

グラフィックイコライザ付 ハイパワー カセット プレーヤ "QX-200"

Graphic Equalizer High-power Cassette Player "QX-200"

佐 古 和 也⁽¹⁾ 鈴 木 雅 博⁽²⁾
Kazuya Sako Masahiro Suzuki

要 旨

近年、モータリゼーションの発展に伴い、より快適なドライビング空間を追求しようとするユーザニーズは、一段と高まりつつある。

この様な中で、カーオーディオに対する要求も、単に高級、多機能化にとどまることなく、小形軽量、低コスト化と、多様化の一途をたどっている。

一般にカーオーディオは、レギュラーカーステレオ及び、コンポーネントタイプの二種類に大別できる。前者は、ノーマルパワーで普及タイプだが、機能が少なく、高級感に乏しい。また、後者は、高級ハイパワータイプで、幅広いシステムバリエーションを特徴としているが、反面、小型軽量、低コスト等のニーズに応じ難い。

そこで、今回、機能の拡充を図ると共に、コストパフォーマンスを向上させたコンパクトなハイパワーカセットプレーヤの開発を行なった。

Along with the development of motorization comfortability in compartment becomes more important. In such circumstance, car audio equipment is required not only higher quality and sophisticated functions but also compact size, light weight and reasonable price.

Car audio equipment can be divided into regular car stereos and component types. The former is of the popular type with normal output and limited functions but lacking a sense of luxury. The latter is high-class and high-power with wide system variation, but difficult to make compact, light weight, and low price.

This newly developed high-power cassette deck amplifier has a component-type configuration but also improved cost performance and compactness.

1. はじめに

昭和58年度の国内カーステレオ 出荷台数は 450万台を突破し、前年同比7～8%の増加傾向を示している。これは、好調な自動車販売に支えられたこともあるが、コンポが前年度並みでほぼ横ばい状態であるのに対し、ハイパワーアンプ及び、カセットデッキを一体化したワンボディ型カーステレオが急激な伸びを示したことによるものである。

この様な背景には、カーステレオの高級化に伴いレギュラーカーステレオのユーザが、そのままワンボディ型カーステレオに移行するというユーザニーズの変遷があるものとみられる。特に“ワンボディ型”の増加には、下記の様な要因が考えられる。

- 1) 性能及び音質の向上
- 2) 洗練されたデザイン及び操作性の向上
- 3) 機能の充実
- 4) 取付性及軽量化を考慮した小形化
- 5) コストパフォーマンスの向上
- 6) システムとしての発展性（チューナや車両側ラジオとの接続）

今後、さらに多様化するユーザニーズへの対応をはかるためには、これらの要因を可能な限り高

次元で実現する必要がある。まさに、“ワンボディ型”ハイパワーカセットプレーヤの有意性は、ここにあるといえよう。

2. 開発のねらい

前項で述べた様な“ワンボディ型”思考は、特に目新しいものではなく、現在までに数多くの機種が各社から発売されている。

そこで、今回の開発に際しては、従来のワンボディ型ニーズへの対応はもとより、より新しいユーザニーズへの対応をも目標とした。

つまり、単にカセットデッキとハイパワーアンプを一体化するというのではなく、あくまでもコンポーネントタイプの機能及び、性能をそのまま凝縮し、しかもコストパフォーマンスを向上させるというものである。

目標達成の具体的手法として、まず、オートリバースや、ドルビ等の基本機能に加え、7ポイントグラフィックイコライザ等の付加機能の充実をはかると共に性能面では、総合50Wの最大出力をはじめとして周波数特性や、歪率の改善を行い質的な向上をはかり、高級機としての素養を十分に満足させた。更に、回路のIC化や、構造の簡素化等、大幅なコストダウンによりコストパフォーマンスの向上もはかっている。

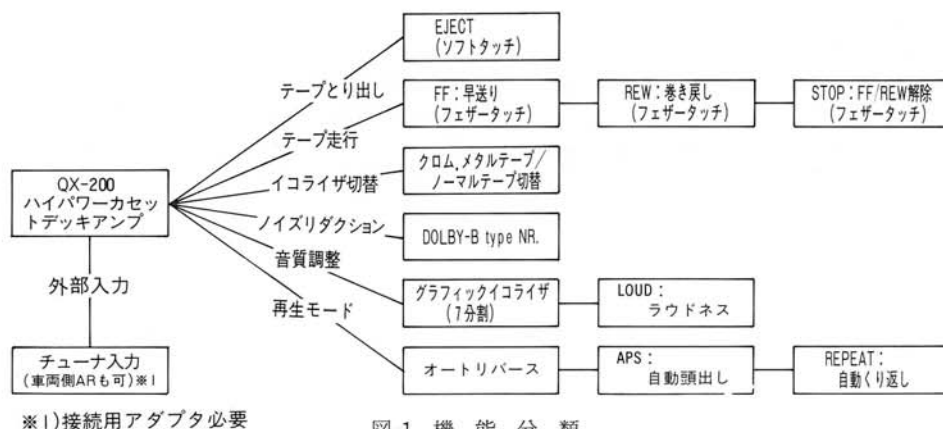


図-1 機能分類

Fig. 1 Function of QX-200.

