

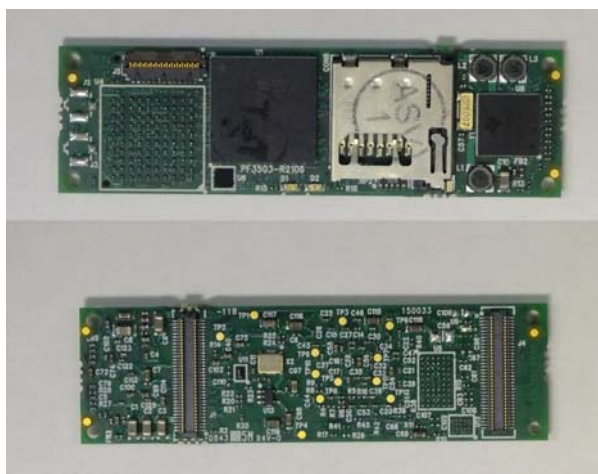
Gumstix Overo に 7 インチ

LCD を接続

ここでは、Gumstix Overo シリーズに Samsung 社製の 7inch TFT-LCD (800x480x24bit カラー)を接続する方法について紹介します。

Gumstix Overo とは

Gumstix 社の Overo シリーズは、TI 社製の CPU OMAP3530(以下 OMAP と略記)と、メモリ(RAM と ROM)、電源・周辺インターフェイス統合チップを小さなボードにコンパクトにまとめたシングルボードコンピュータです。このボードには、外部接続用コネクタとして 70 ピンのコネクタが 2 個と FPC 用コネクタ(カメラ等が接続できる)が実装されています。これらのコネクタには LVCOMS レベル(1.8V) の周辺デバイス用の信号が出力されているため、容易に周辺 IO デバイスを接続して拡張することができるようになっています。また、オンボード Wifi や Bluetooth などの有無等でシリーズ化されている(なおこの原稿の執筆時点では電波法令で規定されている無線技術基準適合の認証が行われていない様です。オンボードの無線 LAN および Bluetooth については日本国内での使用はできない。無線 LAN 等を利用するためには認証が行われた USB アダプタなどを接続する必要があります。)

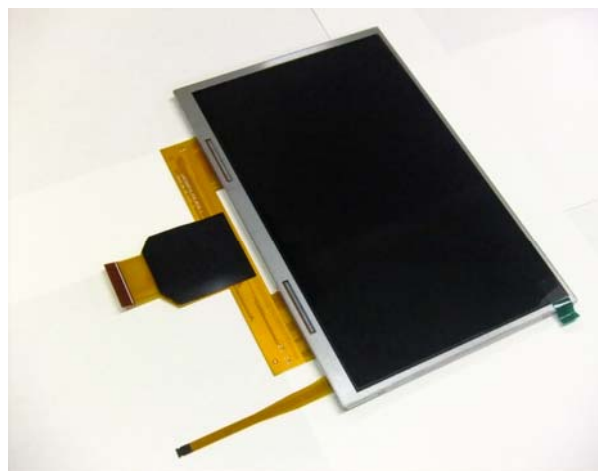


接続する TFT-LCD について

Samsung 社の TFT-LCD ユニットの、下記の特徴を持つ モバイルデバイス用のデバイスです。

- 表示面のサイズが 7 インチ
- 表示ピクセル数は 800 x 480 ドット
- 表示可能色数: 約 1600 万色 (24bit カラー)
- 白色 LED バックライトを採用

TFT-LCD ユニットの 3.3V レベルの 24bit 長の画像信号バス、4bit 長同期信号バスで受信して表示パネルに表示を行います。バックライトの電源は、別系統で供給され、常に点灯させる。なおバックライトを点灯しないと、表示内容が見えませんが、必ず点灯させる必要があります。



基本的な接続方法

Gumstix Overo に搭載されている OMAP には LCD コントローラが内蔵されています。この LCD コントローラは、フレームメモリに書き込まれた内容を読み出し、TFT-LCD に表示するための必要な信号をハード的に生成して出力するハードウェアです。OMAP の内部レジスタにパラメータを書き込むことで様々な LCD 等に対応しています。また、この信号から DVI-D 信号へ変換することにより HDMI ディスプレイに接続することも可能です。

