

LEDバックライト駆動によるLCDの高画質化と低消費電力化

High Image Quality and Low Power Consumption LCD with LED Backlight Drive

山村 暁 宏
Akihiro Yamamura

大西 敏 輝
Toshiki Onishi

中西 敦 士
Atsushi Nakanishi

中西 弘 一
Hirokazu Nakanishi

松 田 功
Isao Matsuda

中西 英 行
Hideyuki Nakanishi

要 旨

液晶テレビは高画質化に加えて、環境意識の高まりから低消費電力化にも強い要求がある。これらの要求を実現するために、従来の冷陰極管を用いたバックライトに替えて、LED (Light Emitting Diode) バックライトの採用が有効である。LEDは電力効率も年々上昇し、低価格化も進んでいるため、新しいバックライト光源として期待されている。LEDバックライトの中でも、液晶パネルを背面から照射する直下型は、バックライト全領域を複数のエリアに分割し、独立に各エリアの点灯制御を行うことで高画質化と低消費電力化を可能とするものである。本論文では、液晶パネルにIPS パネルを用い、直下型LEDバックライト駆動方式の開発により、自発光に迫る高画質化を実現した。さらに、LED駆動回路の検討も併せて行い、低消費電力化も実現したので報告する。

Abstract

From an ecological point of view, Liquid Crystal Displays (LCDs) with lower power consumption have been more and more required, in addition to demands for higher picture quality. In order to realize those demands for LCDs, we have applied a backlight system using Light Emitting Diodes (LEDs) instead of conventional cold-cathode fluorescent lamps. The LED backlight system has two advantages in LCDs by applying our driving methods. One is high quality image and this is realized by dividing the LED backlight module into small areas with several LEDs each, and controlling the luminance of each area independently based on image data (local dimming). The other is low power consumption, which is realized by not only local dimming but also our optimized circuit configuration and LED drive method to improve efficiency. In this paper, the LED backlight system to achieve high image quality and low power consumption is discussed.

1. はじめに

近年、液晶ディスプレイは高画質化に加え、エコロジーへの対応が強く求められている。これらの要求を満たすには、LEDバックライトの採用が有効である。LEDは電力効率も年々上昇しており、低価格化も進んでいる。そのため、ここ数年で急速に開発・実用化が進み、LEDバックライトを搭載した液晶テレビも増えている。

本論文では、高画質化と低消費電力化を両立するために、液晶パネルにIPS パネル¹⁾を用い、LEDバックライト駆動方式の開発を行ったので、報告する。

2. LEDバックライトシステム

発光効率が優れ、チップ面積の小さいLEDを光源として用いるには、その特長を生かした構成や駆動方法の検討が必要である。一方、実用化に際しては解決すべき特有の課題もある。

2.1 LEDの特徴とバックライト方式

LEDは近年精力的に開発が進められ、さまざまな光源に用いられるようになった。冷陰極管に比べ、電力効率が高く、白色発光に不要なスペクトル成分が少ないため、バックライトの低消費電力化が可能である。加えて、発光のスイッチング特性が良好であり、動画解像度を改善するインパルス駆動²⁾に近づけることが可能である。この擬似インパルス駆動は冷陰極管でも採用されているが、LEDを用いることにより更に効果的に活用できる。これらの特長を生かし、LEDをディスプレイの上下、左右の全辺または一部の辺に配置するエッジ方式LEDバックライトが開発された。この方式により、動画解像度は改善され、消費電力も大幅に低減することが可能となった。

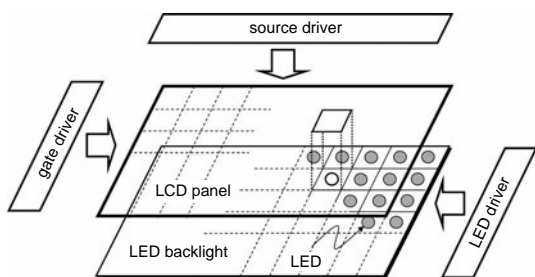
しかしながら、従来からの液晶ディスプレイの課題である“黒浮き”現象の解決には至っていない。この黒浮きは映像の暗部においてもバックライトが点灯しているために、液晶パネルが光を遮断できずわずかな光漏れを起こしてしまい、コントラストの低下を招くものである。

