

Les alimentations

- Les alimentations sont sur quasiment toutes les cartes/systèmes électroniques :
 - Il est très rare qu'un système / carte électronique ne possède pas au moins une alimentation en entrée.
 - La tendance est à faire le maximum de traitement en numérique actuellement.
 - Sur certaines cartes numériques, elles représentent environ 30 % de la surface.

L. Bernard

Exemple de carte électronique

- Véhicule de test d'intégrité de signal 2008 (2 FPGA Stratic II GX)

Alimentations

Exemple de carte électronique

- Carte numérique Radio Aéro 2010

Alimentations

L. Bernard

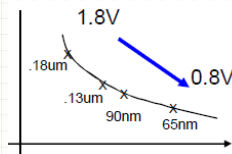
Exemple de carte électronique

- Carte Radio contrôlée numériquement 2014

Alimentations

Les tensions d'alimentation baissent.

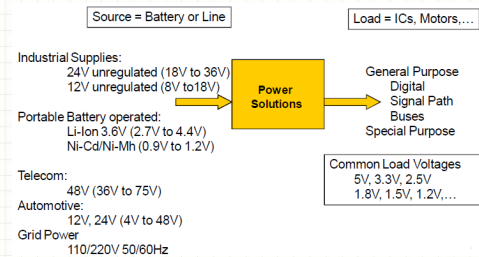
- Voici les tensions d'alimentation en fonction de la largeur de la « grille » des transistors.



L. Bernard

7

Les sources de tension sont de multiples types.



L. Bernard

8

Les tensions d'alimentation se multiplient sur les cartes.

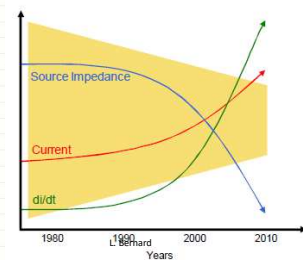
- Différents composants demandent des tensions de cœur différentes.
- Exemple FPGA Altera Cyclone IV :
 - 1,0 V pour le cœur
 - 1,8 V; 2,5 V et 3,3 V pour les Entrées /Sorties (I/Os)
- De bons rendements sont utiles pour éviter d'avoir trop de pertes.

L. Bernard

9

Les demandes en courant augmentent.

- Les impédances de source diminuent.



10

Les alimentations de cœur ont besoin de précisions importantes.

- Sur le Cyclone IV d'Altera version « low power », la tension cœur est de 1 V avec une tolérance de +/- 30 mV, en version standard 1,2 V avec une tolérance de +/- 50 mV.

Table 1-3. Recommended Operating Conditions for Cyclone IV E Devices (Note 1), (2) (Part 1 of 2)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
V_{DDINT} (3)	Supply voltage for internal logic, 1.2-V operation	—	1.15	1.2	1.25	V
	Supply voltage for internal logic, 1.0-V operation	—	0.97	1.0	1.03	V

- Sur le Stratix V d'Altera, la tension cœur est de 0,85 V avec une tolérance de +/- 30 mV !

Table 1-3. Recommended Operating Conditions for Stratix V Devices—Preliminary

Symbol	Description	Condition	Minimum	Typical	Maximum	Unit
V_{DD}	Core voltage and periphery circuitry power supply	—	0.82	0.85	0.88	V

- Attention ! Beaucoup d'alimentations utilisent des références de 1,2 V, elles ne sont donc pas adaptées pour des tensions inférieures à cette tension.

L. Bernard

11

Pourquoi une Isolation et comment

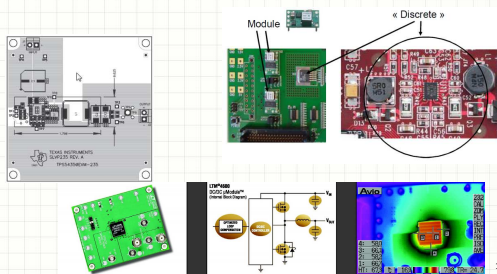
- L'isolation, c'est lorsqu'il y a une séparation électrique entre l'entrée et la sortie.
- Les hautes tensions sont dangereuses.
- La plus part des alimentations AC/DC et AC/AC sont isolées pour des raisons de sécurité.
- L'isolation est en général réalisée à l'aide d'un transformateur pour les alimentations.
- L'isolation par transformateur est aussi utilisée dans les réseaux pour pallier à des différences de potentiels de masse.
- L'isolation peut aussi être optique quand il n'y a pas de puissance à transférer, ce qui n'est pas le cas des alimentations.

L. Bernard

12

Alimentation par module ou avec des composants discrets

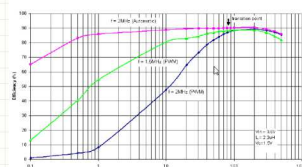
- Les alimentations peuvent être conçues à partir de :
 - Module sauf les capacités en général (plus simple)
 - Avec les MOSFET intégré (intermédiaire)
 - Avec un contrôleur et des discrets (meilleur rendement)



13

Le rendement et les gains

- Le rendement est meilleur à une fréquence de découpage plus faible.



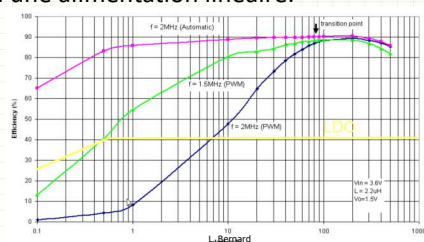
- $V_{out} = 1V$, $I_{max} = 500mA$, $I_{min} = 1mA$
- Rendement à 2MHz : bleu
- Rendement à 1.5MHz : vert
- (Gain $\approx 10\%$)

L. Bernard

14

Le rendement entre alimentation linéaire et à découpage

- Le rendement d'une alimentation à découpage est souvent meilleur que celui d'une alimentation linéaire.



