

démarrer en électronique... (14)

Les redresseurs

Eric Bogers (Elektor)

Dans le numéro de mai/juin d'Elektor, nous avons accueilli la diode comme le premier membre de la famille des semi-conducteurs et l'électronique d'aujourd'hui est inconcevable sans elle. Cette fois, nous allons faire quelques petits calculs avec les redresseurs. Après tout, nous ne pouvons pas nous contenter de souder des composants ensemble et espérer que cela va fonctionner.



Figure 1. Le redresseur demi-onde.

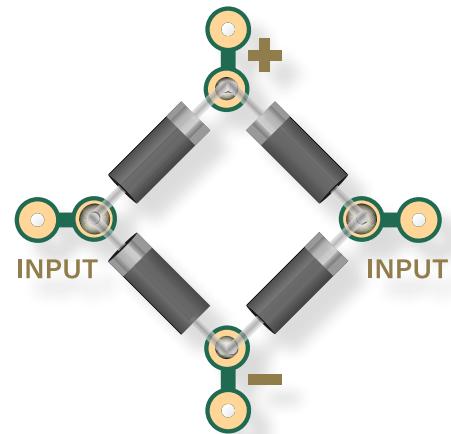
Commençons avec un redresseur demi-onde (fig. 1). Plus la capacité du condensateur électrolytique est grande, moins la tension baissera pendant les demi-périodes négatives de la tension alternative ; de même, plus la résistance est petite (et donc plus le courant absorbé par la charge est élevé), plus la tension baissera pendant les demi-périodes négatives (« effondrement », dit l'ingénieur en électronique). On peut traduire cela par une formule :

$$U = \frac{Q}{C} \rightarrow \Delta U = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{I \cdot T}{C} = \frac{I}{f \cdot C}$$

Nous avons supposé que le courant est constant. Supposons maintenant que nous ayons un transformateur de 15 V, un redresseur demi-onde et une charge dont le courant est de 1 A. La tension fournie par le redresseur doit être stabilisée par un circuit intégré régulateur qui nécessite une tension d'entrée minimale de 18 V pour fournir une tension de sortie stable de 15 V (nous reviendrons sur ce circuit intégré dans un prochain épisode). Dans ce cas, quelle doit être la capacité du condensateur ?

Tout d'abord, nous devons calculer la valeur de crête de la tension alternative. Dans un article précédent de cette série, nous avons vu que la valeur de crête s'obtient avec la formule :

$$U_{peak} = U_{eff} \cdot \sqrt{2}$$



Soustrayons 0,7 V de cette tension de crête pour tenir compte de la tension directe de la diode au silicium utilisée comme redresseur :

$$U_{peak} = 15 \text{ V} \cdot \sqrt{2} - 0,7 \text{ V} = 20,5 \text{ V}$$

Pour les perfectionnistes parmi vous, nous avons arrondi le résultat à une décimale – ce qui est suffisamment précis dans ce cas. Comme le circuit intégré a besoin d'une tension d'entrée d'au moins 18 V (ce qu'indique la fiche technique de ce CI), la tension peut chuter de 2,5 V maximum pendant une période. Nous réécrivons la formule pour la tension aux bornes du condensateur et ajoutons les valeurs de courant, de tension et de fréquence :

$$\Delta U = \frac{I}{f \cdot C} \rightarrow C = \frac{I}{f \cdot \Delta U}$$

$$C = \frac{1 \text{ A}}{50 \text{ Hz} \cdot 2,5 \text{ V}} = 8000 \mu\text{F}$$

La valeur standard immédiatement supérieure serait de 10 000 μF , ce qui, pour un courant de seulement 1 A, est déjà un « gros » condensateur. En principe, il existe deux méthodes pour obtenir une valeur inférieure (et donc un condensateur électrolytique plus petit et moins cher) :

- utiliser un redressement pleine onde, ce qui signifie que le condensateur est chargé deux fois plus souvent ;
- augmenter la tension du transformateur et donc la chute de tension admissible.

