

電波時計用LSIについて

近藤 高行 丸山 勝也
大池 維雄

電波時計は、時間情報を載せた長波信号（標準電波）を受信し、自動的に時計やカレンダーを補正する機能を備え、常に正確な時刻を維持する時計のことである。平成13年に標準電波の送信範囲が日本全土をカバーできるようになったことから一躍脚光を浴び、電波時計機能を搭載した商品が増え始めている。

これまで電波時計は、いわゆる時計（置き時計、腕時計、掛け時計など）に使用されていたが、最近では電波受信用LSIとアンテナが改良され、低消費、高受信感度、小型化が図られたことから、民生機器や携帯機器、白物家電商品への導入など応用商品展開が期待されている。

本稿では、沖電気で開発を進めてきた、標準電波用RFとリアルタイム・クロックICをワンチップに内蔵した、自動時刻補正機能付きリアルタイム・クロックLSI「ML6191」の概説と、そのシステム応用例、さらに、今後の取組みについて述べる。

のおおたかど山（平成9年）と、佐賀県のはがね山（平成13年）の2ヶ所に電波送信所を置き時刻情報を送信している。送信所ごとに半径1200kmをカバーしており、2つの送信所により日本のほぼ全域を網羅している（図2）。また福島県で40KHz、佐賀県で60KHzと、周波数を変えることで相互干渉を避けている。

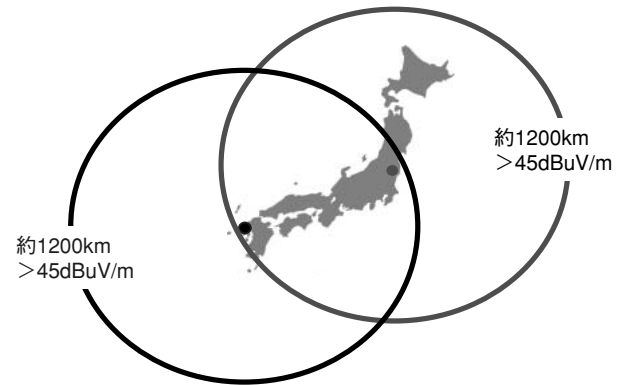


図2 日本の長波標準電波送信所とカバー範囲

標準電波について

標準電波とは、時刻情報（タイムコード）をのせた長波信号であり、この時刻誤差はおよそ10万年に1秒と超高精度である。この電波送信所は世界規模では、日本・ドイツ・英国・北米・中国といった主要地域に設置されている（図1）。

日本では独立行政法人の情報通信研究機構が、福島県

標準電波にのせるタイムコードは60ビット（60秒）で構成されており、このタイムコードが示す時刻とデータフォーマットは各国ごとに異なっている。日本ではJJYと称された時刻フォーマットで日本時刻を表現し、ドイツではDCF77と称される時刻フォーマットでドイツ時刻を表現している。図3はJJY時刻フォーマットを示したもの

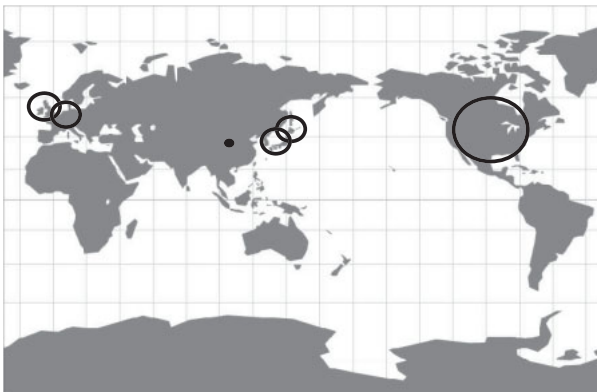
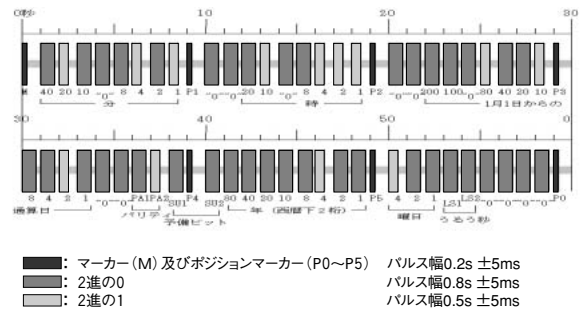


