

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd-Tlemcen

كلية التكنولوجيا

Faculté de TECHNOLOGIE

Département de Génie Electrique et Electronique (GEE)

Filière : ELECTRONIQUE



MASTER INSTRUMENTATION

PROJET DE FIN D'ETUDES

Présenté par : KHOLKHAL IKRAM & MEDJAHED MERIEM

Intitulé du Sujet

**Réalisation pratique d'une alimentation continue
variable fort courant pour laboratoire**

Soutenu en septembre 2021, devant le jury composé de :

M^r BENAÏSSA Mohamed

Prof

Univ. Tlemcen

Président

M^r BENAHMED Nasreddine

Prof

Univ. Tlemcen

Encadreur

M^{lle} RAHOU Fatima Zohra

MAB

Univ. Tlemcen

Co-Encadreur

M^r LALLAM Abdelhafid

MCB

Univ. Tlemcen

Examineur

Année Universitaire 2020-2021

Remerciements

En préambule à ce mémoire nous remercions ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné le courage, la force et la foi de mener à terme ce modeste travail.

À nos encadrateurs Monsieur BENAHMED Nasreddine et Mademoiselle RAHOU Fatima Zohra.

Nous tenons d'abord à les remercier très chaleureusement d'avoir accepté de suivre notre projet et pour leurs attentions particulières qu'ils nous ont donnée au courant de ce deuxième semestre, pour leurs conseils indispensables, leur disponibilité, leurs aides, leurs orientations, le temps consacré et leurs enthousiasmes envers ce mémoire, qui ont constitués un apport considérable grâce auquel ce travail a pu être mené à bon port.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury, qui ont bien voulu nous honorer par leur précieuse présence parmi nous, afin d'examiner et d'évaluer ce modeste travail.

À notre président Monsieur BENAÏSSA Mohamed qui nous a donné le privilège d'avoir accepté de présider le jury de la soutenance de notre PFE.

À notre examinateur Monsieur LALLAM Abdelhafid, qui a bien voulu nous honorer avec une grande sympathie de son acceptation pour siéger parmi le jury de notre soutenance.

Enfin à nos enseignants, pour leurs valeurs, leurs compétences et leurs sens du devoir qui nous ont énormément marqué.

Veillez trouver ici l'expression de notre respectueuse considération et notre profonde admiration pour toutes vos qualités scientifiques et humaines.

Ce travail est pour nous l'occasion de vous témoigner notre profonde gratitude.

Dédicaces

Je dédie ce travail,

A ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Particulièrement à mon père, tu as toujours donné la meilleure pour moi, merci pour votre soutien et pour votre encouragement m'ont toujours donné de la force pour persévérer et pour prospérer dans la vie.

A ma mère celle ci est ma profonde gratitude pour ton éternel amour, que ce travail soit pour le goût le meilleur cadeau que je puisse t'offrir.

A vous mon frère "HOUSSAM" et ma sœur "MERJEM" qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.

A mon binôme MEDJAHED Meriem.

A mes enseignants de département de génie électrique et électroniques.

Enfin je remercie tous ce qui de près ou de loin a contribué à la réalisation de ce travail.

KHOLKHAL IKRAM

Dédicaces

C'est avec un grand plaisir que je dédie ce modeste travail,

A mes chers parents pour leur soutien, leur patience, leur encouragement durant mon parcours scolaire.

A mes frères MOHAMED et IMAD et ma chère sœur BASMA qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A tous les membres de ma famille qui m'avez toujours soutenu et encouragé et tous mes amis de la promo.

A mon binôme KHOLKHAL IKRAM.

A mes enseignants du département de génie électrique et électronique.

A tous ceux qui m'ont aidé et encouragé lors de la préparation de mon projet de fin d'études.

MEDJAHED MERJEM

Sommaire

Introduction générale	1
------------------------------------	----------

Chapitre I : Généralité sur les alimentations

I-1 Introduction :	2
---------------------------------	----------

I-2 Alimentation classique :	2
---	----------

I-2-1 Qu'est-ce que une alimentation classique ?	2
--	---

I-2-2 Fonctionnement :	3
------------------------------	---

I-3 Types d'alimentation :	10
---	-----------

I-3-1 Alimentation non stabilisée :	10
---	----

I-3-2 Alimentation stabilisée ou régulée :	11
--	----

I-3-3 Alimentation à découpage :	11
--	----

I-3-4 Alimentation AT et ATX :	12
--------------------------------------	----

I-4 Conclusion :	14
-------------------------------	-----------

Chapitre II : Description et fonctionnement de l'alimentation

continue régulée 0-30V, 2mA-3A

II-1 Introduction :	15
----------------------------------	-----------

II-2 Schéma électrique de l'alimentation et description générale :	15
---	-----------

II-3 Fonctionnement :	16
------------------------------------	-----------

II-3-1 Bloc de l'alimentation +33V non régulée et de l'alimentation stabilisée -5.6V ;	16
---	----

II-3-2 Bloc du circuit qui permet d'obtenir une tension de référence fixe et variable au moyen de diode Zener et d'AOP ;	17
---	----

II-3-3 Bloc de régulation utilisant un transistor de puissance (ballast) et contenant le circuit de protection ;	18
---	----

II-3-4 Circuit limiteur de courant.....	20
II-3-5 Circuit de protection de l'alimentation.....	22
II-4 Conclusion :	23

**Chapitre III : Réalisation pratique de l'alimentation
continue régulée 0-30V, 2mA-3A**

III-1 Introduction :	24
III-2 Schéma du circuit imprimé et typon	24
III-3 Implantation et soudure des composants sur le circuit imprimé	28
III-4 Premiers tests appliqués à notre réalisation pratique de l'alimentation	28
III-5 Mise du circuit d'alimentation dans un boîtier et produit final	30
III-6 Tests finaux appliqués à notre produit final	32
III-6-1 Alimentation d'un circuit à LED par une tension de 6V.	32
III-6-2 Test du circuit limiteur de courant pour un fonctionnement anormal de l'alimentation	32
III-6-3 Test du circuit de protection de l'alimentation	33
III-7 Conclusion	34
Conclusion générale	35
Références bibliographiques :	36
Annexes	37

Introduction générale

L'alimentation est la partie essentielle de tout système électrique ou électronique.

Il existe diverses exigences à prendre en compte lors du choix d'une alimentation électrique exacte, telles que : les besoins en énergie pour le circuit ou la charge comprennent principalement la tension et le courant. Les caractéristiques de sécurité du circuit d'alimentation comme les limites de courant et de tension pour protéger la charge, l'efficacité, la taille physique et l'immunité au bruit du système.

Notre projet fin d'étude qui est un complément du travail de l'année passé consiste principalement en la réalisation pratique d'une alimentation continue variable, régulée continue régulée 0-30V, 2mA-3A et sa mise dans un boîtier pour pouvoir équiper par exemple notre laboratoire de maquettes.

Le mémoire du notre projet de fin d'études comprend trois chapitres :

Dans le premier chapitre nous nous intéressons particulièrement à l'alimentation classique en montrant le fonctionnement des différents blocs qui la constituent. Aussi et puisqu'il existe plusieurs types d'alimentation, nous allons faire une description générale de ces derniers.

Dans le second chapitre nous allons d'une part présenter le schéma électrique de l'alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A que nous voulons réaliser pratiquement et d'autre part nous allons décrire et expliquer son fonctionnement.

Enfin dans le dernier chapitre nous allons présenter notre réalisation pratique de l'alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A sur plaque de circuit imprimé ainsi que les différents tests pratiques que nous lui avons appliqués tout en montrant son bon fonctionnement.

Nous avons aussi placé notre réalisation pratique dans un boîtier en lui ajoutant des accessoires électroniques pour permettre et pour rendre facile son utilisation dans le laboratoire.

Chapitre I : Généralité sur les alimentations

I-1 Introduction :

La grande majorité des équipements électroniques a besoin d'une source de courant qui peut être une pile ou une batterie, mais qui généralement est constituée d'un circuit transformant le courant alternatif du secteur (220V, 50Hz) en courant continu [1].

Dans ce chapitre nous nous intéressons particulièrement à l'alimentation classique en montrant le fonctionnement des différents blocs qui la constituent. Aussi et puisqu'il existe plusieurs types d'alimentation, nous allons faire une description générale de ces derniers.

I-2 Alimentation classique :

I-2-1 Qu'est-ce que une alimentation classique ?

L'alimentation est un élément important dans de nombreux équipements électroniques.

Alors que certains sont alimentés par batterie, d'autres ont besoin d'une alimentation et la conception sont d'une importance primordiale pour le bon fonctionnement de l'ensemble de l'équipement.

Les circuits électroniques d'alimentation peuvent être divisés en plusieurs sections ou blocs de construction (Figure I-1).

Chacun est important pour le fonctionnement de l'alimentation dans son ensemble, mais chaque section d'alimentation est nécessaire pour remplir sa fonction de manière satisfaisante pour le bon fonctionnement de l'ensemble de l'unité.

D'autres fonctions que les alimentations peuvent remplir comprennent la limitation du courant consommé par la charge à des niveaux sûrs, la coupure du courant en cas de défaut électrique, le conditionnement de l'alimentation pour empêcher le bruit électronique ou les surtensions à l'entrée d'atteindre la charge, la correction du facteur, et le stockage de l'énergie pour qu'elle puisse continuer à

alimenter la charge en cas d'interruption temporaire de l'alimentation de la source (alimentation son coupure) [2].

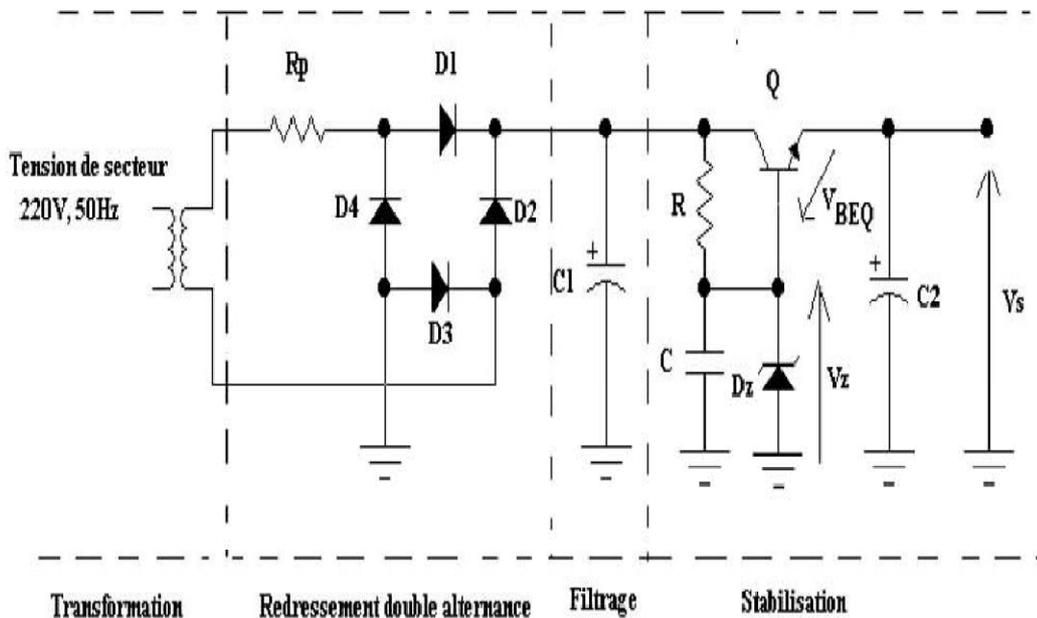


Figure I-1 : Schéma électrique d'une alimentation classique [3].

I-2-2 Fonctionnement :

• Transformation :

Le transformateur, intégré dans un poste électrique, est composé d'un noyau de fer et deux bobines de cuivre (Figure I-2).

Le courant passe dans la bobine primaire puis dans la bobine secondaire, qui contient moins de spires, ce qui permet d'en diminuer la tension.

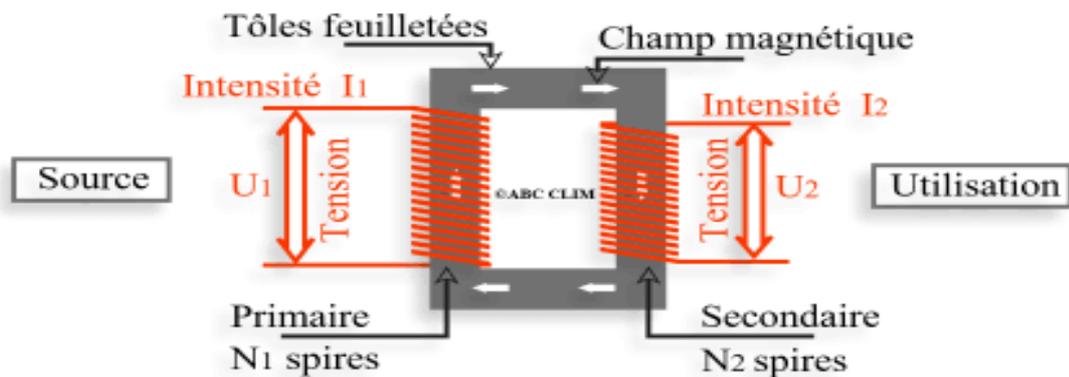


Figure I-2 : Schéma d'un transformateur [4].

Le transformateur a plusieurs fonctions :

Il permet d'abaisser ou augmenter la tension de courant électrique qui travers le réseau.

Le transformateur permet au courant électrique d'être acheminé chez vous sans aucun danger [5].

Un transformateur est caractérisé par son rapport de transformation.

Ce rapport est fonction du nombre de spires des enroulements primaire et secondaire :

$$m = U_2 / U_1 = N_2 / N_1 = I_1 / I_2$$

U_1 : tension primaire

N_1 : nombre de spires primaires

U_2 : tension à vide du secondaire

N_2 : nombre de spires secondaires

• Puissance apparente d'un transformateur

L'autre caractéristique d'un transformateur est la puissance transmise du primaire vers le secondaire.

Cette puissance est appelée puissance apparente S et s'exprime en V.A (voltampère) et est égale à :

$$S = U I \text{ donc dans notre cas : } S_1 = U_1 * I_1 = S_2 = U_2 * I_2$$

• Redressement :

Le redresseur est un circuit électronique composé de diodes qui effectue le processus de rectification.

La rectification est le processus de conversion d'une tension ou d'un courant alternatif en une quantité continue (CC) correspondante.

L'entrée d'un redresseur est en courant alternatif alors que sa sortie est en courant continu pulsé unidirectionnel.

Habituellement, un redresseur double alternance ou un redresseur en pont est utilisée pour rectifier les deux demi-cycles de l'alimentation en courant alternatif (redressement double alternance).

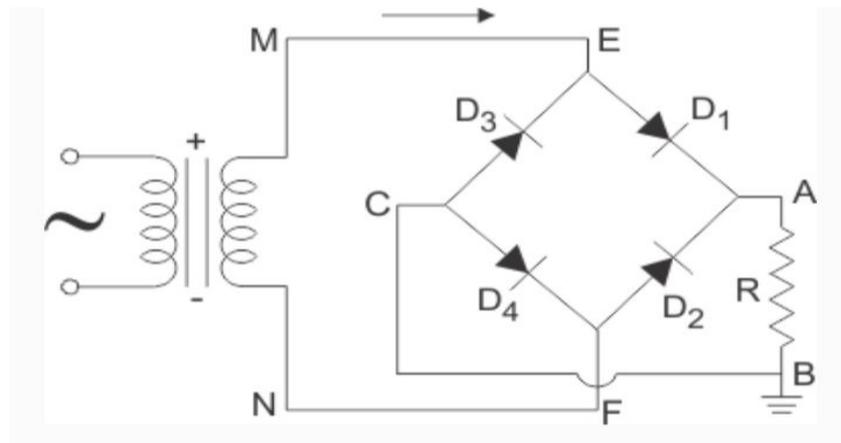


Figure I-3 : Redresseur double alternance [6].

