

クルーズコントロールシステムと小型ECU

Cruise Control System and Downsized ECU

村田 公利⁽¹⁾
Kimitoshi Murata

宮田 博司⁽²⁾
Hiroshi Miyata

横山 達夫⁽³⁾
Tatsuo Yokoyama

団野 敏彦⁽⁴⁾
Toshihiko Danno

赤山 佳己⁽⁵⁾
Yoshimi Akayama

要 旨

1970年代以降IC、マイコン等が採用されてから、カーエレクトロニクス化が促進されてきた。

クルーズコントロールECUは、車種やエンジン性能が異なるごとに制御定数が異なるだけでなく、搭載条件の違いにより、ECUサイズやプリント基板、ブラケットが異なる。このために多くの設計・評価工数が必要となっている。この工数の低減のためには、小型かつ耐ノイズ性に優れたECUの開発が必要である。

本稿では、DCモータ式クルーズコントロールシステムと、上記課題に取り組んで'93年スープラ用に開発、量産された小型ECUを紹介する。

The development of car electronics has been accelerated since IC's or microcomputers were used for automobiles in the 1970s.

The difference among engine and vehicle performance needs different control constants in each cruise control system.

And the restriction in ECU mounting location and posture onto vehicles brings difference in size of ECU and/or printed circuit boards, and variety of brackets.

It becomes an important matter to develop smaller and more noisetolerable system in order to reduce time for design and evaluation.

This paper describes the cruise control system using DC motor actuator and the recent downsized ECU massproduced for '93 SUPRA that have been developed facing with the above matter.

(1), (2) トヨタ自動車株式会社 (3), (4), (5) モートロニクス本部技術部

1. ま え が き

クルーズコントロールシステムとは、運転者が希望する速度でスイッチ操作を行うことで、運転者のアクセルペダルからの操作を開放し、走行速度を希望速度に維持し、定速走行を可能とするシステムであり、高速クルージング時の運転者の疲労低減に役立つ。

'80年代始めより、マイコンを採用したクルーズコントロールが展開され、性能向上が図られてきたが、速度の偏差に対する改善、スイッチ操作に対する応答性向上といった、さらなる性能改善が追求されてきた。トヨタ車では、'80年代後半より、従来のバキューム式アクチュエータに加え、DCモータ式アクチュエータを採用して、いっそうの性能改善を図っている。¹⁾

近年では、クルーズコントロールが採用される車種・エンジン種類が増え、搭載されるECU種類が増加している。富士通テンが担当するクルーズコントロールECUの、容積と質量および、搭載車両数・機種数・基板設計数の推移を、表-1に示す。システムの展開に伴って増えるECUの開発としては、設計・評価工数の低減が課題となっている。また、一台の車両に搭載されるECUの数の増加に伴い車両として、搭載場所の確保、質量・消費電力の低減、およびノイズへの考慮が必

表-1 クルーズECU推移表

年 度	'81	'84	'87	'90	'93
搭載車両数	3	5	6	8	7
機 種 数	6	13	24	29	22
容 積(cm ³)	340	295	295	435	280
質 量(g)	180	140	180	240	140
基板設計数	2	4	4	4	1

小型クルーズECU展開

要となってきた。

本稿では、DCモータ式クルーズコントロールのシステム概要と、上記課題に取り組んで開発し'93年発売のスープラに搭載した小型クルーズコントロールECUの構造設計、回路・実装設計の概要について述べる。

2. クルーズコントロールシステムの概要

2. 1 システム構成

DCモータ式クルーズコントロールのシステム構成図を図-1に示す。ECUは、コントロールスイッチや解除スイッチ等の信号に加え、車速センサからのパルス信号を処理し、運転者の指示に対応するようにアクチュエータを駆動し、アクチュエータ内蔵のポテンショメータで、アクチュエータの動きを監視しながら、定速走行をするように制御を行う。すなわちアクチュエータは、ECUからの信号をアクチュエータのコントロールア