TFT-LCD を接続するために必要な信号は OMAP より全て出力されているのでこれらの信号を TFT-LCD に接続することで簡単に動作させることが

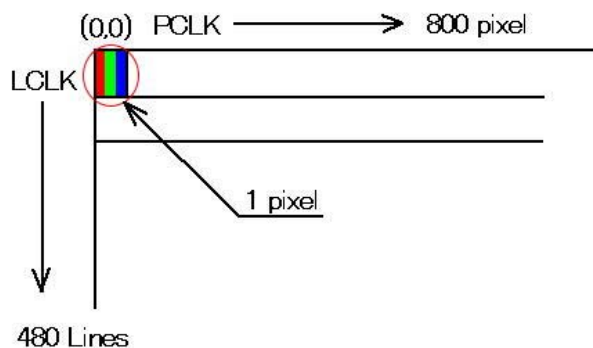
できます。

ここで注意しなければならない点は、OMAP の IO 駆動電圧が 1.8V であり、LCD ユニット側の IO 駆動電圧が 3.3V であり、異なっている点です。OMAP に接続する周辺デバイスのインターフェイス電圧が 1.8V 以外の電圧である場合には注意が必要で、一般的には直接接続することができません。今回接続する TFT-LCD 場合も IO 駆動電圧が 3.3V であり、インターフェイス電圧が異なるため、直接接続することができません。この場合は、電圧変換用の LSI を介して接続する必要があります。詳しくは 後述します。

TFT-LCD のパネル自体は全く発光しないため、表示内容を見るためにはバックライトが必要となりますので、バックライト用の電源も必要となります。

TFT-LCD の表示方法

具体的な接続例を示す前に、TFT-LCD に使われる信号について簡単に説明します。



OMAP からフレームの開始信号として、FCLK 信号が送信されます。これにより表示開始位置が左上の (0,0) であることを示します。TFT-LCD は FCLK 信号を受信すると、次のピクセルデータは (0,0) のデータとします。

次に OMAP から 24bit 長のデータバスに 1 ピクセル分の画像データをセットして、PCLK 信号を送信します。TFT-LCD 側は、PCLK 信号を受信すると、24bit 長のデータバスを読み込み、(0,0) のピクセルに表示を行います。次のピクセルは 右側に 1 ピクセル

進んだピクセルになります。OMAP はデータバスに次のピクセルのデータをセットしたのち 再び PCLK を送信します。TFT-LCD 側は PCLK を受信すると、再びデータバスから読み込み、次のピクセルに表示します。これを 800 ピクセル分繰り返すことにより、最初の 1 ライン分が完成します。1 ラインの送信が完了すると、LCLK 信号で次のラインに移ることが送信され、再び 800 ピクセル分が繰り返されます。このようにして、480 ライン分繰り返すことにより、1 フレーム分の画像が完成します。(ノン・インターレス表示の場合) 1 フレーム分が完成すると、FCLK 信号が送信され、次のフレームに移ります。再び (0,0) からピクセルのデータが開始され、同様に次のフレームが処理されます。この動作を繰り返すことにより、画像が表示されるようになります。この画像データの送信のために使われる信号をまとめると下記の通りになります。

- 垂直同期信号 VSYNC

フレームクロック FCLK とも呼ばれます。フレームの開始を示す信号

- 水平同期信号 HSYNC

ラインクロック LCLK とも呼ばれます。水平方向のラインの開始を示す信号です。

- ピクセルクロック PCLK

1 ピクセル毎の区切りを示す信号です。CRT には存在しません。TFT-LCD の場合 各ピクセルの区切りを明確にするためにピクセルクロック信号が存在します

- (ピクセル)データ イネーブル DE

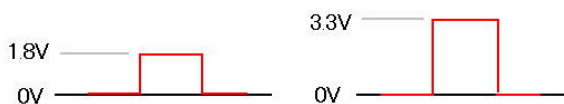
RGB のピクセルデータが有効が無効か示す信号です。水平方向の走査中は アクティブになっています。

- (ピクセル)データ

24bit 長のデータバス

IO 駆動信号の電圧について

OMAP の周辺 IO の駆動電圧は 1.8V のシングルエンドの信号です。つまり H レベルの電圧は 約 1.8V、L レベルの電圧は約 0V です。Gumstix Overo の場合、ボード上のコネクタに 1.8V のまま出力されています。一方、TFT-LCD パネルの駆動電圧は 3.3V のシングルエンドです。



