

Application Note

音声入出力 アプリケーションノート

本資料のご使用につきましては、次の点にご留意願います。

本資料の内容については、予告なく変更することがあります。

1. 本資料の一部、または全部を弊社に無断で転載、または、複製など他の目的に使用することは堅くお断りします。
 2. 弊社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に弊社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、弊社ホームページなどを通じて公開される最新情報に常にご注意ください。
 3. 本資料に掲載されている応用回路、プログラム、使用方法などはあくまでも参考情報です。お客様の機器・システムの設計において、応用回路、プログラム、使用方法などを使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらに起因する第三者の知的財産権およびその他の権利侵害ならびに損害の発生に対し、弊社はいかなる保証を行うものではありません。また、本資料によって第三者または弊社の知的財産権およびその他の権利の実施権の許諾を行うものではありません。
 4. 弊社は常に品質、信頼性の向上に努めていますが、一般的に半導体製品は誤作動または故障することがあります。弊社製品のご使用にあたりましては、弊社製品の誤作動や故障により生命・身体に危害を及ぼすこと又は財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア、ソフトウェア、システムに必要な安全設計を行うようお願いいたします。なお、設計および使用に際しては、弊社製品に関する最新の情報(本資料、仕様書、データシート、マニュアル、弊社ホームページなど)をご確認いただき、それに従ってください。また、上記資料などに掲載されている製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価を行い、お客様の責任において適用可否の判断をお願いいたします。
 5. 弊社は、正確さを期すために慎重に本資料およびプログラムを作成しておりますが、本資料およびプログラムに掲載されている情報に誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料およびプログラムに掲載されている情報の誤りによってお客様に損害が生じた場合においても、弊社は一切その責任を負いかねます。
 6. 弊社製品の分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製などは堅くお断りします。
 7. 弊社製品は、一般的な電子機器(事務機器、通信機器、計測機器、家電製品など)に使用されること(一般用途)、および本資料に個別に掲載または弊社が個別に指定する用途に使用されること(指定用途)を意図して設計、開発、製造されています。これら一般用途および指定用途以外の用途(特別な品質、信頼性が要求され、その誤動作や故障により生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産侵害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある用途。以下、特定用途といいます)に使用されることを意図していません。お客様に置かれましては、弊社製品を一般用途および指定用途に使用されることを推奨いたします。もし特定用途で弊社製品のご使用およびご購入を希望される場合、弊社はお客様が弊社製品を使用されることへの商品性、適合性、安全性について、明示的・黙示的に関わらずいかなる保証を行うものではありません。お客様が特定用途での弊社製品の使用を希望される場合は、弊社営業窓口まで事前にご連絡の上、承諾を得てください。
- 【 特 定 用 途 (例) 】
- 宇宙機器(人工衛星・ロケットなど)/輸送車両並びにその制御機器(自動車・航空機・列車・船舶など)
医療機器/海底中継機器/発電所制御機器/防災・防犯装置/交通用機器/金融関連機器
- 上記と同等の信頼性を必要とする用途。詳細は、弊社営業窓口までお問い合わせください。
8. 本資料に掲載されている弊社製品および当該技術を国内外の法令および規制により製造・使用・販売が禁止されている機器・システムに使用することはできません。また、弊社製品および当該技術を大量破壊兵器等の開発および軍事利用の目的その他軍事用途等に使用しないでください。弊社製品または当該技術を輸出または海外に提供する場合、「外国為替及び外国為替法」、「米国輸出管理規則(EAR)」、その他輸出関連法令を遵守し、係る法令の定めるところにより必要な手続きを行ってください。
 9. お客様が本資料に掲載されている諸条件に反したことに起因して生じたいかなる損害(直接・間接を問わず)に関して、弊社は一切その責任を負いかねます。
 10. お客様が弊社製品を第三者に譲渡、貸与などをしたことにより、損害が発生した場合、弊社は一切その責任を負いかねます。
 11. 本資料についての詳細に関するお問合せ、その他お気付きの点などがありましたら、弊社営業窓口までご連絡ください。
 12. 本資料に掲載されている会社名、商品名は、各社の商標または登録商標です。

評価ボード・キット、開発ツールご使用上の注意事項

1. 弊社評価ボード・キット、開発ツールは、お客様での技術的評価、動作の確認および開発のみに用いられることを想定し設計されています。それらの技術評価・開発等の目的以外には使用しないでください。本品は、完成品に対する設計品質に適合していません。
2. 弊社評価ボード・キット、開発ツールは、電子エンジニア向けであり、消費者向け製品ではありません。お客様において、適切な使用と安全に配慮願います。弊社は、本品を用いることで発生する損害や火災に対し、いかなる責も負いかねます。通常の使用においても、異常がある場合は使用を中止してください。
3. 弊社評価ボード・キット、開発ツールに用いられる部品は、予告なく変更されることがあります。

Rev. j1.2, 2023. 4

目次

1. 概要	1
2. 音声の生成	2
3. スピーカーによる音声出力	3
3.1 スピーカー接続推奨回路	3
3.1.1 ローパスフィルタ (LPF)	4
3.1.2 ポップノイズ防止回路	4
3.1.3 1 端子出力	4
3.2 スピーカーアンプの選定	5
3.2.1 放射ノイズ対策	6
4. ブザーによる音声出力	7
4.1 圧電ブザー接続増幅回路	7
4.1.1 圧電ブザーに流れる大電流	8
4.2 電磁ブザー接続増幅回路	8
4.2.1 4 端子出力	8
4.2.2 2 端子出力	10
4.2.3 バイポーラトランジスタの貫通電流について	12
4.3 ブザーの選定	12
5. 基板設計での注意事項	14
5.1 電源	14
5.2 信号線の配線	14
6. 筐体設計での注意事項	15
6.1 スピーカー筐体設計	15
6.1.1 スピーカー両面からの音波干渉の防止	15
6.1.2 スピーカー筐体 (エンクロージャー)	15
6.2 ブザー筐体設計	16
6.2.1 共鳴箱	16
6.2.2 共鳴管	17
6.2.3 ブザーの金属板の共鳴	18
7. マイクによる音声入力	19
Appendix A 電磁ブザー接続推奨回路の Spice モデル	20
改訂履歴表	23

1. 概要

本アプリケーションノートは、エプソン製音声 LSI および音声 MCU（以下「音声デバイス」とする。）における音声入出力に関する参考資料です。ご使用の音声デバイスによってはサポートされていない機能がありますので、まず表 1 の適用範囲機種をご確認のうえ、目的にあった章を参照ください。

表 1 各章の適用範囲機種

章		製品型番					
		音声 LSI			音声 MCU		
		S1V3G340	S1V3F351	S1V3F352	S1C31D50	S1C31D51	S1C31D41
2 章	音声の生成	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3 章	スピーカーによる音声再生	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4 章	ブザーによる音声再生	-	✓	✓	-	✓	✓
5 章	基板設計の注意事項	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6 章	筐体設計の注意事項	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7 章	マイクによる音声入力	-	✓	✓	✓	✓	✓
Appendix A	電磁ブザー 接続推奨回路の Spice モデル	-	✓	✓	-	✓	✓

2. 音声の生成

2. 音声の生成

エプソン製音声デバイスで再生する音声 ROM データは、当社から提供されるエプソン音声データ作成 PC ツール(ESPER2)で作成します。詳細は ESPER2 セットアップガイド、および ESPER2 シンプルマニュアルを参照ください。

3. スピーカーによる音声出力

3.1 スピーカー接続推奨回路

エプソン製音声デバイスをご使用の際の、スピーカー使用時における接続推奨回路は図 3.1.1、図 3.1.2 の通りです。図 3.1.1 は、音声デバイスからの出力端子が 2 本の場合、図 3.1.2 は 1 本の場合の参考回路図です。

