

お客様各位

カタログ等資料中の旧社名の扱いについて

2010年4月1日を以ってNECエレクトロニクス株式会社及び株式会社ルネサステクノロジが合併し、両社の全ての事業が当社に承継されております。従いまして、本資料中には旧社名での表記が残っておりますが、当社の資料として有効ですので、ご理解の程宜しくお願ひ申し上げます。

ルネサスエレクトロニクス ホームページ (<http://www.renesas.com>)

2010年4月1日

ルネサスエレクトロニクス株式会社

【発行】ルネサスエレクトロニクス株式会社 (<http://www.renesas.com>)

【問い合わせ先】 <http://japan.renesas.com/inquiry>

ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途の目的で使用しないでください。また、当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りが無いことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）
特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないようお客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

H8/300L Super Low Power (SLP)シリーズ

I/O ポートのハードウェア接続

内容

全 I/O ポートの電気的特性と動作を検討するとともに、複数の電圧を用いるシステムに関する注意事項について説明します。

はじめに

本アプリケーションノートは、システム開発エンジニアが CMOS ロジックの I/O ポートの電気的特性や動作を検討する際の手助けをし、システム実装時に I/O ポートを正しく動作させることができるようにします。さらに、CMOS ロジックで設計する場合、またシステムが複数の電圧を使用する場合の各種注意事項についても説明します。

本アプリケーションノートでは、H8/38024F マイクロコンピュータを例として説明します。

動作確認デバイス

H8/38024F

目次

1. IO ポートの電気的特性	2
2. CMOS ロジックの電気的動作.....	3
2.1 CMOS 論理レベル.....	3
2.2 MOS トランジスタ	3
2.3 定常状態の CMOS の電気的動作	5
3. 負荷の影響	6
4. 未使用 CMOS 入力.....	6
5. 電流スパイクとデカップリングコンデンサ.....	6
6. ロジックファミリ.....	7
7. プルアップ MOS トランジスタ	7
8. 大電流、高電圧オープンドレイン IO ポート.....	7
9. 3V と 5V の接続に関する検討	7
10. まとめ.....	11
参考文献	11

1. IOポートの電気的特性

H8/38024Fマイクロコンピュータには、I/Oポートが合計で10ポート（ポート1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A）あります。次の表に、H8/38024Fマイクロコンピュータの全I/Oポートに対する V_{IL} , V_{IH} , V_{OL} , V_{OH} の値を示します。

項目	記号	対応する端子	値			単位	備考
			Min.	Typical	Max.		
入力ハイレベル 電圧	V_{IH}	P_{13}, P_{14}	0.8VCC	—	VCC+0.3V	V	
		P_{16}, P_{17}					
		$P_{30} \sim P_{37}$					
		$P_{40} \sim P_{43}$					
		$P_{50} \sim P_{57}$					
		$P_{60} \sim P_{67}$					
		$P_{70} \sim P_{77}$					
		$P_{80} \sim P_{87}$					
		$P_{A0} \sim P_{A3}$					
		$P_{B0} \sim P_{B7}$	0.8VCC	—	AVCC+0.3V	V	
P95	0.9VCC	—	7.3	V			
入力ローレベル 電圧	V_{IL}	P_{13}, P_{14}	-0.3	—	0.2VCC	V	
		P_{16}, P_{17}					
		$P_{30} \sim P_{37}$					
		$P_{40} \sim P_{43}$					
		$P_{50} \sim P_{57}$					
		$P_{60} \sim P_{67}$					
		$P_{70} \sim P_{77}$					
		$P_{80} \sim P_{87}$					
		$P_{A0} \sim P_{A3}$					
		$P_{B0} \sim P_{B7}$					
出力ハイレベル 電圧	V_{OH}	P_{13}, P_{14}	VCC-1.0	—	—	V	$-I_{OH} = 1.0mA$
		P_{16}, P_{17}					
		$P_{30} \sim P_{37}$					
		$P_{40} \sim P_{42}$					
		$P_{50} \sim P_{57}$					
		$P_{60} \sim P_{67}$	VCC-0.3	—	—	V	$-I_{OH} = 0.1mA$
		$P_{70} \sim P_{77}$					
		$P_{80} \sim P_{87}$					
$P_{A0} \sim P_{A3}$							
出力ローレベル 電圧	V_{OL}	P_{13}, P_{14}	—	—	0.5	V	$I_{OL} = 0.4mA$
		P_{16}, P_{17}					
		$P_{30} \sim P_{37}$					
		$P_{40} \sim P_{42}$					
		$P_{50} \sim P_{57}$					
		$P_{60} \sim P_{67}$					
		$P_{70} \sim P_{77}$					
		$P_{80} \sim P_{87}$					
		$P_{A0} \sim P_{A3}$					
		$P_{90} \sim P_{92}$	—	—	0.5	V	$I_{OL} = 25mA$ $I_{OL} = 10mA$
$P_{93} \sim P_{95}$	—	—	0.5	V	$I_{OL} = 10mA$		