15

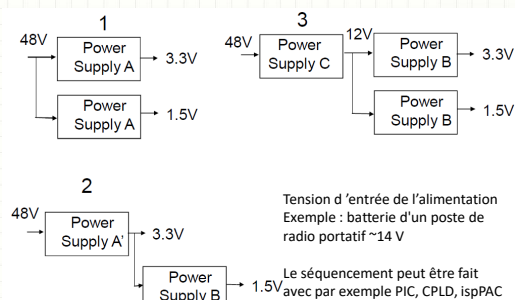
Les différences entre alimentation linéaire et à découpage

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Alimentation linéaire <ul style="list-style-type: none"> Pas EMI Moins de composants En général moins coûteuses | <ul style="list-style-type: none"> Alimentation à découpage <ul style="list-style-type: none"> Transformateur de ligne plus petit Meilleur rendement Pas de radiateur ou un radiateur moins important |
|---|--|

L. Bernard

16

Une alimentation double peut avoir plusieurs solutions d'implémentations



L. Bernard

17

LE DÉCOUPLAGE

L. Bernard

18

Les circuits de capacités de découplage se complexifient.

- Comme les tolérances de tension diminuent et que les courants dynamiques augmentent ou restent stables, les impédances cibles diminuent sur une plage de fréquence, qui augmente en général. Il faut donc concevoir un réseau de capacités de découplage adapté.

$$Z_{target} = \frac{V_{cc} \times tolerance}{\Delta I}$$

L. Bernard

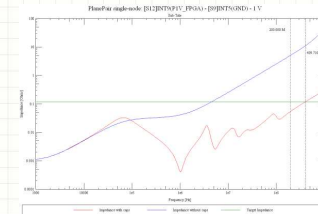
19

Exemple alimentation d'un FPGA Cyclone IV

Données d'entrées Solution pré-routage

Caractéristiques	Valeurs
Tension Typ	1.0 V
Ripple tolerance	3 % (± 30 mV)
Max current	300 mA
Max delta current	150 mA
Impédance cible	200 mOhm
Fréquence	200 MHz

Nbr condensateurs	Capacités
12	1nF
12	10nF
6	47nF
6	100nF
6	470nF
7	10µF
TOTAL = 49	



L. Bernard

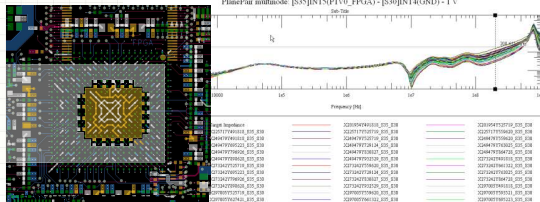
20

Exemple alimentation d'un FPGA Cyclone IV

Données d'entrées Solution post-routage

Caractéristiques	Valeurs
Tension Typ	1.0 V
Ripple tolerance	3 % (± 30 mV)
Max current	300 mA
Max delta current	150 mA
Impédance cible	200 mOhm
Fréquence	200 MHz

Nbr condensateurs	Capacités
15	1nF
6	4.7nF
6	10nF
6	100nF
7	10µF
TOTAL = 8	



Exercice de conception alimentation Artix-7

- Trouver les tensions GTP et leurs tolérances
- Estimer la consommation des GTP
- En déduire Impédance cible
- A l'aide des capacités à utiliser et de la fréquence max en déduire le nombre et le type de capacités
- Trouver le séquençement du LTC3374 (VccInt, GTP, I/Os)
- Concevoir l'alimentation LTC3374 (passifs)
- Optimiser le rendement du LTC3374 par les passifs.

Exercice de conception alimentation Artix-7 1/4

- Trouver dans Datasheet Artix-7, les valeurs et tolérances des tensions des liens GTP.
- Trouver à l'aide de la feuille Excel Xilinx Power Estimator la consommation de deux liens GTP 1 GigaEth 1,25 Gbps, 1 Aurora 3,75 Gbps.
- Trouver à l'aide de la feuille Excel Altera le découplage minimum (100 nF 0201 et 100 µF) pour le potentiel MGTAVcc pour une fréquence max de 200 MHz.

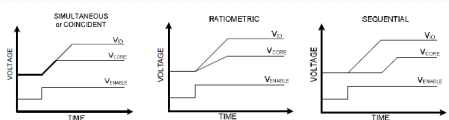
LE SÉQUENCEMENT

L. Bernard

24

Différents types de séquencements

- Les tensions de cœur et d'entrées sorties peuvent avoir besoin de séquencements différents :



L. Bernard

25

Séquencement simultané

- Ce type de séquencement peut souvent être obtenu avec un régulateur linéaire qui « suit » la tension d'entrée. Cela se traduit par un rendement plus mauvais qu'avec un régulateur à découpage.



L. Bernard

26

Séquencement séquentiel

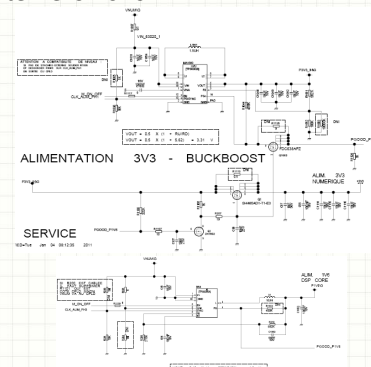
- Ce type de séquencement est plutôt utilisé avec des alimentations à découpage. Mais cela nécessite plus de composants.

