

液晶表示素子を用いた電子同調ラジオ

Electronic Tuning Receiver Using Liquid Crystal Display

鳥居 毅 嗣⁽¹⁾ 岡本 芳 郎⁽²⁾ 笹川 貞 二⁽³⁾
Taketsugu Torii Yoshiro Okamoto Teiji Sasagawa

川口 望⁽⁴⁾ 寺 畑 純 一⁽⁵⁾
Nozomu Kawaguchi Junich Terahata

要 旨

当社では、トヨタ自動車[㈱]と共同して、1983年8月に車載用電子同調ラジオの表示用デバイスに液晶表示素子を用いた新製品を開発した。従来の車載用電子同調ラジオ等の表示デバイスには、車両特有の環境条件に合せ、蛍光表示管や発光ダイオードを用いていた。

しかるに、近年のカーオーディオは、高級化、多様化に加え、小型軽量化、低コスト化、高信頼性化の要請は一段と高まりつつあり、これらを解決する鍵の一つとして液晶表示素子の採用は、重要な課題であった。今回当社では、在来の液晶表示素子の弱点とされていた車室内条件下における温度特性、視野角、視認性、寿命等の特性を改善し、車載用として十分満足のできるものを開発した。

これら液晶表示素子は、今後のカーオーディオ等の表示デバイスの主流を占めるであろう。

In August 1983, Fujitsu TEN Limited jointly with Toyota Motor Corporation, developed a new electronic tuner with a liquid crystal display (LCD) for radio receivers. In the past, car radios used various systems including LEDs in tuning systems, but in recent years with the introduction of more advanced and greater variety of car audio systems, a demand has grown for more compact, lightweight and less expensive methods. To meet this demand, using LCDs has been one solution.

After studying fully on our technology accumulated in past years in developing and designing car audio equipment, we have successfully developed an advanced LCD system ideally suited for use in cars.

We expect our newly developed LCD electronic tuner to become the mainstay of car audio equipment of the future.

(1)~(2) トヨタ自動車株式会社

(3)~(5) 富士通テン[㈱]第一技術部

1. はじめに

車載用ラジオは、自動車産業の発展につれ、著しく急成長して来た。

現在では、ユーザのカーオーディオに対する関心度が高まるにつれ、自動車には不可欠な機能部品として重要な位置づけを占めるようになって来た。

この様な変革は、ニーズの多様化、高級化指向と相まって、主として半導体技術の急速な進歩にささえられ、実現したといえる。

この様な車載用ラジオの基本性能の一つである選局機能も、数年前までは、いわゆるメカ同調方式といわれる押釦同調器や、メカ同調方式を基にしたサーチ同調器であった。

しかし、放送波の過密化に伴い、受信性能の向上には、選局精度の向上が不可欠となり、更に操作性の向上等も含め、同調システムをマイコンを使用してコントロールする電子同調方式が、1970年代の後半頃より採用されだした。

この様な電子同調方式のラジオは、正確な同調が行えるとともに、多数のプリセットができ、しかも、周波数のデジタル表示が可能となるなど、車載用ラジオの、高級化、高品質化に大きく寄与した。

しかし、これら電子同調ラジオは、従来のメカ同調方式に比べコスト高となり、主に高級車種を対象に使用されていた。普及拡大のためには、電子同調ラジオ本来の優位性を損わずに、メカ同調方式と同等コストへの低減が、強く要望されてきた。

したがって、今回の新製品開発に際しては、これらの課題に対応すべく、両同調方式ラジオの、機能とコストを分析し、コストの主要部分を占める表示素子、制御用素子（マイコン等）の抜本的改善を開発の柱とした。

この結果、車両の環境条件に耐え、低電力で駆動可能な液晶表示素子の開発や、これに呼応して制御用素子類（プリスケアラ、PLL、コンローラ、表示ドライバ）を1チップにまとめたマイコンを開発し、低コスト、高品質化に加え、車載用には不可欠な小型、軽量、低消費電力化をも実現することができた。

以下に今回の新電子同調ラジオの開発に際し、導入した新技術の内、液晶表示素子、ならびに1チップマイコンを中心にその成果を紹介する。

2. 電子同調ラジオの概要

一般的な電子同調ラジオのブロックダイアグラムを図-1に示す。ラジオ受信経路、すなわち、アンテナに入力した信号（電波）は、高周波増幅→周波数変換→中間周波増幅→検波→復調→音質コントロール→パワーアンプを経て、スピーカより出力される。その過程は従来のメカ同調ラジオとなんら異なる点はない。ただ選局動作を電子的に行い、その制御および周波数表示を、マイコンおよび専用ICを用いて行っていることに特徴づけられる。

電子同調方式には、主に電圧シンセサイザとPLL (Phase Locked Loop) シンセサイザとがあるが、当社では後者を採用している。日本のラジオ放送は、AM局では522~1,611 kHzの範囲を9 kHz 間隔で、またFM局では76.0~90.0 MHzの範囲を100 kHz間隔で放送電波が割当てられている。

PLL シンセサイザは、こうした放送周波数の規則性を利用し、正確な同調ができるようにしたものである。PLL シンセサイザ回路の基本構成は、位相比較器、ロー・パス・フィルタ、電圧制御発振器（以下VCOという）、基準周波数発振器、およびプログラマブル分周器から構成されるサーボ・ループ（自動制御の一種）である。図-2

