

DL6011

双频电波钟接收芯片

一、概述

6011 是一颗高灵敏度、接收信号频带宽（40KHZ 到 100KHZ）的低频信号接收解码芯片，使用较少的外部器件即可实现对时间信号的接收，系统由前级放大器(Preamplifier)、宽波段自动增益控制(AGC)、解调器(Demodulator)、输出比较(Output Comparator)等部分组成。输出的脉冲信号可直接被外部数字处理器接收和处理。

二、应用范围

- 电波钟信号接收
包括：
 - ① WWVB(美国)
 - ② JJY(日本)
 - ③ DCF77(德国)
 - ④ MSF(英国)
 - ⑤ HBG(瑞士)
 - ⑥ BPC(中国)

三、特点

- 双频接收
- 高接收灵敏度，典型为 $0.4\mu V_{RMS}$
- 宽电压范围 1.1V 到 4.5V
- 超低功耗
- 睡眠控制
- 快速启动
- 极少的外围器件
- AGC 锁定控制
- 宽频带 40KHZ~100KHZ
- 差动信号输入

四、极限参数：

符号	描述	最小	最大	单位
VDD	VDD 输入电压	-0.3	+5.5V	V
P _{MAX}	最大功率耗散		100	mW
T _{OP}	工作温度 ^{注1}	-20	+70	°C
T _{ST}	存储温度范围	-55	+150	°C
VESD	人体模型的 ESD 电压	2000		V

注 1：环境温度为 70°C

注 2：如果器件工作条件超出上述各项极限值，可能对器件造成永久性损坏。上述参数仅仅是工作条件的极限值，不建议器件工作在推荐条件以外的情况。器件长时间工作在极限工作条件下，其可靠性及寿命可能受到影响。

