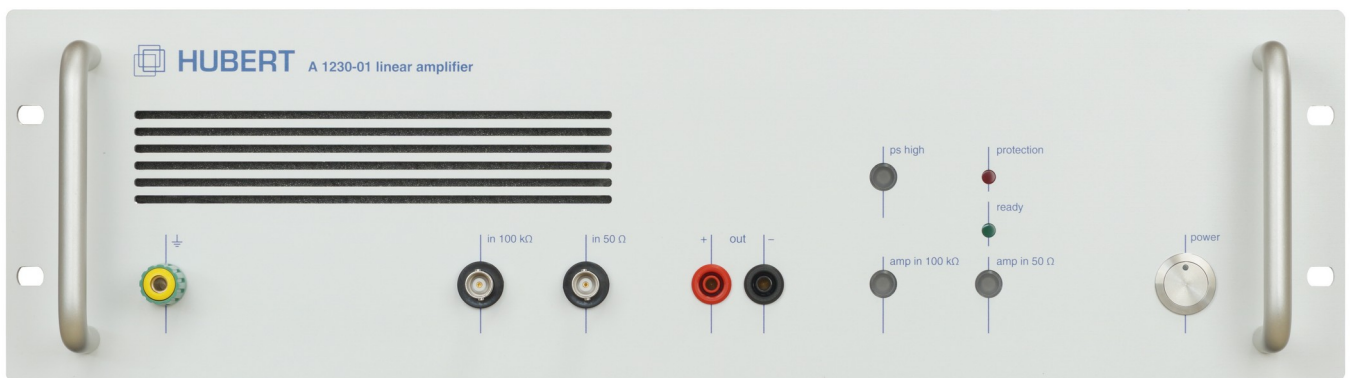


Betriebsanleitung



A1230-01

4-Quadranten Spannungsverstärker



Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| 1 Einführung..... | 3 |
| 1.1 Produktbeschreibung..... | 3 |
| 1.2 Mitgeliefertes Zubehör..... | 3 |
| 2 Sicherheitshinweise..... | 4 |
| 2.1 Verwendete Symbole und Schreibweisen..... | 4 |
| 2.2 Allgemeine Sicherheitshinweise..... | 5 |
| 2.3 Bestimmungsgemäße Verwendung..... | 6 |
| 2.4 Anwender..... | 7 |
| 3 Bedienelemente..... | 8 |
| 3.1 Die Elemente der Frontseite..... | 8 |
| 3.2 Die Elemente der Rückseite..... | 10 |
| 4 Hinweise zur Bedienung..... | 11 |
| 4.1 Allgemeines..... | 11 |
| 4.2 Betriebsspannungen..... | 11 |
| 4.3 Die Signalquelle anschließen..... | 12 |
| 4.4 Die Last anschließen..... | 12 |
| 4.5 Inbetriebnahme..... | 13 |
| 4.6 Sicherheitsabschaltung..... | 13 |
| 4.7 Interlock..... | 14 |
| 4.8 Brückenbetrieb..... | 15 |
| 5 Anwendungssoftware..... | 16 |
| 5.1 Hardware- und Software-Anforderungen..... | 16 |
| 5.2 Installation der Anwendungssoftware..... | 16 |
| 5.3 Konfiguration von LAN im Measurement and Automation Explorer..... | 16 |
| 5.4 Bedienung der Software..... | 19 |
| 6 Einbindung in automatisierte Testsysteme..... | 24 |
| 6.1 Befehlsliste..... | 24 |
| 6.2 Beispiel Befehle..... | 26 |
| 6.3 Fehler-Codes..... | 26 |
| 6.4 Verwendung der LAN Schnittstelle..... | 26 |
| 7 Wartung, Support und Service..... | 27 |
| 7.1 Wartung und Kalibrierung..... | 27 |
| 7.2 Reinigung..... | 27 |
| 7.3 Herstellersupport..... | 27 |
| 8 Außerbetriebnahme und Entsorgung..... | 28 |
| 8.1 Außerbetriebnahme..... | 28 |
| 8.2 Entsorgung..... | 28 |
| 9 Garantie und Haftungsausschluss..... | 28 |
| 10 Richtlinien..... | 28 |
| 11 Kontakt..... | 29 |
| 12 Dokumentenhistorie..... | 30 |



1 Einführung

1.1 Produktbeschreibung

Der A1230-01 ist ein linearer, extrem breitbandiger Präzisions-Leistungsverstärker. Er ist prädestiniert für alle Anwendungen, die schnell veränderliche Signale an beliebigen ohmschen und komplexen Lasten benötigen.

Der A1230-01 besitzt zwei addierbare Eingänge mit 50 Ω und 100 k Ω Eingangswiderstand; der 50 Ω Eingang macht ihn zum idealen „Nachbrenner“ für handelsübliche Funktionsgeneratoren.

Ein schaltbarer Slew-Rate-Limiter ermöglicht die Wahl zwischen maximalen Anstiegszeit und damit Leistungsbandbreite oder sauberen Rechteckverhalten.

Es stehen zwei wählbare Betriebsspannungen für Hoch-Volt / Niedrig-Strom oder Niedrig-Volt / Hoch-Strom Anwendungen zur Verfügung. Speziell bei sehr niederohmigen Lasten führt die Wahl der niedrigen Betriebsspannung zu einer erheblichen Reduktion der Verlustleistung und einem höheren Ausgangsstrom. Werden höhere Ausgangsspannungen benötigt, so ermöglicht der Vorverstärker-Ausgang (Bridge out) einen einfachen Aufbau von einer Brückenschaltung mit einem zweiten A1230-01 zur Verdopplung der Ausgangsspannung.

Das Gerät ist mit einem leisen, temperaturgeregelten Lüfter ausgestattet. Neben einer Über-temperaturabschaltung sorgt eine temperaturabhängige Verlustleistungsberechnung und eine schnelle Stromüberwachung für perfekten Kurzschluss- und Überlastungsschutz.

Die Bedienung erfolgt über die Bedienelemente auf der Frontplatte des Verstärkers. Zur Fernsteuerung stehen eine USB- und LAN-Schnittstelle zur Verfügung. Die Befehle sind durch ein einfaches Byte-Protokoll programmierbar.

Werden höhere Ausgangsspannungen oder höhere Ausgangsströme benötigt, so sind Konfigurationen mit Reihen- oder Parallelschaltungen mehrerer A1230-01 möglich.

| HINWEIS | |
|--|--|
| Lesen Sie immer auch das beigelegte Datenblatt | |
| Das separate Datenblatt ist Teil dieser Betriebsanleitung und muss ebenfalls gelesen und verstanden werden. Gerätespezifische Änderungen auf Kundenwunsch finden Sie ausschließlich im Datenblatt! Das Datenblatt gehört zum Lieferumfang des Geräts und kann auf unserer Website www.drhubert.de heruntergeladen werden. | |

1.2 Mitgeliefertes Zubehör



- Netzleitung
- USB-Leitung
- USB-Speicherstick mit
 - Diese Betriebsanleitung
 - Datenblatt
 - Anwendungssoftware A1230-Control







2 Sicherheitshinweise

2.1 Verwendete Symbole und Schreibweisen

2.1.1 Gefahrenklassen

|  | GEFAHR |  |
|---|---------------|---|
| Art und Quelle der Gefahr | | |
| Weist auf eine unmittelbar gefährliche Situation hin, die zum Tod oder zu schweren Verletzungen führt, wenn sie nicht vermieden wird. | | |

|  | WARNUNG |  |
|--|----------------|---|
| Art und Quelle der Gefahr | | |
| Weist auf eine möglicherweise gefährliche Situation hin, die zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen kann, wenn sie nicht vermieden wird. | | |

|  | VORSICHT |  |
|--|-----------------|---|
| Art und Quelle der Gefahr | | |
| Weist auf eine potenziell gefährliche Situation hin, die zu leichten oder mittelschweren Verletzungen oder Sachschäden führen kann, wenn sie nicht vermieden wird. | | |

|  | HINWEIS |  |
|--|----------------|---|
| Art und Quelle der Information | | |
| Weist auf wichtige Informationen über das Produkt oder Handlungsweisen hin, die für die korrekte Funktion des Gerätes beachten werden sollten. | | |

2.1.2 Benutzte Warnsymbole



Warnung vor einer gefährlichen Spannung



Warnung vor allgemeiner Gefahr



Beschreibung, was getan werden sollte oder was zu beachten ist

Die für das Gerät relevanten Warnsymbole befinden sich auf dem Typenschild auf der Geräterückseite.



2.2 Allgemeine Sicherheitshinweise

Die folgenden allgemeinen Sicherheitshinweise müssen während der Benutzung der Geräte unbedingt beachtet werden. Das Nichtbefolgen dieser Hinweise oder besonderer Warnungen in dieser Anleitung verletzt Sicherheitsnormen auf den für dieses Gerät vorgesehenen Anwendungsgebieten.

Es wird keine Verantwortung übernommen für Folgen, die aus der Nichtbeachtung der Hinweise und Warnungen entstehen.

GEFAHR

Elektrische Spannung - Gefahr eines elektrischen Schlags

Spannungsführende Teile:
Decken Sie die zwangsläufig beim Betrieb entstehenden spannungsführenden Teile immer ab.