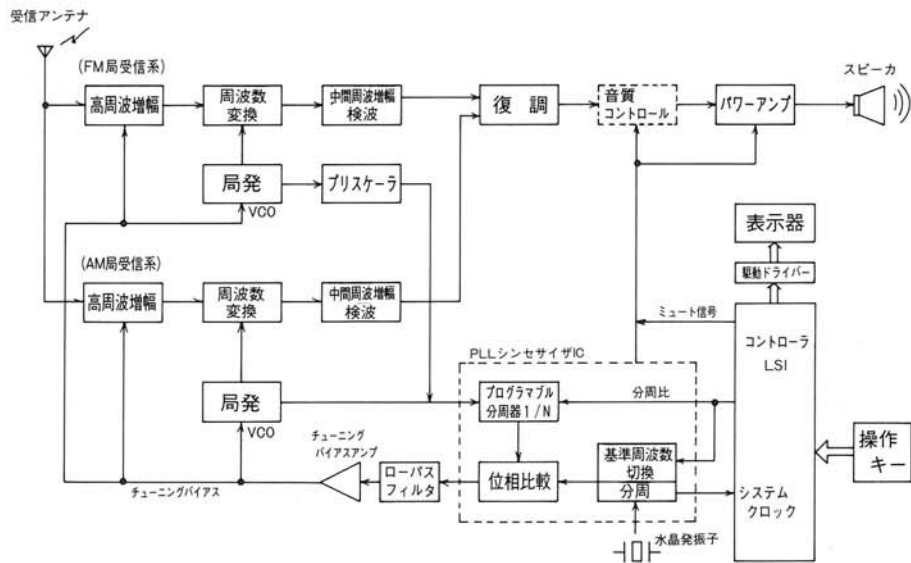


図-1 電子同調ラジオブロックダイアグラム
Fig. 1 Block diagram of electronic tuning radio.

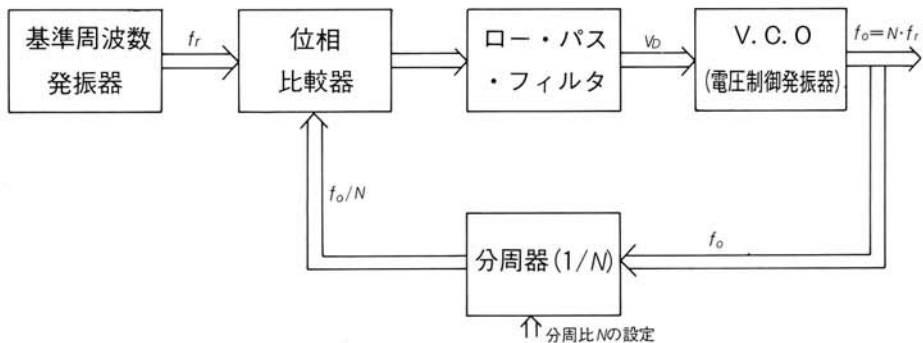


図-2 PLLシンセサイザの構成
Fig. 2 Composition of PLL synthesizer

にその構成を示す。今、基準周波数発振器の周波数を f_r 、VCOの周波数を f_o 、外部から設定された分周器の分周比を N とすると、VCOの出力 f_o が分周器で分周された周波数 f_o/N は、基準周波数 f_r にロックされ、次式が成立する。

$$f_o = N \cdot f_r \dots \dots \dots (1)$$

この f_o つまりVCOがメカ同調ラジオでは局部発振器に相当し、AMバンドの場合、受信周波数 f_D より中間周波数の450 kHz高い周波数で発振する。つまり希望する受信周波数より450 kHz高

い f_D となるように N 値を制御し希望局を受信する。

3. 開発のねらい

新電子同調ラジオ開発に当たっての主眼は、1章で述べたように、従来の電子同調ラジオの持つ機能、性能、高級感を損うことなく、低コスト、高品質化を実現することにおいた。これらねらいを達成するための主な開発方針として、構成部品点数の削減を主軸に、回路素子部品の高密度化、新

デバイスの採用をとりあげた。これらの具体的手段として、1)液晶表示素子の採用、2)電子同調回路の1チップIC化、3)回路のモジュール化、4)組立、調整、測定のFMS (Flexible Manufacturing System) 導入、等があげられる。

4. 液晶表示素子

4.1 液晶表示素子の概要

4.1.1 液晶表示素子とは

液晶表示素子 (Liquid Crystal Display Panel 以下LCDという) とは、液晶という見かけ上は流動性のある液体であり、電気的、光学的には結晶の性質を示す材料を用いた表示素子である。

LCDにはTN (Twisted Nematic) 型と、ゲストホスト型が、現在使用されており、一般的にはTN型が多用されている。TN型の特徴は、コントラスト及び温度特性に優れさらに、接続端子が少なくすむダイナミック駆動 (時分割駆動) が可能なことである。しかし視角特性を持っているため、鮮明に見える角度の範囲、すなわち視角が限定される。

一方、ゲストホスト型は、TN型に比べ視角は広いが、コントラスト、温度特性面で劣っており、さらにダイナミック駆動が困難なため、スタ

ティック駆動となり、接続端子が増加する。

そのため車載用としての条件、すなわち温度範囲、コントラストを重要視し、かつダイナミック駆動が可能なTN型LCDを開発対象とした。

4.1.2 LCDの構造

TN型LCDの構造は、図-3に示す様に、2枚のガラス基板の内側に夫々の表示部分を透明電極で対峙して形成させ、このガラス基板間に液晶が封入されている。

電極へ電圧を印加しない状態では、液晶の分子は上側 (表面側) と下側のガラス間で 90° ねじられて配向されている。またLCD本体部 (偏光板を除いたもの) は、2枚の偏光板でサンドイッチに挟込まれており、上下の偏光板の偏光軸が、直交する様に配置されている。