五、推荐工作条件：

符号	描述	范围	单位
VDD	VDD 脚电压	1.1~4.5	V
TA	工作环境温度	-20~60	°C

六、IC 内部框图

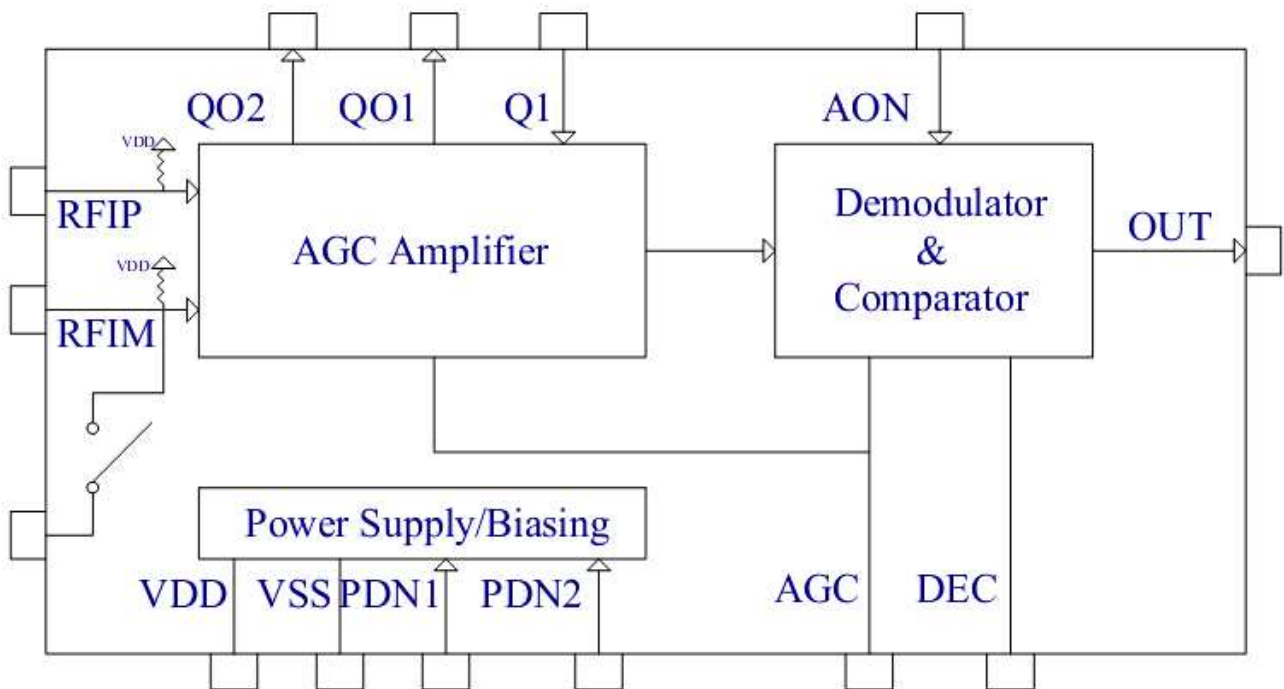


图 1.SP6011 内部框图

七、管脚定义图

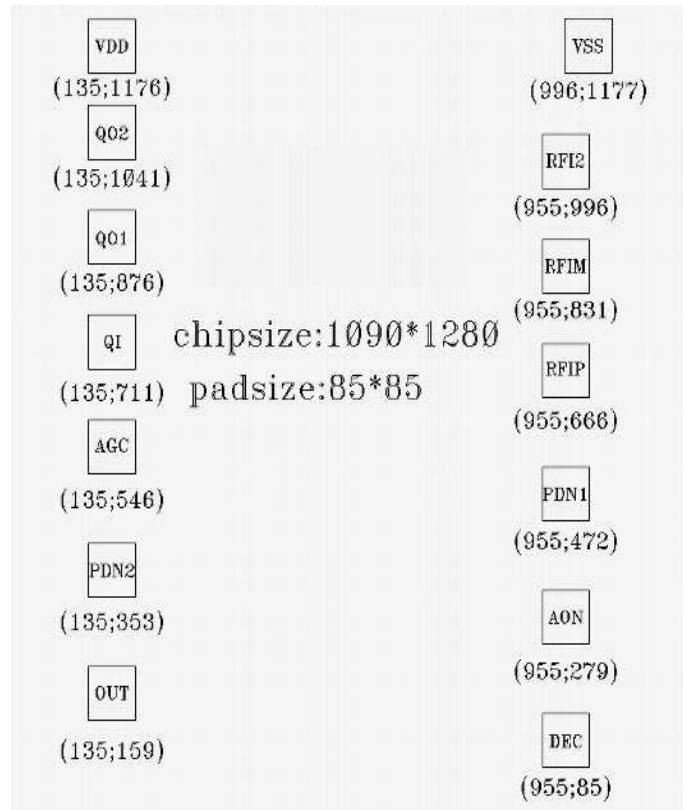


图 3.SP6011 PAD 坐标图

序号	名称	功能	PAD 中心坐标 X (μm)	PAD 中心坐标 Y (μm)
1	VDD	电源。	135	1176
2	QO2	石英晶体 2 选频输出	135	1041
3	QO1	石英晶体 1 选频输出	135	876
4	NC	悬空		
5	QI	石英晶体公共输入端	135	711
6	AGC	自动增益电容	135	546
7	PDN2	睡眠控制/选择频率 2 输入	135	353
8	OUT	接收器输出	135	159
9	DEC	解调器电容	955	85
10	AON	打开自动增益控制	955	279
11	PDN1	睡眠控制/选择频率 1 输入	955	472
12	NC	悬空		
13	RFIP	接收器差动输入正	955	666
14	RFIM	接收器差动输入负	955	831
15	RFI2	接收器天线电容输入 2	955	996
16	VSS	电源地	996	1177

八、电气参数

测试条件: $V_{DD}=1.5V, T=25^{\circ}C$

符号	描述	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DD}	工作电压		1.1		4.5	V
I_{DD}	工作电流	$V_{DD}=1.5V, V_{in}=0uV_{rms}$	40	50	75	μA
		$V_{DD}=1.5V, V_{in}=20uV_{rms}$	24	37	60	
		$V_{DD}=3.6V, V_{in}=0uV_{rms}$		53		
		$V_{DD}=3.6V, V_{in}=20uV_{rms}$		40		
I_{DDoff}	待机电流				0.1	μA
F_{IN}	输入频率范围		40		100	KHz
V_{IN_Min}	最小输入电压			0.4	1	μV_{rms}
V_{IN_Max}	最大输入电压		20			mVrms
R_{RF1}	输入电阻			600		K Ω
R_{ON2}	RFI2 导通电阻			5	15	Ω
I_{OUT}	输出电流		5			μA
T_{100ms}	输出脉冲宽度	$1\mu V_{rms} \leq V_{IN} \leq 20 mV_{rms}$	50		140	ms
T_{200ms}			150		230	ms
T_{500ms}			400	500	600	ms
T_{800ms}			700	800	900	ms
T_{Start}	启动时间	快速启动		1.3		s
T_{Delay}	输出延迟时间			50	100	ms

