# トナ技プ党

生&新人エンジニア



注目記事 新世代アンプOPA1612×Aクラス電流増幅でひずみ率0.00031%達成

# ゼロ・ディストーション・オーディオ・アンプの製作

応用・研究 GNSS/GPSプレシジョン・コンパス 実用技術 パワー半導体の放熱計算

電子楽器 エメラルド真空管ディストーション 動画連動 科学実験! 制御不能のインダクタ



通巻29号





2017

トラ技ジュニアは、親雑誌「トランジスタ技術」の強みである実用性を重視した小冊子です。第一線のプロが現場の生きた技術をかみくだいて解説します。技術者の卵である学生と新人エンジニアを応援します。学生と新人エンジニア(25歳以下)の皆さんには、本誌を無料で配布します。トラ技ジュニアのホームページ(http://toragi.cqpub.co.jp/Portals/0/support/junior/)から必要事項をご記入の上、お申し込みください。

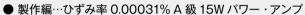
## CONTENTS

# 注目記事

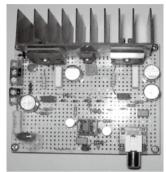
24 応用・研究

6 新世代アンプOPA1612×Aクラス電流増幅でひずみ率0.00031%達成

ゼロ・ディストーション・オーディオ・アンプの製作 黒田徹



● アクセサリ回路編…LPF, トーン・コントロール, チャネル・デバイダ, ヘッドホン・アンプ 【Appendix】知らない奴はモグリ! OP アンプのエントリ・モデル 「4558」



\_\_\_\_\_\_ 首のわずかな傾きも宇宙からピタッと捕捉!

GNSS/GPSプレシジョン・コンパスの製作 編集 A

バッテリ電源81Vでコンパクト蛍光表示管Nutubeをオーバー・ドライブ電子楽器製作

全8段増幅! エメラルド真空管ディストーション 森川 悠佑

大きすぎず小さすぎず…! ストレスを解消するヒートシンクの選び方

最適解への近道!パワー半導体の放熱計算 深川 栄生

生声じゃないと体が動かないアナタへ…

伝言ワンチップ・レコーダIC「ISD1730PY」山本東理

小型ROVの水中モニタリング・システム 後藤 慎平

磁性体に空いている0.1mmの隙間の有無が天国と地獄の分かれ道
動画連動コーナ

10 動画連動コーナ エレキ科学実験!制御不能のインダクタ 山本 真義









## 電子工作から人工衛星まで様々なフィールドで活躍する白光の温度コントロール機器











# 

白光株式会社

目覚め

http://www.hakko.com

本社 /〒556-0024 大阪市浪速区塩草 2 丁目 4 番 5 号 TEL: (06) 6561-1574(代)

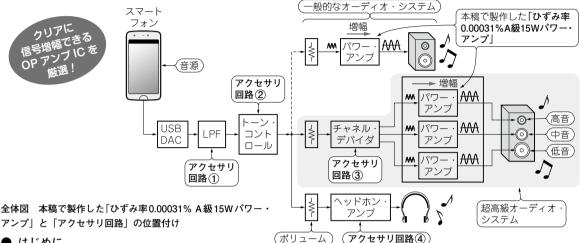
無料で使える電子回路シミュレータ 「LTSpice」の設計データを トラ技ジュニアのホームページで全公開!

# ゼロ・ディストーション オーディオ・アンプの製作

新世代アンプOPA1612×Aクラス電流増幅で ひずみ率0.00031%達成

黒田徹 Tooru Kuroda





#### ● はじめに

半世紀に渡り、ひずみ率を低減する技術に強いこだ わりをもってアナログ回路を設計してきた黒田 徹さん に. 世界一低ひずみなパワー・アンプの製作に挑戦し てもらいました.

黒田さんは、超低ひずみ OP アンプによる電圧増 幅段と、同じく低ひずみな A 級出力回路による電流 増幅段を組み合わせて、世界最高級オーディオ・ア ンプ (L-550AXII: LAXMAN) の性能であるひずみ率 0.007 % (8Ω, 1kHz)を1ケタ以上超えることに成功 しました. 出力も 15W と十分で、スピーカによる大 音量再生も可能です. 実験室のリファレンス・アンプ としても利用できるでしょう.

