

民生機器用リニアICの最近の進歩

Recent Development of Linear IC's for Consumer Products

This article sets forth some of the linear integrated circuits for consumer product use developed recently by the authors, which include medium scale integration single-chip chroma IC's for TV use and power IC's for audio system use.

The single-chip chroma IC is an automatic phase control type medium scale integration IC developed specifically for color TV use. It possesses such chroma processing circuit functions as chroma amplifying, sub-carrier regeneration, and color demodulation. By reducing the number of peripheral parts the authors succeeded in improving its cost performance. As for the fourteen types of power IC's developed for audio system use, which range up to 8W in maximum output, special consideration has been given in the design of their circuits concerning improvement of power output, power supply rejection ratio, shock sound, short circuit protection and thermal feedback, and satisfactory results have been obtained.

佐藤允也* Mitsuya Satô

佐藤直信* Naonobu Satô

谷原陽造* Yôzô Tanihara

井口慎介* Shinsuke Iguchi

1 緒 言

民生機器用リニア集積回路（以下、ICと略す）の開発および品種系列の充実が努められているが、まずカラーテレビの分野では、これまでに90度偏向用ICを10品種⁽¹⁾、110度広角偏向用ICが5品種開発された⁽²⁾。これらを使用した20形セットはすでに量産化されている。その後、カラーテレビ用ICの大集積化が図られ、今回クロマ回路用1チップIC、HA1153の開発を完了した。

一方、音響機器の分野では、ステレオ、テープレコーダ、カーステレオ、カーラジオおよびポータブルラジオ用リニアICの品種系列の拡充整備を行ってきたが、今回これら機器の出力回路、メインアンプに使用するパワーICとして、無ひずみ最大出力8Wまでの14品種の開発を完了し、量産化が行われた。本報告では、おもに大集積化クロマ用ICおよびパワーIC系列について述べる。

2 テレビ用リニアIC

2.1 品種系列

90度および110度偏向カラーテレビ用IC 15品種以降に開発したICとして音声用2品種、クロマ回路用とし1品種がある。

音声用IC HA1154はAC音量調節を使用した場合、音量調整最小時の音漏れ量を改良したもので、従来同用途のICに比べICの出力端子で約20dB少なくなっている。音声用IC HA1164は従来同用途のICの入力リミッティング感度が約250 μ Vに対し、HA1164では75 μ Vと改良したものである。

HA1153はクロマ回路用ICで従来3個のICで構成していた機能を1個のICに大集積したもので以下に詳述する。

2.2 クロマ回路用IC HA1153の開発

クロマ回路は帯域増幅、色同期および色復調の機能を有し、従来3個のICで構成していた。さらに回路設計の合理化を図り、ICとして十分コストパフォーマンスを出すためにクロマ回路の1チップIC化、HA1153の開発を行なった。開発にあたっては、色同期部にAutomatic Phase Control (以

下APCと略す)方式を採用するなど高性能化ならびに周辺部品点数削減など低コスト化につながる合理化を図り、コストパフォーマンスの向上を図った。

2.2.1 開発目標

開発にあたっては、下記の5項目を目標とした。

(1) ピン数

28ピンのデュアル・イン・ライン・プラスチック・パッケージを採用する。従来3個のICで構成した場合、(HA1157, HA1158, HA1159) それらのピン数の和(あきピンは除く)は39ピンである。

(2) 周辺部品点数の低減

従来より減少させる。

(3) 高性能化

色同期部にAPC方式を採用する。

(4) 調節機構

DC(直流)制御方式とする。すなわち、前面制御パネルへの布線の容易(シールド線不要)な、またICへの破壊性パルスの侵入の対策の容易(容量および抵抗付加容易)なDC制御方式を採用する。

2.2.2 回路設計

図1は、HA1153のブロック図とその周辺回路を示すものである。

(1) 概要

ピン数の削減は、(a)1チップ化により電源、接地ピンの共通化およびクロマ入力ピンの共通化(同期検波、Automatic Color Control(以下、ACCと略す)検波への入力)により3ピン、(b)ACC検波、キラー検波の共通化により7ピン、(c)色同期部で1ピン、計11ピン減少させ28ピンとした。

全般的な回路構成上特にIC内部での相互干渉を避けるため、(a)帯域増幅、色同期および色復調部のバイアス回路は別別とした。(b)また、これら各部の電源は別ラインとし、おのおの別ピンを設けた。

* 日立製作所半導体事業部

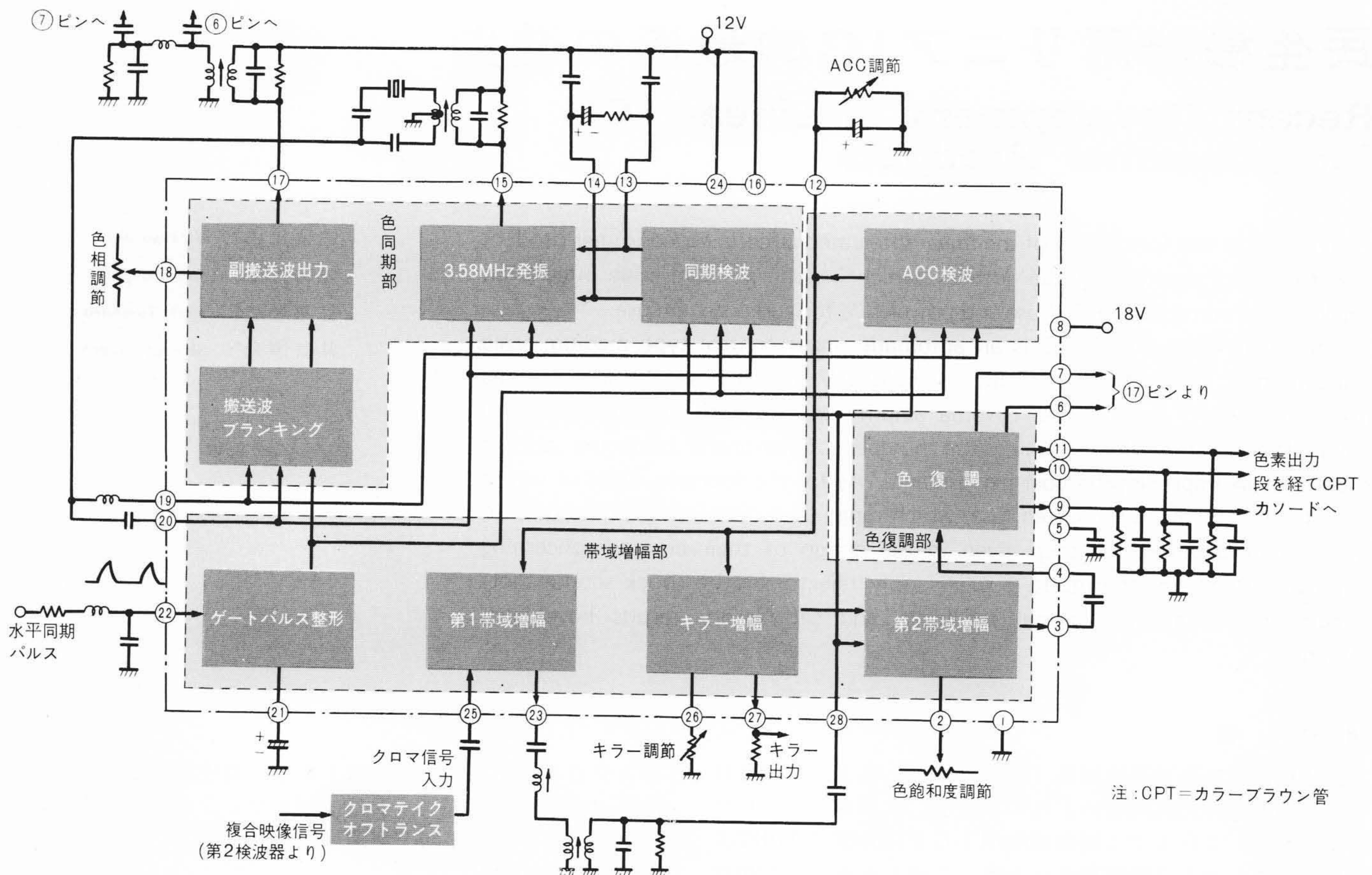


図1 クロマ回路用IC HA1153ブロック図 複合映像信号中に含まれるクロマ信号より3色差出力を得る過程をブロックに分け示す。

Fig. 1 Block Diagram of Chroma Processor HA1153

(2) 色同期部

可変リアクタンス素子を必要とせず電圧制御形発振器（以下、VCOと略す）を持つAPCシステムがすでに開発済みであるので今回も同方式を採用した。このシステムの特長は、VCOに用いる $\pm 45^\circ$ 位相推移回路を有効利用することにより、(a)引込み範囲がバランス（ $\pm 440\text{Hz typ}$ ）し、しかも周波数跳躍などの異常現象もなく直線性が良い。(b)周辺部品、ピン数が少ないなどである。今回はさらに工夫し、従来より1ピン減の5ピンで構成した。また、色相調節はDC制御方式を採用し、その可変範囲は約 90° で、かつ対称な可変特性を持つようにした。

