

Digitales Komplimentäres Volumen 12 bit Log / Klangregler 8 bit Poti 2026



12V DC 700mA MaX

128 Schritte aus 4096 50K Log Volume

128 -db, 128 +db Schritte 50K Lin Klangreglung

Automatik Save nach 5 Sec.

Tubeland[®]

Tubeland Reference Tone & Volume Controller

12-Bit Relais-Lautstärksteller mit 8-Bit Präzisions-Klangregelung

Als hochwertiger DIY-Bausatz

Musik verdient Kontrolle – aber ohne Kompromisse im Signalweg.

Der Tubeland Reference Tone & Volume Controller kombiniert eine hochauflösende 12-Bit Relais-Lautstärkeregelung mit einer präzisen 8-Bit Klangregelung für Bass und Höhen – vollständig diskret aufgebaut, ohne Audio-ICs im Signalweg.

Reiner Signalweg – kompromisslos umgesetzt

Das Audiosignal durchläuft ausschließlich:

- Präzisionswiderstände
- Hochwertige Relaiskontakte

Keine Operationsverstärker im Signalpfad.

Keine Digitalpotentiometer.

Keine integrierten Audio-Chips.

Das Ergebnis ist maximale Transparenz, perfekte Kanalgleichheit und eine absolut natürliche Dynamik – ideal für Röhren- und High-End-Verstärker.

12-Bit Lautstärke – feinfühlig und logarithmisch

Die Lautstärkeregelung arbeitet mit:

- 12 Bit Auflösung (0–4095)
- 128 exakt berechneten logarithmischen Schritten
- Sehr feiner Abstufung im leisen Bereich

Die Kennlinie wurde speziell für audiophile Anwendungen optimiert.

Selbst geringe Lautstärkeänderungen lassen sich präzise und kontrolliert einstellen – ohne hörbare Sprünge.

8-Bit Klangregelung – präzise und musikalisch

Die Bass- und Höhenregelung arbeitet mit jeweils 8 Bit Auflösung und gleichmäßiger Schrittgröße.

Warum 8 Bit?

Weil bei einer symmetrischen Klangregelung keine logarithmische Kennlinie erforderlich ist. Die lineare Abstufung erlaubt eine saubere, reproduzierbare Frequenzanpassung bei exakt definierter Neutralstellung.

- Gleichmäßige Schrittgröße
- Exakte Mittelstellung
- Kanalgenaue Umsetzung
- Keine künstliche Klangverfärbung

Die Klangregelung dient als feinfühliges Werkzeug – nicht als Effektgerät.

Intelligente Bedienung mit Speicherfunktion

Alle Einstellungen werden automatisch gespeichert.

Nach dem Ausschalten bleibt die zuletzt gewählte Lautstärke- und Klangposition erhalten.

Ein besonderer Komfort:

Durch Drücken des Encoders kann die jeweilige Klangregelung direkt auf die Mittelstellung zurückgesetzt werden.

Die integrierte LED zeigt die Neutralposition an:

- LED leuchtet → Regelung in Mittelstellung
- LED aus → Einstellung außerhalb der Neutralposition

So ist jederzeit auf einen Blick erkennbar, ob das Signal unverändert oder bewusst angepasst wird.

Entwickelt für anspruchsvolle Anwendungen

Ideal für:

- Röhrenverstärker
 - High-End Vorverstärker
 - DIY-Audio-Projekte
 - Studio-Monitoring
 - Puristische Anlagen mit optionaler Feinabstimmung
-

Signalführung mit System

Für maximale Klangqualität empfiehlt sich:

- Geschirmte Audioleitungen
- Kurze Signalwege
- Saubere Sternmasseführung
- Trennung von Netz- und Audiosignal

Nur so kann das volle Potenzial dieser Schaltung ausgeschöpft werden.

Ein durchdachtes Gesamtkonzept

12 Bit für dynamische Lautstärkeregelung.

8 Bit für kontrollierte Klangformung.

Automatische Speicherung.

Neutralanzeige per LED.

Technik, die sich nicht in den Vordergrund drängt –
sondern der Musik Raum gibt.

