

Quelques paramètres...

I/ Courant, puissance, température et résistance thermique:

A/ DEFINITIONS:

a/ Courant

1/ $I_F(\text{RMS})$: cas des diodes

Courant efficace: c'est la limitation apportée par le fil cablant la puce dans le boîtier.

Indépendant de la température au premier ordre

Ce courant n'est pas caractérisé mais a été déduit d'essais de fiabilité (débit continu ou alternatif) . Il dépend de la nature du fil (Au ou Al) et de son diamètre (exemple pour un fil Alu.: $I_F(\text{rms}) = 0.0028 * \Phi(\mu\text{m})^{3/2}$)

Ne pas confondre avec le $I_T(\text{rms})$ des triacs ou des thyristors qui est le courant efficace **nominal** du produit

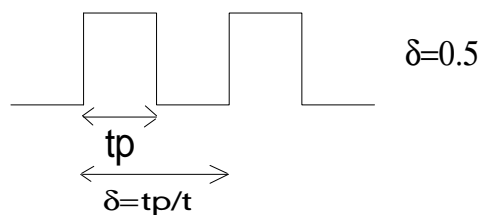
2/ $I_F(\text{av})$ (diodes) et $I_T(\text{av})$ (thyristors)

- courant moyen nominal

- spécifié pour une forme d'onde donnée:

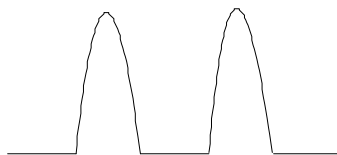
Exemples:

☞ Redresseurs rapides ou schottky moyenne puissance:



Signal carré

☞ Thyristors:



Demie onde sinusoïdale

Au courant moyen, correspond le courant efficace dont la valeur dépend de la forme d'onde:

ex.:

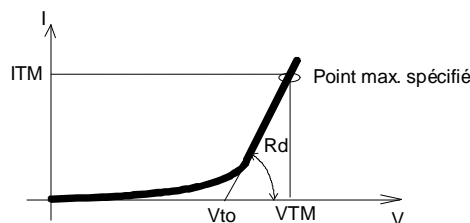
onde carrée: $I_{rms} = I_{av} \times \left(\frac{1}{\sqrt{\delta}}\right)$

onde sinusoïdale mono-alternance: $I_{rms} = \frac{\pi}{2} \times I_{av}$

b/ Puissance:

Ces courants interviennent dans la définition du composant par la puissance à dissiper qu'ils génèrent du fait de la tension résiduelle VF ou VT restant à ses bornes quand il est conducteur. La caractéristique passante est assimilable à une droite définie par:

$$V_{TM} = V_{to} + R_d \times I_{TM}$$



Vto: tension de seuil

Rd: résistance dynamique

Cette chute de tension dépend de l'épaisseur du pavé, de sa taille et de sa technologie. Les valeurs de Vto et de Rd sont les valeurs mesurées en **température** (Tj max. en général)

Le produit du courant et de la tension donne la puissance:

$$P = (V_{to} + R_d \times I) \times I$$

$$P = V_{to} \times I + R_d \times I^2$$

Sur un signal complexe:

$$P = V_{to} \times IF(av) + R_d \times IF(rms)^2$$

c/ Résistance thermique:

Cette puissance élève la température de la jonction du fait de la résistance qu'offre le composant à évacuer les calories générés. Cette résistance est la résistance thermique ou Rth. Elle est définie entre 2 points

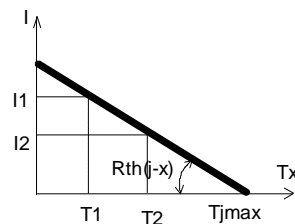
- la référence est la jonction (Tj)
- un point extérieur au composant:
 - le boîtier T_{case}
 - la connexion T_{lead}
 - le milieu ambiant T_{amb}

La limitation en courant admissible est liée au fait que la jonction ne peut pas travailler au delà d'une certaine limite appelée température jonction maximum $T_j \text{ max}$. Au delà de cette valeur, le semiconducteur perd ses caractéristiques (courant de fuite élevé, paramètres dynamiques dégradés, mauvaise fiabilité etc...). Cette température dépend de la technologie: 110, 125, 150 ou 175°C.

