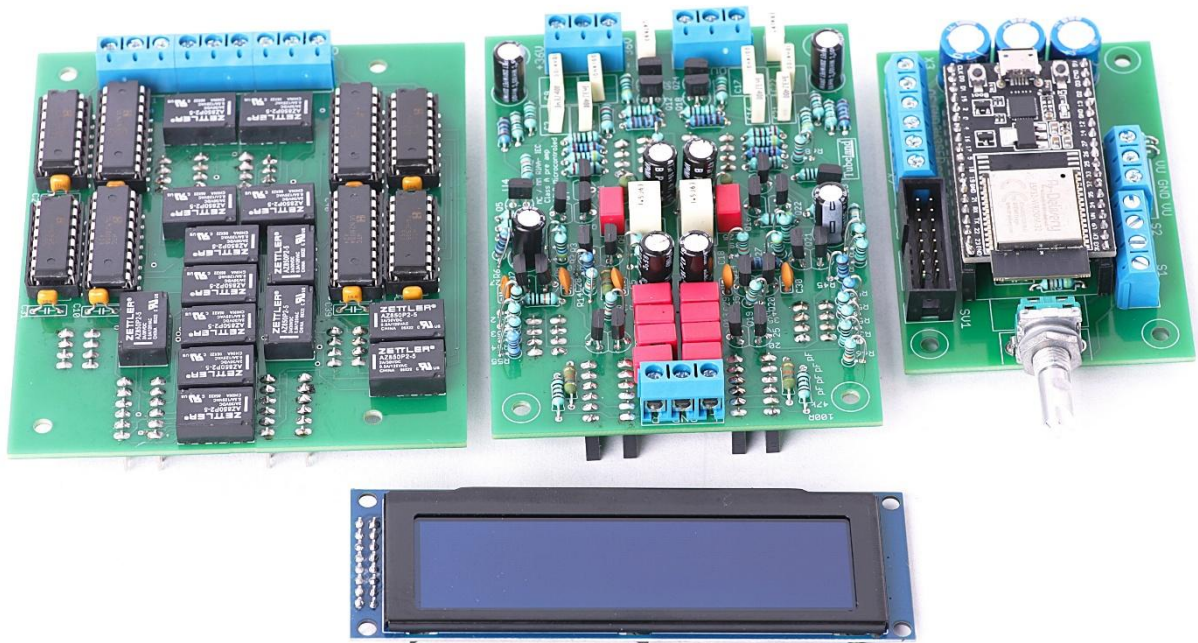


MM / MC RIAA Entzerrer 7,7 – 81,1 dB Einstellbar



- 3,3V 145 mA
- 5V bis zu 100 mA Stoßweise
- +/- 36V 7mA
- Tonabnehmer Speicherbar
- Erweiterte Einstellmöglichkeiten über das Wlan per Smartfone
- QR Code zum Scannen für die Verbindung
- VU Meter Ready
- Bistabile Relays

Ein neues Produkt entsteht – jetzt noch mitgestalten

Mit dem RIAA-Controller habe ich ein neues Produkt entwickelt, das moderne Bedienung mit einer hochwertigen und äußerst rauscharmen Phono-Vorstufe verbindet. Das Gerät soll künftig als Bausatz erhältlich sein und befindet sich derzeit in der abschließenden Test- und Erprobungsphase.

Die eigentliche Hardware ist bereits fertig entwickelt. Die Platine, die analoge Audioschaltung und sämtliche grundlegenden Funktionen arbeiten zuverlässig und sind aus meiner Sicht bereits marktreif. Besonders die sehr rausch- und brummarme Auslegung sowie die hohe Verstärkung von bis zu 81 dB machen den RIAA-Controller auch für besonders leise MC-Tonabnehmersysteme interessant.

Auch die Software und die Bedienung sind inzwischen weitgehend fertiggestellt. Die meisten Funktionen wurden bereits ausführlich getestet und abgestimmt. Der derzeitige Schwerpunkt der weiteren Entwicklung liegt ausschließlich auf der Feinabstimmung des integrierten VU-Meters. Hier sollen insbesondere die Empfindlichkeit, die Reaktionsgeschwindigkeit und die Darstellung noch weiter optimiert werden.

Ihre Ideen sind gefragt

Wer sich für den RIAA-Controller interessiert, kann sich während dieser abschließenden Testphase weiterhin mit eigenen Vorschlägen, Wünschen und Anregungen beteiligen.

Da die grundsätzliche Bedienung und der Funktionsumfang bereits weitgehend feststehen, geht es dabei vor allem um die Feinabstimmung und Verbesserung der VU-Meter-Anzeige. Sinnvolle und praxisnahe Vorschläge können gegebenenfalls noch vor der endgültigen Veröffentlichung in die Software einfließen.

Für Interessierte, die sich aktiv an dieser letzten Optimierungsphase beteiligen möchten, stehen noch vier Exemplare aus der Prototypenserie zur Verfügung. Diese Geräte sind ausdrücklich für Anwender vorgesehen, die den RIAA-Controller in der Praxis testen und mit Rückmeldungen bei der weiteren Anpassung des VU-Meters unterstützen möchten.

Die Teilnehmer erhalten damit die Möglichkeit, das Gerät bereits vor der offiziellen Veröffentlichung einzusetzen und ihre Erfahrungen unmittelbar in die abschließende Softwareoptimierung einfließen zu lassen. Da nur vier Prototypen verfügbar sind, richtet sich dieses Angebot insbesondere an Personen, die tatsächlich Zeit und Interesse für ausführliche Tests und konstruktive Rückmeldungen mitbringen.

Vorbestellungen und Planung der ersten Serie

Voraussichtlich werde ich bereits vor der offiziellen Veröffentlichung Vorbestellungen oder zunächst unverbindliche Interessensbekundungen entgegennehmen.

Der Hintergrund ist einfach: Die Bereitschaft, umfangreichere Elektronik-Bausätze selbst aufzubauen, nimmt seit Jahren immer weiter ab. Gleichzeitig ist die Herstellung kleiner Serien vergleichsweise aufwendig und teuer. Deshalb ist es wichtig, frühzeitig abschätzen zu

können, wie groß das tatsächliche Interesse ist und in welcher Stückzahl die erste Serie produziert werden sollte.

Je besser die voraussichtliche Nachfrage bekannt ist, desto sinnvoller lassen sich Platinen, Bauteile, Displays, Relais und weitere Komponenten bestellen. Eine ausreichend große Serie kann außerdem dabei helfen, die Beschaffungskosten in einem vernünftigen Rahmen zu halten.

Der endgültige Preis steht noch nicht fest

Was der RIAA-Controller letztlich kosten wird, kann ich derzeit noch nicht verbindlich sagen. Der endgültige Preis hängt unter anderem von der geplanten Stückzahl, den aktuellen Bauteilpreisen und der jeweiligen Ausführung ab.

Bevor verbindliche Vorbestellungen angenommen werden, wird der vollständige Preis selbstverständlich bekannt gegeben. Eine frühzeitige Interessensbekundung ist daher zunächst unverbindlich und verpflichtet nicht zum späteren Kauf.

Wer Interesse an dem RIAA-Controller hat, sich an der Erprobung eines der vier noch verfügbaren Prototypen beteiligen möchte oder grundsätzlich an einer Vorbestellung interessiert ist, kann sich bereits jetzt melden.

So lässt sich die erste Serie bedarfsgerecht planen und gleichzeitig besteht noch die Möglichkeit, die abschließende Feinabstimmung des VU-Meters durch praktische Erfahrungen und konstruktive Rückmeldungen zu unterstützen.

Einführung

Der RIAA-Controller wurde als besonders hochwertiger und flexibel einstellbarer Phono-Vorverstärker für Moving-Magnet- und Moving-Coil-Tonabnehmersysteme entwickelt. Im Mittelpunkt der Schaltung stehen eine möglichst unverfälschte Wiedergabe, ein sehr niedriges Eigenrauschen sowie eine wirkungsvolle Unterdrückung von Brumm- und Störeinflüssen.

Gerade bei MC-Tonabnehmern stellt die Verarbeitung der äußerst kleinen Ausgangsspannungen hohe Anforderungen an die gesamte Schaltung. Bereits geringe Störungen, ungünstige Masseführungen oder ein zu hohes Eigenrauschen des Verstärkers können das Musiksinal hörbar beeinträchtigen. Der RIAA-Controller ist deshalb konsequent auf einen besonders rauscharmen und brummarmen Betrieb ausgelegt. Dadurch eignet er sich nicht nur für MM-Systeme, sondern insbesondere auch für sehr leise MC-Tonabnehmer.

Die Verstärkung kann in einem großen Bereich an das verwendete Tonabnehmersystem angepasst werden. Mit einer maximalen Gesamtverstärkung von bis zu 81 dB lassen sich auch ausgesprochen leise MC-Systeme ohne zusätzlichen Übertrager oder externen

Vorvorverstärker betreiben. Gleichzeitig stehen niedrigere Verstärkungsstufen für MM-Systeme und Tonabnehmer mit höherer Ausgangsspannung zur Verfügung.

Die Anpassung an unterschiedliche Tonabnehmer erfolgt elektronisch über den Controller. Abhängig von der jeweiligen Konfiguration können unter anderem die Verstärkung, der Eingangswiderstand und die Eingangskapazität eingestellt werden. Dadurch lässt sich der Vorverstärker gezielt an die elektrischen Eigenschaften des verwendeten Tonabnehmers anpassen.

Die Signalumschaltung erfolgt über hochwertige Relais. Im Gegensatz zu einer direkten elektronischen Umschaltung mit Halbleitern befinden sich dadurch im eigentlichen Audiosignalweg nur sehr wenige zusätzliche Bauteile. Dies unterstützt eine hohe Klangtreue, geringe Verzerrungen und eine saubere Kanaltrennung.

Wiederkehrende Einstellungen können in eigenen Systemprofilen gespeichert werden. So lassen sich verschiedene Plattenspieler, Tonabnehmer oder Abtastnadeln komfortabel verwalten und bei Bedarf schnell wieder aufrufen. Die zuletzt verwendete Einstellung steht nach dem erneuten Einschalten automatisch wieder zur Verfügung.

Die wichtigsten Vorteile des RIAA-Controllers sind:

- sehr rauscharme Verstärkerschaltung,
- hohe Brumm- und Störsicherheit,
- geeignet für MM- und MC-Tonabnehmer,
- Gesamtverstärkung bis zu 81 dB,
- Betrieb sehr leiser MC-Systeme ohne zusätzlichen Übertrager,
- anpassbarer Eingangswiderstand,
- einstellbare Eingangskapazität,
- relaisgeschalteter Audiosignalweg,
- speicherbare Einstellungen für verschiedene Tonabnehmersysteme,
- komfortable Bedienung über Display und Drehencoder.

Durch diese Kombination aus hochwertiger Analogtechnik und komfortabler digitaler Steuerung verbindet der RIAA-Controller die klanglichen Vorteile eines sorgfältig aufgebauten Phono-Vorverstärkers mit den umfangreichen Einstellmöglichkeiten moderner Audiotechnik.

Aufbau und Inbetriebnahme

1. Bestückung der ESP32-Controllerplatine

Der Aufbau des RIAA-Controllers beginnt mit der ESP32-Controllerplatine. Diese Baugruppe übernimmt die vollständige digitale Steuerung des Gerätes. Dazu gehören unter anderem die Bedienung über den Drehencoder, die Darstellung sämtlicher Einstellungen auf dem Display, die Verwaltung der gespeicherten Tonabnehmersysteme sowie die Ansteuerung der Relais auf der RIAA-Platine.

Die Controllerplatine sollte als erste Baugruppe vollständig bestückt und geprüft werden. Erst wenn der ESP32, das Display und die Bedienelemente einwandfrei arbeiten, empfiehlt sich der weitere Aufbau der analogen RIAA-Entzerrerschaltung.

Diese Reihenfolge hat einen wichtigen Vorteil: Eventuelle Bestückungs-, Verdrahtungs- oder Softwarefehler lassen sich zunächst unabhängig von der empfindlichen Audioelektronik erkennen. Dadurch wird die spätere Inbetriebnahme deutlich übersichtlicher.

Vorgesehenes Display

Für den RIAA-Controller ist ein grafisches OLED-Display mit einer Auflösung von **256 × 64 Bildpunkten** und dem Displaycontroller **SSD1322** vorgesehen. Die Ansteuerung erfolgt über die SPI-Schnittstelle des ESP32.

Das Display ermöglicht eine kontrastreiche Darstellung der wichtigsten Betriebsdaten, beispielsweise:

- Name und Speicherplatz des ausgewählten Tonabnehmersystems,
- Betriebsart MM oder MC,
- eingestellte Verstärkung,
- Abschlusswiderstand,
- Eingangskapazität,
- Menü- und Systemeinstellungen,
- grafische VU-Meter-Anzeige.

Das OLED-Display besitzt keine Hintergrundbeleuchtung im herkömmlichen Sinn. Die Bildpunkte leuchten selbst, wodurch sich ein sehr guter Kontrast und eine hochwertige Darstellung ergeben. Gleichzeitig ist das Display auch bei gedämpfter Raumbeleuchtung gut ablesbar.

Es sollte ausschließlich ein Display verwendet werden, das elektrisch und mechanisch zur vorgesehenen SSD1322-Ausführung passt. Ähnlich aussehende OLED-Module können eine andere Pinbelegung, Versorgungsspannung oder Schnittstelle besitzen und sind daher nicht automatisch kompatibel.

Empfohlene Bestückungsreihenfolge

Bei der Bestückung der Controllerplatine sollte grundsätzlich mit den flachsten Bauteilen begonnen werden. Eine zweckmäßige Reihenfolge ist:

1. Widerstände und Dioden,
2. kleine Folien- und Keramikkondensatoren,
3. Stiftleisten, Steckverbinder und Anschlussleisten,
4. Elektrolytkondensatoren,
5. Fassungen beziehungsweise Buchsenleisten für den ESP32,
6. ESP32-Entwicklungsmodul,
7. Verbindung zum Display und zu den Bedienelementen.

Bei Dioden, Elektrolytkondensatoren und Steckverbindern ist unbedingt auf die richtige Einbaurichtung zu achten. Vor dem Einsetzen des ESP32 sollten alle Lötstellen sorgfältig kontrolliert und die Versorgungsleitungen auf mögliche Kurzschlüsse geprüft werden.

Der ESP32 sollte nach Möglichkeit nicht direkt fest auf die Platine gelötet, sondern über passende Buchsenleisten eingesetzt werden. Dadurch kann das Modul bei einem Defekt, einem Softwaretest oder einer späteren Wartung problemlos ausgetauscht werden.

Auch das Display sollte steckbar angeschlossen werden. Das erleichtert sowohl den Einbau in das Gehäuse als auch spätere Servicearbeiten.

Erste Prüfung der Controllerbaugruppe

Nach Abschluss der Bestückung wird zunächst nur die Controllerplatine in Betrieb genommen. Die Verbindung zur analogen RIAA-Platine bleibt bei diesem ersten Test noch getrennt.

Dabei werden insbesondere folgende Punkte geprüft:

- korrekte Versorgungsspannung,
- Start des ESP32,
- fehlerfreie Darstellung auf dem OLED-Display,
- Funktion des Drehencoders,
- Funktion des Encoder-Tasters,
- Menüführung,
- Speicherung und Aufruf der Systemeinstellungen,
- Ansteuerung der vorgesehenen Schaltausgänge.

Nach dem Einschalten sollte das Display den Startbildschirm beziehungsweise die zuletzt verwendete Systemeinstellung anzeigen. Anschließend können die Menüs mit dem Drehencoder durchlaufen und die einzelnen Funktionen geprüft werden.

Erst wenn diese Baugruppe zuverlässig arbeitet, wird sie mit der Relais- und RIAA-Elektronik verbunden.

Abschirmung der digitalen Steuerung

Die ESP32-Controllerplatine arbeitet mit schnellen digitalen Signalen. Der ESP32, das OLED-Display und die SPI-Datenübertragung können hochfrequente Störsignale erzeugen. Diese sind normalerweise nicht hörbar, können aber bei ungünstigem Aufbau in die sehr empfindliche Phono-Vorstufe eingekoppelt werden.

Das ist besonders bei MC-Tonabnehmern von Bedeutung. Deren Ausgangsspannung liegt teilweise nur im Bereich weniger hundert Mikrovolt. Bei Verstärkungen von bis zu **81 dB** können deshalb bereits sehr kleine eingekoppelte Störungen am Ausgang deutlich verstärkt erscheinen.

Die Controllerplatine sollte daher nach Möglichkeit räumlich und elektrisch von der analogen RIAA-Schaltung getrennt werden. Empfehlenswert sind:

- ein separates abgeschirmtes Fach im Gehäuse,
- eine leitfähige Trennwand zwischen Digital- und Audibereich,
- möglichst kurze Display- und Steuerleitungen,
- ausreichend Abstand zu den empfindlichen Eingangsleitungen,
- getrennte Führung von Digital- und Audiosignalen,
- eine klar definierte Masseverbindung ohne unnötige Masseschleifen.

Eine metallische Abschirmung sollte an einem festgelegten Punkt mit der Gehäusemasse verbunden werden. Mehrere unkontrollierte Masseverbindungen können dagegen Brummschleifen verursachen.

Auch die USB-Verbindung zum Computer sollte im normalen Audiobetrieb nach Möglichkeit entfernt werden. Über ein angeschlossenes USB-Kabel können zusätzliche Masseverbindungen und Störungen in das Gerät gelangen.

Aufbau

Beim derzeitigen Prototyp wurde die Controller- und Displayeinheit ebenfalls von der RIAA-Audioelektronik getrennt und abgeschirmt. Für die Erprobung wurden zunächst zwei separate Gehäuseteile verwendet, die miteinander verschraubt sind.

Dieser Aufbau ist in erster Linie als funktionaler Prototyp zu verstehen. Ein endgültiges, professionelles Gesamtgehäuse wurde für das Entwicklungsgerät bewusst noch nicht

angefertigt, da die Elektronik später Bestandteil eines umfangreicheren Vorverstärkers werden soll.

In diesem späteren Gesamtsystem sind neben der RIAA-Entzerrerstufe weitere Baugruppen vorgesehen, unter anderem:

- eine Vorverstärker- und Klangregelstufe,
- eine elektronische Frequenzweiche,
- zusätzliche schaltbare DSP-Funktionen,
- eine gemeinsame übergeordnete Gerätesteuerung.

