**HR\_C6000** 用户手册

1



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

2



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

特性

DMR

符合 ETSI TS102 361（DMR） Tier I/II/III 标准的协议设计

支持物理层、数据链路层和呼叫控制层独立控制

支持真双时隙同步头检测

采用 TDMA 技术，支持全双工、半双工语音、数据通信及数话同传业务

支持 IP 数据业务

支持单频、双频中继

支持 4.8Kbps 和 9.6Kbps 数据传输

支持数字模拟智能检测

支持中继语音和数据功能

支持语音加密功能

调制解调及信道编解码

高性能 4FSK 调制解调

集成协议规定的信道编解码器

声码器支持

支持 HR\_V3000(宏睿 AMBE+2)、SELP 声码器（清华）、AVDS 声码器（712）

等 SPI 接口的声码器，同时为数字录音、回放及提示音输入提供接口

无缝对接 AMBE3000、AMBE1000、WT3000 等声码器，由 HR\_C6000 自动

完成对声码器的配置及与声码器交互数据的控制

支持数字话音加密

射频接口

发送射频接口采用单端输出，支持基带 IQ、中频、两点调制

接收射频接口采用差分输入方式，支持基带 IQ、中频和 AF

发送两路信号偏置、幅度大小可独立调节

支持用户配置 GPIO 控制射频通道

模拟 FM

支持 12.5KHz/25KHz 信道通信

支持加重、去加重

支持压缩、解压缩

支持 CDCSS/CTCSS 亚音处理

支持 2-tone/5-tone 处理

支持 DTMF 处理

支持模拟静噪功能

支持 MSK 调制和解调

内置高性能 IP

高性能 ADC/DAC

DC-DC，采用 3.3V 供电

高性能 PLL

高性能 Codec，支持差分或单端 Mic 输入和 Line\_out 输出

2

支持外置 Codec I S 接口

采用低功耗设计，芯片典型工作功耗小于 40mW

采用 LQFP-80 封装

3



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

应用框图

Transceiver control

**RF\_Tx\_en**

**RF\_Rx\_en**

HostµC

RF

SPI

Transceiver

**I\_tx/ MOD1/IF**

**Q\_tx**

**HR\_C6000**

**E-DMR**

**I\_rx/ IF/AF**

**Q\_rx**

Vocoder

(AMBE3000/ HR\_V3000/

WT3000/ AMBE1000/

HR\_V3000/SELP)

简介

宏睿自主研发的 HR\_C6000 芯片符合 ETSI TS102 361（DMR）数字对讲标准，同时支

持数字 PDT 集群对讲、模拟对讲和模拟集群对讲应用，是定位高端应用的一款终端芯片。

芯片集成高性能的 4FSK 调制解调器、MSK 调制解调器、模拟对讲通道、亚音频、DTMF、

2-Tone、5-Tone 等模拟功能、信道编译码、协议处理器，采用物理层、数据链路层和呼叫控

制层分层设计，用户可直接采用三层协议进行符合 DMR 标准的数字对讲机的开发，大大减

少了开发的工作量，缩短研发时间；用户也可以在 HR\_C6000 二层协议的基础上进行 PDT

协议、DMR TierIII 或自定义协议的开发，满足高端用户的需求。芯片适用于数字对讲手台、

专用集群终端以及低速数据、话音传输终端应用，支持中继和有中心方式下的终端应用。

芯片内置 AD/DA、CodeC、DC-DC 等多种 IP，有效减少用户的外围器件；同时，能无

缝对接 AMBE3000、WT3000、AMBE1000、HR\_V3000、SELP、AVDS 等多种声码器，支

持两点调制发送、低中频接收，兼容原有模拟对讲机射频通道，减少用户射频开发的工作量

芯片采用 3.3V 供电，内置功耗管理模块，实现低功耗设计。

产品为用户提供 LQFP-80 封装。

4

浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

目 录

HR\_C6000 用户手册 .......................................................................................................................1

特性...........................................................................................................................................3

应用框图...................................................................................................................................4

简介...........................................................................................................................................4

1

2

芯片框图...........................................................................................................................8

芯片管脚...........................................................................................................................9

2.1

2.2

2.3

管脚图...............................................................................................................9

管脚列表...........................................................................................................9

封装尺寸.........................................................................................................14

3

4

特性参数.........................................................................................................................14

3.1

3.2

3.3

3.4

静态特性.........................................................................................................14

动态特性.........................................................................................................16

功耗参数.........................................................................................................16

性能参数.........................................................................................................17

应用说明.........................................................................................................................18

4.1

芯片复位.........................................................................................................18

4.1.1 上电复位........................................................................................................18

4.1.2 软件复位.......................................................................................................18

芯片供电.........................................................................................................19

芯片工作时钟框图及说明.............................................................................20

4.3.1 时钟电路........................................................................................................20

4.3.2 时钟配置........................................................................................................20

芯片的参数配置接口.....................................................................................21

Codec 的使用..................................................................................................23

4.2

4.3

4.4

4.5

4.5.1

4.5.2

采用内置 Codec......................................................................................23

采用外置 Codec......................................................................................25

声码器.............................................................................................................26

与宏睿 HR\_V3000 声码器接口定义.....................................................26

发射模块.........................................................................................................28

基带 IQ 调制...........................................................................................29

两点调制.................................................................................................29

中频 IQ 调制...........................................................................................31

中频调制.................................................................................................31

接收模块.........................................................................................................31

基带 IQ....................................................................................................32

中频模式.................................................................................................32

4.7.1

4.7.2

4.7.3

4.7.4

4.8

4.8.1

4.8.2

5

分层功能说明.................................................................................................................33

5.1 中断使用说明..........................................................................................................34

5.1.1 中断使用描述...............................................................................................34

5.2 接口读写使用说明...................................................................................................36

5.3 HR\_C6000 RAM 分配定义 .....................................................................................37

5.4 支持帧类型..............................................................................................................40

5



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

5.4.1 时隙组帧........................................................................................................40

5.4.3 帧定义和使用................................................................................................45

5.4.1 工作模式说明........................................................................................46

5.4.2 应用举例................................................................................................49

5.4.3 误比特率测试........................................................................................51

FM 应用..........................................................................................................................52

6.1 FM 发送....................................................................................................................52

6.1.1 CTCSS 发送...................................................................................................54

6.1.2 CDCSS 发送..................................................................................................55

6.1.3 DTMF 发送....................................................................................................55

6.1.4 2-tone 发送....................................................................................................55

6.1.5 5-tone 发送....................................................................................................56

6.2 FM 接收....................................................................................................................56

6.2.1 CTCSS 接收...................................................................................................58

6.2.2 CDCSS 接收..................................................................................................58

6.2.3 DTMF 接收....................................................................................................58

6.2.4 2-tone 接收....................................................................................................59

6.2.5 5-tone 接收....................................................................................................59

MSK 应用说明...............................................................................................................59

7.1 MSK 发送................................................................................................................59

7.2 MSK 接收................................................................................................................60

7.3 MCU 使用说明.........................................................................................................60

7.3.1 MCU 工作流程......................................................................................60

7.3.1.1 初始化.................................................................................................60

7.3.1.2 发送控制.............................................................................................60

7.3.1.3 接收控制.............................................................................................61

7.3.2 复位操作................................................................................................61

7.4 参数配置...................................................................................................................62

7.4.1 基础参数配置.......................................................................................62

7.4.2 MAC 下发的参数配置..........................................................................62

7.4.3 MAC 获取的参数配置..........................................................................65

6

7

8 寄存器说明.....................................................................................................................66

附录：.....................................................................................................................................89

A FM通路具体使用说明...............................................................................................89

A1 提示音通路......................................................................................................89

A1.1 参数配置................................................................................................89

A1.2 使用说明................................................................................................89

A2 模拟通路..........................................................................................................90

A2.1 参数配置................................................................................................90

A2.2 使用说明...............................................................................................90

A2.2.1 CTCSS.........................................................................................90

A2.2.1.1 参数配置与初始化.........................................................90

A2.2.1.2 发送与接收.....................................................................91

A2.2.2 CDCSS ........................................................................................91

6



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

A2.2.2.1 参数配置与初始化.........................................................91

A2.2.2.2 发送与接收.....................................................................91

A2.2.3 DTMF..........................................................................................92

A2.2.3.1 参数配置与初始化.........................................................92

A2.2.3.2 发送与接收.....................................................................93

A2.2.4

Selcall-tone（2-tone）...........................................................93

A2.2.4.1 参数配置与初始化.........................................................93

A2.2.4.2 发送与接收.....................................................................94

A2.2.5

Selcall-tone（5-tone）...........................................................94

A2.2.5.1 参数配置与初始化.........................................................94

A2.2.5.2 发送与接收.....................................................................94

B ADC 输入电压与RSSI 值关系................................................................................95