3. 主要機能

図-1に本機の機能分類を図-2に本機の外観を示す。

以下、本機の有する基本機能を簡単に説明する。

3.1 再生及びFF、REW（フェザータッチ）

カセットパックが挿入されると、再生状態になる。この状態でFFもしくはREWスイッチが押されると、それぞれのモードに入る。

また、この時、動作側のLEDの輝度が増し、動作表示を行う。

3.2 APS (Automatic Program Selector)

再生中の曲もしくは、その後の曲の頭出しを行い再生状態になる、自動頭出し機能。

3.3 RPT (Repeat)

1つの曲を繰り返し再生できるリピート機能。

3.4 ドルビNR

ドルビBタイプで録音されたテープを再生する場合に使用するドルビデコーダであり、これにより約10 dB、S/Nが改善される。

3.5 テープセレクト

メタル及びクロムテープとノーマルテープの選択を行うイコライザ時定数切替機能。

3.6 ラウドネス

小出力時の聴感補正を行うための周波数特性調整機能。

3.7 グラフィックイコライザ

再生周波数帯域を7分割し、より細かな音質調整を可能にする周波数特性調整機能。

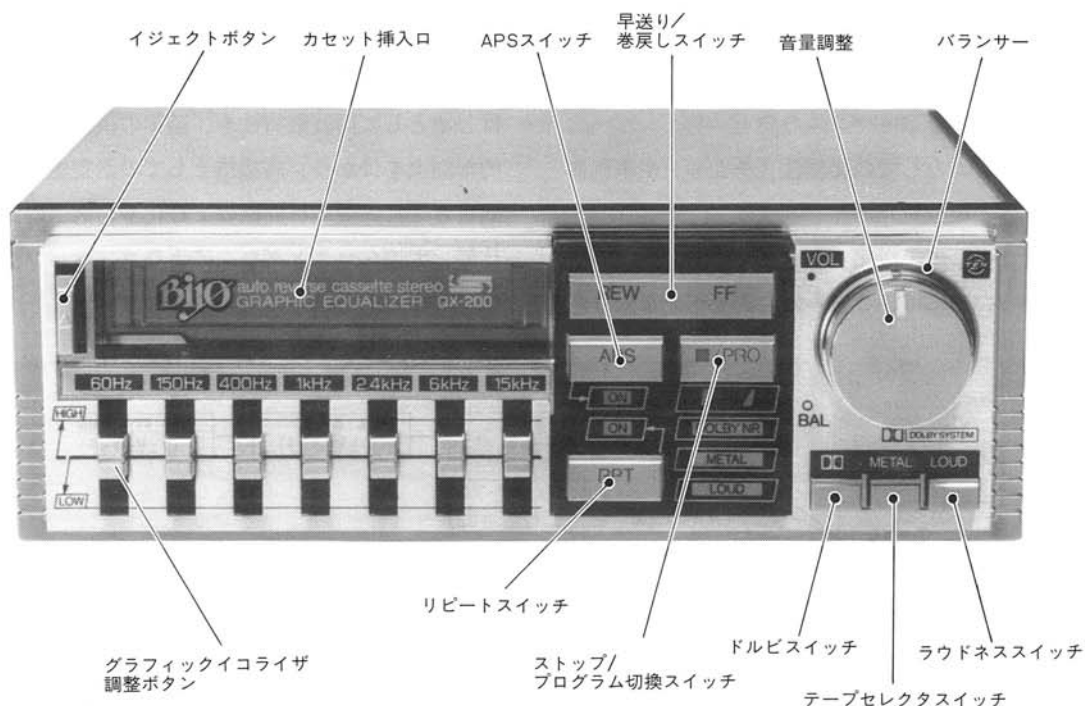


図-2 QX-200の外観

Fig. 2 Hi-power Cassette player "QX-200".

