

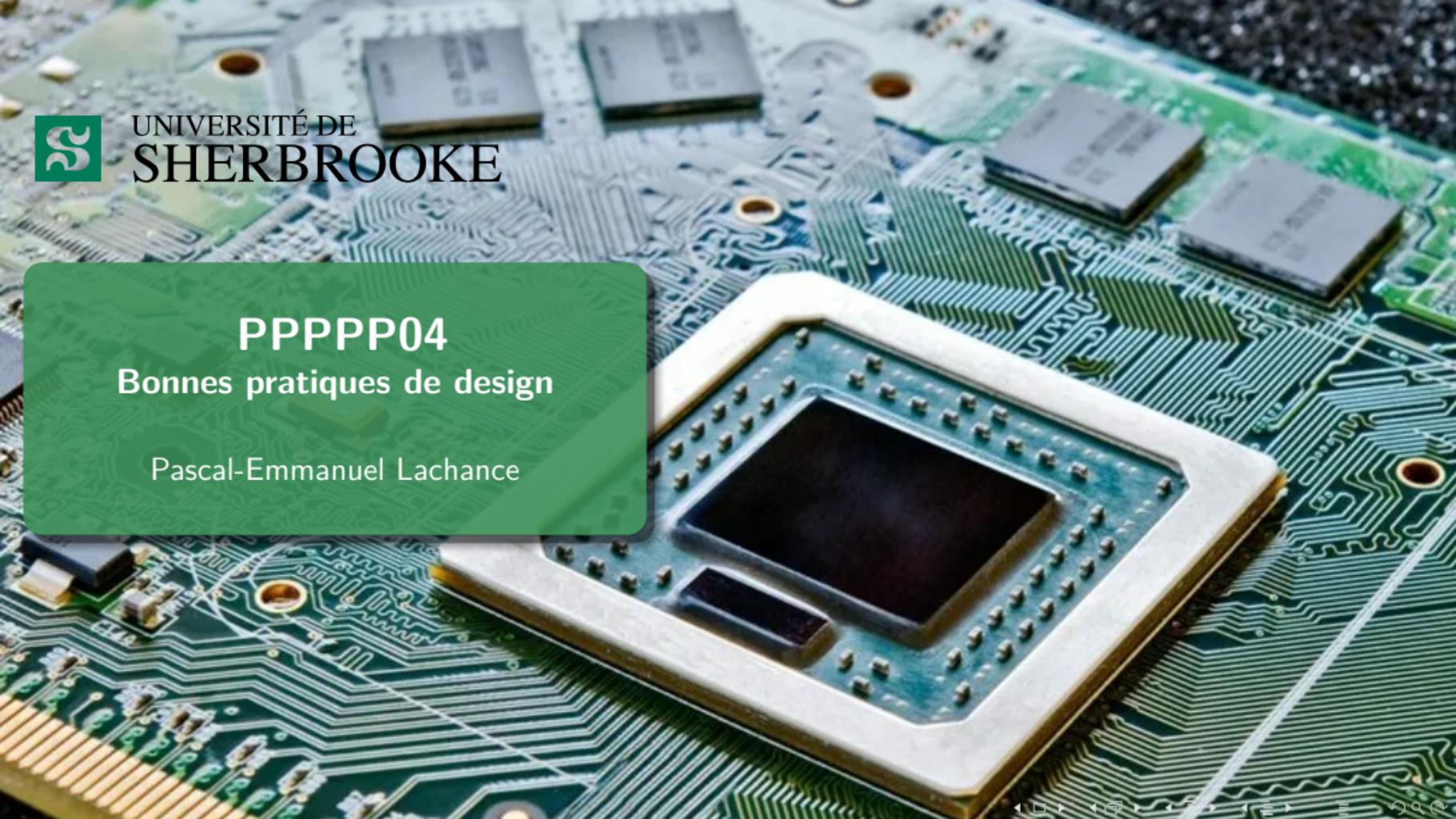


UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

PPPPP04

Bonnes pratiques de design

Pascal-Emmanuel Lachance



PPPPP04

Bonnes pratiques de design

Par: Pascal-Emmanuel Lachance

-  Comment choisir ses composantes et optimiser son BOM?
-  Comment bien concevoir un symbole et un footprint?
-  Bonnes pratiques de schématisation
-  Bonnes pratiques de layout
-  Comment faire un design review?
-  Communication avec fabricants, assembleurs et programmeurs

Bonnes pratiques générales

- Bonnes pratiques générales
 - Définition des besoins
 - Debugging
 - Simulation
- Bonnes pratiques des composantes & BOM

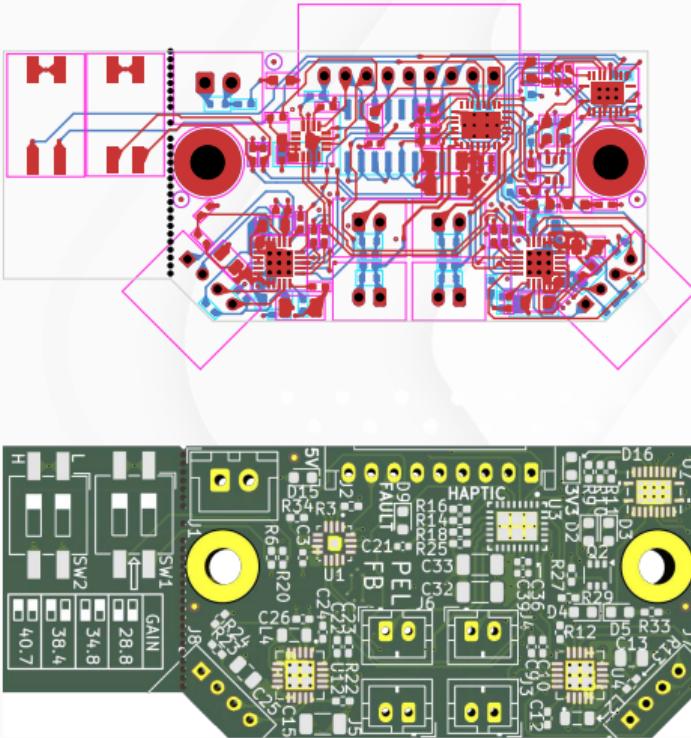
Bonnes pratiques générales

- Bonnes pratiques générales
 - Définition des besoins
 - Debugging
 - Simulation
- Bonnes pratiques des composantes & BOM

Mise en contexte — Haptic Board



- Dernier board que j'ai design
 - A24, pour PMC
- Placé au dos de la main au-dessus d'un autre board
- Contrôle des éléments d'haptique
- Dernière partie d'une intégration de 10 PCBs sur le bras



Définition des besoins

- Dresser une liste des fonctionnalités
 - Activation de 4 solénoïdes
 - Activation de 4 piézo
 - Petit
 - Ne chauffe pas
 - Alimenté 5 V et/ou 3.3 V
 - Contrôlé par I^2C & I^2S
 - Contraintes de bruit électronique

Définition des besoins

- Dresser une liste des fonctionnalités
- Dresser des requis techniques quantifiables
- Activation de 4 solénoïdes
 - 5 V @ 500 mA chaque
- Activation de 4 piézo
 - 60 V @ 200 Hz AC
- Petit
 - 25.5 mm × 45 mm
- Ne chauffe pas
 - $\Delta T_{max} = 40^\circ\text{C}$
- Alimenté 5 V et/ou 3.3 V
- Contrôlé par I^2C & I^2S
- Contraintes de bruit électronique

Définition des besoins

- Dresser une liste des fonctionnalités
- Dresser des requis techniques quantifiables

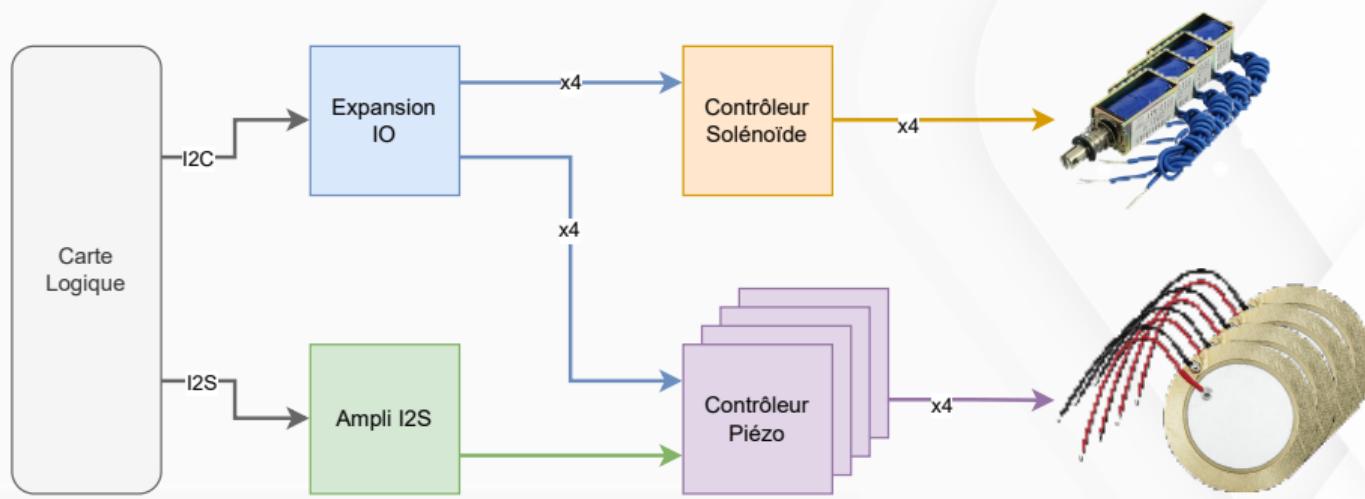
- Combien en as-tu besoin?
- A quel point ils doivent être fiables
- Comment tu vas les tester?
 - Dresser un plan de test!
- Envisager la complexité dès le début

- Activation de 4 solénoïdes
 - 5 V @ 500 mA chaque
- Activation de 4 piézo
 - 60 V @ 200 Hz AC
- Petit
 - 25.5 mm × 45 mm
- Ne chauffe pas
 - $\Delta T_{max} = 40^\circ\text{C}$
- Alimenté 5 V et/ou 3.3 V
- Contrôlé par $I^2\text{C}$ & $I^2\text{S}$
- Contraintes de bruit électronique

