

## 概要

1-Wire<sup>®</sup> プロトコル(単一マイクロプロセッサポートピンに補助メモリを増設する方式)は当初、短距離接続で近隣デバイスと通信するために(数年前に)設計されました。ユーザは、バスを拡張し、マスタデバイスからスレーブデバイスをより遠くに配置する独自のアプリケーションを直ちに作成しました。しかし、バスの全長がバスマスタの能力とプロトコルの制限を上回ったときに問題が発生しました。そこで、1-Wireデバイス設計では、追加機能と追加プロトコル、分岐(ネットワークング)機能、耐久性の高いスティール容器(iButton<sup>®</sup>)、及びメカニズムに対する要求に応じて、極めて断続的な通信状態でも有効データの転送を実現しました。こうした進展にもかかわらず、バスマスタが不適切に設計または実行されたり、短いラインでの利用を対象としたバスマスタが大幅な拡張バスで使用されると、1-Wireコンポーネントは依然として十分に機能しません。

1-Wireネットワークは、デバイス、ワイヤ、及び接続を複合的に配置したものです。多くの場合、各ネットワークは、接続形態(レイアウト)とハードウェアともそれぞれ異なります。1-Wireネットワークの全長と負荷制限に関して様々な要求が行われてきましたが、多くの場合、そのコンテキストは不明確でした。このため、接続形態が仕様範囲内であるにもかかわらず接続障害が発生し、ユーザが当惑することもありました。独自のバスマスタは単一ネットワーク設計により考案されテストされましたが、結果的にそのバスマスタが他のレイアウトでの使用に不適切であることが判明しただけでした。

ここ数ヶ月間で、様々な形式、規模、及び利用者数の1-Wireネットワークの動作特性を調査する広範な研究が行われてきました。このアプリケーションノートは、数多くの接続形態とインタフェースを解明し、信頼性の高いネットワーク運用の効果的なパラメータを提供しようとするものです。

## 対象範囲

このドキュメントの対象範囲は、Category 5ツイストペア銅線を使用し、マスタ供給の5Vバス電力を備える1-Wireネットワークに限定されています。(1-Wireスレーブデバイスは、低電圧のバス電圧でも動作しますが、多くの場合、大規模ネットワークでは低電圧の条件下で実行するにはロスが多すぎます。)

このドキュメントでは、暗号iButton及びJava<sup>™</sup>駆動のiButtonの動作に関して特に考察せず、EPROMタイプのスレーブデバイスのプログラミング要件も扱いません。また、マスタエンドインタフェースから相当離れて、これらの機能が実行されることは通常推奨されません。今後のアプリケーションノートでは、より詳細にこうした問題を取り上げます。

また、このドキュメントでは、1-Wireデバイスのオーバドライブ速度の動作についても説明しません。オーバドライブ速度はとても短い距離での使用のみを対象とし、1-Wireネットワークでの使用には適していません。オーバドライブ速度におけるウエイトと活動範囲の制限は、以後のアプリケーションノートのテーマとなる予定です。

このアプリケーションノートの範囲外の条件下にある1-Wireコンポーネントの動作には場合によっては障害があります。1-Wireデバイスとともに使用されるワイヤタイプ、接続形態、及び波形には無数の組み合わせがあります。このアプリケーションノートでは、最も一般的で典型的なアプリケーションを説明します。

## 先例

1-Wireの実行に関しては、正規や非正規の様々なソースから、ここ数年にわたってアプリケーションノート、技術ブリーフ、及びその他のドキュメントが多数発表されてきました。1-Wireのデバイスとシステムが進展し進化するにつれて、こうしたドキュメントの情報の一部が補強、改変され、時には正確ではないと判明したこともあります。大規模1-Wireネットワークの徹底分析が完了される前に作成された誤情報もあり、またおそらく事例情報に基づく誤情報もありました。1-Wireネットワークの対象範囲が拡大するにつれて、大規模ネットワークの信頼性を高める特性に関して数多くのことが確認され、デバイス自体も今日でも着実に継続している進化の過程を経てきました。

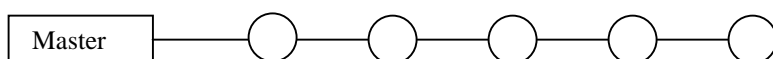
例えば、ごく初期のアプリケーション情報では、5,000Ω域でバスプルアップ抵抗を使用するように提案していました。この値は適切な小規模ネットワークには機能しますが、大規模ネットワークには十分なプルアップ電流を供給することができません。現在では、1,000Ωプルアップ値や、場合によってはアクティブプルアップ回路でさえも標準になっています。また、以前のアプリケーションデータでは、インピーダンスマッチングとスルーレート制御などの事項が多くの場合軽視されていましたが、これらは長いライン、短いラインのどちらでも信頼性の高いパフォーマンスにとって不可欠であることが今日では知られています。

この点を改善するためにスレーブデバイスの設計変更の提案だけでなく、決定的なバスインタフェースの作成と高信頼性1-Wireネットワークの制限の定義を目的として、近年広範な研究が行われてきました。高信頼性ネットワークパフォーマンスの制限を検出するために、いくつかの接続形態が定義され、マスタエンドのインタフェースがいくつかアセンブルされ、専用テスト用ソフトウェアが書かれました。このアプリケーションノートでは、こうした研究で確認された情報を紹介しています。

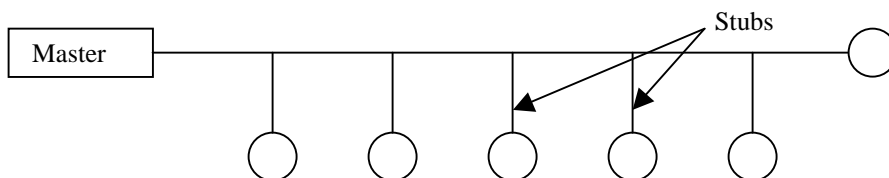
## 1-Wireネットワーク接続形態

1-Wireネットワークは多くの場合「自由形式」の構成ですが、1-Wireスレーブデバイスの区分と相互接続ワイヤの構成に基づいて汎用カテゴリのいずれかに通常に当てはまります。

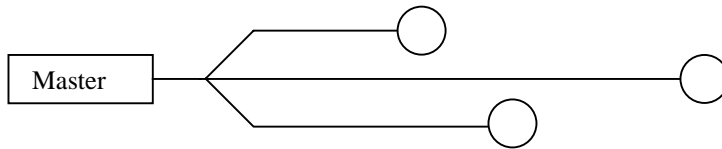
- a) リニア接続形態：この1-Wireバスは、マスタを起点とし、最も遠いスレーブデバイスまで伸びる、単一ペアです。他のスレーブデバイスは、大きな(3m超)分岐または「Stub」を持たず、当ペアに沿って接続されています。



- b) Stub接続形態：この1-Wireバスは、マスタを起点にして、最も遠いスレーブデバイスまで伸びる単一のメインラインです。他のスレーブデバイスは、全長3m以上の分岐またはStubを通じてメインラインに接続されています。



- c) スター接続形態：この1-Wireバスは、マスタエンドまたはマスタエンドの近辺から分離し、分岐に沿う、または分岐の終点にあるスレーブデバイスを通常備え、様々な全長で複数の分岐まで伸びています。



各種接続形態が混在すると、ネットワークの有効な制限を判別することが著しく困難になります。原則として、設計者は最も堅実な判別基準に従う必要があります。

## 1-Wireネットワーク用語

1-Wireネットワークを説明する際に、ネットワークパフォーマンスに不可欠な測定を説明する2つの用語が生まれました。その2つの用語とは、「範囲」及び「ウエイト」です。

- ネットワークの「範囲」とは、マスタエンドから最も遠いスレーブデバイスまでのワイヤ動作距離(単位: m)です。
- ネットワークの「ウエイト」とは、ネットワークにおける接続ワイヤの合計距離(単位: m)です。

例えば、10m、20m、30mの3つの分岐を持つスター構成は、範囲が30mであり(マスタから最も遠いスレーブまでの距離)、ウエイトは60mです(ネットワーク内のワイヤの合計全長 = 10m + 20m + 30m)。

