

COMPACT LOGIC

Audiolo

Benutzerhandbuch

Prozesszustände hörbar machen: MP3-Sounds für Hinweise, wiederholte Signale und priorisierte Warntöne.



Audioplayer · SoundLoop · SoundTrigger

Einrichten, MP3-Dateien vorbereiten und hochladen, Prioritäten verwenden und Statusmeldungen verstehen.

Für unterstützte P4- und P4_uni-Systeme. Freie Ressourcen müssen vom Anwender geprüft werden.

Stand: 25.10.2026 · Symbolbild auf dem Titel, keine konkrete Geräteabbildung.

Inhaltsverzeichnis

1. Voraussetzungen und Ressourcen	3
2. Geeignete Audiodateien finden	3
3. Aus einer WAV mit Audacity eine MP3 erstellen	4
4. Uploadgrenzen und Dateinamen	6
5. Dateien auf das Gerät hochladen	7
6. Audioplayer - zentrale Freigabe und Lautstärke	8
7. SoundLoop - Wiedergabe solange IN gesetzt ist	9
8. SoundTrigger - START, STOP und Wiederholungen	10
9. Prioritäten und Zusammenwirken	11
10. Statusmeldungen und Abhilfe	13
11. Erste Inbetriebnahme	14
12. Aktuelle Grenzen	14

Das Inhaltsverzeichnis und die PDF-Lesezeichen führen direkt zu den Kapiteln. Die Anleitung entspricht dem dokumentierten Funktionsstand vom 25.10.2026.

1. Voraussetzungen und Ressourcen

AudioIO wird aktuell ausschließlich von den dafür ausgestatteten **ESP32-P4-Projekten P4 und P4_uni** mit passender Firmware, Audiobaustein und Lautsprecheranschluss unterstützt. Ein beliebiges P4-Board besitzt damit noch nicht automatisch eine nutzbare Audioausgabe.

Für ein CL-Programm mit Soundausgabe wird **genau ein Audioplayer-FB** benötigt. SoundLoop und SoundTrigger dürfen mehrfach vorkommen. Eine zweite Audioplayer-Instanz ist nicht zulässig.

Der Anwender muss derzeit selbst sicherstellen, dass genügend Ressourcen vorhanden sind. Die Uploadgrenzen reservieren keinen Speicher und garantieren nicht, dass der gesamte zulässige Dateibestand auf das konkrete Gerät passt.

Zu prüfen sind insbesondere:

- **Freier Flash im Dateisystem:** MP3-Dateien teilen sich den Speicher mit vorhandenen Dateien, unter anderem den Logs. Entscheidend ist der freie Platz im verwendeten Dateisystem, nicht allein die gesamte Flashgröße des Boards.
- **Interner RAM und PSRAM:** Audiowiedergabe benötigt Decoder, Puffer und Tasks. Auch bei vorhandenem PSRAM wird interner Speicher benötigt.
- **Rechenzeit und gleichzeitige Zugriffe:** Display, Netzwerk, Logging und weitere Funktionen beanspruchen ebenfalls Ressourcen. Die vollständige Anwendung muss unter ihrer vorgesehenen Last getestet werden.

16 Dateien mit jeweils 256.000 Byte ergeben bereits **4.096.000 Byte reine Audiodaten**. Dateisystemverwaltung, andere Dateien und freie Reserve kommen hinzu.

Die Wiedergabe liest die MP3 fortlaufend und lädt nicht die gesamte Datei auf einmal in den RAM. **EN=0 stoppt die Ausgabe, gibt aber die bereitgestellten Audiopuffer und Tasks nicht vollständig frei.**

2. Geeignete Audiodateien finden

Eine gute Ausgangsquelle ist [Mixkit - Orchestra Sound Effects](#). Dort lassen sich unter anderem kurze Fanfaren, Signaltöne und musikalische Effekte anhören und herunterladen. Weitere Kategorien finden sich unter [Mixkit - Sound Effects](#).

Für Gerätehinweise zunächst kurze, deutlich unterscheidbare Sounds auswählen. Falls der Download als WAV vorliegt, wird er vor dem Upload in MP3 umgewandelt. **Das bloße Umbenennen von .wav in .mp3 konvertiert keine Audiodatei.**

Für heruntergeladene Dateien die jeweils geltenden [Mixkit-Lizenzbedingungen für Sound Effects](#) beachten.

