

中原幹太*, 馬 伝宇*, 馬 睿浩*, 服部励治*

(*九州大学大学院総合理工学府)

1. 概要

近年、マイクロLED (μ -LED)ディスプレイの開発が盛んに行われている。その μ -LEDの特徴として、液晶ディスプレイや有機ELディスプレイと比べて、輝度が高く、消費電力が低く、寿命が長いことなどが挙げられる。我々の研究室では、一次元データ転送方式を用いたマイクロLED駆動ICを開発している。本発表では、これまでの駆動方式に関する取り組みを整理し、その課題を踏まえた新しいCurrent DAC設計について報告する。

2. 信号伝送方式

従来のディスプレイでは、一本のデータ線と複数のゲートドライバを組み合わせた行列駆動が主流であったが、大規模化の場合、回路規模や配線遅延が問題となる。そこで本研究室では、1ピクセル1ドライバ方式を採用し、各画素を独立に駆動するシステムを開発してきた。これにより配線が簡素化され、 μ -LEDの高輝度・高効率特性が十分に活かせる。以下の図1に従来駆動方式と図2に提案駆動方式を載せる。

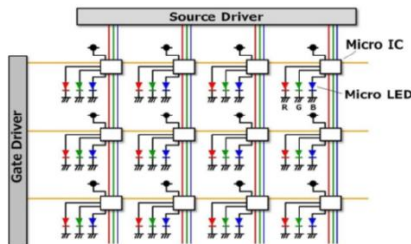


図 1 従来駆動方式

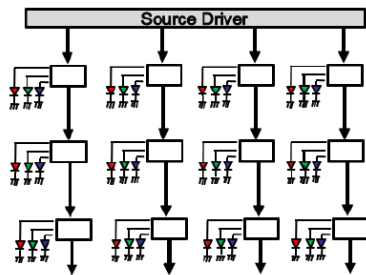


図 2 提案駆動方式

また、伝送方式には一次元シリアル伝送を導入し、データを逐次展開する構成とした。さらに輝度制御はPWMとPAMのハイブリッド方式を採用し、ダイナミックレンジで安定した表示を可能にしている。図3に4bit PWMと4bit PAMを実現する回路を示す。

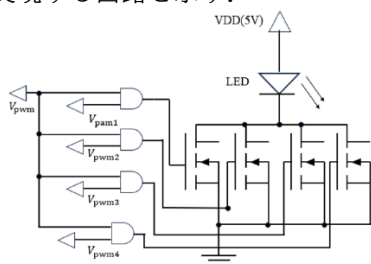


図 3 4bitPWMと4bitPAMの回路図

3. 課題

1ピクセル1ドライバ方式ならではの課題も明らかとなった。まず、各ドライバが流す電流は数 μ A~数十 μ Aと非常に小さくなるため、低電流領域におけるちらつきや階調の再現性不足が顕著となる。また各画素に搭載されるLEDは赤・緑・青で順方向電圧が異なるため、同じ電圧条件下では発光開始電流に差が生じ、色ごとの色バランスが崩れてしまう。これを解決するには、すべての色のLEDが十分に導通する高電圧領域で駆動する必要がある。さらにPWMやPAMによる輝度制御においては、信号のビット反転による誤表示や制御精度の不足による階調表示誤差が課題として浮上してくる。

4. DAC設計

本研究では、PWMおよびPAMを組み合わせたDACを設計した。(図4) 従来方式での課題である低電流領域での直線性や階調表現に関してはカスコードとカレントミラーの導入、またセグメント化構成により、安定した出力が得られるよう改良した。

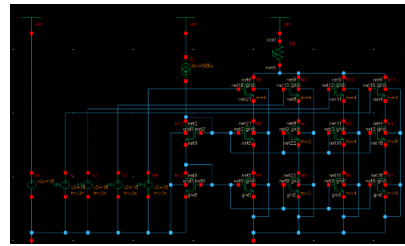


図 4 提案回路

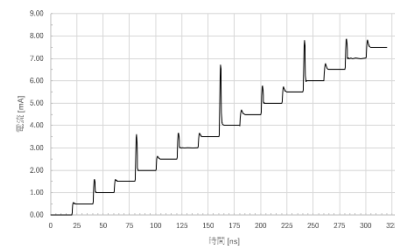


図 5 提案回路の階調特性

図5に出力電流の階調特性を示す。フルスケール7.5 mAの条件下で、理想値に対して全階調における誤差は $\pm 0.03\%$ FS以内に収まった。一次的な電流のグリッチが観測された。これはスイッチのオン/オフ遅延やチャージインジェクションに起因すると考えられ、今後は、スイッチタイミングの工夫による低減が必要である。

4. 今後の展望

今後は課題で指摘したRGB間のIV特性差を考慮した高電圧駆動方式や、PWM/PAM制御時の誤表示抑制を含めた回路最適化を進める。特にスイッチタイミング制御によるグリッチ低減を図ることで、 μ -LEDディスプレイの表示品質向上に貢献できると考える。

5. 参考文献

松野 龍馬, “マイクロ LED 駆動用マイクロ Si チップの研究,” 九州大学大学院総合理工学府, 修士論文, 2024.