図 3.1.1 の音声出力端子名は、機種ごとに異なります。表 3.1.1、表 3.1.2 を参照してスピーカーアンプに接続する出力端子を確認してください。

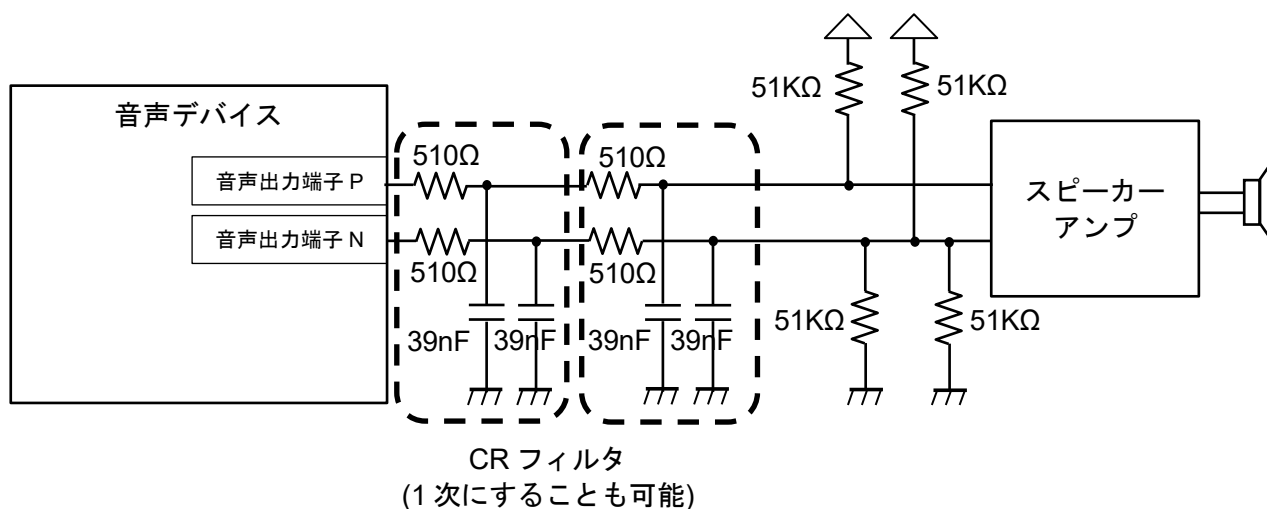


図 3.1.1 スピーカー接続推奨回路(2 端子)

表 3.1.1 音声出力端子(S1V3F351/S1V3F352)

機種	出力モード設定	音声出力端子
S1V3F351	ISC_SOUND_OUTPUT_CONFIG_REQ メッセージの Sound_Out_Sel に 0x00 を設定	SPEAKER_OUT_P SPEAKER_OUT_N
S1V3F352	ISC_SOUND_OUTPUT_CONFIG_REQ メッセージの Sound_Out_Sel に 0x00 を設定	SPEAKER_OUT_P SPEAKER_OUT_N

表 3.1.2 音声出力端子(S1C31D41/S1C31D51)

機種	出力モード設定	音声出力端子
S1C31D41	SDAC2MOD.PWMMODE[1:0] レジスタに 0x0 を設定	SDACOUT_P/P50 SDACOUT_N/P51
S1C31D51	SDACMOD.MODE レジスタに 0x0 設定	SDACOUT_P/P50 SDACOUT_N/P51

図 3.1.1 のように、差動 2 端子出力、およびローパスフィルタ(LPF/2 次 CR フィルタ)、その後段にポップノイズ防止回路(プルアップ/プルダウン抵抗)を設けることでのご使用を推奨いたします。差動 2 端子出力を採用することで、基板ノイズの影響を低減することができます。

3. スピーカーによる音声出力

3.1.1 ローパスフィルタ(LPF)

音声出力端子からは、PWM 波形が出力されます。PWM 波形出力直後に LPF を挿入することで、音声を復元できます。LPF のカットオフ周波数を、 f_s (サンプリング周波数) / 2 である 8kHz とすることで、音声帯域外のノイズを除去し、音声成分が存在する帯域を復元できます。

図 3.1.1 の例では 8kHz の LPF($C=39\text{nF}$, $R=510\Omega$)を設定しております。

周辺部品点数を削減するため、CR フィルタを 1 次とする(図 3.1.1 の点線部を 1 段に省略)こともできます。CR フィルタが 1 次の場合、LPF のカットオフ特性が緩やかになり、音声の明瞭度が低下する場合がありますので、十分な音質評価を実施したうえでご使用ください。

3.1.2 ポップノイズ防止回路

LPF 後段にポップノイズ防止回路(プルアップ/プルダウン抵抗($R=51\text{K}\Omega$))を設けることで、音声信号を中間電位に維持し、電源投入時に発生するポップノイズを防ぐことができます。

差動 2 端子出力の場合は、電源投入時のポップノイズが両端子間でキャンセルされ、音質への影響が少なくなる可能性がありますので、周辺部品を省略することでさらなる部品点数の削減が可能です。その場合は十分な音質評価を実施したうえでご使用ください。

また、使用するアンプの仕様に依存する場合がありますので、本回路および使用するアンプを含めた十分な音質評価を実施したうえでご判断ください。

3.1.3 1 端子出力

図 3.1.2 で示すように、音声出力を 1 端子とすることで、1 端子分の周辺回路が不要となるため、周辺部品点数を削減することが可能です。但し、基板ノイズの影響を受けやすくなるため、基板設計時は十分にご注意ください。

2 端子出力と同様に、CR フィルタを 1 次(図 3.1.2 の点線部を 1 段に省略)に、後段にポップノイズ防止回路(プルアップ/プルダウン抵抗)をそれぞれ省略することで、さらなる部品点数の削減が可能です。音声の明瞭度、およびポップノイズの観点で十分の音質評価を実施したうえでご使用ください。

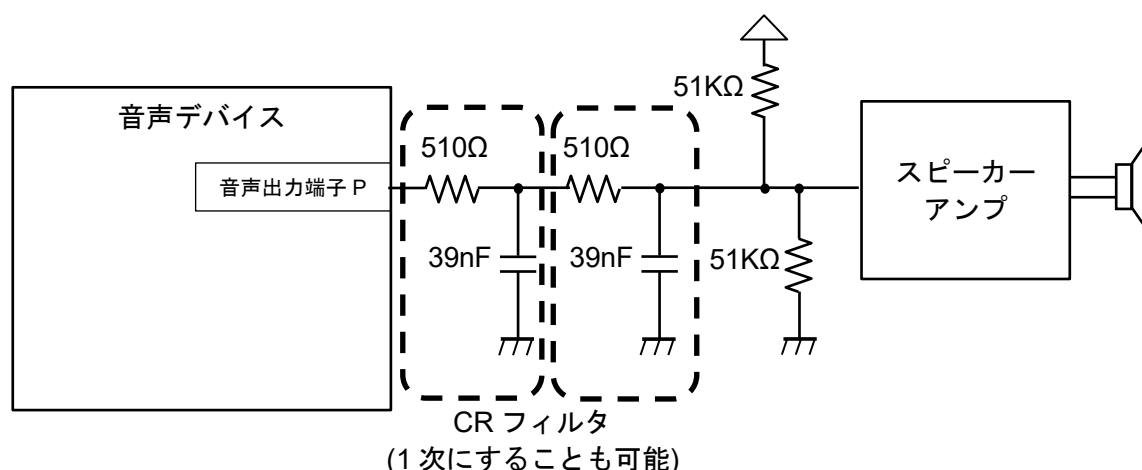


図 3.1.2 スピーカー接続推奨回路(1 端子)

※ 図 3.1.1, 3.1.2 の音声出力端子名は、機種ごとに異なります。各機種のマニュアルを参照ください。

3.2 スピーカーアンプの選定

スピーカーアンプには、A 級、B 級、AB 級、D 級などのスピーカーアンプ製品が使用可能です。本項では、一般的によく使用されている AB 級、D 級に限定し、その特徴やメリット・デメリットについて示します。

スピーカーアンプに AB 級アンプを選択した場合の波形イメージは、図 3.2.1 のとおりです。また、D 級アンプを選択した場合の波形イメージは、図 3.2.2 のとおりです。



図 3.2.1 AB 級スピーカーアンプ

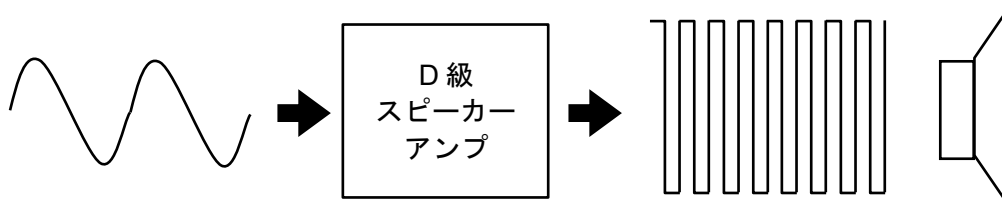


図 3.2.2 D 級スピーカーアンプ

AB 級スピーカーアンプは増幅されたアナログ信号を、D 級スピーカーアンプはデジタル信号(PWM 信号)を出力します。AB 級スピーカーアンプは、音声帯域に帯域制限された信号を出力するため、放射ノイズや、電源ノイズの影響などは受けにくく、D 級スピーカーアンプに比べて音質面で有利である反面、常にバイアス電流を流しているため、電力効率が悪く、消費電流が大きくなる傾向にあります。