4. 設計の要点

本機のようなワンボディ型には、従来のコンポーネントタイプとは異質の問題点が存在する。

それは、多機能小型化を実現するための高密度実装に伴う種々の弊害ともいえる構成各部の発熱や相互干渉等であり、本機においては、これらを解決するために、

1) 放熱効果の十分な検討による放熱設計の最適化

2) 各部のアイソレーションを考慮した実装設計

等を行った。

以下、これらの設計手法に関し述べる。

4.1 放熱設計

実装条件を有利にするためには、ケース内部の容積を大きくすることが必要である。そのため、放熱板についても必要にして十分な放熱効果をもたせると同時に体積を可能な限り小さくすることに留意しなければならない。

以下、その詳細を述べる。

1) 設計詳細

コンパクトなサイズの中に、豊富な機能を満載し、しかもハイパワー（総合50W）という熱的に不利な条件をもつ本機の場合、放熱設計が重要なポイントとなる。本機における主な発熱源は、パワーIC等の半導体であるが、このような半導体素子におけるジャンクション温度の上昇は、素子自身の信頼性及び性能の劣化や破壊を招くだけでなく発生熱により周辺の回路部品や機構部分にも悪影響を及ぼす恐れがある。そこで、まず最低限満足しなければならない条件として半導体（パワーIC等）のジャンクション温度を安全動作範囲内におさえる必要があり、ここに熱交換機能をもつ放熱板が必要となる。

放熱板設計を行う場合、熱伝導を電気回路に置

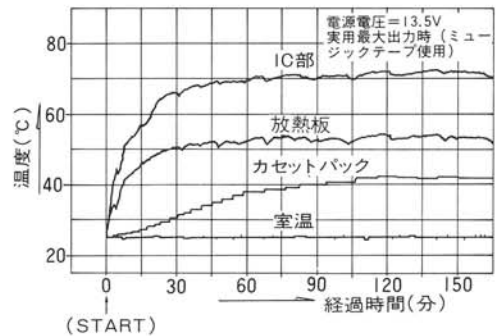


図-4 温度上昇特性

Fig. 4 Thermal characteristics.

きかえて考えるのが一般的である。

Q : 消費電力

θ : 熱抵抗

T_i : ジャンクション温度

T_A : 周囲温度 とすると、

$$T_i - T_A = Q \cdot \theta \quad (1)$$

を得る。

ここで、熱抵抗 θ は、

θ_1 : ジャンクション～ケース間

θ_2 : ケース～放熱板間

θ_3 : 放熱板～空気間

の各熱抵抗によって構成されるので式(1)は、

$$T_i - T_A = Q (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \quad (2)$$

となる。ここで θ_3 が放熱板本体の熱抵抗であり、

$$\theta_3 = \frac{T_i - T_A}{Q} - \theta_1 - \theta_2 \quad (3)$$

で表わされ、本機の場合、 $\theta_3 = 2.69 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ となる。

この熱抵抗値は、本機に使用したアルミ材では 17500mm^3 の包絡体積に相当する。IC 2個を、側面に配置した場合の寸法、高さ50mm、奥行140mmを不動寸法とした場合、板厚5mmの放熱板が想定されるが、内部の基板実装スペース確保のため、一部を薄く削ることが望ましい。そこで、ICの接触部及び車両取付け用のM5タップ部は、放熱効果及びねじ部強度を考慮し、厚み5mm、他の部

分は3mmとした。尚、薄型化による放熱効果の不足分を充足するため、外部露出面はフィン形状を採用し、放熱面積の増大を図っている。

4.2 実装設計

実装設計に際しては、組み立て性及び、完成品としてのメンテナンス性の向上を目標とし、シンプルな構造にすると共に、ケースやホルダのアースポイントにも十分な検討を加え、各回路ブロック間の干渉防止（アイソレーション）を行った。図-3に本機の分解図を示す。

本機はフレキシブルプリント基板1枚を含む、計5枚のプリント基板及びホルダ、デッキメカニズム部、ケース、放熱板から構成されており、基本的には、メインコントロール基板の前後に配置したホルダによりデッキメカニズム及び他の基板を全て実装し動作できる構造となっている。

また、放熱板は、放熱効果重視の観点から、ケース側面に露出する構造となっているが、デザイ

ン面も十分に考慮することによってケースとの一体感を持たせている。

さらに、基板間の接続は、前面フレキシブル基板部を除き全てコネクタ化し、組立作業性、メンテナンス性の向上を図ると共に誤配線を防止している。

4.3 プリント基板設計

プリント基板は図-5に示した5つのブロックごとに設定した。また、ここでは前面入力部基板を除き、全て片面基板を使用し、低コスト化をはかると共に、チップ部品（抵抗及び磁器コンデンサ）を大幅に採用することで片面基板による高密度実装を実現し、組立ての自動化及び、実装密度の向上をはかっている。（図-6参照）

さらに、キースイッチ及びグラフィックイコライザ用のスライドボリューム、照明用LED等が実装される前面板には、フレキシブル基板を使用し、より一層、実装密度を向上させた。

