


Référence	Langue	Visa	Date de création	Indice
1016-10-1.00-STD-A-001	FR	N	19/01/2010	001

Spécifications techniques détaillées

# *Carte de test NanoFIP*

## **NFTC**

<b>Auteur</b>	NM	 35 rue Tournefort 75005 PARIS <a href="http://www.hlp.fr">www.hlp.fr</a>
<b>Vérificateur</b>	DP	

**Nom du document :** 1016-10-1.00-STD-A-001 -STD Carte NFTC.doc

Historique du document			
Indice	Date	Auteur	Description
001	19/01/2010	NM	Création du document

# SOMMAIRE

## CONTENTS

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
1.1. PORTEE DU DOCUMENT.....	4
1.2. DOCUMENTS REFERENCES .....	4
1.3. GLOSSAIRE.....	4
<b>2. GENERALITES.....</b>	<b>5</b>
2.1. FONCTIONS DE LA CARTE.....	5
2.2. ARCHITECTURE GENERALE.....	6
<b>3. FONCTIONS SPECIFIQUES .....</b>	<b>7</b>
3.1. MESURE DE CONSOMMATION .....	7
3.1.1. Consommation du Fieldrive .....	7
3.1.2. Consommation du NanoFip.....	8
3.2. CONTROLE THERMIQUE DE LA CARTE.....	9
3.2.1. Mesure de température .....	9
3.2.2. Conversion numérique .....	10
3.2.3. Chauffage local .....	11
3.3. FPGA DE CONTROLE.....	13
3.3.1. Choix du composant.....	13
3.3.2. Programmation des FPGAs .....	13
<b>4. ALIMENTATION .....</b>	<b>16</b>
4.1. TENSIONS NECESSAIRES.....	16
4.2. BILAN DE CONSOMMATION.....	17
4.3. RÉGULATION DE TENSION .....	18
4.3.1. Régulation +5V <sub>p</sub> .....	18
4.3.2. Régulation +3V3 <sub>p</sub> .....	18
4.3.3. Régulation +1V5 <sub>p</sub> .....	18
4.3.4. Régulation +1V5 <sub>nano</sub> .....	18
4.4. PROTECTION ANTI-LATCHUP .....	19
4.4.1. Principe.....	19
4.4.2. Valeurs retenues .....	20
4.5. FUSIBLE REARMABLE .....	21
4.5.1. Principe.....	21
4.5.2. Choix des composants.....	22
4.6. GESTION DU RESET DE LA CARTE.....	23
4.6.1. Power-on reset .....	23
4.6.2. Reset.....	23
<b>5. BUS EMBARQUES .....</b>	<b>24</b>
5.1. INTERFACE FIP.....	24
5.1.1. Configuration de l'adresse réseau.....	24
5.1.2. Configuration Constructeur et Modele .....	25
5.2. INTERFACE RS-485.....	27
5.3. BUS I2C .....	27
5.4. BUS WISHBONE .....	27
<b>6. LEGENDES .....</b>	<b>28</b>

## 1. INTRODUCTION

### 1.1. PORTEE DU DOCUMENT

Ce document est une spécification technique détaillée de la carte de test du *NanoFip*.

### 1.2. DOCUMENTS REFERENCES

ID	Titre	Référence
#1	Spécifications du NanoFIP	cernfip_fspect1_2.pdf
#2	Fieldrive . User Reference Manual	ALS 50261e-en
#3	STD Firmware NFTC	1016-10-1.00-STD-B-xxx

### 1.3. GLOSSAIRE

CERN	Centre Européen de Recherche Nucléaire
CPLD	Complex Programmable Logic Device
FIP	Factory Interconnection Protocol
FPGA	Field Programmable Gate Array
PN	Product Number
PTC	Positive Temperature Coefficient
TVS	Transient Voltage Suppressor
VHDL	Very High Description Language

## 2. GENERALITES

### 2.1. FONCTIONS DE LA CARTE

Les caractéristiques principales de la carte de test sont les suivantes :

- Interface FIP mono-medium
- Copie de la trame FIP sur une liaison RS-485
- Accès au *NanoFip* en mode « stand-alone » et « memory »
- Points de tests multiples
- Ports IO sur HE10 pour ajout éventuel d'extension de tests
- Calcul de consommation du *NanoFip* et du *Fieldrive*
- Protection anti-latchup

Le banc de test permet de contrôler les signaux suivants du *NanoFip* :

- Alimentation : power ON / OFF
- Reset
- Horloge
- Ports en entrée / Configuration FIP (SLONE, SUBS ÷ )
- Bus d'adresses et de données

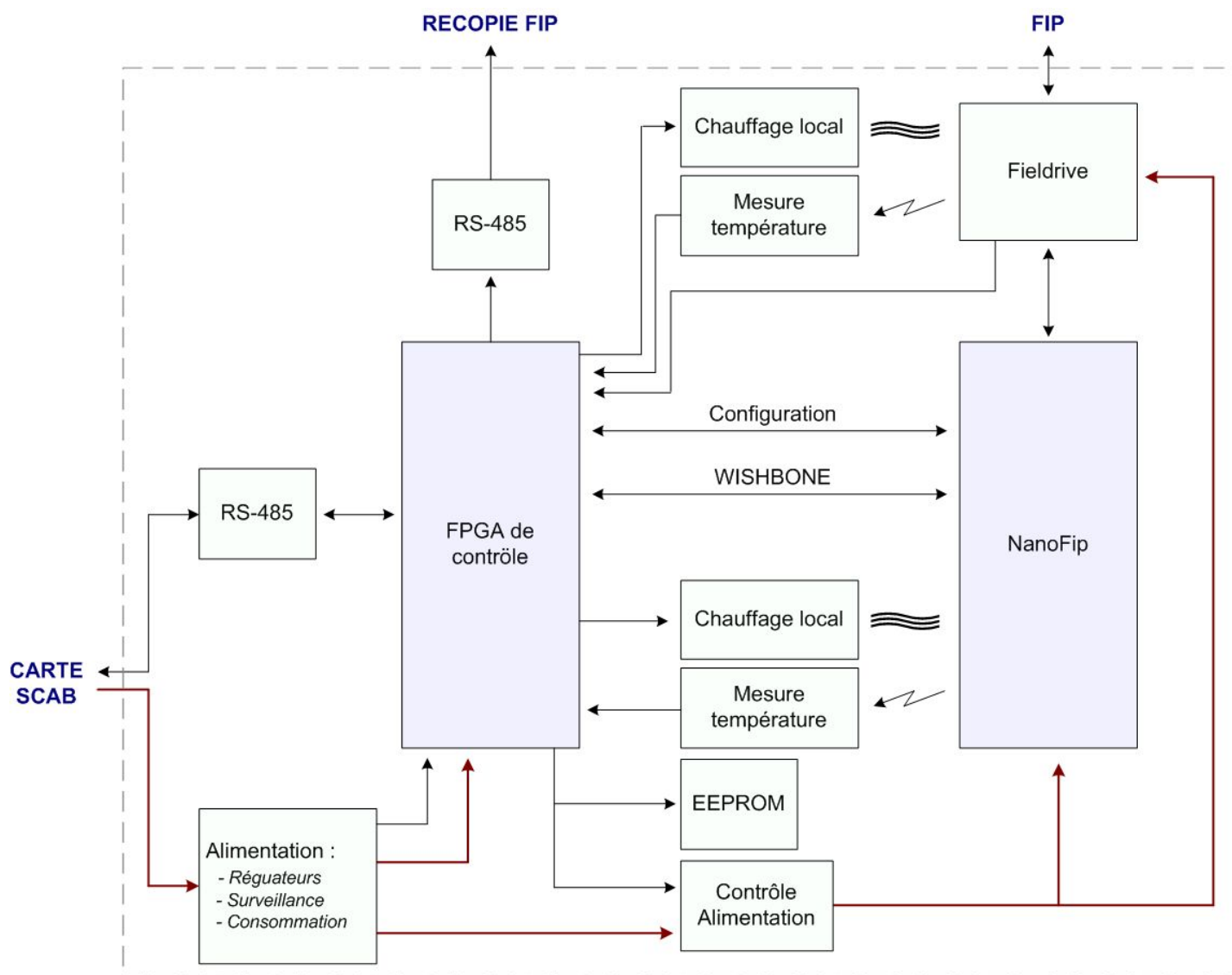
Le banc de test permet de lire les signaux suivants du *NanoFip* :