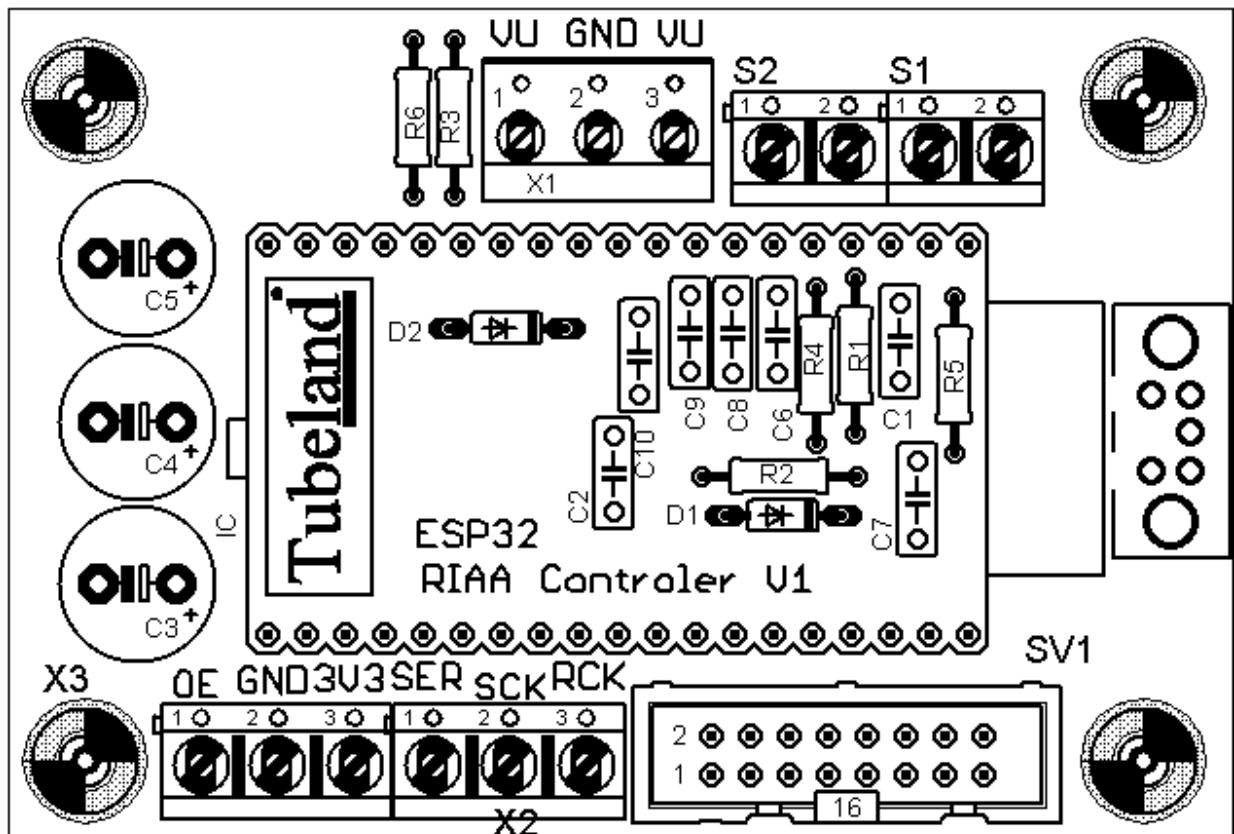
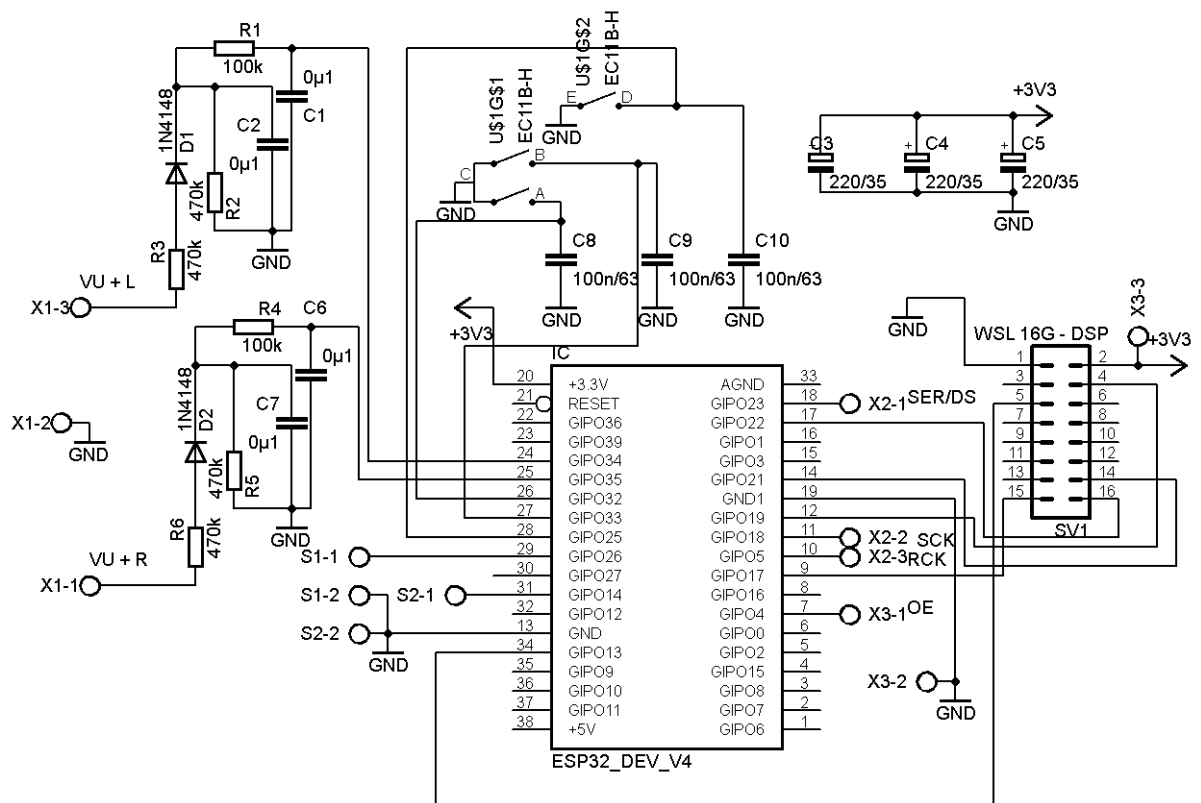
Die DSP-Einheit soll beispielsweise dazu eingesetzt werden können, Störgeräusche bei der Wiedergabe von Schallplatten in Echtzeit zu reduzieren. Für dieses Gesamtsystem werden jedoch eine erweiterte Steuerung und eine angepasste Software benötigt.

Diese zukünftigen Erweiterungen gehören nicht zum hier beschriebenen RIAA-Controller. Die vorliegende Anleitung behandelt ausschließlich den vollständigen Betrieb als eigenständiger Phono-Vorverstärker.

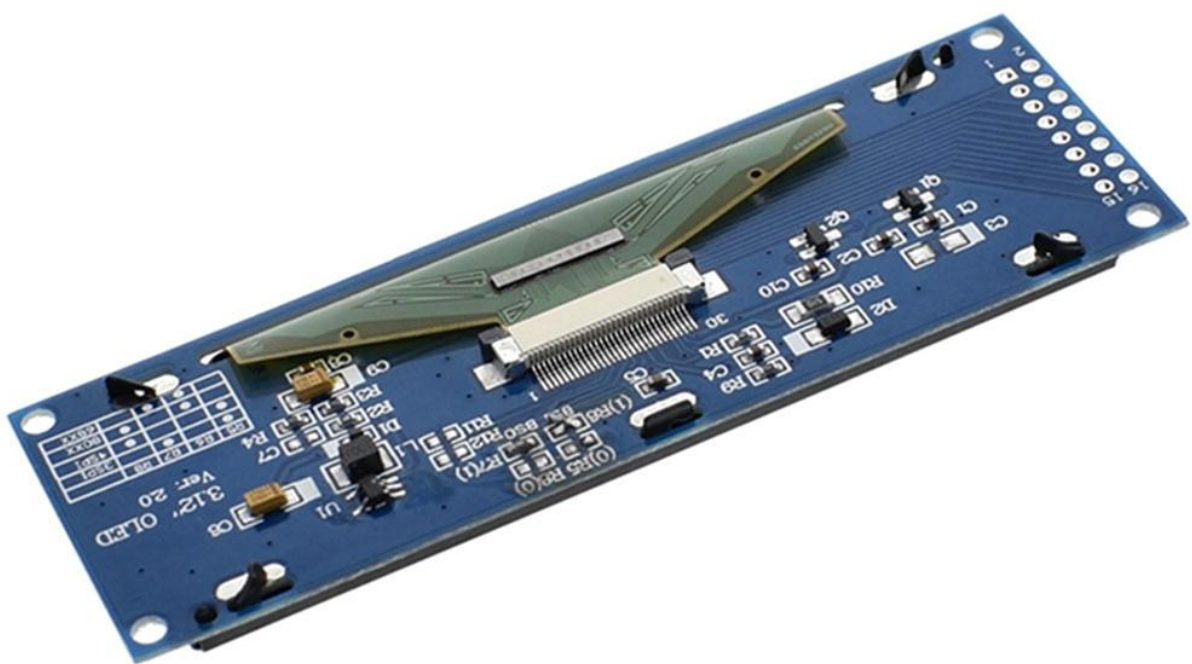
Eigenständiger Betrieb

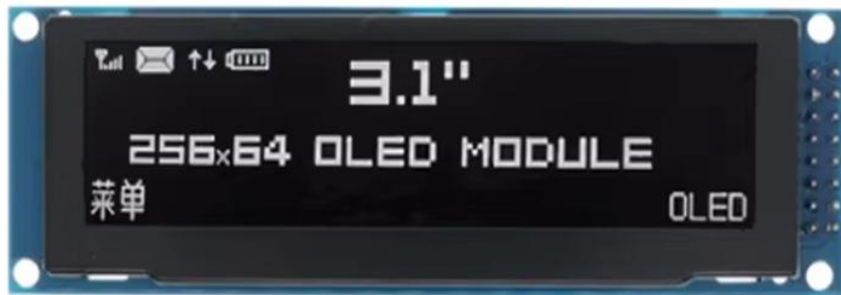
Der RIAA-Controller ist nicht auf die später geplanten Erweiterungen angewiesen. Er bildet bereits in der hier beschriebenen Ausführung einen vollständigen und hochwertigen MM-/MC-Phono-Vorverstärker.

Durch die sehr rauscharme und brummarme Schaltung, die flexible Anpassung an unterschiedliche Tonabnehmer und eine Gesamtverstärkung von bis zu 81 dB eignet sich das Gerät auch für besonders leise MC-Systeme. Bei sorgfältigem Aufbau, korrekter Masseführung und geeigneter Abschirmung kann die Schaltung technisch und klanglich problemlos mit hochwertigen Phono-Vorverstärkern der Oberklasse mithalten.



Menge	Wert	Device	Bauteile
4	100k	R-EU_0207/10	R1, R3, R4, R6
2	470k	R-EU_0207/10	R2, R5
4	0 μ 1	C-EU050-025X075	C1, C2, C6, C7
3	100n/63	C-EU050-025X075	C8, C9, C10
3	220/35	CPOL-EUE5-10.5	C3, C4, C5
2	1N4148	1N4148DO35-7	D1, D2
2		AK500/2	S1, S2
3		AK500/3	X1, X2, X3
1	EC11B-H	EC11B-H	U\$1
1	ESP32_DEV_V4	ESP32_DEV_V4	IC
1	WSL 16G - DSP	ML16	SV1
1	Leiterplatte	79.8 mm* 54.1 mm	Y224





**3.12inch SH1322 256X64 OLED White
with Soldering Pin Header**

Pin	Symbol	Function
1	VSS	Power supply ground
2	VCC_IN	Power positive
3	NC	Null
4	D0/CLK	Data line/Serial clock line
5	D1/DIN	Data Line/Serial Data Line
6	D3	data line
7	D3	data line
8	D4	data line
9	D5	data line
10	D6	data line
11	D7	data line
12	E/RD#	Enable/Read
13	R/W#	Read/Write
14	D/C#	Data/Command
15	RES#	Reset
16	CS#	Chip Selection

Wichtiger Hinweis zur Schnittstelleneinstellung des Displays

Das derzeit verwendete OLED-Display mit SSD1322-Controller ist bei der Auslieferung nicht automatisch für den benötigten SPI-Betrieb konfiguriert. Vor dem Anschluss an die ESP32-Controllerplatine muss daher die Schnittstellenkonfiguration des Displays überprüft und gegebenenfalls geändert werden.

Auf der Rückseite der Displayplatine befindet sich eine aufgedruckte Übersicht der möglichen Brückenbelegungen. Anhand dieser Kennzeichnung lässt sich erkennen, welche Lötbrücken beziehungsweise Widerstandspositionen für den jeweiligen Betriebsmodus vorgesehen sind.

Für die Umstellung auf den vom RIAA-Controller verwendeten SPI-Modus müssen zwei auf der Displayplatine bestückte SMD-0-Ω-Widerstände ausgelötet und entsprechend der aufgedruckten SPI-Konfiguration an den dafür vorgesehenen Positionen wieder eingesetzt werden.

Alternativ können die ausgelöteten 0- Ω -Widerstände durch kurze Drahtbrücken ersetzt werden. Elektrisch erfüllen beide Varianten die gleiche Funktion.

Dabei ist folgendermaßen vorzugehen:

1. Die auf der Rückseite des Displays aufgedruckte Brückentabelle kontrollieren.
2. Die beiden für die werkseitige Betriebsart eingesetzten SMD-0- Ω -Widerstände vorsichtig auslöten.
3. Die für den SPI-Modus gekennzeichneten Brückenpositionen schließen.
4. Hierzu entweder die zuvor entfernten 0- Ω -Widerstände wiederverwenden oder kurze Drahtbrücken einsetzen.
5. Anschließend alle Lötstellen auf Kurzschlüsse und unbeabsichtigte Lötbrücken kontrollieren.

Nach dieser Änderung arbeitet das Display im benötigten SPI-Modus und kann mit der ESP32-Controllerplatine verbunden werden.

Achtung: Das Display darf erst angeschlossen und eingeschaltet werden, nachdem die Brückenkonfiguration eindeutig kontrolliert wurde. Eine falsche Schnittstelleneinstellung führt in der Regel dazu, dass keine Anzeige erscheint oder das Display nicht auf die Steuersignale des ESP32 reagiert.

Da sich die Bezeichnungen und Positionen je nach Hersteller oder Leiterplattenversion unterscheiden können, sind für die Umrüstung immer die direkt auf der Rückseite des jeweiligen Displays aufgedruckten Angaben maßgeblich.

Steckverbinder zwischen Relais- und Verstärkerplatine ausrichten

Damit Relaisboard und Verstärkerplatine später spannungsfrei und exakt miteinander verbunden werden können, sollten die zusammengehörigen Steckverbinder nicht unabhängig voneinander eingelötet werden.

Bereits geringe Schiefstellungen können dazu führen, dass sich die beiden Leiterplatten nur schwer zusammenstecken lassen, die Kontakte mechanisch verspannt werden oder die Platinen nach dem Verschrauben nicht mehr parallel zueinander stehen.

Es wird daher empfohlen, die Steckverbinder beider Leiterplatten gemeinsam auszurichten.

Empfohlene Vorgehensweise

1. Die zusammengehörigen Stecker und Buchsen entsprechend dem Bestückungsdruck auf das Relaisboard und die Verstärkerplatine aufsetzen.
2. Zunächst an jedem Steckverbinder nur **einen einzigen Pin** mit wenig Lötzinn anlöten. Die übrigen Anschlüsse bleiben vorerst ungelötet.

3. Relaisboard und Verstärkerplatine vorsichtig zusammenstecken. Dabei kontrollieren, ob sämtliche Stifte ohne Kraftaufwand vollständig in die zugehörigen Buchsen geführt werden.
4. Die später benötigten Abstandshalter beziehungsweise Gewindebolzen zwischen den beiden Leiterplatten einsetzen und die Platinen leicht miteinander verschrauben.
5. Prüfen, ob beide Leiterplatten parallel zueinander stehen und die vorgesehenen Abstände überall gleichmäßig eingehalten werden.
6. Falls ein Steckverbinder noch nicht gerade sitzt, kann der zunächst angelötete einzelne Pin erneut erwärmt und der Stecker entsprechend ausgerichtet werden.
7. Erst wenn alle Steckverbindungen sauber ineinandergreifen und beide Leiterplatten exakt zueinander ausgerichtet sind, werden sämtliche Pins vollständig verlötet.
8. Nach dem Abkühlen können die Platinen wieder voneinander getrennt und die Lötstellen abschließend kontrolliert werden.

Die Abstandshalter dienen bei diesem Arbeitsschritt gleichzeitig als Montagelehre. Dadurch befinden sich die Leiterplatten bereits beim Einlöten in genau der Position, in der sie später auch im fertigen Gerät verschraubt werden.

Wichtig: Die beiden Leiterplatten dürfen beim Zusammenstecken nicht gegeneinander gedrückt oder verspannt werden. Lassen sich die Steckverbinder nur mit größerem Kraftaufwand verbinden, muss die Ausrichtung vor dem vollständigen Verlöten korrigiert werden.

Durch dieses Verfahren passen die Steckverbinder später exakt zueinander. Gleichzeitig werden unnötige mechanische Belastungen auf die Lötstellen, Kontaktstifte und Leiterplatten vermieden.

2. Bestückung und Prüfung des Relaisboards

Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme der ESP32-Controllerplatine wird als nächste Baugruppe das Relaisboard aufgebaut. Es bildet die Verbindung zwischen der digitalen Steuerung und der analogen RIAA-Entzerrerschaltung.

Über das Relaisboard werden sämtliche für die Anpassung des Tonabnehmers erforderlichen Bauteile geschaltet. Dazu gehören insbesondere:

- die Eingangskapazitäten von **47 pF, 100 pF, 220 pF und 330 pF**,
- die Abschlusswiderstände für MM- und MC-Systeme,
- die Widerstände zur Einstellung der ersten Verstärkerstufe,
- die Widerstände zur Einstellung der zweiten Verstärkerstufe.

Die Umschaltung erfolgt mit insgesamt **14 bistabilen Relais**. Jedes Relais besitzt eine Set- und eine Reset-Spule. Es benötigt daher nur während des eigentlichen Umschaltvorgangs einen kurzen Stromimpuls. Nach dem Schalten bleibt das Relais ohne weitere Spulenversorgung in seiner zuletzt gewählten Stellung.

Das reduziert die Stromaufnahme und vermeidet eine dauerhafte Erwärmung der Relaisspulen in unmittelbarer Nähe der empfindlichen Audioschaltung.

Aufbau der Relaisansteuerung

Die Steuerdaten werden seriell vom ESP32 an mehrere **74HC595-Schieberegister** übertragen. Die Schieberegister stellen die benötigten Steuersignale für die einzelnen Set- und Reset-Spulen bereit.

Da die Ausgänge der 74HC595 die Relaisspulen nicht direkt treiben können, befinden sich zwischen den Schieberegistern und den Relais zusätzliche Treiberstufen. Diese übernehmen den erforderlichen Spulenstrom und schützen gleichzeitig die Logikausgänge.

Die Relais werden von der Software immer nur kurz angesteuert. Eine dauerhafte Ansteuerung einer Relaisspule ist weder erforderlich noch vorgesehen.

Die auf der Platine angeordneten Abblockkondensatoren stabilisieren die Versorgung der Logik- und Treiberbausteine. Sie sollten möglichst dicht an den jeweils vorgesehenen Positionen eingelötet werden.

Doppelseitige Bestückung beachten

Das Relaisboard wird **auf beiden Seiten der Leiterplatte bestückt**. Es ist deshalb besonders wichtig, beim Einsetzen der Bauteile genau auf den Bestückungsdruck der jeweiligen Platinenseite zu achten.

Nicht alle Bauteile befinden sich auf derselben Seite. Je nach Bauteilgruppe können unter anderem Relais, Widerstände, Kondensatoren, ICs oder Steckverbinder auf der Vorder- oder Rückseite vorgesehen sein.

Da in der technischen Dokumentation beziehungsweise in einer einzelnen Abbildung möglicherweise nur eine Seite der Platine vollständig dargestellt werden kann, ist für die tatsächliche Bestückung immer der direkt auf der Leiterplatte vorhandene Bestückungsdruck maßgeblich.

Vor dem Einlöten sollte daher bei jedem Bauteil kontrolliert werden:

- auf welcher Platinenseite es eingesetzt wird,
- welche Bauteilbezeichnung daneben aufgedruckt ist,
- ob die Einbaurichtung vorgegeben ist,
- ob das Bauteil später ein anderes Bauteil auf der Gegenseite verdeckt,

- ob ausreichend Platz für das spätere Löten der gegenüberliegenden Seite bleibt.