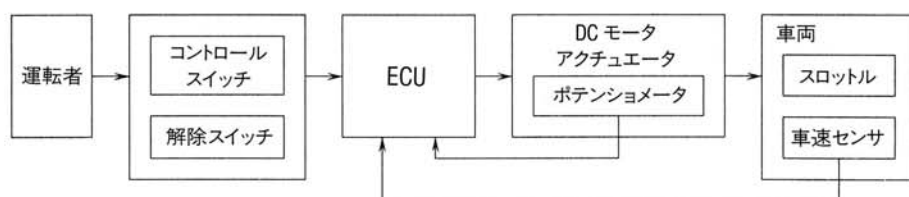


図-1 クルーズコントロールシステム構成図

Fig.1 Cruise control system configuration

ムを介して、エンジンのスロットル弁の開閉制御を行う。

システム構成品のコントロールスイッチを図-2に示し、DCモータアクチュエータを図-3に示す。アクチュエータ内部は、DCモータ、電磁クラッチ、ポテンショメータとウォームギヤの構成となっている。²⁾

2. 2 システム性能

2. 2. 1 システム開発の経緯

エンジンのインテークマニホールド圧力を動力

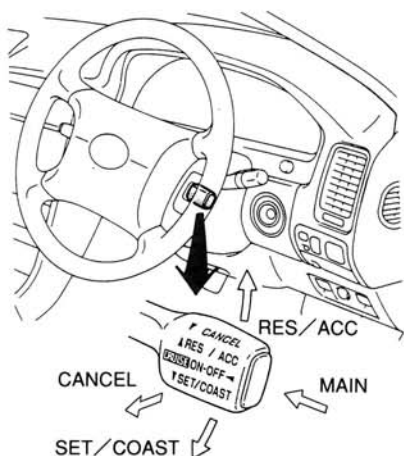


図-2 コントロールスイッチ

Fig.2 Control switch

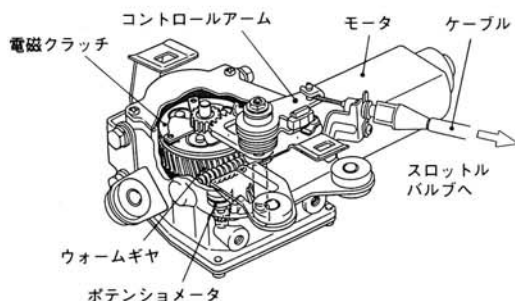


図-3 DCモータアクチュエータ

Fig.3 DC motor actuator

源とするバキューム式アクチュエータを用いたクルーズコントロールシステムにおいて、'78年には設定希望速度を電圧で記憶するアナログ式ECUを、'81年には世界初の4bitマイコン式ECUを量産化した。

'70年代後半において、長距離走行と高速クルージングには必需品に近い北米向け輸出車両を中心に、クルーズコントロールは車種展開された。

エンジン性能と車両の違いにより、車両毎に制御パラメータのチューニングを実施する必要がある、適合工数の低減が課題となった。これに対し、補償要素の多重結合と制御演算の高速化と、適合制御パラメータ（定数）の理論付けを行い、バキューム式アクチュエータシステムの完成度を高めた。この実現のために8bitマイコンを採用し、'86年に市場に送り出した。

しかし、バキューム式アクチュエータを用いたシステムでは、アクチュエータの出力特性がエンジンの負荷変動により変化すること、およびアクチュエータ内へのバキュームの応答遅れがあることなど、性能改善の課題が残った。^{3) 4)}

2. 2. 2 性能改善

'89年に量産化したDCモータ式アクチュエータを用いたシステムでは、バキュームの影響を受けないDCモータを用いて、前述の課題を改善している。また、セット操作時には、アクチュエータ自身の開度状態をフィードバックして、一定開度までの開側駆動を速やかに行うことで応答遅れを短縮している。

各システムの性能比較を表-2に示す。

2. 3 ECU概要

DCモータ式システムのECUのブロック図を図-4に、制御ソフトの概略フローを図-5に示す。各種の制御機能の概略を次に述べる。

1) セット制御

- コントロールスイッチのSET/COASTスイッチのオン→オフ時の車速を記憶し、定速制御を行う。

2) 加速制御

- コントロールスイッチのRESUME/ACCE

Lスイッチのオン時に増速し、RESUME/ACCELスイッチのオフで定速制御を行う。

- 定速制御中に、アクセルペダルで増速させても、アクセルペダルを放すと元の車速で定速制御を行う。

- コントロールスイッチのRESUME/ACCE

表-2 システム性能比較

アクチュエータ E C U	バ キ ュ ー ム 式			DCモータ式
	アナログ式	4 bitマイコン	8 bitマイコン	8 bitマイコン
車 速 偏 差	△	○	◎	◎
応 答 性	△	△	○	◎
登 坂 性 能	△	△	○	◎
システム適合性	△	○	◎	◎

