

光絶縁出力を用いた小形制御用モータの駆動回路 Driving Circuit of Small Control Motor Using Optical Insulated Device

○川上 誠 三浦 武 秋山 宜万 谷口 敏幸

○ Makoto Kawakami, Takeshi Miura, Yoshikazu Akiyama, Toshiyuki Taniguchi

秋田大学

Akita University

キーワード：光絶縁(optical insulation), ホトカブラ(photocoupler)

DCサーボモータ(DC servomotor)

連絡先：〒010 秋田市手形学園町1-1 秋田大学鉱山学部 電気電子工学科

三浦 武, Tel.: (0188)89-2338, Fax.: (0188)37-0406, E-mail:miura@ipc.akita-u.ac.jp

1. はじめに

光絶縁出力とはモータ駆動回路の出力部をホトカブラなどの光アイソレータを用いて電氣的に絶縁した出力形式である。駆動回路としての性能を劣化させることなく出力部の絶縁が可能であれば、スイッチング時のノイズ対策が容易になるなど回路実装時には大きな利点になると考えられる。しかし、非線形性を有するホトカブラを信号伝達に用いた駆動回路においては伝達関数を理論的に計算するのは容易ではなく、正確に動特性を把握するのは難しい。したがって現状ではシミュレーションあるいは実装回路上にて試行錯誤的に回路パラメータを決定して特性改善を行わなければならない。駆動周波数など使用条件の変更が頻繁に要求される応用においてはこの方法は実用的ではない。しかし伝達関数あるいは動特性が近似的にではあっても知れていれば最適な回路パラメータを比較的容易に決定できると考えられる。さらには駆動回路を含んだ制御系の特性評価も可能となり設計上極めて有効である。

本研究の目的は光絶縁出力を用いた駆動回路で伝達関数と回路パラメータ調整の関連を明確にし、小形制御用モータの制御系において最適な駆動回路を実現することである。

2. ユニポーラ駆動回路の試作

2.1 回路構成

図1に試作したユニポーラ駆動回路の回路構成を示す。基本はオペアンプとトランジスタを用いた電圧制御型の駆動回路である。増幅回路、帰還回路

に用いたホトカプラの二次側出力はエミッタフォロア型とした。また、ホトカプラ二次側の負荷電流は小さいため出力トランジスタはダーリントン接続とした。 V_2 はホトカプラー一次側順方向電圧 (V_F) による出力電圧の上昇を補正するための電圧である。本回路においてはホトカプラは単なるスイッチングではなく、増幅回路および帰還回路において連続的に動作している。