- Watchdog Fieldrive
- Ports en sortie
- Bus en sortie : FIP, RS-485 ÷

## 2.2. ARCHITECTURE GENERALE

Le FPGA de contrôle permet d'interfacer le *NanoFip* avec le PC de contrôle afin de dérouler des tests configurables.

Une EEPROM permet d'embarquer une configuration minimale en Stand-alone. Dès sa mise sous tension, le *NanoFip* peut donc fonctionner sans intervention de l'opérateur.

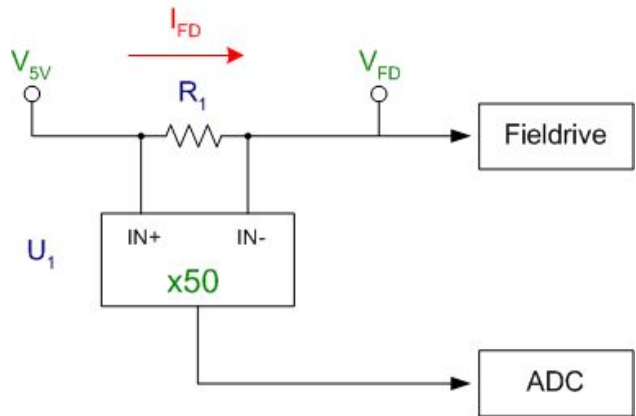


### 3. FONCTIONS SPECIFIQUES

#### 3.1. MESURE DE CONSOMMATION

##### 3.1.1. CONSOMMATION DU FIELDRIVE

La mesure se fait sur l'alimentation 5V du Fieldrive.



La plage de mesure de  $U_1$  (MAX9929) est +/-50mV et le gain est fixe à 50 :

$V_{IN+} - V_{IN-}$	$OUT_{ADC}$	SIGN
+50 mV	2.5V	1
-50 mV	2.5V	0

La valeur de  $R_1$  est donnée par :

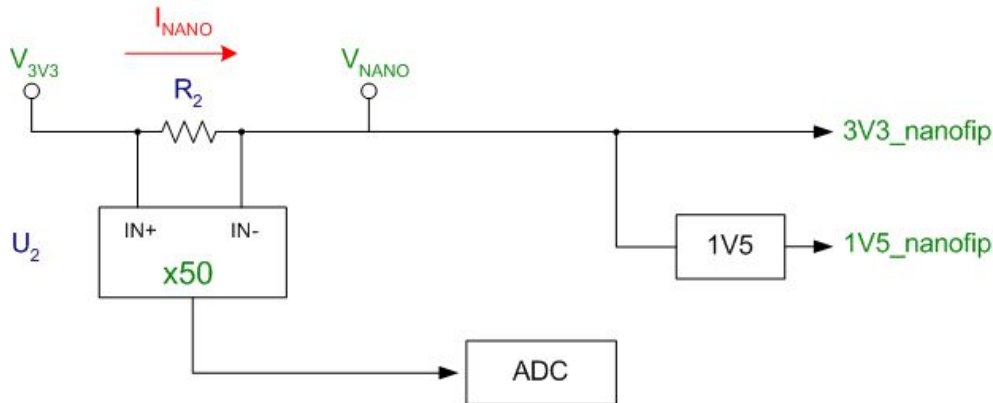
$$R_1 = \frac{0.05}{I_{FD\_MAX}}$$

En prenant,  $I_{FD\_MAX} = 250\text{mA}$ ,  **$R_1 = 0.2$**

Pour plus de détail sur la conversion numérique de la consommation, voir **§Conversion numérique, p10**

3.1.2. CONSOMMATION DU NANOFIP

La mesure se fait sur l'alimentation 3.3V du NanoFip.



La plage de mesure de U<sub>2</sub> (MAX9929) est +/-50mV et le gain est fixe à 50 :

V <sub>IN+</sub> - V <sub>IN-</sub>	OUT <sub>ADC</sub>	SIGN
+50 mV	2.5V	1
-50 mV	2.5V	0

La valeur de R<sub>2</sub> est donnée par :

$$R_2 = \frac{0.05}{I_{NANO\_MAX}}$$

En prenant, I<sub>NANO\_MAX</sub> = 250mA, **R<sub>2</sub> = 0.2**

Pour plus de détail sur la conversion numérique de la consommation, voir **§Conversion numérique, p10**



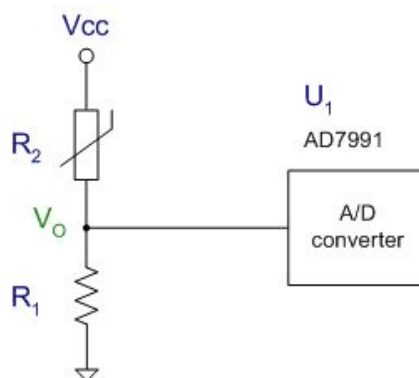
## 3.2. CONTROLE THERMIQUE DE LA CARTE

### 3.2.1. MESURE DE TEMPERATURE



Plage de température à mesurer : 20°C à 80°C

Le montage est un simple pont diviseur composé d'une CTN. La valeur est convertie directement par un ADC.