4.1.3 動作原理

動作原理を図-4に示す。

1) 非点灯時 (電圧OFF時)

上側偏光板を通過し、偏光された光は、 90° ねじられた液晶分子により、偏光方向が 90° 回転し、下側の偏光板を通過する。これによりLCDは透過して見える。

2) 点灯時 (電圧ON時)

電極に電圧を印加することにより、表示パターン部の液晶分子の配向は、上下方向となり、上側偏光板を通過し偏光された光は、そのまま、液晶を透過し、下側偏光板で遮断され、表示パターンが黒く見え、点灯状態となる。

4.1.4 LCDの駆動方式

LCDは交流信号で駆動され、その駆動方式には、スタティック駆動とダイナミック駆動がある。

スタティック駆動は図-5に示す駆動波形を印加し表示する方式で、各セグメント (最小単位の表示パターン) 毎に駆動波形を印加する必要がある。

この方式はダイナミック駆動に比べ、広い温度範囲で安定した表示品位を得る事が出来る。

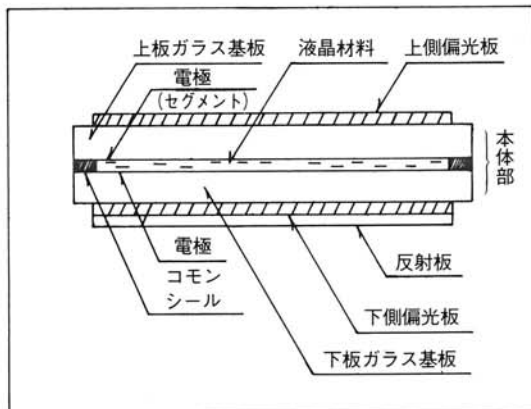


図-3 TN型 LCD 構造

Fig. 3 Construction of TN type L.C.D.

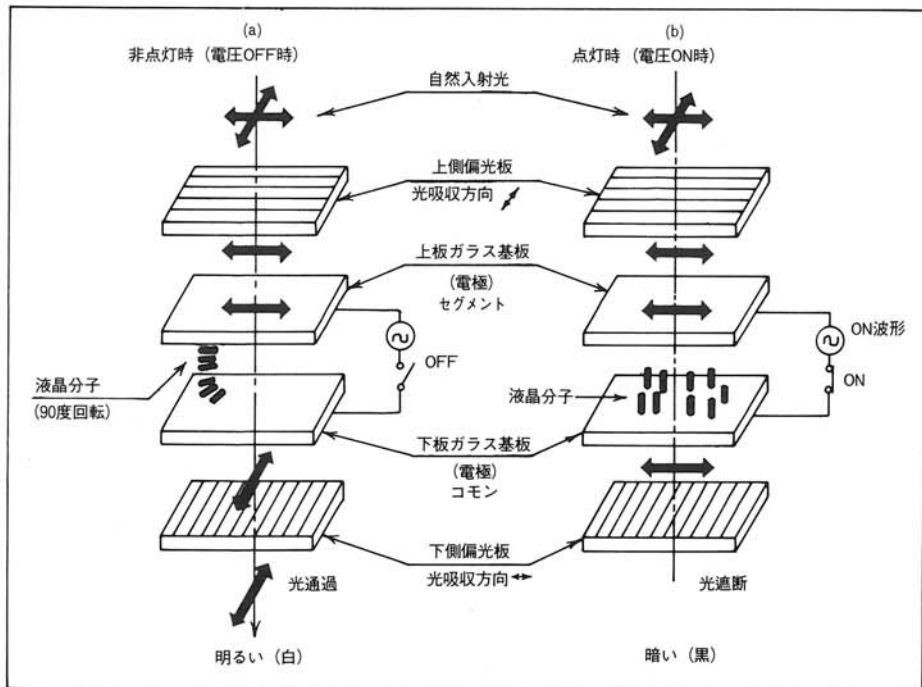


図-4 TN型 LCD 動作原理
Fig. 4 Principle of TN type L. C. D.

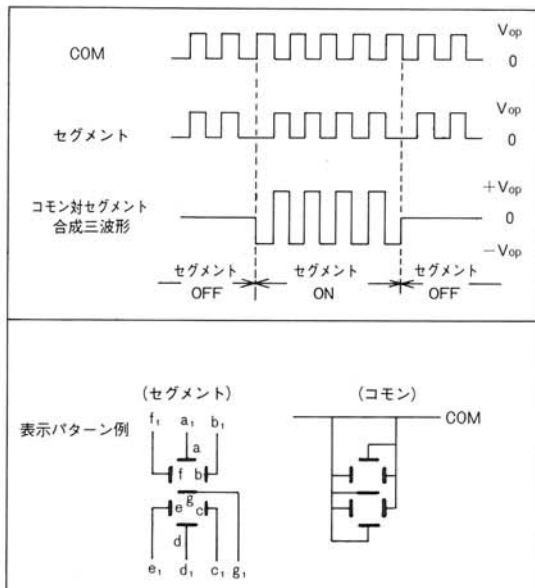


図-5 スタティック駆動波形
Fig. 5 Static driving wave form.

