

# FD\_SOIプロセスによる電波時計受信部を内蔵したリアルタイム・クロック LSI：ML6191

後藤 敏徳 徳重 徹也

電波時計は、長波の電波に重畳された時刻情報を読み出して時刻を自動補正する機能を持つ時計である。その機能を内蔵した腕時計や目覚し時計が広く普及し、もはや日常的な機能となりつつある。そして今後は単なる時計だけではなく、高い精度を維持した時刻情報を必要とするAV機器、携帯機器、ネットワーク家電など応用分野への更なる拡大が見込まれている。しかし、微弱な電波から時刻情報を正確に抽出するには相応のノウハウが必要である。そのため、そのようなノウハウを持たないメーカーにとって、既存のシステムや商品に標準時計による自動時刻補正機能を取り込む際には大きな障壁となっていた。

そこで、標準電波受信部（RF部）とタイムコード出力（TCO）デコード部をワンチップに収めた自動時刻補正機能付リアルタイム・クロックLSI ML6191を開発した。RF部が持つ高い基本受信性能とTCOデコード部が持つノイズフィルタ + データ補正能力とを備えたML6191を搭載することによって、高い時刻情報抽出能力と高精度の時刻情報を容易に取り込むことができる。

本稿では、業界初の電波時計機能を搭載した自動時刻補正機能付きリアルタイム・クロックLSI：ML6191について述べる。

## 長波標準電波の概要

現在、日本では福島県（40kHz）と佐賀県（60kHz）の2局から、独立行政法人情報通信研究機構の日本標準時グループが各周波数の長波標準電波に時刻情報を重畳して発信しており、2局合わせると図1に示すようにほとんど日本全域をカバーしている。電波の強度は送信所から離れるほど低下するので、日本全域で受信するには50dB  $\mu$ V/m程度の電界強度を受信できる能力が必要である。

世界的にはアメリカ（60kHz）、ドイツ（77.5kHz）、イギリス（60kHz）といった地域に送信所が設置されている。

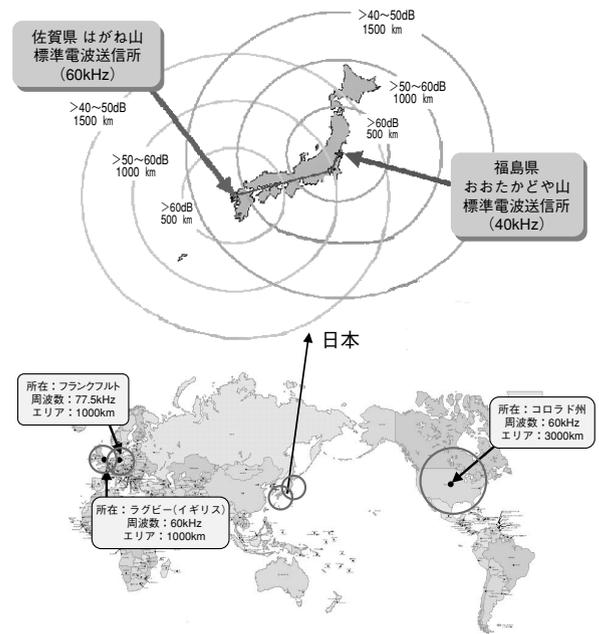
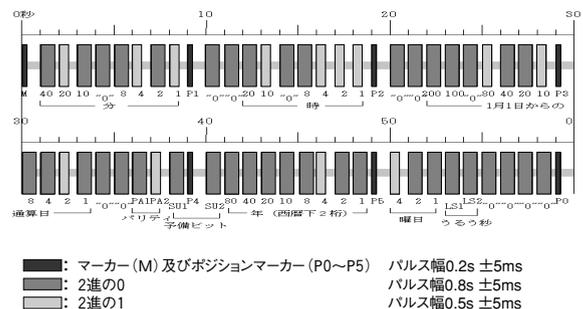


図1 日本と世界の標準電波送信所<sup>1)</sup>

図2に日本の標準電波であるJJY（標準時報局）のTCOフォーマットを示す。1秒に1ビット、1周期1分で合計60ビットのデータにより構成される。これらの情報は振幅変調によるパルス幅によって、0データ、1データ、およびマーカーの3種類がある。