一方、D 級スピーカーアンプは、高効率の電力変換が可能なことから、発熱面や消費電流面で有利である反面、発出する高周波ノイズが他の電気機器に影響を及ぼす場合があります(放射ノイズ)。また、信号レベルが VDD-GND で表現されるため、電源にノイズがある場合、VDD-GND に乗るノイズがそのまま音質に影響を与えます。

上記の一般的に認識されているメリット・デメリットを考慮し、アプリケーションに合ったスピーカーアンプを選定してください。

表 3.2.1 AB 級/D 級スピーカーアンプの比較

	AB 級スピーカーアンプ	D 級スピーカーアンプ
出力	アナログ	デジタル(PWM)
歪み	低	中
効率	低	高
発熱	大	小

3. スピーカーによる音声出力

3.2.1 放射ノイズ対策

D 級アンプが発する放射ノイズは、図 3.2.1 に示す LC フィルタ挿入により PWM のキャリア周波数成分をカットすることで対策できます。必要な場合は参考ください。

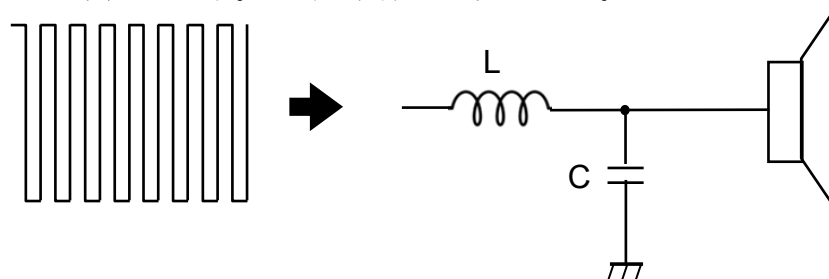


図 3.2.1 LC フィルタ

図 3.2.1 の回路によるカットオフ周波数 f_c は式 3.2.1 のとおりです。

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (\text{式 3.2.1})$$

式 3.2.1 の使用より、 $L = 33\mu\text{H}$ 、 $C = 0.033\mu\text{F}$ とすると、

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{(33(\mu\text{H})) * (0.033(\mu\text{F}))}} \approx 152(\text{kHz})$$

カットオフ周波数 152kHz となり、MHz オーダーの PWM キャリア周波数成分をカットすることで対策が可能です。

4. ブザーによる音声出力

エプソン製音声デバイスは、エプソン独自の技術により、圧電ブザー（圧電サウンダー）や電磁ブザーで音声やメロディ（以下「ブザー音声」とする）を再生することができます。本章では、エプソン製音声デバイスを使用した場合のブザーで音声を再生するための外付け増幅回路について示します。

4.1 圧電ブザー接続増幅回路

圧電ブザー接続時の推奨増幅回路を図 4.1.1 に示します。図 4.1.1 の抵抗値 R1～R3 は、表 4.1.1 に示す圧電ブザーへの供給電圧(VDD1)とターゲット電流から最適な値を選択ください。

Q4A/Q4B の MOSFET の選定においては、印加電圧(VDD1)が MOSFET の耐圧値を上回ることのないよう、また MOSFET の定格電流を超えることのないよう、R1/R2 の選定にご注意ください。

図 4.1.1 の音声出力端子名は、機種ごとに異なります。表 4.1.2、4.1.3 を参照して増幅回路に接続する出力端子を確認してください。

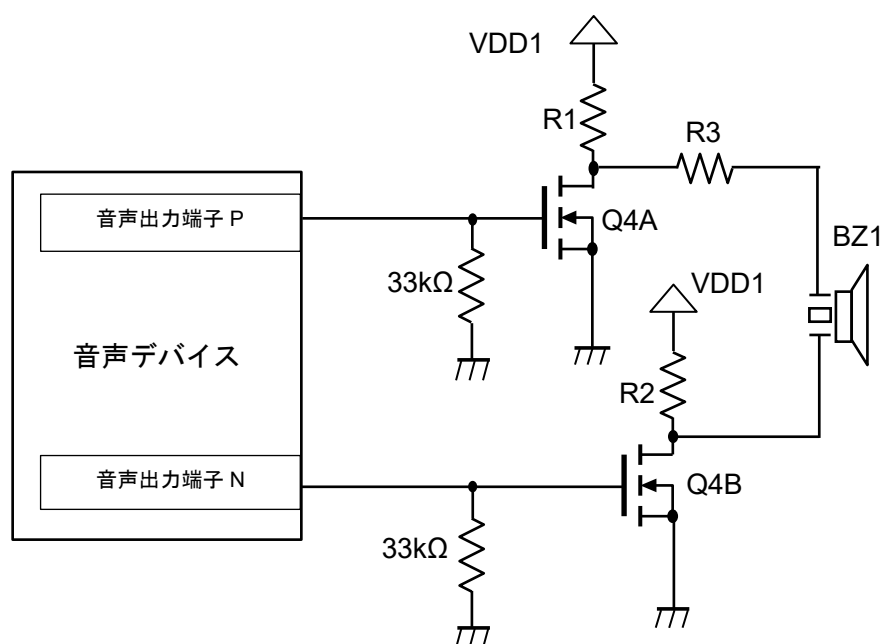


図 4.1.1 圧電ブザー接続時の増幅回路

表 4.1.1 圧電ブザー接続時における推奨抵抗値

VDD1 (V)	ターゲット電流(mA)	R1,R2(Ω)	R3(Ω)	VDD1 (V)	ターゲット電流(mA)	R1,R2(Ω)	R3(Ω)
15	30	560	220	5	30	180	100
15	20	820	220	5	20	270	100
15	10	1.8 k	220	5	10	560	100
15	5	3.3 k	220	5	5	1.0 k	100
12	30	470	180	3	30	100	47
12	20	680	180	3	20	150	47
12	10	1.5 k	180	3	10	330	47
12	5	2.7 k	180	3	5	560	47

4. ブザーによる音声出力

表 4.1.2 圧電ブザーの音声出力端子(S1V3F351/S1V3F352)

機種	出力モード設定	音声出力端子
S1V3F351	ISC_SOUND_OUTPUT_CONFIG_REQ メッセージの Sound_Out_Sel に 0x05 を設定	BUZZER_OUT_P BUZZER_OUT_N
	ISC_SOUND_OUTPUT_CONFIG_REQ メッセージの Sound_Out_Sel に 0x07 を設定	SPEAKER_OUT_P SPEAKER_OUT_N
S1V3F352	ISC_SOUND_OUTPUT_CONFIG_REQ メッセージの Sound_Out_Sel に 0x07 を設定	SPEAKER_OUT_P SPEAKER_OUT_N

表 4.1.3 圧電ブザーの音声出力端子(S1C31D41/S1C31D51)

機種	出力モード設定	音声出力端子
S1C31D41	SDAC2MOD.PWMODE[1:0]レジスタに 0x1 を設定	SDACOUT_P/P50 SDACOUT_N/P51
		P04/SDACOUT_P/UPMUX(*1) P05/SDACOUT_N/UPMUX(*1)
S1C31D51	SDACMOD.MODE レジスタに 0x1 を設定	SDACOUT_P/P50 SDACOUT_N/P51

1: P04,P05 端子のデフォルト状態は入出力ポートです。これらの端子を音声出力端子として使用する場合は、端子設定を音声出力(SDACOUT_)に変更してください。端子設定変更の詳細は、S1C31D41 テクニカルマニュアルを参照してください。

4.1.1 圧電ブザーに流れる大電流

圧電ブザーは、金属板を 2 枚重ねた構造であることから、コンデンサとして作用します。この場合、圧電ブザーに蓄えられた電荷が流れだすと、瞬間的に非常に大きな電流が圧電ブザー周辺に流れ、場合によっては MOSFET が破損することもあります。この大きな電流を抑制するため、図 4.1.1 で示す、ブザー(BZ1)に直列に抵抗(R3)が接続されています。抵抗(R3)の大きさにより、瞬間的な大電流が防止できます。