3. Aus einer WAV mit Audacity eine MP3 erstellen

Empfohlene Ausgangseinstellungen

Für kurze Sounds an einem einzelnen Boardlautsprecher verwenden Sie zunächst:

Einstellung im Exportdialog	Wert	Zweck
Format	MP3	Vom AudioIO-Player verwendetes Dateiformat.
Kanäle	Mono	Ein einzelner Lautsprecher benötigt keine räumliche Stereoausgabe.
Abtastrate	44.100 Hz	Einheitliche Ausgangskonfiguration für die Soundsammlung.
Bitratenmodus	Konstant	Dateigröße lässt sich gut abschätzen.
Qualität / Bitrate	96 kbit/s , gegebenenfalls als 96 kbps angezeigt	Praktischer Ausgangswert für kurze Effekte.

Diese Kombination ist eine Empfehlung für den Einstieg, keine zusätzliche Prüfung des Uploads. Mono garantiert bei gleicher konstanter Bitrate keine halbierte Dateigröße gegenüber Stereo; für die Größe sind vor allem Bitrate und Dauer maßgeblich.

Schritt für Schritt

1. Die heruntergeladene WAV in **Audacity** über **Datei** → **Öffnen ...** laden oder in das Programmfenster ziehen.
2. Den Sound anhören. Wenn nur ein Ausschnitt benötigt wird, diesen markieren und den Rest entfernen oder später ausschließlich die Auswahl exportieren. Unnötige Stille kann ebenfalls gekürzt werden.
3. **Datei** → **Audio exportieren ...** öffnen. Je nach Version liegt der Befehl unter **Datei** → **Exportieren**. Falls nach dem Ziel gefragt wird, den Export **auf den Computer** wählen.
4. Einen lokalen Zielordner und einen kurzen Dateinamen festlegen, beispielsweise `alarm.mp3`.
5. **Format: MP3**, **Kanäle: Mono** und **Abtastrate: 44.100 Hz** einstellen.
6. **Bitratenmodus: Konstant** auswählen. Anschließend im Feld **Qualität** den Zahlenwert **96 kbit/s / 96 kbps** wählen.
7. Den Exportbereich prüfen: ganzes Projekt oder die gewünschte Auswahl. Nur die tatsächlich benötigte Audiodauer exportieren.
8. Exportieren. Für diese Anwendung sind zusätzliche Metadaten wie Interpret oder Album nicht erforderlich.
9. Die **exportierte MP3** am PC erneut anhören. Nicht nur die ursprüngliche WAV oder die Audacity-Projektwiedergabe prüfen.
10. Im Windows-Explorer über **Eigenschaften** → **Größe** die tatsächliche Bytezahl kontrollieren: höchstens **256.000 Byte**. Maßgeblich ist „Größe“, nicht „Größe auf Datenträger“.

Wenn statt Zahlen nur „Mittel“, „Standard“ oder „Extrem“ angeboten werden: Der Bitratenmodus steht noch auf **Voreinstellung**. Zuerst auf **Konstant** wechseln; danach bietet das Qualitätsfeld numerische Bitraten an. Die Dialogbezeichnungen können je nach Audacity-Version leicht abweichen. In Audacity 4 öffnet **Strg + Umschalt + E** den Exportdialog. Die Stereospur darf im Projekt erhalten bleiben: **Mono im Exportdialog** führt die Kanäle beim Export zusammen. „Stereo in Center-Mono trennen“ erzeugt dagegen zwei einzelne Monospuren und ist dafür nicht erforderlich. Siehe [Audacity - Audio exportieren](#) und [Audacity - Spurmenü](#).

Kürzen und weich ausblenden in Audacity 4

Ein Sound muss nicht seine ursprüngliche Länge behalten. Damit das neue Ende nicht abrupt abreißt, den Schluss vor dem Export ausblenden. Beispiel: **1,5 Sekunden Gesamtdauer**, davon **0,3 Sekunden Ausblendung**.

1. Direkt in der Wellenform den gewünschten Abschnitt von **0 bis 1,5 Sekunden** markieren. Bei Stereo beide Kanäle gemeinsam bearbeiten.
2. **Strg + T** drücken. Nur der markierte Ausschnitt bleibt als hörbarer Clip erhalten.
3. Jetzt nur den Schluss von **1,2 bis 1,5 Sekunden** in der Wellenform markieren.
4. **Effekt → Überblendungen → Ausblenden** wählen; die englische Bezeichnung lautet **Fading → Fade Out**. Die Lautstärke sinkt über genau diesen Abschnitt bis auf null. Die Länge der Auswahl bestimmt die Fade-Dauer; dafür ist kein gesonderter Zeitwert im Effektdialog nötig.
5. Den Sound vollständig anhören. Wirkt der Schluss zu plötzlich, mit **Strg + Z** zurücknehmen und eine längere Ausblendung ausprobieren. Für einen kurzen Effekt sind **200-400 ms** ein sinnvoller Versuch; wenige Millisekunden glätten lediglich einen harten Schnitt.
6. Anschließend die gekürzte Datei als Mono-MP3 exportieren und die fertige MP3 erneut anhören.