原則として、ネットワークのウエイトはケーブル上の立上がり時間を決定し、範囲は最も遅い信号反射のタイミングを確定します。

原則として、1-Wireネットワークでは、750mを超える範囲は許容されません。この距離では、プロトコルはケーブルの時間遅延により機能しなくなります。ただし、実際には他の要因により、範囲は750mよりも短い数値に制限されます。

## スレーブデバイスのウエイト

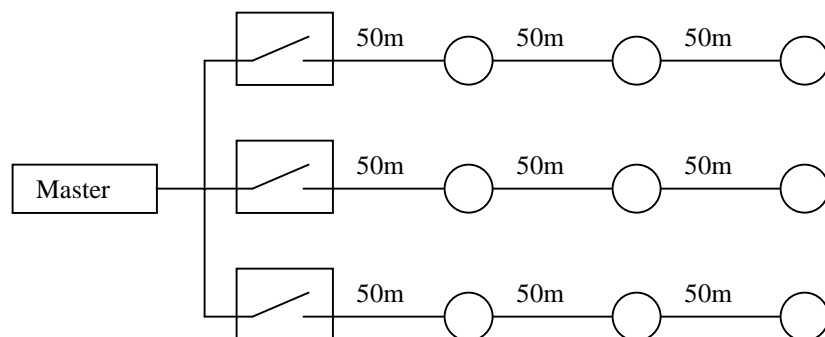
また、スレーブデバイス(iButton及び他の1-Wireデバイス)は、ネットワークにウエイトを付加します。各デバイスは短いワイヤのデバイスと同様のウエイトを付加するので、同じ長さのワイヤウエイトという観点でデバイスを評価することができます。ネットワークを設計する時、デバイスのウエイトを検討する必要があります。iButton形式のスレーブデバイスは、内蔵コンポーネントとしてパッケージされたスレーブデバイスよりも長いウエイトを示します(iButtonは、そのモビリティにより必要な機械的保護とESD保護を追加。これにより、ウエイトが付加)。iButtonは約1mのウエイトを示し、iButtonではないタイプのスレーブには約0.5mのウエイトがあります。

すなわち、例えばネットワークに100個のiButtonデバイスを接続することは、ネットワークの合計ウエイトを100m増加させることになり、これはワイヤの許容合計全長を100m低減させることになります。また、基盤パターン、コネクタ、及びESD保護デバイスも、ネットワークにウエイトを付加します。

ウエイトは多数の要素により影響を受けますが、キャパシタンスにより最も影響を受けるのは明らかです。一般的な原則として、ESD回路とPC基盤パターンのウエイトは、キャパシタンスにより約24pF/mだけ付加されます。1-Wireバスの全域で24pFを示す基盤パターンやデバイスは、約1mのウエイトを付加します。

## 交換ネットワーク

ウエイト及び範囲を増加させずに、ネットワークを複雑化させるために、ネットワークを1つずつ電子的に最先端のセクションに分割する方式が考案されています。DS2409のような1-Wireスイッチングデバイスにより、ネットワークはある接続形態と物理的には類似していますが、電子的には異なります。つまり、分岐する各分岐にDS2409スイッチを備えるスター構成は、各分岐がスイッチされ、その他の分岐がスイッチされていない時には、リニア接続形態にまさに類似しています。



上記の例は、範囲150mとウエイト450mのスター接続形態のネットワークのように見えます。ただし、各交換パスが個別に考察されると、当ネットワークは実際にはリニア接続形態で、ウエイトは150mだけとなります。

一般的に、非交換ネットワークの説明は、交換ネットワークの各要素に適用することができます。

### 1-Wireネットワークの制限

複数の要素により、ネットワークの最大範囲と最大ウエイトが決定されます。要素には、制御可能な要素も、制御不可能な要素もあります。

マスタエンドのインタフェースは、1-Wireネットワークの許容規模に多大な影響を及ぼします。このインタフェースは、ケーブルとスレーブデバイスのウエイトを克服するために十分なドライブ電流を供給する必要があります。また、ネットワークの充放電回数に最適な仕様範囲内のタイミングで1-Wire波形を実行する必要もあります。そして、信号がラインに沿って反射され、他のネットワークデバイスに支障を及ぼさないように、マスタエンドのインタフェースは適切なインピーダンスマッチをネットワークに供給する必要があります。

小規模ネットワークの場合は、ごく簡潔なマスタエンドインタフェースで構いません。キャパシタンスは低く、反射エネルギーは問題を発生しないほど迅速に到達し、ケーブルのロス是最小です。シンプルなアクティブ(FET)プルダウンとパッシブ(抵抗)プルアップで十分です。ただし、ライン全長が長くなり、ますます多くのデバイスが接続されると、複合的な力が発生し、マスタエンドインタフェースはそれに対処する必要があります。

ネットワーク範囲は、ケーブル抵抗と信号レベルの劣化だけでなく、波形反射のタイミングとケーブルがもたらす時間遅延によって制約を受けます。約750mでは、ケーブルの遠端にあるスレーブからマスタまでの反応取得の遅延は、プロトコルの範囲外にあります。

また、ネットワークウエイトは、1-Wireプロトコルに適合する速さで充放電するケーブル能力により制約を受けます。シンプルな抵抗プルアップのウエイト制限は、約200mです。一部の巧妙な1-Wireマスタ設計では、論理制御下でより高い電流を供給するアクティブプルアップを使ってこの制限を解決し、最大許容ウエイトを500m以上にまで拡大してきました。ただし、マスタエンドインタフェースが大幅に複雑化されています。

それにもかかわらず、400mのケーブルを稼動し、同時に100個のiButtonデバイスと通信する能力は、多くの場合コストを追加する価値が十分あります。

### 寄生電源問題

1-Wire波形は単に通信に対応するだけでなく、スレーブデバイスに動作電力も供給する必要があります。バス上の電圧が内部蓄電コンデンサ上の電圧より高い場合は、各スレーブはバスから電力を「奪います」。ネットワークのウエイトが長すぎる場合は、マスタが供給する電流はスレーブの動作電圧を維持するには不十分です。

寄生電源の最悪のシナリオは、マスタが0ビットを延々と供給し続けることです。これが発生すると、ラインが費やす大部分の時間はロー状態で、スレーブを再充電する機会はほんの少ししかありません。ビットの合間のリカバリ時間の過程でバスが十分な電圧を得た場合はリカバリ時間が長くなりますが、問題はありません。スレーブの内部動作電圧が低下すると、バスを稼動し、0ビットを生成するスレーブの能力は低下し、スレーブのタイミングが変更されます。最終的には寄生電圧がクリティカルレベルまで低下すると、スレーブはリセット状態に入り、応答を停止します。次に、スレーブが十分な動作電圧を再度受け取ると、スレーブはプレゼンスパルスを送出し、その送出により他のバスの活動を妨げる可能性があります。スレーブ内に動作電源を維持するのに不十分なエネルギーがネットワークにある場合は、障害はデータに左右され、断続的に発生します。

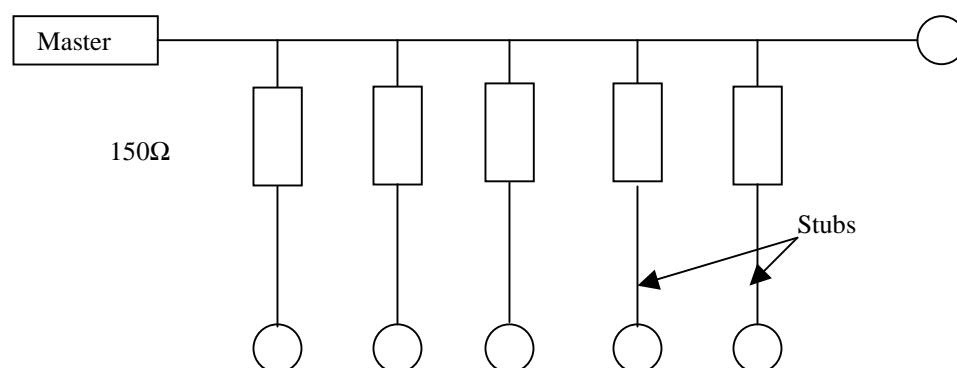
### スター接続形態

テストにより、非交換スター型ネットワーク接続形態(マスタにて分岐する分岐点をいくつか持つ接続形態)を信頼性の高いものにするのは非常に困難です。各分岐の接続は極めて非常に mismatch なインピーダンスをマスタに供給し、1つの分岐の終端からの反射がデータエラーをもたらすネットワークの(範囲ではなく)ウエイトにほぼ等しい距離を伝える場合があります。このため、非交換スター接続形態は推奨されず、この接続形態のパフォーマンスについては保証することができません。繰り返しますが、非交換スター型接続形態は推奨できません。