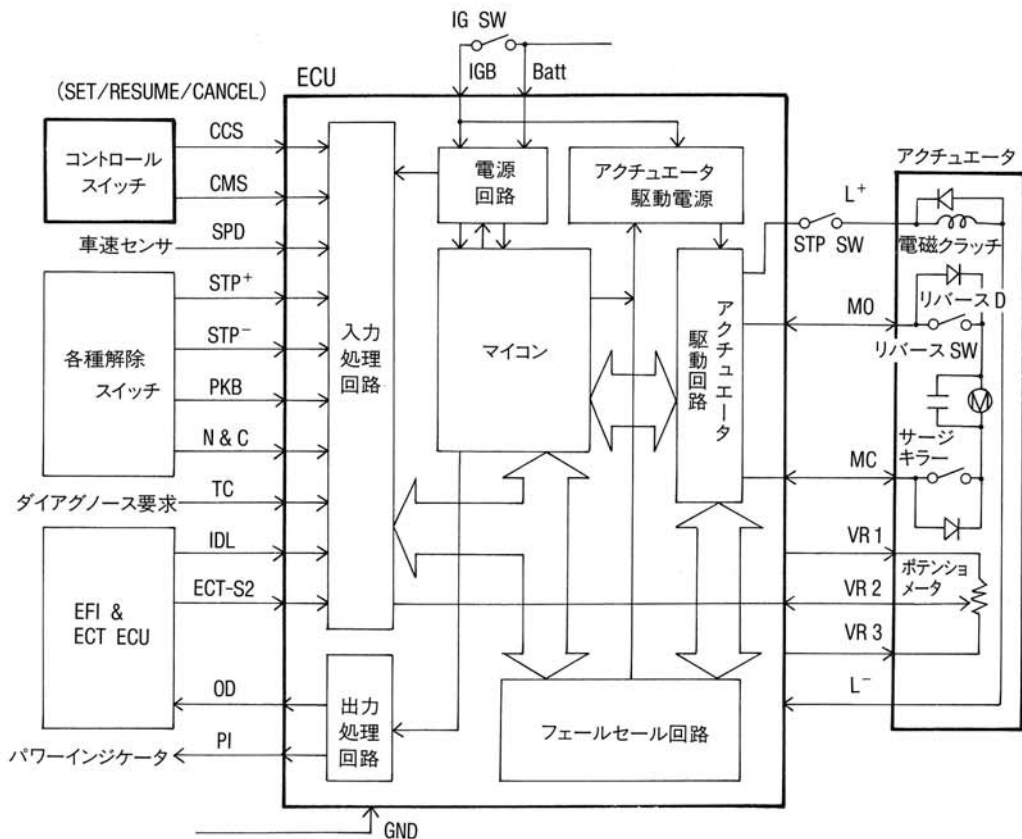


図-4 ECUブロック図

Fig.4 ECU Block diagram

Lスイッチを瞬間的にオンにすると、車速が約1.5km/h 増速し、定速制御を行う。

3)減速制御

- コントロールスイッチのSET/COASTスイッチのオン時に減速し、スイッチのオフで定速制御を行う。
- コントロールスイッチのSET/COASTスイッチを瞬間的にオンにすると、車速が約1.5km/h 減速し、定速制御を行う。

4)復帰制御

- 解除スイッチで解除中に、コントロールスイッチのRESUME/ACCELスイッチのオンで、解除前の車速に復帰し、定速制御を行う。

5)解除制御

- コントロールスイッチのCANSELスイッチ

および、ブレーキスイッチ等で、定速制御を解除する。

2. 4 フェールセーフ・ダイアグノーシス

ECUは、入力スイッチ、センサおよびアクチュエータの故障に対して、定速走行の解除および制御の禁止を行うフェールセーフやダイアグノーシス機能を持つ。

- ①アクチュエータの異常時
- ②車速信号の異常時
- ③コントロールスイッチの異常時
- ④ストップランプスイッチ信号の断線時
- ⑤IGキャンセル制御

イグニッションスイッチのオンとメインスイッチのオンで、始めてアクチュエータの駆動電源を起動させる。また、イグニッションスイッチをオフにすると、アクチュエータ駆動電源をオフで保持する機能。