Bei einem bereits harten Dateianfang kann auch ein kurzes **Einblenden**, beispielsweise über **5-10 ms**, ausprobiert werden. Das kann den Anschlag abschwächen. Fades bearbeiten das Audiosignal; sie beseitigen kein elektrisches Einschaltknacken und keine später entstehenden Datenunterbrechungen. [Audacity - Überblendungen](#)

Zum wiederholten Anhören in Audacity 4: Ausschnitt markieren, **Umschalt + L** setzt ihn als Schleifenbereich, **L** schaltet die Schleife ein beziehungsweise aus, **Leertaste** startet oder stoppt. Diese Einstellung gilt nur für das Anhören im Editor; die Wiederholung auf dem Gerät steuert später der jeweilige Sound-FB. [Audacity - Schleifenbereich](#)

Sounds für den kleinen Boardlautsprecher vorbereiten

Ein digital hoher Pegel garantiert keine gute Hörbarkeit. Kleine Boardlautsprecher können tiefen Bass häufig nur schwach wiedergeben; der nutzbare Bereich hängt vom konkreten Lautsprecher und seinem Gehäuse ab. Für Hinweise deshalb bevorzugt Sounds mit deutlich hörbaren **Mitten**, etwa eine helle Fanfare, einen Glockenton oder Sprache, auswählen und auf dem Zielgerät testen.

Bei einem fast ausschließlich basslastigen Effekt hilft ein Hochpass allein kaum: Er entfernt tiefe Anteile, erzeugt aber keine fehlenden Mitten. Stattdessen kann in Audacity unter **Effekt → Tonhöhe und Tempo → Tonhöhe ändern** eine Verschiebung um zunächst **+12 Halbtöne** ausprobiert werden. Das verdoppelt die Frequenzen; **+24 Halbtöne** vervierfachen sie. Die Funktion ist dafür vorgesehen, die Dauer beizubehalten, verändert aber den Klang und kann Bearbeitungsartefakte erzeugen. [Audacity - Tonhöhe ändern](#)

Bei einem Sound mit ausreichend Mitten und störendem Bass kann versuchsweise ein **Hochpass mit 300 Hz und 12 dB/Oktave** helfen. Das ist ein Ausgangswert zum Vergleichen, keine zugesicherte Lautsprechergrenze. Anschließend mit moderater Gerätelautstärke testen; fehlenden Bass nicht durch starkes Anheben der Lautstärke erzwingen.

Nach der Bearbeitung bei Bedarf den Spitzenpegel auf etwa **-3 dB** normalisieren, um Reserve zu lassen. Danach einmalig als MP3 exportieren und anhören. Tonhöhenänderung, Filter und Fades werden hier am PC ausgeführt; auf dem ESP32 entstehen dadurch keine zusätzlichen Audio-Bearbeitungsschritte. Die MP3 bleibt dennoch zu decodieren. [Audacity - Hochpass](#), [Audacity - Normalisieren](#)

Wenn die Datei zu groß ist

Zuerst den Sound auf die benötigte Dauer kürzen. Falls mehr Dauer benötigt wird, kann beispielsweise **64 kbit/s konstant bei weiterhin 44.100 Hz und Mono** ausprobiert werden. Für mehr Klangqualität bei ausreichend Platz kann **128 kbit/s** verwendet werden. Nach jeder Änderung erneut exportieren, Dateigröße prüfen und anhören.

Die folgenden Werte sind rechnerische Näherungen für konstante Bitrate; Dateikopf und Metadaten kommen hinzu:

Bitrate	Ungefähre Größe bei 5 Sekunden	Rechnerische Dauer bei 256.000 Byte, ohne Dateizusätze
64 kbit/s	40 kB	32 Sekunden
96 kbit/s	60 kB	21,3 Sekunden
128 kbit/s	80 kB	16 Sekunden

Eine etwas kürzere Dauer einplanen, statt die rechnerische Grenze exakt auszureizen. Zum Bearbeiten möglichst die ursprüngliche WAV verwenden und erst am Ende als MP3 exportieren; wiederholtes Bearbeiten und erneutes Speichern einer MP3 kann zusätzliche Qualitätsverluste erzeugen. [Audacity - Hinweise zur erneuten MP3-Codierung](#)

Eine lückenlose Schleife wird mit SoundLoop nicht zugesichert. Beim periodischen Neustart vor dem Dateiende wird eine Ausblendung am ursprünglichen Dateiende nicht erreicht. Für einen weichen Schluss die Datei vorher auf eine kürzere Dauer als PERIODE kürzen und ausblenden; der Loop wartet dann bis zum nächsten Start.