Einfach erklärt

- **Klangregelung:** 8-Bit Auflösung → **256 Stufen**
- **Volumen:** 12-Bit Auflösung → **4096 Stufen**

Das ist nicht „weil mehr Bit immer besser ist“, sondern weil die Anforderungen komplett unterschiedlich sind:

- **Klangregelung** braucht **grobe, reproduzierbare** Schritte (z. B. pro Step „gerade hörbar“), und sie sitzt oft in einem Netzwerk, wo kleine Abweichungen weniger dramatisch sind.
- **Volumen** braucht **sehr feine** Schritte, damit es beim Drehen **nicht springt**, du den Sweet-Spot exakt triffst, und bei leisen Pegeln die Regelung nicht „zu grob“ wird.

Unterschiede in der Praxis: 8-Bit vs 12-Bit

1) Schrittgröße / Feingefühl

- **8-Bit (256 Stufen):**

- gut für Bass/Mid/Treble, weil man keine „mikroskopisch feinen“ Korrekturen macht
- Vorteil: Bedienung bleibt **verständlich** (z. B. -10 ... +10) statt „irgendwelche 0...255“
- **12-Bit (4096 Stufen):**
 - sehr fein für Volume
 - Vorteil: **keine Pegelsprünge**, besonders bei niedriger Lautstärke (wo das Ohr empfindlich ist)

2) Psychoakustik (entscheidend)

Das Gehör empfindet Lautstärke **logarithmisch**. Wenn du Volume linear in Ohm oder linear in Steps regelst, fühlt es sich „am Anfang zu grob, am Ende zu fein“ an.

- Bei 12-Bit kannst du eine **log/Audio-Kennlinie** sehr sauber abbilden.
- Bei 8-Bit ist das möglich, aber merkbar gröber.

3) Kanalgleichlauf / Stereo-Balance

Das ist einer der Hauptgründe für den Aufwand.

- Klassische Potis (auch gute) haben **Toleranzen** und **Kanalabweichungen**, die besonders bei leiser Lautstärke nerven (Links/Rechts driftet).
- Mit Widerstandsnetzwerk/Relais bzw. sauberem R-Netz hast du **sehr präzise, reproduzierbare** L/R-Werte.

Kurz: Volume profitiert massiv von 12-Bit + definierter Kennlinie + präzisen Widerständen.

Warum nicht „normale“ Potis (klassisch mechanisch)?

Vorteile klassisch

- simpel, billig, bewährt
- kein Controller, keine Logik, keine Firmware
- „analog pur“ (Marketing-Argument)

Warum es besser ist

- **Kanalgleichlauf:** selbst hochwertige Potis können bei kleinen Stellungen hörbar abweichen.

- **Kontaktprobleme/Alterung:** Kratzen, Aussetzer, Oxidation (besonders nach Jahren).
- **Mechanik/Bediengefühl:** unterschiedliche Drehmomente, Streuung zwischen Geräten.
- **Keine Speicherbarkeit:** kein Preset, kein Recall, keine feste Referenz.
- **Fernbedienung/Encoder:** mit mechanischem Poti nur kompliziert/teuer zuverlässig.

Warum nicht „Digital-Poti IC“ (Chip-Digitpot)?

Digitpot-ICs sind oft nicht für High-End Audio das Optimum, weil sie in der Realität Einschränkungen haben.

Typische Nachteile von Digitpot-ICs

- **Begrenzte Signalspannung:** viele funktionieren nur nahe Versorgung (z. B. 3,3–5 V) → in echten Audio-Schaltungen schnell unpassend.
- **Nicht ideal linear / Code-abhängige Fehler:** Wiper-Widerstand, DNL/INL, End-to-End Toleranz → kann sich als „unruhige“ Kennlinie oder Kanalunterschied bemerkbar machen.
- **Wiper-Widerstand** (Schleifer) ist nicht konstant ideal → Pegel/Impedanz ändern sich abhängig von Stellung.
- **Rauschen/Verzerrung:** nicht immer katastrophal, aber bei High-End-Anspruch und hohen Impedanzen/kleinen Pegeln (z. B. Vorstufen) relevant.
- **Schaltartefakte:** bei Step-Wechsel können Klicks/Zipper-Noise entstehen, wenn nicht sauber gemutet/gerampt wird.
- **Langzeit-/EMV-Themen:** Digital-Signale im Audibereich sind handhabbar, aber ein Chip-Digitpot zwingt oft in unschöne Kompromisse im Layout.