⑥ダイアグノーシス機能

各種の異常発生時には、前記の解除機能でアクチュエータ駆動電源をオフで保持し、異常発生箇所を記憶する事で、ディーラでの修理解析に活用出来る機能。

3. ECU仕様の標準化

今回の小型ECUは、以下の項目を考慮し開発した。

- ①車両展開が容易な容積量（ECUサイズ）
- ②入出力仕様と制御仕様の標準化
- ③小型サイズでも仕様の標準化を可能とするIC開発と実装設計
- ④耐ノイズ性の向上と評価工数の低減

ECUの外観を図-6に、基板完成品の外観を図-7に示す。

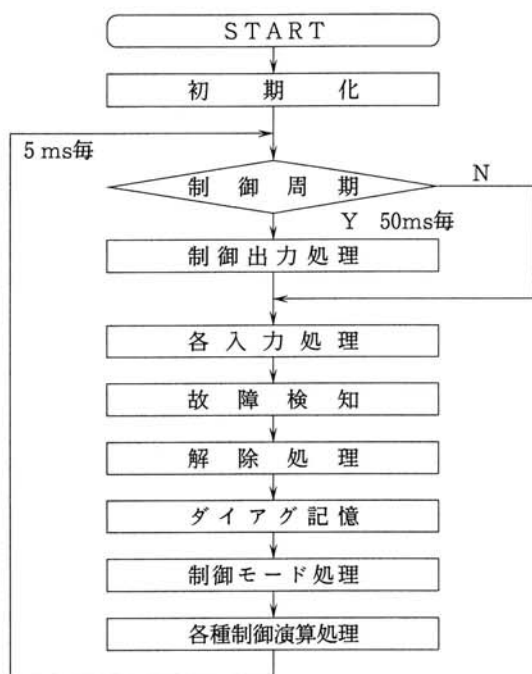


図-5 制御ソフトの概略フロー

Fig.5 General flowchart

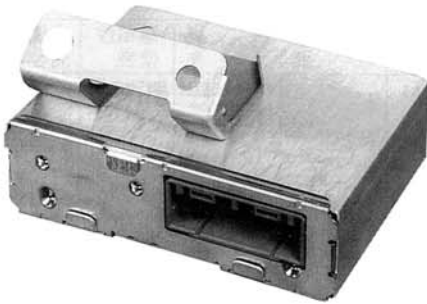


図-6 ECU外観
Fig. 6 ECU

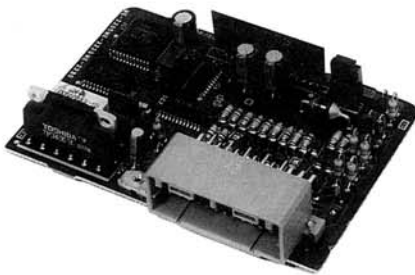


図-7 基板完成品
Fig. 7 Circuit sub assembly

3. 1 構造設計

今回の構造設計は、各車両に搭載しやすいように、ECUの容積として $110 \times 80 \times 32(\text{mm})$ と決定した。

構造、材料の決定には、次の点を考慮した。

1)軽量で耐ノイズ性のある材料

ケースのシールド効果により、内外部のノイズを遮蔽。

2)防滴構造

上部からの水滴落下に対し、電子部品の保護。

3)ブラケットの取付け制約が小さい構造

搭載位置の制約が少なく、どの方向からでもブラケットが取り付け可能な構造。

4)基板の保持が容易で、実装効率が良い構造

5)ブラケットアースが取れる構造

アースラインの2重系を確保すると共に、ボディアースでの耐ノイズ性能の向上。

6)量産性のある構造

2次加工等で、工程数の増加要因の無い構造。

従来のECUは樹脂成形の構造を採用していたが、外部からの電磁気によるECUの耐性（EMS：電磁気感受性）、ECUから外部機器への電磁気の影響（EMI：電磁気干渉）に対しては、回路および実装の変更で対応してきた。

以上の検討内容の結果を、表-3に示す。各種性能、コストメリットおよび軽量化で、有利なアルミのインパクト成形に決定した。これにより、従来ECUに対し、容積比で35%減、質量比で38%減の小型・軽量化を達成した。