## 分散型インピーダンスマッチング

あらゆる1-Wireバス設計の目標は、以前から(低コストをもたらす)最小主義と簡素性でした。スレーブデバイス自体を除いて、ネットワークに分散するコンポーネントの使用は、終始避けられてきました。それにもかかわらず、分散抵抗を使ってStub接続の影響を低減することによって、バスの信頼性を向上する各種方式を一部の顧客が試み、成功を収めています。

Stubが1-Wireバスに接続されると、Stub接続の接続点でインピーダンスのミスマッチが起きます。Stubの終端からの反射は、Stubの全長により遅延され、メインバンクに戻ります。このとき、こうした反射はネットワーク上の他のスレーブデバイスに対して問題をもたらす場合があります。Stubと直列の抵抗はミスマッチの危険度を軽減し、また反射エネルギーの振幅も低減することによって、メインバンクからStubが生成した反射を分離します。



おそらく、このアイデアに関する最も効果的な実装は、Stubがメインバンクに接続される各接続点で150Ω抵抗を使用することでした。この使用により、接続点でのミスマッチが約20%低減され、Stubの反射が約40%減少されています。ただし、抵抗の付加によりノイズ耐性も約80%低下しているため、注意する必要があります。(また、ノイズ耐性をそれほど低下させない100Ω抵抗値による優れたパフォーマンスもテストで判明しました。)

### 注記：

(DS9097UのPCインタフェース及び他の1-Wireバスインタフェースで使用している)DS2480Bマスタエンドインタフェースデバイスには、抵抗付加により悪影響を与えるダイナミックプルアップがあるので、こうしたインタフェースの場合はこの方式に障害が発生します。高いデータ入力しきい値を含むカスタムマスタエンドドライバにより、分散型抵抗方式に関する優れたアプリケーションが継続して実行されています。

## 現在及び将来のマスタエンドインタフェースデバイス

PC用のマスタエンドインタフェースがここ数年にわたっていくつか作成され、1-Wireネットワークをマイクロコントローラに接続するために様々な方式が用いられてきましたが、それらの設計にはほとんど整合性がありませんでした。各マスタは異なった使用での用途で設計され、必ずしも信頼性は高くはありませんでした。多くの場合、マスタエンドハードウェアは1-Wireネットワーク設計の制限を決定する重要な要素です。短いワイヤや周辺iButtonのプロープ用の簡単なハードウェアインタフェースは、大規模ネットワークや複雑な配線システムとの接続時には、あまり機能しないかもしれません。非常に長いライン向けの一部の複雑なドライバは、中短距離のネットワークで使用されると、適切に機能しません。

現在、最もよく使われているマスタエンドハードウェアインタフェースは、以下のインタフェースです。

- a) DS9097 PCシリアルポートアダプタ(新規設計には対応していません)
- b) DS9097U PCシリアルポートアダプタ(DS2480Bベース)
- c) DS1410E PCパラレルポートアダプタ
- d) EPROMプログラミング内蔵DS9097U-E25 PCシリアルポートアダプタ
- e) 1kΩプルアップ抵抗内蔵マイクロコントローラポートピン
- f) スルーレート限定FET及び1K 抵抗内蔵マイクロコントローラ
- g) 拡張バスインタフェース内蔵マイクロコントローラ
- h) DS2480Bバスインタフェース内蔵マイクロインタフェース

以上の一般的な各マスタエンドインタフェースデバイスはそれぞれ異なります。各デバイスには接続するコンピュータポート上で利用できる別個のリソースがあり、また各デバイスはそれぞれ別個のアプリケーション用に設計されています。実際、こうしたデバイスのすべてが、顧客が実装する複雑なネットワークに適合しているわけではありません。新たに適切なマスタエンドハードウェアの設計とテストが行われていますが、ユーザは1-Wireネットワーク範囲に関する現在及び将来の制限を認識する必要があります。

マスタエンド集積回路であるDS2480Bシリアル1-Wireコンバータは、アダプタのDS9097Uシリーズ及び他の1-Wireバス対応製品で使用されます。DS2480Bは、中短距離ネットワークでの一部の信頼性を犠牲にして長いラインでの動作の効率化を目的として設計されました。これにより、ユーザに混乱をいくつもたらしました。中短距離ネットワークのパフォーマンスと信頼性を大幅に向上する簡潔で安価なR-C回路をDS2480Bとネットワーク間に使用することができます(付録Dを参照)。

上記リストで名前を挙げた「拡張バスインタフェース内蔵マイクロコントローラ」は、全ドライバの中から最高のドライバを内蔵するために開発されており、信頼性と汎用性が極めて高いマスタエンドインタフェースを提供する新規回路です。このインタフェースは、付録Cで概略的に紹介されています。

## 現在利用可能なインタフェースの推奨

1-Wireバスの広範なテストにより、上記標準インタフェースデバイスを使用時に遵守すべき作業上の制限に関するデータが作成されました。以下は、上記のマスタを伴う1-Wireネットワークの設計時に遵守すべき制限案です。

簡潔なマイクロコントローラポートピンインタフェースは、大規模ネットワークまたは中規模ネットワークをサポートするのに必要なドライブ電流に対応していません。多くの場合、プルアップ抵抗値は、ポートピンのプルダウン能力により約2,200Ωに制限され、この値では重量級ネットワーク(高ウエイト値のネットワーク)に対応することができません。ポートピンのみインタフェースは、最大約3mの範囲及びウエイトのテーブル上でネットワークに限定する必要があります(付録Aを参照)。

スルーレート制御を備えるFETドライバと1,000Ωプルアップ抵抗を内蔵するマイクロコントローラインタフェースは、中規模ネットワークをサポートすることができます。このインタフェースを使って、最大200mの範囲及び最大200mのウエイトを確実にサポートすることができます(付録Bを参照)。

DS1410Eパラレルポートインタフェースは、ごく短い(ローカル)iButtonプローブで使用するために設計されました。中規模または大規模1-Wireネットワークをサポートするのは、推奨されません。このマスタの範囲は、約3mとごく短い距離に限定する必要があります。ウエイトは、40m未満の距離にする必要があります。

DS9097シリアルポートインタフェースは、ごく短い(ローカル)iButtonプローブで使用するために設計されました。中規模または大規模1-Wireネットワークをサポートするのは、推奨されません。このマスタの範囲は、約3mとごく短い距離に限定する必要があります。ウエイトは、40m未満の距離にする必要があります。

DS2480Bベースのマスタ(DS9097U、TINI)—1mを超えるネットワークでこのマスタを使用する場合は、R-Cフィルタを必ず組み込む必要があります(付録Dを参照)。このフィルタにより、当マスタは最大200mの範囲またはウエイトのネットワークを確実にサポートすることができます。また、DS2480Bインタフェースデバイスは、1-Wireネットワークの信頼性とパフォーマンスを向上するための可変タイミングを備えていることに注意してください。このタイミングは、いくつかのソフトウェア(TMEXなど)により最適値に設定されていますが、すべてのソフトウェアがこのタイミングを調整できるわけではありません。適切なタイミングは、信頼性の高いネットワークパフォーマンスのためには極めて重要です(付録Eを参照)。

拡張バスインタフェースは、大規模及び小規模1-Wireネットワーク用に特別設計された回路です。最大500mと長いウエイト値と範囲値のネットワークに接続されても確実に動作するための特別装備をこのインタフェースは備えています(付録Cを参照)。