Un pont redresseur est constitué de quatre jonctions p-n diodes connectées de la manière indiquée dans la figure I-3.

Dans le demi-cycle positif de l'alimentation, la tension induite sur le secondaire du transformateur électrique, à savoir V_{MN} , est positive.

Donc, le point E est positif par rapport à F.

Par conséquent, les diodes D_3 et D_2 sont polarisées en inverse et les diodes D_1 et D_4 sont biaisés en avant.

Les diodes D_3 et D_2 agiront en tant que commutateurs ouverts (pratiquement, il y a une certaine chute de tension) et les diodes D_1 et D_4 agiront comme des interrupteurs fermés et commencent à conduire.

Ainsi, une forme d'onde rectifiée apparaît à la sortie du redresseur.

En présence de l'alternance négative, (V_{MN} négative), les diodes D_3 et D_2 sont polarisées en direct et les diodes D_1 et D_4 sont polarisés en inverse [6].

- **Filtrage :**

La tension redressée du redresseur est une tension continue pulsée à très forte teneur en ondulation.

Mais ce n'est pas ce que nous voulons, nous voulons une forme d'onde DC pure sans ondulation.

La figure ci-dessous montre un filtre à condensateur connecté le long de la sortie du redresseur et la forme d'onde de sortie résultante.

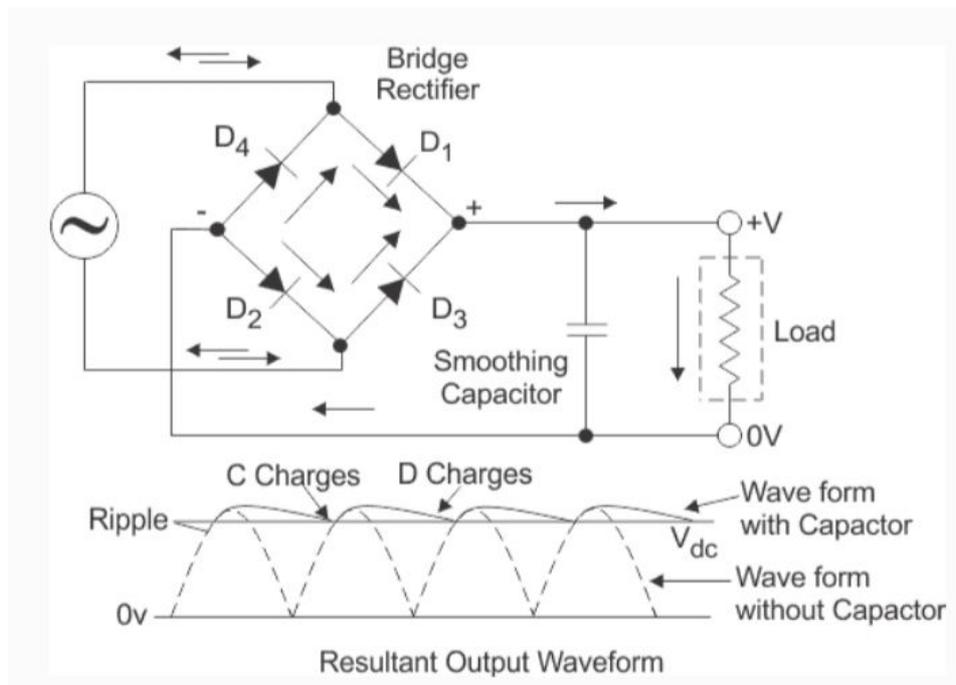


Figure I-4 : Schéma d'un filtre à condensateur connecté le long de la sortie du redresseur et forme d'onde de sortie résultante [6].

Lorsque la tension instantanée commence à augmenter le condensateur se charge, il se charge jusqu'à ce que la forme d'onde atteigne sa valeur maximale.

Lorsque la valeur instantanée commence à diminuer, le condensateur commence à se décharger de manière exponentielle et lente à travers la charge (entrée du régulateur par exemple), par conséquent, une valeur de tension continue presque constante ayant un contenu en ondulations très inférieur est obtenue en sortie [6].

• **Stabilisation :**

Dans le circuit de stabilisation de la figure I-5, la diode Zener fournit une tension stable de référence.

La tension de sortie stabilisée est égale à la tension de la diode Zener (V_z) perdue dans la jonction base-émetteur du transistor Q.

Pour compenser cette perte, il est possible d'insérer une diode (genre 1N4148).

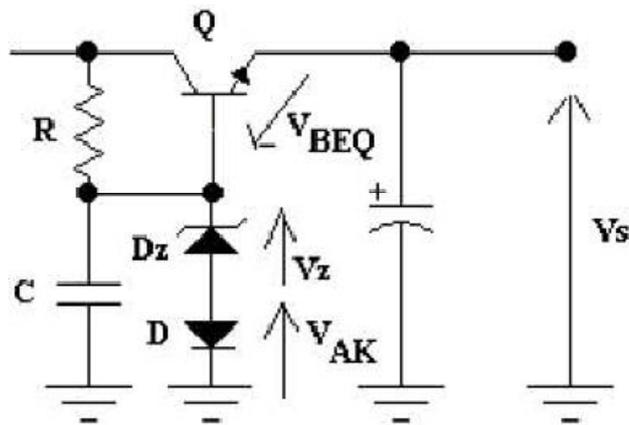


Figure I-5 : Exemple de schéma électronique d'un circuit de stabilisation [3].

Le condensateur C sert à atténuer le bruit de la diode ZENER.

Le transistor Q est un transistor de puissance ballast. Il délivre le courant souhaité à la charge.

Ce type de montage présente quelques inconvénients, parmi lesquels le transistor Q n'est pas protégé contre les surintensités et les courts circuits [3].

• Régulation :

La fonction d'un régulateur de tension est de convertir une tension ayant une certaine ondulation en une tension particulièrement stable.

Il doit maintenir ces conditions de stabilité dans une large gamme de variation du courant de charges mais également des fluctuations de la tension d'entrée.

Le schéma fonctionnel d'un régulateur se caractérise par une boucle de contre réaction : Le fonctionnement est celui des systèmes asservis ou systèmes bouclés.

On distingue 2 grandes principes de régulation :

- La régulation linéaire.
- la régulation à découpage.

Tous les régulateurs linéaires comprennent les éléments suivants:

- un circuit de régulation ;

- un élément de référence (diode Zener par exemple) ;
- un circuit d'erreur, rebouclé sur la régulation.

Pour la régulation linéaire série, l'élément de régulation est placé en série avec la charge.

La tension de sortie est régulée par cet élément qui est en général un transistor dont la conduction (V_{CE} , I_C) varie constamment de façon à maintenir le tension de sortie V_S constante [1].

• **Les régulateurs FIXES :**

Dans le schéma de la figure I-6, la diode D protège le régulateur des courants induits par une charge fortement capacitive lors de la coupure de l'alimentation.

Les condensateurs améliorent la stabilité du montage.

Exemple de régulateurs fixes positifs : la série 78xx 7805 :+5V 7812 :+12V, ...etc.

Exemple de régulateurs fixes négatifs : la série 79xx. 7905 :-5V 7912 :-12V, ...etc.

Nous présentons dans la figure I-6un exemple typique de montage utilisant les régulateurs fixes (famille 78xx et 79xx).

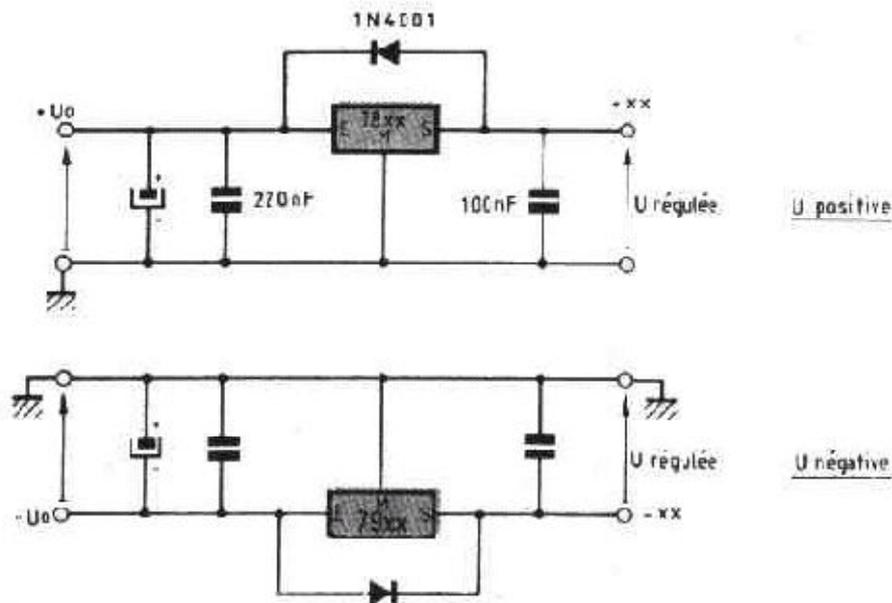


Figure I-6 : Exemple typique de montage utilisant les régulateurs fixes (famille 78xx et 79xx) [1].

Les schémas des brochages des régulateurs 78xx et 79xx sont donnée ci-dessous :

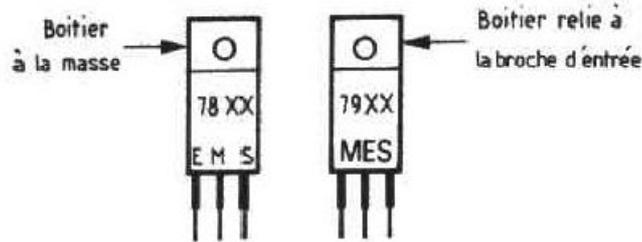


Figure I-7 : Brochages des régulateurs 78xx et 79xx [1].

La diode branchée en parallèle inverse sur les régulateurs permet la décharge des condensateurs à l'arrêt, sans passer par les circuits internes des CI : c'est une protection.

Il est à noter qu'il est facilement possible d'obtenir une tension d'alimentation non normalisée, avec un régulateur existant déjà.

• **Les régulateurs VARIABLES :**

Les éléments de protection et de stabilisations (diodes et condensateurs) peuvent être nécessaires pour le montage de la figure I-8 également. Le condensateur C assure un filtrage supplémentaire de la tension d'entrée (V_o).

La tension de référence, donc V_s , est ajustée par les résistances R_1 , R_2 dont l'une peut être une résistance ajustable.

Exemple de régulateurs variables : LM117, LM317, LT1086...

Le montage de la figure I-8 se base sur le régulateur variable LM317.

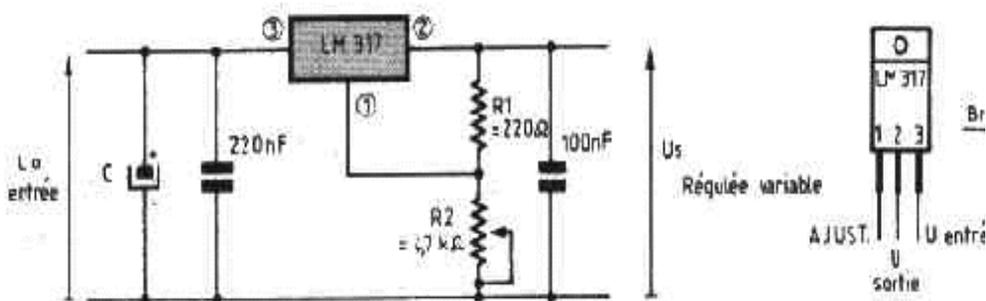


Figure I-8 : Schéma d'un circuit de régulation à base du régulateur variable LM317 [1].

Le LM317 un circuit intégré régulateur de tension positif ajustable de 1,2 V à 37 V avec un courant maximum de 1,5 A.

Il est extrêmement simple à utiliser et dispose aussi de sécurités internes le rendant efficace et sûr : limitation de courant, limitation interne en fonction de la température.

Il faudra simplement respecter la tension différentielle (entre l'entrée et la sortie) qui devra être comprise entre 3 V minimum et 40 V maximum [1].

I-3 Types d'alimentation :

Nous avons plusieurs types d'alimentation, chaque type est différent de l'autre, et chaque type a ses propres caractéristiques.

Nous avons décrit d'une manière succincte tout ce qui concerne ces types.

I-3-1 Alimentation non stabilisée :

La solution la plus simple pour créer une source de tension continue à partir de la tension alternative du réseau comporte un transformateur et un redresseur avec filtre et c'est ce qu'on appelle l'alimentation non stabilisée.

L'image ci-dessous nous montre le principe de l'alimentation non stabilisée.

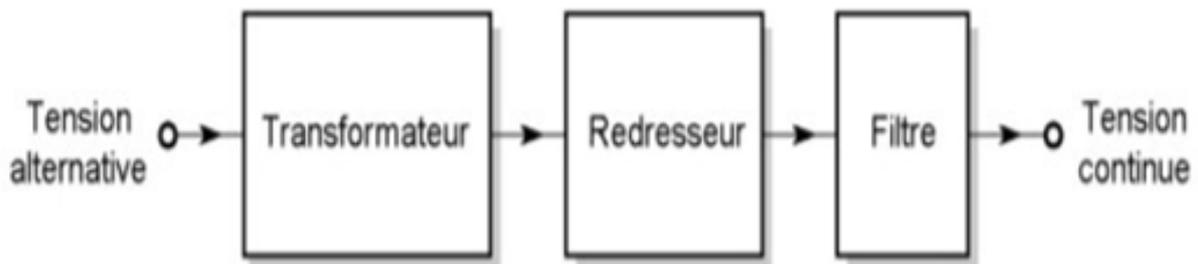


Figure I-9 : Schéma de principe de l'alimentation non stabilisée [3].

Le transformateur permet d'assurer l'isolement entre l'appareil et le réseau et d'abaisser la valeur efficace de la tension pour le rendre compatible avec les niveaux habituellement exigés par les circuits électroniques.

Ensuite, le redresseur avec le filtre permet de passer d'une tension alternative à une tension continue [3].

I-3-2 Alimentation stabilisée ou régulée :

Un étage supplémentaire permet de limiter l'influence des perturbations sur la tension de sortie.

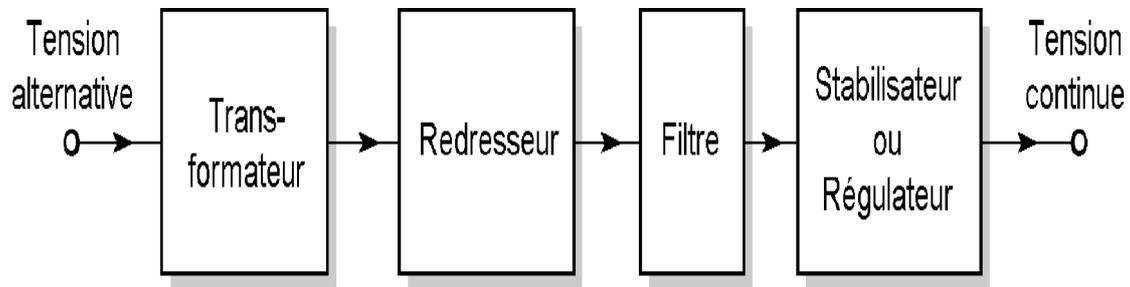


Figure 1-10 Principe d'une alimentation stabilisée ou régulée [3].

Si le circuit n'utilise que la non-linéarité de certains composants comme la diode Zener, on parle de stabilisateur.

