

## 高速STNの新駆動法

### - SAT (Sequency Addressing Technique)

桑田 武志 T. N. Ruckmongathan\* 大西 孝宣 澤原 聡\*\* 高 英昌 中川 豊

エイ・ジー・テクノロジー (株) 電子商品開発センター 横浜市神奈川区羽沢町1160

• 旭硝子 (株) 中央研究所 横浜市神奈川区羽沢町1150

\*\* オプトレックス (株) 東京都文京区湯島3-14-9

#### あらまし

高速応答STNのフレーム応答現象を抑制できる新しい駆動方法-複数ライン同時選択法を提案する。

同時選択ライン数を最適化することによりハードウェアの低減が可能である。また、サイクルモジュレーションにより8~16階調表示が比較的少ないハードウェアで実現できる。

多くの階調レベルが実現でき、フリッカが無く、階調間の応答が早い振幅変調方法も併せて提案する。

和文キーワード LCD, 駆動

#### A New Addressing Technique for Fast Responding STN LCDs

#### - SAT (Sequency Addressing Technique)

T. Kuwata, T. N. Ruckmongathan\*, T. Ohnishi, S. Ihara\*\*, H. Koh, Y. Nakagawa

A G TECHNOLOGY Co., Ltd. Electronic Products R&D Center 1160, Hazawa-cho, Kanagawa-ku, Yokohama-shi

\* ASAHI GLASS Co., Ltd. Research Center 1150, Hazawa-cho, Kanagawa-ku, Yokohama-shi

\*\* OPTREX Co., Ltd 3-14-9, Yushima, Bunkyo-ku, Tokyo

#### Abstract

A New addressing technique with a high address duty ratio for obtaining high contrast ratio and some number of gray shades in RMS responding matrix LCDs ; especially the fast responding STN LCDs is presented.

A new method for displaying a large number of gray shades without any flicker in RMS responding LCDs in combination with this New addressing technique is proposed.

はじめに

単純マトリクス型LCDは、STNの技術によって大容量の表示を比較的高画質に実現できるため、ワープロやノートパソコン等のOA用途に広く用いられている。しかし、TFTと比べて応答時間、階調表示性能それに表示の均一性等に問題があると考えられている。これらの技術課題に対しては、セル・パラメータの改良と共に、駆動方法からのアプローチも重要である。われわれは、高速応答STNに適した複数ライン同時選択法 - M L S (Multi Line Selection Technique) と多階調表示可能な振幅変調駆動法 - A M (Amplitude Modulation) を提案し、フルカラービデオ表示高速STNへの可能性を探る。

### 高速STNにおける“フレーム応答”

基本的に、液晶は印加電圧の実効値に対して応答する。しかしながら、選択パルスの周期がその液晶セルの応答時間に近くなってくると、印加パルスに対するピーク値応答的な性格も現れてくる。従来の線順次駆動波形(APT, IAPT波形[1,2])では、画素に印加される電圧振幅は、選択時には比較的大きく、非選択時には比較的小さな電圧が用いられる。また、選択波形の周期は、デューティ比が $1/N$ のため比較的長い。以上の理由から、フレーム応答と呼ばれる現象がおきる。それは、選択パルスの振幅が大きいためOFF時の透過率が上昇し、選択パルスの周期が長いためON時の透過率が減少し、結果としてコントラスト比の低下を引き起こす現象である[7]。これを解決するため、フレーム周波数を高くして、選択パルスの周期を短くすることによりフレーム応答を抑制することが知られている。しかしながら、フレーム周波数を増すことは、印加波形の周波数スペクトルを高周波化することになり、表示の不均一化を引き起こす一因となる。また、選択パルス幅も狭くなるのでフレーム周波数の上限にも制限がでてくる。また、バイアス比を大きくして選択パルスの振幅を下げることも、フレーム応答の抑制には役立つが、最適バイアス値からずれるため選択比 $V_{on}/V_{off}$ が低下しコントラ