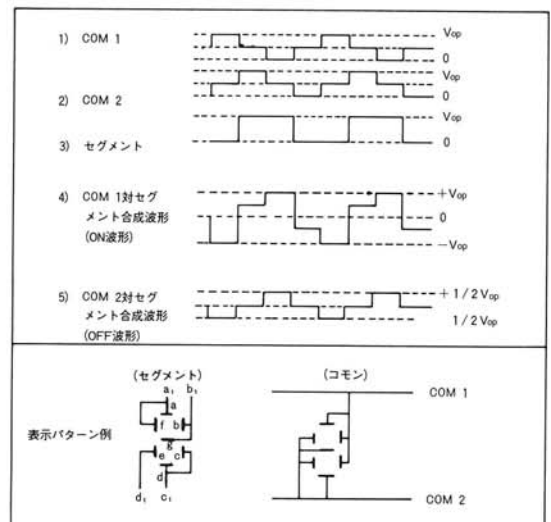


図-6 ダイナミック駆動波形
Fig. 6 Dynamic driving wave form.

表-1 表示素子の比較

比較項目	液晶表示素子	発光ダイオード	蛍光表示管
形 状			
コスト（周辺回路を含む）LCDを1としたコスト比	1	1 . 3	1 . 4
表示状態	黒色文字表示（夜間バック照明必要）	文字発光	文字発光
駆動、電流、電圧	約 4.8 μ A (5V)	約280mA 8V DC	約30mA 27V DC
	ダイナミック駆動可能、AC	←	←
視野範囲	上 25° 左右 40° 下 0°	条件なし	条件なし
駆動回路	コントローラーに内蔵可能	駆動回路外付	駆動回路外付 DC-DCコンバータ必要
特 徴	(1) 明るい場所では外部光で表示が鮮明に見える。 (2) 素子が薄く、スペースを取らない。 (3) 表示パターンを自由に作る事ができる。 (4) 安価な表示素子である。 (5) 消費電流が少い。 (6) 偏光サングラス使用時見にくくなる場合がある。	(1) 明るい場所では表示が見にくくなる。	(1) 明るい場所で表示が見にくくなる。 (LEDよりはよい)

ダイナミック駆動は、コモン電極を分割することにより、一つのセグメント駆動信号で時分割数（コモンの分割数）のセグメントを駆動する方式である。この方式によれば接続端子の大幅な削減と、接続部の信頼性を高めることが出来る。

しかし分割比を多くすることは、接続端子数を減らせる反面、温度範囲が狭くなり、コントラストが低下する傾向となる。この分割方式には種々あるが、今回開発したLCDには、最も基本的な駆動方式である $\frac{1}{2}$ デューティ $\frac{1}{2}$ バイアス（駆動電圧5V）を採用した。この駆動波形を図-6に示す。

表-2 車載用LCDの目標設定項目

項 目	
保存温度範囲	
使用温度範囲	
応 答 速 度	
視野範囲内コントラスト比	
寿 命	
信 頼 性	熱 衝 撃
	低温保存
	耐 候 性
	温 湿 度

（注）視野範囲は図-8参照

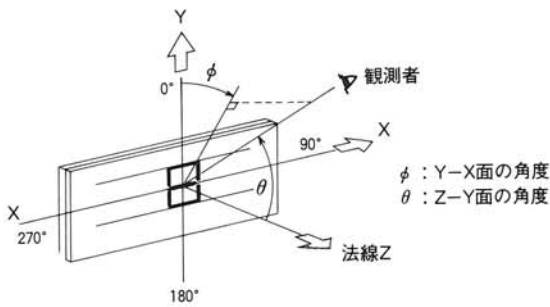


図-7 LCD 測定の視角定義

Fig. 7 Definition of measurement angle of L.C.D.

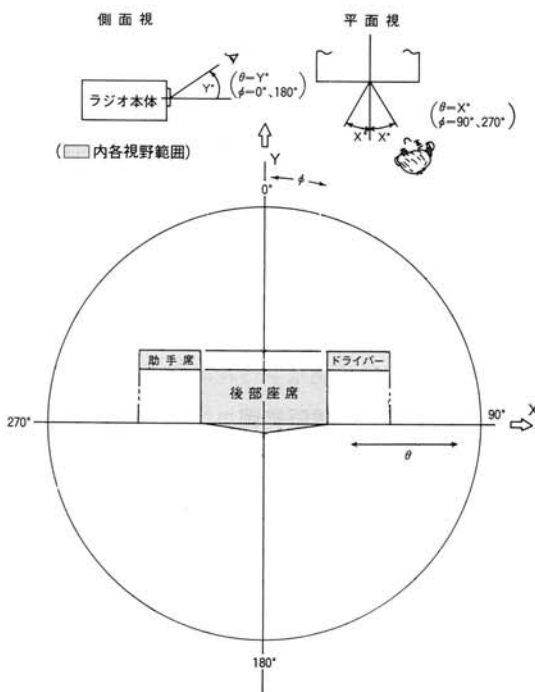


図-8 実装状態におけるラジオ表示の視野範囲

Fig. 8 Scope of visual field of receiver display as mounted.

