



# Rapport de projet

## Conception d'une carte d'évaluation **HUB USB**

(TUSB8041RGCR)

### AUTEURS

TCHOUNDA FOTSO TRIOMPHE

AWOUMPE BRICE ARNOL

### ENCADRANT

SAMUEL HUET

# **Plan du Rapport**

INTRODUCTION GENERALE.....	5
I. SCHEMA FONCTIONNEL .....	6
I.1 NIVEAU 1 .....	6
I.2 NIVEAU 2 .....	8
1. FP1 .....	8
2. FP2 .....	10
3. FP 3.....	11
4. FP 4.....	13
II. ANALYSE STRUCTURELLE .....	15
I.1 FP1 : Contrôler (TUSB8041RGCR).....	16
1. TUSB8041 et environnement.....	17
a. Description du TUSB8041 .....	17
b. Génération et câblage de l'horloge .....	18
c. Exigences relatives au cristal.....	18
I.2 FP2 : Communiquer via USB .....	21
1. Protection des ports USB sur l'alimentation (TPS2 0 6 5CD GN) .....	23
a. Description.....	23
b. Implémentation .....	24
2. Protection contre surtension (ESD7016).....	26
a. Description.....	26
b. Implémentation .....	26
I.3 FP3 : ALIMENTATION.....	28
1. Le POWER MUX (TPS2117) et environnement .....	29
a. Description.....	29
b. Implémentation .....	29
2. Régulateur TPS7A4501 .....	31
a. Description.....	31
b. Implémentation .....	32
3. Régulateur TPS74801.....	34
a. Description.....	34
b. Implémentation .....	34
I.4 FP4 : Configuration du Système .....	37

a.    DESCRIPTION .....	37
I.5    Bilan de puissance et Bilan énergétique .....	38
1.    Détermination de la puissance nominale du TUSB8041RGCR.....	38
2.    Bilan de puissance .....	38
3.    Bilan énergétique.....	39
III.    ROUTAGE .....	41
I.1    Encombrement .....	45
I.2    Placement.....	45
1.    Top Layer .....	45
2.    Bottom Layer.....	47
3.    Mechanical Layer .....	48
4.    Top assembly .....	49
5.    Bottom assembly .....	50
6.    bill of material .....	50
Conclusion.....	53

## **Table des Figures**

Figure 1:Diagramme fonctionnel de niveau 1 .....	6
Figure 2: Diagramme fonctionnel niveau 2 : contrôler .....	8
Figure 3: Diagramme fonctionnel Niveau 2 : Communiquer via USB.....	10
Figure 4:Diagramme fonctionnel Niveau2 : Alimentation.....	11
Figure 5:Diagramme fonctionnel Niveau2 : Configuration du système .....	13
Figure 6: Schémas bloc du système .....	15
Figure 7:Diagramme Structurel : Contrôler .....	16
Figure 8: Diagramme structurel : communication via USB.....	22
Figure 9:Pin présentation .....	24
Figure 10:Pin présentation ESD7016.....	26
Figure 11:Pin conection ESD7016 .....	26
Figure 12:Diagramme structurel : alimentation .....	28
Figure 13:Présentation pine TPS2117 .....	29
Figure 14:connection pine TPS2117 .....	30
Figure 15:présentation pin TPS7A4501 .....	32
Figure 16: connexion pin TPS7A4501 .....	33
Figure 17:Présentation pin  TPS74801.....	34
Figure 18: connexion pins TPS74801 .....	35

Figure 19:Diagramme structurel : configuration.....	37
Figure 20: STARK-UP .....	41
Figure 21: Configuration clearance.....	42
Figure 22:Configuration of Trace width.....	43
Figure 23:Configuration of Via .....	44
Figure 24:Top Overlay .....	45
Figure 25: Top Layer .....	46
Figure 26:Bottom Overlay .....	47
Figure 27:Bottom Layer .....	48
Figure 28: Mechanical Layer .....	49
Figure 29:Top Assembly .....	49
Figure 30: Bottom Assembly.....	50
Figure 31:bill of material.....	52

## **Table des Tableaux**

Tableau 1: Fonctions Principales.....	7
Tableau 2: Signaux Principaux.....	7
Tableau 3: Fonctions secondaires : Contrôler .....	8
Tableau 4: Signaux secondaires : Contrôler .....	9
Tableau 5: Fonctions secondaires : Communication via USB .....	10
Tableau 6: signaux secondaires : Communication via USB.....	11
Tableau 7: Fonctions secondaires : Alimentation.....	12
Tableau 8 : signaux secondaires : Alimentation .....	12
Tableau 9:Fonctions secondaires : Configuration du système .....	13
Tableau 10:Signaux secondaires : Configuration du système .....	14
Tableau 11:Fonctions structurels : contrôler .....	17
Tableau 12:Fonctions secondaires : Communication USB .....	23
Tableau 13:Configuration des pins TPS2 0 6 5CD GN.....	24
Tableau 14:Fonction structurel : alimenter.....	28
Tableau 15: configuration pine TPS2117 .....	30
Tableau 16:Configuration pin TPS7A4501 .....	32
Tableau 17:Configuration pin TPS74801 .....	35
Tableau 18:Fonction structurel : configurer .....	37

# INTRODUCTION GENERALE

Dans le cadre de notre cours de conception électronique avec Monsieur Samuel HUET, il nous a été demandé de réaliser un Hub USB. Ce projet a débuté le 18 Décembre 2023 et s'achèvera le 03 Février 2024. L'objectif est de nous faire concevoir de A à Z un Hub USB qui répondra de manière optimale aux normes en matière de Conception électronique. A cet effet, un cahier de charge nous a été donné possédant les spécifications techniques suivantes :

- En sortie du HUB USB nous aurons un USB de type A ;
- En entrée du HUB USB nous aurons un USB de type B ;
- Le nombre de port de sorti doit être supérieur ou égale à 3 ;
- Le nom du HUB USB doit être configurable ;
- Le HUB USB devra posséder une alimentation externe ;
- Le PCB devra avoir 4 couches et intégrer les protections ESD ;
- Le composant Principale devra être le TUSB8041RGCR.

Ces différentes spécifications seront dès lors notre feuille de route dans l'élaboration de ce projet.

# I. SCHEMA FONCTIONNEL

## I.1 NIVEAU 1

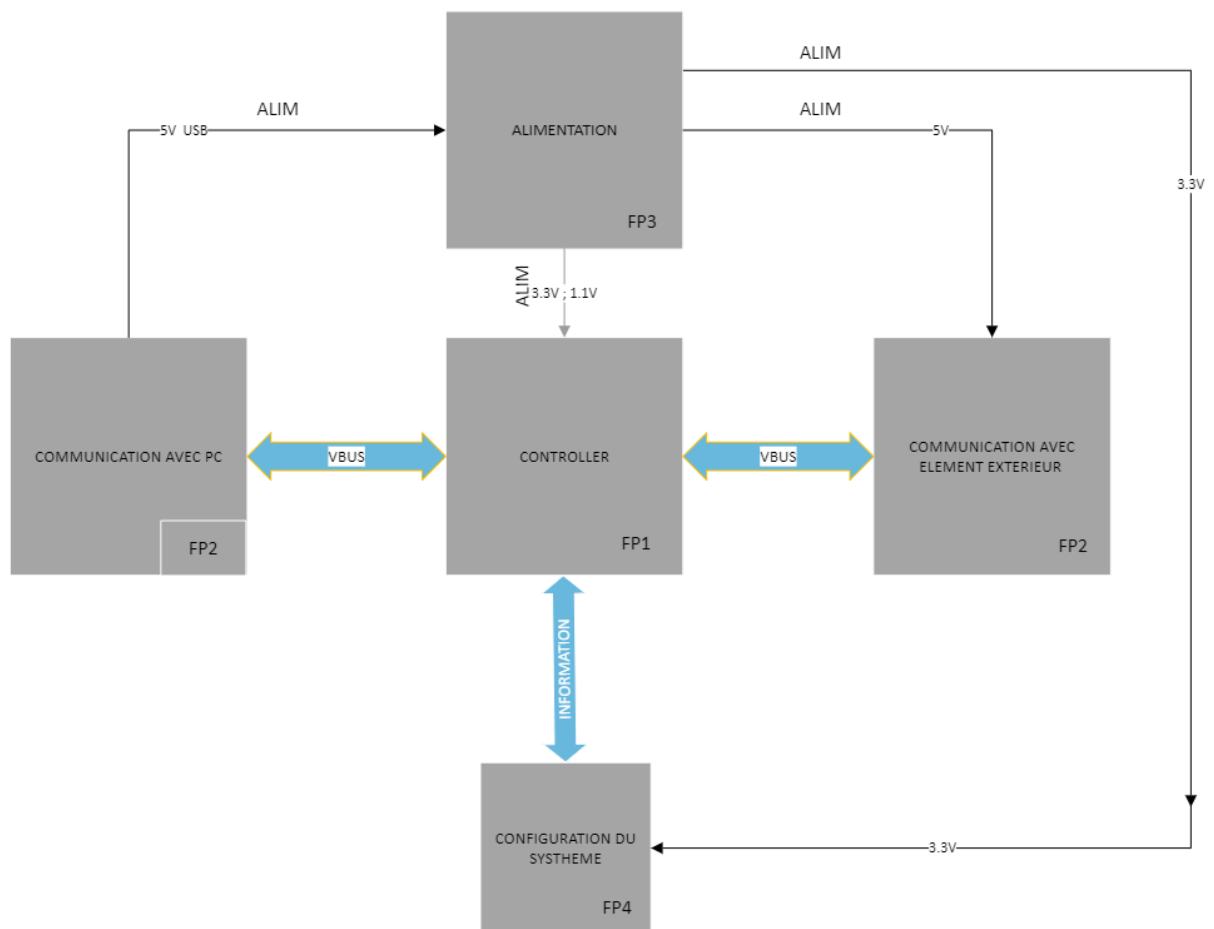


Figure 1: Diagramme fonctionnel de niveau 1

## ➤ FONCTIONS

Numéro	Nom	Description
<b>FP1</b>	Contrôler	Les flux de données et d'alimentation entre plusieurs périphériques USB et un hôte, prend en charge plusieurs applications de chargement de batterie.
<b>FP2</b>	Communiquer via USB	Assurer une communication via le protocole USB
<b>FP3</b>	Alimenter	Assurer l'alimentation des différentes fonctions.
<b>FP4</b>	Configuration du système	Configuration du système ici se fera grâce à l'EEPROM. Les données stockées dans l'EEPROM sont souvent utilisées pour configurer le système lors du démarrage.

Tableau 1: Fonctions Principales

## ➤ SIGNAUX

Nom	Type de signal	Description
<b>5v VBUS</b>	Signal d'alimentation	Alimentation brute non filtrée attende d'être convertie
<b>5V JACK</b>	Signal d'alimentation	Alimentation brute non filtrée attende d'être convertie
<b>5v VBUS</b>	Signal d'alimentation	Alimentation brute non filtrée attende d'être convertie
<b>VBUS</b>	Signal d'alimentation	Moniteur d'alimentation du port USB en amont et en aval
<b>USB</b>	Signal numérique différentiel	Signal de communication USB avec TUSB8041
<b>3.3V</b>	Signal d'alimentation	Alimentation 3.3v dédiée à la quasi-totalité de la carte
<b>1.1V</b>	Signal d'alimentation	Alimentation 3.3v dédiée aux signaux

Tableau 2: Signaux Principaux

## I.2 NIVEAU 2

### 1. FPI

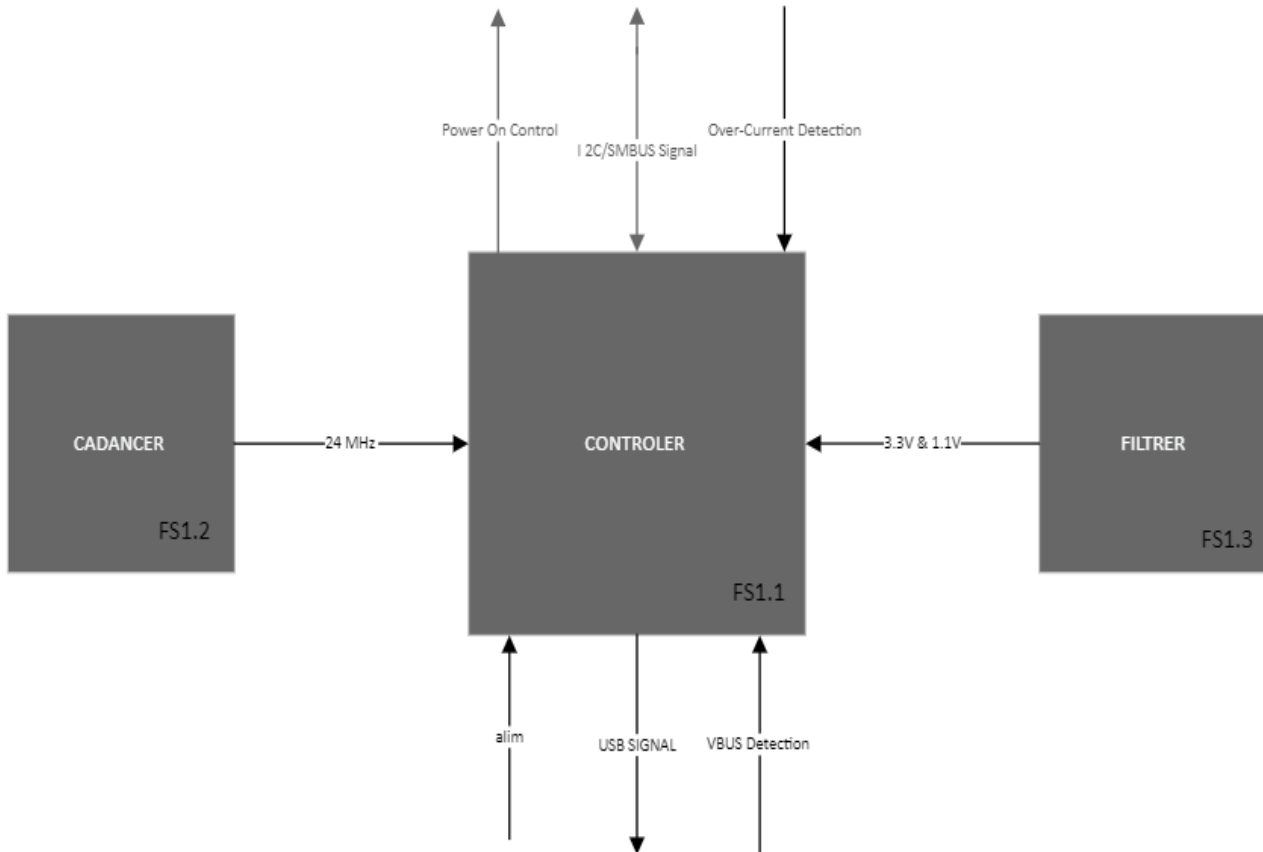


Figure 2: Diagramme fonctionnel niveau 2 : contrôler

### ➤ FONCTIONS

Numéro	Nom	Description
<b>Fs1.1</b>	Contrôler	Donner une fréquence de fonctionnement au composant principale
<b>Fs1.2</b>	Cadencer	Donner une fréquence de fonctionnement au composant principale
<b>Fs1.3</b>	Filtrer	Filtrer l'alimentation et éliminer tous les signaux indésirables

Tableau 3: Fonctions secondaires : Contrôler



## ➤ SIGNAUX

<i>Nom</i>	<b>Type de signal</b>	<b>Description</b>
Power on control	Signal d'alimentation	Contrôler la mise sous tension du Port USB 1, USB2, USB3, USB4 pour les alimentations en aval
Over-curent détection	Signal d'alimentation	Détection de surintensité des port USB 1,2,3,4.
I2c	Signal numérique	Pour transférer les adresses et les données dans et hors du dispositif et synchroniser
VBUS détection	Signal numérique	Permettre au contrôleur de gérer efficacement les périphériques USB connectés en fournissant une alimentation appropriée et en assurant une gestion cohérente de la connexion et de la déconnexion
3.3v	Signal d'Alimentation	Alimentation de la carte
24MHz	Signal alternatif	Signal de cadencement
USB	Signal numérique	Signal de communication USB