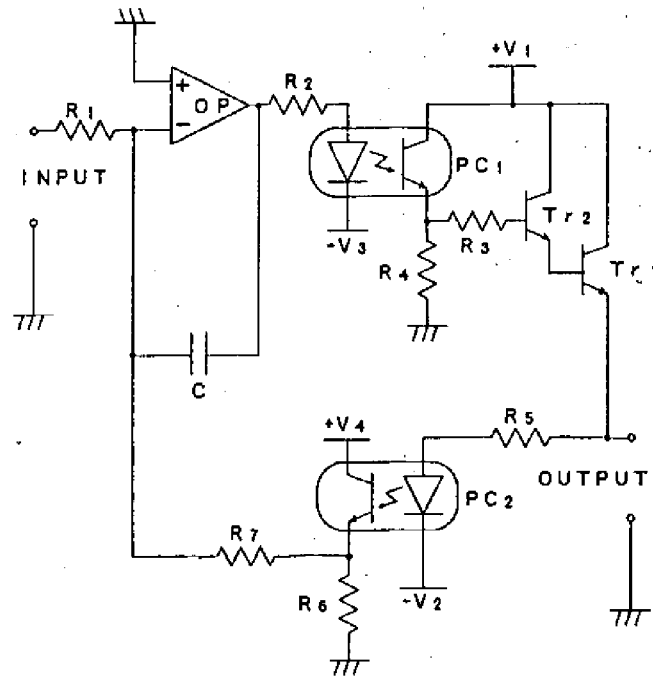


図1 ユニポーラ駆動回路

2.2 試作回路の評価

本回路においては帰還回路にホトカプラを用いているため、入出力間の非線形性が問題となる。帰還回路が抵抗であれば出力はオペアンプによって正確に制御され出力は入力に完全に比例する¹⁾。実際回路パラメータ調整を行わなければ非線形となってしまい、出力は歪んでしまう。そこで、駆動回路内の回路パラメータの調整で改善を試みたところ、ホトカプラー一次側の電流制限抵抗 R_5 の値を変えることにより直線性を改善できることが判明した。その結果を図2に示す。これはゲインを10倍に設定し入力指令を0Vから1Vまで0.2Vステップで変化させた時の出力の応答波形である。このように最適ではないが回路抵抗の調整のみで直線性の改善が可能である。しかし実際の回路上での調整は実用的ではなく、制御を簡単に実行するには、場合によっては指令による補正などの検討も必要である。

