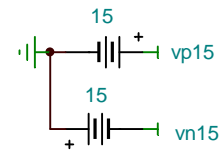
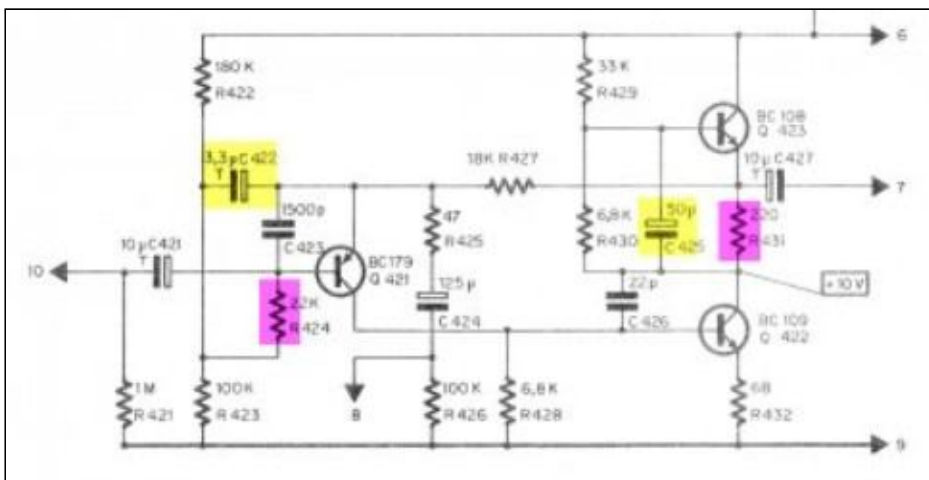


SRPP

Forr, 22 janvier 2022, v3
18 janvier 2022, v1



Ce document propose une explication succincte du fonctionnement du circuit curieusement appelé SRPP. Une recherche sur le net en présente de nombreuses utilisations, son principe est applicable aussi bien aux tubes qu'aux transistors à effet de champ ou bipolaires. Par exemple, dans le schéma ci-dessous (étage d'entrée du magnétophone Revox A77), les transistors de sortie Q422 et Q423 forment un SRPP. Bien avant d'en repérer sur des schémas, j'avais "inventé" cette configuration pour m'expliquer les SRPP.



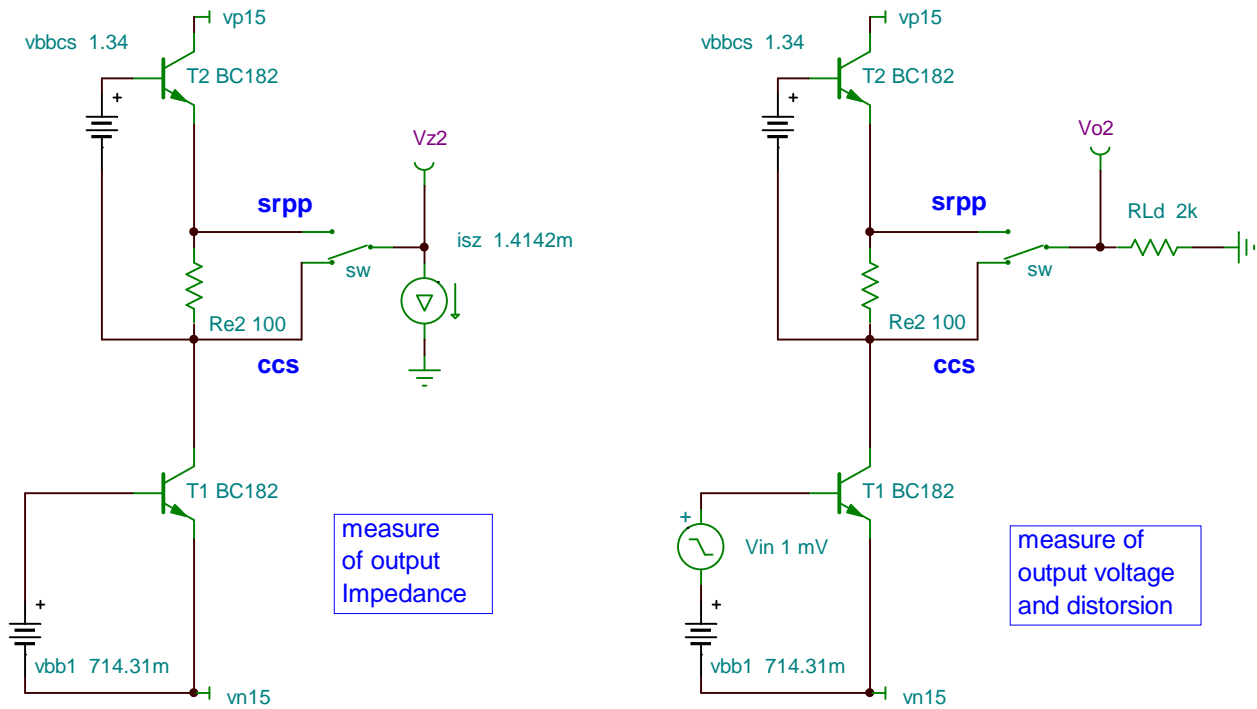
source <https://www.vintage-radio.net/forum/showthread.php?t=88717&page=3>