4. Uploadgrenzen und Dateinamen

Eigenschaft	Vorgabe
Maximale Dateigröße	256 kB = 256.000 Byte je Datei , nicht 256 KiB.
Maximale Anzahl	16 MP3-Dateien im gemeinsamen Uploadverzeichnis auf dem Gerät.
Dateiname vor der Endung	1 bis 10 Zeichen .
Erlaubte Zeichen	Kleine Buchstaben a bis z, Ziffern 0 bis 9, Unterstrich _ und Bindestrich -.
Endung	.mp3
Geräteverzeichnis	/spiffs/log/

Datei	Einstellung FILE im Sound-FB	Zulässig
alarm.mp3	alarm	Ja
prozess1.mp3	prozess1	Ja
warn_01.mp3	warn_01	Ja
Alarm.mp3	-	Nein, Großbuchstabe im Dateistamm.
mein ton.mp3	-	Nein, Leerzeichen.
warnung_lang.mp3	-	Nein, mehr als zehn Zeichen im Dateistamm.

FILE enthält nur den Namen ohne .mp3 und ohne Verzeichnispfad.

5. Dateien auf das Gerät hochladen

1. Den Designer mit dem Gerät verbinden.
2. Laufende Audioausgabe über **Audioplayer** → **EN=0** stoppen und warten, bis BUSY nicht mehr gesetzt ist.
3. **Einstellungen** → **System-Dateien** öffnen.
4. Im linken Dateibereich mit der rechten Maustaste das Kontextmenü öffnen und **Datei hochladen ...** wählen. **Weboberfläche hochladen ...** hat einen anderen Zweck.
5. Die vorbereitete MP3 auswählen. Existiert sie bereits auf dem Gerät, das angebotene Ersetzen bestätigen oder abbrechen.
6. Sowohl **Datei hochladen: ... %** als auch die anschließende Phase **Upload prüfen: ... %** vollständig abwarten.
7. Kontrollieren, dass die Datei in der Gerätedateiliste erscheint. Danach Audio wieder freigeben und testen.

Alternativ können Dateien aus dem Windows-Explorer in die Gerätedateiliste gezogen werden. Dabei gelten dieselben Grenzen.

Der Designer kontrolliert Dateinamen, Dateigröße und MP3-Anzahl. Nach der Übertragung liest er die Datei zurück und vergleicht den Inhalt. Das bestätigt die Übertragung, garantiert aber weder die Abspielbarkeit einer beschädigten MP3 noch ausreichende Ressourcen.

Dateien werden direkt auf das verbundene Gerät übertragen. Der Upload wartet nicht auf **Speichern und Anwenden**. Die CL-Konfiguration mit den FB-Einstellungen muss zusätzlich wie gewohnt gespeichert und angewendet werden. Ein auf dem PC gespeichertes Diagramm ersetzt den MP3-Upload nicht. Bei einem anderen Zielgerät müssen die benötigten MP3-Dateien dort ebenfalls vorhanden sein.

Ersetzen, Löschen und Übertragungsfehler

- Das Ersetzen einer vorhandenen MP3 erhöht die Dateianzahl nicht. Größen- und Speichergrenzen gelten weiterhin.
- Vor dem Ersetzen wird die bisherige Gerätedatei gelöscht. Ein abgebrochener Ersatz kann daher eine unvollständige Datei hinterlassen; die alte Datei ist dann nicht mehr verfügbar.
- Bei Abbruch oder Fehler den Upload erneut vollständig ausführen und die Rückleseprüfung abwarten.
- Zum Entfernen eine nicht mehr benötigte MP3 auswählen und **Datei löschen** verwenden. Auch dabei vorher die Audioausgabe stoppen.
- Nach dem Löschen kann ein FB, der weiterhin auf diese Datei verweist, sie nicht mehr abspielen. FILE entsprechend anpassen.

Hinweis zu älteren Designer-Anzeigen: Im derzeitigen Uploadcode beträgt die tatsächliche Grenze 256.000 Byte. Eine noch angezeigte Fehlermeldung mit „128 kB“ ist veraltet und beschreibt diese Grenze nicht korrekt.

