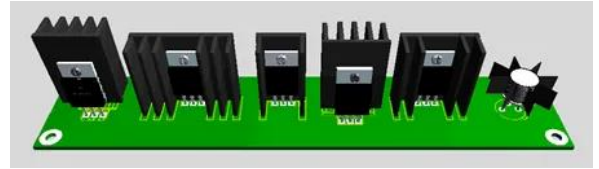




Dissipation thermique



1. Objectif

Lors du fonctionnement des systèmes et composants électroniques leur température tend à augmenter. Pour assurer leur fonctionnement correct il faut généralement évacuer (dissiper) cette chaleur (flux thermique).

2. Transfert thermique

Un transfert thermique est un des modes d'échange d'énergie entre deux systèmes. C'est une notion fondamentale de la thermodynamique.

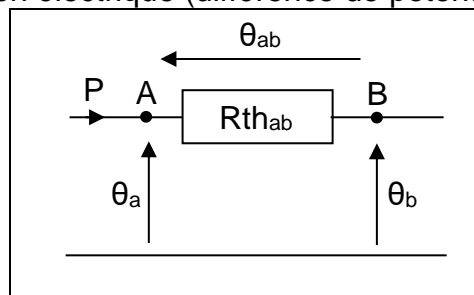
Pour le quantifier, il est pratique d'utiliser le flux thermique qui est la puissance échangée des températures élevées vers les températures basses, en watts (W).

3. Loi d'ohm thermique

La loi d'ohm thermique est une analogie utilisée pour appliquer la loi de Fourier qui décrit rigoureusement le phénomène.

Cette analogie consiste à utiliser la loi d'ohm en remplaçant :

- Le courant par la puissance (P),
- La résistance électrique par la résistance thermique (R_{th}),
- La tension électrique (différence de potentiel) par la différence de température (θ).



On a donc ici :

$$\theta_{ab} = R_{th_{ab}} \times P$$

Avec :

$$\theta_{ab} = \theta_a - \theta_b$$

Autrement dit :

Un transfert thermique de puissance P traversant un élément de résistance thermique $R_{th_{ab}}$ augmente la température du point A de $\theta_{ab}^{\circ}\text{C}$ par rapport au point B.



4. Exemple numérique :

Un transistor devant dissiper 5W est fixé sur un radiateur ayant une résistance thermique de 3°C/W. L'air ambiant est à 25°C.

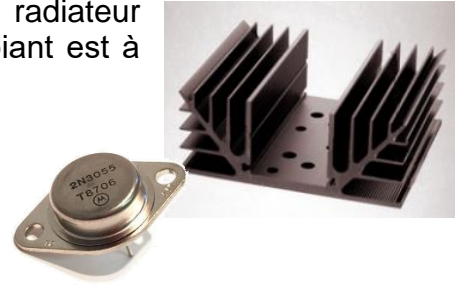
Dans cet exemple : $P=10W$, $R_{th}=3°C/W$, $\theta_b=25°C$.

On peut écrire :

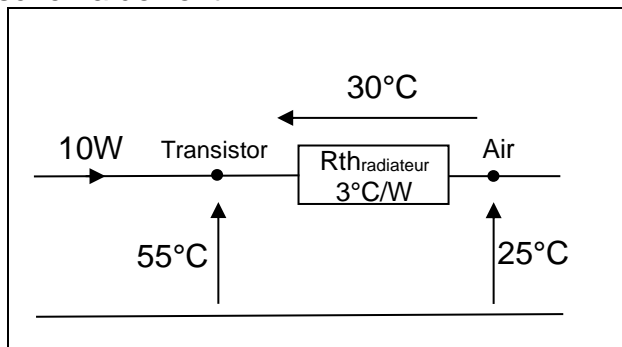
$$\theta_{ab} = 3 \times 10 = 30°C$$

Comme : $\theta_{ab} = \theta_a - \theta_b$

on a : $\theta_a = \theta_b + \theta_{ab} = 25 + 30 = 55°C$



Notre schéma devient :