Les 3 paramètres courant, température et résistance thermique sont liés par la relation:

$$R_{th(j-x)} = \frac{T_j - T_x}{P}$$

Cette relation est représentée en fonction du courant par la courbe suivante:



Le composant pourra conduire un courant I_1 jusqu'à une température T_1 ou un courant I_2 jusqu'à une température T_2 ; dans les 2 cas, la température jonction ne dépassera pas la $T_j \text{ max}$.

STPS30L40CW/CT

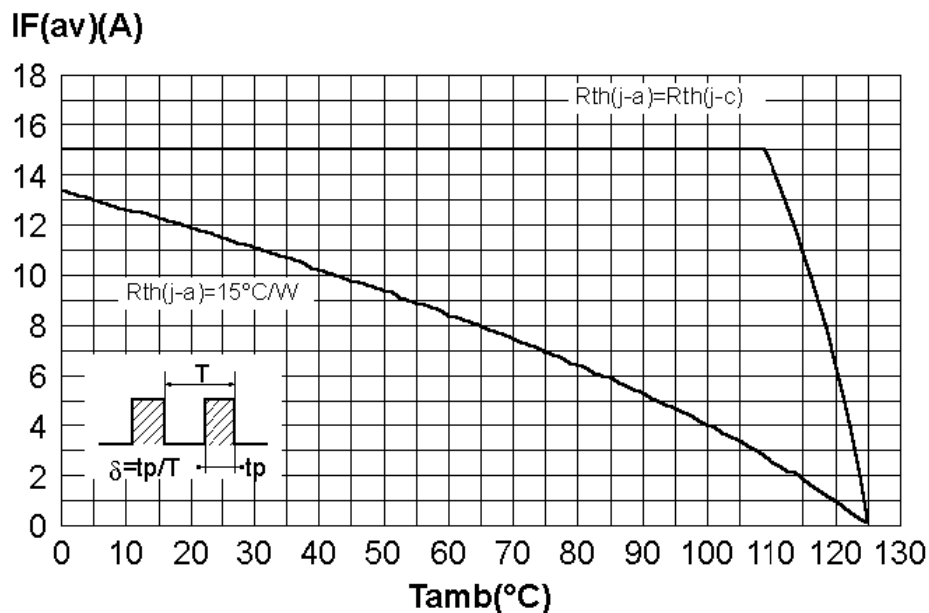


Fig 2 : Average forward current versus ambient temperature ($\delta=0.5$)

Ex: Courbe du courant moyen en fonction de la température ambiante sur une schottky STPS30L40CW

La température T_x en abscisse peut être:

- la température boîtier T_{case}
- la température connexion T_{lead}
- la température ambiante T_{amb}

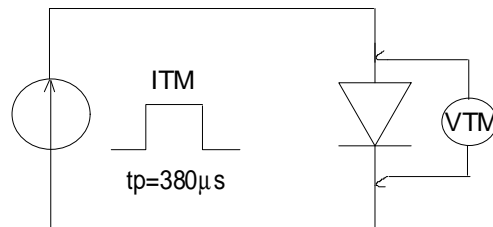
Dans tous les cas, le point de référence doit être spécifié; par exemple dans le cas d'une diode à fil on a en général $R_{th}(j-l)$ avec $l_{lead}=10\text{mm}$.

Dans le cas d'une $R_{th}(j-a)$, il faut spécifier le type de dissipateur (ex.: longueur des connexions, surface de cuivre du circuit imprimé, taille du radiateur, etc...)

B/ MESURES

Courant et puissance sont des paramètres calculés issus de la mesure des paramètres chute de tension et résistance thermique.

1/ Chute de tension VF (ou VT dans le cas des thyristors ou des triacs)



Cette mesure est faite en injectant un échelon de courant d'amplitude I et de largeur t_p telle que l'échauffement de la jonction soit négligeable et donc que sa température soit fixée par le milieu extérieur.

La largeur de l'impulsion de mesure est en général égale à $380\mu\text{s}$ (largeur d'impulsion délivrée par les testeurs automatiques TESEC que nous utilisons)

La mesure de VF est faite obligatoirement en utilisant la méthode dite KELVIN (ou "4 points"), c'est à dire en dissociant totalement les points d'arrivée du courant et les points de mesure de tension, de façon à ne pas mesurer la chute de tension dans les cables de liaison.