L. Bernard

27

Exemple de séquencement séquentiel

- Carte Aéro 2010



28

Séquencement ratiométrique

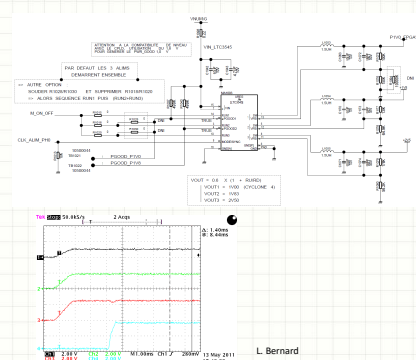
- Ce type de séquencement existe plutôt sur des alimentations à découpage à plusieurs sorties. Le fonctionnement est en général intégré à la puce.

L. Bernard

29

Exemple de séquencement ratiométrique

- Carte Aéro 2010



L. Bernard

30

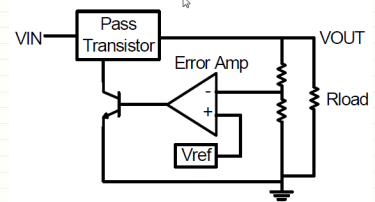
LES ALIMENTATIONS LINÉAIRES

L. Bernard

37

Le régulateur linéaire

- Quand l'utiliser?
 - Pas d'isolation
 - $V_{in} > V_o$
 - Courant de sortie faible
 - Rendement = V_{out}/V_{in}
 - Pertes = $(V_{in} - V_{out}) \times I_{out}$
- Variations
 - Low Drop Out
 - Sortie ajustable
 - Sortie fixe



L. Bernard

38

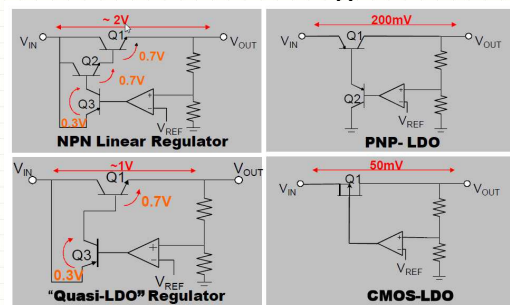
Les spécifications principales d'un régulateur linéaire

- Tension de Drop-Out :
 - Définie comme la différence minimale entre la tension d'entrée et de sortie pour maintenir la tension de sortie.
 - De cette donnée découle la durée de vie de la batterie.
- Courant de repos
 - C'est le courant minimal utile par le régulateur pour fonctionner sans charge.
- Courant d'alimentation
 - C'est le courant que demande le régulateur pour fonctionner dans des conditions de charge complète.
 - C'est ce courant qui détermine le rendement.

L. Bernard

39

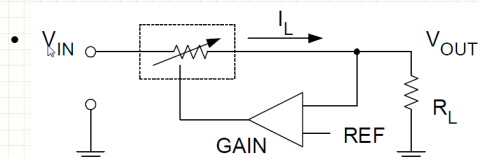
La tension de « drop-out » en fonction des technologies



L. Bernard

40

Le régulateur linéaire série



$$\text{PowerLoss} = (V_{IN} - V_{OUT}) \times I_L$$

$$\text{Efficiency} = \frac{V_{OUT} \times I_L}{V_{IN} \times I_L} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

41

La sélection d'un régulateur linéaire série

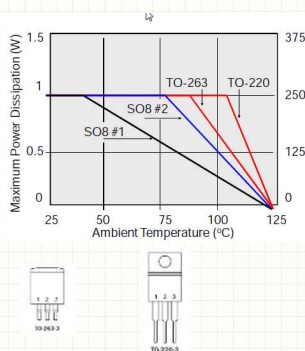
- Sorties en tension standard ou ajustables
 - 1.5V, 1.8V, 2.5V, 3.3V, 5V etc.
 - Ajustable demande deux résistances.
- Boîtier
 - Dissipation de la puissance maximum.
 - $P_{DISS} = (V_{IN} - V_{OUT}) \times I_{OUT}$.
 - Possibilité de monter un radiateur.

L. Bernard

42

LDO Considérations thermiques

- SO8 #1: 83 °C/W, surface de cuivre minimale
- SO8 #2: 48 °C/W, 1 in. carré cuivre
- TO-263: 37 °C/W, 1 in. carré cuivre
- TO-220: 20 °C/W, 17 °C/W radiateur

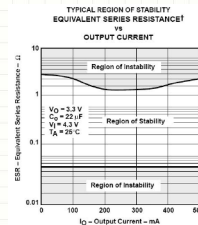
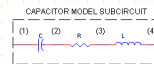


L. Bernard

43

La sélection d'un régulateur linéaire série

- La stabilité peut limiter le choix (type) de la capacité de sortie.
- Equivalent Serie Resistor (ESR)



L. Bernard

44

Les capacités d'entrée et de sortie

- Tous les régulateurs linéaires ont besoin d'une capacité de sortie.
 - Voir dans la « datasheet » la courbe d'ESR.
 - Les valeurs Min/Max doivent être dans la courbe (attention aux variations d'ESR en fonction de la température).
 - Une capacité de sortie plus importante résulte dans un bruit moins important.
 - Utiliser une capacité céramique si possible ou tantalé.
- Avoir une capacité d'entrée donne une meilleure stabilité.
 - Améliore l'efficacité de la capacité de sortie.
 - Beaucoup de LDO en demande une.
 - Il doit y avoir moins de 0,5 inch entre la broche Vin et une masse « propre ».