図1 世界での長波標準電波送信所とカバー範囲



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3 JJY時刻符号情報フォーマット¹⁾

であり、1ビットの信号幅によりデータ0、データ1、マーカを示し、さらに、このマーカにより10秒ごとの時刻同期位置と、桁データの区切りを表現している。

電波時計の仕組みと、システム構成上の課題

電波時計は、電波受信部、デコーダ部、時計部、表示部で構成されており、RFとマイコンの2つのLSIの組合せが一般的である(図4)。

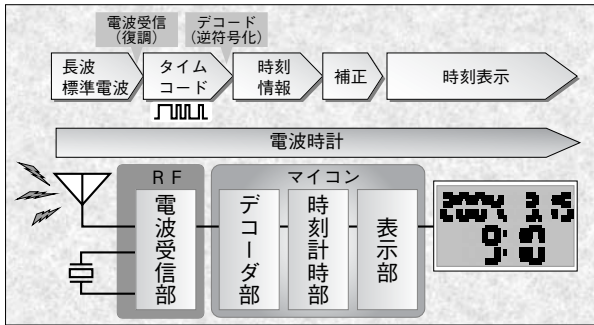


図4 電波時計の構成

- 電波受信部：電波送信所から送信された標準信号を受信し、タイムコードをデジタル信号で出力する(TCO信号)。
- デコーダ部：TCO信号を読み込み時刻データフォーマットに基づいて時刻情報を取り出し、その、時刻データの正当性を検証し、受信時刻を確定する。
- 時計部：確定した時刻データを時計に反映し、計時を継続する。
- 表示部：計時している内部時刻をLCDパネルなどに表示させる。

この電波時計には、そのシステムを構成する上で2つの大きな課題がある。

一つは、60秒間で送出されるタイムコードを取り込むことから、受信の開始から時刻を確定するまでに数分の時間を要することである。すなわち、電波時計を制御するマイコンは、この受信中の数分間、常にRFをONにし、かつ、数十mSでTCO信号の信号レベルをスキャンしながらビットデータを判断するだけでなく、桁データの正当性を検証しなければならない。そのため、数分の時間動作し続けるマイコンとRFには、低消費電力化が求められる。

もう一つの課題は、取り出した時刻データの品質が電波の受信感度に直接影響されることである。電波時計として、微弱な標準電波が受信できる限界は、使用するアンテナ、および電波受信回路の性能により決定される。し

かし、ノイズにより電波受信が阻害されることも多く、TCO信号中のたった1ビットのデータ受信が阻害されただけでも、正しい時刻情報を確定することができなくなる。つまり、このノイズ対策による受信感度の向上がシステム構成上の最大の課題である。

ノイズと受信感度の関係

電波の強度をS(Signal)とし、ノイズの強度をN(Noise)とした場合の、S/N比がどの程度低下した状態まで受信できるかが電波時計における実用上の受信感度となる。図5にTCO信号波形にS/N比を4段階に変化させた関連図を示す。

S/N比が最も大きな波形Aでは、TCO信号波形に欠陥はないが、S/N比が低下したBでは、ノイズによるスパイク状の欠陥が入り始め、Cでは欠陥の頻度と欠陥の幅が増加し波形が崩れ始めており、Dでは欠陥が増加したため元波形の判別が難しくなってしまうことがわかる。また、全体を通して見るとノイズによる欠陥の発生に規則性がないこともわかる。