Besonders bei den ICs ist auf die Markierung von Pin 1 beziehungsweise auf die Kerbe des Gehäuses zu achten. Auch die Relais müssen entsprechend der Gehäusemarkierung und des Bestückungsdrucks korrekt ausgerichtet werden.

Eine falsch herum eingesetzte integrierte Schaltung kann bei der ersten Inbetriebnahme beschädigt werden. Ein verdreht eingesetztes Relais kann dagegen zu einer falschen Zuordnung der Set- und Reset-Spulen oder der Schaltkontakte führen.

Empfohlene Bestückungsreihenfolge

Auch beim Relaisboard sollte grundsätzlich mit den flachsten Bauteilen begonnen werden. Eine sinnvolle Reihenfolge ist:

1. Widerstände und Drahtbrücken,
2. kleine Keramik- und Folienkondensatoren,
3. IC-Fassungen beziehungsweise Logik- und Treiberbausteine,
4. Stiftleisten und Steckverbinder,
5. größere Kondensatoren,
6. Relais,
7. Bauteile auf der gegenüberliegenden Platinenseite.

Bei der doppelseitigen Bestückung sollte zwischendurch immer geprüft werden, ob bereits eingelötete Bauteile den Zugang zu Lötstellen auf der anderen Seite behindern.

Nach Abschluss der Bestückung ist die gesamte Platine sorgfältig auf Lötbrücken, kalte Lötstellen und nicht vollständig verlötete Anschlüsse zu kontrollieren. Das gilt besonders für die eng beieinanderliegenden Anschlüsse der Schieberegister und Treiberbausteine.

Relaisboard zunächst ohne Audioschaltung prüfen

Das Relaisboard sollte vor der Verbindung mit der eigentlichen RIAA-Entzerrerplatine separat geprüft werden. Dazu wird es zunächst lediglich mit der bereits getesteten ESP32-Controllerplatine und der erforderlichen Versorgungsspannung verbunden.

Die empfindlichen Ein- und Ausgänge der RIAA-Schaltung bleiben bei dieser ersten Prüfung noch unbeschaltet.

Dadurch lässt sich eindeutig feststellen, ob:

- die Steuerdaten korrekt übertragen werden,
- alle Schieberegister arbeiten,
- die Treiberstufen funktionieren,

- jede Set- und Reset-Spule angesteuert wird,
- sämtliche Relais zuverlässig umschalten,
- die Relaiskontakte tatsächlich Durchgang herstellen.

Softwaregestützter Relais test

In der Software ist eine Prüfmöglichkeit für das Relaisboard vorgesehen. Im Relais-Testmodus werden die Relais nacheinander einzeln angesteuert.

Die Relais werden dabei in einer festgelegten Reihenfolge von **Relais 1 bis Relais 14** geschaltet. So kann jedes Relais eindeutig seiner Ansteuerung und seinen Kontakten zugeordnet werden.

Beim Umschalten sollte jeweils ein deutliches, wenn auch relativ leises Klickgeräusch zu hören sein. Das Klickgeräusch allein reicht jedoch noch nicht als vollständiger Funktionstest aus. Zusätzlich sollten die Schaltkontakte mit einem Multimeter überprüft werden.

Prüfung der Kontakte mit dem Multimeter

Für die Durchgangsprüfung wird das Multimeter auf Widerstands- oder Durchgangsmessung eingestellt.

Ein besonders sicherer Prüfablauf ist:

1. Das gewünschte Relais im Software-Testmodus schalten.
2. Kontrollieren, ob ein Schaltgeräusch hörbar ist.
3. Die Versorgung des Relaisboards ausschalten.
4. Den Durchgang an den zugehörigen Relaiskontakten messen.
5. Die Versorgung wieder einschalten und das Relais in die Gegenstellung schalten.
6. Erneut ausschalten und die Kontakte nochmals prüfen.

Da es sich um bistabile Relais handelt, bleibt die zuletzt eingestellte Schaltstellung auch nach dem Ausschalten der Versorgung erhalten. Dadurch können die Kontakte gefahrlos mit dem Ohmmeter geprüft werden, ohne dass gleichzeitig eine Spannung an der Schaltung anliegt.

Je nach Relaisstellung muss der entsprechende Kontakt entweder nahezu keinen Widerstand aufweisen oder vollständig geöffnet sein. Ein geringer Kontaktwiderstand im Bereich der Messleitungen und Relaiskontakte ist normal.

Zeigt ein Kontakt in beiden Relaisstellungen dauerhaft Durchgang oder bleibt in beiden Stellungen offen, müssen insbesondere folgende Punkte kontrolliert werden:

- richtige Einbaurichtung des Relais,
- Zuordnung von Set- und Reset-Spule,

- Lötstellen am Relais,
- Verbindung zwischen Treiberbaustein und Relaispule,
- Leiterbahn beziehungsweise Durchkontaktierung,
- Zuordnung des Relais in der Software.

Zuordnung der Schaltfunktionen

Anhand des Schaltplans kann während des Tests nachvollzogen werden, welche Funktion das jeweils geschaltete Relais übernimmt. Die Relais schalten unter anderem die vier Eingangskapazitäten, die Abschlusswiderstände und die Widerstandskombinationen der beiden Verstärkerstufen.

Bei der Prüfung kann daher nicht nur der reine Relaiskontakt gemessen werden. Es lässt sich zusätzlich kontrollieren, ob der jeweils vorgesehene Widerstand oder Kondensator tatsächlich in den entsprechenden Schaltungspfad eingeschaltet wird.

Bei Widerständen kann der geschaltete Wert direkt mit dem Multimeter überprüft werden. Bei Kondensatoren ist dafür ein Multimeter mit Kapazitätsmessung oder ein geeignetes LCR-Messgerät erforderlich.

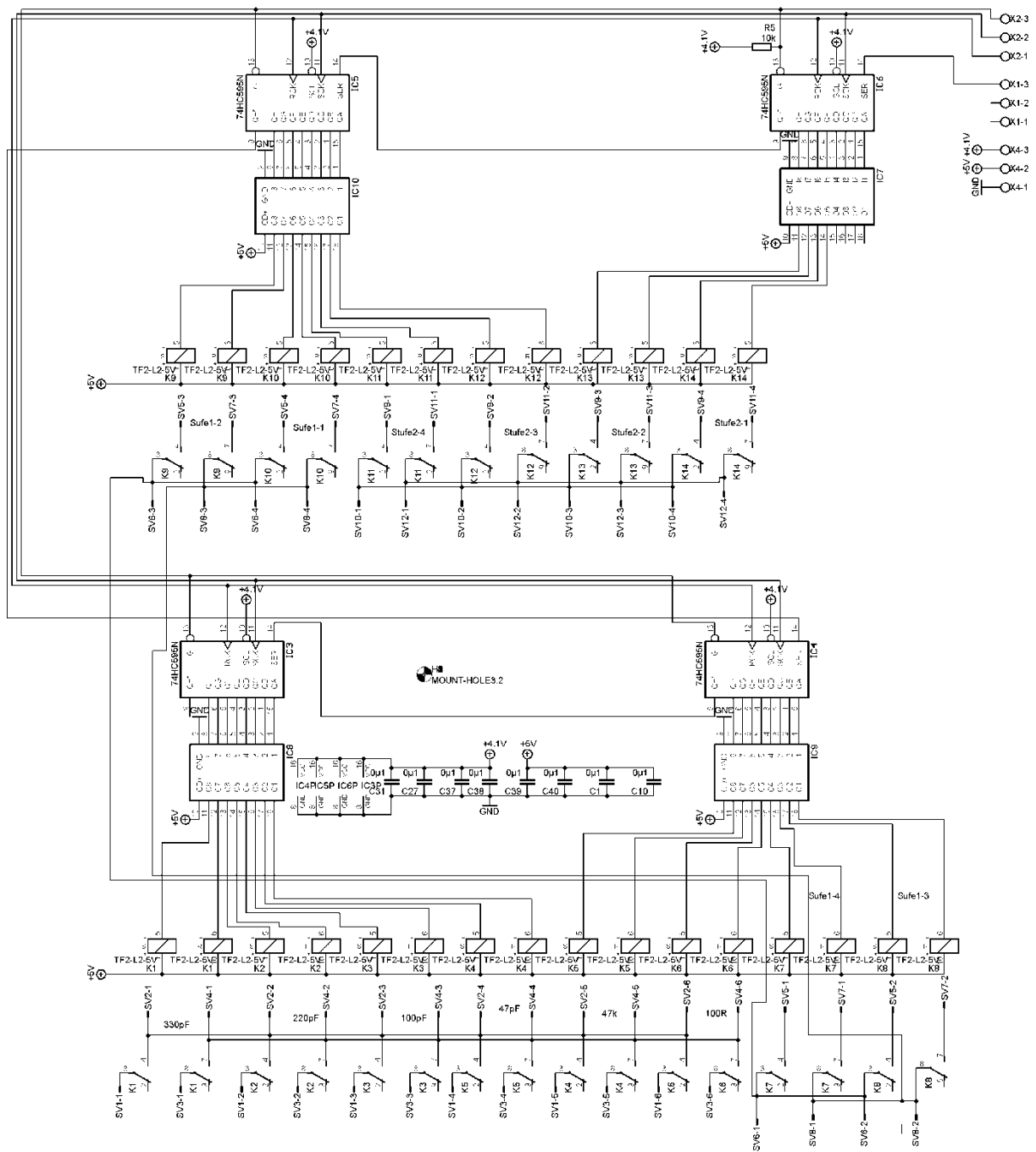
Dabei ist zu berücksichtigen, dass parallel vorhandene Schaltungsteile das Messergebnis beeinflussen können. Für eine eindeutige Einzelmessung sollte das Relaisboard deshalb noch nicht mit der vollständigen RIAA-Schaltung verbunden sein.

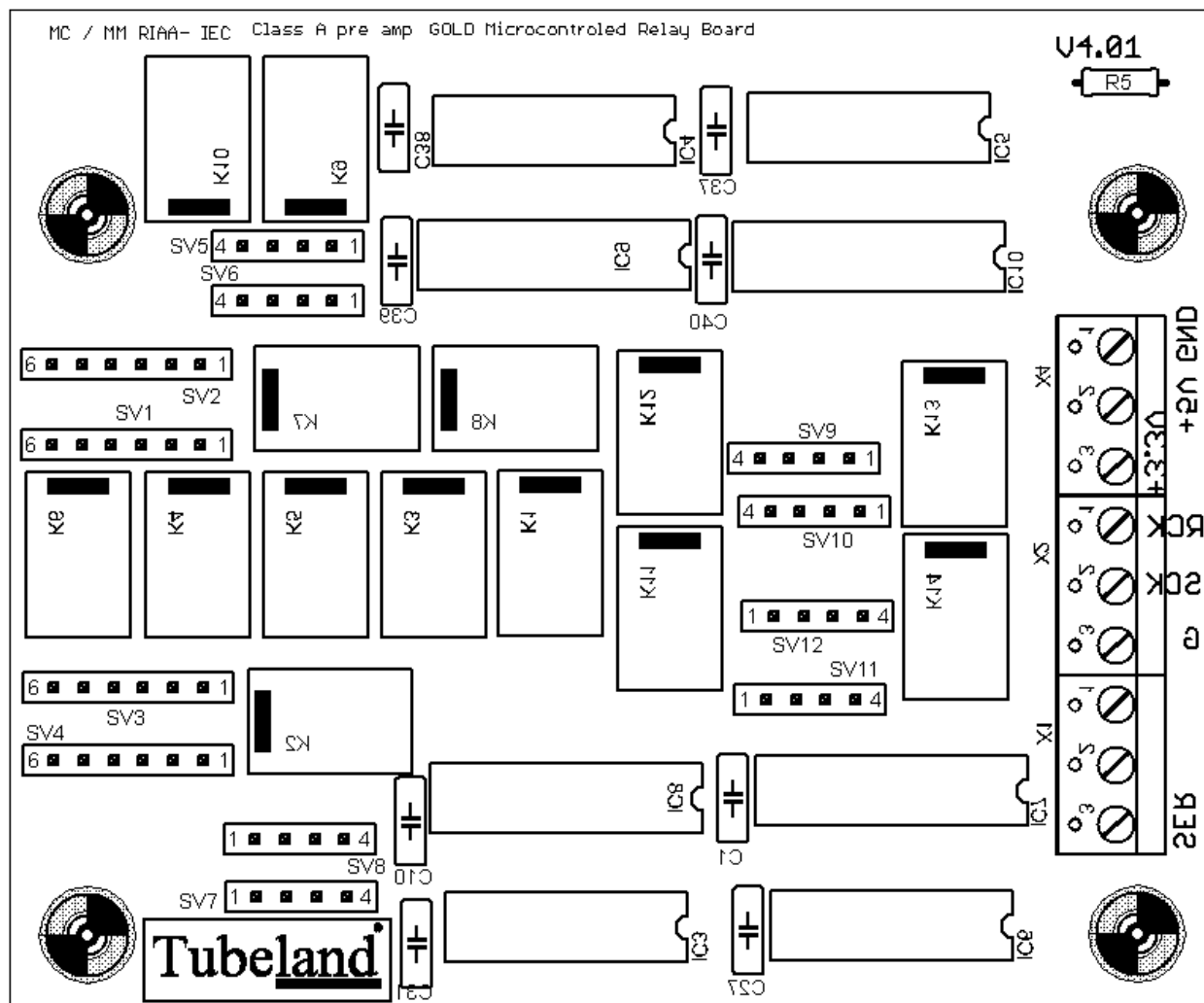
Abschluss der Prüfung

Das Relaisboard gilt als geprüft, wenn:

- alle 14 Relais einzeln über die Software angesprochen werden können,
- jedes Relais sowohl in die Set- als auch in die Reset-Stellung schaltet,
- die Schaltstellung nach dem Abschalten erhalten bleibt,
- die zugehörigen Kontakte korrekt öffnen und schließen,
- keine Relaispule dauerhaft angesteuert oder ungewöhnlich warm wird,
- die geschalteten Widerstände und Kapazitäten richtig zugeordnet sind.

Erst nach dieser vollständigen Funktionsprüfung sollte das Relaisboard mit der analogen RIAA-Entzerrerplatine verbunden werden. Durch die getrennte Prüfung werden Fehler in der späteren Gesamtbetriebnahme erheblich leichter eingegrenzt.





Menge	Wert	Device	Bauteile
1	10k	R-EU_0207/7	R5
8		S04P	SV5, SV6, SV7, SV8, SV9, SV10, SV11, SV12
4		S06P	SV1, SV2, SV3, SV4
4		ULN2803A	IC7, IC8, IC9, IC10
3		W237-103	X1, X2, X4
8	0μ1	C-EU050-025X075	C1, C10, C27, C31, C37, C38, C39, C40
4	74HC595N	74HC595N	IC3, IC4, IC5, IC6
14	AZ850P2-5	TF2-L2-5V	K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12, K13, K14
1	Leiterplatte	Y221	100.6 mm* 83.8 mm

3. Bestückung und Funktion der RIAA-Verstärkerplatine

Bei der eigentlichen RIAA-Verstärkerschaltung handelt es sich um eine bereits seit längerer Zeit erprobte und bewährte Schaltung. Der grundsätzliche analoge Aufbau wurde beibehalten, da sich die Schaltung durch ihr sehr geringes Eigenrauschen, ihre hohe Brummfestigkeit und ihre gute Klangqualität ausgezeichnet hat.

Die wesentliche Änderung gegenüber der bisherigen Ausführung betrifft die Umschaltung der verschiedenen Betriebsparameter. In der ursprünglichen Version wurden Eingangswiderstand, Eingangskapazität und Verstärkung direkt über DIP-Schalter eingestellt. Bei der neuen Controller-Ausführung übernehmen bistabile Relais diese Aufgabe.

Die entsprechenden Schalterpunkte werden deshalb nicht mehr von fest auf der Verstärkerplatine montierten DIP-Schaltern bedient, sondern über Steckverbinder zum Relaisboard geführt. Die Relaiskontakte übernehmen dort exakt die Funktion der früheren Schalter.

Dadurch bleibt der eigentliche analoge Signalweg weitgehend unverändert, während sämtliche Einstellungen komfortabel über den ESP32-Controller vorgenommen und in Systemprofilen gespeichert werden können.

Zweikanaliger, vollständig diskreter Aufbau

Die Verstärkerplatine enthält zwei weitgehend identisch aufgebaute Audiokanäle für den linken und rechten Stereokanal. Jeder Kanal besteht aus zwei hintereinandergeschalteten, diskret aufgebauten Verstärkerstufen.

Als aktive Bauteile werden rauscharme komplementäre Transistoren der Typen

- **ZTX851 als NPN-Transistor** und
- **ZTX951 als PNP-Transistor**

verwendet.

Die komplementäre Schaltungsstruktur ermöglicht eine symmetrische Signalverarbeitung und eine hohe Aussteuerbarkeit. Gleichzeitig arbeitet die Schaltung ohne integrierte Operationsverstärker. Die Verstärkung und die RIAA-Entzerrung werden vollständig mit diskreten Transistorstufen und passiven Bauteilen realisiert.

Beide Kanäle sollten möglichst gleichmäßig bestückt werden. Besonders die Bauteile des RIAA-Entzerrnetzwerks sollten in beiden Kanälen die gleichen Werte und möglichst geringe Toleranzen besitzen.

Eingangsanpassung für MM- und MC-Systeme

Direkt am Eingang befindet sich die Anpassung an das verwendete Tonabnehmersystem. Je nach gewähltem Profil schaltet das Relaisboard den passenden Abschlusswiderstand und die gewünschte Eingangskapazität zu.

Für die beiden grundsätzlichen Betriebsarten sind vorgesehen:

- **47 k Ω für MM-Tonabnehmersysteme**
- **100 Ω für MC-Tonabnehmersysteme**

Zusätzlich können am Eingang verschiedene Kapazitäten zugeschaltet werden:

- 47 pF,
- 100 pF,
- 220 pF,
- 330 pF.

Die Kapazitäten können abhängig von der Softwareeinstellung einzeln beziehungsweise in Kombination geschaltet werden. Dadurch lässt sich insbesondere bei MM-Systemen die gesamte Eingangskapazität an die Herstellerempfehlung des Tonabnehmers anpassen.

Bei der Berechnung der wirksamen Gesamtkapazität müssen zusätzlich die Kapazität des Tonarmkabels, der Anschlussleitungen und der internen Verdrahtung berücksichtigt werden.

Bei MC-Systemen steht in erster Linie der richtige Abschlusswiderstand und die passende Verstärkung im Vordergrund.

Relaisanschlüsse anstelle der DIP-Schalter

Im Schaltplan sind die zum Relaisboard führenden Anschlüsse mit Bezeichnungen wie beispielsweise

- SW1 und SW2,
- SW5 und SW6,
- SW9 und SW10

für den ersten Kanal sowie mit den entsprechenden weiteren Schaltergruppen für den zweiten Kanal gekennzeichnet.

Diese Anschlüsse stellen die einzelnen Schaltkontakte dar, die in der älteren Ausführung direkt über DIP-Schalter verbunden wurden. In der neuen Version werden sie über die Steckverbinder mit den Kontakten der bistabilen Relais verbunden.

Die Relais übernehmen damit unter anderem folgende Aufgaben:

- Umschaltung zwischen MM und MC,
- Zuschaltung der Eingangskapazitäten,

- Einstellung der Verstärkung der ersten Stufe,
- Einstellung der Verstärkung der zweiten Stufe.

Die Kontaktbelegung muss genau entsprechend dem Schaltplan und dem Bestückungsdruck erfolgen. Eine vertauschte Verbindung führt zwar nicht zwangsläufig zu einer Beschädigung, kann jedoch dazu führen, dass der im Display angezeigte Wert nicht mit der tatsächlich geschalteten Einstellung übereinstimmt.

