

奥村 治彦
H. Okumura伊藤 剛
G. Itoh

近年、携帯機器では、電池駆動の長時間化のため、LCD（液晶ディスプレイ）モジュールの低消費電力化が求められている。ここでは、TFT（薄膜トランジスタ）-LCDの駆動部分の消費電力を1/2以下に低減できる駆動法として、マルチフィールド駆動法（MFD）を提案し、その効果を9.5インチ TFT-LCDモジュールを用いて実証した結果について述べる。

この駆動法は、大部分の表示画像が文字やテキストなどの静止画とマウスやスクロール画像などが準動画であることに着目し、1画素を構成する TFT スイッチと画素容量をダイナミックメモリに見立て、画面の部分的な書換えにより、駆動周波数を下げ、周波数に依存する動的な消費電力を低減するものである。消費電力と LCD 特有のフリッカについて、実際の LCD モジュールを用いて理論計算と実験結果の比較を行い、ほぼ一致する結果を得た。

Recently, liquid-crystal display (LCD) modules with low power consumption have been in demand for portable equipment in order to conserve battery life. In this paper, a multifield driving technology (MFD) that enables power consumption to be reduced to less than half that of conventional technologies is proposed, and its application to a 9.5-inch thin-film transistor LCD (TFT-LCD) module is described.

In MFD, taking advantage of the fact that most displayed images are still images such as characters and text, and semi-moving images such as the mouse pointer and scrolled images, dynamic power consumption with dependence on the driving frequency is reduced by the partial refreshment of display images and by decreasing the driving frequency, taking a pixel consisting of a TFT switch and capacitor as a dynamic memory. With regard to power consumption and flicker, a comparison was made between theoretical and experimental results.

1 まえがき

近年、TFT-LCD 駆動回路モジュールは、駆動電圧が下げられる各種の低電圧駆動法^{(1),(2),(3)}によって、低消費電力化が進められている。しかしながら、これらの駆動法を用いても、携帯型でバッテリー駆動のパソコンには十分な特性が得られていないため、さらなる低消費電力化が望まれている。

そこで、表示画像の大部分が静止画や準動画であるにもかかわらず、画面の書換え周波数が 60 Hz と一定であるために、無駄な電力を消費している問題点に着目し、静止画のときは、画面の書換え周波数を 1/3 以下と大幅に下げることにより低消費電力化が可能な駆動法の MFD を開発した。

2 消費電力の要因解析

モジュール回路全体の消費電力 (TPC) は、図 1 に示すように、階調信号を作る抵抗やオペアンプ回路のバイアス電流のようにつねに一定の電力が消費され、抵抗 R で表されている静的消費電力 (SPC) と CMOS のデジタル回路のように変

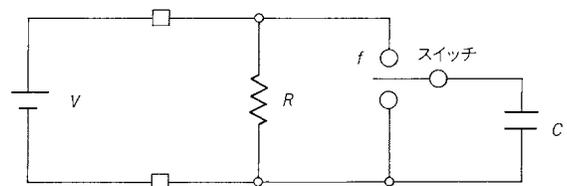


図 1. 消費電力の要因分解 消費電力は、抵抗 R で表された静的消費電力と容量 C と駆動周波数 f で表された動的消費電力に分けられる。

Component power consumption diagram

化したときだけ電力が消費され、容量 C と駆動周波数 f で表されている動的消費電力 (DPC) に分けられ、それぞれ、電源電圧および信号電圧を V とすると、(1)式のように表される。

$$\begin{aligned} TPC &= DPC + SPC \\ &= CV^2f + V^2/R \\ &= Af + B \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 A 、 B ：定数

次に、 DPC と SPC の割合をそれぞれ測定した結果、ほぼ

DPC : SPC = 3 : 1 となり、TPC への寄与率が DPC のほうが大幅に大きいことがわかった。したがって、TPC を低減するためには、DPC を低減すること、つまり(1)式から容量 C 、電圧 V 、駆動周波数 f のうち、少なくとも一つを小さくすることが特に有効であることがわかった。しかし、容量 C と電圧 V は基本的に回路のプロセス技術や液晶材料などの材料特性に依存するもので、駆動 IC や液晶が決まってしまうと駆動システムとしては変更できないパラメータである。また、駆動周波数 f は画面の書換え周波数に依存し、従来は駆動周波数を下げると、画面の書換えによって生ずる画面のちらつき(フリッカ)の周波数も下がるため、フリッカが視覚されやすくなり、十分な画質が得られなかった。

そこで、当社では、フレーム画像をインタレース化された複数のサブフィールド画像に分割して走査することにより、画面の書換え周波数を下げても、フリッカ周波数が下がらない新しい駆動法の MFD を提案し、この問題点を解決した。