6. Audioplayer - zentrale Freigabe und Lautstärke



Der Audioplayer richtet die gemeinsame Audioausgabe beim Einrichten des CL-Programms ein. GPIOs oder Codecparameter müssen im FB nicht eingestellt werden. **Genau eine Instanz verwenden.**

Anschluss / Einstellung	Art	Bedeutung
EN	Digitaler Eingang	1: Ausgabe freigeben. 0: laufende Wiedergabe beenden und ausstehende Anforderungen löschen.
VOL	Ganzzahliger Wert / numerischer Eingang	Globale Lautstärke 0 bis 100 , Standardwert 30 . Werte außerhalb des Bereichs werden begrenzt. Bei verbundener Zahlenquelle gilt deren Wert.
READY	Digitaler Ausgang	Initialisierung erfolgreich und EN gesetzt. Bestätigt nicht, dass eine bestimmte MP3 vorhanden ist.
BUSY	Digitaler Ausgang	Ein Sound wird wiedergegeben; beim geordneten Stoppen kann BUSY noch kurz gesetzt bleiben.
STATUS	Statusanzeige / Statusausgang	Zustand oder Fehler des gemeinsamen Audiodienstes.

VOL gilt für alle Sounds. Eine eigene Lautstärkeeinstellung pro Sound-FB gibt es aktuell nicht. Die Prozentskala ist kein garantierter linearer Maßstab für die wahrgenommene Lautstärke.

In **beiden Projekten P4 und P4_uni** bleibt der Verstärker nach dem ersten Sound bei freigegebenem Audioplayer zwischen Wiedergaben eingeschaltet; EN=0 schaltet ihn ab. Die Decoder-Task wird bevorzugt ausgeführt. Diese Maßnahmen reduzieren mögliche Störquellen, garantieren aber keine knacken- oder knisterfreie Wiedergabe. Die zusätzliche ES8311-Hardware-Rampe wurde nicht aktiviert; es gibt dafür keinen FB-Parameter.

VOL=0 ersetzt EN=0 nicht: Eine sehr leise oder stumme Wiedergabe kann weiterhin den Kanal belegen. Zum Beenden die vorgesehenen Steuereingänge verwenden.

Nach EN=0 und erneuter Freigabe gilt:

- **SoundLoop:** beginnt erneut, wenn IN weiterhin gesetzt ist und seine Priorität die Wiedergabe zulässt.
- **SoundTrigger:** benötigt eine neue steigende START-Flanke. Ein weiterhin gesetztes START startet nicht erneut.

7. SoundLoop - Wiedergabe solange IN gesetzt ist



SoundLoop ist für Prozessgeräusche, wiederholte Signale und anhaltende Warnungen vorgesehen.

Anschluss / Einstellung	Art	Bedeutung
IN	Digitaler Eingang	1: Datei wiederholt anfordern. 0: eigene Wiedergabe stoppen und eine wartende Anforderung zurücknehmen.
FILE	Text, maximal zehn Zeichen	MP3-Dateiname ohne Endung und Pfad, beispielsweise prozess1.
PERIODE	Ganzzahliger Eingang / Einstellwert	Startabstand in ms. 0 oder negativ: vollständig abspielen, dann wiederholen.
PRIO	Ganzzahliger Wert / numerischer Eingang	Priorität 0 bis 255 , Standardwert 0 . Größere Werte gewinnen; Werte außerhalb des Bereichs werden begrenzt.
BUSY	Digitaler Ausgang	Dieser FB gibt seinen Sound aus; beim Stoppen kann BUSY noch kurz gesetzt bleiben.
WAIT	Digitaler Ausgang	Wartet auf den gemeinsamen Kanal oder auf das Ende der Periode.
STATUS	Statusanzeige / Statusausgang	Zustand oder Fehler dieses FBs.

Bei IN=1 wird die Datei gemäß PERIODE wiederholt; IN=0 stoppt.

Nach einer Unterbrechung durch höhere Priorität beginnt der Loop wieder **am Dateianfang**, sofern IN gesetzt bleibt. Die Abspielposition wird nicht gespeichert.

SoundLoop besitzt keinen DONE-Ausgang. Nach einem Dateifehler erfolgt kein automatischer Neuversuch; nach der Fehlerbehebung IN aus- und wieder einschalten.

Vor FILE-Wechsel: IN=0, BUSY=0 abwarten, FILE ändern und neu initialisieren. Eine ersetzte MP3 wird beim nächsten Start geöffnet.

Periodendauer der Wiederholung

PERIODE=5000 zählt fünf Sekunden ab dem Wiedergabestart: Lange Dateien werden dann gestoppt und neu gestartet, kurze warten den Rest der Periode. Der erste Start erfolgt sofort. Jede neue Wiedergabe zählt neu; nach Unterbrechungen werden keine Starts nachgeholt.

