



STM32L4 – 低消費電力LCD

Liquid Crystal Display (LCD) controller

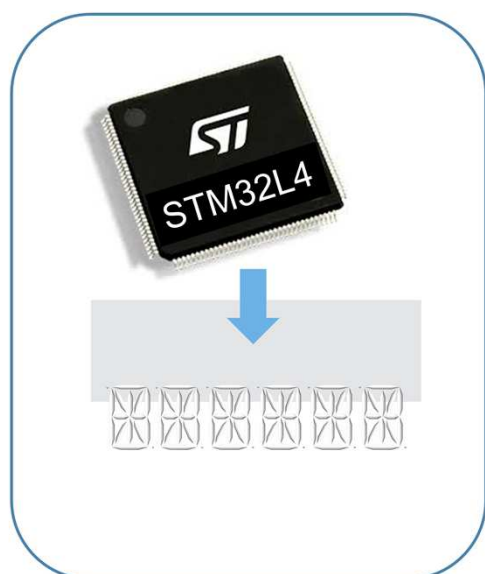
Revision 1



Jan - 2016

こんにちは。ようこそSTM32L4液晶ディスプレイ(LCD)コントローラのトレーニングへ。

このコントローラは、様々なアプリケーション(家電品、健康機器、自動車、産業機器...)で、多くのピクセルにより構成されているイメージ(英数字のシンボルの組み合わせ、数字、ベルのマーク、低バッテリーシンボル、矢、アンテナ、進歩バーなど)のあらかじめ決められた様々なシンボルを表示することができます。



- 外部のモノクロ受動的LCDパネルのインターフェース提供し
 - プログラマブルな設定
 - 最高176(44x4)または320(40x8)LCDセグメントまで駆動することが可能。
 - 低消費電力モードを完全サポート

アプリケーションの利点

- 内蔵型低コストソリューション
- 外部アナログコンポーネントが不要
- 外部のドライバーによる無駄な消費電力無し
- 高負荷LCDディスプレイの駆動に適する



STM32L4製品の中で統合されたLCDコントローラは、外部のセグメント型LCDパネルを駆動するためのコントロールインターフェースを提供します。

このインターフェースは、現在、市場に出回っている既存のモノクロLCDパネル(最大320のセグメント)を容易に制御でき、完全にプログラマブルです。

STM32L4は、すべての低消費電力モードにおいて、LCDコントローラが動作可能ですが、StandbyモードとShutdownモードではオフです。

マイコン内蔵の低価格のソリューションなので、アプリケーションユーザーは外部コントローラや外部アナログコンポーネントをまったく必要としません。

内蔵電圧コンバーターと、全中間電圧を生成するための専用VLCD電圧回路および抵抗回路網は、コントローラの一部として内蔵しています

内蔵コントローラの利点は、余計な電力消費を外部のコントローラで発生させず、より高い電力効率のためのSTM32L4

の超低消費電力モードを完全にサポートすることです。
フレキシブルで、ハイレベルのドライブ機能は、より大きい静電容量負荷を持つ様々なLCDディスプレイをサポートすることを可能にしています。

- LCDディスプレイは、見える/見えないかのいくつかのセグメント(ピクセルまたは完全なシンボル)で構成。
- 個々のセグメントは、2つの電極間で位置合わせされた液晶分子から構成(1つのCOMターミナルおよび1つのSEGターミナル)。それはコンデンサーと同じ特性を示す。
- 閾値電圧以上の電圧が液晶に印加されると、セグメントは見えるようになる。
- セグメント印加される波形は、直流成分を避けるために交流でなければならない。直流成分はLCDの寿命を縮める。