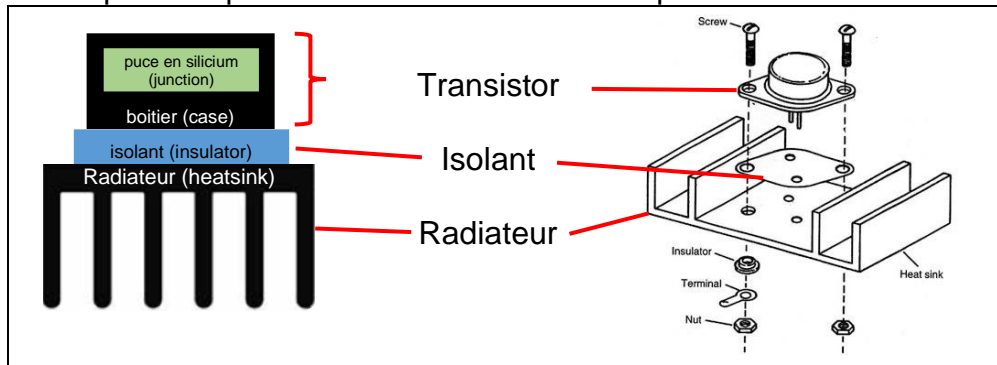


5. Association de plusieurs éléments

Dans la pratique le transfert thermique se fait depuis la puce (la jonction) jusqu'au milieu ambiant (en général l'air) en traversant plusieurs éléments.

5.1. Exemple d'un transistor monté sur un radiateur isolé :

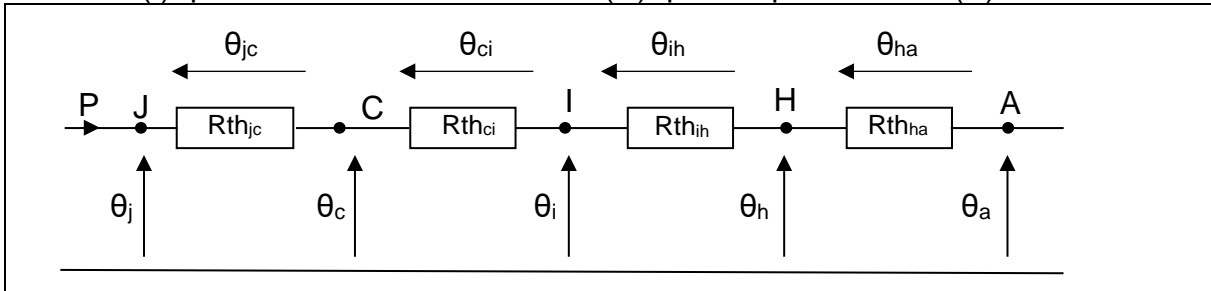
On rencontre classiquement le cas d'un transistor monté sur un radiateur et isolé électriquement par un matériau isolant électrique mais conducteur thermique.





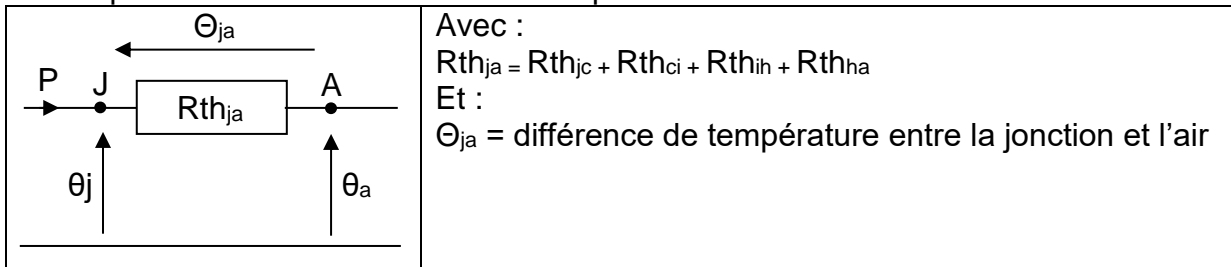
5.1.1. Schéma équivalent :

La partie active du transistor (J) est encapsulée dans un boîtier (C) monté sur un radiateur (I) qui est monté sur le radiateur (H) qui dissipe dans l'air (A).



