

A REMPLIR OBLIGATOIREMENT SUR CHAQUE FEUILLE
TO BE FILLED IN ON EVERY SHEET



NOM/NAME :

PRÉNOM/FIRST NAME :

GROUPE DE TD/ TD group : 1G TD TP

Contrôle de synthèse 2023

Conversion d'énergie I

Ce sujet comporte trois parties complètement indépendantes, le tout sur 9 pages. Il doit être traité sans calculatrice ni document en répondant directement sur les feuilles de l'énoncé dans les espaces laissés à cet effet. Si besoin, vous pouvez répondre au dos de la feuille EN LE PRÉCISANT. Vous pouvez répondre en français ou en anglais

ATTENTION : Les résultats numériques donnés dans les mauvaises unités (ou sans unité) ne donneront pas la totalité des points.

This exam has three independant parts, with 9 pages. Calculator and documents are not allowed. Answer directly on the exam topic in the space provided for this purpose. If necessary, you can respond on the back of the sheet WHILE SPECIFYING it. You can answer in English or in French

WARNING : Numerical results provided in incorrect units (or without units) will not earn the full points.

1 Questions de cours / Lesson questions

Noircir la bonne réponse. Une seule réponse possible. Une bonne réponse +1 point, un mauvaise réponse -0.25 point.

Darken the correct answer. Only one answer is possible. Correct answer +1 point, wrong answer -0.25point.

1. Le convertisseur Boost / the Boost converter :

- ☐ fonctionne dans 2 quadrants / works in 2 quadrants
- ☐ permet d'augmenter ou diminuer la tension / allows to increase or decrease the voltage
- ☐ a un courant moyen de sortie plus faible que le courant moyen en entrée / has an average output current lower than the average input current
- ☐ peut fonctionner pour une valeur de rapport cyclique proche de 1 / can work with a duty cycle close to 1

2. Le pont en H fonctionne / The H-bridge works :

- ☐ dans 1 quadrant / in 1 quadrant
- ☐ dans 2 quadrants / in 2 quadrants
- ☐ dans 3 quadrants / in 3 quadrants
- ☐ dans 4 quadrants / in 4 quadrants

3. Le convertisseur Flyback (avec une commande à rapport cyclique et fréquence de découpage constante) / the flyback converter (with a control with fixed duty cycle and switching frequency) :

- ☐ ne nécessite pas de stocker de l'énergie dans le transformateur / does not require energy storage in the transformer
- ☐ peut fonctionner sans charge / can work without load
- ☐ peut fonctionner en démagnétisation partielle ou totale du transformateur / can work on full or partial demagnetization of the transformer
- ☐ possède un enroulement de démagnétisation / has a demagnetization winding

4. Quel convertisseur a un flux symétrique dans le transformateur / Which converter has a symmetric flux in the transformer :

- ☐ Cuck
- ☐ Flyback
- ☐ Push-Pull
- ☐ Forward

A REMPLIR OBLIGATOIREMENT SUR CHAQUE FEUILLE
TO BE FILLED IN ON EVERY SHEET



NOM/NAME :

PRÉNOM/FIRST NAME :

GROUPE DE TD/ TD group : 1G TD TP

Contrôle de synthèse 2023

Conversion d'énergie I

5. Pour un matériau ferromagnétique classique, l'ordre de grandeur du champ magnétique de saturation est / for a classical ferromagnetic material, the order of magnitude of the saturation magnetic field is :
- ☐ quelques mT / few mT
 - ☐ quelques 10mT / few 10mT
 - ☐ quelques 100mT / few 100mT
 - ☐ quelques T / few T
 - ☐ quelques 10T / few 10T
 - ☐ quelques 100T / few 100T
6. La norme européenne 61000-3-2 décrit / the european standard 61000-3-2 describes :
- ☐ le bruit maximal autorisé d'une machine à courant continu de moins de 1kW / the maximum noise allowed of a DC motor under 1kW
 - ☐ le facteur de puissance et le taux de distorsion harmonique dans les dispositifs de moins de 16A / the power factor and the total harmonic distortion for devices under 16A
 - ☐ l'ondulation de courant dans les alimentations de dispositifs lumineux de moins de 100W / the current ripple in power supplies for lightning devices under 100W
 - ☐ le rendement minimal autorisé pour les alimentations à découpage de puissance supérieure à 15W / the minimum efficiency required for switch mode power supplies with a power rating greater than 15W