(3) 帯域増幅部

帯域増幅部は第1および第2帯域増幅、ACC検波、カラー増幅およびゲートパルス整形回路から構成されている。

(a) ACC検波

図2はACC検波回路の回路図を示すものである。本回路の特長は検波器に位相検波方式を採用しており、ノイズなど妨害に対し安定な動作が得られること、またACC検波とカラー検波を共用することによりピン数、集積素子数の低減を図っている。また検波出力回路は図2に示すように1ピンで済む差電流取出し回路を用いている。ACCの初期調整は可変抵抗器（ R_{ACC} ）で行なう。

(b) カラー増幅

カラーカラーに要求される特性として弱電界でカラーが動作するとき誤動作しないことである。

カラー増幅は図3に示すようにインバータ、可変レベル

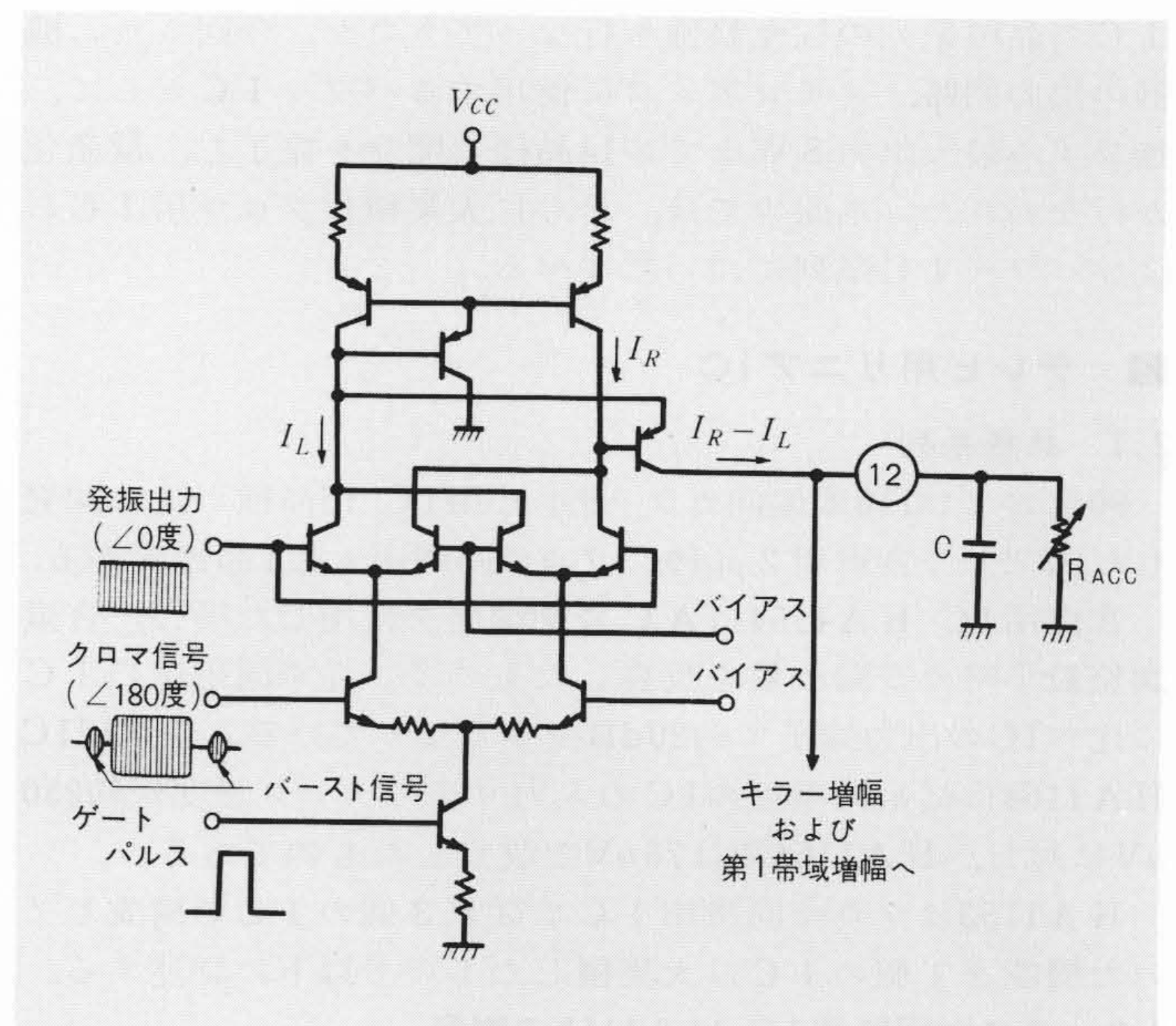


図2 ACC検波器 クロマ信号中のバースト信号期間のみACC検波器は動作し、バースト信号の振幅に比例した電圧を発生する。

Fig. 2 ACC Detector

シフタおよびシュミット回路から成り、カラー調整は可変レベルシフタの可変抵抗 R_K で行なう。シュミット回路は低ヒステリシスと固定シュレシールドレベルの特長を持

ち、切れの良いスイッチング特性を持つ。 Q_{94} のエミッタ電位はバイアス V_{B2} により一定に保たれるので、シュミット回路を駆動するための Q_{94} のベース電位の変化は数ミリボルトで十分であり(低ヒステリシス)、またそのベース電位はほぼ V_{B2} に等しい(固定シュレッシュホールド)。

(c) ゲートパルス整形

バーストゲートに要求される特性としては温度変化、入力電界強度の変化、その他電源電圧変化などに対し安定にバースト信号のみを抜き取ることである。この要求を満たすため、図4に示すように整形回路には遅延水平同期信号を入力とし、外付容量1個のみを必要とする自己バイアス