Tableau 4: Signaux secondaires : Contrôler

## 2. FP2

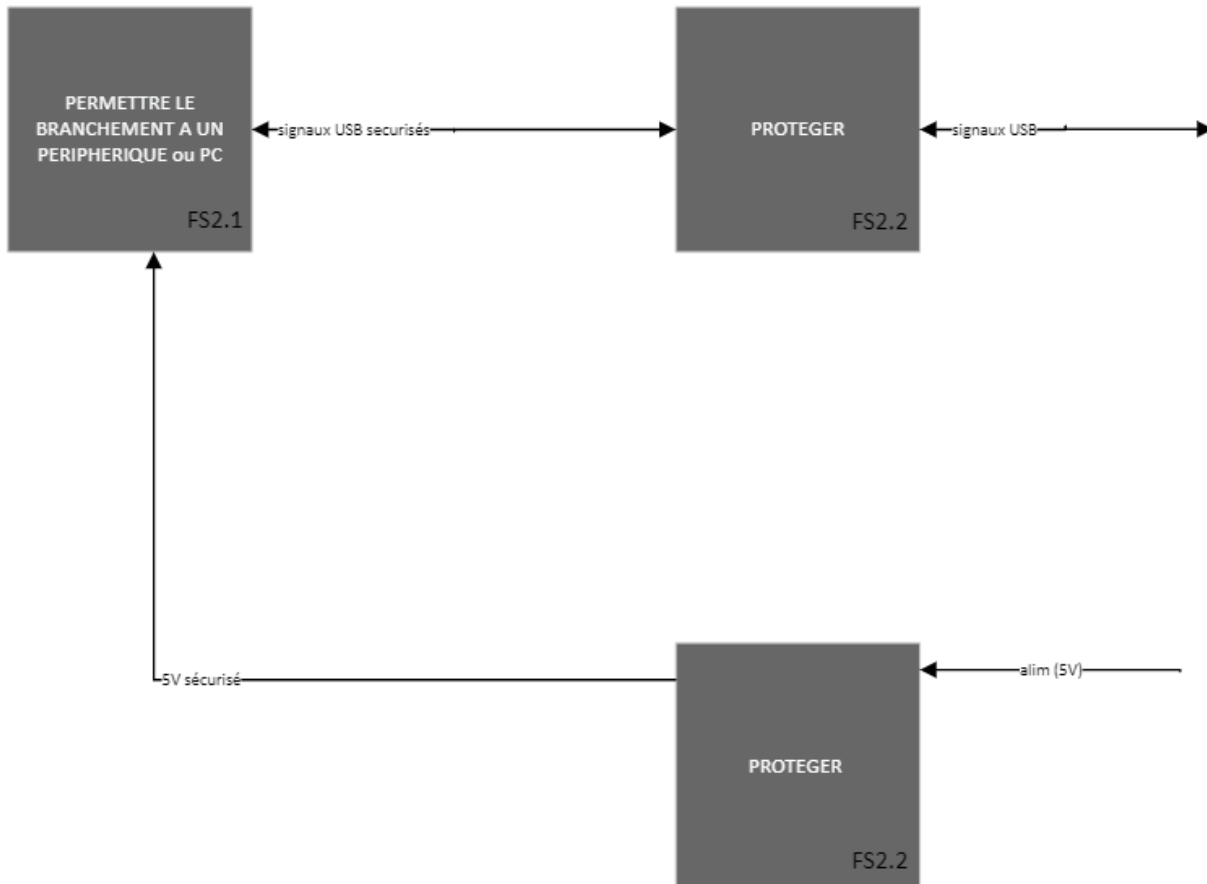


Figure 3: Diagramme fonctionnel Niveau 2 : Communiquer via USB

### ➤ FONCTIONS

Numéro	Nom	Description
<i>Fs2.1</i>	Permettre le branchement à un périphérique	Port standard permettant la connexion avec un Host
<i>Fs2.2</i>	Protéger	Protéger le système d'une puissance excessive

Tableau 5: Fonctions secondaires : Communication via USB

## ➤ SIGNAUX

<i>Nom</i>	<i>Type</i>	<i>Description</i>
5v	Signal continue	Alimentation 5v permettant l'alimentation
USB_5V	Signal numérique	Signal numérique 0-5v différentiel
USB	Signal numérique	Signal numérique différentiel

Tableau 6: signaux secondaires : Communication via USB

### 3. FP 3

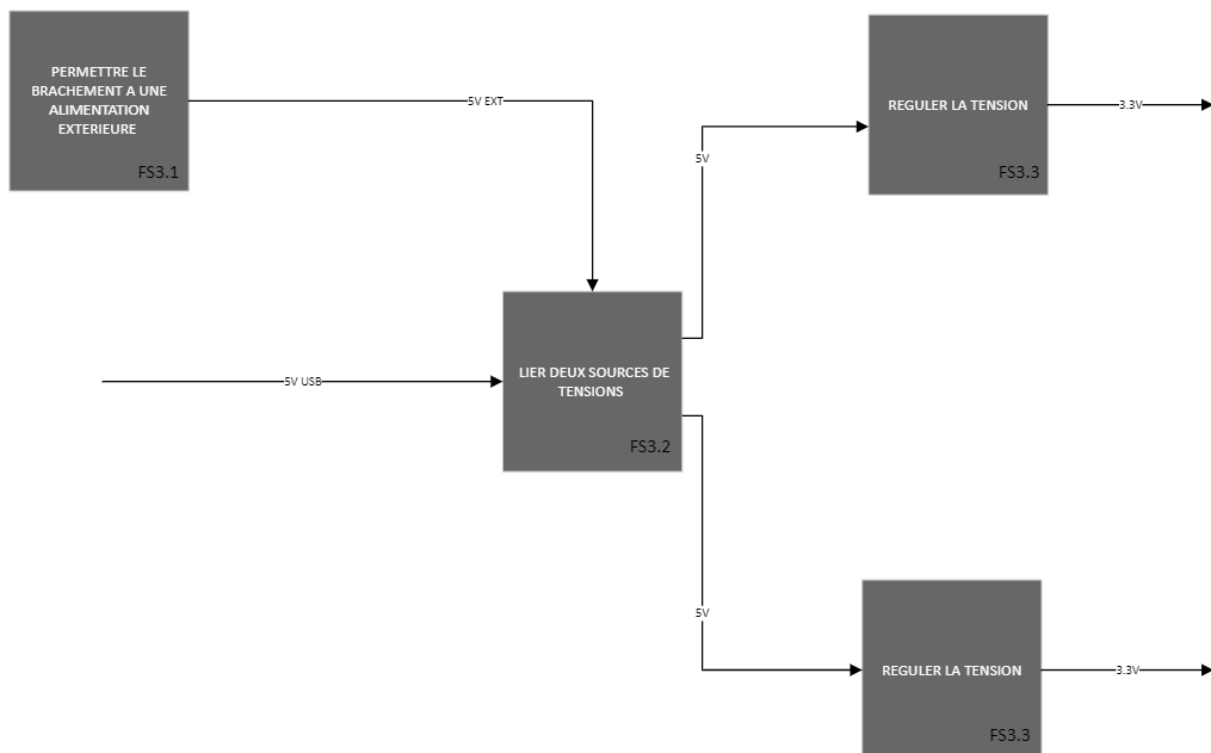


Figure 4: Diagramme fonctionnel Niveau2 : Alimentation

## ➤ FONCTIONS

<i>Numéro</i>	<b>Nom</b>	<b>Description</b>
<i>Fs3.1</i>	Permettre le branchement d'une alimentation Jack	Permettre la connexion d'une alimentation externe et standard
<i>Fs3.2</i>	Lier deux sources d'alimentation	Stabiliser l'alimentation 5v
<i>Fs3.3</i>	Réguler la tension	Convertit et stabilise la tension d'entrée en tension 3.3v et 1.1v stable

Tableau 7: Fonctions secondaires : Alimentation

## ➤ SIGNAUX

<i>Nom</i>	<b>Type</b>	<b>Description</b>
<i>3.3v</i>	Signal d'alimentation	Alimentation de la carte
<i>1.1v</i>	Signal d'alimentation	Alimentation Tusb8041
<i>5v</i>	Signal d'alimentation	Alimentation 5V en attente d'être convertie
<i>5v_USB</i>	Signal d'alimentation	Alimentation 5V en attente d'être convertie

Tableau 8 : signaux secondaires : Alimentation

#### 4. FP 4

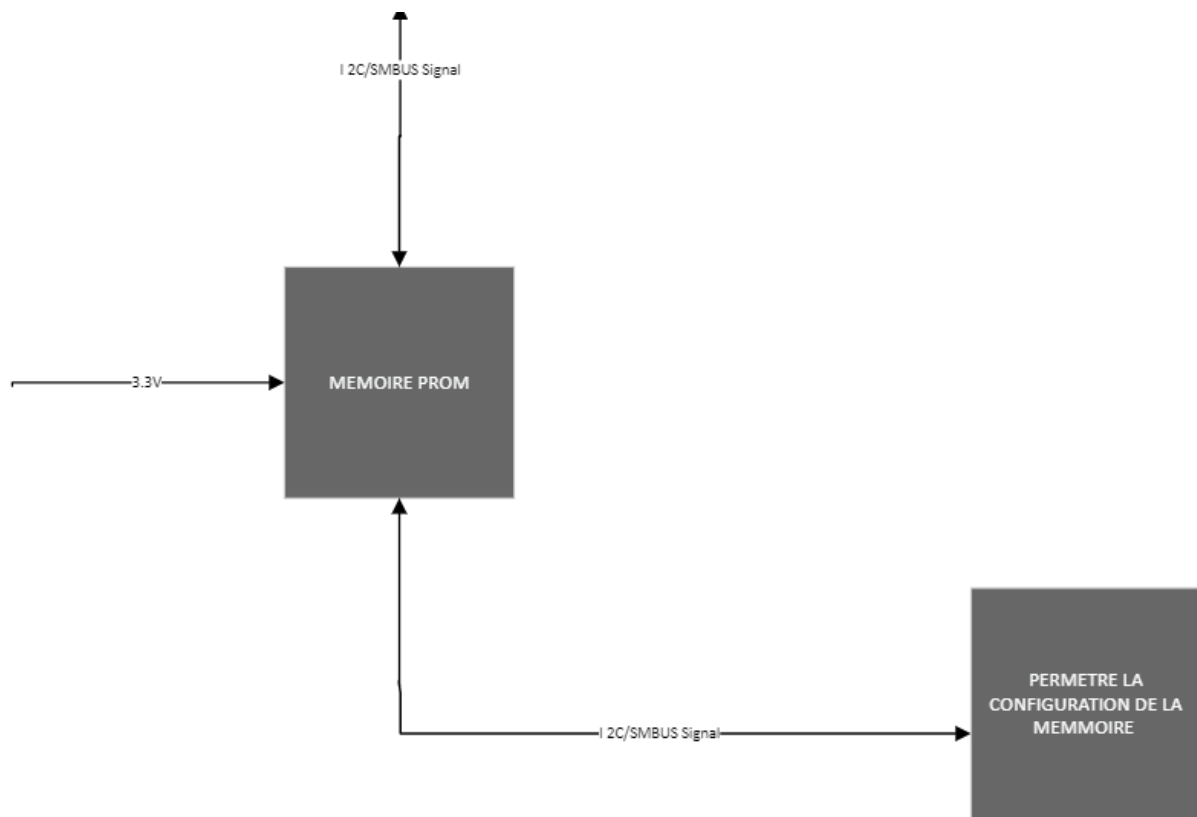


Figure 5:Diagramme fonctionnel Niveau2 : Configuration du système

#### ➤ FONCTIONS

Numéro	Fonction	Description
	Permettre la configuration	Stocker des informations de configuration et de paramétrage
<i>Fs7.4</i>	Filtrer	Filtrer l'alimentation d'éventuels parasites
<i>Fs7.5</i>	Protéger	Protéger en écriture
<i>Fs7.11</i>	Mémoire Eprom	Pour transférer les adresses et les données dans et hors du dispositif et synchroniser

Tableau 9:Fonctions secondaires : Configuration du système

## ➤ SIGNAUX

<i>Nom</i>	<b>Type</b>	<b>Description</b>
3.3v	Signal d'alimentation	Alimentation de l'I2c
I2c	Signal numérique	Pour transférer les adresses et les données (SDA) dans et hors du dispositif et synchroniser (SCL)

*Tableau 10:Signaux secondaires : Configuration du système*

## II. ANALYSE STRUCTURELLE

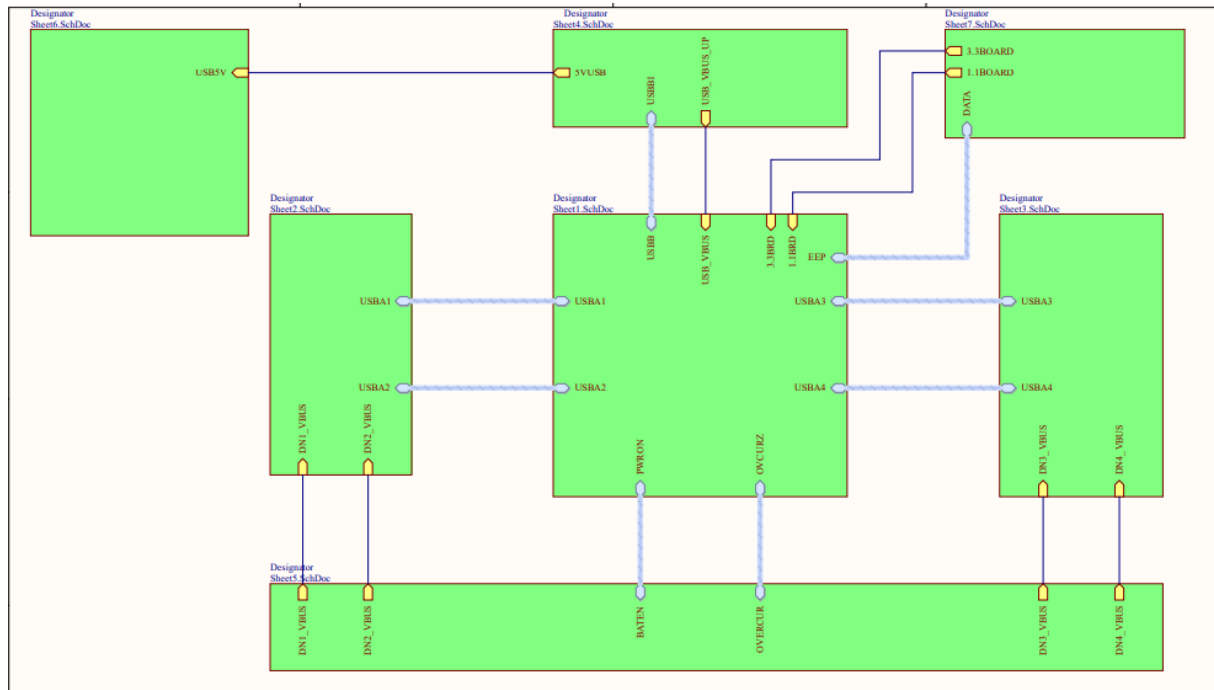


Figure 6: Schémas bloc du système

## I.1 FP1 : Contrôler (TUSB8041RGCR)

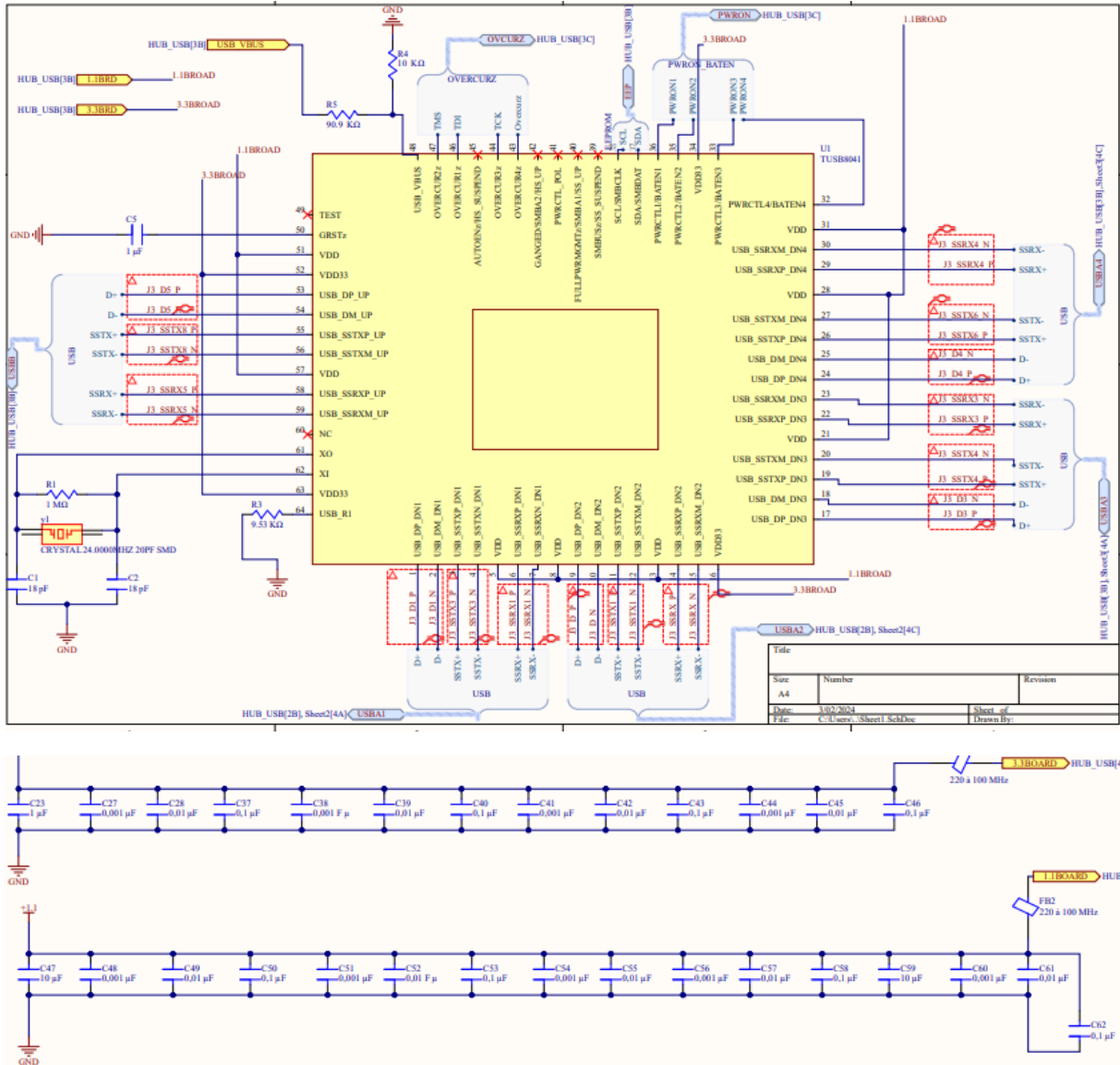


Figure 7:Diagramme Structurel : Contrôler



## ➤ FONCTION

Numéro	Nom	Description	Composants
<b>Fs1.1</b>	Contrôler	Permet le transfert de données rapide entre les périphériques USB et l'hôte	U1, R5, R4, C5, R3
<b>Fs1.2</b>	Cadencer	Donner une fréquence de fonctionnement au composant principale	Y1, R1, C1, C2
<b>Fs1.3</b>	Filtrer	Filtrer l'alimentation et éliminer tous les signaux indésirables	FB1, C37 – C46, FB2, C47 - C62, C23, C27, C28

Tableau 11: Fonctions structurels : contrôler

### 1. TUSB8041 et environnement

Le TUSB8041 est conçu pour fonctionner dans un large éventail d'environnements électroniques. Il peut fonctionner dans des plages de température spécifiques, typiquement de 0°C à 70°C ou même au-delà selon les spécifications du fabricant. Il est important de respecter les conditions environnementales spécifiées dans la fiche technique du TUSB8041 pour garantir un fonctionnement fiable et une longue durée de vie du dispositif. Dans le but de mener à bien son rôle, il se doit d'être bien alimenté et connecté à une horloge.