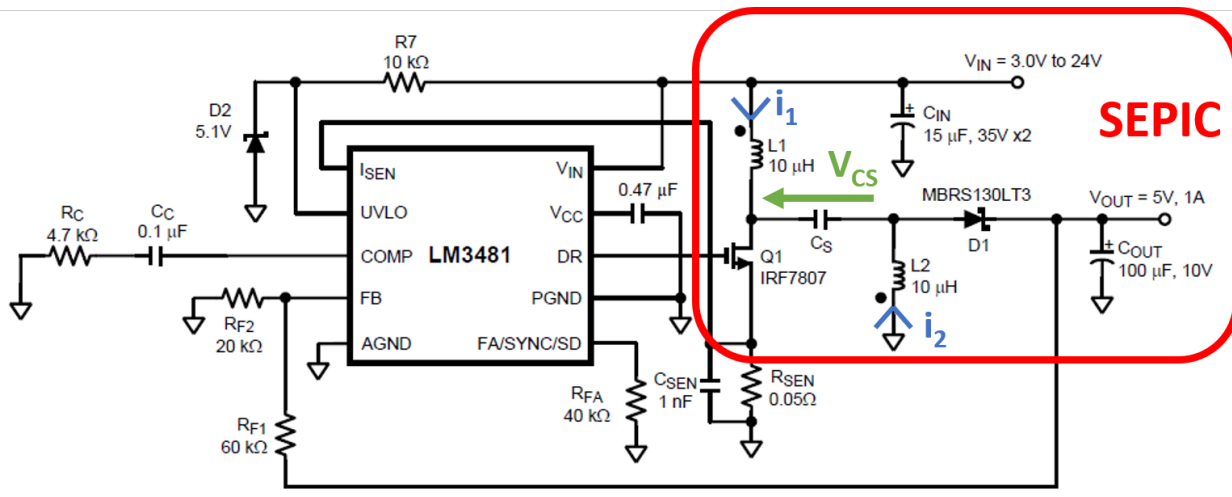
NOM/NAME :
 PRÉNOM/FIRST NAME :
 GROUPE DE TD/ TD group : 1G TD TP

Contrôle de synthèse 2023
 Conversion d'énergie I

2 SEPIC

On cherche à générer une alimentation $V_{out} = 15V$ à partir d'une batterie Lithium 4 éléments dont la tension V_{in} peut varier entre 14V et 16V en fonction de l'état de charge. On utilise pour cela le LM3481 en fonctionnement SEPIC. On suppose que le transistor $Q1$ est commandé à fréquence fixe f_s avec un rapport cyclique α . Cela signifie que le transistor est "passant" de 0 à αT puis "bloqué" de αT à T . **On suppose la conduction continue des inductances L_1 et L_2 . Cela signifie que le courant dans les inductances ne s'annule jamais.** Toute l'étude sera faite en régime permanent. Une partie de la documentation technique du LM3481 est donnée en fin d'exercice.

We aim to generate a $V_{out} = 15V$ supply from a 4-cells lithium battery with a V_{in} voltage range of 14V to 16V depending on the state of charge. To achieve this, we are utilizing the LM3481 in SEPIC operation. We suppose the transistor $Q1$ controlled with a fixed switching frequency f_s and a duty cycle α . This means that the transistor is "on" from 0 to αT and "off" from αT to T . **We assume continuous conduction of inductances L_1 and L_2 . This means that the current in the inductances never becomes zero.** All the study will be done in steady-state. A portion of the technical documentation of LM3481 is provided at the end of the exercise



1. Au vu de l'architecture du SEPIC, est-il réversible en courant ? (justifier)
 Regarding the SEPIC architecture, is it reversible in term of current ? (justify)

2. Montrer que la valeur moyenne de V_{CS} vaut V_{in} .
 Demonstrate that the average value of V_{CS} equals V_{in} .



NOM/NAME :

PRÉNOM/FIRST NAME :

GROUPE DE TD/ TD group : 1G TD TP

Contrôle de synthèse 2023

Conversion d'énergie I

On suppose maintenant que V_{CS} est parfaitement constant et égal à V_{in} .

We now assume that V_{CS} is perfectly constant and equal to V_{in} .

3. Montrer que la diode $D1$ est “bloquée” de 0 à αT puis “passante” de αT à T .

Demonstrate that the diode $D1$ is “reverse” from 0 to αT , then “forward” from αT to T .

On suppose que les tensions V_{in} et V_{out} sont parfaitement constantes.

We suppose the voltages V_{in} and V_{out} perfectly constant.

4. Tracer l'évolution des courants i_1 et i_2 (justifier).

Plot the evolution of currents i_1 and i_2 (justify).



5. En déduire la relation entre V_{in} , V_{out} et α .

Deduce the relationship between V_{in} , V_{out} and α .