4.2 LCD採用の問題点

LCDを電子同調ラジオの表示素子として用いることは、従来の表示素子（蛍光表示管、発光ダイオード）と比べ、表-1の様に多くの特徴を有する。これらの特徴を生かし、車載用として採用するためには、車両特有の環境条件における温度特性、視野範囲、寿命、信頼性等、解決しなければならない問題があった。

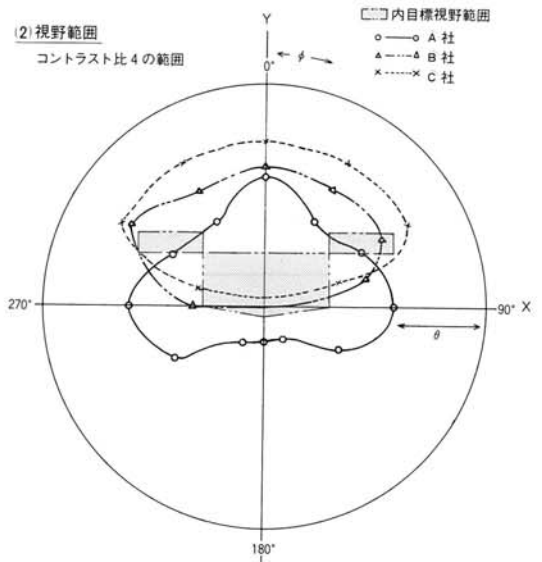


図-9 LCD 性能調査

Fig. 9 Performance study of L.C.D.

4.3 LCDの開発目標

LCDの性能目標は、車室内環境条件を基準に特に温度、湿度、視認性、寿命を重点に、表-2の項目について、目標を設定した。

(注) 図、表中、および以下本文中のLCD測定時の角度(ϕ、θ)は図-7視角の定義による。

4.4 現状のLCDの性能

現在、市場において工業用として使用されている広温度範囲、高信頼性といわれるLCDの性能について、その調査結果を図-9に示す。これにより温度範囲、コントラスト、寿命について大幅な改善が必要な事が判明した。

4.5 寿命の確保

LCDの寿命決定の因子としては、偏光板の変色、消費電流の増大、異常表示等があげられる。

LCD本体部と偏光板の一般的な予測寿命は、LCD本体部では、25°C 95%RHの条件で14年、60°C95%RHの条件で約5年であり、車載用として問題はないが、偏光板は高温高湿雰囲気下60°C 95%RHでも、約2000時間で変色が生じ、車載用

としては、使用不能である。このため、偏光板の寿命延長の対策を行った。

4. 5. 1 偏光板劣化のメカニズム

偏光板は図-10に示す様に、上下の基板(TAC)に挟まれて偏光膜(PVA)がある。

このTACに湿度が加わることで、加水分

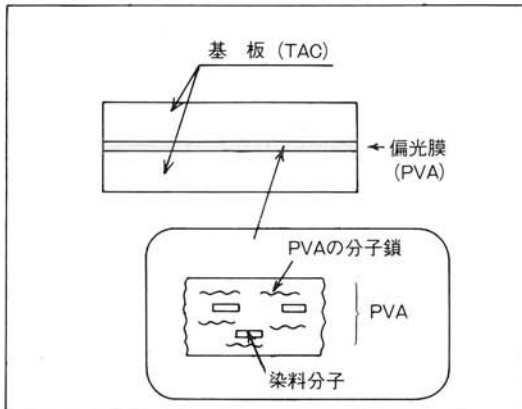


図-10 偏光板構造

Fig. 10 Construction of polarizing plate.

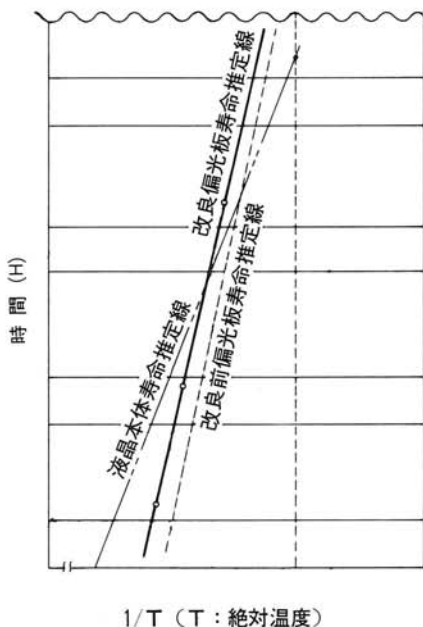


図-11 LCDの寿命推定

Fig. 11 Estimated life of L.C.D.

解を起し、酢酸ガス(CH_3COOH)が発生する。このガスが、偏光膜と反応する事により、変色が起る。

4. 5. 2 長寿命化への対応

LCDに用いられているガラスには、ナトリウムが含まれており、LCD内部にナトリウムが入ることによる消費電流の増大等の不具合発生を防止するためのコーティングをしている。

このコーティングを、偏光板貼付面のみ外すことにより、TACの加水分解により発生する酢酸ガスと、ガラス表面のナトリウムが結合し、中和され、偏光板の劣化を遅らせることが判明した。

そのため加工工程を変更し、偏光板貼付面の、コーティングを削除した。

この結果、目標として設定した条件による試験では異常は発生しなかった。これにより寿命の推定を行うと図-11に示す一線となり、車載用として十分使用可能なレベルに到達した。

4. 6 温度範囲と視野範囲コントラストの確保

TN型LCDの一般的性質として、使用温度範囲の広いLCDは視野範囲が狭く、逆に視野範囲の広いLCDでは、温度範囲が狭く、コントラストも低いという相反する特性を持っている。

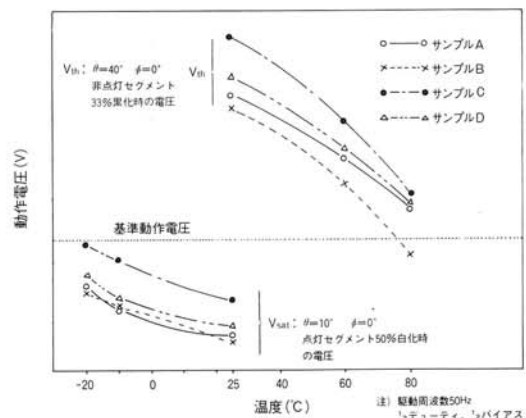


図-12 試作LCDの動作電圧の温度依存性

Fig. 12 Temperature dependence of operating voltage.