LCDディスプレイは、見える/見えないかのいくつかのセグメント(ピクセルまたは完全なシンボル)で構成されている。

個々のセグメントは、2つの電極間で位置合わせされた液晶分子から構成されます(1つのCOMターミナルおよび1つのSEGターミナル)。

それはコンデンサーと同じ特性を示します。

閾値電圧以上の電圧が液晶に印加されると、セグメントは見えるようになります。

セグメント印加される波形は、直流成分を避けるために交流でなければなりません。直流成分はLCDの寿命を縮めます。

- フレームレートコントロールの高い柔軟性
- プログラム可能なデューティとバイアス
 - デューティ: スタティック, 1/2, 1/3, 1/4, 1/8 [1 / <共通のターミナルの数> で定義 >]
 - バイアス: スタティック, 1/2, 1/3, 1/4 [1 / <使用される電圧レベルの数-1> で定義される]
- 中間的な電圧レベルを生成するデュアルのドライブ抵抗網
- 電圧出力バッファ内蔵



LCDコントローラは、完全にプログラム化可能なインタフェースコントロールを様々LCDディスプレイに提供します。

柔軟な周波数発生器によって、フレーム周波数の微調整が容易です。

LCDコントローラは、様々なLCDディスプレイ特性に順応するように、いくつかのデューティとバイアスをサポートします。

抵抗網は、ドライブ電流を、LCDディスプレイに適応させるように、ソフトウェアによってコンフィギュレーション可能です。

電圧出力バッファは、静電容量負荷の大きなLCDディスプレイをドライブする能力を改善できます。

- 内部および外部のVLCD電圧ソースはソフトウェアで選択可能
- ダブルバッファリング
 - LCD_RAMレジスターは、表示されたデータに影響せずに、アプリケーションによっていつでもアップデート可能
- 未使用のセグメントとコモンピンは、GPIOとして、または周辺機能用ピンとして使用可能
- Standby とShutdownモード以外の低消費電力モードで動作可能



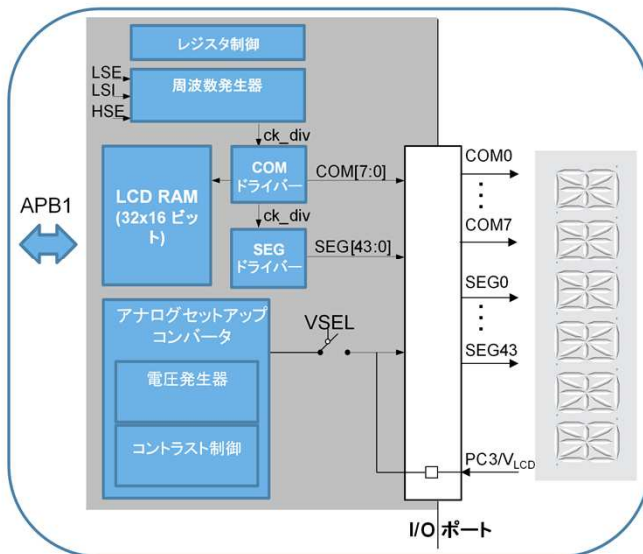
LCDコントローラは、アプリケーションとでもマッチするように内部または外部のVLCD供給ソースを使用するオプションを提供します。

ダブルバッファメモリーで、ピクセル情報を含んでいるLCD_RAMレジスターは、表示されたデータに影響せずにアプリケーション・ソフトによっていつでもアップデートできます。未使用のセグメントとコモンピンは、GPIOとして、または周辺機能用ピンとして使用できます。

LCDコントローラは、アプリケーションの電力効率を最適化するために、すべてのSTM32L4低消費電力モード〈Standby と Shutdownモードを除いた〉をサポートします。

ブロック図

6



- 最大176 (44x4) または 320 (40x8) LCD ピクセルを駆動可能
 - 最大8 コモンターミナル
 - 最大44セグメントターミナル
- 外部回路不要



LCDコントローラのブロック図です。LCDディスプレイとのインタフェースも示します。

このコントローラは、176 (44x4) または 320 (40x8) LCDピクセルを駆動できます。

正しいクロック周波数を提供するための周波数発生器、COMとSEGドライバー、ピクセル情報(アクティブ／非アクティブ)を含むLCD RAM、コントラストを調整するセットアップコンバータにより構成されています。