4.2 電磁ブザー接続増幅回路

電磁ブザー接続時の推奨増幅回路として 4 端子出力用と 2 端子出力用の 2 種類を用意しています。ただし、4 端子出力回路は、S1C31D41, S1V3F351 の 2 機種のみ選択できます。

4.2.1 4 端子出力

図 4.2.1 は、4 端子出力の増幅回路です。抵抗値 R1～R4 を、接続する電磁ブザー(BZ1)に最適な値を選択してください。各電磁ブザー使用時の推奨抵抗値は表 4.2.1 のとおりです。これらの値は、電磁ブザーへの供給電圧(VDD1)、および仕様(直流抵抗、最大電流)から Spice モデルシミュレーションにより算出できます。表 4.2.1 以外の電磁ブザーをご使用の場合は、Appendix A の Spice モデルのネットリスト例を参照ください。

また、Q1/Q2 のトランジスタ後段に、電磁ブザーの逆起電力によるデバイス破壊を防ぐためのダイオードを設けています。

図 4.2.1 の音声出力端子名は、機種ごとに異なります。表 4.2.2、表 4.2.3 を参照して増幅回路に接続する出力端子を確認してください。

4. ブザーによる音声出力

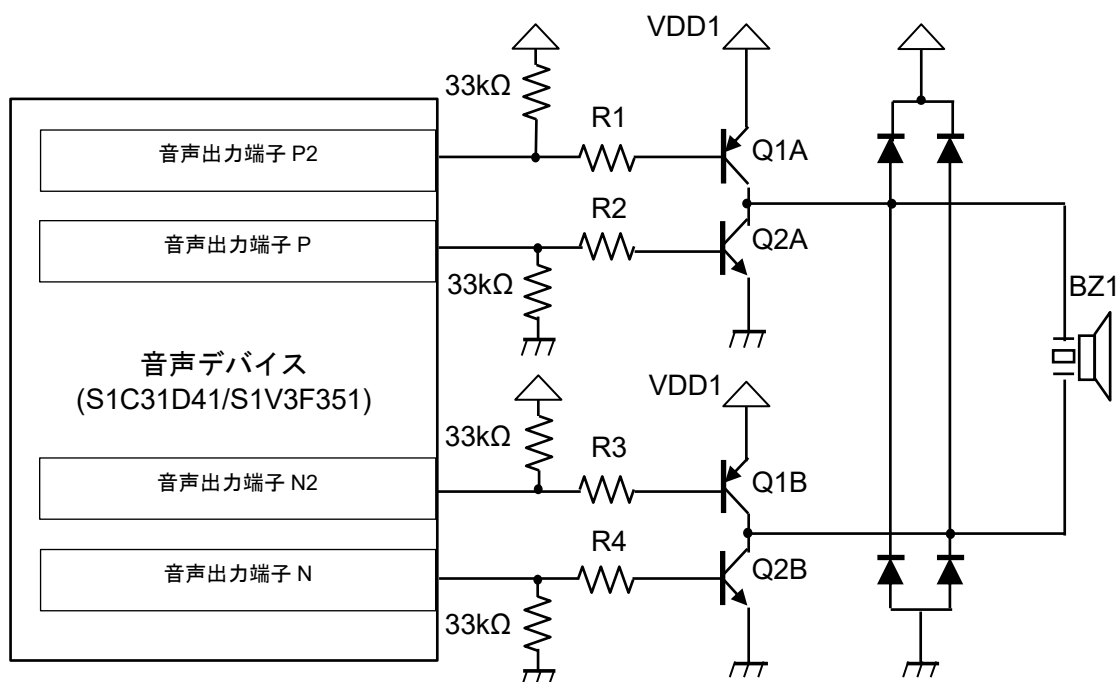


図 4.2.1 電磁ブザー4 端子出力接続時の増幅回路 (S1C31D41/S1V3F351)

表 4.2.1 電磁ブザー接続時における推奨抵抗値

ブザー(BZ1) 型番	ブザー特性・仕様			推奨抵抗値 R1~R4(kΩ)	貫通電流 ピーク値 (mA)
	供給電圧 (VDD1 (V))	直流抵抗 (Ω)	電流 I _{o-p} (mA)max.		
SD160709 (TDK 社製)	3	70	40	4.7	130
	5	70	70	2.2	260
SDR08540M3-01 (TDK 社製)	3	16	85	6.8	90
	5	16	85	13	60
SD160701 (TDK 社製)	3	50	60	2.7	220
SD1614T5-A1 (TDK 社製)	5	70	80	4.7	140

表 4.2.2 電磁ブザー4 端子出力の音声出力端子(S1V3F351)

機種	出力モード設定	音声出力端子
S1V3F351	ISC_SOUND_OUTPUT_CONFIG_REQ メッセージの Sound_Out_Sel に 0x06 を設定	BUZZER_OUT_P2 BUZZER_OUT_P BUZZER_OUT_N2 BUZZER_OUT_N

4. ブザーによる音声出力

表 4.2.3 電磁ブザー4 端子出力の音声出力端子(S1C31D41)

機種	出力モード設定	音声出力端子
S1C31D41	SDAC2MOD.PWMMODE[1:0]レジスタに 0x1 を設定	P03/SDACOUT_P2/UPMUX(*1) P04/SDACOUT_P/UPMUX(*1) P06/SDACOUT_N2/UPMUX(*1) P05/SDACOUT_N/UPMUX(*1)

1: P03,P04,P05,P06 端子のデフォルト状態は入出力ポートです。これらの端子を音声出力端子として使用する場合は、端子設定を音声出力(SDACOUT_)に変更してください。端子設定変更の詳細は、S1C31D41 テクニカルマニュアルを参照してください。

4.2.2 2 端子出力

図 4.2.2 は、2 端子出力の増幅回路です。図 4.2.2 の回路では、(a)/(b)が Hi-Z の状態において、トランジスタ Q1/Q2 両方がオン状態となった際、**大電流による基板破損の可能性があります**。従って、本回路をご使用の場合は、**(a)/(b)が Hi-Z の状態での VDD1 電源供給は絶対に行わないでください**。この大電流を防止するための、VDD1 制御回路を図 4.2.3 に示します。図 4.2.3 の回路では、本回路に接続する制御端子を、音声再生開始直前に L (VDD1 を ON)、再生終了直後に H (VDD1 を OFF)と制御することで、(a)/(b)の Hi-Z 状態で大電流が流れ続ける状態を回避しています。

また、図 4.2.2 の回路では、Q1/Q2 のトランジスタ後段に、電磁ブザーの逆起電力によるデバイス破壊を防ぐためのダイオードを設けています。

図 4.2.2 の音声出力端子名、図 4.2.3 の制御端子名は、機種ごとに異なります。表 4.2.4、4.2.5、4.2.6 を参照して増幅回路に接続する出力端子を確認してください。