Beim Warten ist der Kanal frei: **BUSY=0, WAIT=1, STATUS=0**, sofern kein Fehler vorliegt. Andere Sounds können ihn nutzen; höhere Prioritäten behalten ihren Vorrang.

IN=0 oder **Audioplayer.EN=0** verwirft die Zeitmessung. Änderungen von PERIODE wirken relativ zum letzten Wiedergabestart. 0 beendet das Warten beziehungsweise lässt die laufende Datei ausspielen; bereits angeforderte Stopps werden abgeschlossen.

Die Prüfung nutzt den vorhandenen Steuer-Task im Raster von etwa **10 ms**. Stop-/Start- und Decoderverzögerungen kommen hinzu; eine exakt feste oder lückenlose akustische Periode ist nicht garantiert. Ein Neustart mitten im Signal kann hörbar knacken. Eine Ausblendung am Dateiende hilft nur, wenn die Datei dieses Ende vor dem Neustart erreicht.

8. SoundTrigger - START, STOP und Wiederholungen



SoundTrigger ist für einzelne Hinweise, Bestätigungen und ausgelöste Warntöne vorgesehen.

Anschluss / Einstellung	Art	Bedeutung
START	Digitaler Eingang, steigende Flanke	Der Wechsel von 0 auf 1 fordert eine Wiedergabefolge mit REPEAT Durchläufen an.
STOP	Digitaler Eingang, steigende Flanke	Der Wechsel von 0 auf 1 bricht Wiedergabe beziehungsweise ausstehende Anforderung dieses FBs ab. Kann unbeschaltet bleiben.
FILE	Text, maximal zehn Zeichen	MP3-Dateiname ohne Endung und Pfad, beispielsweise a1arm.
REPEAT	Ganzzahliger Eingang / Einstellwert	Gesamtzahl der Wiedergaben, Standard 1. Task begrenzt jeden Zyklus auf 1-1000; 0 und negative Werte ergeben 1.
PRI0	Ganzzahliger Wert / numerischer Eingang	Priorität 0 bis 255 , Standardwert 0 . Größere Werte gewinnen; Werte außerhalb des Bereichs werden begrenzt.
BUSY	Digitaler Ausgang	Dieser FB gibt seinen Sound aus; beim Stoppen kann BUSY noch kurz gesetzt bleiben.
DONE	Digitaler Impulsausgang	Für einen CL-Zyklus gesetzt, nachdem die letzte Wiederholung vollständig abgespielt wurde.
STATUS	Statusanzeige / Statusausgang	Zustand oder Fehler dieses FBs.

Für START und STOP genügt ein Impuls, der von der CL-Verarbeitung erkannt wird. Ein dauerhaft auf 1 gehaltener Eingang erzeugt keine weiteren steigenden Flanken. Vor dem nächsten Impuls muss er wieder 0 werden.

- START während der eigenen Wiedergabefolge wird ignoriert, auch zwischen Wiederholungen.
- START=0 während der Wiedergabe stoppt nicht. Dafür STOP verwenden.
- Bei gleichzeitiger steigender START- und STOP-Flanke gewinnt **STOP**.
- STOP beendet keinen Sound eines anderen FBs.
- Bei Unterbrechung entfallen alle restlichen Wiederholungen; keine spätere Fortsetzung.
- Ein wegen höherer Priorität abgewiesener Start wird nicht gespeichert. Für einen neuen Versuch ist eine neue START-Flanke erforderlich.
- Stoppen, Unterbrechen oder ein erkannter Wiedergabefehler erzeugen keinen DONE-Impuls.

REPEAT=3 spielt die Datei insgesamt dreimal. Der Wert wird bei START übernommen; spätere Änderungen gelten für den nächsten Start. Ein verbundener Eingang mit 2000 wird in jedem Task-Durchlauf erneut auf 1000 korrigiert. STOP, Abschalten und Fehler beenden die gesamte Folge ohne DONE. BUSY kann zwischen zwei Durchläufen kurz 0 sein.

FILE für die nächste Wiedergabe einstellen, wenn der FB nicht aktiv ist, und die CL-Konfiguration danach neu initialisieren. Nach dem Ersetzen einer MP3 unter demselben Namen wird die neue Datei beim nächsten Start geöffnet.