Schéma-Blocs

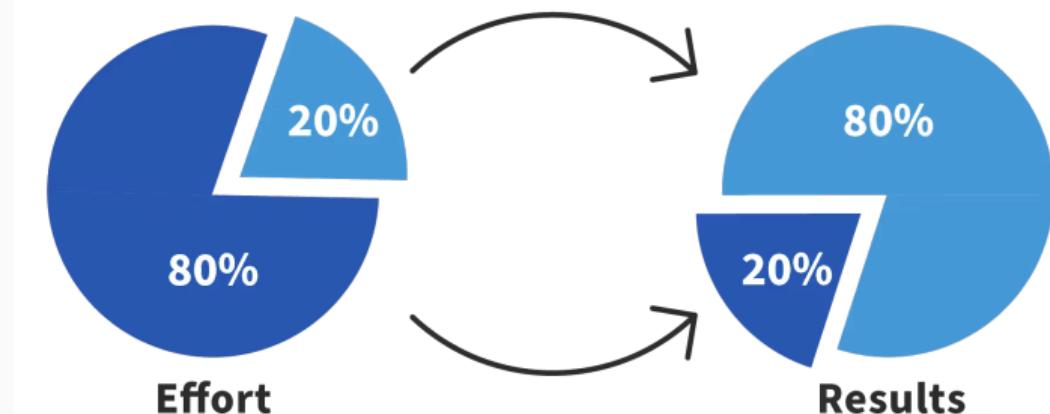
- Faire un schéma-bloc des différentes portions du projet
- À inclure dans le schéma final

- Général
- Power Delivery Network
- MCU/CPU/FPGA
- Communications
- Séquences



- Principe simple:
 - 80% de tes résultats viennent de 20% des efforts
 - Pour obtenir le dernier 20% des résultats, il faut mettre 80% des efforts

Pareto Principle

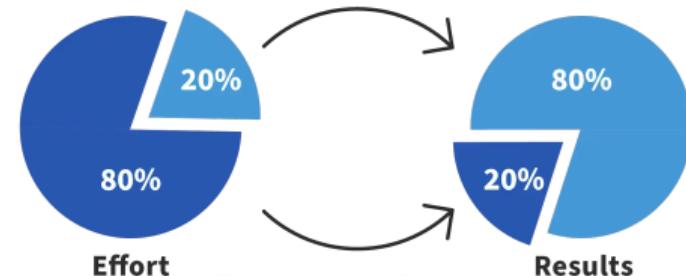


Source: [1]

- Principe simple:
 - 80% de tes résultats viennent de 20% des efforts
 - Pour obtenir le dernier 20% des résultats, il faut mettre 80% des efforts

- 80% des coûts vient de 20% des pièces
- 80% de la complexité vient de 20% du design
- 80% du power consommé par 20% des pièces
- 80% du temps de debug sur 20% des problèmes

Pareto Principle



Source: [1]

Bonnes pratiques générales

- Bonnes pratiques générales
 - Définition des besoins
 - Debugging
 - Simulation
- Bonnes pratiques des composantes & BOM

Outils de debugging

Multimètre

- Mesures DC
- Mesures de l'alimentation
- Vérifier des shorts



Oscilloscope

- Temporel
- Meilleur outil
- Bruit
- Communication



Analyseur Logique

- Protocole
- Décodage protocole
- Validation communication



Caméra Thermique

- Température
- Trouver pièce brisée
- Valider requis thermiques



Current Clamp

- Courant
- Mesures de l'alimentation
- Non-intrusif



Power Analyzer — SMU

- Mesure power DC
- Précision
- Logging
- Source



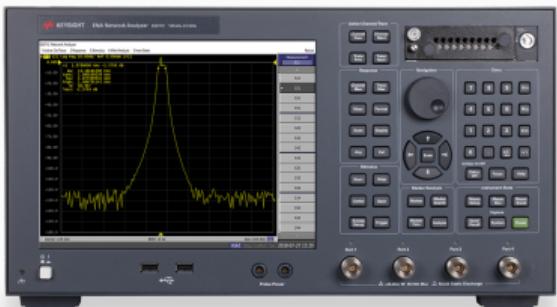
LCR Meter

- Réactance
- Mesure de composants passifs
- Impédance
- Quality Factor



Vector Network Analyzer

- Caractéristiques électriques
- Mesure signal et retour
- Mesure Impédance
- S-Parameter



Spectrum Analyzer

- Oscilloscope sur stéroïdes
- Fourier
- Mesure signal
- Mesure du bruit



Near-Field Probe

- EMI
- Mesure bruit électromagnétique
- Fréquence précise
- EMC



- Avoir plusieurs méthodes de debug
- Design pour pouvoir être debug
- Être conscient des outils de debugging à ta disposition
- Prévoir comment débugger et tester toutes les fonctionnalités

- Rajouter plus de testpoint que nécessaire

Où vont les testpoints?

- GND GND GND
- Power
- Lignes de communication
- Toute la chaîne analogique
- Clocks et signaux de contrôle
- Et plus!

Bonnes pratiques générales

- Bonnes pratiques générales
 - Définition des besoins
 - Debugging
 - Simulation
- Bonnes pratiques des composantes & BOM

Bonnes pratiques des composantes & BOM

- Bonnes pratiques générales
- Bonnes pratiques des composantes & BOM
 - Footprints
 - Symboles
 - Datasheets
 - Recherche de pièces
 - BOM

Bonnes pratiques des composantes & BOM

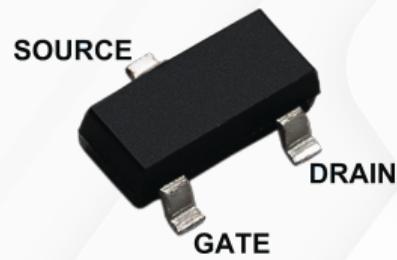
- Bonnes pratiques générales
- Bonnes pratiques des composantes & BOM
 - Footprints
 - Symboles
 - Datasheets
 - Recherche de pièces
 - BOM

- Élément très important de la conception de pièces
- Affecte le layout et l'assemblage
- Le footprint devrait être clair
- Le footprint devrait être représentatif
- Le footprint devrait avoir des bonnes informations mécaniques
- Le footprint devrait respecter tes capacités d'assemblage
- Le footprint devrait avoir un modèle 3D
- Faire le footprint soi-même
 - Suivre un standard
 - Modifier la pièce plus tard au besoin
 - Avoir des marqueurs de pin 1 consistants
 - Avoir les bonnes couches mécaniques
 - Avoir des bons modèles 3D
 - Valider que le footprint est bon

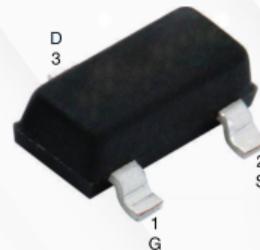
Attention aux footprints!



- Toujours valider tous les footprints
- Faire attention aux sources de footprints
- Faire attention particulière aux transistors!

