

消費電流1 μ A、 ESD保護機能 ± 15 kV、 動作電圧3Vの 新型RS-232

マキシム社は、RS-232インタフェース用ICにチャージポンプDC-DCコンバータを初めて採用したメーカーであり、そして今では54種以上の製品を提供するに至っています。これら製品の第一号は+5Vで動作し、RS-232標準に必要な ± 5 V以上の出力を供給します。最新の製品では、僅か4個の0.1 μ F外付コンデンサで動作電圧が3V、耐ESD電圧が ± 15 kV、無負荷時の消費電流が1 μ Aといったような各種の改善がなされています。

デジタルシステムの多くは、高密度化と同時に省電力化を実現するために、3V動作へと移行してきました。マキシム社では、この移行に対応するために、3.0V及び3.3Vで動作するRS-232インタフェース用IC製品を提供しています。これら製品の殆どは、僅か4個の0.1 μ Fコンデンサで動作します(表1)。

表1. 3V及び3.3V RS-232用 IC

品名	電源電圧範囲 (V)		ドライバ数 / レシーバ数	シャットダウン : アクティブレシーバ数 / 消費電流 (μ A max)	無負荷時の消費電流 (mA typ/max)	DC-DC コンバータの構成方法	マウスドライブ能力	自動シャットダウン
	RS-232 (V)	RS-562 (V)						
MAX212	3 ~ 3.6	>3.0	3/5	5/15	1.5/3	Inductor		-
MAX3212	2.7 ~ 3.6	>2.7	3/5	5/15	1 μ A/10 μ A	Inductor		
MAX3232	3 ~ 3.6	>2.7	2/2	2/10	0.3/1	Regulated Capacitor Doubler	N/A	-
MAX3223	3 ~ 3.6	>2.7	2/2	0/10	1 μ A/10 μ A	Regulated Capacitor Doubler	N/A	
MAX3222	3 ~ 3.6	>2.7	2/2	2/10	0.3/1	Regulated Capacitor Doubler	N/A	-
MAX3241	3 ~ 3.6	>2.7	3/5	5/10	0.3/1	Regulated Capacitor Doubler		-
MAX3243	3 ~ 3.6	>2.7	3/5	5/10	1 μ A/10 μ A	Regulated Capacitor Doubler		
MAX218	1.8 ~ 4.25	>1.8	2/2	2/10	1.9 ~ 3	Inductor	N/A	-
MAX3218	1.8 ~ 4.25	>1.8	2/2	2/10	1 μ A/10 μ A	Inductor	N/A	
MAX562	-	2.7 ~ 5.25	3/5	5/130 0/50*	20/33	Regulated Capacitor Doubler/Tripler	-	-
MAX561	-	3 ~ 3.6	4/5	0/10	5/8	Unregulated Capacitor Doubler	-	-
MAX560	-	3 ~ 3.6	4/5	2/50	5/8	Unregulated Capacitor Doubler	-	-

* Receivers disabled

ヒューマンモデルとIEC 801-2エアギャップ放電法の両方を用いて、 ± 15 kVのESD保護を規定・実行しているRS-232 IC製造メーカーはマキシム社だけです(側面記事参照)。マキシム社の拡張ESD保護機能は、フィールドでの障害を防ぐだけでなく、TransZorbs™などの高価な外付保護装置を不要にします。

RS-232のアプリケーションをさらに容易にするために、マキシム社は最近、動作時以外は自動的にシャットダウンし、消費電流を1 μ A (他の部品の1000倍の性能)まで低減できるトランシーバを発売しました。この機能は、ノートブックコンピュータ、パームトップコンピュータ、バーコードスキャナなどのポータブル機器で、バッテリー寿命の延長を可能にします。

アプリケーションを容易にする別の例としては、マキシム社のRS-232トランシーバをDTE (Data Terminal Equipment : データターミナル装置) ポートからDCE (Data Communications Equipment : データ通信装置) ポートへと切替える、デジタル制御された内部スイッチがあります。

3V動作への移行

ノートブックコンピュータ及びその他のポータブル機器用の標準電源電圧は、3Vへと急速に移行しています。この市場ニーズを反映し、5V RS-232デバイスの多くは3V動作用に特性化されています。これらのデバイスは、

(5ページに続く)