Erste Verstärkerstufe

Die erste Verstärkerstufe übernimmt die besonders kritische Vorverstärkung des sehr kleinen Tonabnehmersignals. Gerade bei MC-Systemen liegt das Eingangssignal häufig nur im Bereich weniger hundert Mikrovolt.

Deshalb ist diese Stufe besonders rauscharm ausgelegt. Die Eingangstransistoren und die nachfolgenden Verstärkertransistoren bilden einen komplementären, gegengekoppelten Verstärkerzug.

Die Verstärkung wird über das Gegenkopplungsnetzwerk eingestellt. Im ersten Kanal gehören hierzu unter anderem der Rückkopplungswiderstand **R8 mit 47 kΩ** und die über Relais wählbaren Widerstände:

- 82 kΩ,
- 22 kΩ,
- 4,7 kΩ,
- 560 Ω.

Im zweiten Kanal ist die gleiche Widerstandskombination mit den entsprechenden Bauteilbezeichnungen vorhanden.

Durch die Wahl unterschiedlicher Gegenkopplungswiderstände kann die Verstärkung in mehreren Stufen eingestellt werden. Damit lässt sich die Schaltung sowohl an relativ kräftige MM-Systeme als auch an sehr leise MC-Tonabnehmer anpassen.

Die Umschaltung erfolgt nicht im laufenden Signalweg durch elektronische Halbleiterschalter, sondern über mechanische Relaiskontakte. Dadurch werden zusätzliche Verzerrungen und unerwünschte Halbleitereffekte an den empfindlichen Schaltpunkten vermieden.

Frequenzstabilisierung

Die kleinen Kondensatoren mit **47 pF** innerhalb der Verstärkerstufen dienen nicht der eigentlichen RIAA-Entzerrung. Sie sorgen für die erforderliche Hochfrequenzkompensation und verhindern ein unerwünschtes Schwingen der Verstärkerstufen.

Diese Kondensatoren müssen mit den im Schaltplan angegebenen Werten bestückt werden. Deutlich abweichende Werte können die Stabilität oder den Hochtonfrequenzgang beeinflussen.

Kopplung zwischen den Verstärkerstufen

Das Ausgangssignal der ersten Verstärkerstufe wird über einen Koppelkondensator von **1,5 μF** an die zweite Stufe weitergeleitet.

Der Koppelkondensator trennt die Gleichspannungsarbeitspunkte der beiden Verstärkerstufen voneinander. Dadurch kann jede Stufe mit ihrem vorgesehenen Arbeitspunkt betrieben werden, ohne dass sich Gleichspannungsabweichungen der ersten Stufe unmittelbar auf die zweite Stufe übertragen.

Der zum Koppelkondensator gehörende Widerstand von **47 k Ω** stellt gleichzeitig einen definierten Gleichstrombezug für den Eingang der folgenden Stufe her.

Für diese Position sollte der in der Stückliste vorgesehene Kondensatortyp verwendet werden. Da sich der Kondensator unmittelbar im Signalweg befindet, sollte hier kein ungeeigneter Kondensator mit hohen Verlusten eingesetzt werden.

Zweite Verstärker- und RIAA-Entzerrerstufe

Die zweite Verstärkerstufe übernimmt sowohl eine weitere Signalverstärkung als auch die eigentliche RIAA-Frequenzgangkorrektur.

Bei der Herstellung einer Schallplatte werden die tiefen Frequenzen abgesenkt und die hohen Frequenzen angehoben. Dies ist erforderlich, um die Auslenkung der Plattenrinne zu begrenzen und gleichzeitig das Verhältnis zwischen Nutzsignal und Oberflächenrauschen zu verbessern.

Bei der Wiedergabe muss dieser Frequenzgang wieder spiegelbildlich korrigiert werden:

- tiefe Frequenzen werden entsprechend angehoben,
- mittlere Frequenzen folgen dem festgelegten Verlauf,
- hohe Frequenzen werden entsprechend abgesenkt.

Diese Korrektur erfolgt durch das frequenzabhängige Gegenkopplungsnetzwerk der zweiten Verstärkerstufe.

Im ersten Kanal wird dieses Netzwerk unter anderem aus folgenden Bauteilen gebildet:

- R9 mit 150 k Ω ,
- R17 mit 12 k Ω ,
- C3 und C8 mit jeweils 3,3 nF,
- C4 und C9 mit jeweils 10 nF.

Im zweiten Kanal ist das gleiche Netzwerk mit den entsprechenden Bauteilbezeichnungen vorhanden.

Die Bauteilwerte dieses Netzwerks bestimmen maßgeblich die Genauigkeit der RIAA-Kennlinie. Deshalb sollten hier ausschließlich die vorgesehenen Werte und Toleranzen verwendet werden.

Insbesondere die Kondensatoren des Entzerrnetzwerks sollten:

- eine geringe Toleranz besitzen,
- langzeitstabil sein,
- in beiden Kanälen möglichst gut übereinstimmen.

Abweichungen zwischen den beiden Kanälen können zu unterschiedlichen Frequenzgängen und damit zu einer Verschiebung des Stereobildes führen.

Verstärkung der zweiten Stufe

Auch die Verstärkung der zweiten Stufe kann über Relais angepasst werden. Im Schaltplan sind hierfür Widerstände mit folgenden Werten vorgesehen:

- 22 k Ω ,
- 4,7 k Ω ,
- 1 k Ω ,
- 120 Ω .

Durch die Kombination der Verstärkung beider Stufen wird der große Gesamtverstärkungsbereich des RIAA-Controllers erreicht. Damit können sowohl MM-Systeme mit vergleichsweise hoher Ausgangsspannung als auch sehr leise MC-Systeme betrieben werden.

Je nach gewählter Einstellung ist eine Gesamtverstärkung von bis zu etwa **81 dB** möglich.

Ausgangsstufe und Ausgangskopplung

Das entzerrte und verstärkte Audiosignal wird am Ausgang jeder Kanalstufe über einen Koppelkondensator von **470 nF** ausgegeben.

Dieser Kondensator verhindert, dass eine eventuell vorhandene Gleichspannung der Verstärkerstufe an den nachfolgenden Vorverstärker oder Verstärkereingang gelangt.

Die Ausgangsanschlüsse sind im Schaltplan mit **OUT** beziehungsweise den entsprechenden Steckverbinderbezeichnungen gekennzeichnet. Für beide Kanäle steht außerdem eine gemeinsame Masseverbindung zur Verfügung.

Die Ausgangsleitungen sollten möglichst kurz gehalten und abgeschirmt ausgeführt werden. Die Abschirmung sollte entsprechend dem Massekonzept des Gesamtgerätes angeschlossen werden, damit keine zusätzliche Brummschleife entsteht.

Anpassung des Ausgangskoppelkondensators

Die Ausgangskoppelkondensatoren mit **470 nF** sind für eine Eingangsimpedanz des nachfolgenden Gerätes von etwa **47 kΩ** ausgelegt. Zusammen mit dieser Eingangsimpedanz ergibt sich eine untere Grenzfrequenz von ungefähr **7 Hz**, sodass der hörbare Tieftonbereich praktisch nicht beeinflusst wird.

Besitzt der nachfolgende Vorverstärker oder Verstärkereingang dagegen nur eine Eingangsimpedanz von **10 kΩ**, ergibt sich mit 470 nF eine untere Grenzfrequenz von etwa **34 Hz**. Dadurch kann der tiefe Bass hörbar abgeschwächt werden und die Wiedergabe dünn beziehungsweise „blechig“ wirken.

Für den Betrieb an einem 10-kΩ-Eingang sollte der Ausgangskoppelkondensator daher von **470 nF auf mindestens 2,2 μF** erhöht werden. Mit 2,2 μF ergibt sich wieder eine untere Grenzfrequenz von ungefähr **7 Hz**.

Empfohlener Wert:

- bei 47 kΩ Eingangsimpedanz: **470 nF**
- bei 10 kΩ Eingangsimpedanz: **2,2 μF**

Versorgung und Entkopplung

Die RIAA-Verstärkerplatine arbeitet mit einer symmetrischen Betriebsspannung. Die beiden Versorgungsschienen werden auf der Platine zusätzlich lokal entkoppelt.

Hierzu befinden sich unter anderem:

- Serienwiderstände von 15 Ω,
- Elektrolytkondensatoren mit 47 μF,
- lokale Abblock- und Stabilisierungskondensatoren

in den Versorgungspfaden.

Diese Entkopplung verhindert, dass Stromänderungen einer Verstärkerstufe über die Versorgungsschienen in die andere Stufe oder in den zweiten Kanal einkoppeln.

Die Widerstände und Entkopplungskondensatoren bilden lokale RC-Filter. Dadurch wird die Versorgung der empfindlichen Verstärkerzüge zusätzlich geglättet und von hochfrequenten Störungen befreit.

Wichtige Hinweise zur Bestückung

Die RIAA-Verstärkerplatine sollte ebenfalls von den flachsten zu den höchsten Bauteilen bestückt werden. Eine zweckmäßige Reihenfolge ist:

1. Widerstände,
2. kleine Keramik- und Folienkondensatoren,
3. Transistoren,
4. bipolare Elektrolytkondensatoren,
5. polarisierte Elektrolytkondensatoren,
6. Steckverbinder,
7. größere mechanische Bauteile.

Transistoren

Bei den Transistoren ist genau auf den Bestückungsdruck und die richtige Zuordnung von ZTX851 und ZTX951 zu achten.

Die Anschlussfolge darf nicht von optisch ähnlichen Transistortypen übernommen werden. Bei Verwendung eines Ersatztyps muss zuvor unbedingt dessen Pinbelegung kontrolliert werden.

Ein vertauschter NPN- und PNP-Transistor oder eine falsche Anschlussbelegung kann zur Fehlfunktion und unter Umständen zur Beschädigung weiterer Bauteile führen.

Bipolare Elektrolytkondensatoren

Die im Schaltplan mit **BIP** bezeichneten 47- μ F-Kondensatoren sind bipolare beziehungsweise ungepolte Elektrolytkondensatoren.

Diese Positionen dürfen nicht versehentlich mit gewöhnlichen polarisierten Elektrolytkondensatoren bestückt werden. Maßgeblich sind der Bestückungsdruck, der Schaltplan und die Stückliste.

Polarisierte Elektrolytkondensatoren

Die Kondensatoren der Versorgungsentkopplung sind dagegen polarisierte Elektrolytkondensatoren. Bei diesen Bauteilen muss die auf der Leiterplatte angegebene Polarität genau eingehalten werden.

Da eine symmetrische Versorgung verwendet wird, zeigt die Polarität der Kondensatoren an der negativen Versorgungsschiene nicht zwangsläufig in die gleiche Richtung wie bei der positiven Versorgungsschiene.

RIAA-Bauteile nicht vertauschen

Die Kondensatoren mit 3,3 nF und 10 nF sowie die dazugehörigen Widerstände sollten vor dem Einlöten nochmals gemessen beziehungsweise anhand ihrer Beschriftung kontrolliert werden.

Eine Verwechslung dieser Bauteile kann dazu führen, dass die Schaltung zwar grundsätzlich arbeitet, der Frequenzgang jedoch nicht mehr der RIAA-Norm entspricht.

Reinigung der Platine

Nach der Bestückung sollten Flussmittelreste besonders im Eingangsbereich und rund um die hochohmigen Gegenkopplungsnetzwerke sorgfältig entfernt werden.

Verunreinigungen können bei sehr hohen Verstärkungen Kriechströme, zusätzliches Rauschen oder eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Brummeinstreuungen verursachen.

Anschließend sollte die Platine vollständig trocknen, bevor sie mit Spannung versorgt wird.

Prüfung vor der ersten Inbetriebnahme

Vor dem Verbinden mit dem Relaisboard und dem Netzteil sind mindestens folgende Kontrollen durchzuführen:

- Stimmen alle Widerstandswerte mit der Stückliste überein?
- Sind ZTX851 und ZTX951 an den richtigen Positionen eingesetzt?
- Sind alle Transistoren korrekt ausgerichtet?
- Sind die bipolaren Kondensatoren an den dafür vorgesehenen Positionen eingesetzt?
- Stimmt die Polarität aller Versorgungselektrolytkondensatoren?
- Sind die RIAA-Kondensatoren mit 3,3 nF und 10 nF richtig zugeordnet?
- Sind keine Lötbrücken zwischen benachbarten Anschlüssen vorhanden?
- Besteht kein Kurzschluss zwischen positiver Versorgung, Masse und negativer Versorgung?
- Sind die Steckverbinder exakt mit dem Relaisboard ausgerichtet?

Erst nach dieser Kontrolle sollten Verstärkerplatine und Relaisboard zusammengesteckt und über die vorgesehenen Abstandshalter miteinander verschraubt werden.

Bewährte Analogschaltung mit moderner Steuerung

Die neue Ausführung verändert nicht das bewährte Grundprinzip der RIAA-Verstärkerschaltung. Die bisher manuell betätigten DIP-Schalter werden lediglich durch hochwertige bistabile Relais ersetzt.

Damit werden die Vorteile der ursprünglichen Analogschaltung beibehalten:

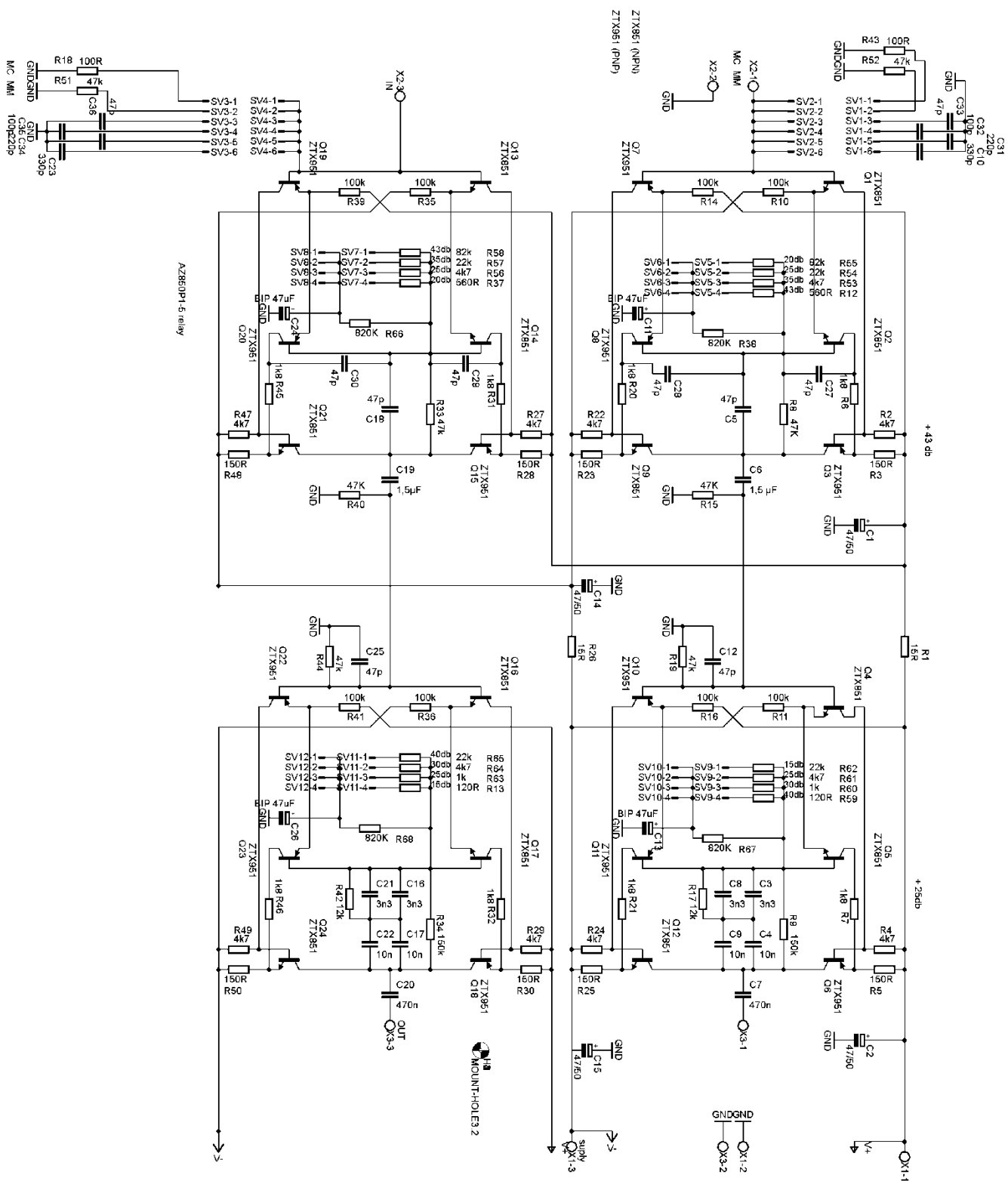
- sehr geringes Eigenrauschen,

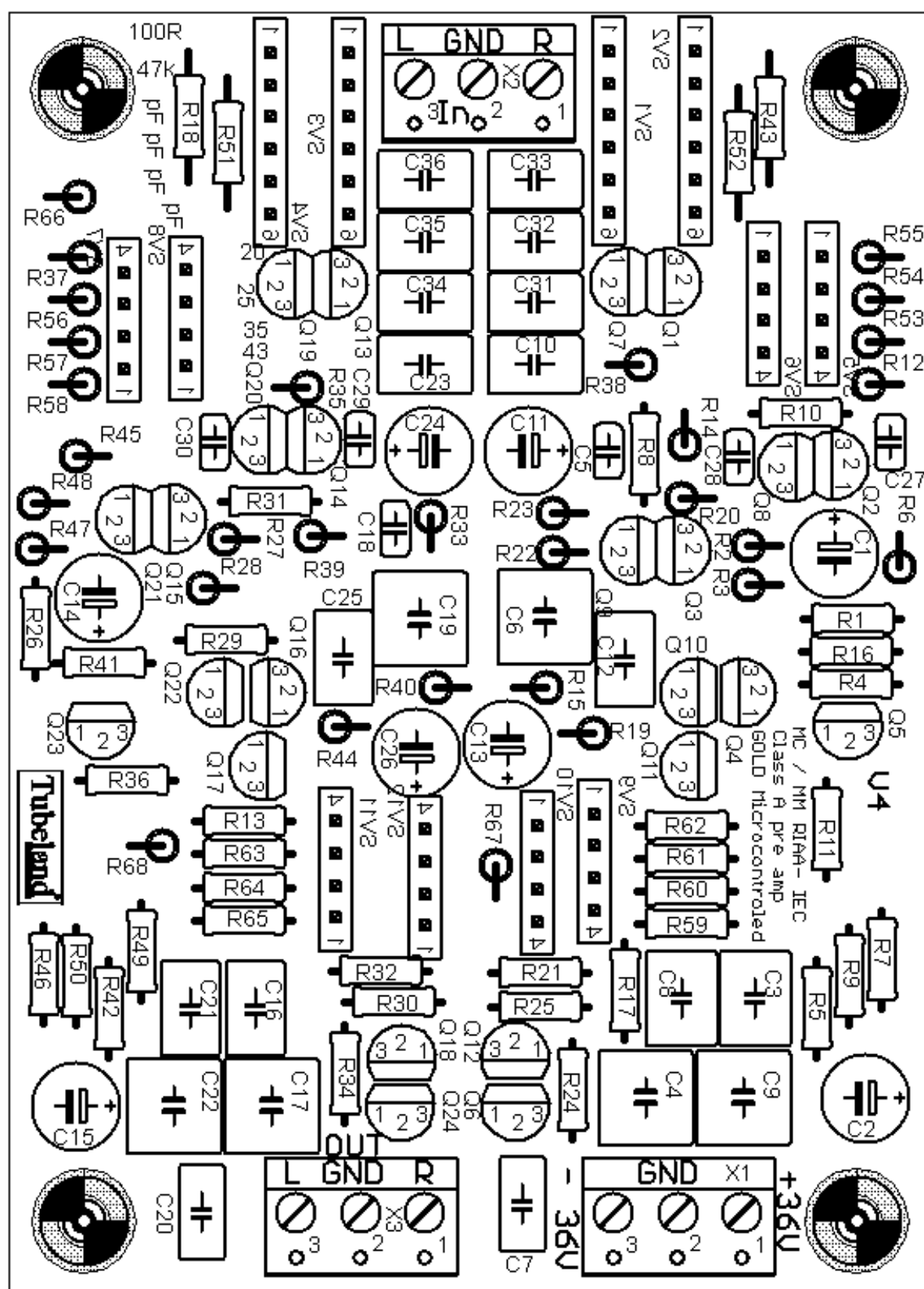
- sehr geringe Brummempfindlichkeit,
- hohe Verstärkungsreserve,
- präzise RIAA-Entzerrung,
- vollständig diskreter Aufbau,
- Eignung für MM- und MC-Systeme.

