Carte de régulation pour alimentation BT

Jean-Louis Piquemal F5CTP

But

Le but de cette carte est de pouvoir réaliser une alimentation basse tension régulée en tension et en courant. Lorsqu'on écrit régulation, il faut comprendre qu'il peut s'agir selon les cas soit de régulation à une valeur de consigne, soit d'une limitation à cette même valeur.

Le cas le plus courant est celui très classique de l'alimentation d'un appareil en cours de réalisation pour lequel on va afficher la valeur de la tension d'alimentation et la valeur maximale du courant que le montage doit consommer. Ainsi les risques de disparition en fumée du montage sont diminués.

Dans le cas de la régulation en courant, le cas le plus courant est la charge d'une batterie à courant constant avec limitation de la tension maximale de charge.

Le montage est constitué de pavés élémentaires extrêmement simples, réalisés à partir d'amplificateurs opérationnels. Il a sa propre alimentation en 220 V dans le but principal de ne pas être tributaire des limites de l'alimentation de puissance et de pouvoir descendre à des consignes de 0 volt et de 0 ampère sans contraintes liées aux différentes tensions de déchet et de Vbe.

Analyse du synoptique

Le schéma « Raccordement » permet de comprendre comment s'intègre la carte de régulation. Tant pour la tension que pour le courant, la référence de la carte de régulation est la sortie positive. La mesure du courant d'effectue aux bornes d'un shunt placé entre le ou les transistors de sortie et la borne +. La mesure de tension s'effectue en mesurant la tension de la borne -.

Les deux voies, courant et tension, sont bâties selon le même principe.

Un ampli différentiel mesure l'écart entre la consigne et la mesure. Cet écart est ensuite traité en parallèle d'une part par un intégrateur, et d'autre part un intégrateur/amplificateur.

Le prototype comportait en fait un régulateur PID. Mais son réglage s'est vite avéré impossible à trouver pour toutes les plages de fonctionnement en courant et en tension et en cas de variation brutale de la charge.

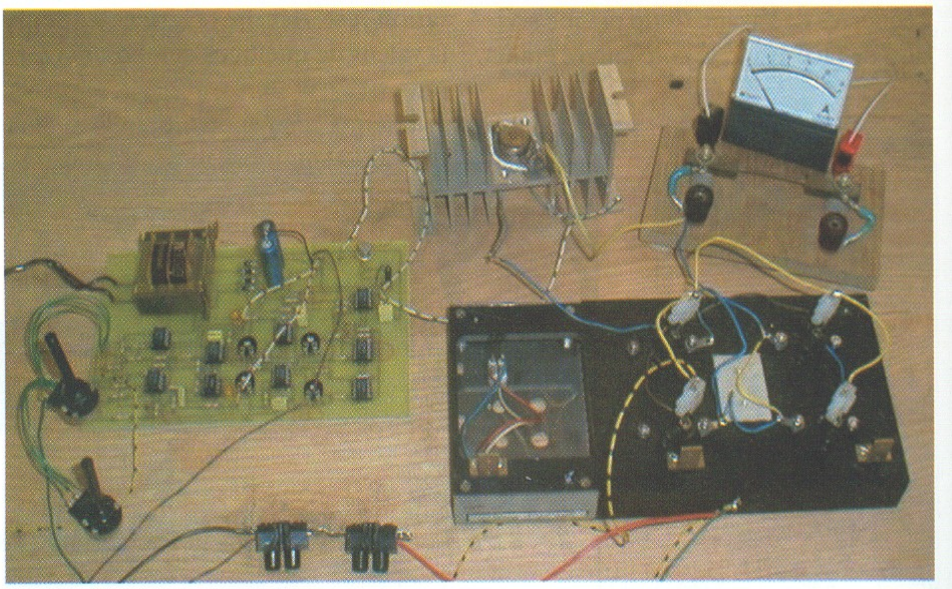
Les enregistrements sur un oscillocope à mémoire ont montré que les variations de temps de réponse entre les deux montages avec et sans action dérivée n'étaient pas significatives.