Kernaussage: Ein Digitpot-IC ist „praktisch“, aber nix für **maximale Audio-Transparenz + perfekte Reproduzierbarkeit** → daher diskrete Widerstandsumschaltung/Relais/R-Netz.

Nachteile

- **Komplexität:** mehr Bauteile + Controller + Firmware → mehr Entwicklungsaufwand.
- **Kosten:** Präzisionswiderstände/Relais kosten Geld (und Platz).
- **Schaltgeräusche möglich**, Aber im Rahmen des erträglichen

- Relais klicken mechanisch (hörbar im Gerät, nicht zwingend im Audio)

In vielen modernen Audiogeräten kommen sogenannte **digitale Potentiometer-Chips** zum Einsatz. Diese Bausteine sind praktisch und platzsparend – sie haben jedoch **klangliche Einschränkungen**, die insbesondere bei hochwertigen Audioanwendungen relevant sind. Aus diesem Grund wird in diesem Gerät ein anderer, deutlich aufwendigerer Ansatz verwendet.

Was ist der Unterschied?

Ein Digital-Poti-Chip ist **kein echtes „digitales Lautstärke- oder Klangregelwerk“**, sondern intern ein analoger Widerstand mit elektronischem Schleifer. Genau dieser Aufbau bringt Nachteile mit sich.

Einfluss auf den Signal-Rausch-Abstand (SNR)

Der **Signal-Rausch-Abstand** beschreibt, wie weit das Musiksignal über dem Eigenrauschen des Geräts liegt.

Je höher dieser Abstand ist, desto **ruhiger, klarer und detailreicher** wirkt die Wiedergabe – besonders bei leisen Passagen.

Warum Digital-Poti-Chips den SNR verschlechtern können:

- **Zusätzlicher Schleifer im Signalweg**

Digitale Potentiometer besitzen einen internen elektronischen Schleifer. Dieser liegt permanent im Audiosignal und erzeugt:

- zusätzliches Eigenrauschen
- minimale, aber messbare Verzerrungen
- eine leichte Veränderung des Klangs je nach Stellung

- **Nicht vollständig lineare Stufen**

Die einzelnen Lautstärke- oder Klangstufen sind technisch nicht völlig identisch. Dadurch kann:

- der Rauschpegel abhängig von der Stellung variieren
- bei sehr leisen Pegeln ein „unruhigeres“ Klangbild entstehen

- **Interne Digitalschaltungen im selben Chip**

Steuerlogik und Audiosignal befinden sich sehr nah beieinander. Das kann zu:

- feinen Störanteilen

- einem leicht erhöhten Grundrauschen führen

Was bedeutet das hörbar?

In der Praxis kann sich das äußern als:

- weniger „schwarzer“ Hintergrund
- geringere Feinauflösung bei leisen Details
- reduzierte Räumlichkeit und Tiefe
- leichtes Grundrauschen bei sehr niedriger Lautstärke

Gerade in hochwertigen Vorstufen oder Röhrengeräten fällt das stärker auf, da hier **kleinste Signalanteile besonders wichtig** sind.

Typischer Vergleich (praxisnah)

Regeltechnik	Typischer erreichbarer Signal-Rausch-Abstand
Digital-Poti-Chip	ca. 85–100 dB
Klassisches mechanisches Poti	ca. 100–105 dB
Diskrete Widerstandsumschaltung (hier verwendet)	über 110 dB

Warum dieser Bausatz einen anderen Weg geht

Statt eines Digital-Poti-Chips kommt hier eine **controllergesteuerte, diskrete Widerstandsumschaltung** zum Einsatz:

- **Kein elektronischer Schleifer im Signalweg**
- **Kein zusätzliches Chip-Eigenrauschen**
- **Sehr präziser Kanalgleichlauf**
- **Konstante Klangqualität über alle Einstellungen**
- **Deutlich besserer Signal-Rausch-Abstand**

Das Ergebnis ist:

mehr Ruhe, mehr Feinzeichnung und eine natürlichere Wiedergabe – unabhängig von der gewählten Lautstärke oder Klangstellung.