2. CMOS ロジックの電気的動作

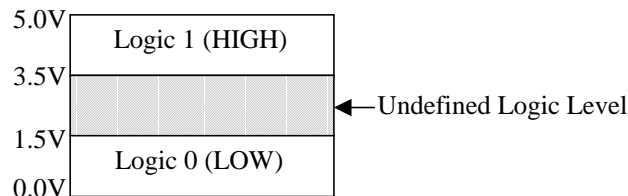
前章では H8/38024F マイクロコンピュータの I/O ポートの電気的特性について説明しましたが、本章では CMOS ロジック回路と MOS トランジスタの機能的動作について簡単に説明します。さらに、CMOS ロジックの電気的動作についても説明し、システム開発エンジニアの CMOS ロジックの動作に関する理解を助けます。

CMOS ロジック回路の機能的動作は簡単に理解できます。CMOS ロジック回路の基本的構成単位は MOS トランジスタです。しかし、CMOS ロジック回路と MOS トランジスタについて説明する前に、論理レベルについて簡単に述べます。

2.1 CMOS 論理レベル

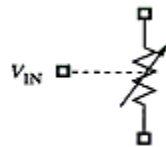
理論的にはロジック要素は 2 進の数字 0 および 1 を扱います。しかし、実際のロジック回路は、電圧レベルのような電気的信号を扱います。

いかなるロジック回路にも、論理値 0 と解釈される電圧範囲（または他の回路状態）と、それとは重ならない論理値 1 と解釈される電圧範囲があります。代表的な CMOS ロジック回路では、0~1.5V の範囲内の電圧を論理値 0 と解釈し、3.5~5.0V を論理値 1 と解釈します。その中間の範囲（1.5~3.5V）の電圧は、信号レベルの遷移途中以外では発生しないことになっており、論理不定です。



2.2 MOS トランジスタ

MOS トランジスタは、電圧制御型抵抗のように動作する 3 端子のデバイスとしてモデル化できます。下の図からわかるように、1 端子に入力する電圧で他の 2 端子間の抵抗値を制御します。デジタルロジックのアプリケーションでは、MOS トランジスタは常に抵抗が非常に高い（トランジスタがオフ）か低い（トランジスタがオン）のどちらかの状態になるように動作します。



MOS トランジスタには n チャネルと p チャネルの 2 種類がありますが、ここでは、n-MOS と p-MOS トランジスタの構造については説明せず、電気的動作について説明します。NMOS トランジスタのゲート - ソース電圧 (V_{gs}) は、通常 0 または正電圧です。 $V_{gs}=0$ のとき、ドレイン - ソース抵抗 (R_{ds}) は非常に高くなります ($M\Omega$ 以上)。 V_{gs} を上げると（ゲートの電圧を上げると）、 R_{ds} は非常に小さな値に下がり、デバイスによっては 10Ω 以下になるものもあります。PMOS トランジスタも NMOS トランジスタの動作と似ていますが、通常、ソース電圧のほうがドレイン電圧より高く、 V_{gs} は 0 または負電圧である点のみが異なります。 $V_{gs}=0$ のとき、ソース - ドレイン抵抗 (R_{ds}) は非常に高くなります。理論的には、 V_{gs} を上げると（ゲートの電圧を下げると）、 R_{ds} は非常に小さな値に下がります。