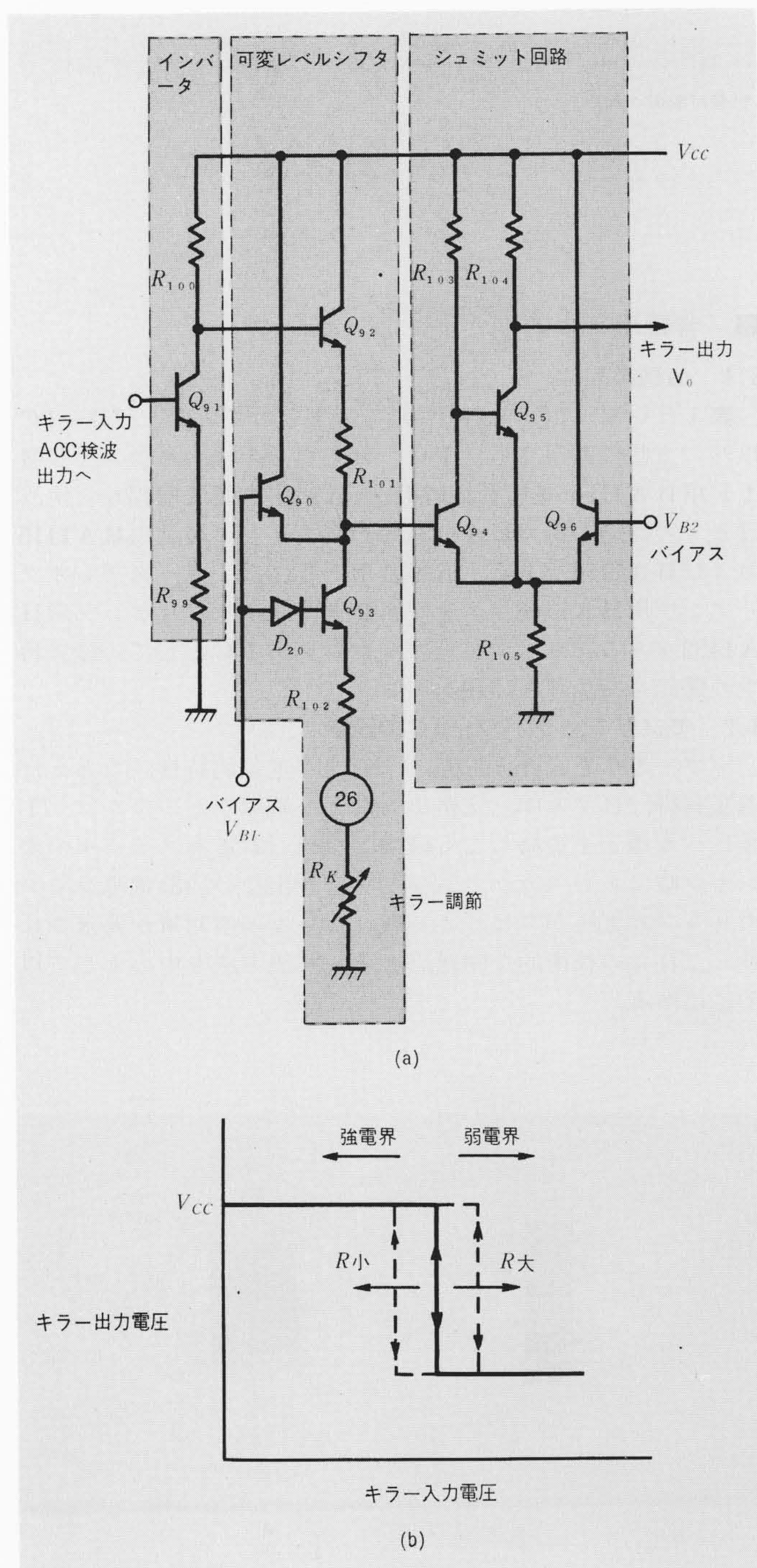


図3 カラー増幅器 ACC検波器の出力を Q_{91} で極性反転し、 R_{101} でレベルシフトしシュミット回路でスイッチ信号に変換され、第2帯域増幅に加えられる。

Fig. 3 Color Killer Amplifier

形を用いている。整形基準電圧は入力信号のピーク値に比例して決まる値をとり、入力同期信号のレベル変動に対し安定なパルス幅を保つ。特に弱電界でも安定な抜き取りを行なう。

(d) 第1帯域増幅

第1帯域増幅は2段直結差動増幅回路で構成され、その電圧利得は約40dBである。ACC電圧による利得制御は図5(a)に示すように初段差動増幅器にカスコード接続された Q_1 、 D_1 および Q_2 、 D_2 に流れる電流を制御することにより行っており、良好な微分利得(以下DGと略す)特性(許容入力約200mV_{P-P}, DG=1dB)が得られている。

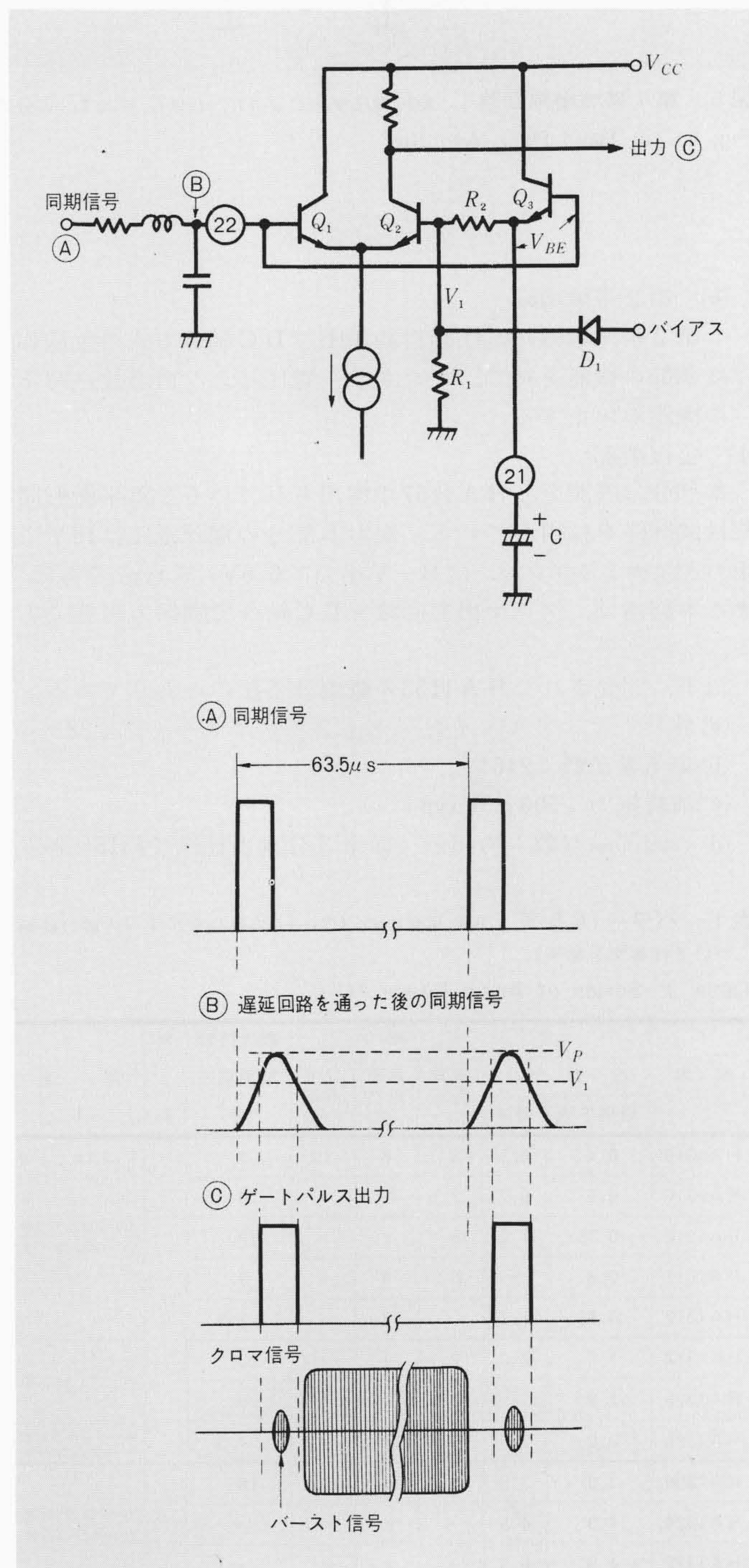


図4 ゲートパルス整形回路 自己バイアス整形回路と各部の波形を示すもので、入力パルスのレベル変動に対し、安定なパルス幅を保つ。

Fig. 4 Gate Pulse Former

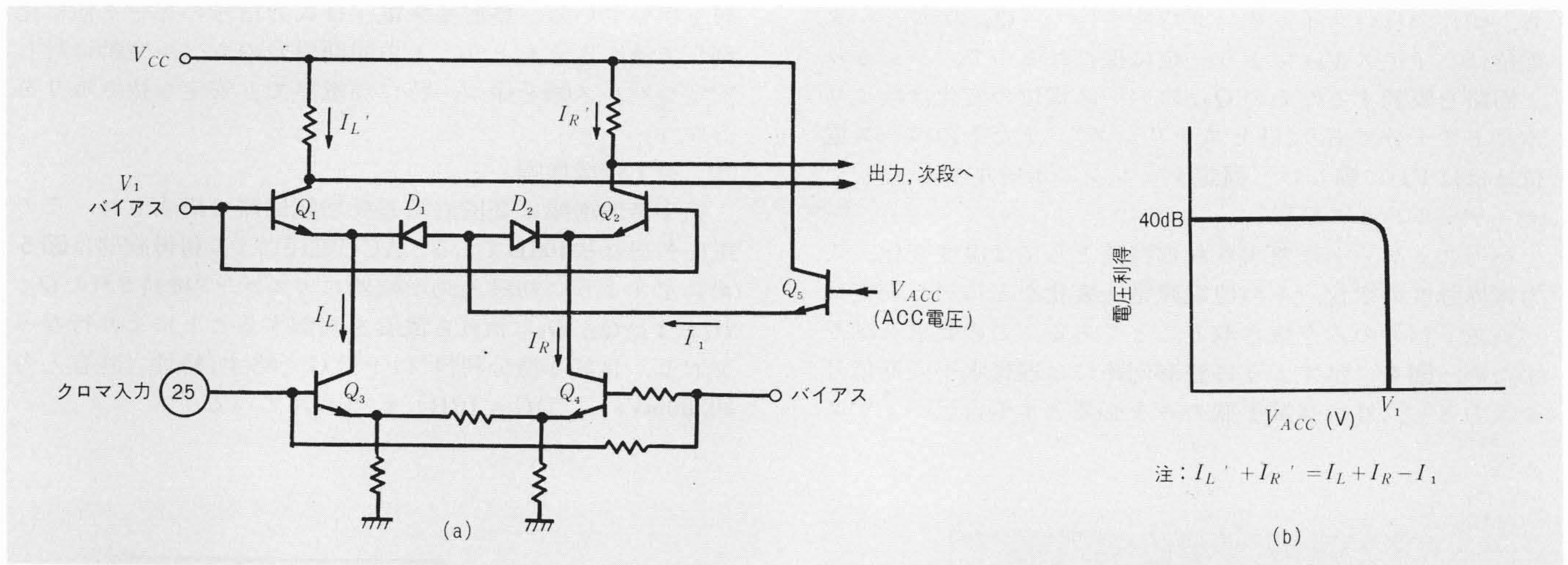


図5 第1帯域増幅回路 ACC電圧 V_{ACC} により I_L , I_R は I_L , I_R と I_{ACC} に分流され利得が制御される。

Fig. 5 1st Band Pass Amplifier

(e) 第2帯域増幅

第2帯域増幅は電圧利得約0dBでDC制御方式の色飽和度調節の機能を持つ。またキラー電圧により白黒放送時その機能を停止する。

(4) 色復調部

本部分は既開発品HA1157で使用されている二重平衡形同期検波回路を採用している。なお本部分の電源電圧は18Vで出力ダイナミックレンジはB-Y出力で6.8V_{P-P} typ.である。また本回路は、クロマ出力回路をDC結合で励振も可能である。