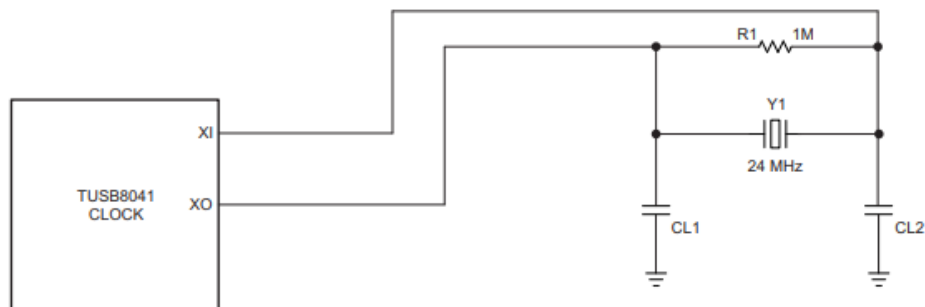
#### a. Description du TUSB8041

Le TUSB8041 est un hub USB 3.0 à quatre ports. Il fournit simultanément des connexions Super Speed USB et haute vitesse / pleine vitesse sur le port amont et fournit des connexions Super Speed USB, haute vitesse, pleine vitesse ou basse vitesse sur l'aval ports. Lorsque le port amont est connecté à un environnement électrique qui ne prend en charge que la haute vitesse ou connexions pleine vitesse/basse vitesse, Super Speed La connectivité USB est désactivée en aval ports. Lorsque le port amont est connecté à un environnement électrique qui ne prend en charge que les connexions à pleine vitesse/basse vitesse, Super Speed USB et la connectivité haute vitesse est désactivée sur le port en aval.

Le TUSB8041 est équipé d'une résistance de tirage interne (pull-up) sur la broche GRSTz (Reset). Dans la plupart des applications, le circuit de réinitialisation passive créé par le condensateur externe et la résistance de tirage interne fournit une impulsion de réinitialisation adéquate sur GRSTz. Nous demandons aux clients de vérifier cela dans leur conception, car ils peuvent avoir besoin de varier la valeur du condensateur externe pour s'assurer que la réinitialisation fonctionne correctement selon leurs besoins spécifiques.

### *b. Génération et câblage de l'horloge*

Le TUSB8041 accepte une entrée de cristal pour piloter un oscillateur interne ou une source d'horloge externe. Si une horloge est fournie à XI au lieu d'un cristal, XO est laissé ouvert. Sinon, si un cristal est utilisé, la connexion doit suivre les directives ci-dessous. Étant donné que XI et XO sont couplés à d'autres pistes et alimentations sur le circuit imprimé, il est important de les maintenir aussi courts que possible et à distance de toute piste de commutation. Il est également recommandé de minimiser la capacité entre XI et XO. Cela peut être réalisé en blindant C1 et C2 avec des lignes de masse propres. (Texas Instruments Incorporated, 2016)



### *c. Exigences relatives au cristal*

Le cristal doit être en mode fondamental avec une capacité de charge de 12 pF à 24 pF et une stabilité de fréquence évaluée à  $\pm 100$  PPM ou mieux. Pour garantir une condition de démarrage d'oscillation appropriée, une résistance série équivalente (ESR) maximale du cristal de 50  $\Omega$  est recommandée. Un condensateur de charge parallèle doit être utilisé si une

source de cristal est utilisée. La valeur exacte de la capacité de charge utilisée dépend du fournisseur de cristal. Reportez-vous à la note d'application "Sélection et spécification des cristaux pour les dispositifs USB 2.0 de Texas Instruments" (SLLA122) pour obtenir des détails sur la manière de déterminer la valeur de la capacité de charge. (Texas Instruments Incorporated, 2016).

Pour calculer les valeurs discrètes des condensateurs utilisant la configuration d'un circuit résonant parallèle, nous suivons les formules suivantes :

Calcul de la valeur du condensateur de charge (CLoad) :

$$CLoad = \frac{CL1 \times CL2}{CL1 + CL2} + CBoard + CDevice \quad \text{avec } cl1 = cl2$$

$$CLoad = \frac{CL1^2}{2CL1} + CBoard + CDevice$$

$$CLoad = \frac{CL1^2}{2} + 4 + 3 \text{ or } cl1 = 18$$

$$CLoad = 16$$

Où:

- CDevice est la capacité d'entrée X1 à la sortie X2 du dispositif plus les capacités parasites (généralement entre 2 pF et 5 pF).
- CBoard est la capacité de la gravure du PCB (généralement entre 3 pF et 6 pF).

Il est important de noter que les valeurs des condensateurs de charge (CL1 et CL2) doivent être égales pour assurer une symétrie optimale du circuit.

X1 : Entrée du cristal. Cette broche est l'entrée du cristal pour l'oscillateur interne. L'entrée peut alternativement être pilotée par la sortie d'un oscillateur externe. Lors de l'utilisation d'un cristal, une résistance de rétroaction de 1 MΩ est nécessaire entre XI et XO.

XO : (Microchip Technology Inc., 2007-2021) Sortie du cristal. Cette broche est la sortie du cristal pour l'oscillateur interne. Si XI est piloté par un oscillateur externe, cette broche peut être laissée non connectée. Lors de l'utilisation d'un cristal, une résistance de rétroaction de 1 MΩ est nécessaire entre XI et XO.

Les plages de tensions recommandées sur le TUSB8041 sont définies sur le tableau suivant :

		MIN	NOM	MAX	UNIT
VDD <sup>(1)</sup>	1.1V supply voltage	0.99	1.1	1.26	V
VDD33	3.3V supply voltage	3	3.3	3.6	V
USB_VBUS	Voltage at USB_VBUS PAD	0		1.155	V
T <sub>A</sub>	Operating free-air temperature	TUSB8041		70	°C
		TUSB8041I		85	°C
T <sub>J</sub>	Operating junction temperature	-40		105	°C

La plage de tension sensé arrivé sur le USB\_VBUS est donc [0 ; 1,155].

Pour déterminer la tension sur l'USB\_BUS du TUSB4081, nous utilisons les formules suivantes :

$$V_{OUT} = \frac{R3 * Vin}{R2 + R3}$$

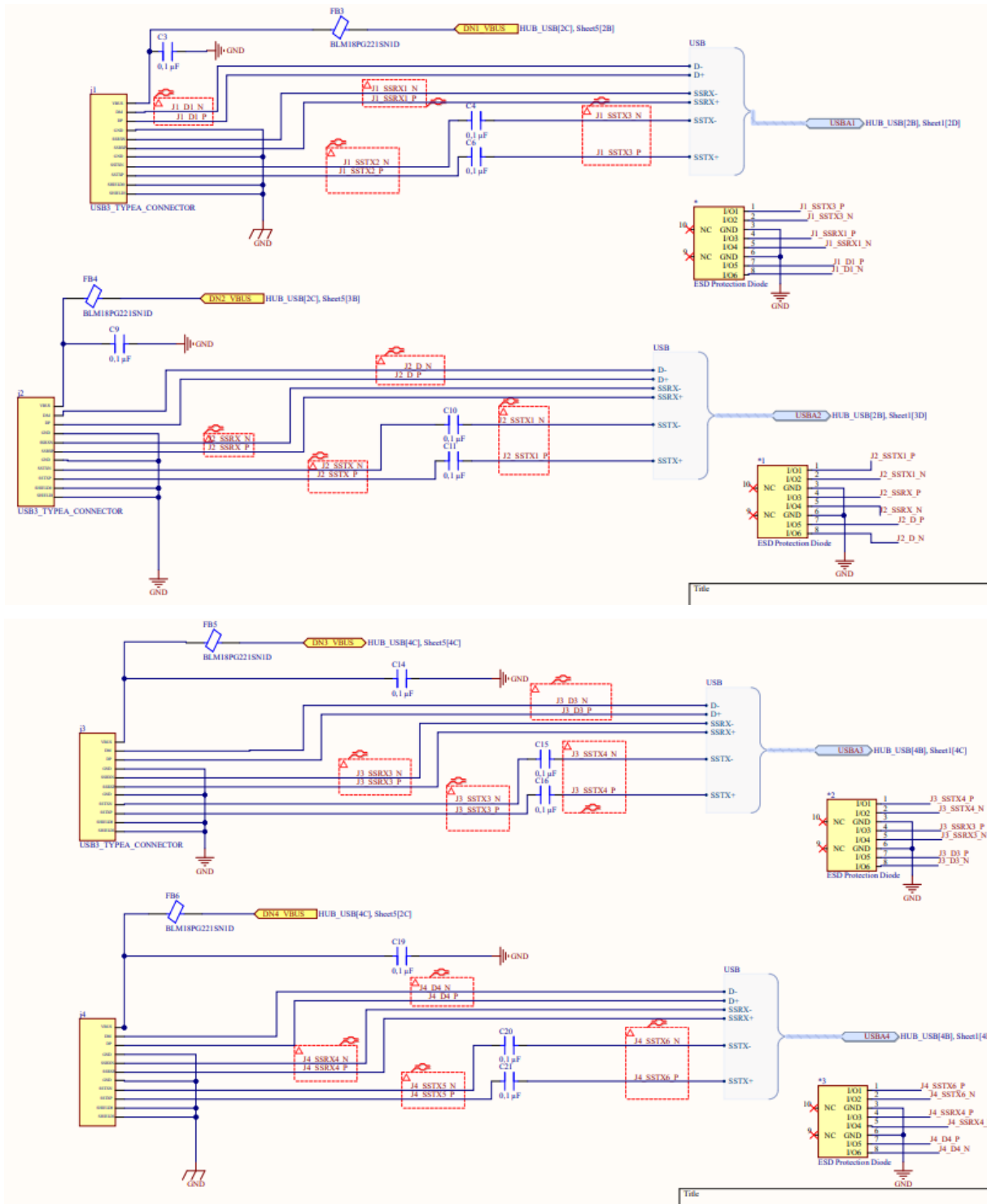
- Si la tension est divisée par un pont diviseur de tension avec R3 et R2 :

$$V_{OUT} = \frac{R3 * Vin}{R2 + R3}$$

$$V_{OUT} = 0.458 \text{ V}$$

La tension de sortie est de 0.458, et elle respecte les limites spécifiées dans la datasheet, c'est-à-dire  $0 < V_{OUT} < 1,155$

## I.2 FP2 : Communiquer via USB





## ➤ FONCTION

Numéro	Nom	Description	Composants
<i>Fs2.1</i>	Permettre le branchement à un périphérique	Port standard permettant la connexion avec un Host	J1, J2, J3, J4, J5, C3, FB3 – FB6, C4, C6, C9 – C11, C14 – C16, C19 – C21, C24 – C26, R10, D1
<i>Fs2.2</i>	Protéger	Protéger le système d'une puissance excessive sur les signaux	*, *1, *2, *3, *4
		Détection de la tension	D2 - D5
		Protège les ports USB contre les surtensions transitoire ou les pics de tensions	U2 – U5, C29 – C36, C63 – C66, R11- R18,

Tableau 12:Fonctions secondaires : Communication USB

Ici il y a 2 types de connecteur USB, le connecteur USB de type B qui va permettre de lier le hub USB à l'ordinateur (PC) et le connecteur USB de type A qui a son tour aura pour but de connecter les éléments extérieurs au HUB USB. Tous ces connecteurs, liés au TUSB, seront protégés.

### 1. Protection des ports USB sur l'alimentation (TPS2 0 6 5CD GN)

#### a. Description

La famille de commutateurs de distribution de puissance TPS20xxC et TPS20xxC-2 est conçue pour des applications telles que l'USB, où des charges capacitatives importantes et des courts-circuits sont susceptibles de se produire. Cette famille propose plusieurs dispositifs avec des seuils de limitation de courant fixe pour des applications allant de 0,5 A à 2 A. Les dispositifs de la famille TPS20xxC et TPS20xxC-2 limitent le courant de sortie à un niveau sûr en fonctionnant en mode courant constant lorsque la charge de sortie dépasse le seuil de limitation de courant. Cela permet d'obtenir un courant de défaut prévisible dans toutes les conditions. Le temps de réponse rapide en cas de surcharge soulage l'alimentation principale de 5 V en fournissant une alimentation régulée en cas de court-circuit en sortie. Les temps de montée et de descente du commutateur de puissance sont contrôlés pour minimiser les surtensions de courant lors de la mise sous tension et de la mise hors tension.

## b. Implémentation

### ➤ Configuration des pins et fonctions

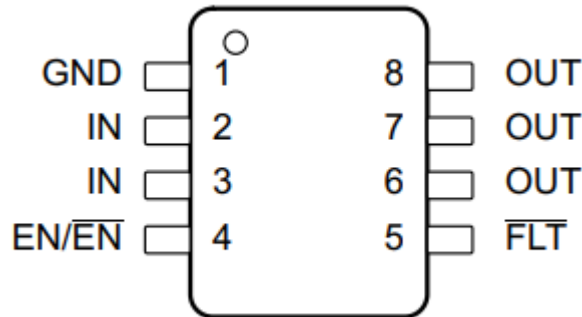
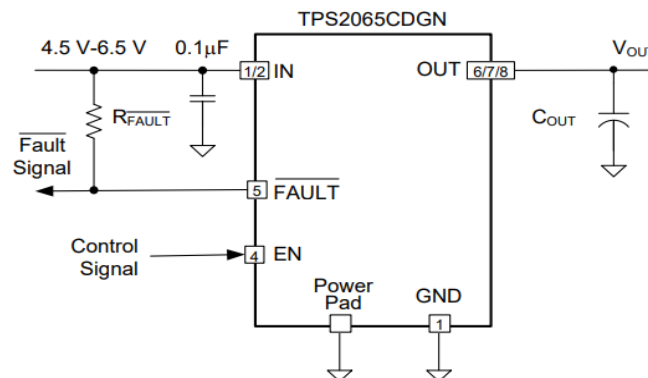


Figure 9: Pin présentation

Pin		I/O	DESCRIPTION
Name	NO		
EN/EN	4	I	L'activation de l'entrée, avec une logique haute, allume le commutateur d'alimentation.
FLT	5	O	Sortie à collecteur ouvert à niveau bas actif, activée en cas de surintensité ou de surchauffe.
GND	1	—	Masse
IN	2, 3	PWR	Tension d'entrée et drain du commutateur d'alimentation ; connectez un condensateur céramique de 0,1 $\mu$ F ou plus de IN à GND près du IC.
OUT	6, 7 et 8	PWR	Sortie du commutateur d'alimentation, à connecter à la charge.
PowerPAD (DGN Only)	Power PAD	—	Connectez le PAD au plan de masse pour une meilleure dissipation thermique.