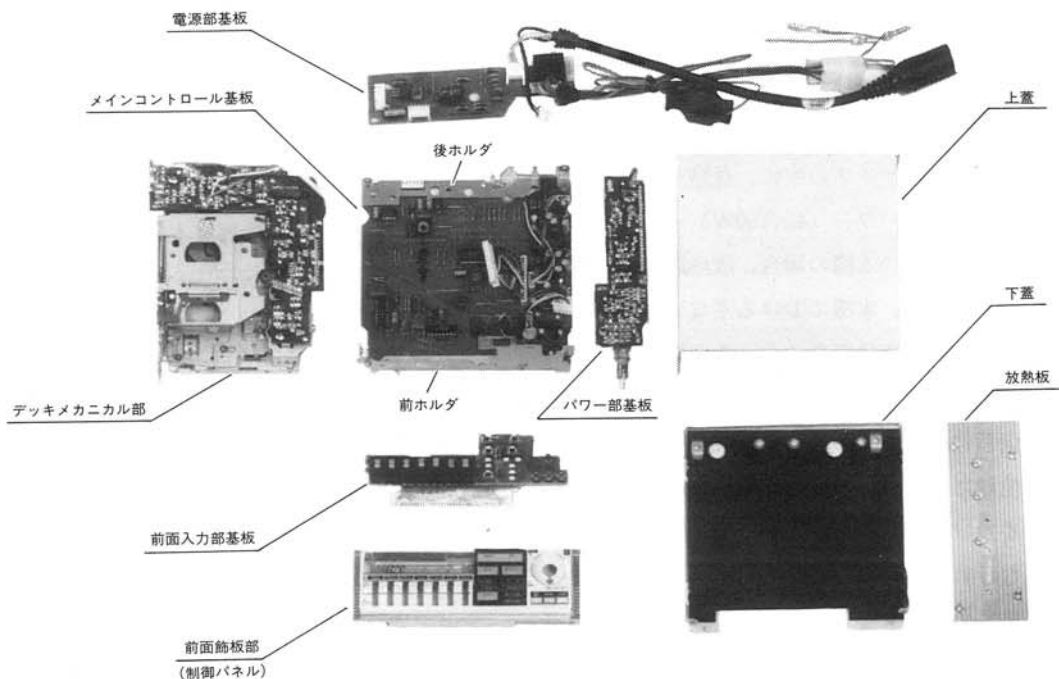


図-3 分解図

Fig. 3 Exploded view.

また、メインコントロール基板には、オーディオ及びデジタル回路が混在しているが、両者を完全にブロック分けし、アースパターン及びシールド板により完全に分離する（基板内における確

実なアイソレーションを行う。）ことにより、オーディオ部へのデジタルノイズ混入を防いでいる。

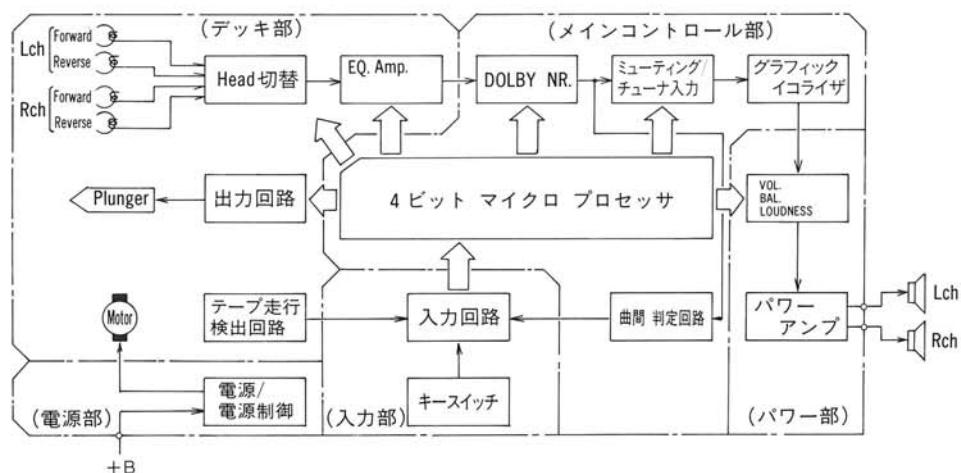


図-5 ブロックダイアグラム

Fig. 5 Block diagram.