Comme pour la loi d'ohm électrique les résistances thermiques associées en série s'ajoutent.

On peut donc construire le schéma équivalent suivant :





6. Exploitation de la documentation constructeur

6.1. Les transistors et autres circuits intégrés

Les constructeurs indiquent généralement la résistance thermique des leurs composants de la jonction (de la puce en silicium) au boîtier et de la jonction à l'air ambiant lorsque le composant n'est associé à aucun dispositif de dissipation (radiateur).

Il est aussi indiqué la température maximale que peut supporter la jonction.

6.1.1. Exemple de l'IRF4905

International
IR Rectifier

- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- P-Channel
- Fully Avalanche Rated
- Lead-Free

Description

Fifth Generation HEXFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET Power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ -10\text{V}$	-74	A
$I_D @ T_C = 100^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ -10\text{V}$	-52	
I_{DM}	Pulsed Drain Current $\text{\textcircled{1}}$	-260	
$P_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Power Dissipation	200	W
	Linear Derating Factor	1.3	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy $\text{\textcircled{2}}$	930	mJ
I_{AR}	Avalanche Current $\text{\textcircled{2}}$	-38	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy $\text{\textcircled{2}}$	20	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt $\text{\textcircled{3}}$	-5.0	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to +175	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf•in (1.1N•m)	

Thermal Resistance

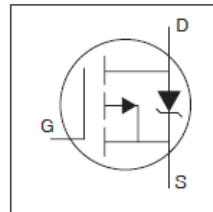
	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	0.75	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	62	

La partie qui concerne les caractéristiques thermiques est entourée en rouge.

PD - 94816

IRF4905PbF

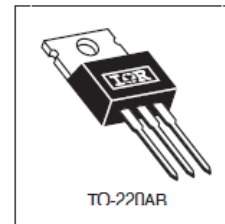
HEXFET® Power MOSFET



$V_{DSS} = -55\text{V}$

$R_{DS(on)} = 0.02\Omega$

$I_D = -74\text{A}$



TO-220Pb



COURS - CIRCUITS SCIENTIFICS DU NUMÉRIQUE

On trouve :

- T_J : température maximale de la jonction.
- $R_{\theta JC}$: Résistance thermique de la jonction au boîtier.
- $R_{\theta CS}$: Résistance thermique du boîtier au radiateur lorsque le transistor est monté à plat avec de la graisse thermique.
- $R_{\theta JA}$: Résistance thermique de la jonction à l'air lorsque le transistor est simplement refroidi par l'air ambiant (sans radiateur).

6.1.2. Exemple du MCP1703



250 mA, 16V, Low Quiescent Current LDO Regulator

Features:

- 2.0 μ A Typical Quiescent Current
- Input Operating Voltage Range: 2.7V to 16.0V
- 250 mA Output Current for Output Voltages \geq 2.5V
- 200 mA Output Current for Output Voltages $<$ 2.5V
- Low Dropout Voltage, 625 mV typical @ 250 mA for $V_R = 2.8V$
- 0.4% Typical Output Voltage Tolerance
- Standard Output Voltage Options:
 - 1.2V, 1.5V, 1.8V, 2.5V, 2.8V, 3.0V, 3.3V, 4.0V, 5.0V
- Output Voltage Range: 1.2V to 5.5V in 0.1V increments (50 mV increments available upon request)
- Stable with 1.0 μ F to 22 μ F Ceramic Output Capacitance
- Short-Circuit Protection
- Overtemperature Protection

Applications:

- Battery-powered Devices
- Battery-powered Alarm Circuits
- Smoke Detectors
- CO² Detectors
- Pagers and Cellular Phones
- Smart Battery Packs
- Low Quiescent Current Voltage Reference
- PDAs
- Digital Cameras
- Microcontroller Power
- Solar-Powered Instruments
- Consumer Products
- Battery Powered Data Loggers