Tandis que si le montage fait appel à un asservissement, on le qualifie de régulateur.

L'élément qui agit sur la tension de sortie peut fonctionner soit en régime linéaire, soit en commutation (découpage).

Le premier cas conduit à d'excellentes qualités en stabilisation et sa commande est assez facile.

Par contre, le rendement est mauvais du fait des pertes importantes dans les composants actifs en régime linéaire.

Le second cas permet d'atteindre un rendement plus élevé, mais il est source de parasites et il est un peu plus délicat pour sa commande [3].

I-3-3 Alimentation à découpage :

Des puis les années 70, la grande majorité des appareils électroniques utilisent principalement ce type d'alimentations.

Ce n'est pas étonnant car elles présentent un rendement très élevé (entre 80% et 95%), pour une faible tension d'ondulation de sortie.

Le découpage consiste à accumuler de l'énergie et la transférer à la charge tout en interrompant de manière cyclique la consommation de courant électrique.

La fréquence de fonctionnement d'une alimentation à découpage est généralement élevée car cela diminue l'encombrement des bobinages et facilite le filtrage des tensions continues de sorties.

Une alimentation à découpage a une structure différente que celle de l'alimentation classique [7].

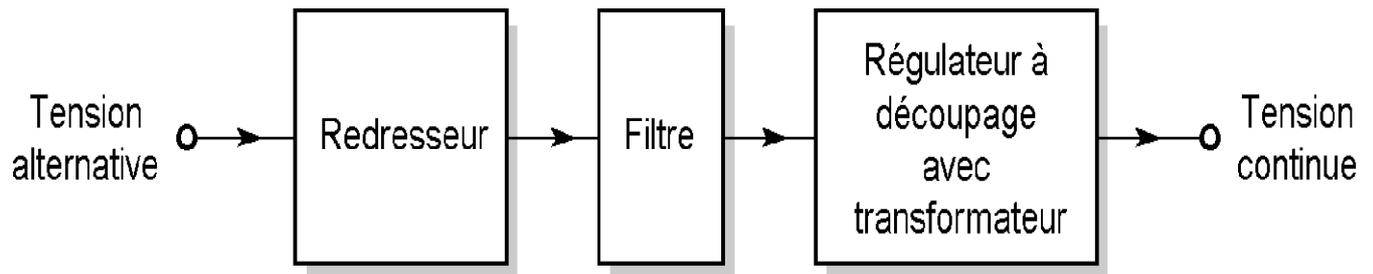


Figure I-11 : Schéma de principe d'une alimentation à découpage [7].

I-3-4 Alimentation AT et ATX :

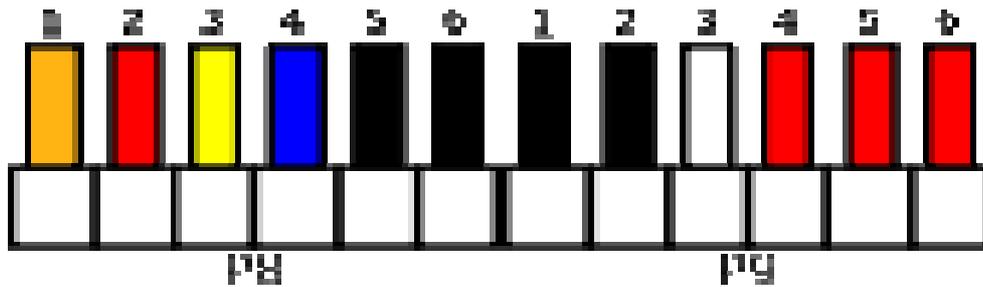
• Alimentation AT :

C'est un format d'alimentation à découpage utilisé dans les ordinateurs(PC) de type pentium et antérieure.

Ce type d'alimentation apporte des tensions de sortie continues de +5V, +12V et -12V (Figure I-12).

Dans ces alimentations, l'interrupteur de mise en service est directement branché sur le réseau électrique [8].

Son brochage est le suivant :



Pin P9	Description	Pin P8	Description
6	+5V	6	Masse
5	+5V	5	Masse
4	+5V	4	-12V
3	-5V	3	+12V
2	Masse	2	+5V
1	Masse	1	Alimentation correc

Figure I-12 : Schéma de connexion d'alimentation AT [8].

- **Alimentation ATX :**

C'est un format d'alimentation à découpage utilisé dans les ordinateurs (PC) de type Pentium et Postérieur.

L'alimentation apporte les tensions de sorties +5V, -5V, +12V, -12V, +3V et -3V (Figure I-13).

Dans ces alimentations l'interrupteur de mise en service est connecté sur la carte mère, le réseau électrique est connecté en permanence, avec quelque fois un interrupteur de sécurité pour la maintenance [8].

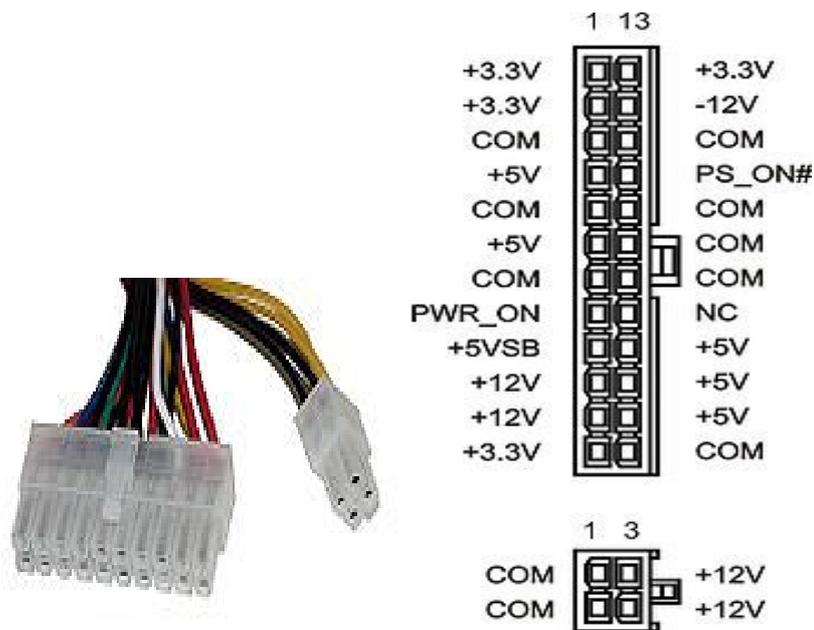


Figure I-13 : Schéma de connexion d'alimentation ATX [8].

I-4 Conclusion :

Les alimentations qu'elle soit simplement lissées, régulées à l'aide d'un régulateur linéaire ou à découpage sont largement utilisées notamment dans les ordinateurs et dans de très nombreux autres équipements électroniques [6].

Dans ce chapitre nous avons donné d'une manière succincte des généralités sur ce qu'il faut connaître sur les alimentations classiques et à découpage et nous nous sommes intéressées plus particulièrement à l'alimentation classique tout en montrant le fonctionnement des différents blocs qui la constituent.

Dans le chapitre suivant nous allons présenter ce qui a été déjà décrit dans le mémoire de PFE de l'année passée par les auteurs de la référence 9 sur le circuit d'alimentation continue classique variable (0-30V) à fort courant (2mA-3A) que nous voulons réaliser pratiquement et le mettre dans un boîtier pour équiper par exemple notre laboratoire de maquettes.

Chapitre II : Description et fonctionnement de l'alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A

II-1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons d'une part présenter le schéma électrique de l'alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A que nous voulons réaliser pratiquement et le mettre dans un boîtier pour équiper par exemple notre laboratoire de maquettes et d'autre part nous allons décrire et expliquer son fonctionnement.

II-2 Schéma électrique de l'alimentation et description générale :

Le schéma électrique de notre alimentation est le suivant :

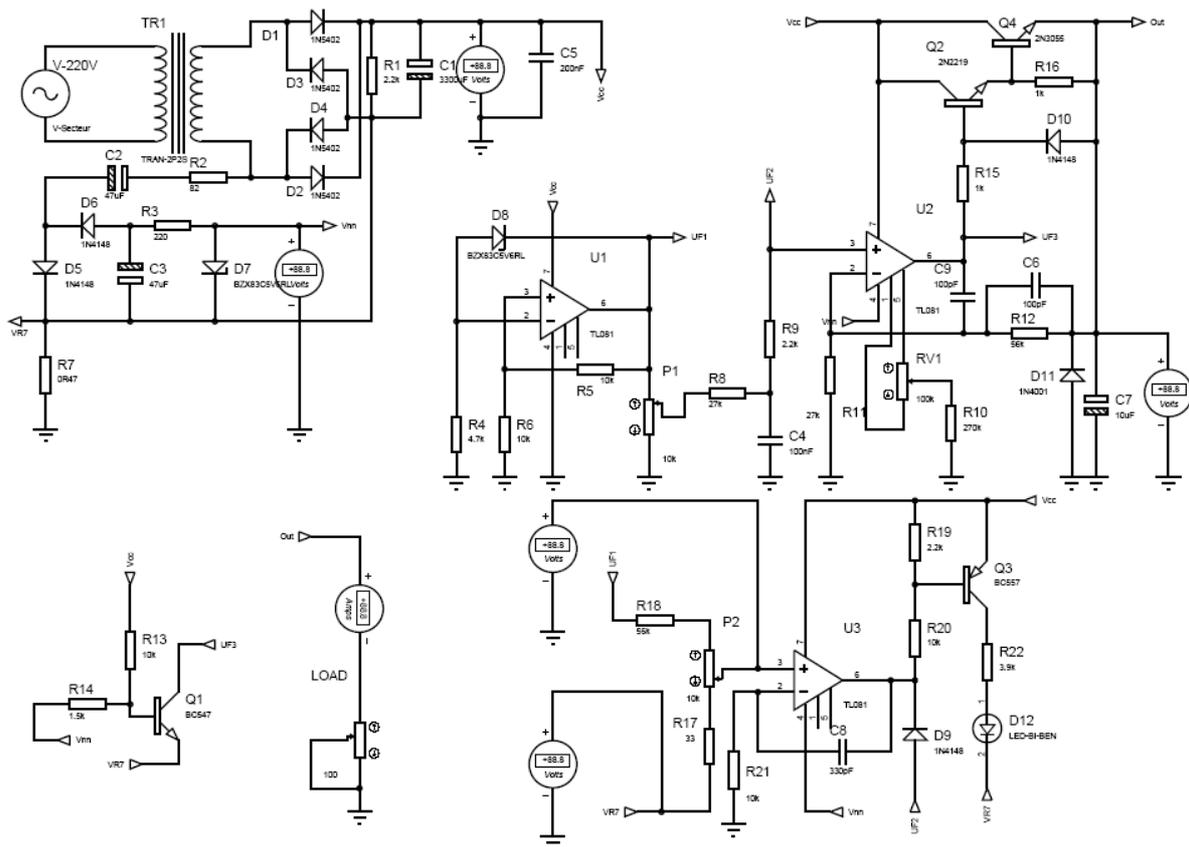


Figure II-1: Schéma électrique de l'alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A que nous voulons réaliser pratiquement [9, 10].

Il s'agit d'une alimentation de haute qualité avec une sortie stabilisée à variation continue pouvant être réglée entre 0 et 30 VDC.

Le circuit comprend également un limiteur de courant qui contrôle efficacement le courant de sortie de quelques milliampères (2mA) à la sortie maximale de trois ampères que le circuit peut délivrer à la sortie du transistor de puissance ou ballast Q₄ qui est le 2N3055 (voir annexe 1) [10].

Cette caractéristique rend cette alimentation indispensable dans le laboratoire de l'expérimentateur, car il est possible de limiter le courant au maximum typique qu'un circuit à tester peut nécessiter, puis de le mettre sous tension, sans craindre de l'endommager en cas de problème.

Il existe également une indication visuelle indiquant que le limiteur de courant est en fonctionnement, ce qui permet de voir immédiatement que le circuit dépasse ou non les limites prédéfinies.

Ses spécifications techniques et ses caractéristiques sont les suivantes :

- Tension d'entrée:24 VAC ;
- Courant d'entrée:3 A (max) ;
- Tension de sortie: 0-30 V réglable ;
- Courant de sortie:2 mA-3 A réglable ;
- Ondulation de la tension de sortie:.... 0,01% maximum.

II-3 Fonctionnement :

II-3-1 Bloc de l'alimentation +33V non régulée et de l'alimentation stabilisée - 5.6V ;

Pour commencer, il existe un transformateur secteur abaisseur avec un enroulement secondaire évalué à 24V/3A, qui est connecté aux points d'entrée du circuit aux broches 1 et 2 de la figure II-1. La qualité de la sortie des alimentations sera directement proportionnelle à la qualité du transformateur.

La tension alternative de l'enroulement secondaire du transformateur est redressée par le pont formé par les quatre diodes D₁-D₄. Ces diodes sont de type 1N5402 qui peuvent laisser passer en direct un courant maximal de 3A et qui peuvent supporter en inverse une tension de 200V (voir annexe 2) [11].

La tension continue (d'environ +33V) prise sur la sortie du pont est lissée par le filtre formé par le condensateur réservoir C_1 et la résistance R_1 (Figure II-2).

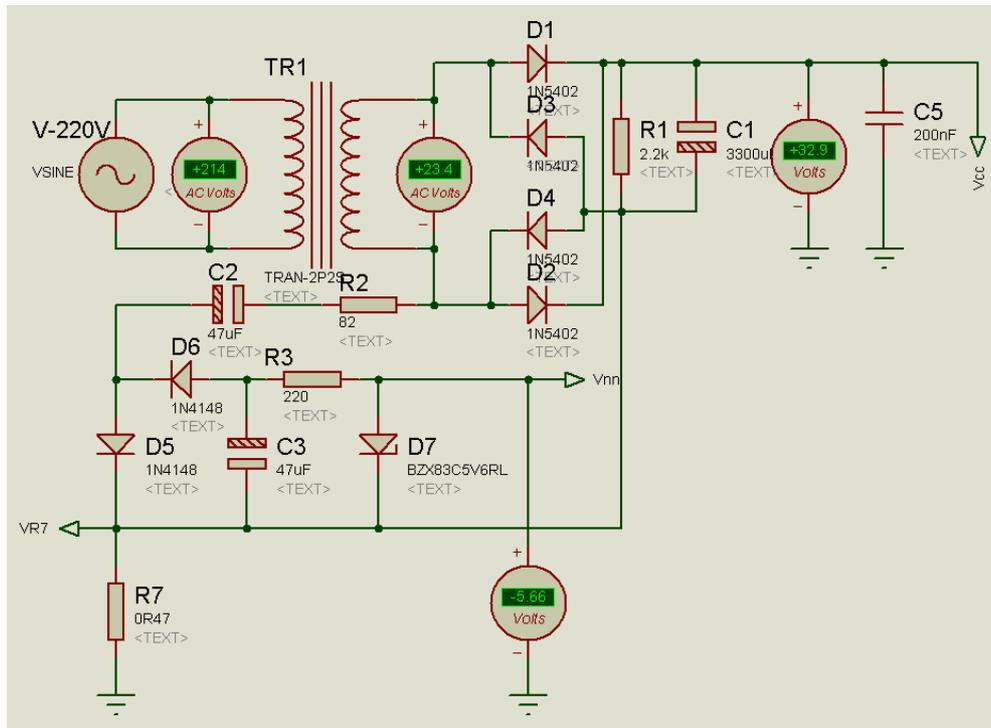


Figure II-2 : Schéma électrique montrant le fonctionnement théorique et de simulation du bloc d'entrée de l'alimentation

Le circuit d'alimentation négative fournissant une tension de -5.6V est réalisé par un simple circuit de pompe de tension qui est stabilisé au moyen de R_3 et de la diode Zener D_7 ayant une tension Zener de 5.6V.