TransZorbs™は、General Semiconductor Industries, Inc.の商標です。

マキシム社が業界最高のESD保護機能 ± 15kVを達成

ヒューマンモデル及びIEC 801-2エアギャップ放電法に適合した保護レベル

ESD(静電放電)は、ケーブルの交換やI/Oポートに人体が接触する度に発生し、電子システムを損傷する原因となります。このような日常作業に伴う放電によってポートに接続したインタフェースICが破壊され、I/Oポートが使用できなくなってしまうことがあります。このような障害は、保証修理及び品質評価の面でコストの増大につながります。

さらに、IEC 801-2で規定された最小限のESD性能を達成できなければ、ヨーロッパ共同体への装置販売が拒否される可能性がでてきたことから、ESDはメーカーにとって一層深刻な問題になってしまいました。

この2つの問題が契機となり、マキシム社は、± 15kVのESD保護機能をもったRS-232製品ファミリを開発しました(表A)。ヒューマンモデル及びIEC 801-2エアギャップ放電法の両方で± 15kVのESD保護を規定し、かつ実現しているのは、表に示すインタフェースICだけです。マキシム社の高度なESD保護機能を用いることで、TransZorbs™などの高価な外部保護部品は不要になり、フィールドでの故障を防止できます。

従来のESD試験方法

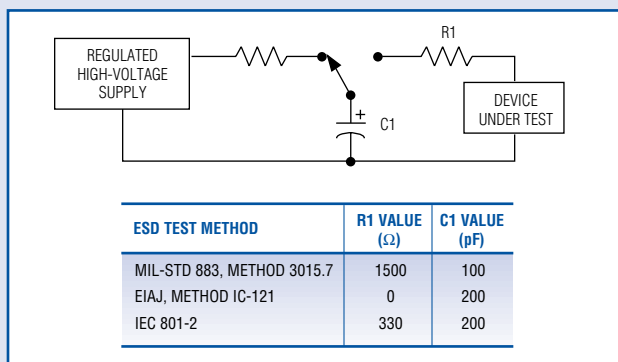
集積回路に対するESDの影響を試験するには、通常2つの方法が用いられています。ヒューマンモデルとして最も古くから知られているMIL規格883のメソッド3015.7は、ICの実装及び取扱い時の留意点をメーカーに説明する目的で開発されたものです。この方法は、それぞれのパッケージピンを他の全てのピンに対して試験し、初めて異常が発生した時(通常は、ESDに最も敏感なピン)の電圧に従ってデバイスを分類します。この時印加されるESD波形は、ヒューマンモデルと呼ばれる回路から得られるものです(図A)。このコンデンサ(100pF)では、人体の容量をモデル化し、人体、IC、及びグランドを含めた放電経路での典型的な直列抵抗を抵抗(1500 Ω)によりモデル化したものです。

他の方法として、機械モデルとしても知られるEIAJ法IC-121では、ICが自動ハンドリング装置に接触した時に発生する波形を印加します。これは、日本電子機械工業会(EIAJ)が開発した方法で、設定は図Aと同様ですが、R1とC1の値が異なっています。ここで抵抗は、人間がねじ回し等の金属類を持った時の抵抗を表わし、コンデンサは人体の容量を表わします。得られた波形の立上がり/立下がり時間は、ヒューマンモデルよりも急激になっています。

この2つの方法は互いに相補的なため、どちらの方が好ましいということはありません。ESDの影響は、ICの製造工程だけでなく、プリント基板の組立て工程や最終製品の使用時にも発生することから、製造及び実装に対するICの十分な保証範囲を得るには、両方の試験方法を適用することが必要です。

しかし、いずれの方法にしても、外部装置に接続したICの正確な信頼性を評価することはできません。これらの方法は、全てのピンに対する最低故障電圧に従ってICを評価しているため、デバイスにI/Oピンが存在する場合は、

(7ページに続く)