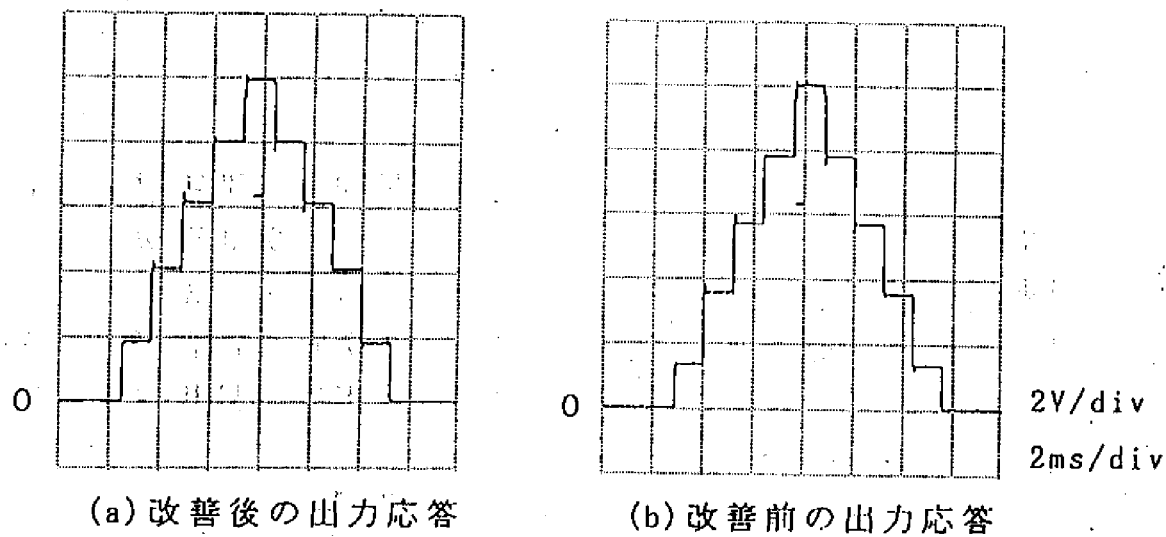


図2 回路抵抗調整による直線性の改善結果

ゲインを10倍に設定した場合の周波数特性を実験的に求めた。その結果を図3に示す。カットオフ周波数は約10kHzである。

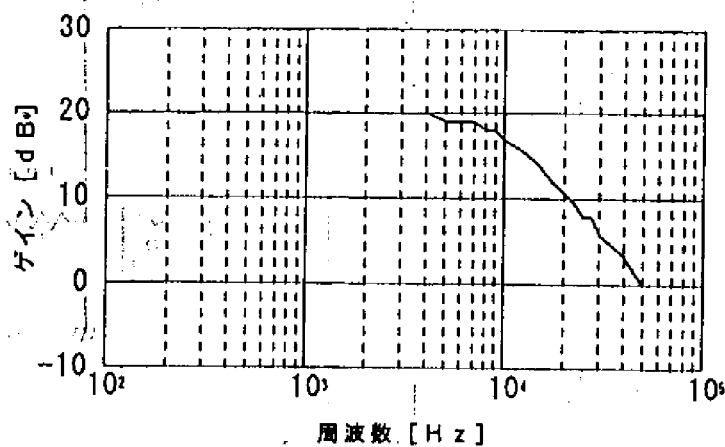


図3 ユニポーラ駆動回路の周波数特性

3. バイポーラ駆動回路の試作

3.1 シミュレーションによる検討

DCサーボモータの制御においては正転、逆転が可能なバイポーラ駆動回路が一般的に用いられる。図4にバイポーラ駆動回路の基本構成を示す。

オペアンプとベース間を光絶縁するための回路はできる限り少ない素子で簡易に構成されるのが望ましい。そこで帰還回路を光絶縁しない形式でその回路構成をシミュレーションにより検討した。シミュレーションにより試行錯誤的に決定した回路構成を図5に示す。この回路構成にすることで光絶縁形式のバイポーラ駆動が可能になった。