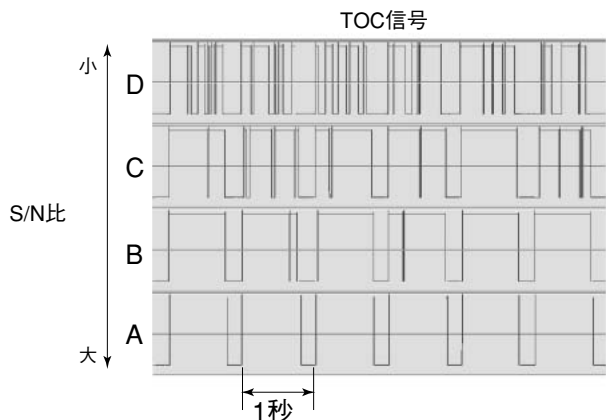


図5 S/N比とTCO信号波形の関連図

このDのような、低いS/N比で品質が劣化したTCO信号波形でも時刻情報を取り出すことが、実用上の感度向上につながる。このために、A波形に近づけるためにノイズ除去フィルタがシステムを構成する上で不可欠である。このノイズ除去フィルタは、ローパス特性を持たせ微少なスパイク状のノイズを除去するものが一般的である。

しかし実際は、反射波などにより部分的な異常波形が発生するため、ノイズ除去フィルタでも除去できないノイズが残り、復号したデータビットを誤ってデータ0、データ1、あるいはマーカなどと判定してしまう。この誤ったデータビットを正常なデータに補正するために、データビット補正を行うことが必須となる。

データビットの補正方法は、データの規則性を利用するなど、さまざまな方法があるが、各メーカーが独自のノウハウを駆使しているところである。

つまり、このノイズ除去フィルタとデータビット補正技術による、ノイズ耐性と受信感度の向上が、電波時計の商品価値に直結するといっても過言ではない。

ML6191の概要

電波時計用LSIであるML6191は、電波受信部、デコーダ部、時計部をワンチップに内蔵し、外部のメインCPU等からシリアル通信により、電波受信の制御や、時計の時刻設定などをできるようにしたリアルタイム・クロックLSIである（写真1）。



写真1 ML6191

このLSIの大きな特徴は、下記の通りである。

- SOIプロセスの採用によるHALT時0.25 μ Aという低消費電流と、平均1.0 μ Vrmsという高感度を実現。
- これまでの商品開発で培った独自ノウハウである、ノイズ除去フィルタ、データ補正技術の採用による、高いノイズ耐性で実現した受信感度の向上。
- リアルタイムクロックICと同等の、シリアルポート経由によるコマンドインタフェース採用により、メインCPUからの簡単な制御が可能。

これらにより、S/N比が低下した場合においても実用的な受信感度を達成し、標準電波による時刻の自動補正と、正確な時刻の維持を実現した。さらに、リアルタイムクロックICとして使用することによって、メインCPUの負荷を減らすだけでなく、システム構成上の部品点数を抑えることも可能とした。このML6191は、電波時計用LSIシリーズとして、これまでに日本国対応であるJJY版が製品化されており、現在はドイツ対応版を開発中である。

ML6191JJY版の主な仕様は下記の通りである。

- 自動受信開始・停止
- 受信開始時間、受信間隔時間の設定
- 2局の自動切換え受信（40/60kHz）
- 受信モードの選択（自動/手動）
- 時間制の選択（12/24時間）
- クロック出力（32.768kHz）
- 内部の時刻設定（日本時刻）
- 4線式シリアルインタフェース
- 高感度 Typ. 1.0 μ Vrms
- 低電圧動作 1.1~3.6V
- 低消費電流 HALT時0.25 μ A
（検波待機32kHz動作）
- 温度範囲 -40~+85 $^{\circ}$ C

アプリケーション適用例

ML6191は時刻設定が必要な装置で、かつ、正確な時刻が求められる、加えて、低電圧、低消費電力を求められるようなアプリケーションに最適である。（図6）

具体的には、正確な時刻の維持が必要な“番組録画”、“タイムスタンプ機能”を持つ商品であり、ビデオ、DVDレコーダ等のAV機器、デジカメ、ビデオカメラ等の民生機器、監視カメラ等の防犯機器、FAXやタイムレコーダ等の産業機器がこれにあたる。