NOM/NAME :

PRÉNOM/FIRST NAME :

GROUPE DE TD/ TD group : 1G TD TP

Contrôle de synthèse 2023

Conversion d'énergie I

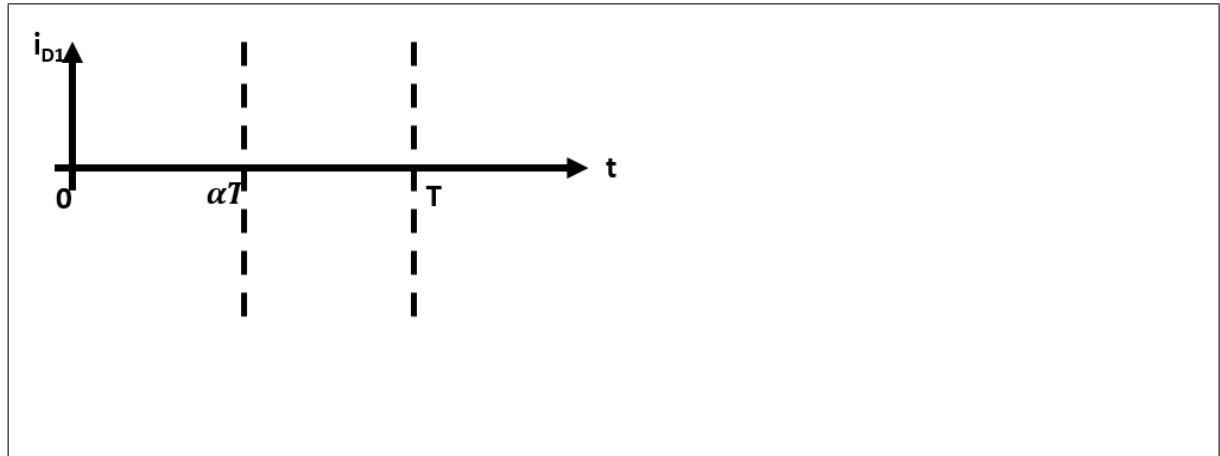
6. Montrer que l'ondulation de courant dans les inductances vaut $\Delta i_1 = \frac{V_{in} \cdot \alpha}{L_1 \cdot f_s}$ et $\Delta i_2 = \frac{V_{in} \cdot \alpha}{L_2 \cdot f_s}$
- Demonstrate that the current ripple in the inductors are $\Delta i_1 = \frac{V_{in} \cdot \alpha}{L_1 \cdot f_s}$ and $\Delta i_2 = \frac{V_{in} \cdot \alpha}{L_2 \cdot f_s}$

On prend maintenant en compte l'ondulation de la tension de sortie. On suppose que la charge absorbe un courant constant I_S .

We now take into account the output voltage ripple. We suppose the load absorbs a constant current I_S .

7. Tracer le courant dans la diode $D1$. Montrer que l'ondulation de la tension de sortie vaut $\Delta V_{out} = \frac{I_S \cdot \alpha}{C_{out} \cdot f_s}$

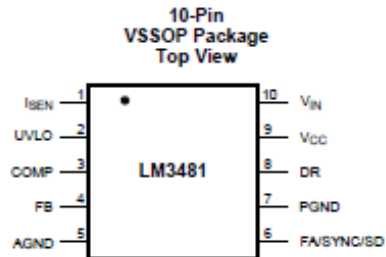
Plot the current in the diode $D1$. Demonstrate that the output voltage ripple is $\Delta V_{out} = \frac{I_S \cdot \alpha}{C_{out} \cdot f_s}$



8. A quoi servent les résistances R_{F1} et R_{F2} ? Les valeurs indiquées sont-elles adaptées à notre application? (justifier)

What is the purpose of resistors R_{F1} and R_{F2} ? Are the numerical values provided suitable for our application? (justify)

5 Pin Configuration and Functions



Pin Functions

PIN		I/O	DESCRIPTION
NO.	NAME		
1	ISEN	A	Current sense input pin. Voltage generated across an external sense resistor is fed into this pin.
2	UVLO	A	Under voltage lockout pin. A resistor divider from V_{IN} to ground is connected to the UVLO pin. The ratio of these resistances determine the input voltage which allows switching and the hysteresis to disable switching.
3	COMP	A	Compensation pin. A resistor and capacitor combination connected to this pin provides compensation for the control loop.
4	FB	A	Feedback pin. Inverting input of the error amplifier.
5	AGND	G	Analog ground pin. Internal bias circuitry reference. Should be connected to PGND at a single point.
6	FA/SYNC/SD	I/A	Frequency adjust, synchronization, and shutdown pin. A resistor connected from this pin to ground sets the oscillator frequency. An external clock signal at this pin will synchronize the controller to the frequency of the clock. A high level on this pin for $\geq 30 \mu s$ will turn the device off and the device will then draw $5 \mu A$ from the supply typically.
7	PGND	G	Power ground pin. External power circuitry reference. Should be connected to AGND at a single point.
8	DR	O	Drive pin of the IC. The gate of the external MOSFET should be connected to this pin.
9	VCC	O	Driver supply voltage pin. A bypass capacitor must be connected from this pin to PGND. See Driver Supply Capacitor Selection section. Do not bias externally.
10	VIN	P	Power supply input pin.