II-3-2 Bloc du circuit qui permet d'obtenir une tension de référence fixe et variable au moyen de diode Zener et d'AOP ;

Le circuit électrique de notre alimentation intègre des caractéristiques uniques qui le rendent assez différent des autres alimentations de sa classe. Au lieu d'utiliser un dispositif à rétroaction variable pour contrôler la tension de sortie, notre circuit utilise un amplificateur à gain constant de 3 (voir plus loin) pour fournir la tension de référence nécessaire à son fonctionnement stable. La tension de référence ayant une valeur de 11.2V est générée à la sortie du circuit intégré U_1 (Figure II-3).

Le circuit qui fournit la tension de référence de 11.2V fonctionne comme suit: la diode D_8 est une diode Zener de tension Zener 5.6V et qui fonctionne ici avec son

coefficient de température actuel nul. La tension dans la sortie de U_1 augmente progressivement jusqu'à ce que la diode D_8 soit passante (en inverse). Lorsque cela se produit, le circuit se stabilise et la tension de référence Zener ($5.6V$) apparaît aux bornes de la résistance R_5 . Le courant qui passe par l'entrée non inverseuse de l'amplificateur opérationnel est négligeable, par conséquent, le même courant circule dans les résistances R_5 et R_6 . Et comme les deux résistances ont la même valeur, la tension entre elles en série sera exactement le double de la tension à travers chacune. Ainsi, la tension présente à la sortie de l'amplificateur opérationnel (broche 6 de U_1) est de $11,2 V$, soit le double de la tension de référence de la diode Zener.

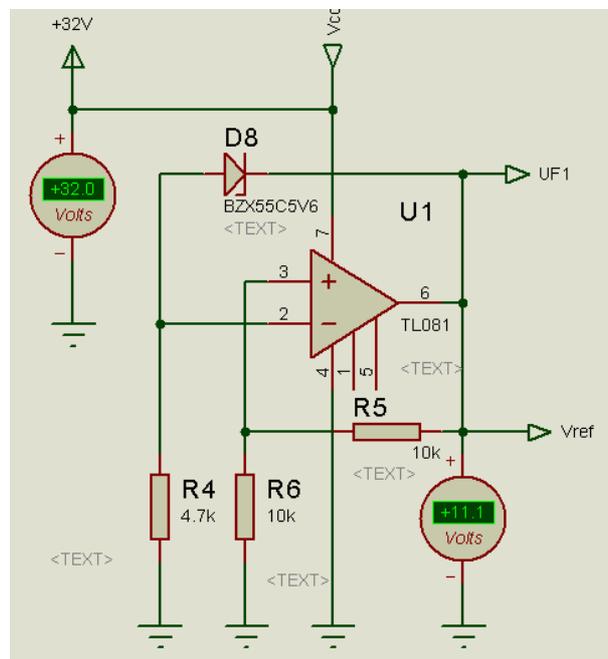


Figure II-3 : Schéma électrique du bloc de l'alimentation qui fournit la tension de référence de 11.2V.

Comme U_1 travaille dans des conditions fixes, il peut être alimenté par rapport à la masse par l'alimentation positive non régulée de $+32V$.

II-3-3 Bloc de régulation utilisant un transistor de puissance (ballast) et contenant le circuit de protection ;

La tension variable présente à la sortie de P_1 est appliquée à l'entrée de ce bloc. Pour l'AOP nous avons $e^+ = e^-$ et par conséquent la tension au borne de la résistance R_{11} sera égale à la tension appliquée à l'entrée non inverseuse de l'AOP.

Le courant qui circule entre les deux entrées de l'AOP est nul cependant les deux résistances R_{11} et R_{12} sont traversées par la même valeur du courant.

Et comme $R_{12}=2R_{11}$, alors la tension aux bornes de R_{12} : $V_{R12}=2V_{R11}$. Donc la tension de sortie est $V_{R11}+V_{R12}$ c.à.d. $V_s=3V_{R11}$.

Par conséquent toute tension appliquée à l'entrée de ce bloc sera multipliée par trois puis appliquée à l'entrée des transistors Q_2 puis Q_4 pour les faire saturer et encore pour faire fixer la tension de sortie entre 0 et 30V environ.

La tension de sortie régulée est d'environ la tension variable multipliée par trois moins deux fois V_{BE} (Figure II-4).

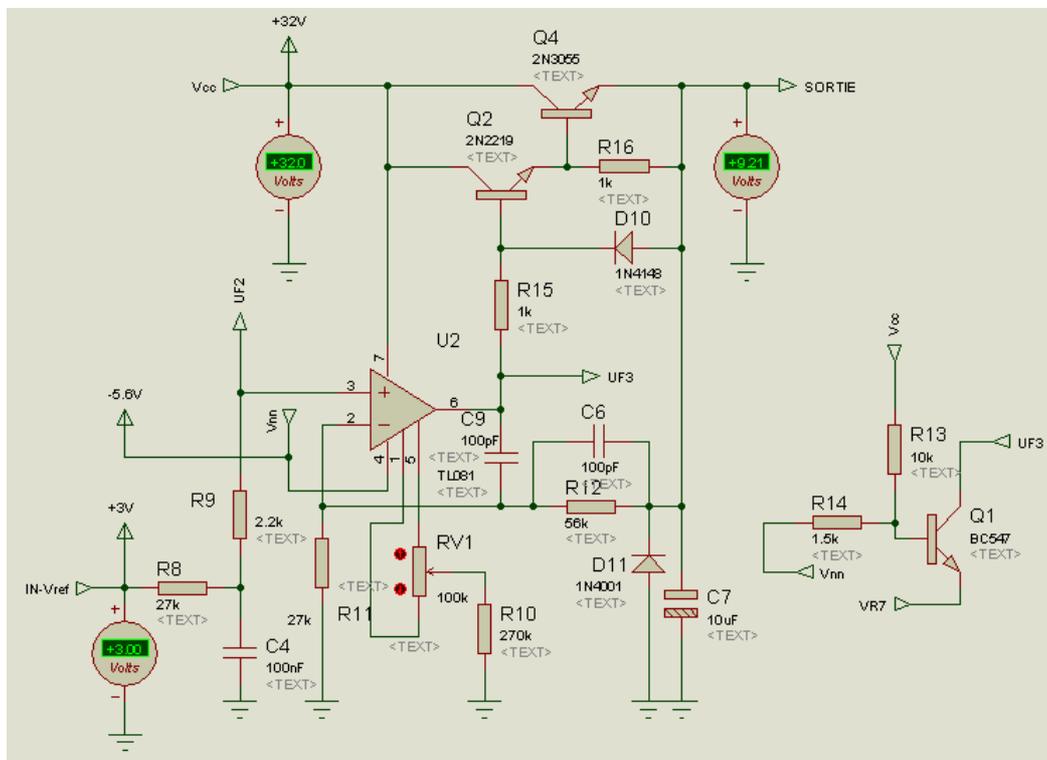


Figure II-4 : Schéma électrique du bloc de l'alimentation assurant la régulation à base de transistor de puissance (ballast : Q_4) et contenant le circuit de protection.

Le circuit intégré U_2 a une protection interne et ne peut pas être endommagé en raison de ce court-circuit efficace de sa sortie.

Le trimmer R_{V1} et la résistance R_{10} sont utilisés pour le réglage des limites de la tension de sortie de sorte qu'il puisse être réduit à 0 V, malgré les tolérances de valeur des autres composants du circuit.

II-3-4 Circuit limiteur de courant

Les figures II-5 et II-6 présentent le schéma électrique et le fonctionnement du circuit limiteur de courant (quand il est couplé aux autres blocs) pour un fonctionnement normal et un autre anormal de l'alimentation.

Le circuit intégré U_3 fonctionne comme comparateur de tension. La tension à sa borne non inverseuse est fixée par l'utilisateur au moyen du diviseur de tension basé sur le potentiomètre P_2 à partir des tensions U_{F1} qui n'est que la tension de référence fixe et toute chute de tension détectée sur la résistance R_7 qui est connectée en série avec la charge. A chaque tension fixée correspond un courant limite qui sera consommée par la charge (ici la charge est notée LOAD).

Pour un fonctionnement normal de l'alimentation où le courant consommé par la charge est inférieure à la valeur du courant limite, la tension de sortie de U_3 (patte 6) est à environ +32V ce qui permet de bloquer le transistor Q_3 qui fonctionne en régime de commutation (régime saturé-bloqué). Dans ces conditions la LED D_{12} reste éteinte.

Quand la charge consomme un courant légèrement supérieur à la valeur prédéfinie (et même dans le cas de court-circuit de la charge ou de la sortie de l'alimentation) et due à la chute de tension détectée sur la résistance R_7 , la tension de sortie de U_3 est à environ -5.6V ce qui permet de faire saturer le transistor Q_3 et d'allumer par conséquent la LED D_{12} .

Donc à chaque fois qu'il y a dépassement de courant limite ou de court-circuit au niveau de la sortie de l'alimentation, le limiteur de courant est activé et le transistor Q_3 pilote la LED D_{12} afin de fournir une indication visuelle à l'utilisateur.

La sortie de U_3 est couplée à l'entrée non inverseuse du circuit intégré U_2 au moyen de la diode D_9 .

Le circuit intégré U_2 est responsable du contrôle de la tension et, étant donné que le circuit intégré U_3 est couplé à son entrée, cette dernière peut annuler sa fonction.

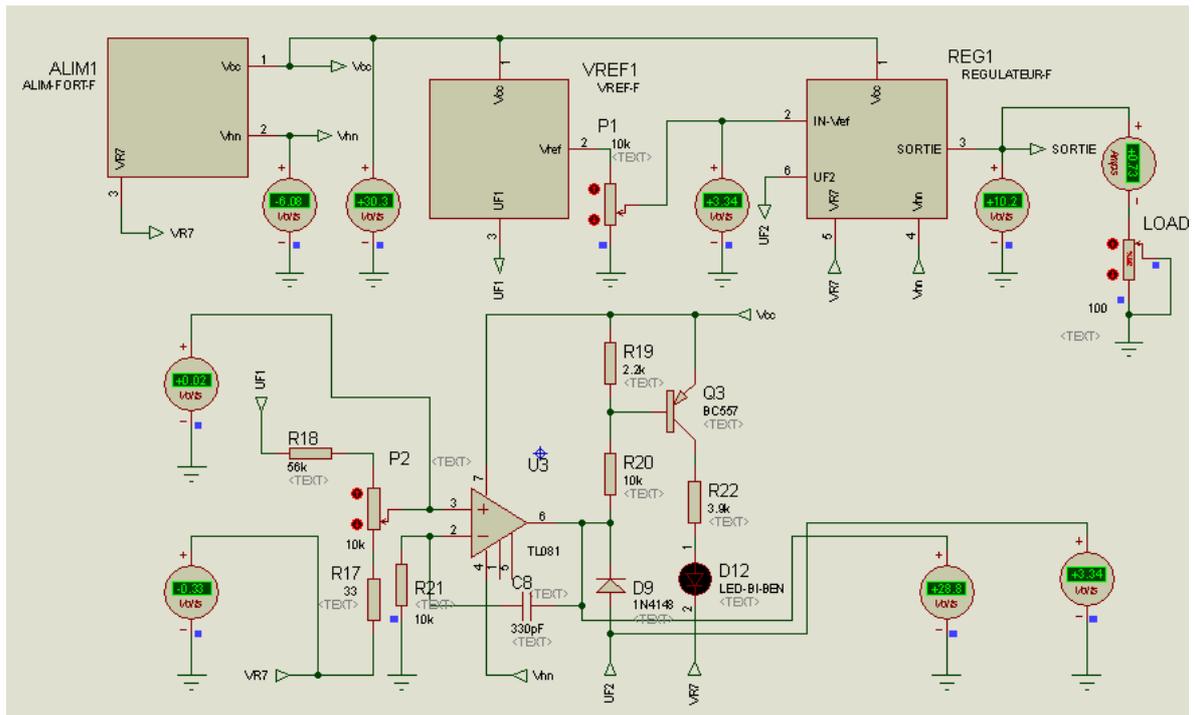


Figure II-5 : Schéma électrique et fonctionnement du circuit limiteur de courant pour un fonctionnement normal de l'alimentation. Ici le courant limite est égal à $0.74A$.

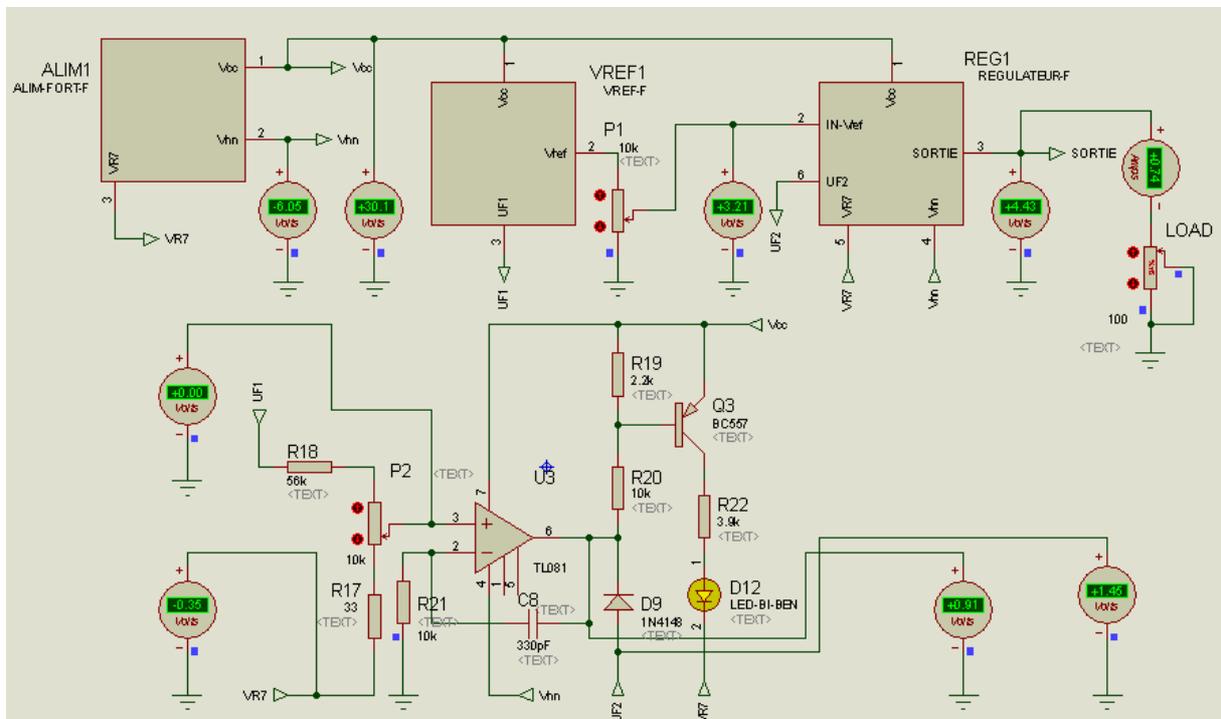


Figure II-6 : Schéma électrique et test du circuit limiteur de courant pour un fonctionnement anormal de l'alimentation (dépassement du courant limite de $0.74A$).

II-3-5 Circuit de protection de l'alimentation

Afin d'éviter des situations incontrôlées à l'arrêt de l'alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A un circuit de protection construit autour du transistor Q_1 a été introduit (Figure II-4 à droite du dessin principal).

Pendant un fonctionnement normal de l'alimentation, le transistor Q_1 est bloqué au moyen de la résistance R_{14} et de la tension négative de -5.6V.