一般的に H レベルの入力電圧は 電源電圧の 0.65～0.7 倍以上の電圧を必要となるため、TFT-LCD の H レベル入力電圧は 下記の通りとなります。

$$\text{H レベル入力電圧} = 3.3 \times 0.65 = \text{約 } 2.15\text{V 以上}$$

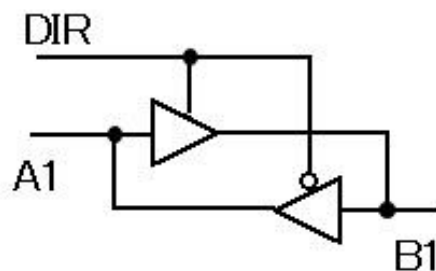
OMAP からの電圧は 1.8V であるため H レベルの電圧が低く正常に動作させることが出来ませんから、なんらかの方法で昇圧する必要があります。

なお、TFT-LCD の場合は OMAP 側への出力信号がなく、接続がありませんが、(他のデバイスで) 3.3V の出力端子のある場合、一般的に 1.8V 入力端子に 3.3V の出力を接続することもできません。多くの場合は、電源電圧 +0.3V が限界になります。1.8V で動作している回路の場合には 2.1V までとなるために接続できなくなります。なお、一部のデバイスでは 保護回路等が内蔵されて電源電圧 +0.3V を超える場合でも入力可能な場合もあります。+0.3V 以上でも入力できるか否かという点については個別にデータシートで確認する必要があります。

前述の通り OMAP から出力される信号レベルでは TFT-LCD に直接入力できないため、1.8V の H レベル信号を 3.3V の H レベルに変換してから TFT-LCD に入力することにより接続することができるようになります。このような異電圧ロジックの変換を行い、接続するための手法や対応する LSI は数多くありますので、その中から用途にあわせて選択することになります。

す。TFT-LCD に使われる信号は、単方向だが高速に画像データの伝送する必要があるため、この速度に十分に追従する性能のある LSI を選択する必要があります。ここでは、TI 社の SN74AVCB164245 という LSI を採用しました。

SN74AVCB164245 は、電圧が異なる 2 つの非同期バスを接続することができる 8bit 長の非反転トランシーバーを 2 組、合計 16bit 長を内蔵しています。変換する必要のある信号は 28bit 分ありますので、2 個使用します。(4bit 分が余る) 利用可能な電圧は 1.4V から 3.6V までであり、1.8V と 3.3V の変換を行うことが可能である。この LSI の OE 端子(Output Enable) を省略した動作ロジックは 下図の通りです。



この LSI は、DIR 端子を使うことによって 変換方向を A → B または B → A へ非同期で切り替えることができます。OE 端子を使うことで非同期で 2 つのバスを切り離すことも可能になっています。詳細については SN74AVCB164245 のデータシートを参照してください。今回は、OMAP から TFT-LCD へ的一方のみになるため、DIR 信号は固定になります。また、常に変換動作を行うため、OE 端子も 常に有効になるように固定します。

今回のケースでは以下のように接続します。VccA 側には 1.8V を接続し、OMAP からのバスを接続します。VccB 側には 3.3V を接続し、TFT-LCD へのバスを接続します。DIR 端子は、A → B になるように H レベルで固定します。OE 端子は 常に有効になるように L レベルで固定します。

TFT-LCD 信号の接続

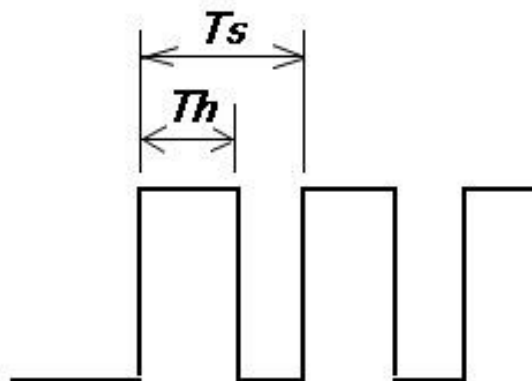
OMAP からは ピクセル信号が RGB 各 8bit, 合計 24bit 長のバスで RGB の値が表現されて出力されています。ちなみにこのような方式をパラレル式と呼びます。Gumstix Overo のコネクタには出力されている信号には L_DATA00 ~ L_DATA23 という名前がついています。このうち L_DATA00 ~ L_DATA07 は青成分が LSB~MSB の順に並んでいます。同様に L_DATA08~L_DATA15 は 緑成分、L_DATA16~L_DATA23 は、赤成分 となっています。この割り当てでは OMAP のハードウェアによってあらかじめ決まっているためソフトウェアからは変更することが出来ません。この OMAP のビットの並びと TFT-LCD に入力する RGB 成分のビットの並びが異なる場合があります。TFT-LCD に接続するときは RGB 各成分の並びおよび LSB~MSB の割り当てを間違えないように注意する必要があります。これを間違えると、正しい色が表示されません。そのほか、制御用のデータライン、ピクセルクロック、水平同期、垂直同期の各信号も同じように接続します。