7.2 Functional Block Diagram

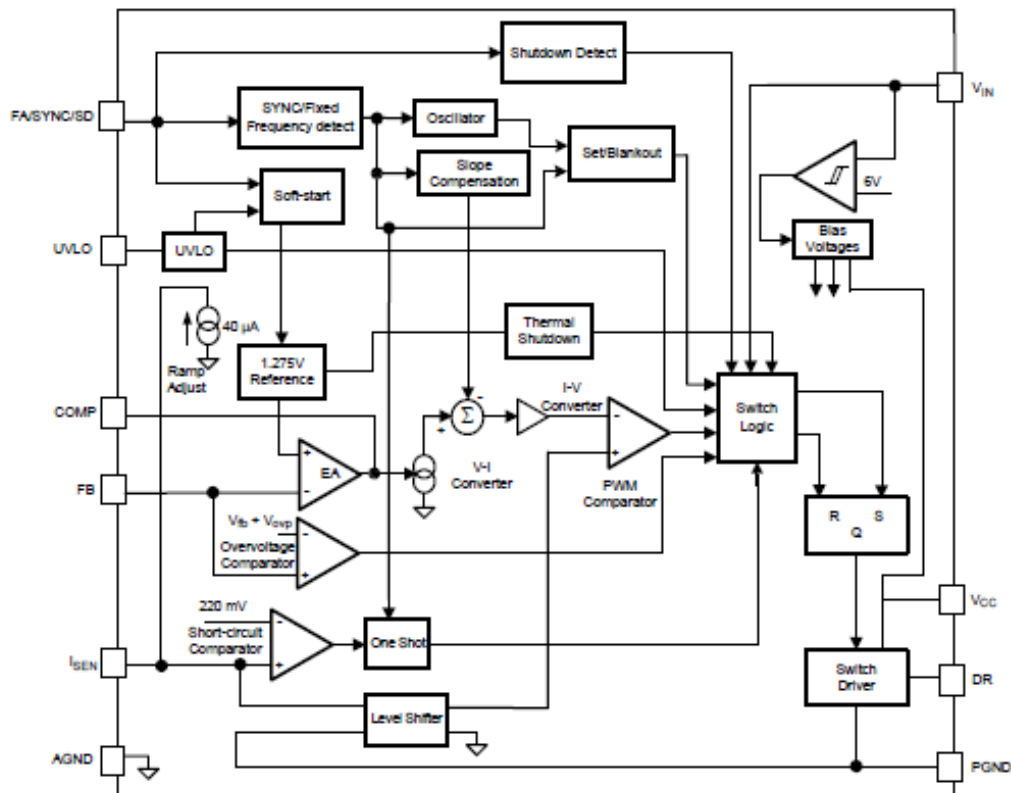


Figure 19. LM3481 Simplified Functional Block Diagram



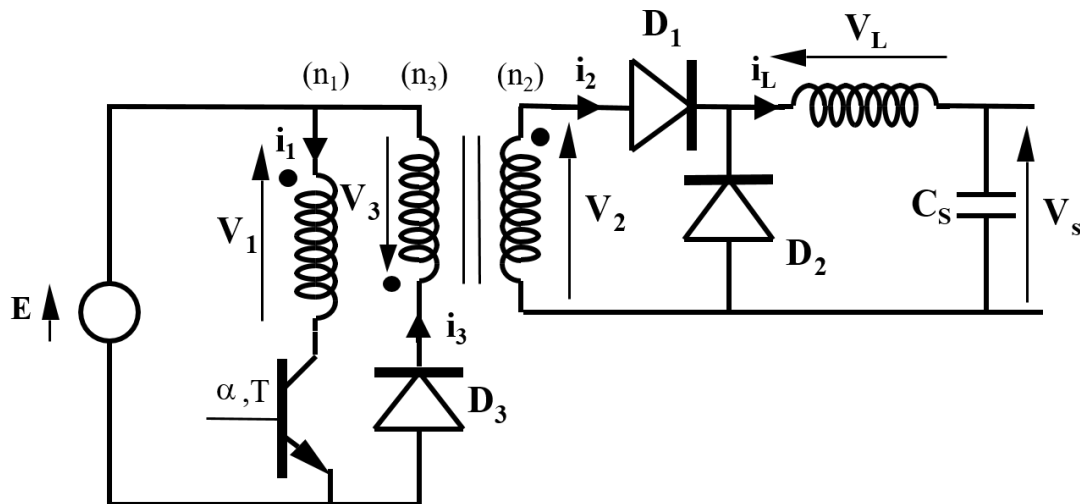
NOM/NAME :
 PRÉNOM/FIRST NAME :
 GROUPE DE TD/ TD group : 1G TD TP

