

携帯電話搭載に最適な SDメモ리카ード用 小型・低ノイズ レベルシフトIC

Compact, Low-Noise, Level-Shifting IC for SD Memory Card in Cellular Phones

二村 知樹 辻田 武俊 北原 高也

■ NIMURA Tomoki ■ TSUJITA Taketoshi ■ KITAHARA Takaya

最近の携帯電話機は、カメラや音楽の録音・再生、更に、テレビ(TV)放送の受信機能も搭載され、保存するデータ量が増加したため外部にSDメモ리카ードが接続される。その場合、電話機の内部は1.8V系で設計されているが、SDメモ리카ードは3V系で設計されているため、電圧変換用のICが必要である。

東芝は、携帯電話機とSDメモ리카ードを接続する小型で低ノイズのレベルシフトICを開発した。パッケージにCSP(Chip Scale Package)構造を採用し、レベルシフト部と電源レギュレータ部をCMOS(相補型金属酸化膜半導体)に1チップ化することで、2.5×2.5×0.67mmの小型・薄型化を実現した。また、EMI(Electromagnetic Interference)フィルタの最適化によって、携帯電話機で使用される無線周波数800MHz~2.5GHzでのノイズを大幅に低減できた。

With the increasing volume of data being saved in multifunctional cellular phones, large amounts of data need to be transmitted between cellular phones and SD memory cards. When connecting a cellular phone to an SD memory card, a level-shifting integrated circuit (IC) that converts the voltage of each data signal is required because the power supply voltages of the cellular phone and SD memory card are different.

Toshiba has developed a low-noise, level-shifting IC in a compact package of 2.5 mm in width, 2.5 mm in length, and 0.67 mm in height, that was realized by both employing a chip-scale package (CSP) structure and laying out the level-shifting and power-regulator circuits in a single complementary metal-oxide semiconductor (CMOS) chip. The new level-shifting IC achieves good performance of radio frequency (RF) noise rejection in the frequency range from 800 MHz to 2.5 GHz used for wireless communication systems of cellular phones, due to optimization of the electromagnetic interference (EMI) filter design using simulation.

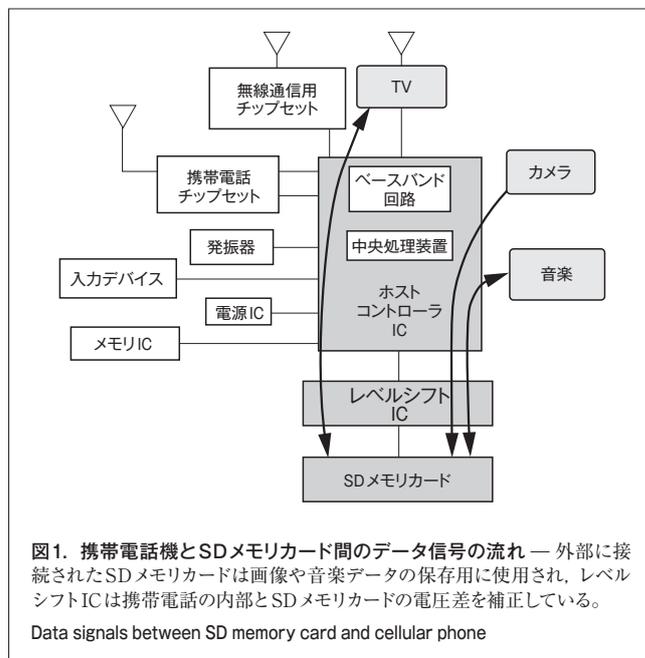
1 まえがき

最近の携帯電話機は通話機能に加え、カメラによる撮影や音楽の録音と再生、更に、TV放送の受信機能も搭載されている。それに伴って保存する画像や音楽のデータ量も増えたため、電話機内部のメモリICだけでなく、外部のSDメモ리카ードも必要になっている。ところが、SDメモ리카ードは3V系の電源電圧で設計されているのに対し、電話機内部は低電圧化の設計が進み、現在では1.8V系で設計されている。そのため、SDメモ리카ードと電話機内のホストコントローラICの間に、データ信号の電圧を変換するためのレベルシフトICが必要となる。

ここでは、東芝が開発した小型・低ノイズのレベルシフトICの概要と特長について述べる。

2 携帯電話機とSDメモ리카ードの位置づけ

携帯電話機の各ブロックと外部のSDメモ리카ードの関係、及びデータ信号の流れを図1に示す。外部に接続されたSDメモ리카ードは画像や音楽データの保存用に使用され、レベルシフトICは携帯電話の内部とSDメモ리카ードの電圧差を補正