この黒浮きの軽減を図るため、バックライトを複数のエリアに分割し映像部分のみ点灯する方式とした。エッジ方式ではLED配置の観点から多エリア化に限界があり

映像に応じた画面全体にわたるきめ細かい輝度制御が困難である。そのため、液晶パネルの背面から光を照射する直下型LEDバックライトを採用し、検討を進めた。これにより、表示領域を多数のエリアに分割してエリアごとに点灯することが可能となり、高コントラスト化や低消費電力化が実現できる。

2.2 システム構成

第1図に、直下型バックライトシステムの構成を示す。液晶パネルは37V型フルハイビジョン、倍速駆動(120 frame/s)のIPS パネルを用いた。バックライトの分割数を128(16×8)エリアとし、格子状にエリアを配置した。1エリアは液晶パネルの120×135 pixel分に相当し、直上の同位置、同面積の液晶パネル部分を照射する。また、各エリアは直列接続された複数のLED(以降、ストリングと表す)から構成される。LEDドライバは、映像基板から発光輝度やタイミングの情報を受け取り、エリアごとの点灯制御を行う。



第1図 直下型バックライトを用いたLCD(Liquid Crystal Display)の構成

Fig. 1 Configuration of LCD with LED backlight of direct type

2.3 エリア制御における課題

直下型LEDバックライトによるエリア分割方式は、以前より検討が行われているが^{3),4)}、次のような課題がある。

- (1) エリア分割方式特有の局所的な黒浮き
- (2) 擬似インパルス駆動による消費電力の増加
- (3) バックライト駆動回路のロス電力の発生

(1)は、エリア分割により画面全体のコントラストは向上するが、分割エリア内や隣接エリアでの局所的な黒浮きは十分に低減されていないという課題である。また、(2)は、高動画像度実現のための擬似インパルス駆動によりバックライト輝度が低下するが、これを補うための高電流駆動により消費電力が増大してしまうという課題である。(3)は、LED駆動回路においてロス電力が発生するという課題である。このロス電力はLEDの電気的特性のほか、駆動するLED数や回路構成により大きく変

化する。そのため、(1)や(2)の制御を可能とするLEDドライバICを含めた高効率駆動回路の開発が重要である。

3. エリア制御における局所的黒浮き

バックライトのエリア点灯は、高コントラスト化が可能である。一方、液晶パネルとバックライト分割エリアとの分解能の差に起因して局所的な黒浮きが発生する。そこで、この局所的な黒浮き対策について検討を行った。

3.1 エリア制御による局所的黒浮きの低減

従来の液晶ディスプレイでは、映像の明暗に合わせて画面全体のバックライト輝度を制御し、コントラストの向上を図っている。しかし、明部と暗部が混在するような映像では、暗部の光漏れによりコントラストの向上には限界があった。直下型バックライトシステムでは、バックライトを複数のエリアに分割し、エリアごとの輝度制御を行うことで、この問題の改善を図ることができる。エリア制御の表示イメージを、第2図に示す。第2図(a)は評価に使用した映像である。背景の黒表示部分に対しては消灯し、表示エリアのみ点灯するため、大幅なコントラストの改善が可能である。エリア制御時のバックライトの発光状態を、第2図(b)に示しておく。

しかしながら、エリア制御では局所的な黒浮きの問題が発生する。第3図に、局所的黒浮きの発生とその対策を示す。第3図(a)は、黒背景に白丸映像を表示させたものである。エリアごとに点灯制御を行うため、白丸の映像部分に対応するエリアが点灯するが、同じエリア内の