7



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

**1** 芯片框图

DMR

TierI/II/III

4 FSK

Modulator

Coder

2

Mux

DUC

Channel

D/A

CodeC

Interface

I2S

Pre-

Compress

EnFrame

Filter

Filter

emphasis

MSK

Modulator

FM

CodeC

Tone

Gen

RF

Control

CDCSS

Gen

Filter

Filter

CTCSS

Gen

De\_

De\_

Interupt

Filter

Filter

Compress

emphasis

CHS

Power

Manager

McBSP

MSK

DeModulator

DeFrame

SPI

PLL

System

Clock

Tone

VoCoder

Interface

SPI

DeModulator

CDCSS

DeModulator

CTCSS

Demodulator

2

Channel

Mux

DDC

D/A

SPI

图 1.1 HR\_C6000 芯片内部结构框图

8



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

**2** 芯片管脚

**2.1** 管脚图

图2.1 HR\_C6000 管脚图

**2.2** 管脚列表

表2.1 管脚排列说明图

管 脚 管脚名

号

类型

管脚说明

1

2

HPVCC

AP

AO

耳机输出放大器模拟3.3V 电源。

LINEOUT1

耳机输出。

9



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

3

HPGND

AG

AO

AI

内置 Codec 模拟地。

内置 Codec 参考电源。

4

CDC\_VREF

MIC\_P

5

麦克风差分输入的正端。

6

MIC\_N

AI

麦克风差分输入的负端。

7

LINEIN1

LINEIN2

CDC\_AVCC

LINEOUT2

VREFL

AI

麦克风单端输入 1。

8

AI

麦克风单端输入 2。

9

AP

AO

AG

AP

AG

DI

Codec 模拟 3.3V 电源。

10

11

12

13

14

Line-out 输出，需加外置功放驱动。

麦克风外置参考负端，接模拟地。

PLL 模拟 3.3V 电源。

PLL\_VDD33

PLL\_VSS33

XTALI

PLL 模拟地。

系统时钟，有源晶振输入。

HR\_C6000 输出时钟，由 PLL 输出时

钟分频得到，分频比通过 reg0xBB 配

置。可供外置 Codec 或外置声码器使

用。

15

CLKOUT

DO

外置 Codec 接口工作时钟，该时钟由

CLKOUT 提供，若外置 Codec 不使用

CLKOUT，则该时钟需要使用外置

Codec 的工作时钟；也复用作为射频

发送端数字控制使能，此时为输出特

性。

16

MCLK/RF\_ANT\_EN

DIO

17

18

19

DO

DO

DIO

外置 Codec 左右声道选择使能；复用

作为射频发送端数字控制使能。

外置 Codec 比特时钟；复用作为射频

接收端数字控制使能。

LRCK/RF\_3TC\_EN

BCLK/RF\_3RC\_EN

外置 Codec 音频 ADC 采样数据；复用

作为射频发送端数字控制使能，此时

为输出特性。

ADCDAT/RF\_5TC\_EN

20

21

DO

G

外置 Codec 音频 DAC 数据；复用作为

射频接收端数字控制使能。

内核数字地。

DACDAT/ RF\_5RC\_EN

VSS12

McBSP\_RxD / CHS\_DI

AMBE3000：HR\_C6000 通过 McBSP

接口发送给 AMBE3000 的数据；

AMBE1000：HR\_C6000 通过 CHS 串

口发送给 AMBE1000 的帧输入数据。

AMBE3000：HR\_C6000 通过 McBSP

接口接收 AMBE3000 发出的数据；

AMBE1000：HR\_C6000 通过 CHS 串

口接收 AMBE1000 的帧输出数据。

AMBE3000：HR\_C6000 的 McBSP 接

口输出时钟；

22

23

24

DO

DI

McBSP\_TxD / CHS\_DO

McBSP\_CLKR / CHS\_O\_CLK

DO

AMBE1000：AMBE1000 的 CHS 接口

10



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

时钟。

AMBE3000：HR\_C6000 通过 McBSP

接口接收 AMBE3000 输出数据的同步

信号。

25

26

McBSP\_FSX

DI

DI

McBSp\_CLKX

AMBE3000：HR\_C6000 的 McBSP 接

口输入时钟。

AMBE3000：HR\_C6000 通过 McBSP

接口发送给 AMBE3000 的数据同步信

号；

27

28

29

McBSP\_FSR / CHS\_I\_STRB

DO

DO

AMBE1000：CHS\_DI 端口数据有效的

使能。

AMBE3000：将 McBSP\_FSR 取反，

用于唤醒 McBSP 接口；

PKT\_RX\_WAKE/CHS\_O\_STRB

AMBE1000：CHS\_DO 端口数据有效

的使能。

AMBE3000 ： AMBE3000 允 许 通 过

McBsp 接口写入数据，低有效；

AMBE1000：AMBE1000 解码包空。

AMBE3000：AMBE3000 发送数据包

准备完成，高有效；

RTS/DPE

DI

DI

TX\_RDY /EPR

30

31

AMBE1000：AMBE1000 的编码包准

备好。

AMBE3000：AMBE3000 Standby 模

式使能，高电平有效；

STDBY\_ENB/RESET\_AMBE1000

AMBE1000：AMBE1000 的 RESET，

低有效。

32

33

VDD12

VSS12

P

内核数字 1.2V 电源。

G

内核数字地。

作为 SPI 接口时：将声码器 SPI 口的

串行数据输入到 HR\_C6000，SPI 工作

在主模式。

34

作为 I2S 接口时：可以工作在主/从模

式。如果工作在主模式，从声码器读

取 PCM 串行数据到 HR\_C6000；如果

工作在从模式，声码器将 PCM 数据写

入到 HR\_C6000。

DI

作 为 SPI 接 口 时 ： HR\_C6000 将

CodecADC 端的语音数据输出到声码

器 SPI 端口。

作为 I2S 接口时：可以工作在主/从模

式。如果工作在主模式，HR\_C6000

将 PCM 数据写入声码器进行压缩编

码；如果工作在从模式，声码器从

HR\_C6000 读取 PCM 数据进行编码。

35

C\_SDO/I2S\_TX

DO

11



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

作为 SPI 接口时：声码器 SPI 口的串

行时钟。

作为 I2S 接口时：可以工作在主/从模

式。如果工作在主模式，如果工作在

DO/DI 主模式，为提供给声码器的的 I2S 主

时钟；如果工作在从模式，为声码器

提供给 HR\_C6000 的 I2S 接口工作时

钟

36

C\_SCLK/I2S\_CK

作为 SPI 接口时：声码器 SPI 口的片

选。

作为 I2S 接口时：可以工作在主/从模

式。如果工作在主模式，提供给声码

DO/DI 器读写 I2S 左右声道数据的使能；如

果 工 作 在 从 模 式 ， 声 码 器 提 供 给

HR\_C6000 读写串行数据的左右声道

使能。

37

38

C\_CS/I2S\_FS

TEST\_MODE

DI

测试模式配置管脚，1 为测试模式，0

为正常工作模式。

39

40

41

42

43

44

45

46

47

RESETn

VDD33

V\_SDI

DI

P

系统复位信号，低有效。

数字 IO 3.3V 电源。

DI

DO

DI

DI

DI

DO

DI

通用声码器 SPI 口串行数据输入。

通用声码器 SPI 口串行数据输出。

通用声码器 SPI 口串行时钟。

通用声码器 SPI 口选择信号。

无，输入接地。

V\_SDO

V\_SCLK

V\_CS

DBIST\_IN

DBIST\_OUT

PWD

无。

芯片 PowerDown 控制引脚，高电平处

于 PowerDown 状态。

48

49

50

TIME\_SLOT\_INTER

SYS\_INTER

DO

DO

DO

30ms 时隙中断。

系统控制中断。

射频端发送相关参数配置中断，如发

送混频器频点配置。

51

DO

射频端接收相关参数配置中断，如接

收混频器频点配置。

52

53

54

55

VSS12

VDD12

VDD33

U\_SDO

G

内核数字地。

P

内核数字 1.2V 电源。

P

数字 IO 3.3V 电源。

DO

MCU 访问 HR\_C6000 寄存器或 RAM

存储区的 SPI 数据输出。

MCU 访问 HR\_C6000 寄存器或 RAM

存储区的 SPI 数据输入。

MCU 访问 HR\_C6000 寄存器或 RAM

存储区的 SPI 串行时钟。

56

57

U\_SDI

DI

DI

U\_SCLK

12



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

58

U\_CS

DI

MCU 访问 HR\_C6000 寄存器或 RAM

存储区的 SPI 片选。

控制射频接收开关使能，接收状态时，

输 出 高 电 平 。 该 信 号 不 会 与

RF\_TX\_EN 同时有效。

59

60

RF\_RX\_EN

RF\_TX\_EN

DO

DO

控制射频发送开关使能，发送状态时，

输 出 高 电 平 。 该 信 号 不 会 与

RF\_RX\_EN 同时有效。

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

ADC\_VBG\_Q

AIO

AI

Q 路 ADC 通道外部去耦的带隙电压。

Q 路 ADC 通道差分输入的负端。

Q 路 ADC 通道差分输入的正端。

Q 路 ADC 通道模拟 1.2V 电源。

Q 路 ADC 通道模拟地。

ADC\_QVINN

ADC\_QVINP

AI

ADC\_AVDD12\_Q

ADC\_AGND\_Q

ADC\_AVDD33\_Q

ADC\_AVDD33\_I

ADC\_AGND\_I

ADC\_AVDD12\_I

AP

AG

AP

AP

AG

AP

AI

ADC 模拟 3.3V 电源。

ADC 模拟 3.3V 电源。

I 路 ADC 通道模拟地。

I 路 ADC 通道模拟 1.2V 电源。

I 路 ADC 通道差分输入的正端，或中

频接收模式下信号接入端。

ADC\_IVINP

ADC\_IVINN

71

I 路 ADC 通道差分输入的负端，中频

接收模式下该端口接地或其他固定电

压。

72

I 路 ADC 通道外部去耦的带隙电压。

ADC\_VBG\_I

DAC\_AVSS33

73

74

AG

AO

DAC 模拟地。

Q 路 DAC 通道输出信号，或两点调制

发送模式下 MOD2 端口。

I 路 DAC 通道输出信号，或两点调制

发送模式下 MOD1 端口。

DAC 模拟 3.3V 电源。

DC-DC 1.2V 输出。

DAC\_QVOUT/ MOD2

75

AO

DAC\_IVOUT/MOD1

DAC\_AVDD33

DCDC\_VDD12

DCDC\_VSS

76

77

78

79

80

AP

AO

G

DC-DC 数字地。

DCDC\_VDD33

DCDC\_SW

P

DC-DC 3.3V 电源。

O

DC-DC 内部 Switch。

13



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

**2.3** 封装尺寸

图2.2 封装尺寸示意图

**3** 特性参数

**3.1** 静态特性

表3.1 HR\_C6000 静态参数

参数

供电

条件

最小值

典型值

最大值

单位

VDD33、VCC

VDD12

3.0

3.3

1.2

3.6

85

V

V

工作温度

-40

℃

输入时钟

频率

12.288

1.5

MHz

V

时钟信号偏置

时钟信号幅度

320

2.7

mVpp

**DC-DC**

输入电压

输出电压

3.3

1.2

5.5

V

V

14



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

输出电压纹波

输出电流

效率

50

mV

mA

%

100

85

**ADC**

分辨率

10

2

Bits

Vppdif

Vppdif

V

输入电压

gain=0

gain=1

1

输入共模电压

信号带宽

0.5

1.25

40

2

-3dB

MHz

pF

输入阻抗

0.5

1.25

pF

增益误差

偏置误差

DNL

%FSR

%FSR

LSB

LSB

dB

±0.5

±1

INL

THD

**DAC**

分辨率

10

Bits

V

输出电压

模拟

3.15

3.3V

增益误差

偏置误差

DNL

±2.5

±0.30

±1.0

±1.5

1.5

%FSR

%FSR

LSB

INL

LSB

电阻负载

电容负载

KOhm

pF

30

**Codec**

分辨率

16

Bits

**Codec** 中的 **ADC**

输入电压

1.6

Vp-p

KOhm

%

输入阻抗

20

THD+N

0.08

通带带宽

0

0.42

Fs

通带纹波

±0.1

dB

阻带

0.58

76

Fs

阻带衰减

dB

HPOut 输出电压

HPOut 的负载阻抗

LineOut 的负载阻抗

THD+N

1.6

Vp-p

Ohm

KOhm

%

16

30

0.05

15



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

输出管脚逻辑电平

输出“1”(IOH=)

2.4

V

V

输出“0”(I =)

OL

0.4

输入管脚逻辑电平

输入“1”

2.0

5.5

0.8

V

V

输入“0”

