



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

PPPPP03

Comment concevoir un
Power Delivery Network?

Pascal-Emmanuel Lachance

PPPPP03

Comment concevoir un Power Delivery Network?

Par: Pascal-Emmanuel Lachance



Comment protéger une alimentation?



Quels sont les types de régulateurs?



À quoi sert le découplage?



Comment filtrer une alimentation?



Comment concevoir un arbre d'alimentation?

Comment concevoir un arbre d'alimentation?

1 Quels sont les types de régulateurs?

- Régulateurs Linéaires
- Régulateurs *Switching*
- Efficacité et Température

Comment concevoir un arbre d'alimentation?

1 Quels sont les types de régulateurs?

- Régulateurs Linéaires
- Régulateurs *Switching*
- Efficacité et Température

Tensions d'opération

- 💡 Chaque puce a une tension d'opération
- 💡 Parfois plusieurs tensions possible (3.3 V jusqu'à 5 V)
- 💡 Parfois plusieurs tensions nécessaires!
- 💡 Parfois les puces peuvent avoir des IO à des tensions différentes

Courant d'opération

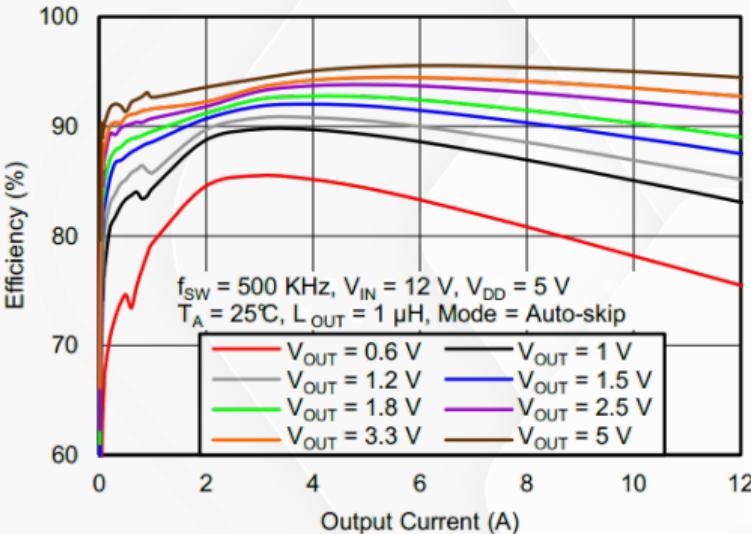
 Pour chaque puce, à ses tension d'opération, récupérer:

-  Le courant minimal (sleep)
-  Le courant normal d'opération
-  Le courant maximal d'opération
-  Parfois tout le même

Courant d'opération

☰ Pour chaque puce, à ses tension d'opération, récupérer:

- ⌚ Le courant minimal (sleep)
 - 🏃 Le courant normal d'opération
 - 🏃 Le courant maximal d'opération
 - ≡ Parfois tout le même
- Concevoir circuit pour pouvoir passer le courant maximal
- ⌚ Choisir régulateurs pour avoir efficacité maximale au courant nominal



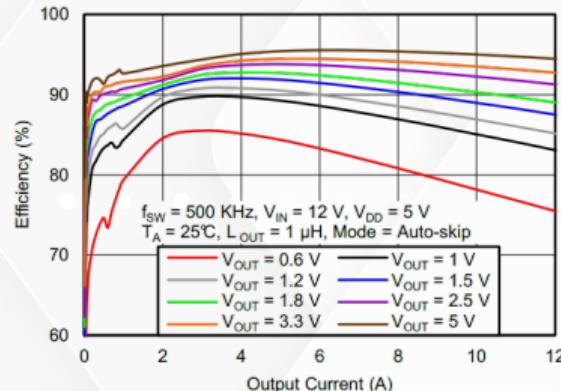
-  Pour chaque puce, à ses tension d'opération, récupérer:

- ☞ Le courant minimal (sleep)
 - ☞ Le courant normal d'opération
 - ☞ Le courant maximal d'opération
 - ☞ Parfois tout le même

→ Concevoir circuit pour pouvoir passer le courant maximal

- ➡ Choisir régulateurs pour avoir efficacité maximale au courant nominal

-  Aussi rassembler tous les courants autres

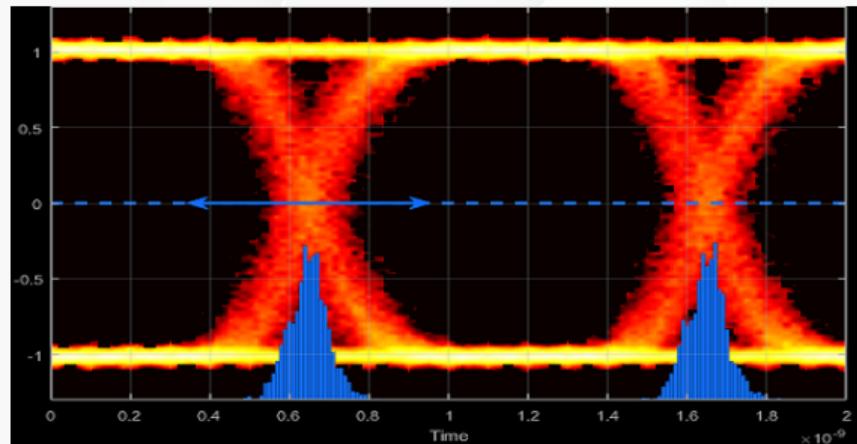


Trouver le courant d'opération

POWER REQUIREMENTS		2.3	3.6	V
VDD		1.71	3.6	V
VIO				V
POWER SUPPLY CURRENT				
Sleep Mode Current	VDD = 3.3 V $f_S = 0 \text{ SPS}$			
VDD		10		nA
VIO	VIO = 1.8 V	20		nA
	VIO = 3.3 V	120		nA
Standby Current	$f_S = 0 \text{ SPS}$			
VDD		990		nA
VIO	VIO = 1.8 V	50		nA
	VIO = 3.3 V	260		nA
VDD Active Supply Current ⁹				
Sample Mode and Averaging Mode	$f_S = 10 \text{ kSPS}$	4		μA
	$f_S = 500 \text{ kSPS (AD4056)}$	0.2	0.27	mA
	$f_S = 1 \text{ MSPS (AD4050)}$	0.4		mA
	$f_S = 1.5 \text{ MSPS (AD4050)}$	0.6	0.75	mA
	$f_S = 2 \text{ MSPS (AD4050)}$	0.8	1	mA
Autonomous Modes	$f_S = 10 \text{ kSPS}$	1.12		μA
	$f_S = 300 \text{ kSPS (AD4056)}$	34	67	μA
	$f_S = 1 \text{ MSPS (AD4050)}$	112		μA
	$f_S = 2 \text{ MSPS (AD4050)}$	224	300	μA

