



étage de puissance « auto »

30 W sous 12 V et cela sans convertisseur !

La puissance audio que l'on peut espérer obtenir à partir de la tension de bord standard de 12 V d'une voiture se limite à 5 ou 6 W seulement. De nos jours, une telle valeur est sensiblement trop faible pour peu que l'on envisage une reproduction Hi-Fi digne de ce nom. La solution de faire appel à un convertisseur permet la mise en oeuvre d'étages de sortie d'une puissance « renversante ». Une telle approche reste toujours très onéreuse et donc, dans la plupart des cas, irréaliste parce qu'irréalisable. Un nouveau circuit intégré de l'écurie de Philips Semiconductors permet, dès à présent, de « générer », à partir de la tension de bord de 12 V, une puissance audio de quelque 30 W dans 8 Ω. Ce nouveau composant fait appel au principe de la classe H.

Cela fait déjà bien longtemps qu'un nombre important des lecteurs d'Elektor se promenait qui dans sa « deux-chevaux », sa « R4 », sa « R8 » ou autre « Coccinelle ». À l'époque nous étions très fiers de posséder un tel symbole de prestige, surtout lorsque la dite « bagnole » était équipée d'un auto-radio d'une puissance de sortie (mono) de 1 à 2 W. Il y avait de quoi devenir sourd ! De nos

jours il nous faut un (tout) petit peu plus de luxe : stéréo pour le moins et cela avec une puissance de quelques dizaines de watts par canal S.V.P. On notera que les prix des installations audio-automobiles ont augmenté plus vite encore que la croissance de la puissance fournie.

Il existe sans doute, parmi nos lecteurs, nombre de personnes qui

aimeraient bien disposer, dans leur véhicule d'un son de qualité, sans pour autant avoir à dépenser des sommes d'argent monstrueuses. Aujourd'hui, l'autoradio « standard » fournit une puissance efficace de 5 à 6 W par canal et ceci dans une charge de 4 Ω. Pourquoi cette valeur aussi faible. Pour la simple et bonne raison qu'il est impossible d'obtenir une puissance plus élevée à l'aide d'un étage de sortie travaillant en classe B alimenté sous une tension asymétrique (simple) de 12 à 14 V. La quasi-totalité des auto-radios modernes fait donc appel à des amplificateurs en pont, permettant d'obtenir une puissance de sortie de 12 à 16 W. Souvent, un tel appareil comporte quatre étages de sortie de façon à ce que les paires d'enceintes avant et arrière soient commandées chacune par une paire d'amplificateurs distincts.

Sa seule solution pour l'obtention d'une puissance plus importante implique de faire appel à un convertisseur/onduleur générant, à partir de la tension de bord simple de 12 V, une tension d'alimentation (symétrique) sensiblement plus élevée. L'utilisation d'un convertisseur/onduleur rend l'affaire sensiblement plus complexe et, partant, ... bien plus coûteuse ! Il existe même des fabricants de voitures qui déconseillent fortement la mise en oeuvre d'un tel appareil ceci en vue d'éliminer tout risque de perturbation de l'électronique de commande dont est dotée leur automobile. La production de chaleur caractérisant les amplificateurs audio de puissance constitue autre problème dont il ne faut pas sous-estimer l'importance : dans bien des cas il est requis de faire appel à un refroidissement forcé (ventilateurs) des radiateurs.

classe H

De façon à trouver une solution simple aux problèmes mentionnés plus haut, les ingénieurs de Philips ont recherché des techniques permettant d'obtenir une puissance de sortie élevée sans cependant faire appel à un convertisseur/onduleur.

Caractéristiques techniques :

- tension de sortie élevée sans convertisseur/onduleur,
- configuration en classe H,
- dissipation faible dans le cas de signaux audio,
- Circuiterie de protection élaborée,

Tension d'alimentation : 12 à 18 V (14,4 V typique),
 Courant de repos : 100 mA,
 Puissance de sortie : 30 W_{eff} dans 8 Ω (1 kHz, THD* 0,5%),
 Puissance musique : 40 W dans 8 Ω,

THD* + bruit à 1 W/8 Ω : < 0,01% (1 kHz),
 < 0,05% (20 Hz à 20 kHz),
 THD* + bruit à 20 W/8 Ω : < 0,06% (1 kHz),
 < 0,2% (20 Hz à 20 kHz),
 Bande passante de puissance : 5 Hz à 100 kHz (-3 dB),
 Circuiterie de protection intégrée : court-circuit,
 courant de sortie,
 température et
 impédance de charge.