Hinzu kommen die Möglichkeiten der modernen Controllersteuerung:

- komfortable Einstellung über Display und Drehencoder,
- automatische Relaisumschaltung,
- speicherbare Tonabnehmerprofile,
- reproduzierbare Einstellungen,
- schneller Wechsel zwischen unterschiedlichen Systemen.

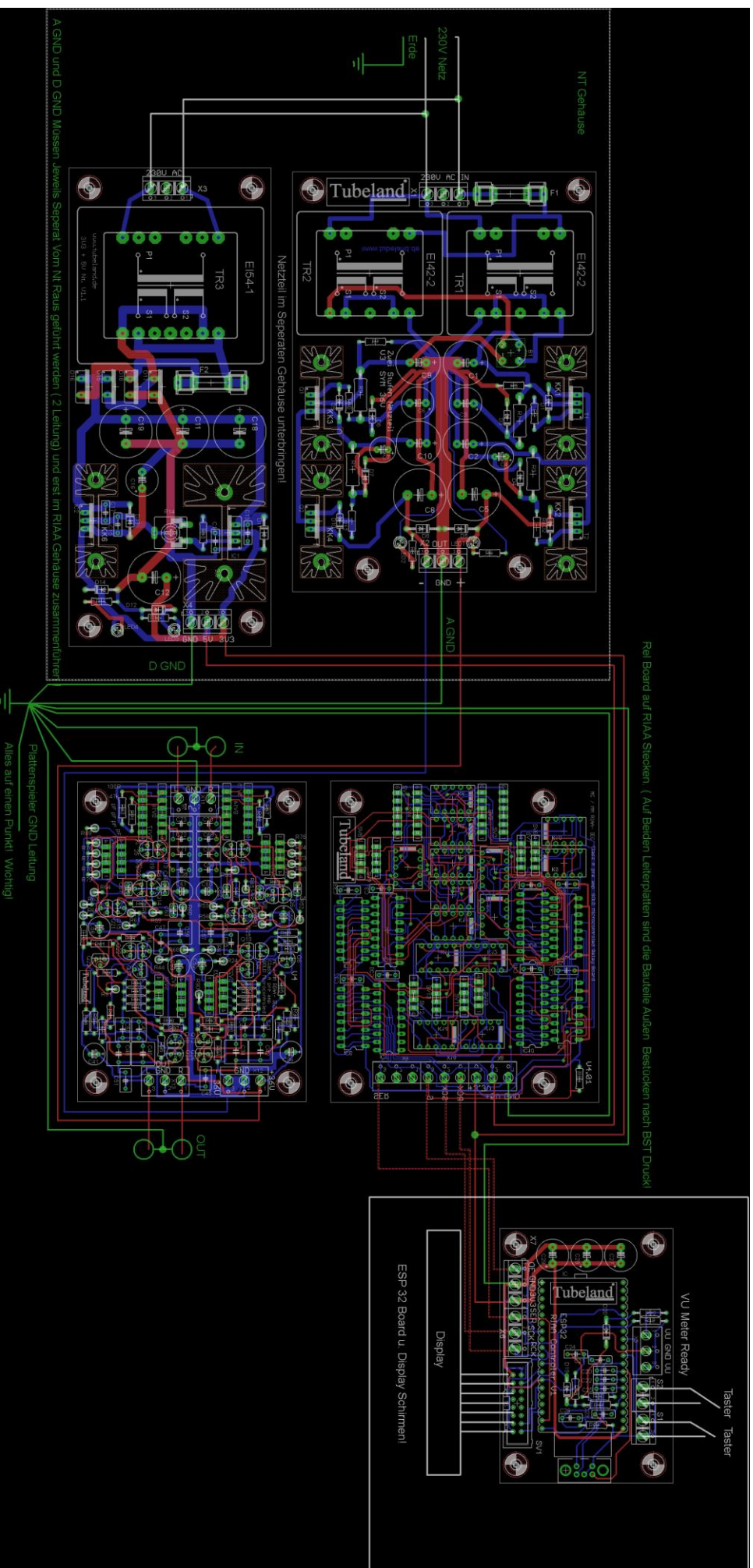
Die Analogplatine bleibt damit ein eigenständiger, hochwertiger Phono-Vorverstärker. Der ESP32-Controller übernimmt ausschließlich die Bedienung, Anzeige und Umschaltung der Betriebsparameter.





Menge	Wert	Device	Bauteile
2	15R	R-EU_0207/7	R1, R26
2	100R	R-EU_0207/10	R18, R43
2	120R	R-EU_0207/7	R13, R59
4	150R	R-EU_0207/2V	R3, R23, R28, R48
4	150R	R-EU_0207/7	R5, R25, R30, R50
2	560R	R-EU_0207/2V	R12, R37
2	1k	R-EU_0207/7	R60, R63
3	1k8	R-EU_0207/2V	R6, R20, R45
5	1k8	R-EU_0207/7	R7, R21, R31, R32, R46
6	4k7	R-EU_0207/2V	R2, R22, R27, R47, R53, R56
6	4k7	R-EU_0207/7	R4, R24, R29, R49, R61, R64
2	12k	R-EU_0207/7	R17, R42
2	22k	R-EU_0207/2V	R54, R57
2	22k	R-EU_0207/7	R62, R65
2	47K	R-EU_0207/2V	R15, R40
1	47K	R-EU_0207/7	R8
3	47k	R-EU_0207/2V	R19, R33, R44
2	47k	R-EU_0207/10	R51, R52
2	82k	R-EU_0207/2V	R55, R58
3	100k	R-EU_0207/2V	R14, R35, R39
5	100k	R-EU_0207/7	R10, R11, R16, R36, R41
2	150k	R-EU_0207/7	R9, R34
4	820K	R-EU_0207/2V	R38, R66, R67, R68
6	47p	C-EU025-024X044	C5, C18, C27, C28, C29, C30
4	47p	C-EU050-045X075	C12, C25, C33, C36
2	100p	C-EU050-045X075	C32, C35
2	220p	C-EU050-045X075	C31, C34
2	330p	C-EU050-045X075	C10, C23
2	3n3	C-EU050-045X075	C16, C21
2	3n3	C-EU050-055X075	C3, C8
4	10n	C-EU050-075X075	C4, C9, C17, C22
2	470n	C-EU050-035X075	C7, C20
1	1,5µF	C-EU050-075X075	C19
1	1,5 µF	C-EU050-075X075	C6
4	47/50	CPOL-EUE2.5-7	C1, C2, C14, C15
4	BIP 47uF	CPOL-EUE2.5-7	C11, C13, C24, C26
12	ZTX851	ZTX851	Q1, Q2, Q4, Q5, Q9, Q12, Q13, Q14, Q16, Q17, Q21, Q24
12	ZTX951	ZTX985	Q3, Q6, Q7, Q8, Q10, Q11, Q15, Q18, Q19, Q20, Q22, Q23
8		S04P	SV5, SV6, SV7, SV8, SV9, SV10, SV11, SV12

4		S06P	SV1, SV2, SV3, SV4
3	Printklemme	W237-103	X1, X2, X3
1	Leiterplatte 222	100 mm* 71.5 mm	



Praktische Hinweise zum Gesamtzusammenbau

Die Zusammenbauzeichnung zeigt die grundsätzliche Anordnung und Verdrahtung der einzelnen Baugruppen. Sie dient als Orientierung für den mechanischen Aufbau, die Leitungsführung, die Masseverbindungen und die Abschirmung.

Für ein möglichst rausch- und brummarmes Ergebnis ist nicht nur die einwandfreie Funktion der einzelnen Leiterplatten entscheidend. Gerade bei einem Phono-Vorverstärker haben auch die Anordnung der Baugruppen, die Führung der Masseleitungen und die Trennung zwischen Netzteil-, Digital- und Audioschaltung einen erheblichen Einfluss auf das Gesamtergebnis.

Anordnung der Baugruppen

Die RIAA-Verstärkerplatine und das Relaisboard werden als gemeinsame Einheit montiert. Das Relaisboard wird hierzu über die vorgesehenen Steckverbinder auf die RIAA-Verstärkerplatine aufgesteckt.

Die Bauteile beider Leiterplatten befinden sich entsprechend dem jeweiligen Bestückungsdruck auf den Außenseiten der montierten Einheit.

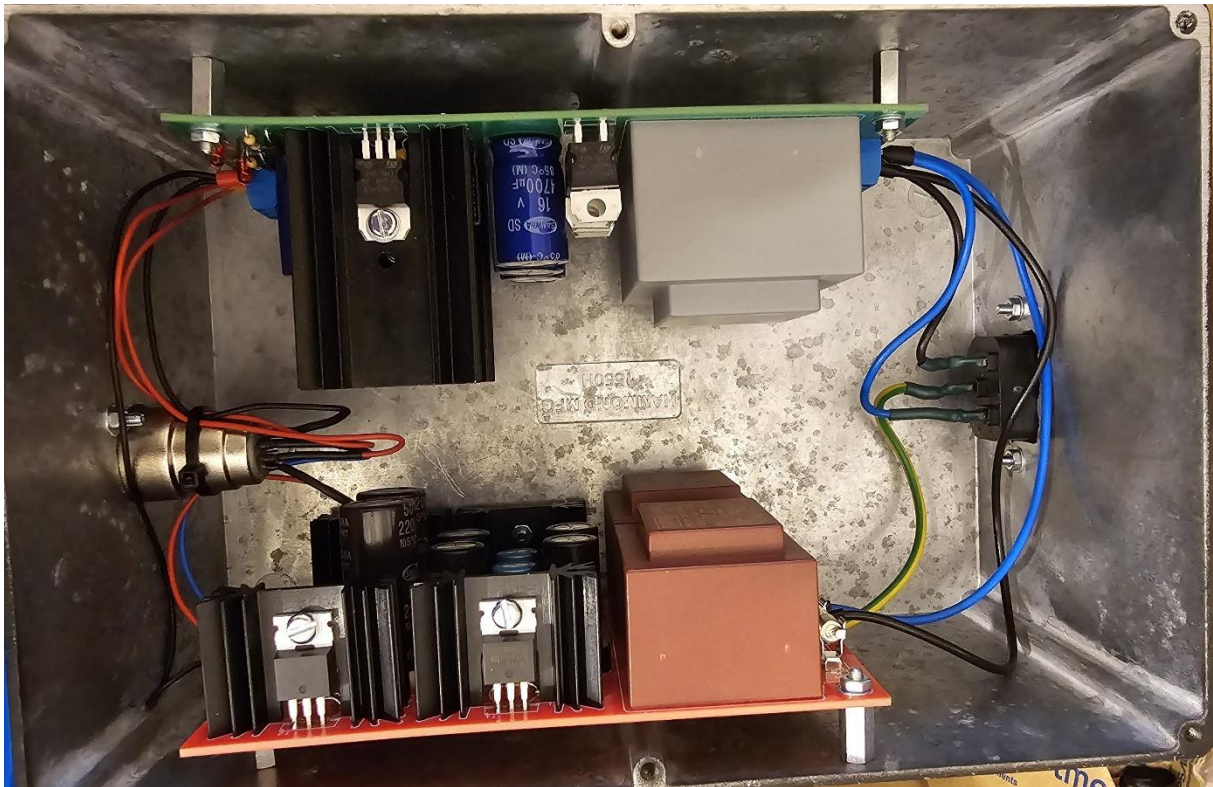
Die Platinen müssen nach dem Verschrauben parallel zueinander stehen. Die Steckverbinder dürfen weder seitlich verspannt noch durch die Befestigungsschrauben gegeneinander gedrückt werden.

Netzteil räumlich getrennt unterbringen

Das komplette Netzteil sollte nach Möglichkeit in einem **separaten**, geschlossenen Metallgehäuse untergebracht werden. Dies betrifft sowohl das symmetrische Netzteil für die analoge Verstärkerschaltung als auch die Versorgung der digitalen Controller- und Relaiselektronik.

Die räumliche Trennung verhindert, dass das magnetische Streufeld der Netztransformatoren unmittelbar in die empfindliche RIAA-Schaltung einstrahlt. Besonders bei hohen MC-Verstärkungen können bereits geringe magnetische Einstreuungen als Netzbrummen hörbar werden.

Das Netzteilgehäuse sollte daher mit ausreichendem Abstand zum RIAA-Gehäuse aufgestellt werden. Auch die Transformatoren sollten nicht unmittelbar neben den Audioeingängen oder der Tonabnehmerleitung angeordnet werden.



Schutzleiter und Netzanschluss

Der Schutzleiter des 230-V-Netzanschlusses muss unmittelbar und dauerhaft mit dem metallischen Netzteilgehäuse verbunden werden. Diese Verbindung darf nicht über Leiterplatten, Steckverbinder oder dünne Signalleitungen geführt werden.

Für den Schutzleiteranschluss ist eine eigene Gehäuseschraube mit geeigneter Zahnscheibe beziehungsweise Kontaktscheibe vorzusehen. Der Anschluss muss auch dann sicher bestehen bleiben, wenn andere Baugruppen ausgebaut oder Steckverbindungen getrennt werden.

Arbeiten am 230-V-Netzanschluss dürfen ausschließlich von Personen durchgeführt werden, die über die hierfür erforderlichen Fachkenntnisse verfügen. Vor Arbeiten am Gerät ist die Netzverbindung vollständig zu trennen.

Analoge und digitale Masse getrennt führen

Die analoge Masse **A-GND** und die digitale Masse **D-GND** müssen vom Netzteilgehäuse aus über zwei getrennte Leitungen zum RIAA-Gehäuse geführt werden.

Die beiden Masseleitungen dürfen nicht bereits im Netzteilgehäuse oder innerhalb des Verbindungskabels miteinander verbunden werden. Sie werden erst im RIAA-Gehäuse an einem gemeinsamen zentralen Massepunkt zusammengeführt.

Damit wird verhindert, dass die Stromimpulse des ESP32, des Displays und der Relaisansteuerung über die empfindliche Audiomasse fließen. Eine gemeinsame Rückleitung könnte ansonsten digitale Störsignale oder Schaltimpulse in die RIAA-Verstärkerschaltung einkoppeln.

Es gilt daher:

- A-GND separat vom Netzteil zur RIAA-Schaltung führen,
- D-GND separat vom Netzteil zur Controller- und Relaiselektronik führen,
- beide Massebereiche erst am vorgesehenen zentralen Massepunkt verbinden.

Zentraler Massepunkt

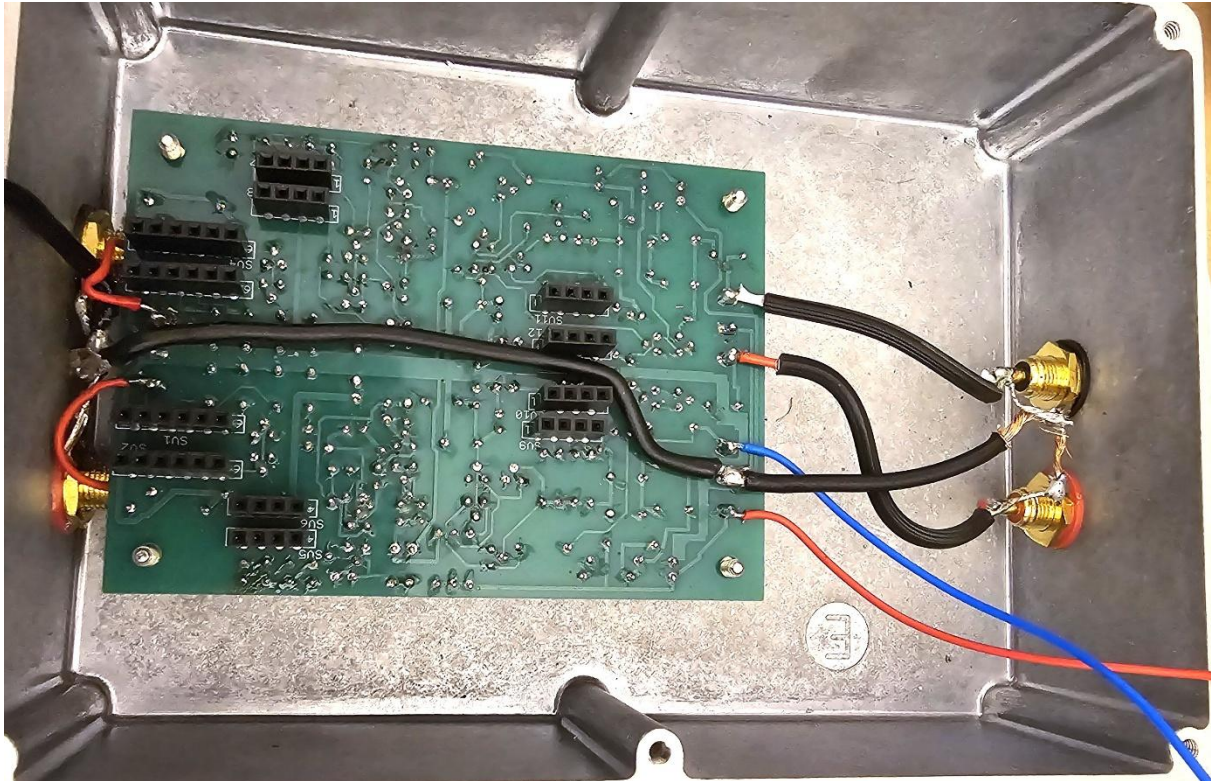
Alle übergeordneten Masseverbindungen werden im RIAA-Gehäuse an einem einzigen zentralen Massepunkt zusammengeführt. Dieser sternförmige Aufbau ist für einen brummarmen Betrieb besonders wichtig.

An diesem Punkt werden unter anderem verbunden:

- A-GND des Analognetzteils,
- D-GND der Digitalversorgung,
- Masse der RIAA-Verstärkerplatine,
- Masse der Controller- und Relaiselektronik,
- die separate Masseleitung des Plattenspielers,
- gegebenenfalls die Gehäusemasse beziehungsweise Abschirmung entsprechend dem vorgesehenen Massekonzept.

Es dürfen keine zusätzlichen, unkontrollierten Verbindungen zwischen diesen Massebereichen entstehen. Mehrere Masseverbindungen an unterschiedlichen Stellen können eine Masseschleife bilden und dadurch Netzbrummen verursachen.

Alle Masseleitungen müssen deshalb sternförmig auf einen gemeinsamen Punkt geführt werden.