Kurz gesagt

Digitale Potentiometer-Chips sind praktisch – aber sie setzen dem Klang **technische Grenzen**. Für dieses Gerät wurde bewusst ein aufwendigeres, diskretes System gewählt, um:

- den Signal-Rausch-Abstand zu maximieren
- klangliche Nebeneffekte zu minimieren
- und langfristig höchste Audioqualität zu gewährleisten.

Textbaustein für deine Bedienungsanleitung

Bedienung – Lautstärke (12-Bit)

- Der Lautstärkeregler arbeitet intern mit **4096 feinen Stufen** daraus werden 128 Log Schritte Genneriert.
- Dadurch sind sehr kleine Pegelanpassungen möglich, ohne hörbare Sprünge.
- Die Regelung folgt einer **gehörgerechten Kennlinie** (Audio-Taper), sodass sich die Lautstärke über den gesamten Regelweg gleichmäßig anfühlt.

Bedienung – Klangregelung (8-Bit)

- Bass/Mitten/Höhen arbeiten in **256 Stufen** pro Band.
- Das ermöglicht präzise, reproduzierbare Einstellungen, ohne dass die Bedienung unübersichtlich wird.
- Die Werte sind so abgestimmt, dass jede Rasterung eine **sinnvolle, musikalische** Änderung darstellt.

Warum diese Technik

- Im Gegensatz zu klassischen Potis ist die Regelung **kanalgenau, alterungsarm und speicherbar**.

- Im Gegensatz zu typischen Digitpot-Chips bleiben Signalpegel, Impedanzen und Verzerrungsverhalten besser kontrollierbar, weil die Widerstandswerte **diskret und definiert** geschaltet werden.

1. Komplementärpotis (hier verwendet)

Was bedeutet „komplementär“?

Bei einer komplementären Regelung arbeiten **zwei exakt aufeinander abgestimmte Widerstandsnetzwerke** gegensinnig:

- Ein Widerstandsweig erhöht sich,
- der andere verringert sich im gleichen Maß.

Das Verhältnis bleibt dabei **immer konstant und definiert**.

Vorteile für den Klang:

- **Keine feste Poti-Impedanz nötig**
Die effektive Impedanz ergibt sich aus dem Netzwerk – nicht aus einem einzelnen Bauteil.
- **Konstante elektrische Bedingungen**
Quelle und nachfolgende Stufe „sehen“ immer saubere, berechenbare Werte.
- **Sehr guter Kanalgleichlauf**
Links und Rechts sind mathematisch identisch. Im Gegensatz zu den Herkömmlichen Potis mit 20% Toleranz ist es somit Möglich die Toleranz viel enger zu setzen. Somit können Weit aus Kleinere Toleranzen 1% oder weniger erreicht werden!
- **Kein Schleifer im Signalweg**
Keine Kontaktprobleme, kein zusätzliches Rauschen.
- **Ideal für hochwertige Vorstufen & Röhrenschaltungen**

→ Ergebnis: **ruhiger, stabiler Klang über den gesamten Regelweg.**

2. Phantompotis

Was ist ein Phantompoti?

Ein Phantompoti ist **kein echtes Potentiometer**, sondern eine elektronische Nachbildung eines Potis, meist aus:

- Widerstandsarrays
- Schaltern oder ICs

Der Potiwert wird „simuliert“, nicht real mechanisch verändert.

Nachteile:

- Die **Impedanz ändert sich mit der Stellung**
- Quelle und Verstärker werden je nach Einstellung unterschiedlich belastet
- Der Klangcharakter kann sich mit der Lautstärke verändern
- Oft eingeschränkte Flexibilität bei Sonderwerten

→ Für einfache Anwendungen ausreichend, für High-End-Audio **kompromissbehaftet**.