3 MFD の原理

3.1 走査法とフリッカ補償原理

MFD の原理を 1 フレーム画像を三つのサブフィールド画像に分けた場合を例にとって図 2 に示す。

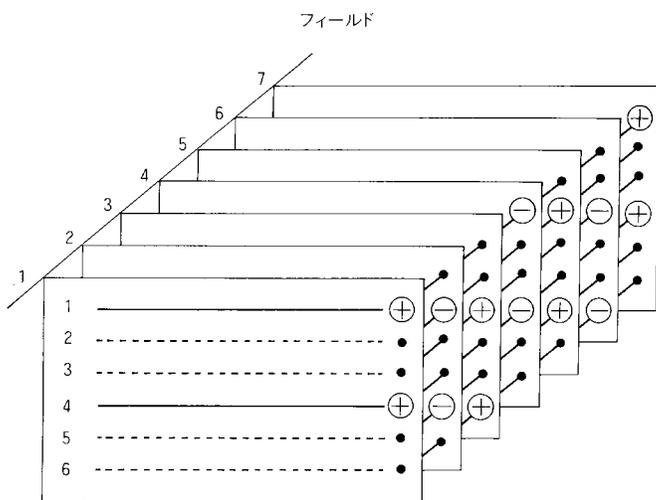


図 2. MFD の原理 この駆動法では、1 フレームの表示データを三つのサブフィールドに分解して走査する。

Principle of MFD

まず、第 1 フィールドでは、図中の走査線番号 1、4 で示した全フレーム画像の 1/3 に相当するインタレース画像(サブフィールド画像)を正極性で書き換える。次に、第 2 フィールドでは、図中走査線番号 2、5 で示したサブフィールド画像を負極性で書き換える。さらに、第 3 フィールドでは、図中走査線番号 3、6 で示したサブフィールド画像を正極性で書き換え

る。そして第 4 から第 6 フィールドでは、第 1 から第 3 フィールドでそれぞれ書き換えた同じサブフィールド画像を逆極性で書き換える。

このように画像の書換えを行うと図 3 に示すように三つのサブフィールドのフリッカの位相が異なるために、書換え周波数が 1/3 に下がったにもかかわらず、平均のフリッカの周波数は下がらない。

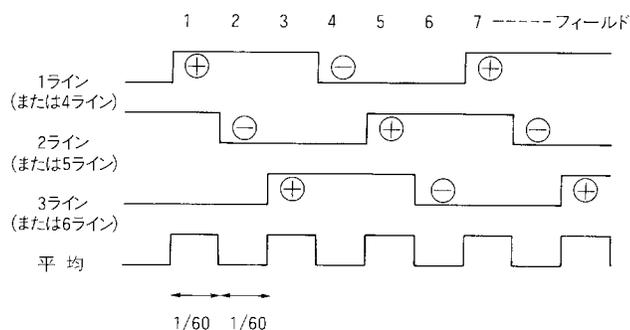


図 3. MFD によるフリッカ(輝度のちらつき)補償の原理 各ラインのフリッカの位相が 120 度ずれているため、3 ラインの平均フリッカは高周波化され、視認されなくなる。

Flicker compensation mechanism using MFD

3.2 消費電力

MF 駆動の消費電力については、式(1)で表されている周波数 f が、画面の書換え周波数に相当し、これがサブフィールド数 n に反比例することから、次の式で表される。

$$TPC_{MF} = A(f/n) + B = DPC/n + SPC \quad (2)$$

4 実験結果

以上の検討、考察を基に、実際に 9.5 インチ TFT-LCD を用いて、MFD の特性をフリッカ、消費電力、画質に分けて測定評価を行った。

4.1 フリッカ

透過率 50% において、従来の線順次走査で画面の書換え周波数が 60 Hz と 20 Hz の場合および MFD で 20 Hz の場合について、フリッカの時間変化を測定し、その結果をそれぞれ図 4 (a), (b), (c) に示す。また、それぞれの周波数スペクトルを図 5 (a), (b), (c) に示す。

図 4, 図 5 から、従来方式では画面の書換え周波数が下がると、これに比例してフリッカ周波数も下がるが、MFD を用いると、フリッカ周波数は書換え周波数が低下したにもかかわらず、まったく低下しないことがわかる。この結果から、MFD のフリッカ補償効果が実証できた。