Mais lorsque l'alimentation négative s'effondre Q_1 se sature et réduit la sortie du circuit intégré U_2 à zéro et aucune tension (non nulle) ne sera délivrée à la sortie de l'alimentation. C'est-à-dire que ça ramène la tension de sortie à zéro dès que la tension du secteur de 220V est retirée, protégeant ainsi le circuit et les appareils connectés à sa sortie (Figure II-7).

La figure II-7 montre une tension nulle à la sortie de l'alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A en présence du court-circuit au niveau de la charge (dépassement du courant qui a été limité à 0.74A).

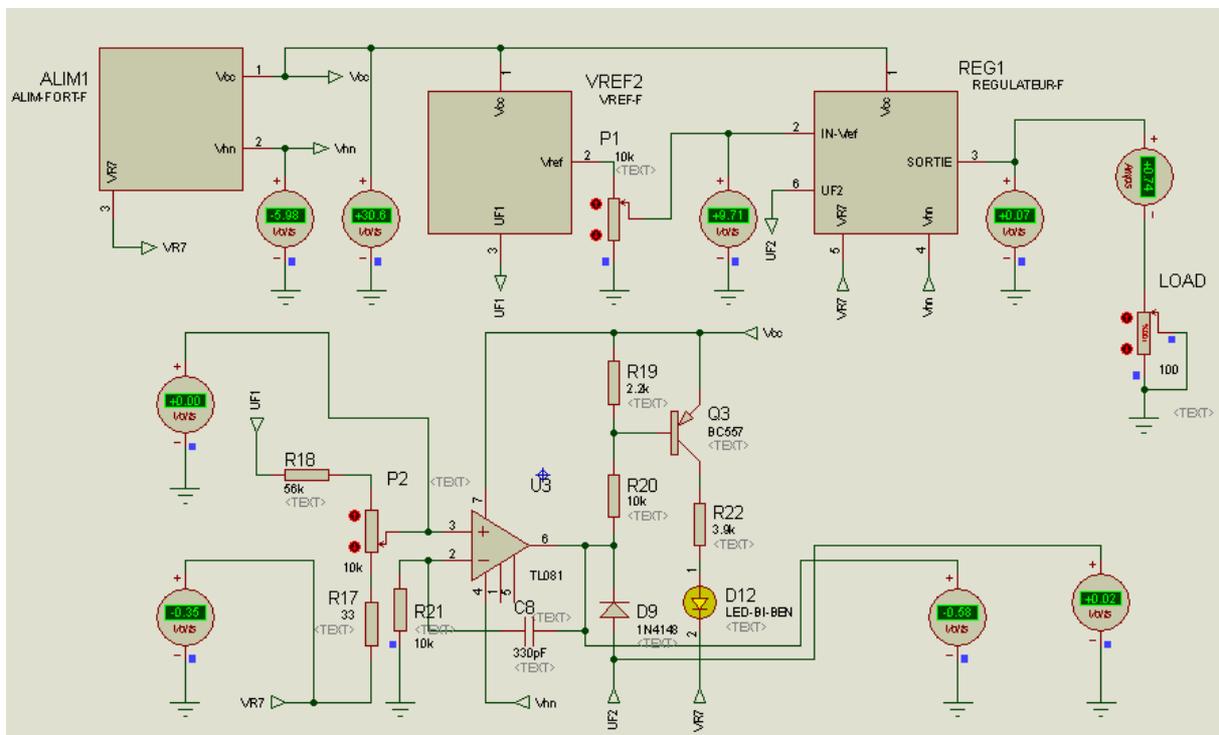


Figure II-7 : Arrêt de l'alimentation en présence d'un court-circuit au niveau de la charge (dépassement du courant limite de 0.74A).

Le transistor Q_3 est utilisé pour piloter la LED D_{12} chaque fois que le limiteur de courant est activé afin de fournir une indication visuelle du fonctionnement des limiteurs. Afin de permettre à U_2 de contrôler la tension de sortie jusqu'à 0V, il était nécessaire de prévoir un circuit d'alimentation négative fournissant une tension de -5.6V, via le circuit situé autour des condensateurs C_2 et C_3 . La même tension négative de -5.6V est également utilisée pour alimenter le circuit intégré U_3 .

Dans les travaux expérimentaux, il est très avantageux de pouvoir supprimer la sortie d'une alimentation sans avoir à attendre que les condensateurs se déchargent et il existe également une protection supplémentaire car la sortie de nombreuses alimentations stabilisées a tendance à augmenter instantanément à la mise hors tension avec des résultats désastreux.

II-4 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons d'une part présenté le schéma électrique de l'alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A et d'autre part nous avons décrit et expliqué son fonctionnement.

Dans le chapitre suivant nous allons montrer d'une part les différentes étapes de réalisation pratiques de cette alimentation et d'autre part les différents tests pratiques appliqués à cette dernière.

Chapitre III : Réalisation pratique de l'alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A

III-1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons présenter notre réalisation pratique sur plaque de circuit imprimé (simple face) de l'alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A ainsi que les différents tests pratiques que nous lui avons appliqués tout en montrant son bon fonctionnement.

Nous avons placé notre réalisation pratique dans un boîtier en lui ajoutant des accessoires électroniques pour permettre et pour rendre facile son utilisation dans le laboratoire, par exemple, de maquettes.

Notre réalisation pratique est une suite logique et naturelle du travail de l'année passée des auteurs de la référence 9 vu les conditions de travail relativement bonnes de cette année.

III-2 Schéma du circuit imprimé et typon

Les auteurs de la référence 9 ont pu développer le schéma du circuit imprimé de l'alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A étudiée dans le chapitre précédent à l'aide du logiciel ARES, et ce après avoir effectué un dimensionnement approprié.

Ce schéma de circuit imprimé est donné sur la figure III-1. Les différents composants sont en vert et les pistes conductrices de liaison sont en bleu. Les pastilles violettes représentent l'emplacement où seront soudées les différentes pattes des composants.

La figure III-2 montre une représentation 3D de notre alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A obtenue sous l'environnement ARES-PROTEUS. Cette représentation 3D va nous faciliter l'emplacement des composants sur la plaque du circuit imprimé une fois cette dernière réalisée.

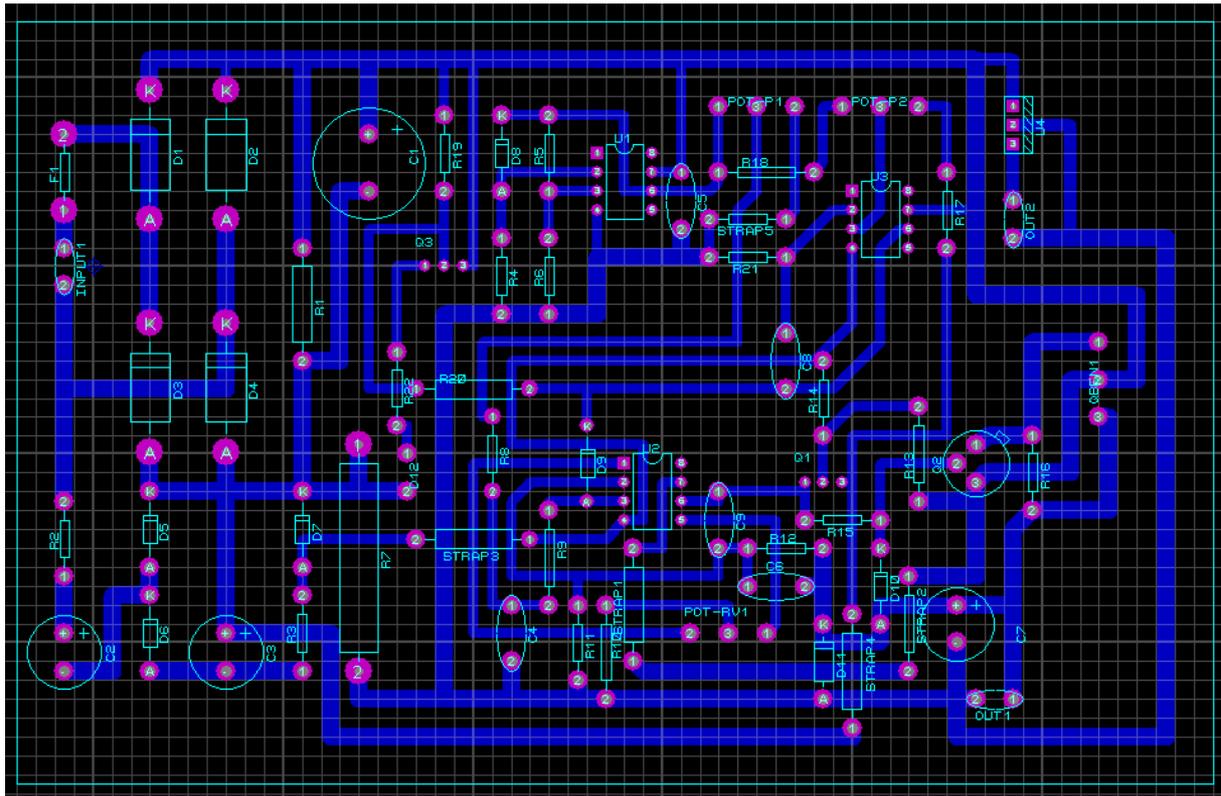


Figure III-1 : Schéma du circuit imprimé de l'alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A des auteurs de la référence 9.

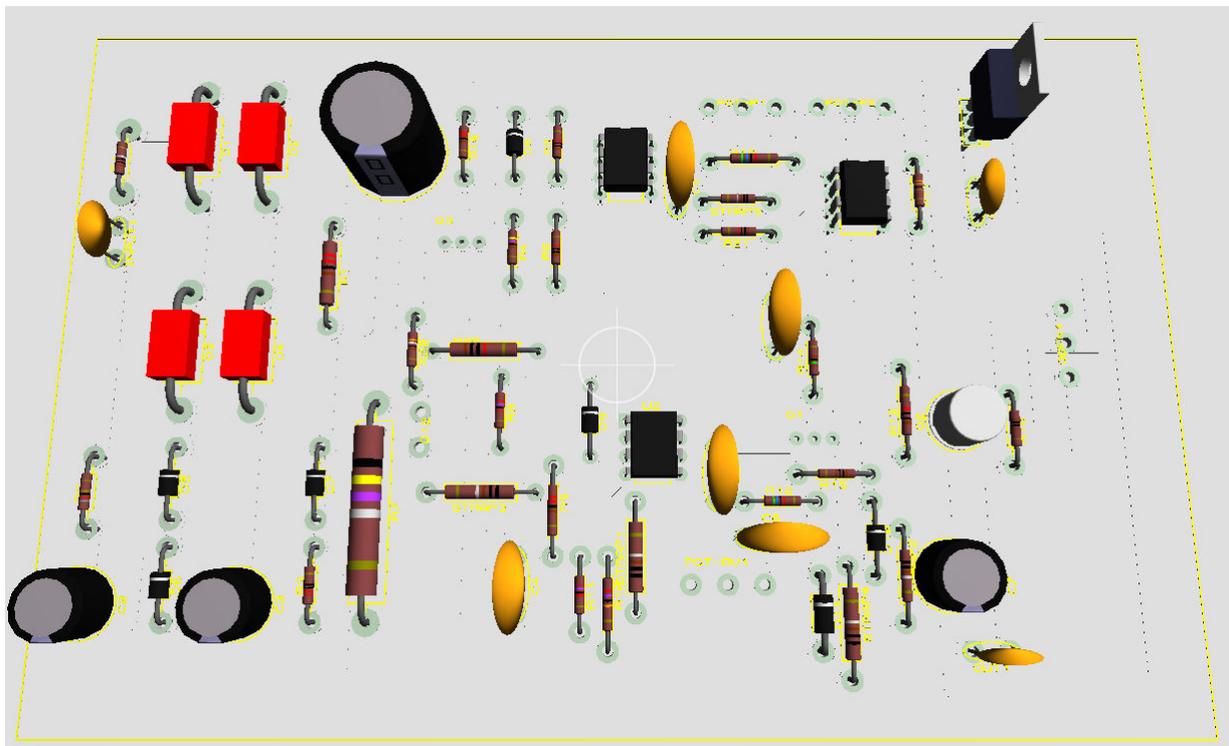


Figure III-2 : Image 3D de l'alimentation sous l'environnement ARES-PROTEUS

Le typon est un dessin du circuit imprimé (pistes et pastilles) effectué sur un film transparent (Figure III-3).

Le type de circuit que nous avons choisi pour la réalisation de notre circuit c'est le circuit simple face. La technique de fabrication est relativement facile et le matériel utilisé est peu onéreux.

Les circuits simples face (en cuivre) obtenus à partir des plaques pré-sensibilisées courantes chez les revendeurs sont disponibles au laboratoire de l'université. Par conséquent le typon de notre alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A que nous avons utilisé est donné par la figure III-3.

Ensuite, nous avons suivi les étapes suivantes pour réaliser la plaque du circuit imprimé de notre alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A :

- Impression du typon ;
- Découpage de la plaque époxy ;
- Préparation et insolation de la plaque époxy ;
- Révélation de la plaque ;
- Rinçage et gravure de la plaque ;
- Rinçage et nettoyage et ;
- Perçage.