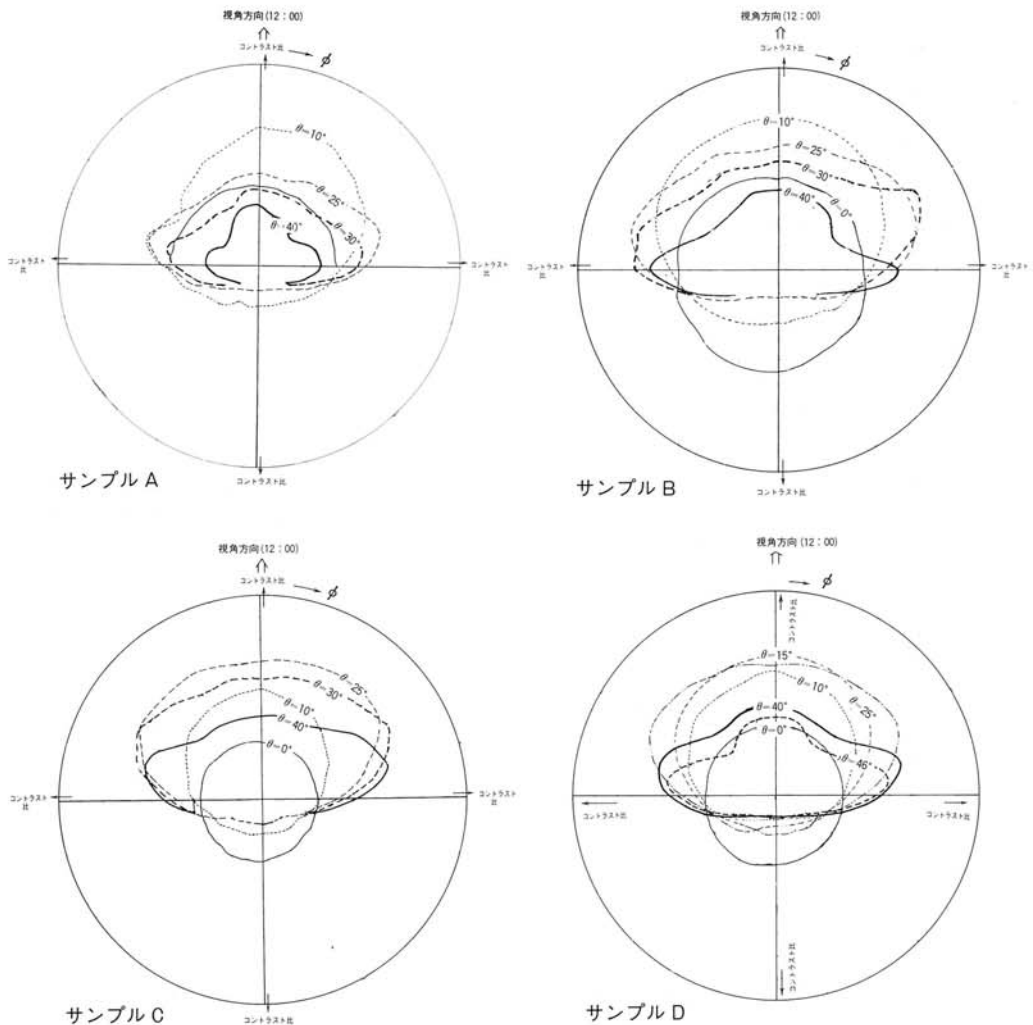


図-13 視角コントラスト比特性
Fig. 13 Visual angle-contrast ratios.

これらを同時に満足させ、広温度範囲、高コントラストの特性を得る全く新しい液晶材料の開発が、必要であった。そのため、視野範囲（図-8）および使用温度範囲の目標を達成すべく、新液晶材料の開発を行った。

開発段階で作ったLCDサンプルA～Dの動作電圧の温度依存性を図-12に、又、視角、コントラスト比特性を図-13に示す。

以上のデータにより、サンプルDの場合、すべての目標を達成する事が出来た。又、夜間の視認

性については、バック照明用ランプを2ケとし、導光板形状、反射板の透過率の調整により、十分な性能を確保する事が出来た。またバック照明用ランプをラジオON時常灯とする事により、薄暮での視認性も確保した。

このLCDをラジオへ組み込み、総合試験を行い、採用を決定した。

5. コントロールIC

5.1 コントロールICのワンチップ化

従来、電子同調回路の主要部分を構成する I C は、4 個の I C (プリスケラ、PLL シンセサイザ、コントローラ、表示ドライバー) で構成されていた。本機開発に当っては、低電圧電流駆動の LCD を採用することと、下記のねらいにより、電子同調回路に表示駆動回路をも包含した 1 チップコントロール I C を開発した。