なお、SN74AVCB164245 の入力側 つまり 1.8V 側をフロート状態にしてはいけません。フロート状態を避けるために必ずプルアップまたは、プルダウンの処理を行います。

TFT-LCD バックライト

TFT-LCD の各ピクセルは発光しません。バックライト型の TFT-LCD は、RGB の各シャッターを表示色に応じて開閉させ、背面に組み込まれたバックライトからの光を透過させることで、目に見えるようにしています。(反射型は外からの光を反射させています) このためバックライトを発光させないと、表示内容が全く見ることはできません。以前は 冷陰極管型のバックライトが主流でしたが、最近は消費電力が少なく、薄くできるホワイト LCD を使うパネルが主流になりつつあります。この TFT-LCD パネルも 8 個直列に接続されたホワイト LED が 3 列、合計 24 個が組み込まれています。この TFT-LCD パネルの場合は 標

準値として 各ストリングに最大 20mA の電流を流します。バックライトの輝度を調整するときは、主に PWM のデューティ比の調整による方法と、電流を調整する方法があります。デューティ比は、1 サイクルの波形の中でどれくらいの割合で H レベルの時間があるのか、という比率で表します。まったく H レベルがない状態を 0%, すべて H レベルの状態を 100% として、この H レベルの時間を調整します。H レベルの間は、バックライトが発光し、L レベルの間は発光しません。この結果、バックライトは常に点滅している状態になりますが、高速で点滅させること、点滅しているのではなく 発光している時間の割合に応じて明るく見えたり、暗く見えたりします。



$$\text{デューティ比} = \text{Th の時間} / \text{Ts の時間}$$

プログラムから調整する場合、PWM のデューティ比による調整方法が比較的容易に実装できることから、調光には 前者を採用することが主流のようです。後者の場合、電流値を決定する抵抗値の調整が必要になるケースが多く、プログラムからの調整が困難です。ハードウェア的に調整して、固定する場合にはよく使われます。今回はプログラムから調光できるように、PWM による調光を採用しています。

実際の回路図

(1) Gumstix Overo コネクタ

Gumstix Overo を接続するための 70pin のコネクタ

から TFT-LCD に必要な L_DATA00～L_DATA23, FCLK, LCLK, PCLK, BIAS(DE 信号) および調光用の PWM を引き出しています。その他 Gumstix 用の電源を配置しておきます。

(2) 電圧変換

OMAP からの信号を VccA 側に、TFT-LCD に出力する信号を VccB 側に接続しています。この SN74AVCB164245 は、信号の方向を決める DIR 端子および、変換を有効にする OE 端子がある。DIR 端子は、H レベルに、OE 端子は GND に接続して変換の方向および常時動作に設定してあります。変換する信号は、24bit の画像信号、クロック 4bit 分あり、合計 28bit 分あります。LSI は 1 個で 16bit 分しかありませんので、2 個使用して 32bit 分を確保しています。なお、余った入力端子は VccA 側に接続して入力がフロート状態にならないように注意します。

(3) 電源回路

この回路では下記の電源が必要となるため、電源用 IC を使って必要な電源を生成しています。

- 1.8V OMAP の IO で使用
- 3.3V TFT-LCD で使用
- 3.3～4.2V Overo で使用

なお、Overo 用の電源は、3.3～4.2V の間で安定している必要があります。(変動して良いという意味ではないので注意)

(4) バックライト回路

バックライトは ホワイト LED が直列 8 個 x 3 列を駆動できるようにする。1 列あたり 20mA 必要になります。今回は 3 列あるため全体では 60mA LED となる。またホワイト LED の順方向降下電圧は、約 3V 弱であるため、必要な電圧は $3V \times 8 = 24V$ となる。