En première approche, on peut dire que la tension continue aux bornes du condensateur C425, 50 μ , fait fonctionner l'association du transistor Q423 et de la résistance R421, 200 Ω , en une source de courant constant qui charge le collecteur de Q422 au point indiqué +10 V.

La charge d'exploitation (non représentée) du circuit se fait sur l'émetteur de Q423 par l'intermédiaire de la capacité C425. Le courant délivré par Q423 n'est donc pas constant.

Les simulations des pages 2 à 5 qui suivent emploient des circuits simplifiés pour en faciliter l'interprétation. La tension de polarisation vbb1 entre la base et l'émetteur de T1 en détermine le courant collecteur Ic1.

La source de tension flottante vbbcs détermine le courant continu qui passe par l'émetteur de T2 et Re2. L'ensemble [T2, Re2, vbbcs] forme une source de courant constant (Constant Current Source, CCS).



| | | | | | | |
|------------------------|----|---|---------|---|---------|---|
| ! circuit | -> | ! | CCS | ! | SRPP | ! |
| ! output impedance | | ! | 17.1 kΩ | ! | 1.2 kΩ | ! |
| ! input 1.0 mV | | ! | | ! | | ! |
| ! Vo Rld not connected | | ! | 2.360 V | ! | 2.280 V | ! |
| ! RLd connected | | ! | 0.239 V | ! | 1.410 V | ! |
| ! Distortion | | ! | 0.320 % | ! | 1.010 % | ! |

Les polarisations vbb1 et vbbcs ont été ajustées ici pour obtenir des courants I_{c1} et I_{e2} égaux, 6.24 mA, de sorte que la tension continue de l'émetteur de T2 est quasi nulle.

Le commutateur sw connecte la charge RLd :

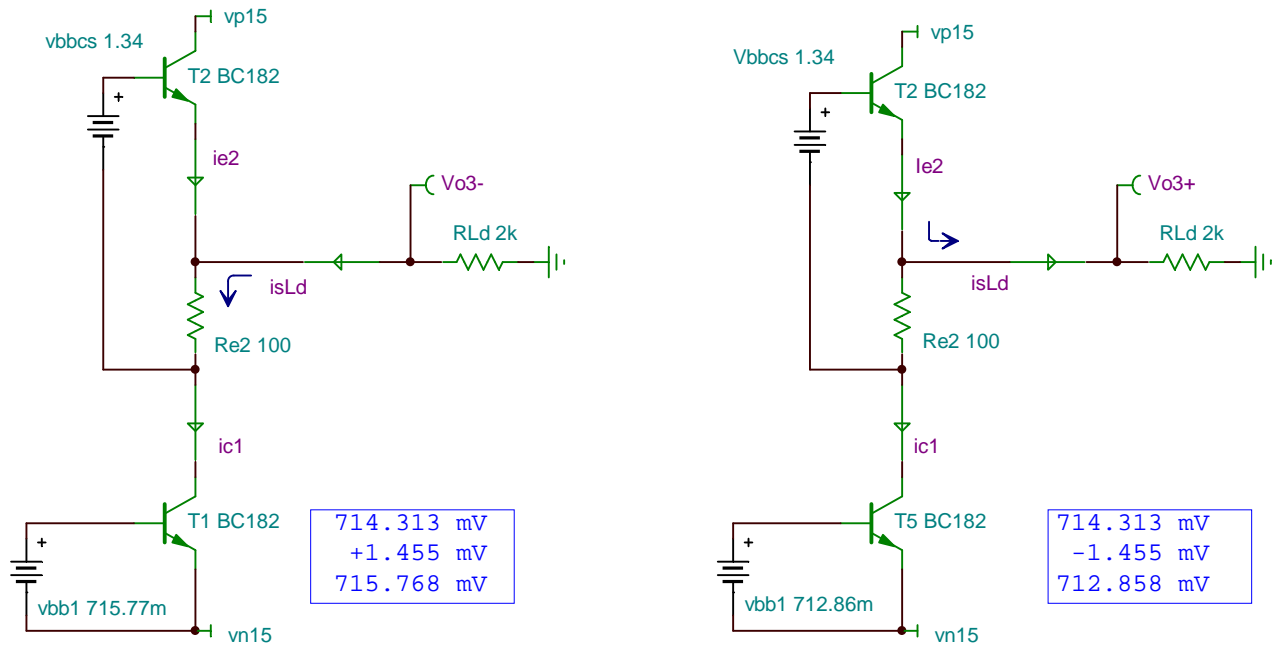
- s'il est vers le bas, au collecteur de T1 dont la charge en continu est alors la source de courant constant contruite avec T2, Re2, vbbcs.
- s'il est vers le haut, à l'emetteur de T2, ce qui fait que le collecteur de T1, est raccordé à la portion de circuit qui transforme le tout en un étage SRPP.