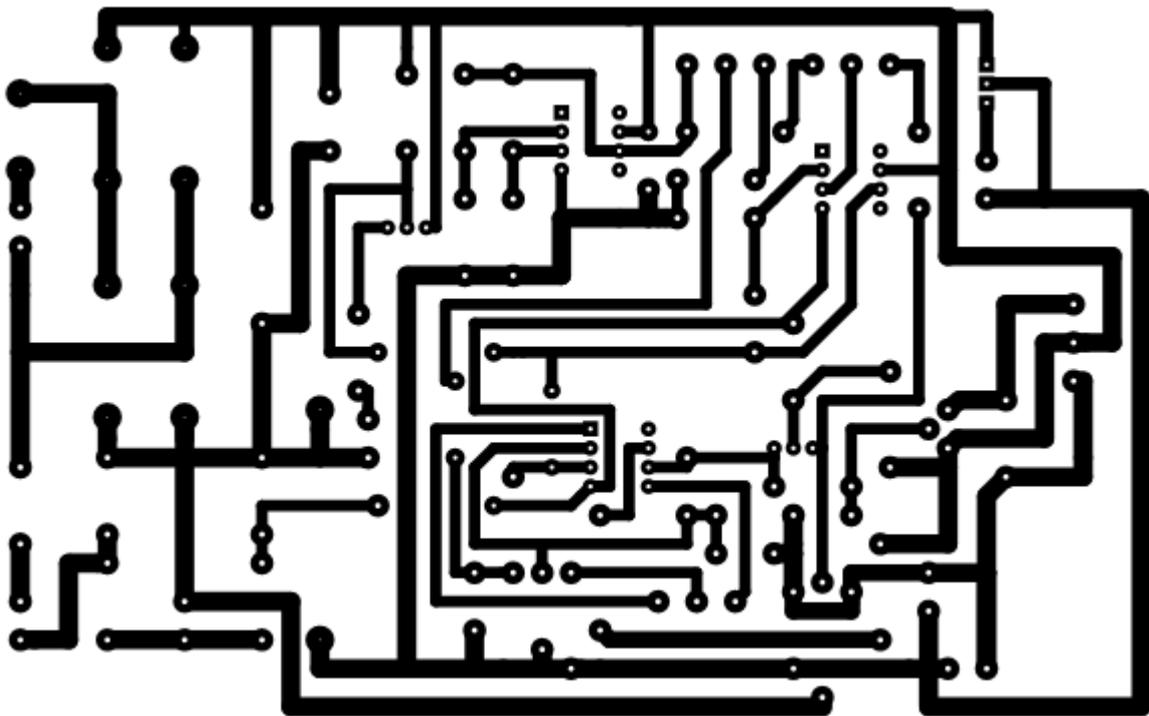
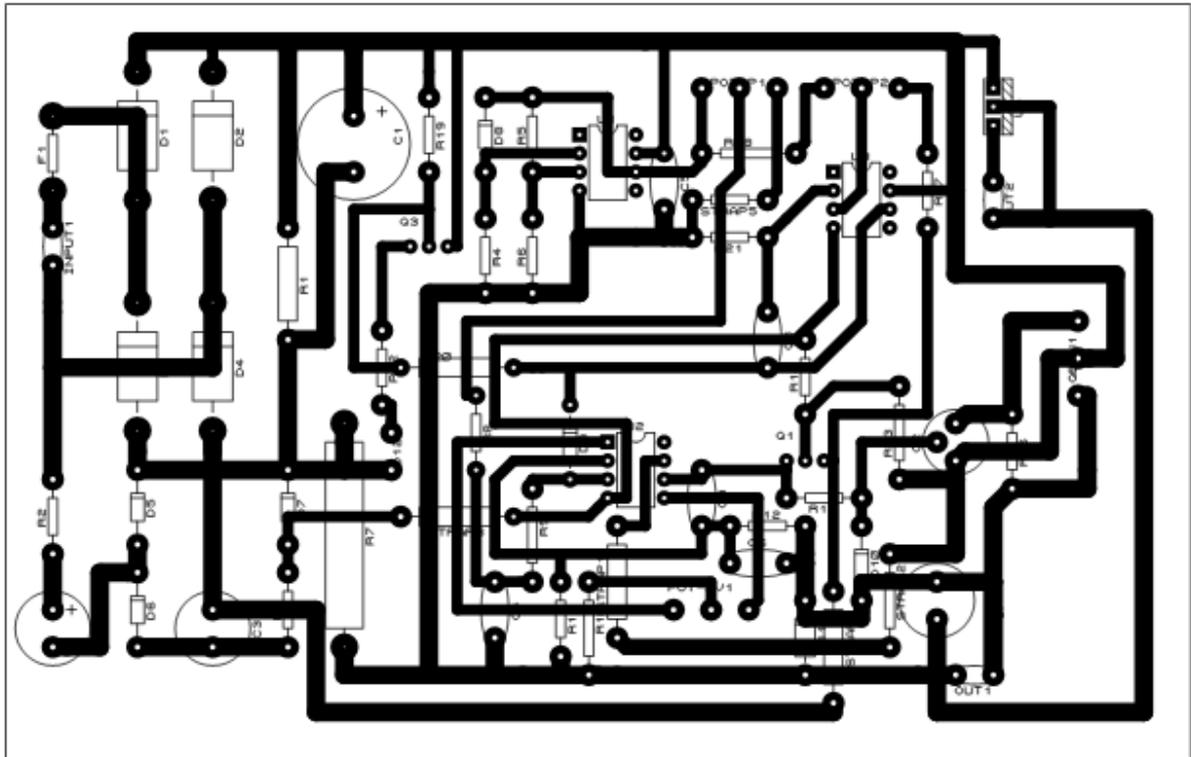


Figure III-3 : Schéma du typon utilisé pour la réalisation pratique de de notre alimentation continue régulée variable et à fort courant.

III-3 Implantation et soudure des composants sur le circuit imprimé

En suivant le schéma électrique du circuit fait sur ARES, nous avons implanté et nous avons soudé les différents composants sur la plaque de circuit imprimé tel qu'il est montré sur la photo de la figure III-4.



Figure III-4 : Photo du circuit imprimé de notre alimentation continue régulée variable et à fort courant que nous avons réalisée.

III-4 Premiers tests appliqués à notre réalisation pratique de l'alimentation

Après avoir réalisé pratiquement la maquette du circuit d'alimentation continue variable, nous avons fait nos premiers tests pratiques pour vérifier le bon fonctionnement de cette dernière comme suit.

Une fois que le transformateur qui est attaqué par la tension du secteur de 220V a été ajouté au circuit, nous nous sommes, au début, assurés du bon fonctionnement de notre alimentation. En effet, en faisant varier le potentiomètre P_1 , nous avons pu varier en sortie la tension continue de 0 à 33V environ (Figure III-5).



Figure III-5 : Tension de sortie ajustée à 10V de notre alimentation continue régulée que nous avons réalisée.

Puis nous avons ajusté la tension de sortie, de notre alimentation que nous avons chargée par une résistance de $100\ \Omega$, à 10V (par exemple) au moyen du potentiomètre P_1 . Le courant mesuré est alors 0.1A tel qu'il est montré sur la photo de la figure suivante.



Figure III-6 : Photo montrant une résistance de $100\ \Omega$ qui charge notre alimentation que nous avons réalisée.

III-5 Mise du circuit d'alimentation dans un boîtier et produit final

Pour donner plus de valeur à notre travail, et pour protéger aussi notre circuit contre toute contrainte externe, nous l'avons placé dans une boîte transparente tout en lui ajoutant un ventilateur alimenté par 12V régulé (nous avons ajouté ce circuit de régulation basé sur le régulateur 7812 à la sortie de notre alimentation).

Nous avons ajouté encore à notre alimentation le mini-voltmètre-ampèremètre (s'alimentant lui aussi par une tension comprise entre 4V et 30V, c'est son Vcc) de la figure III-7 ayant les caractéristiques techniques présentées ci-dessous et nous l'avons câblé tel qu'il est montré sur la figure III-8.

- Plage de mesure : tension DC 0-100V et courant 0-10A ;
- Résolution minimale (V): 0.1 V ;
- Taux de rafraîchissement: $\geq 100\text{mS}$ /times ;
- Précision de mesure: 1% (± 1 chiffre) ;
- Résolution minimale (A): 0,01A ;
- Température de fonctionnement: -15 à 70 °C ;
- Pression d'utilisation: 80 à 106 KPa ;
- Taille: 48 × 29 × 21mm

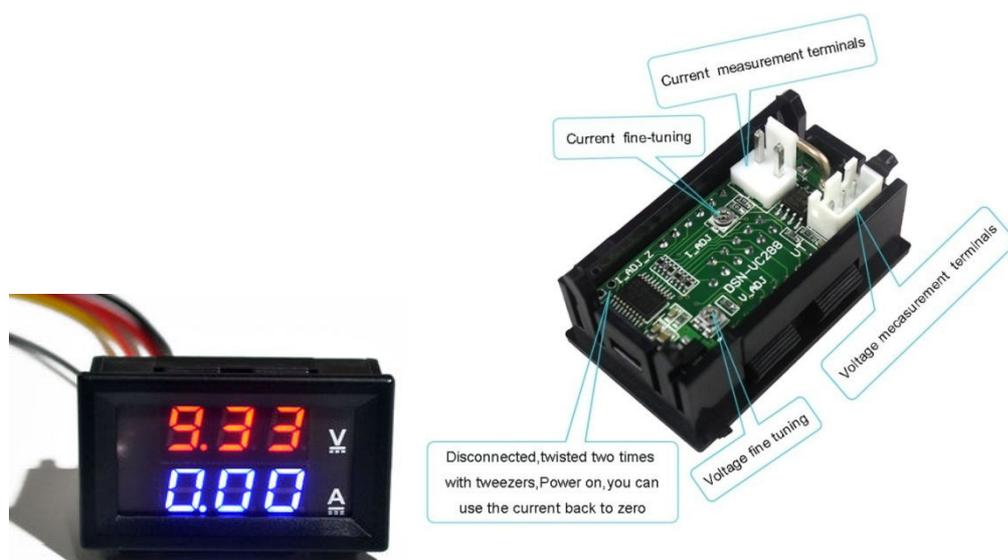


Figure III-7 : Photos du mini-voltmètre-ampèremètre.

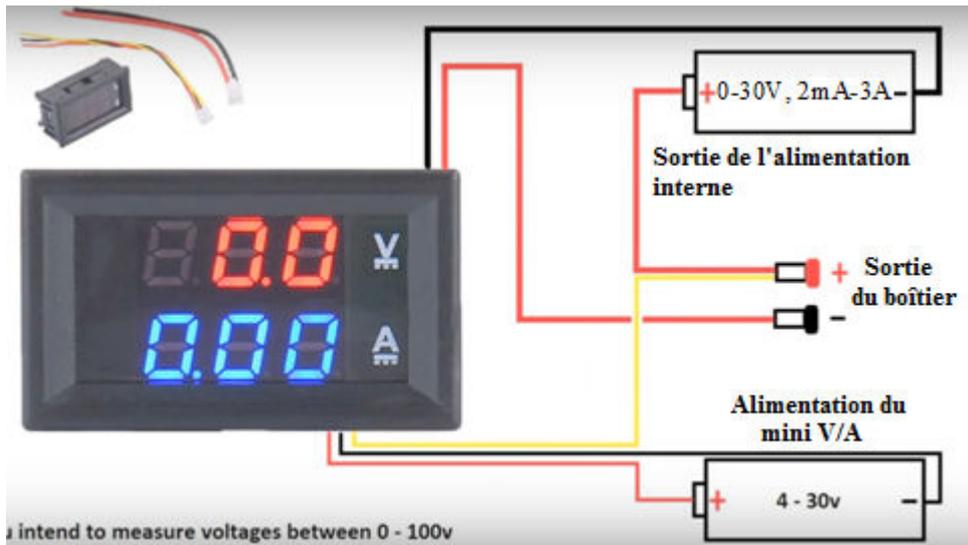


Figure III-8 : Câblage du mini-voltmètre-ampèremètre avec la sortie de notre alimentation

La figure III-9 présente le produit final de notre alimentation continue régulée variable et à fort courant que nous avons réalisée pratiquement.

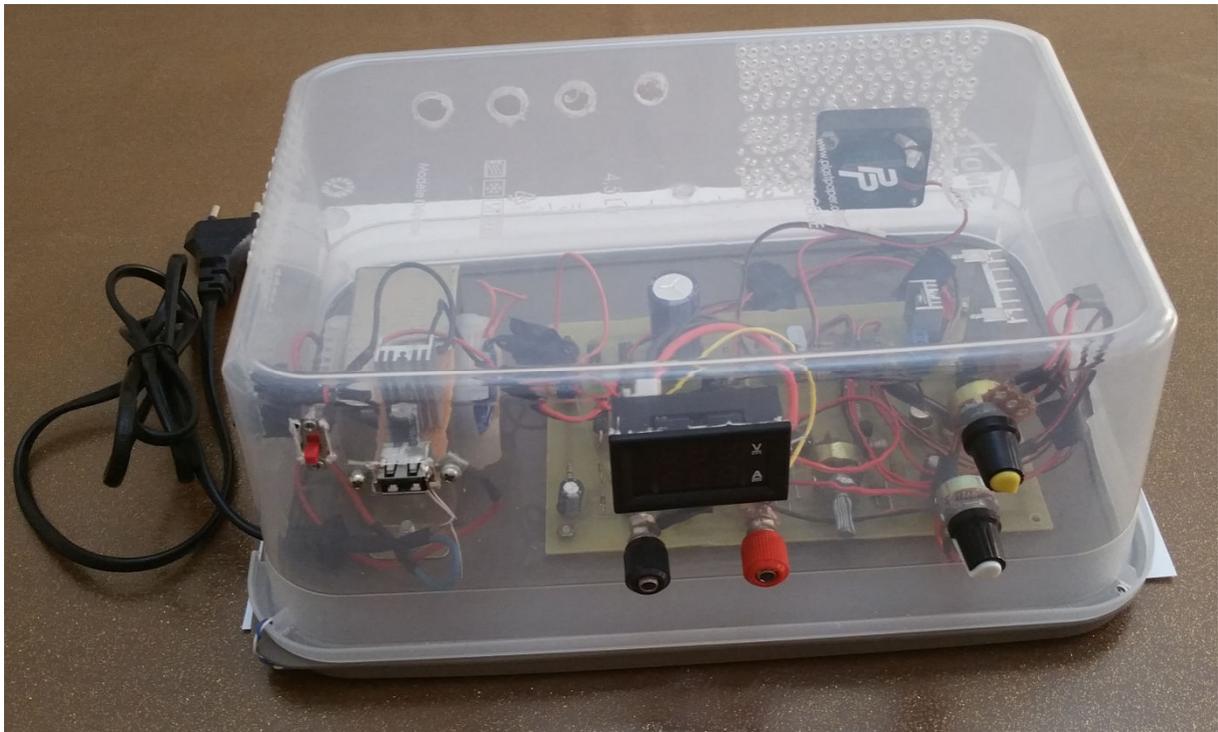


Figure III-9 : Produit final de notre alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A

III-6 Tests finaux appliqués à notre produit final

III-6-1 Alimentation d'un circuit à LED par une tension de 6V.

Le bon fonctionnement d'un circuit électronique à LED alimenté par 6V qui est délivrée par notre alimentation est montré sur la figure suivante. Le circuit à LED consomme environ 180mA.

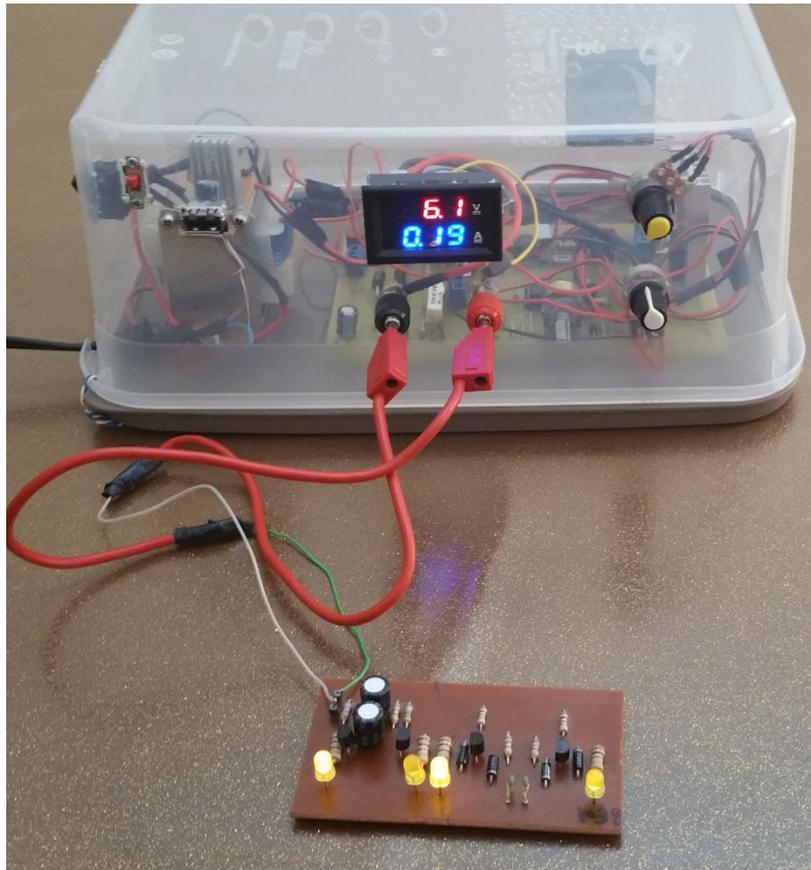


Figure III-10 : Photo montrant le bon fonctionnement d'un circuit à LED lorsqu'il est alimenté par les 6V de notre produit final.

III-6-2 Test du circuit limiteur de courant pour un fonctionnement anormal de l'alimentation

La figure suivante montre le bon fonctionnement du circuit limiteur de courant. En effet lorsque l'utilisateur de l'alimentation ajuste le courant de sortie de notre alimentation à une valeur inférieure à celui demandé par la charge (ici de 180mA) la LED blanche (indicateur visuel) s'allume et la tension de sortie s'annule.