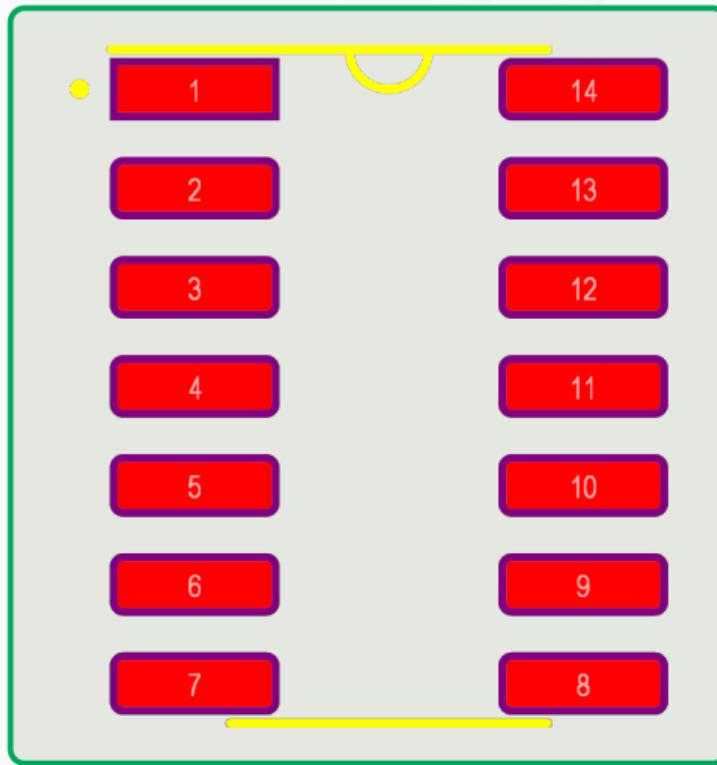


Microchip LND150

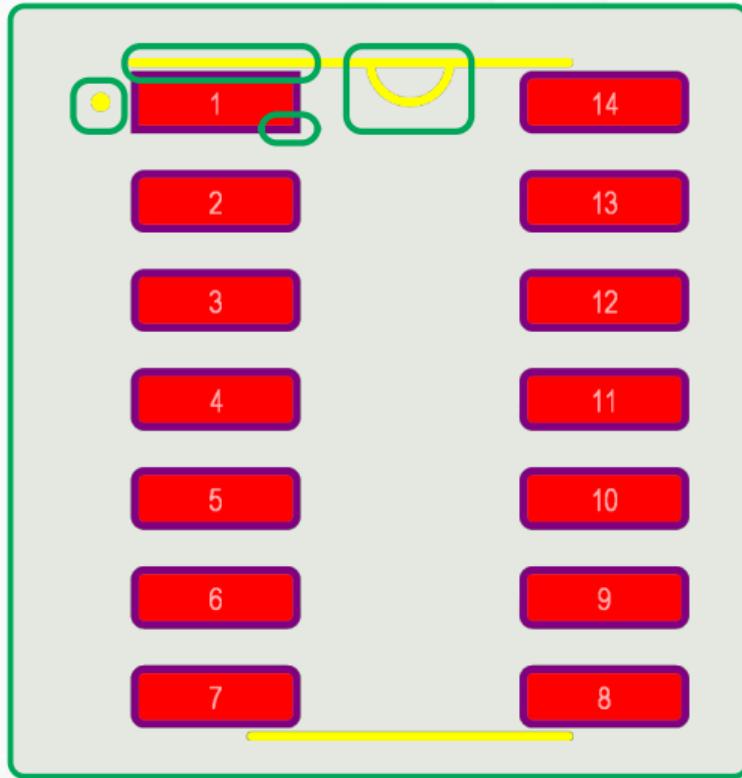


Vishay SQ2318

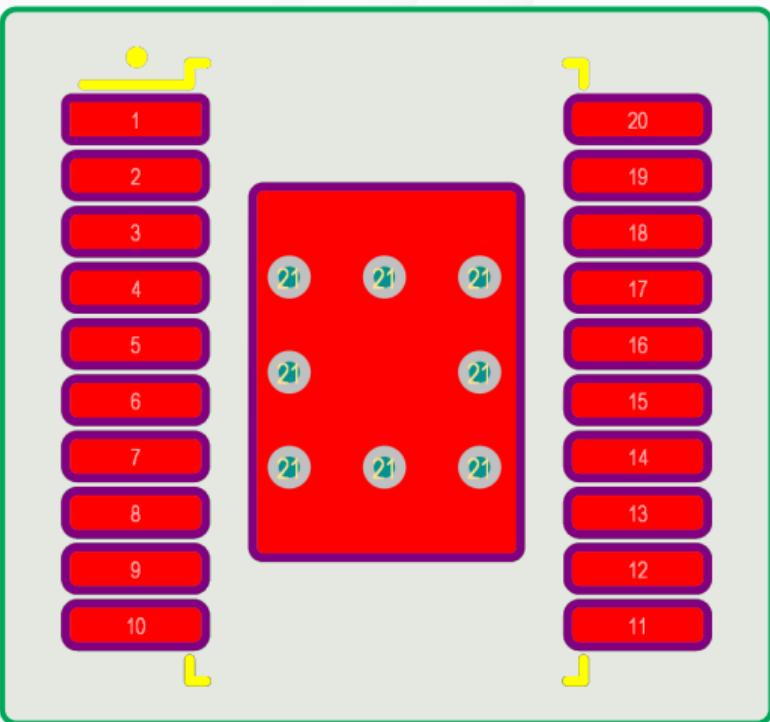
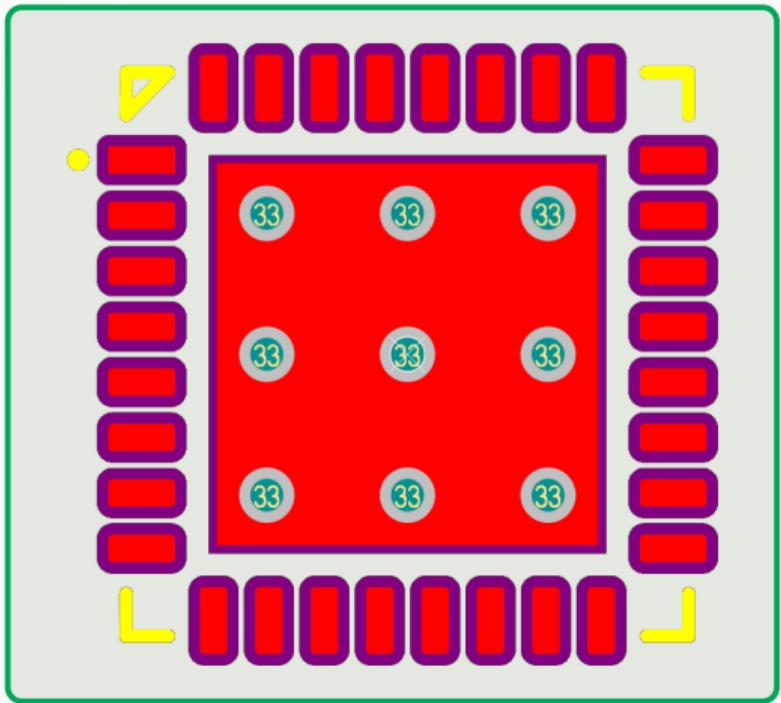
- Doit être visible clairement pendant l'assemblage
 - Couche d'assemblage avec les marqueurs
- Doit être visible après l'assemblage!
- Plusieurs marqueurs possibles



- Doit être visible clairement pendant l'assemblage
 - Couche d'assemblage avec les marqueurs
- Doit être visible après l'assemblage!
- Plusieurs marqueurs possibles



Marqueurs de pin 1



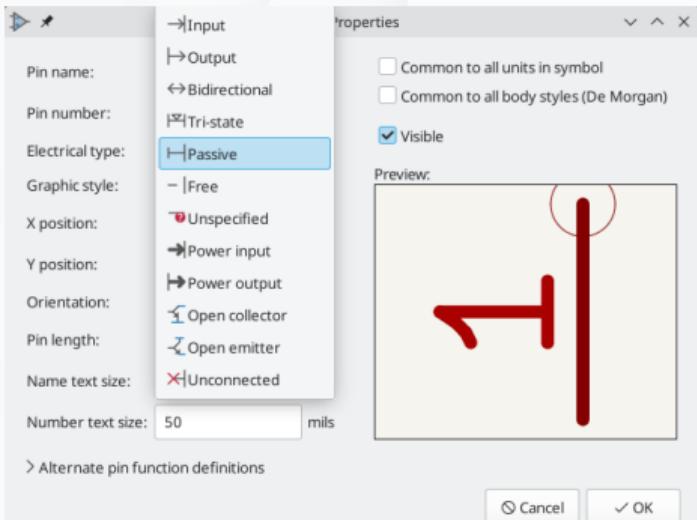
Bonnes pratiques des composantes & BOM

- Bonnes pratiques générales
- Bonnes pratiques des composantes & BOM
 - Footprints
 - Symboles
 - Datasheets
 - Recherche de pièces
 - BOM

Fabrication du symbole



- Un des éléments de clareté les plus importants
- Affecte aussi le BOM
- La pièce devrait être représentative
- La pièce devrait être facile à lire
- La pièce devrait contenir toutes les informations pour le BOM
- Faire la pièce soi-même
 - Suivre un standard
 - Modifier plus tard pour fitter le schéma
 - Customize le BOM
 - Validation de la pièce
 - Mettre les types électriques



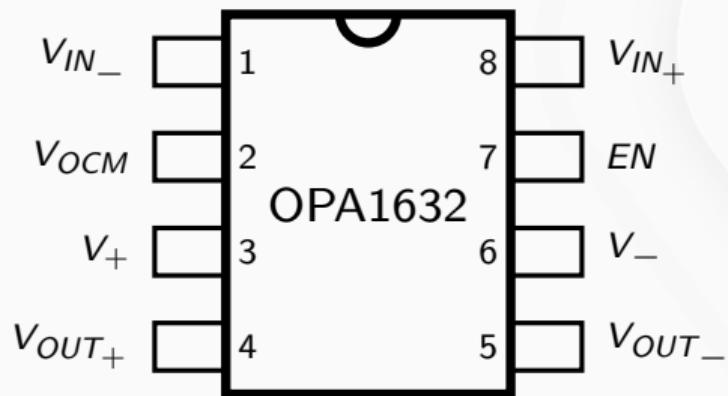
Source: [2]

Pinout du symbole

- Garder les inputs à gauche et outputs à droite
- Ne pas numéroter le symbole comme le footprint
- Utiliser des symboles représentatifs lorsque possible
- Tu ne devrais pas avoir à aller dans la datasheet pour comprendre la pièce

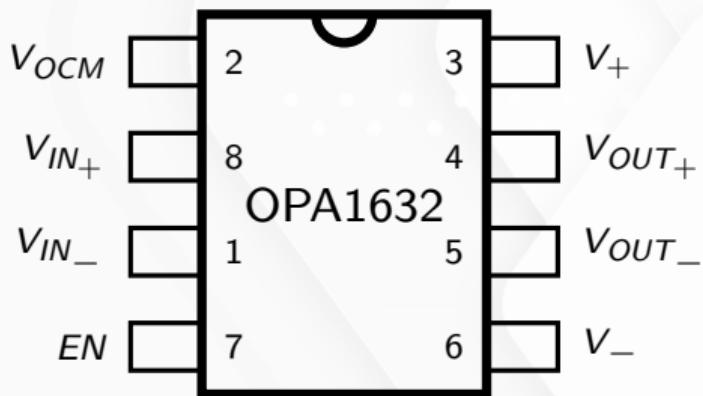
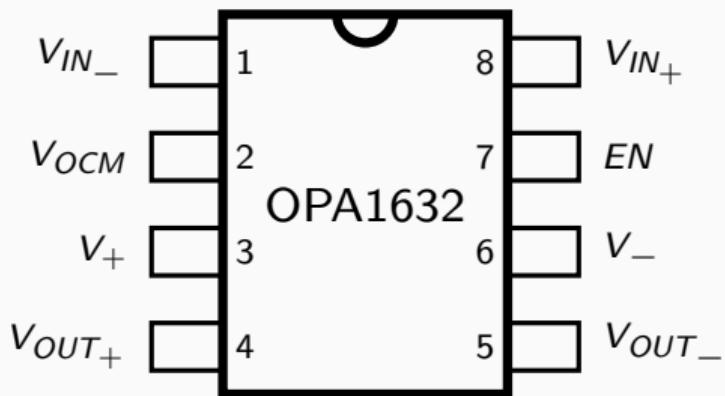
Pinout du symbole

- Garder les inputs à gauche et outputs à droite
- Ne pas numéroter le symbole comme le footprint
- Utiliser des symboles représentatifs lorsque possible
- Tu ne devrais pas avoir à aller dans la datasheet pour comprendre la pièce



Pinout du symbole

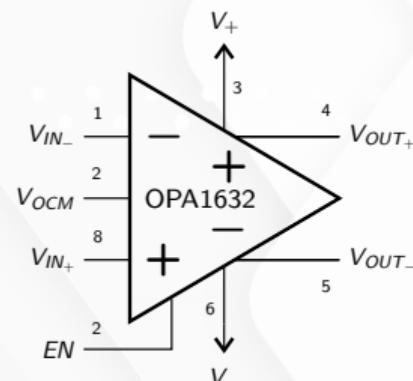
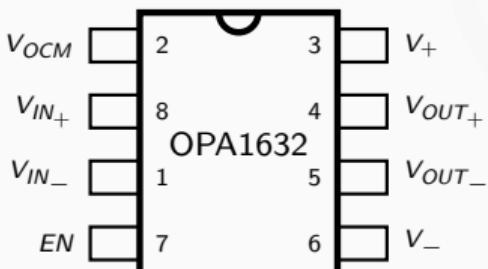
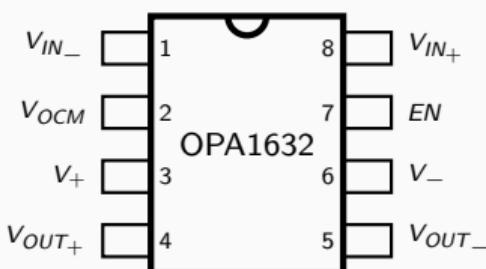
- Garder les inputs à gauche et outputs à droite
- Ne pas numéroter le symbole comme le footprint
- Utiliser des symboles représentatifs lorsque possible
- Tu ne devrais pas avoir à aller dans la datasheet pour comprendre la pièce



