

TFT/LCD パネルの省電力ドライブ

1Q-1

小林芳直

日本アイ・ピー・エム（株） 東京基礎研究所

1 概要

ノート PC はバッテリーで動作しているので消費電力の大小がそのまま使用可能時間の小大になる。このためノート PC には厳しい省電力設計が要求されている。TFT/LCD パネルのデータ線には V_{com} 電極に対して +5~0V、もしくは 0~-5V の電圧が必要であり、交互に+側と-側の電圧が加えられている。データ線を 5V 耐圧のソースドライバで駆動する場合は、パネルの V_{com} 電極を 0V と +5V に切り換えることにより、ダイナミックレンジを確保している。これをコモン反転という。データ線は容量負荷であり、 V_{com} 電極はデータ線の容量の共通電極になっていて、0.1 μ F 程度の容量になる。ここで 100mW 程度の電力消費がある。 V_{com} 電極の C 成分に対して外部に L 成分を付加して共振回路を構成すると駆動エネルギーの回収をすることができる。回路を少し複雑にして、LC の共振回路を設けて π 型の共振回路にすればエネルギーの回収効率が高くなる。LC の共振回路を使うと消費電力が少なくなるだけでなく、回路に流れる電流の高調波成分が少なくなるので EMI の観点からも有利になる。

2 L を使った共振回路

V_{com} 電極にコイルをつないで共振回路を構成した場合は、パネルの抵抗成分を R_p 、容量成分を C_p として、共振条件が

$$R_p^2 \cdot C_p < L_x \quad \dots 1 \text{ 式}$$

になる。この条件を越えて R_p の値が大きくなると振動はおこらず、単純な減衰波形になる。また共振周波数の半サイクルでコモン反転は終わるが、この時間は水平周波数の周期のより短い必要があるので。

$$\pi \cdot \sqrt{C_p \cdot L_x} \cdot f_s < 1 \quad \dots 2 \text{ 式}$$

ただし f_s は水平周波数。

が成立する。ここで 1 式を 2 式に代入すれば

$$\pi \cdot C_p \cdot R_p \cdot f_s < 1 \quad \dots 3 \text{ 式}$$

が成立する必要がある。ところでパネルの時定数によって決まるカットオフ周波数は水平周波数より高い必要があるのでもともと次の式が成立している必要がある。

$$2 \pi \cdot C_p \cdot R_p \cdot f_s < 1 \quad \dots 4 \text{ 式}$$

4 式から常に 3 式が成立することがわかる。このことから外部に L を付けて共振回路を形成するとエネルギー・リカバリができることがわかるが、実際に回路を組むと V_{com} 電極の抵抗分が大きくてエネルギーの回収が効率よくできないことがわかる。これは V_{com} 電極がパネルの ITO に対してインピーダンスを持つためである。このインピーダンスは 10~20 Ω 程度になりデータの書き込みには支障がないが、エネルギーの回収には障害になる。

3 LC を使った共振回路

パネルの C_p 成分に対して、外部に L_x と C_x を用意する。 C_x の値は C_p の 1.5 倍程度に選ぶ。 C_x の最適値はパネルの抵抗分によって変化する。抵抗がない場合は C_p と同じでよく、このときドライバ 2 もいらぬ。抵抗が大きくなるとそれに合わせて C_x の値は徐々に大きくなり最大 2 倍程度になる。

L_x はこの LC 回路の共振周波数が水平同期周波数の 2~5 倍程度になるように選ぶ。周波数が低い方がエネルギーの回収効率が高くなり、また電流が滑らかになるのでスイッチング・ノイズも少なくなるが、TFT のアパーチャ時間が少なくなる。VGA のパネルの場合にこの周波数は 100kHz 程度になる。