Choix des composants :

- **$R_1 = 1k$**  , +/-1%
- **$R_2 = 5k$**  , +/-1% @ 25°C et  $\beta = 3988$

Rappel de la résistance d'une thermistance :

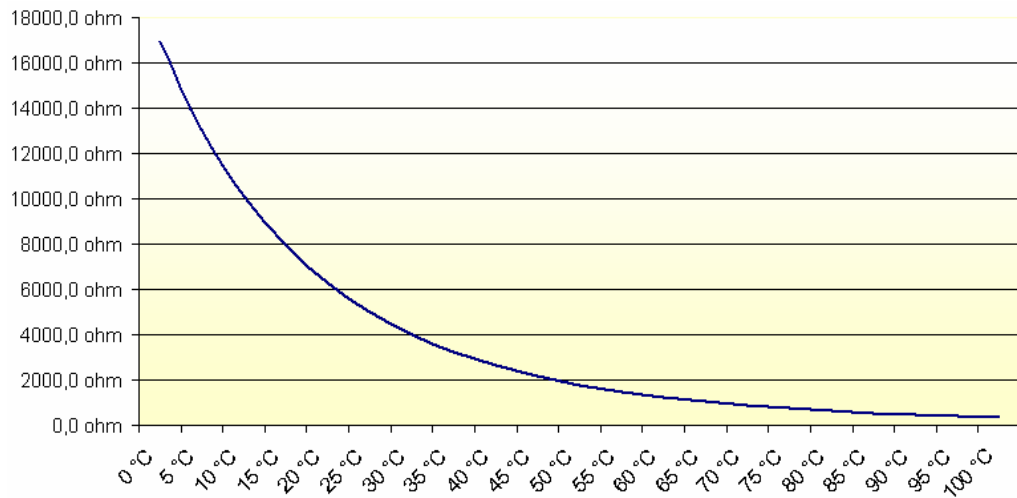
$$R_T = R_0 \cdot \exp\left(\beta \cdot \left(\frac{1}{T + 273.5} - \frac{1}{T_0 + 273.5}\right)\right)$$

Avec :  $R_0$ , la résistance de référence à  $T_0$  (ici, 5k à 25°C)

$T$ , la température mesurée

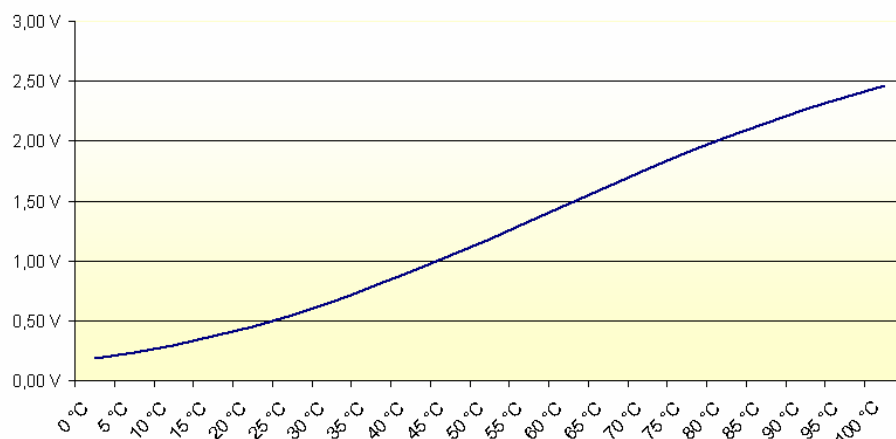
$\beta$ , coefficient propre au composant et fourni par le constructeur

La résistance de la thermistance est donc :



La mesure de  $V_O$  donne, pour  $V_{CC} = 3,3V$  :

Mesure de la température



### 3.2.2. CONVERSION NUMERIQUE

Quatre conversions analogique / numérique doivent être réalisées sur ce banc de test. Toutes ces conversions sont faites par un seul composant : l'AD7991.

L'AD7991 est un convertisseur A/D 12 bits sur une plage de 0 à 3.3V.

Il possède 4 entrées analogiques et permet donc de se passer d'un multiplexeur.

Il possède également une interface I2C. Chaque lecture I2C déclenche la conversion d'une entrée analogique.

### 3.2.3. CHAUFFAGE LOCAL

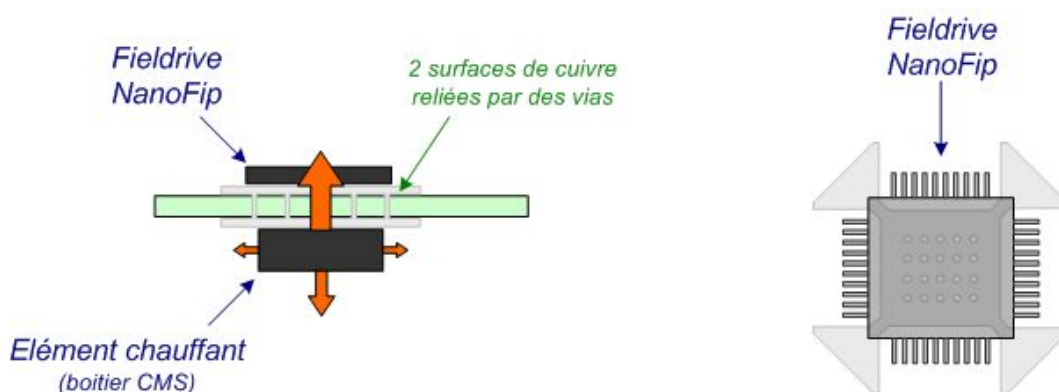
Le chauffage local (des composants **NanoFip** et **Fieldrive**) est réalisé par une résistance de puissance.

Le boîtier choisi est un D<sup>2</sup>PAK. Un montage CMS permet de conduire et dissiper la chaleur dans une surface de cuivre passant sous le composant cible.

Caractéristiques du boîtier D<sup>2</sup>PAK (TO263) :

Paramètre	Description	Valeur
$R_{JC}$	Résistance thermique : Junction-to-case	6.5 °C/W
$R_{JA}$	Résistance thermique : Junction-to-ambient	60 °C/W

Dans la littérature, le fait de souder ce type de boîtier sur une surface de cuivre de 1in<sup>2</sup> ferait descendre  $R_{JA}$  à 50°C/W.