リニアテクノロジー社製 LT3598 を使い、昇圧および定電流電源を構成しています。過電圧保護のための電圧を約 31V にしてあります。ぎりぎりの電圧だと、十分に電流が流れないまま上限に達し、動作不

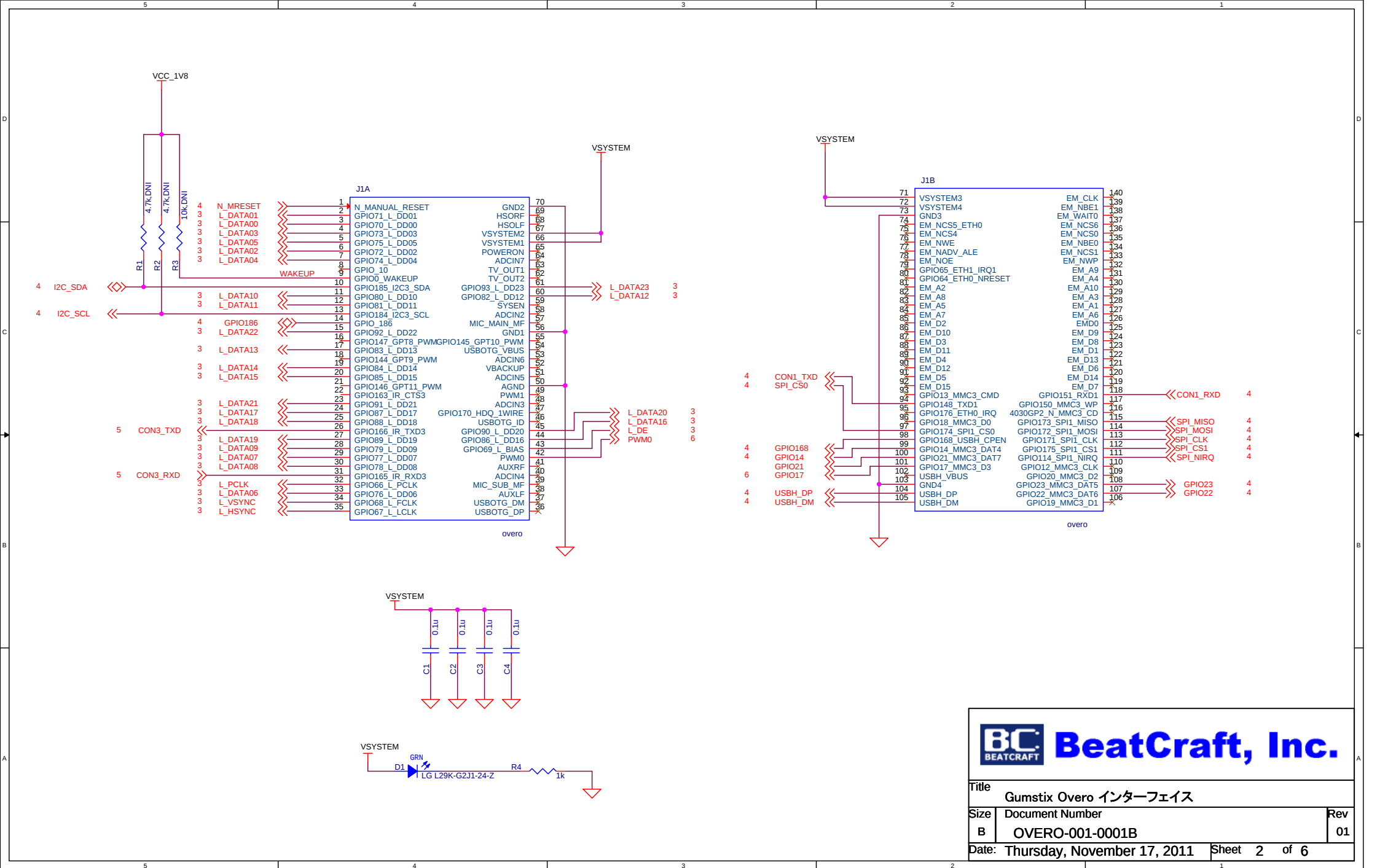
良になる可能性がありますので、高めに設定します。また 調光用として PWM 信号を入力しています。