以上、開発されたHA1153の概要は下記のとおりである。

(a)外形：デュアル・イン・ライン・プラスチック 28ピン

(b)集積素子数：246個

(c)消費電力：500mW typ

(d)周辺部品点数：約46個（従来3分割当社比で約15%減）

表1 パワーIC系列 現在量産中のパワーICの系列を示す（内容の詳細については本文を参照）。

Table 1 Series of Audio Power IC's

形名	定 格					最大許容 電源電圧 (V)	外 形	用 途
	出 力 (W)	電 源 電 圧 (V)	負 荷 抵 抗 (Ω)	ひ ず み 率 (%)	電 源 電 圧 (V)			
HA1310	0.4	0.5	6	8	10	9	1	ポータブルラジオ テープレコーダ
HA1316	0.5	0.7	7.5	"	"	10		
HA1314	0.75	1.0	9	"	"	12		
HA1311	0.8	"	6	4	"	9		
HA1312	0.85	1.1	"	8	"	7.5		
HA1313	1.6	2.0	12	"	"	20	2	ステレオ ポータブルラジオ テープレコーダ
HA1325	1.8	"	13.5	"	"	"		
HA1326	2.0	2.5	6	"	"	7.5		
HA1306	3.0	3.5	13.2	4	10	18	2	カーステレオ カーラジオ ステレオ
HA1324	4.0	4.5	"	"	"	"		
HA1322	4.5	5.5	"	"	"	"		
HA1308	4.0	5.0	22	8	5	28		
HA1309	5.0	6.0	24	"	"	33		
HA1317	7.0	8.0	26	"	"	36		

3 音響用リニア

3.1 品種系列

表1はパワーICの品種系列を示すものである。パワーIC以外の音響機器用リニアICのおもなものに、ステレオFMIF用HA1150(電圧利得97dB)、AM用高周波増幅から検波段までの機能を持つHA1151、FMステレオ復調用HA1115およびHA1156がある。低雑音用としては、カーステレオプリアンプ用HA1406、ステレオ2チャンネルプリアンプ用HA1452がある。さらにテープレコーダ用ICとして、録音再生の機能を持つHA1319がある。

3.2 モノリシックパワーICの設計

パワーICを設計する際、一般的な電気的特性、たとえば電圧利得、ひずみ率、定格出力および帯域などのほかに、(1)スピーカ端子を短絡しても破壊しない。(2)電源スイッチのオンオフ時にスピーカからショック音が出ない。(3)電源ラインのリップル電圧がスピーカに漏れないなどの対策が要求される。これらの技術的な問題点とその解決方法を中心として以下に述べる。

