente máxima a ser aplicada ao Led. O fabricante informa o valor máximo, porém, nem sempre este valor poderá ser utilizado, considerando que devemos sempre vinculá-lo à temperatura de operação

do Led. Este assunto será amplamente detalhado quando tratarmos sobre o tema relativo ao projeto térmico.

Como esperado, as folhas de especificações destes três fabricantes não necessariamente têm a mesma forma de apresentar as informações, portanto, é importante que o projetista procure e interprete os parâmetros, pois todos estão disponíveis. Como exemplo, na Figura 2, é apresentado um quadro de especificações do LED XP-G2, da Cree, em que se podem encontrar informações análogas sobre o Led.

CHARACTERISTICS				
Characteristics	Unit	Median	Typical	Maximum
Thermal resistance, junction to solder point	°C/W		4	
Viewing angle (FWHM)	degrees		115	
Temperature coefficient of voltage	mV/°C		-1.8	
ESD withstand voltage (HBM per MIL-883C)	V			8000
DC forward current	mA			1500
Reverse voltage	V			5
Forward voltage (@ 350 mA, 85 °C)	V		2.8	3.3
Forward voltage (@ 700 mA, 85 °C)	V		2.9	
Forward voltage (@ 1000 mA, 85 °C)	V		3.0	
Forward voltage (@ 1500 mA, 85 °C)	V		3.1	
LED junction temperature	°C			150

Figura 2 – Características adicionais do XP-G2 da Cree.

A primeira informação da Figura 2 é referente ao valor da resistência térmica que representa a resistência à transferência do calor gerado na junção do Led para fora do encapsulamento. Neste caso, quanto menor for o valor da resistência térmica, melhor será a transferência de calor. A unidade representativa da resistência térmica é °C/W (graus Celsius por watt) ou °K/W (graus Kelvin por watt). O segundo parâmetro aqui informado é referente ao ângulo de emissão de luz do Led normalmente denominado como *viewing angle* e representado como FWHM (*Full Width at Half Maximum*) ou $2\Theta_{1/2}$, ambos representando que o ângulo de emissão é medido em 50% da potência. Convém lembrar que a maioria dos Leds hoje é fornecida com padrão do tipo Lambertiano somente diferindo quanto ao ângulo de emissão de luz.

Outra informação importante constante na tabela da Figura 2 é o valor da tensão direta (*forward voltage*) que representa a queda de voltagem da junção P-N do diodo. Este valor aqui representado é dependente da corrente elétrica aplicada ao Led, assim como da temperatura. Finalmente, ressaltamos o

parâmetro ESD withstand voltage, o qual define o valor da tensão máxima quanto às descargas eletrostáticas. No presente caso, o Led suporta uma tensão de até 8.000 volts HBM (Human Body Model).

Agora vamos analisar parâmetros mais relacionados à parte fotométrica do Led e avalia-lo principalmente quanto ao fluxo luminoso, temperatura de cor e índice de reprodução de cor.

Na Figura 3 é apresentado um exemplo de como os parâmetros fotométricos são especificados para o Led 219B-V1 da Nichia.

Analisando primeiramente a especificação do fluxo luminoso, percebemos que este valor é dependente de quatro fatores básicos, sendo eles o valor da corrente elétrica aplicada, a temperatura de operação do Led, a temperatura de cor e o índice de reprodução de cor. Sempre que quisermos determinar o valor do fluxo luminoso, temos que levar em consideração as condições destes quatro fatores. Por exemplo, no Led em questão, considerando o IRC de 80, corrente elétrica de 700 mA, a temperatura de cor (aqui representada pelas coordenadas de cromaticidade x,y) e a temperatura de

operação de 25°C, temos que o valor do fluxo luminoso típico é igual a 265 lúmens. Isto quer dizer que o fluxo poderá ter valores distintos, dependendo das condições acima. Como regra geral, quanto maior for o IRC e a temperatura de operação, menor será o fluxo luminoso e, quanto maiores a temperatura de cor e a corrente elétrica, maior será o fluxo.