3. Pseudopotis

Was ist ein Pseudopoti?

Pseudopotis bilden eine Lautstärkeregelung nur „formal“ nach, z. B.:

- über digitale Multiplikation
- über Spannungsteiler mit festen Stufen
- über digitale Signalabschwächung (DSP)

Nachteile:

- Signal wird **nicht rein analog** geregelt
- Je nach Umsetzung:
 - Verlust an Auflösung
 - Dynamikeinschränkungen
 - Klangveränderungen bei kleinen Pegeln
- Feste Systemgrenzen (z. B. nur bestimmte Widerstandswerte möglich)

→ Technisch elegant, klanglich nicht immer optimal.

4. Warum komplementär die beste Lösung ist

Die komplementäre Widerstandsumschaltung vereint die Vorteile:

- analoge Signalführung
- höchste Präzision
- maximale Flexibilität

Besonders wichtig:

Bei dieser Technik ist man **nicht auf typische Potiwerte** wie 10 k Ω , 20 k Ω oder 50 k Ω festgelegt.

5. Freie Wahl der Impedanz – ein großer Vorteil

Klassische Potis:

- haben **feste Normwerte**
- zwingen das Schaltungsdesign oft zu Kompromissen

Komplementäre Netzwerke:

- der Gesamtwiderstand wird **frei definiert**
- die Impedanz kann exakt an:
 - Tonabnehmer
 - Vorstufe
 - Röhrenschaltung
 - Endstufeangepasst werden

👉 **Theoretisch kann jeder beliebige Widerstandswert realisiert werden**, sofern er elektrisch sinnvoll ist.

Beispiele:

- 7,5 k Ω für spezielle Röhrenschaltungen
- 18 k Ω für bestimmte Line-Treiber
- 42 k Ω zur optimalen Anpassung an externe Geräte

6. Kundenvorteil: Individualisierung

Das bedeutet für den Anwender:

- Anpassung an **persönliche Hörgewohnheiten**
- optimale Einbindung in bestehende Anlagen
- keine klanglichen Kompromisse durch „Standardwerte“

Auf Wunsch lassen sich:

- Regelbereiche
- Impedanzniveaus
- Kennlinien (linear, logarithmisch, Sonderverläufe)

gezielt konfigurieren.

