

# 電波時計受信用 LSI の開発

木下 雅貴 (三洋電機株式会社)

**あらまし** 40kHz の長波標準電波の送信に先立って、受信用の LSI 開発を進めてきた。この度、60kHz の長波の送信が開始したことによって、電波時計の需要は拡大し、それに合わせて、LSI の利用も多くなることが考えられる。そこで、本発表では電波時計受信システム及び LSI の基本動作等について述べる。

## 1. まえがき

長波標準電波には 1Hz の AM 変調がかけられており、その AM 変調波を復調することによって、日本標準時の時刻情報、日付などの情報を得ることができる。1999 年の 40kHz の本放送が開始され、長波標準電波を利用した「電波時計」なる商品が市場を賑わすようになった。また、この度、60kHz の新しい局が設立され、本放送を開始した。このような長波は地表を伝播する性質と、電離層と地表を反射しながら伝播する性質をあわせ持つため、短波や VHF と違い、伝播距離は非常に長い。今回の 60kHz 局の設立で、今まで電波の弱かった沖縄地域や、南部の離島地域がフォローされ、日本国内は全て網羅されるようになった。

弊社では 1999 年より標準電波受信用の LSI を開発、生産しており、現在では時計メーカー各社に採用され、実績をあげている。本発表では LSI の構成、動作などを中心に、以下のように展開する。

- ・ 長波標準電波の変調方式
- ・ タイムコード受信用 LSI LA1652 について
- ・ 弊社 LSI における今後の展開

## 2. 本論

### 2-1. 長波標準電波の変調方式

長波標準電波は図 1 に示すとおり、1Hz のタイムコードを 40kHz もしくは 60kHz の搬送波(以下「搬送波」と記述)に 10:1 で AM 変調をかけたものである。また、1Hz のタイムコードは図 2 のように、3 種類の duty を持っている、各々意味のある値を持つ。

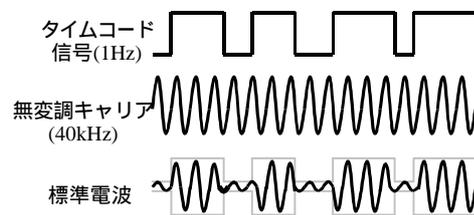


図 1. 長波標準電波の変調方式(1)

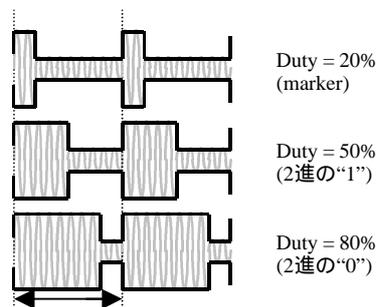


図 2. 長波標準電波の変調方式(2)

〒370-0596 群馬県邑楽郡大泉町坂田 1-1-1  
三洋電機株式会社  
セミコンダクターカンパニー

このような長波標準電波を受信し、タイムコードを搬送波から AM 復調によって弁別する

ことによって、時刻情報を取得することができるわけだが、一般的な復調方式は、ダイオードとCRで決定する包絡線検波方式と、整流の後に積分をする方式とに分かれる。弊社で開発しているLSIは後者の技術を用いている。

## 2-2. タイムコード受信用LSI LA1652

### 2-2-1. 概要

この項では弊社で開発、生産しているタイムコード受信用LSI LA1652について解説する。最初に電波時計システムにおけるLA1652の位置付けを述べる。

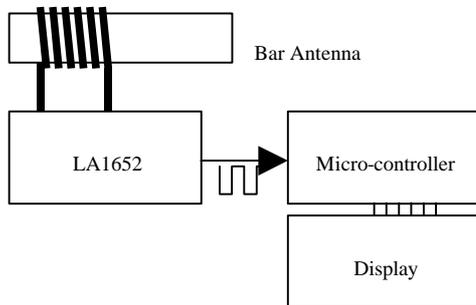


図3. 電波時計受信システム

上図3のように、アンテナによって受信された長波標準電波はLA1652によってAM復調され、1Hzのタイムコードを出力する。そのタイムコードはマイコンで判読され、表示部の時刻を修正する。

次にLA1652のブロック構成を図4に示す。1ピン、2ピンに接続されたアンテナで長波標準電波を受信する。増幅回路(AMP)を通り、4ピンから出力され、水晶フィルタを通った後、整流(REC)、積分(FILTER)の工程を経てタイムコード出力(以下TCOと記述)となる。また、このLSIはAGC(Auto Gain Control)機能を持ち、幅広い電圧ダイナミックレンジを持つ。