* THD = Total Harmonic Distorsion, distorsion harmonique totale.

On connaît, dans le cas des amplificateurs de puissance (étages de sortie) un certain nombre de configurations possibles, dont les vrais audiophiles ne connaissent en fait que les classes A et B. Il existe une autre configuration permettant de générer des puissances de sortie importantes et ce avec une dissipation relativement faible : la classe G. On fait appel dans ce cas-là à deux tensions d'alimentation : une tension faible continuellement présente et une tension plus élevée qui n'entre en jeu que si la tension faible n'est plus en mesure d'assurer la réponse en tension de l'étage de sortie.

Vu que, dans une voiture, on ne dispose que d'une unique tension d'alimentation, on a développé, dans le cas du circuit intégré d'étage de sortie TDA 1560Q, une approche ressemblant à la technique mise en oeuvre dans la classe G en faisant appel à quelques condensateurs électrolytiques chargés à partir de la tension de la batterie. En présence de crêtes brèves dans le signal de sortie, quelques semi-conducteurs assurent la mise en série de ces condensateurs avec la tension d'alimentation de 12 V. Cette technique permet alors de doubler brièvement la tension d'alimentation de l'amplificateur. Comme il s'agissait en l'occurrence d'un développement de la technique de la classe G, on ne s'est pas cassé la tête et, logiquement, on l'a tout simplement baptisé « classe H ».

Ce redoublement de la tension de batterie permet, théoriquement, d'obtenir une puissance de 80 W dans 4 Ω ou de 40 W dans 8 Ω.

Le croquis de la **figure 1** montre le schéma de principe d'un amplificateur en classe H. L'idée de base du circuit est une paire d'amplificateurs classe B standard pris en pont (paires de transistors T1/T2 et T3/T4). La charge, R1, est prise entre les sorties des amplificateurs. Le reste de l'électronique (à savoir les paires de transistors T5/T7, T6/T8, les circuits de commande associés et les condensateurs électrolytiques C1 et C2) sert au rehaussement momentané de la tension d'alimentation. Les condensateurs C1 et C2 sont en fait les seuls composants externes, tout le reste des composants est intégré dans le circuit intégré en question.

Comme les crêtes que comporte un signal audio (ou « musique » si l'on veut) ne sont en règle générale que de courte durée, la puissance moyenne dissipée ne sera que légèrement plus élevée que dans le cas d'un amplificateur ne connaissant pas le rehausse-

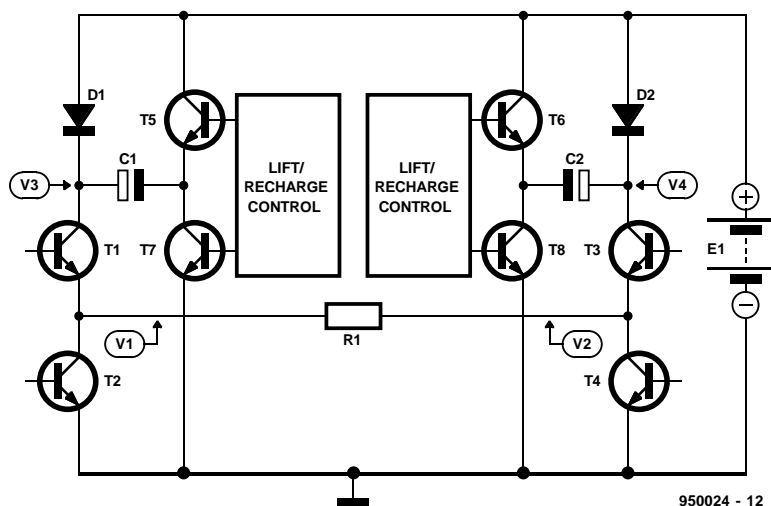


Figure 1. Ce schéma simplifié montre la technique adoptée dans un amplificateur en classe H. Un amplificateur en pont, constitué de deux amplificateurs en classe B, est complété de deux circuits de commande rehaussant passagèrement la tension d'alimentation en s'aidant de deux gros condensateurs électrolytiques.

ment de tension et ceci en dépit du fait que la puissance de sortie de crête est sensiblement plus importante.