Pinout du symbole

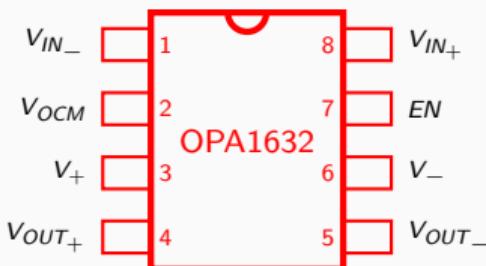


- Garder les inputs à gauche et outputs à droite
- Ne pas numéroter le symbole comme le footprint
- Utiliser des symboles représentatifs lorsque possible
- Tu ne devrais pas avoir à aller dans la datasheet pour comprendre la pièce

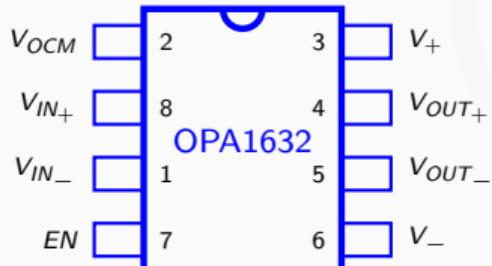


Pinout du symbole

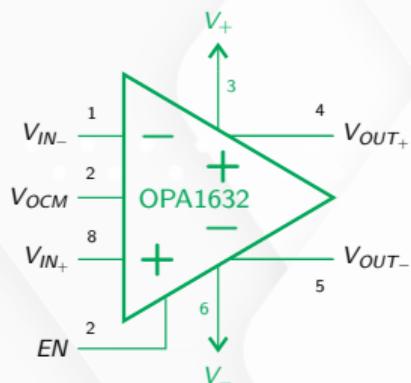
- Garder les inputs à gauche et outputs à droite
- Ne pas numéroter le symbole comme le footprint
- Utiliser des symboles représentatifs lorsque possible
- Tu ne devrais pas avoir à aller dans la datasheet pour comprendre la pièce



BAD

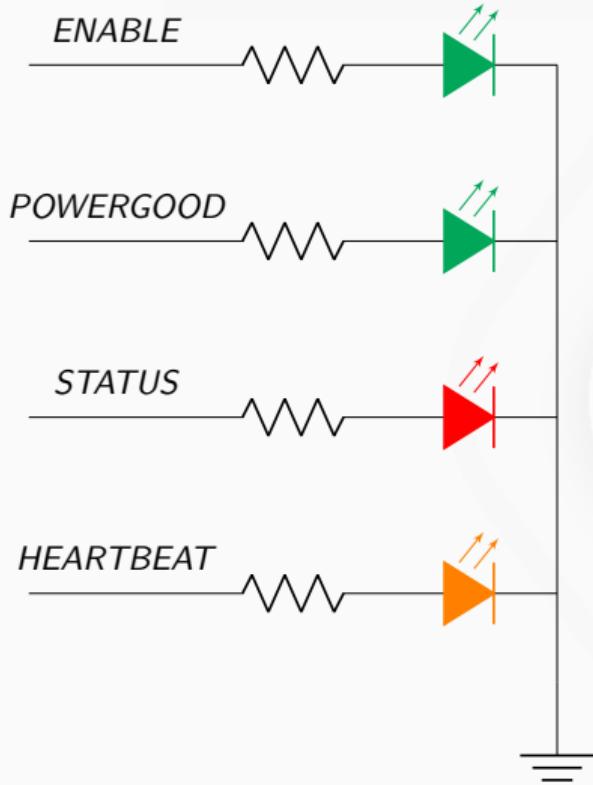


GOOD

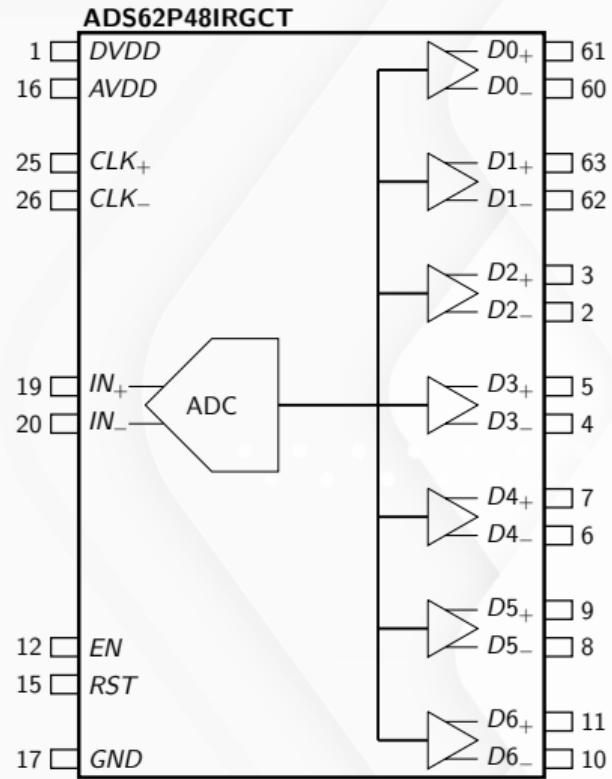
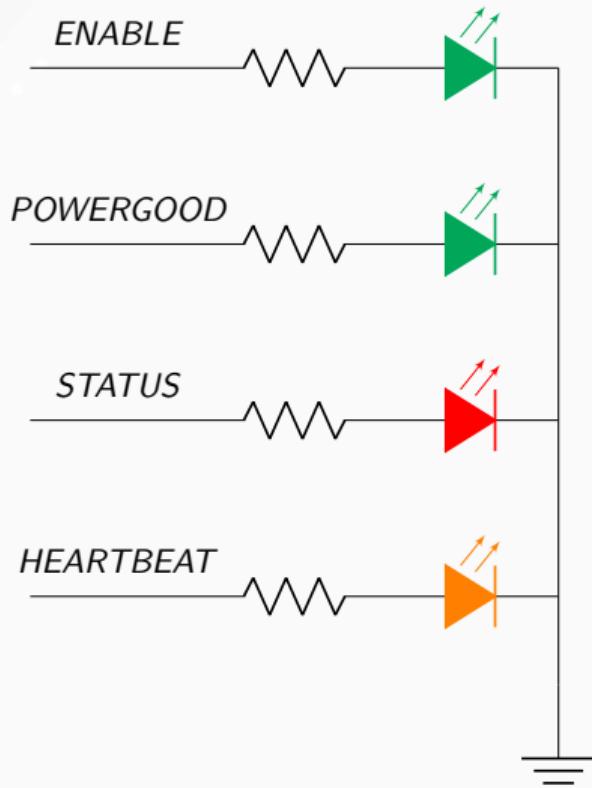


BEST

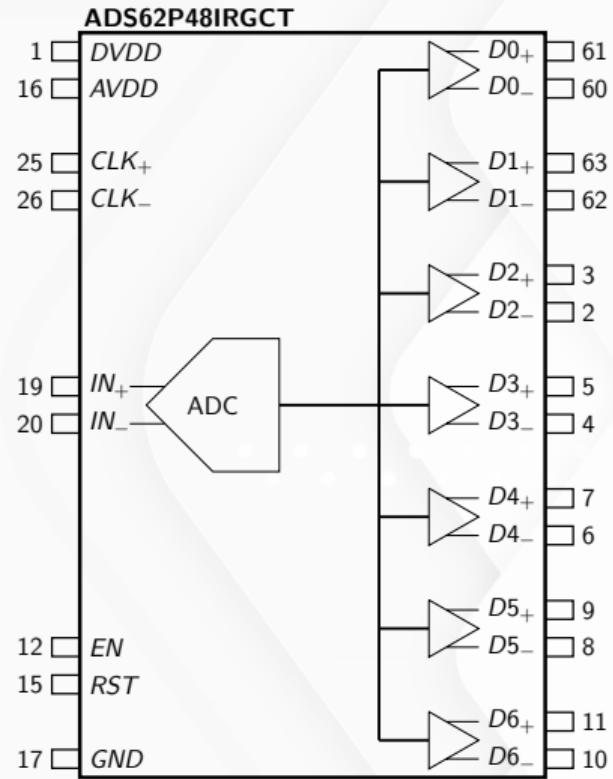
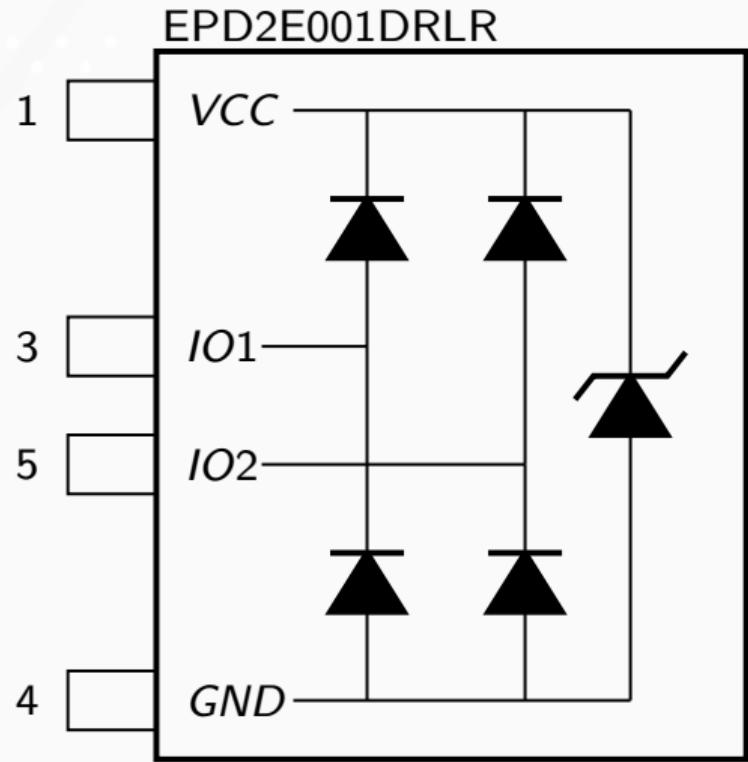
Symboles représentatifs