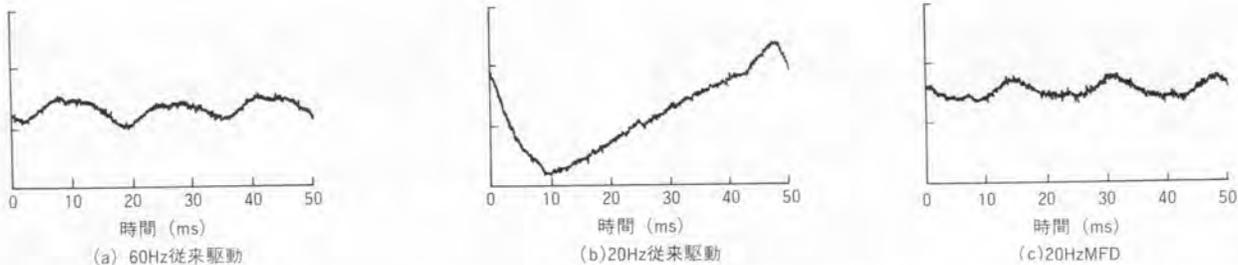


図4. フリッカ補償実験結果(時間変化) 理論どおりフリッカの時間変化が、従来の駆動に比べて、3倍高周波化されていることがわかる。

Flicker compensation results (time domain)

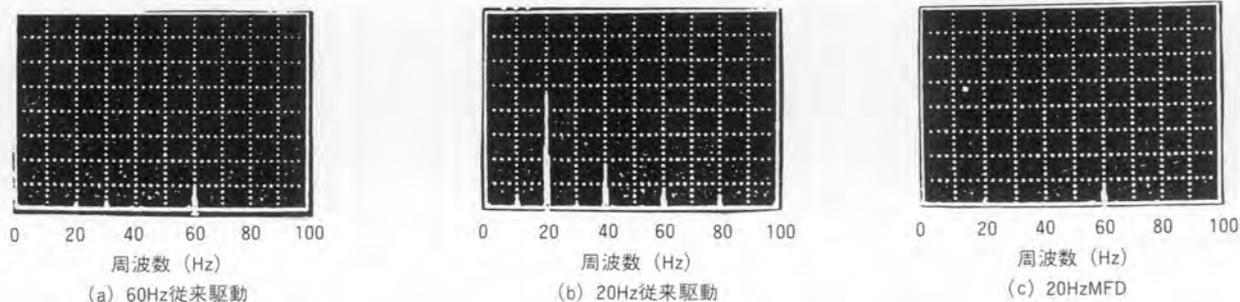


図5. フリッカ補償実験結果(周波数スペクトル) 理論どおり、20 Hz 駆動におけるフリッカの基本波成分(20 Hz)が、3倍の60 Hzに移動していることがわかる。

Flicker compensation results (frequency domain)

4.2 消費電力

次に、最大消費電力について、DPC と SPC に分けて測定した結果を図6に示す。また、式(2)から計算した理論値と実験結果を比較した結果を表1に示す。図6から、サブフィールド数が増加するとともに、消費電力が低減されるが、サブフィールド数3の場合でも、従来より消費電力を1/2以下に

表1. 消費電力の理論値と実験値の比較結果

Comparison of theoretical and experimental power consumption results

サブフィールド数 <i>N</i>	消費電力 (<i>N=1</i> で正規化)	
	実験値	理論値
1	1	1
3	0.5	0.5
7	0.358	0.357
15	0.300	0.300

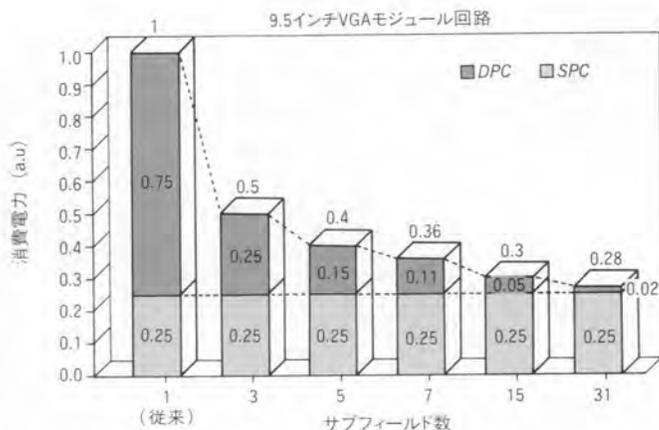


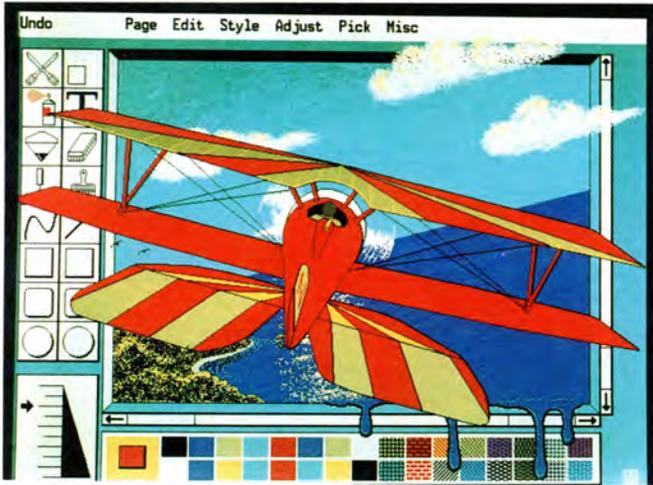
図6. 最大消費電力低減実験結果 最大消費電力は、サブフィールド数に依存するが、最悪の場合でも1/2以下に低減されていることがわかる。