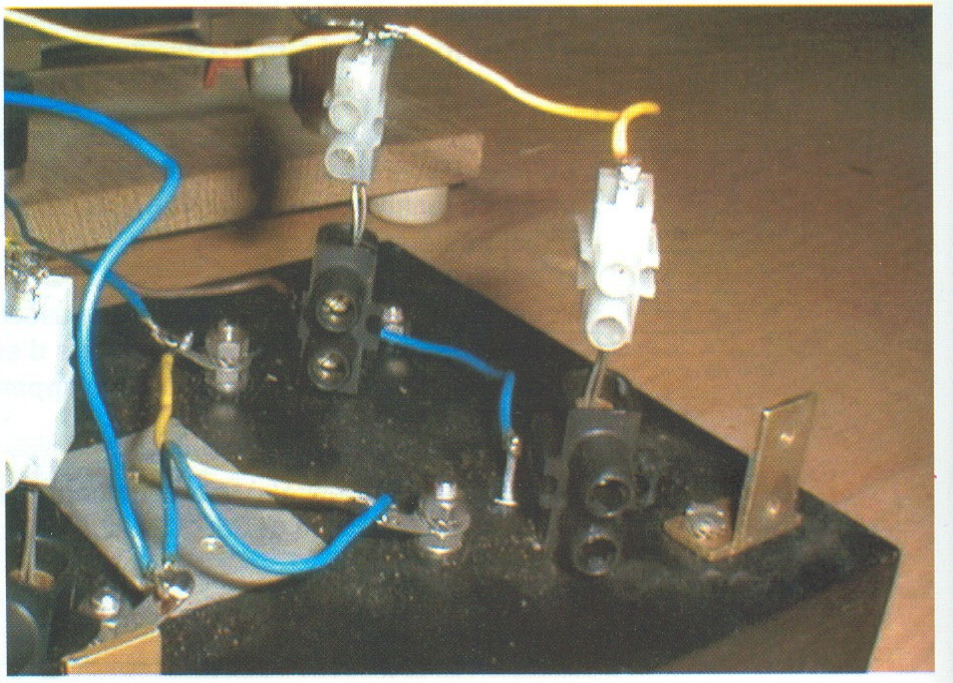
L'action intégrale a été conservée car elle seule permet d'avoir un delta mesure/consigne qui soit nul. L'action proportionnelle assure la régulation vis à vis des variations rapides.

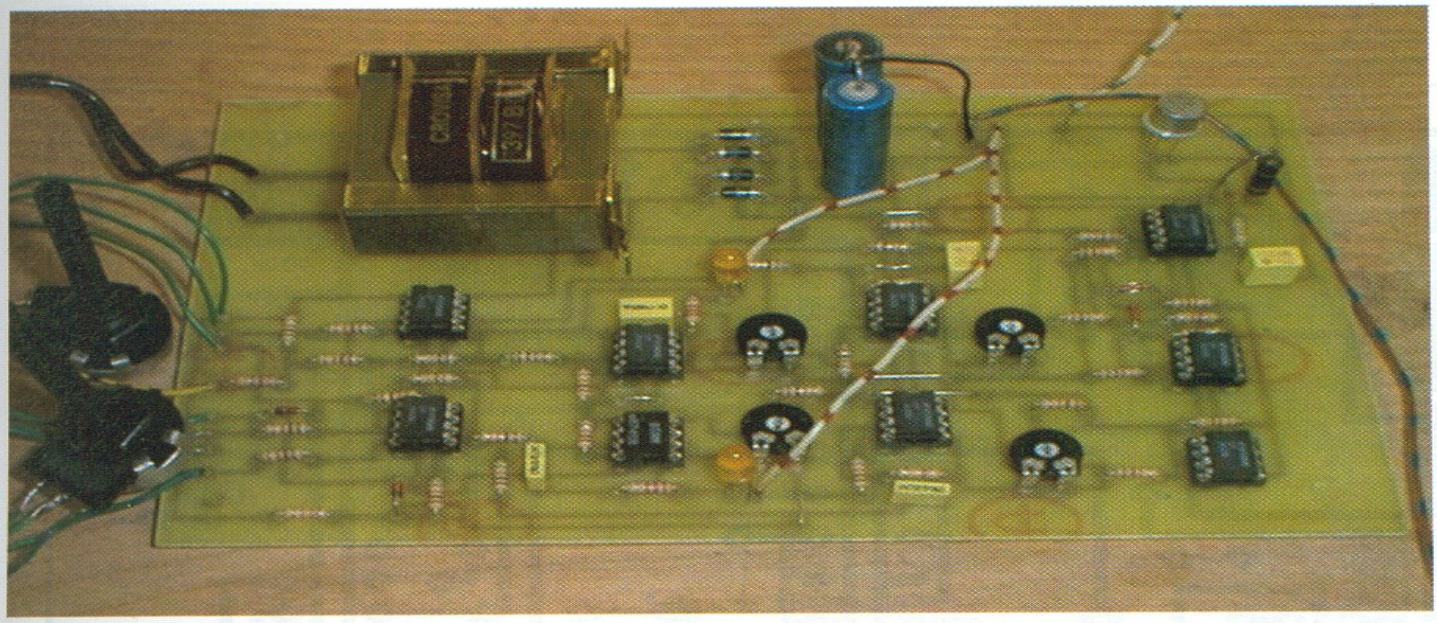
Les sorties correspondant aux deux actions sont ensuite additionnées, via deux potentiomètres, pour éviter de modifier l'action intégrale quand on règle l'action proportionnelle et inversement.