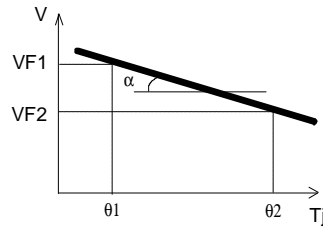
2/ Résistance thermique

Cette mesure passe par une mesure de la température de la jonction qui ne peut pas se faire de façon directe; on utilise donc la mesure d'un paramètre dont on connaît la variation avec la température, le VF .

Certaines méthodes utilisent le courant de fuite ou la tension d'avalanche mais elles sont beaucoup difficiles à mettre en oeuvre.

La variation du VF est linéaire avec la température, et la première étape de la mesure est d'étalonner cette variation. On fait donc à bas niveau de courant (entre 2 mA et 500mA suivant le calibre du composant), 2 mesures de VF à 2 températures différentes (ambiante et 70°C ou $100^\circ\text{C}/125^\circ\text{C}$) et on en déduit:

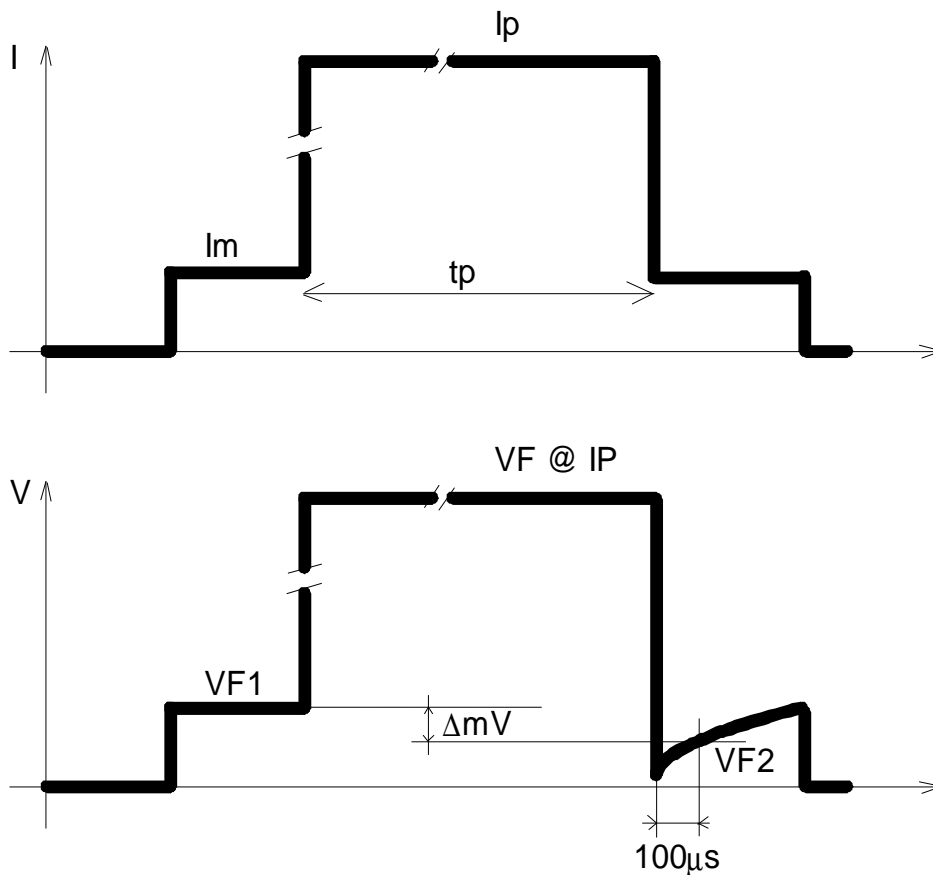
$$\alpha = \frac{VF(\theta_1) - VF(\theta_2)}{\theta_1 - \theta_2} \quad (\text{en mV}/^\circ\text{C})$$



Les valeurs de ce coefficient α sont comprises entre $1.3\text{mV}/^\circ\text{C}$ et $3.5\text{mV}/^\circ\text{C}$ suivant les technologies:

- Transil: $1.75\text{mV}/^\circ\text{C}$
- Diode rapide très dopée: $2.2\text{mV}/^\circ\text{C}$
- Triac ou thyristor: $1.5\text{mV}/^\circ\text{C}$

Le principe de la mesure de R_{th} est de provoquer et de mesurer une élévation de température de la jonction en injectant une puissance P donc un courant I



Un courant de mesure I_m est d'abord envoyé dans le composant. On mesure alors une chute de tension VF_1 .