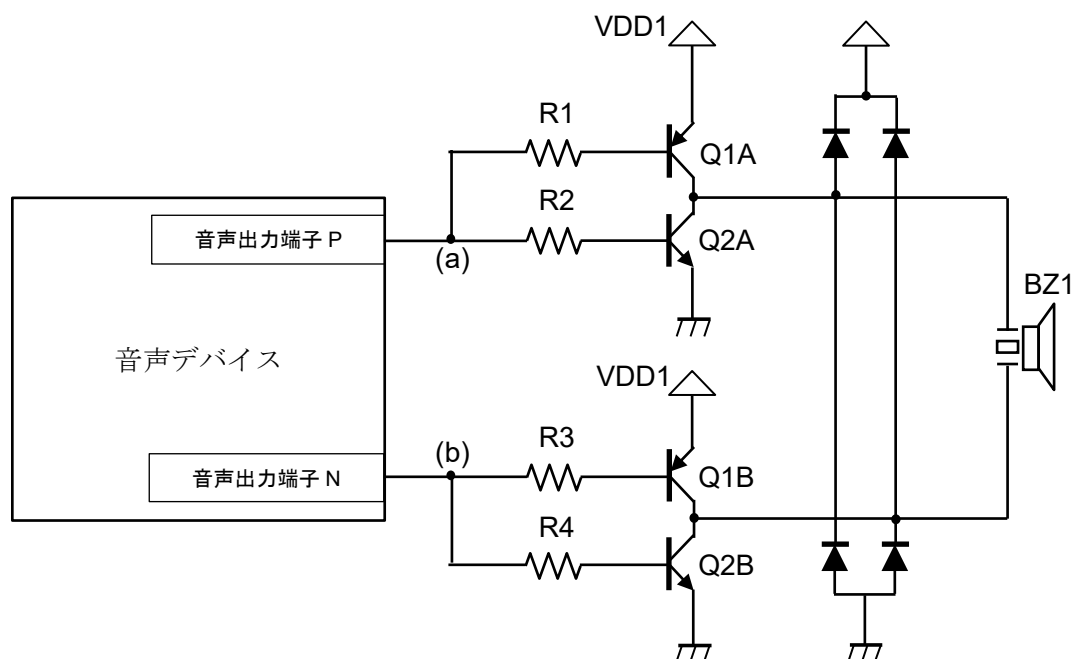


図 4.2.2 電磁ブザー2 端子出力接続時の増幅回路

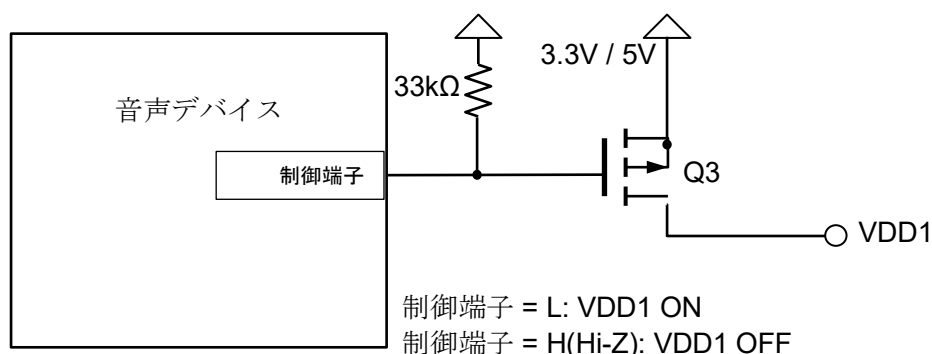


図 4.2.3 電磁ブザー2 端子出力増幅回路の供給電源制御回路

表 4.2.4 電磁ブザー2 端子出力の音声出力端子(S1V3F351/S1V3F352)

機種	出力モード設定	音声出力端子
S1V3F351	ISC_SOUND_OUTPUT_CONFIG_REQ メッセージの Sound_Out_Sel に 0x05 を設定	BUZZER_OUT_P BUZZER_OUT_N
	ISC_SOUND_OUTPUT_CONFIG_REQ メッセージの Sound_Out_Sel に 0x07 を設定	SPEAKER_OUT_P SPEAKER_OUT_N
S1V3F352	ISC_SOUND_OUTPUT_CONFIG_REQ メッセージの Sound_Out_Sel に 0x07 を設定	SPEAKER_OUT_P SPEAKER_OUT_N

表 4.2.5 電磁ブザー2 端子出力の音声出力端子(S1C31D41/S1C31D51)

機種	出力モード設定	音声出力端子
S1C31D41	SDAC2MOD.PWMODE[1:0]レジスタに 0x1 を設定	SDACOUT_P/P50 SDACOUT_N/P51
		P04/SDACOUT_P/UPMUX(*1) P05/SDACOUT_N/UPMUX(*1)
S1C31D51	SDACMOD.MODE レジスタに 0x1 を設定	SDACOUT_P/P50 SDACOUT_N/P51

1: P04,P05 端子のデフォルト状態は入出力ポートです。これらの端子を音声出力端子として使用する場合は、端子設定を音声出力(SDACOUT_)に変更してください。端子設定変更の詳細は、S1C31D41 テクニカルマニュアルを参照してください。

表 4.2.6 電磁ブザー2 端子出力増幅回路の供給電源制御端子

機種	制御端子
S1V3F351	EXT_CIRCUIT_CTRL
S1V3F352	EXT_CIRCUIT_CTRL
S1C31D41	音声出力端子(P50,P51,P03,P04,P05,P06)を除く入出力ポートのいずれか
S1C31D51	音声出力端子(P50,P51,P04,P05)を除く入出力ポートのいずれか

4. ブザーによる音声出力

4.2.3 バイポーラトランジスタの貫通電流について

電磁ブザーの推奨回路(図 4.2.1、図 4.2.2)では、音声デバイスから出力される PWM 信号は、図 4.2.4 のように抵抗を介してバイポーラトランジスタ部に入力されます。この回路では、2つのトランジスタが同時に ON となる場合があります、そこで貫通電流が流れます。この貫通電流が、使用するバイポーラトランジスタの定格電流を超えると、**大電流によるトランジスタの破損の可能性**がありますので、この定格電流を超えないようにする必要があります。

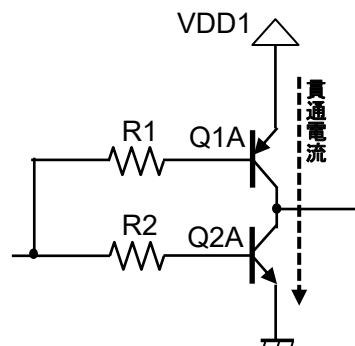


図 4.2.4 バイポーラトランジスタ部回路

- ・ NPN 型(Q2A)バイポーラトランジスタのコレクタ-エミッタ間電流は、ベース-エミッタ間のベース電流の電流量で制御できる。

- ・ PNP 型(Q1A)バイポーラトランジスタのエミッタ-コレクタ間電流は、ベース-コレクタ間のベース電流の電流量で制御できる。

図 4.2.4 の回路では、貫通電流がバイポーラトランジスタの定格電流を超えないよう、ベース前段の抵抗(R1, R2)によって、ベース電流を制限します。

表 4.2.1 は、電磁ブザーの推奨回路を使用した際の、各ブザーの仕様・特性、および推奨抵抗値(R1～R4)を使用した際の、バイポーラトランジスタに流れる貫通電流を算出した値です。バイポーラトランジスタを選定する際には、コレクタ電流のピーク値、電流定格値が、表 4.2.1 で示した貫通電流よりも大きいものを選定する必要があります。

4.3 ブザーの選定

エプソン製音声デバイスで、ブザー音声を実現する場合の音声品質は、選定するブザーの特性にも依存します。

● ブザーの周波数特性

ブザーが持つ周波数特性が、ブザー音声の音質に大きく影響します。ブザーの選定にあたり、特に以下の条件が、良好なブザー音声品質を得るために重要です。

- ・ 周波数特性のピーク周波数が $2.5\text{kHz} \pm 0.5\text{kHz}$ であること

※ 本条件は、筐体も含めた条件です。筐体に関する内容は 6 章を参照ください。

● ブザーのサイズ

一般的にブザーのサイズが大きいほど、ブザー音声の音質・音圧は向上します。

● 製品の筐体

ブザーを実装した基板を製品に組み込むと、製品の筐体により共鳴効果が発生し、音質・音圧が大きく向上することがあります。このため、ブザー音声評価の際は、簡易的にでも製品に組み込んだ状態で評価ください。

● 圧電ブザーと電磁ブザーの比較

表 4.3.1 に、圧電ブザーと電磁ブザーとの特性・仕様の比較を示します。ブザーの動作原理が異なるため、これらの特性・仕様も異なります。これらの特徴をご理解の上、アプリケーションに合ったブザーを選定ください。

表 4.3.1 圧電ブザーと電磁ブザーの比較

	圧電ブザー	電磁ブザー
駆動方法	電圧駆動 (電圧が高い=より大きな音)	電流駆動 (電流が大きい=より大きな音)
動作電圧範囲	10~30(V)	2~6(V)
消費電流	少ない	多い

- 三端子ブザー

図 4.3.1 のような三端子のブザーの場合、図の(a)と(c)の端子のみで制御可能です。(b)の端子は、未使用とするか、(a)と接続して使用しても構いません。

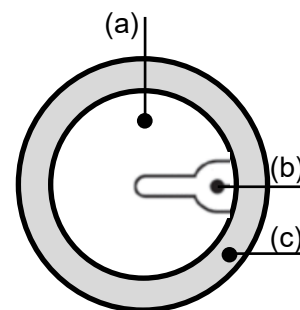


図 4.3.1 三端子ブザー

5. 基板設計での注意事項

5. 基板設計での注意事項

本章では、音声デバイスを搭載する基板設計に関わる注意事項を示します。

なお、各機種のテクニカルマニュアルに「実装上の注意事項」が掲載されておりますので、合わせて参照ください。

以降の本文では、各電源/GND を表 5.1 に記載のシンボルで説明します。

表 5.1 各電源/GND シンボル名

電源	シンボル	GND	シンボル
音声デバイス (ロジック)電源	VDD	音声デバイス (ロジック)GND	GND
スピーカーアンプ電源	AVDD	スピーカーアンプ GND	AGND
ブザー外部回路電源	VDD1	ブザー外部回路 GND	GND1
マイク電源	AVDD1	マイク GND	AGND1