Alt and Pleshko [1]によると

選択比  $V_{on}/V_{off}$  は  $V_r = \sqrt{N} V_c$  のとき最大値を取り

$$V_{on}/V_{off} = \sqrt{\frac{\sqrt{N+1}}{\sqrt{N-1}}} \quad (1)$$

である。ここで、Nは駆動される行電極の数、 $V_r$ 、 $V_c$ はそれぞれ行電極、列電極に印加される駆動波形の振幅電圧値である。

### 駆動方法の改良

表示品位を損なわずにフレーム応答の抑制を実現するためには、駆動方法の改良が重要な役割を果たす。従来から知られているAPT[1]やIAPT[2]の駆動法の場合は、1行ずつ行電極を選択していく線順次駆動である。

ここでもし、複数の行電極を同時に選択し駆動できれば、選択パルス幅を一定に保ったまま選択パルスの周期を短くすることができる。また、選択パルスの振幅も下げることが可能となるはずである。しかし、ただ単に選択パルス幅だけを大きくして走査したのでは縦方向の画素の解像度が劣化するため好ましくない。複数ラインを同時に選択し、かつ縦方向の画素が独立に制御できる、新しい駆動方法が必要とされる。

複数ラインを同時に選択しかつ独立に制御する駆動方法は、1979年 インドのラマン研究所のN.V.Madhusudanaらにより最初に提案された[3]。これは Binary Addressing Technique (BAT) と呼ばれる方法で、全ての行電極を同時に選択する全ライン同時選択法を採用し、ハードウェアの簡略化のため、行電極波形、列電極波形共すべて2値の電圧レベルに制限されて駆動されている。

全ライン同時選択法に続き、行電極を複数個のサブグループにわけて3値の電圧レベルで複数ラインを選択・走査していく、複数ライン同時選択法の概念が、1983年にラマン研究所のT.N.Ruckmongathanらによって提案されたが、列電圧レベルは2値に制限されていた[4]。これは Hybrid Addressing Technique (HAT) と呼ばれている。BAT、HAT共に列電圧レベルが2値に制限されているため、選択比 $V_{on}/V_{off}$ は式(1)で表される値より小さくなる。

選択比  $V_{on} / V_{off}$  が、式 (1) で表される値を取ることが可能な複数ライン同時選択法 Improved Hybrid Addressing Technique (IHAT) は 1988年にラマン研究所の T.N.Ruckmongathan により提案され高データ駆動可能な一般的な駆動方法に改良された[5]。IHATは、選択比に何ら影響を与えずに、選択パルス幅を一定に保ったまま選択パルスの周期を短くすることができ、また、選択パルスの振幅も下げることが可能となるため、フレーム応答の抑制に効果がある。そのため、高コントラスト比で表示の均一性に優れた駆動が比較的低い駆動電圧で実現できる。しかし、従来の駆動法と比べて、表示を完了するために必要なシーケンス長が長い為、フレーム変調の様な階調表示方法を適用するにはフリッカ発生の原因となって適さない。そこで、この問題を解決するための新しい駆動法を提案した。

### SAT

単純マトリクスを駆動する上で、行選択波形を形成するために直交関数を用いられることはよく知られている[6]。従来の線順次駆動では直交な方形波の集合が用いられ、IHATでは図1に示す様な Rademacher 関数を用いて行電圧波形を形成しライン同時選択を行う。列電圧波形は、表示データを、行選択パターンで直交変換して得られるが、Rademacher 関数では列の数が  $2^L$  個あり、この  $2^L$  個の行選択パターンすべてを用いて一つの表示シーケンスが完了する。SAT (Sequency Addressing Technique) では直交関数として Hadamard 関数を用いることによって、シーケンス長を短縮できる。図2に Hadamard 関数の例を示す。列の数は  $2L$  となって短縮の割合は  $L$  が大きくなるほど顕著である。

### EXAMPLE: RADEMACHER FUNCTION L=4 (IHAT)

+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-
+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-

No. of COLUMNS =  $2^L = 16$  (D.C. FREE)

### EXAMPLE: HADAMARD MATRIX L=4

(SAT)

+	+	+	+	-	-	-	-
+	-	+	-	-	-	+	+
+	+	-	-	-	-	+	+
+	-	+	-	+	+	-	-

No. of COLUMNS =  $2L = 8$  (D.C. FREE)