さらに、時刻設定操作という観点から推察すると、Battery交換時や停電復旧後に、“システムを待機状態から動作状態に切り替えて時刻設定の操作”を行う商品、た



図6 ML6191の用途と目的

例えば、タクシー料金メータや、炊飯器、エアコンなどの白物家電にも適用できることが考えられる。

電波時計の今後と、電波時計LSIの派生展開

ML6191を使用する最大の利点は、時刻設定操作を自動化することであり、その最終目的は手動操作による時刻設定、および、そのときにメインCPUの負荷をなくすことである。時刻設定ボタンをなくすことができれば、たとえば、操作の苦手なお年寄り向け商品に“より簡単な操作を”提供し、いたずら好きの幼児向け商品には“より安全な機能”を提供する等の、商品展開が期待できる。このように電波時計LSIを適用できるアプリケーションは非常に多いことが予想できるが、今後は、さらに、電波時計LSIの需要増が期待できる。

国内では、地上デジタル放送に切り替わる2011年に“アナログ放送による時報”が姿を消す可能性があり、この時報を利用して内部時計の補正を行ってきたTVやビデオ商品における時刻補正手段が変わることを意味している。この代替手段としては、デジタル放送自体に含まれる時刻情報の利用や、GPS、時刻サーバ等による時刻補正が考えられる。しかし、いずれのケースもメインCPUによりシステム待機状態から動作状態に切り替えた後、時刻設定操作を行う必要がある。

このため、メインCPUへの負荷が一切かからない、加えて、最も低消費で、安価で、かつ、簡単に実装できる電波時計LSIの搭載を展開したい。

また海外では、既に標準電波を送出しているドイツ、イギリス、および、アメリカにおいて、日本と同様に電波時計LSIの搭載が期待できることと、加えて、中国での標準電波送信が予定されていることから、電波時計LSIを利用する市場規模は今後、爆発的に拡大することが期待できる。

一方、沖電気の電波時計LSIにおける今後の展開は、各国の時刻フォーマットの取り込みと、さらなる、機能取り込みによるLSI派生品展開である(表1)。

時刻フォーマットの取り込みについては、開発中のドイツ対応に続き、イギリス、アメリカ、中国に対応し、世界規模において電波時計LSIの搭載を確実にする。

また、機能取り込みとして、メインCPUとのインタフェースの追加(I2Cシリアルインタフェース等)と、個別機能の追加(スイッチ入力、温度計測、リモコン受信、LCD表示等)により、適用するアプリケーションにおいてサブマイコンで実現している機能を電波時計LSIで実現し、さらなる、システムの小型化、低価格化を目指すつもりである。

表1 電波時計LSIの派生展開

目的	内容	備考
時刻フォーマット対応による海外市場への展開	イギリス版	日本版(開発済)
	アメリカ版	ドイツ版(開発中)
	中国版	
機能追加によるサブマイコン機能の取り込み	I2CシリアルI/F	4線式シリアルI/F(開発済)
	温度計測	
	電源監視	
	スイッチ入力	
	リモコン受信	
	LCD表示等	

さらに、独自の電波時計システムの構築を望むお客様向けに、電波時計LSI応用システム開発ソリューションを提案し、タイムリーに提供していきたい。◆◆

参考文献

- 1) 情報通信研究機構 日本標準時グループ (NICT:National Institute of Information and Communications Technology,)
URL: <http://www.nict.go.jp/overview/index-J.html>

筆者紹介

- 近藤 高行: Takayuki Kondo. 株式会社沖テクノコラージュ システム本部 システム開発一部 開発第5チームリーダー
丸山 勝也: Katsuya Maruyama. 株式会社沖テクノコラージュ システム本部 システム開発一部 課長
大池 維雄: Tsunao Oike. 株式会社沖テクノコラージュ システム本部 システム開発一部 部長