- 1) 部品占有面積の低減
- 2) 部品数低減による高信頼性化
- 3) システムコストの低減
- 4) 加工工数の低減
- 5) 部品の汎用性の向上

このハードウェアに、機能及び操作性を決定するプログラムを入れ、本機のコントロール I C を完

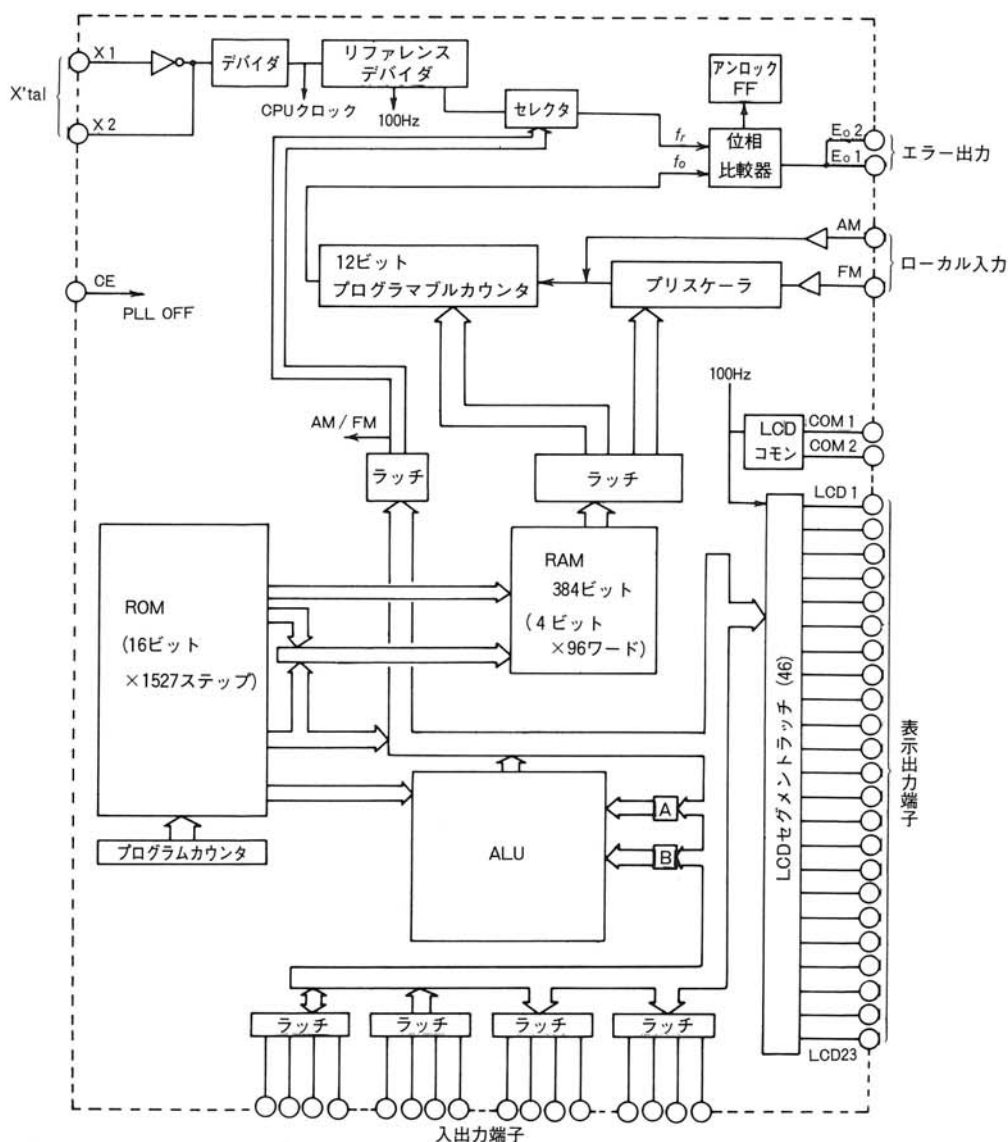


図-14 1 チップ I C 内部ブロックダイアグラム

Fig. 14 Block diagram of inside IC chip.

成させた。

示す。

5.2 ハードウェア

仕様は次の通りである。

本ICの内部ブロックダイアグラムを図-14に

1) 外形・構造 C-MOS

表-3 コントロールICの処理機能

大分類	機 能		備 考
	中 分 類	小 分 類	
選 局 機 能	自 動 選 局 (シーク)	up	スロー掃引 0.5秒の後 クイック掃引 LW 125ms. MW/FM 50ms.
		down	
	手 動 選 局 (マニュアル チューン)	up	" "
		down	
	間欠選局(スキャン)	upのみ	" "
	メ モ リ 選 局 (プリセット選局)	AM (MW/LW)	MW/LW ランダム 5局 max.
		FM	5局 max.
	最 終 受 信 局 (ラスト・チャンネル)	AM (MW/LW)	MW or LWのうち ラスト 1局
		FM	1局
時 計 機 能	イ ニ シ ャ ル		フラッシング (AM1:00/0:00) 修正実行までカウントなし
	カ ウ ン ト	方 式	12時間/24時間 受信地域と連動切替
	修 正	正 時 合 わ せ	ワン・ショット動作
		時 調	スロー掃引 0.5秒 クイック掃引 250ms.
		分 調	" "
表 示	デ バ イ ス		LCD TN型
	駆 動 方 式		1/2デューティ 1/2バイアス
	項 目		LM U AM PM FM SCAN 88:88 SK VF CH VF ST 8
	内 容	受 信 周 波 数	3 1/2桁
		時 計	内 部 切 替
出 力	L C D 表 示	コ モ ン 信 号	2本
		セグメント信号	23本
	P. D.		2本 (同一信号)
	MUTE		1本 アクティブ `H`
	バ ン ド 情 報	FM/AM	FM.....`H` MW/LW.....`L`
		MW/LW	MW.....`H` FM及びLW.....`L`
受 信 周 波 数	L W	一 般	155~281kHz 中間周波数+450kHz 9kHz セパレーション
	A M	米 国 I	530~1620 " " " " 10 " "
		日本、欧州、豪州	522~1611 " " " " 9 " "
		米 国 II	522~1620 " " " " " " "
	F M	日 本	76.0~90.0MHz " -10.7MHz 100 " "
		米 国	88.1~107.9 " " +10.7 " 200 " "
		豪 州	" " " " " 100 " "
		欧 州	87.5~108.0 " " " " 50 " "