その他

添付の回路図では、拡張用の GPIO 端子、SPI 端子、I2C 端子などを拡張コネクタに配線しています。このほかにも、シリアルコンソールを USB-Serial 変換 LSI に接続し、USB ケーブルでシリアルコンソールに接続できるように拡張してあります。

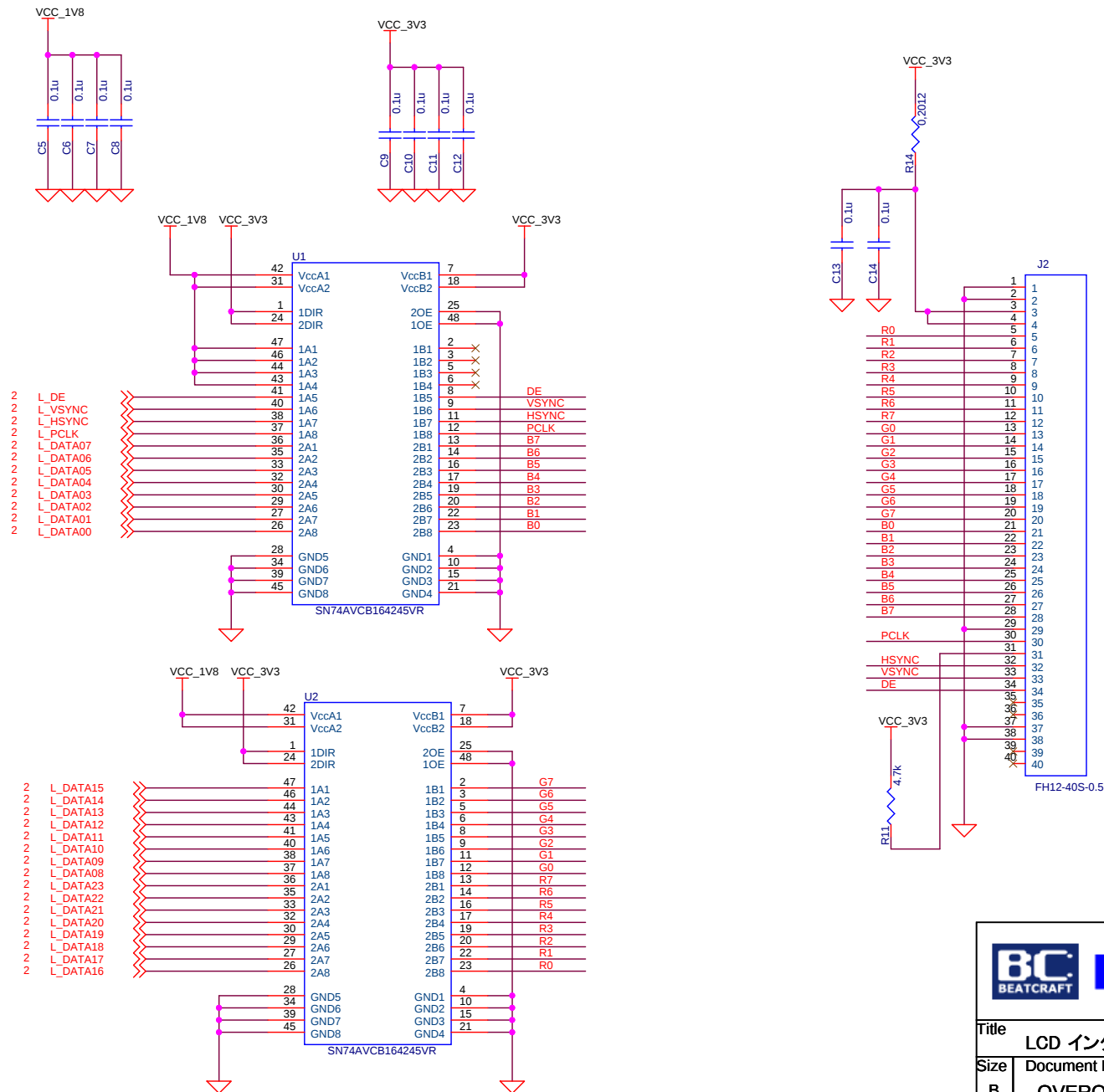
REV	Description	DATE	BY
01	初版 作成	2011/11/18	Ryuchi