Berührung von Kabeln, Buchsen und Steckern:
Berühren Sie niemals Kontakte von Kabeln, Buchsen oder Steckern direkt nach dem Abziehen, da die Gefahr eines Stromschlags besteht.

Berührung von Verstärkerausgängen und PE:
Bei gleichzeitiger Berührung von einem Verstärkerausgang und PE kann es zu einem lebensgefährlichen Stromschlag kommen.

Erden Sie das Gerät:
Das Gerät erfüllt die Anforderungen der Schutzklasse I. Zur Vermeidung von Stromschlägen muss das Gerätegehäuse geerdet sein und daher das Gerät immer über die mitgelieferte dreiadrigte Netzleitung mit Schutzleiter betreiben werden. Die Netzleitung darf nur in eine geerdete Steckdose mit Schutzleiterkontakt gesteckt werden. Eine Unterbrechung des Schutzleiters innerhalb oder außerhalb des Geräts reduziert die Sicherheit des Geräts und ist daher verboten.

Beachten Sie zur Vermeidung von Unfällen immer die fünf Sicherheitsregeln:

1. Freischalten (das allpolige und allseitige Trennen von spannungsführenden Teilen)
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
3. Spannungsfreiheit feststellen
4. Erden und Kurzschließen
5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

Öffnen Sie das Gehäuse nicht:
Die Abdeckungen dürfen nicht vom Bedienpersonal entfernt werden. Wartungs- und Reparaturarbeiten sind ausschließlich qualifiziertem Servicepersonal vorbehalten.



VORSICHT



Wichtige Hinweise

Das Gerät ist ausschließlich seiner Bestimmung gemäß zu verwenden.

Das Gerät ist nur für den Betrieb innerhalb der auf dem Typenschild angegebenen Anschlusswerte zugelassen.

Führen Sie keine mechanischen Teile, insbesondere aus Metall, durch die Lüftungsschlitze in das Gerät ein.

Schützen Sie das Gerät vor Nässe, Feuchtigkeit und Kondensation. Vermeiden Sie die Verwendung von Flüssigkeiten in der Nähe des Geräts.

Schließen Sie Verbraucher niemals bei eingeschalteten Verstärkerausgängen an.

Betreiben Sie das Gerät ausschließlich am öffentlich Stromnetz (keine Generatoren/USV).

Um Sach- und Personenschäden zu vermeiden, achten Sie darauf, dass die in dem Betrieb eingesetzten Geräte und Bauteile nicht überlastet werden. Lesen Sie alle Bedienungsanleitungen der eingesetzten Geräte gründlich durch und stellen sicher, dass alle definierten Gerätegrenzen eingehalten werden. Sollten Zweifel an der Tauglichkeit der Geräte für den angedachten Betrieb auftreten, wenden Sie sich an den Hersteller des Gerätes.

2.3 Bestimmungsgemäße Verwendung

2.3.1 Hardware

Das Gerät ist ausschließlich für den Gebrauch als NF-Leistungsverstärker bestimmt. Typisches Anwendungsgebiete ist der Betrieb als Spannungsverstärker an passiven Lasten. Aktive Lasten sind nur unter bestimmten Bedingungen in Absprache mit dem Hersteller zulässig.



VORSICHT



Betrieb an aktiven Lasten

Aktive Lasten sind nur unter bestimmten Bedingungen in Absprache mit dem Hersteller zulässig.

Das Gerät darf nur innerhalb der technischen Daten betrieben werden.

Änderungen am Gerät sind ohne Einwilligung und Freigabe des Herstellers nicht erlaubt. Diese Dokumentation ist Bestandteil des Gerätes und muss ständig verfügbar sein. Beachten Sie alle Sicherheitsbestimmungen, die in dieser Dokumentation aufgeführt sind.



VORSICHT



Die bestimmungswidrige Verwendung führt zum Ausschluss jeglicher Haftungsansprüche.

Für alle Schäden durch nicht bestimmungsgemäße Verwendung haftet allein der Betreiber.

2.3.2 Software

„HUBERT A1230 Control“ ist ein Computerprogramm, welches entwickelt wurde, um HUBERT Leistungsverstärker fernzusteuern und zu konfigurieren. Berücksichtigen Sie die in dieser Anleitung angegebenen Daten und beschriebenen Einsatzfälle. Änderungen am Programm sind ohne Einwilligung und Freigabe des Herstellers nicht erlaubt. Der einwandfreie und sichere Betrieb der Software setzt eine sachgemäße Installation und sorgfältige Bedienung voraus.





Diese Dokumentation ist Bestandteil der Software und muss ständig verfügbar sein. Beachten Sie alle Sicherheitsbestimmungen, die in dieser Dokumentation aufgeführt sind.

2.4 Anwender

Die Bedienung darf nur von qualifizierten Personen vorgenommen werden.

|  | VORSICHT |  |
|---|-----------------|---|
| Lesen und Verstehen der Betriebsanleitung | | |
| Benutzen Sie niemals das Gerät, ohne die Betriebsanleitung gelesen und verstanden zu haben. Wenden Sie sich bei Fragen oder Unklarheiten immer an den Hersteller. | | |

Qualifizierte Personen im Sinne der sicherheitstechnischen Hinweise dieser Dokumentation sind solche, die die Berechtigung haben, Systeme gemäß den Standards der Sicherheitstechnik in Betrieb zu nehmen und zu bedienen (Elektrofachkraft).

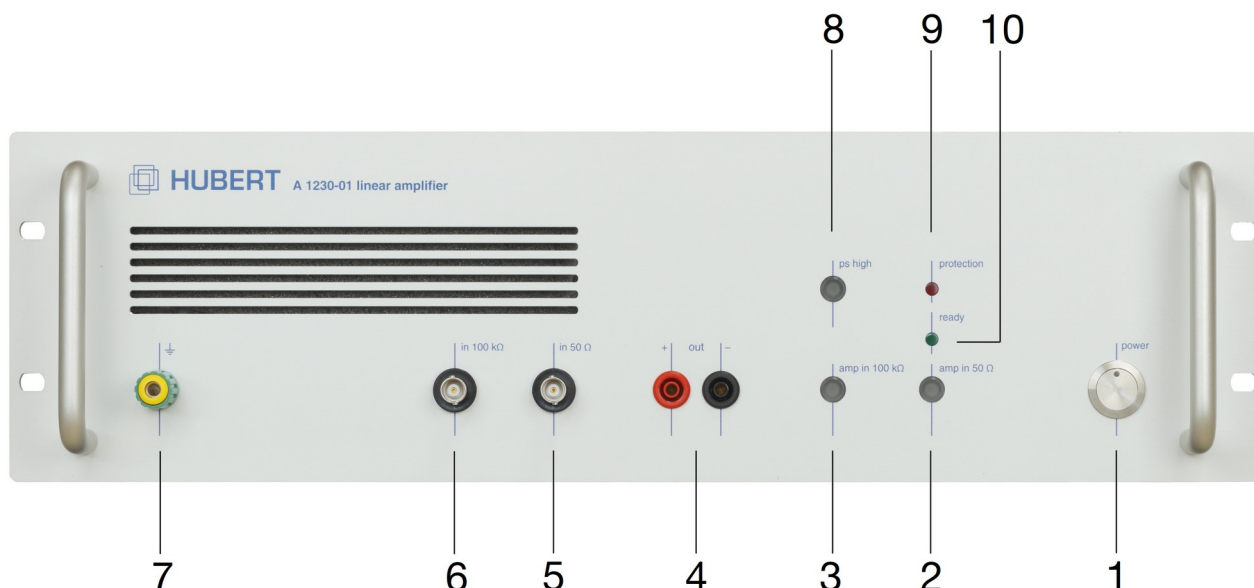
|  | GEFAHR |  |
|--|---------------|---|
| Verletzungsgefahr bei unzureichender Qualifikation | | |
| Unsachgemäßes Arbeiten kann zu Personen- und Sachschäden führen. Jegliche Tätigkeiten dürfen nur von Personen ausgeführt werden, die die erforderliche Ausbildung, das notwendige Wissen und die Erfahrung dafür besitzen. | | |

amp up your process



3 Bedienelemente

3.1 Die Elemente der Frontseite



[1] POWER TASTER

Ein / Aus-Schalter

(Hier erfolgt die Umschaltung betriebsbereit / Standby. Der Standby- Modus wird durch die schwach leuchtende, blaue LED signalisiert. Die Netztrennung erfolgt mit dem Schalter auf der Rückseite.)

[2] AMP IN 50 Ω TASTER

OFF: 50 Ω Eingang ist abgeschaltet

ON: 50 Ω Eingang ist eingeschaltet

[3] AMP IN 100 KΩ TASTER

OFF: 100 kΩ Eingang ist abgeschaltet

ON: 100 kΩ Eingang ist eingeschaltet

[4] OUT+ / OUT-

4 mm Sicherheitsbuchsen, Verstärker-Ausgang

Bezugspotential (Minus-Buchse) ist über 1 MΩ mit Schutzleiter verbunden.

[5] IN 50 Ω

50 Ω Signaleingang; Isolierte BNC-Buchse

Bezugspotential ist über 1 MΩ mit Schutzleiter verbunden.

amp up your process



[6] IN 100 K Ω

100 k Ω Signaleingang; Isolierte BNC-Buchse
Bezugspotential ist über 1 M Ω mit Schutzleiter verbunden.

[7] ERDBUCHSE

Anschluss an das Schutzleiterpotential (Netzbuchse).