L. Bernard

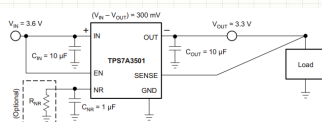
45

Filtrage actif par régulateur linéaire

- Texas instruments propose un filtre actif TPS7A3501 (régulateur linéaire) avec une faible chute de tension à partir de 200 mV

FEATURES

- Regulates Input-to-Output Voltage:
 - User-Programmable Input-to-Output Voltage Regulation Range: 200 mV to 500 mV
- Power-Supply Rejection Ratio:
 - 42 dB at 1 MHz
 - ≥ 32 dB (360 kHz to 3.9 MHz)
- Low-Noise Output:
 - 3.8 μVrms (10 Hz to 100 kHz)
- Output Current: Up to 1 A
- Output Voltage Range: 1.21 V to 4.5 V



L. Bernard

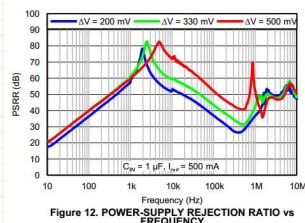
46

Le PSRR (Power Supply Rejection Ratio)

- Le PSRR se calcule avec cette formule :

$$PSRR = 20 \log \left(\frac{\text{Ripple}_{in}}{\text{Ripple}_{out}} \right)$$

- PSSR TPS7A3501



L. Bernard

47

EXERCICE DE CONCEPTION RÉGULATEUR LINÉAIRE

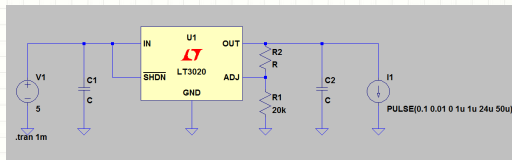
L. Bernard

48

Composant LT3020

Alimentation 5 V vers 1 V 100 mA

- Déterminer avec la « datasheet », R2 en série E24, C1, C2 en série E3



Adobe Acrobat
Document

L. Bernard

49

Tableau des valeurs normalisées

Tableau des séries de valeurs normalisées E3 à E96

E 3 (±20%) :	100 - 220 - 470
E 6 (±10%) :	100 - 150 - 220 - 330 - 470 - 680
E12 (±10%) :	100 - 120 - 150 - 180 - 220 - 270 - 330 - 390 - 470 - 560 - 680 - 820
E24 (±5%) :	100 - 110 - 120 - 130 - 150 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240 - 270 - 300 - 330 - 360 - 390 - 430 - 470 - 510 - 560 - 620 - 680 - 750 - 820 - 910
E48 :	100 - 105 - 110 - 115 - 121 - 127 - 133 - 140 - 147 - 154 - 162 - 169 - 178 - 187 - 196 - 205 - 215 - 226 - 237 - 249 - 261 - 274 - 287 - 301 - 316 - 332 - 348 - 365 - 383 - 402 - 422 - 442 - 464 - 487 - 511 - 538 - 562 - 590 - 619 - 649 - 681 - 715 - 750 - 787 - 825 - 866 - 909 - 953
E96 (±1%) :	100 - 102 - 105 - 107 - 110 - 113 - 115 - 118 - 121 - 124 - 127 - 130 - 133 - 137 - 140 - 143 - 147 - 150 - 154 - 158 - 162 - 165 - 169 - 174 - 179 - 182 - 187 - 191 - 196 - 200 - 205 - 210 - 215 - 221 - 226 - 232 - 237 - 243 - 249 - 255 - 261 - 267 - 274 - 280 - 287 - 294 - 301 - 309 - 316 - 324 - 332 - 340 - 348 - 357 - 365 - 374 - 383 - 392 - 402 - 412 - 422 - 432 - 442 - 453 - 464 - 475 - 487 - 499 - 511 - 523 - 536 - 549 - 562 - 576 - 590 - 604 - 619 - 634 - 649 - 665 - 681 - 698 - 715 - 732 - 750 - 768 - 787 - 806 - 825 - 845 - 866 - 887 - 909 - 931 - 953 - 976

L. Bernard

50

Composant LT3020

Alimentation 5 V vers 1 V 100 mA

- Trouver dans la « datasheet » la surface de cuivre, face supérieure, pour élévation de température maximale de 25 ° C, sachant que le composant, qui est en boîtier DD, possède sur la face inférieure 2500 mm² de cuivre.

L. Bernard

51

LES ALIMENTATIONS A DÉCOUPAGE

L. Bernard

52

Les alimentations à découpage

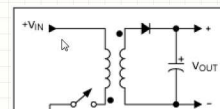
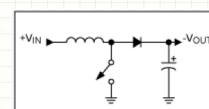
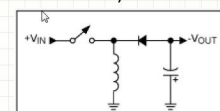
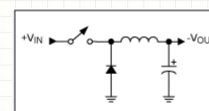
- Une alimentation à découpage peut être définie comme un circuit qui convertit une forme d'énergie en une autre.
- Les principaux composants utilisés dans les alimentations à découpage sont :
 - Inductances
 - Capacités
 - Interrupteurs
 - Diodes
- La façon dont ces composants sont interconnectés déterminera le transfert de puissance (le niveau de tension).
- Les deux alimentations à découpage les plus simples sont l'abaisseur (buck) et l'élévateur (boost).

