Puit de courant

**Table des matières**

[1 Cahier des charges 3](#_Toc164343462)

[2 Planification 3](#_Toc164343463)

[3 Analyse 3](#_Toc164343464)

[3.1 Analyse de l'existant 3](#_Toc164343465)

[3.2 Prise de décisions 3](#_Toc164343466)

[4 Conception 3](#_Toc164343467)

[4.1 Schémas 3](#_Toc164343468)

[4.2 Dimensionnement de composants 3](#_Toc164343469)

[4.3 Design de PCB 4](#_Toc164343470)

[5 Réalisation 5](#_Toc164343471)

[5.1 Instructions de fabrication 5](#_Toc164343472)

[5.1.1 Référentiel de production: 5](#_Toc164343473)

[5.1.2 Identification des dangers et mesures de protection/sécurité : 5](#_Toc164343474)

[5.1.3 Qualification du personnel : 5](#_Toc164343475)

[5.1.4 Liste des équipements et outillages: 5](#_Toc164343476)

[5.1.5 Consommables: 5](#_Toc164343477)

[5.1.6 Instruction de travail : 5](#_Toc164343478)

[5.1.7 Enregistrements qualité : 5](#_Toc164343479)

[5.1.8 Prochaine étape : 5](#_Toc164343480)

[6 Tests 6](#_Toc164343481)

[6.1 Mise en service 6](#_Toc164343482)

[6.1.1 But 6](#_Toc164343483)

[6.1.2 Liste de matériel 6](#_Toc164343484)

[6.1.3 Schéma électrique 6](#_Toc164343485)

[6.1.4 Schéma de mesures 6](#_Toc164343486)

[6.1.5 Conditions de mesures 7](#_Toc164343487)

[6.1.6 Marche-à-suivre 7](#_Toc164343488)

[6.1.7 Résultats 8](#_Toc164343489)

[6.1.8 Décision 8](#_Toc164343490)

[6.2 Rapport de test 9](#_Toc164343491)

[6.2.1 But 9](#_Toc164343492)

[6.2.2 Schéma de mesure 9](#_Toc164343493)

[6.2.3 Liste de matériel 9](#_Toc164343494)

[6.2.4 Tableau de mesure 10](#_Toc164343495)

[6.2.5 Conclusion 10](#_Toc164343496)

[6.3 Évaluation du projet 11](#_Toc164343497)

[6.4 État d'avancement du projet 11](#_Toc164343498)

[6.5 Travaux restants à effectuer 11](#_Toc164343499)

[6.6 Améliorations 11](#_Toc164343500)

[7 Conclusion 11](#_Toc164343501)

[Annexe A Planification 12](#_Toc164343502)

[A.1 Journal de travail 12](#_Toc164343503)

[Annexe B Documents de production 12](#_Toc164343504)

[B.1 Schémas 12](#_Toc164343505)

[B.2 Plan d'implantation 12](#_Toc164343506)

[B.3 Maquette PCB 12](#_Toc164343507)

[B.4 Liste de pièces 12](#_Toc164343508)

[Annexe C Data Sheets 12](#_Toc164343509)

**Versions**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Version** | **Date** | **Auteur** | **Remarques** |
| 00 | AAAA-MM-JJ | Alyx Vasseur | Version initiale |

# Cahier des charges

L’objectif de ce travail de TPI est de réaliser une carte de puit de courant réglable. Le design est tiré d’un article paru dans le magazine Elektor numéro 503 à la page 42. Pour plus de détail, consulter le cahier des charges numéro 1438.3001.00.

# Planification

|  |  |
| --- | --- |
| ***Liste des tâches*** | ***Durée*** |
| Routage et commande de PCB | 15H40 |
| Fabrication et mise en service | 13H20 |
| Documentation et administratif | 17H00 |
| Total | 46H00 |

Planification complète, voir Planification

# Analyse

## Analyse de l'existant

Lors du pré-TPI, j’ai déjà analysé la réalisation de l’article d’Elektor et réalisé un schéma adapté dans Altium, et commandé les composants adaptés. Le détail de ce travail se trouve dans le document numéro 1438.3500.00.