図A. 殆どのESD規格では、定数は異なっていますが、試験回路は同一のもので規定されています。

表A. ± 15kVのESD保護機能を備えたRS-232インタフェース用IC

品名	ドライバ数/ レシーバ数	ESDレベル (kV)			コンデンサ 容量 (μF)	ラッチ アップ 耐性	データ レート (kbps)	シャット ダウン時の アクティブ レシーバ数	シャット ダウン I _{CC} (μA)	標準価格 1,000個以上 (¥)
		ヒューマン モデル	IEC 801-2							
			接触放電	エアギャップ 放電						
MAX202E	2/2	±15	±8	±15	0.1		120	0	N/A	200
MAX211E	4/5	±15	±8	±15	0.1		120	0	1	390
MAX213E	4/5	±15	±8	±15	0.1		120	2	15	390
MAX232E	2/2	±15	±8	±15	1.0		120	0	N/A	200
MAX241E	4/5	±15	±8	±15	1.0		120	0	1	390

RS-232通信に必要な $\pm 5V$ の出力スイングを発生することはできませんが、 $\pm 3.7V$ を出力スイングとするEIA/TIA-562の条件を満たしています。EIA/TIA-562の出力電圧は、RS-232との相互動作が可能ですが、内蔵マイクロコントローラが5V(5mA typ)を必要とするマウス駆動には不十分です。

マキシム社は、これらの特性化されたデバイスの限界を解消するために、低自己消費電流、マウス駆動機能、全部又はいくつかのレシーバをアクティブ状態に維持する低電力スタンバイモード、フロースルーピン配置、高速モデム対応の230kボー動作(高速モデム用)等の特長をもつ3Vトランシーバとして、MAX3241ファミリを開発しました。

50%の省電力化を達成する優れた出力段

3Vデバイスの開発におけるマキシム社の技術革新は、入出力間の電圧ドロップが非常に低いドライバ出力構造にあります。3.3VのRS-232トランシーバに理想的なDC-DCコンバータは、容量性電圧ダブラであることから、低ドロップ電圧が重要になってきます。理想的なダブラは、3Vの最低入力で6Vを発生するため、ドライバ出力段及びDC-DCコンバータ自体のロスによる電圧ドロップは僅か1Vしか残りません。

さらに、RS-232トランシーバの出力スイングは、誤差ゼロの $\pm 5V$ が理想的です。RS-232規格に適合するには最低 $\pm 5V$ が必要ですが、5V以上又は-5V以下のスイングは電力を無駄にするだけです。MAX3241ファミリでは入力電圧に関係なく、内部電圧ダブラDC-DCコンバータを5.4Vに安定化させることによって、ドライバ出力段の200mVドロップを補った後でも十分な余裕を持たせています。このため、公称電源電圧3.3Vで消費電力が最小となります。

理想的な(ロスの全くない)容量性電圧ダブラは、安定化していない状態では、3.3V入力で6.6V、5V入力で10Vを発生します。従って、内部に5Vダブラを搭載したRS-232トランシーバは、出力(10V)とRS-232規格に基づく $\pm 5V$ 間で、5Vの差が無駄になってしまいます。この点から、無駄が僅か1.6Vしかない3.3V内部ダブラが、より効果的と言えます。

同様に、理想的な3.3V容量性トリブラは9.9Vを発生します。望ましい出力が5Vであることから、全体の効率は僅か5/9.9(51%)です。3.3Vダブラと3.3Vトリブラを別の方法で比較すると、RS-232負荷1mAに対して、ダブラでは3.3V電源から2mA、トリブラでは3mAが必要になります。つまり、長いRS-232ケーブルの容量性負荷を高速で駆動した時は、3.3Vダブラによる省電力効果が一層増大することになります(図1)。

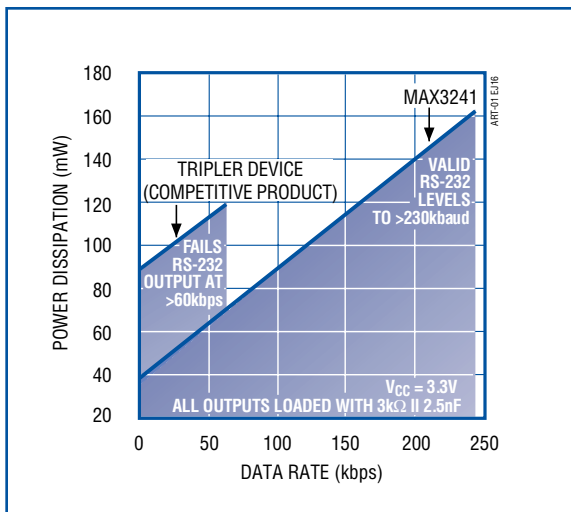


図1. 電圧ダブラ搭載のMAX3241の消費電力は、電圧トリブラを用いた他社のデバイスの僅か半分です。またMAX3241は、有効なRS-232出力レベルを4倍のデータレートにおいて維持します。