Related Literature:

- AN765, "Using Microchip's Micropower LDOs", DS00765, Microchip Technology Inc., 2002
- AN766, "Pin-Compatible CMOS Upgrades to Bipolar LDOs", DS00766, Microchip Technology Inc., 2002
- AN792, "A Method to Determine How Much Power a SOT23 Can Dissipate in an Application", DS00792, Microchip Technology Inc., 2001

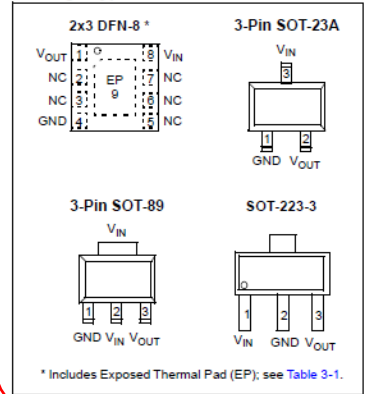
Description:

The MCP1703 is a family of CMOS low dropout (LDO) voltage regulators that can deliver up to 250 mA of current while consuming only 2.0 μ A of quiescent current (typical). The input operating range is specified from 2.7V to 16.0V, making it an ideal choice for two to six primary cell battery-powered applications, 9V alkaline and one or two cell Li-Ion-powered applications.

The MCP1703 is capable of delivering 250 mA with only 625 mV (typical) of input to output voltage differential ($V_{OUT} = 2.8V$). The output voltage tolerance of the MCP1703 is typically $\pm 0.4\%$ at $+25^\circ\text{C}$ and $\pm 3\%$ maximum over the operating junction temperature range of -40°C to $+125^\circ\text{C}$. Line regulation is $\pm 0.1\%$ typical at $+25^\circ\text{C}$.

Output voltages available for the MCP1703 range from 1.2V to 5.5V. The LDO output is stable when using only 1 μ F of output capacitance. Ceramic, tantalum, or aluminum electrolytic capacitors can all be used for input and output. Overcurrent limit and overtemperature shutdown provide a robust solution for any application. Package options include the SOT-223-3, SOT-23A, 2x3 DFN-8, and SOT-89-3.

Package Types



On voit que le MCP1703 existe dans différents boîtiers (package) : DFN-8, SOT-23A, SOT-89, SOT-223-3.



COURS – CIRCUITS SCIENTIFICS DU NUMÉRIQUE

Les informations thermiques sont sur une autre page :

TEMPERATURE SPECIFICATIONS⁽¹⁾

Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Temperature Ranges						
Operating Junction Temperature Range	T_J	-40	—	+125	°C	Steady State
Maximum Junction Temperature	T_J	—	—	+150	°C	Transient
Storage Temperature Range	T_A	-65	—	+150	°C	
Thermal Package Resistance (Note 2)						
Thermal Resistance, 3LD SOT-223	θ_{JA} θ_{JC}	— —	62 15	— —	°C/W	EIA/JEDEC JESD51-7 FR-4 0.063 4-Layer Board
Thermal Resistance, 3LD SOT-23A	θ_{JA} θ_{JC}	— —	336 110	— —	°C/W	EIA/JEDEC JESD51-7 FR-4 0.063 4-Layer Board
Thermal Resistance, 3LD SOT-89	θ_{JA} θ_{JC}	— —	153,3 100	— —	°C/W	EIA/JEDEC JESD51-7 FR-4 0.063 4-Layer Board
Thermal Resistance, 8LD 2x3 DFN	θ_{JA} θ_{JC}	— —	93 26	— —	°C/W	EIA/JEDEC JESD51-7 FR-4 0.063 4-Layer Board

Note 1: The maximum allowable power dissipation is a function of ambient temperature, the maximum allowable junction temperature and the thermal resistance from junction to air (i.e., T_A , T_J , θ_{JA}). Exceeding the maximum allowable power dissipation will cause the device operating junction temperature to exceed the maximum 150°C rating. Sustained junction temperatures above 150°C can impact the device reliability.