Besoins en stabilité

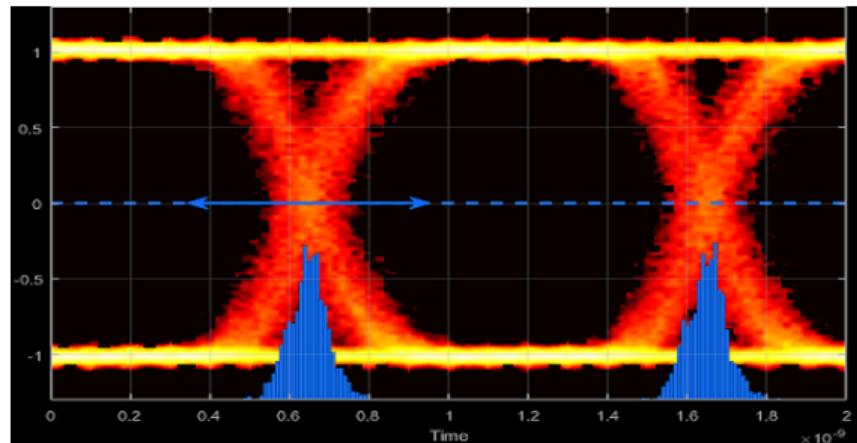
- 🌊 Déterminer les besoins de chaque puce en stabilité
- 🔋 Quel est le ΔV maximum tolérable pour l'opération de la puce
- ⌚ Quelle est la précision nécessaire pour une puce analogique
- ⌚ À quel point un ΔV peut introduire un Δf pour la fréquence?



Besoins en stabilité

- ⚡ Déterminer les besoins de chaque puce en stabilité
- 🔋 Quel est le ΔV maximum tolérable pour l'opération de la puce
- ⌚ Quelle est la précision nécessaire pour une puce analogique
- ⌚ À quel point un ΔV peut introduire un Δf pour la fréquence?

- 📊 Toujours mieux de quantifier
- ☰ Permet de déterminer type de régulateur



Comment concevoir un arbre d'alimentation?

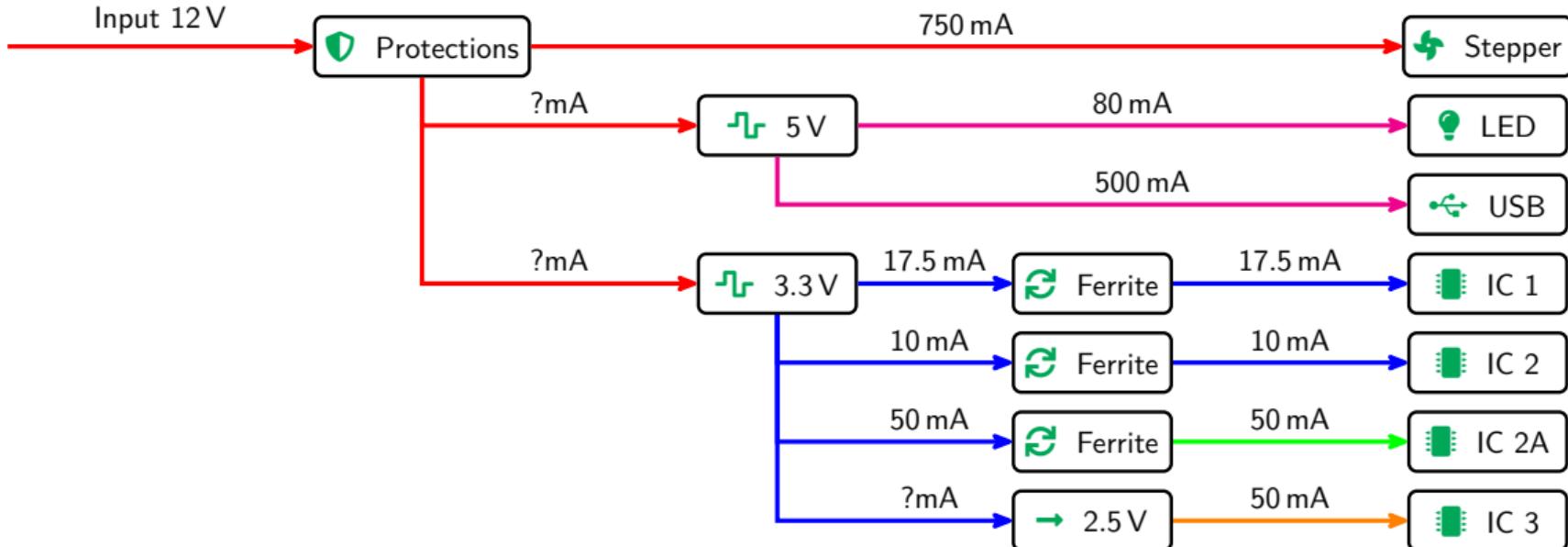
1 Quels sont les types de régulateurs?