Tableau 13: Configuration des pins TPS2065CDGN

### ➤ CONNECTION





➤ **Détermination des valeurs de  $R_F$ ,  $C_{OUT}$  et  $C_I$**

La capacitance d'entrée et de sortie améliore les performances du dispositif ; la capacitance réelle doit être optimisée pour l'application particulière. Pour toutes les applications, TI recommande de placer un condensateur de dérivation céramique de 0,1  $\mu\text{F}$  ou plus entre IN et GND, aussi près du dispositif que possible pour un découplage local du bruit

Donc

$$C_I = 0,1 \mu\text{F}$$

Les applications avec une grande inductance de sortie (comme avec un câble) bénéficient de l'utilisation d'un condensateur de sortie de grande valeur pour contrôler la sous-tension de tension. Lors de l'implémentation d'applications standard USB, une capacitance de sortie minimale de 120  $\mu\text{F}$  est requise. Typiquement, un condensateur électrolytique de 150  $\mu\text{F}$  est utilisé, ce qui est suffisant pour contrôler les sous-tensions de tension. Cependant, si l'application ne nécessite pas 120  $\mu\text{F}$  de capacitance, et s'il y a un potentiel pour faire descendre la sortie en négatif, alors TI recommande un minimum de 10  $\mu\text{F}$  de capacitance céramique en sortie. La sous-tension de tension doit être contrôlée à moins de 1,5 V pendant 10  $\mu\text{s}$ .

Alors,

$$C_{OUT} = 150 \mu\text{F}$$

$$R_F = 10 \text{ k}\Omega$$

## 2. Protection contre surtension (ESD7016)

### a. Description

La protection contre les surtensions ESD7016 est spécifiquement conçue pour protéger les interfaces USB 3.0 en intégrant deux paires Super speed, D+, D-, et les lignes Vbus dans un seul produit de protection. Une capacitance ultra-faible et une tension de clampage ESD basse font de ce dispositif une solution idéale pour protéger les lignes de données haute vitesse sensibles à la tension. Le boîtier de style à passage direct permet une disposition PCB facile et des longueurs de piste appariées nécessaires pour maintenir une impédance cohérente entre les lignes différentielles haute vitesse

### b. Implémentation

#### ➤ Configuration des pins et fonctions

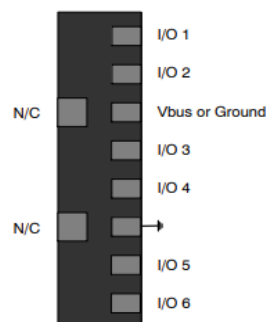


Figure 10: Pin presentation ESD7016

#### ➤ Connection

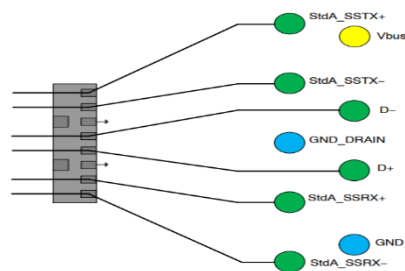


Figure 11: Pin connection ESD7016

Le TVS diode joue un rôle crucial dans la protection des équipements électroniques en assurant une protection efficace contre les surtensions et les pics transitoires qui pourraient les endommager.

### I.3 FP3 : ALIMENTATION

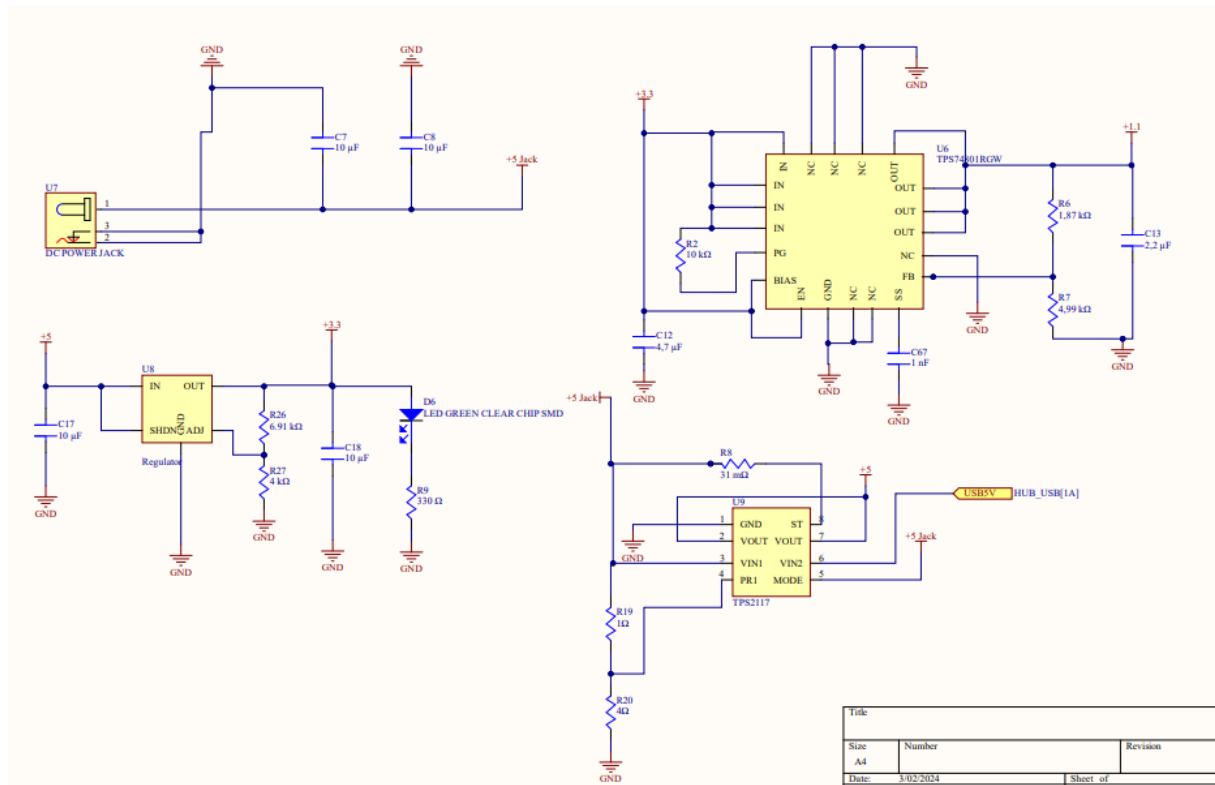


Figure 12:Diagramme structurel : alimentation

### ➤ FONCTIONS

Fonctions	Description	Composants
FS3.1 : permettre le branchement à une alimentation extérieure	Elle permet le transfert d'énergie électrique entre l'adaptateur d'alimentation ou le câble d'alimentation et l'appareil électronique, fournissant ainsi l'alimentation nécessaire au fonctionnement de l'appareil.	U7, C7, C8
FS3.2 : Lier 2 sources de tensions	Permet de commuter entre les sources d'alimentations tout en fournissant un taux de variation contrôlé lorsque la tension est d'abord appliquée.	U9, R8, R19, R20
FS3.3 <sup>1</sup> : Réguler la tension de 3.3V	Réguler une tension de 3.3V avec une tension en entrée de 5V	C17, C18 R27, R26, U8
FS3.3 <sup>2</sup> : Réguler la tension de 1.1V	Réguler une tension de 1.1V avec une tension en entrée de 3.3V	U6, C12, C13, C67, R6, R7, R2

Tableau 14:Fonction structurel : alimenter

L'alimentation est une partie très importante dans un circuit électronique. En effet elle permet de délivrer, en plus de la tension, le courant ainsi que la dissipation nécessaire. Pour commencer nos 2 sources de tensions ont été mises en commun par le biais d'un POWER MUX. Par la suite, 2 régulateurs à découpage, ont été choisis dans le but de baisser la tension respectivement en 3.3V puis en 1.1V dans le but d'alimenter principalement le TUSB.

### *1. Le POWER MUX (TPS2117) et environnement*

#### *a. Description*

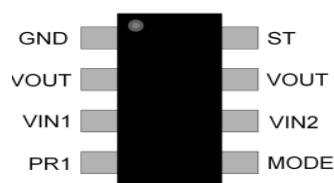
Le TPS2117 est un dispositif de commutation d'alimentation avec une tension nominale de 1,6 V à 5,5 V et une intensité maximale nominale de 4 A. Le dispositif utilise des MOSFETs à canal N pour commuter entre les sources d'alimentation tout en fournissant un taux de montée contrôlé lorsque la tension est appliquée pour la première fois.

En raison de son faible courant de repos de 1,32  $\mu$ A (typique) et de son faible courant de veille de 50 nA (typique), le TPS2117 est idéal pour les systèmes où une batterie est connectée à l'une des entrées. Ces faibles courants prolongent la durée de vie et le fonctionnement de la batterie lorsqu'elle est en cours d'utilisation.

Le TPS2117 peut être configuré pour deux comportements de commutation différents en fonction de l'application. Le mode de priorité automatique privilégie l'alimentation connectée à VIN1 et bascule sur l'alimentation secondaire (VIN2) lorsque VIN1 chute. Le mode manuel permet à l'utilisateur de basculer entre les canaux en utilisant un signal GPIO ou d'activation. (Texas Instruments Incorporated, 2023)

#### *b. Implémentation*

##### ➤ **Configuration des pins et fonctions**



*Figure 13: Présentation pine TPS2117*

Pin		I/O	DESCRIPTION
Name	NO		
GND	1	—	Devise grounds
VOUT	2,7	O	Output power.
VIN1	3	I	Channel 1 input power
PR1	4	I	I Selects between VIN1 and VIN2. When PR1 is high VIN1 is selected, and when PR1 is low VIN2 is selected.
MODE	5	I	Device is put into Priority mode when MODE is tied to VIN1 and manual mode when MODE is pulled up to an external voltage.
VIN2	6	I	Channel 2 input power.
ST	8	O	Open drain status pin. Pulled low when VIN1 is not being used.

Tableau 15: configuration pine TPS2117

### ➤ Connection

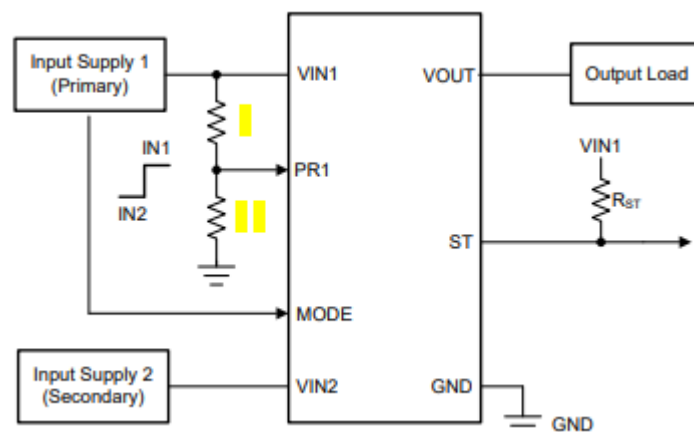


Figure 14:connection pine TPS2117

### ➤ Détermination des Valeurs de R1 et R2

La détermination de R1 et R2 dépende principalement de VPR1 et de VIN1. VPR1 n'est rien d'autre que la tension aux bornes de R2.

D'après le schéma ; on a :

$$V_{PR1} = V_{IN1} \times \frac{R2}{R1+R2}$$

En plus  $V_{IN1} = 5V$

$V_{PR1} = 1V$  (Texas Instruments Incorporated, 2023) (Page 6)

On aura donc :  $R1 = 4 \times R2$

On pose  $R1 = 1 \, \Omega$

Alors

$$R2 = 4 \, \Omega$$

D'après (Texas Instruments Incorporated, 2023) (Page 6),  $R_{st} = 31 \, m\, \Omega$

## 2. Régulateur TPS7A4501

### a. Description

Les dispositifs TPS7A45xx sont des régulateurs à faible chute de tension (LDO) optimisés pour une réponse transitoire rapide. Le dispositif peut fournir un courant de sortie de 1,5 A avec une tension de décrochage de 300 mV. Le courant de repos en fonctionnement est de 1 mA, chutant à moins de 1  $\mu$ A en mode d'arrêt. Le courant de repos est bien contrôlé ; il n'augmente pas en cas de décrochage comme c'est le cas avec de nombreux autres régulateurs. En plus d'une réponse transitoire rapide, les régulateurs TPS7A45xx ont un bruit de sortie très faible, ce qui les rend idéaux pour les applications sensibles à l'alimentation RF. La plage de tension de sortie va de 1,21 V à 20 V. Les régulateurs TPS7A45xx sont stables avec une capacité de sortie aussi faible que 10  $\mu$ F. De petits condensateurs céramiques peuvent être utilisés sans nécessiter l'ajout de résistance série équivalente (ESR) comme c'est courant avec d'autres régulateurs.

Les dispositifs comprennent des protections internes telles que la protection contre les inversions de polarité, la limitation du courant, la limitation thermique et la protection contre les courants inverses. Les dispositifs sont disponibles dans des tensions de sortie fixes de 1,5 V, 1,8 V, 2,5 V, 3,3 V, ainsi que sous forme d'un dispositif réglable avec une tension de référence de 1,21 V.

## b. Implémentation

### ➤ Configuration des pins et fonctions



Figure 15:presentation pin TPS7A4501

Pin		DESCRIPTION
Name	NO	
SHDN	1	SHDN est utilisé pour mettre les régulateurs TPS7A45xx en mode de mise hors tension à faible consommation, désactivant la sortie lorsque SHDN est bas. Si inutilisé, SHDN doit être connecté à VIN pour maintenir le dispositif en mode de mise hors tension à faible consommation.
IN	2	L'entrée d'alimentation IN est protégée contre les tensions inverses et un condensateur de dérivation est recommandé pour les circuits alimentés par batterie. En cas d'entrée inversée, le dispositif agit comme s'il comportait une diode en série pour empêcher le courant inverse et protéger la charge.
GND	3	Pour le boîtier KTT, le pad thermique exposé est connecté à la masse et doit être soudé sur le circuit imprimé pour garantir les performances thermiques nominales.
OUT	4	Une capacité de sortie minimale de 10 $\mu$ F est requise pour éviter les oscillations, tandis que des condensateurs de sortie plus importants sont nécessaires pour les applications avec de fortes charges transitoires.
ADJ	5	Ajustement. Pour la version ajustable uniquement (TPS7A4501), il s'agit de l'entrée de l'amplificateur d'erreur. ADJ est intrinsèquement limité à $\pm 7$ V. Il a un courant de polarisation de 3 $\mu$ A qui circule dans la broche. La tension ADJ est de 1,21 V par rapport à la masse, et la plage de tension de sortie est de 1,21 V à 20 V.
SENSE	5	SENSE est l'entrée de l'amplificateur d'erreur pour les versions à tension fixe du régulateur. En connectant SENSE à la sortie au niveau de la charge, les chutes de tension causées par la résistance des pistes de circuit imprimé peuvent être minimisées, tout en permettant à SENSE d'être tiré en dessous de la masse dans un système à double alimentation.
GND	6	Masse. Pour le boîtier DCQ uniquement.