CONTENTS	
PAGE NO.	SCHEMATIC PAGE
1	表紙
2	Gumstix Overo インターフェイス
3	LCD インターフェイス
4	電源回路・外部接続コネクタ
5	USB Serial コンソール
6	LCD バックライトドライバ

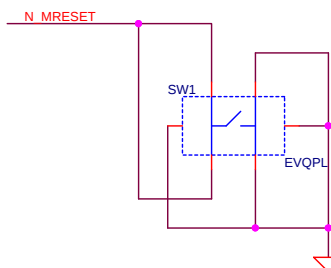
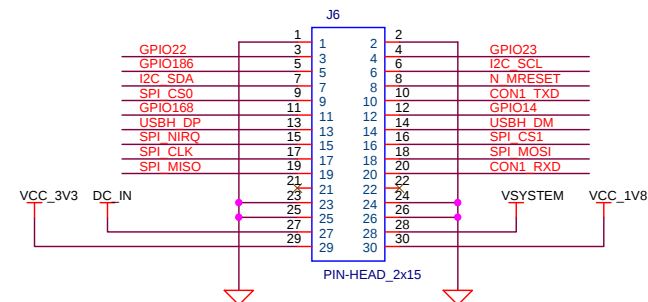
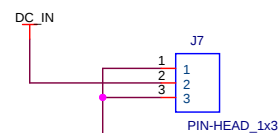
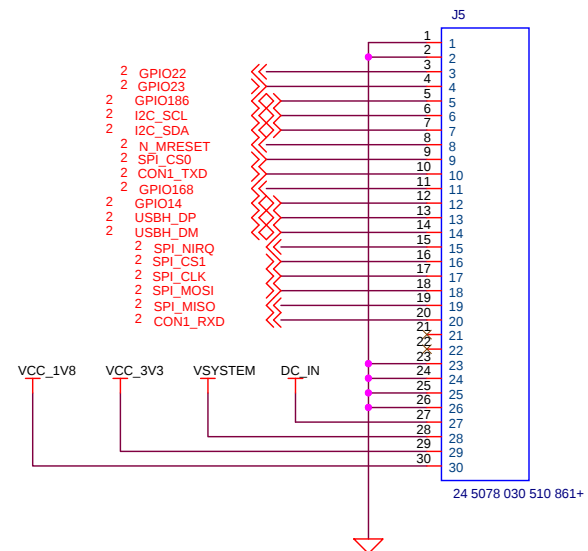
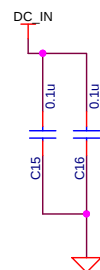
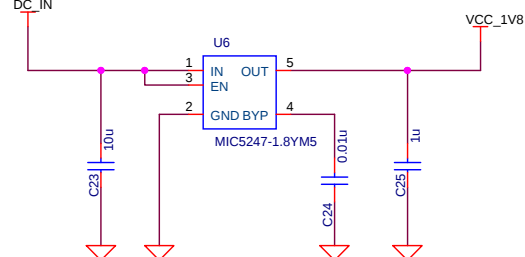
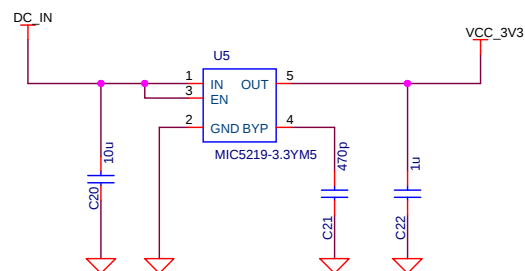
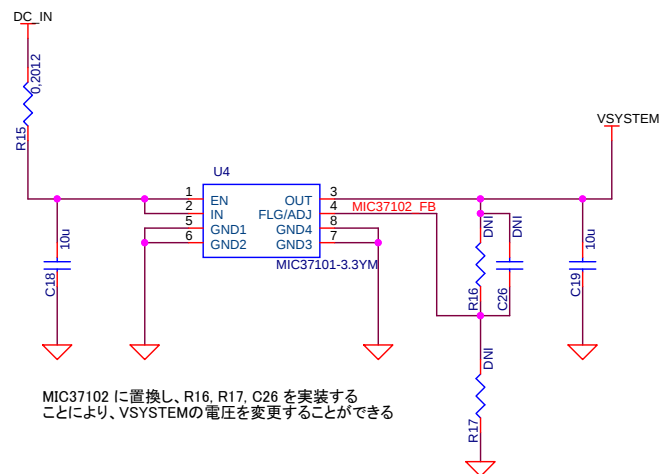