-0.3

**3.2** 动态特性

表 3.2 HR\_C6000 静态参数

参数

**DAC**

条件

最小值

典型值

单位

SNR

dB

SINAD

dBFS

**ADC**

SNR

57

dB

dB

SINAD

56.5

**Codec** 中 **ADC**

输入电压 SNR

LineOut 输出 SNR

90

95

dB

dB

**3.3** 功耗参数

表 3.3 HR\_C6000 功耗参数

条件

最小值

典型值

最大值

单位

休眠状态

Note 1

1.66

mA

两点调制发送，中频接收

待机

Note 2

Note 2

Note 2

Note 2

Note 2

Note 2

11.51

11.32

8.40

mA

mA

mA

mA

mA

mA

mA

mA

时隙发送（语音）

时隙发送（数字）

连续发送（语音）

连续发送（数据）

时隙接收（语音）

时隙接收（数据）

连续接收（语音）

11.57

8.64

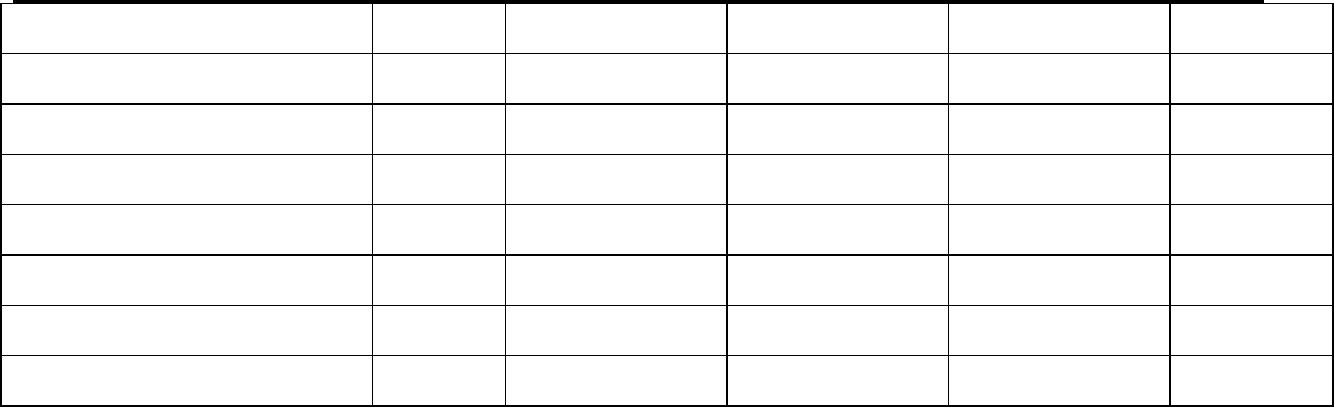
11.86

9.85

Note 2

13.44

16



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

连续接收（数据）

全双工

11.53

13.72

mA

mA

Note 2

Note 1： 软件在复位状态下，芯片 PWD 被拉低。

Note 2：待机状态下开启一路 ADC 以及一路 DAC，Codec 用 HR\_C6000 动态控制。

**3.4** 性能参数

表 3.4 HR\_C6000 调制解调性能参数

参数

条件

最小值

典型值

单位

发送

两点调制**(**Mod1/Mod2**)**

信号偏置

1.228

8.75

1.65

3.3

2.072

2240

V

信号偏置调节精度

信号幅度

mV

mV

mV

信号幅度调节精度

**IQ** 调制**(**I/Q**)**

信号偏置

1.386

0.17

1.65

3.3

1.914

2.725

V

信号偏置调节精度

信号幅度

mV

V

信号幅度调节精度

接收

0.17

V

**IQ** 解调**(**I/Q**)**

信号偏置

0.5

130

0.5

1.25

7

2

V

E N

dB

b

0

最小接收门限

中频解调

mVppdif

信号偏置

接收中频频率

E N

1.25

450k

7

2

V

1M

Hz

BER=5%

dB

b

0

最小接收门限

**Codec**

加噪

150

-12

-45

0

mVppdif

Mic 增益调节

24

45

6

dB

dB

dB

dB

dB

Mic 增益调节步进

数字端音量调节

数字音量调节步进

HPOut 增益调节

3

1.5

17



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

**4** 应用说明

**4.1** 芯片复位

**4.1.1** 上电复位

HR\_C6000 可采用电阻、电容进行上电复位，参考电路如下。

3.3V

39

RESETn

HR\_C6000

图 4.1 芯片上电复位参考电路

为保证上电复位成功，要求复位时间保持最少 0.1μs。如图所示，0-0.8V 为稳定的低电

平电压区间，2.0-3.3V 为稳定的高电平电压区间。

3.3V

2.0V

0.8V

0V

t=0.1us

图 4.2 芯片上电复位时序图

建议采用与 **CPU** 相同的复位芯片或者由 **CPU** 的 **GPIO** 作为复位管脚。

**4.1.2** 软件复位

HR\_C6000 除了在上电时候自动执行复位过程之外，还能根据实际应用需要通过 MCU

对芯片进行软件复位。软件复位操作通过配置寄存器 Reg0x00 的 Bit7 实现。将 Reg0x00 的

Bit7 配置成 0 后，完成对 HR\_C6000 的一次软复位，复位时间为一个 Sys\_Clk 脉冲宽度，即

1

。该 Bit 配置成 0 后无需通过 MCU 再次配置成 1 恢复正常工作模式，HR\_C6000

μs

9.8304

自动将 Bit 置 1。

18



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

Sys\_Clk

Wr\_EN

Address

0x00

Data

0x7F 0xFF

Reset\_Softer

图 4.3 芯片软件复位时序图

**4.2** 芯片供电

HR\_C6000 需要 3.3V 供电，内置 DCDC 模块输出 1.2V 供数字和模拟内核使用。通过外

部电路单独隔离模拟 3.3V、数字 3.3V 和模拟 1.2V、数字 1.2V 电源。数字 1.2V 和数字 3.3V

电源共用数字地；所有模拟 3.3V 共地；所有模拟 1.2V 共地。

供电网络如图所示，其中 VCC33 为系统提供总电源，AVDD33 为芯片模拟 3.3V 电源，

DVDD33 为芯片数字 3.3V 电源。AVDD33 提供芯片内置 DCDC 模块，转换输出芯片所需的

1.2V 模拟电源 AVDD12 和数字电源 DVDD12。

AVDD12

47uH

DVDD12

32

52

64

69

80

77

VDD12

DCDC\_SW

AVDD12

VDD12

ADC\_AVDD12\_I

DCDC\_VDD12

4.7uF 0.1uF

HR\_C6000

21

33

52

VSS12

VSS12

VSS12

1

HPVCC

9

CDC\_AVCC

PLL\_VDD33

ADC\_AVDD33\_Q

ADC\_AVDD33\_I

3

HPGND 13

12

66

67

76

79

PLL\_VSS33

65

68

73

78

ADC\_AGND\_Q

ADC\_AGND\_I

DAC\_AVDD33

DCDC\_VDD33

DAC\_AVSS33

DCDC\_VSS

AVDD12

DVDD12

AVDD33

100nF

VCC33

1uF

10nF

1uF

10nF

10uF

100nF

FB600

100nF

100nF

100nF

FB600

AVDD33

DVDD33

FB600

10uF

10nF

10uF

10nF

1uF

10nF

1uF

10nF

1uF

10nF

1uF

10nF

1uF

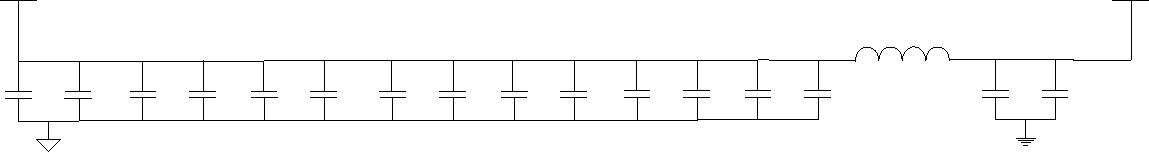
10nF

100nF

100nF

图 4.4 HR\_C6000 电源参考电路

19



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

**4.3** 芯片工作时钟框图及说明

**4.3.1** 时钟电路

HR\_C6000 对晶振的要求最佳偏置为 1.5V。在该偏置下，晶振输出要求 Vpp≥2V。芯片

时钟由 XTALI 管脚输入。

HR\_C6000

3.3V

3.3V

NC

VCC

OUT

10kR

10nF

14

GND

XTALI

10kR

100nF

10pF

图 4.5 HR\_C6000 时钟参考电路

**4.3.2** 时钟配置

配置芯片内置 PLL 的相关寄存器，使输入时钟经 PLL 锁定至 CLK，(推荐值为

49.152MHz)，并经芯片内部分频为 Sys\_clk、Clk\_codec、CLKOUT 三个时钟，其中，Sys\_clk

为系统工作时钟，通过配置寄存器 0xB9 得到，Sys\_clk 为 9.8304MHz；Clk\_codec 为芯片内

置 Codec 工作时钟，由寄存器 0xBA 配置得到，频率为 12.288MHz；而 CLKOUT 可为外置

Codec 或声码器提供工作时钟，时钟频率可通过 0xBB 寄存器进行配置，另外配置寄存器

0x0A 的 bit0(ClkOut\_enb)，可以控制是否输出 CLKOUT 时钟，高电平时输出有效时钟。

HR\_C6000 上电时，此时内部工作时钟默认直接由外部晶振提供，即 0x0A 的 bit7 为 1，

更改配置 reg0x0B 和 reg0x0C 之后需要等待大于 500μs，等待 PLL 输出足够稳定后，才能将

内部时钟从晶振切换回 PLL 输出。

20



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

XTAL

DO

SLEEP ByPass Or clk\_in\_sel

1/N

PFD

CHPUP

LFilter

VCO

PDIV

B

U

F

Sys\_clk

SysClk\_Reg

F

1/M

E

R

M

U

X

Clk\_codec

CLKOUT

CLK

CodecClk\_Reg

ClkOut\_Reg

Switch

ClkOut\_enb

图 4.6 芯片工作时钟框图

芯片内置 PLL 通过 0x0B，0x0C 寄存器进行配置，具体计算公式如下：

CLK=XTALI×PLLM / PLLN / NO；

其中：

NO=2PLLDO

1M＜XTAL/ PLLN＜25MHz；

200MHz＜CLK×NO＜1000MHz；

PLLM>1；PLLN>1；

将 0x0C 寄存器的 bit7 配置为 1，可将 PLL bypass，此时，PLL 输出即为 CLK=XTALI；

将 0x0C 的 bit6 配置为 1 或芯片 PWD 脚拉高，可由使 PLL 进入休眠状态，此时 PLL

无时钟输出。

将寄存器 0x0A 的 bit7(Clk\_in\_sel)配置为 1，此时 CLK 不选择 PLL 的输出时钟，

而是直接选择 XTALI，即 CLK=XTALI。

表 4.1 推荐二种典型 PLL 输出时钟配置参数

XTALI

PLL 配置参数

PLL 输出

时钟

系统时钟配置

参数

系统输出时钟

12.288M Reg0x0B = 0x40

Reg0x0C = 0x32

49.152M

Reg0xB9 = 0x05

Reg0xBA = 0x04

Reg0xBB = 0x02

Reg0xB9 = 0x05

Reg0xBA = 0x04

Reg0xBB = 0x02

Sys\_clk=9.8304

Clk\_codec=12.288M

CLKOUT=24.576M

Sys\_clk=9.8304

29.4912

M

Reg0x0B = 0x28

Reg0x0C = 0x33

49.152M

Clk\_codec=12.288M

CLKOUT=24.576M

**4.4** 芯片的参数配置接口

MCU 通过 U\_SPI 口对 HR\_C6000 进行参数配置、状态控制信息及收发数据的写入/读

取，并根据 HR\_C6000 给出的 TIME\_SLOT\_INTER、SYS\_INTER、RF\_TX\_INTER、

RF\_RX\_INTER 中断进行相应的中断处理。MCU 也可以通过 GPIO 管脚控制芯片的 Sleep 状

态。其接口如下图所示。

21



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

55

MISO

MOSI

SCK

U\_SDO

56

U\_SDI

57

U\_SCLK

58

SSEL

U\_CS

47

GPIO

PWD

MCU

HR\_C6000

48

INT

INT

INT

INT

TIME\_SLOT\_INTER

SYS\_INTER

49

50

51

RF\_TX\_INTER

RF\_RX\_INTER

图 4.7 MCU 与 HR\_C6000 接口

芯片的 U\_SPI 接口工作于 Slave 模式，接口时序如下图所示。

U\_CS(IN)

U\_ SCLK(IN)

U\_SDI(IN)

D

D

D

D

D

D

D

D

D

D

D

D

LSB

MSB

U\_SDO(OUT)