以下、CMOS ポートと接続する際の電氣的な側面について説明します。

- DC ノイズマージン

負荷などの要因により、CMOS 出力信号はローレベル時とハイレベル時に電圧値は異なります。(負電圧でない) DC ノイズマージンは次の 2 つの電圧範囲を指します。即ち、「次段入力 LOW と確実に判断する最大電圧値」より小さい「LOW 出力の最大電圧」より低い電圧と「次段入力 HIGH と確実に判断する最小電圧値」より大きい「HIGH 出力の最小電圧」より高い電圧です。

- ファンアウト

1 箇所出力に接続された入力の数と種類のことを指します。1 本の出力に接続された入力が多すぎると、回路の DC ノイズマージンが不適切になります。また、ファンアウトは、出力変化速度にも影響します。

- 速度

CMOS 出力がローレベルからハイレベルへ、またはその逆へ変化するのに必要な時間は、デバイスの内部構造と、そのデバイスが駆動する他のデバイスの特性の両方に依存します。出力に接続した配線や PCB のパターンにも影響されます。

- 消費電力

CMOS デバイスが消費する電力は、内部構造だけでなく、受信する入力信号や、駆動する他のデバイスや、出力がローレベルとハイレベルの間を変化する頻度など、多数の要因に依存します。

- ノイズ

ノイズが存在しても回路が正しく動作することを確実なものとするために、設計マージンを規定することが必要です。ノイズは、宇宙線や近くの機器からの磁界など、多数の要因で発生します。

- 静電放電

静電放電が原因により、単に人手で触れるだけでも CMOS デバイスを破壊することがあります。

- オープンドレイン出力

CMOS 出力の中には、通常は存在する p チャネルプルアップトランジスタを省いているものもあります。このように、ハイレベル状態ではオープン状態であり、アプリケーションによってはこれが有効です。

CMOS 出力構造の p チャネルトランジスタはアクティブにプルアップを行なうもので、これは、ローレベルからハイレベルへの遷移時に出力電圧を能動的にプルアップします。オープンドレイン出力のゲート回路では、このトランジスタを省いています。最上段の n チャネルトランジスタのドレインは、内部的に未接続のままにされ、出力がローレベルでないときはオープンになります。オープンドレイン出力では、受動的にハイレベルにプルアップするには外部プルアップ抵抗が必要です。

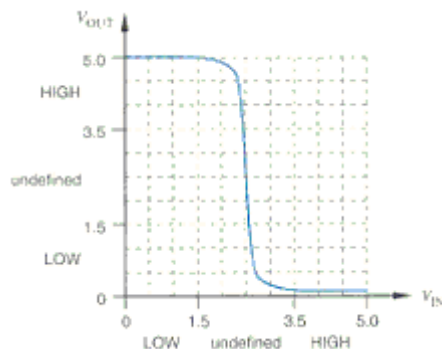
速度をできるだけ上げるためには、オープンドレイン出力のプルアップ抵抗をできるだけ小さくし、ローレベルからハイレベルへの遷移の RC 時定数(立ち上がり時間)を最小にします。しかし、プルアップ抵抗値はいくらでも小さくできるものではなく、最小値はオープンドレイン出力の最大吸い込み電流 I_{OLmax} で決まります。オープンドレイン出力を持つゲート回路は立ち上がりが遅いですが、LED などのデバイスを駆動する場合、ワイヤードロジックを実現する場合、複数ソースのバスを駆動する場合などには役に立ちます。

- 3 ステート出力

CMOS 出力のなかには、もう 1 本の出力イネーブル制御入力を持つものがあって、これは p チャネルプルアップトランジスタと n チャネルプルダウントランジスタの両方をディスエーブルにすることができます。このようなデバイス出力を多数まとめ、1 度に 1 つの出力だけがイネーブルになるような制御ロジックを設ければ、複数ソースのバスを作ることができます。

2.3 定常状態のCMOSの電氣的動作

入力と出力が変化していないときの回路の動作です。例えば、CMOSインバータの動作は、2つの不連続な入力電圧値に対して定義します。残りの他の入力電圧では、異なる出力電圧が発生します。入出力伝達特性は、下図に示すようなグラフで表現できます。