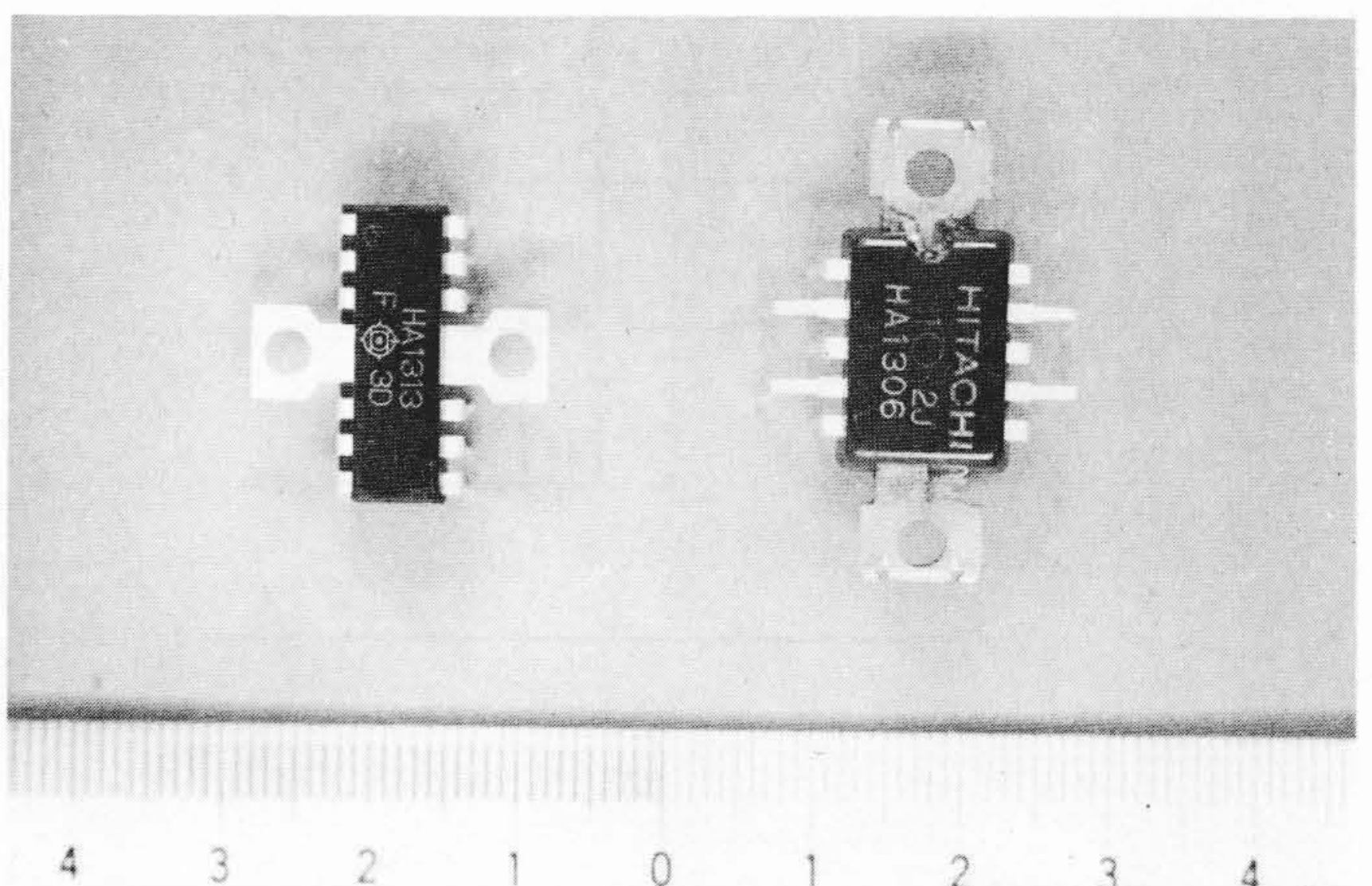


図6 パワーICの外形図 パワーICの外形を示すもので、外形1および外形2は、表1の外形の項に対応する。

Fig. 6 Packages of Audio Power IC's

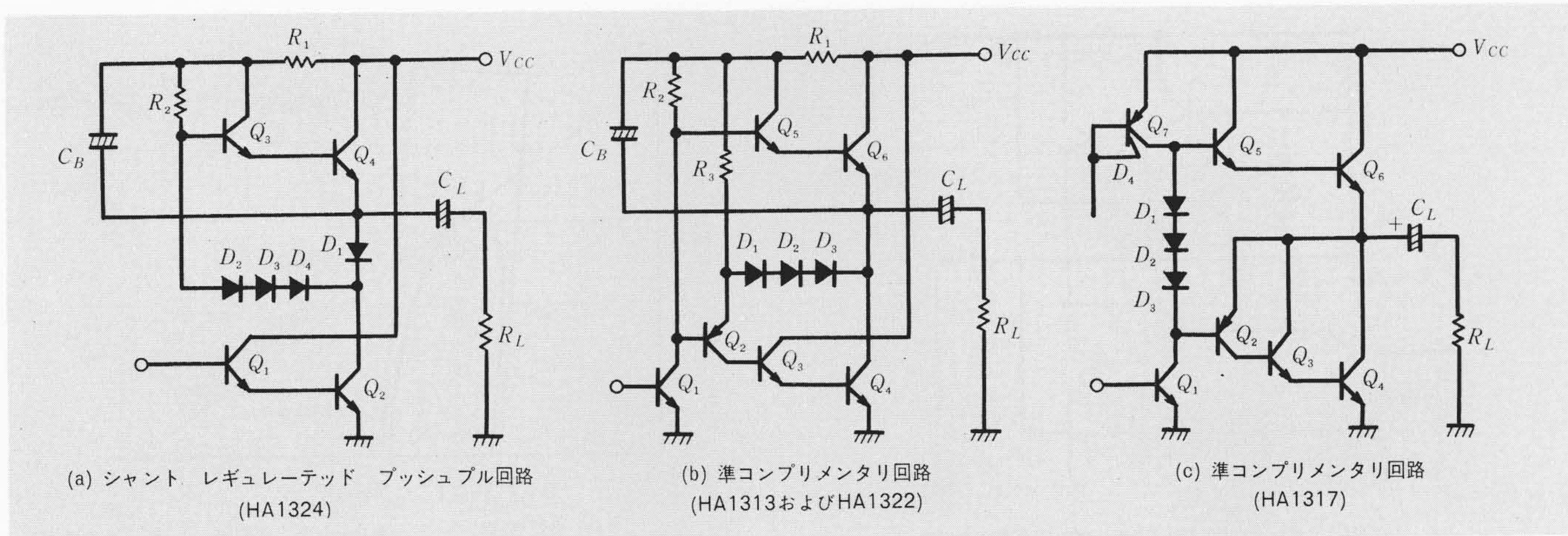


図7 出力段回路形式 現在パワーICに採用している出力段の回路形式を示す。(a), (b)は特に定格出力の向上を目的としている。

Fig. 7 Circuit Diagram of Output Stage

3.2.1 出力段回路形式の選定と定格出力の向上

図7はパワーICに使われている出力段の回路形式を示すものである。単体回路では、コンプリメンタリ プッシュプル回路が主流であるが、ICでは電流容量の大きいPNPトランジスタが得にくいのでこれを補うためにPNP 1段、NPN 2段計3段のダーリントン接続にしなければならない。そのために過入力時発振および位相ずれによるノッチングひずみを補償回路で防ぐ必要がある。図7(a)は、これらの問題を避けるためにすべてNPNトランジスタだけで構成したシェント レギュレーテッド プッシュプル (SRPP) 回路である。入力回路に正の信号が入ると Q_1 , Q_2 が導通し、負荷電流は D_1 を通して流れる。負の信号が入ると Q_1 , Q_2 がしゃ断し、 Q_3 , Q_4 が導通し負荷電流が流れプッシュプル動作をする。パワーIC HA1306, HA1324, HA1308およびHA1309はSRPP回路を採用している。

HA1306では、上側ドライバ Q_3 のコレクタは電源ラインに接続されているが、HA1324ではブートストラップを図7(a)のように Q_3 のコレクタにかけ定格出力の向上を図っている。同図(b)は位相補償に工夫があるが、定格出力の向上が図れる準コンプリメンタリ回路である。同図(a)と同様 Q_5 のコレクタにブートストラップをかけ、さらに Q_2 のエミッタを D_1 , D_2 , D_3 で持ち上げているので出力電圧は Q_4 , Q_6 のコレクタ飽和電圧までスイングできるのが特長である。HA1313, HA1322などに採用しているが、特にHA1322はカーステレオ用として最高クラスの定格出力5.5W ($V_{CC}=13.2V$, $R_L=4\Omega$, ひずみ率=10%のとき)を得ている。同図(c)はブートストラップを定電流源 Q_7 に置き換えコンデンサを省いたもので、 $Q_3 \sim Q_6$ のベースエミッタ間電圧が残り電圧となるので、電源電圧が高く定格出力の向上が特に必要でない回路に用いる。この回路はハイファイ用8WパワーIC HA1317に採用している。図8はHA1317の出力対ひずみ率特性を示すものである。他に図示はしていないが小出力用 (2W出力HA1325) としてPNP 1段、NPN 1段の2段ダーリントンを採用している回路がある。これは過入力時発振などの問題がなく、外付け位相補償回路も簡単で済むのが特長である。

3.2.2 負荷短絡と保護回路

音響機器では、アンプと負荷 (スピーカ) が一体化していないものが多く、誤って負荷を短絡することがあり、それでも

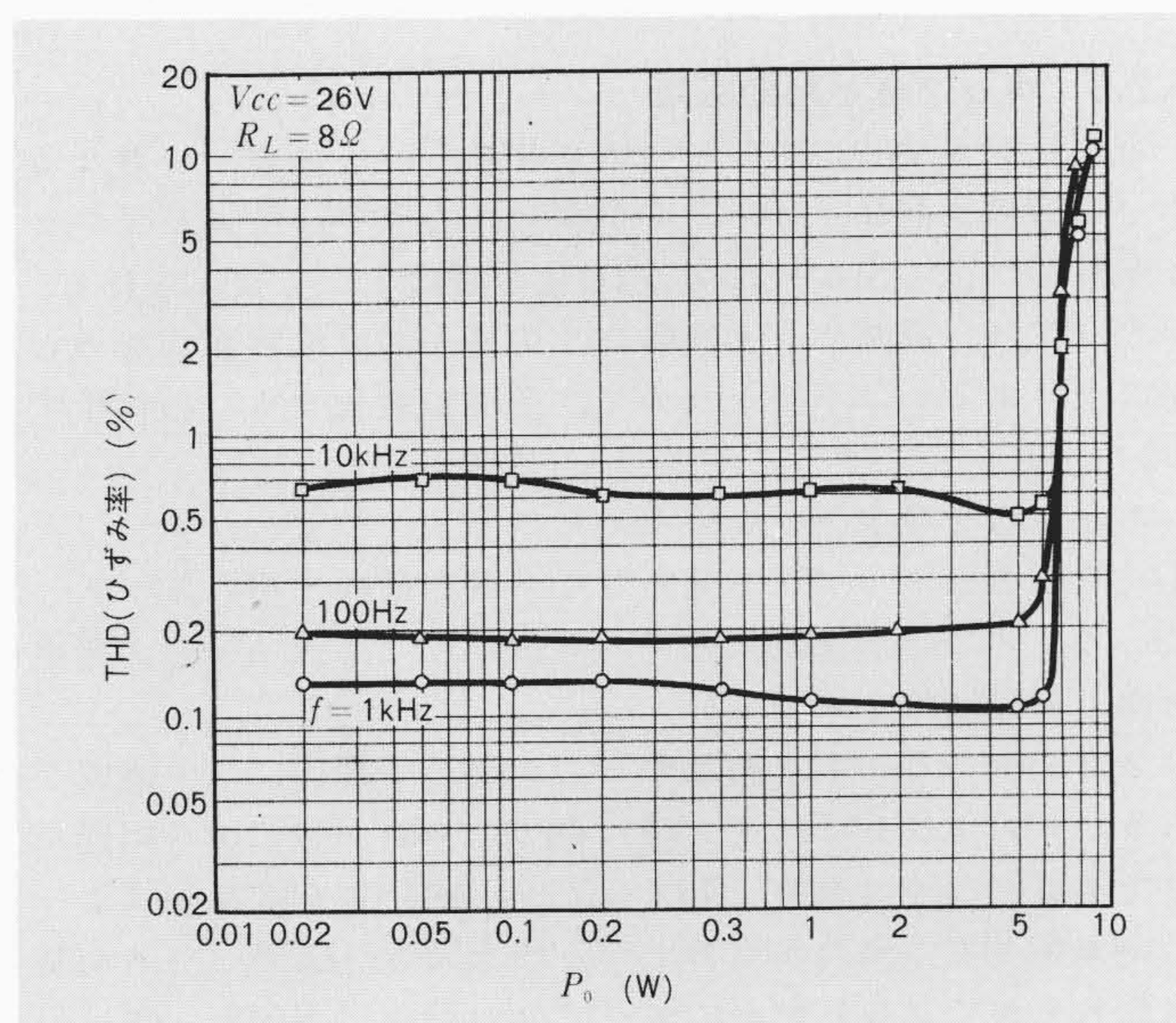


図8 8W出力パワーIC HA1317の出力対ひずみ率特性 HA1317の出力対ひずみ率特性を $f=100Hz$, $f=1kHz$, $f=10kHz$ をパラメータとして示す。
Fig. 8 Power Output Versus Total Harmonic Distortion of HA1317