Gardons le redressement pleine onde pour plus tard et commençons par augmenter la tension du transformateur. Avec un transformateur de 18 V au lieu de 15 V, la tension de crête sur la

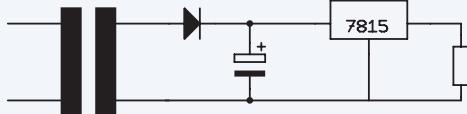


Figure 2. Redresseur demi-onde avec circuit intégré stabilisateur.

diode passe à environ 24,7 V, soit une chute de tension maximale admissible de 6,7 V, ce qui conduit à une capacité calculée d'environ 3 000 μ F. La valeur standard immédiatement supérieure est de 3 300 μ F ou 4 700 μ F.

Comme l'a dit un célèbre philosophe du football néerlandais (Johan Cruyff), tout avantage a son inconvénient : cette solution entraîne une consommation d'énergie plus élevée ainsi qu'une plus grande dissipation de chaleur dans le régulateur de tension. Pour cela, nous allons examiner la **figure 2**.

Le composant portant la référence 7815 est un régulateur de tension fixe. Pour l'instant, peu importe son fonctionnement. Ce qui nous intéresse, c'est que ce CI transforme une tension d'entrée continue variable (dans certaines limites) en une tension de sortie continue (presque) constante.

La puissance de sortie est la même, indépendante du modèle du transformateur (15 V ou 18 V) :

$$P_{out} = 15 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} = 15 \text{ W}$$

La dissipation dans le CI (la puissance convertie en chaleur dans le CI) est égale à la différence entre les tensions d'entrée et de sortie multipliée par le courant (dans de nombreux cas – et ici aussi – nous pouvons négliger la consommation propre du CI).

$$P_{loss} = (U_{in} - U_{out}) \cdot I = \left(\frac{U_{in(\min)} + U_{in(\max)}}{2} - U_{out} \right) \cdot I$$

$$P_{loss(15 \text{ V})} = \left(\frac{18 \text{ V} + 20,7 \text{ V}}{2} - 15 \text{ V} \right) \cdot 1 \text{ A} = 4,35 \text{ W}$$

$$P_{loss(18 \text{ V})} = \left(\frac{18 \text{ V} + 24,7 \text{ V}}{2} - 15 \text{ V} \right) \cdot 1 \text{ A} = 6,35 \text{ W}$$

La tension d'entrée du CI n'est évidemment pas constante ; pour simplifier, nous utilisons la moyenne arithmétique des tensions d'entrée minimale et maximale (une approximation qui suffit à nos besoins).

En conséquence, la puissance perdue dans le régulateur de tension augmente d'environ 50% – c'est beaucoup de chaleur en plus à dissiper. Le fait que le transformateur doive maintenant fournir 22 W au lieu de 20 W (y compris les pertes dans la diode et le régulateur de tension) n'a d'importance que si cela nous oblige à en utiliser un de plus grande taille.

Le redresseur pleine onde

Nous avons représenté le redresseur pleine onde de manière schématique à la **figure 3**. Grâce à l'ingénieux circuit à quatre diodes (également appelé pont redresseur ou de Graetz), les deux demi-périodes de la tension alternative sinusoïdale à l'entrée sont maintenant utilisées. Pendant la demi-période positive, le courant de charge du condensateur électrolytique passe par les diodes en haut à droite et en bas à gauche, et pendant la demi-période négative par les diodes en bas à droite et en haut à gauche. L'avantage est que le condensateur électrolytique est chargé deux fois plus souvent et donc que sa taille diminue de moitié environ. On obtient les courbes de tension de la **figure 4** : en haut la tension d'entrée, au milieu la tension aux bornes de la charge sans le condensateur et en bas la tension aux bornes du condensateur.

La variation de tension aux bornes du condensateur est la suivante :

$$\Delta U = \frac{I}{2 \cdot f \cdot C}$$

Calculons maintenant notre exemple précédent (avec le transformateur de 15 V) avec un redresseur pleine onde. En raison de la chute de tension supplémentaire aux bornes de la deuxième diode, nous avons maintenant une tension de crête de :

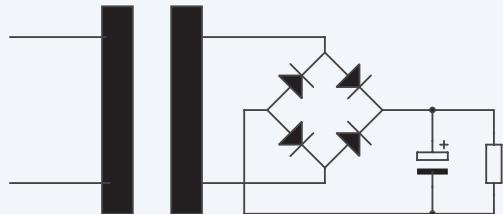


Figure 3. Le redresseur pleine onde.