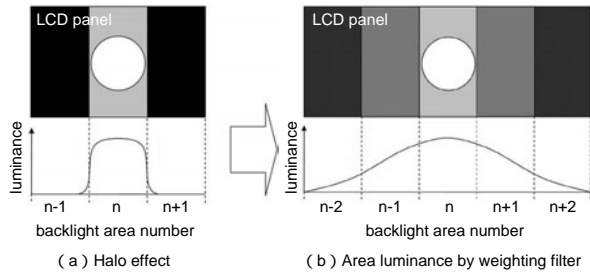
(a) LCD panel image



(b) LED backlight image

第2図 エリア調光制御による表示イメージ

Fig. 2 Visible image by area lighting control

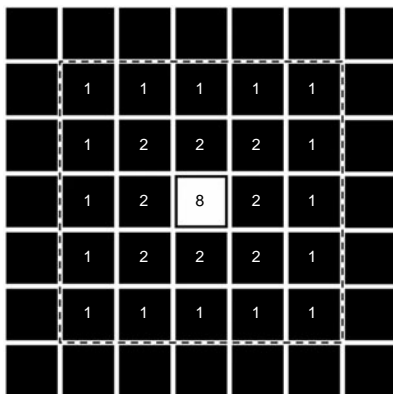


第3図 局所的黒浮きの発生とその対策

Fig. 3 Halo effect and measure

黒映像に対してもバックライトが点灯していることになる。そのため、黒映像に対する黒浮きが発生する。この局所的な黒浮きにより、点灯エリアの黒表示（黒浮き）と隣接する消灯エリアの黒表示の輝度差が顕著になり、映像表示の不自然さを引き起こす。そこで、この輝度差を緩和するために互いに隣接するエリア間で調光量に重みづけをするフィルタ処理の検討を行った。第3図(b)は、重みづけフィルタ処理を施したときのエリアの調光状態を示したものである。映像を中心に点灯するエリアの範囲を広げ、エリア間の輝度差が滑らかになるように調光量を制御する。これにより、局所的な黒浮きが目立たなくなり、自然な映像表示が可能となる。

第4図に、重みづけフィルタ係数の一例を示す。輝度を求めたいエリアを中心に、点線で囲んだ範囲で重みづけ演算を行う。輝度は、演算範囲内の各重みづけ係数と映像信号の積をそれぞれ求め、それらの総和で決定する。この操作をすべての分割エリアにおいても行い、エリア制御による高コントラストを維持しつつ、不自然な黒浮きを防ぐことを可能とした。



第4図 重みづけフィルタ係数の一例

Fig. 4 Example for coefficient allotment

3.2 視聴環境適応

映像のコントラストは、視聴環境の照度により大きく変化する。たとえば、昼間などの非常に明るい環境では、画面全体が明るく照らされる。そのため、黒浮きについてはほとんど目立たなくなるが、画面が明るく照らされることにより著しくコントラストが低下する。一方、映画を視聴するときなど視聴環境が暗い場合には、局所的な黒浮きが顕著になる。

そこで、これらの課題を解決するため、フィルタ処理の処理範囲と重みづけ度合いを視聴環境の変化に応じて変える方式とした。すなわち、明るい視聴環境におけるコントラストの低下に対しては、重みづけフィルタの演算範囲を狭くし、中心となるエリアの重みづけの割合を高くする。これによりコントラストを強調することができ、メリハリのある表示が可能となる。また、視聴環境が暗く局所的黒浮きが目立つ場合には、演算範囲を広くし、重みづけ係数の分散の割合を高くすることで、黒浮きを目立ちにくくするように制御する。

以上の検討の結果、エリア制御に輝度の重みづけフィルタ技術を導入し、それらを視聴環境に応じて適応的に制御することで、視聴環境によらず従来の数十倍のコントラスト比を実現した。

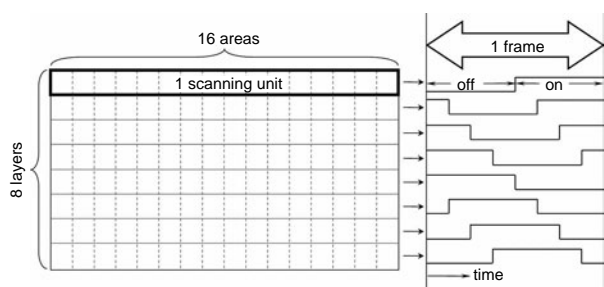
4. 動画解像度の改善と消費電力

液晶ディスプレイでは、バックライトの発光波形をインパルス状に近づけることで動画解像度の改善が可能であることが知られている²⁾。そこで、擬似的にバックライトをインパルス駆動することによる高動画解像度化とその消費電力についての検討を行った。

4.1 スキャン駆動による動画解像度の向上

冷陰極管では画面全体を一齐に点滅させるブリンク制御で擬似インパルス駆動を実現している。また、エッジ方式LEDバックライトでは一齐に点滅させる範囲を画面上下2層に分け、層間位相差をもたせて点灯させる方式に発展させている。これらの技術は、画面上の一部の範囲に対して動画解像度の向上を可能とする技術である。これに対し、本論文では画面全体の動画解像度の向上を図るため、バックライトのスキャン制御について検討を行った。