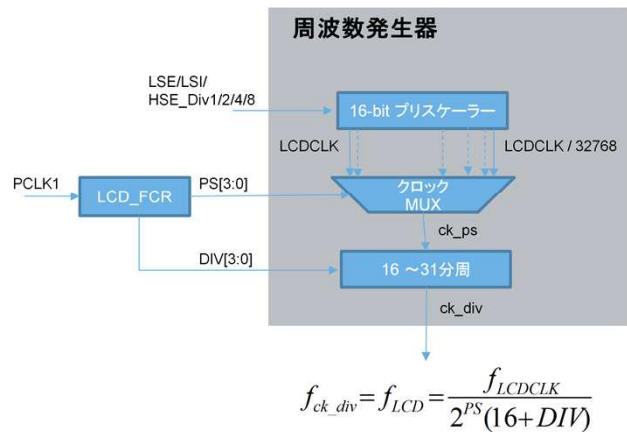
セットアップコンバータを使えば(VLCDと接続された外部のコンデンサーを除いて)外部のコンポーネントは、全く必要としません(VSELは閉)。

周波数発生器

7

非常に柔軟なフレームレートコントロール

- RTCCLKと同じ
 - LSE, LSI, HSE の1, 2, 4, 8分周.
- LCDCLKインプットクロックは32kHzから1MHzまでの範囲が必須
- LCDCLKは16 ~ $2^{15} \times 31$ の範囲の数で分周可能
 - LCDCLK は2PS[3:0]で分周
 - ck_psは、また、解像度レートを調整するために、16から31までで分周。



LCDコントローラは非常に柔軟な頻度ジェネレータを特徴としています。

LCDクロックソースはRTCクロックと同じです。それは、1、2、4、または8により分周された低スピード外部32.768kHz発振器(LSE)、低スピード内部32kHz RC発振器(LSI)、または高速な外部の4MHzから48MHzまで発振器(HSE)です。周波数ジェネレータは、32kHzから1MHzまで可変のLCDクロックソースから始まる様々なLCDフレームレートを設定することができます。

クロックソースは、正確なLCDタイミングの為、そして、LCDセグメントに印加されるオフセットのDC電圧を最小化する為に、安定していなければなりません。

インプットクロックLCDCLKは16から $2^{15} \times 31$ までの値で分周できます。この周波数発生器は、プリスケラー(16ビットリプルカウンター)および16から31までのクロック分周器から成ります。

LCDCLKは最初、 $2^{PS[3:0]}$ によって割られます。もし、より細か

い解像度レートが必要ならば、DIV[3:0]ビットは、さらに16から31までクロックを分周するために用いることができます。
このように、あなたは周波数を粗くスケールして、それから、カウンタで時計を直線的に縮尺して微調整できます。
周波数発生器(f_{ck_div})の出力は、全体のLCDコントローラのためのタイムベースを構成しています。
それはLCDフェーズ周波数と等しいです。

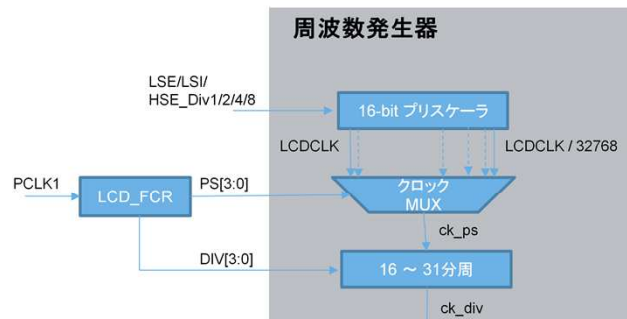
周波数発生器

8

非常に柔軟なフレームレートコントロール

- f_{Frame} は f_{LCD} から得られる
- 標準的なフレーム周波数範囲は 30 Hz から ~100 Hz
 - 周波数が低い場合、LCD はちらつく
 - 周波数が高い場合、消費電力が増加
- フレームレートの計算例