Gemeinsame erweiterte Ansicht der Sound-Blöcke

SoundLoop und SoundTrigger besitzen dieselbe einfache Zusatzansicht im Diagramm. Sie zeigt den **Dateinamen mit .mp3** und einen **grünen Wiedergabepunkt**, solange BUSY gesetzt ist. Ohne Wiedergabe ist der Punkt grau. Die Anzeige verwendet die normalen FB-Updates; zusätzliche Geräteabfragen oder Timer sind nicht erforderlich.

9. Prioritäten und Zusammenwirken

Alle Sound-FBs verwenden denselben Kanal. PRIO ist als fester Einstellwert oder über einen numerischen Eingang verwendbar. Eine Änderung wird auch ohne neue Startflanke berücksichtigt.

Situation	Ergebnis
Kanal ist frei	Die anstehende Anforderung mit der höchsten Priorität wird übernommen.
Neue Anforderung hat höhere PRIO	Laufender Sound stoppt; danach startet die neue Wiedergabe.
Neue Anforderung hat gleiche PRIO	Die neu ausgelöste Anforderung gewinnt. Ein weiterhin gesetzter alter Loop-Eingang gilt nicht bei jedem Zyklus als neue Anforderung.
Neue Anforderung hat niedrigere PRIO	SoundLoop wartet; ein Start von SoundTrigger wird verworfen.
Mehrere neue Anforderungen gleicher PRIO im selben CL-Zyklus	Die Reihenfolge der Verarbeitung entscheidet; die zuletzt verarbeitete neue Anforderung gewinnt.
Unterbrochener Loop bleibt eingeschaltet	Er bleibt angefordert und kann nach Freigabe erneut beginnen.
Unterbrochener Loop wird ausgeschaltet	Er wird anschließend nicht wieder aufgenommen.

Der bisherige Sound wird geordnet gestoppt, bevor der nächste beginnt. Bereits gepufferte Audiodaten und die Verarbeitung können eine kurze Verzögerung verursachen. Eine feste maximale hörbare Reaktionszeit wird aktuell nicht zugesichert.

Beispiel: Prozesssound und Warnton

FB	FILE	PRIO	Ansteuerung
Audioplayer	-	-	EN=1, VOL beispielsweise 30
SoundLoop	prozess1	0	IN vom Signal „Prozess aktiv“
SoundTrigger	alarm	20	START vom Warnereignis; REPEAT=1; STOP optional von einer Abbruchfunktion

1. „Prozess aktiv“ wird 1: prozess1.mp3 läuft wiederholt.
2. START-Flanke am Warnton: Der Prozesssound stoppt und alarm.mp3 wird abgespielt.
3. Nach vollständigem Abspielen setzt der Warnton DONE für einen CL-Zyklus.
4. Ist „Prozess aktiv“ weiterhin 1, beginnt der Prozesssound erneut am Dateianfang. Ist es inzwischen 0, bleibt er aus.

Soll der Warnton selbst solange wiederholt werden, wie eine Warnbedingung ansteht, dafür einen weiteren **SoundLoop mit höherer PRIO** verwenden.

Für eine feste Signalkette, beispielsweise dreimal denselben Warnton nach einem Ereignis, **SoundTrigger.REPEAT=3** einstellen. DONE erscheint erst nach dem dritten vollständigen Durchlauf. Für einen Hinweis alle fünf Sekunden **SoundLoop.PERIODE=5000** verwenden; bei einer kürzeren Datei bleibt dazwischen eine Pause.

10. Statusmeldungen und Abhilfe

Die Statusanzeige des Designers erläutert den Zustand des jeweiligen FBs. Ein belegter Kanal oder eine ausgeschaltete Freigabe bedeutet nicht automatisch einen technischen Defekt.

Statuswert	Bedeutung	Prüfen / Abhilfe
0	Kein gemeldeter Fehler	EN, VOL, Eingangssignale und Prioritäten prüfen, wenn trotzdem nichts zu hören ist.
16	Funktion nicht unterstützt	Passendes P4-Gerät und passende Firmware verwenden.
18	Audioinitialisierung fehlgeschlagen	Ressourcen und Gerät prüfen; Boot-/Debugausgabe auswerten.
19	Audioplayer mehrfach vorhanden beziehungsweise falscher Besitzer	Genau eine Audioplayer-Instanz verwenden.
256	Audioausgabe ausgeschaltet	Audioplayer über EN freigeben.
512	Kanal belegt / andere Anforderung hat Vorrang	Andere Sounds und PRIO prüfen. Loop kann warten; Trigger braucht für einen erneuten Versuch eine neue START-Flanke.
768	Kein Audioplayer bereit	Audioplayer einfügen und dessen Initialisierung beziehungsweise Status prüfen.
1024	Dateiname ungültig, Datei fehlt oder ist nicht lesbar	FILE ohne Endung, Gerätedateiliste und Upload prüfen. Auch fehlende Dateisystemressourcen können das Öffnen verhindern.
1280	Audioformat, Decodierung oder Ausgabe fehlgeschlagen	MP3 am PC prüfen, erneut exportieren/hochladen; Ressourcen und Debugausgabe prüfen.