本稿では、ひずみ率 0.00031 % を実現した技術背景 やパワー・アンプをオーディオに応用するときに使う アクセサリ回路(全体図)を紹介します. 〈編集部〉



## 製作編



## 新世代 OP アンプと A 級出力回路で 世界最小ひずみに挑戦

OP アンプ, オーディオ・アンプ, ギター・アンプ など、アンプと名のつくもののほとんどは「電圧増幅 段(入力段)」と「電流増幅段(出力段)」の2つの増幅 回路で構成されています. 今回製作する低ひずみア ンプも、OPアンプで構成した電圧増幅段とバイポー

表1 アナログ・アンプ の動作階級

動作階級	期間比率
A 級	100%
AB 級	$50 \sim 100\%$
B級	50%
C級	50% 以下

ラ・トランジスタで構成した電流増幅段をつないでい ます(後出の図3参照)

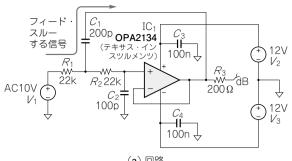
世界一ひずみの小さいアンプは、世界一ひずみの小 さい電圧増幅回路と、世界一ひずみの小さい電流増幅 回路を組み合わせれば作ることができそうです.

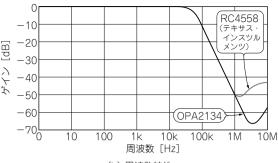
今どきの半導体の進化はすさまじく、後出の表2 に示すように、0.0002%以下の超低ひずみを実現し た OP アンプが誕生しています. この高性能を引き出 すためには、ひずみの小ささで引けを取らない出力段 と組み合わせる必要がありますが、現在の多くのオー ディオ・アンプが採用する AB級方式やD級方式の 

エネ時代に「けしからん!」と叱られそうですが、 スプザみ OP アンプの性能を引き出せそうなのは、無 信号時でも最大出力時の大電流が流れる A 級方式です. A級は、100万円以上の超高級オーディオ・アンプや真 空管アンプが採用する電流増幅方式です. <編集部> ① 世界一低ひずみな電流増幅段(出力段)の検討··· A 級電流増幅段を採用する

動作階級は、トランジスタ(または FET) が線形活 性領域にある期間の比率によって、表1に示すよう に A 級、AB 級、B 球、C 級に分類されます<sup>(1)</sup>.

アナログ・アンプは A級か AB級が一般的です.



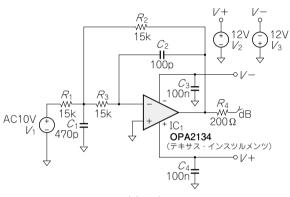


(a) 回路

(b) 周波数特件

#### 図8 サレン・キー型LPF

周波数特性は、1MHz までは-40dB/dec で減衰しているが、1MHz 以上では減衰していない、RC4558 の出力インピーダンスは、OPA2134 の出力 インピーダンスより高いので、特性が悪化している



(a) 回路

## -20-40-80-100<sup>L</sup> 1k 10k 100k 1M 周波数 [Hz]

(b) 周波数特性

#### 図9 多重帰還型LPF

(b) の周波数特性は,10MHz まで単調に減衰している

カー保護回路基板(価格:880円、ノースフラットジャ パン)」などがあります.



# アクセサリ回路編

## ① ローパス・フィルタ(LPF)

#### ● 用途

ディジタル・フィルタは原理的に折り返し雑音を登 生します. この雑音はサンプリング周波数の 1720上 の周波数帯域に分布します。この雑音を除くた TA 変換の後ろにアナログ LPF を使用します. 変換の前段にもアナログ LPF を置くことが多い

## ①-1:サレン&キー型 LPF

### ▶回路構成

サレン&キー型 LPF (図8) は、MIT Lincoln 研究 所の R.P.Sallen 氏と E.L.Key 氏が 1955 年に考案した 回路です.

#### ▶周波数特性

ゲイン帯域幅積が LPF のカットオフ周波数 foより 十分大きく、そして $R_1$ と $R_2$ の値が等しいとき、こ の値をRとおくと、カットオフ周波数 $f_0$ とQ(クオリ ティ・ファクタ, foにおけるゲインを意味する) は次 の式で定まります.

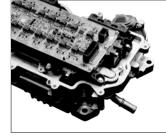
$$f_0 = \frac{1}{2\pi R\sqrt{C_1 C_2}} \quad [\text{Hz}] \quad \dots \qquad (1)$$

入すると,

式(2) に  $R = 22k\Omega$ ,  $C_1 = 200$ pF,  $C_2 =$ 

51.18kHz, Q = 0.707

ーヒン



つくっているのは、 未来のクルマの スタンダードです。

採用 2018年度新卒採用 エントリー受付中

KEÎHIN

No.29