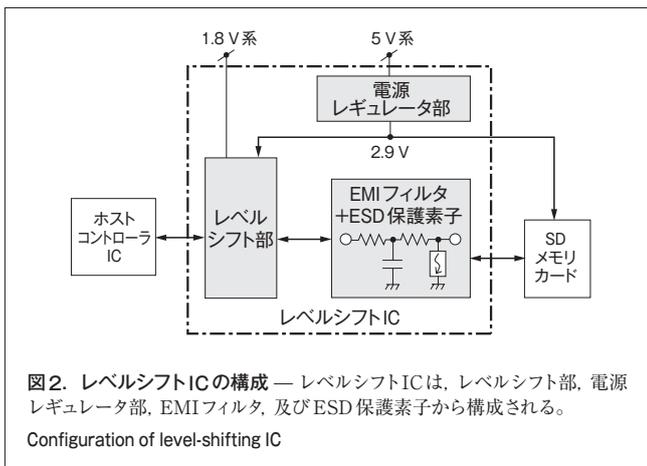
している。
レベルシフトICには、電圧変換の機能に加え、以下のことが要求される。

- (1) 携帯電話機自身が小型化傾向のため、部品の実装面積が小さく、厚さも薄いこと
- (2) 携帯電話機の通信性能に影響を与えないように、RF (Radio Frequency) 帯域のEMIノイズをデータ信号ラインから放射しないこと。今回はEMIフィルタをレベルシフトICに内蔵させ、特に800 MHz～2.5 GHzでのノイズ減衰特性に着目
- (3) カードスロット経由で発生する静電気放電 (ESD: Electrostatic Discharge) による破壊への対策を行うこと

3 レベルシフトICの構成と機能

レベルシフトICの構成を図2に示す。

電話機内のホストコントローラICからのデータ信号は、レベルシフト部で電圧変換され、EMIフィルタとESD保護素子を通して電話機外部のSDメモ리카ードに送られる。また、SDメモ리카ードから送られるデータは、逆の経路を通る。電源レギュレータ部は、携帯電話の5V系電源から2.9V電圧を発生しSDメモ리카ードに供給する。



4 小型化と薄型化の実現

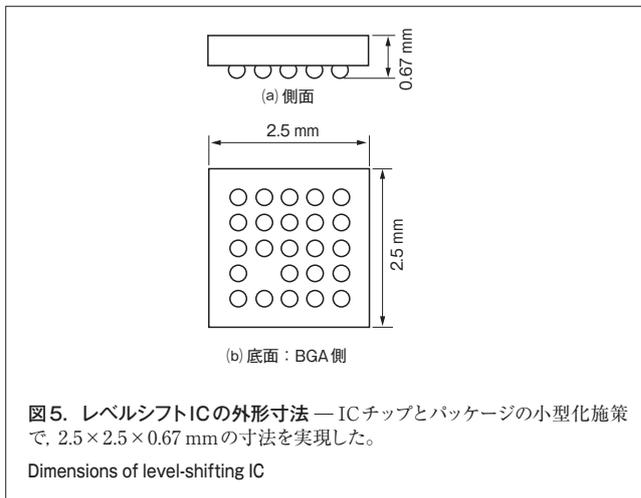
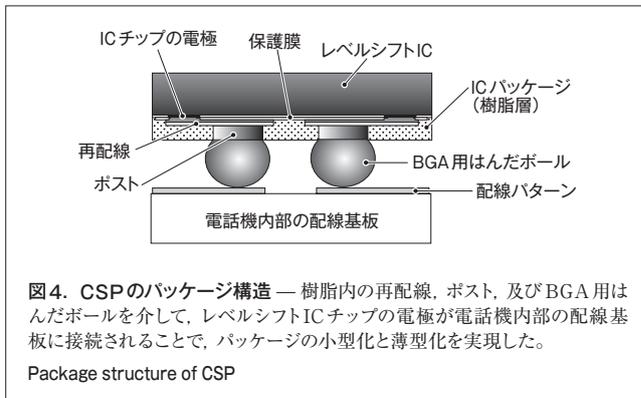
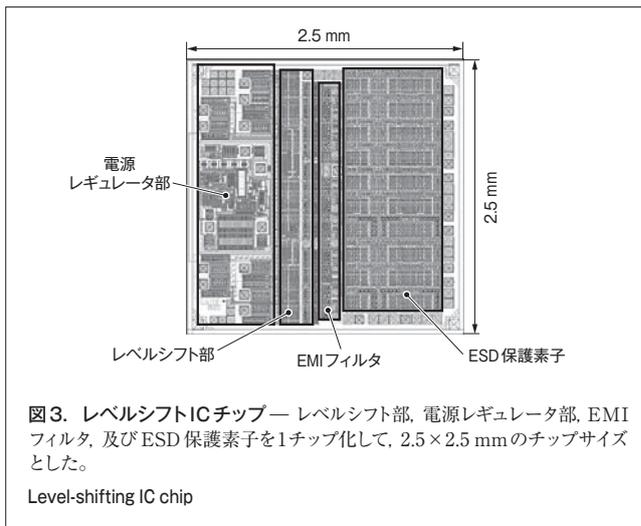
4.1 ICチップの小型化