La commande de la résistance est effectuée par un signal PWM généré par le FPGA.

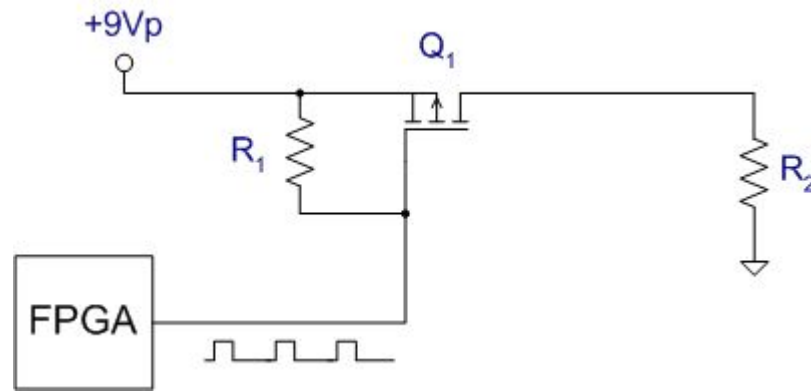
Le rapport cyclique d'ouverture (RCO) permet de faire varier le courant traversant la résistance.



*L'objectif est de faire monter le NanoFip et le Fieldrive à 80°C maximum.*

Avec une température ambiante de 25°C, la part apportée par la résistance est donc de 55°C (on ne tient pas compte de la chaleur dissipée en plus par le composant lui-même).

Cet objectif peut être tenu si la résistance dissipe environ 1W (en prenant :  $R_{JA} = 50^{\circ}\text{C/W}$ ).



Choix des composants :

- **$R_1 = 22k$**
- **$R_2 = 75$**
- **$Q_1$  canal P**

Puissance dissipée par la résistance :  $P_{DISS} = \frac{9^2}{R_2} = 1.08W$

*Compte tenu de la difficulté à spécifier la dissipation réelle de la chaleur (perte par radiation du mauvais côté de la carte, dissipation dans l'époxy, dissipation dans les pistes) :*



- Si le chauffage est trop important, on peut limiter la valeur du RCO via le FPGA.
- Si le chauffage n'est pas assez important, on choisira une résistance plus petite.

L'alimentation de la résistance de puissance se fait directement sur le +9V de la carte. Chaque résistance consomme donc au maximum :

$$I_R = \frac{9}{R_2}$$

Soit **120mA** par résistance et donc **240 mA** au maximum pour le chauffage de la carte.

### 3.3. FPGA DE CONTROLE

#### 3.3.1. CHOIX DU COMPOSANT

Deux FPGA sont présents sur la carte NFTC :

- un Actel A3P400 pour le NanoFip (choix du CERN)
- un Actel pour le contrôle de la carte

Une estimation rapide des ressources du FPGA de contrôle donne :

Composant	Macrocells
Contrôleur PWM	50
UART	100
Contrôleur I2C	250
Ordonnanceur	200
Divers IO (Wishbone, gestion NanoFip)	80
Réserve (30%)	210
<b>Total</b>	<b>890</b>



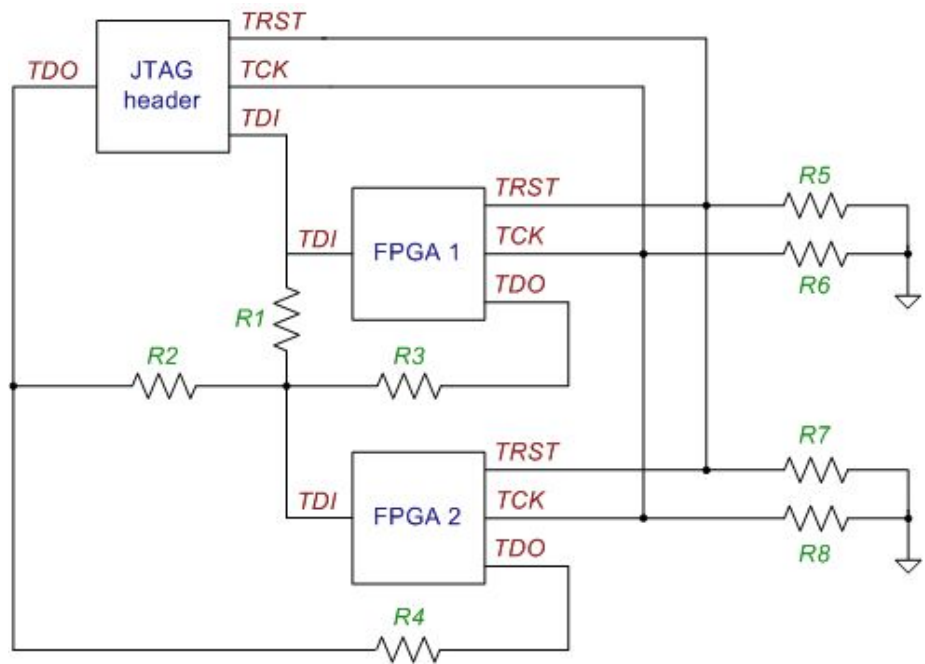
Le choix de l'Actel de contrôle se portait sur le A3P125 qui possède l'équivalent de 1024 macrocells.

#### 3.3.2. PROGRAMMATION DES FPGAS

Les 2 FPGA présents sur la carte NTFC sont de la même famille : **ProAsic3**.

Ils peuvent être programmés sur la carte (ISP) via une liaison JTAG.

A des fins de debug, la programmation ISP via la liaison JTAG doit permettre de programmer 1 FPGA spécifique ou bien les 2 ensembles.



Pour une programmation chaînée et une alimentation  $V_{JTAG}$  de 3,3V, la résistance équivalente des résistances :

- R5 // R7 doit être comprise entre 200 $\Omega$  et 1k $\Omega$
- R6 // R8 doit être comprise entre 200 $\Omega$  et 1k $\Omega$

Composant	FPGA 1 seul	FPGA 2 seul	Chaine FPGA 1 & 2
R1	NC	0 $\Omega$	NC
R2	0 $\Omega$	NC	NC
R3	0 $\Omega$	NC	0 $\Omega$
R4	NC	0 $\Omega$	0 $\Omega$
R5	NC	NC	1.5 k $\Omega$
R6	NC	NC	1.5 k $\Omega$
R7	NC	NC	1.5 k $\Omega$
R8	NC	NC	1.5 k $\Omega$

Le pinout du connecteur HE10 de la liaison JTAG est le suivant :

TCK	1	2	GND
TDO	3	4	NC
TMS	5	6	V <sub>JTAG</sub>
V <sub>PUMP</sub>	7	8	TRST
TDI	9	10	GND

Le programmeur FlashPro3 peut alimenter un composant lors de la programmation. Comme il y en a deux sur la carte NFTC, c'est donc celle-ci qui doit fournir l'alimentation de programmation (via la patte V<sub>pump</sub> des FPGA).

