

液晶ディスプレイ用サンプリング回路の設計手法について

On a Design Method of Sampling Circuits for Liquid Crystal Displays

高橋 真吾† 築山 修治† 橋本 昌宜†† 白川 功†††

† 中央大学 大学院 電気電子情報通信工学専攻

†† 大阪大学 大学院 情報科学研究科

††† 兵庫県立大学 大学院 応用情報科学研究科

1. はじめに

液晶ディスプレイでは、画素電位 V_{px} をビデオ信号 V_{vd} に等しくできれば、画素に所望の輝度を与えることができる[1]。 V_{vd} は、ビデオ信号をサンプリングする SMP パルスおよびサンプリングスイッチ用トランジスタに関する幾つかのパラメータ(以下、SMP条件)を決めることにより制御できるが、全ての回路条件の下で、 $V_{px} = V_{vd}$ を満たすことは困難である。その為、液晶ディスプレイ用ソースドライバ回路の設計では、 V_{vd} に対する V_{px} の割合(画素充電率)を許容範囲内に抑えることが重要となる。

本文では、書き込み条件の変化や種々のばらつきの下で、画素充電率の最大値と最小値の差 $A[\%]$ をできるだけ小さくする SMP 条件を見出す手法を提案する。

2. 準備

サンプリングスイッチの nMOS および pMOS のゲート幅をそれぞれ W_n および W_p とし、これらに入力されるパルスをそれぞれ SMP パルスおよび SMPB パルスとする。SMP パルスの波形は線形で近似し、SMPB パルスは SMP パルスを丁度正負が逆転させた波形とする。SMP パルスの立上り(SMPB パルスの立下り)および SMP パルスの立下り時間をそれぞれ t_r および t_f と書き、パルスの平坦部の長さを t_w と書く。

W_n, W_p, t_r, t_f および t_w が同じでも、 V_{vd} と画素の対向電極電位 V_{com} の組合せが変われば、画素充電率は変わり、 V_{com} の値は frame 毎に高電位と低電位を交互に繰り返す。また、nMOS および pMOS の SPICE パラメータのばらつきや、SMP パルス電圧のばらつきも画素充電率を変える。さらに、システムクロックの周期で決まる1画素分のビデオ信号を取り込むための時間も、 T から $T - \tau_T$ の範囲でばらつくものとする。これら全ての書き込みの違いやばらつきコーナーの組合せを、以下ではばらつき組合せと呼ぶ。

さらに、SMP パルスの立上がり後、 $V_{px} = V_{vd}$ となっても、SMP パルスが立下り、スイッチが切断される際、Channel Charge Injection の影響により、画素充電率が変化する[2]。ここでは、この変化量 Δ を小さくするため、 $W_p = a \cdot W_n + b$ なる関係を導入し、液晶透過率が最も敏感に変わる画素電圧において、 $\Delta = 0$ となるよう a および b を決める。

今、SMPB パルスの SMP パルスからの遅れの許容値 $\delta_{SMP-max}$ 、SMP パルス立下り後 V_{vd} が値を保持している最小時間 d_{SV-min} 、並びに t_r および t_f のこれ以上小さくすることは困難であろうという値 t_{r-min} および t_{f-min} が指定されるとする。また、SMP パルスは、隣り合う2つのサンプリングスイッチを同時に開き、ある画素にビデオ信号を充電している期間に、次の画素のスイッチも予め開

いておくという方式を採用する。そうすると、 t_r および t_f に対して、これ以上大きくなってはいけないという最大値 t_{r-max} および t_{f-max} が次式で決定される。

$$d_{SV-min} = t_{f-max}/2 + \delta_{SMP-max} \quad (1)$$

$$t_{r-max} \leq 2(T - \tau_T) - \delta_{SMP-max} - t_{f-max} \quad (2)$$

t_{r-max} および t_{f-max} は、どのばらつき組合せにおいても、 t_r および t_f はこれらの値を超えないようにせよという上限値である。このうち、 t_{r-max} は幾つかの値を取ることができ、各値に対して A を小さくする W_n が存在する。

3. 設計手法

ここでは、幾つかの (t_{r-max}, W_n) の組を見出す手法を示す。その際、 t_w の範囲 $[t_{w-min}, t_{w-max}]$ を次式で決める。

$$t_{r-min} + t_{w-max} + t_{f-min} \leq 2(T - \tau_T) - \delta_{SMP-max} \quad (3)$$

$$t_{r-max} + t_{w-max} + t_{f-max} \leq 2T - \delta_{SMP-max} \quad (4)$$

$$t_{r-max} + t_{w-min} + t_{f-max} = 2(T - \tau_T) - \delta_{SMP-max} \quad (5)$$

そこで、 $(t_{r-max}, t_{w-min}, t_{f-max})$ および $(t_{r-max}, t_{w-max}, t_{f-max})$ なる SMP パルス波形に対して、 W_n の大きな値と小さな値を選び、全てのばらつき組合せの下で画素充電率を調べる。これにより、画素充電率の最大値や最小値を与える幾つかのばらつき組合せを選ぶ。さらに、これらのばらつき組合せを考慮しながら、 A の値が最小となるような W_n を二分探索法を用いて求める。

以上の処理により、 $(t_{r-max}, t_{w-min}, t_{w-max}, t_{f-max}, t_{f-max}, W_n, W_p)$ の組が複数個得られる。この組は、 W_n, W_p をここで決めた値にしておけば、SMP パルスがばらつきでも、 $t_r < t_{r-max}, t_{w-min} < t_w < t_{w-max}, t_f < t_{f-max}$ を満たす限り、 A の値が極小化されていることを保証する。ちなみに、ある組の値に対して、実際の t_r が t_{r-max} より大きくなってしまうと、波形制約上の問題が生じたり、 A の値が極小で無くなったりする。

4. むすび

提案手法を用いて SMP 条件を決定したところ、 (t_{r-max}, W_n) のどの組合せにおいても、 A の値はほぼ一定であった。 (t_{r-max}, W_n) の最適な組合せは、SMP パルス生成回路も含めて評価し、選択することになる。また、全てのばらつき組合せを検証したところ、全組合せにおいて A の値は本手法によって得られた値を超えることはなかった。液晶ディスプレイ用ソースドライバ回路の自動設計システムの完成が今後の課題である。

参考文献

- [1] Ernst Lueder: Liquid Crystal Displays: Addressing Schemes and Electro-optical Effects, John Wiley & Sons, 2001
- [2] Behzod Razavi: Design of Analog CMOS Integrated Circuits, Mcgraw-Hill College, 1999.