

White Paper No. 2

Spannung oder Strom verstärken

Einleitung

Die Aufgabe eines Verstärkers ist es, ein Kleinsignal am Eingang in ein Großsignal am Ausgang zu wandeln. In den meisten Fällen handelt es sich bei dem Eingangssignal und dem Ausgangssignal um eine Spannung. Man spricht von einem Spannungsverstärker bzw. von einer spannungsgesteuerten Spannungsquelle.

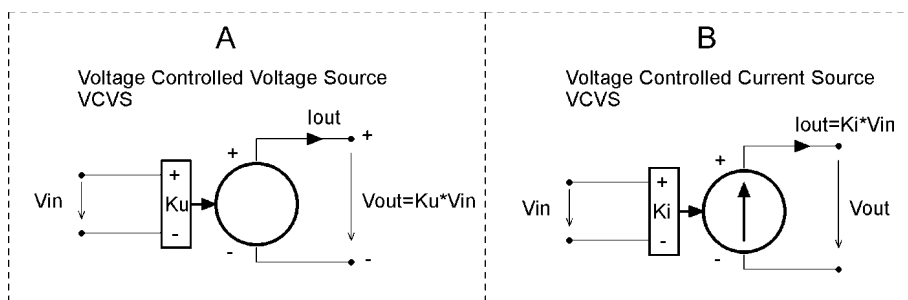


Abbildung 1: Voltage Controlled Voltage- and Current Sources

In der Abbildung 1, Bild A ist dieser Zusammenhang visualisiert. Das Kleinsignal V_{in} steuert, mit einem Faktor k gewichtet, das Großsignal V_{out} .

Beispiel: $V_{in} = 1 \text{ V}$, $K_u = 10 \rightarrow V_{out} = 10 \text{ V}$. Die Ausgangsspannung V_{out} ist proportional zur Eingangsspannung V_{in} und unabhängig von der Last; der Ausgangsstrom I_{out} ist lastabhängig und damit nicht konstant.

Das Großsignal kann aber auch ein Strom sein. Dann sprechen wir von einem Stromverstärker bzw. von einer spannungsgesteuerten Stromquelle. Bild B in Abbildung 1 verdeutlicht den Zusammenhang. In diesem Fall steuert das Kleinsignal V_{in} das Großsignal I_{out} .

Beispiel: $V_{in} = 1 \text{ V}$, $K_i = 10 [\text{A/V}] \rightarrow I_{out} = 10 \text{ A}$. Hier ist der Ausgangsstrom I_{out} proportional zur Eingangsspannung V_{in} und unabhängig von der Last; die Ausgangsspannung U_{out} ist nicht konstant.

Die Modelle der HUBERT A1110-X-XE Verstärkerfamilie können als spannungsgesteuerte Spannungsquelle (VC-Mode) oder spannungsgesteuerte Stromquelle (CC-Mode) betrieben werden. Wir nennen die unterschiedlichen Betriebsarten kurz Spannungsverstärker und Stromverstärker.

Je nach Anwendungsfall ist es optimaler einen Spannungsverstärker oder einen Stromverstärker einzusetzen.

Spannungsverstärker vs. Stromverstärker

Spannungsverstärker

Die Ausgangsspannung eines Spannungsverstärkers ist aufgrund seiner Konstruktion weitestgehend von der angeschlossenen Last unabhängig. Er ist sehr flexibel und einfach zu betreiben.

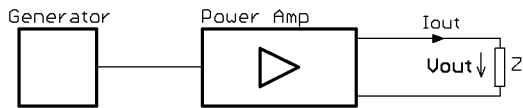


Abbildung 2: Power Amp Setup

Die Abbildung 2 zeigt eine typische Anwendung des Leistungsverstärkers. Eine Signalquelle (Generator) ist mit dem Eingang des Verstärkers verbunden. An seinem Ausgang ist eine Last Z angeschlossen.

Bei resistiven Lasten ($Z = R$) ist der Ausgangsstrom zu der Ausgangsspannung und damit auch der Eingangsspannung proportional. Durch diesen Zusammenhang lässt sich ein gewünschter Strom durch die Last mit einer entsprechenden Eingangsspannung einstellen.

$$I_{out} = U_{out}/R = k \cdot V_{in}/R$$

Für diese Aufgabe ist der Spannungsverstärker bestens geeignet.