## Prise de décisions

J’ai choisi de partir sur une conception de PCB sur deux faces, avec des composants THT et SMD sur la face avant uniquement. Ainsi, la fabrication et le dépannage sont simplifiés et le stockage dans des racks est potentiellement plus simple. J’ai décidé d’organiser le PCB de la manière qui me semblait le plus ergonomique possible : Les connexions à l’alimentation et le fusible sur la gauche, et les réglages et points de connexion pour les instruments de mesure sur la droite. J’ai décidé de mettre des points de mesure à anneaux sur tous les points où une mesure au voltmètre serait envisageable, et des picots jumpers à tous les endroits où une mesure à l’oscilloscope serait envisageable. J’ai également fait attention à ne placer aucun trimmer ou jumper immédiatement derrière un dissipateur thermique, ce qui rendrait moins pratique l’utilisation.

C’est une configuration qui favorise évidemment les utilisateurs droitiers, car il est plus compliqué de manipuler le bord droit de la carte de la main gauche. Cependant, une fois l’alimentation connectée, tourner la carte de 90° dans le sens horaire permet un accès totalement ambidextre aux réglages et points de mesure.

# Conception

## Schémas

Tous les schémas ont été réalisés durant le pré-TPI. Voir document numéro 1438.3500.00 pour plus de détails.

## Dimensionnement de composants

Les dimensionnements ont été réalisés durant le pré-TPI. Voir document numéro 1438.3500.00 pour plus de détails.

## Design de PCB

Lors du design du PCB, j’ai dû porter mon attention sur plusieurs points. Premièrement, sachant que de forts courants allait passer dans les pistes, il fallait s’assurer que ces dernières aient une section suffisante pour ne pas trop s’échauffer. J’ai donc décidé de prendre un échauffement acceptable de 20K. Sachant que la carte est équipée d’un fusible de 2A, j’ai donc dimensionné la largeur des pistes à fort courant en prenant ces valeurs. En m’appuyant sur le guide de survie de M.Huser, j’ai pu déterminer qu’une largeur de piste de 0,75mm et une épaisseur de 35µm était suffisante. Pour éviter tout problème de dimensionnement de via, j’ai décidé de faire passer toutes les pistes à Haut courant sur la face du dessus. Toutes les pistes à plus bas courant ont été faites avec une largeur de 0,25mm ce qui permet de facilement naviguer entre les pates des composants au format SOT-23 par exemple. Et dans le cas où un composant de faible courant venait à se mettre en court-circuit, le courant maximum de 2A défini par le fusible créerait un échauffement de moins de 100°C, qui ne devrait pas endommager le PCB.

La seule situation qui pourrait mener à un courant de plus de 2A sans que le fusible ne s’ouvre est dans le cas où un court-circuit est créé depuis un point de test avec un appareil connecté à la terre (s’il ne s’agit pas d’une source de tension flottante), ou à l’alimentation directement par exemple. Heureusement tous les points de mesure ont une impédance de sortie relativement élevée, et ne devrait pas poser de problème autre que l’invalidité de la mesure prise.

Les spécifications de la carte sont les suivantes :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Paramètre** | **Valeur** | **Unité** |
| Dimensions (rectangle) | 160x100 | mm |
| Epaisseur totale | 1.6 | mm |
| Nombre de couches | 2 | - |
| Epaisseur cuivre fini | 35 | µm |
| Largeur minimale | 0.25 | mm |
| Isolation minimale | 0.15 | mm |
| Plus petit via (Øpastille / Øtrou / AR) [[1]](#footnote-1) | 1.25 / 0.711 / 0.2195 | mm / mm |
| Finition de surface | Sans plomb (HALS ou ENIG) | - |
| Vernis épargne brasure | Vert | - |
| Sérigraphie | Blanc | - |
| Pochoir | Non | - |

Certaines pistes sur la face top doivent supporter jusqu’à 2A. Elles sont dimensionnées à 0,75mm de largeur.

PCB contrôlé avec le document 1438.5700.00. Résultat du contrôle : aucun problème.