さらにRS-232ドライバは、ラインの相手側でのRS-232レシーバに伴う入力抵抗(3k ~ 7k)を駆動し、RS-232規格で規定される2500pFまでの負荷容量の充放電を行うための出力電流を供給する必要があります。この充放電電流は、周波数とともに増加し、80kbpsのデータレート(40kHz)で抵抗性での電流を超えてしまいます。従って、高いデータレートでは、電圧ダブラの省電力効果が増大することになります。

オートシャットダウン 理想的RS-232用 IC

ほとんどの携帯システムでは、送受信で実際にRS-232ポートを使用する時間は、電力供給時間に比べると非常に短く、未使用時の電力が無駄になっています。このため、送受信を行っていない時はRS-232トランシーバをシャットダウンすることが理想的です。

初期の携帯システム向けRS-232用 ICでは、シャットダウンピンが提供されていましたが、この機構では完全なシャットダウン(ディープスリープ状態)となり、入力信号をチップが検出することはできませんでした。そこで次のステップとしては、シャットダウン中でもアクティブ状態を維持するレシーバを提供することでした。

着信データの変化やステータスラインの変化が見られない場合には適切な遅延を経て、OSがRS-232ポートをシャットダウンすることは理論的には可能です。しかし、ここで問題になるのは遅延時間の設定です。これはパワーダウンと同時にバーストデータが開始されると、データを見失ってしまったり、またシステムをウェイクアップし、パワーアップを開始するためのデータが一部失われてしまう可能性があるからです。この理由から、BIOS

表2. オートシャットダウン回路を搭載したRS-232トランシーバ

品名	電源電圧範囲 (V)	ドライバ数 / レシーバ数	無負荷時の消費電流 ($\mu\text{A typ}/\text{max}$)	スタンバイ時にアクティブなレシーバ数
MAX3212	2.7 ~ 3.6	3/5	1/10	5
MAX3218	1.8 ~ 4.25	2/2	1/10	2
MAX3223	3 ~ 3.6	2/2	1/10	2
MAX3243	3 ~ 3.6	3/5	1/10	5

又はOSを書き直してまで、遅延監視機能を導入しようとする設計者は殆どいません。

新しいRS-232トランシーバの設計では、次の項目がマキシム社エンジニアの目標となりました。

- 1) 電力は、データの送受信時にのみ使用する。
- 2) 性能を低下させることなく、1)の目標を達成する。
- 3) コストを増大させることなく、1)の目標を達成する。

当然考えられる方法として、適切な時間経過後ICをシャットダウンするためのタイマを搭載することが考えられますが、これはチップサイズの増大を伴うことから、目標3)を満足できません。より良い解決法は、全入力データラインに対してRS-232信号電圧の有効レベルを監視することです。RS-232ポートが未接続の場合、又は相手側のトランシーバがオフの場合は、全レシーバ入力グランドレベルに近くなります。いずれの場合も、有効な信号レベルが得られない時は、チップが自動的にシャットダウンモードになり、無負荷時の消費電流を1 μA (typ)まで低下させることができます。

マキシム社では、最近オートシャットダウン回路を搭載したデバイス4種を発売しました(表2)。これらデバイスの殆どは、ケーブルの相手側にアクティブなRS-232ポートが接続されているかどうかをシステムプロセッサに知らせるための出力(RS-232が有効)を備えています。MAX3212では、これをさらに一歩進め、入力ラインのいずれかで状態変化が発生すると、割込みとして動作する

従来の製品	無負荷時の消費電流 ($\mu\text{A max}$)	オートシャットダウン機能搭載製品	無負荷時の消費電流 ($\mu\text{A max}$)
MAX3222	500	MAX3223	10
MAX3241	1000	MAX3243	10
MAX218	3000	MAX3218	10
MAX212	3000	MAX3212	10