## 高信頼性1-Wireネットワーク構築のための要件とは？

1-Wireネットワークに障害が発生した場合、検索アルゴリズムが実行されると、多くの場合、その障害はデバイスの不可解な「消失」として現れます。検索結果において物理的に存在するデバイスが出現する場合もあれば、消失する場合もあります。場合によっては、ネットワークやデバイスに対するマイナーチェンジでも、デバイス検索の結果に徹底的な影響を及ぼします。こうしたことが発生する理由とはなんなのでしょうか？

1-Wireバス上で行われる全活動の中で、バスに問題がある状態ではデバイス検索が最も複雑で最も実行が困難です。検索は、2つ以上のスレーブデバイスが同時にバスをローにする唯一の時間帯です(存在パルスを除く)。すなわち、検索時のバスの状態は、1台の選択スレーブデバイスと通常通信している時とは大幅に異なります。多数のスレーブデバイスのうちのどれかがエッジを失い、パルスを識別できなくなると、検索アルゴリズムと同期できずに以降の検索ビットでエラーをもたらします。すなわち、波形の立上がりエッジで障害を引き起こすバスの問題、有効なローレベルへの波形の到達不全、または検索時におけるデバイスの電力に対する枯渇により、検索ができなくなります。ほとんどの検索アルゴリズムは、検索アルゴリズムを終了し、やり直すことにより、検索エラーに対処するので、これを実行している際には未発見のデバイスは検索から消失しているように見えます。障害が1台のスレーブデバイスの1ビットのみに発生したにもかかわらず、多数のスレーブが影響を受けることがあります。

検索アルゴリズムでは通常、デバイスはノイズにより検出されないと想定しています。また、ネットワークと新規iButtonとの接続では、新たなデバイスにより瞬間的な短絡と不可避なプレゼンスパルスが発生することもタッチコンタクトiButtonを備えるネットワークではありえます。こうしたイベントのタイミングが悪い場合は、検索活動に支障が及びます。「debounce」期間と呼ばれる期間中にデバイスが行方不明と確認された後、発見済みスレーブのリストからスレーブデバイスを削除することによって、アルゴリズムはこうした問題に対処しています。

検索障害の原因は、多岐にわたります。最も一般的な原因は、寄生電源の枯渇(大規模な範囲、重量級ネットワークの場合)、波形エッジの反射(中小規模な範囲、軽量級ネットワークの場合)、及び波形立下りエッジでのリングングによるDS2480Bベースのインタフェースでのダイナミックプルアップの誤起動です。

多くの場合、検索障害は、ネットワーク上の小さなばらつき、ネットワーク上の接続スレーブ、または「月の相」の影響を非常に受けやすいと思われています。これは調査対象のネットワークがボーダーライン上にあるため、ごく小さなばらつきにより検索が成功したり、失敗することがあります。つまり、全デバイスが検索アルゴリズムで確実に検出されたので成功と思われるネットワークは、実際には障害ぎりぎりのところにあるかもしれません。小さな劣化が突発的と思われる障害を突然引き起こす場合があります(これを発生させるのは、検索を停止し、パーツを消失させる不良ビットだけであることに注意)。このような理由で、ケーブル、デバイス、及び接続において十分な安全マージンと、ばらつきの許容度を備えた高信頼性ネットワーク確保するためには、ユーザが公表仕様とガイドラインに順守することが非常に重要です。

検索を確実にかつ着実に行うネットワークは、一般的にその他の1-Wire機能も確実に実行することができます。

## 不適切な1-Wireのタイミング

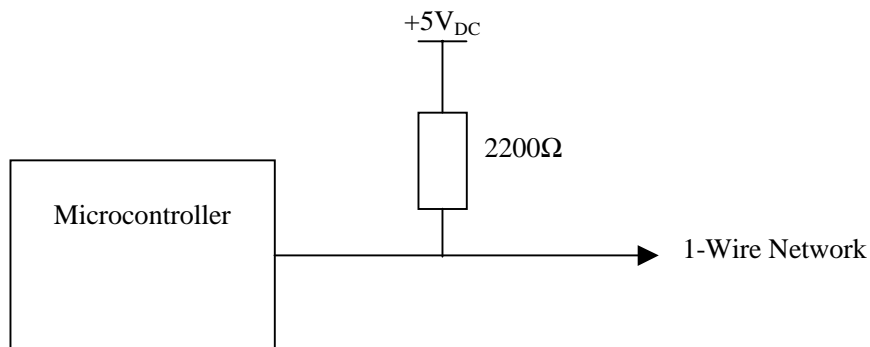
ソフトウェア(ファームウェア)を使って1-Wire波形を生成する際に(波形の「ビットバンギング」とも呼ばれる)、すぐには表面化しない間違いをよく犯します。1-Wireマスタのプログラミングで圧倒的によく犯す間違いとは、タイムスロットの立上がり後にスレーブからデータをサンプリングするのが遅すぎることです。スレーブデバイスは温度と電圧が違っていると、タイミングが大幅に異なります。また、プロセスが変わると、バッチにより変化することもあります。波形が30  $\mu$ sでサンプリングされる設計は、実験室で大成功を収める場合もありますが、不適切なタイミングを出荷製品に適用し、生産化される場合もあります。後にバッチや条件が変化し、スレーブのパーツが32  $\mu$ sから29  $\mu$ sに変化すると、このマスタエンドインタフェースに障害が発生します。実験環境で完全に見えるシステム動作でも、波形パラメータを仕様書で確認することが非常に重要です。

以後のアプリケーションノートでは、マスタエンドの設計者が自分の設計を自己検証するためのチェックリストを提供します。チェックリストがすべての必須仕様に適合するようにします。

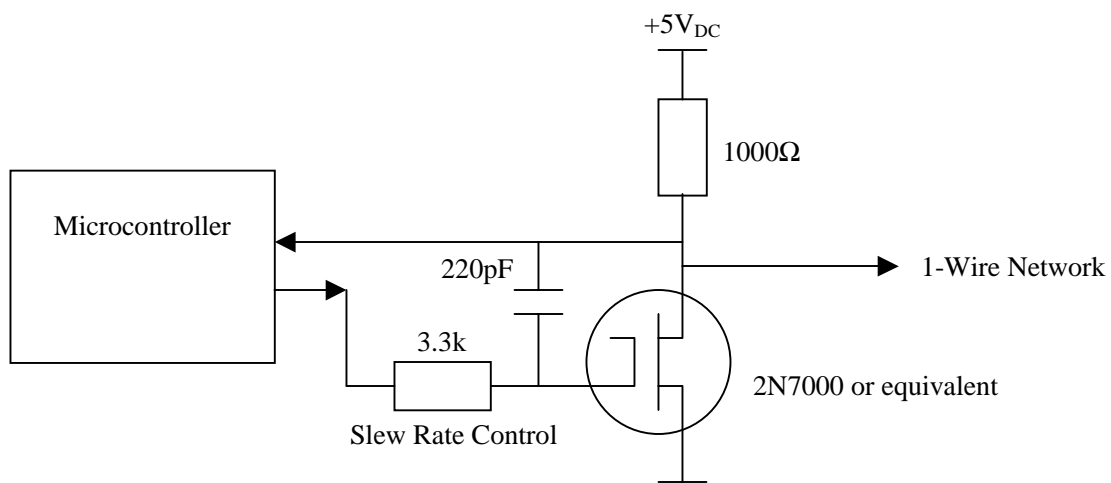
## 結論

電子部品と同様に、サポート電子システムは、信頼性の高い動作を確保するためにあらゆる使用条件下でデバイス仕様に適合する必要があります。カスタマーがiButtonと1-Wireシステム、及びネットワークを実装する際は、高信頼性デバイス通信が常時実行されるように配慮する必要があります。