ICが破壊されないことが要求される。ICの出力段トランジスタの安全動作領域を広く設計すれば解決できるが、チップサイズが大きくなりコスト高になってしまう。トランジスタのサイズは小さいままで負荷短絡による破壊を防ぐには保護回路が必要である。

保護回路には多くの種類があるが、安全動作領域を越えたことによる瞬時破壊を防止し、誤動作しないものとしてエミッタ電流 I_E とコレクタエミッタ間電圧 V_{CE} を検出し入力を制限する方法をICに採用した。図9はHA1322およびHA1317に適用した保護回路とその動作である。 R_1 , R_2 , R_3 および R_4 , R_5 , R_6 で出力トランジスタ Q_5 , Q_7 の I_E と V_{CE} を検出し、 I_E , V_{CE} が図9(b)の破線で示す制限範囲を越えたとき Q_1 , Q_2 が導通して入力を制限する。プッシュプルの下側は Q_4 のベースで制御するのが望ましいが、HA1322, HA1317のように Q_3 を定電流駆動するタイプでは、負荷短絡時の Q_3 のコレクタ電流は異常に大きくなるので、 Q_3 のベースで入力制限している。

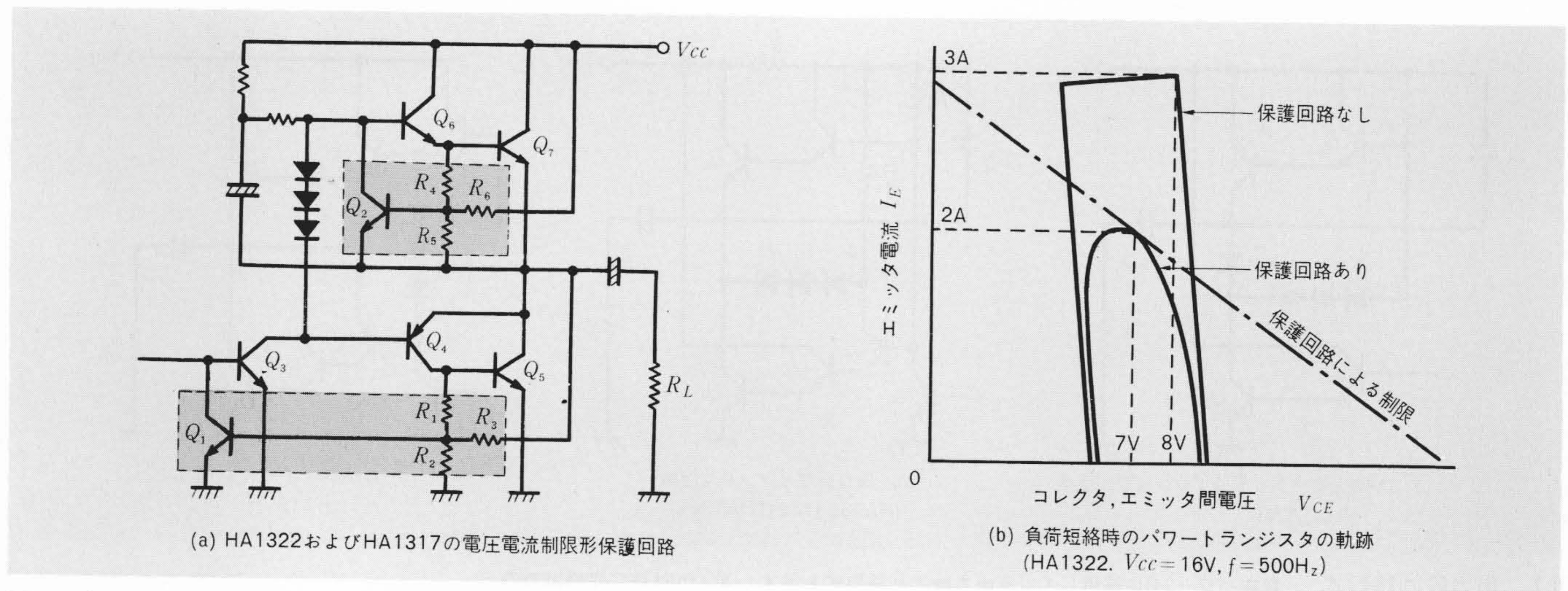


図9 保護回路と動作 (a)図で破線内が保護回路である。IC内では低抵抗をつくるのが困難なので、ベース、エミッタ間電圧の増加でエミッタ電流を検出する。

Fig. 9 Short Circuit Protection for Power IC's

3.2.3 ポップ音と起動回路

電源オンオフ時にスピーカから出るショック音、いわゆるポップ音は、商品イメージの低下につながり、特にハイファイ機種では全く出ないことがIC化の目標として要求される。ポップ音は、電源オンオフ時に出力端子の直流電圧がなめらかに上昇あるいは下降しないで、急激に変化するために生ずる。

ポップ音を発生させないためには、

- (1) もともとポップ音を発生しない基本構成を用いる。
- (2) オンオフ時の過渡状態でのみ動作して、ポップ音の発生を防ぐ起動回路を用いる。

の2方法がある。(1)を満足するものとして図10に示す構成がある。(a)および(b)は、オン時に Q_2 がしゃ断か飽和かの相違だけで本質的な差はない。(b)ではオンと同時に定電流源によって Q_2 が飽和し、出力が立ち上がるのを防ぎ、 Q_1 のベースが時定数 $\tau_1 + \tau_2$ で立ち上がるに従って Q_1 は徐々に導通し、 Q_2 はしゃ断に向かい、出力電圧は立ち上がるが、出力から Q_1 のエミッタに時定数 τ_3 の直流帰還がかかっているため、 $\tau_1 + \tau_2 \gg \tau_3$ であれば出力は時定数 $\tau_1 + \tau_2$ でゆっくり立ち上がり、ポップ

音は発生しない。オフ時の動作はほぼこの逆の動作になる。

(a)の構成は単体回路で採用されているが、出力段をPNPトランジスタで駆動するので、定格出力向上の面でICでは不利である。(b)はHA1308およびHA1309に採用し好評である。

大出力パワーICでは後述する熱帰還対策のため、初段に差動回路を採らざるを得なく、図12に示す構成が採用できない。したがってポップ音解決手段として、HA1322では起動回路を採用した。この起動回路は電源オン時に出力が立ち上がるのを防ぎ、同時に入力差動回路の帰還回路に接続されたコンデンサを充電し、出力が徐々に立ち上がるように働く。

3.2.4 ハム除去率

ハム除去率は、電源ラインのリプル（通常はハム）が出力に漏れる割合のことで、パワーICの重要な特性の一つである。ハム除去率が悪いとハムが出力に漏れるだけでなく、信号電流によるリプルが帰還されてひずみ率悪化を招く。単体回路では、適当にフィルタを設けられるが、ICではピン数が制限され、さらに外付部品の増加になるのでフィルタは最小限に押えねばならない。通常初段バイアスにはフィル