Tableau 16:Configuration pin TPS7A4501



### ➤ Connection

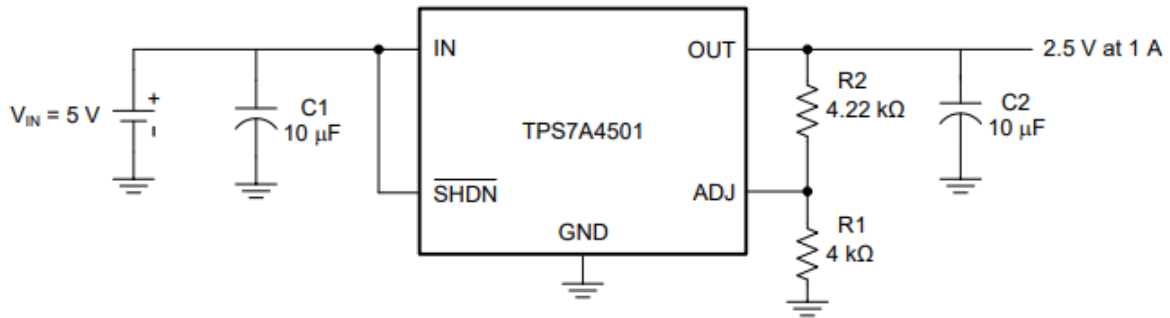


Figure 16: connexion pin TPS7A4501

### ➤ Détermination des Valeurs de R1 et R2

Le TPS7A4501 a une plage de tension de sortie ajustable de 1,21 à 20 V. La tension de sortie est réglée par le rapport de deux résistances externes R1 et R2 comme indiqué dans la Figure 33 (Texas Instruments Incorporated, 2023). Le dispositif maintient la tension à la broche ADJ à 1,21 V par rapport à la masse. Le courant dans R1 est alors égal à  $(1,21 \text{ V}/R1)$ , et le courant dans R2 est le courant dans R1 plus le courant de polarisation de la broche ADJ. Le courant de polarisation de la broche ADJ, 3 µA à 25°C, circule à travers R2 dans la broche ADJ. La tension de sortie peut être calculée en utilisant l'Équation 5 (Texas Instruments Incorporated, 2023).

$$V_{OUT} = 1.21 \times \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) + I_{ADJ} \times R2$$

La valeur de R1 doit être inférieure à 4,17 kΩ pour minimiser les erreurs dans la tension de sortie causées par le courant de polarisation de la broche ADJ. Notez qu'en cas d'arrêt, la sortie est désactivée et le courant du diviseur est nul. Pour une tension de sortie de 3.3 V, R1 sera réglé à 4,0 kΩ. En utilisant l'équation ci-dessus, on trouve que R2 doit être de 6.91 kΩ.

$$V_{OUT} = 1.21 \times \left(1 + \frac{6.91}{4}\right) + 3 \times 10^{-6} \times 6.91$$

$$V_{OUT} = 3.3003 \text{ V}$$

### 3. Régulateur TPS74801

#### a. Description

Le régulateur linéaire à faible chute de tension (LDO) TPS748 offre une solution robuste de gestion de l'alimentation facile à utiliser pour une grande variété d'applications. Le démarrage progressif programmable par l'utilisateur minimise le stress sur la source d'alimentation d'entrée en réduisant le courant d'appel capacitif au démarrage. Le démarrage progressif est monotone et conçu pour alimenter de nombreux types différents de processeurs et ASIC. L'entrée d'activation et la sortie de bon fonctionnement facilitent le séquençage avec des régulateurs externes. Cette flexibilité complète permet de configurer une solution répondant aux exigences de séquençage des FPGA, DSP et autres applications avec des besoins de démarrage spéciaux. Une référence de précision et un amplificateur d'erreur offrent une précision de 2 % sur la charge, la ligne, la température et le processus. Le dispositif est stable avec tout type de condensateur supérieur ou égal à 2,2  $\mu\text{F}$ , et est entièrement spécifié pour  $T_J = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$  à  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Le TPS748 est proposé dans un boîtier VSON-10 de petite taille de 3 mm  $\times$  3 mm, offrant une taille de solution totale très compacte. Le dispositif est également disponible dans un boîtier VQFN-20 de 5 mm  $\times$  5 mm pour une compatibilité avec le TPS744.

#### b. Implémentation

##### ➤ Configuration des pins et fonctions

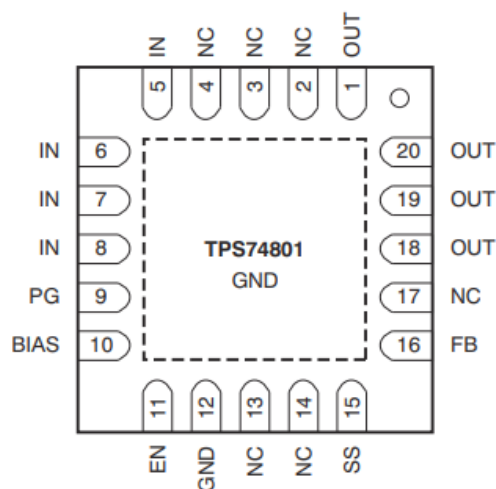


Figure 17:Présentation pin TPS74801

Pin		I/O	DESCRIPTION
Name	NO		
BIAS	10	I	Tension d'entrée de polarisation pour l'amplificateur d'erreur, pour assurer des performances optimales, il est recommandé d'utiliser un condensateur d'entrée de 1 $\mu$ F ou plus, et si IN est connecté à BIAS, un condensateur de 4,7 $\mu$ F ou plus doit être utilisé.
EN	11	I	Broche d'activation, en mettant la broche d'activation à un niveau logique haut, le régulateur est activé, et en la mettant à un niveau logique bas, le régulateur est mis en mode d'arrêt. Il est important de ne pas laisser cette broche non connectée.
FB	16	I	Broche de rétroaction ; la broche de rétroaction est connectée au point central d'un diviseur de tension externe qui définit la tension de sortie. Il est important de ne pas laisser cette broche flottante.
GND	12	—	Masse
IN	5-8	I	Entrée du dispositif. Un condensateur d'entrée de 1 $\mu$ F ou plus est recommandé pour des performances optimales.
NC	2-4, 13, 14, 17	—	Aucune connexion. Cette broche peut être laissée flottante ou connectée à la masse pour permettre un meilleur contact thermique avec le plan supérieur.
OUT	1, 18	O	Tension de sortie régulée, pour assurer la stabilité, un petit condensateur céramique d'une capacité totale d'au moins 2,2 $\mu$ F est nécessaire entre cette broche et la masse.
PG	9	O	La broche Power Good indique l'état de VOUT et nécessite une résistance de rappel connectée à une alimentation jusqu'à 5,5 V, ou peut être laissée non connectée si la surveillance de la sortie n'est pas nécessaire.
SS	15	—	Soft-Start pin

Tableau 17: Configuration pin TPS74801

## ➤ Connection

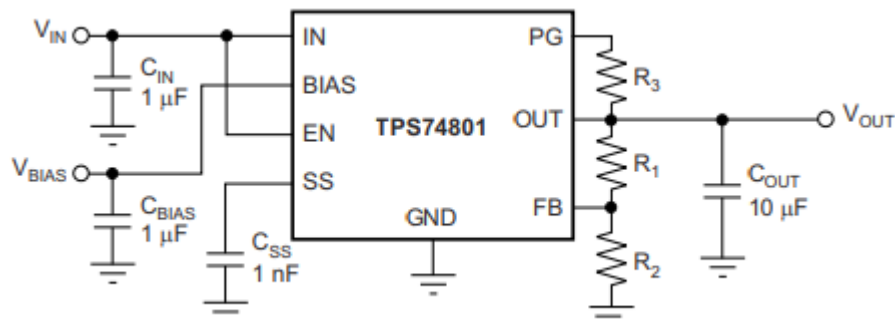


Figure 18: connexion pins TPS74801

### ➤ Détermination des Valeurs de R3, R2 et R1

D'après (Texas Instruments, 2023)(Tableau 8.1) (page 23)  $R3 = 10\text{ k}\Omega$

Pour une tension de sortie  $V_{OUT} = 1.1\text{V}$  il nous faudrait avoir des résistances de  $R1 = 1.87\text{ k}\Omega$  et de  $R2 = 4.99\text{ k}\Omega$

Donc :

$$R3 = 10\text{ k}\Omega, R2 = 4.99\text{ k}\Omega, R1 = 1.87\text{ k}\Omega$$

Ces valeurs vérifient belle et bien l'équation

$$V_{OUT} = 0.8 \times \left(1 + \frac{R1}{R2}\right)$$

Comme il n'y a qu'un seul rail disponible, l'alimentation d'entrée et l'alimentation de polarisation sont connectées ensemble sur l'alimentation d'entrée de 3,3 V.

$$(V_{OUT} = V_{IN} = 3.3\text{V})$$

La tension de sortie doit être réglée à 1.1V. Le dimensionnement minimal des condensateurs est souhaité. Pour  $C_{IN} = C_{BIAS} = 4,7\text{ }\mu\text{F}$ , et  $C_{OUT} = 2,2\text{ }\mu\text{F}$ . Nous Utiliserons  $C_{SS} = 1\text{ nF}$  pour un temps de démarrage typique de 1,8 ms.

## I.4 FP4 : Configuration du Système

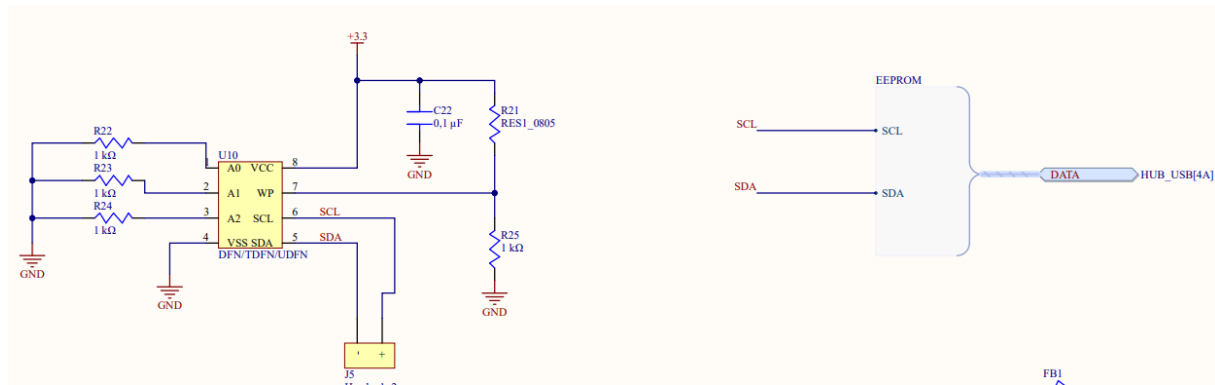


Figure 19:Diagramme structurel : configuration

Numéro	Fonction	Description	Composants
	Permettre la configuration	Stocker des informations de configuration et de paramétrage	U10, R22 – R24 , R21, R25
Fs7.4	Filtrer	Filtrer l'alimentation d'éventuels parasites	C22

Tableau 18:Fonction structurel : configurer

### a. DESCRIPTION

Le Micro chip Technologie Inc. 24AA044 est un 4 Kbit PROM effaçable électriquement en série avec une tension gamme de 1.7V à 5.5V. L'appareil est organisé comme deux. Blocs de mémoire 256 x 8 bits avec une série à 2 fils interface.

Le 24AA044 prend en charge un bus bidirectionnel à 2 fils et un protocole de transmission de données. Un dispositif qui envoie des données sur le bus est défini comme émetteur, tandis qu'un dispositif recevant des données est défini comme récepteur. Le bus doit être contrôlé par un périphérique maître qui génère l'horloge série (SCL), contrôle l'accès au bus et génère les conditions de démarrage et d'arrêt, tandis que le 24AA044 fonctionne comme esclave. Le maître et l'esclave peuvent fonctionner comme émetteur ou récepteur, mais le dispositif maître détermine quel mode est activé.

## I.5 Bilan de puissance et Bilan énergétique

### 1. Détermination de la puissance nominale du TUSB8041RGCR

PARAMÈTRE	VDD3.3	I3.3	P3.3	VDD1.1	I1.1	P1.1
MODES FAIBLE PUISSANCE						
Mise sous tension (après réinitialisation)	3,3	0,0023	0,0076	1,1	0,03	0,03
Déconnexion en amont	3,3	0,0023	0,0076	1,1	0,03	0,03
Suspendre	3,3	0,0025	0,0083	1,1	0,03	0,04
MODES ACTIFS (État américain / État DS)			0			0
Hôte 3.0 / 1 périphérique SS et Hub en U1 / U2	3,3	0,049	0,1617	1,1	0,23	0,25
Hôte 3.0 / 1 périphérique SS et hub en U0	3,3	0,049	0,1617	1,1	0,37	0,4
Hôte 3.0 / 2 appareils SS et Hub en U1 / U2	3,3	0,049	0,1617	1,1	0,31	0,34
Hôte 3.0 / 2 appareils SS et Hub en U0	3,3	0,049	0,1617	1,1	0,51	0,56
Hôte 3.0 / 3 appareils SS et Hub en U1 / U2	3,3	0,049	0,1617	1,1	0,38	0,42
Hôte 3.0 / 3 appareils SS et Hub en U0	3,3	0,049	0,1617	1,1	0,66	0,73
Hôte 3.0 / 4 Périphériques SS et Hub en U1 / U2	3,3	0,049	0,1617	1,1	0,46	0,5
Hôte 3.0 / 4 Périphériques SS et Hub en U0	3,3	0,049	0,1617	1,1	0,78	0,86
Hôte 3.0 / 1 périphérique SS en U0 et 1 périphérique HS	3,3	0,085	0,2805	1,1	0,4	0,43
Hôte 3.0 / 2 appareils SS en U0 et 2 appareils HS	3,3	0,099	0,3267	1,1	0,55	0,61
Hôte 2.0/périphérique HS	3,3	0,045	0,1485	1,1	0,06	0,07
Hôte 2.0 / 4 appareils HS	3,3	0,076	0,2508	1,1	0,09	0,09
Courant de programmation SMBUS	3,3	0,079	0,2607	1,1	0,23	0,25
SOMME	16		2,5842			5,6
PUISSANCE MOYENNE	0,5115					

### 2. Bilan de puissance

Composant	Reference	Tension nominale d'alimentation	Courant nominal d'alimentation	Puissance Nominale
TUSB8041RGCR		3.3V /1.1V	Max =0.7 A ; Min = 0.0023A	0.5115
24AA04		3.3 V	1 mA	0.0033W
USB3_TYPEA_CONNECTOR		5V	Max = 3A ; Min= 0.25	
USB3_TYPEB_CONNECTOR		5V	3A	

### 3. Bilan énergétique

Tension d'entrée nous prendrons pour notre exemple une tension de 5.2 v considérons un dropout de 0.3v

Sachant que nous avons un courant de 4A.

Tension d'entrée : 5.2 v    I=4A

Tension de sortie : 5v    I= 4A

$$V_{a \text{ dissipe}} = V_{in} - V_{out}$$

$$V_{a \text{ dissipe}} = 0.2v$$

$$\text{Puissance a dissipe : } P_{\text{dissipe}} = V.I$$

$$P_{\text{dissipe}} = 0.8w$$

Démonstration de la puissance dissipe par l'alimentation :

$$\text{Puissance fournie : } 5.2 * 4 = 20.8$$

$$\text{Puissance reçue : } 5 * 4 = 20$$

$$\text{Rendement} = \frac{P_{\text{reçu}}}{P_{\text{fourni}}} * 100$$

$$\text{Rendement} = 96\%$$

$$\text{Puissance dissipée} = P_f - P_r$$

$$P_d = 0.8$$

$$\text{Ou encore puissance dissipée} = \frac{V_{out} \cdot I_{out}}{\text{rendement}} - V_{out} * I_{out}$$

$$\text{Puissance dissipe} = 0.8$$

Déterminons l'élévation de température pour les valeurs :

R<sub>θJA</sub> Junction-to-ambient thermal resistance : 111.7 °C/W

R<sub>θJC(top)</sub> Junction-to-case (top) thermal resistance : 36.4 °C/W

R<sub>θJB</sub> Junction-to-board thermal resistance: 18.1 °C/W

Élévation de température = puissance dissipée \* résistance thermique

- Pour R<sub>θJA</sub>

$$E_t = 89.36 \text{ °C}$$

Cela reste largement raisonnable par rapport à la température de fonctionnement maximum du composant (150°C) et 125°C en normal.

➤ **Le rendement de l'alimentation :**

$$\text{Puissance fournie : } V_{in} \times I_{in} = 5.2 \text{ V} \times 4 \text{ A} = 20.8 \text{ W} \quad V_{in} \times I_{in} = 5.2 \text{ V} \times 4 \text{ A} = 20.8 \text{ W}$$

$$\text{Puissance reçue : } V_{out} \times I_{out} = 5 \text{ V} \times 4 \text{ A} = 20 \text{ W} \quad V_{out} \times I_{out} = 5 \text{ V} \times 4 \text{ A} = 20 \text{ W}$$

Rendement

$$\text{Rendement} = \frac{P_{reçue}}{P_{fournie}} \times 100\% = \frac{20 \text{ W}}{20.8 \text{ W}} \times 100\% \approx 96\% \quad \text{Rendement} = \frac{P_{fournie}}{P_{reçue}} \times 100\% = \frac{20.8 \text{ W}}{20 \text{ W}} \times 100\% \approx 96\%$$

➤ **L'élévation de température :**

$$\begin{aligned} \text{Élévation de température } (\Delta T) \text{ pour } R_{\theta JA} : \\ \Delta T = P_{dissipée} \times R_{\theta JA} = 0.8 \text{ W} \times 111.7 \text{ °C/W} = 89.36 \text{ °C} \\ \Delta T = P_{dissipée} \times R_{\theta JA} = 0.8 \text{ W} \times 111.7 \text{ °C/W} = 89.36 \text{ °C} \end{aligned}$$

Cette élévation de température reste largement raisonnable par rapport à la température de fonctionnement maximum du composant (150 °C), et 125 °C en utilisation normale.

Ce calcul permet d'évaluer la dissipation de chaleur et l'impact thermique sur le composant, ainsi que de vérifier le rendement de l'alimentation.

<i>Partie</i>	<i>Consommation</i>
<i>Carte</i>	0-500mA
<i>Ports USB A</i>	3600mA
<i>Total</i>	4000mA



### III. ROUTAGE

Le but de notre carte est de respecter au mieux les normes CEM. Notre carte comportera donc 4 couches, deux couches de signaux, une couche de masse et une couche d'alim. De plus, un se basera sur les informations données par le fabricant dans l'applis JLCPCB.