第5図に、試作バックライトにおけるスキャンエリアの構成とスキャンデューティ波形を示す。すでに述べたようにバックライトは16×8エリアで構成されているが、水平方向の16エリアを1つの層として扱い、垂直方向8層に分割し駆動する。各層は映像走査に合わせて点灯させる

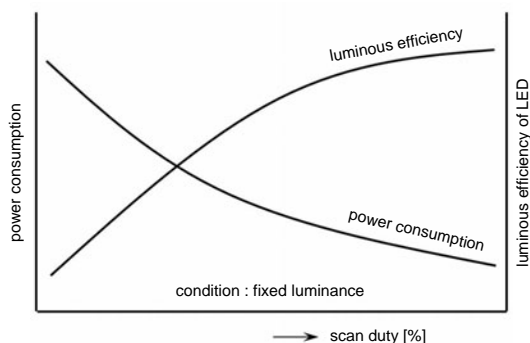


第5図 スキャンエリアの構成とスキャンデューティ波形
Fig. 5 Scanning unit and example of driving pulse for scanning

ために、層間には位相差を設けてある。各層の点灯期間を短くするほどインパルス駆動に近づくため、動画解像度は向上する（以降、1フレーム期間に対する点灯期間の割合をスキャンデューティと表す）。検討の結果、点灯期間が1フレームの半分、すなわちスキャンデューティ50%で、画面全体の動画解像度1000本以上を得ることができた。なお、動画解像度の測定は動画解像度評価パターンを用いて主観的評価を行ったものである。

4.2 スキャン駆動による消費電力の増加

高動画解像度化を可能とするスキャン駆動は、バックライトの発光期間を短くする手法であるため、輝度が低下してしまうという欠点がある。この輝度低下を補うためには、LED電流を増加させる必要がある。第6図に、スキャンデューティに対するLEDの発光効率とバックライトの消費電力を示す。スキャンデューティを低くするに従って、LEDの発光効率は低下する。これは、LEDの高電流域における発光効率の飽和特性に起因する。したがって、LED電流の増加量が増えバックライトの消費電力も増大するものである。そのため、まず高動画解像度化が可能なスキャンデューティを求め、次にLEDの発光効



第6図 スキャンデューティに対するLEDの発光効率とバックライトの消費電力

Fig. 6 Scanning duty versus luminous efficiency of LED, power consumptions

率の非飽和区間にLED電流値を設定することが重要である。本論文ではスキャンデューティを50%とし、LED電流を決定した。

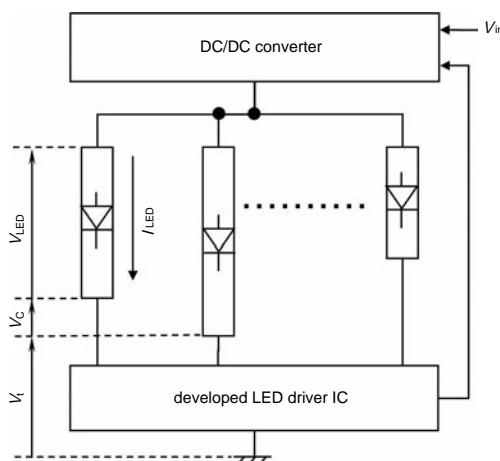
5. バックライト駆動回路のロス電力

LED駆動における消費電力は、発光に寄与する電力とドライバICで消費されるロス電力に大きく分けられる。第7図に、LED駆動回路構成例を示す。LEDドライバには複数のLEDストリングが接続されており、DC/DCコンバータを制御して、ストリングが点灯可能な電圧を供給する。各ストリングは、それぞれLEDドライバIC内の定電流源に接続されており、点灯/消灯のほか、電流値も制御可能としている。このとき、LED駆動回路のDC/DCコンバータの出力電力 P_{DCDC} は次式で与えられる。

$$P_{DCDC} = (V_{LED} + V_C + V_I) \cdot I_{LED} \times N \tag{1}$$

ここで、 V_{LED} はLEDストリングの点灯電圧、 V_C はLEDストリングのカソードとLEDドライバの駆動端子間の電圧、 V_I はLEDドライバの駆動端子電圧、 I_{LED} は1ストリング当たりのLED電流、 N はLEDドライバで駆動するストリング数、である。このうち、 V_I はドライバIC内の定電流源の動作に必要な電圧である。そのため、駆動回路の構成やLED素子に関わらずロス電力が発生し、IC設計時のパラメータの最適化が必要である。