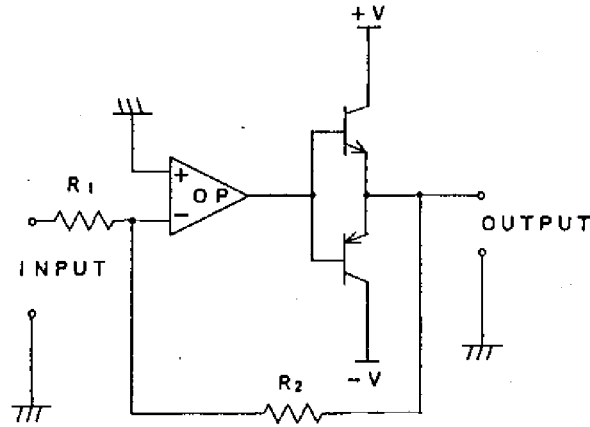


図4 バイポーラ駆動回路の基本構成

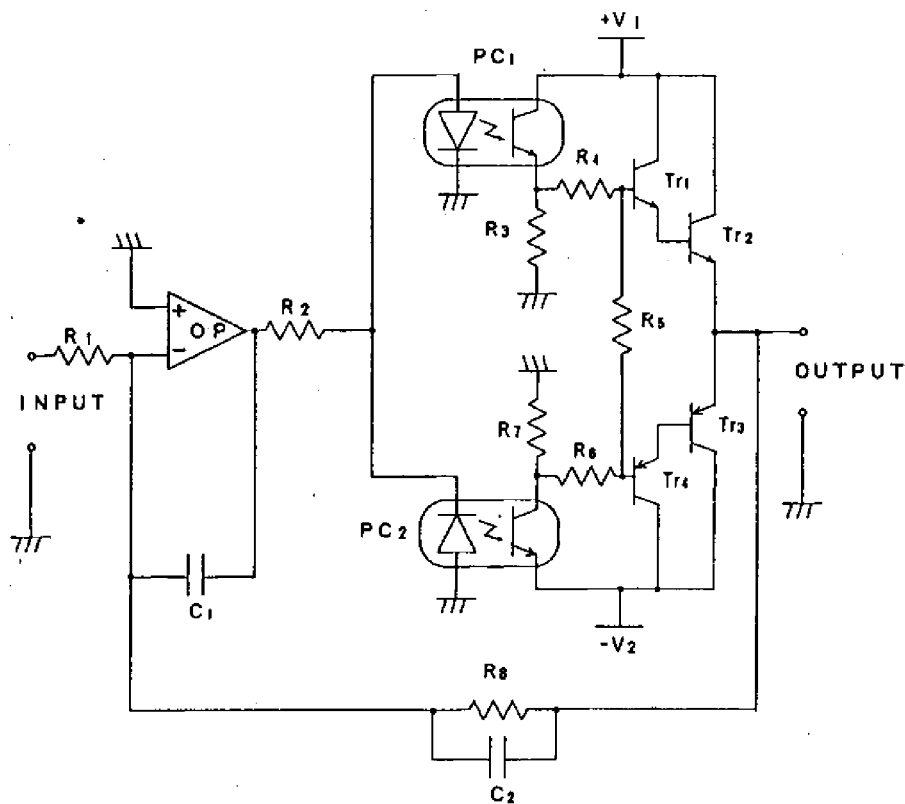