[8] POWER SUPPLY HIGH / LOW TASTER

Betriebsspannungsumschaltung

| | |
|----------------|--|
| HIGH (LED an): | Hohe Betriebsspannung (ca. ± 90 V) |
| LOW (LED aus): | Niedrige Betriebsspannung (ca. ± 45 V); empfohlen bei niederohmigen Lasten |

[9] PROTECTION LED

Rot: Signalisiert das Eingreifen eines Schutzmechanismus

Rote LED leuchtet dauernd: Übertemperaturabschaltung; das Gerät schaltet automatisch auf READY nach Absinken der Temperatur.

Rote LED blinkt langsam ($\approx 1/s$): Abschaltung wegen Überschreiten der zulässigen Verlustleistung bzw. Stromes. Der Verstärker schaltet bis zu fünf mal nach ca. 10 s automatisch auf READY.

Rote LED blinkt schnell ($\approx 3/s$): Hardware defekt. Das Gerät muss an den Hersteller geschickt werden

[10] READY

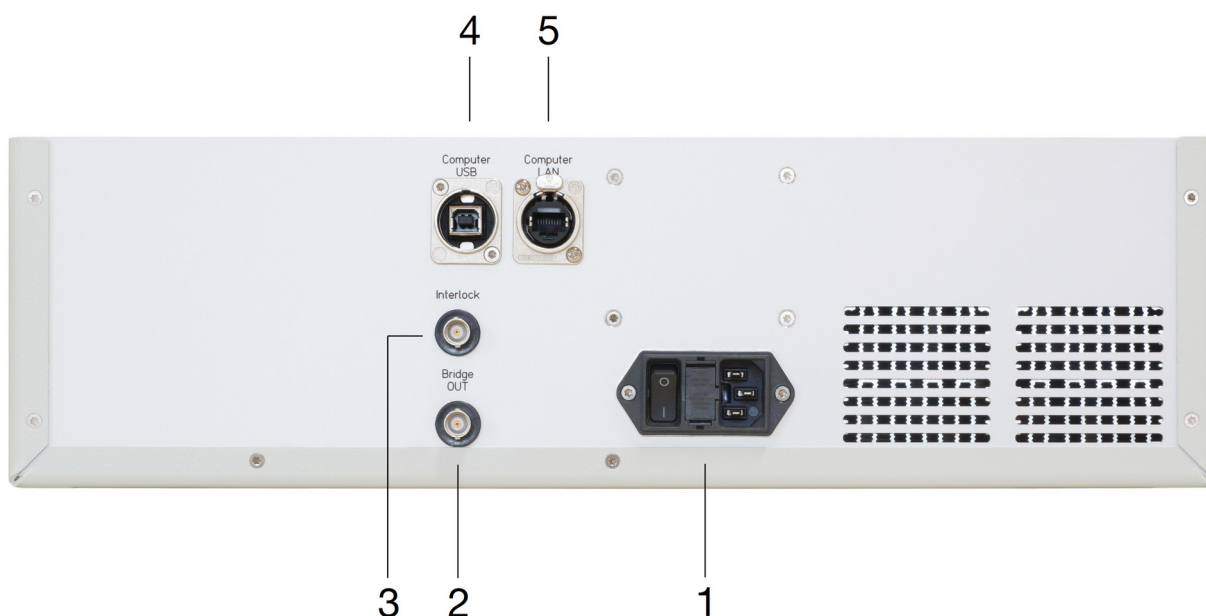
Grün: Zeigt Betriebsbereitschaft an

Grüne LED leuchtet dauernd: Verstärker betriebsbereit (READY)

Grüne LED blinkt langsam ($\approx 1/s$): Ausgangsrelais ist abgeschaltet



3.2 Die Elemente der Rückseite



- [1] **KALTGERÄTESTECKER MIT NETZSCHALTER UND SICHERUNGSHALTER**
Sicherung 4AT (5x20 mm)
- [2] **BRIDGE OUT BNC BUCHSE**
Invertierter Vorverstärkerausgang zum einfachen Aufbau von Brückenschaltungen.
- [3] **INTERLOCK**
BNC Buchse für die Interlock-Verbindung.
- [4] **COMPUTER USB**
USB-Buchse zum Anschluss an einen Rechner (emulierter COM-Port)
- [5] **COMPUTER LAN**
RJ45-Buchse zum Anschluss an einen Computer (Ethernet)



4 Hinweise zur Bedienung

4.1 Allgemeines

Sorgen Sie für ausreichend Platz hinter und vor dem Verstärker, damit Luft ungehindert durch das Gerät zirkulieren kann. Kühle Luft wird durch die Schlitze an der linken und rechten Seite der Frontplatte angesaugt. Verbinden Sie den Verstärker erst mit dem Netzanschluss nachdem Ein- und Ausgang verkabelt sind. Gönnen Sie dem Verstärker nach dem Einschalten eine Warmlaufphase von 15 Minuten zur Stabilisierung seiner Arbeitspunkte.

4.2 Betriebsspannungen

Bevor es mit dem „Verstärken“ losgeht, sind einige Überlegungen zur Wahl der Betriebsspannung für einen effektiven und sicheren Betrieb des A1230 empfehlenswert (siehe auch White Paper No.1: Hubert Leistungsverstärker).

Die Verstärker kennen zwei Betriebsspannungen:

- hohe Betriebsspannung (ca. ± 90 V) für hohe Ausgangsspannungen und niedrige Lastströme
- niedrige Betriebsspannung (ca. ± 45 V) für niedrige Ausgangsspannungen und hohe Lastströme

Um die Verlustleistung des Verstärkers gering zu halten, sollte die Betriebsspannung immer entsprechend der Last gewählt werden.

Beispiel:

Der Laststrom I_L soll $2 A_{DC}$ betragen.

Last 1: $R_L = 25 \Omega$

Für $I_L = 2 A_{DC}$ wird eine Ausgangsspannung $U_A = 50 V_{DC}$ benötigt ($U_A = I_L \cdot R_L$). Die Verlustleistung P_V an der Endstufe ergibt sich aus dem Spannungsabfall an der Endstufe multipliziert mit dem Strom durch die Endstufe:

$$P_V = (U_B - U_A) \cdot I_L = (90 V - 50 V_{DC}) \cdot 2 A_{DC} = 100 W$$

Last 2: $R_L = 5 \Omega$

Für den gleichen Laststrom $I_L = 2 A_{DC}$ wird eine Ausgangsspannung $U_A = 10 V_{DC}$ benötigt. Die Verlustleistung beträgt bei hoher Betriebsspannung somit:

$$P_V = (U_B - U_A) \cdot I_L = (90 V - 10 V_{DC}) \cdot 2 A_{DC} = 160 W$$

Wechselt man nun auf die Betriebsspannung U_{low} , ergibt sich folgendes Bild:

$$P_V = (U_B - U_A) \cdot I_L = (45 V - 10 V_{DC}) \cdot 2 A_{DC} = 70 W$$

Wie man an diesem Beispiel sieht, ist es sinnvoller den Verstärker bei niederohmigen Lasten mit niedriger Betriebsspannung zu betreiben. Bei hochohmigen Lasten ist meist ein Betrieb mit hoher Betriebsspannung ratsam, um die maximale Ausgangsspannung erreichen zu können.

Eine Abbildung mit den maximalen DC-Ausgangsspannungen und Ausgangsströmen (U-I Plot) befindet sich im Datenblatt. Für Frequenzen > 10 Hz sind die zulässigen Ausgangsströme höher, da sich hier die Belastung auf beide Endstufenseiten verteilt. Eine generelle Aussage über die



zulässigen Ströme ist jedoch sehr schwierig, da es eine große Abhängigkeit von der angeschlossenen Last gibt.

4.3 Die Signalquelle anschließen

Der A1230 verfügt über zwei unsymmetrische Signaleingänge mit BNC Anschluss und unterschiedlichen Eingangswiderständen von 50 Ω und 100 k Ω . Schließen Sie eine 50 Ω Signalquelle an (z.B. typ. Funktionsgenerator), ist die Ausgangsspannung bei beiden Eingängen gleich groß, da die Verstärkung beim 100 k Ω Eingang $v=10$ und beim 50 Ω Eingang $v=20$ beträgt und damit die Spannungshalbierung durch den Quell- und Eingangswiderstand ausgleicht. Bei kurzen Signalleitungen < 2 m ist es egal, welchen Eingang Sie wählen. Für längere Leitung ist der 50 Ω Eingang empfohlen, um Reflexionen zu vermeiden und Signaltreue zu gewährleisten. Die Quelle muss jedoch die notwendige Ausgangsleistung zur Verfügung stellen, um die 50 Ω Eingangslast treiben zu können ($3,75 \text{ V} / 50 \text{ } \Omega = 75 \text{ mA} \rightarrow 3,75 \text{ V} * 75 \text{ mA} = 281,25 \text{ mW}$).

4.4 Die Last anschließen

Der Ausgang des A1230 verfügt über 4 mm Sicherheitsbuchsen am Leistungsausgang. Denken Sie bitte auch bei der Verkabelung Ihrer Last an einen ausreichenden Berührungsschutz; es können lebensgefährliche Spannungen auftreten.

Für einen sicheren und stabilen Betrieb sollten die Kabel so kurz wie möglich und von gleicher Länge sein. Der Kabelquerschnitt sollte 1,5 mm² nicht unterschreiten.