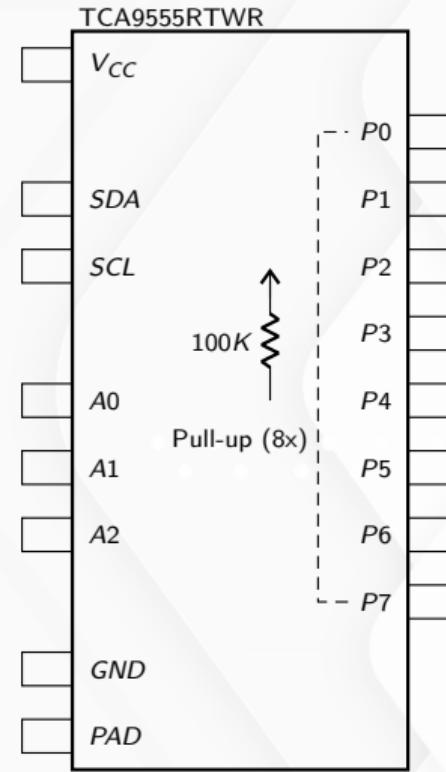
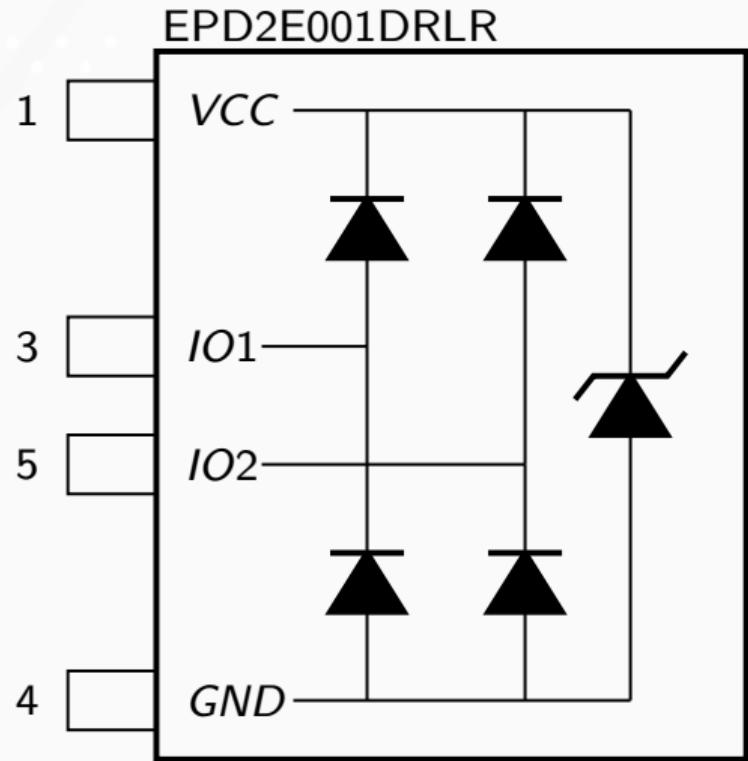
Symboles représentatifs



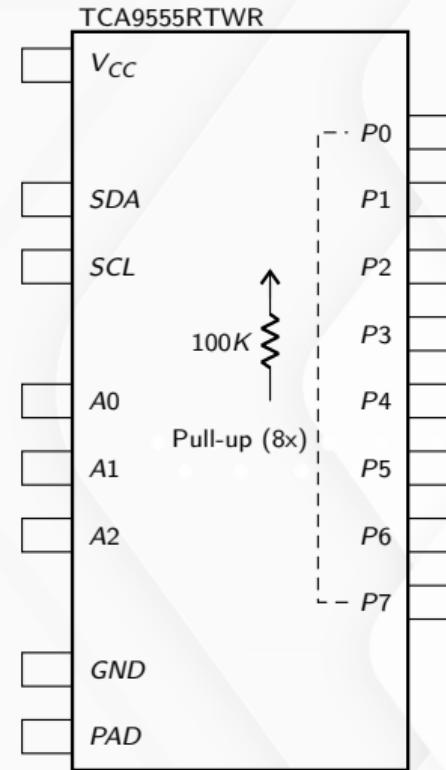
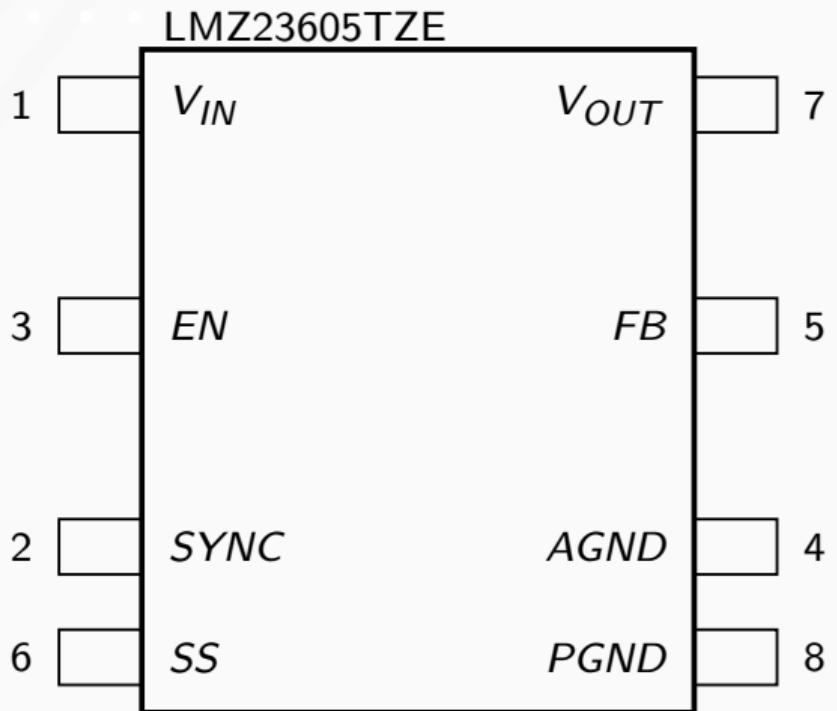
Symboles représentatifs