La patte V<sub>pump</sub> du programmeur FlashPro3 (connecteur HE10) ne doit donc pas être connectée.

## 4. ALIMENTATION

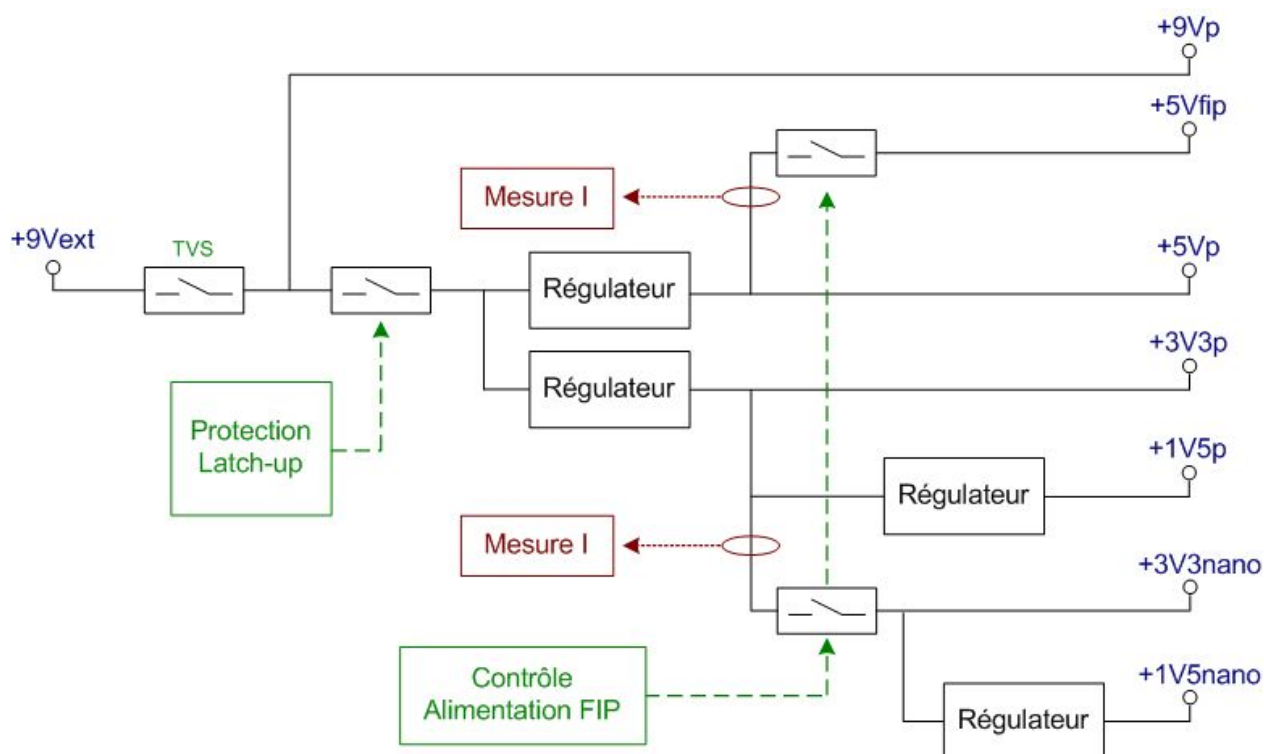
### 4.1. TENSIONS NECESSAIRES

Les tensions suivantes sont nécessaires au fonctionnement de la carte.

Tension	Utilisation
+9V	Alimentation des résistances de puissance
+5V	Ligne FIP (Fieldrive, FieldTR)
+3.3V	NanoFip, FPGA de contrôle
+1.5V	NanoFip, FPGA de contrôle

Une protection anti-latchup (ie de surconsommation) contrôle la tension d'alimentation +9V fournie à la carte et permet de couper l'alimentation des régulateurs de tension.

Une protection plus générale est également présente sur le +9V qui alimente l'ensemble de la carte : cette protection est un fusible réarmable (TVS + PTC). Ce montage est une protection contre les inversions de polarité et les surintensités.



Les alimentations du *NanoFip* sont séparées afin de les contrôler par software et de mesurer la consommation.





*Tous les régulateurs sont des régulateurs linéaires de tension.*

## 4.2. BILAN DE CONSOMMATION

Estimation de consommation de la carte NFTC.

LOGIQUE	Nominal (mA)	Maxi (mA)
<b>Alimentation 5V</b>	<b>80</b>	<b>120</b>
Fieldrive	70 <sup>(1)</sup>	100 <sup>(2)</sup>
LEDs	5	10
Logique	5	10
<b>Alimentation 3V3</b>	<b>112</b>	<b>138</b>
NanoFip (IO)	20	30
FPGA contrôle (IO)	20	30
Oscillateurs	60	60
EEPROM	2	3
Divers : POR, Régulateur, logique	10	15
<b>Alimentation 1V5</b>	<b>245</b>	<b>310</b>
NanoFip (Core)	120	150
FPGA contrôle (Core)	120	150
Divers : Régulateur, logique	5	10
<b>Sous total</b>	<b>437</b>	<b>568</b>
PUISSANCE	Nominal (mA)	Maxi (mA)
Résistance de puissance	240	240
<b>Total</b>	<b>677</b>	<b>808</b>

<sup>(1)</sup> : charge réseau moyenne

<sup>(2)</sup> : pleine charge et 5Mb/s

### 4.3. RÉGULATION DE TENSION

#### 4.3.1. RÉGULATION +5V<sub>P</sub>

Paramètre	Valeur
V <sub>entrée</sub>	+9V <sub>p</sub>
V <sub>sortie</sub>	+5V <sub>p</sub>
I <sub>max</sub>	200mA
P <sub>max</sub>	800mW

#### 4.3.2. RÉGULATION +3V3<sub>P</sub>

Paramètre	Valeur
V <sub>entrée</sub>	+9V <sub>p</sub>
V <sub>sortie</sub>	+3V3 <sub>p</sub>
I <sub>max</sub>	600mA
P <sub>max</sub>	970mW <sup>(*)</sup>

<sup>(\*)</sup> Une résistance de dissipation de 6.8  $\Omega$  est ajoutée devant le régulateur.