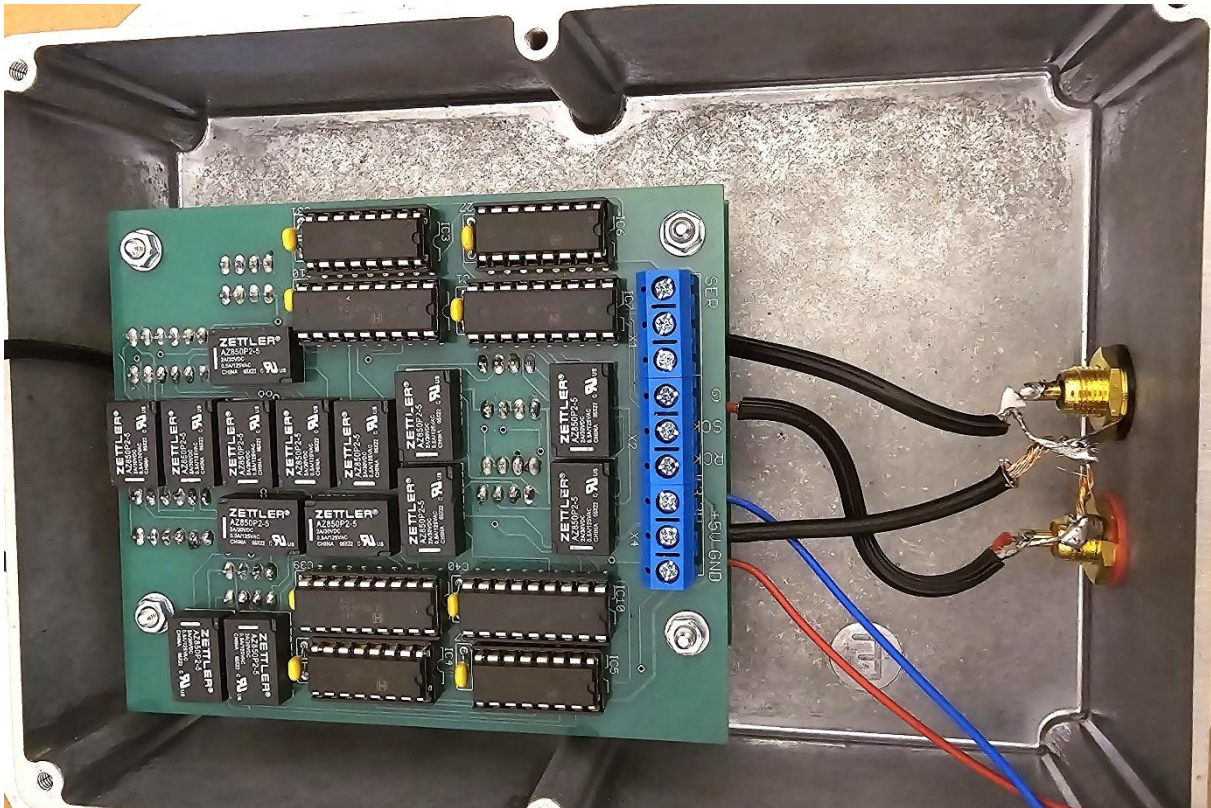
Anschluss der Plattenspielmassage

Viele Plattenspieler besitzen neben den beiden Audiokanälen eine separate Masseleitung. Diese wird ebenfalls direkt mit dem zentralen Massepunkt des RIAA-Gehäuses verbunden.

Anordnung Links direkt Zwischen den RCA Eingang!

Die Plattenspielmassage sollte nicht über eine Leiterbahn des Relaisboards, eine Steckverbindung oder eine lange interne Signalleitung geführt werden. Empfehlenswert ist eine eigene, von außen zugängliche Masseklemme am Gehäuse.

Von dieser Masseklemme wird eine möglichst kurze Leitung unmittelbar zum zentralen Massepunkt geführt.



Führung der Ein- und Ausgangsleitungen

Die Leitungen vom Audioeingang zur RIAA-Verstärkerplatine müssen besonders kurz gehalten werden. Dieser Bereich führt das kleinste Signal im gesamten Gerät und ist deshalb am empfindlichsten gegenüber Brumm- und Störeinstreuungen.

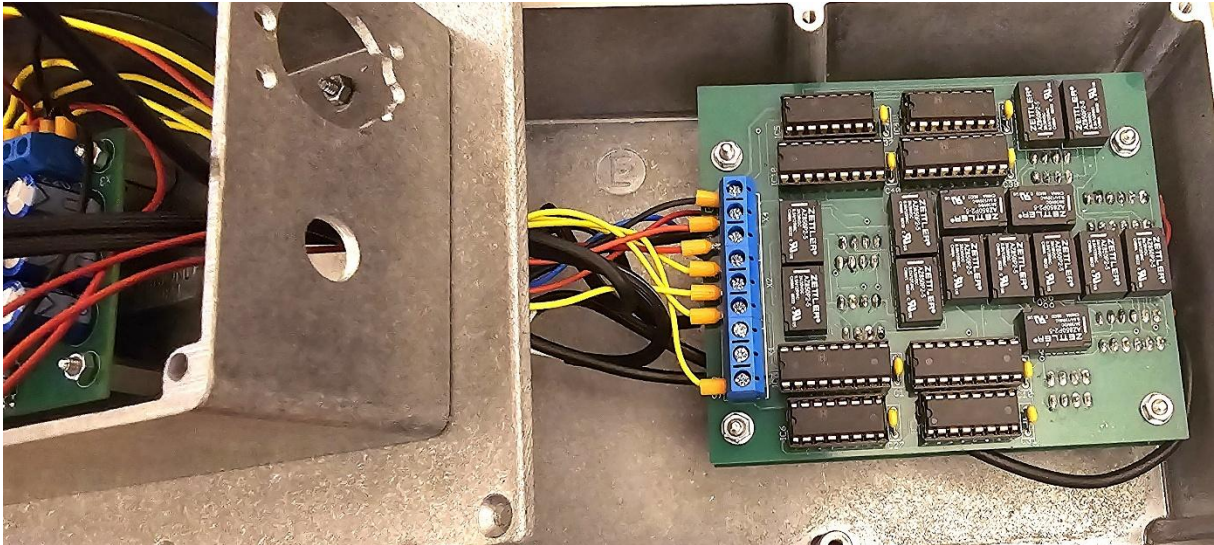
Die Eingangsbuchsen sollten möglichst nahe am Eingang der RIAA-Platine angeordnet werden. Die Leitungen sind abgeschirmt auszuführen und dürfen nicht parallel zu Netz-, Trafo-, Display- oder Relaisleitungen verlaufen. Im Falle das die Leitung Sehr Sehr Kurz sind, reicht auch einfacher Draht aus!

Auch die Ausgangsleitungen sollten abgeschirmt und möglichst kurz ausgeführt werden. Sie sind räumlich von den Eingangsleitungen zu trennen, damit das bereits stark verstärkte Ausgangssignal nicht wieder in den empfindlichen Eingang einkoppeln kann.

Beim Aufbau ist daher auf folgende Punkte zu achten:

- Eingangsleitungen möglichst kurz halten,
- Eingangs- und Ausgangsleitungen voneinander trennen,
- keine Audioleitung unmittelbar an Transformatoren vorbeiführen,
- Abstand zu Display-, SPI- und Relaisleitungen einhalten,
- unnötig große Leitungsschleifen vermeiden,

- Abschirmungen entsprechend dem Massekonzept anschließen.



ESP32-Controller und Display abschirmen

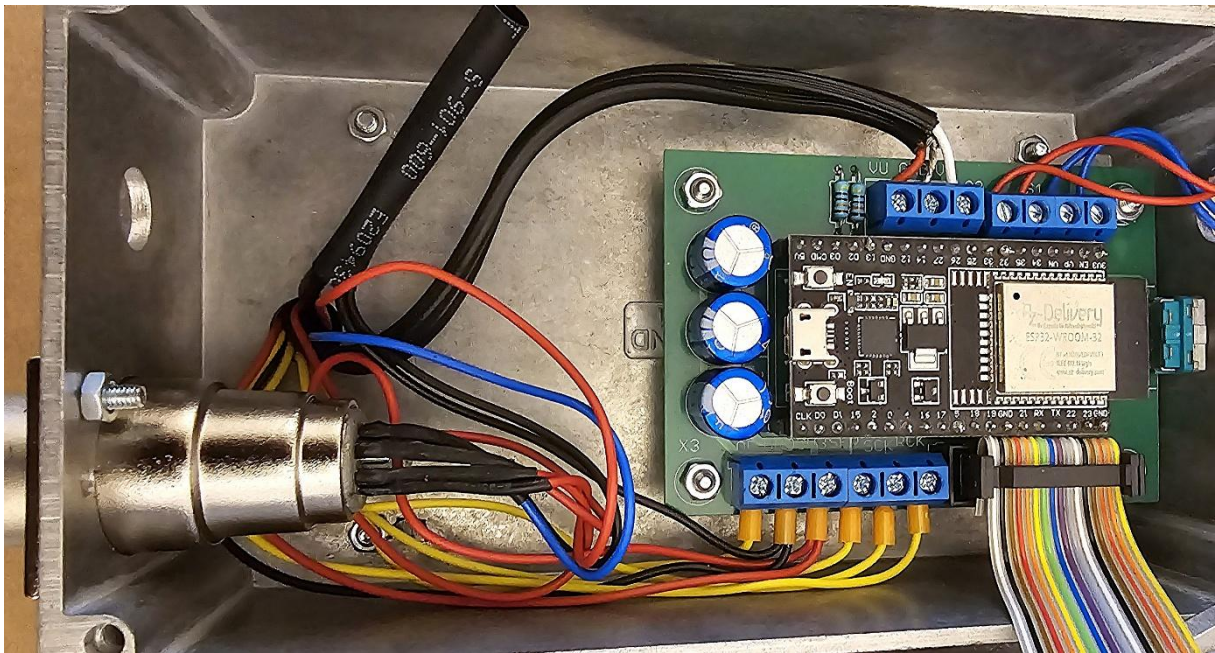
Die ESP32-Controllerplatine und das OLED-Display sollten gemeinsam in einem abgeschirmten Bereich des Gehäuses untergebracht werden.

Sowohl der ESP32 als auch die schnellen Signale zur Ansteuerung des Displays können hochfrequente Störungen erzeugen. Diese können bei ungünstiger Leitungsführung oder fehlender Abschirmung in die RIAA-Verstärkerplatine eingekoppelt werden.

Zwischen Controller- und Audiobereich sollte daher nach Möglichkeit eine leitfähige Trennwand oder ein eigenes Metallgehäuse vorgesehen werden. Die Abschirmung wird kontrolliert mit der vorgesehenen Gehäusemasse verbunden.

Auch bei Verwendung eines Kunststoffgehäuses kann die Controller-Einheit durch ein zusätzliches inneres Metallblech oder ein separates abgeschirmtes Teilgehäuse von der RIAA-Schaltung getrennt werden.

Leitungen zum Controllerboard



Die Steuerleitungen zwischen Controllerboard und Relaisboard sollten geordnet, möglichst kurz und mit Abstand zu den Audioeingängen geführt werden.

Das Display wird unmittelbar mit dem Controllerboard verbunden. Die Displayleitungen sollten nicht quer über die RIAA-Verstärkerplatine geführt werden.

Die Anschlüsse für die beiden Taster sowie die weiteren Bedienelemente werden entsprechend der Zusammenbauzeichnung mit der Controllerplatine verbunden. Bei längeren Leitungen ist darauf zu achten, dass sie nicht gemeinsam mit den empfindlichen Eingangskabeln gebündelt werden.

Empfohlene Reihenfolge des Gesamtzusammenbaus

Für den vollständigen Zusammenbau empfiehlt sich folgende Vorgehensweise:

1. Alle Leiterplatten einzeln bestücken und kontrollieren.
2. ESP32-Controllerplatine und Display separat in Betrieb nehmen.
3. Relaisboard mit der Software-Testfunktion vollständig prüfen.
4. RIAA-Verstärkerplatine auf Bestückungsfehler und Kurzschlüsse kontrollieren.
5. Steckverbinder von Relais- und RIAA-Platine gemeinsam ausrichten und verlöten.
6. Beide Leiterplatten über die vorgesehenen Abstandshalter miteinander verschrauben.
7. Netzteilbaugruppen in das separate Netzteilgehäuse einsetzen.
8. Schutzleiter sicher mit dem Netzteilgehäuse verbinden.
9. A-GND und D-GND über getrennte Leitungen zum RIAA-Gehäuse führen.

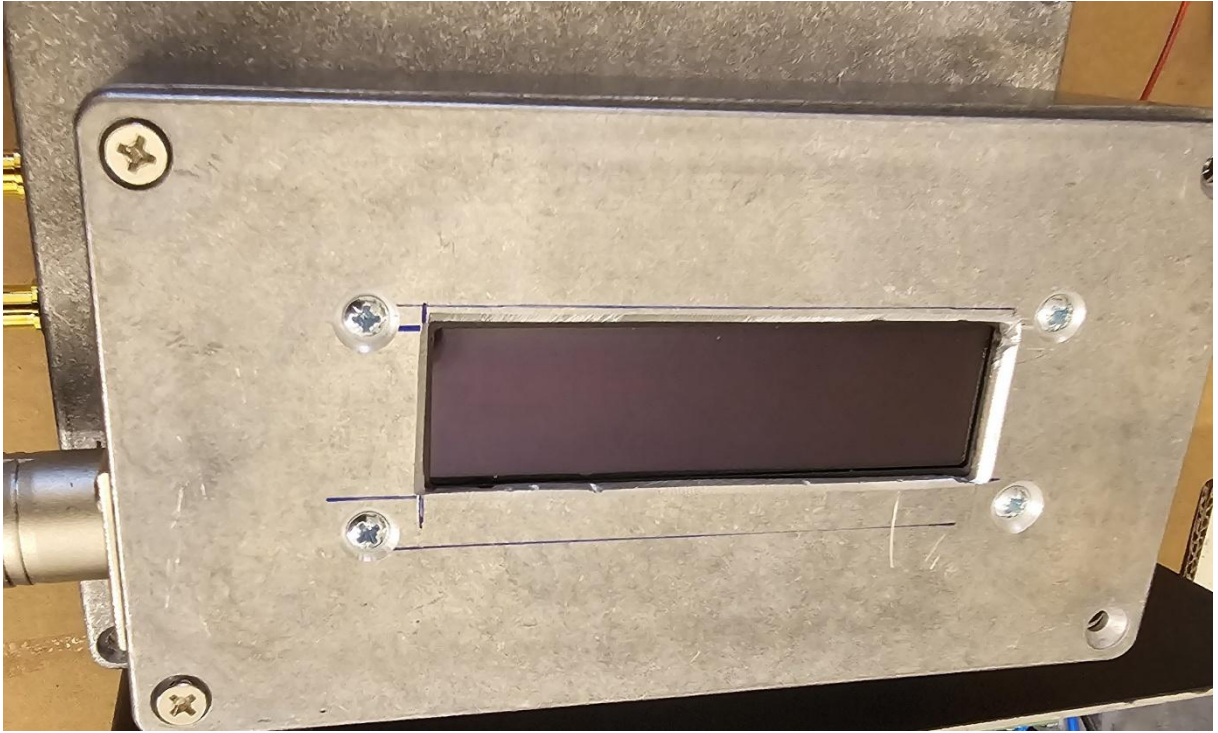
10. Zentralen Massepunkt im RIAA-Gehäuse herstellen.
11. Controllerboard und Display abgeschirmt montieren.
12. Audioeingänge und Audioausgänge mit kurzen abgeschirmten Leitungen anschließen.
13. Plattenspielermasse direkt zum zentralen Massepunkt führen.
14. Alle Versorgungsspannungen zunächst ohne eingesetzte Baugruppen kontrollieren.
15. Baugruppen schrittweise verbinden und die Stromaufnahme beobachten.
16. Erst danach einen Plattenspieler und das nachfolgende Audiogerät anschließen.

Kontrolle vor dem ersten vollständigen Einschalten

Vor dem ersten Einschalten des vollständig aufgebauten Gerätes sollten nochmals folgende Punkte überprüft werden:

- Sind Relaisboard und RIAA-Platine spannungsfrei zusammengesteckt?
- Sind alle Abstandshalter eingesetzt und die Platinen parallel montiert?
- Sind A-GND und D-GND vom Netzteil getrennt herausgeführt?
- Werden beide Masseleitungen erst am zentralen Massepunkt verbunden?
- Ist die Plattenspielermasse direkt am zentralen Massepunkt angeschlossen?
- Ist der Schutzleiter sicher mit dem Netzteilgehäuse verbunden?
- Sind Controller und Display von der RIAA-Schaltung abgeschirmt?
- Sind Eingangsleitungen, Ausgangsleitungen und Digitalleitungen räumlich getrennt?
- Besteht kein Kurzschluss zwischen den Versorgungsspannungen und Masse?
- Stimmen Polarität und Höhe sämtlicher Versorgungsspannungen?

Eine sorgfältige Umsetzung dieser Hinweise trägt wesentlich dazu bei, die sehr guten Rausch- und Brummeigenschaften der Schaltung auch im fertig aufgebauten Gerät zu erreichen. Besonders die getrennte Führung von A-GND und D-GND sowie deren Zusammenführung an nur einem zentralen Massepunkt dürfen nicht vernachlässigt werden.



RIA1 HERA

RIAA-Phono-Vorverstärker

Vollständiges Benutzerhandbuch

RIAA CONTROL

System: MM SYSTEM

Typ: MM Load: 47 kOhm

Gain: 43.1 dB C: 100 pF

Drehen: System Druck: Menue

Bedienung · Systemverwaltung · Smartphone-Setup · VU-Meter · Diagnose

Dokumentstand: 22. Juli 2026

Firmwarebasis: RIAA-ESP32_001(7)

Wichtige Hinweise vor der ersten Benutzung

Geltungsbereich

Dieses Handbuch wurde direkt aus der bereitgestellten Firmware RIAA-ESP32_001(7) erstellt. Es beschreibt die Bedienoberfläche, Speicherlogik, Smartphone-Konfiguration, VU-Anzeige und Diagnosefunktionen. Anschlussbelegung, Versorgungsspannung, Audioanschlüsse und weitere gerätespezifische Hardwaredaten müssen mit dem endgültigen Schaltplan beziehungsweise der Gerätebeschriftung übereinstimmen.

Elektrische Sicherheit

Das Gerät nur vollständig montiert und entsprechend der zugehörigen Hardwareokumentation betreiben. Vor dem Öffnen oder Arbeiten an der Elektronik die Netzversorgung vollständig trennen.

Relais-Test nur für Diagnose

Der Relais-Test setzt alle bekannten Relais zurück und aktiviert anschließend ausschließlich das ausgewählte Relais. Dadurch werden Gain, Abschluss und Eingangskapazität vorübergehend verändert. Den Test nicht während normaler Wiedergabe verwenden.

Offenes Konfigurations-WLAN

Das WLAN „RIAA-Control“ ist absichtlich unverschlüsselt und nur für die direkte Gerätekonfiguration vorgesehen. Es wird im Normalbetrieb abgeschaltet und beendet sich nach fünf Minuten Inaktivität automatisch.