例:2004年92日(4月1日)17時25分木曜日、1ヶ月以内にうるう秒無し

図2 JJYのTCOフォーマット例<sup>1)</sup>

マーカは10秒ごとにデータを区切る目印信号であり、時分、年月日、曜日等の情報が順次送信される<sup>1)</sup>。

## ML6191のブロック構成

図3にML6191のブロック構成図を示す。図の下半分がRF部、上半分がTCOデコード部である。

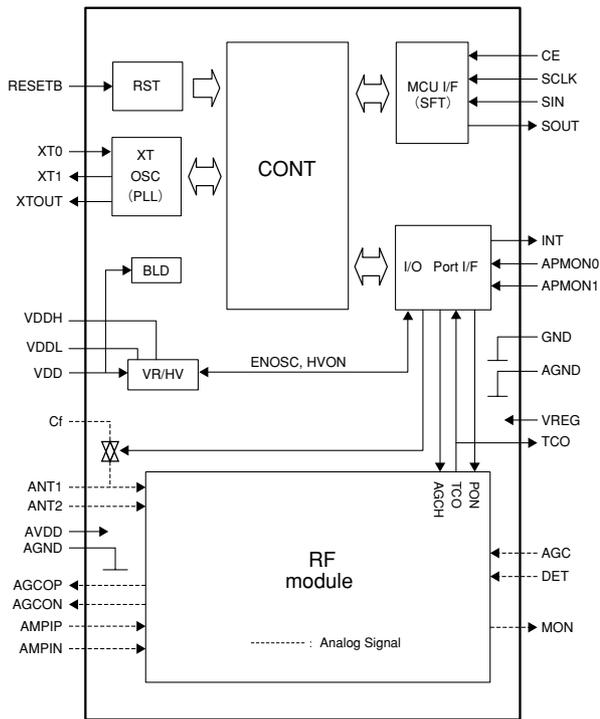


図3 ML6191のブロック構成図

RF部は単体の標準電波受信LSIとして実績のあるML6190Aと同等機能を搭載した。従来、RF部のアナログ回路はバイポーラTr等によって作られており、ロジック回路で構成されるTCOデコード部とのワンチップ化は難しかった。ML6190AやML6191では完全空乏型FD\_SOI (Fully Depleted Silicon On Insulator) C-MOSプロセスを使うことで、アナログ回路とロジック回路の混載を可能にするとともに、低電圧動作、低消費電流も実現した<sup>2)</sup>。

アンテナ端子 (ANT1/2) 間の容量をCf端子のOn/OffによってTCOデコード部から制御することにより、40KHzと60KHzの自動切り替えを可能とした。アンテナ端子から入力された標準電波は、AGC付きアンプ/スライサを通して伝送周波数がフィルタリングされ、タイムコードの種類に応じたパルス幅を持つ0/1の論理信号としてTCO信号に変換される。

## TCOデコード部の概要

ML6191ではRF部から出力されるTCOはデコーダで分析/処理され、時刻情報を抽出している。受信状態が良好な場合はTCO出力を補正する必要はないが、遠距離またはノイズが多い環境では、TCOから出力される所定のパルス幅に対してノイズ成分による信号の欠落が生じ、誤った時刻情報を抽出する恐れがある。そのようなケースではTCOデータを複数回受信し、統計的に処理/解析を行うことにより抽出したデータが正しいか否かを判断している。

受信状態が更に悪いと時刻情報を抽出するまでのデータの受信回数が増え、数分~10分程度を要する場合がある。このような場合、RF部とTCOデコード部が共に動作する時間が増えるので消費電流が増加する。

加えて、1日1回~数回の受信動作以外は殆ど待機状態であるので、待機電流値も電池寿命に大きな影響を与える。このように、動作時/待機時共に消費電流に対する要求は非常に厳しい。

ML6191では、FD\_SOIプロセスを使ってRF部とロジック部を1チップ化することで、特に待機時には0.3μA (Typical値) と従来比1/3の低消費電流を実現できた。さらに、電池パワーは定期的にBLD (電池レベル検出回路) によりモニタされる。

メイン・システムとの通信時など高速な処理が必要な場合は、PLLによって32KHzをベースに4MHz, 2MHz, 1MHzの高速クロックを生成・選択して対応している。

このようにML6191では、電源や周波数を細かに管理しているので、動作モード/動作状態に応じた最適な処理能力と消費電流とを両立することができた。

メイン・システムとのインタフェースは4線式シリアル・ポートによるコマンド方式である。これは従来のリアルタイム・クロックICと同様なので、容易に既存システムと置き換え可能である。

## ワンチップ化の実現

これまで、受信感度が商品価値に直結するRF部とデジタル・ノイズの発生源となりうるデコーダロジックを1チップ化することは、受信感度にとっては不利であった。

そこで、①RF部-デコーダロジック間の信号接続方式、②RF部の中で最もセンシティブなアンテナ端子/受信アンプ初段と、デコーダロジック部との位置関係、③各電源/GNDラインのレイアウト、④RF部-マイコン間の分離帯の設置、⑤複数のパッケージのインナーリード (樹脂内のリードフレーム) の位置や長さを考慮した信号端

子位置や順序の選定など、さまざまな要因に配慮して回路／レイアウトを設計した。

加えて、FD\_SOIプロセスを用いたデバイスでは、その構造からトランジスタの各素子が分離されているために、基板を介した帰還やノイズ侵入が遮断できるという優位性を得られた。

結果としてML6191RF部の受信感度は、RF部単体製品であるML6190Aと同等の受信性能を得ることができた。

以上、述べてきたように、RF単体同等の受信性能を持ちTCO解析／時刻情報抽出を行うデコード部を取り込んでワンチップ化したML6191を開発した。これにより、従来はRF受信LSI+デコードLSI（デコードソフトウェア含む）+リアルタイム・クロックICの計3個が必要であったものが、ML6191だけとなり、短期間／低コストでシステム導入が可能となった（LSI以外の周辺部品としては、アンテナ、フィルタ用水晶振動子、コンデンサ等がある）。