Dans la configuration la plus défavorable (600mA) :

- Elle permet de dissiper 2.45W.
- Le régulateur doit encore dissiper environ 1W.

#### 4.3.3. RÉGULATION +1V5<sub>P</sub>

Paramètre	Valeur
V <sub>entrée</sub>	+3V3 <sub>p</sub>
V <sub>sortie</sub>	+1V5 <sub>p</sub>
I <sub>max</sub>	200mA
P <sub>max</sub>	360mW

#### 4.3.4. RÉGULATION +1V5<sub>NANO</sub>

Paramètre	Valeur
V <sub>entrée</sub>	+3V3 <sub>nano</sub>
V <sub>sortie</sub>	+1V5 <sub>nano</sub>

$I_{\max}$	200mA
$P_{\max}$	360mW

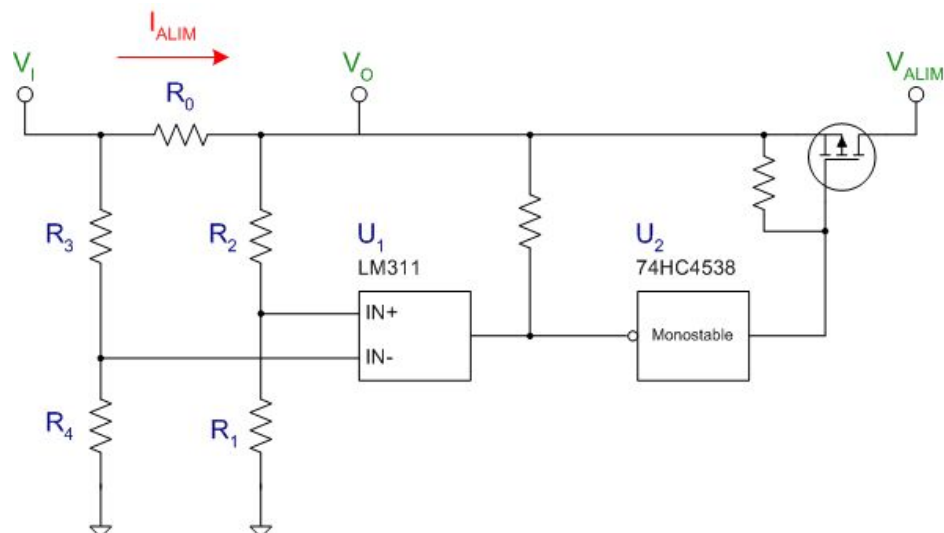
## 4.4. PROTECTION ANTI-LATCHUP

### 4.4.1. PRINCIPE

Les radiations provoquent le phénomène de latch-up sur les composants actifs : les transistors restent bloqués à l'état passant. Le latch-up se manifeste par une surconsommation de la carte.

Le circuit suivant a pour but de couper l'alimentation de la carte pendant un certain temps si le courant mesuré est excessif.

Les 2 composants actifs utilisés (LM311 et 74HC4538) ont été validés par le CERN dans un environnement de radiations.



Aux bornes du comparateur, on a les tensions :

$$V_{IN-} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot V_I$$

$$V_{IN+} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot (V_I - R_0 \cdot I_{ALIM})$$

Si la consommation est nulle, il faut  $V_{IN-} < V_{IN+}$ .

La sortie du comparateur est alors à l'état haut.

Plus la consommation augmente et plus  $V_{IN+}$  diminue. La sortie du comparateur passe à l'état bas quand  $V_{IN+}$  rejoint  $V_{IN-}$ , c'est-à-dire lorsque :

$$V_{IN+} = V_{IN-}$$

Alors,

$$I_{ALIM} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_0} \cdot V_I \cdot \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right)$$

D'une manière générale, il faut donc :

$$1- \frac{R_1}{R_1 + R_2} > \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

2-  $R_0$  doit être le plus petit possible

#### 4.4.2. VALEURS RETENUES

On cherche à couper l'alimentation pour un courant dépassant **600mA** (voir p.17, *Bilan de consommation*).

Pour minimiser les pertes, on prend  $R_0 = 0.2$

$$\text{En posant : } C_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2}, C_2 = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \text{ et } K = \frac{R_0 \cdot I_{ALIM}}{V_I}$$

$$\text{On a : } K = \frac{C_1 - C_2}{C_1}$$

$$C_2 = C_1 \cdot (1 - K)$$

Les valeurs choisies sont :

- **$R_1 = 15k$**
- **$R_2 = 15k$**
- **$R_3 = 15.4k$**
- **$R_4 = 15k$**

La constante de temps du monostable 74HC4538 est réglée pour couper l'alimentation pendant 1.5s et est composée d'une résistance (R) et d'un condensateur (C).

La durée de l'impulsion en sortie du monostable est donnée par :

$$T_{PULSE} = 0.7 \cdot R \cdot C$$

Les valeurs choisies sont donc :

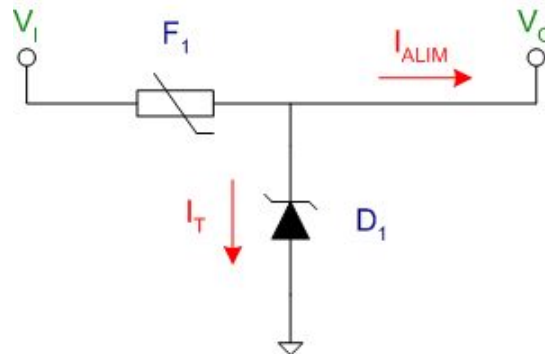
- **$R = 220k$**
- **$C = 10\mu F$**

## 4.5. FUSIBLE REARMABLE

### 4.5.1. PRINCIPE

L'objectif est de protéger le circuit des surtensions et des inversions de polarité.

Le montage suivant allie un fusible réarmable de type PTC ( $F_1$ ) et un TVS, Transient Voltage Suppressor, ( $D_1$ ).



#### Protection surintensité :

Si  $I_{ALIM}$  reste entre 0 mA et  $I_{HOLD}$ , le fusible PTC reste dans un état passant (sa résistance est faible).

Si  $I_{ALIM}$  dépasse  $I_{TRIP}$ , sa température augmente rapidement et sa résistance également : il bloque le passage du courant.

$I_{ALIM}$  est donc limité à  $I_{TRIP}$ .

#### Protection surtension :

Si  $V_I$  dépasse le  $V_{RM}$  de la TVS  $D_1$ , celle-ci se met à conduire brutalement.