- Régulateurs Linéaires
- Régulateurs *Switching*
- Efficacité et Température

IC	Tension	I min	I nom	I max	Type	
	IC 1	3.3 V	10 µA	17.5 mA	17.5 mA	Digital
	IC 2	3.3 V	10 mA	10 mA	10 mA	Digital
		3.3 V	0 µA	10 mA	50 mA	Analog
	IC 3	2.5 V	20 mA	20 mA	50 mA	Analog
	LEDs	5 V	0 A	80 mA	80 mA	Digital
	USB	5 V	0 A	100 mA	500 mA	Digital
	Stepper	12 V	0 A	300 mA	750 mA	Digital
	Total		30.01 mA	537.5 mA	1457.5 mA	

IC	Tension	I max	Type
IC 1	3.3 V	17.5 mA	Digital
IC 2	3.3 V	10 mA	Digital
↗	3.3 V	50 mA	Analog
IC 3	2.5 V	50 mA	Analog
LEDs	5 V	80 mA	Digital
USB	5 V	500 mA	Digital
Stepper	12 V	750 mA	Digital
Total		1457.5 mA	

Diagramme d'alimentation



- Remplir les informations de base

- Nom du régulateur
- Séquence
- Type de régulateur
- Courant maximum
- $R_{\theta JA}$

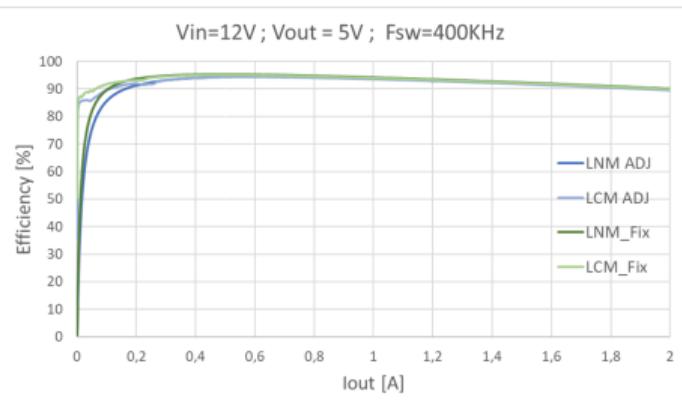
- Remplir les informations de sortie

- Tension
- Courant min
- Courant nominal
- Courant max

- Il manque le courant d'entrée

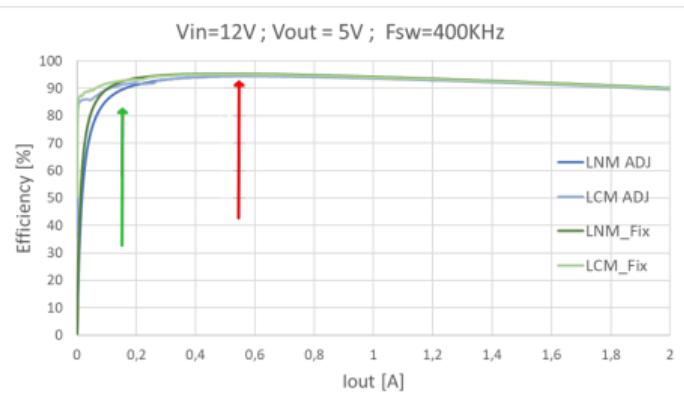
L6982		
Type SWR	$R_{\theta JA}$ 55 °C/W	I_{max} 2 A
V_{in} 12 V		V_{out} 5 V
$I_{in,nom}$ $I_{in,max}$		$I_{out,nom}$ $I_{out,max}$

- Pour le I_{in} il nous faut le P_{in}
- Pour le P_{in} il nous faut le η



L6982		
Type SWR	$R_{\theta JA}$ 55 °C/W	I_{max} 2 A
V_{in} 12 V		V_{out} 5 V
$I_{in,nom}$?A		$I_{out,nom}$ 180 mA
$I_{in,max}$?A		$I_{out,max}$ 580 mA
	$\eta_{nom} = ?\%$	$\eta_{max} = ?\%$

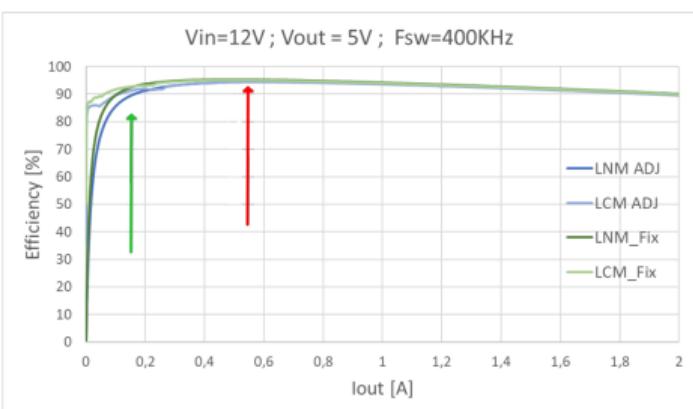
- Trouver le η dans le graphique
- Facilement $\pm 10\%$ entre η_{nom} et η_{max}



L6982		
Type SWR	$R_{\theta JA}$ 55 °C/W	I_{max} 2 A
V_{in} 12 V		V_{out} 5 V
$I_{in,nom}$?A		$I_{out,nom}$ 180 mA
$I_{in,max}$?A		$I_{out,max}$ 580 mA
$\eta_{nom} = 90\%$		$\eta_{max} = 93\%$

$$P_{in_{nom}} = \frac{P_{out_{nom}}}{\eta_{nom}}$$

$$P_{in_{max}} = \frac{P_{out_{max}}}{\eta_{max}}$$



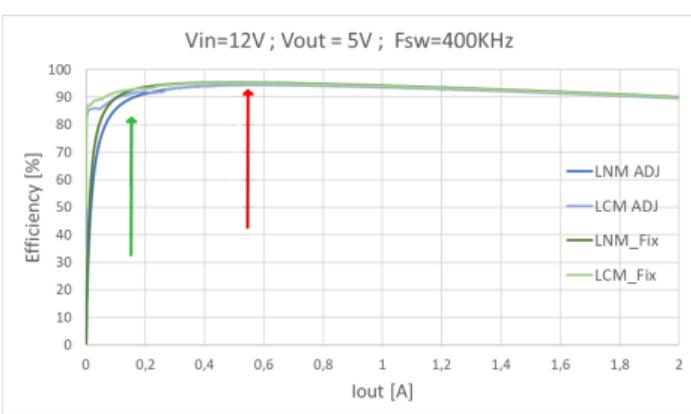
L6982		
Type SWR	$R_{\theta JA}$ 55 °C/W	I_{max} 2 A
V_{in} 12 V		V_{out} 5 V
$I_{in_{nom}}$? A		$I_{out_{nom}}$ 180 mA
$I_{in_{max}}$? A		$I_{out_{max}}$ 580 mA
$\eta_{nom} = 90\%$		$\eta_{max} = 93\%$
$P_{in_{nom}}$ 1 W	$P_{diss_{nom}}$? W	$P_{out_{nom}}$ 900 mW
$P_{in_{max}}$ 3.12 W	$P_{diss_{max}}$? W	$P_{out_{max}}$ 2.9 W