### ML6191の主な仕様

ML6191日本標準電波JJY受信版の主な仕様を示す。

- JJY二局（40kHz/60kHz）の自動切換機能
- 強制受信、間欠受信が設定可能
- 受信開始時間、インターバルが設定可能
- 32.768kHz クロック出力
- 4線式シリアルインタフェース（コマンド方式）
- 低電圧動作：1.1～3.6V
- 温度範囲：-40～85℃

### ML6191のパッケージ

実装条件に合わせて2種類のパッケージを用意している。

- QFN（Quad Flat Non\_leaded Package：写真1）
- W-CSP（Wafer-level Chip Size Package：写真2）



写真1 QFNパッケージ（Pinピッチ0.5mm）

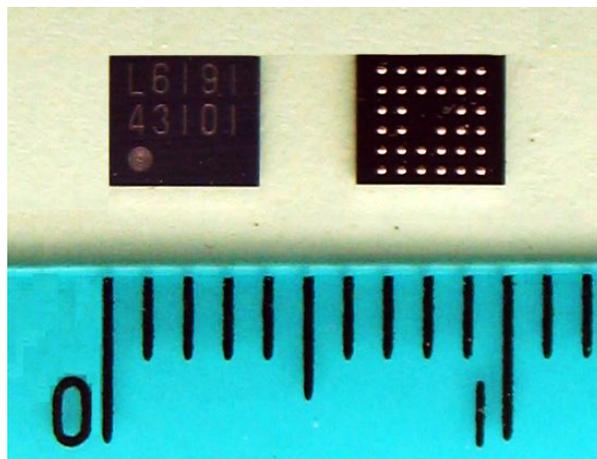


写真2 W-CSPパッケージ（Pinピッチ0.5mm）

### 電波時計用LSIのファミリー展開

標準電波は、既にドイツ、アメリカ、イギリスで運用しており、今後、中国（試験中）も本格運用の予定である。このように電波時計を使った機器の需要は世界規模で拡大していくと想定される。

量産中のML6191内蔵のデコーダは日本標準電波JJY受信用であるが、現在ドイツ標準電波受信用デコーダを開発中（フィールド試験中）である。その後、アメリカ、イギリスの標準電波受信用デコーダを順次開発していく予定である。

各国の標準電波に対応したデコーダの開発に際しては、各国の標準電波TCOフォーマットが異なっているため、それぞれに対応したデコーダの開発が必要である。これまで日本標準電波JJY受信用デコーダの開発で培ったTCO解析アルゴリズムを活用し、各国向けに最適な解析手法の確立を図る。

また、I2Cバス・インタフェース（フィリップス社が提唱するバス・インタフェース方式：Inter Integrated Circuit）内蔵版（開発予定）を始めとして、リモコン機能やセンサ制御機能、液晶表示ドライバ内蔵を特徴とするファミリー製品を順次開発していく予定である。

### 電波時計の今後

バッテリー切れ、あるいは電池交換などで時刻情報を失っても、電源を再投入すれば自動的に時刻を合わせ維持する自動時刻補正機能が電波時計の強みである。これにより、ユーザは面倒な時刻合わせをする手間から開放され、子供からお年寄りまで使いやすい商品を構築できる。また腕時計や目覚し時計のイメージが強い電波時計ではあるが、時流に乗ったアイテムとして、時計機能をもつ

た家電製品やAV機器への導入を皮切りに図4に示すような新たな応用製品を開拓・提案していきたい<sup>3)</sup>。



図4 電波時計の応用製品群

## あ と が き

ML6191は、FD\_SOIプロセスを用いることにより、待機電流 0.3  $\mu$ Aを達成した業界初の標準電波による自動時刻補正機能付きリアルタイム・クロックである。その特長から、電池駆動機器等に正確な計時機能を持たせるために最良のソリューションとなりえる。現在、計時機能を持っている家電品はもちろん、タイムスタンプ機能を持つことで付加価値が高まる分野の開拓が急務である。今後は各種インタフェース機能の取り込み（ハードウェアのファミリー展開）と各国版の開発を進めていく。◆◆

## 参考文献

- 1) 独立行政法人情報通信研究機構日本標準時グループ  
URL : <http://jjy.nict.go.jp/>
- 2) 柳原, 宮下, 太矢: “SOIを用いて高感度/低消費電流を実現した電波時計用タイムコード受信LSI”, 沖テクニカルレビュー 196号, Vol.70 No.4, pp.36-39, 2003年10月
- 3) 近藤, 丸山, 大池: “電波時計用LSIについて”, 沖テクニカルレビュー 202号, Vol.72 No.2, pp.88-91, 2005年4月

## 筆者紹介

後藤敏徳: Toshinori Gotou. 株式会社沖マイクロデザイン LSI設計センタ 商品開発部LP商品開発チーム

徳重徹也: Tetsuya Tokushige. 株式会社沖マイクロデザイン LSI設計センタ LSI設計部 Si評価量産推進チーム