LCDCLK	PS[3:0]	DIV[3:0]	比	デューティ	f_{Frame}
32,768 kHz	3	1	136	1/8	30,12 Hz
32,768 kHz	4	6	352	1/3	31,03 Hz
32,768 kHz	2	4	80	1/4	102,4 Hz
1,00 MHz	6	3	1216	1/8	102,80 Hz



$$f_{ck_div} = f_{LCD} = \frac{f_{LCDCLK}}{2^{PS}(16 + DIV)}$$

$$f_{Frame} = f_{LCD} * duty$$



フレーム周波数(f_{Frame})は、アクティブな共通のターミナルの数のため、 f_{ck_div} (f_{LCD})を分周することによって決まります(または、デューティレートをそれに掛けます)。

標準的なフレーム周波数は、約30~100Hzの範囲内になるように選ばなければなりません。

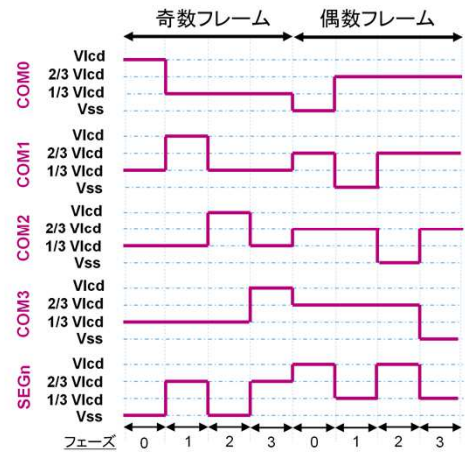
選択された周波数は、LCDがちらつかないようなリフレッシュレートでなくてはなりませんが、周波数が高くなると電力消費量が増えます。

下表は、種々のLCDCLK周波数のためのPS[3:0]とDIV[3:0]の値における、フレームレート計算の例を示します。

フレームフォーマット

9

- タイプ-B波形は、偶数フレームまでに続いて
いる奇数フレームにより構成される
- すべてのCOMシグナルには、EMIを減らす
ために、同一の波形だけれども種々のフェ
ーズがある
- COM[X]は、フレームサイクルのフェーズXだ
けにおいてその最大の振幅(V_{LCD} or V_{SS})に
なる。
 - $COM[X] = \text{奇数フレームのフェーズXの } V_{LCD}$
 - $COM[X] = \text{偶数フレームのフェーズXの } V_{SS}$



LCDコントローラは、2つの奇数および偶数のフレームの上の0V DCを維持するタイプ-Bフレームフォーマットを生成します。

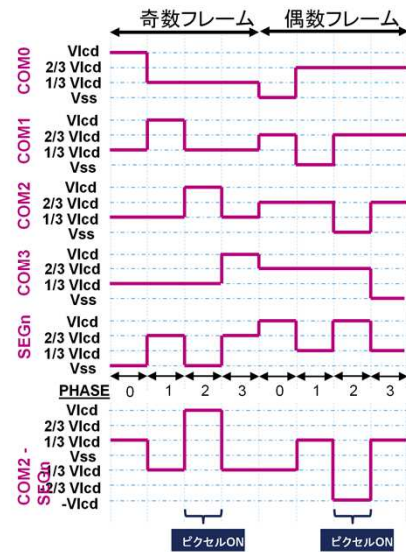
すべてのCOMシグナルには、電磁干渉を減らすために、同一の波形だけれども違うフェーズがあります。

COM[X]は、フレームのフェーズXの間にだけその最大の振幅になります；すなわち、奇数フレームの間の V_{LCD} 、および偶数フレームの間の V_{SS} 。

フレームフォーマット

10

- 他のフェーズの間は、信号の振幅は次のようになる:
 - 1/4 バイアスの場合 $1/4 V_{LCD}$ または $3/4 V_{LCD}$
 - 1/3 バイアスの場合 $1/3 V_{LCD}$ または $2/3 V_{LCD}$
 - 1/2 バイアス $1/2 V_{LCD}$ in case of 1/2 bias
- セグメントターミナルはマルチプレックスされ、それらは各々最高8つの画素をコントロールする。
- ピクセル[n]をCOM2と接続するためには、SEGNは以下でなければならない:
 - 奇数フレームのフェーズ2の間、不活性 (V_{SS})
 - 偶数フレームのフェーズ2の間、活性 (V_{LCD})