Der A1230 ist ein schneller breitbandiger Verstärker, der schnelle Impulse mit recht hohen Stromstärken liefern kann. Bitte denken Sie daran, dass die Verkabelung einen wesentlichen Anteil zu der Induktivität Ihrer Last beitragen kann. In kritischen Fällen sollten Sie eine koaxiale Verkabelung in Erwägung ziehen.

Der A1230 ist an allen komplexen Lasten stabil. Da der Ausgangswiderstand des Verstärkers bei höheren Frequenzen induktiv wird, kann es jedoch bei reinen kapazitiven Lasten zu einem nennenswerten Überschwingen kommen. Dieses Verhalten ist kein Hinweis auf eine mögliche Instabilität des Verstärkers, sondern liegt an einem angeregten Reihen-Schwingkreis aus Ausgangs- und Leitungsinduktivität und der angeschlossenen Kapazität begründet. Eine Bedämpfung des Schwingkreises durch einen Reihenwiderstand wird in diesem Fall empfohlen.



4.5 Inbetriebnahme

Schließen Sie das Netzkabel an und schalten Sie die Netzspannung am Netzschalter ein. Der leuchtende Power Taster signalisiert **Standby** und Sie können das Gerät einschalten. Nach kurzer Zeit leuchtet **Ready** und der Verstärker ist nun betriebsbereit.

Wählen Sie die für Ihre Last passende Betriebsspannung und schließen an einen oder beiden Signaleingängen Ihre Quelle(n) an. Mit den beleuchteten 50 Ω und 100 k Ω Eingangstasten schalten Sie den jeweiligen Eingang frei und die Signalverarbeitung kann beginnen.

Starten Sie bei Bedarf die Software und stellen Sie eine Datenverbindung mit dem Verstärker her. Über die Software erhalten Sie weitere Informationen über den Betriebszustand Ihres Verstärkers. Die Software erlaubt Ihnen auch die Abschaltung des Ausgangsrelais, um den Verstärker hochohmig von Ihrer Last zu trennen.

Über die Software können Sie auch den Slew Rate Begrenzer aktivieren. Ist der Verstärker für ihr Eingangssignal schnell genug, sollten sie den Slew Rate Begrenzer deaktiviert haben, um die maximale Großsignalbandbreite zur Verfügung zu haben. Begrenzt die Slew Rate das Ausgangssignal, kann es zu deutlichen Überschwingen kommen. Dies ist z.B. bei schnellen Rechtecksignalen gegeben. Hier limitiert ein aktivierter Slew Rate Begrenzer das Ansteuersignal so, dass es zu keinen nennenswerten Überschwingungen kommt.

4.6 Sicherheitsabschaltung

Der Verstärker verfügt über ein mehrstufiges Sicherheitskonzept, welches permanent die zulässigen Grenzwerte des Verstärkers überwacht und bei einer Überschreitung den Verstärker sofort abschaltet!

| ! | HINWEIS | ! |
|--|---------|---|
| Eine Sicherheitsabschaltung ist immer ein Notfall und kein Normalfall! | | |
| Jede Abschaltung bedeutet eine Grenzüberschreitung der zulässigen Parameter und damit Stress für den Verstärker. Deshalb sollte jede Sicherheitsabschaltung vermieden werden und keinesfalls eine geplante Grenze für einen Test darstellen! | | |

Der Verstärker ist vor Übertemperatur des Kühlkörpers geschützt. Bei einer Temperatur von 75 °C schaltet der Verstärker ab und bei einer Abkühlung auf 55 °C selbsttätig wieder ein. Kommt es zu einer Übertemperaturabschaltung sollte überprüft werden, ob der Verstärker ausreichend kühlere Luft ziehen kann und ob die Lüftungsöffnungen nicht blockiert sind. Eine Übertemperatur des Transformators kommt in der Praxis eigentlich nicht vor und ist eher ein Hinweis auf einen Defekt.

Die Belastung des Verstärkers wird durch eine Messung des Versorgungsstromes jeder Endstufenseite überwacht. Bei Signalfrequenzen unterhalb von 10 Hz wird der zulässige Grenzwert halbiert, da insbesondere bei DC auch nur eine Seite der Endstufe belastet wird. Für Frequenzen oberhalb von 10 Hz teilt sich die Belastung auf beide Seiten auf, der zulässige Strom ist deshalb entsprechend höher. Neben dieser relativ langsamen Abschaltung, die durch einen Mikroprozessor durchgeführt wird, gibt es noch eine schnelle Kurzschluss-Strom-Erkennung. Bei einer Überschreitung von 7,5 A bei hoher und 15 A bei niedriger Betriebsspannung schaltet der Verstärker innerhalb von 1 μ s ab. Trotzdem kann es je nach Belastungsfall und Eingangssignal zu Stromspitzen von 80 A und mehr kommen! Wie schon



erwähnt, bedeutet dies für die Endstufe Stress. Zuviel Stress kann letztendlich zu einem Defekt führen.

Um die Wärmebelastung der Endstufe zu erfassen, wird der gemessene Versorgungsstrom mit der anliegenden Transistorspannung multipliziert. Es wird also die momentane Verlustleistung auf jeder Endstufenseite erfasst und über einen Tiefpass integriert. Dieser Leistungswert wird ebenfalls über den Mikroprozessor gemessen und abhängig von der Kühlkörpertemperatur bewertet. Es kann also durchaus vorkommen, dass eine zunächst zulässige Belastung durch die allmähliche Erwärmung des Verstärkers doch zu einer Abschaltung führt. Vorteil dieser eher aufwändigen Verlustleistungsmessung ist, dass Belastungen, die durch einen großen Phasenwinkel zwischen Ausgangsspannung und Strom entstehen, sicher erfasst und bewertet werden können.

Kommt es zu einer Abschaltung, werden alle Eingangssignale abgeschaltet und der Verstärker regelt seine Ausgangsspannung auf Null herunter. Die Endstufe ist aber immer noch niederohmig mit der Last verbunden! Dies ist eine sehr sichere Methode für fast alle passiven Lasten. Bei aktiven Lasten, wie z.B. eine Batterie, würde diese nun einen Strom zurück in den Verstärker speisen. Dies stellt eine sichere Methode dar, den Verstärker zu zerstören!

| ! | HINWEIS | ! |
|---|---------|---|
| Der Verstärker ist nur für den Anschluss von passiven Lasten ausgelegt! | | |
| Soll eine aktive Last angeschlossen werden, muss zwingend vorher ein Konzept zur sicheren Abschaltung entworfen und umgesetzt werden. Im Zweifelsfall stehen wir gerne mit Rat und Tat zur Seite. | | |

Normalerweise schaltet der Verstärker nach ca. 10 s nach einer Abschaltung wieder in den Zustand **Ready**. Wenn die Startkonfiguration entsprechend gesetzt ist, wird evtl. auch der Eingang wieder freigegeben. Um endlose Schleifen von Einschaltung und Abschaltung zu vermeiden, wird der Fehlerzustand nach sechs Abschaltungen nicht wieder verlassen. Das Gerät muss für den normalen Betrieb neu gestartet werden.

4.7 Interlock

Der Interlock wird verwendet, um extern gesteuert eine Sicherheitsabschaltung aufzubauen. Im Normalfall ist der Interlock über eine direkte Verbindung zwischen Innenleiter und Masse-Ring der BNC-Buchse kurzgeschlossen. Wird diese Verbindung geöffnet, z.B. durch einen sich öffnenden Türkontakt, schaltet der Verstärker die Eingänge direkt ab. Eine Wiedereinschaltung durch Tastendruck oder Fernsteuerbefehl wird verhindert.

Wird der Kontakt wieder geschlossen, hängt das weitere Verhalten von den Einstellungen ab. Bei *Live* kann der Eingang direkt wieder eingeschaltet werden. Bei *Latching* muss das intern gespeicherte Interlock Ereignis erst zurückgesetzt werden, bevor der Verstärkereingang wieder freigegeben werden kann. Ist die Startkonfiguration des Verstärkers so definiert, dass ein Eingang direkt eingeschaltet werden soll, findet dies auch nach einem Interlock statt.

Der Interlock Anschluss ist ab Werk abgeschaltet und muss zur Verwendung erst in der Software oder über einen Fernsteuerbefehl aktiviert werden. Die gewählte Einstellung wird im Verstärker gespeichert.

4.8 Brückenbetrieb

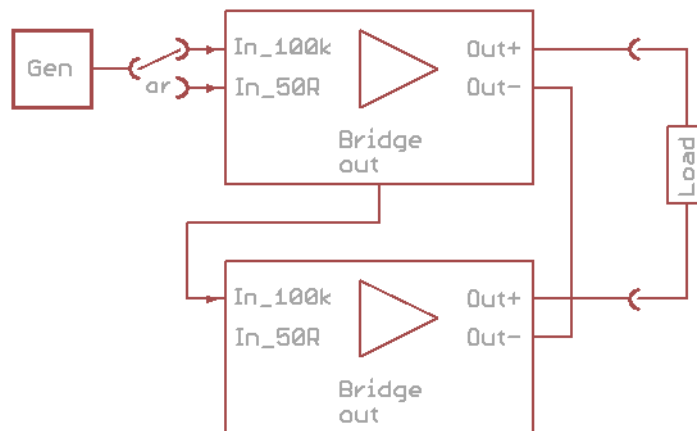


Abbildung 1: Brückenbetrieb

Sollte die Ausgangsspannung des Verstärkers nicht ausreichend sein oder benötigen Sie noch höhere Anstiegszeiten, können zwei identische Verstärker in einen Brückenbetrieb gebracht werden. Dazu wird der rückseitige „Bridge out“ Ausgang des ersten Verstärkers mit dem 100 k Ω Eingang des zweiten Verstärkers verbunden. Schalten Sie den 100 k Ω Eingang des zweiten Verstärkers ein, so können Sie über den Taster des gewählten Eingang des ersten Verstärkers das komplette Ausgangssignal steuern.