# Réalisation

## Instructions de fabrication

### Référentiel de production

Assemblage électronique : IPC-A-610, classe 1

### Identification des dangers et mesures de protection/sécurité

**Danger Mesures de protection**

Décharges électrostatiques (ESD) : Port du bracelet, blouse

**Dangers thermiques**

Outillage chaud (fer à braser, four)

### Qualification du personnel

* Niveau de formation : module FAB1
* Nombre de personnes : 1

### Liste des équipements et outillages

* Fer à braser
* Four (à phase vapeur)
* Bruxelles ou machine d’aide au placement/à la pose de pâte
* Cadre de montage

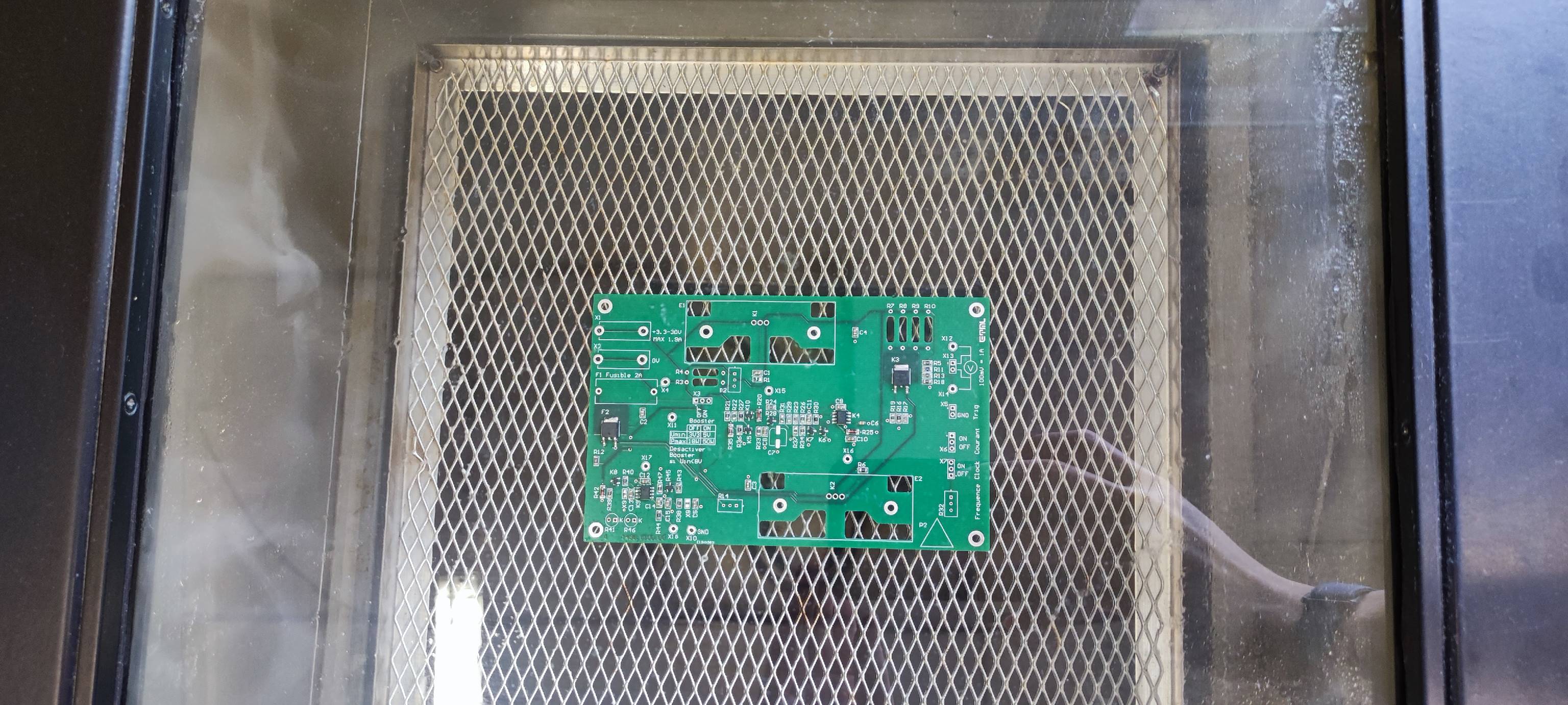
### Consommables

* Pâte à braser en seringue
* Fil de brasure

### Instruction de travail

Durée : 4h20 + 3h de contrôle

1. Déposer de la pâte à braser sur tous les pads SMD à l’aide de d’une seringue.
2. Déposer les composants SMD aux divers endroits nécessaires.
   1. Si vous avez choisi d’utiliser un LM2663 pour K9 (à la place d’un LM2662) il faut installer une résistance de 0Ω sur X9.
   2. Ne pas installer C7. Les condensateurs électrolytiques de ce type supportent assez mal le passage au four.
3. Passer la carte au four.