理想的なケースでは、CMOSのローレベル入力電圧を2.4V未満に、ハイレベル入力電圧を2.6Vを超える値に定めることができます。この場合、入力が2.4Vから2.6Vの間するときだけ、インバータは論理値でない出力が発生します。残念ながら、伝達特性は電源電圧や温度や出力負荷などの影響を受けるため、上図の伝達特性は典型例にすぎず、保証できません。

音響工学の現場では、ローレベルとハイレベルに関してさらに慎重な仕様が要求されます。こうしたパラメータはCMOSデバイスメーカーがデータシートに、次のような定義で記載しています。

- V_{OHmin}
- V_{IHmin}
- V_{ILmax}
- V_{OLmax}

入力パラメータは主に2つのトランジスタのスイッチしきい値で決まり、出力パラメータは主にトランジスタのオン抵抗値で決まります。こうしたパラメータは、デバイスの入出力が他のCMOSデバイスに接続しているときにのみ適用されます。

例えば1.5VのDCノイズマージンについて考えると、 V_{ILmax} が V_{OLmax} より1.4V高いと、HCシリーズCMOSはローレベルについて1.4VのDCノイズマージンを持つということになります。すなわち、ノイズが1.4Vを超えた場合のみ、LOW出力の最大電圧値が次段のゲート入力にLOWと認識されなくなります。ハイレベルについても1.4VのDCノイズマージンがあります。

もう1つ考慮しなくてはならないのは負荷条件で、電流で定めます。

- I_{OLmax} : 出力電圧を V_{OLmax} 以下に保ったまま、ローレベル状態で出力が吸い込める最大電流
- I_{OHmax} : 出力電圧を V_{OHmin} 以上に保ったまま、ハイレベル状態で出力が吐き出せる最大電流

ほとんどのCMOSデバイスで、2種類の負荷仕様があります。1つは“CMOS”負荷で、デバイス出力が他のCMOS負荷に接続される場合で、消費電流は非常に少なくなります。もう1つは“TTL”負荷で、出力がTTL入力や他のデバイスに接続される場合で、消費電流がかなり多くなります。

入力電圧が電源ラインに接続されていないというような理想的でない入力の場合、“オン”になったトランジスタは完全にはオンではなく、抵抗値が高くなることがあります。同様に、“オフ”のトランジスタは完全にはオフではなく、抵抗値が1MΩよりもかなり低くなる場合があります。この2つの影響が組み合わさり、出力電圧が電源ラインから離れた値になることがあります。

3. 負荷の影響

電気的特性に加え、システムの負荷の影響などに関しても考慮が必要です。定格ファンアウト以上に出力に負荷をかけると、次のような影響が出ます。

- ローレベル状態では、出力電圧 (V_{OL}) が V_{OLmax} より高くなる。
- ハイレベル状態では、出力電圧 (V_{OH}) が V_{OHmin} より低くなる。
- 出力への伝播遅延が仕様値より大きくなる。
- 出力の立ち上がり / 立ち下がり時間が仕様値より長くなる。
- デバイスの動作温度が高くなり、デバイスの信頼性を低下させ、最終的には不良となる。

最初の4つの影響により回路のDCノイズマージンとタイミングマージンが低下します。若干の過負荷の回路は、理想的な状況では動作しますが、実際には、実験室のような良好な環境から外れると、不良が発生します。

4. 未使用 CMOS 入力

未使用のCMOS入力は、決してそのままの状態（フローティング状態）で放置してはいけません。こうした入力はローレベルが入力されているかのように動作し、通常、オシロスコープや電圧計で計測すると0Vを表示します。しかし、CMOS入力には高いインピーダンスがあるため、ほんの少しの回路ノイズで、一時的にハイレベルになったように見えてしまい、非常に厄介な間欠不良を起こします。未接続のCMOS入りに起因するバグとしては、ノイズなどの回路内の条件によって、未使用の入力が突然その状態を変化させてしまい、回路の動作が不可解になってしまうことがよくあります。こうした問題をデバッグする場合、未使用入力にオシロスコープのプロブをあてると、プロブの容量によりノイズが吸収されて、問題が見えなくなってしまうことがあります。入力がフローティング状態になっていることに気づかないと、こうした現象に当惑することになります。