L. Bernard

53

Les différentes alimentations à découpage

- Abaisseur de tension (buck)
- Inverseur (inverting ou buck-boost)
- Elévateur de tension (boost)
- Transformateur (Flyback)



L. Bernard

54

Le principe de fonctionnement

- Deux phases principales de fonctionnement :

- Interrupteur passant : la tension aux bornes de la charge augmente jusqu'à V_{in} , et L se « charge ».
- Interrupteur bloqué : la tension aux bornes de la charge diminue, C et L se « déchargent ». La diode permet au courant de circuler.

Interrupteur passant



Interrupteur bloqué



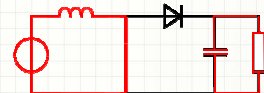
L. Bernard

55

Le principe de fonctionnement

- Deux phases principales de fonctionnement :

- Interrupteur passant : le courant dans L augmente, L se « charge ». La tension aux bornes de la charge est fournie par C.
- Interrupteur bloqué : la tension aux bornes de la charge augmente car L se « décharge » au travers de la diode, qui charge C.



L. Bernard

56

Le principe de fonctionnement

- Deux phases principales de fonctionnement :

- Interrupteur passant : le courant dans L augmente, L se « charge ». La tension aux bornes de la charge est fournie par C.
- Interrupteur bloqué : la tension aux bornes de la charge augmente car L se « décharge » au travers de la diode, qui charge C.
- Remarques :
 - La tension est inversée.
 - En fonction du rapport cyclique, la tension est élevée ou abaissée.

Interrupteur passant



Interrupteur bloqué



L. Bernard

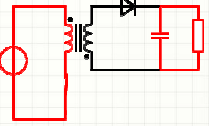
57

Le principe de fonctionnement

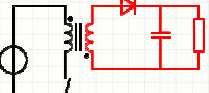
- Deux phases principales de fonctionnement :

- Interrupteur passant : le courant dans le primaire de T augmente, T se « charge ». La tension aux bornes de la charge est fournie par C.
- Interrupteur bloqué : la tension aux bornes de la charge augmente car le secondaire de T se « décharge » au travers de la diode, qui charge C.
- Remarque : la tension est isolée galvaniquement; en fonction du rapport cyclique et du rapport de transformation, la tension est élevée ou abaissée.

Interrupteur passant



Interrupteur bloqué



L. Bernard

58

LE MULTIPHASE

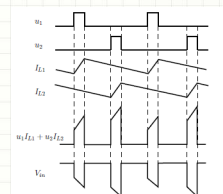
L. Bernard

59

Les convertisseurs multi-phase

- Des convertisseurs multi-phase conduisent chacun pendant des phases différentes, pour éviter une trop forte demande sur la tension primaire s'il étaient synchronisés en même temps.

- Exemple 2 phases (tension courant)



L. Bernard

60

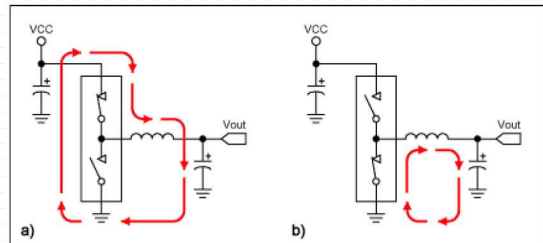
LE DESSIN DU CIRCUIT IMPRIME

L. Bernard

61

Le dessin du circuit imprimé

- Lors des deux phases, le courant circule dans les deux boucles ci-dessous. Il faut donc utiliser de préférence des « shapes » pour véhiculer ces courants.



L. Bernard

62

Le dessin du circuit imprimé

- Utiliser des pistes courtes entre le boîtier et les transistors ou l'inductance si les transistors sont intégrés.
- Ne pas mélanger les petits signaux avec les signaux de puissance (voir planche précédente).
- Les deux masses doivent être connectées à la capacité de sortie.

L. Bernard

63

Le dessin du circuit imprimé

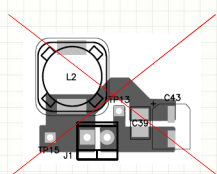
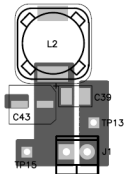
- Comme pour le calcul des éléments passifs, il est fortement recommandé de se reporter à la « datasheet » ou à la documentation de la carte d'évaluation pour s'inspirer du dessin proposé.

L. Bernard

64

Mauvais exemple 1

- Bon routage inductance puis capacités puis sortie
- Mauvais routage inductance directement sur la sortie

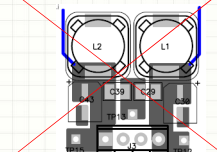
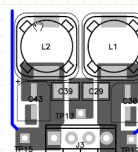


L. Bernard

65

Mauvais exemple 2

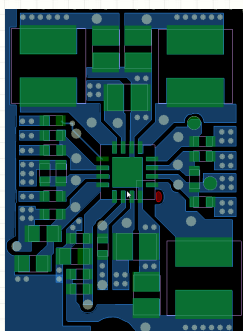
- Bon routage du senseur de sortie
- Mauvais routage du senseur de sortie aux bornes de l'inductance



L. Bernard

66

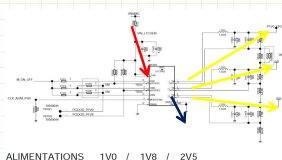
Exemple de circuit imprimé LTC3545 (2010)



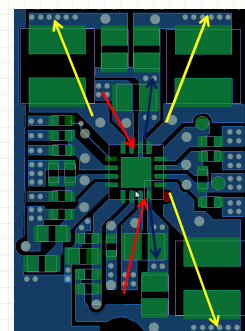
L. Bernard

73

Analyse du circuit imprimé LTC3545 (2010)