Schéma à gauche. Un courant alternatif de 1 μ A injecté à la sortie du circuit permet d'en évaluer l'impédance par la tension V_{zo} qu'il fait naître.

Schéma à droite. Un signal sinus de 1 mVrms, considéré comme étant référencé à la masse via la polarisation vbb1 en série avec l'alimentation vn15, est appliqué à la base de T1. Le courant alternatif dans le collecteur de T1 se retrouve converti en une tension appliquée à RLd en parallèle, selon la position du commutateur :

- soit avec l'impédance de la CCS bâtie autour de T2 quand sw est en bas.
- soit avec l'impédance de l'émetteur suiveur de T2 quand sw est en haut.

Les courants selon l'alternance dans un SRPP



Dans cette page, par souci de simplification, les amplitudes d'un signal sinusoïdal (c'est à dire ses valeurs maximales positive et negative) sont assimilées à des tensions et courants continus. Les résultats chiffrés diffèrent donc un peu de ce qu'ils seraient en réalité mais c'est sans incidence sur le principe du fonctionnement.

Au repos, V_{bb1} , la tension de polarisation base-émetteur de T1 est de 714.313 mV, entraînant un courant collecteur I_{c1} de 6.24 mA.

Schéma à gauche

Augmenté de 1.455 mV, v_{bb1} passe à 715.768 mV et I_{c1} à 6.323 mA.

Il circule alors dans RLd un courant de 1 mA de la masse vers l'émetteur de T1 où la tension V_{e2} est -2 V.

Schéma à droite

Diminué de 1.455 mV, v_{bb1} passe 712.858 mV et I_{c1} à 6.159 mA.

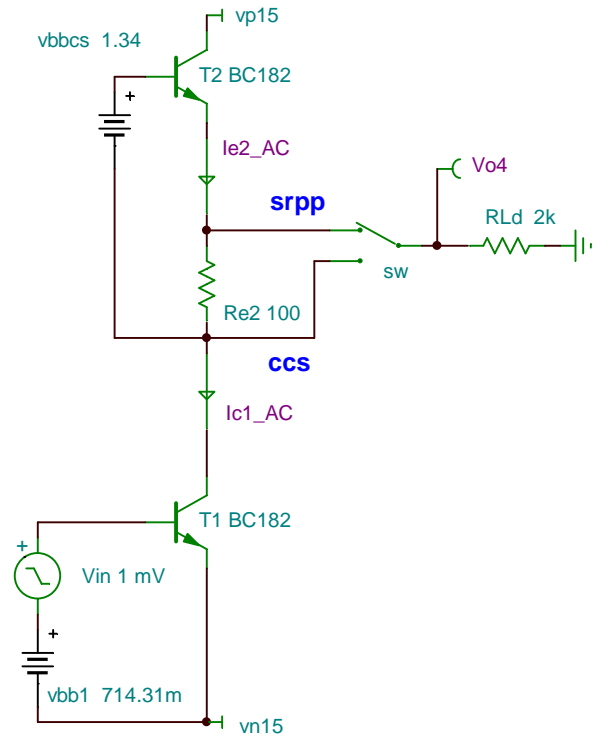
Il circule alors dans RLd un courant de 1.043 mA de l'émetteur de T1, où la tension V_{e2} est +2.086 V, vers la masse.

Pour une variation de la tension de base V_{bb1} de 2.91 mV, le courant collecteur I_{c1} du transistor d'entrée est donc affecté d'une variation inférieure à 3% alors que la variation de tension est de 4 V aux bornes de la charge RLd de 2 k Ω , en sortie du circuit. Cette variation est principalement le fait des variations de courant dans T2.