Un courant IP est ensuite maintenu suffisamment longtemps pour que le dispositif ait atteint son équilibre thermique; dans le cas d'un boîtier TO220, il faut environ 300ms pour que le flux thermique passe de la jonction au fond du boîtier. Le courant IP est alors coupé et on continue à faire passer le courant de mesure Im. On mesure alors, le plus près possible de la coupure du courant IP un 2ème VF, plus faible que le premier puisque la jonction a chauffé. La différence VF2-VF1 divisée par le coefficient α donne la variation de température ΔT_j . On a alors:

$$R_{th}(j - c) = \frac{VF2 - VF1}{\frac{\alpha}{VF \times IP}} \quad (\text{en } ^\circ\text{C/W})$$

Remarques:

- Le VF2 est mesuré à 100 μ s de la coupure du courant pour éviter les oscillations éventuelles du à la coupure brutale du courant de puissance; on considère qu'en 100 μ s, la jonction n'a pas le temps de refroidir
- Le niveau de courant de puissance dépend du boîtier à mesurer; il doit être assez important pour provoquer une élévation de température donnant un ΔmV mesurable ($\geq 20mV$)
- Le niveau de courant de polarisation doit être choisi suffisamment bas pour que la température de la jonction ne soit pas élevée par son passage et, dans le cas des TRIACS et des THYRISTORS, dans une zone où le VT à bas niveau ne présente pas de brisures (amorçage progressif de la structure)
- En fonction de la Rth à mesurer, il convient de "monter" correctement le composant: si l'on veut par exemple mesurer la résistance thermique entre la jonction et le boîtier, on assemblera le composant sur un radiateur dit "infini" (donc de Rth voisine de 0); la Rth restante sera donc la résistance thermique entre la jonction et le boîtier
- Plusieurs mesures peuvent être faites avec des temps de passage t_p du courant de puissance croissants et on trace alors la courbe d'impédance thermique transitoire du composant

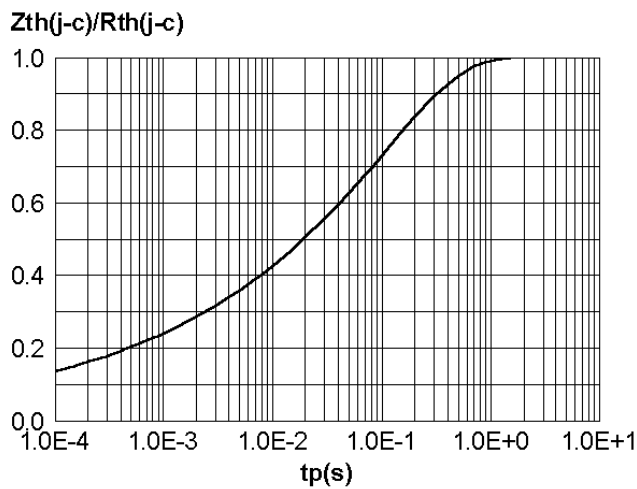


Fig 4 : Relative variation of thermal impedance junction to case versus pulse duration

- Dans le cas d'un triac, on peut mesurer 2 types de résistances thermiques:
 - une résistance thermique en continu $R_{th(j-c)}(DC)$
 - une résistance thermique en alternatif $R_{th(j-c)}(AC)$

La résistance thermique en continu est plus élevée que la résistance thermique en alternatif puisqu'une partie seulement du pavé conduit. On a:

$$R_{th(j-c)}(AC) = 0.75 \times R_{th(j-c)}(DC)$$

Pour une question de simplicité de la métrologie, nous mesurons seulement la résistance thermique en continu