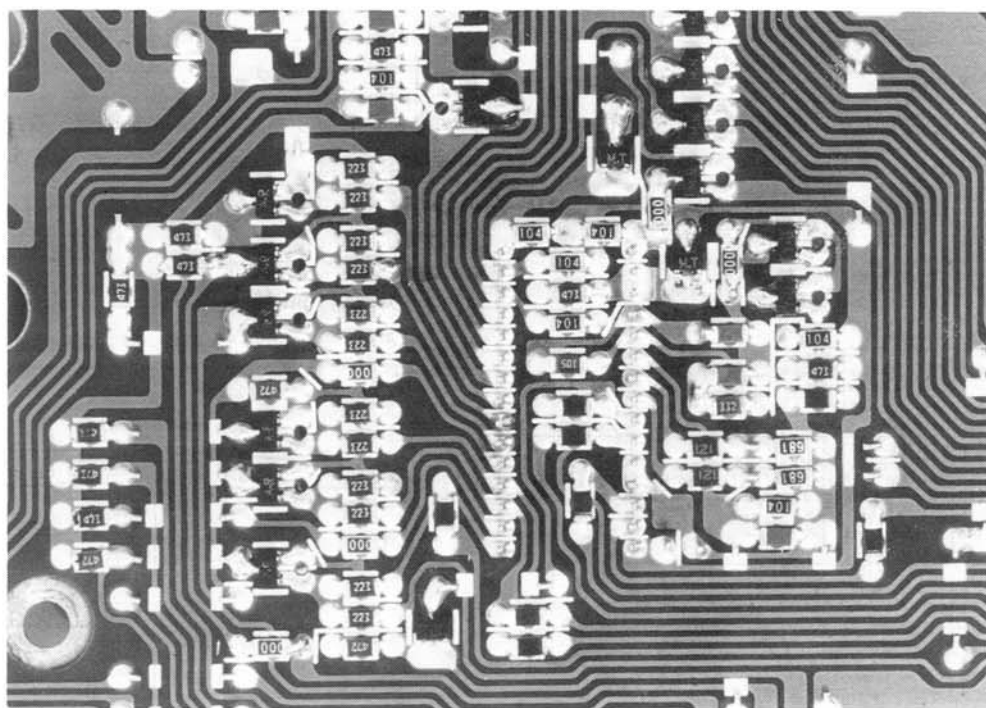


図-6 チップ実装状況

Fig. 6 PCB, chip components mounted.

5. 回路詳細

QX-200のブロックダイアグラムを図-5に示す。特に本機においては、4ビットマイクロプロセッサや各種オーディオICの採用により、部品点数を削減し、シンプルな回路設計を行なっている。以下、各部の回路詳細に関し動作原理等も含めながら述べる。

5.1 デッキ部

デッキ部は磁気ヘッド及びヘッド切替、イコライザアンプ及び出力回路、プランジャー、モータ等より構成されている。

5.1.1 磁気ヘッド及びヘッド切替

本機はオートリパース専用2チャンネル×2トラックの磁気ヘッドを有する。テープ走行方向(Foward/Reverse)により、それぞれの方向の2チャンネルを選択する必要がある、ここでは2チャンネルのアナログスイッチを使用している。

5.1.2 イコライザアンプ

イコライザアンプは、磁気ヘッド及び再生するテープの種類による周波数特性変化を補償するため用いられる。図-7に磁気ヘッド及びイコライザアンプの周波数特性(ノーマルテープ再生時)を示す。

1) 磁気ヘッドの周波数特性補償

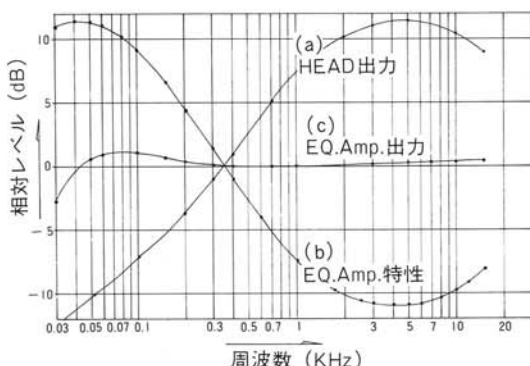


図-7 磁気ヘッド及びイコライザアンプの特性

Fig. 7 Characteristic of Magnetic head and EQ. Amp. (Equalizer Amplifier).

磁気ヘッドは高域になるほど出力が大きくなる傾向を持っているが、4～5 kHzをピークに逆に出力は低下する。イコライザアンプでは、このようなヘッドの特性を補償するため、低域を持ち上げたイコライジングを行うと共に、ヘッドのリアクタンス成分と外付CRによるピーキング回路によって、再生帯域を広げている。ピーキングの周波数は19 kHzでQは7程度である。

これらのイコライジングにより再生帯域30 Hz～16 kHzにわたり、ほぼフラットな周波数特性を得ている。

2) 時定数切替

前述した様に、再生するテープの種類によってイコライジング特性を切替える必要があるが、本機においては、ノーマルテープだけでなく、メタル及びクロムテープの再生も考慮して2種類のイコライジング特性(時定数=120 μ S及び70 μ S)がメインコントロール部からの制御信号により切替えられる様になっている。

5.1.3 プランジャー

カセットデッキメカニズムを制御するため、本機においては、スタート、キープ、プログラムと称する3個のプランジャーを使用している。これらのプランジャーにより、ヘッドの移動及び、テープの走行方向切替を行う。

図-8にヘッド位置とプランジャー制御の関係を

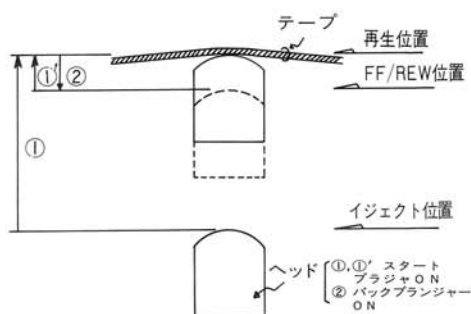


図-8 ヘッド位置とプランジャ制御の関係

Fig. 8 Plunger Control and Head position.