図2 SAT の行選択パターン

ここで、SATによる駆動方法の詳細について説明する。N本の行電極をL本ずつの  $N/L$  個のサブグループに分割する。まず、1つのサブグループを図2に示す行列の1つの列に対応する電圧で選択する。行選択電圧は、+に対応して  $+V_r$ 、-に対応して  $-V_r$  を印加する。列電圧は以下の様にして作られる。選択されたサブグループ上の表示データ (ON、OFF) はそれぞれロジック1、ロジック0に対応して行選択パターン (+、- はそれぞれロジック1、ロジック0に対応) とビット毎に EX-ORゲートで比較して、ミスマッチの数をかぞえこれを  $i$  とする。  $i$  は0からLまでの値を取る。列電圧  $V_i$  は、

$$V_i = ((L - 2i) / L) V_c \quad (2)$$

ここで、 $V_c$  は列電圧の最大振幅である。選択比は、

$$V_r = (\sqrt{N} / L) V_c \quad (3)$$

のとき最大となりその値は、

$$V_{on} / V_{off} = \frac{\sqrt{N+1}}{\sqrt{N-1}} \quad (4)$$

で、従来駆動法におけるそれと同じ値をとる。

続いて別のサブグループの選択に移り、走査を行う。1つのサブグループについて、全ての行選択パターンによる直交変換を行い、1つの表示シーケンスが完了する。

### Lの最適化

フレーム応答の抑制の観点から、Lの選択、すなわち同時選択ライン数をいくつに取るかは

ューティ比は  $1/N$  であるが、S A T では  $L/N$  となり、同一選択パルス幅で比較すると選択パルスの周期が  $1/L$  に削減されるため、より大きな  $L$  が望ましい。しかし、列電圧を発生させるハードウェア (E X - O R および Adder) の複雑性の点からは、フレーム応答が効果的に抑制できる最小の  $L$  にすることが望ましい。一方列電極ドライバの点からは、列電圧波形のレベル数は  $L+1$  で、 $L$  と共に増加するため、やはり、フレーム応答が効果的に抑制できる最小の  $L$  にすることが望ましい。 $L$  の選択は液晶素子の応答時間に依存する。

表 1 に、行選択時間が  $20 \mu S$  と  $40 \mu S$  のときの、様々な  $L$  の値に対するコントラスト比と EFFICIENCY を示す。EFFICIENCY は  $CR_L / CR_{\text{row}} \times 100$  で数値化され、 $CR_L$  は、同時選択本数が  $L$  本のときのコントラスト比、 $CR_{\text{row}}$  は、同じ選択比の方形波を用いて駆動したときのコントラスト比を表す。この表から明らかなように  $L=7$  でかなりの高コントラスト比が達成されている。ハードウェアの複雑性は、 $L=240$  すなわち全ライン同時選択法と比べて、 $L=7$  の同時選択法のときが遙かに有利である。この様にして、S A T を用いて高速応答液晶を駆動するのに最適な  $L$  の値を選ぶことができた。

表 1 S A T の  $L$  によるフレーム応答の変化

L	CONTRAST RATIO		EFFICIENCY	
	20 $\mu S$	40 $\mu S$	20 $\mu S$ (%)	40 $\mu S$ (%)
1	25	7	38	10
3	49	29	75	43
7	59	50	91	75
15	58	48	89	72
31	52	38	80	57
63	57	48	88	72
127	55	46	85	69
240	61	52	94	78

S A T は行選択パターン以外は I H A T と同じである。1つの表示シーケンスを完了するのに要する長さを、交流化も含めて比較すると、

従来駆動法では  $2N$

I H A T では  $2^L (N/L)$

S A T では  $2 \cdot 2^L (N/L) \geq 2N$

(ここで  $2^{L-1} < L \leq 2^L$ )

となり、S A T は従来駆動法とほぼ等しいことが分かる。

### 階調表示

L C D の階調表示方法として、通常、パルス幅変調 (P W M) とフレーム変調 (F M) が用いられている。パルス幅変調は駆動波形の高周波成分が増加するため、波形歪による表示の不均一性が深刻な問題となる。

### C M - S A T

フレーム変調の考え方を S A T に拡張したものを Cycle Modulation - S A T (C M - S A T) と呼び、8 ~ 16 階調の表示が比較的少ないフリッカで可能となった。図 3 に C M - S A T の 8 階調表示のときの、電気光学特性の例を示す。