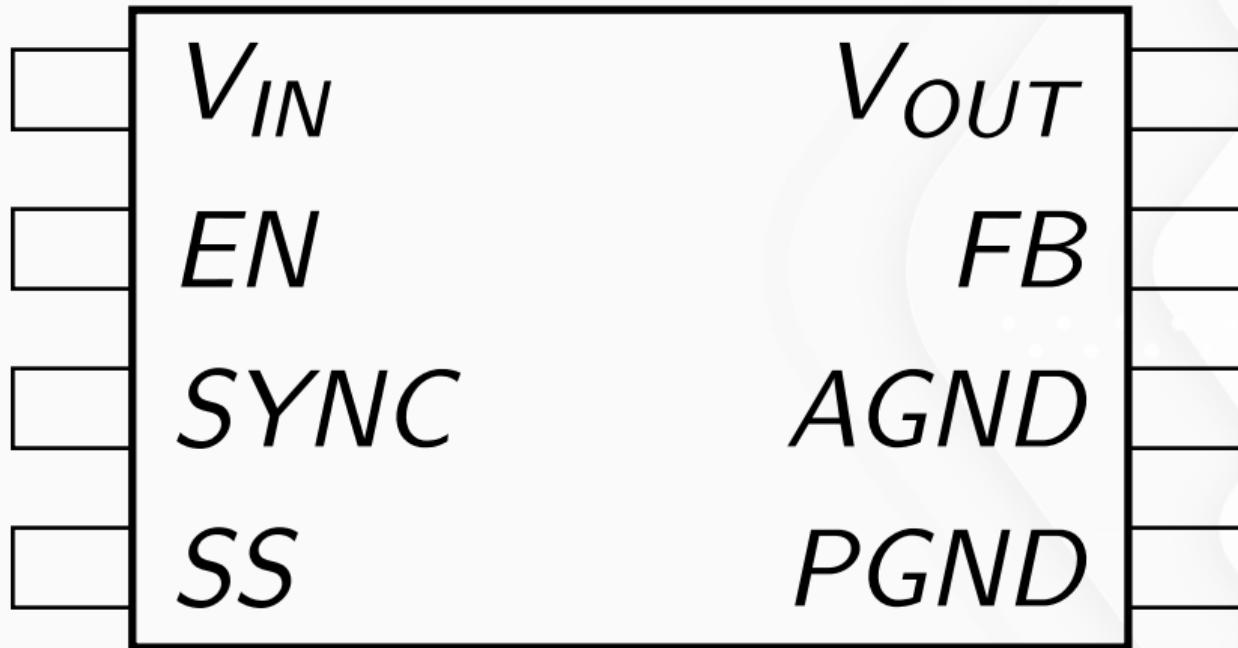
Symboles représentatifs

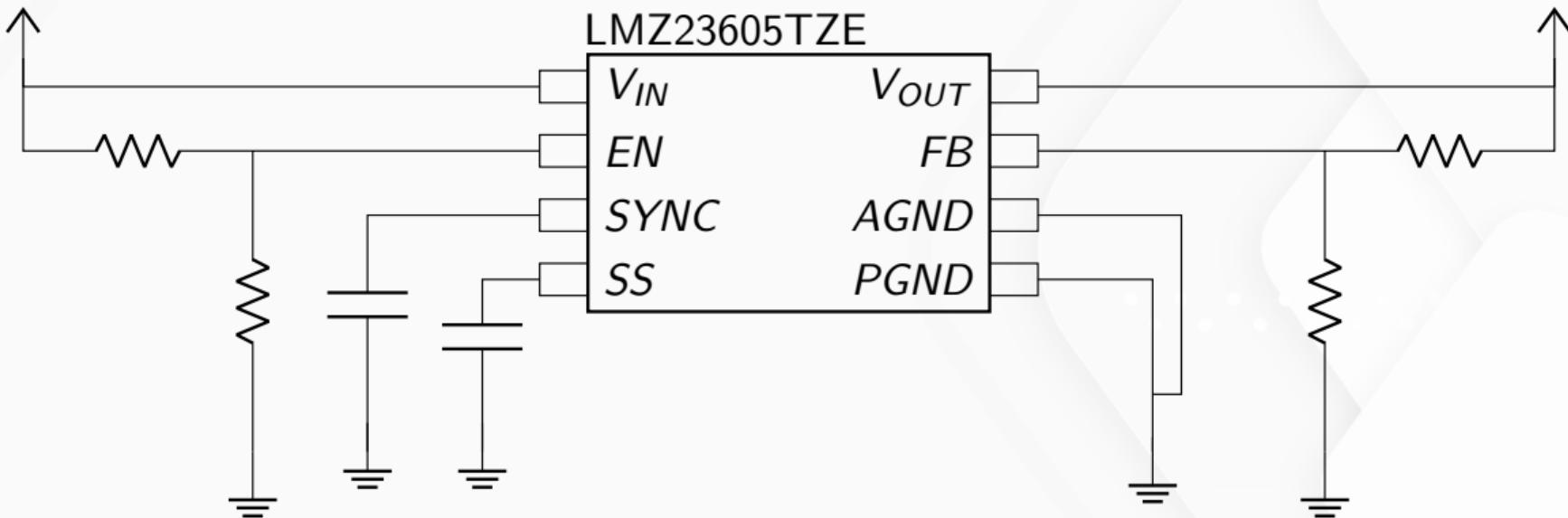


Symboles représentatifs

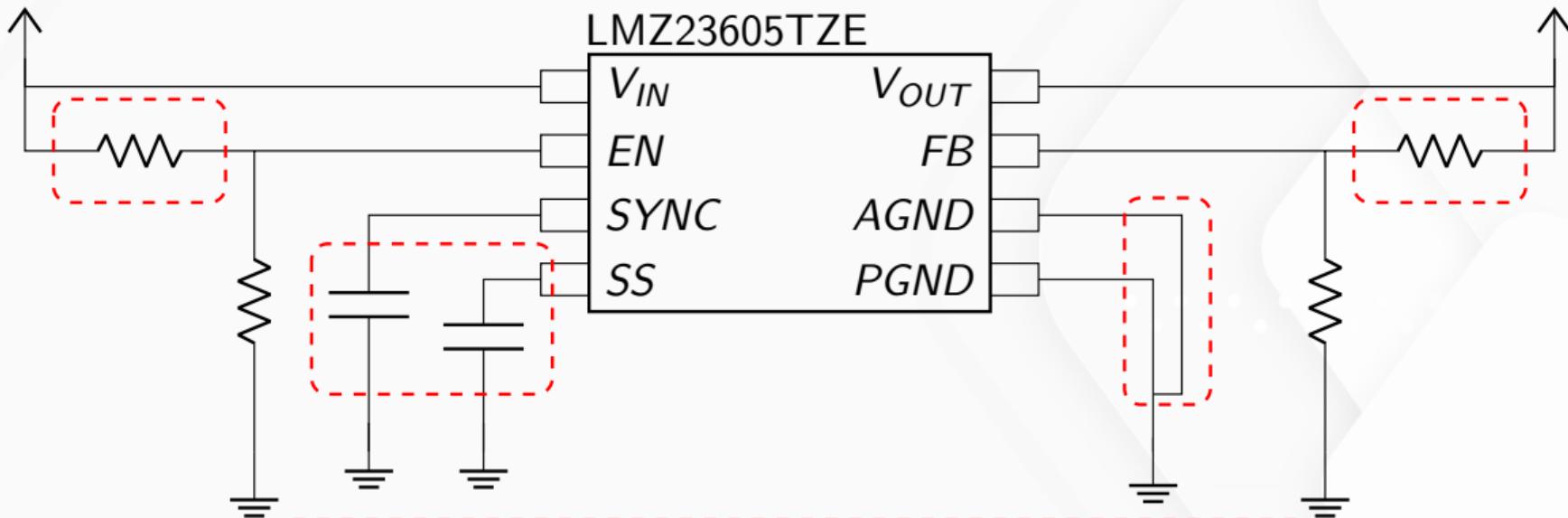


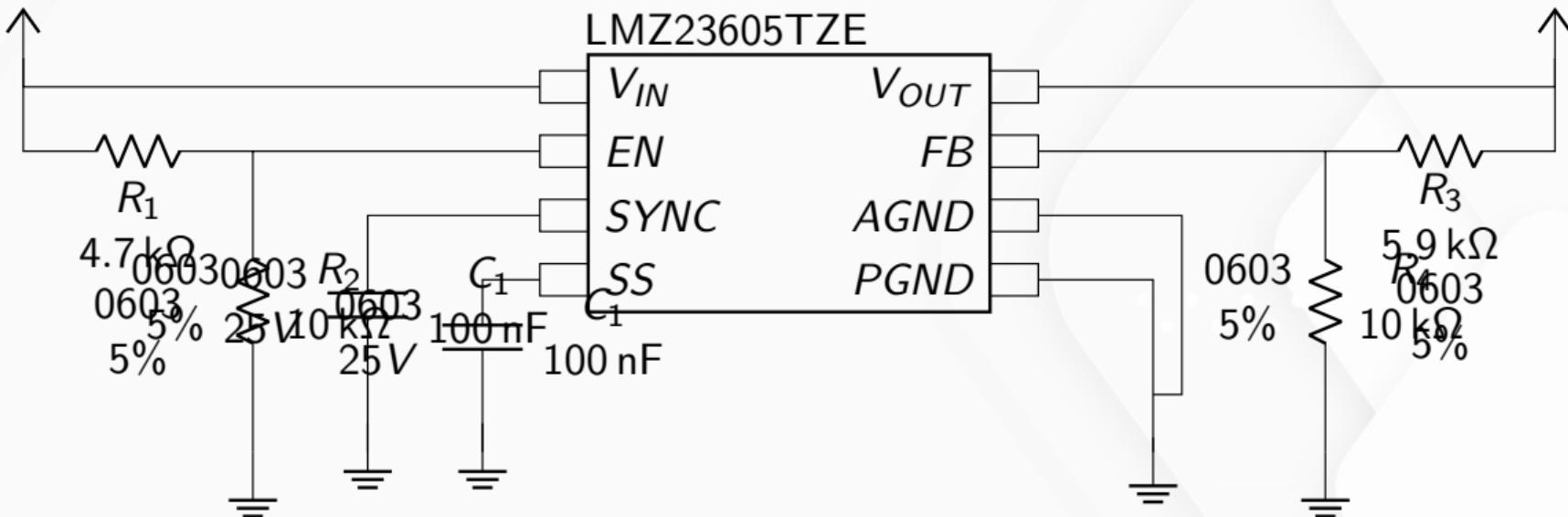
LMZ23605TZE

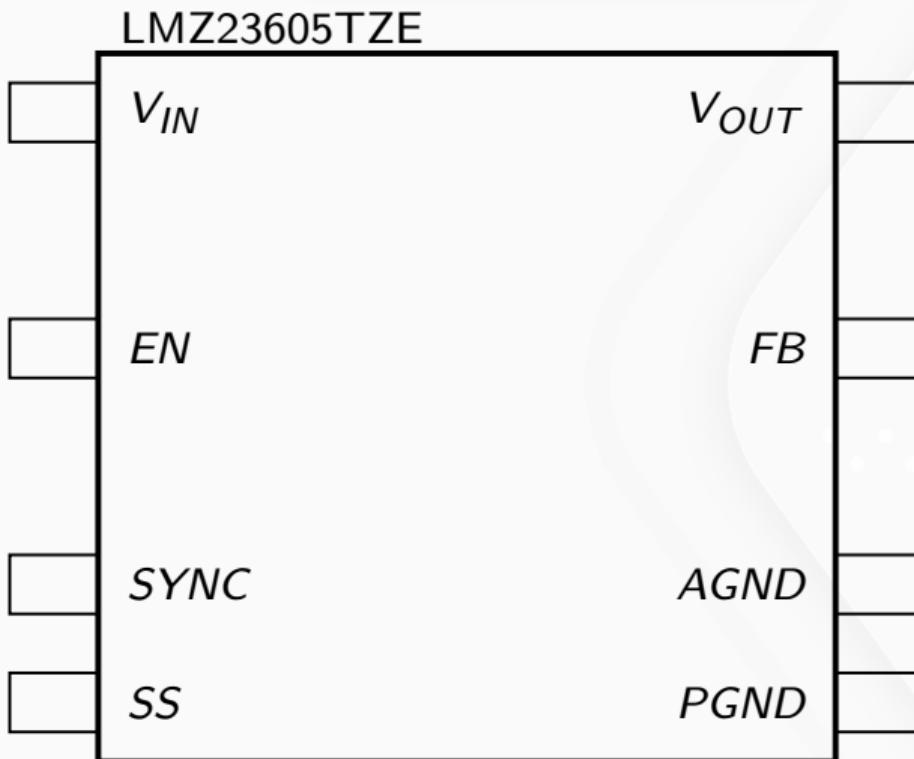




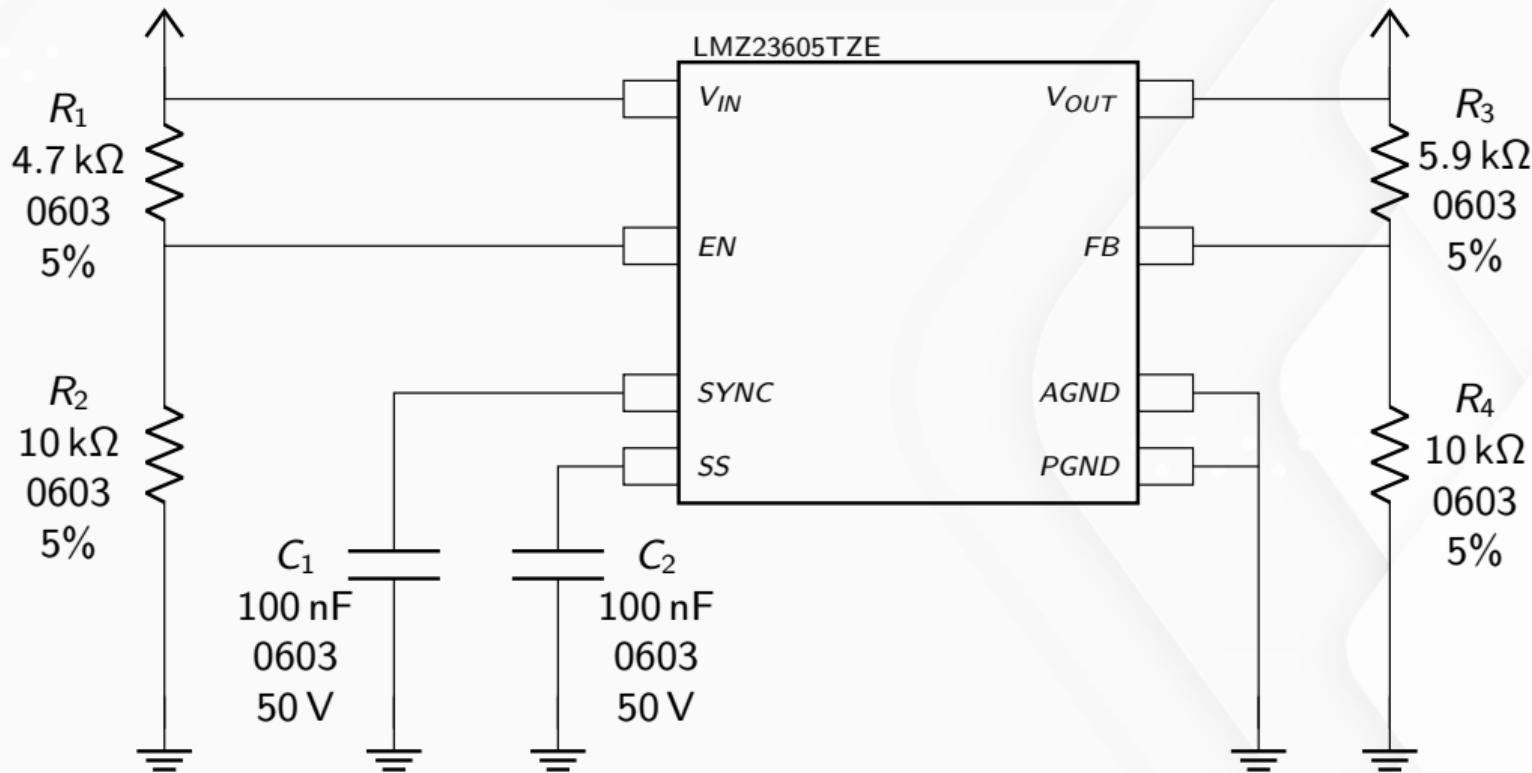
Laisser l'espace pour les composantes passives