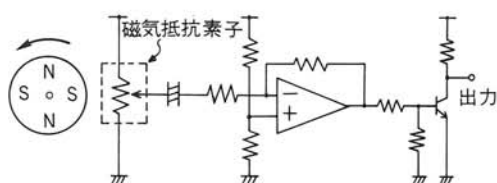


図-9 テープ走行検出回路

Fig. 9 Tape direction sensing circuit.

示す。ヘッド部分をFF/REW位置から再生位置まで、また逆に再生位置からFF/REW位置まで移動させるためには、大きな吸引力(反発力)が必要だが、一旦、移動させた後は、比較的小さな保持力のみで良い。本機においては、保持を磁氣的に行い、ヘッドプランジャーの駆動を前述したヘッド移動時(スタート、バック)に限定することにより、プランジャー部分からの余分な発熱を防いでいる。また、テープ走行方向切替はプログラムプランジャーにより行っている。

5. 1. 4 テープ走行検出回路

オートリバース制御に必要なテープ走行検出回路を図-9に示す。検出部は磁気変化の検出感度が比較的高く、安定した特性をもつ磁気抵抗素子とテープリールに取付けられたマグネットにより構成されており、マグネットの回転に伴う、磁気変化が、磁気抵抗素子により数10mVの電圧変化におきかえられる。そこで、交流成分のみを増幅、波形整形することにより、TTLレベルのパルス出力を得ている。(図-10参照)

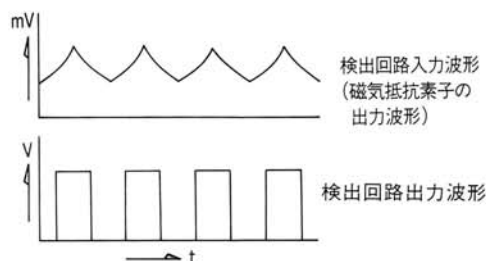


図-10 検出回路の入出力

Fig. 10 Input and Output of tape direction detector.

5. 2 メインコントロール部

メインコントロール部は4ビットマイクロプロセッサを中心とするロジックコントロール回路及びミューティング/チューナ入力回路、グラフィックイコライザ回路より構成されている。

5. 2. 1 グラフィックイコライザ回路

1) 概要

本機は車種により異なる音場空間に最適な周波数特性を実現できるよう任意に調整できる7ポイントグラフィックイコライザを内蔵している。

それぞれの中心周波数は60、150、400、1k、2.4k、6k、15 kHzで、これらを中心として、最大±12 dBのレベル調整が可能である。この特性を図-11に示す。

グラフィックイコライザは一種のフィルタ集団とみなすことができるが、その特性は可変で、しかも、バンドパス及びバンドエリミネートフィルタの双方の特性が実現できなければならない。

従来、フィルタの大部分はLCフィルタにより構成していたが、低周波帯域においては、特性、スペース、コスト上問題がある。本機においては低コストで安定、しかも可変抵抗により容易に出力レベルを調整できるシミュレーテッドインダクタを用いたアクティブフィルタを使用している。

基本回路を図-12に示す。(1)―(a)の部分はシミュレーテッドインダクタを用いたLCR直列共振

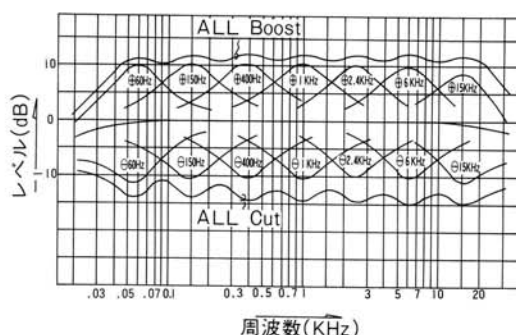


図-11 グラフィックイコライザの特性

Fig. 11 Frequency response of G. EQ.

回路で、その等価回路は(2)のようになる。

2) 諸定数の決定

アクティブフィルタにおける中心周波数 f_0 は、回路を構成している個々のCRのナチュラル周波数の幾何平均となるため、 m 組のCRがある場合(中心周波数)

$$f_0 = \sqrt{f_{n1} \cdot f_{n2} \cdots f_{nm}} \quad [\text{Hz}] \quad (1.1)$$

となる。さらに、これらの f_n はコンデンサのリアクタンスが抵抗値に等しくなる周波数であるため

$$f_n = \frac{1}{2\pi CR} \quad [\text{Hz}] \quad (1.2)$$

となる。これより式(1.1)は、

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{C_0 C_1 R_0 R_1}} \quad [\text{Hz}] \quad (1.3)$$