他のフェーズの間に、もし1/4バイアスが選ばれるならば、シグナルの振幅は1/4 VLCDまたは3/4 VLCDです、もし1/3バイアスが選ばれるならば、シグナルの振幅は1/3 VLCDまたは2/3 VLCD、もし1/2が選ばれるならば、シグナルの振幅は1/2。

個々のセグメントターミナルはマルチプレックスされます；個々のものが、選ばれたデューティ比に依存する最大8つの画素をコントロールできるのを意味しています。

この例に示すような1/4のデューティ比で、単一のセグメントターミナルは4つのコモンターミナルと関連するので、4つの画素のコントロールが可能です。

マルチプレックスされたレートがより大きいと、より多くのセグメント、またはピクチャー要素をドライブすることができます。例えば COM2に接続された画素を活性化するには、SEGNは奇数フレームのフェーズ2の間不活性 (V_{SS}) に、偶数フレームのフェーズ2の間に (V_{LCD}) 活性にしなければなりません。

実際、もし電圧が等しい時、対象のSEGnラインが電圧をCOMライン(ここでは COM2)と不活性であり、反対の電圧ならば画素はアクティブになります。

結果として、COM2とSEGnの間に印加された電圧は、COM2－SEGn波形で観察できます。電位差は奇数フレームのフェーズ2の間に+VLCDであり、および偶数フレームのフェーズ2の間の-VLCDです。

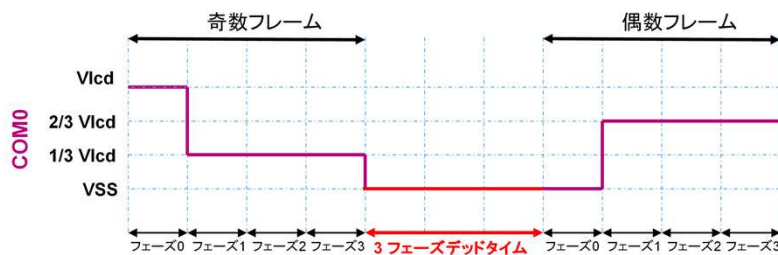
コントラストは、2種類の方法を使って調整できる

• 方法1

- 内部電圧を使う: ソフトウェアで、8つのステップのVLCD 2.6Vから3.6Vまでを調整可能

• 方法2

- 外部電圧源を使う: 個々のフレームカッパル COM とSEG値の間のデッドタイム (最高8つのフェーズ期間への) のプログラムを作り、同時にVSSに固定。



LCDコントローラは柔軟性の高いコントラストコントロールを提供します。コントラストを調整するために用いられる方法は、LCD供給電源に依存します。

ステップアップコンバーターがVLCD供給電源として選ばれる時には、VLCD値はLCD_FCRレジスタのコントラストコントロールビットを経て選択可能な2.6ボルトから3.6ボルトまでの値の広いセットから選ぶことができます。

しかし、外部のLCD供給電源を使う時には、コントラストレベルは、個々の奇数フレームと個々の偶数フレームの間にアクティブなCOMおよびSEGターミナルすべてがVSSに同時に固定されるプログラム可能なデッドタイムを使って調整できます。

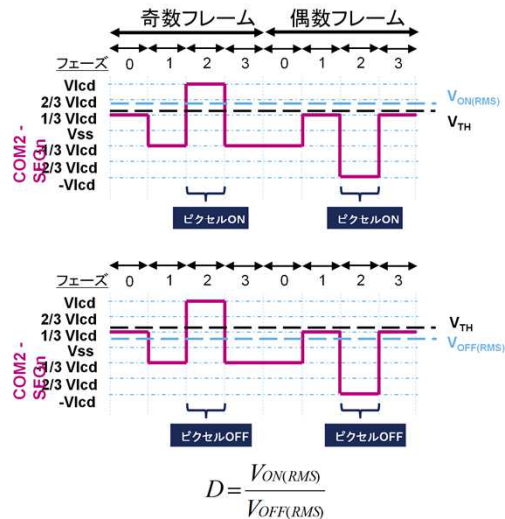
結果として、全体のフレーム (奇数) のLCD RMS電圧が減らされて、従って、コントラストを減少させる。もちろん、デッドタイム期間がより長くなるにつれて、コントラストはより低くなります。