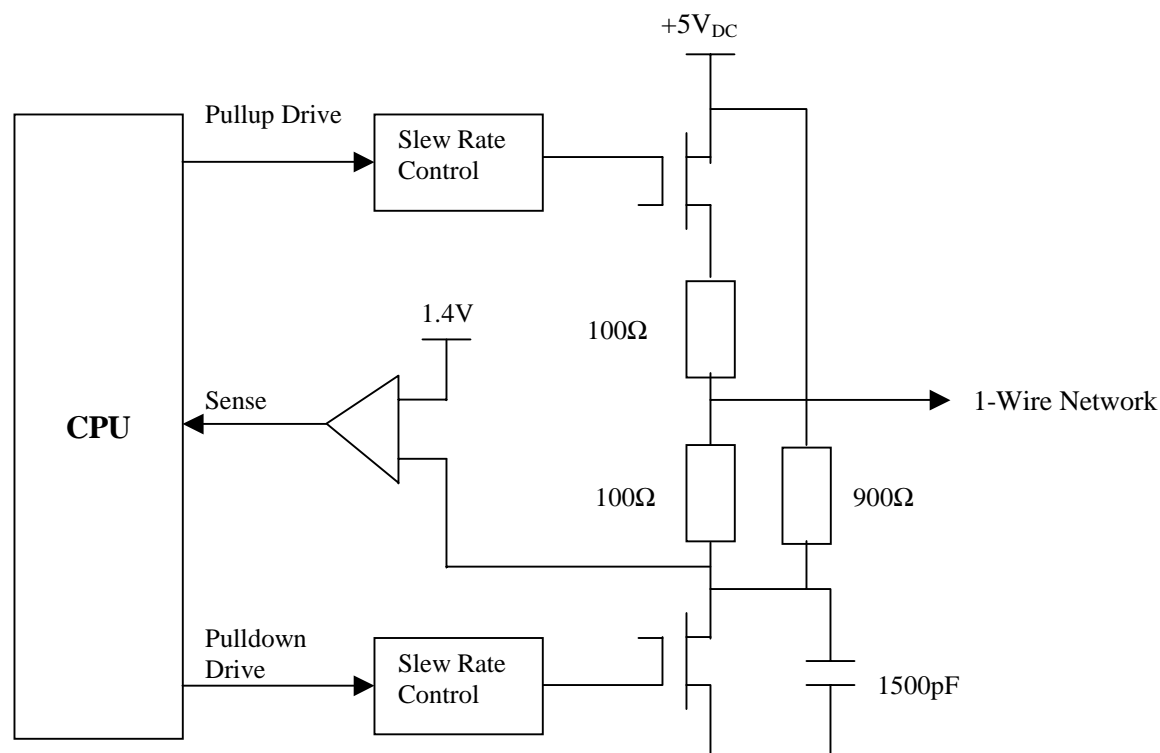
## 付録A—一般的なCPUポートピン専用インタフェース



## 付録B—改良型CPUバスインタフェース

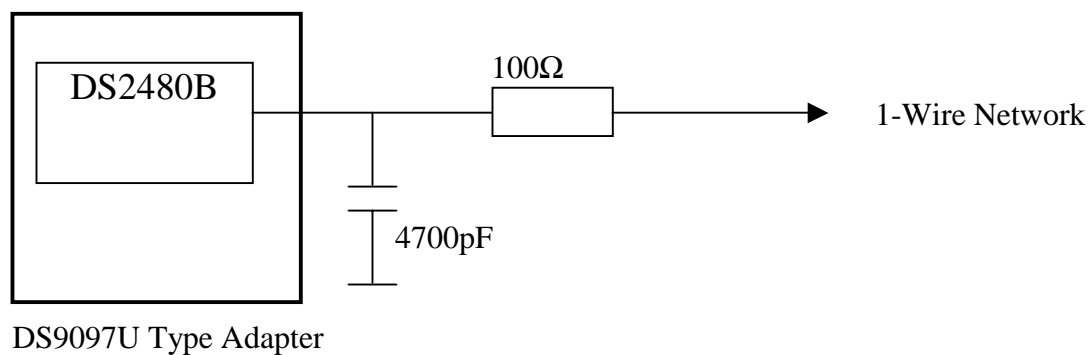


## 付録C—拡張1-Wireネットワークドライバ



このマスタエンドインタフェース回路では、「インテリジェント」(ソフトウェア制御)ストロングプルアップを使って、超軽量級から超重量級まで最大500mのネットワークで信頼性の高い動作を実現しています。また、綿密なインピーダンスマッチング(ハイ及びロードライバとも)により、範囲制限も500mに延長されています。バスがハイレベルにあると1-Wireプロトコルが判断したとき、及びバスがサンプリングされてハイレベルにあると判明した後の読み込み時に、プルアップがターンオンします。(Java `iButton`と高電流センサの電源供給用及びプログラミングEPROMデバイスのストロングプルアップは、ここには紹介されていません。拡張インタフェース回路の詳細は、今後のアプリケーションノートを参照してください。)

## 付録D—中距離ネットワークでDS2480Bインタフェースを支援するR-Cフィルタ



この簡潔なR-Cフィルタにより、最大200mのウエイトの中距離ラインにおけるDS2480Bの動作が向上します。このフィルタは、DS2480ベースのマスタエンドインタフェース使用時には、1m超で100m未満のネットワークで必ず使用してください。

## 付録E—DS2480B タイミングの最適化

DS2480B シリアル-1-Wire コンバータ (DS9097U シリーズの PC インタフェース アダプタで使用) は、小規模ネットワークに最適なデフォルトの 1-Wire タイミングを備えています。この設定は、中規模や大規模のネットワークに必ずしも適切に機能するとは限りません。

DS2480B のタイミングとスルーレートはソフトウェア制御下で調整できます。実際、TMEX オペレーティングシステムでは、このインタフェースで使用される際に事実上こうした値を調整します。高信頼性パフォーマンスのために、DS2480B インタフェースを「フレックスモード」に常時設定し、最適化タイミング値に調整する必要があることをプログラマは注意してください。(フレックスモード設定の詳細は、DS2480B データシートを参照)

DS2480B で調整可能な設定には、以下があります。

**プルダウンスルーレート制御**—バスをハイレベルからローレベルまでプルされるレートです。速すぎる立下り時間(高スルーレート)により、不要で有効なデータ波形に支障を及ぼす信号が 1-Wire バス上に生成されます。遅すぎる立上がり時間と立下り時間はタイミング要件に適合せず、遷移時間がノイズと反射に影響されることがあります。

**Write-One ロータイム**—各タイムスロットを開始する低進行パルスの全長です。このパルスが狭すぎると、長いラインの終端はパルス終了前に有効なローレベルに到達しません。

**データサンプルのオフセット/リカバリ時間**—このパラメータによりスレーブのデータがサンプリングされる時期が設定されます。このパラメータ値が短すぎると、サンプリング前にラインに有効なハイレベルにまで立ち上がるのに十分な時間がない場合があります。この時間が長すぎると、これらの範囲の終点近くで動作するスレーブを読み誤る場合があります。また、このパラメータによりビット間の時間も設定され、この時間中にスレーブの寄生コンデンサが再充電する必要があります。

長いバスラインと短いバスラインのテストによって、全ネットワーク領域の最適タイミングは以下であることが判明しています。

プルダウンスルーレート	1.37V/ $\mu$ s
Write One ロータイム	11 $\mu$ s
データサンプルのオフセット/リカバリ時間	10 $\mu$ s

こうしたタイミングは、適切な制御のスルーレートと共に最低サンプル時間(21  $\mu$ s、以下を参照)と最長リカバリ時間(10  $\mu$ s)を提供します。

こうしたタイミングは、プルアップ電圧が 4.5V ~ 5.5V 間にあるネットワークのみに該当します。

### 1-Wire のタイミング仕様及びサンプル時間

1-Wire デバイスのタイミング仕様は、サンプル時間(スレーブのデータがマスタにより読み込まれる時点)をタイムスロット開始後の 1  $\mu$ s ~ 15  $\mu$ s の間に要求します。最適サンプル時間は 15  $\mu$ s です。これにより、タイムスロット開始パルスとケーブルの立上がり時間に最大限の時間が提供されますが、15  $\mu$ s という速さで 0 ビットを終了させる最悪のケースの高速スレーブデバイスを妨げることはできません。