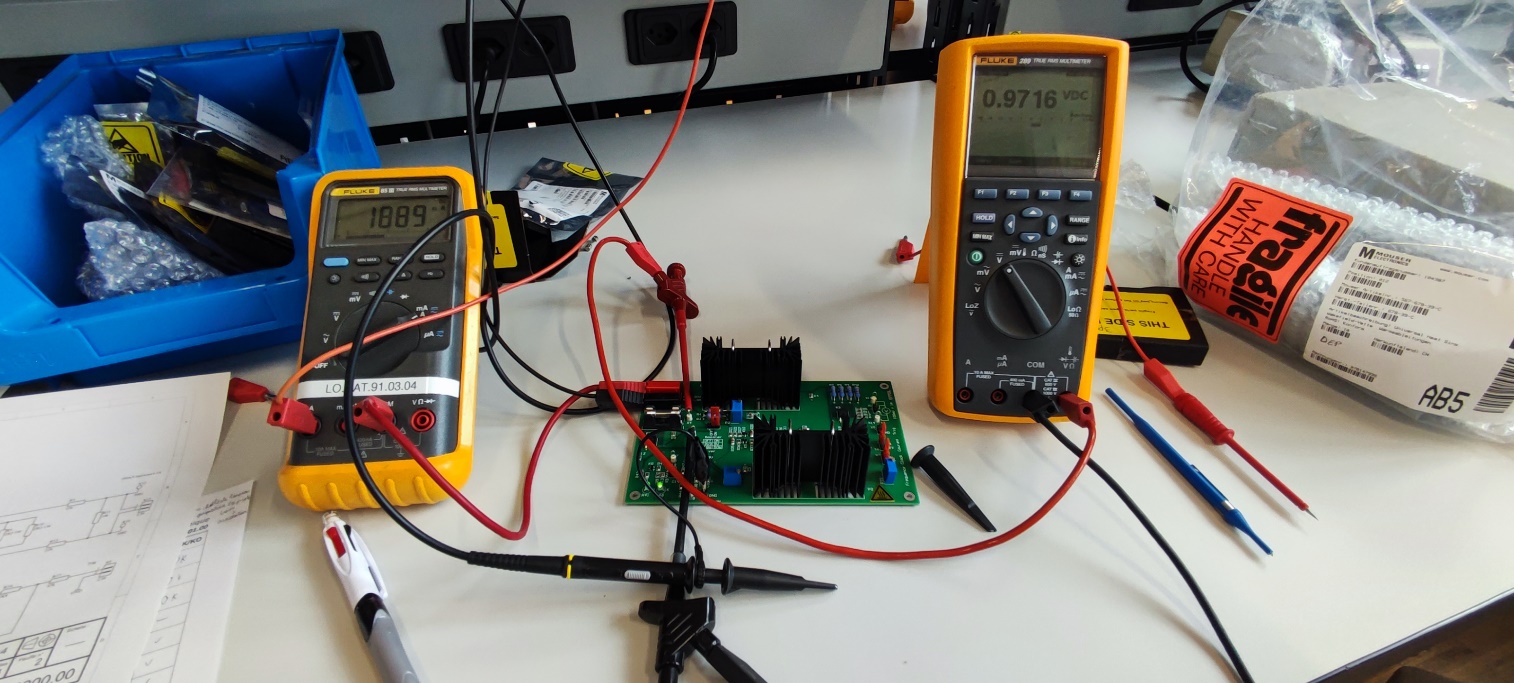
1. Vérifier et le cas échéant corriger les problèmes survenus au four (tombstone, patte mal brasée etc..). Ce sera plus compliqué quand les dissipateurs thermiques seront installés.
2. Installer les composants THT et C7. Les dissipateurs thermiques doivent être installés de telle manière à ce que leur côté avec beaucoup d’ailettes soit au-dessus des grandes ouvertures. N’oubliez pas de braser les pieds des dissipateurs, d’utiliser de la pâte thermo conductrice et d’installer le clip (ou la vis si vous utilisez la version à vis du dissipateur).
3. Coller le sticker P2. Il faut couper son coin pour que R32 ne gêne pas.