Dans la situation de départ les transistors T7 et T8 conduisent de sorte que les condensateurs C1 et C2 sont chargés, via les diodes D1 et D2, jusqu'à une tension dont le niveau est quasiment identique à celui de la tension d'alimentation. Si, lors de l'utilisation de l'amplificateur, la tension V1 ou V2 grimpe à un niveau tel que le transistor T1 ou T3 devient pratiquement conducteur, le circuit de commande de rehaussement/recharge (LIFT/RECHARGE CONTROL) détecte cette situation. Il s'en suit un blocage des transistors T7 et T8 et une entrée en conduction des transistors T5 et T6. Dans ces conditions les condensateurs C1 et C2 seront pris en série sur la tension d'alimentation. Les diodes D1 et D2 évitent que ces condensateurs ne réinjectent leur énergie dans la source de tension. Cette technique provoque donc un rehaussement de la tension d'alimentation jusqu'à, pratiquement, le double de sa valeur. Si la tension V1 ou V2 devient à nouveau inférieure à une valeur donnée les circuits de commande reconnectent les condensateurs à la masse pour permettre leur recharge.

La structure interne du circuit intégré

La **figure 2** montre, sous forme synoptique, la structure interne du TDA 1560Q. Les broches 1 et 2 constituent les entrées d'un amplifi-

catteur différentiel d'entrée. Cette approche résulte en une bonne réjection du mode commun*.

L'impédance d'entrée de l'amplificateur est relativement élevée : 300 kΩ. Les condensateurs d'entrée requis se contentent de ce fait d'une valeur relativement faible. Les circuits d'entrée et de réinjection comportent également l'électronique de commande des blocs d'alimentation et de sortie. Cette électronique évalue le signal d'entrée et anticipe sur la modulation (commande) des tran-

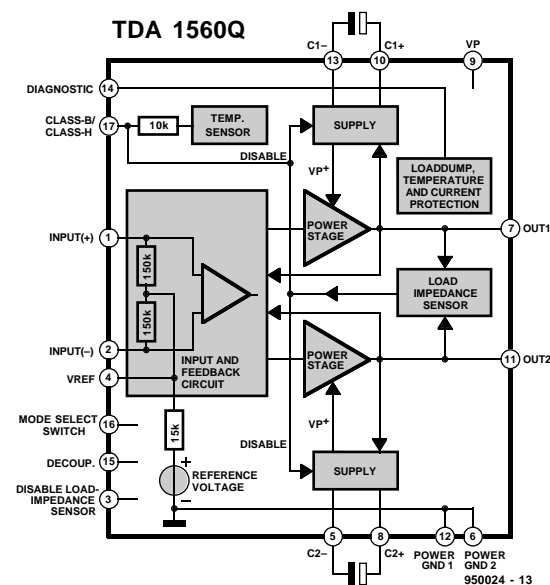


Figure 2. Structure interne du TDA 1560Q. Outre les étages de sortie et l'électronique de commande le circuit comporte plusieurs dispositifs de protection.

*Réjection du mode commun (Common Mode Rejection) est l'aptitude d'un amplificateur différentiel à ne pas fournir de tension à sa sortie lorsque ses deux entrées sont attaquées en mode commun. Cette aptitude n'est jamais totale parce que les deux branches de l'amplificateur ne sont jamais rigoureusement identiques, ce qui entraîne l'apparition d'une tension de sortie en mode commun. Plus elle est faible, meilleur est l'amplificateur.