Résolution des régulateurs - 5V



$$P_{diss,nom} = P_{out,nom} - P_{in,nom}$$

$$P_{diss,max} = P_{out,max} - P_{in,max}$$



L6982

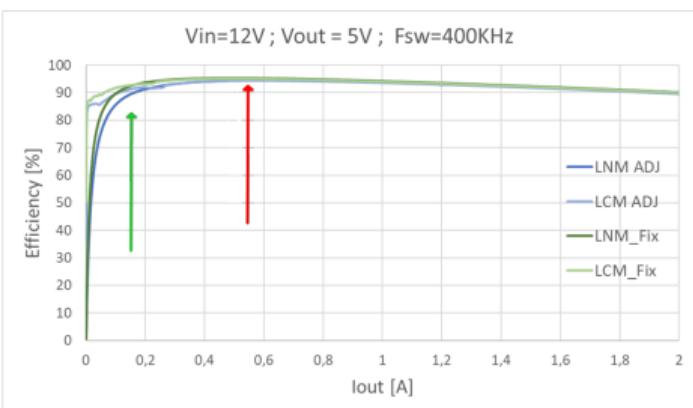
Type SWR	$R_{\theta JA}$ 55 °C/W	I_{max} 2 A
V_{in} 12 V		V_{out} 5 V
$I_{in,nom}$? A		$I_{out,nom}$ 180 mA
$I_{in,max}$? A		$I_{out,max}$ 580 mA
$\eta_{nom} = 90\%$		$\eta_{max} = 93\%$
$P_{in,nom}$ 1 W	$P_{diss,nom}$ 100 mW	$P_{out,nom}$ 900 mW
$P_{in,max}$ 3.12 W	$P_{diss,max}$ 220 mW	$P_{out,max}$ 2.9 W

Résolution des régulateurs - 5V



$$I_{in,nom} = \frac{P_{out,nom}}{V_{in}}$$

$$I_{in,max} = \frac{P_{out,max}}{V_{in}}$$



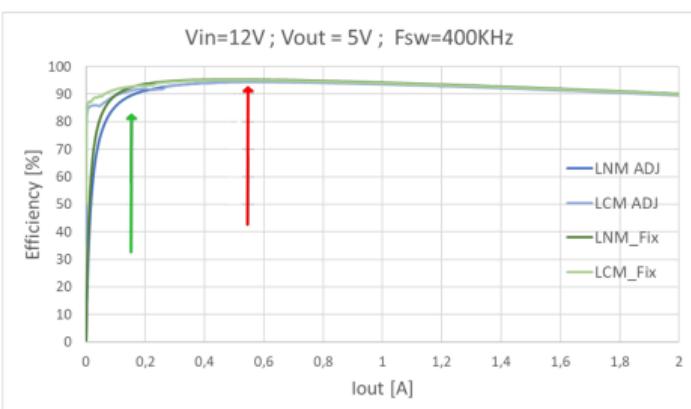
L6982		
Type SWR	$R_{\theta JA}$ 55 °C/W	I_{max} 2 A
V_{in} 12 V		V_{out} 5 V
$I_{in,nom}$ 83.3 mA		$I_{out,nom}$ 180 mA
$I_{in,max}$ 260 mA		$I_{out,max}$ 580 mA
$\eta_{nom} = 90\%$		$\eta_{max} = 93\%$
$P_{in,nom}$ 1 W	$P_{diss,nom}$ 100 mW	$P_{out,nom}$ 900 mW
$P_{in,max}$ 3.12 W	$P_{diss,max}$ 220 mW	$P_{out,max}$ 2.9 W

Résolution des régulateurs - 5V



$$\Delta t_{nom} = P_{diss_{nom}} \cdot R_{\theta JA}$$

$$\Delta t_{max} = P_{diss_{max}} \cdot R_{\theta JA}$$



L6982

Type SWR	$R_{\theta JA}$ 55 °C/W	I_{max} 2 A
V_{in} 12 V		V_{out} 5 V
$I_{in,nom}$ 83.3 mA		$I_{out,nom}$ 180 mA
$I_{in,max}$ 260 mA		$I_{out,max}$ 580 mA
$\eta_{nom} = 90\%$		$\eta_{max} = 93\%$
$\Delta t_{nom} = 5.5^\circ C$		$\Delta t_{max} = 12.1^\circ C$
$P_{in,nom}$ 1 W	$P_{diss,nom}$ 100 mW	$P_{out,nom}$ 900 mW
$P_{in,max}$ 3.12 W	$P_{diss,max}$ 220 mW	$P_{out,max}$ 2.9 W

Résolution des régulateurs



TPS79025

Type LDO	$R_{\theta JA}$ 73.1 °C/W	I_{max} 2 A
V_{in} 3.3 V		V_{out} 2.5 V
$I_{in,nom}$ 20 mA		$I_{out,nom}$ 20 mA
$I_{in,max}$ 50 mA		$I_{out,max}$ 50 mA

$$\eta = 75.75\%$$

$P_{in,nom}$ 66 mW	$P_{diss,nom}$ 16 mW	$P_{out,nom}$ 50 mW
$P_{in,max}$ 165 mW	$P_{diss,max}$ 40 mW	$P_{out,max}$ 125 mW