D

D

LSB

MSB

图 4.8 U\_SPI 接口读写时序

其中 SCLK 最高支持 4M 时钟速率。

MCU 可以通过 GPIO 管脚控制 HR\_C6000 的 Sleep 状态，当 GPIO 拉高时，芯片处于

Sleep 状态，HR\_C6000 内部所有时钟均关闭。当 GPIO 再次拉低时，芯片处于正常工作模

式，此时需要先 ByPass 内部 PLL，通过晶振 XTALI 直接 HR\_C6000 提供时钟，等待 500μs

以上后切换到内部 PLL 提供给 HR\_C6000 工作时钟。如图所示，XTALI 为晶振输入时钟信

号，PWD 为 HR\_C6000 的 Sleep 信号，Sys\_clk 为 HR\_C6000 的工作时钟；PLL\_Sys\_clk 为

PLL 输出后的按照 HR\_C6000 的工作时钟要求分频得到的时钟。

MCU 配置 PWD 为高，PWD 在 100ns 后稳定有效，此时 HR\_C6000 内部时钟全部清零，

PWD 再次拉低后，需要将工作时钟切换到 XTALI，等待 PLL 稳定输出分频后的 PLL\_Sys\_clk

后，切换到 PLL 的分频输出时钟，稳定时间大于 500μs。

22



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

t=100ns

t>500us

XTALI

PWD

Sys\_clk

PLL\_Sys\_clk

图 4.9 PWD 控制时序以及工作时钟切换要求示意图

HR\_C6000 提供 4 个中断管脚，中断低脉冲有效，脉冲宽度为 3 个系统工作时钟(Sys\_clk，

9.8304MHz)，SYS\_INTER 为获取系统接收和发送信息的指示中断，发送过程和接收过程提

示 MCU 状态或控制信息；TIME\_SLOT\_INTER 为 30ms 时隙中断，该中断在 HR\_C6000 建

立同步时隙后一直循环产生，用于对 MCU 建立一个 TDMA 的时隙结构；RF\_TX\_INTER 和

RF\_RX\_INTER 为射频收发切换控制中断，仅在出现时隙收发切换过程中产生，便于 MCU

对射频通道进行准确及时控制，其中 RF\_TX\_INTER 和 RF\_RX\_INTER 按照 30ms 为周期交

替产生。为了方便射频发送控制提前启动，可以设置寄存器 Reg0x12 控制 RF\_TX\_INTER

和寄存器 Reg0xC0 控制 RF\_RX\_INTER 相对 30ms 边界的提前 0-6ms 可以配置。

30ms

30ms时隙

发送

t=6ms

RF\_TX\_INTER

t=300us

RF\_RX\_INTER

图 4.10 RF\_TX\_INTER 和 RF\_RX\_INTER 产生示意图

表 4.2 RF\_TX\_INTER 中断控制寄存器地址说明

地址

功能

0x12

Bit[5:0]配置射频收发切换中断 RF\_TX\_INTER 相对 30ms 边

界提前量，递增步长为 100μs。

Bit[5:0]配置射频收发切换中断 RF\_RX\_INTER 相对 30ms 边

界提前量，递增步长为 100μs。

**4.5 Codec** 的使用

HR\_C6000 内置CodeC，实现Mic 输入和LINEOUT 输出，提供Mic增益控制和LINEOUT

2

音量控制，有效减少用户外围器件；同时为外部 CodeC 配置标准 I S 接口，用户也可根据自

己的需求选择合适的 Codec。

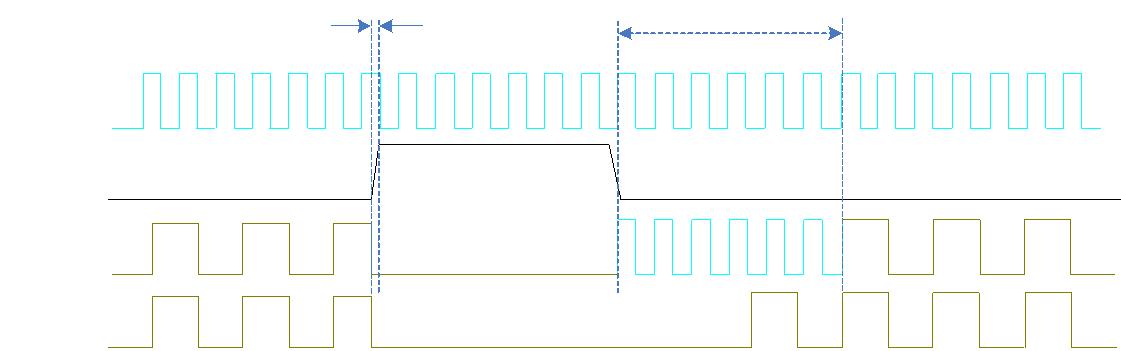
**4.5.1**

采用内置 **Codec**

采用内置 Codec 的接口电路如下所示。其中 LINEOUT 口需外加音频功放，用于驱动喇

叭。

23



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

图 4.11 采用内置 Codec 的接口电路

内置 Codec 的 ADC 端和 DAC 端有多级增益分别可调，图 4.12 为内置 Codec 内部结构

框图。各级增益分别为：

MIC\_VOL，调整进入 ADC 之前的模拟输入量，可调 0，-6，-12dB 共 3 档；

ADLIN\_VOL，调整进入 ADC 之前的模拟输入量，可调 0～+36dB，步进为 3dB；

DALIN\_VOL，调整内置 Codec 的 DAC 输出数据的增益大小，增益控制的步长为 1.5dB 可

以通过使能控制声音调试是变大或是减小；当调节变小的时候，0 为最小；

当调节声音变大时候，0 为声音调节无效，声音大小不变保持原来不变；

HPOUT\_VOL，调整内置 Codec 的 DAC 输出数据增益大小，可调 0，2，4，6dB，共 4 档。

图 4.12 内置 codec 内部结构框图

各级增益均通过寄存器可以配置，内置 Codec 相关寄存器如下表。

表 4.3 内置 Codec 寄存器地址表

功能

0xE0

MCU 控制 Codec 使能，以及 Codec 的 LINEIN 端、MIC 端

和 LINEOUT 端的使能

0xE2

Codec 的 DAC 或 者 ADC 端 的 开 关 使 能 和 Codec 的

Powerdown 控制使能。

0xE3

0xE4

K1 开关控制

Bit7-6：LINEOUT 增益控制；Bit5-4：Mic 的第一级增益；

Bit3-0：Mic 的第二级增益。

0x37

DALIN\_VOL 增益控制，Bit5-0 的步长为 1.5dB 其中全 0 为

最小声音，Bit6 控制声音变大或者变小，Bit7 声音调节使能，

为 0 时候，声音调节无效，声音大小不变。

24



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

**4.5.2** 采用外置**Codec**

HeadPhone

100pF

220uF

HP\_OUT\_R

LINE\_IN\_L

LINE\_IN\_R

1uF

1uF

100uF

100pF

ALC5621

HR\_C6000

17

18

LRCK

LRCK

BCLK

ADCDAT

DACDAT

CLKOUT

MCLK

BCLK

Speaker

100pF

100pF

19

20

15

16

ADCDAT

DACDAT

MCLK

图4.13 采用外置Codec 的接口电路

2

当HR\_C6000 采用外置Codec 时，通过I S 接口与Codec 进行数据的交换。接口时序如

下所示。

LRCK

BCLK

DACDAT

ADCDAT

1

2

2

3

3

4

4

5

5

6

6

n-2 n-1

n-2 n-1

n

1

2

2

3

3

4

4

5

5

6

6

n-2 n-1

n-2 n-1

n

MSB

LSB

MSB

LSB

1

n

1

n

MSB

LSB

MSB

LSB

图4.14 I2S 接口时序

其中：

1，LRCK 时钟频率由Codec 时钟频率与寄存器0x32、0x33 决定。默认状态下LRCK 时钟

频率为8KHz。

LRCK 时钟频率＝Codec 时钟频率/[2\*(参数值＋1)]，其中参数值由{寄存器0x32 值，寄

存器0x33 值}得到。

2，BCLK 时钟频率由Codec 时钟频率与寄存器0x30、0x31 决定。

BCLK 时钟频率＝Codec 时钟频率/[2\*(参数值＋1)]，其中参数值由{寄存器 0x30 值，寄

存器0x31 值}得到。

3，如果使用默认的外置Codec(ALC5621)，则LRCK 为8KHz，BCLK 为512KHz。同时需

要将芯片CLKOUT 管脚与芯片MCLK 管脚相连，CLKOUT 输出24.576MHz 时钟，用

于芯片内部 I2S 的工作。将芯片 CLKOUT 管脚与 Codec 的工作时钟输入管脚相连。在

使用芯片内置Codec 时，芯片CLKOUT 管脚与芯片MCLK 管脚不用相连。

外置Codec的所有管脚均可以复用做数字IO输出，可以用于控制射频和主控芯片的高低

切换，高低切换时间参考30ms时隙边界的延时或提前6ms以内可以任何配置，配置最小步

25



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

长为100us。

表4.4

地址

功能

0xC7/C8

控制LRCK 管脚复用，其中C7 的Bit7 为复用控制使能，Bit6

确认高电平相对30ms 时隙边界提前或延后，0 为提前，1 为

延后；Bit5-0 控制提前或延后量，步长为100us。其中C8 的

Bit6 确认低电平相对30ms 时隙边界提前或延后，0 为提前，

1 为延后；Bit5-0 控制提前或延后量，步长为100us

0xC9/CA

0xCB/CC

0xCD/CE

0xCF/D0

控制ADCDAT 管脚复用。定义与LRCK 复用方式相同。

控制MCLK 管脚复用。定义与LRCK 复用方式相同。

控制BCLK 管脚复用。定义与LRCK 复用方式相同。

控制DACDAT 管脚复用。定义与LRCK 复用方式相同。

如下图，以LRCK 管脚的控制为例说明高低电平的控制示意图。其他管脚控制方式与这

个相同。

图4.15 LRCK 管脚复用做通用IO 的控制接口时序

**4.6** 声码器

HR\_C6000 可以采用McBSP 和CHS 串行接口无缝对接AMBE3000 和AMBE1000 等声

2

码器芯片，同时提供标准SPI 和I S 接口，与宏睿HR\_V3000 声码器、清华SELP 声码器、

712 厂AVDS 声码器无缝对接，支持加密话音、数据接口，同时为数字话音录音、回放及提

示音输入提供接口。

**4.6.1** 与宏睿**HR\_V3000** 声码器接口定义

HR\_V3000 与 HR\_C6000 通过 V\_SPI 传输压缩编码后的数字语音流或待解码的数字语

2

2

音流，通过I S 接口与声码器传输PCM 数据，其中HR\_C6000 的I S 接口工作在主模式下；

MCU 通过UART 接口与HR\_V3000 传递语音加解密密钥或语音帧同步信息。V\_SPI 口的接

口时序如下图所示。

26



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

V\_CS(IN)

V\_SCLK(IN)

V\_SDI(IN)

D

D

D

D

D

D

D

D

D

D

D

D

D

D

LSB

MSB

V\_SDO(OUT)

D

D

LSB

MSB

图4.16 通用V\_SPI 接口读(写)时序

其中SCLK 最高支持4M 时钟速率。

V\_SPI 的帧格式如下图所示。需要进行说明的是：

V\_SPI 接口每次只能进行一种操作，读或者写。

进行读操作时，Cmd=0x83，Addr=0x00，读27 个Data(byte)。

进行写操作时，Cmd=0x03，Addr=0x00，写27 个Data(byte)。

Cmd

Addr

Data0

Data1…

Datan

图4.17 V\_SPI 帧格式

通过V\_SPI 接口HR\_C6000 与宏睿HR\_V3000 声码器通信，仅需将HR\_C6000 的寄存器

reg0x06 配置成0x24。HR\_V3000 与HR\_C6000 以及MCU 的连接框图如图所示。

Rx

Tx

HR\_C6000

SPI

codec

Protocol

I

2

S Slave/Master

SPI Slave

SPI

I S

2

I

2

S Master/Slave

SPI Master

UART

WakeUp

声码器

MCU

STM32F3xxx

图4.18 HR\_V3000 声码器与HR\_C6000 连接框图

2

如图4.19 为I S 的接口时序。

I2S 工作在主模式，需要通过寄存器0x2F 配置I2S\_CK\_M 时钟频率，计算方法为codec

工作频率/(2\*(寄存器0x2F 值+1))。通过寄存器0x32、0x33 配置I2S\_FS\_M 时钟频率（配置

的I2S\_FS\_M 时钟频率必需为8KHz），计算方法为codec 工作频率/(2\*({寄存器0x32 值, 0x33

值}+1))。同时 I2S\_CK\_M 频率>34\* I2S\_FS\_M 频率，并且 codec 时钟频率>=6\*I2S\_CK\_M

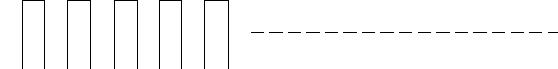
频率。

2

当I S 工作在主模式时，通过寄存器0x36[6]，可以关闭I2S\_CK\_M、I2S\_FS\_M 信号。

当0x36[6]＝0，开启这两个信号，反之则关闭这两个信号。

27



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

I2S\_FS/

I2S\_FS\_M

I2S\_CK/

I2S\_CK\_M

I2S\_RX

I2S\_TX

1

2

2

3

3

4

4

5

5

6

6

n-2 n-1

n-2 n-1

n

1

2

2

3

3

4

4

5

5

6

6

n-2 n-1

n-2 n-1

n

MSB

LSB

MSB

LSB

1

n

1

n

MSB

LSB

MSB

LSB

图 4.19 I2S 接口时序

HR\_V3000 声码器使用的详细说明请参考《HR\_V3000 声码器使用说明.doc》。

**4.7** 发射模块

HR\_C6000 内置两个高性能 DAC，采用单端输出，支持基带 IQ、中频和两点调制等射

频接口，两路信号幅度、偏置分别可调。

用户可以通过配置寄存器选择相应的发送接口，两路输出信号偏置和两路输出信号的幅

度。

此外，为了控制芯片的功耗，用户可以通过设置 0x25 寄存器在 DAC 不工作时将其关

闭。配置 0x25 的 Bit3、Bit2 可以选择是由 HR\_C6000 根据发送时隙自动对 DAC 进行控制，

或者由 MCU 通过配置 Bit5、Bit4 对 DAC 的工作状态进行控制。

表 4.5HR\_C6000 基带发送控制寄存器地址

地址

功能

0x01

Bit7 选择 HR\_C6000 发送端口与射频发送端口对应关系；

Bit[5:4]选择配置四种发送模式中的一种。其中 2’b00 表示发

送中频模式，2’b10 表示发送基带 IQ 模式，2’b11 表示发送

两点调制模式。

0x02

0x04

0x07

0x08

0x09

0x12

基带发送输出 I 路的偏置值。

基带发送输出 Q 路的偏置值。

中频频率字高 8bit

中频频率字中 8bit

中频频率字低 8bit

Bit7 配置平滑处理使能；bit6 配置两点调制测试方波输出使

能；bit[5:0]射频发中断提前量，递增步长为约 100μs。

DAC 工作控制字。

0x25

0x2E

发送提前量配置值，由于射频通道延时不同，为保证空中

DMR 信号严格对应在时隙边界发送，配置该寄存器可以抵消

该延时量，步进为 100μs。内部通道固定延时为 400μs，因此

在射频端无延时时，该寄存器应该配置为 0x04。

调整两点调制 MOD2(DAC\_IVOUT)幅度大小

调整两点调制 MOD1(DAC\_QVOUT)幅度大小

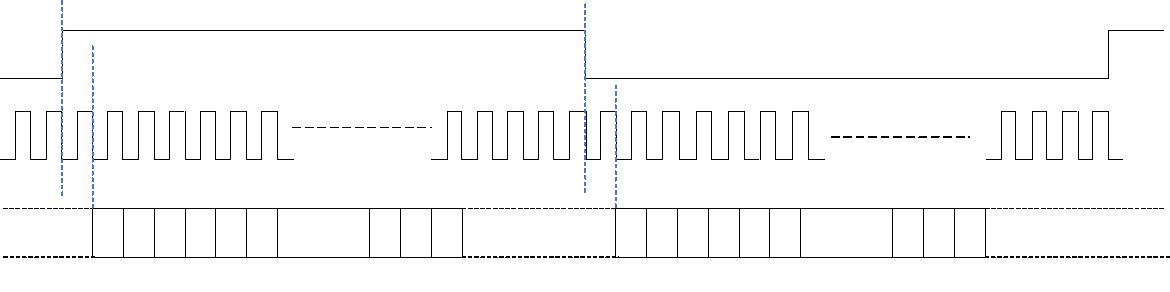
定义两点调制偏置调整值，共 10bit，其中高 2bit 定义在

0x45

0x46

0x47

28



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

reg0x48 的低 2bit 中。

0x48

Bit[1:0]定义两点调制偏置调整值，共 10bit，其中低 8bit 定义

在 reg0x47 中

**4.7.1**

基带 **IQ** 调制

通过设置寄存器 0x01[5:4]=2’b10，使 HR\_C6000 工作于发送基带 IQ 模式，可以通过配

置 0x02、0x04 寄存器分别调节 IQ 两路信号的偏置值。

75

DAC\_IVOUT

TXIP

TXIN

DAC\_QVOUT 74

TTXXQQPN CMX991

HR\_C6000

图 4.20 基带 IQ 调制接口电路

如上图所示，HR\_C6000 基带 IQ 信号为单端输出，信号偏置电压为 1.65V，基带 IQ 信

号经滤波器后分别接到 CMX991 的 TXIP、TXQP，而 CMX991 的基带信号负端 TXIN、TXQN

则接 1.65V 的直流电压。其中滤波器用于滤除基带发送信号经 DAC 转换后的镜像信号。

基带 IQ 模式下，发送随机信号时差分输出幅度最大为 2725mV。

通过设置寄存器 0x02 可调整输出 I 路偏置，调整范围约为±264mV，最小调整步径为

3.3mV。

通过设置寄存器 0x04 可调整输出 Q 路偏置，调整范围约为±264mV，最小调整步径为

3.3mV。

通过设置寄存器 0x12[7]，可选择发送平缓上升起点，若配置 0x12[7]=1’b0，则平缓上

升起点为 1.65V，若配置 0x12[7]=1’b1，则平缓上升起点为 0V。

通过设置寄存器 0x12[5:0]，可以配置射频控制中断 RF\_TX\_INTER 相对 30ms 时隙边界

提前量，可调范围为 0μs~6300μs，最小调整步径为 100μs。

通过设置寄存器0x45[3:0]可同时调整输出IQ两路幅度，可调范围约为170mV~2725mV，

最小调整步径为 170mV。

**4.7.2**

两点调制

通过设置寄存器 0x01[5:4]=2’b11，使 HR\_C6000 工作于两点调制模式，可以通过配置

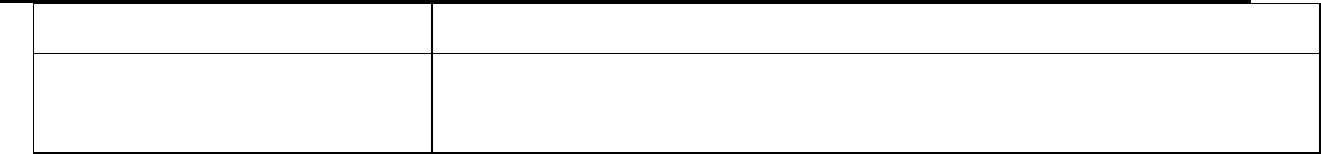
0x02、0x04 寄存器分别调节两点调制信号的偏置值。如下图所示，两点调制信号经过两个