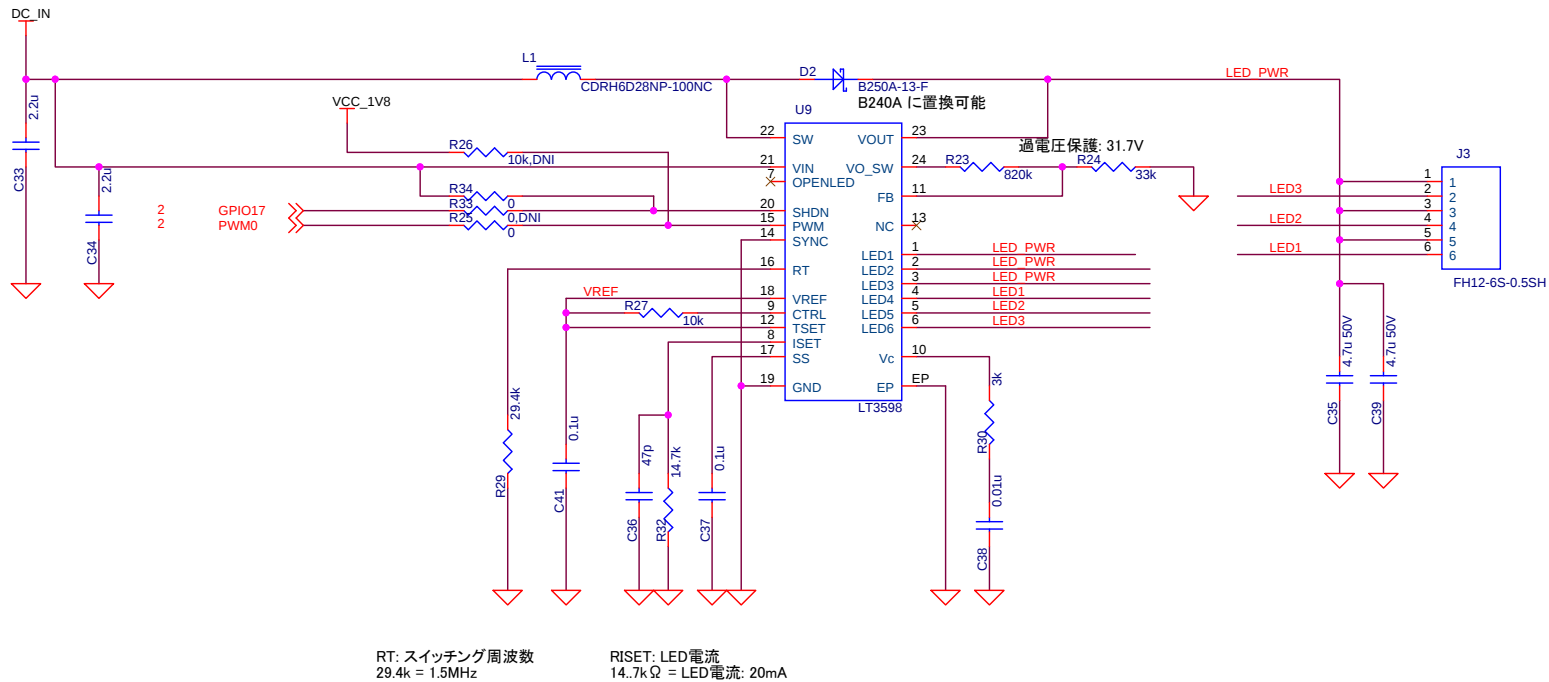
**BeatCraft, Inc.**

Title		
Gumstix Overo インターフェイス		
Size	Document Number	Rev
B	OVERO-001-0001B	01
Date:	Thursday, November 17, 2011	Sheet 2 of 6



 BeatCraft, Inc.		
Title LCD インターフェイス		
Size B	Document Number OVERO-001-0001B	Rev 01
Date: Friday, December 09, 2011	Sheet 3	of 6





 BeatCraft, Inc.		
Title LCD バックライトドライバ		
Size B	Document Number OVERO-001-0001B	Rev 02
Date: Friday, December 02, 2011	Sheet 6 of 6	