九、典型应用

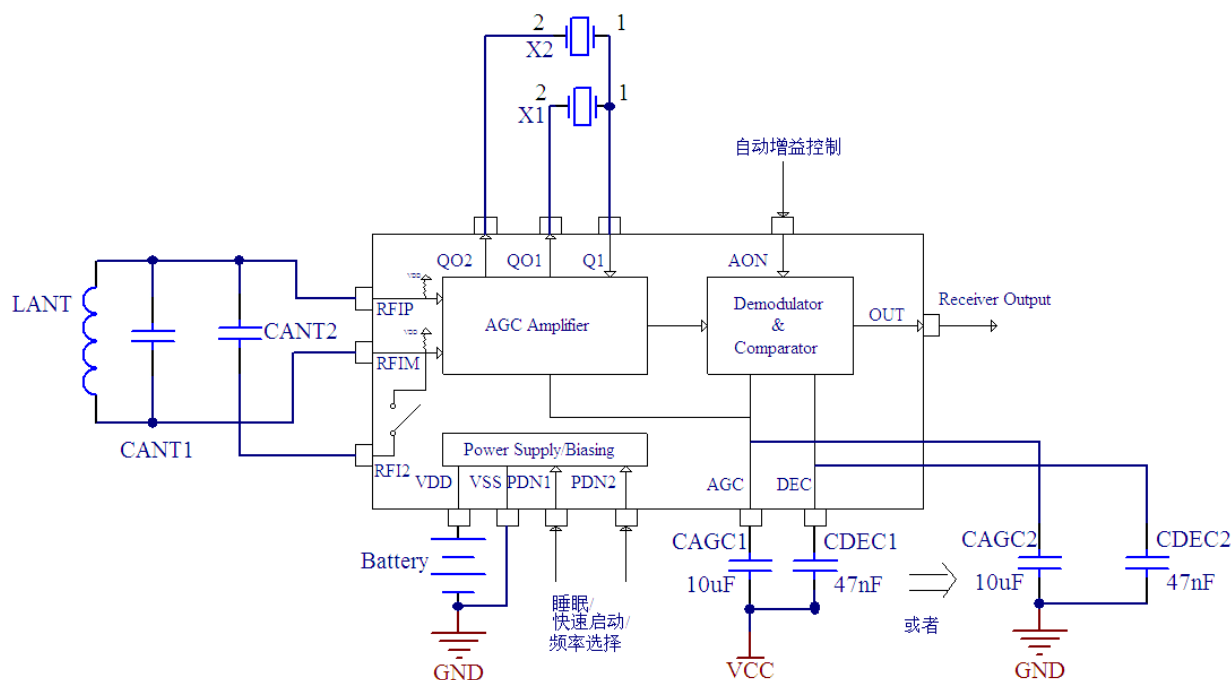


图 4. 6011 典型应用原理图

十、使用附件

以接收 60KH 和 40KHz 双频信号为典型应用，原理图如下：

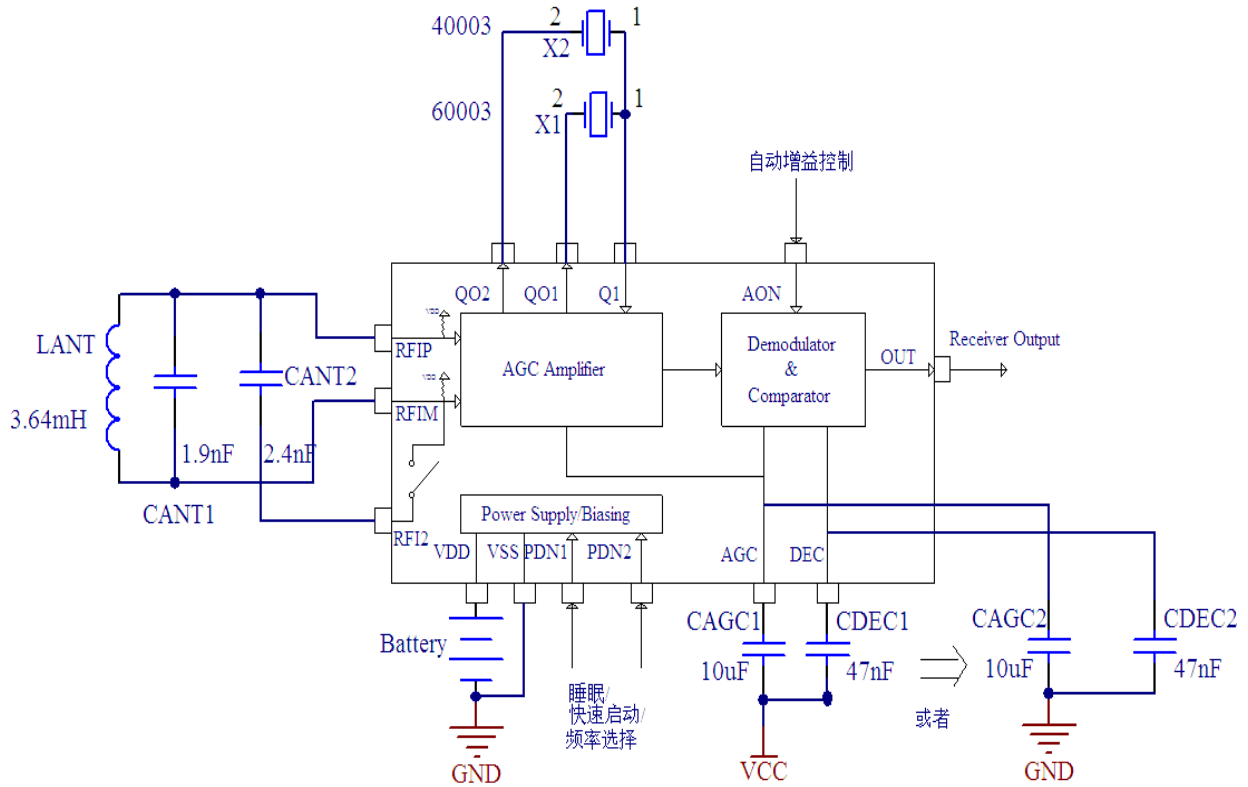


图 5.40K/60K 典型应用原理图

一、频率选择

频率选择和睡眠控制可通过两个数字引脚（PDN1 和 PDN2）来实现，控制逻辑如下表所示。

PDN1	PDN2	RFI2 开关	选择输出晶体	描述
1	1	关断	—	睡眠
1	0	关断	QO1	频率 1
0	1	闭合	QO2	频率 2, RFI2 电容与外部天线并联
0	0	闭合	QO2	频率 2, RFI2 电容与外部天线并联

表 1 频率选择和睡眠控制逻辑

当通过设置 PDN1、PDN2 使输出晶体选择 QO1 时，RFI2 开关被打开，此时仅 QO1 的输出被激活，外部天线的谐振频率取决于电感 LANT 及电容 CANT1 以及 RFIP 和 RFIM 之间的寄生电容。

当通过设置 PDN1、PDN2 使输出晶体选择 QO2 时，RFI2 开关被闭合，此时仅 QO2 的输出被激活，电容 CANT2 通过 RFI2 开关被并联到 RFIP 和 RFIM，外部天线的谐振频率取决于电感 LANT 及电容 CANT1、

C_{ANT2} 以及 RFIP 和 RFIM 之间的寄生电容等。

由此可见 QO1 接的选频晶体频率须高于 QO2 所接晶体频率。

注意：当通过设置 PDN1、PDN2 切换频率前，应先将电路置于睡眠模式并保持至少 50ms，而后再做频率切换，这样能保证在频率切换时能够快速启动。

在 50ms 睡眠模式期间内，AGC 电容电压将被上拉到 VDD 以满足快速启动条件，如果在切换频率前未将电路进入到睡眠模式，启动时间将会大大增加。

二、谐振频率计算

铁氧体磁棒天线电感量 L_{ANT} 及其寄生电容 C_{COIL} ，与 C_{ANT1} 、 C_{ANT2} 产生的谐振频率通过晶体 F1 和 F2 进行选频。同时 RFIP 与 RFIM 间的内部寄生电容 C_{RF1} 及 RFI2 断开时寄生电容 C_{OFF2} 对谐振频率也有一定的影响。下列公式可用来计算谐振频率。