Maximum power reduction results

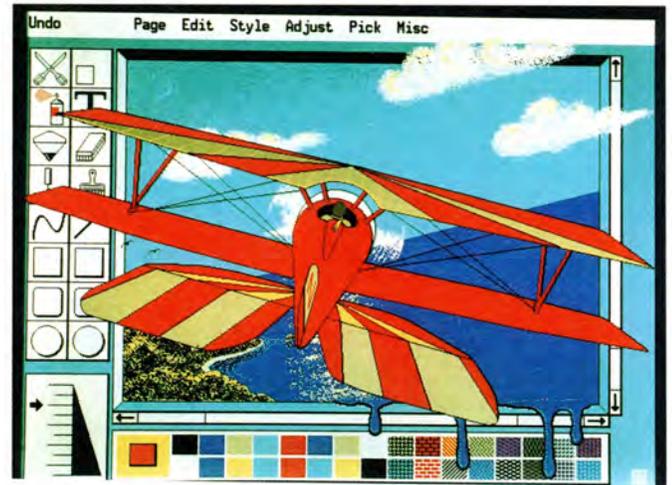
下げられることが実証できた。また、表1から、理論値と実験値がほぼ一致し、理論的に消費電力が計算可能であることが明らかになった。

4.3 画質

次に、実際のOA画像を表示して、画質の比較を行った結果を図7に示す。従来方式(a)とMFD(サブフィールド数3)(b)を用いて表示した画像を示したが、ほとんどその差がわからないほど画質劣化の小さいことがわかる。以上から、MFDを用いることにより、画面の書換え周波数が従来の1/3と大幅に低くなったにもかかわらず、実用レベルで十分な画質が得られることを実証できた。



(a) 60 Hz 従来駆動



(b) 20 HzMFD

図7. 画質比較結果 MFD (サブフィールド数3) を用いて表示を行う場合でも、60 Hz 駆動と同等の画質が得られることがわかる (この表示は、Z・Soft 社製「PUBLISHER'S PAINTBRUSH」を使用したものである)。

Results of image comparison

5 あとがき

TFT-LCD モジュール回路の消費電力が大幅に低減できる新しい駆動法として、マルチフィールド駆動法を提案し、その効果を9.5インチTFT-LCDを用いて実証した。得られた結果および特徴は次のとおりである。

- (1) 画像の書換え周波数を1/3以下に下げることにより、モジュール回路の最大消費電力を静止画の場合1/2以下に低減できることを、理論と実験で実証
- (2) 視認されるフリッカを補償
- (3) 実用レベルの画質

また、書換え周波数を1/3以下に低減できるということは、逆に通常駆動で駆動可能な画素数(駆動周波数)の3倍以上の画素数をもつ高精細なTFT-LCDを他の材料パラメータ(ゲート線の抵抗やドライバのプロセスなど)を変更することなしに、駆動表示することが可能であると言えることができる。つまり、現状のLCD解像度の3倍以上に相当する200dpiを超える印刷並みの解像度をもつペーパーライクなディスプレイを実現するためにも、この駆動法が非常に有効であることがわかる。特に、今後、高精細な反射型LCDによって、このペーパーライクなディスプレイが実現されてくると、全体の消費電

力に占める駆動回路部での消費電力の割合が非常に大きくなっていくことが予想される。このような将来の方向性を考えると、この駆動技術が消費電力低減だけでなく、非常に応用範囲の広い技術であることがわかる。

文献

- (1) T. Furuhashi, et al: High-Quality TFT-LCD Drive Using Low-Voltage Driver, SID'93, pp.15-18 (1993)
- (2) 土田勝也, 他: 5VドライバICを用いた信号線反転駆動法の実現, ITE'94, pp.27-28 (1994)
- (3) Y. Nanno, et al: An advanced capacitively coupled driving method for TFT-LCDs, J. of SID, 2/3, pp.143-147 (1994)



奥村 治彦 Haruhiko Okumura, D.Eng.

1983年入社。液晶ディスプレイの表示システム、駆動技術の開発に従事。現在、研究開発センター 材料デバイス研究所 主務、工博。
Materials & Devices Research Labs.



伊藤 剛 Goh Itoh

1993年入社。液晶ディスプレイの表示システム、駆動技術の開発に従事。現在、研究開発センター 材料デバイス研究所。
Materials & Devices Research Labs.