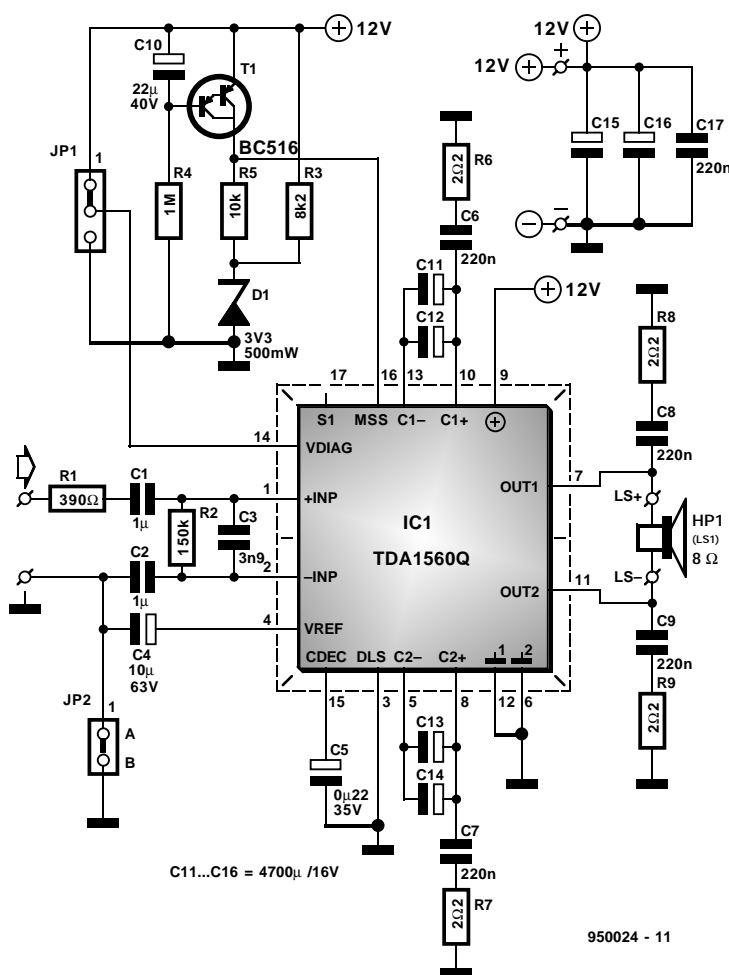


Figure 3. L'électronique complète de l'étage de puissance centrée sur un TDA-1560Q. Le circuit se contente d'un petit nombre de composants externes dont les condensateurs d'alimentation constituent la majorité.

sistors de sortie. Dès que le circuit pressent que les transistors vont atteindre leur point de saturation, la tension d'alimentation sera rehaussée par la mise en série des condensateurs externes, pris entre les broches 10 et 13 et 8 et 5. De façon à limiter la dissipation au strict minimum, on forcera la tension d'alimentation à reprendre sa valeur « normale » immédiatement après une crête de tension. Ceci garantit que l'étage de sortie reste tout juste en-deçà de son niveau d'écrêtage.

Outre les étages de sortie et l'électronique de commande associée, le circuit intégré comporte également un certain nombre de dispositifs de protection.

Un circuit de limitation de courant protège les étages de sortie contre un court-circuit de leur sortie vers la masse ou vers la ligne de la tension d'alimentation. La sortie sera mise hors-fonction également si l'intensité du courant dissipé devient supérieure à 5,5 A. L'activation de ce dispositif de protection se traduit tout simplement par une mise hors-

fonction des étages de sortie. Une fois activée, la protection contre des court-circuits vérifie, à intervalles réguliers, si le court-circuit persiste. Dans le cas contraire, le court-circuit a donc disparu, les étages de sortie seront remis en fonction. Cette tactique limite donc au strict minimum la dissipation dans les étages de sortie en cas de court-circuit.

Le circuit intégré comporte une double protection thermique. Le premier de ces dispositifs mettra les doubleurs de tension hors-fonction si la température de boîtier du TDA 1560Q atteint une valeur de 120°C. Dans ces conditions l'amplificateur ne fonctionnera qu'en classe B. Le second dispositif de protection thermique fait appel à des capteurs disposés à proximité immédiate des transistors de commutation et de sortie. S'ils détectent une température dépassant les 165°C, l'intensité du courant de base du transistor en question sera réduite.