5.1 電源

- ◆ 音声デバイスと共に電源 IC を使用する場合は、製品用途の EMI 規格を満たす製品を使用してください。電源 IC のノイズによる音声デバイスへの影響を軽減できます。
- ◆ 音声デバイス(ロジック)電源(VDD/GND)、スピーカーアンプ電源(AVDD/AGND)のほか、マイク電源(AVDD1/AGND1)も分離することを推奨します。
- ◆ VDD と GND、AVDD と AGND、VDD1 と GND1、AVDD1 と AGND1 の電源間にはバイパスコンデンサを接続してください。バイパスコンデンサは音声デバイスの端子にできるだけ近づけ、配線パターンはできるだけ広くしてください。

5.2 信号線の配線

- ◆ アナログ信号線とデジタル信号線は、交差、並走はさせないでください。
- ◆ 高速クロック信号線は、GND パターンでガードリングしてください。
- ◆ 同期シリアルインターフェース、I2C の信号線には必要に応じてダンピング抵抗を挿入ください。
- ◆ 音声デバイスとスピーカーアンプ間の配線は、できるだけノイズの影響を受け難いように設計してください。この配線にノイズが載ると、後段のアンプでノイズが増幅されます。
- ◆ EMI を抑制するため、音声デバイスとスピーカーアンプ間の配線長、および音声デバイスとスピーカーアンプ間の配線長および D 級アンプとスピーカーの間の配線長は、できるだけ短くしてください。
- ◆ 電磁ブザーは電流駆動であるため、ブザー周辺回路の配線はできるだけ太くしてください。

6. 筐体設計での注意事項

本章では、製品に取り付けるスピーカーやブザーの筐体設計における注意事項を示します。

6.1 スピーカー筐体設計

スピーカーユニットを製品・装置等に取り付ける場合、筐体の設計が必要です。筐体の設計によっては、音圧や音質にも影響します。

6.1.1 スピーカー両面からの音波干渉の防止

スピーカーは、電気信号を振動板の振動に変換し、その振動による空気圧の変化により音を生成しています。音は、スピーカーの表面・裏面の両面から生成されますが、表面の空気振動と裏面からの空気振動の位相が逆のため、スピーカーユニット単体で音を出力すると（図 6.1.1 (a)参照）、両面からの振動が干渉し、振動を打ち消し合うため、音量は小さくなります。

これに対して、スピーカーの筐体設計により、この表面の音波と裏面の音波の干渉を防ぐことで、音量を確保することができます。図 6.1.1(b)は、1 枚の板で表面/裏面の干渉を防止しています。図 6.1.1(c)では、さらに裏面を板で囲っています。図 6.1.1(d)では、裏面をすべて板で密閉しています。お客様の筐体設計においては、(d)による干渉防止を推奨しますが、少なくとも(b)、さらには(c)でも、音波干渉防止の観点では有効です。

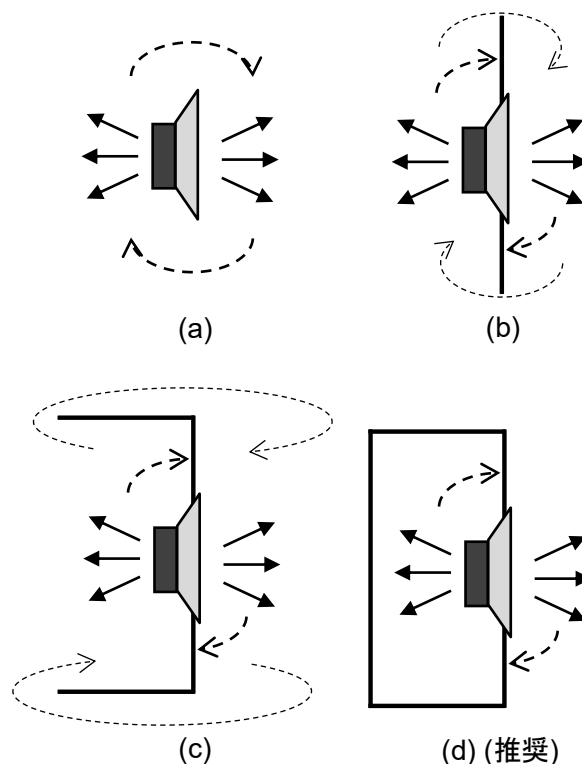


図 6.1.1 スピーカーから出力される音波イメージ

6.1.2 スピーカー筐体 (エンクロージャー)

● 背面エンクロージャー

背面エンクロージャーはスピーカーの背面を密閉します(図 6.1.2 参照)。エンクロージャーの体積が小さくなると、内部の空気がより圧縮され、スピーカーが押し戻されます。この結果音量が小さくなります。可能な限り背面エンクロージャーの体積を大きくすることで、音量を確保することができます。さらには、スピーカー裏の板に吸音材を使用し、スピーカー背面音を吸音することで、音量を確保することができます。スピーカーの直径と、背面エンクロージャーの奥行きが同じ長さになるような設計を推奨しますが、背面エンクロージャーの大きさ・体積は、製品・装置のサイズとの制約の中でご検討ください。

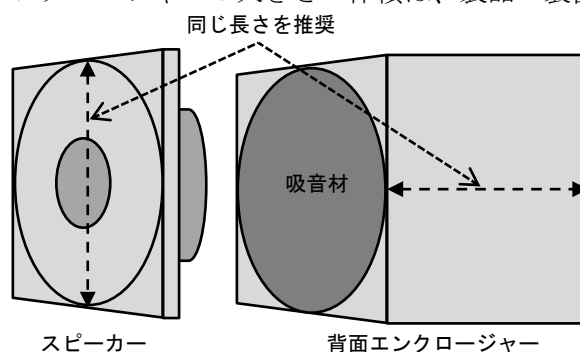


図 6.1.2 背面エンクロージャーの一例

6. 筐体設計での注意事項

● 前面エンクロージャー

スピーカー前面にエンクロージャーを取り付ける場合は、振動によるノイズ発生を防止するため、スピーカーと前面エンクロージャーの間にゴムバンド等を挟むことを推奨します。この時ゴムバンドはスピーカーの振動部分（コーン紙）に触れないようにしてください。（ゴムバンドがあらかじめスピーカーに取り付けられた状態で販売されているスピーカー製品もあります。）

また、スピーカー前面を前面エンクロージャーによって完全に密閉すると、音量が小さくなりますので、エンクロージャーに穴をあける必要があります。このとき穴の大きさの総面積は、スピーカー表面積の少なくとも 20%以上にすることを推奨します。（図 6.1.3 参照）

防水処理を行う場合も、同等の空気振動が前面エンクロージャー外部に伝わるように考慮した設計をおこなってください。

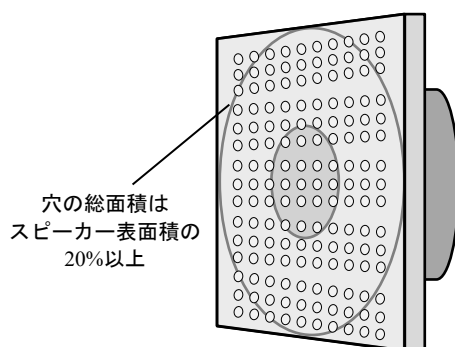


図 6.1.3 前面エンクロージャーの一例

6.2 ブザー筐体設計

筐体に入った市販のブザー(図 6.2 左図)は、単一音や効果音の再生に適した特定の周波数の音量を増やすように筐体が設計されています。一方で、金属板のままの圧電ブザー(図 6.2 右図)を製品に組み込む場合は、筐体設計の必要があります。ブザーで、希望する周波数帯の音量を増やすためには、共鳴箱や共鳴管の使用や、ブザー自体の素材、大きさ、厚みなどの選択を工夫する必要があります。