L6982

Type SWR	$R_{\theta JA}$ 55 °C/W	I_{max} 2 A
V_{in} 12 V		V_{out} 3.3 V
$I_{in,nom}$ 19 mA		$I_{out,nom}$ 58 mA
$I_{in,max}$ 39 mA		$I_{out,max}$ 128 mA

$$\eta_{nom} = 86\% \quad \eta_{max} = 90\%$$

$P_{in,nom}$ 221 mW	$P_{diss,nom}$ 31 mW	$P_{out,nom}$ 190 mW
$P_{in,max}$ 468 mW	$P_{diss,max}$ 47 mW	$P_{out,max}$ 420 mW

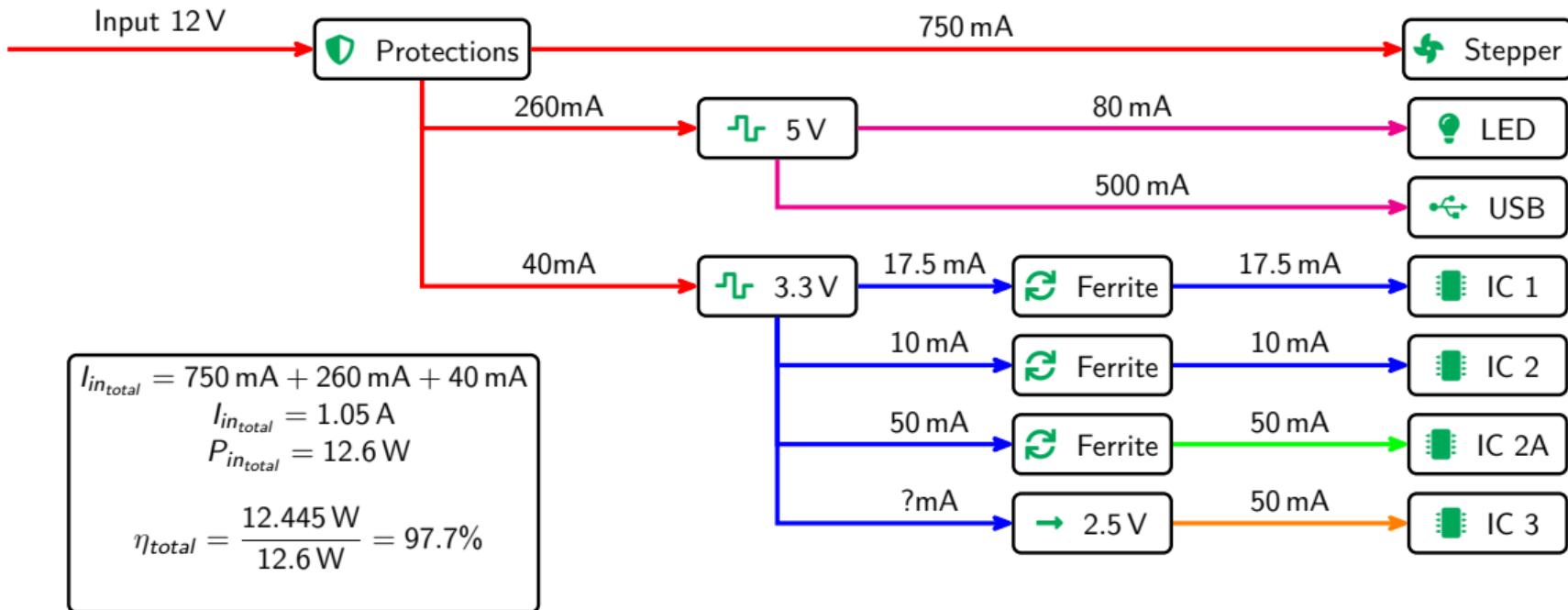
L6982

Type SWR	$R_{\theta JA}$ 55 °C/W	I_{max} 2 A
V_{in} 12 V		V_{out} 5 V
$I_{in,nom}$ 83 mA		$I_{out,nom}$ 180 mA
$I_{in,max}$ 260 mA		$I_{out,max}$ 580 mA

$$\eta_{nom} = 90\% \quad \eta_{max} = 93\%$$

$P_{in,nom}$ 1 W	$P_{diss,nom}$ 100 mW	$P_{out,nom}$ 900 mW
$P_{in,max}$ 3.1 W	$P_{diss,max}$ 220 mW	$P_{out,max}$ 2.9 W

Diagramme d'alimentation



Comment concevoir un arbre d'alimentation?

1 Quels sont les types de régulateurs?

- Régulateurs Linéaires
- Régulateurs *Switching*
- Efficacité et Température

- ☰ Puces avec plusieurs alimentations ont parfois besoin de séquence
- ⬇ Séquence de power-up, mais aussi de power-down
- 🔴 Mauvais comportement, dommages possibles

4.5. Power-up Supply Sequence

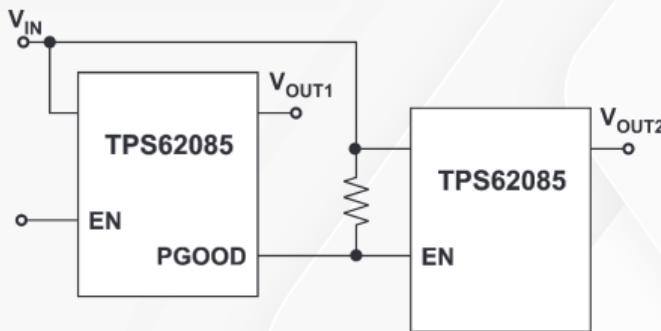
It is recommended to bring up the power supplies in the order below.

Note: There is no specified timing delay between the power supplies. There is, however, a requirement for each supply to reach a level of 0.5 V, or higher, before any subsequent power supplies in the sequence are applied.