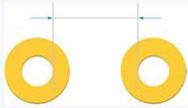
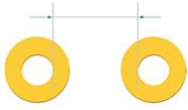
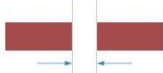
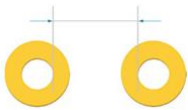
JLC04161H-7628(Standard)							
Impedance (Ω)	Type	Signal Layer	Top Ref	Bottom Ref	Trace Width	Trace Spacing	Impedance trace to copper
90	Coplanar Differential Pair	L1	/	L2	0.2672	0.2032	0.2032
Layer	Material	Thickness (mil)		Thickness (mm)			
L1	Outer Copper Weight1oz	1.38		0.0350			
Prepreg	7628, RC 49%, 8.6 mil	8.28		0.2104			
L2	Inner Copper Weight	0.60		0.0152			
Core	1.1mm H/HOZ with copper	41.93		1.0650			
L3	Inner Copper Weight	0.60		0.0152			
Prepreg	7628, RC 49%, 8.6 mil	8.28		0.2104			
L4	Outer Copper Weight1oz	1.38		0.0350			

Material	Layer	Thickness	Dielectric Material	Type	Gerber
	Top Overlay			Legend	GTO
Surface Material	Top Solder	0.01mm	Solder Resist	Solder Mask	GTS
Copper	Top Layer	0.04mm		Signal	GTL
Prepreg		0.21mm	PP-006	Dielectric	
CF-004	Layer 1	0.02mm		Signal	G1
		0.07mm	FR-4	Dielectric	
CF-004	Layer 2	0.02mm		Signal	G2
Prepreg		0.21mm	PP-006	Dielectric	
Copper	Bottom Layer	0.04mm		Signal	GBL
Surface Material	Bottom Solder	0.01mm	Solder Resist	Solder Mask	GBS
	Bottom Overlay			Legend	GBO
Total thickness: 0.61mm					

Figure 20: STARK-UP

Avant de se lancer dans le routage il y a un ensemble règles de routages à insérer parmi lesquels nous avons :

## ➤ La Clairance

Hole to hole clearance(Different nets)	0.5mm	
Via to Via clearance(Same nets)	0.254mm	
Pad to Pad clearance(Pad without hole, Different nets)	0.127mm	
Pad to Pad clearance(Pad with hole, Different nets)	0.5mm	

PCB Rules and Constraints Editor [mm]

Design Rules

- Electrical
  - Clearance
  - Short-Circuit
  - Un-Routed Net
  - Un-Connected Pin
  - Modified Polygon
  - Creepage Distance
- Routing
- SMT
- Mask
- Plane
- Testpoint
- Manufacturing
- High Speed
- Placement
- Signal Integrity

Name: Clearance    Comment:    Unique ID: PAPWIEBU    Test Queries

Where The First Object Matches: All

Where The Second Object Matches: All

Constraints

Different Nets Only

Minimum Clearance: N/A

☐ Ignore Pad to Pad clearances within a footprint

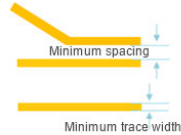
Simple    Advanced

	Track	SMD Pad	TH Pad	Via	Copper	Text
Track	0.09					
SMD Pad	0.09	0.127				
TH Pad	0.254	0.254	0.254			
Via	0.254	0.254	0.254	0.254		
Copper	0.254	0.254	0.254	0.254	0.254	
Text	0.254	0.254	0.254	0.254	0.254	0.254

Required clearances between electrical objects and Board Cutouts / Board Cavities are determined using the largest of Electrical Clearance rule's Region -to- object settings and Board Outline Clearance rule's settings.

Figure 21: Configuration clearance

## ➤ Largeur de trace minimale

Minimum trace width and spacing			
	Min. Trace width	Min. Spacing	Patterns
1-2 Layers	5mil (0.127mm)	5mil (0.127mm)	
4-6 Layers	3.5mil (0.09mm)	3.5mil (0.09mm)	
2oz Copper weight	8mil (0.2mm)	8mil (0.2mm)	

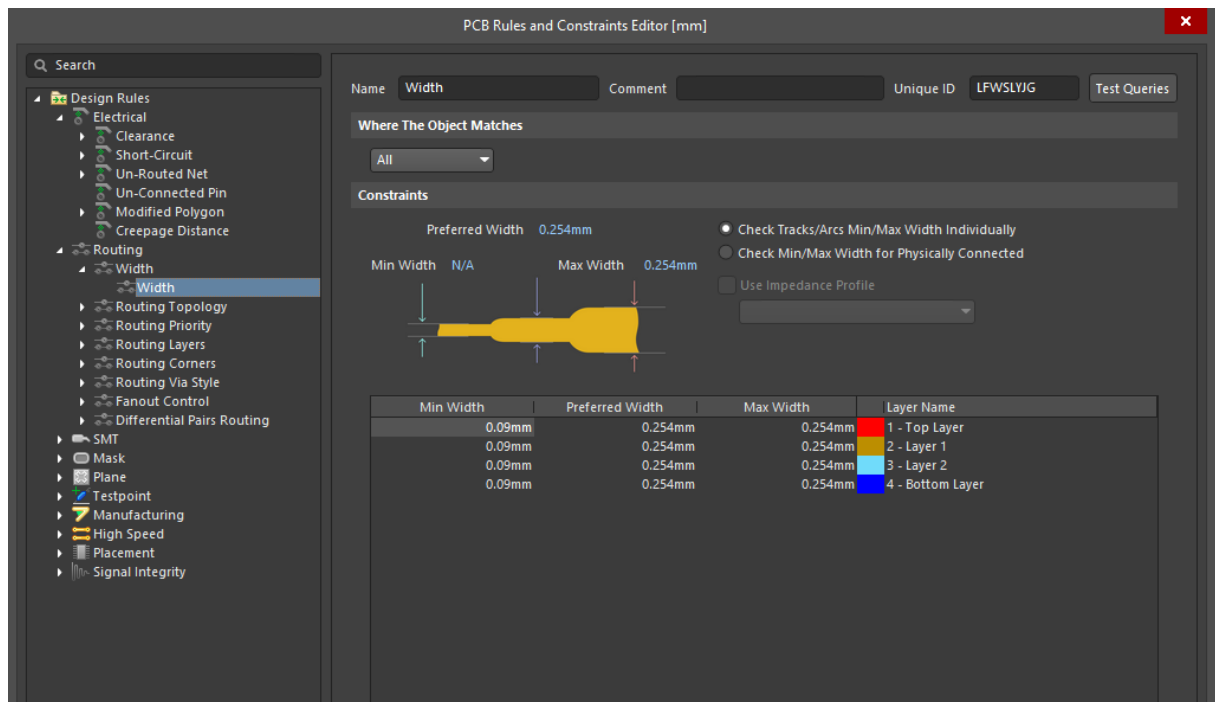
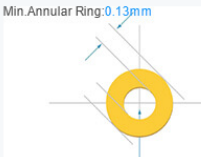


Figure 22: Configuration of Trace width

## ➤ Anneau annulaire minimum

	Minimum annular ring	PTH	Patterns
1oz Copper	0.13mm	0.3mm	
2oz Copper	0.2mm	0.3mm	

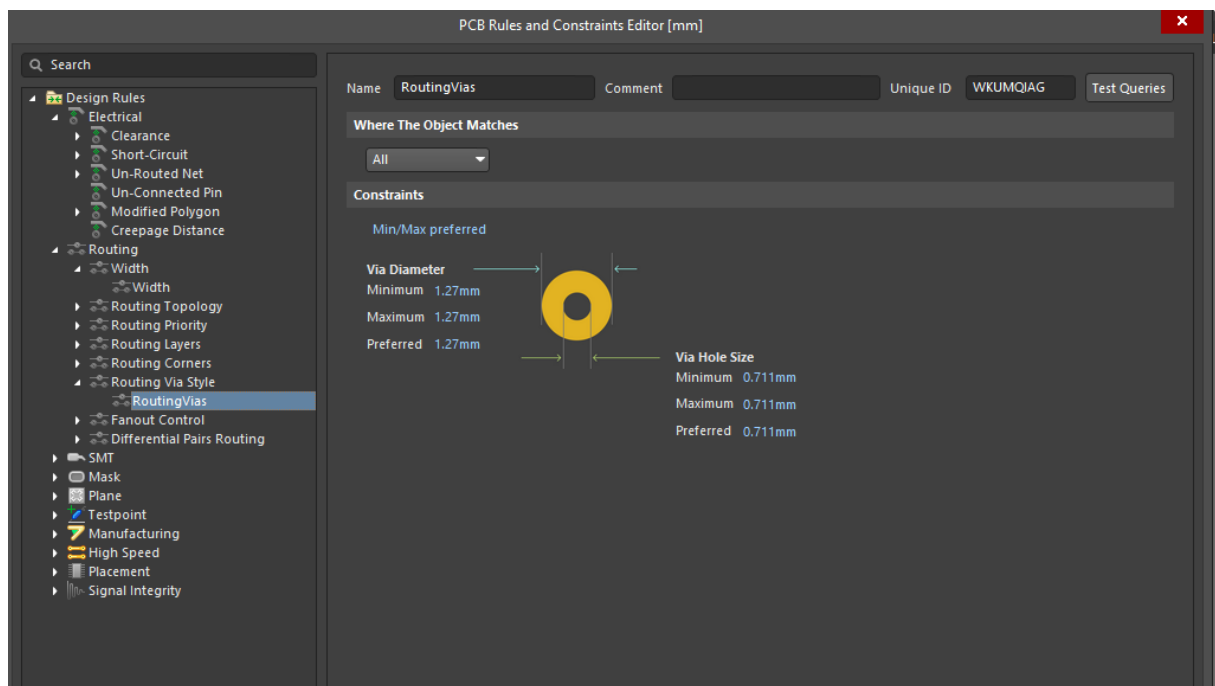


Figure 23: Configuration of Via

## I.1 Encombrement

La taille de la carte nous a été imposé lors du cahier des charges. La carte ne doit pas faire plus de 10cm par 10cm. Cependant, c'est l'unique contrainte de taille qui nous a été donné.

## I.2 Placement

### 1. Top Layer

#### ➤ Overlay

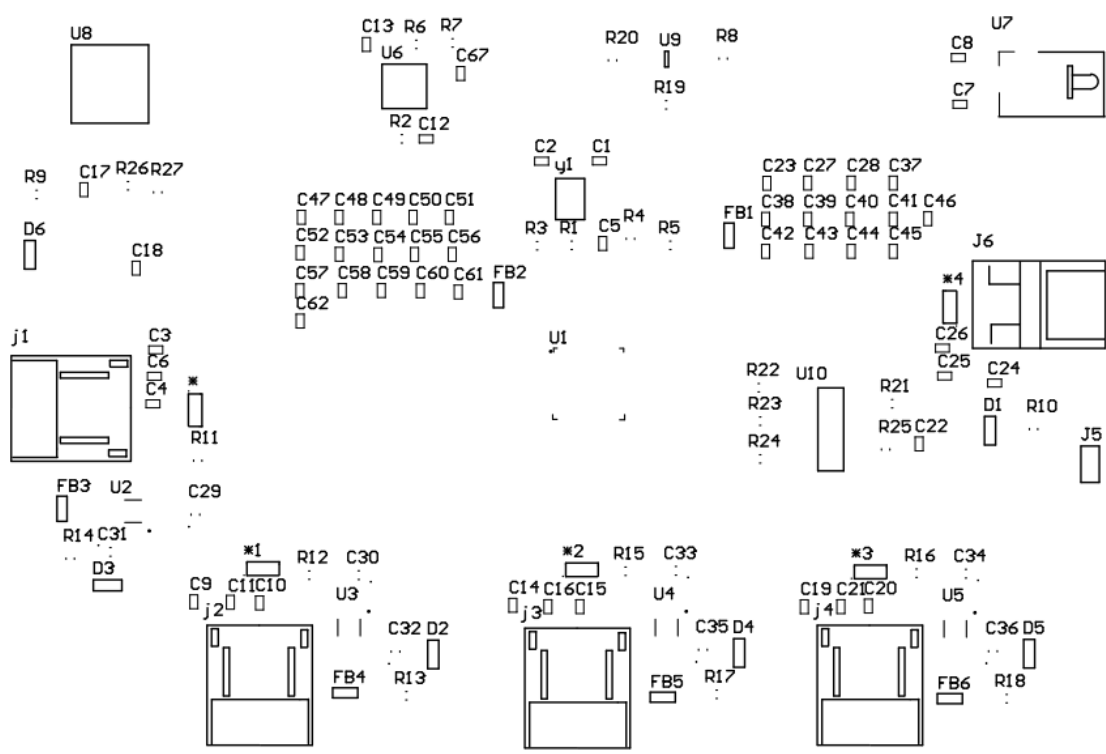


Figure 24:Top Overlay

➤ Typon

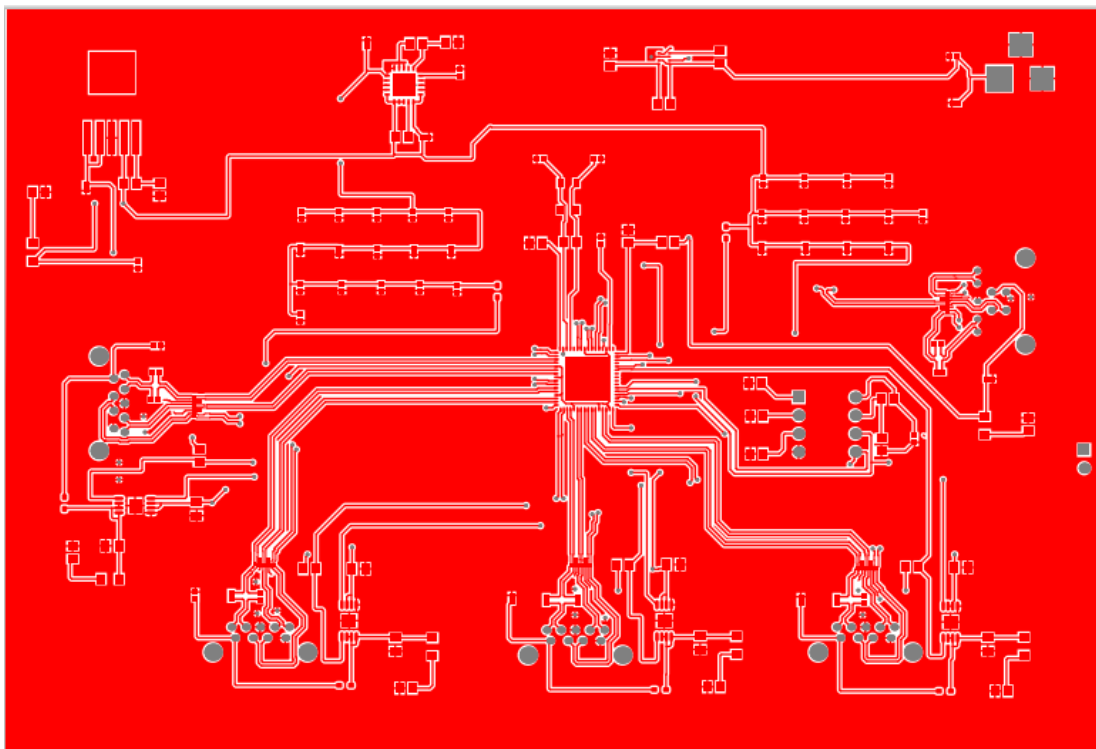
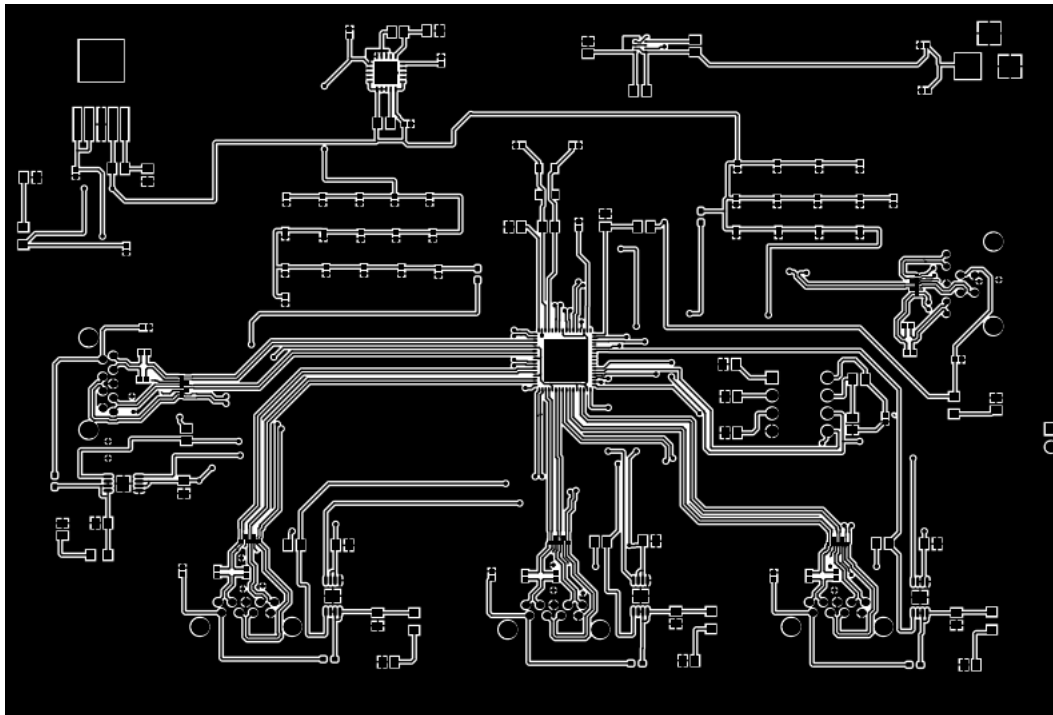