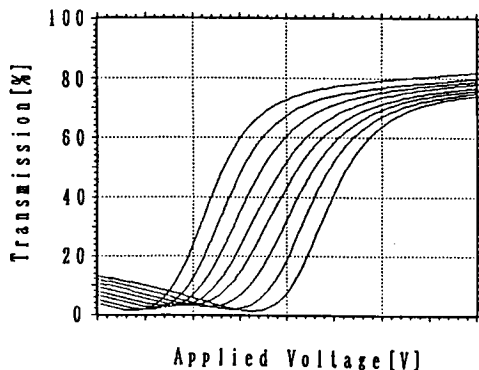


図 3 C M - S A T の電気光学特性

さらに多くの階調数を実現するため、列電圧波形の振幅を制御する 振幅変調方式 (A M) について以下に述べる。

### A M - A P T

まず、振幅変調法を従来の駆動法に適用した A M - A P T について説明する。

従来の駆動方法 (A P T) において画素に印加される実効電圧は以下になる。

$$V = \sqrt{\frac{(V_r \pm V_c)^2 + (N-1) V_c^2}{N}} \quad (5)$$

ここで、 $V_r$ 、 $V_c$  はそれぞれ行電圧、列電圧の振幅である。列電圧の振幅は常に一定であり、表示データに応じてただその極性が変わるだけである。もし、列電圧がある1つの画素の階調の程度に対応して  $k V_c$  になると、その画素に印加される実効電圧は以下になる。

$$V = \sqrt{\frac{(V_r - k V_c)^2 + (N-1) V_c^2}{N}} \quad (6)$$

ここで  $k$  は、 $-1 \leq k \leq 1$

しかし、同じ列電極上の他の画素に印加される実効電圧は以下になる。

$$V = \sqrt{\frac{(V_r \pm V_c)^2 + (k V_c)^2 + (N-2) V_c^2}{N}} \quad (7)$$

上の結果から分かるように、ある1つの画素の実効電圧を変えると、同じ列電極上の全ての画素の実効電圧も変化してしまう。これは好ましくないことであり、非選択期間中に画素に印加される実効電圧は表示パターンに依存せず、常に一定でなければならない。これを解決するために、列電圧として、

ある選択期間は  $(k + \sqrt{1-k^2}) V_c$   
 別の選択期間には  $(k - \sqrt{1-k^2}) V_c$   
 を印加する。すべての画素に対して上の列電圧を印加すると、任意の画素の実効電圧は、以下のようになる。

$$V = \sqrt{\frac{V_r^2 - 2k V_r V_c + V_c^2 + (N-1) V_c^2}{N}} \quad (8)$$

上の式から、同じ列電極上の他の画素の実効電圧に影響を与えない、すなわち、非選択期間中に画素に印加される実効電圧が表示パターンに依存しない、新たな振幅変調による階調駆動方法が得られたことが分かる。

選択比は、

$$V_r = (\sqrt{N}/L) V_c \quad (9)$$

のとき最大となりその値は、

$$V_{on} / V_{off} = \sqrt{\frac{\sqrt{N+1}}{\sqrt{N-1}}} \quad (10)$$

で、従来の駆動法におけるそれと同じ値をとる。列電圧の振幅は表示画素の階調レベルに対応した値を取り、その範囲は、 $\pm \sqrt{2} V_c$  である。ここで、 $V_c$  は、画素を ON、OFF の2階調で駆動するときの列電極の振幅に等しい。

AM-A P T の駆動波形を図4に示す。

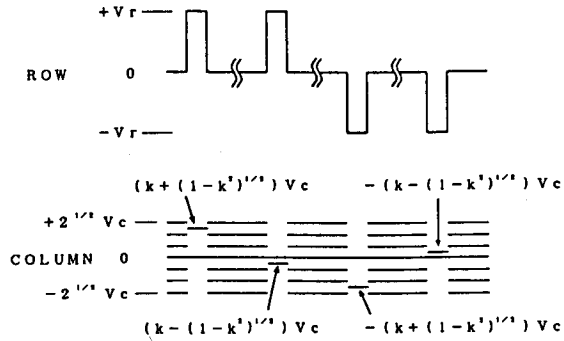


図4 AM-A P T の駆動波形

A P T のときと同じように、行波形と列波形を極性反転するたびに  $(\sqrt{N} - \sqrt{2}) V_c$  だけシフトして、供給電圧を低減することも可能である。