Na tabela da Figura 3, o fabricante também informa o valor da intensidade luminosa, em candelas, considerando o ângulo de emissão do Led. Quanto ao valor da temperatura de cor, normalmente expresso em graus Kelvin, é também disponibilizada a informação em termos de coordenadas de cromaticidade x,y relativas ao diagrama CIE 1931. Atualmente, os fabricantes estão seguindo a norma ANSI C78-377 para determinar as regiões de cromaticidade para cada valor de temperatura de cor ao longo da curva do corpo negro do diagrama CIE 1931.

Outro fator importante a ser considerado nas folhas de especificação é relativo às características mecânicas do Led. É comum encontrarmos os desenhos mecânicos do componente, principalmente, as formas

(2) Initial Electrical/Optical Characteristics

Item	Symbol	Condition	Typ	Max	Unit	
Forward Voltage	V_f	$I_f=700\text{mA}$	2.98	-	V	
		$I_f=350\text{mA}$	2.83	-		
Rnn	Luminous Flux	Φ_v	$I_f=700\text{mA}$	305	-	lm
			$I_f=350\text{mA}$	168	-	
	Luminous Intensity	I_v	$I_f=700\text{mA}$	77	-	cd
			$I_f=350\text{mA}$	43	-	
Color Rendering Index	R_a	$I_f=700\text{mA}$	-	-	-	
R70	Luminous Flux	Φ_v	$I_f=700\text{mA}$	302	-	lm
			$I_f=350\text{mA}$	164	-	
	Luminous Intensity	I_v	$I_f=700\text{mA}$	76	-	cd
			$I_f=350\text{mA}$	41	-	
Color Rendering Index	R_a	$I_f=700\text{mA}$	73	-	-	
R8000	Luminous Flux	Φ_v	$I_f=700\text{mA}$	265	-	lm
			$I_f=350\text{mA}$	143	-	
	Luminous Intensity	I_v	$I_f=700\text{mA}$	67	-	cd
			$I_f=350\text{mA}$	36	-	
Color Rendering Index	R_a	$I_f=700\text{mA}$	83	-	-	
Chromaticity Coordinate	x	-	$I_f=700\text{mA}$	0.344	-	-
	y	-	$I_f=700\text{mA}$	0.355	-	-
Thermal Resistance	$R_{\theta JS}$	-	6	11	°C/W	

* Characteristics at $T_s=25^\circ\text{C}$.

* Luminous Flux value as per CIE 127:2007 standard.

* Chromaticity Coordinates as per CIE 1931 Chromaticity Chart.

* $R_{\theta JS}$ is Thermal Resistance from junction to T_s measuring point.

Figura 3 – Especificação dos parâmetros fotométricos do Led 219B-V1 da Nichia.

e as dimensões dos contatos elétricos e térmicos, localizadas na parte inferior do encapsulamento. Estes contatos deverão ser soldados na placa de circuito impresso. A maioria dos Leds hoje é montada na superfície, conhecida como smd (surface mounting devices) e, para tal, a informação das dimensões destes contatos é importante para o projeto da placa de circuito impresso.

Na Figura 4, apresentamos as dimensões mecânicas do Led Cree XP-G2, incluídas todas as dimensões mecânicas necessárias para o projeto da placa de circuito impresso. A fim de facilitar ainda mais o trabalho do projetista, o fabricante do Led também disponibiliza o desenho, conforme a Figura 5, tanto do pad de solda recomendável para a placa de circuito impresso, como também os detalhes do stencil que são utilizados no processo de montagem do Led na placa.

Ainda com referência à montagem do Led na placa, os fabricantes costumam também informar as especificações do perfil da solda a fim de que o usuário possa programar o forno de refusão, conforme as necessidades, garantindo, com isso, a perfeita montagem do Led na pci.

Abordando agora a parte térmica do projeto com os Leds, os fabricantes costumam apresentar informações muito importantes e vitais para que a utilização do componente seja a mais apropriada possível. Isto é fundamental para que possamos obter um produto com o melhor desempenho e, acima de tudo, a devida confiabilidade disponibilizada pela tecnologia.