Contrôle de synthèse 2023
 Conversion d'énergie I

3 Forward

On rappelle le schéma du convertisseur Forward ci-dessous. Le transistor T est commandé à fréquence fixe f_s avec un rapport cyclique α . Cela signifie que le transistor est “passant” de 0 à αT puis “bloqué” de αT à T . **On suppose que le convertisseur fonctionne en démagnétisation totale et l'inductance de sortie en conduction continue.** Cela signifie qu'à la fin d'une période, le flux dans le transformateur est nul et le courant dans l'inductance est toujours strictement positif.

The schematic diagram of the Forward converter is recalled bellow. Transistor T is controlled at a fixed frequency f_s with a duty cycle α . This means that the transistor is “on” from 0 to αT and “off” from αT to T . **We suppose that the converter works in full demagnetization mode and the inductor in continuous mode.** It means that, at the end of the period, the flux in the transformer is zero and the current in the inductor is always stricly positive.



1. Écrire la loi d'Hopkinson qui lie les courants i_1 , i_2 , i_3 au flux φ dans le transformateur.
 Give the Hopkinson's law that links the currents i_1 , i_2 , i_3 to the flux φ in the transformer.

2. Ecrire la loi de Lenz liant les tensions v_1 , v_2 et v_3 au flux φ .
 Give the Lenz law that link the voltages v_1 , v_2 and v_3 to the flux φ .

A REMPLIR OBLIGATOIREMENT SUR CHAQUE FEUILLE
TO BE FILLED IN ON EVERY SHEET



NOM/NAME :

PRÉNOM/FIRST NAME :

GROUPE DE TD/ TD group : 1G TD TP

Contrôle de synthèse 2023

Conversion d'énergie I

Etude entre 0 et αT

Study between 0 and αT

3. Sur cet intervalle de temps, donner les expressions de v_1 , v_2 et v_3 en fonction de la tension E et du nombre de spires n_1 , n_2 et n_3 .

On this time interval, give the expression of the voltages v_1 , v_2 and v_3 as a function of the voltage E and the number of turns n_1 , n_2 and n_3 .

4. Justifier que, sur cet intervalle de temps, les diodes D_2 et D_3 sont “bloquées” et D_1 est “passante”.

Justify that, on this time interval, diodes D_2 and D_3 are “reverse” and D_1 is “forward”.

5. Déterminer l'expression du flux $\varphi(t)$ dans le transformateur sur cet intervalle de temps. On rappelle que le convertisseur fonctionne en démagnétisation totale.

Give the expression of the flux $\varphi(t)$ in the transformer during this time interval. It is worth noting that the converter operates in full demagnetization mode.

6. Toujours sur cet intervalle de temps, déterminer l'expression de v_L en fonction de E et V_S .

Still on this time interval, give the expression of v_L as function of E and V_S .



NOM/NAME :

PRÉNOM/FIRST NAME :

GROUPE DE TD/ TD group : 1G TD TP

Contrôle de synthèse 2023

Conversion d'énergie I

Etude entre αT et T

Study between αT and T .

7. Justifier que, juste après la commutation du transistor (à $t = \alpha T^+$), les diodes D_2 et D_3 sont “passantes”, et la diode D_1 est “bloquée”.

Justify that, immediately after the transistor switches (at $t = \alpha T^+$), the diodes D_2 and D_3 are “forward” and D_1 is “reverse”.

8. Sur cet intervalle de temps, donner l'expression de v_L .

On this time interval, give the expression of v_L .

Relation entrée-sortie.

Relationship between input and output.

9. Tracer sur une période $v_L(t)$ et $i_L(t)$ (on négligera pour cela l'ondulation de tension de V_s). En déduire la relation entre E , V_s et α .

Plot over one period $v_L(t)$ and $i_L(t)$ (neglecting the voltage ripple of V_s). Deduce the relationship between E , V_s and α .