Un autre circuit de protection entre en fonction si la tension d'alimenta-

tion devient supérieure à 18 V. Le TDA 1560Q dispose également d'un circuit surveillant l'impédance de la charge connectée. Après la mise en fonction de l'amplificateur, ce sous-ensemble détermine la résistance en courant continu des haut-parleurs connectés en y faisant circuler un courant pour ensuite mesurer la chute de tension qui se produit. Compte tenu du courant maximal admissible pour les étages de sortie, la partie de l'électronique responsable pour le fonctionnement de la classe H sera mise hors-fonction si ce circuit détecte la présence d'un haut-parleur de 4 Ω. Dans ces conditions le circuit intégré fonctionnera comme un amplificateur classe B standard. Si par malheur l'impédance de la charge connectée est inférieure à 0,5 Ω, le circuit interprétera cette condition comme un court-circuit et la totalité du circuit intégré sera mise hors-fonction. On notera que ce capteur d'impédance est très sensible à des impulsions parasites (fermeture d'une portière lors de la mise en fonction de l'amplificateur : les haut-parleurs fonctionnent alors comme « microphone »). On pourra mettre hors-fonction ce capteur en reliant la broche 3 du TDA 1560Q à la masse.

L'électronique pratique

La **figure 3** montre le schéma complet de l'étage de sortie réalisé à l'aide du TDA 1560Q. En amont de l'étage d'entrée (broches 1 et 2) on voit deux condensateurs de couplage. Bien que d'un côté du condensateur C2 le pont de câblage A-B relie l'entrée « - » de l'amplificateur de nouveau à la masse, cette technique permet d'obtenir une bonne réjection du mode commun malgré la présence d'une entrée asymétrique. On notera qu'il suffit d'ouvrir le pont câblage A-B pour obtenir une entrée symétrique véritable.

La résistance R1 et le condensateur C3 constituent un filtre passe-bas chargé d'éliminer les distorsions HF se manifestant à l'entrée. La résistance R2 détermine, pour une grande part, l'impédance d'entrée. Le circuit centré sur les transistors Darlington T1 introduit la temporisation de mise en fonction qui supprime tout bruit d'activation. La présence de ce circuit est d'une importance capitale ici puisque le capteur d'impédance de charge (assurant normalement cette fonction) est mis hors-fonction dans notre circuit (la broche 3 du TDA 1560Q étant reliée à la masse). Dès la présence de la tension d'ali-

mentation on aura application, via la résistance R3 et la diode zener D1, d'une tension de 3 V sur la broche 16 de IC1 et le circuit intégré passe donc en mode silencieux (*mute*). Le condensateur C10 étant encore vide (état non-chargé) le transistor T1 bloque. Via la résistance R4, ce condensateur se charge progressivement. Au bout de quelques secondes la tension aux bornes du condensateur aura pris une valeur telle que le transistor T1 devient conducteur. Ce n'est qu'à ce moment que l'on aura application d'une tension de 12 V sur la broche 16 du TDA 1560Q et que les étages de sortie pourront entrer en fonction.

La broche 14 (VDIAG) de IC1 offre, à l'utilisateur, toute une gamme de possibilités. On pourra faire appel au signal présent sur cette broche pour détecter par exemple si l'une des protections internes est entrée en fonction. Sur cette broche on a présence, en général, d'un signal de niveau quasiment identique à la tension d'alimentation. Le fait que cette tension descende à la moitié de la tension d'alimentation, indique l'activation de l'un des dispositifs de protection.

Si l'on connecte, par la mise en place d'un cavalier de codage sur JP1, cette broche à la masse, la totalité de l'amplificateur entre dans une sorte de mode de silencieux. Si, par contre, on fait appel à la mise en place d'un cavalier de codage sur JP1 pour relier cette broche à la tension d'alimentation de +12 V, tous les dispositifs de protection internes seront mis hors-fonction. Dans le cas d'une utilisation standard, on devrait opter pour l'absence d'un cavalier de codage sur JP1.

Le circuit comporte de plus – et bien évidemment – toute une série de condensateurs électrolytiques d'alimentation. C15 et C16 font office de tampon pour la tension de batterie de 12 V. Les paires C11/C12 et C13/C14 sont les condensateurs de stockage responsables pour le rehaussement passager de la tension d'alimentation. Nous avons opté ici pour une prise en parallèle de deux condensateurs électrolytiques de 4 700 μ F chacun. Cette approche prend moins de place sur la platine qu'un seul exemplaire de 10 000 μ F. Associés aux condensateurs on trouve encore quelques réseaux d'antiparasitage (R6/C6 et R7/C7). Des deux côtés du haut-parleur on trouve un réseau de Boucherot (R8/C8 et R9/C9 respectivement) chargé d'assurer une charge minimale de l'étage de sortie en présence de fréquences élevées (condition au cours

de laquelle l'impédance du haut-parleur grimpe rapidement en raison de son comportement inductif).