运放调节其信号偏置及信号幅度得到 MOD1、MOD2 两路信号分别控制晶振及 VCO，实现

两点调制，其中 Bias1 与 Bias2 分别为运放的偏置电压，可通过 DAC 或者数调电阻得到，

AD5165 则为运放反馈电阻，可用于调节信号幅度。

29



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

AD5165

RF\_ OUT

VCO

LPF

74

MOD2

HR\_C 6000

晶振

PLL

75

MOD1

Bias1

Bais2

图 4.21 两点调制接口信号

两点调制模式下，发送随机信号时差分输出幅度最大约为 2240mV。

通过配置寄存器 0x01[7]可以调整调制频偏映射关系，配置 0x01[7]=0，对应符号与调制

频偏的关系为：

表 4.6 信号的符号与调制频偏对应关系

符号

调制频偏

1944 Hz

648 Hz

+3

+1

-1

-648 Hz

-1944 Hz

-3

配置 0x01[7]=1，对应符号与调制频偏的关系为：

表 4.7 信号的符号与调制频偏对应关系

调制频偏

-1944 Hz

-648 Hz

648 Hz

-3

1944 Hz

通过设置寄存器 0x04 可调整输出 MOD1 路偏置，调整范围约为±422mV，最小调整步

径为 3.3mV。

通过设置寄存器 0x02 可调整输出 MOD2 路偏置，调整范围约为±422mV，最小调整步

径为 3.3mV。

通过设置寄存器 0x12[7]，可选择发送平缓上升起点，配置 0x12[7]=1’b0，则平缓上升

起点为 1.65V，若配置 0x12[7]=1’b1，则平缓上升起点为 0V。

通过设置寄存器 0x12[6]=1’b1，可发送 40Hz 方波，用于两点调制调试。

通过设置寄存器 0x12[5:0]，可以配置射频控制中断 RF\_TX\_INTER 相对 30ms 时隙边界

提前量，可调范围为 0μs~6300μs，最小调整步径为 100μs。

通过设置寄存器 0x46 可调整输出 MOD1 路幅度，可调范围约为 8.75mV~2240mV，最

小调整步径为 8.75mV。

通过设置寄存器 0x45 可调整输出 MOD2 路幅度，可调范围约为 8.75mV~2240mV，最

小调整步径为 8.75mV。

当发送采用两点调试模式，如果接收射频通道需要 HR\_C6000 输出直流电压用于控制

30



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

晶振的电压，则需要配置 0x25 寄存器的 Bit5=1 及 Bit3=0，使该路 DAC 处于常开状态。此

时，可以通过配置寄存器 0x47[1:0]和 0x48[7:0]（其中 0x47[1:0]为高 2bit），设置 MOD1 在

接收状态下的输出电压值，调节范围为 0~3.3V。

**4.7.3**

中频 **IQ** 调制

设置 0x01[5:4]=2’b01，HR\_C6000 工作于中频 IQ 模式。HR\_C6000 与射频的接口与基

带 IQ 类似。在这种工作模式下，中频频率可通过 0x07、0x08、0x09 三个寄存器得到，计

算公式如下所示。

中频频率字 IF\_word={0x07，0x08，0x09}；

24

IF\_word = IF\_Feq/Sys\_clk×2 。

其中，IF\_Feq 为所需的中频频率；Sys\_clk 为芯片的系统工作时钟 9.8304MHz。

**4.7.4**

中频调制

设置 0x01[5:4]=2’b00，HR\_C6000 工作于中频模式。HR\_C6000 中频输出方式与中频 IQ

的差异主要在于，将中频 IQ 两路信号合并后以单端的接口方式输出的射频端。中频频率字

的定义方式与中频 IQ 模式相同。

**4.8** 接收模块

HR\_C6000 内置两个高性能 ADC，支持基带 IQ、中频 IQ、中频等射频接口，并支持两

路幅度和偏置分别可调。

通过寄存器配置控制两路 ADC 信号满量程输入时的电压。

此外，为了控制芯片的功耗，可以通过配置选择是由 MCU 自动根据接收时隙将相应的

ADC 在发送时隙置为休眠模式，或者由 MCU 控制相应 ADC 的工作状态。

表 4.8 HR\_C6000 基带发送控制寄存器地址

功能

Bit7 选择 AF 接收模式或非 AF 接收模式，如果选择非 AF 接

收模式，通过 0x01 的 Bit[3:2]选择多种接收模式中的一种。

Bit6 选择 HR\_C6000 接收端口与射频接收端口对应关系；

Bit[3:2]选择配置三种接收模式中的一种。其中 2’b00 表示接

收中频模式，2’b01 表示接收中频 IQ 模式，2’b10 表示接收

基带 IQ 模式。

0x03

0x05

0x07

0x08

0x09

0x12

基带接收输入 I 路的偏置值。

基带接收输入 Q 路的偏置值。

中频频率字高 8bit

中频频率字中 8bit

中频频率字低 8bit

Bit7 配置平滑处理使能；bit6 配置两点调制测试方波输出使

能；bit[5:0]射频发中断提前量，递增步长为约 100μs。

ADC 工作控制字。

0x26

31



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

0x27

ADC 工作控制字。

0x28

ADC 工作控制字。

附表 0x52

附表 0x53

附表 0x54

附表 0x55

配置信号能量检测门限高 8 位的信息。

配置信号能量检测门限低 8 位的信息。

配置定时同步模块检测门限

配置到达检测模块检测门限

**4.8.1**

基带 **IQ**

通过设置 0x01[3:2]=2’b10，可使 HR\_C6000 工作于基带 IQ 模式，通过配置 0x03、0x05

寄存器可对接收 IQ 信号的偏置进行调节。其中寄存器 0x03 可调整 AD 输入 I 路偏置，在数

字端调节范围为-127~127，寄存器 0x05 可调整 AD 输入 Q 路偏置，在数字端调节范围为

-127~127。

另外，设置附表寄存器 0x52、0x53，可设定信号能量检测的阈值，其中 0x52 中配置高

8 位的信息，设置附表寄存器 0x54，可设定定时同步模块检测门限，设置附表寄存器 0x55，

可设定到达检测模块检测门限。

使用基带 IQ 的接收框图如下所示。

70

71

MIXINP

MIXINN

CMX991

HR\_C6000

72 ADC\_VBG\_I

61 ADC\_VBG\_Q

0.1uF

MIXOUT

一中频滤波器

图 4.22 基带 IQ 接收参考接口电路

以 HR\_C6000 与 CMX991 连接为例，接收的射频信号经滤波、放大后进入 CMX991 接

收端，经 991 内部混频至 45MHz(或者 90MHz)一中频后输出，经一中频滤波放大后，又送

回 991,进行第二次混频至基带，并将基带差分信号送给 HR\_C6000。其中一中频滤波器主要

用于滤除邻道干扰信号。

**4.8.2**

中频模式

通过设置 0x01[3:2]=2’b00，可使 HR\_C6000 工作于中频模式，通过配置 0x03、0x05 寄

存器可对接收中频信号的偏置进行调节，同时可通过配置 0x07、0x08、0x09 对 HR\_C6000

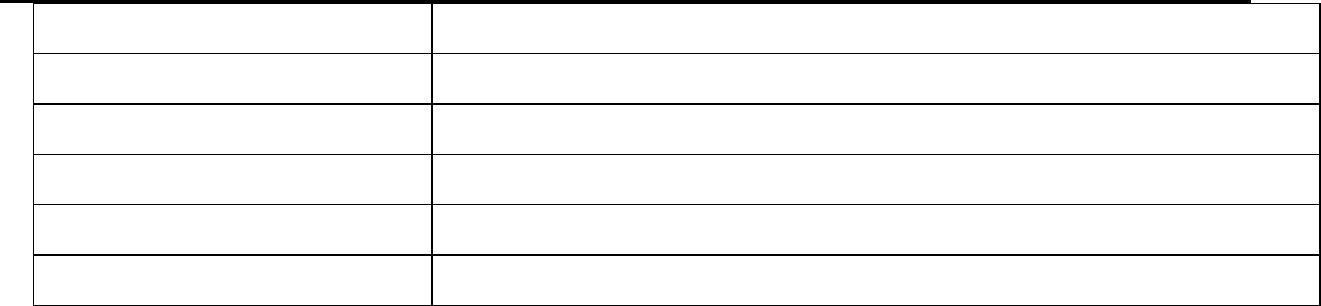
接收的中频频率进行设置，其计算公式见 4.7.3。通过设置附表寄存器 0x52、0x53，可设定