ICチップのサイズを縮小するために、レベルシフト部、電源レギュレータ部、EMIフィルタ、及びESD保護素子を一つのCMOSチップに内蔵した。

レベルシフトICチップの外観を図3に示す。チップの外形寸法は2.5×2.5 mmである。なお、今回はESD対策のために、新方式の保護素子を採用した。

4.2 パッケージの小型化と薄型化

パッケージはCSP構造を採用した。その断面を図4に示す。レベルシフトICチップの電極は、樹脂層内の再配線、ポスト、BGA (Ball Grid Array) 用はんだボールを介して、電話機内



部の配線基板と接続される。ICチップの電極からボンディングワイヤを介してパッケージ基板に接続する構造と比べると、パッケージを小さく薄くできる。

今回開発したレベルシフトICの外形図を図5に示す。ICチップとパッケージの小型化施策で、2.5×2.5×0.67 mmの外形寸法を実現した。

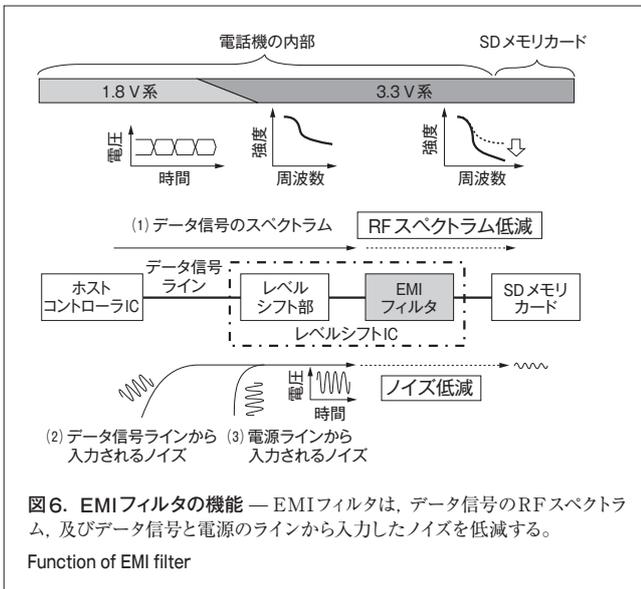
5 低ノイズ化

5.1 ノイズ放射の原因とEMIフィルタの機能

レベルシフトICのデータ信号ラインからノイズが放射される原因としては、以下の3通りが考えられる。

- (1) データ信号はHigh (以下, Hと略記) とLow (以下, Lと略記) の繰返しであり、パルス波形特有の高い周波数までのスペクトル成分を持つ。
- (2) ICの入力側データ信号ラインから入力したノイズが、出力側データ信号ラインから放射される。
- (3) ICの電源ラインから入力したノイズが、IC内でデータ信号ラインに結合し放射される。