Im Brückenbetrieb liefert jeder Verstärker die Hälfte der Ausgangsspannung, da der zweite Verstärker invertiert zum Ersten angesteuert wird. Dadurch ist die Spannung an der Last nicht mehr auf das Ruhepotential bezogen! Eine direkte Messung mit z.B. einem geerdeten Oszilloskop ist nicht mehr möglich. In diesem Fall muss ein differentieller Tastkopf o.ä. verwendet werden. In vielen Fällen ist das fehlende Ruhepotential aber kein Nachteil, da die Last kein Bezugspotential verlangt (z.B. Magnetfeldspule, Ultraschallwandler etc.).



5 Anwendungssoftware

5.1 Hardware- und Software-Anforderungen

Sie benötigen zur Ausführung der Software einen Computer, der Windows 10/11 ausführt, sowie einen freien USB-Port oder eine LAN Schnittstelle.

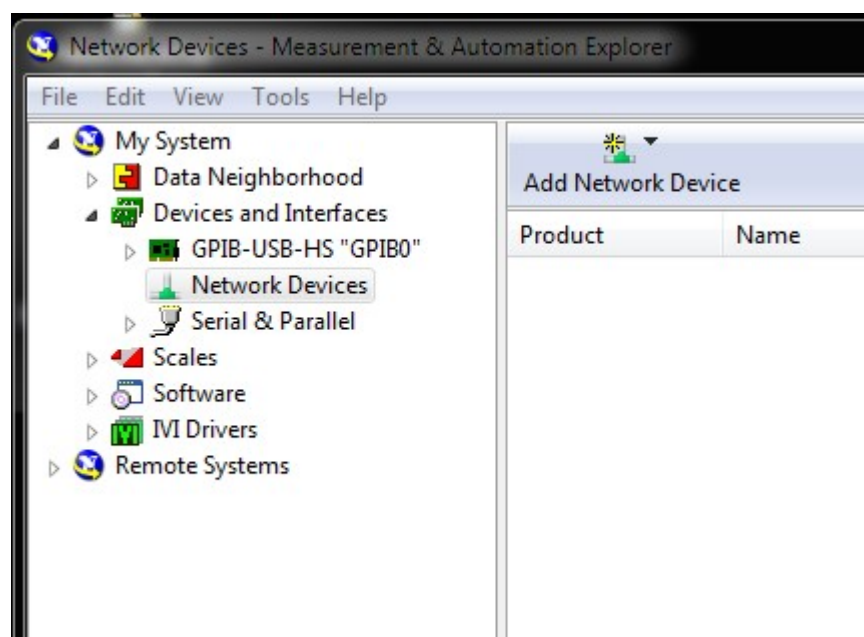
5.2 Installation der Anwendungssoftware

Schließen Sie das mitgelieferte USB-Speichermedium an Ihren Computer an. Öffnen Sie dieses Laufwerk im Explorer und klicken auf setup.exe.

- Zusätzliche Treiber und benötigte Zusatzprogramme werden im Rahmen der Installations-Routine installiert und benötigen administrative Zugriffsrechte.
- Die für das Gerät benötigten Gerätetreiber sind getestet und stellen kein Sicherheitsrisiko dar! Die evtl. von Ihrem Betriebssystem dokumentierten Sicherheitsrisiken aufgrund nicht zertifizierter Treiber können ignoriert werden.
- Folgen Sie im Weiteren den Anweisungen auf dem Bildschirm.
- Das Installationsprogramm erstellt das Verzeichnis A1230-Control, welches die Anwendungssoftware namens A1230-Control.exe beinhaltet.
- Zur Verwendung von LAN ist eine Installation der Schnittstelle als sogenanntes Raw-Device im NI Measurement and Automation Explorer erforderlich.

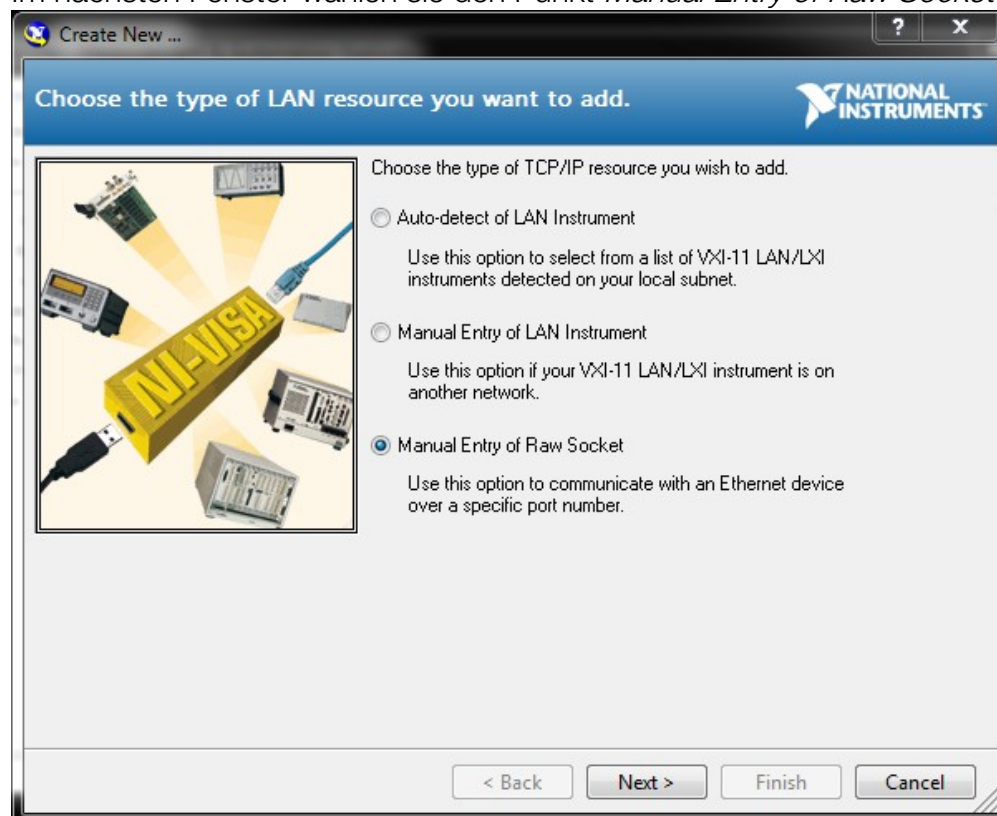
5.3 Konfiguration von LAN im Measurement and Automation Explorer

Wählen sie unter *Devices and Interfaces* den Unterpunkt *Network Devices*.