3. 1. 1 アルミインパクト成形構造

アルミインパクト成形法（冷間衝撃押出）は、アルミ電解コンデンサ等に採用されている成形法である。製作工程の概要を図-8に示す。

アルミのブロック（スラグ）をプレスで圧縮すると、アルミが上型パンチに沿って延びる性質を利用した成形法であり、基板固定用のスライド部分も同一工程で成形出来るため、量産性が高い。

さらに、ブラケットの取り付けは、アルミケースの5面に穴加工を可能とし、ブラケットとケースをアルミリベットでかしめる。基板はスライド溝に挿入され、フタと一括でネジ止めされている。そのネジ止めによって、ブラケットアースがとれる構造としている。

3. 1. 2 フタ構造

フタもアルミの板金加工を採用した。ケースとの組付けは、ケース側のツメをフタに挿入し、折り曲げて固定する方式とした。

表-3 構造検討

		現行樹脂 ケース	アルミインパ クト成形	金 属 深絞り 1	金 属 深絞り 2	ダイカスト 成 形	金 属 メ ッ キ	導電性 塗装	金属繊維 有樹脂
部 品 構 成	ケース								
	フ タ								
	カダイ ブラケット	カダイにブラケットをスポット溶接	ケースにブラケットをリベット止め	ケースにブラケットをリベット止め	カダイにブラケットをスポット溶接	ケースにブラケットをネジ止め	カダイにブラケットをスポット溶接		現行樹脂材料に導電フィラー(ステンレス)を練り込み成形
防 滴 性		○	○	○	×	△	○	○	○
ブラケット取付自由度		○	○	○	△	×	○	○	○
キバン実装効率		○	○	○	○	×	○	○	○
キバン保持構造		○	○	×	○	○	○	○	○
軽 量 化		240 g	○(170 g)	△	△	×	○	○	○
筐 体 コ ス ト		1	≒ 1	—	—	—	3	2.5	1.5
実 車 価 評 価	EMS	○	◎	—	—	—	○	○	○
	EMI	○	◎	—	—	—	○	○	○
量 産 性		○	○	—	—	—	×	×	○
備 考			・樹脂ケースと同等のスライド式構造が可能	・キバン保持に別部品が必要	・防滴性、ブラケット取付に制約が有る	・ブラケット取付に制約が多い	・外装塗装必要・プレス→品質安定性 塗リ難 ・2次加工で、工程数大→量産性劣る。		
総 合 判 定		○	◎	×	×	×	×	×	○

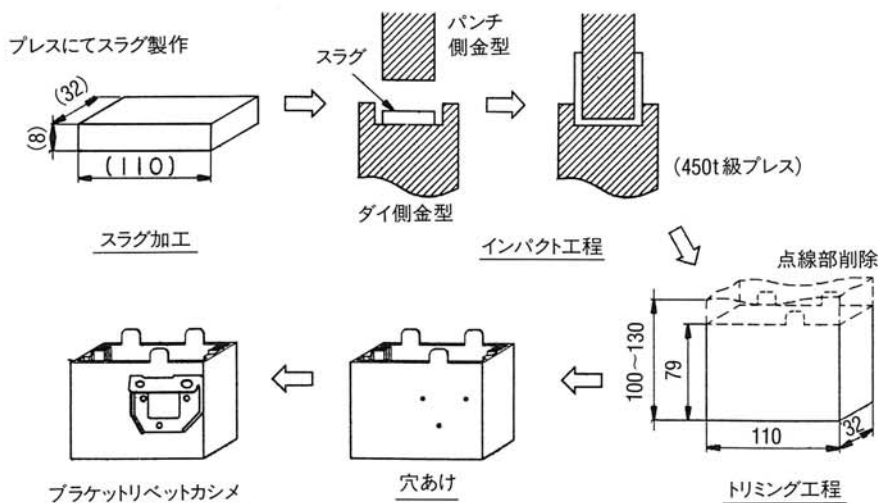


図-8 インパクト成形法

Fig-8 Impact extrusion

3. 2 回路設計

小型ECUの開発では、乗用車系6車種、ワゴン車系1車種の計7車種を統合する、入出力仕様と制御の標準化を図った。乗用車系とワゴン系の制御定数は、車両の相違点が大きく標準化が出来

ないため、制御定数を選択可能なハード構成とし、実装設計の標準化を図った。ADコンバータの5CHを使用し、5本の抵抗値の変更で10制御定数の50選択数を選択可能とした。