ラッチ出力を備える遷移検出回路によって、システムをアクティブ状態にできます。

マキシム社の従来のRS-232トランシーバとオートシャットダウン回路を搭載したRS-232トランシーバとの消費電流を比較すると、オートシャットダウン回路の利点がよく分かります。

オートシャットダウンデバイスは、自動回路を無効にし、強制的にトランシーバを低電力スタンバイ状態又は通常動作状態に設定するためのFORCE ON/FORCE OFF制御機能(図2)を備えています。いずれの制御も実行されない時は、ICによってこれらの状態が自動的に決定されます。これによって、既存のBIOSやOSを変えることなく、システムの省電力化が実現できます。

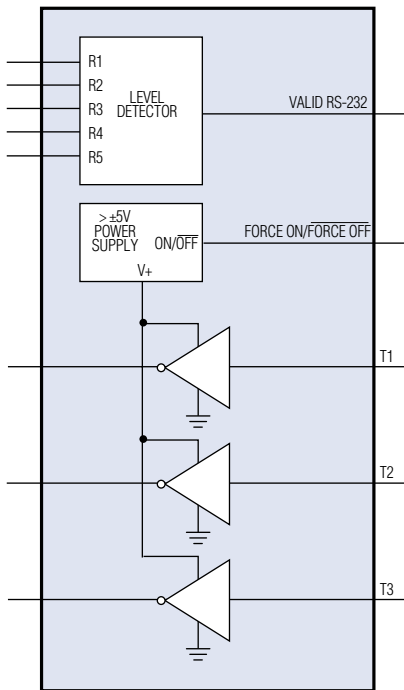
1個のDTE/DCE ICでヌルモデムを排除

RS-232トランシーバで役立つものとして、2つの標準構成であるDTEポートとDCEポート間の切り換え機能があります。最も一般的な例としては、ダムターミナル又はパーソナルコンピュータ(DTEポート)から外部モデム(DCEポート)への接続が挙げられます。この場合、接続ケーブルは1対1のストレート接続です。同様に、プリンタのシリアルケーブルもコンピュータのDTEポートへ接続する設計となっています。

しかし、2台のコンピュータを接続する場合、両方がDTEとなり、標準のDTE - DCEケーブルは使用できません。この問題の一般的な解決策としては、特別なLapLink™ケーブル、又はDTEポートをDCEポートに変換する"ヌルモデム"の利用があります。ヌルモデムは、いくつかの配線を入れ換えた2個のバック・ツー・バックのコネクタから構成されているにすぎません。最も一般的なヌルモデムは、単一のロジックレベル入力で制御される内部回路により必要な配線を入れ換えを全て提供する、1個のチップ(MAX214)で実現することができます。

™LapLinkは、Traveling Softwareの商標です。

HOW AUTO-SHUTDOWN WORKS



1. Level detector monitors all RS-232 receivers for valid load.
2. Output from level detector goes to $\pm 5V$ power supply.
3. If level detector senses no load, the power supply is turned off, reducing supply current to $1\mu A$.
4. If level detector senses a valid RS-232 load, the power supply is activated for transmitting and receiving data.

図2. MAX3223トランシーバファミリでは、オートシャットダウンによる使い易さに加え、ICを強制的にシャットダウンモード又は通常動作モードに設定する制御の柔軟性も備えています。

(資料請求番号：1)

(4ページの続き)

正確な試験方法とは言えません。I/Oピンは、一般的に通常のピンよりもESD保護レベルが高くなっているからです。

例えば、I/Oピンの耐ESDレベルが $\pm 15kV$ で、他のピンの耐ESDレベルが僅か $\pm 2kV$ しかない場合もあります。この場合、上記2つの方法では、ICの評価レベルは僅か $\pm 2kV$ となってしまいます。メーカーでは、この問題を解決するために、RS-232用IC及び外部装置に直結するデバイスの評価用として、ヨーロッパ共同体で開発された新しい試験方法であるIEC 801-2を適用しています。このため、ヨーロッパ向けの機器販売に対しては、IEC 801-2の適用が今後必要条件になる可能性があります。

新しいESD試験方法

ヨーロッパで機器レベルの試験用として登場したIEC 801-2は、エンドユーザが取扱うICに対する最適のESD試験方法として、今では世界中で認められるようになっています。IEC 801-2は、上述の2つの方法とは異なり、I/Oピンのみを試験する方法です。このため、デバイスのESD評価は、I/Oピンでの保護レベルだけで決定されます。