信号能量检测的阈值，其中 0x52 中配置高 8 位的信息；设置附表寄存器 0x54，可设定定时

同步模块检测门限，设置附表寄存器 0x55，可设定到达检测模块检测门限。

使用中频模式的接收框图如下所示。

32



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

IF2

70

IF1

ADC\_ IVINP

Filter

HR\_C6000

IF2\_LO

72 ADC\_VBG\_I

0.1uF

71

ADC\_IVINN

图 4.23 中频接收参考接口电路

接收信号经滤波、放大、混频至低中频，经过低中频放大器送给 HR\_C6000 的 AD 管脚

ADC\_IVINP，而 ADC 的负端 ADC\_IVINN 可以接地或者接收中频信号的偏置电压。需要注

意的是，低中频滤波器主要用于滤除邻道干扰信号，当信道间隔为 25KHz 时，滤波器带宽

可选±7.5KHz，当信道间隔为 12.5KHz 时，滤波器带宽可选±3.75KHz 或±4.5KHz。

图 4.24 HR\_C6000 参考接口电路

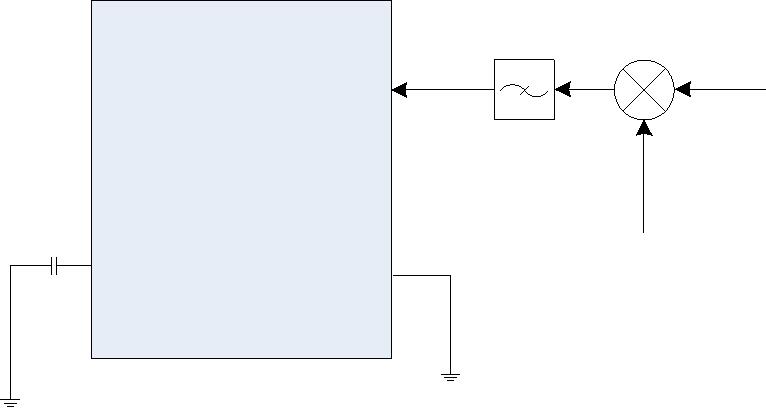
**5** 分层功能说明

HR\_C6000 采用灵活的分层设计模型，针对不同的用户需求，灵活开放不同的层次供用

户使用。

分层设计采用三层构架，如图所示。

33



浙江宏睿通信技术有限公司

控制和数据业务 语音业务

用户手册

呼叫控制层

数据链路层

物理层

图 5.1 HR\_C6000 三层开放架构

一层模式主要解决基带或低中频信号的通道滤波和信号的调制解调过程，如上图中绿色

虚线框中所定义的功能。用户使用一层模式需要自行解决信道编解码以及所有通信协议栈的

处理，具有最大的开发灵活度和开发工作量。

二层模式主要是开放一层所有内容的基础上，完成信道的编解码以及交织解交织和校验

等部分的工作，如上图中灰色虚线框中所定义的功能。用户仅需要解决通信协议栈的处理流

程，具有较大的开发灵活度和适度的开发工作量。

三层模式是指 HR\_C6000 根据 DMR 协议定义的所有应用功能，完成信号的调制解调、

编解码，以及所有标准化应用功能的协议栈设计，如上图中蓝色虚线框中所定义的所有功能。

用户使用这些应用功能，仅需要配置相应的功能寄存器，便可以快速方便的使用所有 DMR

协议定制的语音和数据业务。

HR\_C6000 主要基于二层模式开发，用户无需关注信道的编解码交织以及底层的调制解

调过程。

**5.1** 中断使用说明

**5.1.1** 中断使用描述

三层功能相应的中断为 sys\_inter，该中断由两级子中断构成，在收到该中断后，MCU

读取中断状态寄存器0x82，可以通过寄存器0x81将相应的中断屏蔽掉，同时通过寄存器0x83

清除对应位的中断信号列表，获得 8 个类型的中断，包括：

Bit7 ：DMR 模式下：表示发送请求拒绝

该中断没有子状态寄存器。

在 DMR 模式下，表明本次发送请求因为信道忙而被拒绝；

Bit6 ：DMR 模式下：表示发送开始；在 MSK 模式下：表示发送乒乓缓存半满中断

在 DMR 模式下，发送开始有子状态寄存器 0x84，可以通过 0x85 将相应的中断

屏蔽掉。子状态寄存器中表明了 7 种产生发送开始的中断，包括：

Bit7 ：语音发送开始

Bit6 ：OACSU 请求发送中断，包括首次发送和重发请求。

34



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

Bit5 ：端-端语音增强加密中断，包括 EMB72bits 更新中断和语音 216bits 密钥

更新中断，通过寄存器 0x88 的 Bit5~Bit4 加以区分，其中 01 表示

EMB72bits 更新中断，10 表示语音 216bits 密钥更新中断。

Bit4 ：Vocoder 配置返回中断(本中断为 MCU 手动配置 AMBE3000 时，由

HR\_C6000 向 MCU 发 送 配 置 完 成 中 断 ) 。 该 中 断 仅 当 使 用 外 置

**AMBE3000** 声码器使用有效。

Bit3 ：数据发送开始

Bit2 ：数据部分重传

Bit1 ：数据全部重传

Bit0 ：声码器初始化完成中断。该中断仅当使用外置 **AMBE3000** 或者

**AMBE1000** 声码器使用有效。

在 MSK 模式下，没有子中断状态。

Bit5 ：DMR 模式下：表示发送结束；MSK 模式下：表示发送结束中断。

在 DMR 模式下，发送结束有子状态寄存器 0x86，可以通过 0x87 将相应的中断

屏蔽掉。子状态寄存器中表明了 6 种产生发送结束的中断，包括：

Bit7 ：表示业务发送完全结束，包括语音和数据，具体由 MCU 区分本次发送的

是语音还是数据，确认数据业务完成接收是指收到反馈正确的 Response

包。

Bit6 ：表示滑动窗数据业务中，无需立即反馈的一个 Fragment 长度确认数据包

发送完成。

Bit5 ：语音 OACSU 等待超时

**Bit4** ：二层模式处理中断，**MCU** 下发配置信息到芯片的最后处理时机控制中断，

如果在该中断之后，**MCU** 还未将下一帧即将发送的所有信息写到芯片，

则下一个时隙不能配置为发送时隙。该中断仅在芯片工作在二层模式下

有效。

Bit3 ：表示需要反馈的一个 Fragment 确认数据包发送完成，该中断主要应用于

确认式短信发送完所有数据包后或者滑动窗数据业务中需要反馈的数据

包发送完成后告知 MCU 启动等待 Response 包的计时器。

Bit2 ：ShortLC 接收中断

Bit1 ：BS 激活超时中断

在 MSK 模式下，无子状态中断。

Bit4 ：DMR 模式下：表示后接入中断；MSK 模式下：表示应答响应中断

DMR 模式下后接入中断没有子状态寄存器，在收到该中断后，表明接入的语音

通信方式是后接入方式。

在 MSK 模式下，该中断没有子状态寄存器。

Bit3 ：DMR 模式下：表示控制帧解析完成中断；MSK 模式下：表示接收中断。

在 DMR 模式下，此中断没有子状态寄存器，但是其接收数据的对错和接收类

型由 0x51 寄存器给出，利用 DLLRecvDataType、DLLRecvCRC 说明收到的数

据类型和对错情况，MCU 据此进行相应的状态显示，也可以屏蔽相应的中断。

在 MSK 模式，该中断没有子状态中断。

F 帧的 EMB 信息解析完成提示也是该中断完成，通过判断 0x51 寄存器

SyncClass=0 进行区分。

Bit2 ：DMR 模式下：表示业务数据接收中断；在 FM 模式下：表示 FM 功能检测中断。

35



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

在 DMR 模式下，该中断有子状态寄存器 0x90，子状态寄存器有 3 种类型：

1. 0x80 表示整个信息接收校验通过，在业务数据校验通过后，MCU 通过 SPI

端口提取 RX 端 1.2KRAM 中地址 0x30 后的数据，取数据的长度由接收到

帧头对应字段定义；

2. 0x00 表示整个信息接收校验错误；

3. 0x40 表示非确认短信异常中断产生；

在 FM 模式下，该中断有子状态寄存器 0x90，子状态寄存器有 1 种类型：

1. 0x10 表示 FM 功能检测中断匹配，在 FM 模式下检测到该接收中断对应

匹配后开启相应的模拟声音输出。

Bit1 ：DMR 模式下：表示语音异常退出；

在 DMR 模式下，DMR 模式下产生异常的原因是状态机内部产生的非预期异常

语音中断，通过寄存器地址 0x98 的 Bit2~Bit0 获取对应的语音异常类型。

Bit0 ：物理层单独工作接收中断

物理层单独工作接收中断没有子状态寄存器，该中断产生于物理层单独工作模式

下，接收到数据后产生该中断，通知 MCU 读取相应的寄存器获得接收数据。该

中断一般在物理层模式下测试误码率或其他性能使用。

系统中断的处理方式如下具体响应树状图如下所示（未包含 FM 模式）：

等待中断

收到系统中断

读取0x82

发送请求拒绝

发送开始

发送结束

后接入

接收数据

接收信息

异常退出

物理层单独工

Bit7

Bit6

Bit5

Bit4

Bit3

Bit2

Bit1

作中断Bit0

读取0x84获取

7种发送内容

读取0x86获取

6种结束内容

读取0x51获取

接收数据状态

读取0x90获取

接收结果

写入0x83相应

bit清除中断

等待中断

图 5.2 中断响应树状图

Time\_slot\_inte 中断为 TDMA 时隙中断，当 HR\_C6000 的同步时隙建立后，该中断以 30ms

为间隔持续给出。直到同步失去为止。

**5.2** 接口读写使用说明

用户通过通用的 U\_SPI 访问的内容包括寄存器系统参数表、寄存器附表、TX 端 1.2KRAM

和 RX 端 1.2KRAM，访问帧格式为：

Cmd

Addr

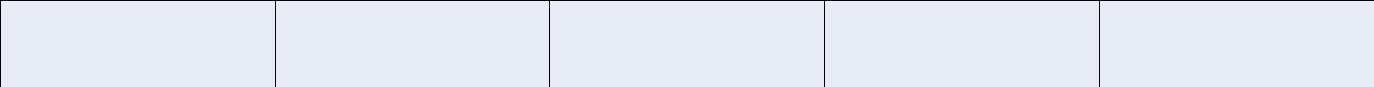
Data0

Data1…

Datan

图 5.3 U\_SPI 访问帧格式

36



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

表 5.1 Cmd 表示 SPI 口的读写状态及相应的地址空间

Cmd

W

IsRead

Bit7

1 表示本次操作为读，0 表示本次

操作为写

读写初始地址扩展

OPMode

Bit6

0 不扩展，1 扩展

Bit5-Bit3

Bit2-Bit0

保留

000 保留

001 表示操作附属参数配置表，

010 表示操作写发端 RAM，读收

端 RAM，

100 表示操作系统参数表，

101 表示配置 AMBE3000 寄存器

110 表示操作写收端 RAM，读发

端 RAM，

111 表示配置 AMBE1000 寄存器

Cmd 最高位选择本次为读操作还是写操作，低 3bit 选择本次读写操作的类别。

Addr 为本次读写的起始地址，在后续写入(或读取)的数据，将从该起始地址开始，并且逐个

累加，在每一次 CS 有效情况下，将持续累加。

当 Cmd[6]=1’b0，Addr 表示 8bits(高位在前)，读写起始地址为 Addr；

当 Cmd[6]=1’b1，Addr 表示 16bits(高位在前)，读写起始地址为{Addr[2:0],

Addr[15:8]}。

1,对寄存器系统参数表的寄存器 0x01 写入 0x80 格式为：

Cmd

Data

8’b 0 0000 100

8’b1000 0000

2,读取收端 1.2KRAM 从 0x30 开始的 2 字节数据(数据内容依次为 0x01，0x02)的格式为：

Cmd

Addr

Data0

Data1

8’b 1 0000 010

8’b0011 0000

8’b0000 0001

8’b0000 0010

另外，Cmd 的 OPMode 位为 101，111 分别对不同的 2 类外置声码器寄存器进行配置，011

为读写开机音或其他提示音操作。

**5.3 HR\_C6000 RAM** 分配定义

表 5.2 二层工作模式下 TX 端 1.2KRAM 的空间分配定义

帧类型

地址

说明

语音 LC Header

0x00~0x0b

0x00~0x08：共计 72bit 为控制信；

0x09~0x0b：共计 24bit 为校验信息，MCU 可选。

0x00~0x09：共计 80bit 为控制信息；

0x0a~0x0b：共计 16bit 为校验信息，MCU 可选。

0x00~0x08：共计 72bit 为控制信；

语音 PI Header

语音 EMB

0x00~0x0b

0x00~0x09

0x09：bit7-bit3 共计 5bit 为校验信息，MCU 可选。

此处信息在要准备发送语音帧 A 时同时准备。

37



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

语音 A

0x30~0x4a

0x30~0x4a

0x30~0x4a

0x30~0x4a

0x30~0x4a

0x30~0x4a

0x00~0x01

0x00~0x0b

共计 216bit 为语音帧信息。

语音 B

共计 216bit 为语音帧信息。

共计 216bit 为语音帧信息。

共计 216bit 为语音帧信息。

共计 216bit 为语音帧信息。

共计 216bit 为语音帧信息。

语音 C

语音 D

语音 E

语音 F

RC 帧

0x00、0x01 的 bit7-bit5，共计 11bit 信息

0x00~0x08：共计 72bit 为控制信；

语音 Terminator

0x09~0x0b：共计 24bit 为校验信息，MCU 可选。

0x00~0x09：共计 80bit 为控制信息；

CSBK

0x00~0x0b

0x00~0x0b

0x0a~0x0b：共计 16bit 为校验信息，MCU 可选。

0x00~0x09：共计 80bit 为控制信息；

MBC Header

0x0a~0x0b：共计 16bit 为校验信息，MCU 可选。

0x00~0x0b：共计 96bit 为控制信息；

MBC Intermedia

MBC Last

0x00~0x0b

0x00~0x0b

0x00~0x0b

0x00~0x0b：共计 96bit 为控制信息；

DataHeader

0x00~0x09：共计 80bit 为控制信息；

0x0a~0x0b：共计 16bit 为校验信息，MCU 可选。

0x00~0x0b：共计 96bit 为数据信息；

DataRate1\_2

DataRate3\_4

DataRate1

Idle

0x00~0x0b

0x00~0x11

0x00~0x17

0x18~0x23

0x24~0x28

0x00~0x0b：共计 144bit 为数据信息；

0x00~0x0b：共计 192bit 为数据信息；

0x18~0x23：共计 96bit 为控制信息；

Short LC

0x24~0x26，0x27 的 bit7-bit4：共计 28bit 控制信息；

0x28

：共计 8bit 校验信息。

语音 F 帧 EMB

0x29~0x2C

语音 F 帧填充信息

或者 0x29 存放超帧序号（KeyID），0x2A 高 3bit 存放

加密序号(ALOG ID)

数 据 控 制 帧 EMB 0x4b~0x50

数据控制帧嵌入的 48bit 的 RC 信息或者 0x4b、0x4c

的高 11bit 的 RC 编码器输入

RC

C\_RC 帧（PDT）

0x00~0x0a

0x00、0x01 的 bit7-bit5：共计 11bit RC 信息；

0x02~0x08：共计 56 bit 控制信息；

0x09~0x0a：共计 16 bit 校验信息；

196bit 控制信息

196 信息

0x30~0x48

0x00~0x48

0x030~0x22f

测试发送

发送模式测试存放数据地址

FM 数据地址 1

共计 512bytes 数据信息。可以为外部写入的 FM 发送

38



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

语音数据也可以是内部发送来自 Codec 的语音数据

共计 512bytes 数据信息。可以为外部写入的 FM 发送

语音数据也可以是内部发送来自 Codec 的语音数据

共计 216bit，27 bytes

FM 数据地址 2

0x230~0x42f

加密密钥流数据存 0x495~0x4af

储

表 5.3 二层工作模式下 RX 端 1.2KRAM 的空间分配定义

帧类型

地址

说明

语音 LC Header

0x00~0x0b

0x00~0x08：共计 72bit 为控制信；

0x09~0x0b：共计 24bit 为校验信息。

0x00~0x09：共计 80bit 为控制信息；

0x0a~0x0b：共计 16bit 为校验信息。

0x00~0x08：共计 72bit 为控制信；

0x09：bit7-bit3 共计 5bit 为校验信息。

RC 译码结果 11bit 信息保存在寄存器中

0x00~0x08：共计 72bit 为控制信；

0x09~0x0b：共计 24bit 为校验信息。

0x00~0x09：共计 80bit 为控制信息；

0x0a~0x0b：共计 16bit 为校验信息。

0x00~0x09：共计 80bit 为控制信息；

0x0a~0x0b：共计 16bit 为校验信息。

0x00~0x0b：共计 96bit 为控制信息；

0x00~0x0b：共计 96bit 为控制信息；

0x00~0x09：共计 80bit 为控制信息；

0x0a~0x0b：共计 16bit 为校验信息。

0x00~0x0b：共计 96bit 为数据信息；

0x00~0x0b：共计 144bit 为数据信息；

0x00~0x0b：共计 192bit 为数据信息；

0x00~0x0b：共计 96bit 为控制信息；

0x00~0x06：共计 56 bit 控制信息；

0x07~0x08：共计 16 bit 校验信息；

RC 译码结果 11bit 信息保存在寄存器中。

时隙 0 接收的 48bitEMB 区域信息

时隙 1 接收的 48bitEMB 区域信息

接收端 CACH 字段 36bit ShortLC 数据，其中 0x2F 的

语音 PI Header

语音 EMB

0x00~0x0b

0x00~0x09

RC 帧

语音 Terminator

0x00~0x0b

0x00~0x0b

0x00~0x0b

CSBK

MBC Header

MBC Intermedia

MBC Last

0x00~0x0b

0x00~0x0b

0x00~0x0b

DataHeader

DataRate1\_2

DataRate3\_4

DataRate1

0x00~0x0b

0x00~0x11

0x00~0x17

0x00~0x0b

0x00~0x08

Idle

C\_RC 帧（PDT）

EMB\_48\_INFO\_0

EMB\_48\_INFO\_1

ShortLC

0x1F~0x24

0x25~0x2a

0x2b~0x2f

39



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

低 4bit 为无用数据

264bit\_info\_0

264bit\_info\_1

264bit\_soft\_0

264bit\_soft\_1

0x30~0x50

0x60~0x80

0xa8~0x1af

0x1c8~0x2cf

当前时隙 0 解析结果 264bit 信息，包含语音帧的 216bit

信息

当前时隙 1 解析结果 264bit 信息，包含语音帧的 216bit

信息

当前时隙 0 解析结果 264 软信息，每一个字节的

bit5-bit0。

当前时隙 1 解析结果 264 软信息，每一个字节的

bit5-bit0。

FM 数据地址 1

FM 数据地址 2

0x030~0x22f

0x230~0x42f

共计 512bytes 数据信息。

共计 512bytes 数据信息。

解密密钥流数据存 0x495~0x4af

共计 216bit，27 bytes

储

**5.4** 支持帧类型

**5.4.1** 时隙组帧

时隙组帧而言，有 3 种模式：语音时隙包、数据时隙包和 RC 包。

SYNC(48)

Voice(108)

27.5ms

图 5.3 语音时隙包带同步头

CC

PI LCSS

Embeded

Voice(108)

signalling

(32)

Voice(108)

27.5ms

图 5.4 语音时隙包带 EMB 数据

1、 支持六种语音时隙包组帧，并且按照超帧规则，确定语音帧中采用同步头 or LC or Null，

40



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

按照标准组建 A(SYNC)、B(LC)、C(LC)、D(LC)、E(LC)、F(Null)超帧。详细包括：

a) 支持同步头选择加入；

b) 支持 EMB 7bit 加入，对 EMB 进行 QR(16,7,6)编码；

c) 支持 LC 72bit 加入，加入 5bit CS 码，进行可变长度的 BPTC 编码、交织，并加

入到 4 个时隙中(128bit)；

表 5.3 组呼 72bit LC 信息表

Information element

Protect Flag (PF)

Length

Remark

1

1

Reserved

This bit shall be set to 0

Shall be set to 000000

Shall be set to 00000000

Full Link Control Opcode (FLCO)

Feature set ID (FID)

Service Option

6

8

8

Group address

24

24

Source address

表 5.4 个呼 72bit LC 信息表

Information element

Protect Flag (PF)

Remark

1

1

Reserved

This bit shall be set to 0

Shall be set to 000011

Shall be set to 00000000

Full Link Control Opcode (FLCO)

Feature set ID (FID)

Service Option

6

8

8

Group address

24

24

Source address

d) 支持 Null 时隙加入；

CC

DataType

FEC Parity

FEC Parity

Info(98)

SYNC(48)

Info(98)

图 5.5 数据、控制帧结构图

2、 支持 LC 包

a) 支持加入 72bit LC，CRC24bit 校验，并加入 CRC 掩码(Header 和 Terminator 区别)，

进行 BPTC(196，96)编码，组建语音 Head 帧；

b) 支持用 72bitLC 信息组建 ShortLC 包，用于嵌入到语音的 EMB 区域；

c) 支持 LC 包动态更新；

3、 支持 CSBK 包、MBC 包和数据包；详细内部包括：

41



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

a) 支持加入 Slot Type(20bit)，包括 CC、DataType，进行 Golay(20，8)编码；

b) 支持 SYNC 加入；

c) 支持加入 80bit CSBK，CRC16bit 校验并加入 CRC 掩码，进行 BPTC(196，96)