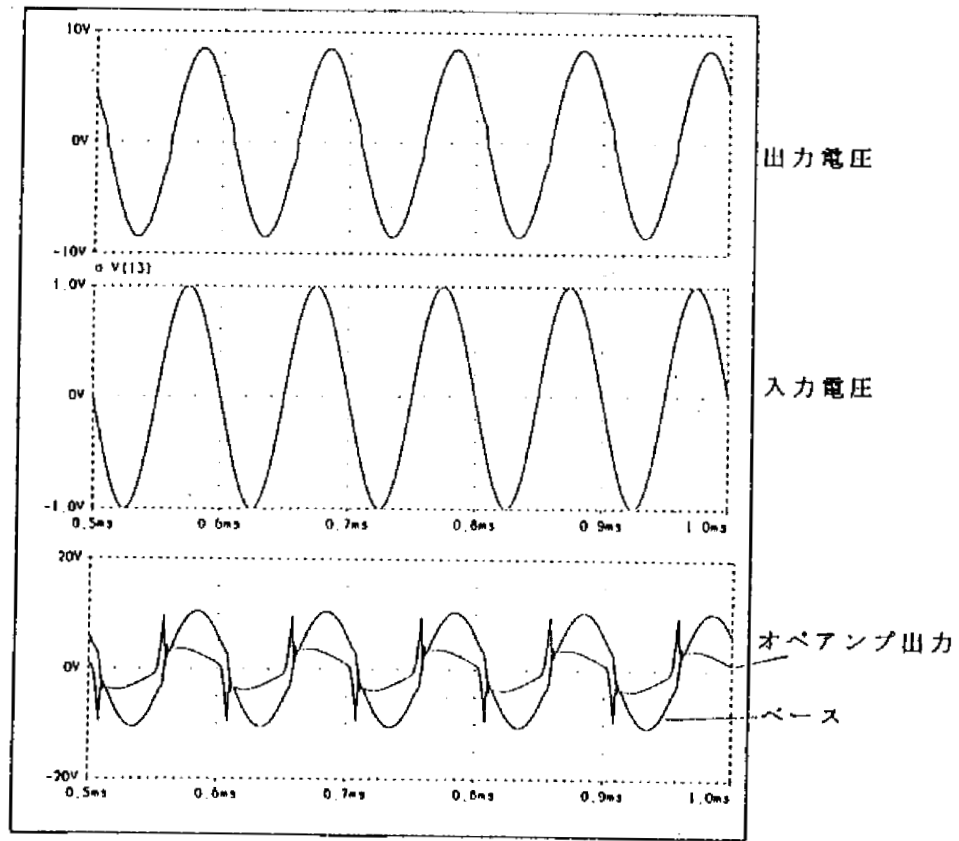
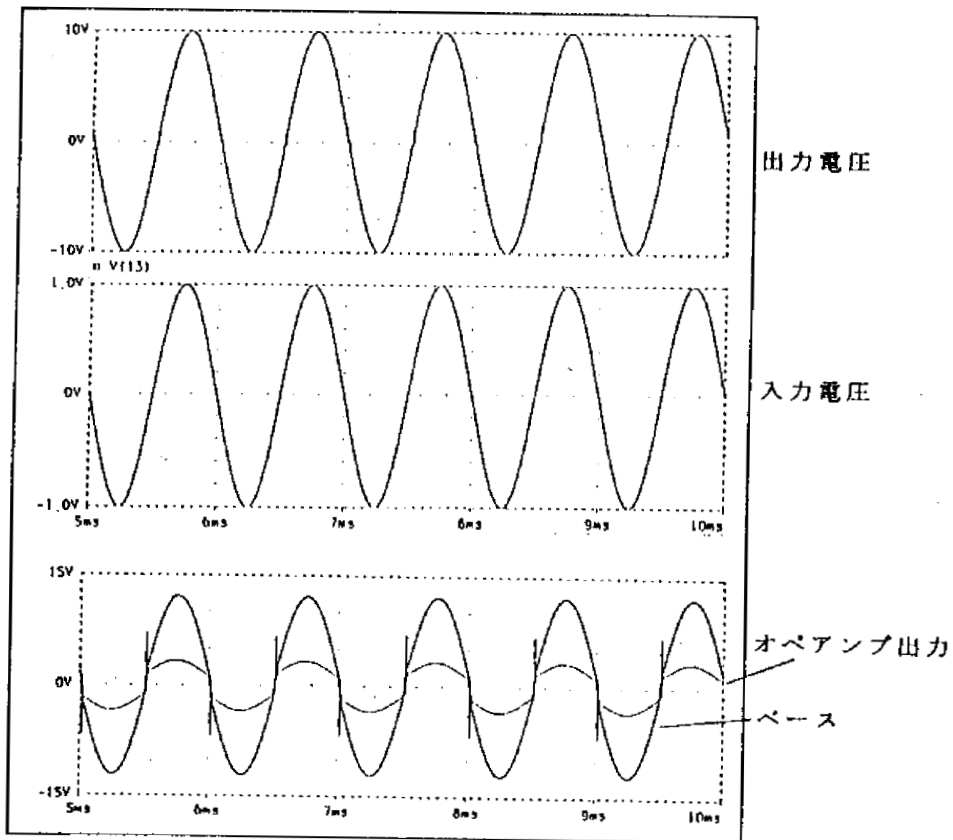


