

電気塾⑪

OPアンプ回路が読み解ける! バーチャル・ショート

バーチャル・ショートは、反転入力と非反転入力の端子間の電圧が0Vに見える現象です。

バーチャル・ショートが起きるのは、OPアンプの大きなオープン・ループ・ゲインに起因しています。オープン・ループ・ゲインは周波数が高くなるほど減少し、高い周波数領域ではバーチャル・ショートが成立しません。バーチャル・ショートはOPアンプが正常に動作してるバロメータであり、ほぼ0Vを示していれば、OPアンプは正常に動作しています。
〈編集部〉

OPアンプを見たら「+端子と-端子の電圧差は0V」と考えていい

● 本当に0Vになっているかどうか実験で見てみる
図1は、ゲイン10倍の反転アンプです。入力電圧 V_{in} をDC -0.10Vにすると、出力電圧 V_{out} はDC1Vになります。この回路を実際に組み立てて反転入力端子 V_{in-} (2番ピン)と非反転入力端子 V_{in+} (3番ピン)の端子間の電圧 $V_{in+} - V_{in-}$ を測定してみましょう。

写真1で見ると、入力端子間の電圧は0.8 mVで、ほとんど0Vです。反転入力端子 V_{in-} と非反転入力端子 V_{in+} の端子間の電圧が0Vに近いこの現象をバーチャル・ショート(virtual short)と呼んでいます。

バーチャルを日本語では「仮想」と訳されることが多いのですが、“仮想”では今一つピンとこないのが、「バーチャル・ショートはあたかもショートしているように見える現象」と理解すればよいでしょう。

OPアンプが正常に動作していれば、バーチャル・

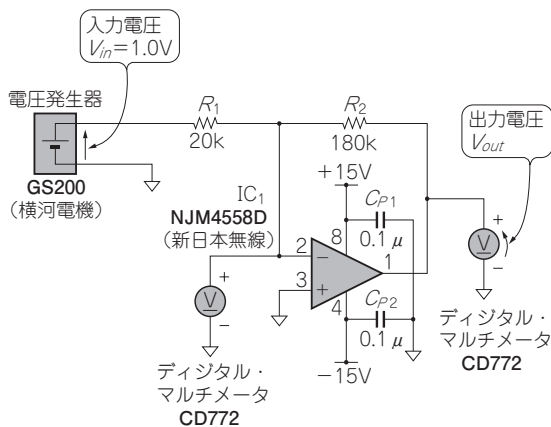


図1 どんなOPアンプも動作中は、+端子と-端子の電圧差がほぼ0Vであることを実験で確認する
OPアンプにNJM4558D(新日本無線)を用いた10倍の反転アンプ

ショートが発生します。反転入力端子 V_{in-} と非反転入力端子 V_{in+} の端子間の電圧を測定して、ほぼ0Vを示していれば、その回路部分は正常と判断できます。

● 「反転アンプの入カインピーダンスは R_1 」とすぐわかる

一見動作のわからないOPアンプ回路は、反転入力端子と非反転入力端子の電圧差が0Vである、と考えると読み解くことができます。

反転アンプ回路を図2(a)に示します。図2(b)に示すように、反転入力端子 V_{in-} と非反転入力端子 V_{in+} の端子間が(バーチャルに)ショートしていると考え



(a) 実験の外観



(b) 反転入力端子 V_{in-} の測定値



(c) 出力電圧 V_{out} の測定値

写真1 動作中のOPアンプの+端子と-端子はほぼ0Vになっている
OPアンプの出力電圧は-1Vなのに、反転入力端子の電圧 V_{in-} は0.8 mVと非常に小さい

【セミナー案内】大阪会場にて初開催! 雑音理論と低雑音回路の設計とその計測方法 [講師による実演付き] —— 高S/N高解像度アナログ回路設計のすべて
【講師】 浜田 智 氏 【会場】 大阪・NLCセントラルビル 3F セミナールーム、5/18(金) 19,000円(税込) <http://seminar.cqpub.co.jp/>