编码、交织；

7

6

5

4

3

2

1

0

0

LB PF

CSBKO

1

2

FID

3

4

5

6

Data

7

8

9

10

11

CSBK CRC

图 5.6 CSBK 80bit 信息图表

d) 支持加入 96bit Idle，进行 BPTC(196，96)编码、交织；

e) 支持加入 80bit MBC header，CRC16bit 校验，加入 CRC 掩码，进行 BPTC(196，

96)编码、交织；

f) 支持加入 96bit MBC 数据，进行 BPTC(196，96)编码、交织；

g) 支持加入 80bitMBC lastBlock，进行 CRC16bit 校验，进行 BPTC(196，96)编码、

交织；

h) 支持数据包头，加入 80bit 数据，进行 CRC16bit 校验，加入 CRC 掩码，进行

BPTC(196，96)编码、交织；

7

6

5

4

3

2

1

0

0

GI

A

HC POC

DPF

POC

1

2

SAP

Destination Logical Link ID

3

4

5

6

Source Logical Link ID

Blocks to follow

7

8

9

F

0

0

0

0

FSN

10

11

Header CRC

图 5.7 非确认数据包头

42



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

7

6

5

4

3

2

1

0

0

GI

A

HC POC

DPF

POC

1

2

SAP

Destination Logical Link ID

3

4

5

6

Source Logical Link ID

Blocks to follow

7

8

9

F

S

N(S)

FSN

10

11

Header CRC

图 5.8 确认数据包头

i) 支持根据应用需求快速生成 Unconfirmed data header、Confirmed data header、

Response data header、Proprietary data header、Status/Precoded short data header、

Raw short data header、Defined short data header 和 Unified Data transport data

header；

j) 支持 Rate 1/2 模式的数据格式，加入 96bit 数据，进行 BPTC(196，96)编码、交

织；

k) 支持 Rate 1/2 模式的最后时隙数据，加入 64bit 数据，进行 32bitCRC 校验(校验

包含所有数据)，进行 BPTC(196，96)编码、交织；

l) 支持 Rate 3/4 模式的数据格式，加入 96bit 数据，进行 Trellis 编码、交织；

m) 支持 Rate 3/4 模式的最后时隙数据，加入 64bit 数据，进行 32bitCRC 校验(校

验包含所有数据)，进行 Trellis 编码、交织；

n) 支持 Rate 1 模式的数据格式，加入 96bit 数据；

o) 支持 Rate 1 模式的最后时隙数据，加入 64bit 数据，进行 32bitCRC 校验(校验包

含所有数据)；

p) 支持 3 种速率的 confirmed 数据传输，加入 7bit SN，进行 9bitCRC 校验，加入掩

码(不同速率，不同掩码)，进行不同速率的编码、交织，对数据加入 32bitCRC；

q) 支持反馈包数据时隙，加入 1－2 个数据反馈包，进行整体 32bitCRC 校验，进

行 BPTC(196，96)编码、交织；

r) 支持 UDT 的 last Block，对数据进行 16bitCRC 校验，进行 BPTC(196，96)编码、

交织；

43



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

CC

PI LCSS

RC Info + FEC Parity

RC Info + FEC Parity

SYNC

SYNC

SYNC

SYNC

SYNC

SYNC

RC Info + FEC Parity

RC Info + FEC Parity

EMB Parity

SYNC(48)

10ms

30ms

图 5.9 独立 RC 帧结构图

4、 支持时隙 RC 和 EMB 的 RC 信号；

a) 支持加入 7bitEMB，进行 QR(16,7,6)编码；

b) 支持加入 11bit RC 信号，进行可变长度 BPTC，对 32bit 进行交织，加入到 RC

单元；

5、 接收根据 SYNC 确定帧的内容类型，根据 Slot Type、FLCO、CSBKO、LB、DPF

确定接收帧的类型，然后根据接收到的帧类型进行与发送相对应的解交织、解码、

校验。

**5.4.2** 组帧模式

连续模式：

1) 支持语音超帧组帧，可设 LC Header、PI Header 或仅 PI Header 模式，结束自

动构成超帧并加入 LC Terminator；

2) 支持数据 4.8kbps 组帧，加入数据 LC Header、数据和 LC Terminator；

3) 支持数据 9.6kbps 组帧，加入数据 LC Header、数据和 LC Terminator；

时隙模式：

1) 支持语音超帧组帧，可设 LC Header、PI Header 或仅 PI Header 模式，结束自

动构成超帧并加入 LC Terminator；

2) 支持各种数据类型的4.8kbps组帧，加入数据LC Header、数据和LC Terminator；

44



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

**5.4.3** 帧定义和使用

配置寄存器 reg0x10 为 0x68，系统工作在二层模式；配置寄存器 reg0x40 为 0x43，reg0x41

为 0x40 系统默认配置在被动收状态。其他配置默认即可。

发送帧类型配置通过 reg0x50 寄存器指定。

表 5.5 帧类型编码对应关系

时隙帧类型

语音 LC Header

语音 PI Header

语音 A

LocalDataType

0001

0000

0000

0001

0010

0011

0100

0101

0110

0010

0011

0100

0101

0101

0110

0111

是否语音

0

0

1

1

1

1

1

1

1

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

语音 B

语音 C

语音 D

语音 E

语音 F

RC 帧

语音 Terminator

CSBK

MBC Header

MBC Intermedia

MBC Last

DataHeader

DataRate1\_2

DataRate3\_4

DataRate1

Idle

1000

1010

1001

1011

1100

1011

1110

Reserved

1111

在二层模式下发送数据，需要用户根据发送帧类型，准备下一个时隙需要发送的数据帧

内容。如果是上表中已经定义的帧类型，用户可以通过配置寄存器 Reg40 的 bit3 确定用户

自行完成这些帧类型对应的校验过程或用 HR\_C6000 自动完成帧的校验位生成过程。如果

由 HR\_C6000 自动完成，则校验码的生成过程严格按照 DMR 协议标准生成；如果由用户在

MCU 中进行校验，HR\_C6000 无需关心校验方式和校验码内容，而是统一按照原始数据直

接进行下一步编码处理。例如，用户如果需要有 MCU 完成一个 CSBK 校验过程，则需要首

先产生 80bitCSBK数据信息，然后按照自行定义的校验方式生成 16bit 的校验位，将一共 96bit

信息写入 HR\_C6000 的发送 RAM 的地址 0-地址 11，然后 HR\_C6000 取走这些数据直接进

行 BPTC 编码和后续组帧发送过程。如果是用户自定义帧类型，则需要校验完成后将生成的

校验信息位一并存入发送端 RAM 空间指定位置，HR\_C6000 将该校验信息作为传递信息位

的一部进入后续的编码和组帧处理。

发送过程示意图如下图所示。

45



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

配置完成

等待

Idle

发送请求

等待发送中

Sys\_inter

通过读取

Reg0x82信息

发送使能开,

时隙建立

Time\_slot\_

inter

配置发送帧类

型，发送数据存

入RAM空间

识别中断

发送配置

准备

发送中

发送开始

中断

通过读取

Reg0x86信息

配置完成

Time\_slot\_

inter

识别子中断

类型

配置完成

等待

是

否

二层模式发

送准备中断

发送完成

发送配置

准备

Idle

开启下一时

隙发送使能

等待发送中

图 5.10 二层发送过程流程图

**5.4.4** 工作模式说明

在二层模式下工作，整机中所需要的 30ms 时隙的同步时间轴由 HR\_C6000 提供，而

HR\_C6000 提供 30ms 时间轴有两种模式，一种是由 HR\_C6000 自己的时钟产生计数，稳定

地提供 30ms 中断，称为主动模式，另一种是 HR\_C6000 提供的 30ms 中断会不断地根据

HR\_C6000 接收到的信号（含同步头的信号），来调整自己的 30ms（近似）中断输出，称之

为被动模式。

主动模式：CPU 设置 HR\_C6000 主动模式(寄存器 reg0x40 Bit5 配置为 1，其中 Bit6、

Bit7 必须有一个为 1)，建立时隙，向 MCU 提供 30ms 中断。

被动模式：CPU 设置 HR\_C6000 寄存器 reg0x40 Bit5 配置为 0（其中 Bit6、Bit7 必须有

一个为 1)，HR\_C6000 进入接收状态系统根据收到的信号的同步信息，开始建立同步，并且

持续根据接收到的同步信息来调整同步时间轴，以此提供给 MCU 30ms(近似)中断。

在建立完整的时间轴后，芯片内部具备了收发的条件，在这个基础上芯片会提供 CPU

时隙中断 Time\_slot\_inter，用于告知 CPU 整个时间轴的时隙中间位置，CPU 根据时间轴来

规划相应的收、发，进行正确的控制和数据传输。

寄存器 0x40 的 Bit7 为发送，Bit6 为接收，这是 CPU 告知芯片可以进行发送或者接收

的控制信号，只有这两个信号之一有效，才会建立时间轴，但是这两个信号不会独立控制每

个时隙的收发使能，时隙收发的控制在寄存器 0x41 的 Bit7（发送）和 Bit6（接收）。

46



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

图 5.11 二层中断分布示意图

在二层模式下，一旦时间轴建立后（不论是被动还是主动模式）芯片就会持续以 30ms

为周期给出上图所示的 TIME\_SLOT\_INTER 和 Rdy\_lst\_inter。其中 Rdy\_lst\_inter 不是一个独

立的中断管脚，该终端与 Sys\_inter 复用一个中断管脚输出，复用方式与 5.1.1 中 的三层中

断使用描述中相同。

其中 t1 时间为芯片发送编码组帧开始时间，t2 为软件准备数据和配置收发控制指令时

间，t3 为时隙结束到可以送给 Sys\_inter 中断到 CPU 的时间。

芯片在位置 1 或者位置 2，给出 TIME\_SLOT\_INTER 或者 Rdy\_lst\_Inter，CPU 可以依

据这两个中断之一来设定时隙 2 将要发送或者接收（0x41，Bit7，Bit6）。

芯片在位置 3，TIME\_SLOT\_INTER 中断给出的时候，CPU 可以获知时隙 2 的收发状

态（0x42，Bit7，Bit6）。

如果时隙 1 是接收，那么在位置 4 CPU 可以读取到该时隙接收下来的数据，为 CPU 的

下一步动作提供决策依据。

假设时隙 1 为接收，并且在位置 1（TIME\_SLOT\_INTER 中断）后到位置 2（Rdy\_lst\_inter

中断）之前的这段时间内设置时隙 2 为发送，则芯片会给出 RF\_TX\_INTER，供 CPU 去设

置射频通道相关参数。

假设时隙 1 为发送，并且在位置 1（TIME\_SLOT\_INTER 中断）后到位置 2（Rdy\_lst\_inter

中断）之前的这段时间内设置时隙 2 为接收，则芯片会给出 RF\_RX\_INTER，供 CPU 去设

置射频通道相关参数。

根据时间轴建立的主被动模式，整机的对时隙的收发模式控制组合成工作方式为：

1） 主动发送

主动发送是指系统当前处于失同步状态，发起呼叫，由本地产生同步信息。这种情

况主要应用于 HR\_C6000 主动发起单、双工发送。

MCU 设置发送寄存器 0x40 开启主动发送 0xA3；

该标志位的建立将使芯片内部产生主动发送同步信息，通过 TIME\_SLOT\_INTER

向 MCU 发送 30ms 间隔的中断；

MCU 在收到 30ms 中断后，读取 0x42 状态 bit7-5，判断当前时隙的收发情况：

001 表示当前时隙为工作时隙，但收发全关；

101 表示当前时隙为工作时隙，发送开启；

011 表示当前时隙为工作时隙，接收开启；

xx0 表示当前时隙为非工作时隙，收发无需打开；

MCU 获取到 HR\_C6000 的时隙收发状态来根据协议确定下一个时隙的工作要求。

在 30ms 的同步时隙建立起来后，如果下一时隙需要发送，在 t2 内写入需要组帧(包

含 196bit 速率 1 数据流，144bit 速率 3/4 数据流，96bit 速率 1/2 数据流，96bit 自定义控

47



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

制信息帧，80bit 数据帧头或 CSBK 数据帧，72bit 语音帧头、帧尾)的数据，数据格式

和内容要求按照 DMR 协议标准进行设计，在收到 Rdy\_lst\_inter 中断时，设置寄存器 0x41

的值，确定下一时隙是否发送 0x80(发送)，0x00(不发送)；如果屏蔽 Rdy\_lst\_inter 中断，

则可以在 30ms 中断（TIMER\_SLOT\_INTER，图中位置 1）时候直接配置 0x41 寄存器，

也就是配置发送与不发送先于数据写入，这样要求用户必须保证在 t2 时间内完成需要

组帧的所有数据准备。

芯片在 t1 时间开始时刻读取 0x40 的 Bit7 标志位，如果为 1，那么将存在数据缓存

中的数据在 t1 时间内完成映射发送。

CPU 可以依据 RF\_Tx\_Inter 中断对于发送进行相关射频通道的配置。

2） 主动接收（主动全双工）

TIME\_SLOT\_INTER

发

收

发

收

Rdy\_lst\_Inter 软件准备

数据最后时间中断提示

t2

t1

t3

其中t1时间为芯片发送编码组帧开始时间，t2为软件准备数据和配置收发控制指令时间，

Sys\_Inter

t3为芯片解析数据完成后给mcu提供数据的中断。另外，红箭头指示的Sys\_inter中断在二层模式

下表示接收到解码后的数据流准备完成，在物理层模式下得到的264或288bit数据准备完成。

t1=1.7ms,t2=27ms，t3=4ms

图 5.12 主动全双工收发中断示意图

主动接收会发生在主动全双工的时刻，主动全双工是指呼叫发起方首先提出发送请

求，MCU 配置寄存器 0x40 后打开发送使能，主动建立 30ms 的时隙中断。同步时隙建

立完成后，MCU 配置寄存器 0x41，分配 HR\_C6000 的发送时隙和接收时隙，从而实现

全双工通信。

主动发送和主动接收，通过控制 0x41 的 TxNxtSlotEn（Bit7）和 RxNxtSlotEn(Bit6)

实现主动全双工。接收到的同步时隙不更新系统的同步。

这个模式下的接收称为主动接收。

3） 被动接收

TIME\_SLOT\_INTER

? ?