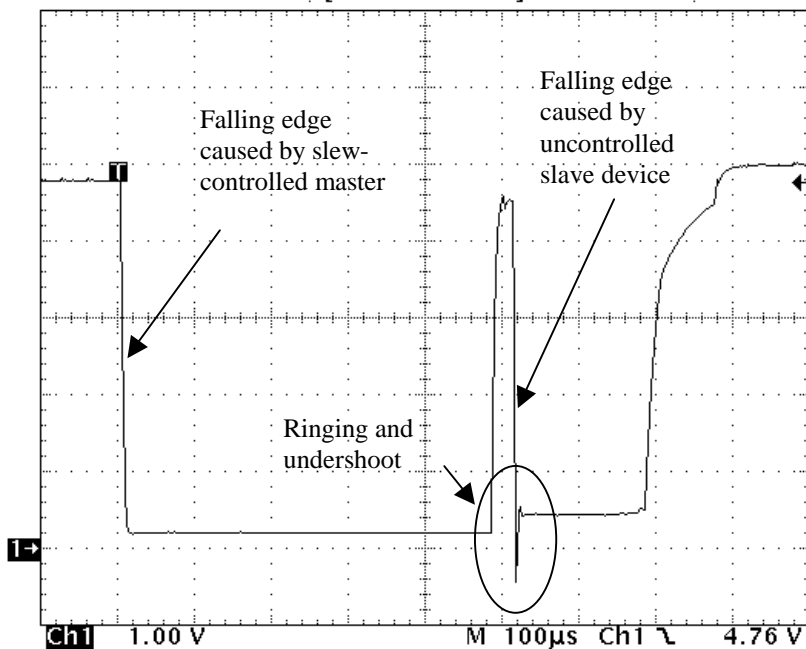
ケーブル及びスレーブのウェイトをサポートするネットワークでは、この 15  $\mu$ s の仕様は直ちに制限要因になります。ただし、5V プルアップ電源を保証するマスタによって 1-Wire ネットワークは、ほとんどの場合稼働されているので、仕様を絞り、サンプル時間を利点にすることができます。

1-Wireスレーブデバイスの速度に影響を及ぼす要素は、動作電圧と動作温度です。1-Wireスレーブの指定動作範囲は、2.8V ~ 6Vのプルアップ電圧と-40°C ~ +85°Cの温度を要求します。こうした動作条件を前提として、スレーブデバイスのタイムベースは15  $\mu$ s ~ 60  $\mu$ sの間で異なります。

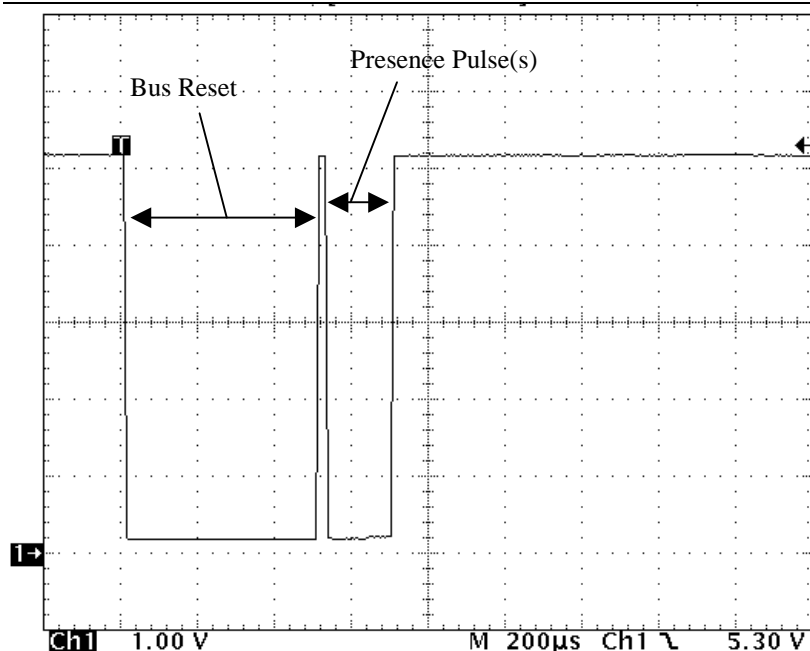
プルアップ電圧を4.5V ~ 5.5Vの範囲に制限すると、スレーブタイミングのばらつきも22  $\mu$ s ~ 60  $\mu$ sの間に絞られます。これによりサンプル時間を、ネットワークにおいてより長いウエイトをサポートする21  $\mu$ sにすることができます(スレーブが1ビットを返すと、ラインが有効なローレベルまでプルアップする6  $\mu$ sの時間がさらに与えられる)。

## 付録F—波形例

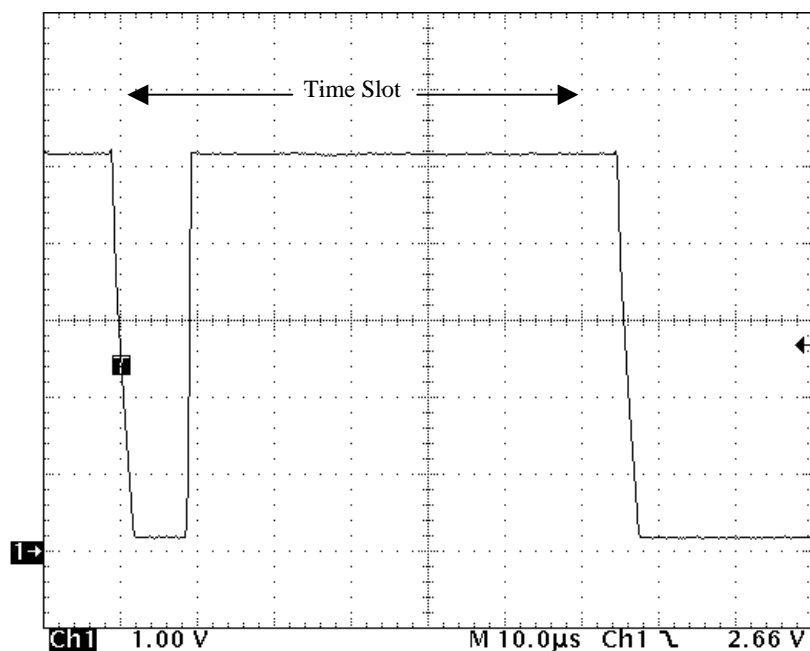
以下のオシロスコープ画像は、様々な状況における各種1-Wireネットワーク波形を図示しています。こうした波形と作用の詳細な説明については、テキストと参照資料を参照してください。



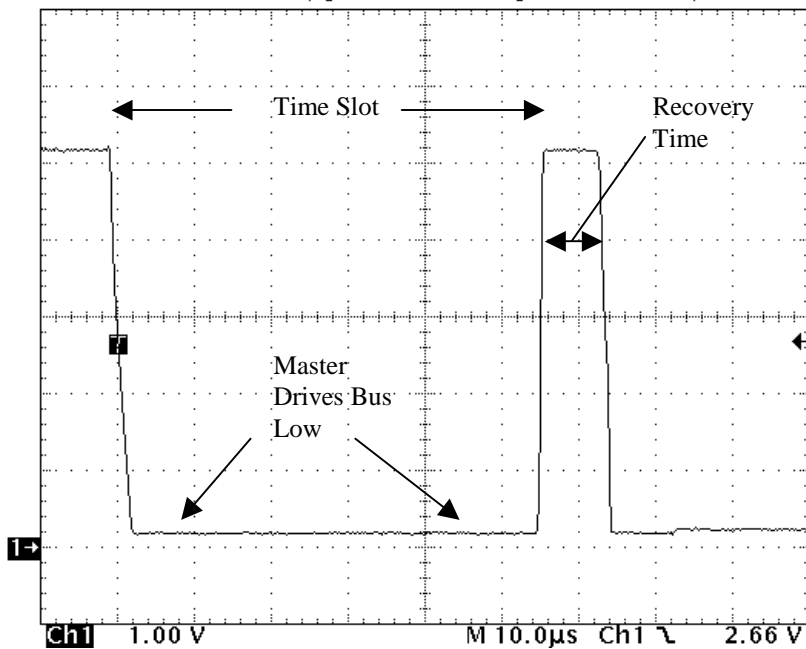
上の画像では、バスリセットとプレゼンスシーケンスを示していますが、さらに重要なことはスルーレート制御マスタの動作と非制御スレーブデバイスの動作との違いを示しています。マスタにより生成される立下りエッジはきれいで、アンダーシュートやリングングを行いません。スレーブデバイスにより生成される立下りエッジは制御されておらず、バス上でリングングとアンダーシュートを引き起こすことが確認できます。