ALIMENTATIONS 1V0 / 1V8 / 2V5

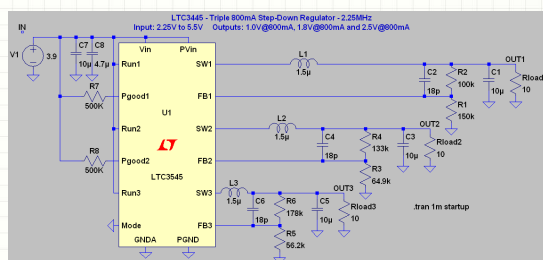


L. Bernard

74

Simulation LTC3545 (2010)

LTSpice Schematic



L. Bernard

75

Comparaison des deux solutions

LTC3545

- Circuit synchrone
- MOSFETs intégrés
- 3 sorties à 1 A
- Référence 0,6 V
- Fréquence 2,25 MHz
- Rendement max > 90 %
- Surface 14 x 19 mm
= 266 mm²

MAX797

- Circuit synchrone
- MOSFETs externes
- 1 sortie à 10 A max
- Référence 2,5 V
- Fréquence 150 ou 300 kHz
- Rendement max > 90 %
- Surface 63 x 40 mm
= 2520 mm²

L. Bernard

76

Exemple de composant LT3580 (2010)

LT3580
Boost/Inverting DC/DC
Converter with 2A Switch,
Soft-Start, and Synchronization

FEATURES

- 2A Switch Power Switch
- Adjustable Switching Frequency
- Single Feedback Resistor Sets Load Regulation
- Synchronization to External Clock
- High Gain OPA3580 for Accurate Load Regulation
- Wide Input Voltage Range: 2.25V to 25V
- Low Output Current: 200mA to 1.5A (Typical)
- Load Regulation: 0.1% (Typical)
- Easily Configurable as a Boost or Inverting Converter
- Low Component Count (External Resistor Only)
- The Load Reg. is 0.1% and 1.5A Load Regulation

APPLICATIONS

- DC-DC Regulator
- PFM DC-DC Regulator
- DC-DC Converter
- Load Power Supply

TYPICAL APPLICATION

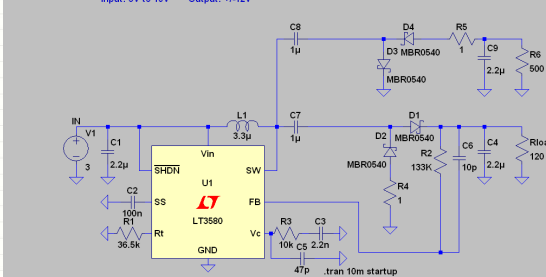
1.5A, 2.25V to 25V Boost Converter, Regulated from 2.25V, 0.1% Load Regulation

L. Bernard

77

Exemple de schéma LT3580 (2010)

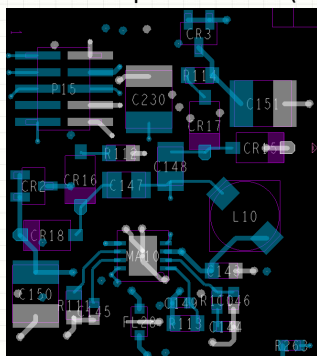
LT3580 - 42V, 2A, Adjustable Switching Frequency Boost Regulator in 3+3 DFN
Input: 3V to 10V Output: +1-12V



L. Bernard

78

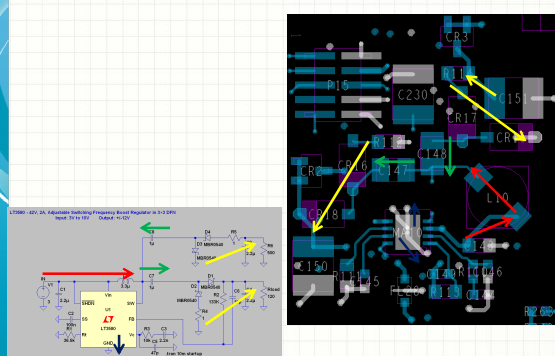
Exemple de circuit imprimé LT3580 (2010)



L. Bernard

79

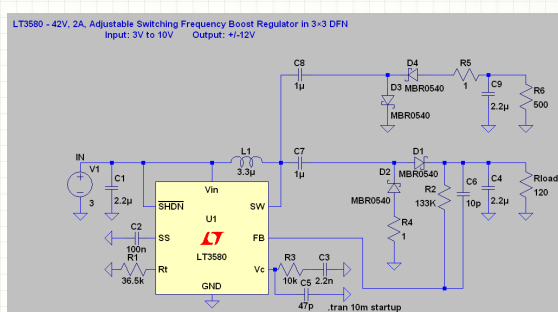
Analyse du circuit imprimé LT3580 (2010)



L. Bernard

80

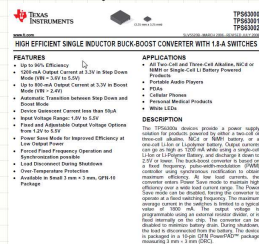
Simulation LT3580 (2010)



L. Bernard

81

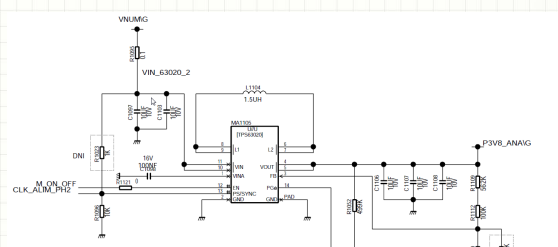
Exemple de composant TPS63000 (2010)