Inhaltsübersicht

- 1 [Geräteübersicht und Bedienkonzept](#)
- 2 [Schnellstart](#)
- 3 [Hauptanzeige](#)
- 4 [Gespeicherte Tonabnehmersysteme](#)
- 5 [Gain direkt am Gerät einstellen](#)
- 6 [Menü und Navigation](#)
- 7 [Smartphone-Setup](#)
- 8 [Einstellparameter richtig wählen](#)
- 9 [VU-Meter](#)
- 10 [Standby](#)
- 11 [Relais-Test](#)
- 12 [Speichern und Einschaltverhalten](#)
- 13 [Fehlersuche](#)

14 [Technische Funktionsdaten](#)

Anhang A [Vollständige Gain-Liste](#)

Anhang B [Kapazitätswerte](#)

Anhang C [Relais-Reihenfolge und Serviceinformationen](#)

Anhang D [Begriffe und Kurzreferenz](#)

1. Geräteübersicht und Bedienkonzept

Der RIA1 HERA verwaltet unterschiedliche MM- und MC-Tonabnehmersysteme. Für jedes System können Name, Typ, Verstärkung, Abschlusswiderstand und Eingangskapazität gespeichert werden. Beim Wechsel eines Systems werden die zugehörigen bistabilen Relais automatisch auf die gespeicherten Werte geschaltet.

1.1 Bedienelemente

Bedienung	Funktion
Encoder drehen	Auf der Hauptanzeige: gespeichertes System wechseln. Im Menü: Auswahl bewegen. Im VU-Meter: Anzeigeart wechseln.
Encoder kurz drücken	Menü öffnen, Menüpunkt bestätigen oder aus dem VU-Meter beziehungsweise Smartphone-Setup zurückkehren.
Encoder 5 Sekunden gedrückt halten	Standby aktivieren. Ausnahme: Im Relais-Test wird damit der Test beendet.
Zusätzlichen Gain-Taster gedrückt halten und Encoder drehen	Gain des aktuell aktiven Systems direkt verändern.
OLED-Display	Zeigt aktives System, MM/MC-Typ, Abschluss, Gain, Kapazität, Menüs und Diagnoseanzeigen.

1.2 Funktionsumfang der Firmware

- Bis zu 24 gespeicherte Tonabnehmersysteme mit jeweils maximal 24 Zeichen Namen.
- 94 verfügbare Gain-Stufen von 7,7 dB bis 81,1 dB.
- Abschlusswiderstände 100 Ohm und 47 kOhm.
- 16 schaltbare Kapazitätswerte von 0 pF bis 697 pF.
- Stereo-VU-Meter als Balkenanzeige oder analoges Zeigerinstrument.
- Smartphone-Konfiguration über ein eigenes, passwortfreies WLAN.
- Servicefunktion zum Einzeltest aller 14 Relais.
- Nichtflüchtige Speicherung des zuletzt aktiven Systems und aller Systemparameter.

Wichtig zur MM/MC-Auswahl

Die Auswahl „MM“ oder „MC“ ist ein gespeichertes Merkmal des Systems. Beim nachträglichen Ändern des Typs stellt die Firmware Gain, Abschluss oder Kapazität nicht automatisch um. Diese Werte müssen passend zum Tonabnehmer kontrolliert und gespeichert werden.

2. Schnellstart

1. Gerät entsprechend der Hardwareokumentation anschließen und einschalten.
2. Nach dem Start erscheint die Hauptanzeige mit dem zuletzt verwendeten System.
3. Encoder drehen, bis das gewünschte gespeicherte System angezeigt wird. Die Relais werden unmittelbar auf dessen Werte geschaltet.

4. Für eine schnelle Gain-Korrektur den separaten Gain-Taster gedrückt halten und gleichzeitig den Encoder drehen.
5. Für neue Systeme oder vollständige Parameteränderungen den Encoder kurz drücken, „Smartphone Setup“ wählen und bestätigen.
6. Nach der Konfiguration auf der Webseite „Speichern & Schließen“ antippen.
7. Zum Ausschalten der Bedienanzeige den Encoder fünf Sekunden gedrückt halten. Zum Aufwachen den Encoder drehen.

Vor dem Musikhören prüfen

Systemname, Gain, Abschluss und Kapazität müssen zum tatsächlich angeschlossenen Tonabnehmer passen. Besonders bei MC-Systemen kann ein zu hoher Gain zu Übersteuerung führen.

3. Hauptanzeige

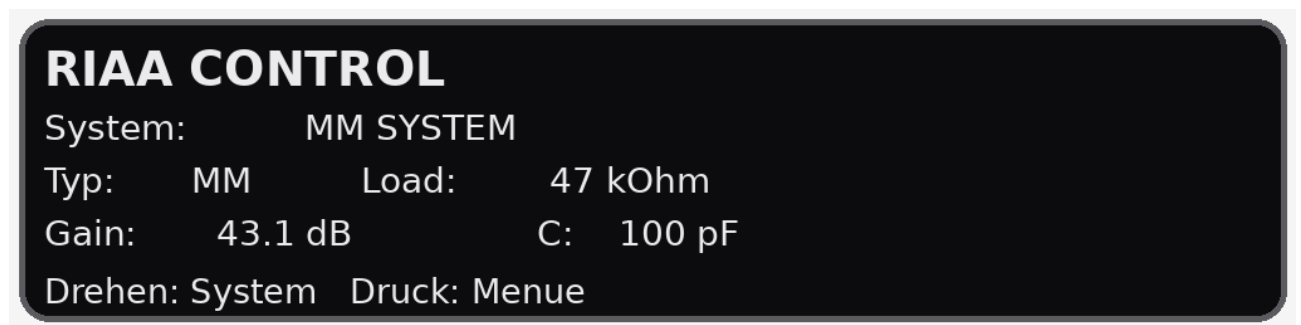


Abbildung 1: Hauptanzeige mit einem gespeicherten MM-System.

Anzeige	Bedeutung
System	Name des aktuell gewählten Tonabnehmersystems.
Typ	Gespeicherter Typ: MM oder MC.
Load	Aktiver Abschlusswiderstand: 100 Ohm oder 47 kOhm.
Gain	Aktive Gesamtverstärkung in dB.
C	Geschaltete Eingangskapazität in pF.
Statuszeile	Hinweis auf Systemwechsel, Menübedienung, Gain-Direktverstellung oder wartende automatische Speicherung.

3.1 System wechseln

Auf der Hauptanzeige den Encoder drehen. Die Firmware springt ausschließlich zwischen belegten Speicherplätzen. Nach dem Wechsel wird das neue System sofort aktiv, die Relais werden umgeschaltet und die Auswahl wird unmittelbar gespeichert.

3.2 Anzeige „Auto-Save wartet...“

Diese Meldung erscheint nach einer direkten Gain-Änderung. Die Firmware wartet fünf Sekunden nach der letzten Drehbewegung und speichert anschließend automatisch. Bis dahin sollte die Versorgung nicht unterbrochen werden.

4. Gespeicherte Tonabnehmersysteme

4.1 Speicherplätze und Werkvorgaben

Die Firmware stellt 24 Speicherplätze bereit. Bei einem neuen beziehungsweise noch nicht initialisierten Speicher werden zwei Systeme angelegt:

Platz	Name	Typ	Gain	Abschluss	Kapazität
1	MM SYSTEM	MM	43,1 dB	47 kOhm	100 pF
2	MC SYSTEM	MC	60,9 dB	100 Ohm	0 pF

Warum 43,1 dB statt 40,0 dB?

Die Firmware sucht für den MM-Startwert den nächstgelegenen verfügbaren Eintrag zur Zielvorgabe 40 dB. In der bereinigten Gain-Tabelle ist 43,1 dB der nächstgelegene gültige Wert.

4.2 Neues System

Ein neues System wird im Smartphone-Setup angelegt. Es erhält zunächst die MM-Standardwerte 43,1 dB, 47 kOhm und 100 pF und wird sofort zum aktiven System. Danach die Werte passend zum Tonabnehmer ändern und speichern.

4.3 Löschen

„Aktives System löschen“ entfernt den aktuell gewählten Speicherplatz. Mindestens ein System bleibt immer erhalten. Wird das letzte vorhandene System gelöscht, setzt die Firmware diesen Platz stattdessen auf „MM SYSTEM“ mit den Standardwerten zurück.

4.4 Voller Speicher

Sind alle 24 Speicherplätze belegt, kann kein weiteres System angelegt werden. Die aktuelle Firmware zeigt dafür keine eigene Fehlermeldung an. Wenn nach „Neues System anlegen“ kein neuer Eintrag erscheint, zuerst einen nicht mehr benötigten Speicherplatz löschen.

5. Gain direkt am Gerät einstellen

Die schnelle Gain-Verstellung ist nur auf der Hauptanzeige aktiv:

1. Den separaten Gain-Taster gedrückt halten.
2. Während der Taster gedrückt bleibt, den Encoder drehen.

3. Der Gain-Wert des aktiven Systems ändert sich schrittweise und die Relais werden sofort neu gesetzt.
4. Gain-Taster loslassen. Nach fünf Sekunden ohne weitere Änderung wird der Wert automatisch gespeichert.

Nicht versehentlich das System wechseln

Ohne gedrückten Gain-Taster wechselt eine Encoderbewegung das gespeicherte System. Während der Gain-Taster erkannt wird, zeigt die Statuszeile „Gain-Taster: Drehen = Gain“.

5.1 Grenzen und Schrittweite

Die Gain-Auswahl ist keine gleichmäßige 1-dB-Skala. Sie besteht aus 94 technisch gültigen Kombinationen der beiden Verstärkerstufen. Dadurch liegen manche Werte dicht beieinander, während zwischen anderen Bereichen größere Sprünge entstehen. Die vollständige Liste steht in Anhang A.

6. Menü und Navigation

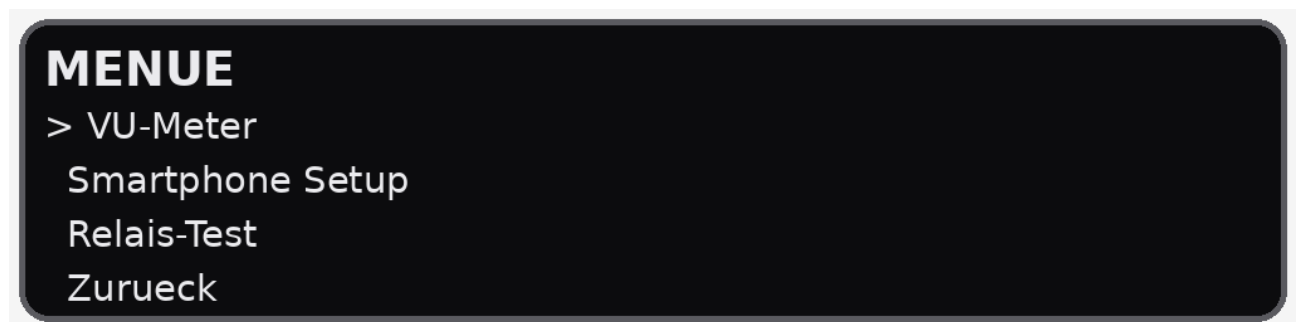


Abbildung 2: Hauptmenü. Der Pfeil markiert den ausgewählten Punkt.

Den Encoder auf der Hauptanzeige kurz drücken. Durch Drehen wird die Markierung bewegt; ein kurzer Druck öffnet den markierten Punkt. Nach dem letzten Menüpunkt springt die Auswahl wieder zum ersten Punkt und umgekehrt.

Menüpunkt	Funktion
VU-Meter	Stereo-Pegelanzeige öffnen.
Smartphone Setup	Geräteeigenes WLAN starten und Konfigurationsseite bereitstellen.
Relais-Test	Einzeltest der 14 bistabilen Relais.
Zurück	Zur Hauptanzeige zurückkehren.

7. Smartphone-Setup



Abbildung 3: Anzeige beim aktiven Smartphone-Setup mit QR-Code, WLAN-Name und Adresse.

7.1 Setup starten

1. Encoder kurz drücken und im Menü „Smartphone Setup“ auswählen.
2. Encoder kurz drücken. Das Gerät startet das WLAN „RIAA-Control“. Ein Passwort ist nicht erforderlich.
3. Am Smartphone die WLAN-Einstellungen öffnen und mit „RIAA-Control“ verbinden.
4. Die Meldung „Kein Internet“ beziehungsweise „Internet möglicherweise nicht verfügbar“ bestätigen und trotzdem verbunden bleiben.
5. QR-Code auf dem Display scannen oder im Browser <http://192.168.4.1> öffnen.

Automatische Portalseite

Android-, Apple- und Windows-Abfragen für öffentliche WLAN-Portale werden von der Firmware abgefangen. Je nach Smartphone kann die Konfigurationsseite deshalb automatisch erscheinen. Falls nicht, die Adresse manuell im Browser öffnen.

7.2 Bedienoberfläche

The image shows a simplified representation of a smartphone interface for 'RIAA Control'. The interface is dark-themed with white text and blue and red buttons. It is divided into three main sections: 'Aktives System', 'Tonabnehmer bearbeiten', and 'Neues System anlegen'. The 'Aktives System' section shows '1: MM SYSTEM' and a 'System wechseln' button. The 'Tonabnehmer bearbeiten' section shows 'MM SYSTEM' and fields for 'Typ: MM', 'Gain: 43.1 dB', 'Abschluss: 47 kOhm', and 'Kapazitaet: 100 pF', with a 'Speichern' button. The 'Neues System anlegen' section shows a text field with 'z. B. AT-VM95ML' and buttons for 'Neues System anlegen', 'Aktives System loeschen', and 'Speichern & Schliessen'.

RIAA Control

Aktives System

1: MM SYSTEM

System wechseln

Tonabnehmer bearbeiten

MM SYSTEM

Typ: MM

Gain: 43.1 dB

Abschluss: 47 kOhm

Kapazitaet: 100 pF

Speichern

Neues System anlegen

z. B. AT-VM95ML

Neues System anlegen

Aktives System loeschen

Speichern & Schliessen

Abbildung 4: Vereinfachte Darstellung der Smartphone-Seite.

Feld/Schaltfläche	Funktion
Aktives System	Zeigt alle belegten Speicherplätze. Nach Auswahl „System wechseln“ antippen.
Tonabnehmername	Maximal 24 Zeichen. Leere Eingabe wird als „SYSTEM“ gespeichert.
Typ	MM oder MC. Die weiteren Parameter werden beim Typwechsel nicht automatisch angepasst.
Gain	Eine der 94 verfügbaren Verstärkungsstufen.
Abschluss	100 Ohm oder 47 kOhm.
Kapazität	Einer der 16 schaltbaren Werte von 0 bis 697 pF.
Speichern	Übernimmt und speichert alle Werte des bearbeiteten Systems.
Neues System anlegen	Legt einen freien Speicherplatz mit dem eingegebenen Namen und MM-Standardwerten an.
Aktives System löschen	Löscht nach Bestätigung den ausgewählten Speicherplatz.
Speichern & Schließen	Speichert, beendet die Webseite, schaltet das WLAN ab und kehrt zur Hauptanzeige zurück.

7.3 Setup verlassen

Es gibt drei Möglichkeiten:

- Auf der Webseite „Speichern & Schließen“ antippen. Dies ist der empfohlene Abschluss.
- Am Gerät den Encoder kurz drücken. Die Daten werden gespeichert, das WLAN wird abgeschaltet und die Hauptanzeige erscheint.
- Fünf Minuten ohne Webaktivität warten. Die Firmware speichert automatisch, schaltet das WLAN ab und kehrt zur Hauptanzeige zurück.

Datenschutz und Reichweite

Das WLAN ist offen. Die Konfiguration sollte nur in unmittelbarer Nähe und nur so lange wie erforderlich aktiviert werden. Im normalen Audiobetrieb bleibt WLAN ausgeschaltet.

8. Einstellparameter richtig wählen

8.1 Typ MM oder MC

Die Typangabe dient der eindeutigen Zuordnung des gespeicherten Systems. Maßgeblich für die elektrische Anpassung sind die Herstellerangaben des Tonabnehmers und die separat eingestellten Werte für Gain, Abschluss und Kapazität.

8.2 Gain

Gain bestimmt die Verstärkung des sehr kleinen Tonabnehmersignals. Als grobe Startbereiche können folgende Werte dienen; die Herstellerdaten und die Eingangsempfindlichkeit des nachfolgenden Verstärkers haben Vorrang:

Systemart	Startbereich	Hinweis
MM	etwa 35 bis 45 dB	Typische Ausgangsspannung im Millivoltbereich.
High-Output-MC	etwa 40 bis 55 dB	Je nach System ähnlich MM oder etwas höher.
Low-Output-MC	etwa 55 bis 70 dB	Sehr niedrige Ausgangsspannung; Rauschen und Übersteuerungsreserve beachten.
Sehr leise Spezialsysteme	über 70 dB nur bei Bedarf	Nur verwenden, wenn Ausgangsspannung und Signalweg dies erfordern.

- Zu wenig Gain: Wiedergabe ist deutlich zu leise, nachfolgende Lautstärke muss stark erhöht werden und Rauschen kann auffallen.
- Zu viel Gain: laute Passagen können verzerrern oder den nachfolgenden Eingang übersteuern.
- Bei Unsicherheit mit einem niedrigeren Wert beginnen und schrittweise erhöhen.

8.3 Abschlusswiderstand

Einstellung	Typische Verwendung
47 kOhm	Standardwert für die meisten MM- und viele High-Output-MC-Systeme.
100 Ohm	Häufiger Startwert für Low-Output-MC-Systeme. Abweichende Herstellerempfehlungen beachten.

Herstellerangaben haben Vorrang

Ein MC-Tonabnehmer kann je nach Konstruktion einen anderen optimalen Abschluss benötigen. Die aktuelle Firmware bietet ausschließlich 100 Ohm und 47 kOhm.

8.4 Eingangskapazität

Die Kapazitätsbank besteht aus 47 pF, 100 pF, 220 pF und 330 pF. Die Firmware kombiniert diese Werte zu 16 aufsteigend sortierten Gesamtwerten. Die Anzeige nennt die geschaltete Zusatzkapazität. Die tatsächlich am Tonabnehmer wirksame Gesamtkapazität kann zusätzlich Kabel-, Leiterplatten- und Eingangskapazitäten enthalten.

- Für MM-Systeme die vom Hersteller empfohlene Gesamtkapazität berücksichtigen.
- Bei MC-Systemen wird häufig 0 pF gewählt; die Firmware erlaubt jedoch alle Kapazitätswerte unabhängig vom gespeicherten Typ.
- Klangliche Änderungen nicht mit überhöhtem Pegel beurteilen und immer beide Kanäle identisch betreiben.

9. VU-Meter

9.1 Öffnen und bedienen

1. Hauptmenü öffnen und „VU-Meter“ auswählen.
2. Encoder drehen, um zwischen Balkenanzeige und analoger Anzeige umzuschalten.
3. Encoder kurz drücken, um zum Menü zurückzukehren.

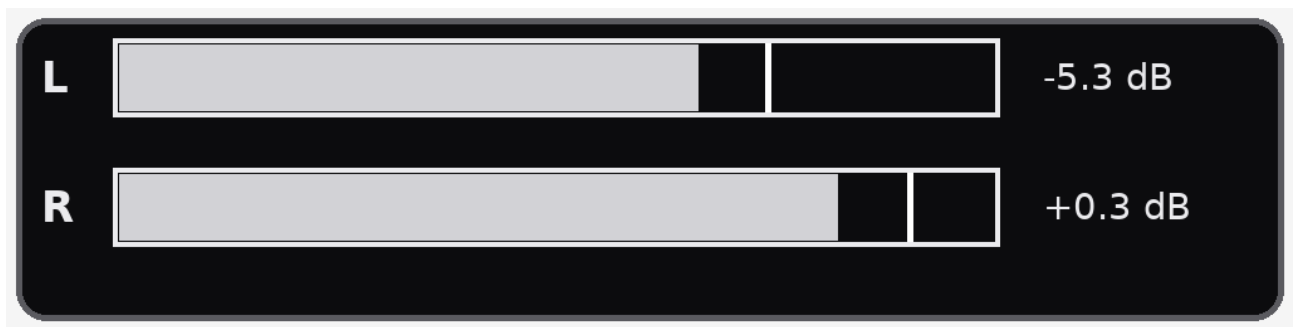


Abbildung 5: Stereo-Balkenanzeige mit aktuellem Pegel und Peak-Hold-Markierung.