図5 バイポーラ駆動回路

この回路の過渡解析の結果を図6に示す。ゲインは10倍に設定し、負荷は10Ω抵抗とした。結果を見るとゼロクロス時に波形に歪みが生じているが、これはオペアンプがホットカプラ側をターンオンさせるため急激にスイッチングを行うため生じるものである。シミュレーションによる回路パラメータ調整ではこれ以上歪みを改善できなかった。



(b) 周波数 10kHz



(a) 周波数 1kHz

図6 バイポーラ駆動回路のシミュレーション波形

3. 2 試作回路の評価

シミュレーションと同一のパラメータで駆動回路を試作し、シミュレーションと同様に正弦波駆動時の応答波形を観測した。周波数1kHz、10kHz時の信号波形を図7に示す。シミュレーションと同様ゼロクロス時に波形が歪むが10kHzではかなり歪んでしまう。波形からはオペアンプ出力のノイズが原因であると考えられるがメカニズム等については未検討である。今後はシミュレーションと合わせて検討を行っていく。

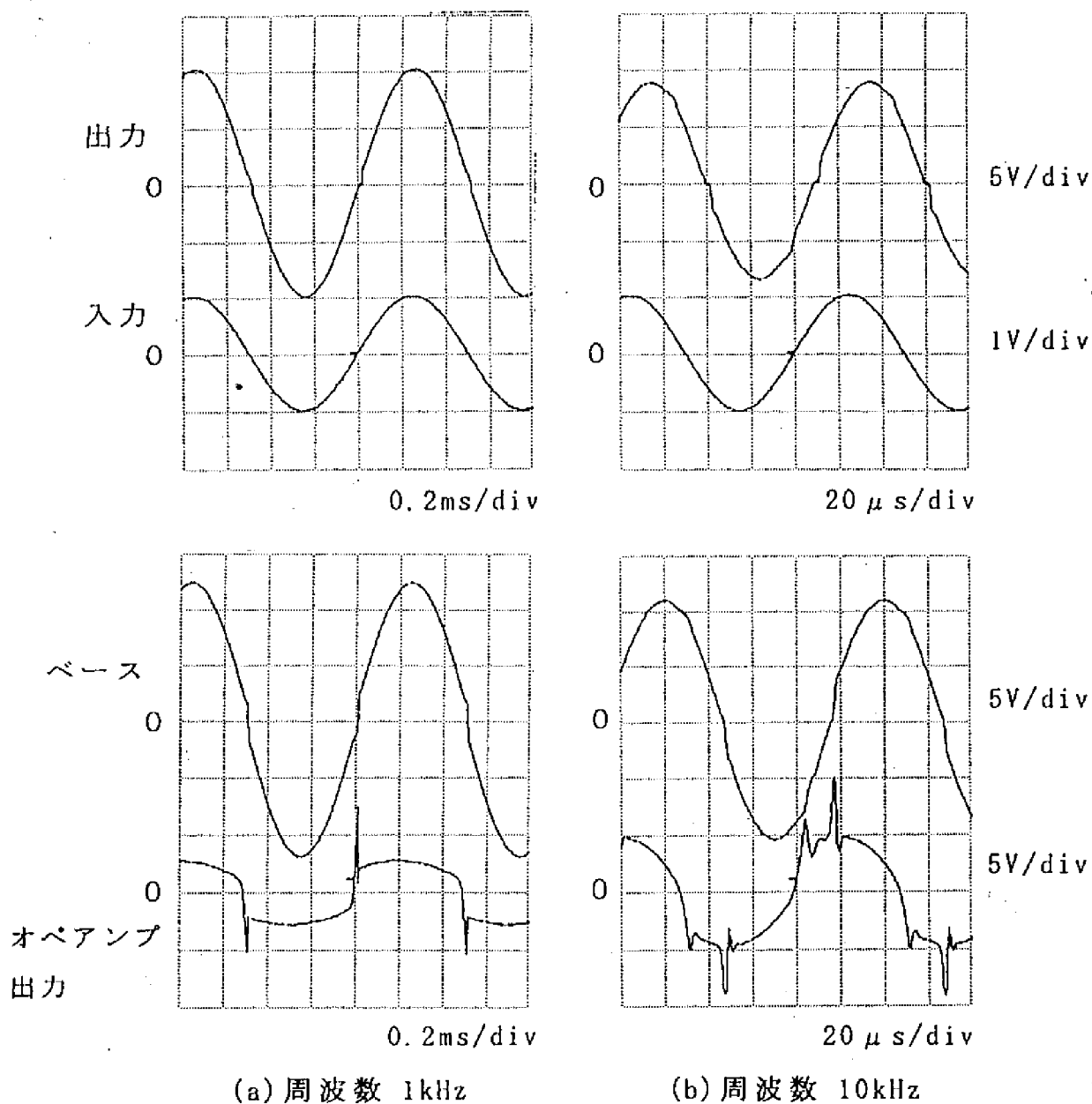


図7 バイポーラ駆動回路の応答波形

ユニポーラ駆動回路と同様にゲインを10倍に設定した場合の周波数特性を実験的に求めた。その結果を図8に示す。カットオフ周波数は約10kHzである。

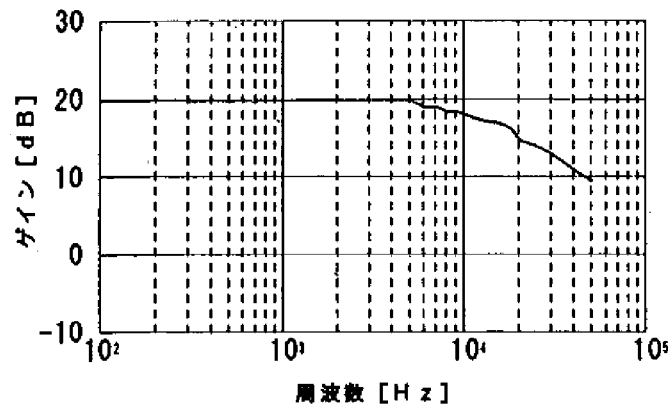


図8 バイポーラ駆動回路の周波数特性

4. 出力を完全に光絶縁したバイポーラ駆動回路の検討

出力を完全に光絶縁したバイポーラ駆動回路の回路構成をシミュレーションにより決定した。図9に回路構成と図10にシミュレーション結果を示す。図6のシミュレーション結果と比較すると波形の歪みが大きくなっているが前述の試作回路と同様に十分に動作すると考えられる。