### Enregistrements qualité

Numéro du rapport de contrôle ou de la fiche de contrôle que l'opérateur/trice doit compléter.

### Prochaine étape

Continuer avec le test de mise en service (point 6.1 de ce document).



# Tests

## Mise en service

### But

Tester le bon fonctionnement de la carte « Puit de courant » 1438.5100.00 et la calibrer.

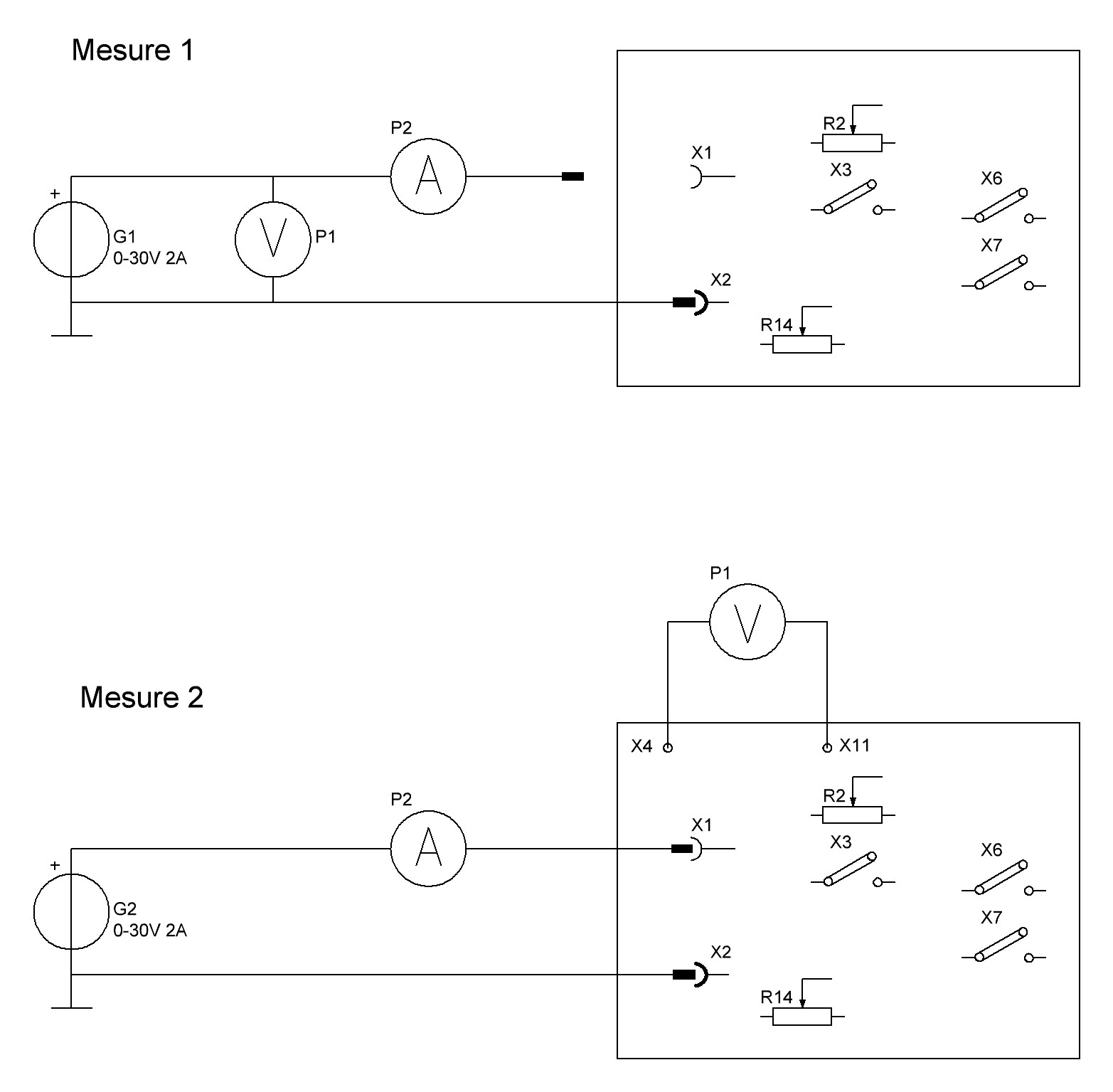
### Liste de matériel

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Désignation | Marque | Type | Caractéristiques | No d'inventaire |
| G1 | Siglent | SPD3303X | Alimentation 0-32V 3.2A | Table 03 DAT |
| P1 | Fluke | 289 | Multimètre | LO.DAT.91.03.05 |
| P2 | Fluke | 85 III | Multimètre | LO.DAT.91.03.04 |

### Schéma électrique

Voir document 1438.5200.00.

### Schéma de mesures



### Conditions de mesures

Disposer les instruments de mesure comme dans le schéma « mesure 1 ». Placer un cavalier sur X6 en position « Courant ON » et un cavalier sur X7 en position « Clock OFF ».

### Marche-à-suivre

|  | **Instructions de mesure** | **Conditions de validation** | **Valeur mesurée** | **OK/KO** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1.1 | Contrôler que X9 soit correct | Si K9 est un LM2662 : X9 non installé  Si K9 est un LM2663 : X9 = 0Ω | LM2662 X9 non installé | OK |
| 1.2 | Désactiver le booster en mettant un cavalier sur X3 (booster OFF) | |  | OK |
| 1.3 | Régler G1 sur 3V et limitation de courant à 100mA puis brancher X1  Régler le courant au minimum avec R14 | |  | OK |
| 1.4 | Mesurer le courant | Courant absorbé = 10±5mA | 14,06mA | OK |
| 1.5 | Augmenter la tension[[2]](#footnote-2) à 3,7V, ajuster R14 pour obtenir un courant de 80±5 mA | | 80,0mA | OK |
| 1.6 | Réduire la tension à 3,05±0,05V | Courant =10±5mA | 14,05mA | OK |
| 1.7 | Augmenter la tension à 5V et régler le courant au minimum avec R14 | Courant < 30mA | 21,71mA | OK |
| 1.8 | Si le point 1.7 n’est pas vérifié, installer une résistance de 0Ω sur X8 et réessayer | | - | - |