La réalisation

Que pourrions-nous encore ajouter en ce qui concerne la réalisation pratique de cet amplificateur « automobile » ? Si l'on dispose du circuit imprimé double face (figure 4) et de tous les composants requis il suffit de peu d'expérience de soudure pour mener cette réalisation à bonne fin. Il faudra veiller, lors de la mise en place du circuit intégré, à ce que le dos métallique de ce composant se trouve tout juste hors des limites de la platine. Il sera plus facile alors, ultérieurement de le fixer, après l'avoir doté d'une plaquette isolante et d'une bonne dose de pâte thermoconductrice, contre son radiateur. Du fait que le boîtier du TDA 1560Q se caractérise par des dimensions « hors-gabarit » il vous faudra découper cette plaquette d'isolation vous-même. On pourra faire appel, par exemple, à une plaquette isolante TO-3 en mica ou en film silicone.

Il va sans dire que pour une installation audio-automobile stéréo, il faudra réaliser deux modules que l'on

pourra mettre en place dans un seul coffret. Les plus avides de puissance audio d'entre nos lecteurs pourront réaliser quatre exemplaires de cet étage de sortie permettant de commander, de façon distincte, chacun des haut-parleurs des paires avant et arrière installés dans leur voiture. Il est également possible de réaliser un système actif à deux voies. Peu importe l'approche choisie, on disposera de suffisamment de puissance pour faire cracher des haut-parleurs de bonne puissance et à haut rendement.

Attention lors du montage des haut-parleurs et de leurs câbles de connexion ! Un amplificateur en pont n'apprécie pas du tout que l'un des contacts du haut-parleur (ou de son câble connexion) soit relié à la masse (le châssis) de la voiture. Bien que le circuit dispose d'un nombre élevé de dispositifs de protection il serait quelque peu dommage d'être obligé, dès le départ, de se mettre à la recherche de l'erreur technique ayant entraîné l'entrée en fonction de l'une ou l'autre protection. \blacktriangleleft

Bibliographie :

[1] Philips Data Sheet TDA1560Q,

[2] Philips Application Note TDA1560Q, Power Lifting Amplifier.

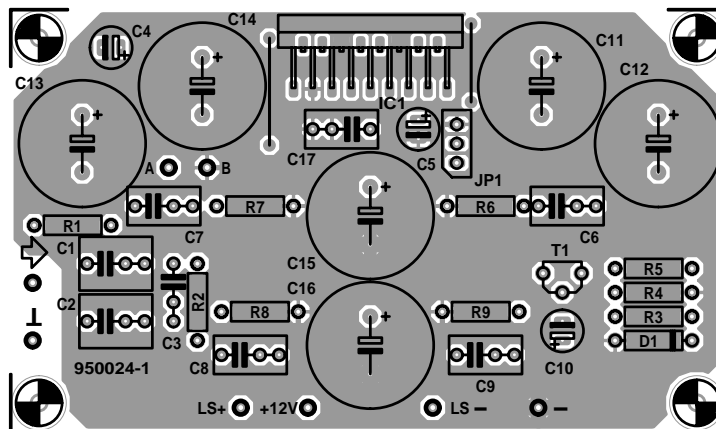


Figure 4. Représentation de la sérigraphie de l'implantation des composants de l'étage de sortie « auto ». On devrait être capable, armé de quelques-uns de ces amplificateurs, de produire, dans sa voiture, un « niveau sonore Hi-Fi » plus que satisfaisant.

Liste des composants

Résistances :

R1 = 390 Ω
R2 = 150 k Ω
R3 = 8k Ω
R4 = 1 M Ω
R5 = 10 k Ω
R6 à R9 = 2 Ω

Condensateurs :

C1, C2 = 1 μ F au pas de 5 mm
C3 = 3nF9

C4 = 10 μ F/63 V radial
C5 = 220 nF/35 V tantale
C6 à C9, C17 = 220 nF
C10 = 22 μ F/40 V radial
C11 à C16 = 4 700 μ F/16 V radial

Semi-conducteurs :

D1 = diode zener 3V3/0,5 W
T1 = BC516
IC1 = TDA 1560Q

Divers :

1 radiateur pour IC1 ($R_{th} < 2,5$ K/W)