このほか、ロス電力はストリングを構成するLED素子ごとの順方向電圧ばらつきにより大きく変動する。この電圧ばらつきはストリングごとの点灯電圧に差異をもたらすため、不点灯のストリングを発生させないためにはDC/DCコンバータの出力電圧にマージンをもたせる必要



第7図 LED駆動回路構成例

Fig. 7 Example of configuration by LED driving circuit

がある。この電圧マージンは、点灯電圧が低い方のストリングに対しては、過剰な電圧が印加されることになり、余剰電圧は V_C となってドライバICの駆動端子に加わり大きなロス電力となる。このLEDの順方向電圧ばらつきによるロス電力を最小限に抑えるために、ストリングの点灯必要電圧を常に監視する機能を盛り込んだ駆動回路構成とした。これにより、全ストリングが点灯可能な必要最低限の電圧を供給できるようになり、ロス電力の低減を可能とした。

また、エリア制御では点灯に必要なエリアのみ点灯するため、エリア調光による不要な点灯電力の発生を抑えるだけでなく、点灯に必要な V_L に起因するロス電力の低減も可能である。以上の検討により、従来を上回る駆動効率を実現することができた。

6. まとめ

本論文では、液晶ディスプレイのバックライトに、LEDバックライトを採用し、画質の向上と消費電力の低減を図った。

LEDバックライトは直下型とし、複数のエリアに分割し、発光制御方法の検討を行った。これにより、自発光に迫る動画解像度と従来の液晶を凌駕（りょうが）する大幅なコントラストの改善を達成した。また、低消費電力化においても、エリア制御による効果と回路効率の観点から検討を行い、年間消費電力にして当社従来品比40%以上の電力削減を実現した。なお、本ディスプレイは「2009 International CES」に出展した。

参考文献

- 1) 中西弘一 他：液晶テレビの高画質化 Matsushita Tech. Journal 53, No.2, pp.14-19 (2008).
- 2) 古橋勉 他：TFT液晶ディスプレイのインパルス型表示方式 電子情報通信学会技術研究報告 電子ディスプレイ 101, No.600, pp.23-28 (2002).
- 3) T. Shirai, et al. : RGB-LED backlights for LCD-TVs with 0D, 1D, and 2D adaptive dimming. SID Symposium Digest of Technical Papers 37, pp.1520-1523 (2006).
- 4) H. J. Hong, et al. : Area-focused luminance control backlight for LCD TV applications. Proceedings of The 5th International Meeting on Information Display, pp.1157-1160 (2005).

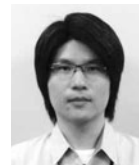
著者紹介



山村暁宏 Akihiro Yamamura
AVCネットワークス社
映像・ディスプレイデバイス事業グループ
Visual Products and Display Devices Business Group,
AVC Networks Company
博士（工学）



大西敏輝 Toshiaki Onishi
AVCネットワークス社
映像・ディスプレイデバイス事業グループ
Visual Products and Display Devices Business Group,
AVC Networks Company



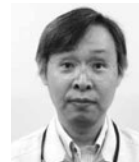
中西敦士 Atsushi Nakanishi
AVCネットワークス社
映像・ディスプレイデバイス事業グループ
Visual Products and Display Devices Business Group,
AVC Networks Company



中西弘一 Hirokazu Nakanishi
AVCネットワークス社
映像・ディスプレイデバイス事業グループ
Visual Products and Display Devices Business Group,
AVC Networks Company



松田 功 Isao Matsuda
AVCネットワークス社
映像・ディスプレイデバイス事業グループ
Visual Products and Display Devices Business Group,
AVC Networks Company



中西英行 Hideyuki Nakanishi
AVCネットワークス社
映像・ディスプレイデバイス事業グループ
Visual Products and Display Devices Business Group,
AVC Networks Company