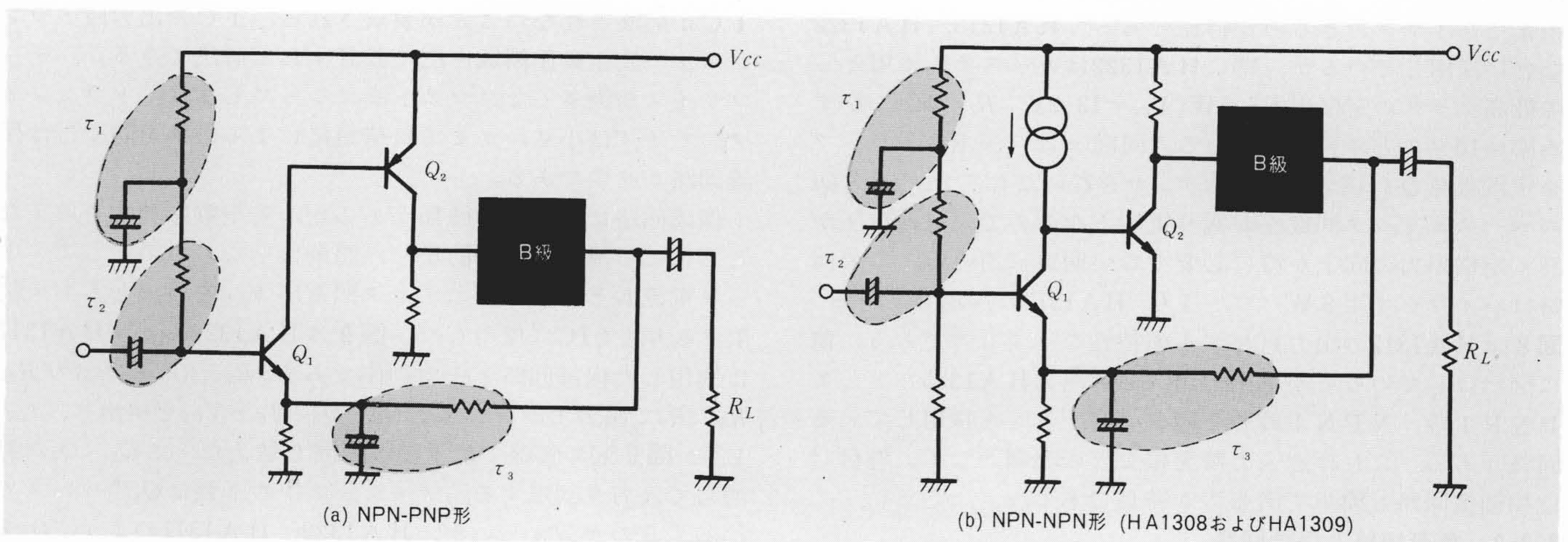
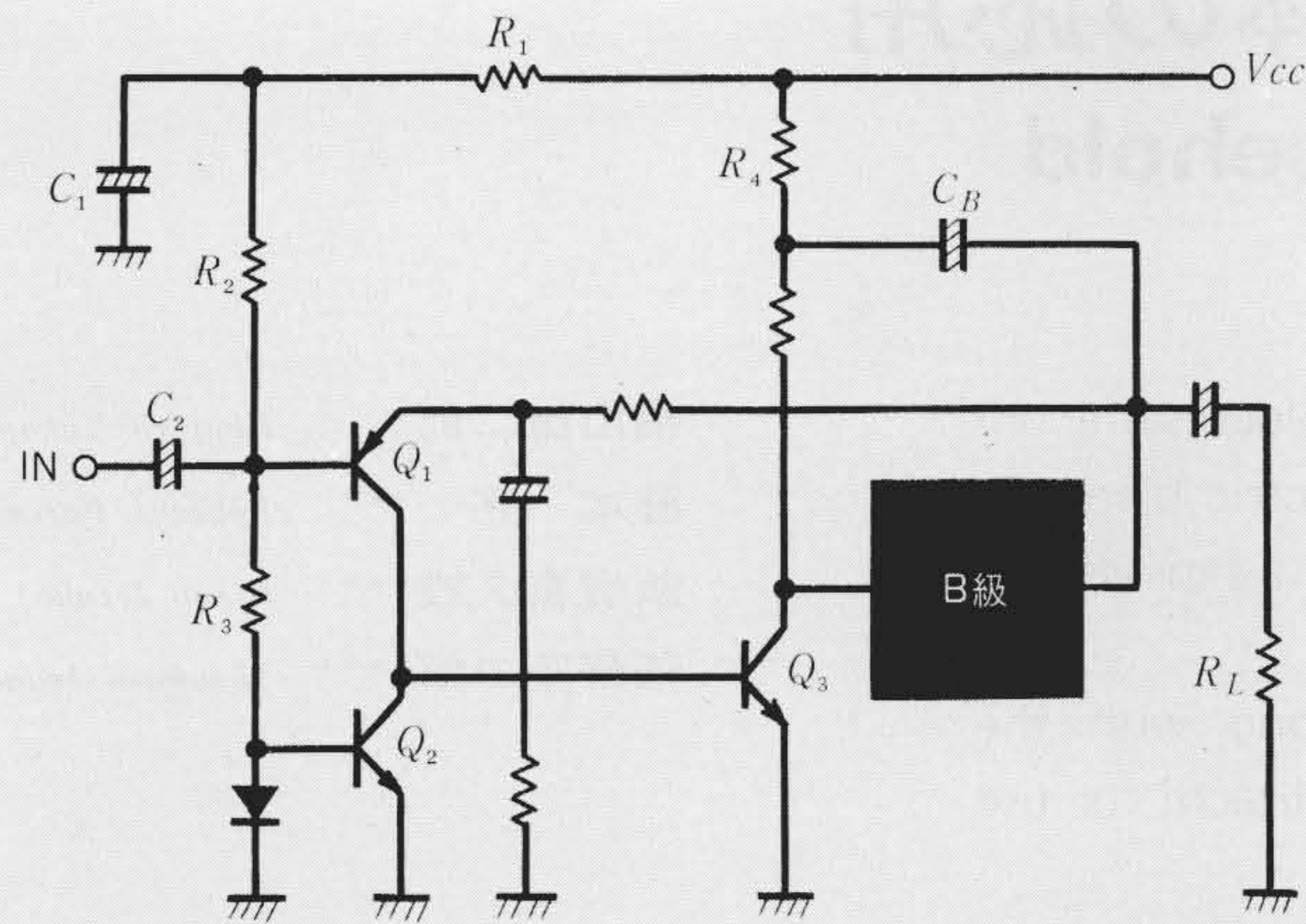
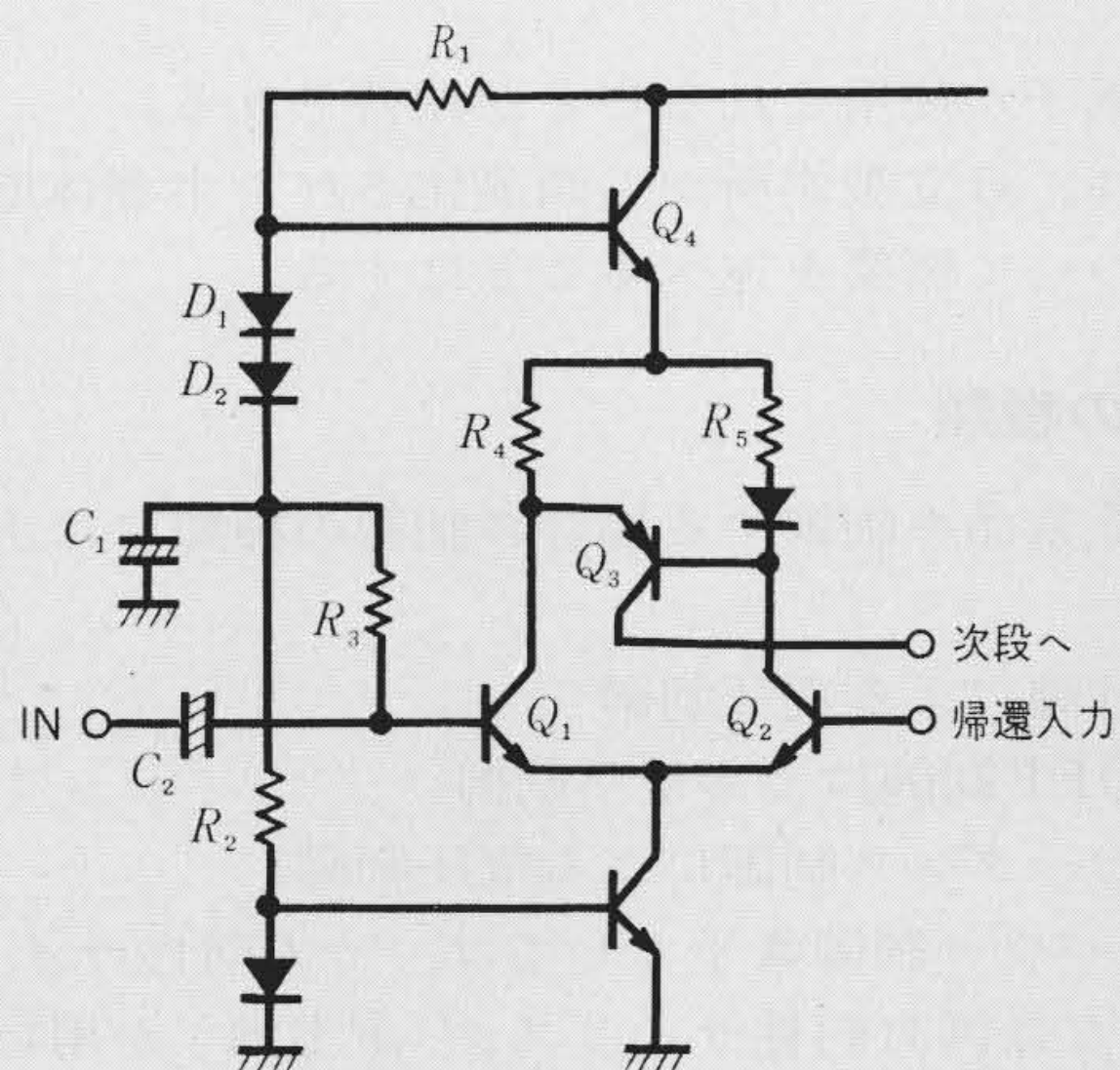