以上、LA1652についての概要を説明した。以降は内部回路などを交えながら、回路の詳細を説明していく。

### 2-2-2. AMP ブロック

LA1652の核となるAMPブロックについて説明する。AMPブロックは3段からなり、水晶

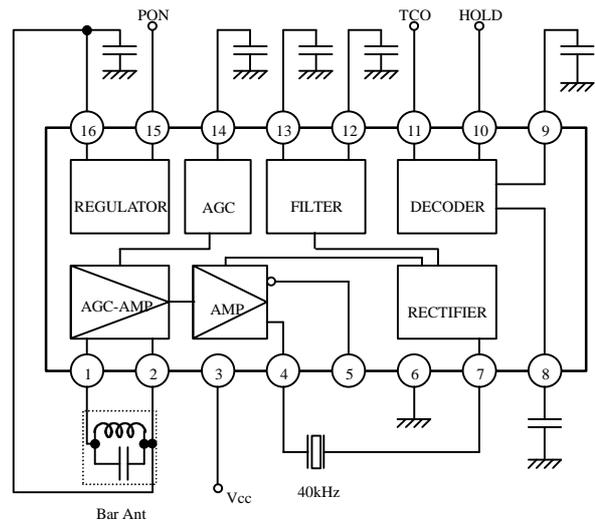


図4. LA1652 ブロック図

フィルタのロスを含めると、フルゲイン時で約60dBの利得を持つ。AMPの基本回路を下図5に示す。図中のアンテナはスミダ電機製のものを使用している。共振周波数は40kHzで、共振抵抗値は約500kである。また、このAMPはAGC機能を持ち、図中のI<sub>agc</sub>で制御をする。負荷はアクティブ負荷を使用し、高い抵抗を付加できる様にしている。抵抗値は300kである。フルゲイン時のエミッタコモン電流は4μAであるため、利得は約33dBである。

また出力はエミッタフォロワ(0.5μA)で、出力インピーダンスは約52kである。

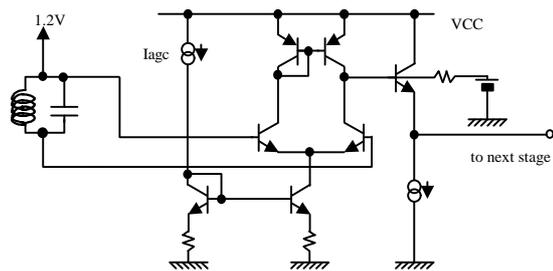


図5. AMP ブロック回路図

このような形式のAMPが3段続くわけであるが、最終段の出力と、以下に続く整流器(REC)との間には水晶振動子を挿入する必要がある。水晶振動子は搬送波周波数と同一のものを使用する。また、音叉形的水晶振動子は2次の温度特性を持つため、直列に抵抗を挿入して、

ある程度のQダンピングをおこなうことが必要である。これによって、温度の変化による共振特性の変動を緩和することができる。

### 2-2-3. REC ブロック

次に整流ブロックについて説明する。LA1652ではACグランドを中心に上部に折り返すような全波整流をおこなっている。回路図を図6に示す。

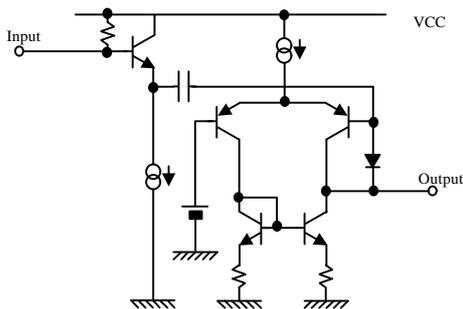


図6. REC ブロック回路図

上図で、入力抵抗値は100K、エミッタフォロワとコモンエミッタ電流には2μAの電流を流している。また、整流回路の利得はエミッタフォロワのZo、直流カットのCに対して、ダイオードの逆バイアス時のインピーダンスで決定され、約30dB程の利得を持つ。

RECの出力はFILTERブロックで搬送波成分をカットしDECブロックへ行くものと、1Hz成分までカットし、AGC電圧を生成してAMPブロックにフィードバックされるものとに分けられる(図7)。

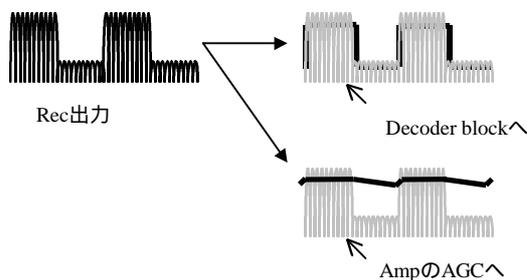


図7. REC 出力

### 2-2-4. DEC ブロック

上述のRECブロック出力は20mV程度～数百mV程度の振幅しか持たないため、そのままでは

マイコンをドライブできない。デコーダ(DEC)ブロックは微振幅で出力されるREC出力を、VCC-GNDレベルに変換する役割を持つ。回路を図8に示す。

RECからの微振幅はバッファ回路を經由して、R1-C1、R2-C2の異なる時定数(R1=R2、C1<C2)を持ったLPFを通る。その時定数の差を利用してRS-FFをトリガするのだが、図中の上部のコンパレータはREC出力立ち上がり時に、下部のコンパレータは立下り時にそれぞれ動作する。