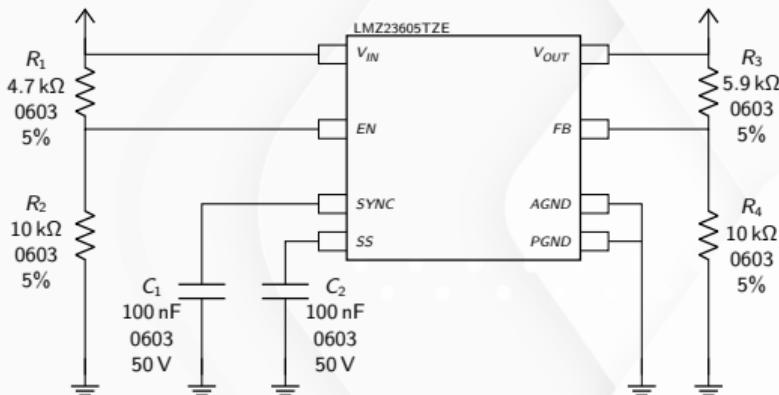
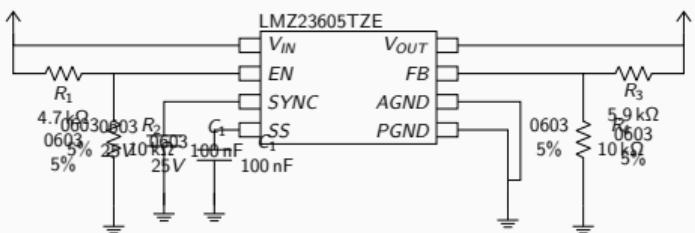




Laisser l'espace pour les composantes passives



Laisser l'espace pour les composantes passives



Informations du BOM

- Toujours mettre la datasheet dans la pièce
- Manufacturier et part number complet (ce qui va être commandé au final)
- Plages d'opérations (température, tension, courant)
- Fournisseurs (avec liens pour les achats)
- Qui a fait le symbole, qui l'a révisé et quand (suivi)

General		Pin Functions							
Fields	Name	Value	Show	Show	Name	H Align	V Align	Italic	Bold
Reference	U5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Center	Center	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Value	MCP3562RT-E/NC		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Center	Center	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Footprint	mcp3562:TSSOP20_ST_MCH-L		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Center	Center	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Datasheet	https://ww1.microchip.com/downloads/aemDocuments/documents/APID/ProductDocuments/		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Center	Center	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Description	24 Bit Analog to Digital Converter 2, 4 Input 2 Sigma-Delta 20-UQFN (3x3)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Center	Center	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sampling Rate	153.6 kHz		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Center	Center	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Analog Supply Voltage	2.7 V - 3.6 V		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Center	Center	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Digital Supply Voltage	1.8 V - 3.7 V		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Center	Center	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Operating Temperature	-40 C - 125 C		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Center	Center	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

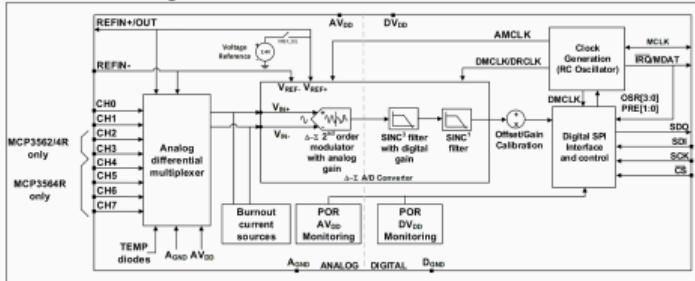
Bonnes pratiques des composantes & BOM

- Bonnes pratiques générales
- Bonnes pratiques des composantes & BOM
 - Footprints
 - Symboles
 - **Datasheets**
 - Recherche de pièces
 - BOM

- Toujours lire la datasheet au complet!

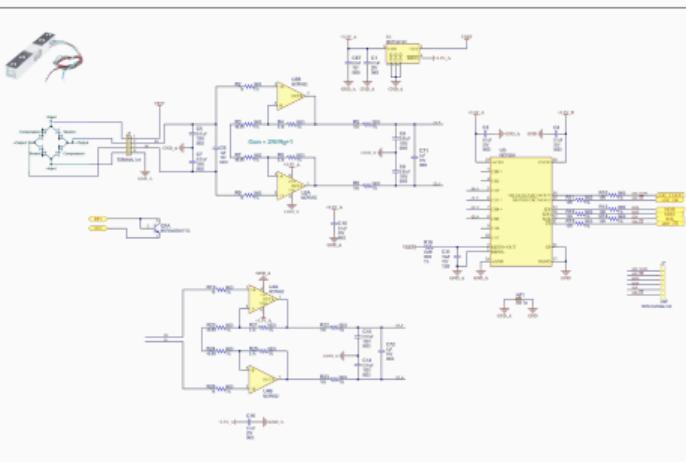
- **Absolute Maximum Ratings**
- Toutes les *electrical Characteristics*
- Spécifications et équations
- Description des pins
- Graphiques (surtout les courbes de power)
- Overview des fonctionnalités
- Modes d'opérations
- Modes de configurations
- Alimentation
- Schémas et Layout recommandés
- Registres

Functional Block Diagram



Lecture de datasheets

- Toujours lire la datasheet au complet!
- Lire les schémas d'*evaluation boards*



- Modes d'utilisation
- Schémas
- Layout
- Logiciel / Code / Firmware
- BOM et choix de pièces
- Calculs

Lecture de datasheets

- Toujours lire la datasheet au complet!
- Lire les schémas d'*evaluation boards*
- Lire les application notes
- Modes d'utilisation
- Séquences d'alimentation
- Programmation
- Layouts spécifiques
- Calculs

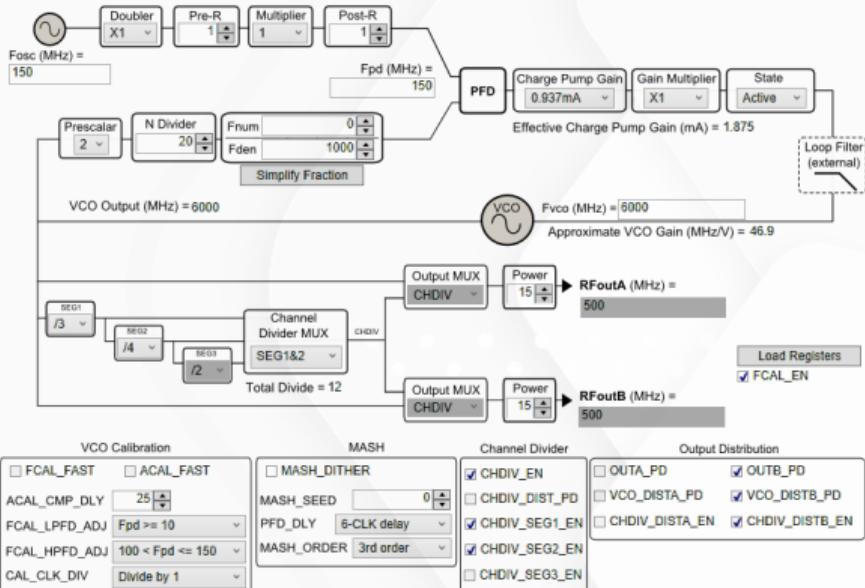
Lecture de datasheets

- Toujours lire la datasheet au complet!
- Lire les schémas d'*evaluation boards*
- Lire les application notes
 - ECP5 and ECP5-5G Family Data Sheet
 - ECP5 and ECP5-5G Hardware Checklist
 - ECP5 and ECP5-5G High-Speed I/O Interface
 - ECP5 and ECP5-5G Memory User Guide
 - ECP5 and ECP5-5G SerDes/PCS Usage Guide
 - ECP5 and ECP5-5G sysCLOCK PLL/DLL
 - ECP5 and ECP5-5G sysIO Usage Guide
 - ECP5 Automotive Family Data Sheet
 - ECP5 Errata - SED Function with Distributed RAM
 - Electrical Recommendations for Lattice SERDES
 - PCB Layout Recommendations for BGA Packages
 - Power Consumption and Management for ECP5 Devices
 - Thermal Management for Lattice Devices

Configurateurs



- Manufacturier donne parfois des configuateurs
- Valider les calculs avec la datasheet
- Ne pas utiliser uniquement le configuateur!
- Donne aussi un BOM sur lequel se fier



Configurateurs (TI WeBench)



Customize TPS566238RQFR - 11.5V-14V to 3.30V @ 5A

Input: DC 11.5 V - 14 V Output: 3.3 V at 5 A Temp: 50 °C +3 Requirements [Change](#)

[SELECT](#)[CUSTOMIZE](#)[SIMULATE](#)[EXPORT](#)

⋮

Summary

Efficiency: 93.5%
BOM Cost: \$1.71
Footprint: 136 mm²

[CHANGE OPTIMIZATION](#)

Configuration Options

Soft Start Time
1.68 ms
(1.68 - 50.4)

Minimum Inductor Current Rating

Peak Current

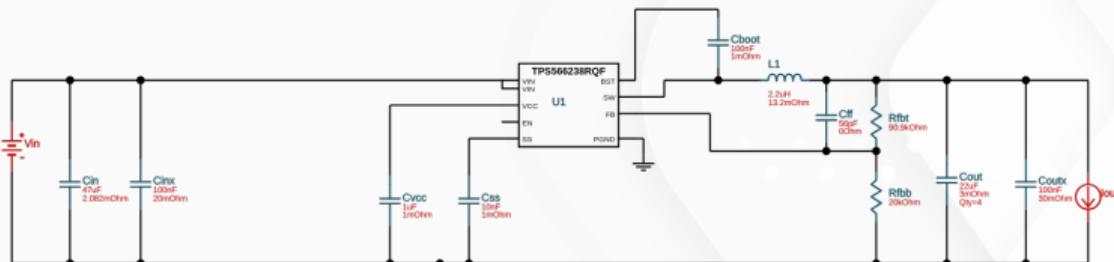
 Add Cff Capacitor(Optional) UVLO voltage

Enable Under Voltage Lock Out

3.3 V
(3.3 - 11.4)

[REDESIGN](#)[SCHEMATIC](#)[BILL OF MATERIALS](#)

Click a component to find out more information or select an alternate part.