| 1.9 | Tourner R2 dans le sens antihoraire au maximum | |  | OK |
| 1.10 | Mettre X3 sur « booster ON » | |  | OK |
| 1.11 | Augmenter la tension de G1 à 15V et la limite de courant à 1,1A. Utiliser R14 pour régler le courant consommé à 1A, connecter P1 comme sur le schéma de mesure numéro 2 | |  | OK |
| 1.12 | Régler R2 de manière à ce que la tension entre X4 et X11 vaille 1V | X4-X11=1±0.05V | 0.991V | OK |
| 1.13 | Augmenter la tension à 25V et le courant à 1.9A. Laisser la carte chauffer quelques minutes. | X4-X11=1±0.05V | 0.984V | OK |
| 1.14 | Au besoin, ajuster R2 pour que X4-X11 = 1±0.05V lorsque l’alimentation est à 25V 1,9A | | 0.972V | OK |

### Résultats

La carte est en état de fonctionnement. Il faut noter que lorsque l’alimentation est entre 3,1 et 3,6V, la protection s’active et se désactive à répétition à cause d’une chute de tension due à l’appel de courant lors de l’activation. Cette chute est due à la limitation de courant de l’alimentation. Celle-ci est déclenchée car la tension normalement régulée de -1,25V commence à se rapprocher de zéro lorsque la tension d’alimentation. Paradoxalement cela a pour effet d’augmenter la tension de sortie du LM317, et donc l’appel de courant de tout le circuit. Pour résoudre ce problème, j’envisagerais deux solutions : remplacer le LM317 par un autre régulateur capable de sortir une tension de 0V sans autre circuit autour, ce qui permettrait de se passer complétement du bloc pompe de charge, ou remplacer le transistor K8 par un transistor au germanium et adapter les diodes R41 et R46. Ainsi la tension au point X17 sera plus haute de 0.4V lorsque l’alimentation sera dans le régime problématique grâce à sa tension UBE réduite. Cette mesure devrait à minima repousser la zone problématique à moins de 3,3V. Même si le problème persisterait probablement dans une moindre mesure entre 3,1 et 3,2V environ, le problème ne se situerait plus dans la zone opérationnelle de la carte.