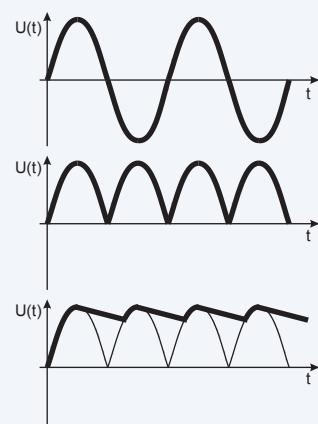


Figure 4. Courbes de tension avec le redresseur pleine onde.

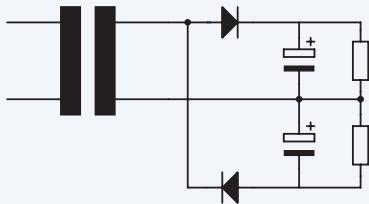


Figure 5. Réalisation d'une tension d'alimentation symétrique.

$$U_{peak} = 15 \text{ V} \cdot \sqrt{2} - 1,4 \text{ V} = 19,8 \text{ V}$$

Cela nous donne une valeur pour le condensateur électrolytique de :

$$C = \frac{1 \text{ A}}{2 \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 1,8 \text{ V}} = 5500 \mu\text{F}$$

La valeur standard immédiatement supérieure est de 6 800 μF , fort peu courante, ce qui nous ramène à la valeur de 10 000 μF . Avec un transformateur de 18 V, la valeur calculée passe à 1 700 μF et la valeur standard à 2 200 μF : au moins une taille en dessous. Notre estimation initiale, selon laquelle la taille du condensateur diminuerait de moitié, ne tenait pas compte de la tension directe des diodes de redressement.

Il est clair que le courant traversant la charge a un effet déterminant sur la capacité du condensateur. C'est la raison pour laquelle on trouve souvent un grand nombre de gros condensateurs électrolytiques dans l'alimentation des amplificateurs de grosse puissance.

Tension d'alimentation symétrique

Les circuits utilisant des amplificateurs opérationnels (« ampli op ») ont souvent besoin d'une tension d'alimentation symétrique, c'est-à-dire de tensions positive et négative égales par rapport à la masse commune. En principe, c'est possible avec deux transformateurs ou avec un transformateur à deux enroulements secondaires, suivis de deux redresseurs.

Une simplification possible est de dériver ces deux tensions à partir d'une seule tension alternative, comme le montre la **figure 5**. En fait, il s'agit de deux redresseurs demi-onde, l'un utilisant les demi-périodes positives de la tension alternative sinusoïdale d'entrée et l'autre les demi-périodes négatives. Le calcul des condensateurs électrolytiques est le même que pour les redresseurs demi-onde « normaux ».

Cependant, la taille du transformateur nécessite maintenant un peu plus d'attention. Supposons que nous ayons besoin d'une tension d'alimentation symétrique de $\pm 15 \text{ V}$ pour un courant de 1 A . Ces tensions sont stabilisées par des régulateurs de tension. Le transformateur doit être capable de fournir au moins 20 W (1 A

à une tension de crête d'environ 20 V) – mais cela pour chaque demi-période. Au total, le transformateur doit pouvoir fournir au moins 40 W.

C'est tout pour cette fois. Dans le prochain épisode, nous multiplierons les tensions. ↗

220169-04 – VF : Helmut Muller

La série d'articles « démarrer en électronique » est basée sur le livre « Basic Electronics Course » de Michael Ebner, publié par Elektor.

Des questions, des commentaires ?

Contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



PRODUITS

➤ **B. Kainka, Initiation à l'électronique et programmation de montages pour débutants**
www.elektor.fr/19339

➤ **R. Mallard, L'électronique pour les débutants**
www.elektor.fr/15662



LIEN

[1] « Démarrer en électronique... (13) - Entrée en scène de la diode », E. Bogers et M. Ebner, Elektor 05-06/2022 :
www.elektormagazine.fr/220003-04