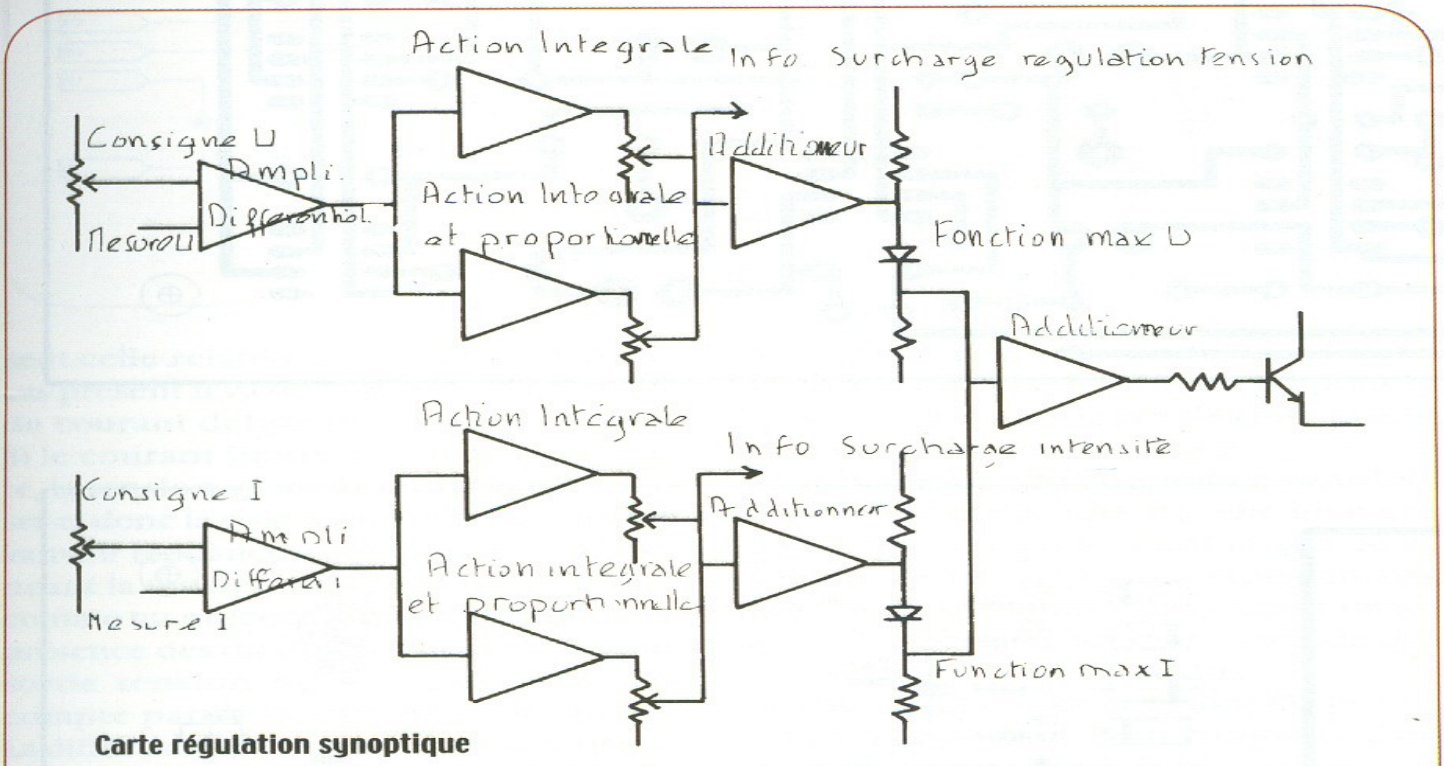
Des LED placées en sortie des intégrateurs permettent d'indiquer si l'alimentation régule en tension ou en courant.

Ainsi, par exemple, dans le cas classique d'un montage qui consommerait un courant supérieur à sa valeur, dès qu'on va atteindre la valeur de la consigne courante, la sortie de la voie correspondante, ici U4, va augmenter. Compte tenu de la présence des diodes, c'est la valeur la plus élevée qui va être prise en compte, donc dans le cas pré-