5. 電流スパイクとデカップリングコンデンサ

CMOS出力がローレベルとハイレベルの間で変化するとき、電流が部分的にpチャネルとnチャネルのトランジスタを通じてVCCからグランドへ流れます。この電流は、その時間の短さから電流スパイクと呼ばれ、特に複数の出力が同時に変化するときCMOS回路の電源やグランド接続のノイズとして現れます。

このため、CMOS回路を用いるシステムでは、VCC - グランド間にデカップリングコンデンサが必要です。このコンデンサは、回路全体に、少なくとも各チップの1インチ以内に1つ、分散して配置し、出力変化時に電流を供給するようにします。電源自体の中によくある大容量のフィルタコンデンサではこの要求を満たせません。このコンデンサでは、配線の浮遊インダクタンスによって、電流を充分速く供給することができないため、デカップリングコンデンサを物理的に分散したシステムが必要なのです。

以下の例では、H8/38024F用のデカップリングコンデンサ値の計算方法を示します。

全I/Oポートの出力を変化させようとする、全I/Oポートに対してマイクロコンピュータが必要とする電流は100mAです（H8/38024Fマイクロコンピュータハードウェアマニュアルに記載の値の ΣI_{OL} ）。電源バスからの電圧降下を考慮し、スイッチング時間を31.25ns、H8/38024Fマイクロコンピュータの最大電圧低下 (ΔV) を-0.1Vまでとすると、バイパスコンデンサの値は次のようになります。

$$C = \frac{dt \cdot dI/dV}{dV}$$

$$C = 0.03\mu F$$

したがって、0.1 μ Fを選択すれば、温度やエージングによる影響も吸収できます。

高速の製品では、適切なバイパスコンデンサを選択することが、経済的で信頼性の高い製品につながります。ユーザは、電源端子にバイパス用として大容量のコンデンサを配置したくなるかもしれませんが、必要以上の大容量を選択すると、直列インダクタンスが高くなり、費用がかさみ、電気的特性・定格値の安定性が低下します。

したがって、バイパスコンデンサは、低い実効直列抵抗 (ESR) と直列インダクタンスを持つ一方で、スイッチング時にICに電流を供給できる十分な容量を持ったものを選択すべきです。

6. ロジックファミリ

以下の表に、アプリケーションの動作電圧に対応したロジックファミリを紹介します。

ロジックファミリの種類	アプリケーション
LVC (低電圧 CMOS)	3.3V/5.5V トレラント入力可能で 2.7V ~ 3.6V の低電圧動作
LVCI (低電圧 CMOS)	1.65V ~ 5.5V の低電圧動作
LCX (低電圧 CMOS)	3V および 5V デバイスとの接続
LVQ (低電圧 Quiet CMOS)	低電力、低ノイズのアプリケーションに最適

アプリケーションによって、上記のロジックファミリの適合性は異なりますので、メーカーのデータシートを参照してください。

7. プルアップ MOS トランジスタ

H8/38024F マイクロコンピュータの I/O ポートの中には、ソフトウェアで選択できる内蔵プルアップ MOS 機能を持つものがあります。プルアップ機能を設けなければならないアプリケーションの設計者にとっては、役立つ機能です。

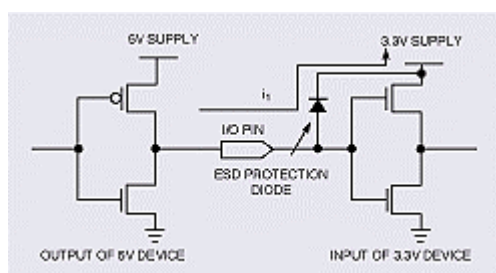
8. 大電流、高電圧オープンドレイン IO ポート

H8/38024F マイクロコンピュータには、大電流 (10mA および 25mA)、高電圧 (7V) のオープンドレイン端子があり、LED やステッピングモータなどの大きな負荷を駆動できます。大電流は、レジスタにより許可 / 禁止の設定が可能です。

9. 3V と 5V の接続に関する検討

3.3V デバイスと 5V デバイスの両方を用いる設計に、以下のガイドラインを適用します。3V の TTL または CMOS デバイスを 5V の CMOS デバイスに接続する場合、リーク電流を防ぐために 5V デバイス側に余分な駆動能力が必要となり、問題が発生します。3.3V から 5V への電圧変換デバイスは多数ありますが、これを用いると遅延が大きくなり、ボード上のスペースも多く必要になります。