$$C_{TOT1} = C_{COIL} + C_{ANT1} + C_{RF1} + C_{OFF2}$$

$$F1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{ANT} * C_{TOT1}}}$$

$$C_{TOT2} = C_{COIL} + C_{ANT1} + C_{ANT2} + C_{RF1}$$

$$F2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{ANT} * C_{TOT2}}}$$

三、相关注意点

◆ 外部石英晶体

根据时基信号系统的频率选择晶体和外部天线的谐振频率，下表列出了目前不同国家和地区的时基信号频率。

时基信号系统	位置	天线谐振频率(KHz)	建议石英晶体频率(KHz)
DCF77	德国	77.5	77.503
HBG	瑞士	75	75.003
MSF	英国	60	60.003
WWVB	美国	60	60.003
JJY	日本	40、60	40.003、60.003
BPC	中国	68.5	68.505

选择石英晶体的频率比天线的频率高 3Hz 的原因是由于晶体在工作时未接负载电容，这样实际工作时晶体的频率比实际频率低 3Hz 左右。比如实际为 77.503KHz 的晶体在不接负载电容工作时实际的频率为 77.500KHz。

◆ AGC 电容

由于在工作时 AGC 和 DEC 的充电电流非常小，因此必须选择漏电流较小的电容。并保证电容的绝缘电阻大于 $100\text{M}\Omega$ ，AGC 所接的电解电容的耐压应大于 25V 以保证足够小的漏电流。DEC 电容可选择漏电流小的片式电容器。AGC 和 DEC 电容另一端可同时被连接到 VDD 或者 VSS，考虑到在电路进入睡眠模式时 AGC 和 DEC 的电位将被抬高到 VDD，因此为了在睡眠模式时保证电容的漏电流最小，最好是将 AGC 和 DEC 电容接到 VDD 上。此时 AGC 的电解电容的正极应该接到 VDD；如果 AGC 和 DEC 电容被连接到 VSS，应使 AGC 的电解电容负极连接到 VSS。