J’ai également appris à mes dépends (un BD910 a brulé) qu’il est impératif de respecter les 50W maximum de dissipation. Même si la tension maximale d’entrée est de 30V et le courant maximal est de 1,9A, ces deux valeurs ne peuvent pas être atteintes en même temps. Par sécurité il peut être sage de régler le booster pour tirer un peu moins de courant car le LM317 est équipé d’une protection thermique intégrée, ce qui n’est pas le cas du booster.

### Décision

Malgré les problèmes observés, la carte est sûre pour continuer les tests plus poussés.

ETML, le 17.04.2024

Vasseur Alyx

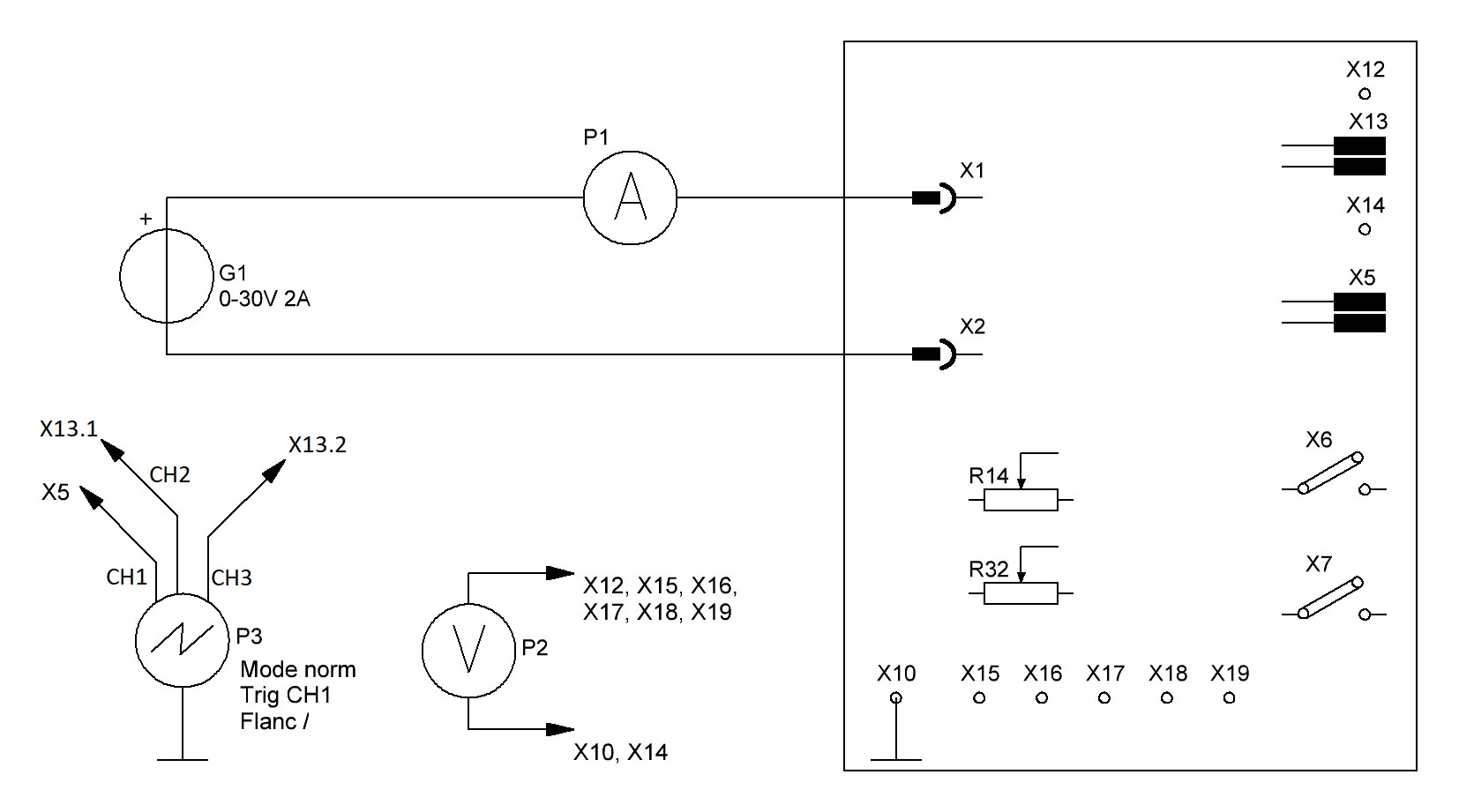
## Rapport de test

### But

Tester les différentes fonctionnalités de la carte « Puit de courant » numéro 1438.5100.00.

### Schéma de mesure

Booster ON pour toutes les mesures



### Liste de matériel

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Désignation | Marque | Type | Caractéristiques | No d'inventaire |
| G1 | Siglent | SPD3303X | Alimentation 0-32V 3.2A | Table 03 DAT |
| P1 | Fluke | 85 III | Multimètre | LO.DAT.91.03.04 |
| P2 | Fluke | 289 | Multimètre | LO.DAT.91.03.05 |
| P3 | Keysight | DSOX1204G | 100MHz 2GSa/s | LO.DAT.91.03.06 |

### Tableau de mesure

| Mesure | Condition de mesure | Valeur mesurée | Valeur attendue | Erreur absolue | Erreur relative |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| X12-X14 (P2) | Courant ON, Clock OFF Uin= 15V I= 500mA | 48,21mV | 50±5mV | 1,79mV | 3,58% |
| X12-X14 (P2) | Courant ON Clock OFF Uin= 15V I= 1A | 98,52mV | 100±5mV | 1,48mV | 1,48% |
| X12-X14 (P2) | Courant ON Clock OFF Uin= 15V I= 1,5A | 149,4mV | 150±5mV | 0,6mV | 0,4% |