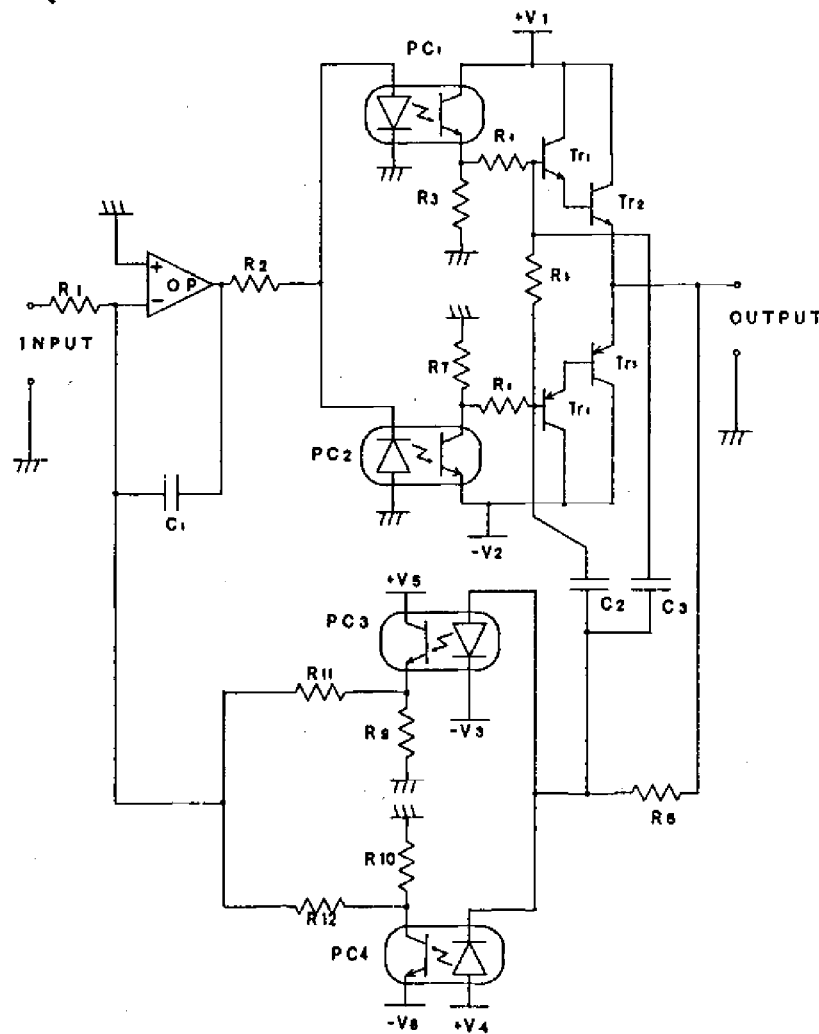
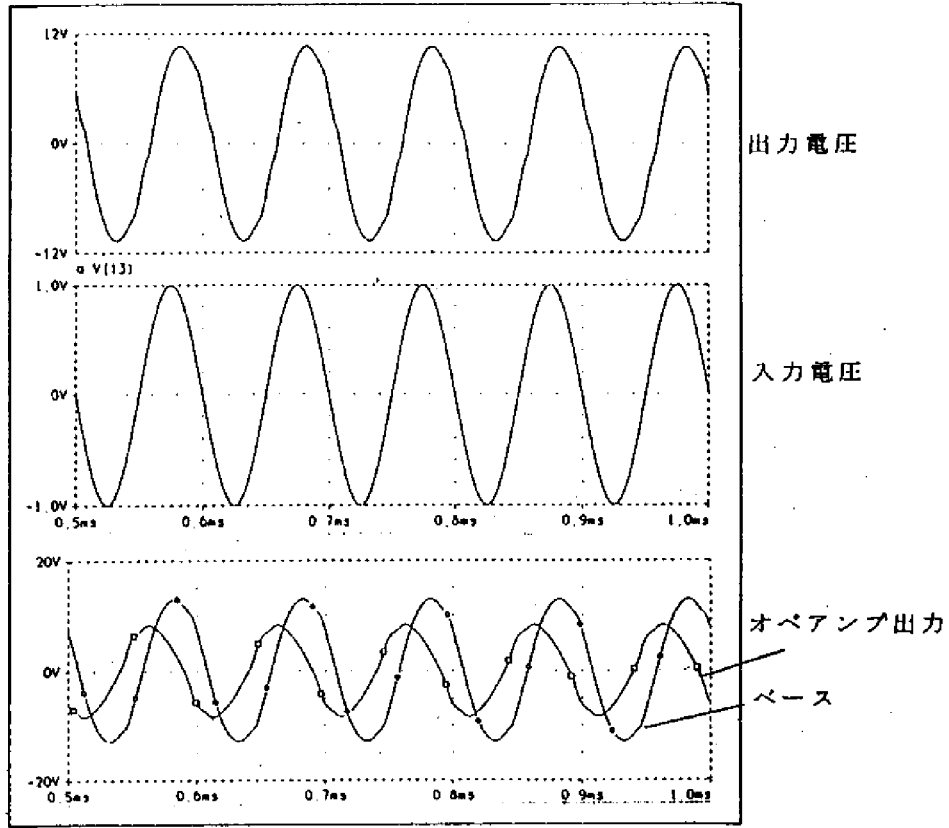
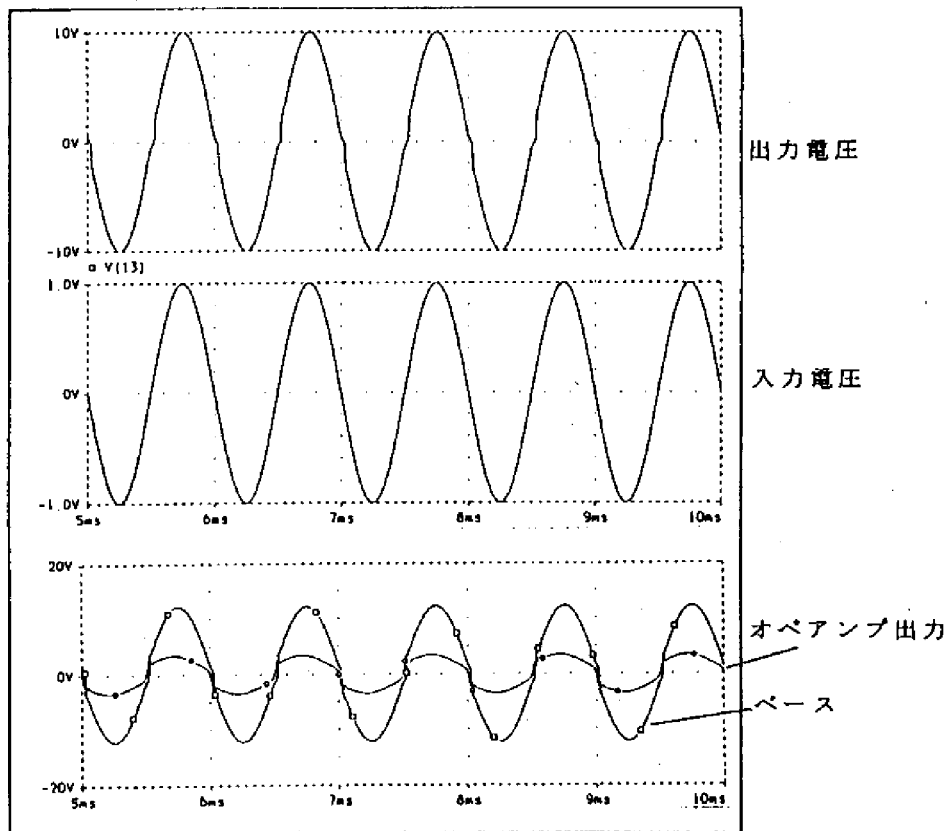


図9 出力を完全に光絶縁したバイポーラ駆動回路



(b) 周波数 10kHz



(a) 周波数 1kHz

図10 出力を完全に光絶縁したバイポーラ駆動回路のシミュレーション波形

5. 終わりに

現状は光絶縁出力を用いた駆動回路の動特性と回路パラメータの関係が未知であるため特性を調整、改善するにはどうしても試行錯誤的になってしまい、回路設計が煩雑になってしまう。今後は、解析的に動特性を評価できるように伝達関数と回路パラメータの関連を検討していく。

参考文献

- 1) 谷口, 河村, 佐藤, 能登: ホトカップラとトランジスタを用いた小電力用の電圧・電流制御電源回路方式, 電学論B, 106巻7号, p641(昭和61)