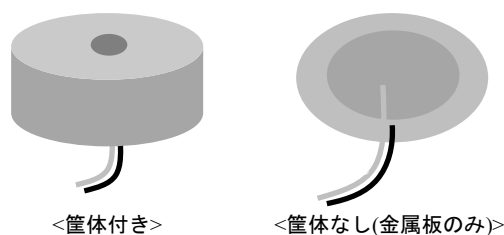


図 6.2 ブザー形状

6.2.1 共鳴箱

共鳴箱の形状と、希望する共鳴周波数の関係は、「ヘルムホルツ共鳴」の式が成り立ちます(図 6.2.1.1 参照)ので、この関係を利用して、共鳴周波数を希望する値に設計することができます。

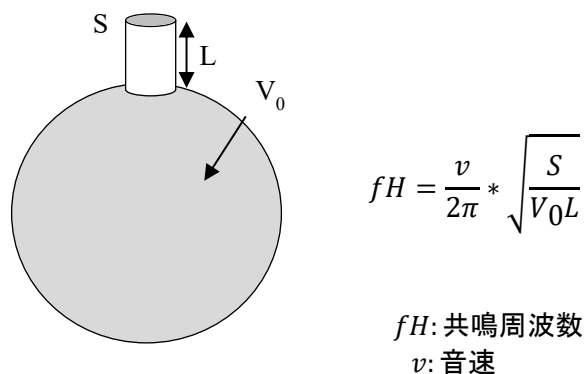


図 6.2.1.1 共鳴箱によるヘルムホルツ共鳴の共鳴周波数

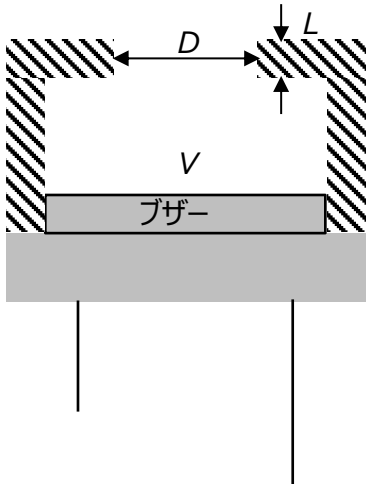
図 6.2.1.1 のヘルムホルツ共鳴周波数の式を使用して、例えば、
 $V=200(\text{cm}^3)$ 、 $S=25(\text{cm}^2)$ 、 $L=0.6(\text{cm})$
 の筐体の共鳴周波数は、音速 $v=340(\text{m/s})$ とすると、共鳴周波数 fH は、

$$fH = 34000(\text{cm/s}) / (2\pi) * \sqrt{25(\text{cm}^2) / (200(\text{cm}^3) * 0.6(\text{cm}))}$$

$$\approx 2470(\text{Hz})$$

この数値により、例えば 4.3 項で推奨した、ピーク周波数($2.5\text{kHz} \pm 0.5\text{kHz}$)のブザーと共鳴して、音の増幅が期待できます。

特にブザーの筐体設計をする場合は、ヘルムホルツの共鳴効果関係式(図 6.2.1.2 参照)を使用することができます。



$$fv = \frac{vD}{4} * \sqrt{\frac{1}{\pi V(L + 0.750)}}$$

fv : 共鳴周波数(Hz)
 V : 共鳴器容積(mm^3)
 D : 放音孔径 (直径)(mm)
 L : 放音孔長さ(mm)
 v : 音速 (mm/sec) $\approx 344000(\text{mm/sec})$

図 6.2.1.2 ヘルムホルツの共鳴効果関係式

6.2.2 共鳴管

片端が閉じている管の場合、片端で節(node)を形成しますが、開いている端は腹 (anti-node) が形成され、自由端となっています。(図 6.2.2 参照)

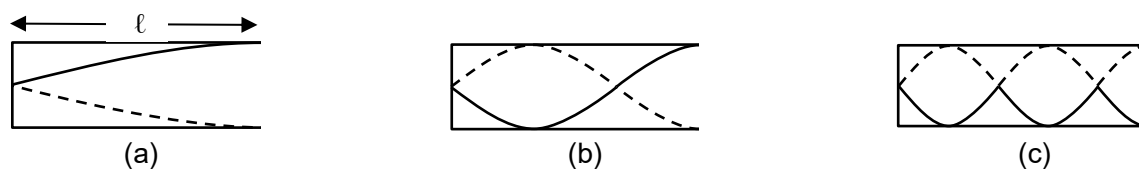


図 6.2.2 共鳴管と音の波長 (片側のみ閉じている管)

このときの音の波長 λ 、管の長さ l とすると、

図 6.2.2(a)の場合、 $\lambda=4l$ 音速 v とすると音の周波数 $f = v/(4l)$

図 6.2.2(b)の場合、 $\lambda=4l/3$ 音速 v とすると音の周波数 $f = v/(4l/3)$

図 6.2.2(c)の場合、 $\lambda=4l/5$ 音速 v とすると音の周波数 $f = v/(4l/5)$

音速 $v=340(\text{m/s})$ 、 $l=15(\text{cm})$ とすると、

図 6.2.2(a)の場合、 $340/(4*0.15) = 567(\text{Hz})$

図 6.2.2(b)の場合、 $340/(4*0.15/3) = 1,700(\text{Hz})$

図 6.2.2(c)の場合、 $340/(4*0.15/5) = 2,833(\text{Hz})$

6. 筐体設計での注意事項

これらが共鳴周波数となります。

この数値により、例えば図 6.2.2(c)の場合だと、4.3 項で推奨した、ピーク周波数($2.5\text{kHz} \pm 0.5\text{kHz}$)のブザーと共鳴して、音の増幅が期待できます。

6.2.3 ブザーの金属板の共鳴

ブザーの金属板自体にも共鳴周波数が存在し、その周波数は金属板の素材、大きさ、厚み、に依存します。金属板の共鳴周波数については、ブザーメーカーにお問い合わせください。

※ 金属板の固定

ある共鳴周波数の金属板を使用する際、図 6.2.3 に示すように、金属板周囲を固定のために使用すると、振動部分が小さくなるため共鳴周波数が高域にシフトします。よって、この共鳴周波数のずれをあらかじめ想定した筐体設計および金属板の選択が必要になります。詳細はブザーメーカーにお問い合わせください。

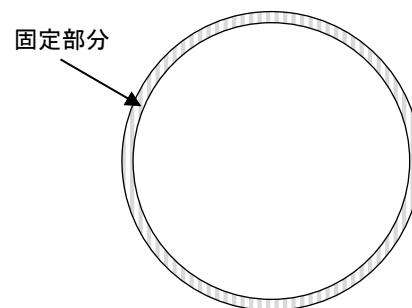


図 6.2.3 圧電ブザー(金属板)

7. マイクによる音声入力

A/D 変換器(ADC)を使用して、マイクからの音声入力アナログ回路で取り込む場合、図 7.1 に示す、MAX4466 を使用した標準回路を一例として示します。

※ MAX4466 (Maxim社製)

<https://www.analog.com/en/products/max4466.html>

(*2023 年 9 月時点の情報)

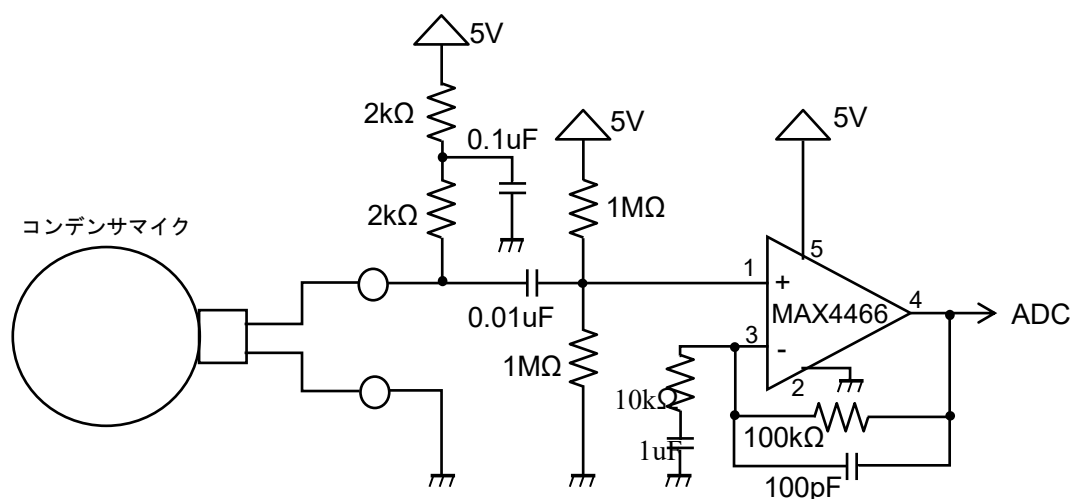


図 7.1 MAX4466(Maxim)を使用した標準回路

Appendix A 電磁ブザー接続推奨回路の Spice モデル

電磁ブザー接続推奨回路(図 4.2.2/図 4.2.3)の Spice モデルのネットリスト例(LTSpice 使用)は以下のとおりです。

※ LTSpice (Analog Devices社製)は、無料のアナログ回路シミュレーションソフトウェアです。

<https://www.analog.com/jp/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>