となる。また、出力レベルは図-12の VR_1 の摺動子の位置により変化し、摺動子が、センター位置にある場合は、周波数に無関係に、共振回路は無視でき利得は0(dB)となる。また、(ア)側にある場合は、オペアンプの反転入力側に、共振回路が接続された状態と等価になるため、共振周波数 f_0 では、ただの抵抗 R_s に見える。この時のオペアンプの利得は、

$$V_{out1} = (1 + \frac{R_1}{R_s}) \times V_{in} \quad (1.4)$$

で、本機の場合、約10 dBに設定している。この

状態がブースト(増幅)状態である。

反対に(イ)側にある時には、オペアンプそのものの利得は0(dB)だが、入力側の抵抗 R_2 と R_s で分圧された電圧が出力に現われるため

$$V_{out2} = \frac{R_s}{R_s + R_2} \times V_{in} \quad (1.5)$$

となる。この状態がカット(減衰)状態であり、本機では、約-10 dBに設定している。

また、このようなフィルタのQは

$$Q = \sqrt{\frac{C_0 R_0}{C_1 R_1}} \quad (1.6)$$

で表現され、この値により、各ポイント間における帯域の重なりが変化し、小さすぎるとポイント間の分離度が悪くなり、逆に大きすぎると、フィルタが狭帯域化し、不自然さがでてくる。

本機の場合、聴感上、問題が生じない範囲で比較的大きな値(約1.8)に設定した。

5.2.2 MPU部

1) 概要

本機ではメインコントロール部に今回、新たに開発した、4ビット1チップマイクロプロセッサを使用し、コントロール部の多機能化をはかると共に、部品点数を削減し、これに伴う小型、低コスト化を実現している。

図-13に本機のMPU系から見た入出力関係を示す。入力系としては、デッキメカニズムの動作

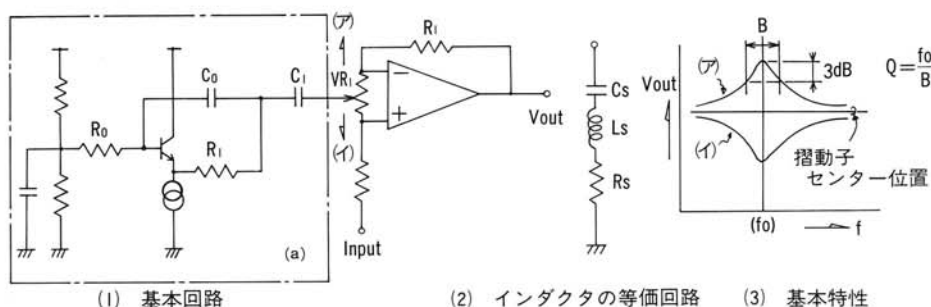


図-12 グラフィックイコライザの基本回路及び動作

Fig. 12 Circuit diagram and function of G. EQ. (Graphic Equalizer)

モードを検出するためのスイッチ群、前面操作パネルのキースイッチ群、テープ走行や曲間の検出信号群があり、これらの入力をもとに、プランジャー（デッキメカニズム）や、電子スイッチ等の出力系の制御を行う。

2) 動作

i) 再生

制御タイミングの一部を図-14に示す。カセットテープが挿入されるとカセットテープのローディング機構が作動して、メインスイッチをONする。これによりアンプ系に電源が供給される。次に、カセットテープが、完全にセットされると、リーフスイッチがONし、これにより始めてヘッドプランジャーを動作させ再生モードに入る。これは、カセットテープのローディングが不完全な場合の誤動作を防ぐためである。

ii) オートリバース

オートリバースは走行方向スイッチ及びテープ走行検出回路からの信号に基づいてプログラムプランジャーを制御することにより行なっている。

走行方向スイッチはデッキメカニズムと連動しており、その時点の走行方向を入力する。この信号はスイッチ入力として他のキースイッチと同様



図-14 デッキ制御タイミング

Fig. 14 Timing chart of Deck control.

に読み込まれる。また、テープ走行信号は、他のスイッチ入力と異なり、MPUのセンス入力端子に接続されており入力パルスの立上りエッジのみを検出している。

図-15に、このテープ走行信号を用いた終端検出方法を示す。入力パルスの立上りエッジを常時検出しておき、テープ終端になり、一定の待ち時間内に、入力パルスがなくなったところで終端を検出する。ここでレベルではなく、エッジ検出を行なうのは、最終パルスが'H'、'L'どちらのレベルで停止しても終端検出を可能にするためである。この様にして、テープ終端が検出された場合、前述した走行方向入力をもとに、プログラムプランジャーを制御し、走行方向を逆転させ再生トラックを切替る。