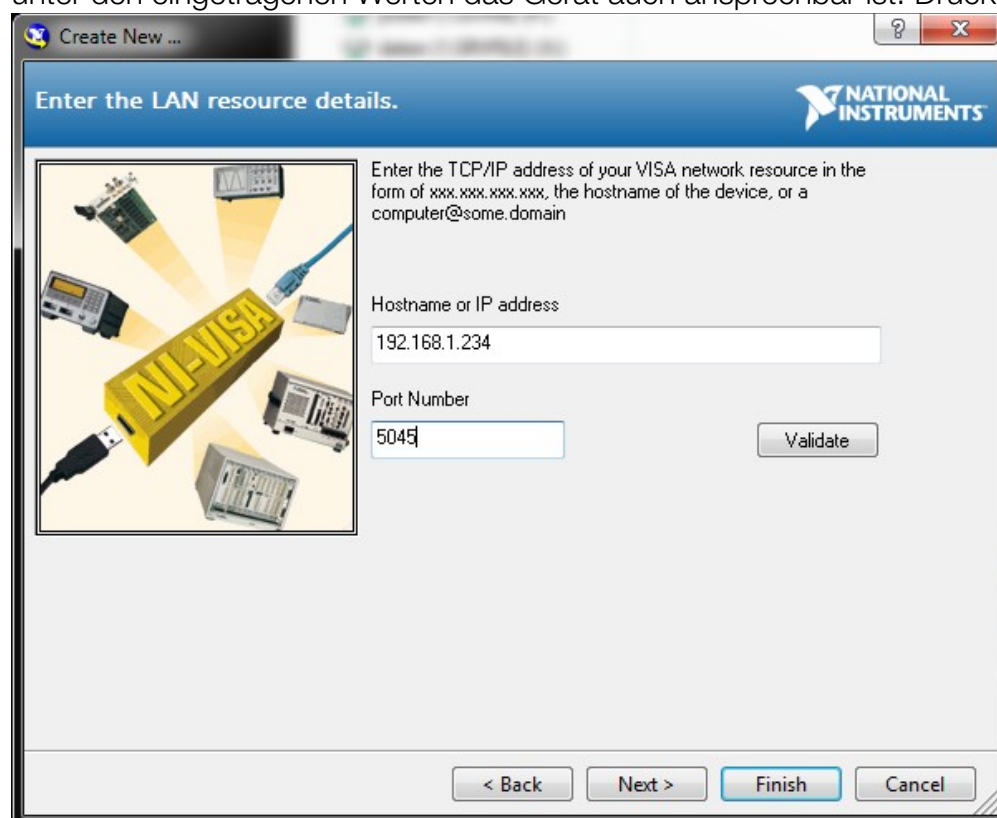




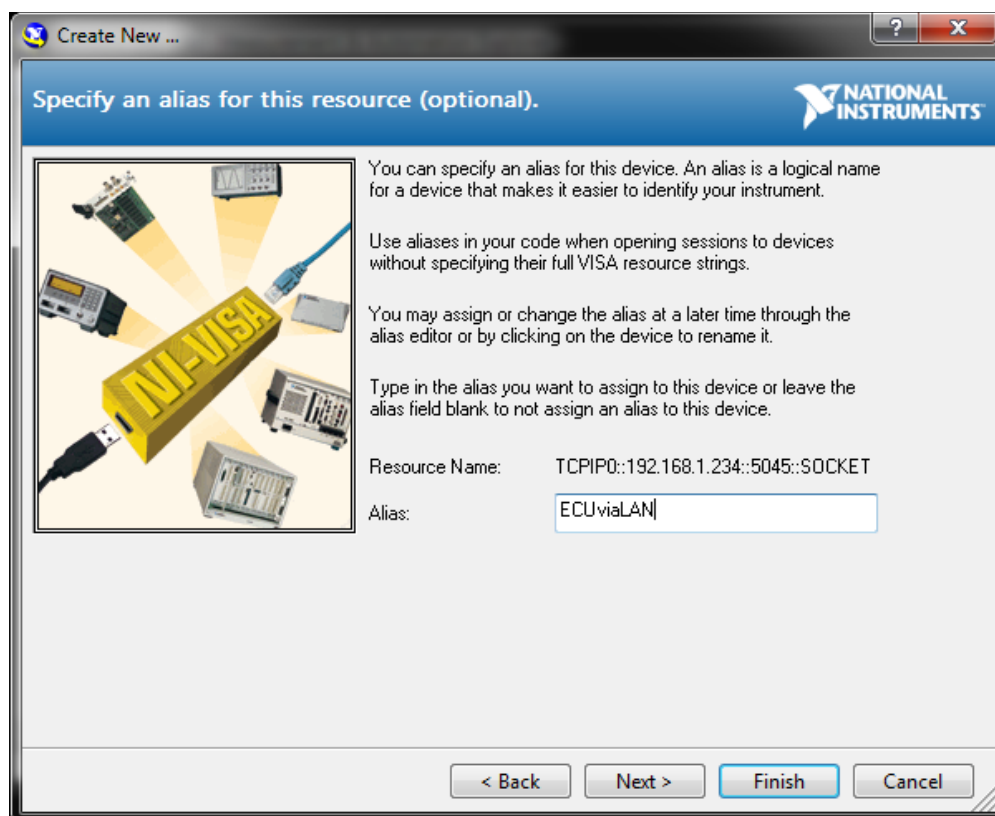
Im nächsten Fenster wählen sie den Punkt *Manual Entry of Raw Socket* an.



Geben Sie die *IP Adresse* und die *Port Nummer* ein. Unter *Validate* kann überprüft werden, ob unter den eingetragenen Werten das Gerät auch ansprechbar ist. Drücken sie *Next*.



amp up your process



Im letzten Fenster können Sie dem A1230 einen Alias geben. Dies kann hilfreich sein, das Gerät später unter VISA zuzuordnen. Drücken sie Finish, die LAN Einrichtung ist damit abgeschlossen.

Für eine Änderung der IP-Adresse oder der Port Nummer installieren Sie bitte den *Device Installer* von Lantronix <https://www.lantronix.com/products/deviceinstaller>. Achten Sie darauf nur die LAN Einstellungen nach ihren Bedürfnissen anzupassen. Verändern sie auf keinen Fall die Einstellungen der seriellen Schnittstelle (UART), da andernfalls die Kommunikation über LAN nicht mehr möglich ist!

amp up your process



5.4 Bedienung der Software

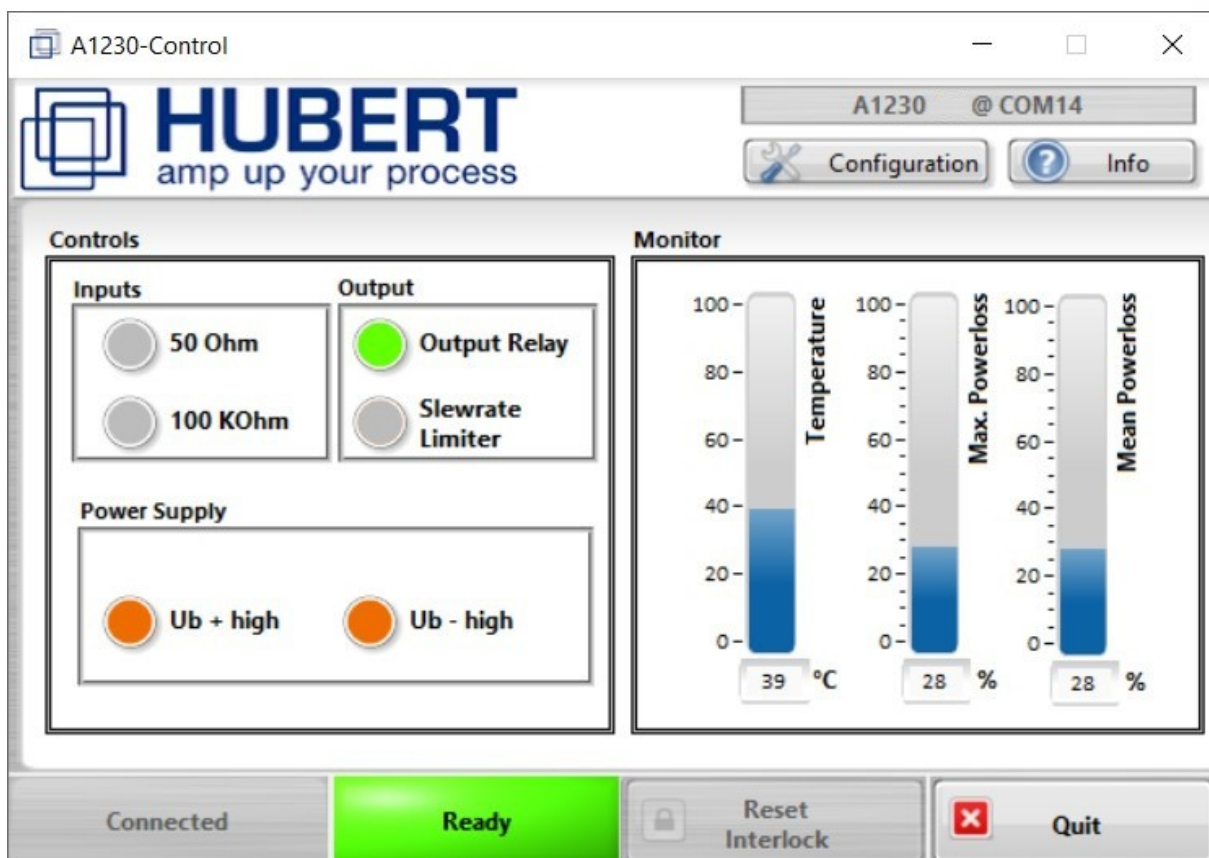


Abbildung 2: A1230-Control Hauptmenü

In der Anwendung A1230-Control finden Sie die folgenden Elemente:

[1] **CONFIGURATION**

Das Konfigurations-Menü wird aufgerufen.

Die folgenden Eigenschaften des A1230-01 können mit Hilfe des Konfigurations-Menüs (Startup Configuration) voreingestellt werden. Der Verstärker startet dann mit den eingestellten Optionen.

[2] **DEVICE**

Zeigt den Verbindungsstatus an (Name und Port), wenn ein Gerät verbunden ist.

[3] **INFO**

Hier finden Sie Information über Ihre GUI-Softwareversion, sowie der Verstärker-Firmware und der Verstärkerhardware.

[4] **TEMPERATURE**

Die Temperatur des Kühlkörpers wird in °C angezeigt. Bei 75 °C schaltet der Verstärker ab und bei 50 °C wieder ein.

[5] **MAX. POWERLOSS**



Die maximale Verlustleistung der Leistungshalbleiter wird in % angezeigt. Bei 100% schaltet der Verstärker ab. Bei Signalen mit kurzen Lastzeiten kann die maximale Verlustleistung deutlich über der gemittelten Verlustleistung liegen. Die angezeigten Werte sind mit der Kühlkörper-Temperatur bewertet und somit bei höheren Temperaturen größer.

[6] MEAN POWERLOSS

Die gemittelte Verlustleistung der Leistungshalbleiter wird in % angezeigt. Sie ist ein Maß für die längerfristige Erwärmung des Verstärkers. Bei 100% schaltet der Verstärker ab. Die angezeigten Werte sind mit der Kühlkörper-Temperatur bewertet und somit bei höheren Temperaturen größer.

[7] QUIT

Beendet die Anwendung.