表-4 LCD 信頼性試験結果

項 目	試験結果
熱 衝 撃 保 存 テ ス ト	○
温 度 サ イ ク ル 通 電 テ ス ト	○
振 動 耐 久 通 電 テ ス ト	○
低 温 保 存 テ ス ト	○
耐 候 性 テ ス ト	○
温 湿 度 保 存 テ ス ト	○

52ピン フラットパッケージ

2) 電源 +5V 単一電源

3) 消費電源 15mA (動作時)

0.3mA (スタンバイ時)

4) 内蔵機能 プリスケラ、LCDドライバ
PLLシンセサイザ、マイコン5) 表示駆動 LCDダイナミック駆動
($\frac{1}{2}$ デューティ $\frac{1}{2}$ バイアス)

6) ROM容量 16ビット×1527ステップ

7) RAM容量 4ビット×96ワード

8) 入出力端子 12端子

9) 分周方式 パルススワロ方式

10) 最大入力周波数 FM 150 MHz
AM 30 MHz

5.3 ソフトウェア

従来、メモリ容量の関係上、仕向地域別にICを開発し、選択使用していたが、ICの高集積化によりこれらの仕様を全て盛り込み、1品種で対応可能にした。今回開発したICの主要処理機能を表-3に示す。

電子同調ラジオとしての基本性能の他に

- 1) 最終プリセットチャンネル番号の表示
- 2) 調整用トラッキング周波数の自動初期設定

表-5 製品諸元

項 目	内 容	
	AMバンド	FMバンド
受信周波数 範 囲	522~1611kHz	76.0~90.0MHz
実 用 感 度	37dB/ μ V以下	20dB/ μ V以下
電 気 的 忠 実 度	100Hz: 0 $\pm$ 3dB 4kHz: -13 $\pm$ 5dB	100Hz: 0 $\pm$ 3dB 10kHz: -17 $\pm$ 5dB
自 動 同 調 動 作 感 度	D: 30 $\pm$ 5dB L: D+20 $\pm$ 5dB	D: 30 $\pm$ 5dB L: D+20 $\pm$ 5dB
C N 比	————	35 $\pm$ 5dB
MPXステ レオ感度	————	26dB/ μ V以下
最大出力	5.5watts $\times$ 4ch	
消費電流	1.8A (出力 0.5watt $\times$ 4ch)	
リ モ ー ト	ボリュウム、電源 リモートコントロール可能	
照 明	車両ディマースイッチ連動(表示部を除く)	
外 形 寸 法	(W)180 $\times$ (H)50 $\times$ (D)150(mm)	
重 量	965g	

(電源初投入時の動作)

- 3) 種々の製品仕様に対応させるための操作方式の2系統化(ラジオ電源、バンド切替、マニュアルチューン)がプログラムに組込まれていることが特徴である。

6. 成 果

本機の開発成果について次に述べる。

6.1 本機の特長

ラジオ本来の受信性能の向上は勿論であるが、特に在来機に比較し次の特長をもたせた。

- 1) 表示にLCDを採用
- 2) プリセット、シーク(自動掃引)鉤にゴムスイッチを採用
- 3) 鉤を大型化し操作性を向上
- 4) 操作部に夜間照明を採用し視認性を向上



図-15 液晶表示電子同調ラジオ外観

Fig. 15 Exterior view of liquid crystal display electronic tuning receiver.

5) メタリック調で高級感のある意匠

6. 2 LCD、コントロールIC

最重要項目であるLCDの温度特性、視認性、信頼性の確保、1チップ化ICを開発した。

1) LCDの温度特性

車載用ラジオとしての評価を、動作保証温度範囲で行った結果、視認性、表示及び動作の異常は認められなかった。

2) 視認性、視野角

採用決定したサンプル[※]D[※]のLCDを組込んだラジオを、車両へ正規状態に装着して評価した。評価は複数のパネラーにより、各座席位置について、夜間、昼間、薄暮等の各種条件で行ない、いずれも良好な結果を得た。

3) LCDの信頼性

表-4に示す項目を試験し、良好な結果が得られ、車載用としての環境条件に十分耐え得ることを確認した。

4) 1チップ化コントロールIC

本ICの開発により、デジタル制御部関係の、

部品占有面積の60%低減、部品点数の30%低減、部品コストの大巾低減が実現できた。

6. 3 その他

本機の開発目標である高品質、低コストを達成するため、前述した方策の他に、電気回路のモジュール化、及びFMS (Flexible Manufacturing System) による自動組立、自動調整、自動測定を実施した。

6. 4 諸 元

本機の諸元を表-5に、外観を図-15に示す。

7. む す び

今回開発した電子同調ラジオは、ここに紹介した内容や、種々の新技術を導入し、当初の開発目標を達成することが出来た。

今後、我々技術者は現状に留ることなく、ユーザニーズを先取りし、これに答える製品を開発していくため、高性能、高品質を目指すとともに、小型化、軽量化、低価格へより積極的に挑戦していく所存である。

終りに本機の開発に当り、絶大など協力を賜わ
った部品メーカーの関係各位をはじめ、的確など指

示を賜わったトヨタ自動車関係各位に紙面を借
りて、厚く御礼を申し上げます。