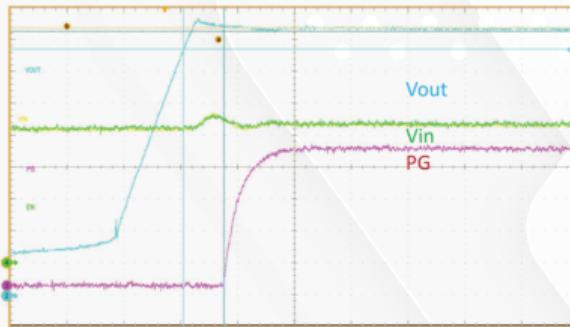
1. VCC and V_{CCPLL} should be the first two supplies to be applied. Note that these two supplies can be tied together subject to the recommendation to include a RC-based noise filter on the V_{CCPLL} . Refer to [ICE40 Hardware Checklist \(FPGA-TN-02006\)](#).
2. V_{CC_SPI} should be the next supply, and can be applied any time after the previous supplies (VCC and V_{CCPLL}) have reached as level of 0.5 V or higher.
3. VPP_2V5 should be the next supply, and can be applied any time after previous supplies (VCC, V_{CCPLL} and V_{CC_SPI}) have reached a level of 0.5 V or higher.
4. Other Supplies (except V_{CCIO2}) do not affect device power-up functionality, and they can be applied any time after the initial power supplies (VCC and V_{CCPLL}) have reached a level of 0.5 V or greater. There is no power down sequence required. However, when partial power supplies are powered down, it is required the above sequence to be followed when these supplies are re-powered up again.

Séquençage - Power Good

- ➡ Plusieurs régulateurs ont une sortie Power-Good
- 💡 S'active après que la sortie ait atteint un threshold
- ⬆ Besoin d'une pull-up
- 💡 Allumer des LEDs une fois la sortie active
- ⚡ Enchaîner des régulateurs en séquence
- ➡ PG dans EN en cascade