IEC 801-2では、接触放電又はエアギャップ放電のいずれかでESD試験を規定します。規格としては、ある程度の妥協が有るとしても、接触放電の方が好まれています。実際の接触で発生するESDは、再現性は高くても、現実性は低くなります。これに比べると、エアギャップ放電の方がより現実的ですが、温度、湿度、気圧、距離、密閉率によって、レベルが大きく異なってきます。

IEC 801-2では、I/Oピンが耐えうる最大電圧に従って4つの適合レベル(表B)を定めています。これらのレベルは、接触放電とエアギャップ放電の両方を含みます。マキシム社のICは、接触放電及びエアギャップ放電共に最高のレベル4に適合し、このレベルのESD保護を達成している唯一のRS-232用ICとなっています。

ICの耐ESD試験には、「ESDガン」の使用が必要です。このガンは、接触放電又はエアギャップ放電のいずれにも適用できます。接触放電では、試験電圧を印加する前に、ガンとICが物理的に接触することが必要です。一方、エアギャップ放電では、ICに接近する前に試験電圧をガ

(8ページに続く)

表B. IEC 801-2の適合レベル

IEC 801-2の 適合レベル	最大試験電圧	
	接触放電 (kV)	エアギャップ放電 (kV)
1	2	2
2	4	4
3	6	8
4	8	15

(7ページの続き)

ンに充電しておく(できるだけ速く、垂直に)ことが必要です。後者の方法では、試験装置からの臨界距離でスパークが発生します。

エアギャップ放電で発生させたESDは、実際のESDとよく似ていますが、再現が難しいという点は実際のESDと同様です。これは、制御し難い多くの変数が原因になっています。このためIEC 801-2では、試験の再現性を重視し、接触放電の方を推薦しています。いずれの場合も、各試験レベルで少くとも10回放電を行うことが必要です。

ESD試験における厳守事項、回避事項

厳守事項

- 1) 試験装置は標準のものを使用します。ESD試験の再現性は本質的に困難なため、これを一層複雑にするような自家製の装置は使用しないようにします。マキシム社では、IEC 801-2試験用として、SchaffnerのNSG 435 ESDガンを使用し、またMIL規格883のメソッド3015.7用としては、IMCSのモデル4000のテストを使用しています。
- 2) ESD試験の実施前と実施後、DUTに対して完全なパラメトリックテストを実施します。ESDは、通常明らかな異常となって現れますが、実際の使用段階になって初めて発生するような微妙な潜在的損傷の原因になることもあります。このような損傷を検出するには、特にリーク電流を慎重に監視することが必要です。
- 3) 上限だけでなくESDの全電圧範囲にわたってテストを行います。ESD保護構造の多くは、保証範囲内の最高ESD電圧に耐えても低レベルで損傷することがあります。マキシム社では、200Vから開始し損傷するまで、又はESD試験の限度に達するまで200Vずつ増加させながら、各デバイスピンをテストしています。

4) 関連する全規格の性能達成を目標とします。例えば、MIL規格883では、ICの組立て及び出荷時に発生するESDのシミュレーションを行います。また、外部へ接続するピンにのみ適用されるIEC 801-2では、最終装置で発生する可能性のあるESDのシミュレーションを行います。

5) IEC 801-2試験は、電源オン時とオフ時の両方で行います。他メーカーICの中には、パイポラ及びCMOSを含めて、電源がオンの状態でESDが発生すると、SCRラッチアップが発生するものがあります。ラッチアップは、過大電流を引き起こし、破損につながる場合でも、一般的にICの電源を切らない限り通常動作に回復しません。

回避事項

- 1) 規格の誤適用は避けます。規格には、出荷及び製造工程での全ピンの耐性を規定するものから、最終装置内で外部との接続を受けるピンをみの耐性を規定するものまであります。
- 2) 使用される試験装置や手順に関する規定を全く伴わないような、根拠のない要求は使用しないようにします。
- 3) 本質的にパイポラICの方が、CMOS ICよりも優れている(又はその反対)といった仮定は避けます。重要なことは、アプリケーションにおける実際の性能です。