コモン反転する場合にまずこの LC 側のアナログ・スイッチを開いて LC の共振回路を動作させる。この共振回路が半周期して電圧が逆転したところでアナログ・スイッチをオフにして共振回路を止める。次にドライバ 1 を ON にして C_p の電圧を固定する。このとき (C_x には C_p のエネルギーが回収されているが、回路の損失分だけ不足しているのでドライバ 2 から次の反転のためのエネルギー

を補充する。 C_x の容量を C_p の容量よりやや大きめにし、回路の損失分にみあった余分なエネルギーを与えておくのがみそである。

ゼロクロスのタイミングは外部の順序回路で次のように決定される。アナログ・スイッチをオフにした瞬間にはコイルの両端に逆起電力が発生するが、この電圧は「→」方向に電流が残っているとき「-」、 「←」方向に電流が残っているときに「+」というように変化する。この電圧を使ってアップダウン・カウンタをまわして調歩型の同期式回路を構成し、ゼロクロスのタイミングを見つける。LCDの温度特性や駆動電圧でゼロクロスのタイミングが変化するので、ここにはクローズド・ループの制御が必要になる。ゼロクロスのタイミングで回路の効率は最大になる。そのときの電圧がぴったりドライブ電圧になっているよう C_x の値を決める。 C_x の値が大き過ぎるとドライブ波形はオーバーシュートする。足りないと不足分をドライバ1から補充することになり、いずれの場合も時間がかかる。 V_{com} 電極のインピーダンスをキャンセルするためにはややオーバドライブの方が好ましい。このようにして C_p に蓄えられていたエネルギーの60%程度が有効に再利用されるので、コモン反転に必要な電力は2/5になる。付加回路による損失をいれてもコモン反転のために必要な消費電力は1/2以下になる。

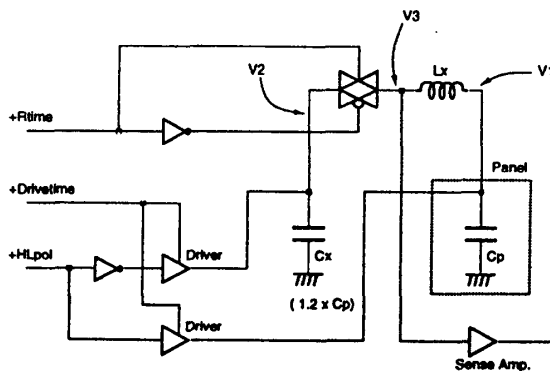


図 1: コモン反転を省電力化させる回路

4 考察

コモン反転の回路の消費電力を少なくするためには、共振回路の動作速度をできるだけ遅くすることが有効になる。動作速度を遅くするには回路のQを上げるだけでは無理であり、パネルの抵抗分に応じた損失を予め外部のCに蓄えておくことが

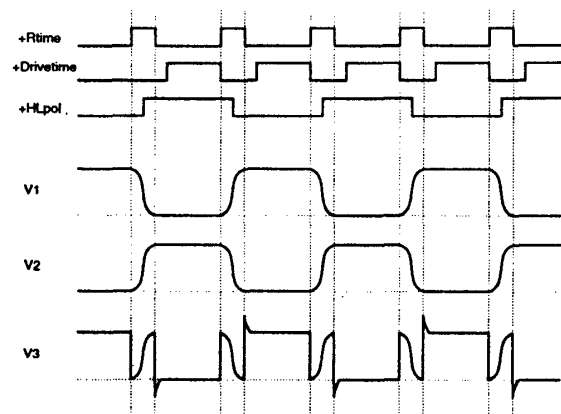


図 2: 各部の波形

有効とわかった。この回路の効率をさらに高めるには V_{com} 電極のインピーダンスを低くすることが必要になる。もしくは V_{com} 電極に電流を流さないHV反転でパネルを駆動する事が必要になる。この回路も検討中である。

5 謝辞

このエネルギー・リカバリ回路の設計にあたって協力のあった東京基礎研究所の黒田担当、関家、石川、坂口研究員、間宮P担に感謝する。