| X15-X10 (P2) | Courant ON,  Clock OFF Uin= 15V I= 500mA | 6,474V | 6,5±0,5V | 0,026V | 0.4% |
| X16-X10 (P2) | Courant ON,  Clock OFF Uin= 15V I= 500mA | 6,377V | 6,5±0,5V | 0,123V | 1,9% |
| X16-X10 (P2) | Courant ON,  Clock OFF Uin= 3V I= 500mA | 6,7mV | 0±100mV  (I tombe à 10mA) | 6,7mV | N/A |
| X17-X10 (P2) | Courant ON Clock OFF Uin= 15V I= 500mA | 3,2442V | 3.3±0,3V | 0,0558V | 1,6% |
| X18-X19 (P2) | Courant ON Clock OFF Uin= 15V I= 500mA | -1,2531V | -1,25V±0,3V | 0,0031V | 0,248% |
| X5.1 X13.1-X13.2 (P3) | Courant ON Clock ON Uin =15V I=500mA  Mode math CH2-CH3 | Signal Carré  Fmin : 29,54Hz Fmax :  6,47KHz | Signal carré en phase, Plage de fréquence minimale en ajustant R32 : 36Hz-1,7kHz |  |  |
| TEST PROTECTION INVERSION DE POLARITÉ  DANGER, À FAIRE EN TOUT DERNIER | Uin=-15V  Courant ON, Clock OFF  I=500mA | Non réalisé | I = 0mA, fusible ne fonds pas. |  |  |

### Conclusion

À l’exception du problème en basse tension lors de la mise en service, la carte fonctionne parfaitement. Les réglages se font sans soucis, et la mesure est facile et relativement précise.

## Évaluation du projet

Le

## État d'avancement du projet

## Travaux restants à effectuer

## Améliorations

# Conclusion

1. Planification
   1. Journal de travail
2. Documents de production
   1. Schémas
   2. Plan d'implantation
   3. Maquette PCB
   4. Liste de pièces
3. Data Sheets

1. [mm] Anneau résiduel [↑](#footnote-ref-1)
2. La valeur de test était initialement de 3,3V et a été augmentée durant la procédure en raison du problème relevé ci-dessous. [↑](#footnote-ref-2)