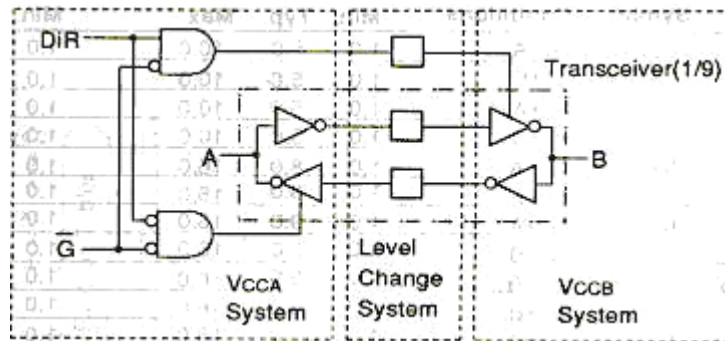
3V の CMOS デバイスを 5V の TTL デバイスに接続する場合は、3V デバイスの出力は 5V TTL デバイスへの入力に十分なマージンがあるため、性能は落ちません。しかし、5V デバイスの出力を 3V デバイスの入力に直結することはできません。3V 入力を駆動すると、5V の出力は最大電源定格を越えてしまい、ESD 保護ダイオードを順バイアスすることになります。このダイオードは、5V デバイスから 3V の電源に過電流を流し、ラッチアップを引き起こす可能性があります。この場合、電圧変換デバイスが必要です。下図を参照してください。



ボード上のスペースが重大であり、速度はそうでない場合は、3V デバイスと 5V デバイスの間に直列抵抗を配置して、5V デバイスから 3V デバイスへの電流を抑えます。直列抵抗の前の電流が後の電流より少なくなるように直列抵抗を配置します。値を計算する際には、3V デバイスの I_{OL} を考慮に入れ、3V デバイスが 5V デバイスからの電流を吸い込むことができるようにします。この場合の電圧変換は、片方向です。

しかし、バスに適用する場合は、3Vまたは5Vの信号で制御入力をドライブする日立レベルシフタ HD1510151 のような双方向のインタフェースが必要です。5V バス上に 3V デバイスがあるのか、その逆なのかに関わらず、バスを 1 種類の電圧で動作させ、他のデバイスとの間には変換回路とバッファを使用してください。このような双方向インタフェースは、2 つの端子 (V_{CCA} , V_{CCB}) から成り、 V_{CCA} は制御入力と A バス側に、 V_{CCB} は B バス側に接続しています。 V_{CCA} と V_{CCB} は分離されています。このインタフェースは、 V_{CCA} と V_{CCB} に異なる電圧を供給して、 V_{CCA} 入力レベルから V_{CCB} 出力レベルへの変換とその逆の変換を行ないます。下図に、HD1510151 を用いてこのようなインタフェースを実現した回路を示します。