(*2023 年 9 月時点の情報)

● LTSpiceでの使用方法

- ① 作業フォルダを作成し、使用する FET の Spice モデルを作業フォルダ内に保存する。本例での FET は BC807DS と BC817DS を使用する。下記 URL にある FET のネットリストをテキストファイルにコピーして、“BC807DS.lib”、“BC817DS.lib”という拡張子で保存する。

<https://assets.nexperia.com/documents/spice-model/BC807DS.txt> → <BC807DS.lib>

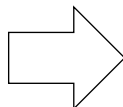
<https://assets.nexperia.com/documents/spice-model/BC817DS.txt> → <BC817DS.lib>

(*2023 年 9 月時点の情報)

- ② ①で保存したテキストファイルの、点線以下の箇所を修正する。(赤字部)

< BC807DS.lib>

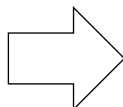
```
...  
...  
.SUBCKT BC807DS 1 2 3  
Q1 1 2 3 Transistor 0.9101  
Q2 11 2 3 Transistor 0.08993  
RQ 11 1 40.42  
D1 1 2 Diode  
*  
.MODEL Transistor PNP  
...  
...
```



```
...  
...  
* .SUBCKT BC807DS 1 2 3  
* Q1 1 2 3 Transistor 0.9101  
* Q2 11 2 3 Transistor 0.08993  
* RQ 11 1 40.42  
* D1 1 2 Diode  
*  
.MODEL BC807DS PNP  
...  
...
```

< BC817DS.lib>

```
...  
...  
.SUBCKT BC817DS 1 2 3  
Q1 1 2 3 MAIN 0.938  
Q2 11 2 3 MAIN 0.06196  
RQ 1 11 84.59  
D1 2 1 DIODE  
*  
.MODEL MAIN NPN  
...  
...
```



```
...  
...  
* .SUBCKT BC817DS 1 2 3  
* Q1 1 2 3 MAIN 0.938  
* Q2 11 2 3 MAIN 0.06196  
* RQ 1 11 84.59  
* D1 2 1 DIODE  
*  
.MODEL BC817DS NPN  
...  
...
```

- ③ 次頁の点線以下のネットリストをテキストファイルにコピーして“xxx.asc”という拡張子で、①の作業フォルダ内に保存する。

- ④ ③で保存したファイルを、LTSpice に読み込ませてシミュレーションする。

(本例は、供給電圧(VDD1)=3V、直流抵抗=4.7kΩ、最大電流=40mA、直流抵抗=70Ω、の例です。)

```

Version 4
SHEET 1 2136 1348
WIRE -672 -720 -1584 -720
WIRE -352 -720 -672 -720
WIRE -1584 -688 -1584 -720
WIRE -1584 -576 -1584 -608
WIRE -896 -560 -1168 -560
WIRE -768 -560 -816 -560
WIRE -576 -512 -960 -512
WIRE -464 -512 -496 -512
WIRE -672 -480 -672 -720
WIRE -352 -480 -352 -720
WIRE -768 -432 -768 -560
WIRE -736 -432 -768 -432
WIRE -464 -432 -464 -512
WIRE -416 -432 -464 -432
WIRE -1584 -352 -1728 -352
WIRE -1168 -352 -1168 -560
WIRE -1168 -352 -1584 -352
WIRE -896 -352 -1168 -352
WIRE -768 -352 -816 -352
WIRE -352 -352 -352 -384
WIRE 48 -352 -352 -352
WIRE 208 -352 128 -352
WIRE -672 -336 -672 -384
WIRE -224 -336 -672 -336
WIRE -1584 -288 -1584 -352
WIRE -1424 -288 -1584 -288
WIRE -960 -288 -960 -512
WIRE -960 -288 -1360 -288
WIRE -576 -288 -960 -288
WIRE -464 -288 -496 -288
WIRE -672 -272 -672 -336
WIRE -352 -272 -352 -352
WIRE -1728 -256 -1728 -352
WIRE -224 -240 -224 -336
WIRE 208 -240 208 -352
WIRE 208 -240 -224 -240
WIRE -768 -224 -768 -352
WIRE -736 -224 -768 -224
WIRE -464 -224 -464 -288
WIRE -416 -224 -464 -224
WIRE -1728 -96 -1728 -176
WIRE -672 -32 -672 -176
WIRE -352 -32 -352 -176
FLAG -1728 -96 0
FLAG -672 -32 0
FLAG -352 -32 0
FLAG -1584 -576 0
SYMBOL voltage -1728 -272 R0
WINDOW 123 0 0 Left 2
WINDOW 39 24 124 Left 2
SYMATTR SpiceLine Rser=10m
SYMATTR InstName V1
SYMATTR Value PULSE(0 3.3 0 0.01u 0.01u 32u 64u 40)

```



```
SYMBOL voltage -1584 -704 R0
WINDOW 123 0 0 Left 2
WINDOW 39 24 124 Left 2
SYMATTR SpiceLine Rser=1m
SYMATTR InstName V2
SYMATTR Value 3
SYMBOL Digital\inv -1424 -352 R0
WINDOW 3 0 0 Invisible 2
SYMATTR Value Vhigh=3.3V
SYMATTR InstName A1
SYMATTR Value2 Vlow=0V
SYMBOL res 32 -368 M90
WINDOW 0 0 56 VBottom 2
WINDOW 3 32 56 VTop 2
SYMATTR InstName R1
SYMATTR Value 70
SYMBOL res -800 -576 R90
WINDOW 0 0 56 VBottom 2
WINDOW 3 32 56 VTop 2
SYMATTR InstName R2
SYMATTR Value 4700
SYMBOL res -480 -528 R90
WINDOW 0 0 56 VBottom 2
WINDOW 3 32 56 VTop 2
SYMATTR InstName R3
SYMATTR Value 4700
SYMBOL res -800 -368 R90
WINDOW 0 0 56 VBottom 2
WINDOW 3 32 56 VTop 2
SYMATTR InstName R4
SYMATTR Value 4700
SYMBOL res -480 -304 R90
WINDOW 0 0 56 VBottom 2
WINDOW 3 32 56 VTop 2
SYMATTR InstName R5
SYMATTR Value 4700
SYMBOL pnp -736 -384 M180
SYMATTR InstName Q1
SYMATTR Value BC807DS
SYMBOL pnp -416 -384 M180
SYMATTR InstName Q2
SYMATTR Value BC807DS
SYMBOL npn -736 -272 R0
SYMATTR InstName Q3
SYMATTR Value BC817DS
SYMBOL npn -416 -272 R0
SYMATTR InstName Q4
SYMATTR Value BC817DS
TEXT -1736 -24 Left 2 !.tran 5m
TEXT -1544 -24 Left 2 !.include BC807DS.lib
TEXT -1544 24 Left 2 !.include BC817DS.lib
```

改訂履歴表

付ー1

Rev. No.	日付	ページ	種別	改訂内容
Rev 1.0	2023/09/25	全ページ	新規	新規制定
Rev 1.1	2024/12/25	P.3 - 11	追加	表 3.1.1、表 3.1.2、表 4.1.2、4.1.3、表 4.2.1、表 4.2.2、表 4.2.3、表 4.2.4、表 4.2.5、表 4.2.6 を追加
		P.7 - 11	修正	図 4.1.1、図 4.2.1、図 4.2.2、図 4.2.3 を修正
		P.3 - 11	修正	3.1 節、4.1 節、4.2 節内の説明文を修正

セイコーエプソン株式会社

営業本部 MD営業部

東京 〒160-8801 東京都新宿区新宿 4-1-6 JR 新宿ミライナタワー

大阪 〒530-6122 大阪市北区中之島 3-3-23 中之島ダイビル 22F

ドキュメントコード : 414459801
2023 年 9 月 作成
2024 年 12 月 改訂