L. Bernard

82

Exemple de schéma TPS63000 (2010)

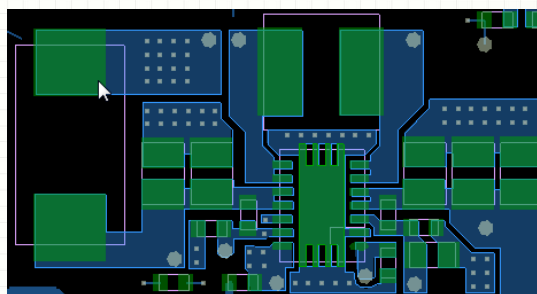


ALIMENTATION 3V8 - BUCKBOOST

L. Bernard

83

Exemple de circuit imprimé TPS63000 (2010)



L. Bernard

84

Exercice de conception alimentation Artix-7 3/4

- Concevoir une alimentation complète à base de LTC3374 avec séquençement, séparer tensions analogique et numérique, déterminer :
 - C_{in} ,
 - C_{out} ,
 - $R2$ 1V ($R1$ 1,02 Mohms)
- pour un Artix-7 XC7A200 -1 boîtier 676 Indus à 85 °C sans ventilation avec :
 - Logic
 - logic 60 000, S Register 20 000, D RAM 10 000, Register 200 000
 - I/O
 - 100 I/O LVCMOS 1,8 V 12 mA slow 50 MHz
 - 50 I/O LVDS 50 MHz
 - 100 I/O LVTTTL 3,3 V 6 mA slow 50 MHz
- Le LTC3374 alimentera aussi le reste de la carte en 3,3 V 1A et 1,8V 500 mA.

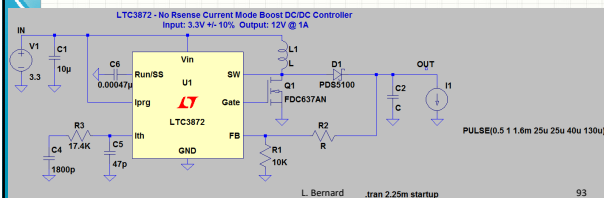
EXERCICE DE CONCEPTION RÉGULATEUR ÉLEVATEUR DE TENSION (BOOST)

L. Bernard

92

Composant LT3872 Alimentation 3,3 V vers 12 V 1 A

- Déterminer avec la « datasheet », $R2$ en série E24, D , I_{INpeak} , ΔI_L , $L1$, R_{DSon} , I_{Dpeak} , C_{OUT} ($C2$) en série E3 son ESR, I_{RMS} de C_{in} ($C1$), avec $V_D = 0,4 V$ et $x = 40 \%$



L. Bernard .tran 2.25m startup

93

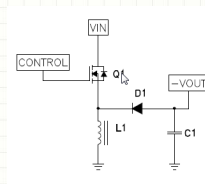
L'INVERSEUR (ABAISEUR-ÉLEVATEUR) DE TENSION (BUCK - BOOST)

L. Bernard

94

Topologie élévateur abaisseur

- A utiliser quand ?
 - Sans isolation
 - Tension de sortie négative
- Variations
 - Module / Discret
 - Courant Continu / Discontinu
 - N/P Canal FET
 - Synchrone ou non
 - Multi phase

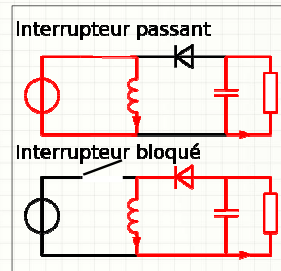


L. Bernard

95

Le principe de fonctionnement

- Deux phases principales de fonctionnement :
 - Interrupteur passant : le courant dans L augmente, L se « charge ». La tension aux bornes de la charge est fournie par C.
 - Interrupteur bloqué : la tension aux bornes de la charge augmente car L se « décharge » au travers de la diode, qui charge C.
- Remarques :
 - La tension est inversée.
 - En fonction du rapport cyclique, la tension est élevée ou abaissée.



L. Bernard

96

Fonctionnement continu ou discontinu

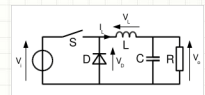
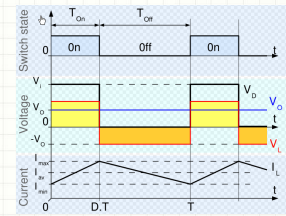
- Il peut y avoir deux modes de fonctionnement : continu ou discontinu.
- Ce mode se rapporte au courant circulant dans l'inductance :
 - Continu
 - Discontinu
- Le convertisseur peut être conçu pour fonctionner principalement dans un mode ou passer du mode continu à discontinu si le courant dans la charge diminue.

L. Bernard

97

Fonctionnement continu

- **Avantages :**
 - Courant pique moins important
 - Moins de bruit, filtre EMI plus petit.
- **Inconvénient :**
 - Besoin d'une inductance de plus forte valeur

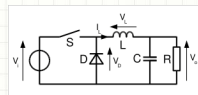
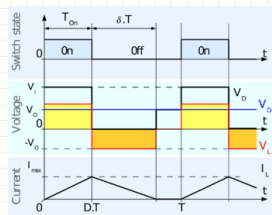


L. Bernard

98

Fonctionnement discontinu

- **Avantage :**
 - Besoin d'une inductance de plus faible valeur
- **Inconvénients :**
 - Courant pique plus important
 - Plus de bruit



L. Bernard

99

DIMENSIONNEMENT PASSIFS ABAISSEUR

Equations de calcul des éléments passifs

- Les équations des pages suivantes permettent le dimensionnement des éléments passifs principaux.
- Dans tous les cas, il est fortement recommandé de se reporter à la « datasheet » qui en général propose des formules pour calculer les valeurs des passifs.