Como visto anteriormente, os valores da corrente máxima são informados para cada componente e também são fornecidas as condições nas quais estes valores podem ser utilizados. O valor da corrente elétrica a ser aplicado ao Led depende da temperatura ambiente assim como do valor da resistência térmica total, desde a junção do diodo até o ambiente. Assim como para todos os semicondutores, dos quais o Led faz parte, temos que analisar as características de derating, as quais indicam como o componente deve ser operado, abaixo da sua capacidade máxima, a fim

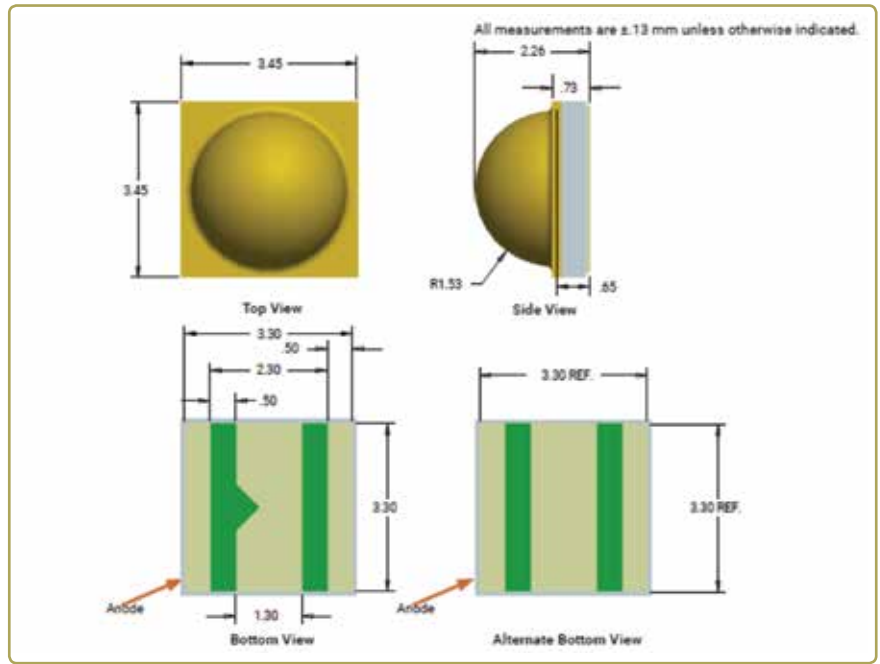


Figura 4 – Especificações mecânicas do LED XP-G2 da Cree.

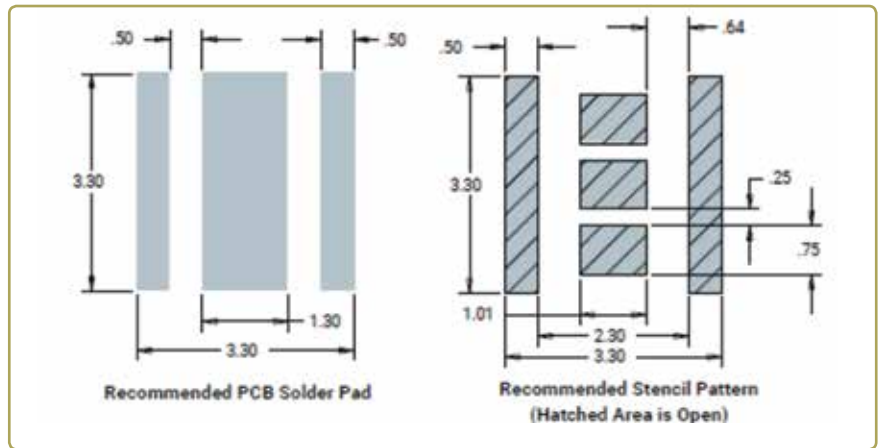


Figura 5 – Detalhes da área de solda e do stencil para o Led Cree XP-G2.