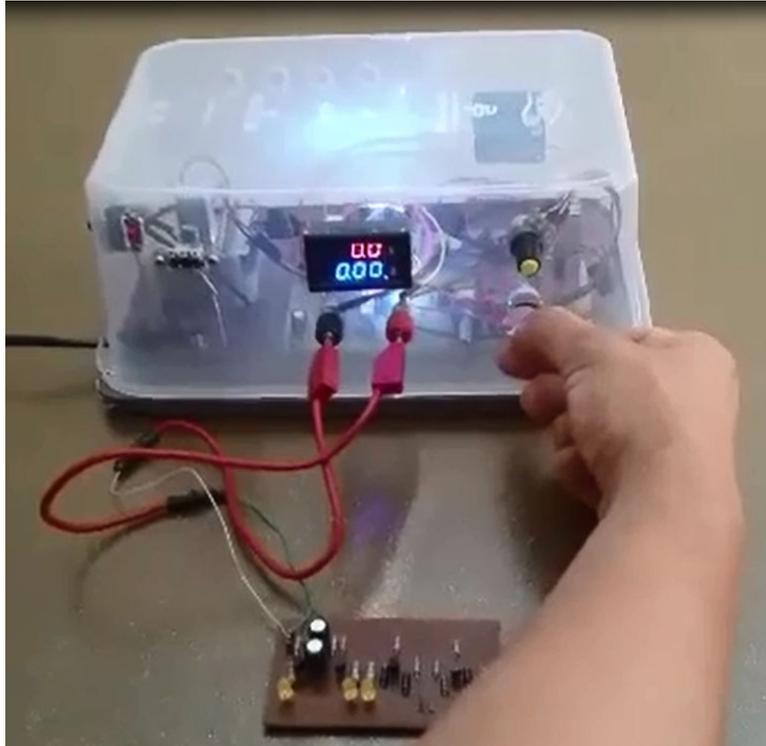


Figure III-11 : Test du circuit limiteur de courant pour un fonctionnement anormal de l'alimentation.

III-6-3 Test du circuit de protection de l'alimentation

En présence d'un court-circuit au niveau de la charge (ou dépassement du courant qui a été limité), une tension nulle s'affiche à la sortie de l'alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A comme il est montré sur la figure suivante.

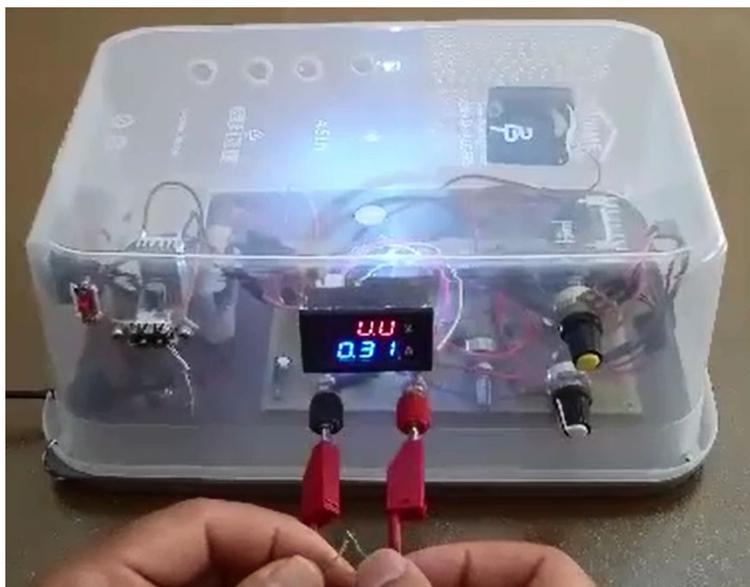


Figure III-12 : Test du circuit de protection de l'alimentation.

III-7 Conclusion

Nous avons testé le fonctionnement de notre alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A que nous avons réalisée pratiquement pour laboratoire pédagogique. Comme résultat notre produit final de l'alimentation qui est facile à manipuler fonctionne de la même manière que celle voulue.

La réalisation pratique de notre alimentation continue régulée 0-30V, 2mA-3A que nous avons faite et que nous avons mise dans un boîtier nous a permis d'approfondir et d'enrichir nos connaissances sur les différentes pannes et astuces qui peuvent accompagner en général les réalisations pratiques, et les prendre comme expérience dans les constructions électroniques.

Une vidéo descriptive de notre réalisation pratique est placée sur le lien internet suivant :

<https://www.youtube.com/watch?v=IyKo6p6QZck>

Conclusion générale

Notre travail de projet de fin d'études en électronique consiste en la réalisation pratique d'un instrument électronique très intéressant pour équiper un laboratoire de travaux pratiques (TP). Il s'agit d'une alimentation continue variable régulée ayant les spécifications techniques suivantes :

- Tension d'entrée: $24V_{AC}$;
- Courant d'entrée: 3A (max) ;
- Tension de sortie: 0-30V réglable ;
- Courant de sortie: 2mA-3A réglable ;
- Ondulation de la tension de sortie: 0,01% maximum.

Notre réalisation pratique, nous l'avons faite sur plaque de circuit imprimé simple face que nous avons réalisée dans le laboratoire de maquettes de notre faculté.

Après soudure de tous les composants, nous avons placé notre réalisation pratique dans un boîtier en lui ajoutant des accessoires électroniques (mini-voltmètre-ampèremètre ; ventilateur 12V, ...etc.) pour permettre et pour rendre facile son utilisation dans le laboratoire de TP.

Les différents tests pratiques de notre produit final que nous lui avons appliqués montrent son bon fonctionnement.

Enfin notre travail pratique nous a permis d'approfondir et d'enrichir nos connaissances sur les différentes pannes et astuces qui peuvent accompagner en général les réalisations pratiques, et les prendre comme expérience dans les constructions électroniques.

Une vidéo descriptive de notre produit final est placée sur le lien internet suivant :

<https://www.youtube.com/watch?v=IyKo6p6QZck>

Références bibliographiques

- [1] Institut supérieure des systèmes industriels de Gabés(ISSIG) TP atelier électronique pratique n 1: Etude et réalisation d'une alimentation stabilisée.
- [2] https://en.m.wikipedia.org/wiki/power_supply.
- [3] les alimentations électroniques « alimentations linéaires et à découpage. Piles et accumulateurs. Récolte d'énergie »de Pierre Maye.
- [4] Nadia Benabdallah et Nasreddine Benahmed, « Chapitre IV : Alimentation classique stabilisée et régulée », Researchgate, October 2016.
https://www.researchgate.net/publication/309418919_Chapitre_IV_ALIMENTATION_CLASSIQUE_STABILISEE_ET_REGULEE
- [5]<https://fr.eni.com/particuliers/maitriser-sa-consomation/le-guide-de-l-electricite/transformateur-electrique-role-et-processus>.
- [6]<https://riverglennapts.com/fr/current-voltage/238-regulated-power-supply.html>.
- [7]<https://www.epsic.ch/branches/electronique/techn99/elnthcircuit/cidectxt.html>.
- [8]<http://www.electrosup.com> », bloc d'alimentation -électronique.
- [9] Ibtissem Hadbi et Assia Ayati, « Etude et simulation d'une alimentation continue 0-30V, 2mA-3A », PFE soutenu en septembre 2020, Faculté de Technologie, Université de Tlemcen, Algérie.
- [10] <https://www.electronics-lab.com/project/0-30-vdc-stabilized-power-supply-with-current-control-0-002-3-a/>
- [11] <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/2N3055-D.PDF>

Annexes

**A-1 Transistor de puissance ou
ballast 2N3055**

Complementary Silicon Power Transistors

... designed for general-purpose switching and amplifier applications.

- DC Current Gain — $h_{FE} = 20-70 @ I_C = 4 \text{ Adc}$
- Collector-Emitter Saturation Voltage —
 $V_{CE(sat)} = 1.1 \text{ Vdc (Max) @ } I_C = 4 \text{ Adc}$
- Excellent Safe Operating Area

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	60	Vdc
Collector-Emitter Voltage	V_{CER}	70	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CB}	100	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB}	7	Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	15	Adc
Base Current	I_B	7	Adc
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	115 0.657	Watts W/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +200	$^\circ\text{C}$

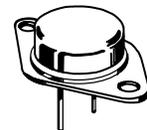
THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	1.52	$^\circ\text{C/W}$

NPN
2N3055 *
PNP
MJ2955 *

*Motorola Preferred Device

15 AMPERE
POWER TRANSISTORS
COMPLEMENTARY
SILICON
60 VOLTS
115 WATTS



CASE 1-07
TO-204AA
(TO-3)

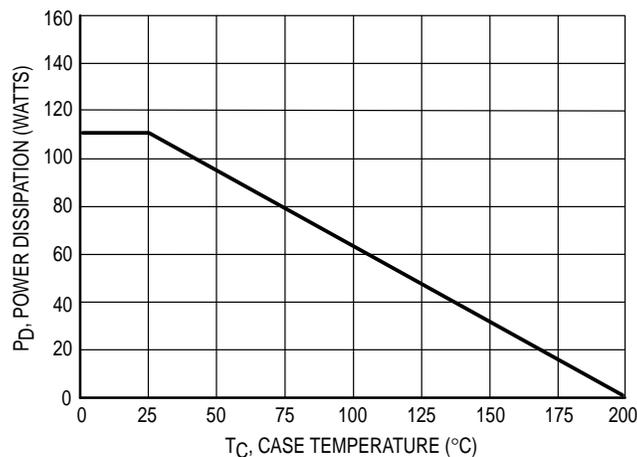


Figure 1. Power Derating

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

2N3055 MJ2955

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
*OFF CHARACTERISTICS				
Collector–Emitter Sustaining Voltage (1) ($I_C = 200\text{ mAdc}$, $I_B = 0$)	$V_{CEO(sus)}$	60	—	Vdc
Collector–Emitter Sustaining Voltage (1) ($I_C = 200\text{ mAdc}$, $R_{BE} = 100\text{ Ohms}$)	$V_{CER(sus)}$	70	—	Vdc
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 30\text{ Vdc}$, $I_B = 0$)	I_{CEO}	—	0.7	mAcd
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 100\text{ Vdc}$, $V_{BE(off)} = 1.5\text{ Vdc}$) ($V_{CE} = 100\text{ Vdc}$, $V_{BE(off)} = 1.5\text{ Vdc}$, $T_C = 150^\circ\text{C}$)	I_{CEX}	—	1.0 5.0	mAcd
Emitter Cutoff Current ($V_{BE} = 7.0\text{ Vdc}$, $I_C = 0$)	I_{EBO}	—	5.0	mAcd

*ON CHARACTERISTICS (1)

DC Current Gain ($I_C = 4.0\text{ Adc}$, $V_{CE} = 4.0\text{ Vdc}$) ($I_C = 10\text{ Adc}$, $V_{CE} = 4.0\text{ Vdc}$)	h_{FE}	20 5.0	70 —	—
Collector–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 4.0\text{ Adc}$, $I_B = 400\text{ mAdc}$) ($I_C = 10\text{ Adc}$, $I_B = 3.3\text{ Adc}$)	$V_{CE(sat)}$	—	1.1 3.0	Vdc
Base–Emitter On Voltage ($I_C = 4.0\text{ Adc}$, $V_{CE} = 4.0\text{ Vdc}$)	$V_{BE(on)}$	—	1.5	Vdc

SECOND BREAKDOWN

Second Breakdown Collector Current with Base Forward Biased ($V_{CE} = 40\text{ Vdc}$, $t = 1.0\text{ s}$, Nonrepetitive)	$I_{s/b}$	2.87	—	Adc
---	-----------	------	---	-----

DYNAMIC CHARACTERISTICS

Current Gain — Bandwidth Product ($I_C = 0.5\text{ Adc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$, $f = 1.0\text{ MHz}$)	f_T	2.5	—	MHz
*Small–Signal Current Gain ($I_C = 1.0\text{ Adc}$, $V_{CE} = 4.0\text{ Vdc}$, $f = 1.0\text{ kHz}$)	h_{fe}	15	120	—
*Small–Signal Current Gain Cutoff Frequency ($V_{CE} = 4.0\text{ Vdc}$, $I_C = 1.0\text{ Adc}$, $f = 1.0\text{ kHz}$)	f_{hfe}	10	—	kHz

* Indicates Within JEDEC Registration. (2N3055)

(1) Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\text{ }\mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$.

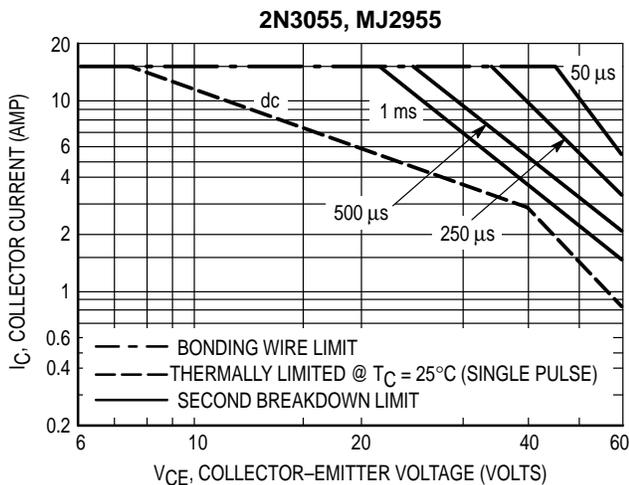


Figure 2. Active Region Safe Operating Area

There are two limitations on the power handling ability of a transistor: average junction temperature and second breakdown. Safe operating area curves indicate $I_C - V_{CE}$ limits of the transistor that must be observed for reliable operation; i.e., the transistor must not be subjected to greater dissipation than the curves indicate.

The data of Figure 2 is based on $T_C = 25^\circ\text{C}$; $T_{J(pk)}$ is variable depending on power level. Second breakdown pulse limits are valid for duty cycles to 10% but must be derated for temperature according to Figure 1.