◆ 睡眠、快速启动控制

通过 PDN 脚可控制电路睡眠和快速启动，当 $\text{PDN1}=\text{PDN2}=\text{VDD}$ 时电路进入睡眠模式，PDN 其它的逻辑状态将使电路进入正常工作模式，当电路从睡眠模式进入到正常工作模式时会自动触发快速启动，同时为了使电路在睡眠模式中 AGC 电位有足够的时间被抬高到 VDD，应保证至少 50ms 睡眠模式维持，快速启动后的电路，启动时间将会大大缩短。

◆ AGC 控制选择

AON 被内部上拉到 VDD，当 AON 脚悬空或接 VDD 时 AGC 部分电路将一直处于打开状态，AON 脚的状态可以控制 AGC 部分电路的保持和打开，在电波钟中，步进马达转动产生的噪声可能导致输入增益被改变到非正常状态，通过对 AGC 的保持控制（ $\text{AON}=\text{VSS}$ ）可避免马达在转动时产生的噪声对电路的影响，当马达停止转动时，可使（ $\text{AON}=\text{VDD}$ ）重新打开 AGC。

◆ 铁氧体天线

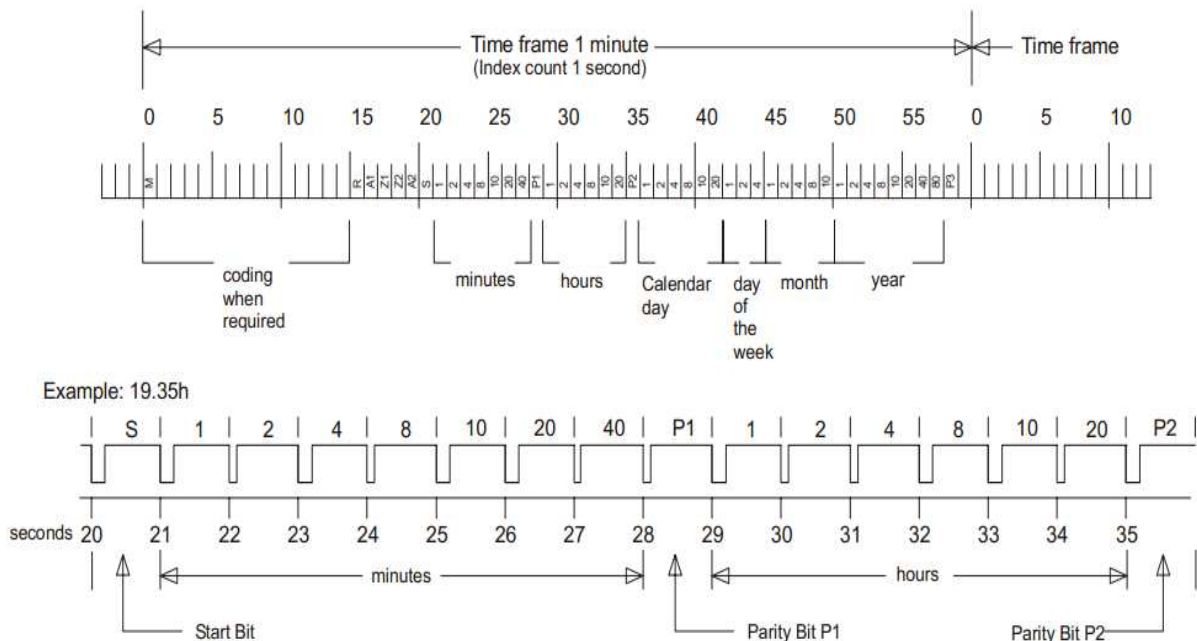
铁氧体天线能够将空中的电波信号转化成电压信号，因此在电路的性能上占有十分重要的地位，天线的阻抗、Q 值等参数对电路灵敏度有重要影响，天线的阻抗小，相应的噪声小，但同时产生的信号幅度也小；天线的阻抗大，相应的噪声大，但产生的信号幅度也大。为达到一个较好的声噪比，并联谐振阻抗为 $150\text{K}\Omega$ 左右。为达到理想的灵敏度应选择 Q 值较高的天线，并注意 Q 值与谐振频率及温度之间互补关系。

四、电波发射信号编码简介

(只供参考, 客户须核对此简介的准确性)

◆ DCF77(德国)

发射站名称:	DCF 77	发射站所在地:	Mainflingen/德国
长波频率:	77.5 kHz	发射站的地理座标:	50° 01'N, 09° 00'E
发射功率:	50 kW	发射时间:	永久