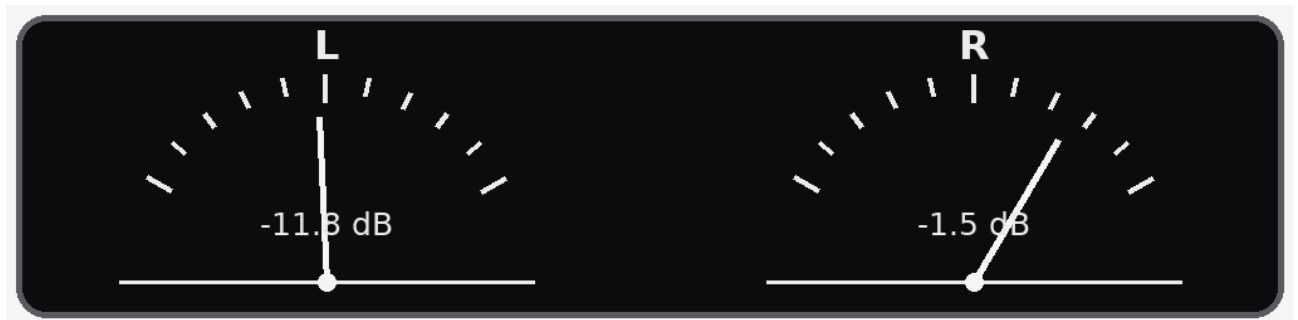


Abbildung 6: Analoge VU-Darstellung mit Zeigern und Peak-Hold-Markierungen.

9.2 Skala und Anzeigeverhalten

Eigenschaft	Ausführung
Anzeigebereich	-30,0 dB bis +3,0 dB.
0 dB Position	80 % des Anzeigeweges.
Aktualisierung	Die Displaywerte werden ungefähr alle 80 ms erneuert.
Attack	Steigende Pegel werden sofort übernommen, damit Impulse sichtbar bleiben.
Rücklauf	Die Anzeige fällt kontrolliert zurück; die Firmware verwendet intern 18 dB pro Sekunde.
Peak Hold	Der Spitzenwert bleibt etwa 1 Sekunde markiert.

Anzeige, kein Präzisionsmessgerät

Die Genauigkeit hängt vom endgültigen analogen Gleichrichter, der ADC-Beschaltung und der Kalibrierung beider Kanäle ab. Das VU-Meter ist für Betriebs- und Pegelkontrolle gedacht, nicht als Ersatz für ein kalibriertes Laborpegelmessgerät.

10. Standby



Abbildung 7: Standby-Anzeige.

10.1 Aktivieren

Den Encoder mindestens fünf Sekunden gedrückt halten. Vor dem Wechsel in Standby werden ausstehende Einstellungen gespeichert und ein eventuell aktives Smartphone-WLAN wird abgeschaltet.

10.2 Aufwachen

Den Encoder drehen. Das Gerät kehrt zur Hauptanzeige zurück. Ein kurzer Druck allein beendet Standby nicht.

Standby ist kein Netzschalter

Die Firmware schaltet die Anzeige in den Standby-Modus; sie trennt das Gerät nicht zwangsläufig vollständig von der Versorgung. Für vollständige Netztrennung den vorgesehenen Netzschalter beziehungsweise die Hardwaredokumentation beachten.

11. Relais-Test

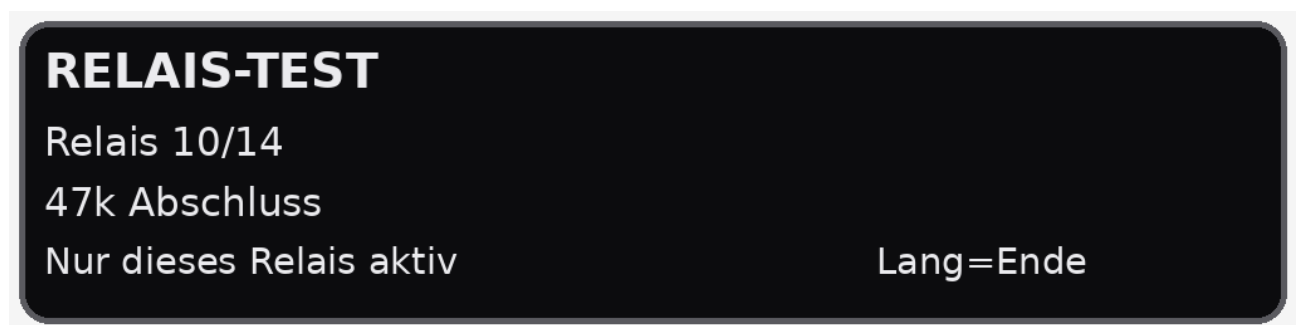


Abbildung 8: Relais-Test mit Nummer, Funktionsname und Bedienhinweis.

11.1 Test starten

1. Hauptmenü öffnen, „Relais-Test“ auswählen und kurz drücken.
2. Beim Start werden alle bekannten Relais zurückgesetzt und Relais 1 wird exklusiv aktiviert.
3. Encoder drehen, um das nächste oder vorherige Relais zu wählen. Nach Relais 14 folgt wieder Relais 1.
4. Encoder kurz drücken, um das aktuell gewählte Relais erneut exklusiv zu setzen.
5. Encoder lange drücken, um den Test zu beenden. Danach wird ein definierter Relaiszustand hergestellt und das aktive Tonabnehmersystem vollständig neu angewendet.

Mögliche Schaltgeräusche

Während des Relais-Tests ändern sich die elektrischen Bedingungen des Phonoeingangs. Vor dem Test die Wiedergabe stoppen beziehungsweise den nachfolgenden Verstärker stummschalten.

11.2 Testreihenfolge

Relais	Funktion
1	22 kOhm - Stufe 2
2	4,7 kOhm - Stufe 2
3	1 kOhm - Stufe 2
4	120 Ohm - Stufe 2
5	82 kOhm - Stufe 1
6	22 kOhm - Stufe 1
7	4,7 kOhm - Stufe 1
8	560 Ohm - Stufe 1
9	100 Ohm Abschluss
10	47 kOhm Abschluss
11	47 pF
12	100 pF
13	220 pF
14	330 pF

12. Speichern und Einschaltverhalten

Aktion	Speicherverhalten
Systemwechsel am Encoder	Sofort gespeichert.
Gain-Direktverstellung	Automatisch fünf Sekunden nach der letzten Änderung.
„Speichern“ auf der Webseite	Sofort gespeichert.
Neues System / Löschen	Sofort gespeichert.
„Speichern & Schließen“	Sofort gespeichert, WLAN wird beendet.
Encoder kurz im Smartphone-Setup	Sofort gespeichert, WLAN wird beendet.
Langer Encoderdruck / Standby	Vor dem Standby sofort gespeichert.
Fünf Minuten Web-Inaktivität	Sofort gespeichert, WLAN wird automatisch beendet.

12.1 Nach dem Einschalten

Die Firmware lädt alle gespeicherten Systeme und wählt den zuletzt aktiven Speicherplatz. Anschließend werden alle 14 Relais zunächst in einen definierten Grundzustand gesetzt und danach Gain, Kapazität und Abschluss des aktiven Systems geschaltet.

12.2 Sicheres Speichern einer Gain-Änderung

Nach dem Loslassen des Gain-Tasters fünf Sekunden warten, bis die Statuszeile nicht mehr „Auto-Save wartet...“ zeigt. Alternativ den Encoder fünf Sekunden gedrückt halten; beim Wechsel in Standby wird sofort gespeichert.

13. Fehlersuche

Problem	Abhilfe
Das gewünschte System erscheint nicht	Im Smartphone-Setup prüfen, ob es angelegt wurde. Der Encoder überspringt unbenutzte Plätze. Bei 24 belegten Plätzen muss vor einem neuen System ein Platz gelöscht werden.
Nach Änderung von MM auf MC stimmt der Abschluss nicht	Typ, Gain, Abschluss und Kapazität sind unabhängige Felder. 100 Ohm und passenden Gain ausdrücklich einstellen und speichern.
Gain-Änderung wurde nach Neustart nicht übernommen	Nach der letzten Direktverstellung mindestens fünf Sekunden warten oder vor dem Ausschalten Standby aktivieren.
Smartphone findet „RIAA-Control“ nicht	Smartphone-Setup am Gerät erneut öffnen. Auf dem Display muss „WLAN AKTIV“ stehen. WLAN am Telefon kurz aus- und einschalten.
Telefon trennt die WLAN-Verbindung	Die Verbindung trotz Hinweis „Kein Internet“ beibehalten. Mobile Daten oder automatischen WLAN-Wechsel vorübergehend deaktivieren.
Konfigurationsseite öffnet nicht	Im Browser exakt http://192.168.4.1 eingeben. Kein https verwenden. Alternativ den QR-Code scannen.
WLAN verschwindet während der Bearbeitung	Nach fünf Minuten ohne Webaktivität beendet die Firmware das Setup automatisch. Setup neu starten.
Neues System wird nicht angelegt	Wahrscheinlich sind alle 24 Plätze belegt. Einen nicht benötigten Eintrag löschen.
VU-Meter reagiert nicht oder falsch	Audiopegel-Zuführung, Gleichrichter, ADC-Anschlüsse und Kalibrierung beider Kanäle prüfen. Die Firmware erwartet analoge Pegelsignale an den vorgesehenen ADC-Eingängen.
Relais-Test bleibt in einem falschen Zustand	Den Relais-Test mit langem Encoderdruck beenden. Die Firmware setzt danach alle Relais definiert zurück und wendet das aktive System neu an.
Gerät bleibt in Standby	Encoder drehen; ein kurzer Druck allein weckt die Anzeige nicht auf.
Falsches System nach dem Einschalten	Im Smartphone-Setup oder auf der Hauptanzeige das richtige System auswählen und die Speicherung abwarten. Das zuletzt aktive System wird beim nächsten Start geladen.

14. Technische Funktionsdaten

Merkmal	Firmwarestand RIAA-ESP32_001(7)
Anzeige	SSD1322 OLED, 256 × 64 Pixel, SPI.

Merkmal	Firmwarestand RIAA-ESP32_001(7)
Bedienung	Drehencoder mit Druckfunktion plus separater Gain-Taster.
Systemspeicher	24 Plätze, nichtflüchtig.
Namenslänge	Bis 24 Zeichen.
Systemtypen	MM und MC.
Gain	94 Werte, 7,7 bis 81,1 dB.
Abschluss	100 Ohm oder 47 kOhm.
Kapazität	16 Werte, 0 bis 697 pF.
VU-Meter	Stereo, -30 bis +3 dB, Balken oder analog, Peak Hold 1 s.
WLAN	Eigener Access Point „RIAA-Control“, offen, 192.168.4.1.
Web-Timeout	5 Minuten Inaktivität.
Relais	14 bistabile Relais, Set/Reset-Impuls.
Relaisimpuls	40 ms laut Firmware.
Schieberegister	4 × 74HC595, insgesamt 32 Ausgänge.
ADC VU	GPIO 34 links, GPIO 35 rechts, 12 Bit im ESP32.
Standby-Aktivierung	Encoder 5 Sekunden gedrückt halten.
Gain-Autosave	5 Sekunden nach letzter Änderung.

Keine Aussage über endgültige Geräte-Nennwerte

Versorgung, Leistungsaufnahme, Audio-Ein- und Ausgangspegel, Frequenzgang, Klirrfaktor, Rauschabstand, Abmessungen und Schutzklasse sind aus der Firmware nicht ableitbar und müssen aus der finalen Hardwaremessung ergänzt werden.

Anhang A. Vollständige Gain-Liste

Die Tabelle enthält alle 94 auswählbaren Gain-Werte in der Reihenfolge der Firmware. Die Nummer entspricht der Position in der Auswahlliste, nicht einer linearen dB-Schrittweite.

Nr.	Gain	Nr.	Gain
1	7,7 dB	48	51,7 dB
2	13,7 dB	49	52,4 dB
3	14,9 dB	50	52,5 dB
4	16,2 dB	51	52,6 dB
5	20,9 dB	52	52,7 dB
6	22,2 dB	53	60,9 dB
7	22,4 dB	54	61,0 dB
8	23,6 dB	55	61,1 dB
9	26,2 dB	56	61,2 dB

Nr.	Gain	Nr.	Gain
10	26,6 dB	57	61,4 dB
11	27,8 dB	58	61,6 dB
12	28,1 dB	59	61,9 dB
13	31,8 dB	60	62,1 dB
14	32,2 dB	61	62,3 dB
15	32,3 dB	62	62,4 dB
16	32,6 dB	63	62,5 dB
17	33,7 dB	64	62,6 dB
18	33,8 dB	65	62,7 dB
19	34,0 dB	66	62,8 dB
20	34,1 dB	67	62,9 dB
21	35,0 dB	68	63,0 dB
22	35,2 dB	69	63,1 dB
23	35,5 dB	70	63,4 dB
24	43,1 dB	71	63,5 dB
25	43,5 dB	72	63,6 dB
26	43,9 dB	73	63,7 dB
27	44,0 dB	74	63,8 dB
28	44,1 dB	75	64,0 dB
29	44,2 dB	76	78,7 dB
30	44,3 dB	77	78,8 dB
31	44,6 dB	78	78,9 dB
32	44,7 dB	79	79,0 dB
33	45,0 dB	80	79,1 dB
34	45,1 dB	81	79,2 dB
35	45,2 dB	82	79,6 dB
36	45,4 dB	83	79,7 dB
37	46,2 dB	84	79,8 dB
38	46,5 dB	85	79,9 dB
39	46,6 dB	86	80,0 dB
40	46,9 dB	87	80,1 dB
41	50,0 dB	88	80,2 dB
42	50,1 dB	89	80,6 dB
43	50,2 dB	90	80,7 dB
44	50,3 dB	91	80,8 dB
45	51,0 dB	92	80,9 dB

Nr.	Gain	Nr.	Gain
46	51,2 dB	93	81,0 dB
47	51,5 dB	94	81,1 dB

Anhang B. Kapazitätswerte

Die Werte werden aus vier Relaiszweigen mit 47 pF, 100 pF, 220 pF und 330 pF gebildet. Die Auswahlliste ist nach der resultierenden Summe sortiert.

Nr.	Anzeige	Geschaltete Kombination
1	0 pF	keine Zusatzkapazität
2	47 pF	47
3	100 pF	100
4	147 pF	47 + 100
5	220 pF	220
6	267 pF	47 + 220
7	320 pF	100 + 220
8	330 pF	330
9	367 pF	47 + 100 + 220
10	377 pF	47 + 330
11	430 pF	100 + 330
12	477 pF	47 + 100 + 330
13	550 pF	220 + 330
14	597 pF	47 + 220 + 330
15	650 pF	100 + 220 + 330
16	697 pF	47 + 100 + 220 + 330

Anhang C. Relais-Reihenfolge und Serviceinformationen

C.1 GPIO-Belegung der Firmware

Funktion	Anschluss
OLED CLK	GPIO 19
OLED MOSI	GPIO 13
OLED CS	GPIO 22
OLED DC	GPIO 21
OLED RESET	GPIO 17
Encoder A	GPIO 32

Funktion	Anschluss
Encoder B	GPIO 33
Encoder-Taster	GPIO 25
Gain-Taster	GPIO 26 gegen GND, interner Pull-up
VU links	GPIO 34
VU rechts	GPIO 35
74HC595 DATA	GPIO 23
74HC595 CLOCK	GPIO 18
74HC595 LATCH	GPIO 5
74HC595 OE	GPIO 4, aktiv LOW
74HC595 CLEAR	nicht angeschlossen / -1

C.2 Relaislogik

Die AZ850P2-Relais werden über getrennte SET- und RESET-Spulen angesteuert. Die Ausgänge der Schieberegister liefern ausschließlich kurze 40-ms-Impulse; danach werden alle Ausgänge wieder auf 0 gesetzt. Beim normalen Anwenden eines Systems werden nur geänderte Relais umgeschaltet, nachdem beim ersten Start ein definierter Gesamtzustand erzeugt wurde.

C.3 Hardwarebesonderheiten der Zuordnung

- Register 1 ist mit normaler SET/RESET-Bitreihenfolge verdrahtet.
- Bei Register 2, 3 und 4 sind SET und RESET hardwareseitig vertauscht; dies ist in der Firmware-Zuordnung berücksichtigt.
- Die Hardwareplätze der Relais für 47 kOhm Abschluss und 47 pF sind vertauscht; die Firmware korrigiert auch diese Zuordnung.
- Im Relais-Test wird stets zuerst jedes bekannte Relais zurückgesetzt und anschließend genau ein Relais gesetzt.

C.4 VU-Kalibrierhinweis

Die Firmware unterstützt getrennte Null- und 0-dB-Kalibrierwerte für links und rechts. Vor der Veröffentlichung eines Seriengeräts sollten beide Kanäle mit der endgültigen Gleichrichter- und RC-Schaltung gemessen und die Kalibrierwerte in der Firmware geprüft werden. Die aktuelle Software begrenzt die Anzeige auf -30,0 bis +3,0 dB.

Anhang D. Begriffe und Kurzreferenz

Begriff	Bedeutung
MM	Moving Magnet. Häufig mit 47 kOhm Abschluss und definierter kapazitiver Last betrieben.
MC	Moving Coil. Low-Output-Ausführungen benötigen meist mehr Gain und häufig einen niedrigeren Abschluss.
Gain	Verstärkung, hier als logarithmischer Wert in dB.
Load / Abschluss	Elektrischer Eingangswiderstand, der den Tonabnehmer belastet.
Kapazität	Kapazitive Last am Eingang; besonders für viele MM-Systeme klanglich relevant.
Peak Hold	Kurze Speicherung des höchsten gemessenen Pegels.
Access Point	Das Gerät erzeugt ein eigenes WLAN, ohne Verbindung zum Heimrouter.
Bistabiles Relais	Relais, das seine Schaltstellung ohne dauerhaften Spulenstrom hält und mit SET-/RESET-Impulsen geschaltet wird.
Autosave	Zeitverzögerte automatische Speicherung fünf Sekunden nach der Gain-Änderung.

Kurzreferenz der Bedienung

Aktion	Bedienung
System wechseln	Hauptanzeige: Encoder drehen.
Gain ändern	Gain-Taster halten + Encoder drehen.
Menü öffnen	Encoder kurz drücken.
VU-Darstellung wechseln	Im VU-Meter Encoder drehen.
VU-Meter verlassen	Encoder kurz drücken.
Smartphone-Setup verlassen	„Speichern & Schließen“ oder Encoder kurz drücken.
Standby	Encoder 5 Sekunden gedrückt halten.
Aufwachen	Encoder drehen.
Relais-Test beenden	Encoder lange drücken.

Ende des Benutzerhandbuchs

Erstellt auf Grundlage der Firmware RIAA-ESP32_001(7).

Dist Bolzen 4x 18mm und 4 x 12 mm

FC6187 XLR 7 Pin

Pin1 = GND - AMP

Pin 2 = - 36V

Pin 3 = 5V

Pin 4 = 3V3

Pin 5 = +36V

Pin 6 = GND DIGI (Masse auf zentral Punkt im Pre Amp setzen!)

-RIAA-Controller – vorläufige Verdrahtungsliste

1. Display

OLED-Display wie beim bisherigen Mikrocontroller-/Biascontroller-Projekt.

Display-Typ: OLED SSD1322

Auflösung: 256 x 64 Pixel

Anschluss: SPI

Library: U8g2