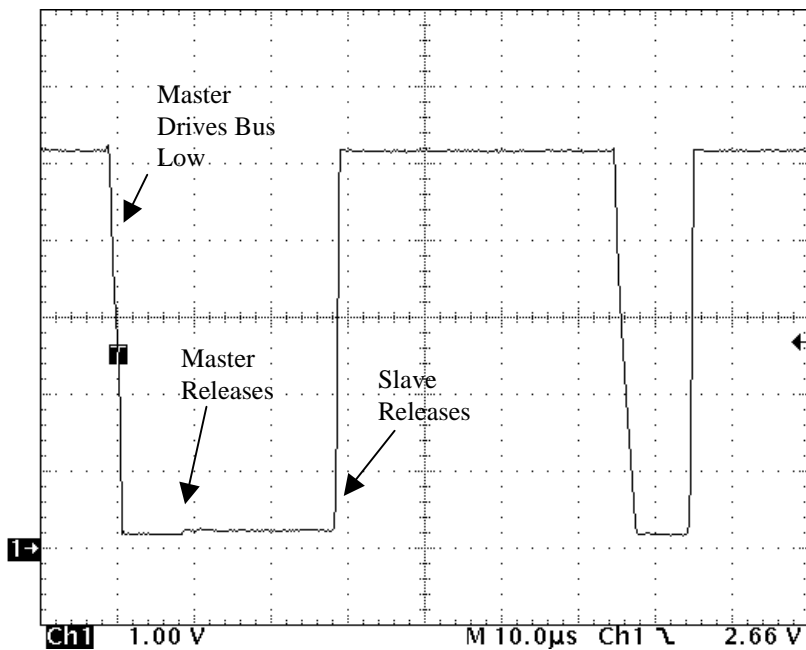
上の画像も、バスリセットとプレゼンスシーケンスを示しています。マスタが480 μsバスをローにプルします。この値はバスをローに保つどのタイムスロットよりも長い値です。バス上のすべてのデバイスは、これをリセット動作として認識します。スレーブデバイスは、プレゼンスパルスを送出して、バスリセットに応答します。複数のスレーブが同時期にプレゼンスパルスを生成し、単一パルスを生成するためにオーバーラップします。(タイムベースは、1ディビジョンあたり200 μsであることに注意してください。)



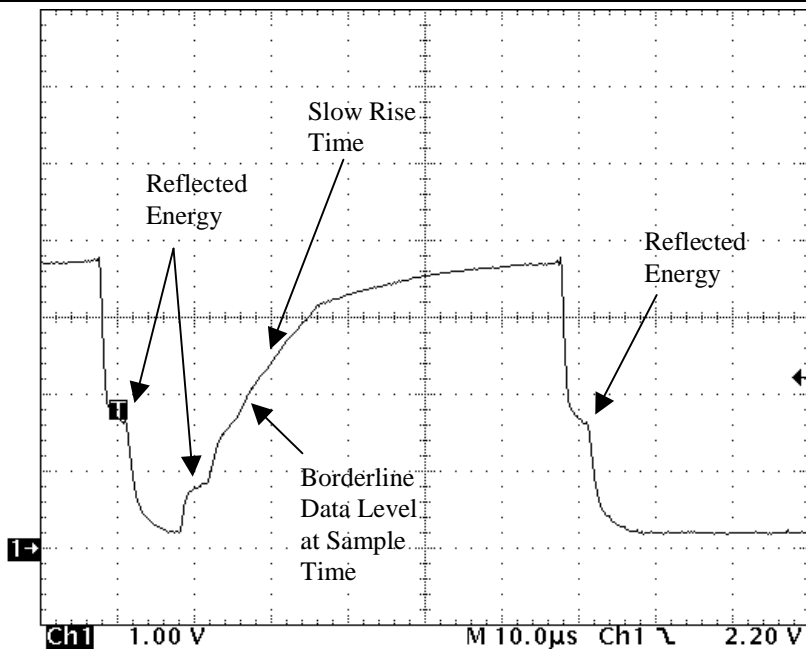
上の画像は、「Read One」タイムスロットや「Write One」タイムスロットを示しています。マスタは約10 μs間バスをローにプルして、バスをリリースします。スループレート制御立下り時間に注意してください。時間スロットは約70 μs間持続し、その後、別のタイムスロットが生じます。タイムベースは、1ディビジョンあたり10 μsに変更されていることに注意してください。



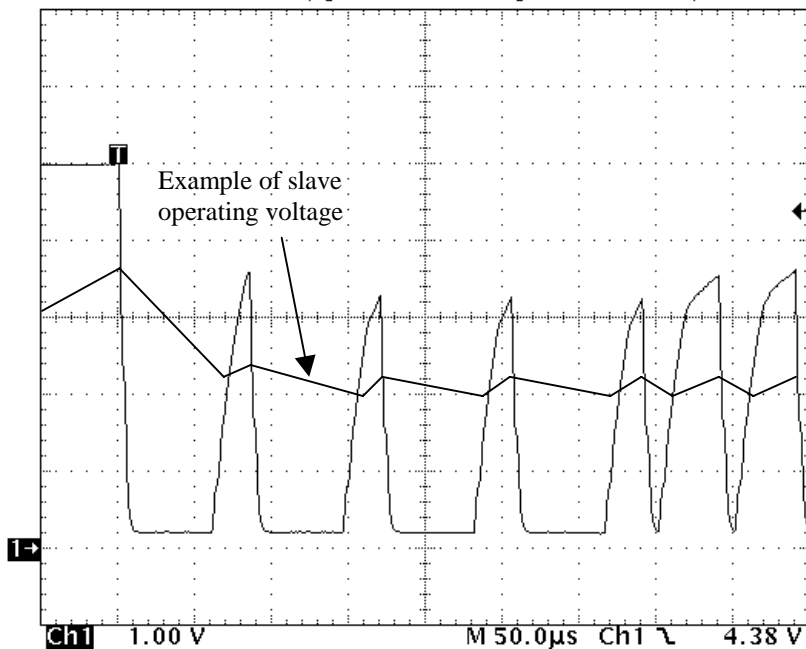
上の画像は、「Write Zero」タイムスロットを示しています。マスタは60  $\mu\text{s}$  間バスをローにプルして、別のタイムスロットが始まる前に約10  $\mu\text{s}$  間バスを解放します。



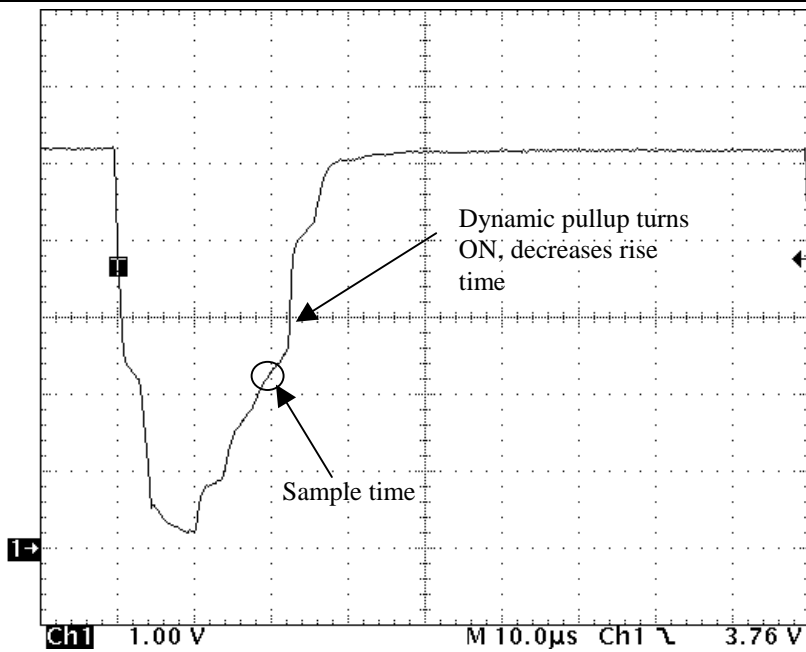
上の画像は、「Read Zero」タイムスロットを示しています。マスタは、約10  $\mu\text{s}$  間ローをバスにプルして、バスを解放します。ただし、スレーブデバイスはもっと長い時間バスをローに保持して、0ビットを返します。スレーブデバイスの時間基準は、22  $\mu\text{s}$  ~ 60  $\mu\text{s}$  の間で異なる場合があります。マスタは20  $\mu\text{s}$  でバスをサンプリングして、この例においては0ビットを読み込みます。