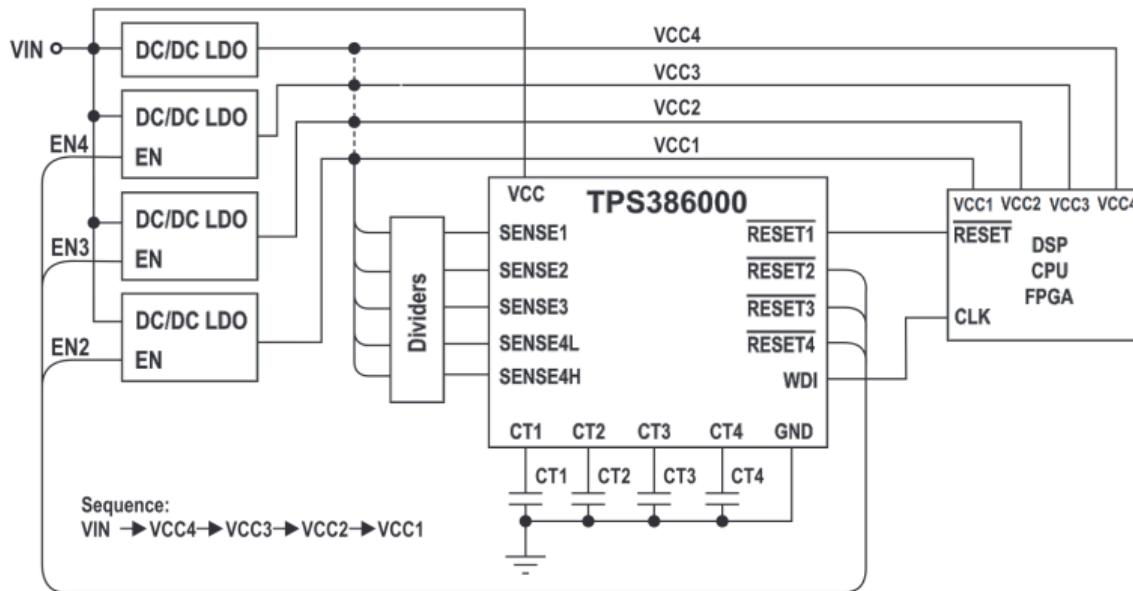


TI - SLYT598 - Power-Supply Sequencing for FPGAs

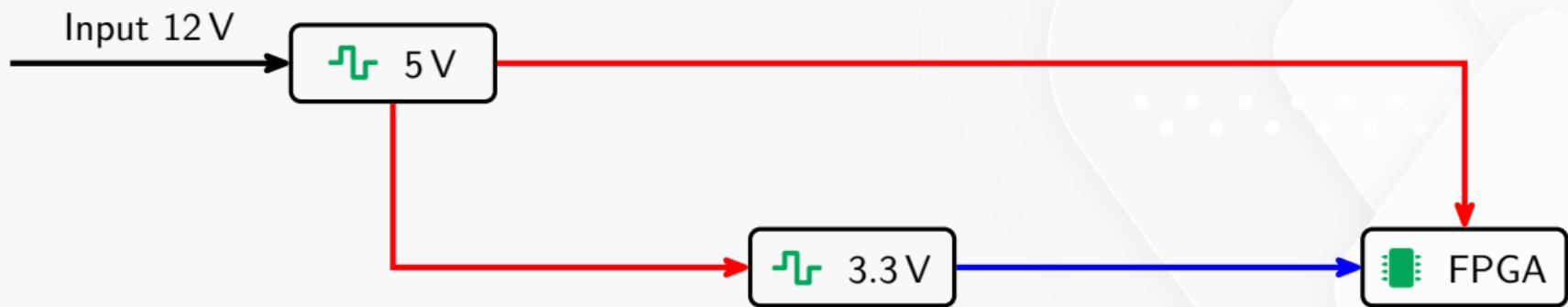


ST - LDLN030 - Ultra-low noise LDO with PG and SS

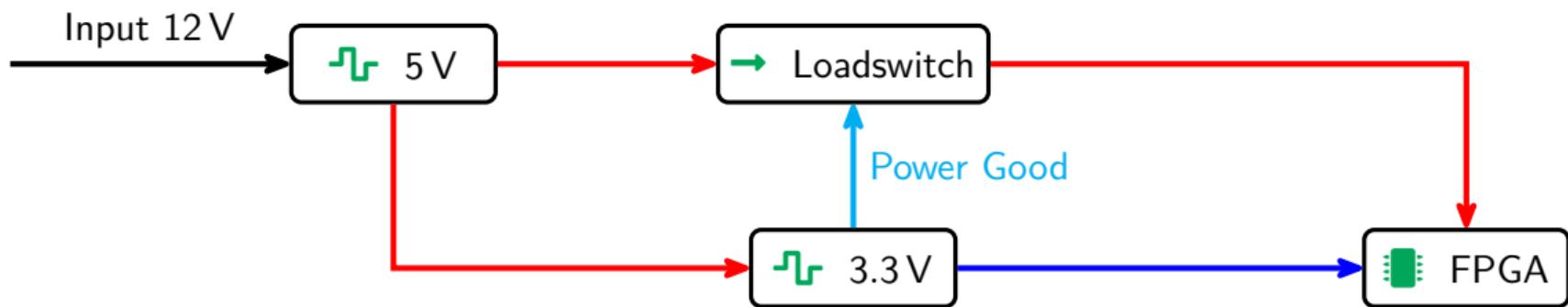
- Chips dédiés - Regardent les V_{out}
- Diviseurs de tension - UVLO
- Délais programmables avec condensateurs



- Parfois la séquence ne fonctionne pas
- Reg 3.3V doit s'allumer avant reg 5V
- Mais reg 3.3V est alimenté par le reg 5V

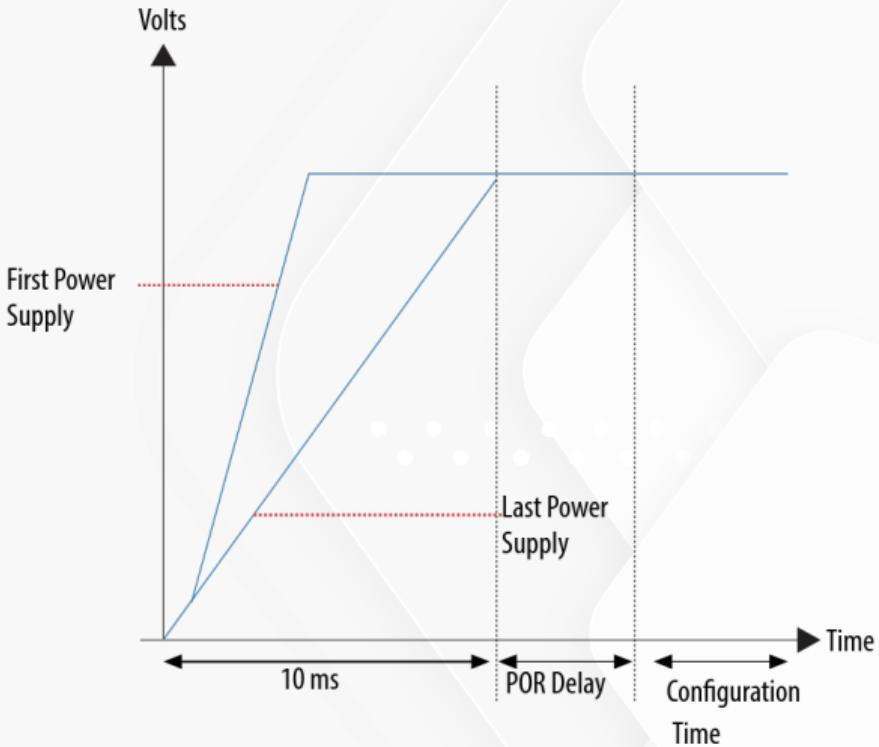


- Parfois la séquence ne fonctionne pas
- Reg 3.3V doit s'allumer avant reg 5V
- Mais reg 3.3V est alimenté par le reg 5V
- Utiliser une loadswitch!



Ramp-Up time

- FPGA ont parfois des requis de timing de power spéciaux
- En plus des requis de séquence
- Temps entre des alimentations
- Requis de slope min/max
- Affecté par Soft-Start!
- Affecté par capacitance sur la ligne



Intel - Power Supplies Ramp Time Requirement

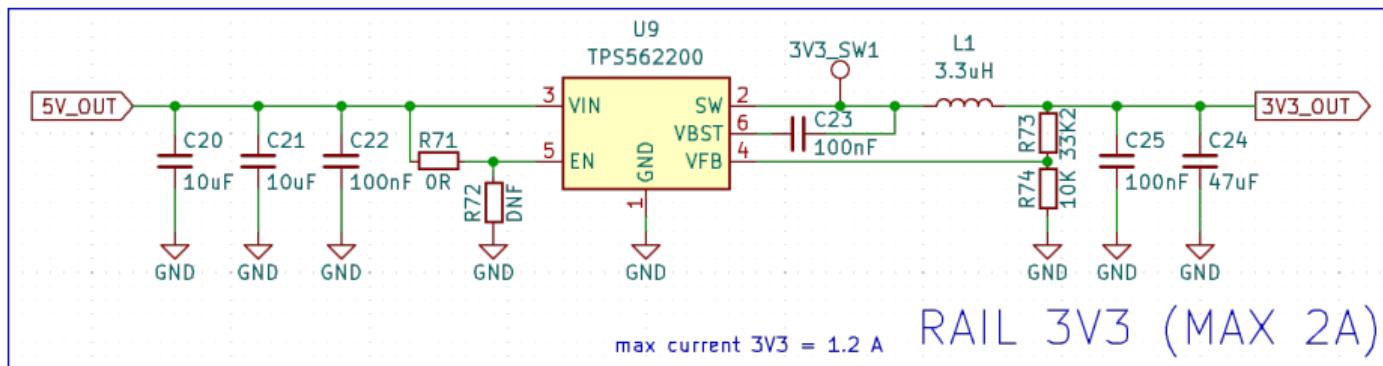
Comment concevoir un arbre d'alimentation?

1 Quels sont les types de régulateurs?

- Régulateurs Linéaires
- Régulateurs *Switching*
- Efficacité et Température

- Testpoints!
 - Paire Power-GND directement à la sortie
 - Sur le Power Good

- Testpoints!
 - Paire Power-GND directement à la sortie
 - Sur le Power Good
- Résistances de $0\ \Omega$
 - Aux pins que vous ne pensez pas utiliser (EN, configuration etc.)
 - Directement à la sortie du chip



- Testpoints!