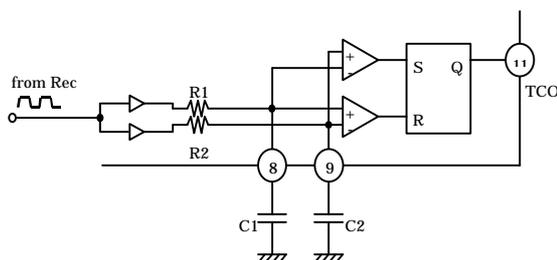


図8. DEC ブロック回路図

### 2-2-4. LA1652の外付けアプリケーション図

LA1652の外付け部品図を図9に示す。水晶振動子に直列に入る100kは先述のQダンピングである。また、DECブロックのC1は9ピンの0.47μF、C2は8ピンの10000pFに相当する。12ピンと13ピンの容量はLPFを形成し、REC出力の40kHz成分をカットする。

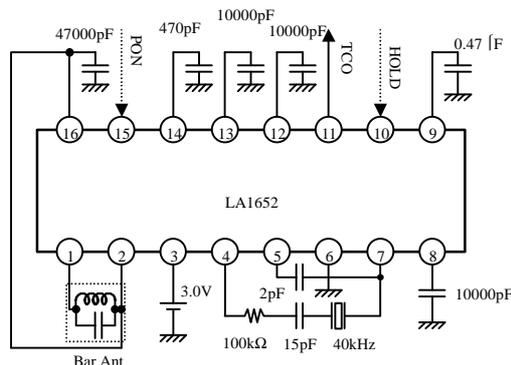


図9. 外付けアプリケーション図

また、本LSIはスタンバイ機能を持っており、15ピンをGNDレベルにすると通常動作、VCCと同電位にすることによって、スタンバイ状

態となり、消費電流を  $0.1 \mu\text{A}$  以下に押さえることができる。

#### 2-2-5. LA1652 の特性

最後に LA1652 の諸特性について述べる。表 1. に示すとおり、消費電流は約  $50 \mu\text{A}$ 、最小の入力感度は  $1 \mu\text{Vrms}$  となり、高感度かつ低消費電力化を達成している。

表 1. LA1652 特性

	条件	Min	Typ	Max	Unit
動作電源電圧		1.8	3	3.6	V
消費電流	Vcc=3.0V 無入力		55	70	$\mu\text{A}$
スタンバイ電流	Vcc=3.0V, 15pin 電圧=3.0V		0.01	0.1	$\mu\text{A}$
最小入力電圧	Vcc=3.0V, 2pin 入力		1	2	$\mu\text{Vrms}$

#### 2-3 弊社 LSI における今後の展開

これまでは量産中の LSI LA1652 について説明をしてきたが、本節では弊社における今後の LSI 展開について述べる。

図 10 に示すとおり、現時点では 3 世代目の LA1652 が量産されている。今後は以下の 2 つの方向性を検討している。

- ・ Bip プロセスを使用した、低電圧 ( $VCC=1.5\text{V}$ )、低消費電流 ( $ICC=25 \mu\text{A}$  目標) の LSI を開発、生産する。これにより、電波時計を電池一本で駆動できることと、電池寿命を大幅に伸ばすことが期待できる。
- ・ Bi-CMOS プロセスを用い、PLL 及び VCO を内蔵したスーパーヘテロダインチューナ LSI を開発、生産する。これにより、複数バンドを受信する際の水晶フィルタの個数を減らせること、アンテナコイルの調整が楽になることなどの利点が期待できる。

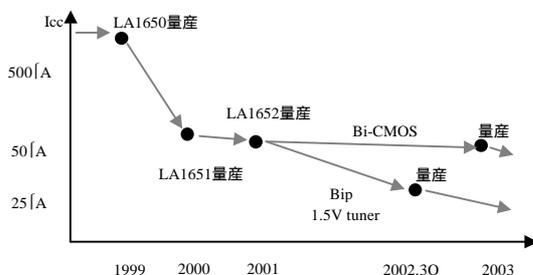


図 10. 弊社 LSI における今後の展開

### 3. まとめ

長波標準電波の変調方式と、それを復調する受信 LSI LA1652 の機能を説明した。

本稿では内部回路についても比較的詳細に説明をした。これにより LSI 内部のさらなる理解と、アプリケーションへの応用に役立てば幸いである。

以上

### 参考文献

- (1) 通信総合研究所日本標準時グループ(HP)  
URL : <http://jjy.crl.go.jp/>