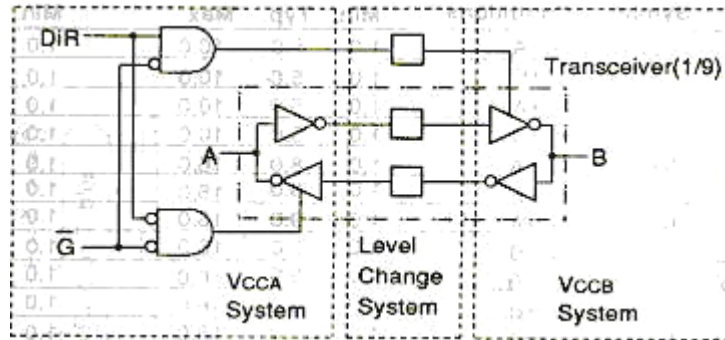
論理図



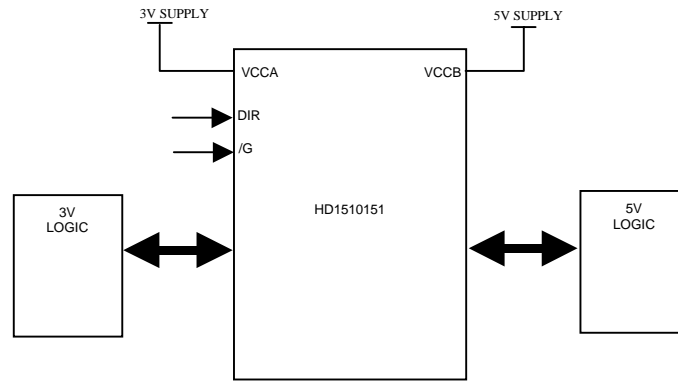
HD1510151 の真理値表を示します。

入力		出力
/G	DIR	
L	L	A バスへの B データ出力
L	H	B バスへの A データ出力
H	X	ハイインピーダンス Z

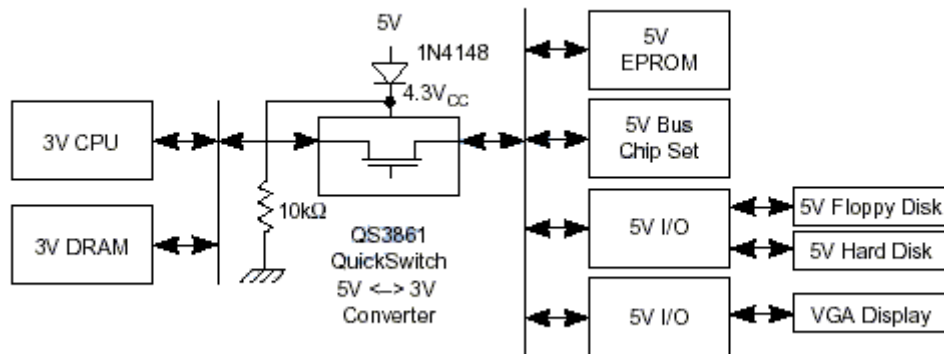
入出力の等価回路



接続回路



双方向インタフェースの別の例として、Quality Semiconductor社のQuickSwitchと呼ばれる製品(QS3861など)を用いたインタフェースを以下に示します。QuickSwitchの出力を制限する特性を用いて、5V TTLから3V TTLへの非常に効率の良いコンバータを作成することができます。QuickSwitchデバイスのVCC端子に4.3Vを供給すると、負荷が軽い場合でも駆動される出力側が最大3.3Vに抑えられます。1N4148のようなダイオードを5V電源とデバイスとの間に追加して、4.3V VCCを作ることができます。このダイオードは、約0.70V電圧を低下させ、QS3861に4.3VのVCCを供給します。10KΩの抵抗を、ダイオードのカソードとグラウンドとの間に追加して、ダイオードの電流経路を設けます。やり取りは双方向で自動的であることに注目してください。どちらかの側が5Vになると、駆動される側の出力は3.3Vに制限されます。

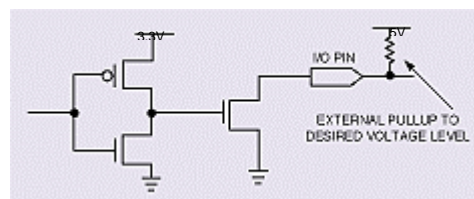


5V デバイスを 3V デバイスとして使用するようにディレーティングすると、駆動能力が不十分になることがあります。この 3V デバイスは低い電圧で動作すると、デバイスの出力駆動能力が低下します。こうしたデバイスをバスアプリケーションで用いたい場合は、ディレーティングして部品を使うのか低電圧用のデバイスを使うのかを検討しなくてはなりません。ディレーティングした部品は、相当する 5V デバイスより性能が低くなることが多いですが、低電圧用に設計された製品は相当する 5V デバイスと同等かそれ以上の性能を発揮します。

5V デバイスと 3V デバイスの接続に、オープンドレイン出力構造のデバイスを用いる方法もあります。このデバイスはバッファの働きをし、3.3V デバイスの安全な動作を保証します。しかし、オープンドレインのデバイスはプルアップトランジスタを内蔵する場合があります、これによる寄生ダイオードに順バイアスが生じ、電流が流れることがあります。真のオープンドレインデバイスは、所望の電圧にプルアップするための外部プルアップ抵抗のみを必要とします。最高速度を得るには、オープンドレイン出力のプルアップ抵抗はできるだけ小さくすべきです。これについては、2.2 章のオープンドレイン出力の項目で説明しています。