[8] RESET INTERLOCK

Nur verfügbar, wenn Interlock auf „latching“ eingestellt ist. Nach einer Abschaltung muss der Interlock manuell wieder zurückgesetzt werden, erst anschließend kann der Verstärker wieder eingeschaltet werden.

[9] STATUS INDICATION

Grün, Ready:

Signalisiert die Betriebsbereitschaft des Verstärkers.

Rot, short-circuit_current exceeded:

Die Kurzschluss-Strom Abschaltung wurde aktiviert.

Rot, Current + exceeded:

Der zulässige positive Transistor-Strom wurde überschritten.

Rot, Current – exceeded:

Der zulässige negative Transistor-Strom wurde überschritten.

Rot, Power Loss + exceeded:

Der zulässige Arbeitsbereich der positiven Seite der Leistungshalbleiter wurde überschritten.

Rot, Power Loss – exceeded:

Der zulässige Arbeitsbereich der negativen Seite der Leistungshalbleiter wurde überschritten.

Rot, Temperature exceeded:

Die zulässige Temperatur des Kühlkörpers wurde überschritten.

Rot, Transformer temperature exceeded:

Die zulässige Temperatur des Netztransformators wurde überschritten.

Rot, Hardware Error:

Es wurde ein Verstärkerfehler detektiert.

[10] CONNECT

Auswahl und Aktivierung der Geräteschnittstelle.



[11] POWER SUPPLY

Auswahl der Betriebsspannung des Verstärkers.

| Betriebsspannung | ps high |
|------------------|---------|
| ca. +/-45 V | Aus |
| ca. +/-90 V | An |

[12] INPUTS 50 OHM / 100 KOHM

Die Signaleingänge des Verstärkers können durch Anklicken der entsprechenden Box ein- und ausgeschaltet werden.

[13] OUTPUT RELAY

Der Signalausgang des Verstärkers kann durch Anklicken der entsprechenden Box ein- und ausgeschaltet werden.

[14] SLEW RATE LIMITER

Der Slew Rate Limiter kann durch Anklicken der entsprechenden Box ein- und ausgeschaltet werden.

5.4.1 Connect-Menü

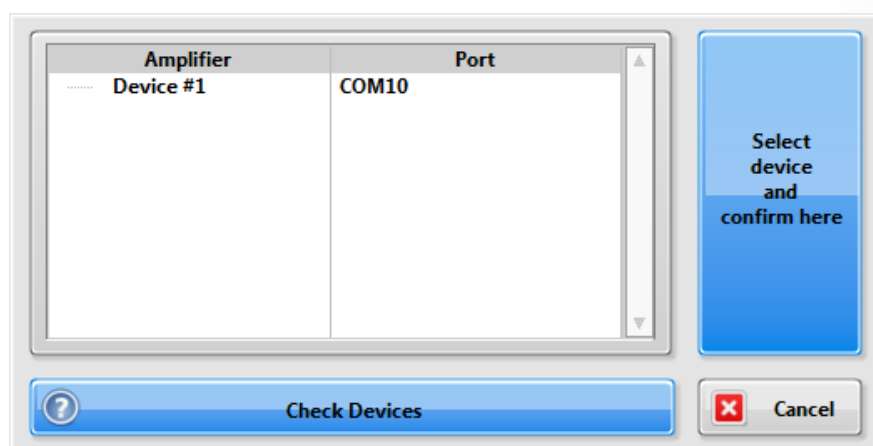


Abbildung 3: Connect-Menü

Die zur Verfügung stehenden Verstärker werden mit entsprechendem Port aufgelistet. Eine Verbindung wird nach Geräte-Selektion und Bestätigen über **Confirm here** aufgebaut.

Der Gerätenamen kann durch Doppelklick auf einen Listeneintrag frei gewählt werden (bitte Tooltip beachten). Mit Hilfe von **Check Devices** kann man erneut nach angeschlossenen Geräten suchen. Dies ist z.B. notwendig, wenn der Verstärker nach dem Programm gestartet wurde.

5.4.2 Konfigurations-Menü

Die folgenden Eigenschaften des A1230-01 können mit Hilfe des Konfigurations-Menüs (Startup Configuration) voreingestellt werden. Der Verstärker startet dann mit den eingestellten Optionen.

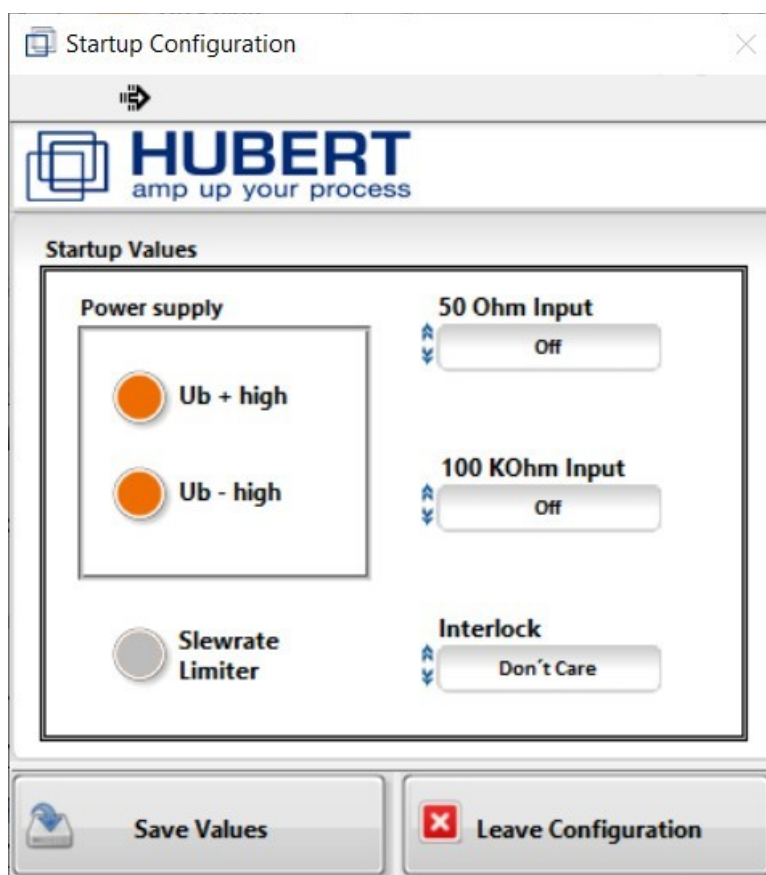


Abbildung 4: Startup Configuration

[1] POWER SUPPLY

Auswahl der Betriebsspannung des Verstärkers. Die Betriebsspannung kann per Schnittstelle über den Befehlssatz geändert werden, auch unsymmetrische Zustände sind möglich.

[2] 50 OHM INPUT

Auswahl des Zustandes des 50 Ω Eingangs.

[3] 100 KOHM INPUT

Auswahl des Zustandes des 100 k Ω Eingangs.

[4] INTERLOCK

Auswahl des Interlock-Modus.

LATCHING: Nach einem Interlock muss der Verriegelungszustand durch einen Fernbefehl zurückgesetzt werden, bevor der Verstärker wieder durchgeschaltet werden kann.

LIVE: Der Verstärker kann unmittelbar nach Beendigung des Verriegelungszustandes wieder durchgeschaltet werden.

OFF: Die Verriegelung ist deaktiviert (Voreinstellung)



[5] **SLEW RATE LIMITER**

Auswahl des Zustandes des Slew Rate Limiters.

[6] **SAVE VALUES**

Die Konfigurationsdaten werden als Startwerte im Verstärker gespeichert.

[7] **LEAVE CONFIGURATION**

Verlassen des Konfigurations-Menüs und Rückkehr zum Control-Menü.



6 Einbindung in automatisierte Testsysteme

Zur Einbindung in automatisierte Testsysteme werden im folgenden die Befehle der USB-Schnittstelle beschrieben. Die USB-Schnittstelle ist als virtueller COM-PORT mit 9600 Baud, 8 Datenbits, 1 Stoppbit und ohne Parity installiert.

Die LAN Schnittstelle ist ab Werk unter der festen IP Adresse 192.168.1.234 mit Port 5045 erreichbar. Für eine Änderung der IP-Adresse oder der Port Nummer installieren Sie bitte den *Device Installer* von Lantronix. Achten Sie darauf nur die LAN Einstellungen nach ihren Bedürfnissen anzupassen. Verändern sie auf keinen Fall die Einstellungen der seriellen Schnittstelle (UART), da andernfalls die Kommunikation über LAN nicht mehr möglich ist!

Die Befehlsrahmen bestehen aus einem Längenbyte (gesamter Rahmen) gefolgt von einem Adressbyte. Anschließend gibt es ein Befehlsbyte und optionale Parameter. Nur Befehlsrahmen, die der eigenen Adresse entsprechen, werden berücksichtigt. Es gilt ein Timeout von 500 ms, d.h., wenn nach 500 ms nicht die geforderte Byteanzahl gesendet wurde, werden die vorherigen Bytes ignoriert! Der Rückmelderahmen entspricht dem Befehlsrahmen, also Länge, Adresse, Befehl und optional Parameter. Die Rückmeldung erfolgt immer erst nach Ausführung des Befehls! Bei einem unbekannten Befehl ist die Rückmeldung 0xFE, bei einem Timeout 0xFD.