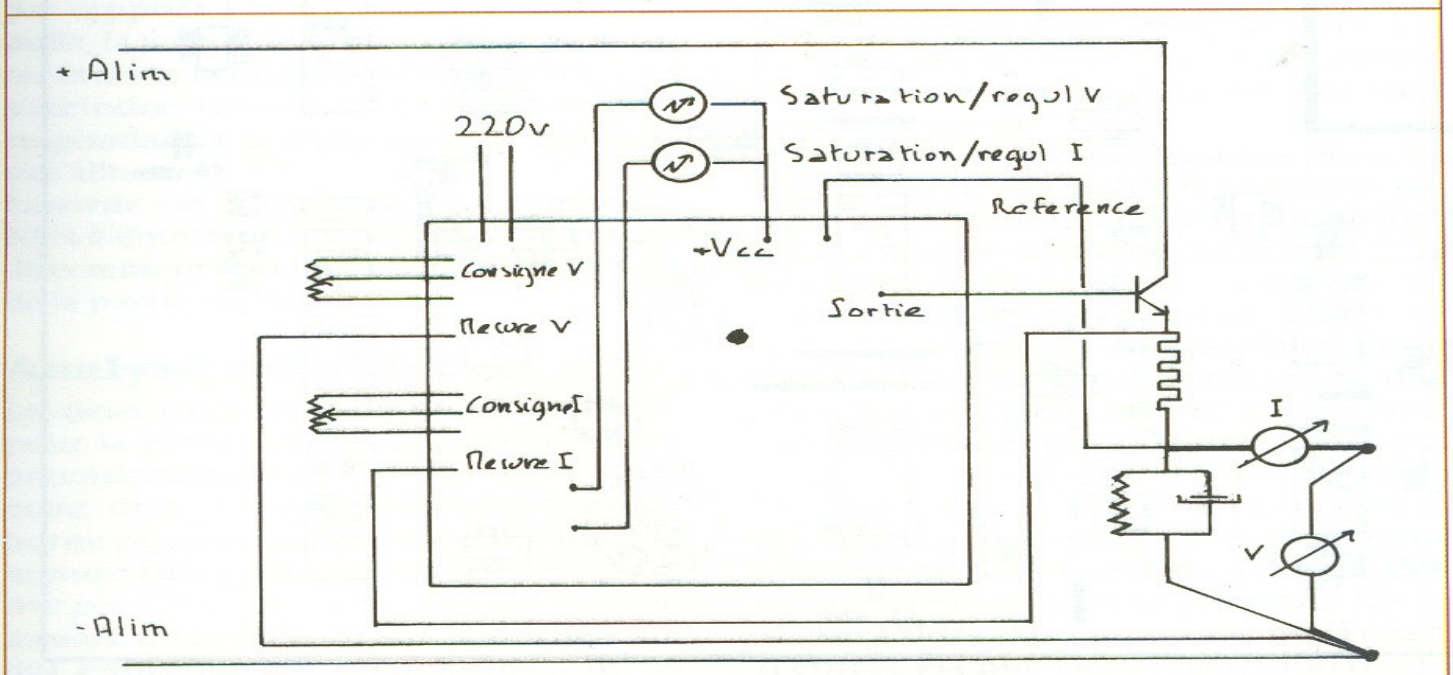




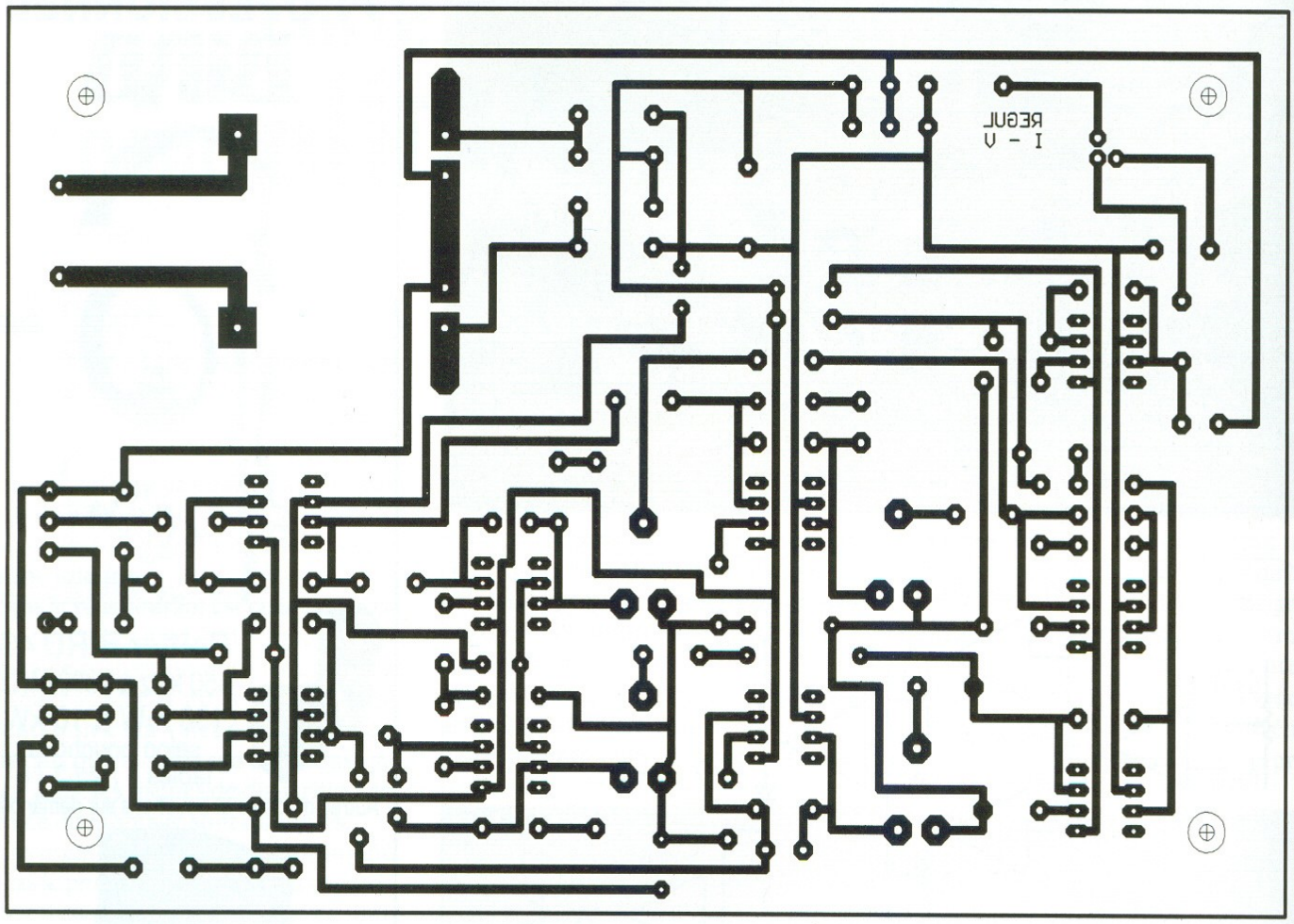


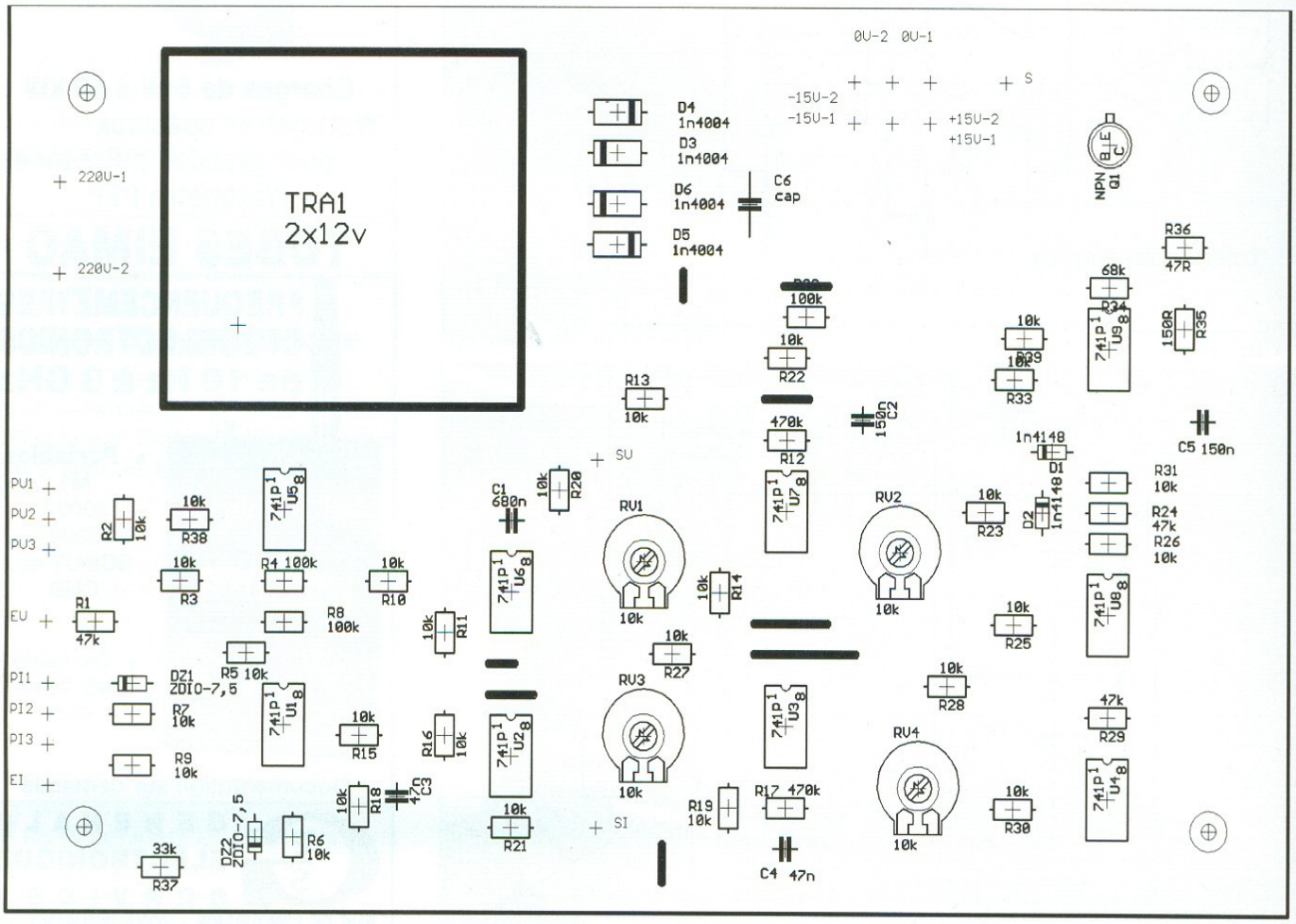


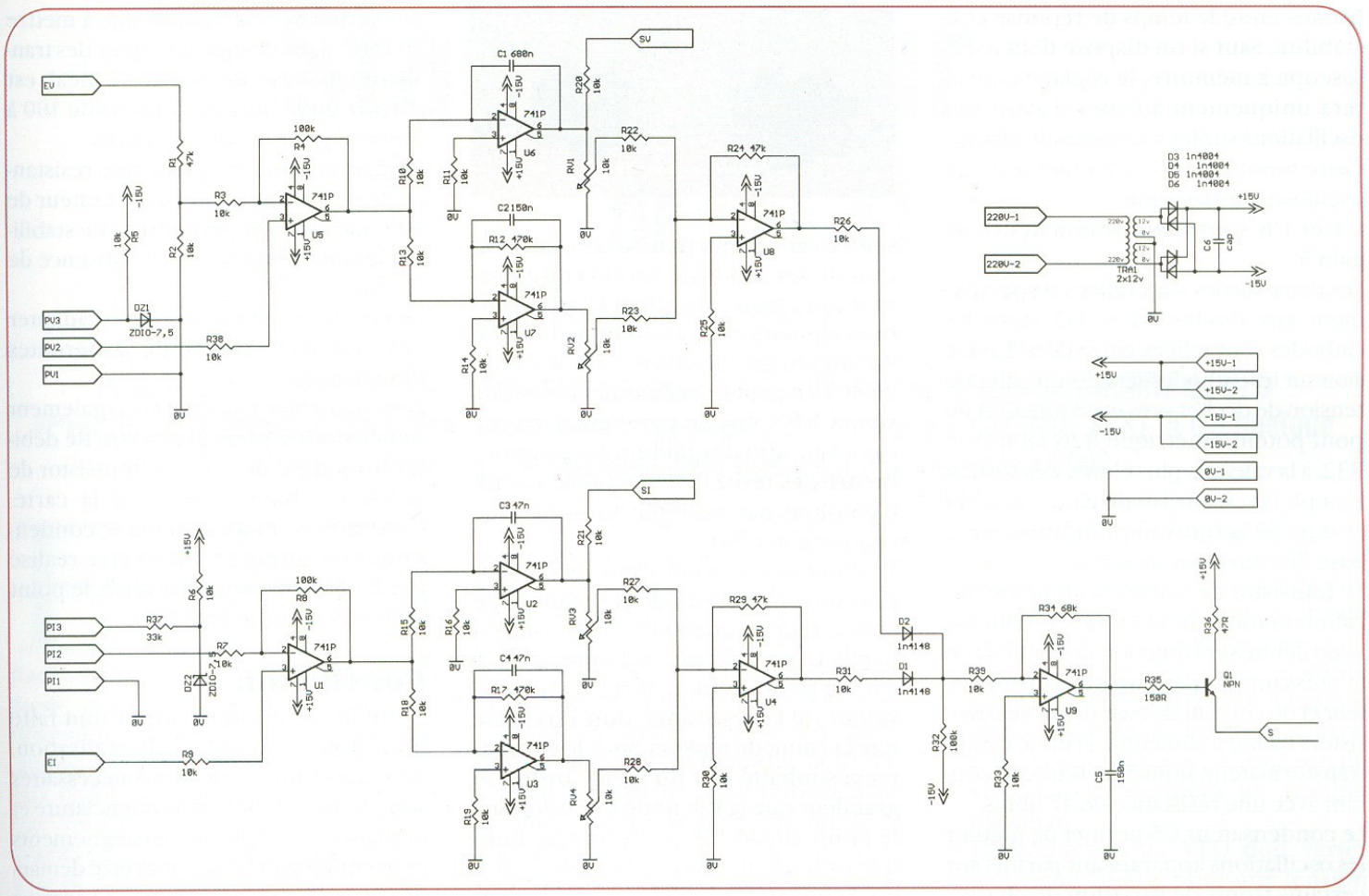
Carte régulation synoptique



Carte régulation raccordement


REGUL
I - V


TRA1
2x12v
220U-1
220U-2
0U-2 0U-1
-15U-2
-15U-1
+15U-2
+15U-1
S
D4
1n4004
D3
1n4004
D6
1n4004
D5
1n4004
C6
cap
NPN
Q1
R36
47R
68k
R34
150R
R35
100k
10k
R22
R13
10k
470k
R12
150n
C2
1n4148
D1
C5 150n
R31
10k
R24
47k
R26
10k
D2
1n4148
R23
10k
RV2
10k
R25
10k
R28
10k
47k
R29
RV4
10k
R30
10k
R17 470k
R19
10k
C4 47n
SI
SU
C1
680n
R20
10k
RV1
10k
R14
10k
R27
10k
RV3
10k
R21
10k
R16
10k
R11
10k
R10
10k
R8
100k
R4 100k
R38
10k
R3
10k
R2
10k
R1
47k
R5 10k
DZ1
ZDIO-7,5
R7
10k
R9
10k
R15
10k
R18
10k
C3
47n
DZ2
ZDIO-7,5
R6
10k
33k
R37
PU1
PU2
PU3
EU
PI1
PI2
PI3
EI
741P1
U1 8
U2 8
U3 8
U4 8
U5 8
U6 8
U7 8
U8 8
U9 8