幅度调节

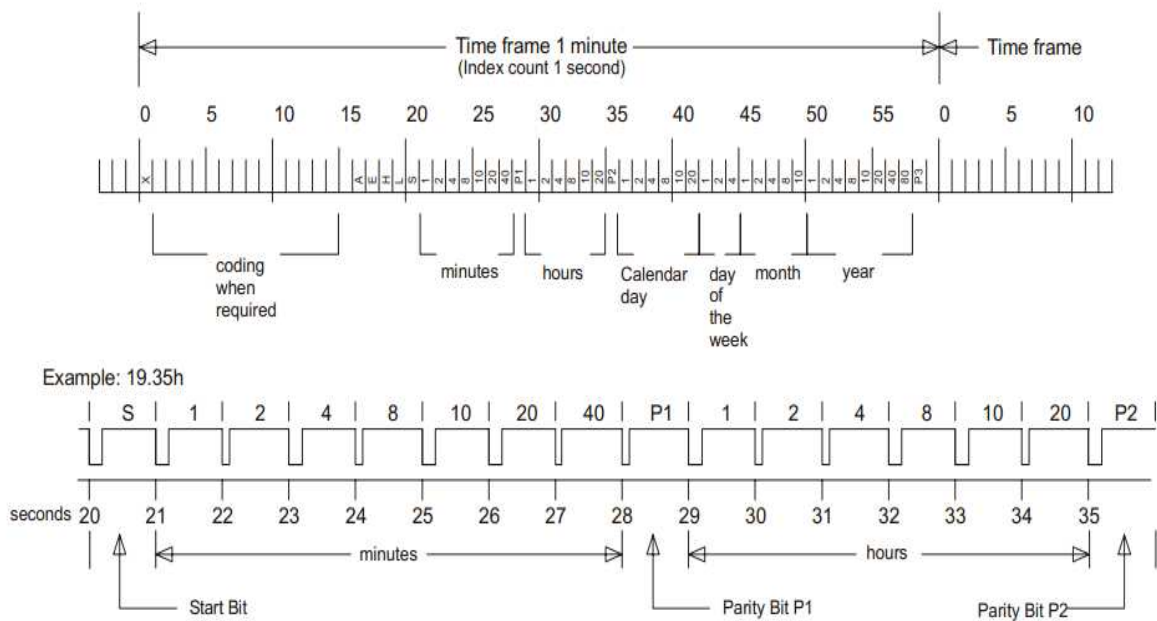
在每一秒开始时载波幅度减至 25%.此减幅会维持 100 毫秒(定义为二进制的“0”)或 200 毫秒(定义为二进制的“1”),但在第五十九秒时并不会有任何幅度调节。

时间编码(根据德国 PTB 所载资料)

时间编码包含以一分钟为单位的帧,在第五十九秒并没有任何幅度,代表一个新数据帧的起始,一整帧里,从第二十秒到第五十八秒为止含有以 BCD 格式编码的时间资讯,包括:时分,日期,星期,年,月和三个校验位 P1,P2 和 P3.另外,编码里也含有五个特殊位: R (代表备用发射塔在启动), A1 (代表夏令时的预告位), Z1 (夏令时为 200 毫秒,冬令时为 100 毫秒), Z2 (冬令时为 200 毫秒,夏令时为 100 毫秒)及 A2 (闰秒通知位),这些特殊位都在第十五秒和第十九秒之间发出。

◆ HBG(瑞士)

发射站名称:	HBG	发射站所在地:	Prangins/瑞士
长波频率:	75 kHz	发射站的地理座标:	46° 24'N, 06° 15'E
发射功率:	20 kW	发射时间:	永久