2: Thermal Resistance values are subject to change. Please visit the Microchip web site for the latest packaging information.

On trouve :

- La température supportée par la jonction en permanence (*steady state*) et de façon transitoire (*transient*).
- Les résistances thermiques de la jonction à l'air et de la jonction au boîtier pour les différents boîtiers.



COURS - CIRCUITS SCIENTES DU NUMÉRIQUE

6.2. Les dissipateurs

Les solutions pour dissiper la chaleur sont nombreuses depuis la simple dissipation dans l'air ambiant jusqu'à des systèmes à fluide caloporteur.

Une solution courante est d'associer les composants qui chauffent à des radiateurs et parfois d'associer ces radiateurs à des ventilateurs pour améliorer leur efficacité et pour extraire l'air chauffé du boîtier dans lequel ils se trouvent.

Dans tous les cas il faut tenir compte de conditions particulières dans lesquelles est situé le système étudié.

6.2.1. Exemple d'un dissipateur pour boîtier TO220

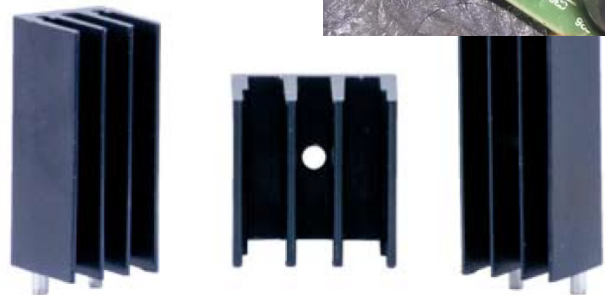
EX Series Heatsinks

For TO-220 and TO-247 devices and bridge rectifiers



FEATURES

- Vertical through-hole PCB mounting
- E3A-T220-25E has a 8-32 threaded mounting hole for a bridge rectifier in a D34 type square package
- The thickened side fins can be used to secure the heat sink to a side wall or to mount TO-220's
- Threaded mounting holes



SERIES SPECIFICATIONS

Heatsink Part Number	For Package Type	Ohmite Resistor Series	Surface Area (in ² / mm ²)	Weight (oz. / g)	Thermal Resistance* (°C/W)
E2A-T220-38E	TO-220	TBH, TCH	7.96 / 5129	0.40 / 11.21	14.0
E2A-T220-25E	TO-220	TBH, TCH	5.30 / 2419	0.26 / 7.5	16.4
E2A-T247-38E	TO-247	TEH100	7.95 / 5129	0.40 / 11.21	14.0
E3A-T220-25E	D34		9.4 / 6064	0.60 / 17.0	12.4

*Natural convection at 5W dissipation

On trouve :

- Les conditions de montage : vertical fixé dans des trous sur un circuit imprimé.
- Les différentes résistances thermiques en fonction du type de boîtier et du dissipateur choisi.