Le courant  $I_T$  augmente et  $F_1$  devient bloquant : l'alimentation est coupée.

Par exemple, si  $V_{RM} = 10$  V,  $V_I = 12$  V et  $R_{F1} = 0.2$

$$I_T = (V_I - V_{RM}) / R_{F1} = 10A (> I_{TRIP})$$

#### Protection inversion de polarité :

En cas d'inversion de polarité,  $D_1$  se comporte comme une diode passante ( $V_F = 0.6$  V).

Le courant  $I_T$  s'inverse et augmente.

$F_1$  devient bloquant : l'alimentation est coupée.

Par exemple, si  $V_F = 0.6$  V,  $V_I = -9$  V et  $R_{F1} = 0.2$

$$I_T = (V_I - V_F) / R_{F1} = -37A (> I_{TRIP})$$

Le choix doit donc se porter sur :

- une transil de 10V
- un PTC fuse dont  $I_{HOLD} > 1A$  (consommation max de la carte) et  $V_{MAX} > 18V$  (protection de la carte contre une surtension de 15V)

#### 4.5.2. CHOIX DES COMPOSANTS

##### **Transil :**

ST Micro      SMA6J10CA

- $V_{RM} = 10V$
- $P_{MAX} = 4W$        $P_{PEAK} = 600W$
- Tol = 5%

Farnell : 168-9215

##### **PTC fuse :**

BOURNS      MF-R090-0-9

- $V_{MAX} = 24V$
- $R_{MAX} = 0.12$
- $I_{HOLD} = 0.9A$
- $I_{TRIP} = 1.8A$

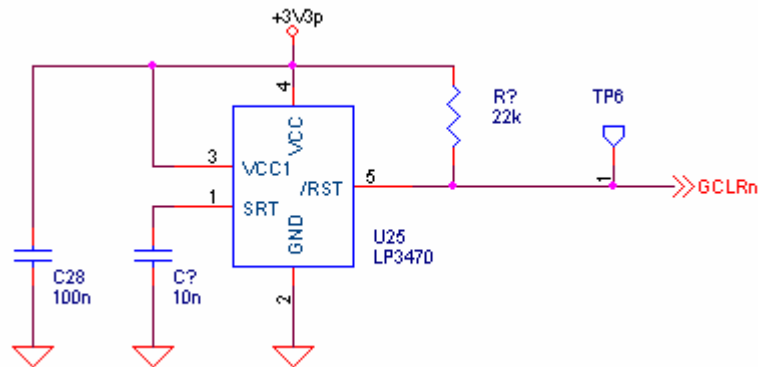
Farnell : 165-2182

## 4.6. GESTION DU RESET DE LA CARTE

### 4.6.1. POWER-ON RESET

A l'établissement de l'alimentation, la ligne RESET du FPGA de contrôle est maintenue à l'état bas pendant 20ms.

Le composant qui gère le POR est le LP3470 :

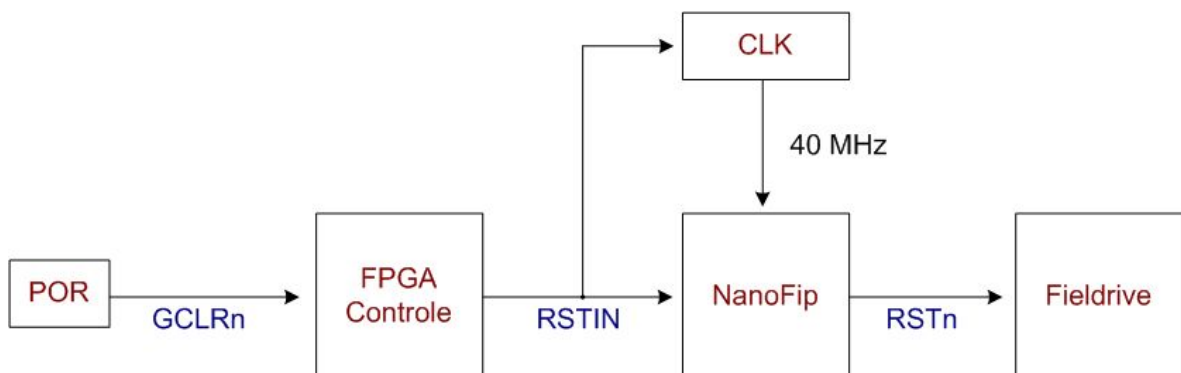


### 4.6.2. RESET

Trois lignes de RESET co-existent sur la carte :

- **GCLRn** : reset global de la carte (POR)
- **RSTIN** : reset de la fonction FIP (NanoFip et Fieldrive) géré par le FPGA de contrôle
- **RSTn** : reset du Fieldrive géré par le NanoFip

Le signal RSTIN ne passe à 1 que sur commande du FPGA de contrôle.



## 5. BUS EMBARQUES

### 5.1. INTERFACE FIP

L'interface FIP est une interface traditionnelle recommandée par Alstom (cf. document #2).

Les trames du réseau sont recopiées sur une liaison RS485.

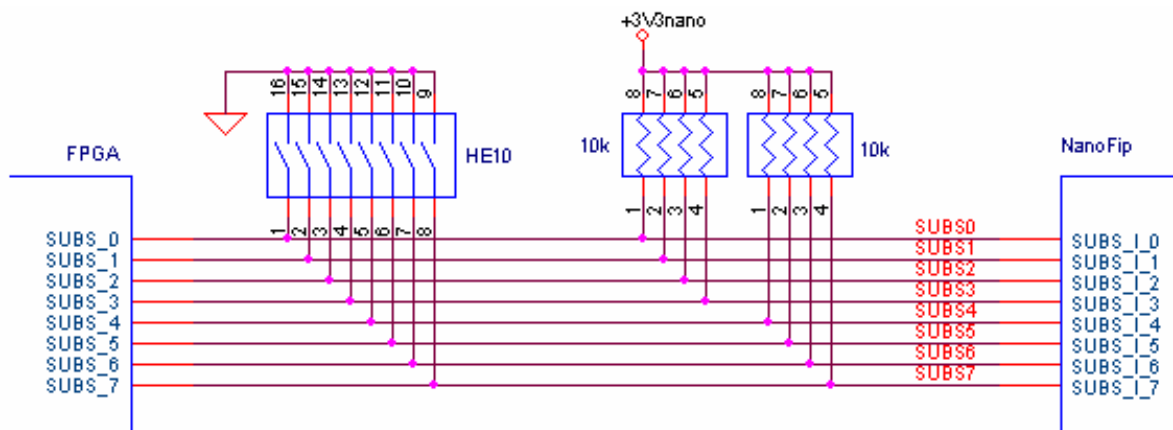
#### 5.1.1. CONFIGURATION DE L'ADRESSE RESEAU

L'adresse de la station FIP peut être configurée de 2 manières :

- par le FPGA (et donc par le PC de contrôle)
- par des jumpers

Par défaut, la valeur 1 est sélectionnée pour chaque bit de l'adresse FIP.