Figure 25: Top Layer

## 2. Bottom Layer

### ➤ Overlay

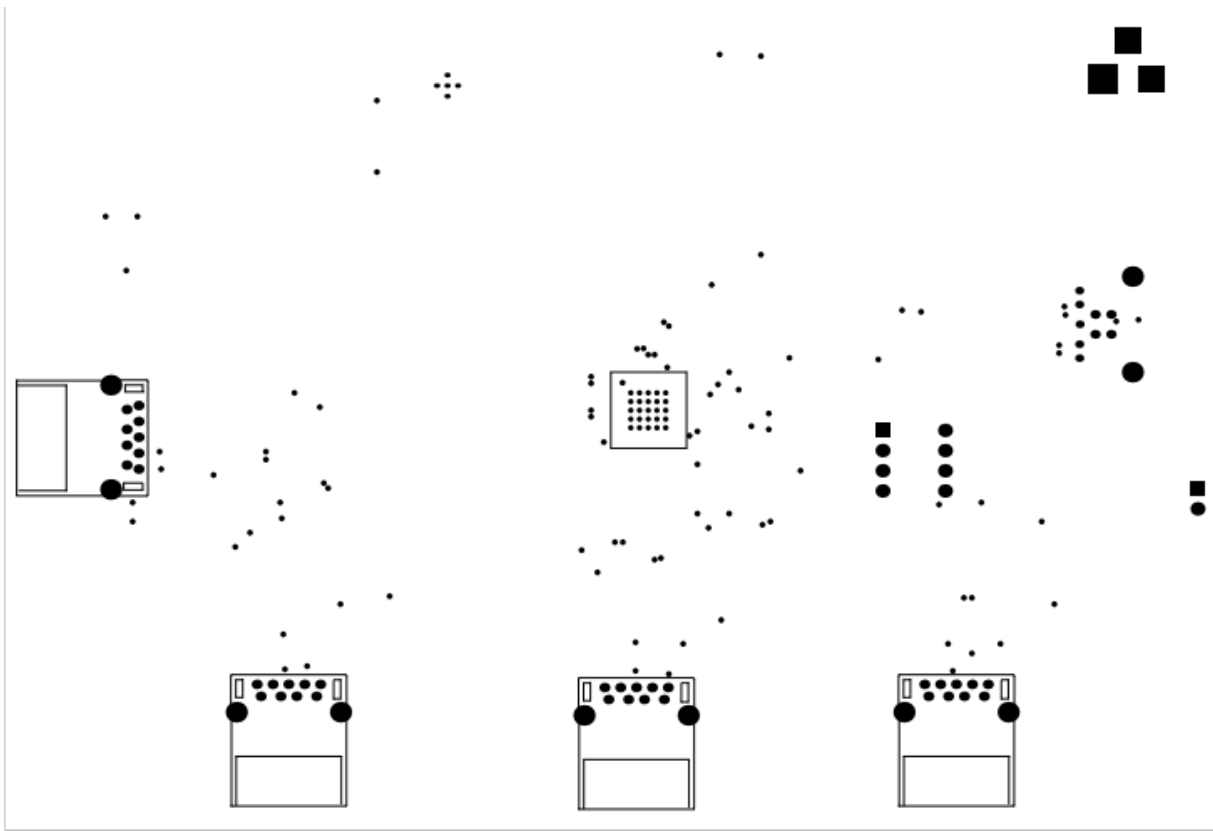
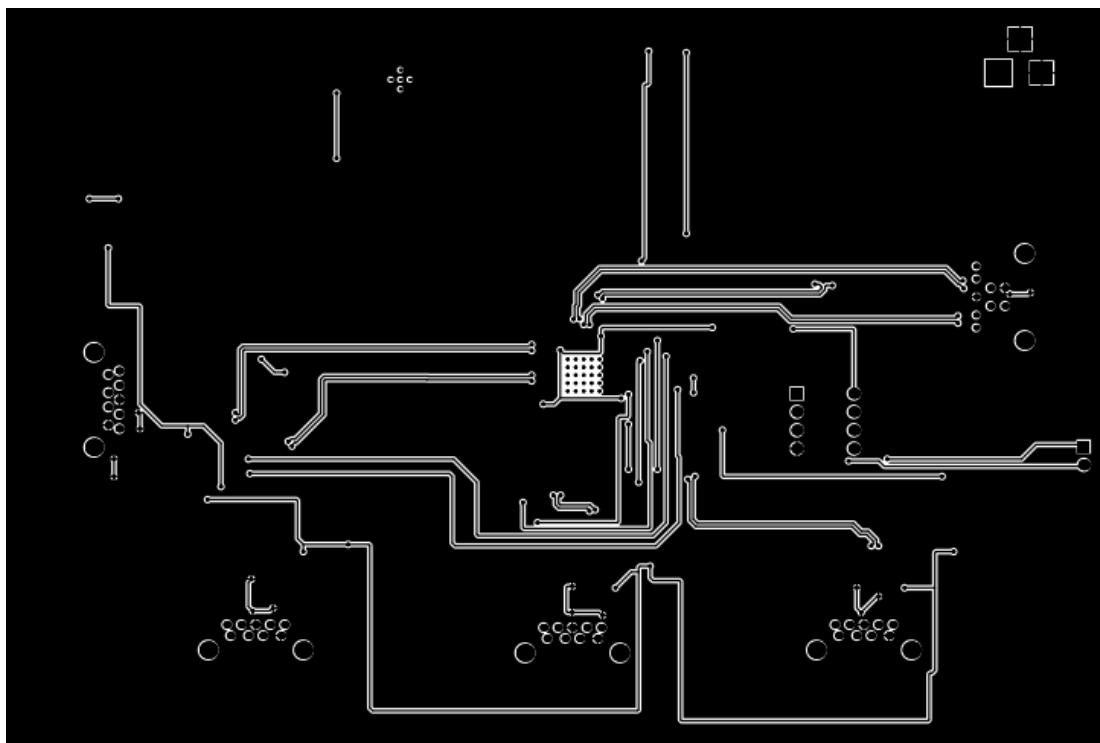


Figure 26: Bottom Overlay

### ➤ Typon



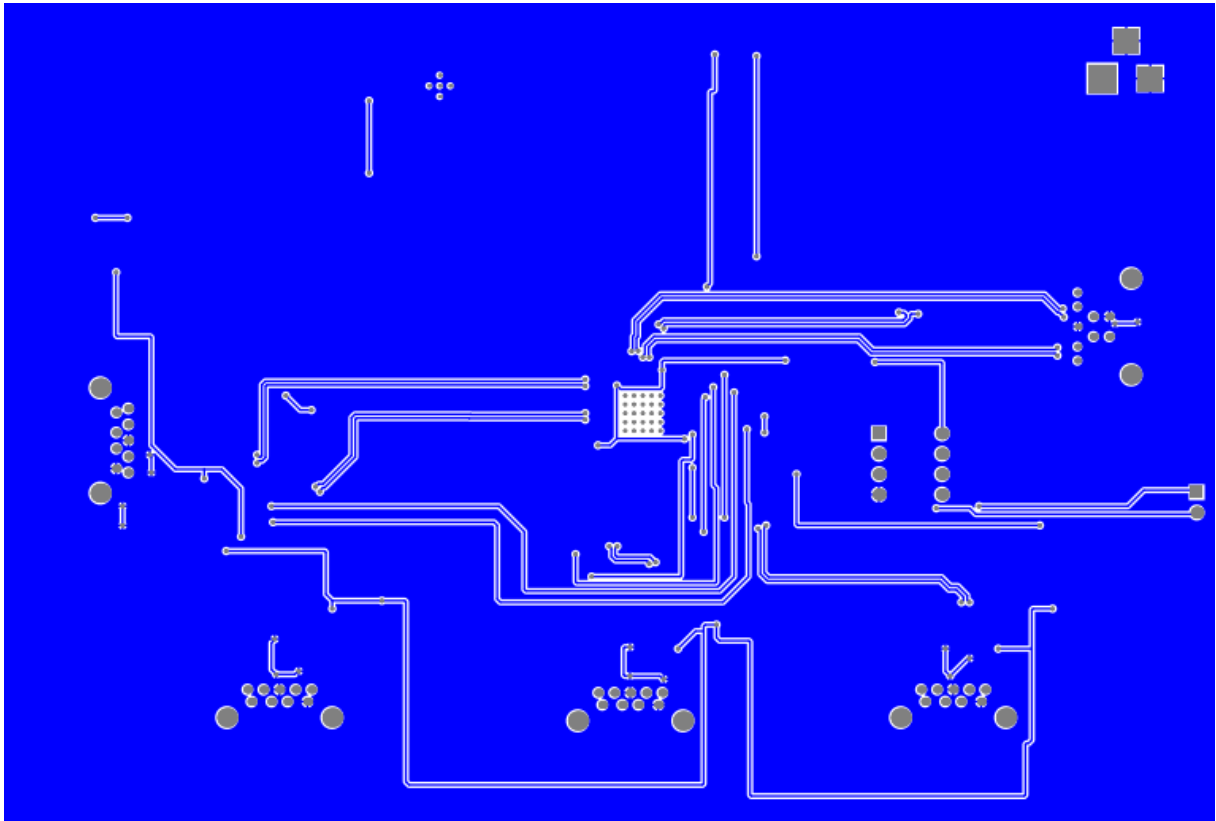
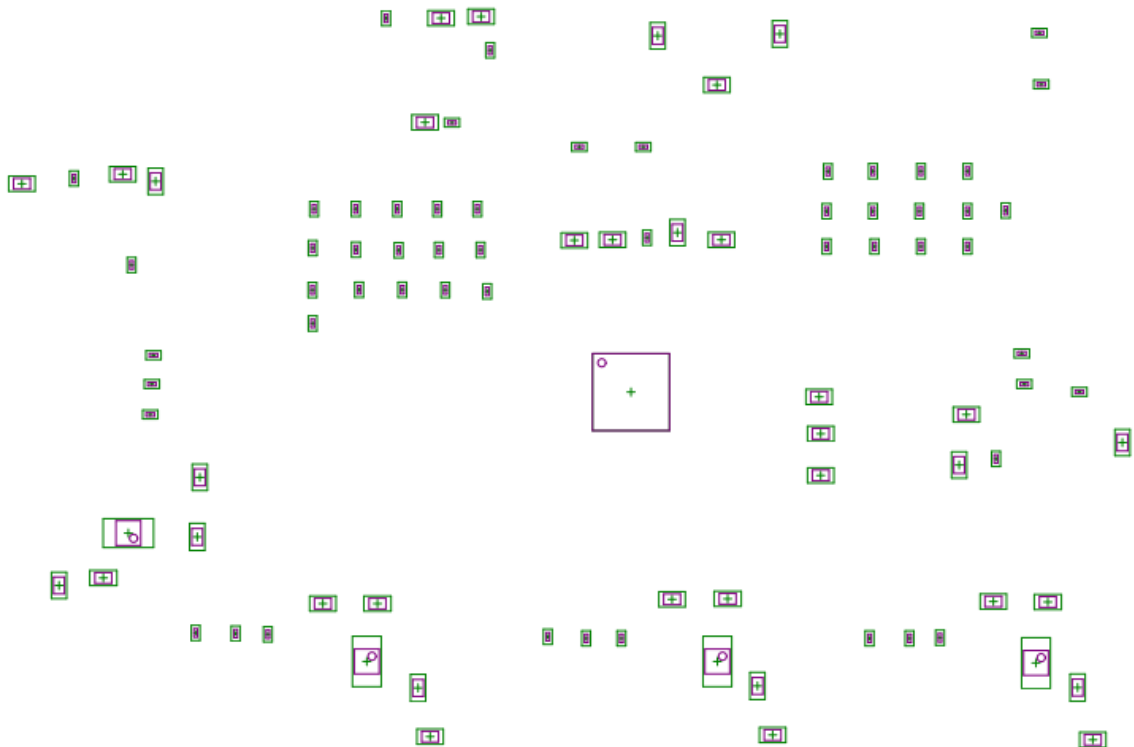