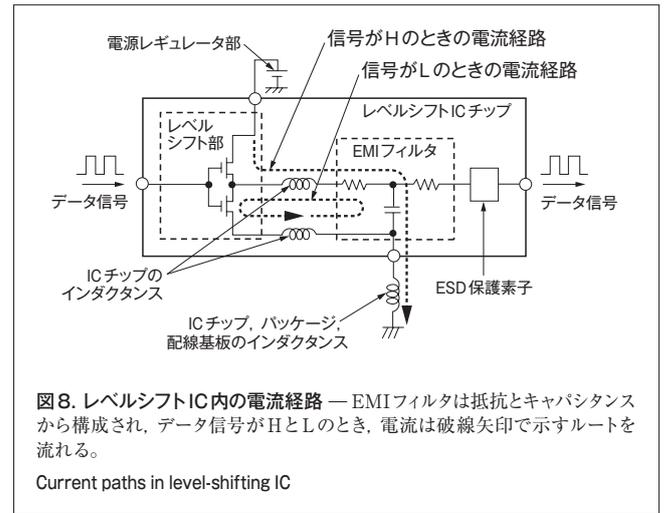
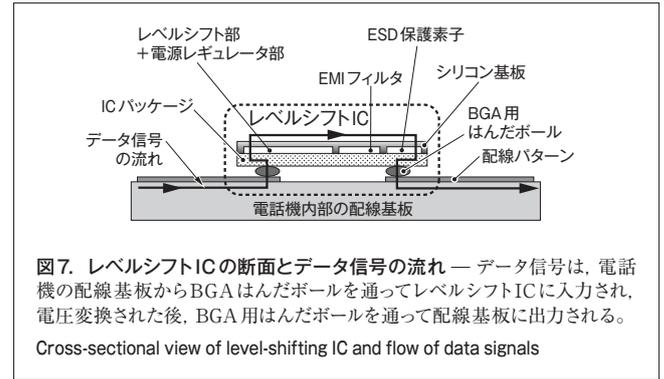
EMIフィルタは、図6のようにレベルシフトIC内のデータ信号ラインに挿入され、先に述べたノイズ放射を低減する機能を持つ。



5.2 EMIフィルタのノイズ減衰特性シミュレーション

5.1節で述べた3種類のノイズ放射に対するEMIフィルタの効果の中で、(1)のデータ信号の高周波スペクトラムの低減を例に挙げ、シミュレーション手法について述べる。

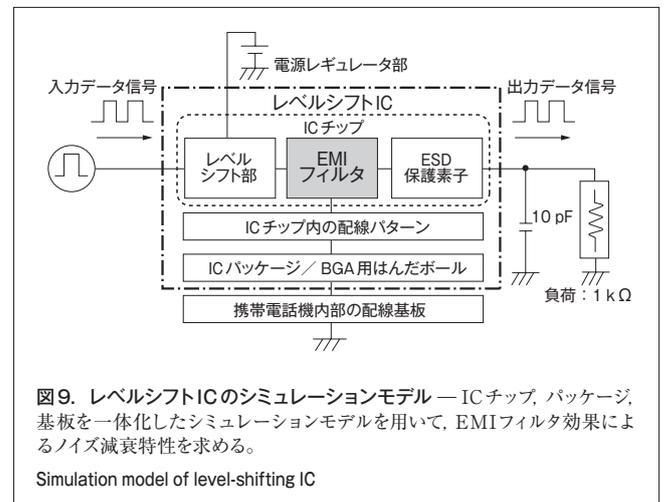
レベルシフトICの断面を図7に、レベルシフトIC内に流れる電流の経路を図8に示す。図7で、データ信号は電話機の配線基板からBGA用はんだボールを通してレベルシフトICに入力され、電圧変換された後、BGA用はんだボールを通して配線基板に出力される。図8で、EMIフィルタは抵抗とキャパシタンスから構成され、データ信号がHとLそれぞれの場合の電流経路が示されている。電流経路の途中には、ICチップ内の配線パターンによるインダクタンスと、ICチップのグランドから電話機内部の配線基板のグランドまでのインダクタンスが含まれている。RF帯域ではこれらのインダクタンスの影響が



大きくなることから、EMIフィルタの動作をシミュレーションする場合、ICチップ内の接続状態だけでなく、パッケージや配線基板の接続パターンについても考慮する必要がある。