Im Fall einer resistiv-induktiven Last $Z = R + j\omega L$ ist Z und damit I_{out} frequenzabhängig. Der Strom nimmt mit zunehmender Signalfrequenz bei konstanter Ausgangsspannung ab. Die Proportionalität von Ausgangsstrom und Ausgangsspannung ist frequenzabhängig.

Stromverstärker

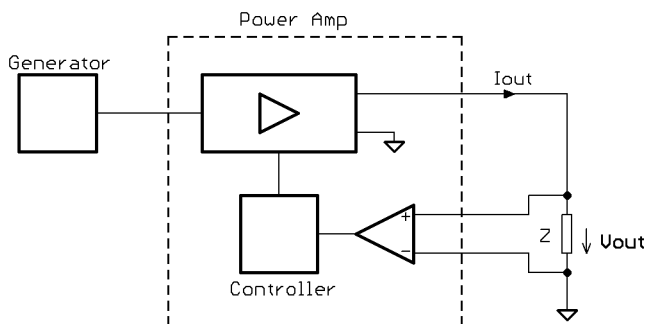


Abbildung 3: Current Controlled Power Amp

Die Abbildung 3 skizziert den prinzipiellen Aufbau mit einem Stromverstärker.

Der Regler (Controller) erhöht bei steigender Impedanz die Ausgangsspannung U_{out} (oder umgekehrt) und sorgt somit für einen konstanten, weitestgehend frequenzunabhängigen Strom I_{out} . Da in dieser Betriebsart die Last einen integralen Teil der Regelung darstellt, muss der Verstärker aus Stabilitätsgründen mit einem der Last angepassten RC-Netzwerk kompensiert werden. Der Stromverstärker ist für den stabilen Betrieb, mit möglichst hoher Bandbreite, an einer Last optimiert und daher ein „Spezialist“.

Die Inbetriebnahme erfordert immer eine angeschlossene Last. Ohne geschlossenen Stromkreis würde kein Strom fließen. Der Regler reagiert und möchte die Ausgangsspannung unendlich bzw. bis an die Grenze der Betriebsspannung erhöhen. Dieser Zustand ist für den Betrieb des Verstärkers unzulässig (Schutzschaltung wird aktiviert) und kann für den Anwender eine potentielle Gefahr bei Berührung der Ausgangsklemmen darstellen. Hier ist erhöhte Sorgfalt geboten!

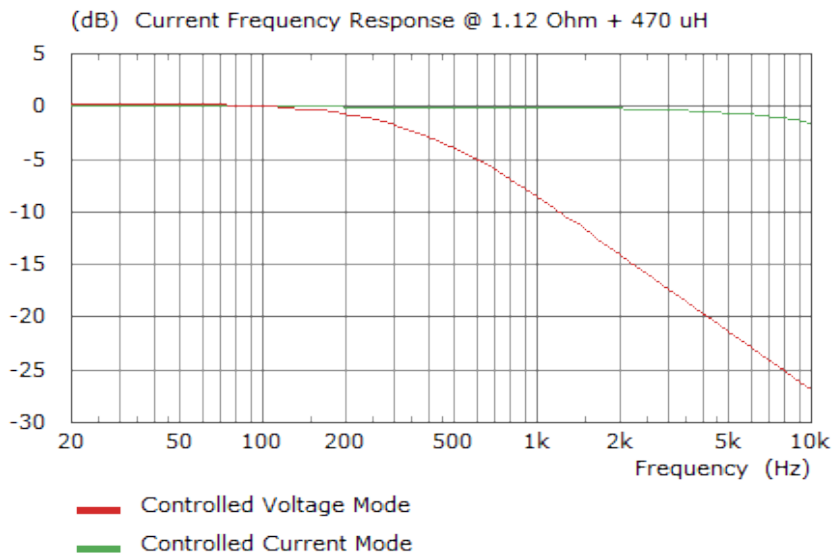


Abbildung 4: Current Frequency Response at different Operation Modes

In der Abbildung 4 ist der Frequenzgang des Stromes durch die komplexe Last $Z = 1,12 R + j\omega 470 \mu H$ dargestellt.