必要な抵抗の最小値は、オープンドレイン出力の最大シンク電流 I_{Omax} で決まります。例えば、HC シリーズまたは HCT シリーズの CMOS では、 I_{Omax} は 4mA で、プルアップ抵抗値は $5.0V/4mA$ つまり $1.25k\Omega$ 以上になります。

下図を参照してください。



5V デバイスと 3V デバイスを接続する別の方法として、デバイスの入出力構造を変更して、内部で電圧変換が行なわれるようにすることもできます。場合によっては、出力に真の CMOS トランスミッションゲートを用いることもできます。

数種類の電源を持つハイブリッドシステムでは、電源投入時と遮断時に入出力でラッチアップが起きないようにしなければなりません。電源投入時のラッチアップを防ぐには、5V の供給電圧を常に 3V 以上の供給電圧に保つようにしてください。電源遮断時のラッチアップを防ぐには、3V の供給電圧を 5V 以下の供給電圧に保つようにしてください。

2 種類の電圧のデバイスの長所を充分に活かすために、速度が重要な経路は 5V で、低電力が必要な経路は 3.3V で動かせるように、ボードの設計を工夫してください。

10. まとめ

本アプリケーションノートは、CMOS ロジック端子の電気的特性と動作を説明して、システム設計者が CMOS ロジック端子を扱う際の理解の助けとなることを目指しました。さらに、負荷の影響を説明し、CMOS ロジックを正しく動作させるためのバイパスコンデンサの適切な値を求める方法について指針を紹介しました。また、数種類の電圧を必要とするシステムを設計する際の指針についても述べました。

参考文献

1. H8/38024 Series, H8/38024F-ZTAT™ Hardware Manual
2. Hitachi Interface IC, HD26/29/75/151 Series Data Book
3. www.ednmag.com
4. www.embedded.com
5. www.idt.com

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2003.09.19	—	初版発行

安全設計に関するお願い

1. 弊社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品は故障が発生したり、誤動作する場合があります。弊社の半導体製品の故障又は誤動作によって結果として、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないような安全性を考慮した冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計などの安全設計に十分ご注意ください。

本資料ご利用に際しての留意事項

1. 本資料は、お客様が用途に応じた適切なルネサス テクノロジ製品をご購入いただくための参考資料であり、本資料中に記載の技術情報についてルネサス テクノロジが所有する知的財産権その他の権利の実施、使用を許諾するものではありません。
2. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例の使用に起因する損害、第三者所有の権利に対する侵害に関し、ルネサス テクノロジは責任を負いません。
3. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他全ての情報は本資料発行時点のものであり、ルネサス テクノロジは、予告なしに、本資料に記載した製品または仕様を変更することがあります。ルネサス テクノロジ半導体製品のご購入に当たりましては、事前にルネサス テクノロジ、ルネサス販売または特約店へ最新の情報をご確認頂きますとともに、ルネサス テクノロジホームページ(<http://www.renesas.com>)などを通じて公開される情報に常にご注意ください。
4. 本資料に記載した情報は、正確を期すため、慎重に制作したのですが万一本資料の記述誤りに起因する損害がお客様に生じた場合には、ルネサス テクノロジはその責任を負いません。
5. 本資料に記載の製品データ、図、表に示す技術的な内容、プログラム及びアルゴリズムを流用する場合は、技術内容、プログラム、アルゴリズム単位で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。ルネサス テクノロジは、適用可否に対する責任を負いません。
6. 本資料に記載された製品は、人命にかかわるような状況の下で使用される機器あるいはシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありません。本資料に記載の製品を運輸、移動体用、医療用、航空宇宙用、原子力制御用、海底中継用機器あるいはシステムなど、特殊用途へのご利用をご検討の際には、ルネサス テクノロジ、ルネサス販売または特約店へご照会ください。
7. 本資料の転載、複製については、文書によるルネサス テクノロジの事前の承諾が必要です。
8. 本資料に関し詳細についてのお問い合わせ、その他お気づきの点がございましたらルネサス テクノロジ、ルネサス販売または特約店までご照会ください。