また、回路の見直しでは、フェールセーフ回路

のICに外部回路を取り込み、部品点数を25点削減した。

3. 3 アクチュエータ駆動ICの開発

ECUの容積を小型化するには、内部発熱の低減が必要である。ECUの内部発熱部品として、アクチュエータ駆動回路のドライバーICがある。従来、バイポーラICはアルミ放熱板とさらにカダイに取り付けられ、放熱板とカダイを通じて放熱していた。この放熱の方式では、バイポーラICの実装位置が固定され、実装設計の制約となる。

さらに、アクチュエータ駆動回路の電圧降下が大きいくほど、アクチュエータへの供給電圧が低下する。このため、システムの作動電圧の範囲が狭められる。

今回、小型ECUを開発するに当たり、株式会社東芝殿のご協力を得て、汎用性を考慮した上で、クルーズコントロールアクチュエータに適した駆動能力と、保護と診断の機能を備えたインテリジェントパワーMOS-ICとして、DCモータ用と電磁クラッチ用の2つのICを開発してきた。⁵⁾

DCモータ用ドライバーIC (TPD4001K) は、3AクラスのインテリジェントパワーMOSである。電磁クラッチ用ドライバーIC (TPD1014AS) は、通電時のオープン検出機能を持つ、インテリジェントパワーMOSである。ドライバー

ICの外観を図-9に示す。

今回のドライバーICの採用により、アクチュエータ駆動回路部の消費電力は、3.8Wから1.8Wとなり、放熱が不要で、実装制約の無い回路構成が可能となった。さらに、アクチュエータ駆動回路の電圧降下は、DCモータ駆動部で1.4V、電磁クラッチ駆動部で0.6V向上した。

また、故障検出回路をドライバーICに内蔵する事により、10点の部品削減が出来た。

3. 4 実装設計

実装密度および耐ノイズ性の向上のため、4層基板を採用し、GNDライン、電源ラインを低インピーダンスに抑えたため、実装位置の検討が必要な磁気コンデンサ等の部品が不要となり、部品点数削減も実現出来た。表-4は、従来品と開発品(4層基板とアルミインパクトケース)との、耐ノイズ性能の比較表である。

回路の見直し、および新規ICの開発で従来のECUに比べて部品点数は30%減の152点とし、両面表面実装を採用した。

4. お わ り に

以上のように、小型・軽量化したECUを、市場に供給することができた。今回の成果として、

- ①設計・評価工数の削減——標準化による基板種類の低減
- ②作動電圧の向上——ドライバー部の電圧降下低減によるシステム作動電圧の向上

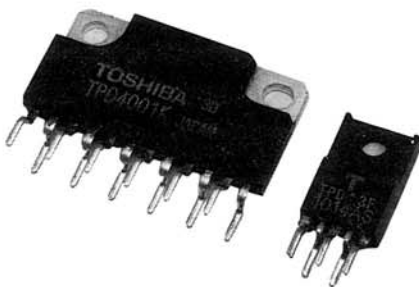


図-9 ドライバーIC
Fig.9 Driver IC

表-4 耐ノイズ性能比較

項 目		従 来 品	開 発 品
EMS		○	◎
EMI	伝導ノイズ	○	○
	輻射ノイズ	○	◎

③金属ケースのアルミインパクト成形による量産性の確保

④試作段階での耐ノイズ設計・評価工数の低減が、実現出来た。

今後も、さらにクルーズコントロールの走行快適性・利便性の向上を図り、性能・品質・コストすべてに、ユーザーニーズに最適なシステムとECUの開発を推進していく。

最後に、本ECUの開発に当たり、ご協力を頂いた株式会社東芝殿をはじめ、関係各位に対し、深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 寺谷他：“クルーズコントロールシステムの現状と将来”，自動車技術，Vol.46, No.2 (1992)
- 2) 原田：“クルーズコントロール”，TOYOTA Technical Review, Vol.43, No.1 (May 1993)
- 3) 岩本：技術のあゆみ，富士通テン技報特別号，(1993)
- 4) 赤堀他：“8ビットマイコン搭載定速走行装置”，富士通テン技報，Vol.4, No.2 (1986)
- 5) 東芝車載用ICカタログ：TPD4001K, TPD1014AS