sent celle relative au courant. Dans le cas présent il va donc y avoir limitation du courant débité par l'alimentation. Si le courant limite à charge constante, la tension va avoir tendance à baisser et donc la voie régulation de tension va avoir tendance à compenser en diminuant la tension de sortie de U8. Mais comme vu précédemment, du fait de la présence des diodes, la valeur de la voie sortie tension ne sera pas prise en compte par l'amplificateur de sortie. La différence de la mesure de la tension par rapport à la consigne n'étant pas nulle, la sortie de l'intégrateur va saturer et donc la diode correspondante va s'éteindre. Inversement la diode correspondant à la régulation de courant va s'allumer.

La sortie est constituée d'un transistor NPN à émetteur ouvert qui alimentera directement le ou les transistors ballast de la partie puissance.

Analyse détaillée

Les deux voies sont identiques excepté pour la partie référence tension des potentiomètres de consigne. En effet, étant donné que la référence est la borne positive pour les deux voies, la mesure aux bornes du shunt sera positive pour le courant et négative pour la mesure de la tension sur la borne -. Ce qui explique les dispositions différentes pour DZ1 et DZ2.

Le pont diviseur R1/R2 est calculé de telle manière que la tension mesurée à l'entrée de l'ampli différentiel pour la tension maxi soit de la valeur de la tension de référence, cad 7,5 V.

Pour la mesure du courant ce sont R37 et PI qui sont calculés de telle manière que la tension sur le point chaud de PI soit du même ordre que la tension aux bornes du shunt pour le courant maxi. U1 et U5 sont montés en ampli de différence avec un gain de 10.

Les AO U3 et U7 sont des amplis qui ont un gain important. Pour combattre l'instabilité apparaissant dans certains cas, des condensateurs sont montés en parallèle sur les résistances de contre-réaction. Ce qui rajoute en fait une action intégrale.

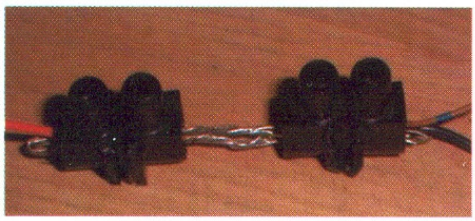
U2 et U6 sont des intégrateurs purs. Ils sont là afin de permettre d'annuler complètement l'erreur. En effet, tant qu'une différence existe entre la mesure et la consigne, celle-ci va être intégrée. La sortie de U2 et U6 va évoluer, entraînant une correction, augmentation ou diminution, du courant de base du ou des transistors ballast. Cette correction continuera tant que la différence entre mesure et consigne ne sera pas annulée. Dés l'annulation la correction cessera d'évoluer et se stabilisera exactement à la valeur nécessaire au respect des valeurs de consigne. La sortie de U3 et U7 sera alors à 0 étant donné que l'écart d'entrée est nul. Dès l'apparition d'une différence entre mesure et consigne, U3 et U7 réagiront pour la compenser. Puis petit à petit, en fonction du temps d'intégration, ce sont les sorties de U2 et U6 qui vont devenir prépondérantes comme décrit ci-dessus. Lorsque les sorties de U2 et U6 sont saturées à + Vcc, cela veut dire qu'elles ne peuvent plus compenser l'écart entre mesure et consigne. Les diodes sont connectées entre les soties SI, SV et le + Vcc. Ainsi à la saturation des intégrateurs U2 et U6 elles sont éteintes.