図10 ポップ音がでない基本形 時定数 $\tau_1 + \tau_2 \gg \tau_3$ であれば、出力はほぼ時定数 $\tau_1 + \tau_2$ で立ち上がる。

Fig. 10 Shock Sound Free Basic Circuit of Audio Power Amplifier



(a) 漏れ込むところまでの利得を大きくした例
(HA1306およびHA1324)



(b) フィルタを共用した例
(HA1322およびHA1317)

図11 ハム除去率の改善 (a)は R_4 , R_B を通して出力に電源リップルが漏れるが、負帰還が働きハム除去率は大きい。(b)は D_1 , D_2 , Q_4 , C_1 でフィルタを構成し、ハム除去率を大きくしている。

Fig. 11 Circuit Diagram of High Power Supply Rejection Ratio

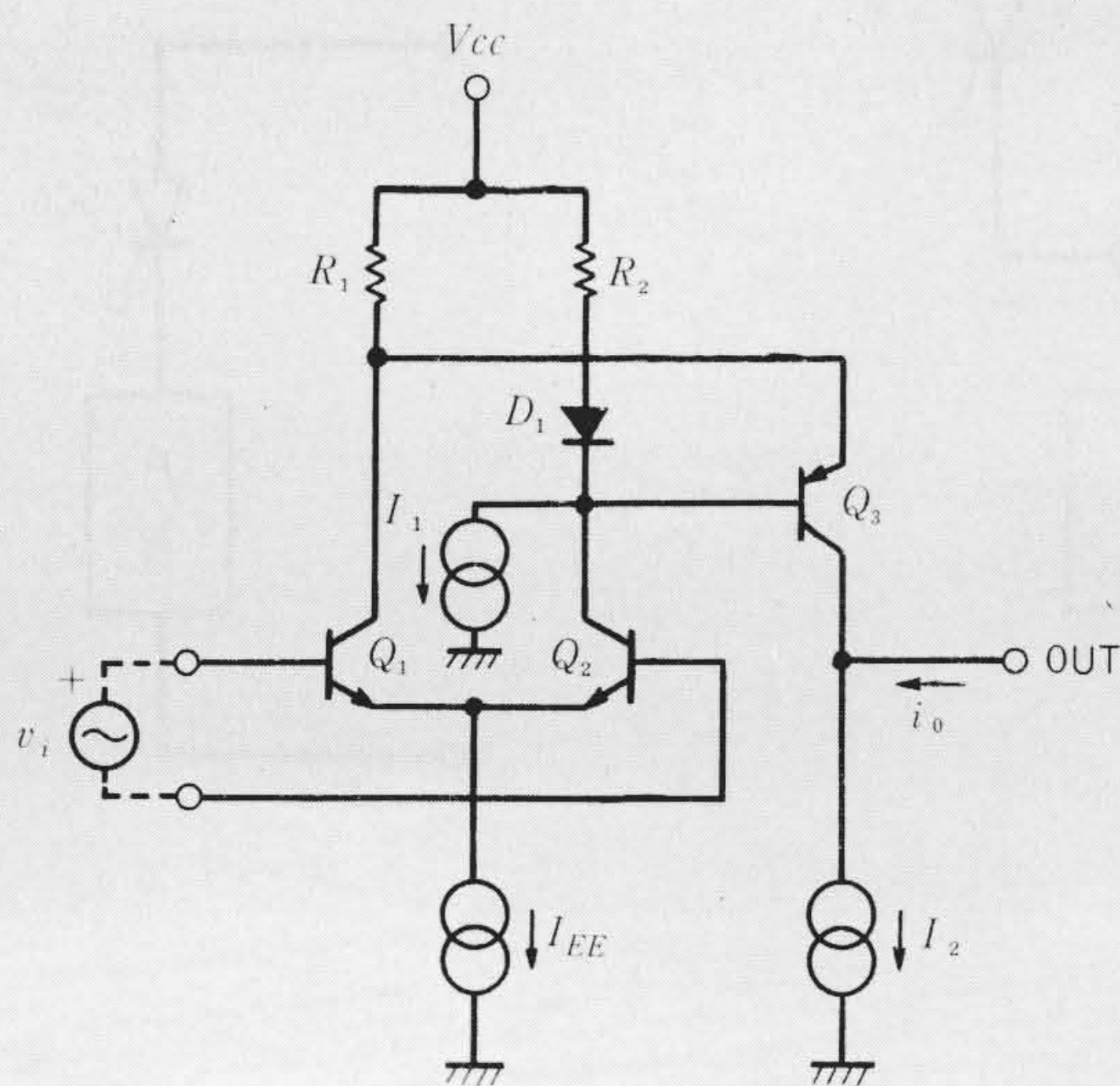


図12 熱帰還を受けない差動入力回路 $R_1 = R_2$, $I_1 = I_2$ に設計すれば、熱帰還による影響は出ない。

Fig. 12 Input Circuit Free from Thermal Feedback

タを用いるので電源リップルの入力からの漏れは十分小さくできるが、途中からの漏れに対しては上記理由でフィルタが用いられず回路的工夫が必要になる。途中からの漏れに対しては、フィードバック系の外乱の考え方から、

(1) 入力から漏れ込むところまでの利得を大きくする。

(2) 漏れ込む量自体を回路的に押える。

の2方法が考えられる。(1)は初段にPNPトランジスタを用いれば比較的容易に実現でき、(2)はツェナダイオードまたは入力バイアス回路のフィルタを回路的に共用して実現できる。

図11(a)はPNP初段の構成であり、同図(b)はフィルタを共用した例である。同図(a)では電源リップルは Q_1 , Q_2 のベースからと R_4 , C_B を通して漏れるが、前者は C_1 によって十分小さくでき、後者は Q_3 のコレクタまでの利得、すなわち開ループ利得が大きいので負帰還によって十分小さくなる。また同図(b)では C_1 を Q_1 のバイアス回路と差動の電源に共用することによって本来 Q_3 の出力アドミタンスを通して次段に漏れ込む分を押えている。HA1324は、同図(a)の構成によってハム除去率50dB(閉ループ利得44dB)を得ており、HA1322は同図(b)の構成によって45dB(同55dB)を得ている。

3.2.5 初段回路と熱帰還

パワーICの出力段の発熱は、信号周波数の二次高調波成分が主であり、チップの熱時定数が小さいので、低い周波数がいるとチップ温度は2倍の周波数で変動し、入力回路に伝達される。これを熱帰還と呼んでいる。熱帰還によって低周波でのひずみ率を悪くしたり、ハム除去率が悪くなるなどの影響が現われ大出力、高利得のICほど影響を受けやすい。熱帰還を避けるには、温度的に平衡のとれた初段回路をまず選ぶことが必要であり、さらに互いに補償しあう素子とはごく近傍に配置し、出力トランジスタから等距離に配置するなどチップ内レイアウトにも配慮がいる。温度的平衡とは単なる直流的温度補償でなく、交流的にも補償されていることをさし、この目的を達成する初段回路として差動回路がある。図12は熱帰還を補償した初段回路の例を示すものである。同図の Q_3 によるレベルシフトに対しても考慮したもので、 $R_1 = R_2$, $I_1 = I_2$ に設計すれば、 Q_1 と Q_2 , D_1 と Q_3 が互いに補償しあい、熱帰還に対し利得を持たなくなり出力には入力信号だけが現われる。

4 結 言

民生機器用ICとして最新の知識を盛り込んだ代表的ICについて報告した。すなわち、カラーテレビクロマ回路用に大量集積化1チップICを開発し、従来3個のICで構成していた部分を1個にし、回路の簡略化を図ることに成功した。また音響機器の出力回路用に、無ひずみ最大出力0.5Wから8Wまでの14品種のパワーICの開発量産化を行ない、多様な顧客要求に応じられるようにした。今後ともさらにいっそう品種系列の拡充ならびにリニアICの適用範囲の拡大に努める所存である。

参考文献

- (1) M. Ogino, H. Nabeyama and Y. Tanihara: "Introduction of Revolutionary IC's into Color TV Receiver", IEEE Trans., BTR 18, 2 (1972)
- (2) 佐藤, 広田ほか: 「広角偏向カラーテレビ用ICの開発」, 日立評論 55, 133 (昭48-2)
- (3) 毛利, 鍋山, 荻野: 「カラーテレビ用色同期ICの開発」, テレビジョン方式回路研究委員会 No.32-2 (昭46-11)