LCD コントラストレベル

12

コントラストレベルは、選ばれたデューティ比に依存する

- LCDセグメントをONするためには
 - $V_{ON(RMS)}$ は V_{TH} (LCD 閾値電圧)より大きくなくてはならない
- コントラストレベル依存は、
 - $V_{ON(RMS)}$ と $V_{OFF(RMS)}$ 電位差
 - $V_{ON(RMS)}$ vs V_{TH} のレベル
- $V_{ON(RMS)}$ と $V_{OFF(RMS)}$ はデューティ比依存
 - デューティ比がより低くなれば、コントラストはよりよくなる



LCDディスプレイは実効値(RMS)電圧レベルに影響されます。

セグメントをONするために、このセグメント(この例ではCOM2とSEGnの間の電位差)に適用されたRMS電圧が、LCDディスプレイ入力電圧(V_{TH})より大きくなければなりません。

LCD入力電圧は、LCDパネルと温度において使われた液体の品質に依存します。

注意点としては、コントラストは、オン(不透明)であるLCDセグメントおよびオフ(透明)であるLCDセグメントの透明度の違いにより定義されます。

すなわちLCDセグメントON ($V_{ON(RMS)}$)のRMS電圧およびLCDセグメントオフのRMS電圧の違いによります。

そして、 $V_{ON(RMS)}$ と $V_{OFF(RMS)}$ の違いがより大きいと、コントラストはより高くなります。

同じ方法において、コントラストはまた、 $V_{ON(RMS)}$ 対LCD入力電圧のレベルに依存します。

VON(RMS)とVTHの違いがより大きければ、コントラストはより高くなります。

しかし、VON(RMS)とVOFF(RMS)は、LCDディスプレイを駆動するために用いられた多様なレート(または、デューティ比)と直接結び付けられます。

LCDディスプレイを駆動するために必要なCOMターミナルの数が増える時には、VON(RMS)とVOFFの間デスクリミナーション比(D)(LCDディスプレイが達成できる対比レベル)が減少しRMSが減少しそして、コントラストは減少します。

その結果として $V_{ON(RMS)}$ と $V_{OFF(RMS)}$ 間のより大きい分離と、より良いコントラストが提供されます。マルチプレクスされた比率が増加すると、LCD電圧も増大しなければなりません。

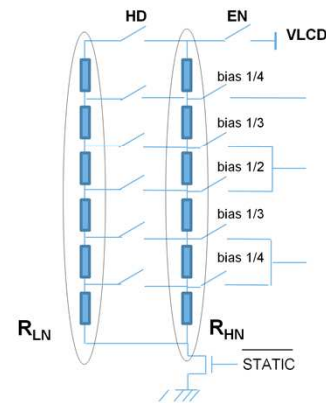
セグメントおよび共通のターミナルについてLCDコントローラの設定が、LCDディスプレイに一致しているか確認してください;これはコントラスト低下の原因となります。

LCDデュアルドライブ機能

13

ドライブレベルと電力消費最適化のトレードオフ

- LCD電圧が生成される、
 - 内蔵ステップアップコンバータ
 - 外付電源をVLCDピンに接続
- 中間電圧レベルを生成するために、抵抗ネットワークが使用される
 - R_{LN} は変遷の間に電流を増大させる
 - R_{HN} はスタティック状態の電力消費量を減らす



LCDコントローラの電源は、外部の電圧源VLCDピンから、または内蔵セットアップコンバータのどちらからでも供給できます。

セットアップコンバータがVLCDソースとして選ばれる時には、VLCD値はLCD_FCRレジスタのコントラストコントロールビットを経たVDD値と無関係に選ばれます。