Kurz zusammengefasst

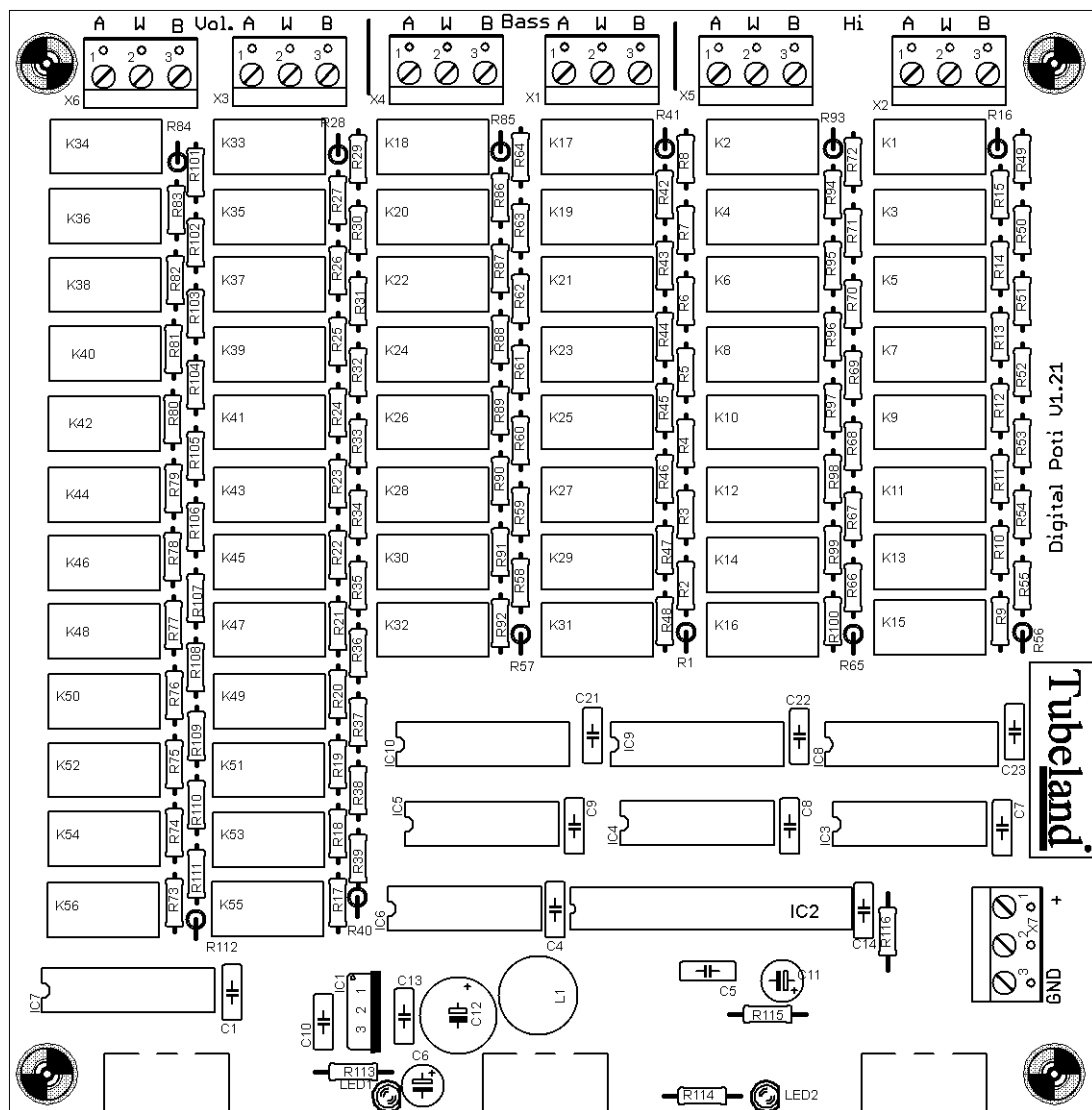
- Komplementäre Regelung = **echte High-End-Lösung**
- keine feste Poti-Impedanz
- keine Schleifer, kein Chip im Signalweg
- maximale Präzision und Flexibilität
- individuell anpassbar statt Standardlösung

Widerstands Tabelle für 8 Bit

Widerstand	10K	20K	50K	100K	250K	500K
Ohm	39,062	78,125	195,312	390,625	976,562	1953,125
Ohm	78,125	156,25	390,625	781,25	1953,125	3906,25
Ohm	156,25	312,5	781,25	1562,5	3906,25	7812,5
Ohm	312,5	625	1562,5	3125	7812,5	15625
Ohm	625	1250	3125	6250	15625	31250
Ohm	1250	2500	6250	12500	31250	62500
Ohm	2500	5000	12500	25000	62500	125000
Ohm	5000	10000	25000	50000	125000	250000