Les flèches courbées indiquent le sens de circulation du courant passant dans RLd .

Le circuit SRPP en alternatif

| sw | -> | CCS | dn | SRPP | up |
|----|-------|-----|-----------------|------|-----------------|
| ! | DC | ! | ! | ! | ! |
| ! | Vbb1 | ! | 714.313 mV | ! | 714.313 mV |
| ! | VRLd | ! | -625.8 mV | ! | 174 μ V |
| ! | Ie2 | ! | 6.259 mA | ! | 6.259 mA |
| ! | Ic1 | ! | 6.240 mA | ! | 6.240 mA |
| ! | AC | ! | ! | ! | ! |
| ! | Ie | ! | 894.533 nA | ! | 648.526 μ A |
| ! | Ic | ! | 120.333 μ A | ! | 56.447 μ A |
| ! | VoAC | ! | 0.239 V | ! | 1.405 V |
| ! | gain | ! | 48 dB | ! | 63 dB |
| ! | disto | ! | 0.319 % | ! | 1.009 % |



Un signal sinusoïdal de 1 mVrms est appliqué à l'entrée.

Quand RLd est déconnectée du circuit, la tension de sortie Vo4 est identique dans les deux configurations, 2.28V. Le gain en tension est de alors de 67 dB.

RLd connectée,

- en configuration CCS, la tension Vo4 est de 239 mV.

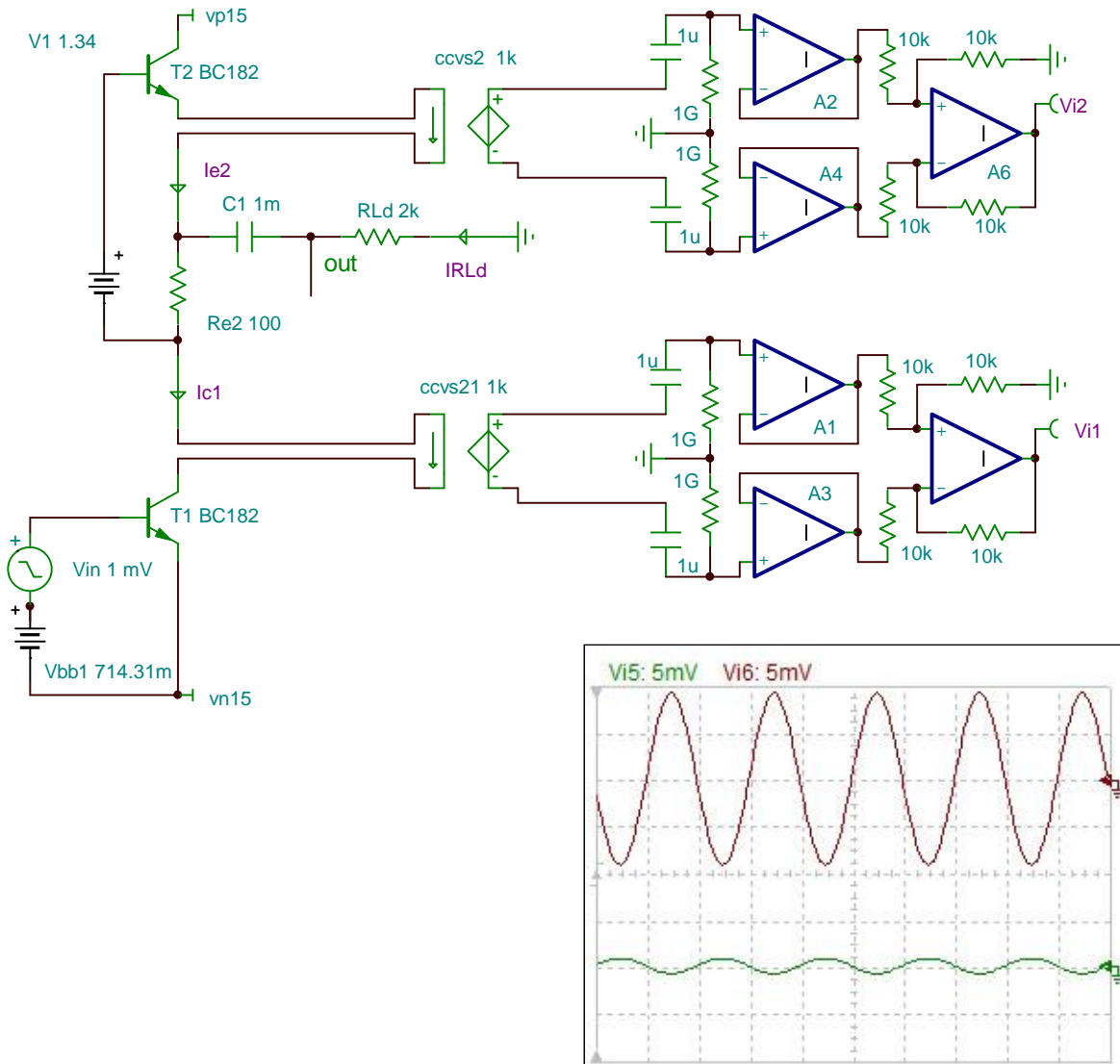
Le gain est de 48 dB avec une distorsion harmonique de 0.32%.