もし外部の電圧源が選ばれるならば、内部のブースター回路（セットアップコンバータ）は、電力消費量を減らすために自動的に無効になります。

どちらの場合でも、コモン、セグメント波形のために必要な中間的な電圧レベルは、抵抗ネットワークで、生成されます。

駆動能力の高い低値抵抗(R_{LN})を持つ一方で、スタティック状態で、電力消費量を低減らすための低ドライブ機能用の高値抵抗(R_{HN})を持ちます。

高駆動用抵抗ブリッジが閉じられる時には、 R_{LN} デバイダーは無効になります。

HDビットが設定される時に、恒久的、またはPulse On

Duration (PON)の機能のための短期の間、高駆動抵抗ブリッジのスイッチが入れられます。

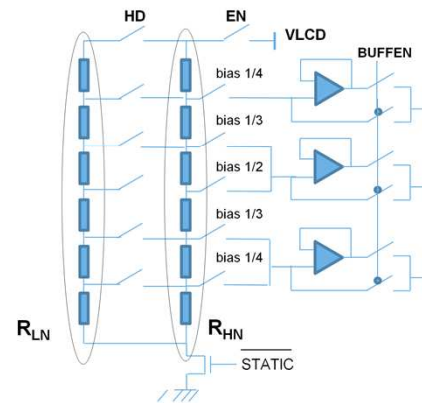
コモンとセグメントラインのレベルが変化する各々の時間に、どの R_{LN} が有効にされるかを、PONビットが設定します。

LCD低電力出力バッファ

14

高静電容量負荷に適している

- 高負荷LCDパネルの駆動可能
 - 抵抗ブリッジで駆動できないLCD静電容量負荷も駆動可能
 - 信号波形と V_{RMS} は高駆動抵抗ブリッジを必要としなくても改善できますの必要なしで改善される。
- 低消費出力バッファ
- V_{LCD} 電源から独立している



この柔軟なLCDドライブ機能は、静電容量負荷を駆動するLCDコントローラ的能力を補助するために、低電力電圧出力バッファにより完成されます。

このバッファのため、LCD静電容量負荷は、個々の変化の間に出力コンデンサ（ピクセル）へのチャージとディスチャージを増強くさせて、抵抗ブリッジでは駆動できない負荷を駆動することができます。

これによって、電圧ノードは非常に安定し（電圧ドロップなし）、信号波形とRMS電圧値を大幅に改善します。

このバッファは、最適化された電力消費量です。

変化の間にLCD負荷に必要な電流を供給しますが、スタティックなフェーズの間では、消費電力は非常に小さいです。

バッファが有効であり、中間的な電圧が R_{HN} により生成される時に電力消費量をさらに減らすために、HDビットまたはPONビットコンフィギュレーションにかかわらず、 R_{LN} は自動的に無効になります。

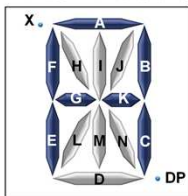
選ばれたLCD電源に問わず、出力バッファは使用可能です

(内部、または外部)。

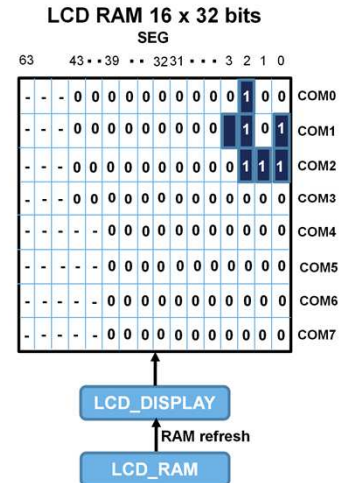
英数字からLCD_RAMレジスターへ

- LCDデータレジスター(LCD_RAM[15:0])はピクセル情報を含む(アクティブ／非アクティブ)
- 個々のマトリックス要素はLCD_RAM[15:0]の1ビット
- COM[x]とSEG[y]により定義されたピクセルを使用可能にするために
 - M[x][y]は『1』に設定されなければならない
- COM[x]とSEG[y]により定義されたピクセルを使用不可能にするために
 - M[x][y]は『0』に設定されなければならない
- LCD_RAMレジスターはいつでもアップデート可能