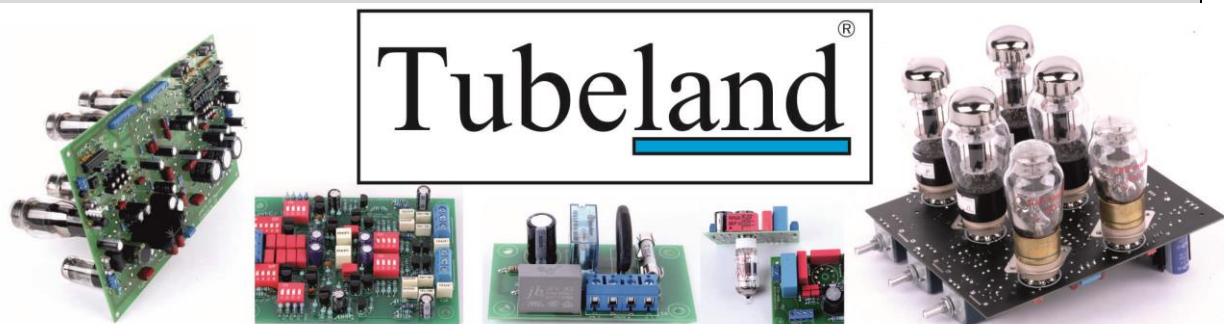
Widerstands Tabelle für 12 Bit

Widerstand	10K	20K	50K	100K	250K	500K
Ohm	2,441	4,883	12,207	24,414	61,035	122,07
Ohm	4,883	9,766	24,414	48,828	122,07	244,141
Ohm	9,766	19,531	48,828	97,656	244,141	488,281
Ohm	19,531	39,062	97,656	195,312	488,281	976,562
Ohm	39,062	78,125	195,312	390,625	976,562	1953,125
Ohm	78,125	156,25	390,625	781,25	1953,125	3906,25
Ohm	156,25	312,5	781,25	1562,5	3906,25	7812,5
Ohm	312,5	625	1562,5	3125	7812,5	15625
Ohm	625	1250	3125	6250	15625	31250
Ohm	1250	2500	6250	12500	31250	62500
Ohm	2500	5000	12500	25000	62500	125000
Ohm	5000	10000	25000	50000	125000	250000



Menge	Wert	Device	Bauteile
4	12R	R-EU_0207/2V	R17, R40, R73, R112
4	24,9R	R-EU_0207/7	R18, R39, R74, R111
4	47R	R-EU_0207/7	R19, R38, R75, R110
4	100R	R-EU_0207/7	R20, R37, R76, R109
12	200R	R-EU_0207/7	R1, R9, R21, R36, R48, R56, R57, R65, R77, R92, R100, R108
12	390R	R-EU_0207/7	R2, R10, R22, R35, R47, R55, R58, R66, R78, R91, R99, R107
14	820R	R-EU_0207/7	R3, R11, R23, R34, R46, R54, R59, R67, R79, R90, R98, R106, R113, R114
12	1k6	R-EU_0207/7	R4, R12, R24, R33, R45, R53, R60, R68, R80, R89, R97, R105
12	3k3	R-EU_0207/7	R5, R13, R25, R32, R44, R52, R61, R69, R81, R88, R96, R104

12	6k8	R-EU_0207/7	R6, R14, R26, R31, R43, R51, R62, R70, R82, R87, R95, R103
1	10k	R-EU_0207/10	R116
12	13k	R-EU_0207/7	R7, R15, R27, R30, R42, R50, R63, R71, R83, R86, R94, R102
12	24k	R-EU_0207/2V	R8, R16, R28, R29, R41, R49, R64, R72, R84, R85, R93 R101
1	100k	R-EU_0207/10	R115
12	0μ1	C-EU050-025X075	C1, C4, C5, C7, C8, C9, C10, C13, C14, C21, C22, C23
2	4μ7	CPOL-EUE2.5-6	C6, C11
1	220/25	CPOL-EUE5-10.5	C12
1	4,7mH	BS11	L1
4	74HC595N	74HC595N	IC3, IC4, IC5, IC6
4		ULN2803A	IC7, IC8, IC9, IC10
1	7805TV	7805TV	IC1
1	MEGA48/88/168-PU	MEGA48/88/168-PU	IC2
3	EC11B15242AE	EC11B-H	E1, E2, E3
56	NA	NA	K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19, K20, K21, K22, K23, K24, K25, K26, K27, K28, K29, K30, K31, K32, K33, K34, K35, K36, K37, K38, K39, K40, K41, K42, K43, K44, K45, K46, K47, K48, K49, K50, K51, K52, K53, K54, K55, K56
2	rot - pfase	LED3MM	LED1, LED2
7	AKL101	W237-103	X1, X2, X3, X4, X5, X6, x7
1	Leiterplatte	144 mm* 146 mm	Y212



Markus Andrzejewski Aegidistr. 70 46240 Bottrop tubeland@tubeland.de