- en configuration SRPP, la tension Vo4 est de 1.41 V.

Le gain est de 63 dB avec une distorsion harmonique de 1.009%

Les intensités des courants alternatifs dans les deux transistors sont très différentes. Page 5, une oscillogramme en donne une image plus évidente.

Oscilloscopie des courants dans un SRPP



Le schéma précédent est repris ici, doté de deux composants ccvs (Controlled Current Voltage Source) "idéaux" qui, sans aucune chute de tension, se bornent à convertir en tensions flottantes les courants qui les traversent. Ils sont réglés ici pour générer 1 V par mA.

Les circuits autour de a51-52-53 et a61-62-63 référencent ces tensions flottantes à la masse, sans composante continue, afin que l'on puisse les observer sur l'écran de l'oscilloscope du programme.

En alternatif :

Le courant de l'émetteur de T2 est 11 fois plus élevé que celui du collecteur du transistor d'entrée T1.

Les tensions du collecteur de T1 et de la base de T2 sont égales à 1.410 V, celle sur la charge raccordée à l'émetteur de T2 est 1.405 V.

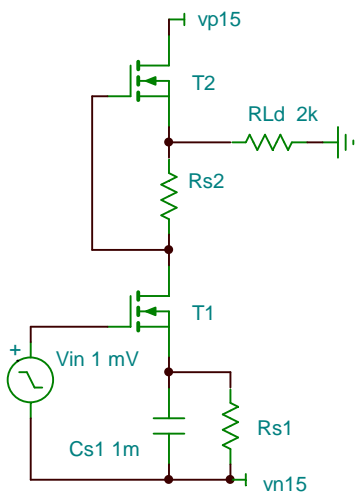
EN RESUME

T2 joue en alternatif un double rôle :

- alimenter la charge RLd par la basse impédance de son émetteur.
- présenter au collecteur de T1 une impédance élevée obtenue par une résistance de faible valeur, Re2, "bootstrappée" c'est à dire que le circuit lui fait répliquer à l'une de ses extrémités la tension présente à l'autre.

En pratique, avec des transistors bipolaires, la source de tension constante vbbcs fait place à un réseau tel que celui employé sur le circuit Revox page 1, avec deux résistances et une capacité qui, une fois chargée après la mise en marche du circuit, a un comportement proche de celui d'une source de tension continue.

Ce procédé appelé bootstrap, très utilisé dans les amplificateurs à transistors jusque vers 1980, est loin d'être ignoré aujourd'hui.



LES SRPP à FETs ou à TUBES

Ils bénéficient d'une polarisation des plus simples pour le second composant amplificateur : la gate (ou la grille) est directement raccordée au drain (ou à l'anode) du composant amplificateur d'entrée. Les passionnés d'étude de circuits leur accordent beaucoup d'attention.

QU'EST CE QUE LE BOOTSTRAP ?

Il n'y a pas à ce jour de définition bien précise de l'effet bootstrap. Celle-ci me paraît convenir à tous les cas de figure : configuration d'un circuit visant à maintenir quasi constante la différence de potentiel entre deux points de ce circuit.

On recontre des bootstraps beaucoup plus souvent qu'on ne le pense.

QUE SIGNIFIE "SRPP" ?

La lettre "S" est l'abréviation d'un mot qui diffère selon les textes qui en traitent : "shunt", "series", "single". "R" est par contre le plus souvent admise comme se rapportant à "regulated"; plus rarement, dans d'anciens articles, à "rail".

Et "PP" à "push-pull" bien que, selon l'exploitation du principe, les deux composants amplificateurs peuvent présenter des courant alternatifs très différents. L'électronique appliquée s'illustre souvent par sa linguistique imprécise.

Remerciements aux membres du forum Melaudia pour leurs contributions qui ont permis de préciser certains points de cet essai en participant au fil

<https://forums.melaudia.net/showthread.php?tid=10970&pid=178923#pid178923>