Mit dem Spannungsverstärker (Controlled Voltage Mode) fällt die Amplitude schon bei ca. 450 Hz (-3dB) deutlich ab. Hingegen ermöglicht der optimierte Stromverstärker (Controlled Current Mode) einen nahezu geraden Frequenzgang bis 10 kHz.

Der Ausgangsstrom ist der Eingangsspannung bis 10 kHz proportional.

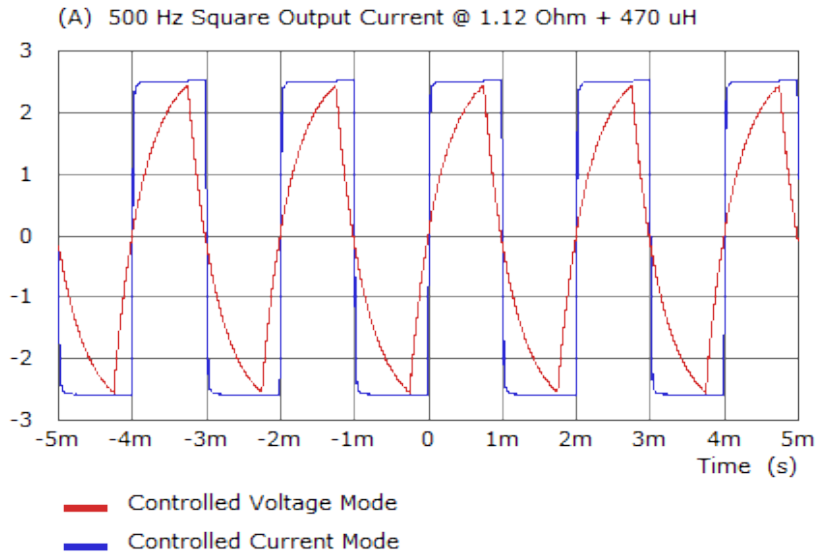


Abbildung 5: Current Step Response at Different Operation Modes

Die Sprungantworten des Stroms in Abbildung 5 zeigen beim Stromverstärker keine Überschinger und verdeutlichen sein stabiles Regelverhalten.

Bei den A1110-X-XE Familie können sechs RC-Netzwerke für sechs verschiedene induktive Lasten konfiguriert werden (siehe Tabelle 1), und per PC-Software komfortabel mit Hilfe einer grafischen Bedienoberfläche ausgewählt werden.

Ab Werk sind die folgenden Netzwerke bestückt:

| No | Load | Rc | Cc | Current Range |
|----|------------------|----------|--------|---------------|
| 1 | 1 Ohm + 500 uH | 100 kOhm | 10 nF | high |
| 2 | 0,1 Ohm + 200 uH | 68 kOhm | 4,7 nF | high |
| 3 | 1 Ohm + 1mH | 150 kOhm | 22 nF | high |
| 4 | 4 Ohm + 1,8 mH | 200 kOhm | 1 nF | high |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |

Tabelle 1: Available Compensation Networks

Gerne sind wir Ihnen bei der Realisierung eines geeigneten Netzwerkes für Ihre spezielle Applikation behilflich.

Zusammenfassung

Ob ein Spannungsverstärker oder ein Stromverstärker vorzugsweise zum Einsatz kommt, ist eine Frage der Last. Bei resistiven Lasten ist der Spannungsverstärker die erste Wahl. Der Stromverstärker ist im Falle induktiver Lasten in Verbindung mit Sinussignalen in Betracht zu ziehen.

Die A1110-X-XE Verstärkerfamilie ist für beide Einsätze vorbereitet.

Bei der Entscheidungsfindung sind wir Ihnen gerne behilflich.



Dr. Hubert GmbH
Universitätsstraße 142
44799 BOCHUM
GERMANY
Tel. +49 234 970569-0
Fax. +49 234 970569-29
sales@drhubert.de
www.drhubert.de