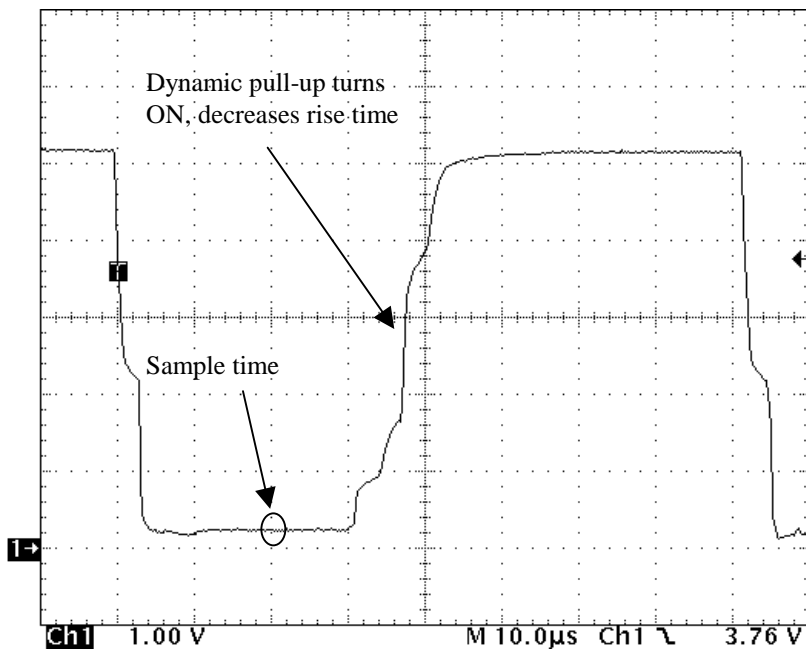
上の画像は、抵抗プルアップのみでマスタを使用する際の過度なウェイトの作用を示しています。当例のネットワーク範囲は1,000フィートで、ネットワークの遠端に30台のデバイスがあります。ネットワークの終端からの反射を極めて遅い立上がり時間として明確に確認することができます。これはRead Oneタイムスロットですが、サンプル時間のデータレベルはボーダーラインで、マスタにより誤読されることもあります。



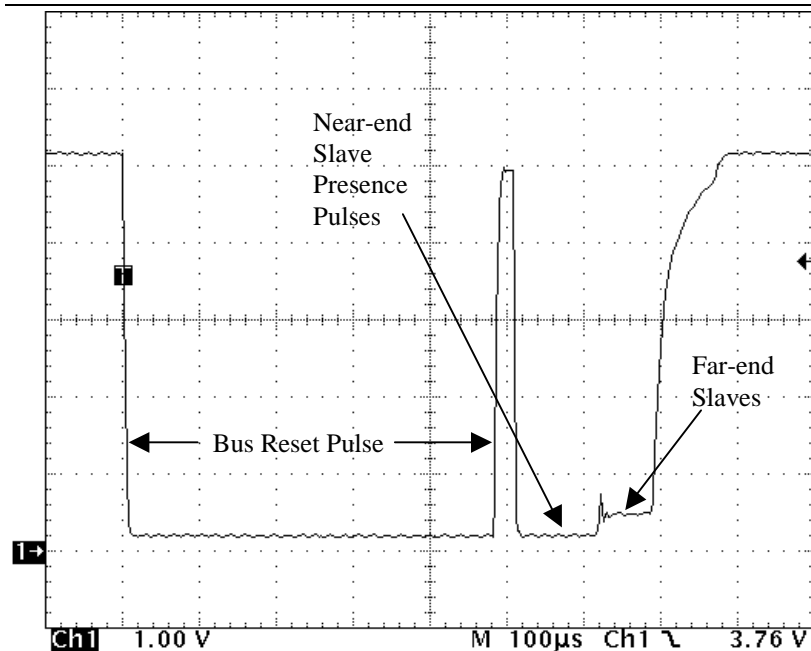
立上がり時間が不十分な場合、リカバリ時間(タイムスロット間の期間)が、スレーブデバイス再充電に必要なレベルにバスが達するのに十分ではないことがあります。上の画像では、スレーブが処理する必要がある平均DCレベルが危険なレベルのローになっています。スレーブは、特に一連の長いWrite Zeroタイムスロットの過程で電力窮乏によりリセットする場合があります。



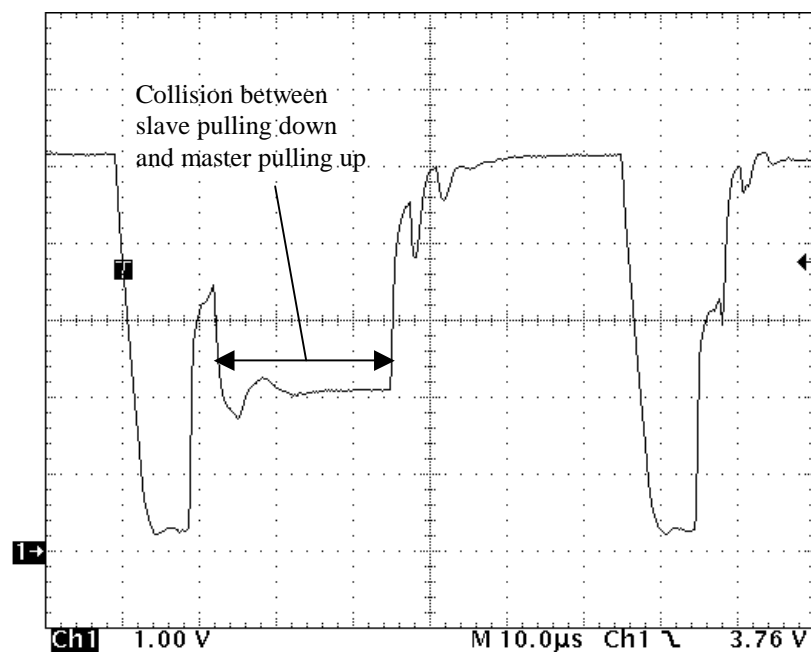
より高度なネットワークバスドライバではインピーダンスマッチングとダイナミックプルアップを使って、長距離ネットワークとスレーブデバイスのウエイト付加を解決します。上の波型は、Read OneまたはWrite Oneタイムスロットとダイナミックプルアップの動作を示しています。



上に、Read Zeroタイムスロットの同じダイナミックプルアップ動作が示されています。



バスリセットシーケンス時に、ダイナミックプルアップを使って、リセットパルス後及び存在パルスの終了後にネットワークウエイトを解決します。上の画像では、近端及び遠端の存在パルスのオーバーラップを確認することができます。マスタと遠端スレーブとのケーブルの抵抗付加により、近端デバイス以上に遠端デバイスのローレベルがハイになります。



上の画像は、Stubと分岐のためにケーブル上の反射によりダイナミックプルアップが誤動作した場合に発生するカオスを示しています。反射により、ダイナミックプルアップが動作し、スレーブデバイスでプルダウンと衝突しますが、これはRead Zeroタイムスロットです。

注意：以上の波形は、すべてネットワークのマスタエンドでキャプチャされました。ネットワークの他の地点で観察される波形は、オシロスコプのグラウンドが1-Wireバスに影響を及ぼさないように別のプローブを使用する必要があります。