Un jumper force la valeur 0 lorsqu'il est positionné.



Les sorties du FPGA doivent être en tri-state afin de ne pas générer de court circuit si un jumper est positionné.



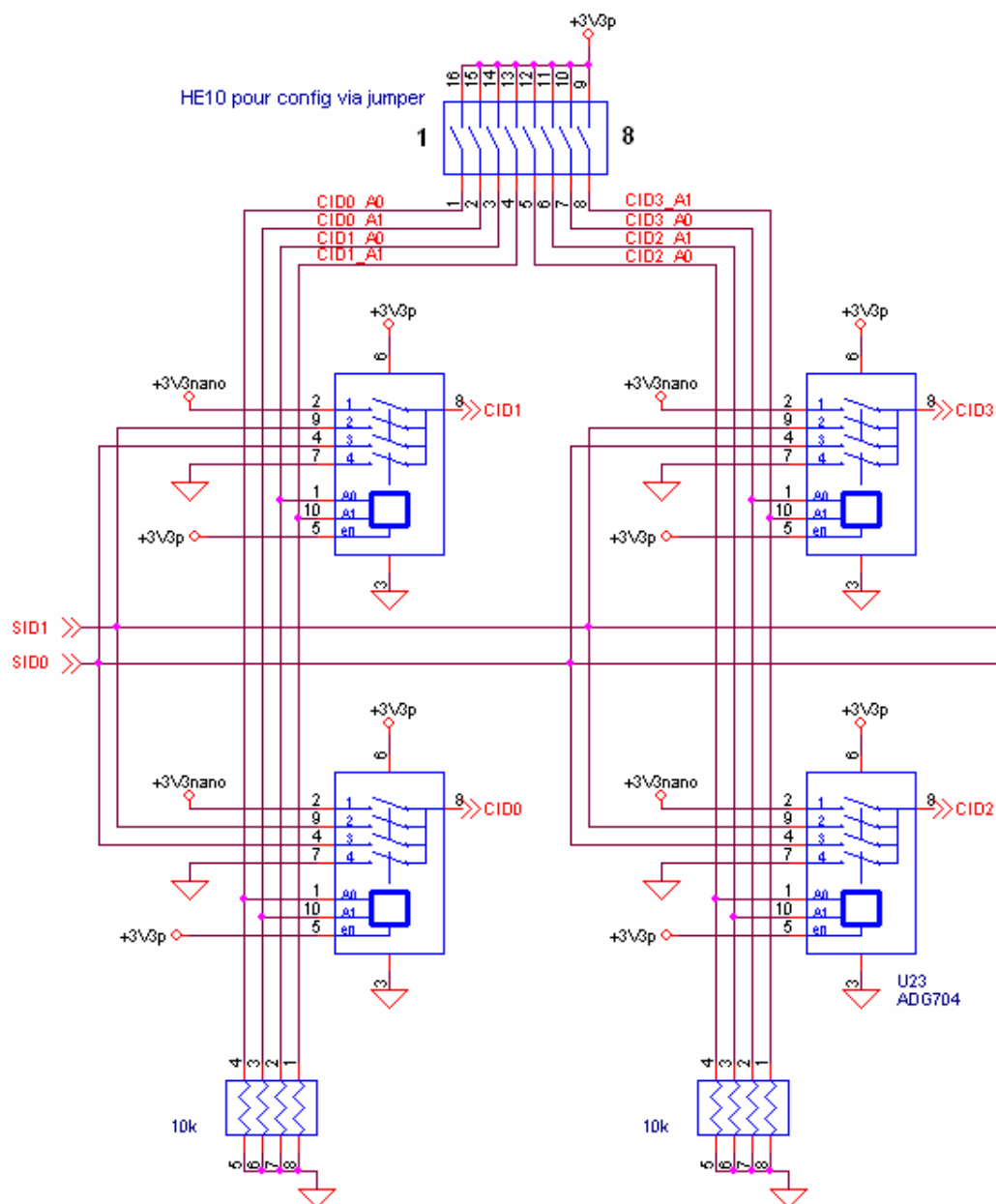
### 5.1.2. CONFIGURATION CONSTRUCTEUR ET MODELE

La configuration du constructeur se fait grâce à 8 jumpers.

Jumper				Entrée NanoFip	
N°	Valeur	N°	Valeur	Nom	Valeur
1	ON	2	ON	CID_0	00
1	OFF	2	ON	CID_0	01
1	ON	2	OFF	CID_0	10
1	OFF	2	OFF	CID_0	11
3	ON	4	ON	CID_1	00
3	OFF	4	ON	CID_1	01
3	ON	4	OFF	CID_1	10
3	OFF	4	OFF	CID_1	11
5	ON	6	ON	CID_2	00
5	OFF	6	ON	CID_2	01
5	ON	6	OFF	CID_2	10
5	OFF	6	OFF	CID_2	11
7	ON	8	ON	CID_3	00
7	OFF	8	ON	CID_3	01
7	ON	8	OFF	CID_3	10
7	OFF	8	OFF	CID_3	11

L'octet constructeur du NanoFip est constitué des valeurs CID\_x :

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
CID_3		CID_2		CID_1		CID_0	



*La configuration du modèle se fait suivant la même logique.*

## **5.2. INTERFACE RS-485**

L'interface RS-485 permet de commander la carte NFTC.

Les données sont directement échangées entre le PC et le FPGA de contrôle.

Le contenu de ces données est spécifié dans la STD du Firmware (cf. document #3).

## **5.3. BUS I2C**

Le bus I2C interne à la carte NFTC permet au FPGA de s'interfacer avec :

- un convertisseur A/D : lecture de la température et des consommations
- une mémoire EEPROM : configuration par défaut de la carte

Adresses des composants sur le bus I2C :

EEPROM M24C01	: 0x50
ADC AD7991	: 0x28

## **5.4. BUS WISHBONE**

Le bus WISHBONE permet la communication entre le NanoFip et le FPGA de contrôle.

Il est intégralement connecté entre les 2 FPGA.

## 6. LEGENDES



*Information à souligner*



*Retour attendu de la MOA / du client*



*Point important impactant la poursuite du projet*



*Point bloquant pour la poursuite du projet*