Initialisierungs- und Laufzeitmeldungen können getrennt angezeigt werden; die Tabelle nennt ihre jeweiligen Einzelwerte. Status 0 garantiert keine störungsfreie akustische Wiedergabe. Nicht jede beschädigte MP3 wird vom Decoder ausdrücklich als Fehler gemeldet.

Wenn der Sound leise ist, knackt oder knistert

- **Basslastige Datei kaum hörbar:** Zunächst einen mittenreicheren Vergleichssound bei gleicher VOL testen. Mehr Pegel kann fehlenden Bass nicht zuverlässig ausgleichen. Hinweise zur Vorbereitung stehen in Kapitel 3.
- **Störung schon am PC:** Die exportierte MP3 in einem neuen Audacity-Projekt ohne zusätzliche Effekte prüfen. Insbesondere Schnitte, Ausblendung und Übersteuerung kontrollieren.
- **Knacken beim Start oder Stop:** Dateianfang und -ende prüfen. Bei SoundLoop außerdem prüfen, ob PERIODE den Sound vorzeitig abschneidet. Prioritätswechsel und STOP können ebenfalls mitten im Signal unterbrechen.
- **Knistern unter Systemlast:** Mit derselben Datei bei geringerer gleichzeitiger Last vergleichen, beispielsweise ohne parallelen Dateiupload. Die Datei wird während der Wiedergabe aus dem Flash gelesen. Nicht während einer Wiedergabe ersetzen oder löschen.
- **Geräusch beim Verstellen von VOL:** Mit fester, moderater Lautstärke gegenprüfen. Eine automatische sanfte Lautstärkerampe ist derzeit nicht aktiviert.

11. Erste Inbetriebnahme

1. Unterstützung und Ressourcen des Zielgeräts prüfen.
2. Eine kurze MP3, beispielsweise test.mp3, mit höchstens 256.000 Byte vorbereiten und am PC anhören.
3. Mit dem Designer verbinden und die Datei unter **System-Dateien** vollständig hochladen und prüfen lassen.
4. Einen **Audioplayer** und einen **SoundTrigger** aus **AudioIO** einfügen.
5. Audioplayer: EN=1, zunächst eine niedrige VOL einstellen. SoundTrigger: FILE=test, PRIO=0, REPEAT=1, STOP zunächst unbeschaltet.
6. CL-Konfiguration speichern und auf das Gerät anwenden; READY und STATUS prüfen.
7. START von 0 auf 1 setzen. BUSY zeigt die Wiedergabe, DONE das reguläre Ende an.
8. START wieder auf 0 setzen, bevor erneut ausgelöst wird.
9. Danach bei Bedarf SoundLoop und höhere Prioritäten ergänzen. Die vollständige Anwendung unter ihrer vorgesehenen Last testen.

12. Aktuelle Grenzen

- Keine automatische Dateidauer- oder Restzeitermittlung. Die Sound-Initialisierung setzt nur den Zustand zurück und liest keine MP3-Dateien. Für Folgeaktionen den DONE-Impuls des SoundTrigger verwenden.
- Ein Ausgabekanal, keine gleichzeitige Mischung mehrerer Sounds.
- Keine Fortsetzung an der Unterbrechungsposition; Loops beginnen erneut am Dateianfang.
- Keine Warteschlange für abgewiesene oder unterbrochene Einmal-Sounds.
- Keine Zusage einer lückenlosen Schleife oder einer festen akustischen Reaktionszeit.
- Die Uploadgrenzen garantieren keine ausreichenden Flash-, RAM- oder Rechenzeitreserven. Die Verantwortung für die Ressourcenauslegung liegt aktuell beim Anwender.
- Knacken beim Starten, Stoppen oder Unterbrechen sowie Knistern während der Wiedergabe beziehungsweise bei Lautstärkeänderungen sind im aktuellen Stand beobachtet worden, teilweise abhängig von der Systemlast. Die Ursachen sind noch nicht abschließend geklärt; dies bleibt eine bekannte Einschränkung. Keine automatische Soft-Ramp und keine Zusage knackfreier Prioritätswechsel.

Entwicklungsdetails und Umsetzungshistorie stehen unter **AudioIO - Planung und technischer Umsetzungsstand**.