6.2.2. Exemple d'une dissipation dans le cuivre du circuit imprimé

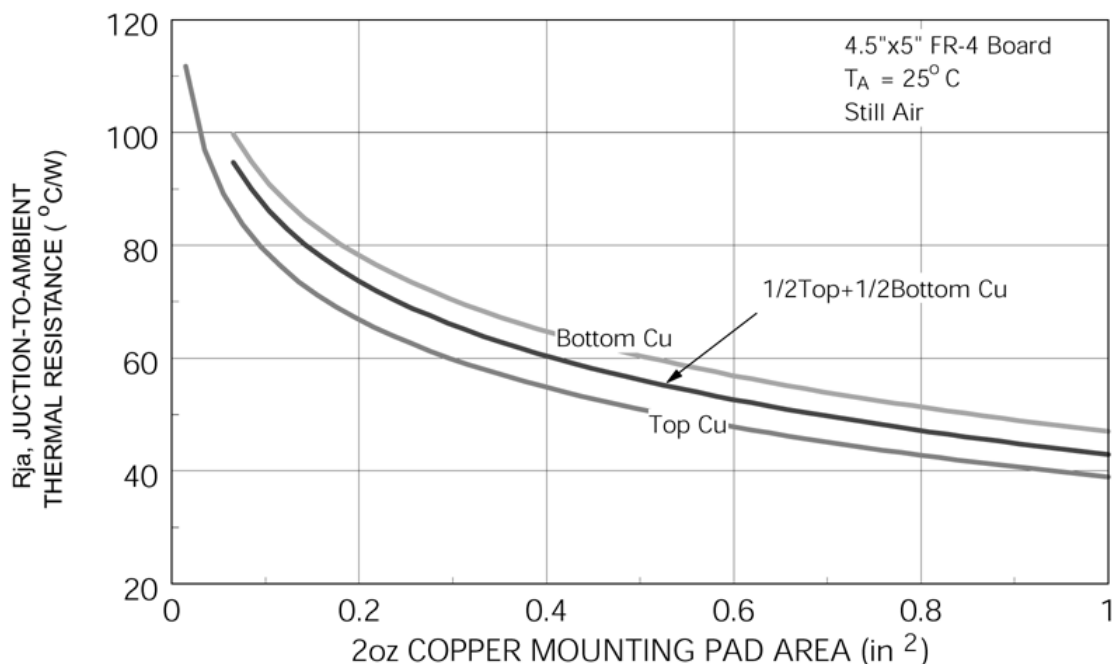
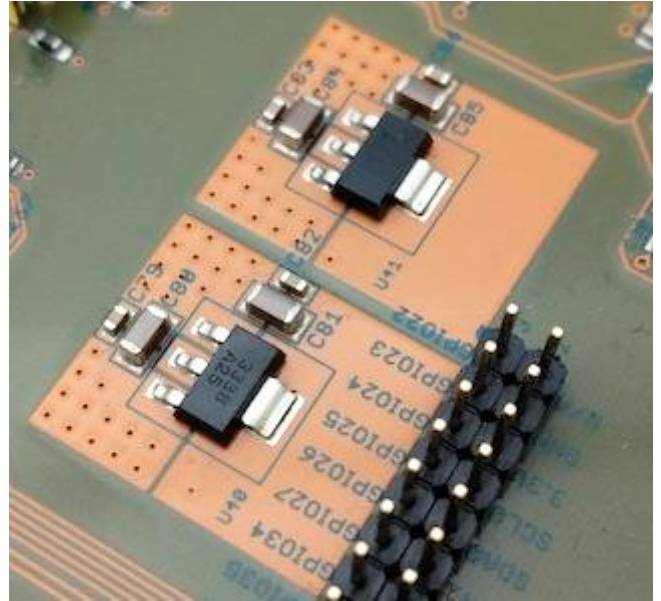
C'est une solution très courante pour les CMS. Elle consiste à utiliser la couche de cuivre sur laquelle est soudé le composant pour dissiper la chaleur. Les boîtiers sont souvent équipés de broches spéciales (tab ou pad) destinées à transmettre la chaleur vers la surface de cuivre à laquelle ils sont soudés.

On peut aussi utiliser des traversées (vias thermiques) pour transmettre la chaleur à l'autre face de la carte et améliorer la dissipation thermique.

Un étude thermique rigoureuse est difficile à réaliser mais on dispose de données expérimentales et de courbes permettant d'obtenir rapidement une valeur approchée sous certaines conditions.

Par exemple

Cet abaque représente l'évolution de la résistance thermique en fonction de la surface de cuivre utilisée avec un circuit en boîtier SOT-223 sur un circuit imprimé double face.



La surface de cuivre est exprimés en inches² ($1\text{in}^2 = 646\text{mm}^2$).

La résistance thermique est étudiée lorsque la surface de cuivre est située sur la carte, sous la carte et dans le cas où elle est répartie également dessus et dessous.

Pour donner un ordre de grandeur, on obtiendrait une résistance thermique de la jonction à l'air d'environ 45°C/W pour une surface de 1in^2 (646mm^2) répartie dessus et dessous.