幅度调节

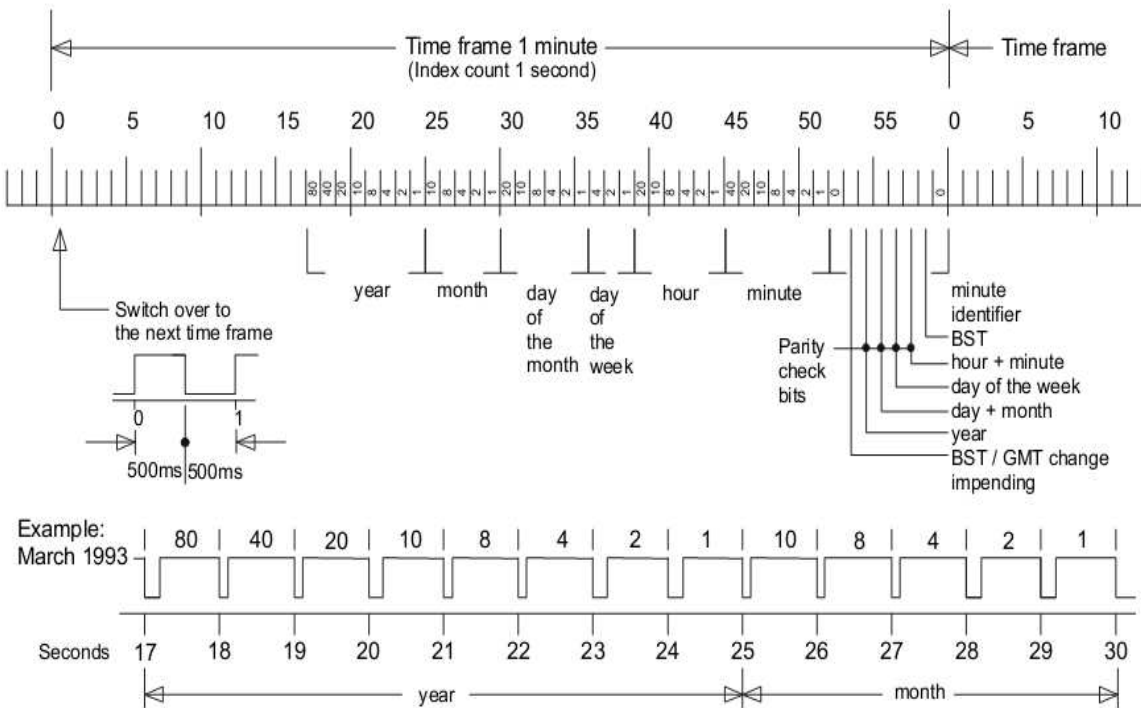
在每一秒开始时载波幅度减至 25%.此减幅会维持 100 毫秒（定义为二进制的“0”）或 200 毫秒（定义为二进制的“1”），但在第五十九秒时并不会有任何幅度调节。

时间编码（根据瑞士 METAS 所载资料）

时间编码包含以一分钟为单位的帧，在第五十九秒并没有任何幅度调节和第零秒为两百毫秒代表一个新帧的起始，一整帧里，从第二十秒到第五十八秒为止含有以 BCD 格式编码的时间资讯包括：时，分，日期，星期，年，月和三个校验位 P1,P2 和 P3，另外，编码里也含有五个特殊位：R（代表备用发射塔在启动），A（代表夏令时的预告位），E（夏令时为 200 毫秒，冬令时为 100 毫秒），H（冬令时为 200 毫秒，夏令时为 100 毫秒）及 L（闰秒通知位），这些特殊位都在第十五秒和第十九秒之间发出。

◆ MSF(英国)

发射站名称:	MSF	发射站所在地:	Rugby/英国
长波频率:	60 kHz	发射站的地理座标:	52° 22'N, 01° 11'W
发射功率:	50 kW	发射时间:	永久 (除了每年和每季度会有短暂中断)



幅度调节

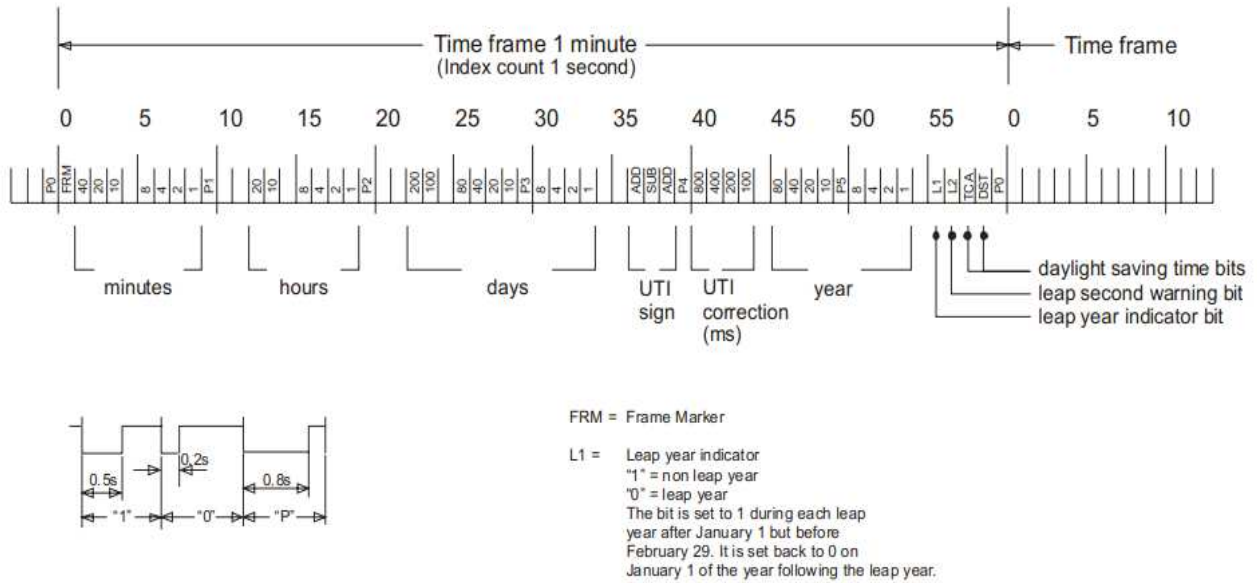
在每一秒开始时载波幅度减至 0%，此减幅会维持 100 毫秒（定义为二进制“0”）或 200 毫秒（定义为二进制“1”）。