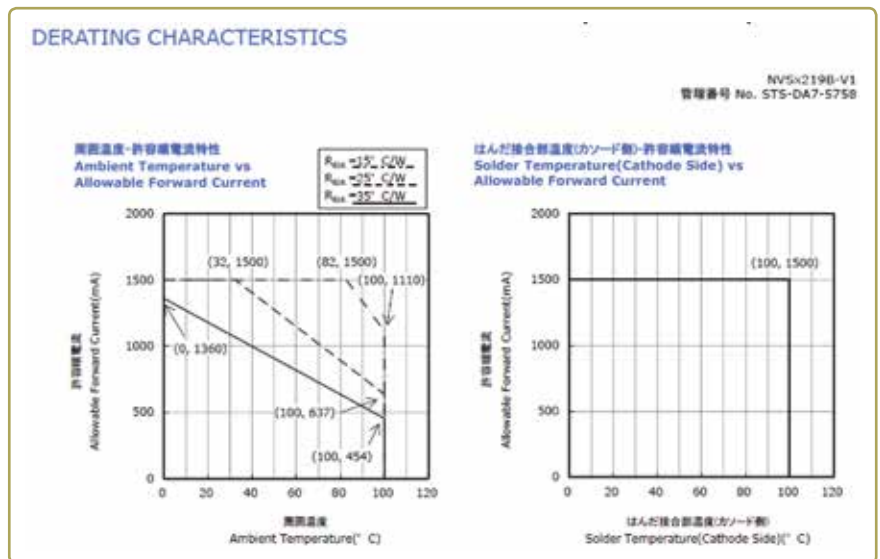


Figura 6 – Curvas de Derating do LED 219B-V1 da Nichia.

de que possamos manter a funcionalidade adequada.

As curvas de derating são representadas através de um gráfico, em que temos em um dos eixos o valor da corrente máxima permitida e no outro o valor da temperatura ambiente. Uma série de curvas são acrescentadas representando alguns valores de resistência térmica total desde a junção do diodo até o ambiente. Na Figura 6, temos a representação das características de derating do Led 219B-V1 da Nichia. Analisando o gráfico à esquerda, observamos que o fabricante indica que o valor máximo da corrente que deverá ser aplicada ao Led é de 1.5 A (1.500 mA) e que a temperatura ambiente máxima de operação deve ser de 100 °C. Além disso, o fabricante estabeleceu três valores distintos de resistência térmica total, 15 °C/W, 25 °C/W e 35 °C/W.

Para melhor entendimento, vamos assumir que o nosso projeto tenha uma resistência térmica total de 15 °C/W. Neste caso, a corrente máxima permitida de 1.500

mA poderá ser aplicada até a temperatura ambiente de 82 °C, ou seja, para temperaturas maiores do que 82 °C, deveremos obrigatoriamente diminuir o valor da corrente aplicada. O valor da corrente, quando a temperatura de 100 °C é atingida, é igual a 1.110 mA. A situação fica um pouco mais crítica quando assumimos o valor de 35 °C/W, sendo que nesta situação a corrente máxima que podemos utilizar é de 1.360 mA quando a temperatura ambiente for 0 °C e somente de 454 mA quando atingirmos os 100 °C de temperatura máxima.

As características de derating são fundamentais para a obtenção um bom projeto. Voltaremos a este tema com mais detalhes no artigo sobre gerenciamento térmico do Led.

Por se tratar de um assunto relativamente complexo e extenso, a completa análise dos diversos parâmetros do Led é fundamental para que possamos usufruir de todos os benefícios oferecidos por esta tecnologia. No próximo artigo continuaremos esta análise

em outros parâmetros tão importantes quanto os aqui ora apresentados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. CLD-DS51 Rev.12, *Product data sheet*, disponível no site www.cree.com
2. DS133 LUXEON TX, *Product data sheet rev. 20150827* disponível no site www.lumileds.com
3. Nichia STS-DA1-3062E <Cat.No.160129> disponível no site www.nichia.co

**Vicente Scopacasa é engenheiro eletrônico com pós-graduação em administração de marketing. Tem sólida experiência em semicondutores, tendo trabalhado em empresas do setor por mais de 40 anos. Especificamente em Leds, atuou por mais de 30 anos em empresas líderes na fabricação de componentes, tanto no Brasil como no exterior. Atua hoje como consultor na área de iluminação de estado sólido e como professor em cursos de especialização e de pós-graduação.*

CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO

Acompanhe todos os artigos deste fascículo em www.osestoreletrico.com.br

Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para redacao@atitudeeditorial.com.br