16セグメントデジット



M[i,j]	COM0	COM1	COM2	COM3
SEG0	X	F	E	D
SEG1	I	J	K	N
SEG2	A	B	C	DP
SEG3	H	G	L	M
0x	4	D	7	0



ダブルバッファメモリ: LCD_RAMはいつでもアクセス可能

LCDピクセルは、対応したビットを設定すること、またはLCDデータレジスターを取り除くことによって個々にコントロールされます。

STM32L4は、176(44x4)または320(40x8)LCDピクセルを駆動するために最大8つのコモンターミナル、および最大44のセグメントターミナルのLCDディスプレイを、16x32ビットにより構成されているLCD_RAMデータレジスターを(1 COMあたり2つの32ビットワード)を使って、コントロールできます。

LCDソフトウェアを効率的にし、LCD英数字コード化を最適化するために、マトリックスうが使われます。個々のマトリックス要素はLCD_RAM[15:0]レジスターの1ビットと一致します。

例えば、『A』を表示するにはSEG2とCOM0と接続し、M[2, 0]は『1』に設定します。

結果として、LCD_RAMレジスターのビット2のCOM0が『1』に設定されます。

ダブルバッファメモリー機能のおかげで、LCD_RAMレジスタは、表示されたているデータに影響せず、ディスプレイ部分修正をコントロールするために、割込みを用いる必要もなく、アプリケーションによっていつでもアップデートできます。

アプリケーション・ソフトはファーストバッファレベルにアクセスできます(LCD_RAM)。

いったんその内容が修正されたら、セカンドバッファレベルに移動するのには、アップデート情報が要求されます(LCD_DISPLAY)。

この操作は次のフレームの最初に同期して行われます。

割込みイベント	説 明
フレームの開始	新しいフレームが始まるたびに設定
表示のアップデート完了	ディスプレイアップデートのためのセカンドのバッファレベルに新しいLCD_RAMデータが移動すると設定。この操作は次のフレームの最初に同期する。

デバイスが、ストップモード(PCLKは提供されない)の時は、表示のアップデート完了割込みイベントは起きない。



LCDコントローラのため2つの割込みイベントがあります。
 両方は同じ割り込みベクトルを共有します。新しいフレームが
 スタートする時に、ソフトウェアイベントと同期するたびに、フ
 レーム割込みの開始が設定されます
 新しいLCD_RAMデータがセカンドバッファレベル
 (LCD_DISPLAY)に移動するたびに、表示のアップデート完
 了割込みが1回セットされます。
 この操作は次のフレームの最初に同期して実行されます。

低消費電力モード

17

モード	説 明
Run	動作。
Sleep	動作。周辺機能割込みでSleepモードから復帰します。
Low-power run	動作。
Low-power sleep	動作。周辺機能割込みでLow-power sleepモードから復帰します。
Stop 1	停止。周辺機能レジスタは保持
Stop 2	停止。周辺機能レジスタは保持
Standby	パワーダウン。周辺機能はStandby モードから復帰した後に、再初期設定されなければならない
Shutdown	パワーダウン。周辺機能はStandby modeモードから復帰した後に、再初期設定されなければならない



LCDコントローラは、電力消費量を非常に効率的にしているすべてのSTM32L4低消費電力モードをサポートします。
StandbyモードとShutdownモードには、コントローラはオフされます。

- この周辺機能と関連したこれらのトレーニングモジュールを参照してください
 - LCDコントローラのクロックソースの詳細については、リセットとクロックコントローラ(RCC)
 - LCDコントローラの割込みのマッピングの詳細については、割込み機能
 - VLCDピンだけでなくLCDコントローラのセグメントおよびコモン端子の詳細については、汎用入出力(GPIO)
 - LCDコントローラの低消費電力モードの説明については、パワーコントローラ(PWR)



LCDインタフェースと関係する次の周辺機能のトレーニングモジュールを参照してください:

LCDコントローラのクロックソースの詳細についてのリセット & クロックコントローラ(RCC)。

LCDコントローラの割込みのマッピングの詳細の割込み。

VLCDピンだけでなくLCDコントローラのセグメントおよびコモンラインの詳細についての汎用IO(GPIO)。

LCDコントローラの低消費電力のモードの説明のためのパワーコントローラ(PWR)。