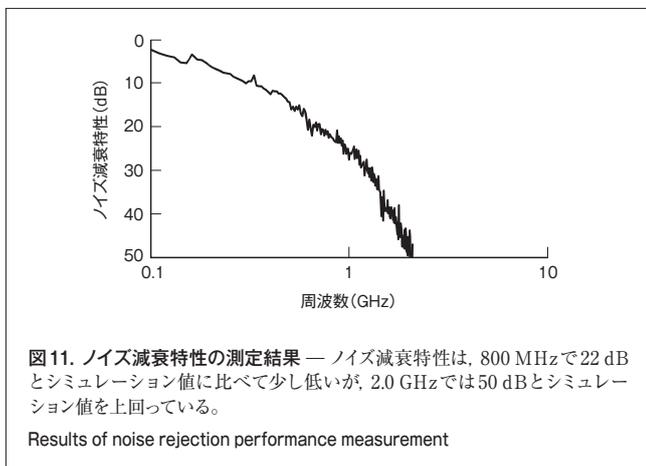
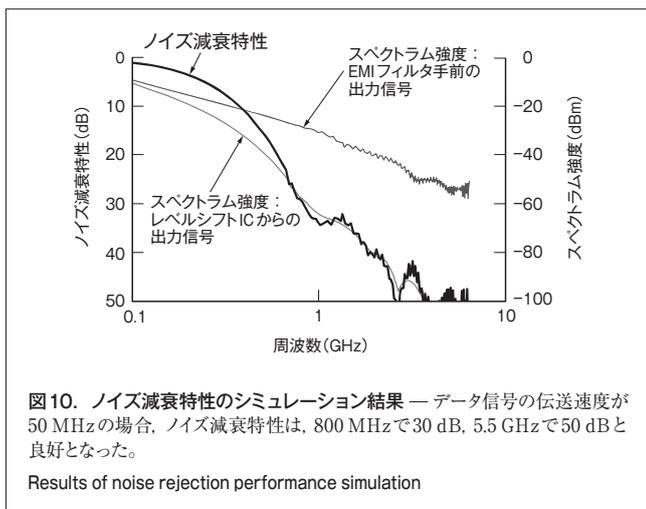
そこで、図9に示すようにICチップ、パッケージ、及び基板を一体化したシミュレーションモデルを用いて、EMIフィルタ効果によるノイズ減衰特性を求めた。

シミュレーションの手順は以下のとおりである⁽¹⁾。



- (1) シミュレーションモデルの作成
 - (a) レベルシフト部をICシミュレーションSPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) 用の回路モデルで、EMIフィルタの構成素子をCMOS高周波モデルで表現
 - (b) ICチップ、パッケージ、配線基板の接続パターンの高周波特性を電磁界シミュレータで計算
- (2) 以下のデータ信号のスペクトラムを(1)を用いて計算
 - (a) EMIフィルタ手前のレベルシフト部からの出力データ信号
 - (b) レベルシフトICからの出力データ信号
- (3) レベルシフトICのノイズ減衰特性を、(2)の2種類のスペクトラムの差から算出

これらの手順を用いて得られたノイズ減衰特性を基にして、EMIフィルタの構成素子である抵抗とキャパシタンス、及びICチップ内とパッケージ内の配線パターンを適正化した。データ信号の伝送速度が50 MHzの場合のスペクトラムのシミュレーション結果を図10に示す。ノイズ減衰特性は、800 MHzで30 dB、2.5 GHzで45 dB、5.5 GHzで50 dBとなった。



5.3 ノイズ減衰量の測定結果

ノイズ減衰量を実測して確認するために、EMIフィルタ内蔵のレベルシフトICを製作して、データ信号の伝送速度が50 MHzの場合のスペクトラムを測定した。測定結果を図11に示す。

ノイズ減衰特性は、800 MHzで22 dBとシミュレーション値に比べて若干低いものの、2.0 GHzでは50 dBとシミュレーション値を上回っている。なお、2.0 GHz以上の周波数のノイズ減衰量は、測定系の限界値以下である。

6 あとがき

レベルシフトICとしてチップとパッケージを小さくし、2.5×2.5×0.67 mmのサイズを実現した。また、新しいシミュレーション手法を用いてEMIフィルタ回路の適正化を行い、レベルシフトICのRF帯域でのノイズ減衰特性を向上させた。シミュレーションの結果は、携帯電話機で使用される無線周波数の800 MHz～2.5 GHzにおいて、良好なノイズ減衰特性を示した。更に、実験においても、シミュレーションと同様のノイズ減衰特性を確認した。

今後も、レベルシフトICへの要求動向を見極めながら、タイムリーな開発を進めていく。

文献

- (1) Hiura, S., et al. "RF design of on-chip EMI filters in CMOS logic IC". IEEE 38th European Microwave Conference. Amsterdam, 2008-10. IEEE, p.187 - 190.



二村 知樹 NIMURA Tomoki

セミコンダクター社 ディスクリート半導体事業部 先端集積デバイス開発部主務。ロジックICの開発業務に従事。
Discrete Semiconductor Div.



辻田 武俊 TSUJITA Taketoshi

セミコンダクター社 ディスクリート半導体事業部 小信号半導体応用技術部主務。ロジックICの商品企画・開発業務に従事。
Discrete Semiconductor Div.



北原 高也 KITAHARA Takaya

生産技術センター 実装技術研究センター研究主務。高周波モジュールの研究・開発に従事。電子情報通信学会会員。
Electronic Packaging & Assembly Technology Research Center