Die Standardadresse des Verstärkers ist 1. Über einen Befehl kann die Adresse festgelegt wird. Die Adresse 100 wird unabhängig von der gespeicherten Adresse von allen Verstärkern beantwortet. Die Befehle 0x80 und 0xD0 sind betriebseigene Testbefehle bzw. starten den Bootloader und sollten nicht verwendet werden.

6.1 Befehlsliste

| Befehl | Anmerkung und Parameterbeschreibung |
|--------|--|
| 0x01 | Statusabfrage, Parameter: keine, Antwort: 1 Byte Status: Bit 0: Ready Bit 1: Überlastabschaltung Strom/Verlustleistung Bit 2: Übertemperatur Kühlkörper/Trafo Bit 3: Ausgangsrelais (0: aus, 1: ein) Bit 4: 50R-Eingangsrelais (0: aus, 1: ein) Bit 5: 100k-Eingangsrelais (0: aus, 1: ein) Bit 6: Betriebsspannung + (0: low, 1: high) Bit 7: Betriebsspannung – (0: low, 1: high) |
| 0x02 | 50R-Eingang setzen, Parameter: 1 Byte (0: aus, 1: ein) |
| 0x03 | 100k-Eingang setzen, Parameter: 1 Byte (0: aus, 1: ein) |
| 0x04 | Ausgangsrelais setzen, Parameter: 1 Byte (0: aus, 1: ein) |
| 0x05 | Betriebsspannung setzten, Parameter: 1 Byte (0: low, 1: high, 2: nur UB+ high, 3: nur UB– high) |
| 0x06 | Abfrage Temperatur, Parameter: keine, Antwort: 1 Byte Temperatur in 0C |
| 0x07 | Abfrage max. Verlustleistung, Parameter: keine, Antwort: 1 Byte Verlustleistung in % vom aktuellen Grenzwert (Maximum seit der letzten Abfrage) |
| 0x08 | Abfrage mittlere Verlustleistung, Parameter: keine, |



| Befehl | Anmerkung und Parameterbeschreibung |
|--------|--|
| | Antwort: 1 Byte Verlustleistung in % vom aktuellen Grenzwert |
| 0x09 | Abfrage Error, Parameter: keine, Antwort 1 Byte Error: Bit 0: Kurzschluss-Strom Bit 1: Überstrom + Bit 2: Überstrom – Bit 3: Verlustleistung + Bit 4: Verlustleistung – Bit 5: Übertemperatur Kühlkörper Bit 6: Übertemperatur Trafo Bit 7: Hardware Fehler |
| 0x10 | Startkonfiguration setzen, Parameter: 1 Byte Konfiguration (default 0x0C): Bit 0: 50R-Eingangsrelais (0: aus, 1: ein) Bit 1: 100k-Eingangsrelais (0: aus, 1: ein) Bit 2: Betriebsspannung + (0: low, 1: high) Bit 3: Betriebsspannung – (0: low, 1: high) Bit 4: Slew Rate Begrenzer (0: aus, 1: ein) |
| 0x11 | Startkonfiguration abfragen, Parameter: keine, Antwort: 1 Byte Konfiguration |
| 0x12 | Adresse setzen, Parameter: 1 Byte Adresse (1...99) |
| 0x13 | Adresse abfragen, Parameter: keine, Antwort: 1 Byte Adresse |
| 0x14 | Verstärkertyp abfragen, Parameter: keine, Antwort: 1 Byte Typ (0x10) |
| 0x15 | Firmware Revision abfragen, Parameter: keine, Antwort: 1 Byte Revision |
| 0x16 | Hardware Revision setzen, Parameter: 1 Byte Revision (z.B. 0x21 = 2.1) |
| 0x17 | Hardware Revision abfragen, Parameter: keine, Antwort: 1 Byte Revision |
| 0x20 | Slew Rate Begrenzer setzen, Parameter: 1 Byte (0: aus, 1: ein) |
| 0x21 | Slew Rate Begrenzer abfragen Parameter: keine, Antwort 1 Byte (0: aus, 1: ein) |
| 0x53 | Interlock Modus setzen, Parameter 1 Byte (0: Latching, 1: Live, 2: Off) |
| 0x54 | Interlock zurücksetzen, Parameter 1 Byte (0: Reset im Latching Mode) |
| 0x55 | Abfrage des Interlock Modus, Parameter: keine, Antwort 1 Byte (0: Latching, 1: Live, 2: Off) |
| 0x56 | Abfrage des Interlock Signals, Parameter: keine, Antwort 1 Byte (0: aus, 1: an) |



6.2 Beispiel Befehle

Frame: <length> <address> <command> <parameter>

6.2.1 Setzen des Eingangs auf 50 Ω (Amplifier address: 1)

Befehlsframe: 0x04 0x01 0x02 0x01 (alle Werte sind in hexadezimal angegeben)

Antwortframe: 0x03 0x01 0x02

6.2.2 Abfragen der Kühlkörper-Temperatur

Befehlsframe: 0x03 0x01 0x06

Antwortframe: 0x04 0x01 0x06 0x28 (z.B. 40 °C)

6.3 Fehler-Codes

| Code | Bezeichnung |
|------|---|
| 0xFD | Timeout. Ein unvollständiger Befehlsrahmen wurde empfangen. |
| 0xFE | Unbekannter Befehl |

6.4 Verwendung der LAN Schnittstelle

Zum Setzen und Lesen der TCP / IP Parameter ist die unten aufgeführten Schnittstelle des Herstellers zu verwenden!

Aktuelle Geräte: <https://www.lantronix.com/products/deviceinstaller/>

(Ältere Geräte: <https://www.eztcp.com/en/download/ezmanager.php>)

Treiber-und Produktinformationen zu den aktuell genutzten Schnittstellen finden Sie unter

USB: <https://www.ftdichip.com/Drivers/D2XX.htm>

LAN: <https://www.lantronix.com/products/xport/>



7 Wartung, Support und Service

7.1 Wartung und Kalibrierung

Das Gerät arbeitet wartungsfrei. Bei Bedarf kann eine Werkskalibrierung durchgeführt werden. Die Häufigkeit der Werkskalibrierung bestimmt der Betreiber.

7.2 Reinigung

Reinigen Sie das Gerät nur mit einem nebelfeuchten Tuch. Verwenden Sie nur lösemittelfreie Reinigungsmittel ohne aggressive Bestandteile.

7.3 Herstellersupport

Bei weiterführenden Fragen zu diesem Produkt besuchen Sie bitte den Supportbereich auf unserer Website www.drhubert.de.



8 Außerbetriebnahme und Entsorgung

8.1 Außerbetriebnahme

1. Schalten Sie das Gerät aus.
2. Ziehen Sie den Netzstecker.
3. Entfernen Sie alle Kabel.
4. Lagern Sie das Gerät in der Originalverpackung oder einer gleichwertigen Verpackung.

8.2 Entsorgung

Entsorgen Sie das Gerät nach den örtlichen gesetzlichen Vorschriften für die Entsorgung elektrischer und elektronischer Baugruppen.

9 Garantie und Haftungsausschluss

Die Dr. Hubert GmbH gewährt eine Garantie für die Dauer von 2 Jahren nach Versand für dieses Produkt für normalen Gebrauch und Betrieb innerhalb der Spezifikationen. Jedes defekte Produkt wird repariert oder ersetzt, wenn es nicht durch Nachlässigkeit, Fehlanwendung, unsachgemäße Installation, Unfall, nicht autorisierte Reparatur oder Änderung durch den Kunden beschädigt wurde. Diese Garantie bezieht sich nur auf Defekte des Materials und der Verarbeitung. Die Dr. Hubert GmbH lehnt alle gesetzlichen Gewährleistungen ab und gewährt auch keine Garantie für eine Eignung des Produktes zu einem bestimmten Verwendungszweck. Die Dr. Hubert GmbH ist nicht haftbar für irgendwelche indirekten, speziellen, beiläufigen oder Folgeschäden (einschließlich Gewinnverluste, Verlust des Geschäfts, Datenverlust, einer Unterbrechung des Geschäftsbetriebs oder dergleichen), selbst wenn die Dr. Hubert GmbH über die Möglichkeit solcher Beschädigungen benachrichtigt worden ist, die aus einem Defekt oder Fehler dieser Betriebsanleitung oder des Produktes entstehen können.

10 Richtlinien

Dieses Gerät erfüllt die einschlägigen Harmonisierungsrechtsvorschriften der Europäischen Union:

- EMV-Richtlinie
- Niederspannungsrichtlinie
- RoHS-Richtlinie



11 Kontakt

Dr. Hubert GmbH
Dietrich-Benking-Str. 41
44805 Bochum
www.drhubert.de
[0234 970569-0](tel:02349705690)

amp up your process



12 Dokumentenhistorie

| Version | Datum | Beschreibung |
|---------|--------------|--|
| 1 | Februar 2020 | Erste Veröffentlichung im neuen Design |
| 2 | März 2020 | Aktualisierung der Bilder von Front- und Rückseite |
| 3 | Mai 2021 | Neues Gehäuse |
| 4 | Oktober 2022 | Neuen Slew Rate Limiter zugefügt, neue Kapitel „Sicherheitsabschaltung“ und „Interlock“ zugefügt |
| 5 | August 2025 | Neues Design. Überarbeitung des Kapitels „Anwendungssoftware“ und „Einbindung in automatisierte Testsysteme“ |

amp up your process