Figure 27: Bottom Layer

### 3. Mechanical Layer





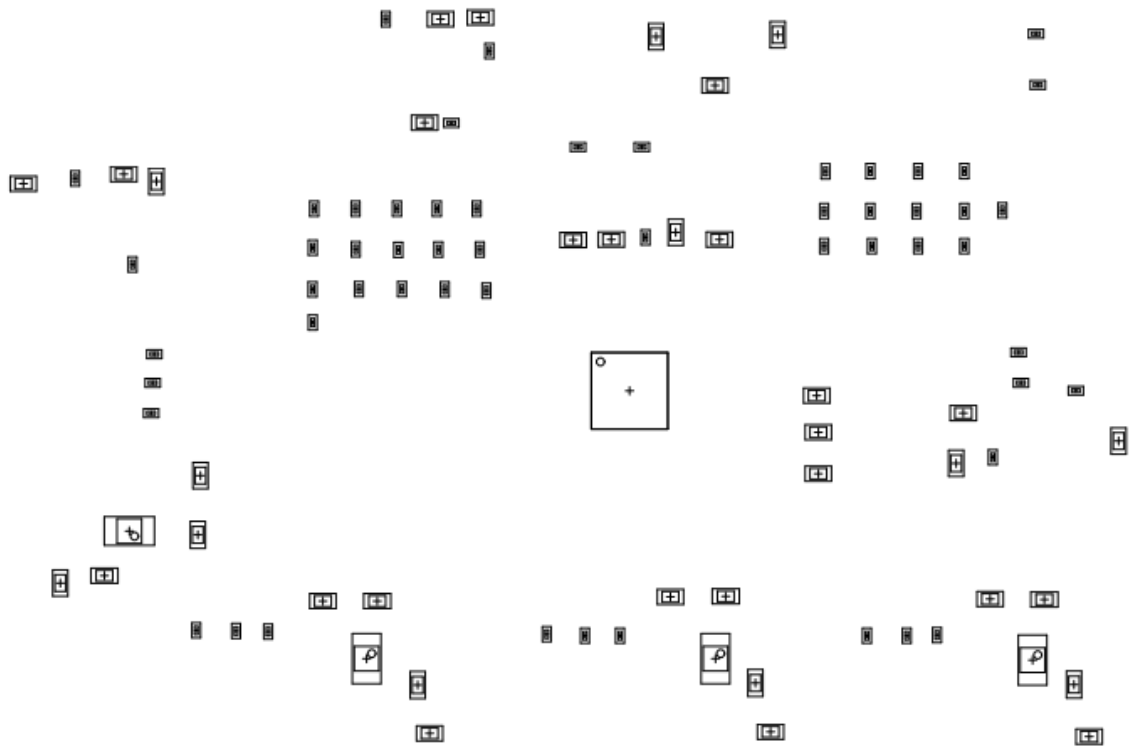


Figure 28: Mechanical Layer

#### 4. Top assembly

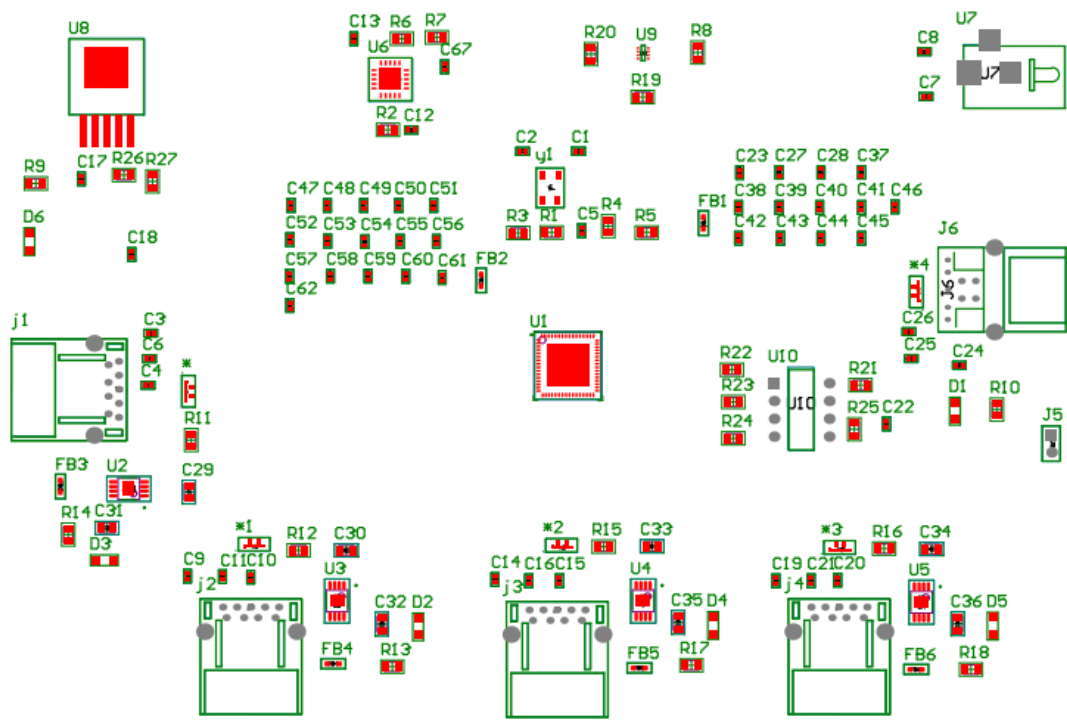


Figure 29: Top Assembly

## 5. Bottom assembly

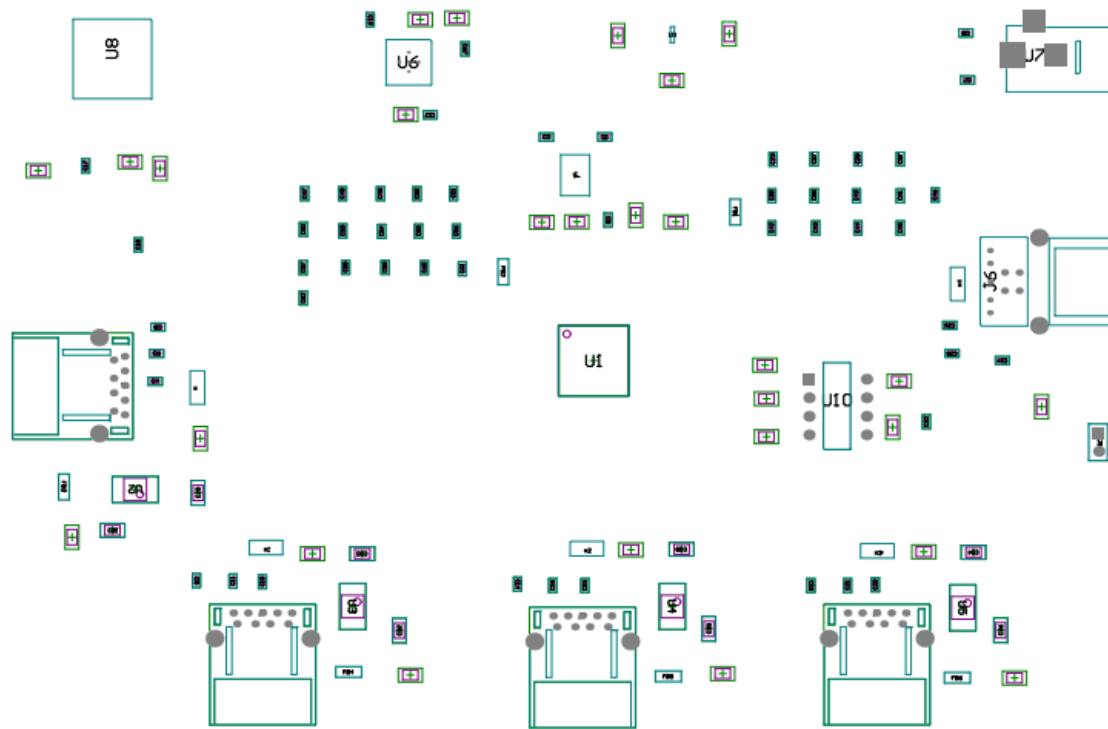


Figure 30: Bottom Assembly

## 6. bill of material

Description	Designator	Footprint	LibRef	Quantity
IC REG LDO ADJ 1....	U6	TPS74801RGW	TPS74801RGW	1
LDO Regulator Pos...	U8	TPS7A4533	TPS7A4533KTTR	1
2.0 x 6.5 mm, 5.0 A,...	U7	Jack	PJ-202AH	1
Surface Mount Tan...	c63, c64, c65, c66	CAP_T495	CAP_2	4
LED Low-Power Un...	D1, D2, D3, D4, D5,...	LTST C171GKT	LTST C171GKT	6
Full Speed/High S...	U1	TUSB80411	TUSB8041RGCR	1
IC PWR DIST SWITC...	U2, U3, U4, U5	TPS2001C	TPS2065CDGN	4
Ferrite Beads Multi...	FB1, FB2, FB3, FB4,...	BLM18PG2215N1D	BLM18PG2215N1D	6
ESD Protection Dio...	[NoValue], *1, *2, *...	ESD7016	ESD7016	5
EEPROM Serial-I2C...	U10	24AA04-I/P-ND	24AA04	1
Crystal 24MHz ±30...	y1	ECS-240-20-30B-TR	ECS-240-20-30B-TR	1
Header; PinStrip; C...	J5	961102-6404-AR	961102-6404-AR	1
USB A 3.0 Skt RA Hi...	j1, j2, j3, j4	USB 3.0 TYPEA	USB3_TYPEA_CONN...	4
Multilayer Ceramic...	C1, C2, C3, C4, C5,...	CAP_0402	CAP_0402	55
Multilayer Ceramic...	C29, C30, C31, C32,...	CAP_0805 polarisé	CAP_0805	8
1.6-V to 5.5-V, 20-...	U9	TPS2117DRLR	TPS2117	1
Conn USB Type B R...	J6	GSB321131HR	USB3_TYPEB_CONN...	1
Res Low Ohmic Thi...	R1, R2, R3, R4, R5,...	RES1_0805	RES1_0805	27

Quantity	Category	Manufacturer	Manufacturer P...	Supplier	Supplier Part N...
1	Voltage Regula...	Texas Instrume...	TPS74801RGWR	Mouser	595-TPS74801R...
1	Voltage Regula...	Texas Instrume...	TPS7A4533KTTR	Mouser	595-TPS7A4533...
1	Uncategorized	CUI	PJ-202AH	Mouser	490-PJ-202AH
4	Tantalum Capa...	Vishay Sprague	293D157X9010...	Mouser	74-293D157X90...
6	LEDs	Vishay Lite-On	LTST-C171GKT	Rs	6920935P
1	Integrated Circ...	Texas Instrume...	TUSB8041RGCR	Mouser	595-TUSB8041...
4	Hot Swap Cont...	Texas Instrume...	TPS2065CDGN...	Mouser	595-TPS2065C...
6	Ferrite Beads a...	Murata	BLM18PG221S...	Mouser	81-BLM18PG22...
5	ESD and Circui...	ON Semicondu...	ESD7016MUTAG	Future Electro...	7178092
1	EEPROM	Microchip	24AA04-I/P	Mouser	579-24AA04-I/P
1	Crystals	ECS Internatio...	ECS-240-20-30...	Avnet	ECS-240-20-30...
1	Connectors	3M	961102-6404-AR	Digikey	3M9457-02-ND
4	Connectors	Global Connec...	USB1135-15-9-...	Farnell	3648646
55	Ceramic Capaci...	Murata	GRM188R60J10...	Mouser	81-GRM188R60...
8	Ceramic Capaci...	Taiyo Yuden	JMK212BBJ226...	Mouser	963-JMK212BBJ...
1		Texas Instrume...	TPS2117DRLR	Mouser	595-TPS2117D...
1		AMPHENOL IC...	GSB321131HR	Digikey	GSB321131HR-...
27		Rohm	UCR006VVPFLR...	Mouser	755-UCR006VY...

Description	Designator	Footprint	LibRef	Quantity	Manufacturer	Manufacturer Part Number	Supplier	Supplier Part Number	Manufacturer Series	Manufacturer	Category
ESD Protection Diode, Low Capacitance, USB 3.0 Integrated Low Cap TVS for USB 3.0	[NoValue], *1, *2, *3, *4	ESD7016	ESD7016	5	ON Semiconductor	ESD7016MUTAG	Future Electronics	7178092			ESD and Circuit Protection ICs
Surface Mount Tantalum Capacitor, 150 uF, 10 V, ± 10%, - 55 °C, 125 °C, 2917 [7343-43 Metric]	c63, c64, c65, c66	CAP_T495	CAP_2	4	Vishay Sprague	293D157X9010E2T E3	Mouser	74-293D157X9010E2T E3			Tantalum Capacitors
Multilayer Ceramic Capacitor, 10 uF, 6.3 V, ± 20%, X5R, 0603 [1608 Metric]	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19, C20, C21, C22, C23, C24, C25, C26, C27, C28, C37, C38, C39, C40, C41, C42, C43, C44, C45, C46, C47, C48, C49, C50, C51, C52, C53, C54, C55, C56, C57, C58, C59, C60, C61, C62, C67	CAP_0402	CAP_0402	55	Murata	GRM188R60J106M E47D	Mouser	81-GRM188R60J106M E47			Ceramic Capacitors
Multilayer Ceramic Capacitors MLCC - SMD/SMT 0805 6.3VDC 22uF 20% X5R	C29, C30, C31, C32, C33, C34, C35, C36	CAP_0805 polarisé	CAP_0805	8	Taiyo Yuden	JMK2128BJ226MG 8T	Mouser	963-JMK2128BJ226MG 8T			Ceramic Capacitors
LED Low-Power Uni-Color Green 565nm 2.1V 2-Pin Chip LED T/R	D1, D2, D3, D4, D5, D6	LTST C171GKT	LTST C171GKT	6	Vishay Lite-On	LTST-C171GKT	Rs	6920935P			LEDs
Ferrite Beads Multi-Layer 220Ohm 25% 100MHz 1.4A 100mOhm DCR 0603 Paper T/R	FB1, FB2, FB3, FB4, FB5, FB6	BLM18PG221SN1D	BLM18PG221SN1D	6	Murata	BLM18PG221SN1D	Mouser	81-BLM18PG221SN1D	BLM18P		Ferrite Beads and Chips
USB A 3.0 S1 RA High Life 15u" T Hole W/Shell Stake Tray	J1, J2, J3, J4	USB 3.0 TYPEA	USB3_TYPEA_CONNECTOR	4	Global Connector Technology	USB1135-15-9-L-B	Farnell	3648646			Connectors

Header; PinStrip; CopperAlloy; HighTempThermoplastic; 2Cnts; 2A; Str; 961Series	J5	961102-6404-AR	961102-6404-AR		1	3M	961102-6404-AR	Digikey	3M9457-02-ND			Connectors
Conn USB Type B RCP 9 POS Solder RA Thru-Hole 9 Terminal 1 Port Tray	J6	GSB321131HR	USB3_TYPEB_CONNECTOR		1	AMPHENOL ICC (COMMERCIAL PRODUCTS)	GSB321131HR	Digikey	GSB321131HR-ND			
Res Low Ohmic Thick Film 0201 0.82 Ohm 1% 1/10W Oppm/°C to 300ppm/°C Molded Paper T/R	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27	RES1_0805	RES1_0805		27	Rohm	UCR006VVPFLR820	Mouser	755-UCR006VVPFLR820			
Full Speed/High Speed/Super Speed Four Port USB 3.0 Hub USB 3.0 1.1V/3.3V T/R 64-Pin VQFN EP	U1	TUSB80411	TUSB8041RGCR		1	Texas Instruments	TUSB8041RGCR	Mouser	595-TUSB8041RGCR		Texas_instrument	Integrated Circuits (ICs)
IC PWR DIST SWITCH DUAL 8MSOP	U2, U3, U4, U5	TPS2001C	TPS2065CDGN		4	Texas Instruments	TPS2065CDGNR-2	Mouser	595-TPS2065CDGNR-2			Hot Swap Controllers
IC REG LDO ADJ 1.5A 20VQFN / LDO Regulator Pos 0.8V to 3.3V 1.5A 20-Pin VQFN EP T/R	U6	TPS74801RGW	TPS74801RGW		1	Texas Instruments	TPS74801RGWR	Mouser	595-TPS74801RGWR			Voltage Regulators - Linear
2.0 x 6.5 mm, 5.0 A, Horizontal, Through Hole, Kinked Pins, Dc Power Jack Connector	U7	Jack	PJ-202AH		1	CUI	PJ-202AH	Mouser	490-PJ-202AH			Uncategorized
LDO Regulator Pos 3.3V 1.5A 6-Pin(5+Tab) TO-263 T/R	U8	TPS7A4533	TPS7A4533KTTR		1	Texas Instruments	TPS7A4533KTTR	Mouser	595-TPS7A4533KTTR			Voltage Regulators - Linear
1.6-V to 5.5-V, 20-mA, 4-A low IQ power multiplexer with manual and priority switchover 8-SOT-5X3 -40 to 125	U9	TPS2117DRLR	TPS2117		1	Texas Instruments	TPS2117DRLR	Mouser	595-TPS2117DRLR			

EEPROM Serial-I2C 4K-bit 2Block x 256 x 8 1.8V/2.5V/3.3V/SV 8-Pin PDIP Tube	U10	24AA04-I/P-ND	24AA04		1	Microchip	24AA04-I/P	Mouser	579-24AA04-I/P			EEPROM
Crystal 24MHz ±30ppm (Tol) ±50ppm (Stability) 20pF FUND 300hm 4-Pin Mini-SMD T/R	y1	ECS-240-20-30B-TR	ECS-240-20-30B-TR		1	ECS International	ECS-240-20-30B-TR	Avnet	ECS-240-20-30B-TR			Crystals

Figure 31:bill of material

# Conclusion

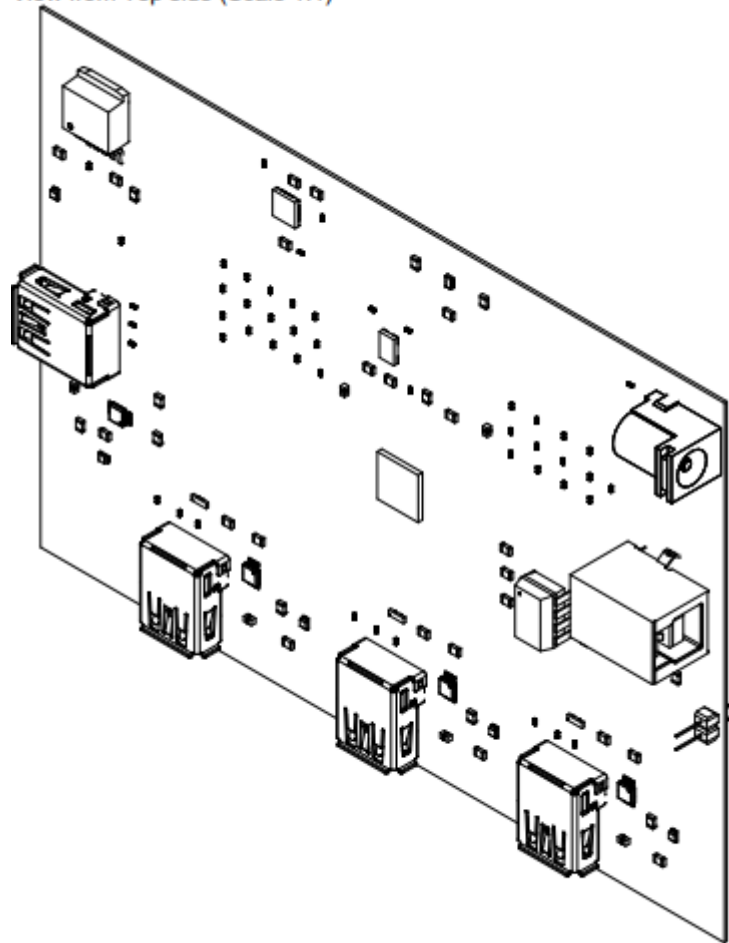
## ➤ TCHOUNDA FOTSO Triomphe

Ce fut une expérience toute nouvelle et très enrichissante pour ma part. Je n'avais jamais utilisé le logiciel ALTIUM avant ce projet de conception de carte électronique. Il s'agissait donc entièrement d'une découverte. La principale mission était de concevoir un HUB USB tout en respectant le cahier de charge donné dès l'entame. Mener à point ce projet a été pour un grand plaisir. Grâce aux connaissances acquises durant le court, j'ai pu comprendre les différentes étapes de conception d'une carte électronique sur ALTIUM. Travailler sur ce projet m'a permis obtenir des automatismes qui me seront nécessaire dans mon parcours professionnel.

## ➤ AWOUMPE BRICE ARNOL

En conclusion, cette expérience m'a permis de développer mes compétences en conception électronique et en utilisation de logiciels de CAO. Elle m'a également donné l'opportunité de mettre en pratique mes connaissances théoriques et d'appréhender les défis réels de la conception de cartes électroniques. Je suis reconnaissant pour cette opportunité et je suis confiant que les compétences acquises me seront précieuses dans ma future carrière professionnelle.

View from Top side (Scale 1:1)



Microchip Technology Inc. (2007-2021). 24AA04/24LC04B/24FC04. U.S.A.

Texas Instruments. (2023, APRIL). TPS748 1.5-A, Low-Dropout Linear Regulator. Dallas, Texas 75265.

Texas Instruments Incorporated. (2016, JUNE). Selection and Specification of Crystals. Dallas, Texas 75265, Etats-Unis.