L. Bernard

101

Dimensionnement de la diode

- La diode est dimensionnée par sa puissance maximale dissipée
- $P = \left(1 - \frac{V_{Out}}{V_{InMax}}\right) \times I_{OutMin} \times V_D$
 - P : puissance dissipée
 - V_{Out} : Tension de sortie
 - V_{InMax} : Tension d'entrée maximale
 - V_D : Tension aux bornes de la diode (dépend de la technologie de la diode, 0,7 V pour une diode standard)
 - I_{OutMin} : Courant maximum de sortie

L. Bernard

102

Dimensionnement de l'inductance (mode continu)

- $L = \frac{V_{InMax} - V_{Out}}{f_{osc} \times \Delta I_L} \times \frac{V_{Out}}{V_{InMax}}$
- $I_{LPeak} = I_{OutMax} + \frac{1}{2} \times \Delta I_L$
- $\Delta I_L = (V_{InMax} - V_{Out}) \times \frac{V_{Out}}{V_{InMax}} \times \frac{1}{f_{osc}} \times \frac{1}{L}$
 - V_{Out} : tension de sortie
 - V_{InMax} : tension d'entrée maximale
 - ΔI_L : courant d'ondulation dans l'inductance
 - I_{OutMax} : courant de sortie maximal
 - f_{osc} : fréquence du PWM
 - L : valeur de l'inductance
 - I_{LPeak} : courant maximum dans l'inductance

L. Bernard

103

Dimensionnement de la capacité de sortie (mode continu)

- $C = \frac{L \times (I_{OutMax} + \Delta I_L)^2}{(\Delta V + V_{Out})^2 - V_{Out}^2}$
- $V_{OutESR} = \Delta I_L \times ESR_C$
 - C : valeur de la capacité
 - V_{Out} : tension de sortie
 - ΔI_L : courant d'ondulation dans l'inductance
 - I_{OutMax} : courant de sortie maximum
 - L : valeur de l'inductance
 - ΔV : tension de sortie d' « overshoot »
 - ESR_C : Résistance série équivalent de la capacité
 - V_{OutESR} : tension d'ondulation de sortie de l'ESR de la capacité

L. Bernard

104

DIMENSIONNEMENT PASSIFS ÉLÉVATEUR

L. Bernard

105

Equations de calcul des éléments passifs

- Les équations des pages suivantes permettent le dimensionnement des éléments passifs principaux.
- Dans tous les cas, il est fortement recommandé de se reporter à la « datasheet » qui en général propose des formules pour calculer les valeurs des passifs.

L. Bernard

106

Dimensionnement de l'inductance (mode continu)

- $L = \frac{V_{InMin} \times (V_{Out} - V_{InMin})}{f_{osc} \times \Delta I_L \times V_{Out}}$
- $\Delta I_L = \frac{V_{InMin} \times D}{f_{osc} \times L}$
 - V_{Out} : tension de sortie
 - V_{InMin} : tension d'entrée minimale
 - ΔI_L : courant d'ondulation dans l'inductance
 - f_{osc} : fréquence du PWM
 - L : valeur de l'inductance
 - D : rapport cyclique

L. Bernard

107

Dimensionnement de la capacité de sortie (mode continu)

- $C \geq \frac{I_{OutMax} \times (1-D)}{f_{osc} \times \Delta V_{Out}}$
- $V_{OutESR} = ESR_C \times \left(\frac{I_{OutMax}}{1-D} + \frac{\Delta I_L}{2} \right)$
- $\Delta I_L = (0,2 \text{ à } 0,4) \times I_{OutMax} \times \frac{V_{Out}}{V_{In}}$
 - C : valeur de la capacité
 - ΔI_L : courant d'ondulation dans l'inductance
 - I_{OutMax} : courant de sortie maximum
 - ΔV_{Out} : Ondulation de la tension de sortie
 - f_{osc} : fréquence du PWM
 - ESR_C : Résistance série équivalent de la capacité
 - D : rapport cyclique
 - V_{OutESR} : tension d'ondulation de sortie de l'ESR de la capacité

L. Bernard

108

EXERCICES FINAUX

L. Bernard

109

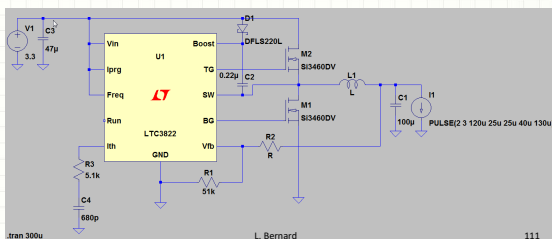
Exercice de conception alimentation Artix-7 4/4

- Optimiser l'ondulation ΔV_{out} d'une alimentation LTC3374 en mode continu à l'aide des passifs de sortie (voir recommandations application LT et note d'application FreeScale) pour un fonctionnement optimum.

Composant LT3822

Alimentation 3,3 V vers 1 V 3 A

- Déterminer avec les formules en mode continu les valeurs de $L1$ et C_{out} ($C1$), $F_{osc} = 750 \text{ kHz}$, $\Delta I_L = 0,9 \text{ A}$, $\Delta V_{OUT} = 50 \text{ mV}$, $V_{IN} = 3,3 \text{ V} \pm 10\%$, $I_{OutMin} = 1 \text{ A}$



Itran 300u

L. Bernard

111