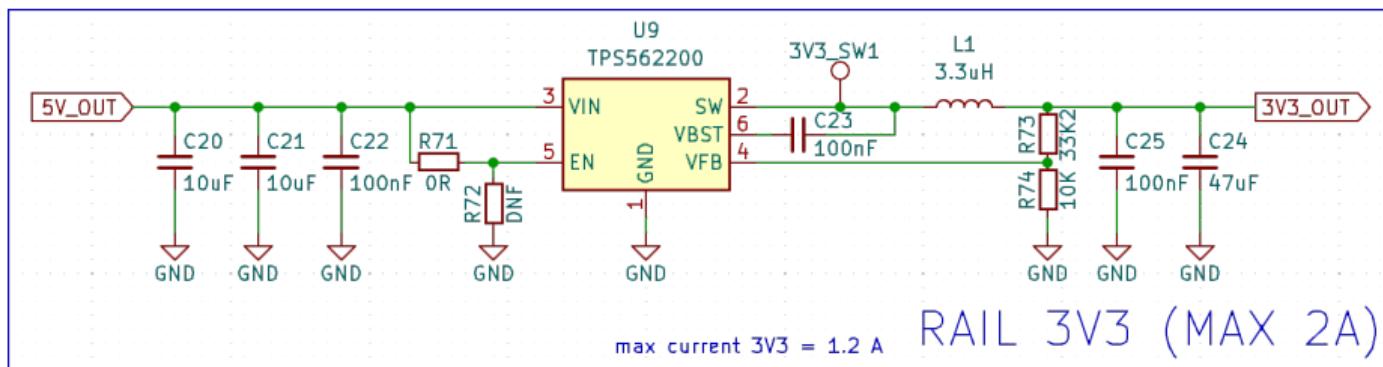
- Paire Power-GND directement à la sortie
- Sur le Power Good

- Résistances de $0\ \Omega$

- Aux pins que vous ne pensez pas utiliser (EN, configuration etc.)
- Directement à la sortie du chip

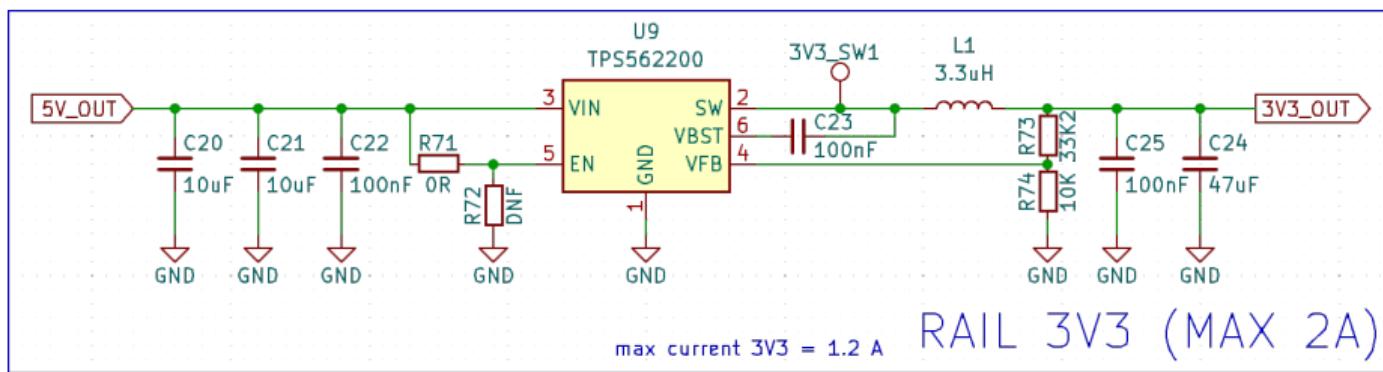
- Jumper à la sortie

- Permet d'isoler la sortie pendant l'assemblage et les tests initiaux
- Permet de faire une mesure du courant au besoin



- Testpoints!
 - Paire Power-GND directement à la sortie
 - Sur le Power Good
- Résistances de 0Ω
 - Aux pins que vous ne pensez pas utiliser (EN, configuration etc.)
 - Directement à la sortie du chip

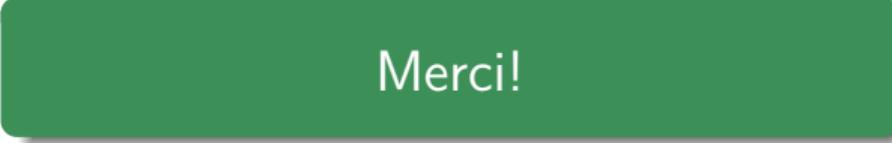
- Jumper à la sortie
 - Permet d'isoler la sortie pendant l'assemblage et les tests initiaux
 - Permet de faire une mesure du courant au besoin
- Shunt resistor
 - Directement à la sortie
 - À côté de la bobine



- Efficacité Énergétique
- Coûts
- Temps de conception et risque
- Espace
- Performance et bruit



- Plus le ΔV est petit, plus le régulateur sera efficace
- Ne pas trop surdimensionner les régulateurs
- Régulateur switching juste avant un régulateur linéaire est une très bonne option
 - Efficacité d'un switching
 - Bruit d'un régulateur linéaire
 - 12V → 4V → 3.3V
 - Plus coûteux
- Les différents types de condensateurs ont des courbes d'impédance différentes
- Les IC contiennent de la capacitance dans le chip
- Des pads vides ça coûte rien d'autre que de l'espace
 - Prévoyez plus de capacitance
 - Prévoyez des filtre
 - Prévoyez plus de protections antistatiques que nécessaire
 - Les 0Ω sont vos amis



Merci!

-
-
-
-
-
-



-
-
-
-
-

Temporary page!

\LaTeX was unable to guess the total number of pages correctly. As there was some user data that should have been added to the final page this extra page has been added to it.

If you rerun the document (without altering it) this surplus page will go away, because \LaTeX now knows how many pages to expect for this document.