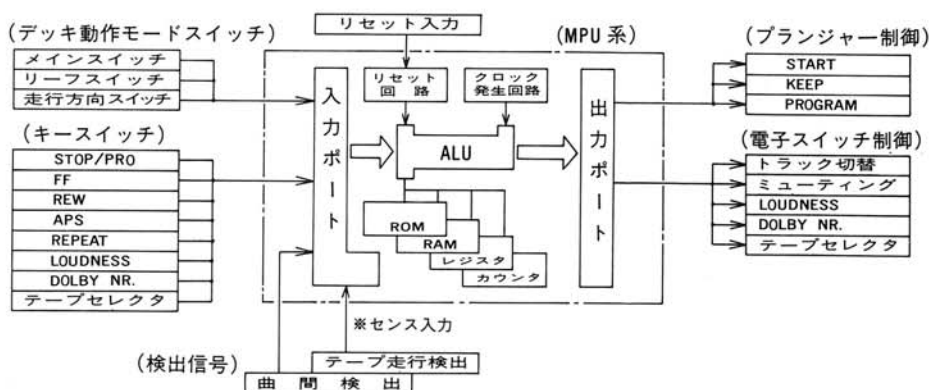


図-13 MPU系から見た入出力系

Fig. 13 Input and Output of MPU.

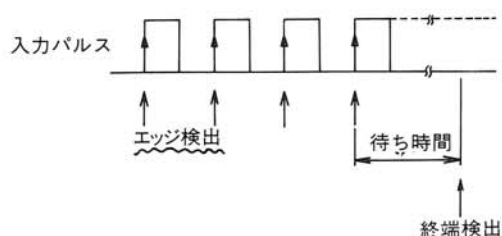


図-15 テープ終端検出方法
Fig. 15 Tape-end detection.

iii) APS、リピート

APS、リピートの動作例を図-16に示す。APSスイッチON後、REWもしくはFFが押された場合、その時点で再生していた曲の前後の曲間をさがし出し、再生状態になる。又、リピートの場合、再生中の曲が終わると、自動的にその曲の先頭部分まで巻き戻し、再び再生状態になる。この時、曲間検出は、曲中と曲間とのレベル差25dB以上、曲間の長さ2.5S以上の場合に限り行なうことにより誤動作を防止している。

iV) その他

上記の様な制御の他、マトリクス構造のキースイッチ入力に対して、チャタリングや2度押しによる誤動作対策などの機能をもり込んだ。表-1に本機に使用したMPUの概要を示す。

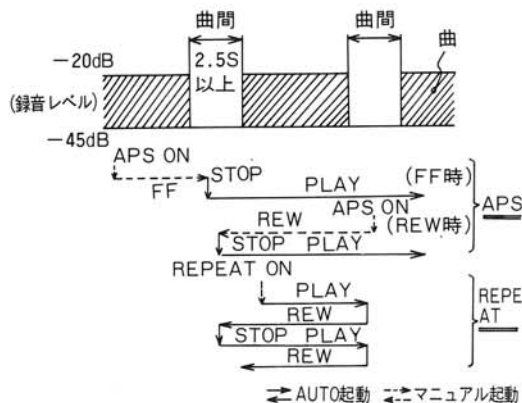


図-16 APS及びREPEAT
Fig. 16 Function of "APS" and "Repeat" control.

5.3 パワー部

パワー部は音量調整、ステレオバランサー、ラウドネス及び電力増幅回路より構成される。

ラウドネス回路は、前述した様に、音量に応じた聴感補正を行なう回路であり、ボリュームのセンタータップを利用したフィルタにより構成されている。また、電力増幅回路はBTCL構成になっており、総合50Wを達成している。

尚、周波数特性に関しては、パワー部単体で、20 Hz~30 kHzにわたり、デッキ部を含めた総合特性においても30 Hz~16 kHzまで、ほぼフラットな特性が得られた。

表-1 マイクロプロセッサの概要

項 目	内 容
種 類	4ビット 1チップ マイクロプロセッサ
構 造	C-MOS (出力: Nチャンネル オープンドレイン)
メモリ容量	ROM (プログラム): 1024×8 ビット RAM (ワークエリア): 48×4 ビット
入出力ポート	エッジセンス入力ポート: 1 入出力ポート: 8 出力ポート (*1): 14 *1) LED直接駆動可能、また内 4本は入力も可能。
基本命令数	42
実行時間	10 μS (クロック: 400 kHz)
そ の 他	メモリバックアップ可能。

6. む す び

以上、ハイパワーカセットデッキアンプの開発に関し、構造、動作及び技術的内容を述べた。

この様なワンボディ型のセットにおけるメリットである取付性、コストパフォーマンスの良さ等は今後、多様化、高級化の一途をたどるであろう

カーオーディオ界においても、非常に魅力的な要素であり、今後、開発する機種においても十分考慮していかなければならないテーマでもある。

今回の開発により得られた技術をもとに、さらに性能面での向上や低コスト化をはかり、より高品質なカーオーディオを開発すべく努力していきたい。