时间编码（根据英国 NPL 所载资料）

时间编码包含以一分钟为单位的帧，在第零秒幅度调节维持五百毫秒为代表一个新帧的起始，一整帧里含有以 BCD 格式编码的时间资讯包括：时，分，日期，星期，年和月。英国信号除了每一秒钟发一位的普通码外，同时在起始五百毫秒发出一段快码。这段快码速率为每秒 100 位，但这快码并不是肯定会发生，另外，编码里也含有两个特殊位：第五十三位代表夏令时的预告位，第五十八位（夏令时为 300 毫秒，冬令时为 200 毫秒）和四个校验位 P1,P2,P3 和 P4，这些特殊和校验位都在第五十三秒和第五十八秒之间发出。

◆ WWVB(美国)

发射站名称:	WWVB	发射站所在地:	Fort Collins/Colorado /美国
长波频率:	60 kHz	发射站的地理座标:	40° 40'N, 105° 03' W
发射功率:	50 kW	发射时间:	永久



幅度调节

在每一秒开始时载波幅度减 10dB，此减幅会维持 200 毫秒（定义为二进制的“0”），500 毫秒（定义为二进制的“1”）或 800 毫秒（定点位或分钟起始位）。

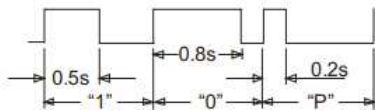
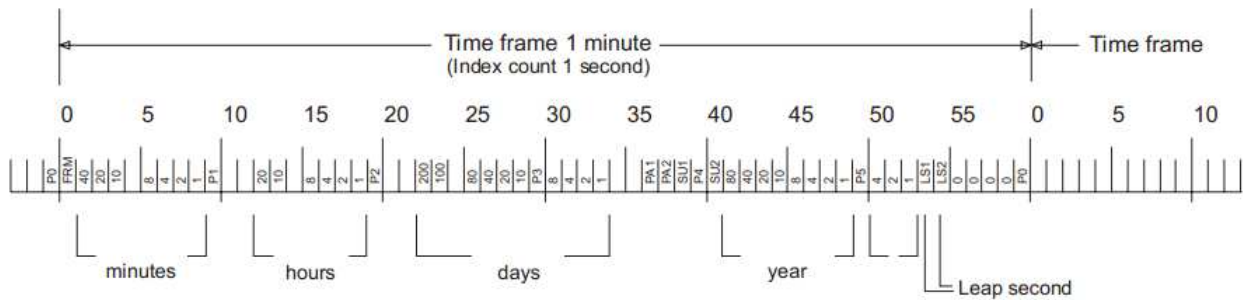
时间编码（根据美国 NIST 所载资料）

时间编码包含以一分钟为单位的帧，在第五十九秒和第零秒为八百毫秒代表一个新帧的起始，一整帧里含有以 BCD 格式的时间资讯，包括：时，分，日期，年，月和六个定点 P0 到 P5,另外，编码里也含有四个代表闰年，闰年和夏令时特殊位。

◆ JJY40(日本)

发射站名称:	JJY40 (福岛局)	发射站所在地:	日本福岛县
长波频率:	40 kHz	发射站的地理座标:	37° 22'N, 140° 51'E
发射功率:	50 kW	发射时间:	永久

发射站名称:	JJY60 (九州局)	发射站所在地:	日本福岗, 佐贺县
长波频率:	60 kHz	发射站的地理座标:	33° 28'N, 130° 11'E
发射功率:	50 kW	发射时间:	永久



0.5 second: Binary one
 0.8 second: Binary zero
 0.2 second: Position identifier markers P0...P5

幅度调节

在每一秒开始时幅度是 100%，在一秒开始后 500 毫秒幅度减 10%代表二进制“1”，在一秒开始后 800 毫秒幅度减 10%代表二进制“0”，在一秒开始后 200 毫秒幅度减 10%代表定点或分钟起始位。

时间编码（根据日本 CRL 所载资料）

时间编码包含以一分钟为单位的帧，在第五十九秒和第零秒连续两个定点位代表一个新帧的起始，一整帧里含有以 BCD 格式编码的时间资讯包括：时，分，日期，星期，年，月和六个定点位 P0 到 P5，另外，编码里也含有两个代表闰秒的特殊位和两个校验位。