#### AM-S A T

直交性を持つ行選択波形を用いて液晶マトリクスを走査しているため、Parseval の定理を適用して振幅変調が可能となる。これを S A T に拡張することにより、高速 S T N を用いてフリッカのない多く階調レベルを実現することが可能となる。図5に AM-S A T の画素両端への印加波形の写真を示す。図6に透過率と  $k$  との関係を示す。  $k$  が  $-1$  のとき ON、  $1$  のとき OFF となる。

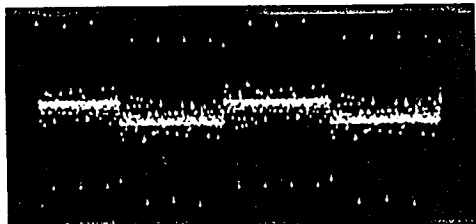


図5 AM-SATの画素両端への印加波形

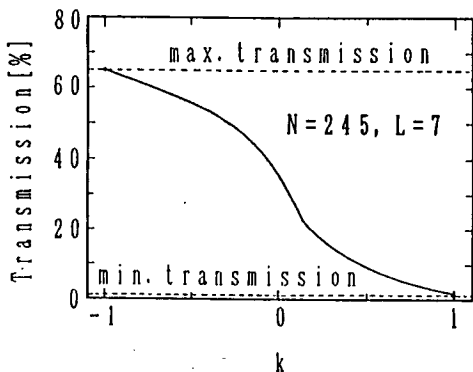


図6 AM-SATの透過率 対 k

表2に、AM-SATで高速STNを駆動したときの、8個の階調レベル間の応答時間を示す。右上の3角形の部分は立ち上がり時間を、左下の3角形の部分は立ち下がり時間を表している。ある階調レベルから他の階調レベルへの変化に要する時間は50msから115msの範囲にあり、ほぼ2倍に入っている。これは、アクティブマトリクスにおける3~4倍より小さな値である。

表2 AM-SATの階調間の応答時間

	0	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	1
0	-	97	109	111	115	108	95	66
1/7	57	-	99	103	105	99	85	61
2/7	54	88	-	85	97	94	80	56
3/7	51	84	83	-	100	94	82	58
4/7	52	84	92	104	-	101	79	53
5/7	56	88	98	106	113	-	57	48
6/7	55	84	95	102	102	75	-	51
1	60	86	97	104	101	90	82	-

振幅変調法をIHATに拡張することも可能である。階調を発生させるのに2サイクルあればよいから、表示を完了するために必要なシーケンス長が長いことはさほど問題にならない。

列電圧波形は多くの電圧レベルを必要とするが、D/AコンバータとアナログTFTドライバを用いて構成することができる。

#### おわりに

高速応答STNを高コントラストに駆動できる新駆動法SATを提案した。同時選択ライン数を最適化することによりハードウェア低減が可能である。サイクルモジュレーションCM-SATにより8~16階調表示が比較的少ないハードウェアで実現できる。

振幅変調法AMは、いろいろな駆動方法(APT、IAPT、IHAT、SAT、...)と組み合わせることが可能で、多くの階調レベルが実現でき、フリッカが無く、階調間の応答が早いという利点を持っている。

#### 文献

- [1] P.M.Alt and P.Pleshko, IEEE trns.ED, vol.ED-21,pp 146-155,1974.
- [2] H.Kawakami, Y.Nagae and E.Kaneko, SID-IEEE Record of Biennial Display Conf., pp 50-52,1976.
- [3] N.V.Madhusudana & T.N.Ruckmongathan, Proc.ofInt.Liquid Crystals Conf.,Bangalore 1979, edited by S.Chandrasekhar, Heyden, London pp 499-503,1980.
- [4] T.N.Ruckmongathan & N.V.Madhusudana, Proc. of the SID Vol.24/3,pp 259-262,1983.
- [5] T.N.Ruckmongathan, 1988 IDRC,pp 80-85,1988.
- [6] J.Nehrig and A.R.Kmetz,IEEE Trans.ED, Vol.ED-26 No.5 pp 795-802,1979.
- [7] S.Ihara et al., SID 92 Digest pp 232-235,1992.