OPERATING VALUES

CHARTS

Vin (V) V
(11.5 - 14)

Iout (A) A
(0 - 5)

[RECALCULATE](#)

Design Suggestions

Pascal-Emmanuel Lachance

PPPPP04

2025-05-21

30 / 37

- Valider toutes les courbes au point d'opération
- Valider les plages d'opérations
 - Sur toutes les IO
 - Sur les alimentations
- Valider les plages de tension
 - Besoin d'un heatsink?
 - Besoin de dissipation thermique?
 - A quel point est-ce que ça va chauffer?

TEMPERATURE SPECIFICATIONS

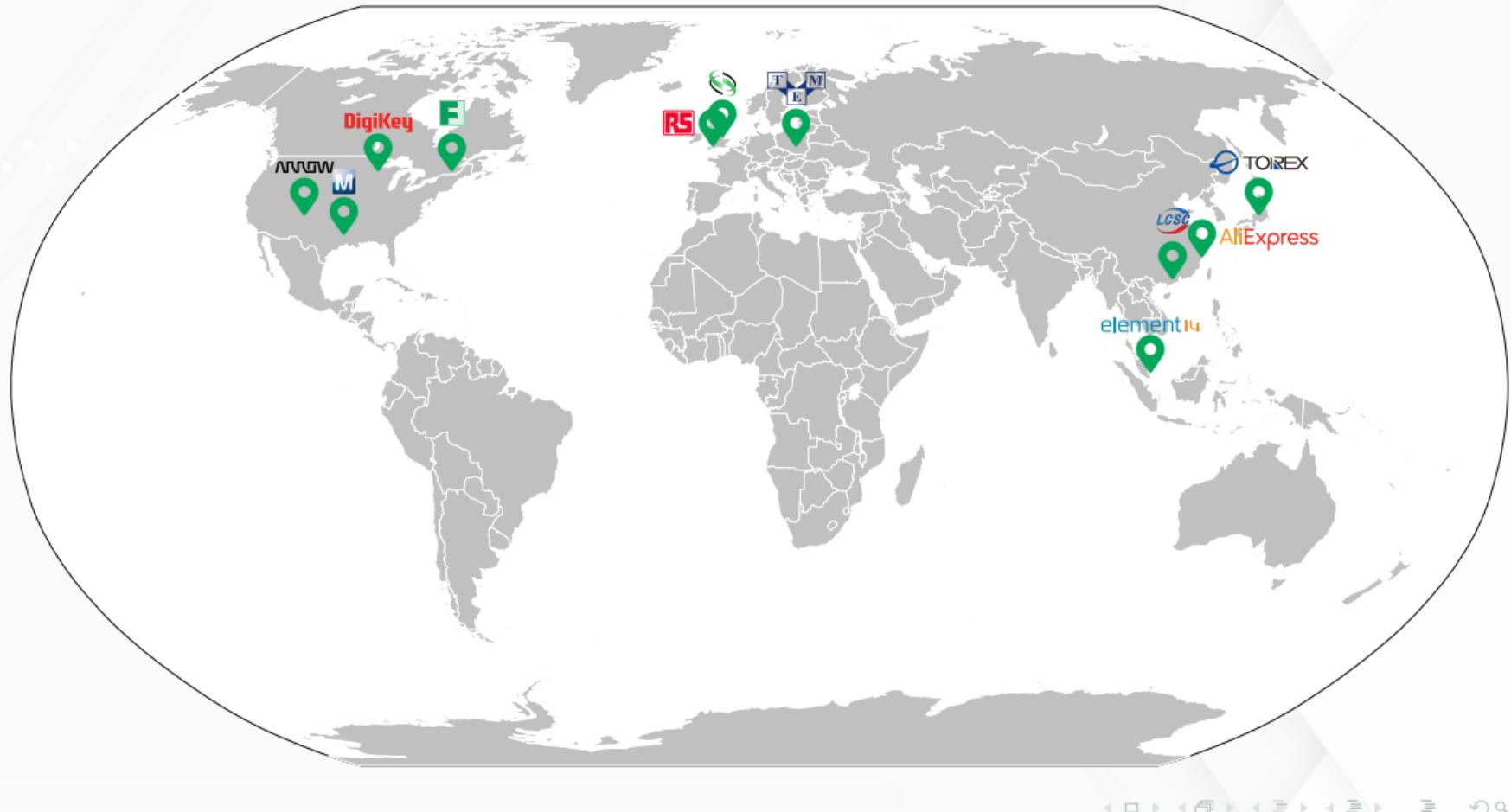
Electrical Specifications: Unless otherwise specified, all parameters apply for $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, $\text{AV}_{DD} = 2.7\text{V}$ to 3.6V , $\text{DV}_{DD} = 1.8\text{V}$ to $\text{AV}_{DD} + 0.1\text{V}$, $D_{GND} = A_{GND} = 0\text{V}$.

Parameters	Sym.	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Temperature Ranges						
Specified Temperature Range	T_A	-40	—	+125	°C	
Operating Temperature Range	T_A	-40	—	+125	°C	
Storage Temperature Range	T_A	-65	—	+150	°C	
Thermal Package Resistance						
Thermal Resistance, 20-Lead TSSOP	θ_{JA}	—	44	—	°C/W	
Thermal Resistance, 20-Lead UQFN	θ_{JA}	—	50	—	°C/W	

Note 1: The internal Junction Temperature (T_J) must not exceed the absolute maximum specification of $+150^\circ\text{C}$.

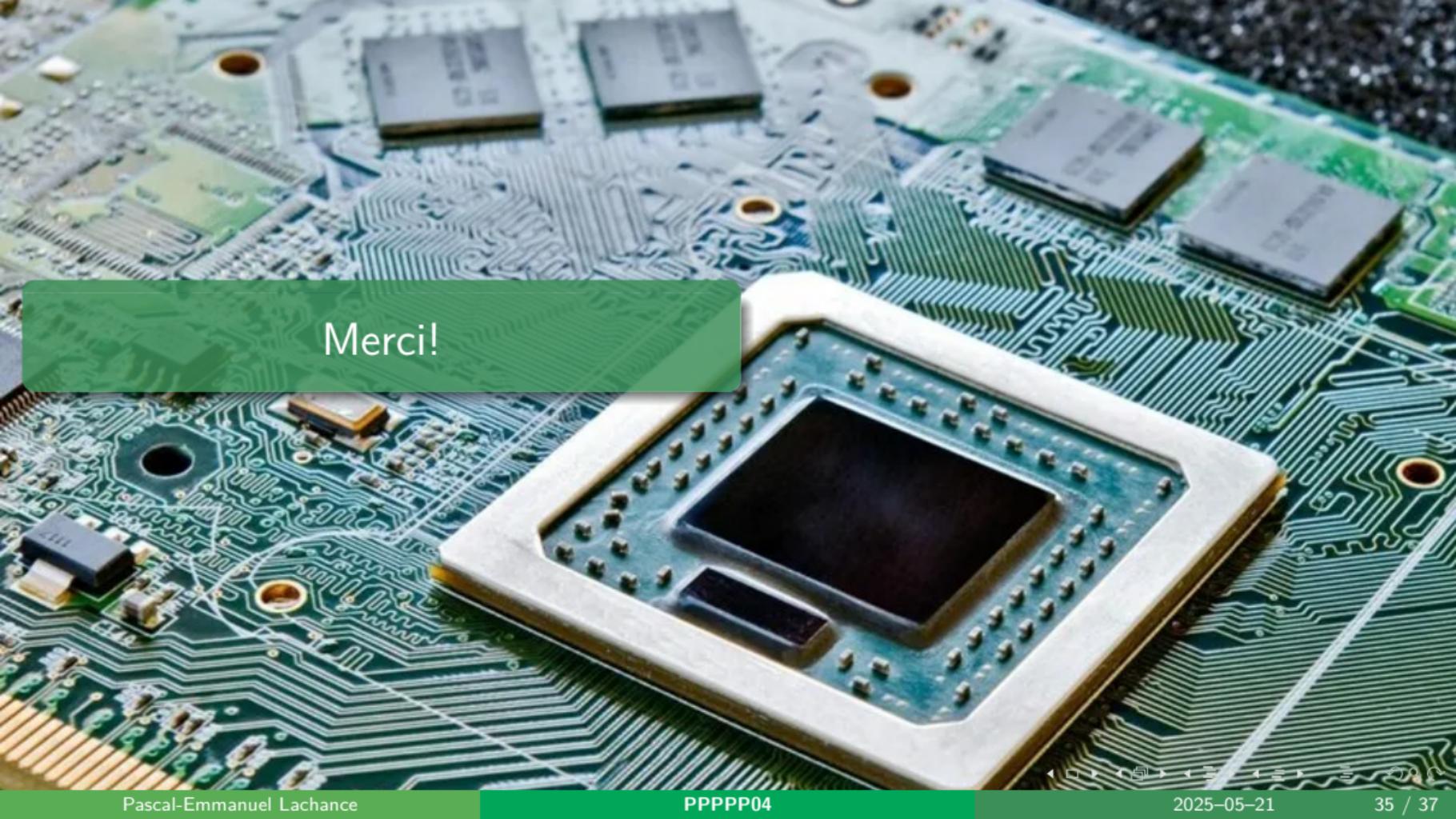
Bonnes pratiques des composantes & BOM

- Bonnes pratiques générales
- Bonnes pratiques des composantes & BOM
 - Footprints
 - Symboles
 - Datasheets
 - Recherche de pièces
 - BOM



Bonnes pratiques des composantes & BOM

- Bonnes pratiques générales
- Bonnes pratiques des composantes & BOM
 - Footprints
 - Symboles
 - Datasheets
 - Recherche de pièces
 - BOM



Merci!

Prochain PPPPP

Comment se déplace un signal?

- Où l'impédance est la plus faible?
- Retour de courant
- Ground Bounce
- Vitesse de déplacement d'un signal
- Tout est une ligne de transmission

- [1] *The pareto principle*, Mar. 2025. [Online]. Available: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/pareto-principle>.
- [2] *Symbols and symbol libraries*, Mar. 2025. [Online]. Available: https://docs.kicad.org/8.0/fr/eeschema/eeschema_symbols_and_libraries.html.