Les potentiomètres RV1 à RV4 permettent de régler les gains de toutes ces actions. Pour les régler il faut positionner les curseurs à mi-course puis observer les variations de la tension de sortie de l'alimentation en cas de variation brutale de la charge.

Pour faire les mises au point de mes alimentations, j'ai réalisé une charge avec plusieurs morceaux de résistances de convecteurs électriques, dont certains sont en parallèle, que je peux mettre en service avec une série d'interrupteurs. Par bonds de 2,5 A je vais ainsi de 0 à 22,5 A. Un interrupteur général permet de faire un front de 22,5 A.

Les potentiomètres des actions intégrales permettent principalement de régler la plage maxi d'excursion de la régulation. Ils seront réglés de telle manière que la tension en sortie des intégrateurs soit de quelques volts en régulation. Ainsi les diodes seront alors franchement allumées. Les potentiomètres des actions proportionnelles permettent de trouver le meilleur com-

promis entre le temps de réponse et la stabilité. Sauf si on dispose d'un oscilloscope à mémoire, le réglage consistera uniquement à éviter d'avoir des oscillations sur les variations de charge. Cette mesure peut s'effectuer avec un oscilloscope classique.
U4 et U8 sont deux sommateurs de gain 5.
Les deux sorties sont reliées respectivement aux diodes D1 et D2, dont les cathodes sont reliées entre elles. La tension sur les cathodes sera donc égale, à la tension de déchet près et en fonction du pont potentiométrique R26 ou R31 et R32, à la valeur la plus élevée des sorties.
L'ampli inverseur U9 de gain 7 rétablit le sens de la tension pour attaquer la base du transistor de sortie.
Le transistor de sortie est alimenté par l'alimentation de la carte. Le courant maxi débité sera fonction de la valeur de la puissance apparente du transformateur et du courant de base du ou des transistors ballast à alimenter. Dans le cas du transformateur, utilisé j'ai limité le courant avec une résistance de 47 ohms.
Le condensateur C5 permet de juguler les oscillations apparaissant parfois sur certains fronts de variation de charge.
La partie puissance n'a pas été repré-



sentée car chacun pourra faire en fonction de ses fonds de tiroirs et du courant nécessaire. Le 2N1711 peut très bien alimenter un 2N3055 ou bien un darlington de puissance. Dans le cas du 2N3055 il peut lui-même alimenter plusieurs NPN mis en parallèle. Dans ce cas il faut, afin d'équilibrer les courants, mettre des résistances de faible valeur, 0,05 ohms par exemple, en série avec chaque émetteur.
Le shunt de sortie est réalisé en mettant plusieurs morceaux de résistances de convecteur de quelques cm de long en parallèle, en utilisant un domino d'électricien pour du fil de forte section. La valeur de la résistance doit être telle que la chute de tension pour le courant maxi souhaité soit du même ordre de grandeur que la valeur de la tension sur le point chaud PI3 de PI comme indiqué précédemment. Au bout de 3 ou 4 essais ont arrive facilement au résultat.
De la même manière on peut réaliser des résistances d'équilibrage à mettre en série dans chaque émetteur des transistors ballast de sortie. L'idéal est d'avoir une chute de tension de 100 à 300 mV pour le courant maxi.
En parallèle sur la sortie, une résistance de 390 ohms et un condensateur de 100 microfarads permettent de stabiliser le fonctionnement en l'absence de charge.
Le circuit imprimé permet d'adapter des transformateurs de différentes dimensions.
Le transformateur est principalement dimensionné pour permettre de débiter le courant de Q1, si le transistor de sortie est bien monté sur la carte.
Contrairement au schéma le condensateur de filtrage C6 doit être réalisé par 2 condensateurs en série, le point milieu étant relié au 0 V.

Conclusion

Cette description est avant tout faite pour donner des idées de réalisation. Toutefois tous les éléments nécessaires sont donnés; schémas, nomenclature et implantation. Tous les renseignements peuvent bien évidement m'être demandés de préférence par e-mail à l'adresse all.piquemal@wanadoo.fr.