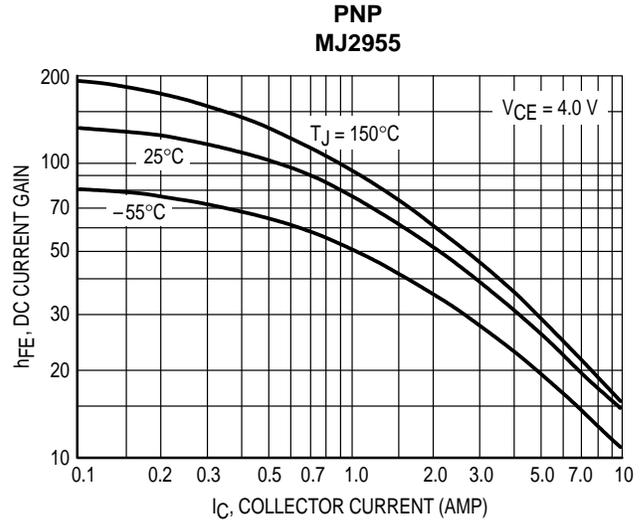
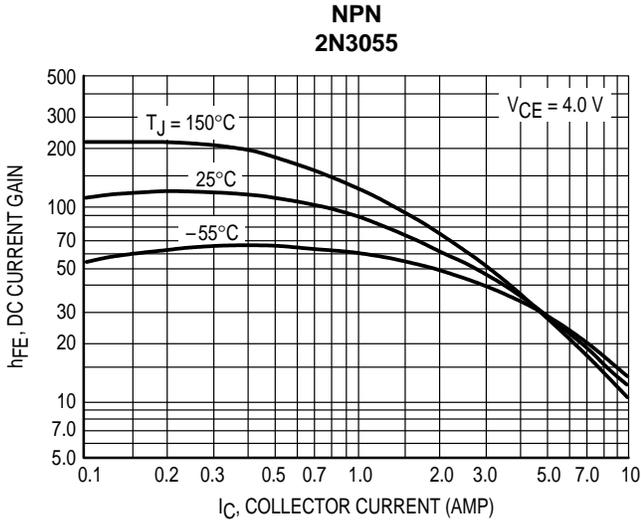


Figure 3. DC Current Gain

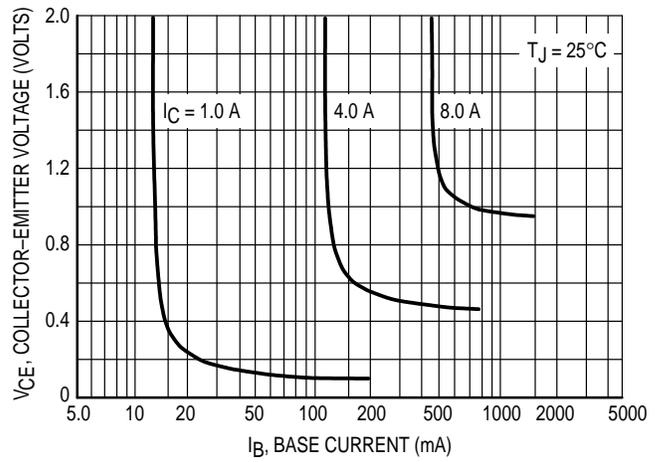
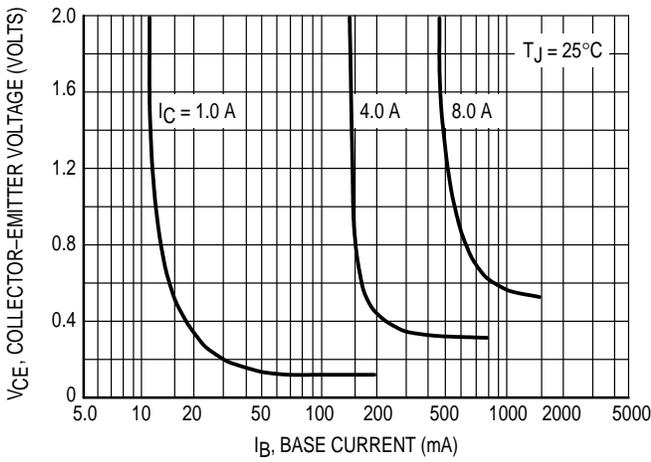


Figure 4. Collector Saturation Region

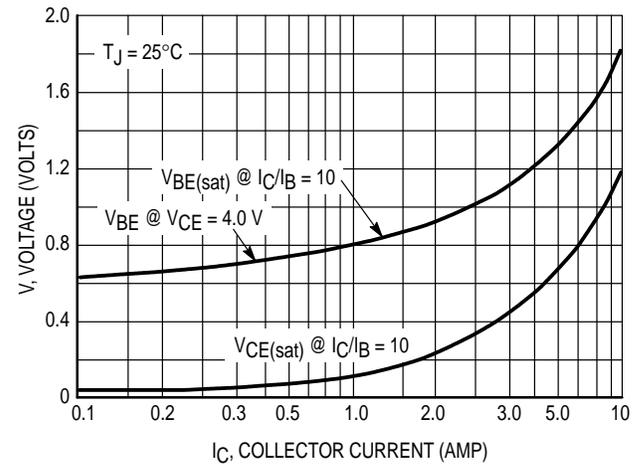
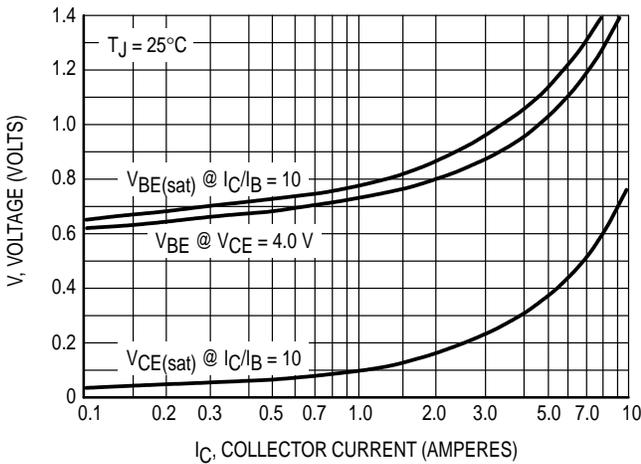
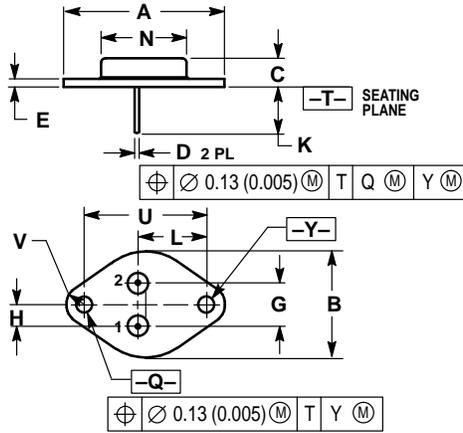


Figure 5. "On" Voltages

PACKAGE DIMENSIONS



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. ALL RULES AND NOTES ASSOCIATED WITH REFERENCED TO-204AA OUTLINE SHALL APPLY.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	1.550 REF		39.37 REF	
B	—	1.050	—	26.67
C	0.250	0.335	6.35	8.51
D	0.038	0.043	0.97	1.09
E	0.055	0.070	1.40	1.77
G	0.430 BSC		10.92 BSC	
H	0.215 BSC		5.46 BSC	
K	0.440	0.480	11.18	12.19
L	0.665 BSC		16.89 BSC	
N	—	0.830	—	21.08
Q	0.151	0.165	3.84	4.19
U	1.187 BSC		30.15 BSC	
V	0.131	0.188	3.33	4.77

- STYLE 1:
 PIN 1: BASE
 2: EMITTER
 CASE: COLLECTOR

CASE 1-07
 TO-204AA (TO-3)
 ISSUE Z

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters can and do vary in different applications. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:
USA / EUROPE: Motorola Literature Distribution;
 P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, Toshikatsu Otsuki,
 6F Seibu-Butsuryu-Center, 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-3521-8315

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE (602) 244-6609
INTERNET: http://Design-NET.com

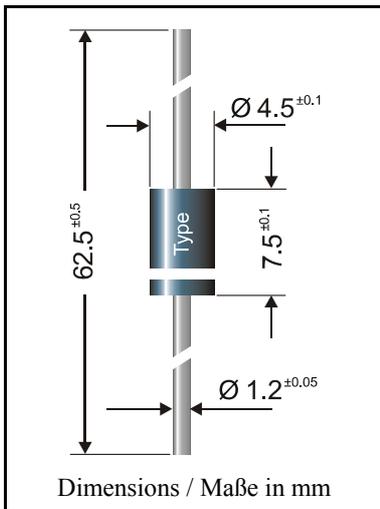
HONG KONG: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298



A-2 Diode 1N5402

Silicon Rectifiers

Silizium Gleichrichter



Nominal current – Nennstrom	3 A
Repetitive peak reverse voltage Periodische Spitzensperrspannung	50...1000 V
Plastic case Kunststoffgehäuse	~ DO-201
Weight approx. – Gewicht ca.	1 g
Plastic material has UL classification 94V-0 Gehäusematerial UL94V-0 klassifiziert	
Standard packaging taped in ammo pack Standard Lieferform gegurtet in Ammo-Pack	see page 16 siehe Seite 16

Maximum ratings

Grenzwerte

Type Typ	Repetitive peak reverse voltage Periodische Spitzensperrspannung V_{RRM} [V]	Surge peak reverse voltage Stoßspitzensperrspannung V_{RSM} [V]
1N 5400	50	50
1N 5401	100	100
1N 5402	200	200
1N 5403	300	300
1N 5404	400	400
1N 5405	500	500
1N 5406	600	600
1N 5407	800	800
1N 5408	1000	1000

Max. average forward rectified current, R-load Dauergrenzstrom in Einwegschtung mit R-Last	$T_A = 50^\circ\text{C}$	I_{FAV}	3 A ¹⁾
Repetitive peak forward current Periodischer Spitzenstrom	$f > 15\text{ Hz}$	I_{FRM}	30 A ¹⁾
Peak forward surge current, 50 / 60 Hz half sine-wave Stoßstrom für eine 50 / 60 Hz Sinus-Halbwelle	$T_A = 25^\circ\text{C}$	I_{FSM}	180 / 200 A
Rating for fusing – Grenzlantintegral, $t < 10\text{ ms}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	i^2t	166 A ² s

¹⁾ Valid, if leads are kept at ambient temperature at a distance of 10 mm from case
Gültig, wenn die Anschlußdrähte in 10 mm Abstand von Gehäuse auf Umgebungstemperatur gehalten werden

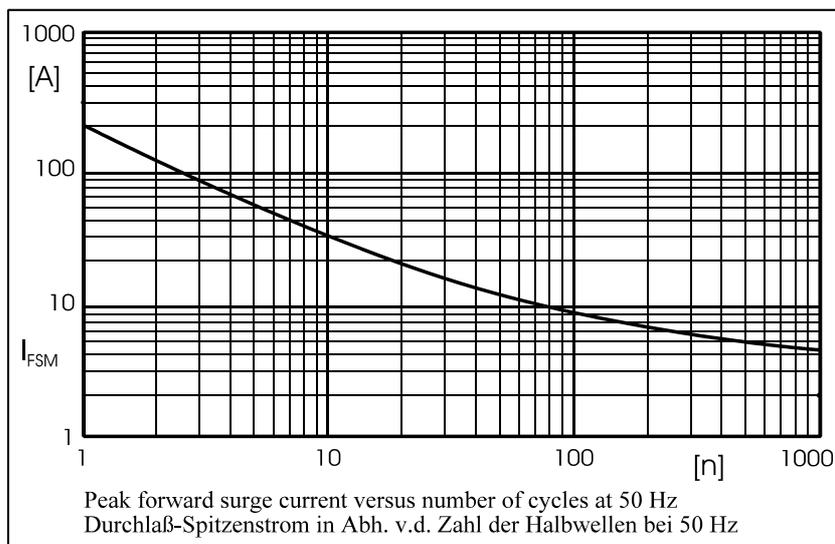
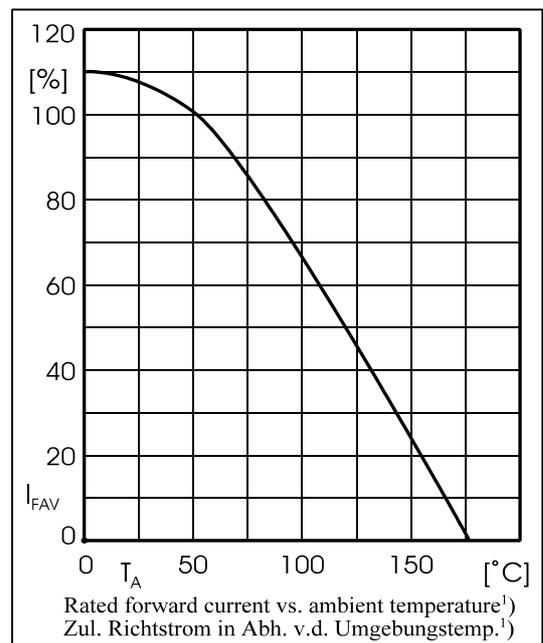
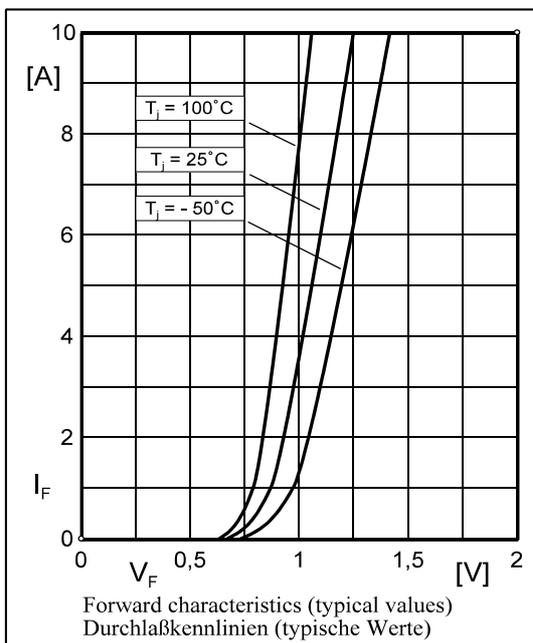
Operating junction temperature – Sperrschichttemperatur
 Storage temperature – Lagerungstemperatur

T_j – 50...+175°C
 T_s – 50...+175°C

Characteristics

Kennwerte

Forward voltage – Durchlaßspannung	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$I_F = 3\text{ A}$	V_F	< 1.2 V
Leakage current – Sperrstrom	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$V_R = V_{RRM}$	I_R	< 10 μA
Thermal resistance junction to ambient air Wärmewiderstand Sperrschicht – umgebende Luft			R_{thA}	< 25 K/W ¹⁾



¹⁾ Valid, if leads are kept at ambient temperature at a distance of 10 mm from case
 Gültig, wenn die Anschlußdrähte in 10 mm Abstand von Gehäuse auf Umgebungstemperatur gehalten werden

Résumé :

Le but principal de ce projet de fin d'études est la réalisation pratique d'une alimentation continue régulée variable (0-30V, 2mA-3A) et sa mise dans un boîtier pour pouvoir équiper par exemple notre laboratoire de maquettes.

Ses spécifications techniques et ses caractéristiques sont les suivantes :

Tension d'entrée: 24V_{AC} ; Courant d'entrée: 3A (max) ; Tension de sortie: 0-30V réglable ; Courant de sortie: 2 mA-3A réglable ; Ondulation de la tension de sortie: 0,01% maximum.

Les différents tests pratiques appliqués à notre produit final qui est facile à utiliser et à manipuler montrent son bon fonctionnement.

Mots clés : Réalisation pratique ; Alimentation continue de laboratoire ; Tension de sortie variable jusqu'à 30V ; Courant de sortie variable jusqu'à 3A.

Abstract :

The main goal of this graduation project is the practical realization of a regulated and variable DC-power supply (0-30V, 2mA-3A) and its placement into a box in order to equip our laboratory.

Its technical specifications and its characteristics are:

Input voltage: 24V_{AC}; Input current: 3A (max); Output voltage: 0-30V adjustable; Output current: 2 mA-3A adjustable; Output voltage ripple: 0.01 % maximum.

The various practical tests applied to our final product, which is easy to use, show its correct functioning.

Keywords: Practical realization; DC-laboratory power supply; Variable output voltage up to 30V; Variable output current up to 3A.

ملخص :

الهدف الرئيسي لمشروع التخرج هذا هو التحقيق العملي لمزود طاقة DC منظم متغير ووضعه في صندوق ليكون قادراً على تجهيز مختبرنا للنماذج، على سبيل المثال.

مواصفاته وخصائصه التقنية هي كما يلي:

توتر المدخل: 24 فولت؛ تيار المدخل: 3أ (كحد أقصى)؛ توتر المخرج: 0-30 فولت قابل للتعديل؛ تيار المخرج: 2 مللي أمبير-3أ قابل للتعديل؛ توتر المخرج: 0.01% كحد أقصى.

توضح الاختبارات العملية المختلفة المطبقة على منتجنا النهائي، الذي هو سهل الاستخدام، أداءه الصحيح.

الكلمات المفتاحية: الإنتاج العملي؛ تغذية مستمرة متغيرة ولها تيار قوي؛ توتر المخرج يصل إلى 30 فولت؛ تيار المخرج المتغير يصل إلى 3 أمبير.