?

?

?

Rdy\_lst\_Inter ? ? ? ?

? ? ? ? ? ? ? ? ? ?

Sys\_Inter

? ? t2? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? , t3? ? ? ? ? ? ? ? ? ? ? mcu? ? ? ?

? ? ? ?

t2=27ms,t3=4m

s

图 5.13 被动接收中断示意图

被动接收是指 MS 的同步信息通过接收获得，并且利用接收更新本地的发送同步信

息。主要应用于单、双工的被动接收。

MCU 设置接收寄存器开启被动模式 0x40 设置为 0x43；

HR\_C6000 开始进行接收，但在未获得接收中断之前，接收的寄存器 0x41 需要设

置为 0x40，进入连续接收的状态（称为盲收），收到接收中断后，芯片内部的同步机制

将建立与接收信号一致的同步机制，因此根据接收到的数据来判断下一时隙是否进行接

收，推荐方式是在收到 Sys\_inter 中断后，读取 0x52 的 cc，判断同步建立是否，如果

cc 不匹配则通过配置 0x41 为 0x20 重新获取同步信息，如果 cc 匹配则，根据 0x51 寄存

器的内容确定接下来时隙的收发情况，如果数据正确，将 0x41 写入 0x00 关闭接收，再

在 TIME\_SLOT\_INTER 中断到来时，开启接收，芯片会产生对应的 RF\_rx\_inter 中断，

利用中断来对射频模块进行控制。

被动模式下同步机制保证：如果有接收同步信息，并且与现有本地同步的差距在

48



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

1.25ms 内，那么将进行实时同步调整，如果接收同步消失(接收信号消失、不控制 0x41

进行接收)，芯片按照现有的本地同步信息进行 30ms 计数并提供 TIME\_SLOT\_INTER

中断，直到 MCU 关闭 TxEn（0x40 Bit7）和 RxEn（0x40 Bit6）；此时 MCU 可以根据实

际情况确定处于被动或者转为主动状态；

当前接收时隙的解析帧内容(包含 196bit 速率 1 数据流，144bit 速率 3/4 数据流，

96bit 速率 1/2 数据流，96bit 自定义控制信息帧，80bit 数据帧头或 CSBK 数据帧，72bit

语音帧头、帧尾)会在下一个时隙的 t3 时间后给出 Sys\_Inter 中断，MCU 可以根据中断

读取帧类型寄存器 0x82 判断接收中断类型，0x51 寄存器判断接收数据帧类型和校验信

息，0x52 寄存器判断 CC 匹配结果，提示 MCU 可以从 RX 端 RAM 空间取走对应解帧

信息。

4） 被动发送（被动全双工）

被动方式也发生在全双工的时刻，此时全双工是指 MS 的同步信息通过接收获得，

系统建立同步时隙后进行全双工通信，并且始终处于利用接收同步信息更新本地的发送

同步信息状态。

被动全双工是由 MCU 控制 0x41 实现的被动接收和被动发送的结合。具体操作方

式结合被动接收和被动发送模式相同处理。

TIME\_SLOT\_INTER

发

收

发

收

Rdy\_lst\_Inter 软件准备

数据最后时间中断提示

t2

t1

Sys\_Inter

其中t1时间为芯片发送编码组帧开始时间，t2为软件准备数据和配置收发控制指令时间，

t3为芯片解析数据完成后给mcu提供数据的中断。

t1=1.7ms,t2=27ms，t3=4ms

图 5.14 被动全双工收发示意图

**5.4.5** 应用举例

二层模式的默认业务包括语音发送、数据发送、语音接收、数据接收。

数据发送：

1， 上电时配置 reg0x10 为 0x6A，将系统设置为二层非中继模式；

2， 收到发送请求后(按键或其他方式)配置 reg0x40 为 0xA3，设置为主动发模式；

3， MCU 收到一个 30ms 中断后，配置 reg0x41 为 0x80，reg0x50 为 0x60，然后将即将

发送的 80bit 数据帧头信息写入 HR\_C6000 发送端的 1.2KRAM 0x00~0x09 地址空

间。

4， 在下一个 30ms 中断到来时，再将 reg0x41 配置为 0x00，空闲一个时隙不发送；

5， 在下一个 30ms 中断到来是，再将 reg0x41 配置成 0x80，reg0x50 配置成 0x70，然

后将即将发送的 96bit 数据信息写入 1.2KRAM 的 0x00~0x0b 空间。

6， 依次重复 4 和 5，直到所有需要的数据帧和帧尾的 CRC32 校验位发送完成。

7， 数据帧发送完成后下一个或几个 30ms 到来后，配置 reg0x40 为 0x03 关闭发送使能，

结束发送。

数据接收：

1， 上电时配置 reg0x10 为 0x6A，将系统设置为二层非中继模式；reg40 配置成 0x43，

reg41 配置成 0x40，系统处于忙收状态。

49



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

2， 收到 sys\_inter 时，读取 reg0x51 和 reg0x52，如果 reg0x51[7:4]等于本地 cc(默认值

为 0x01)，并且 reg0x51[7:4]等于 0x06，并且 reg0x51[2]等于 0，则读取接收 RAM

中 0x08 地址低 7bit 信息，确定接下来要接收的帧总数(如果需要收帧尾总数再加 1)，

以及 RAM 中 80bit 中地址信息与本地地址匹配，确定是否为需要接收的数据头；

3， 在下一个 30ms 中断到来时，再将 reg0x41 配置为 0x00，下一个时隙不是接收的工

作时隙，关闭接收；

4， 在下一个 30ms 中断到来时，再将 reg0x41 配置成 0x40，下一个时隙为接收时隙，

打开接收，同时将接收次数递减。

5， 依次重复 3 和 4，接收此时递减到 0。

6， 在接下来的 30ms 中断，将 reg0x41 配置成 0x40 重新处于忙收状态，如果要关闭接

收，将 reg0x40 配置成 0x03，reg0x41 配置成 0x20 后再配置成 0x00。

另外，每次收到 sys\_inter 时，读取 reg0x52 和 reg0x51 确定每帧数据的状态和性质，读

取接收端 RAM 的 0x00~0x0B 这 96bit 数据得到接收数据帧的内容。

语音发送：

1， 上电时配置 reg0x10 为 0x6A，将系统设置为二层非中继模式，寄存器 0x06 配置成

0x45，由 MCU 控制声码器；

2， 收到发送请求后(按键或其他方式)配置 reg0x40 为 0xA3，设置为主动发模式；

3， MCU 收到一个 30ms 中断后，配置 reg0x41 为 0x80，reg0x50 为 0x10，然后将即将

发送的80bit语音帧头信息写入HR\_C6000发送端的Tx\_buffer 0x00~0x09地址空间。

4， 在下一个 30ms 中断到来时，再将 reg0x41 配置为 0x00，空闲一个时隙不发送，再

将寄存器 0x22 配置成 0x80，打开声码器编码开关。

5， 在下一个 30ms 中断到来是，再将 reg0x41 配置成 0x80，reg0x50 配置成 0x08，下

一帧准备发送语音帧 A。

6， 在下一个 30ms 中断到来时，再将 reg0x41 配置为 0x00，空闲一个时隙不发送。

7， 在下一个 30ms 中断到来时，再将 reg0x41 配置为 0x80，reg0x50 配置成 0x19，下

一帧准备发送语音帧 B。

8， 依次重复 6 和 7，发送剩下的 C,D,E,F 帧 reg0x50 分别配置成 0x2B，0x3B，0x4A

和 0x58。

9， 重复 5~8，不停发送语音帧 A，B，C，D，E，F 直到按键释放，并发完所有超帧。

10，

在空闲时隙开始时候收到 30ms 中断，配置 reg0x41 为 0x80，reg0x50 为 0x20，

准备发送语音帧尾。

11，

在下一个 30ms 中断到来时，在下一个 30ms 中断到来时，再将 reg0x41 配置

为 0x00，将寄存器 0x22 配置成 0x40，声码器编码关闭。

12， 语音帧尾发送完成后下一个或几个 30ms 到来后，配置 reg0x40 为 0x03 关闭发

送使能，结束发送。

语音接收：

1，上电时配置 reg0x10 为 0x6A，将系统设置为二层非中继模式；reg40 配置成 0x43，

reg41 配置成 0x40，系统处于忙收状态。

2，收到 sys\_inter 时，读取 reg0x50 和 reg0x51，如果 reg0x51[7:4]等于本地 cc(默认值为

0x01)，并且 reg0x50[7:4]等于 0x01，并且 reg0x50[2]等于 0，并且 reg0x50[1:0]等于

0x01，则读取接收 RAM 中 0x00~0x08 信息。如果 addrs 0x00 对应值为 0x00，则匹

50



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

配本地 groupaddrs 与 addrs0x03~ addrs0x05；如果 addrs 0x00 对应值为 0x03，则匹配

本地 srcaddrs 与 addrs0x03~ addrs0x05。

3，在下一个 30ms 中断到来时，再将 reg0x41 配置为 0x00，下一个时隙不是接收的工

作时隙，关闭接收，如果地址匹配上后，则配置寄存器 0x22 配置成 0x20，打开声

码器解码开关。

4，在下一个 30ms 到来时，再将 reg0x41 配置为 0x50，开启下一个时隙接收使能，同

时打开语音流输出使能，将接收到语音帧提供给声码器输出。

5， 在下一个 30ms 到来时候，再将 reg0x41 配置为 0x00，下一个时隙不是接收的工作

时隙，关闭接收；

6， 重复 4 和 5，直到收到 sys\_inter，读取读取 reg0x51。如果 reg0x51[7:4]等于本地 cc(默

认值为 0x01)，并且 reg0x51[7:4]等于 0x01，并且 reg0x51[2]等于 0，并且 reg0x50[1:0]

等于 0x02，则读取接收 RAM 中 0x00~0x08 信息。如果 addrs0x00 对应值为 0x00，

则匹配本地 groupaddrs 与 addrs0x03~ addrs0x05；如果 addrs0x00 对应值为 0x03，则

匹配本地 srcaddrs 与 addrs0x03~ addrs0x05。如果地址匹配上后，则配置寄存器 0x22

配置成 0x10，关闭声码器解码。

7，再接下来的 30ms 中断，将 reg0x41 配置成 0x40 重新处于忙收状态，如果要关闭接

收，将 reg0x40 配置成 0x03，reg0x41 配置成 0x20 后再配置成 0x00。

**5.4.6** 误比特率测试

1. 测试方法：

HR\_C6000 在一层模式下连续接收 4FSK 调制后的低中频信号，信号频率可配置，推荐

使用 455 kHz 或 450kHz 中频信号。HR\_C6000 将解调得到的每帧 36 字节数据存入接收端

1.2KRAM 空间起始地址为 0x30 的区间。MCU 可以通过 SPI 接口将每帧数据从 RAM 中读

出并于发送的 36 字节内容比较，得到该帧数据的错误 bit 数量。长时间累计连续测试的每

帧数据错误 bit 数，统计出 HR\_C6000 的误比特性能。

在 RAM 中存储的数据，定义的数据存储结构如图 5.15 所示，MCU 可以根据中断读取

帧类型(SyncState 和 SyncClass(0x51))，并根据帧类型读取相应长度的数据，并按照格式解析

(其中虚线框内的数据内容为在连续模式下需额外接收 CACH 数据)。

SlotType

20bit

SYNC

48bit

Data

196bit

SYNC/EMB

/RC 48bit

Voice

216bit

SYNC

48bit

Data

48bit

图 5.15 接收数据帧类型格式

2. 寄存器设置：

实现在一层模式下的误码率测试功能，需要配置的寄存器为

表 5.6 一层模式误码率测试控制寄存器地址说明

地址

配置值

说明

51



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

0x01

0x07

2’bxxxx 0000 配置为中频接收模式。

2’b0000 1011 中频频率字高 8 位，24 位中频频率字除以 2^24 乘

9.8304M 得到最终中频频率，默认设置为455kHz。

2’b1101 1001 中频频率字中8 位。

0x08

0x09

0x10

2’b0101 0100 中频频率字低8 位。

2’b0000 0010 一层模式，并且连续接收，如果需要时隙接收则需将bit5

配置为1。

0x40

0x41

2’b0100 0000 接收使能开，同时配置成一层测试模式。

2’b0100 0001 接收测试使能开启。

6 **FM** 应用

HR\_C6000 兼容FM，支持FM 收发功能，通过配置寄存器0x10[7]=1’b1，可使HR\_C6000

工作于FM 模式。芯片内嵌加重、去加重、压缩、解压缩等模块，用户可以根据需求，选择

所需功能。在收发模式中，用户可以选择 12.5KHz/25KHz 信道滤波器，同时为了防止过度

调制，滤波器内嵌了限幅器。

Tr\_I/Mod1

滤

波器

FM

调制

Mic\_in

ADC

压缩

加重

Tr\_Q/Mod2

Recv\_I

Audio\_out

解

去

滤

鉴相

压缩

加重

波器

Recv\_Q

图6.1 FM 收发结构框图

**6.1 FM** 发送

在模拟模式中，HR\_C6000 只能工作在单工模式中，通过配置寄存器0x60=0x80，打开

模拟发送通道。语音由Codec 中的ADC 进行采样转化为数字信号，经过HR\_C6000 内部可

选的压缩、加重模块进行音频信号处理后，经过 12.5KHz/25KHz 信道滤波器，以改善发送

信号的ACPR。

在上述模拟通道上主要支持模拟语音、模拟/数字亚音（CTCSS 和 CDCSS）、DTMF、

2-tone/5-tone 和MSK 等语音和信令的发送。

带通滤波器

HR\_C6000 内置了可选带通滤波器，信号带宽为 300Hz 至 3400Hz，通过配置寄存器

0x34[7]=1’b1，可以开启带通滤波器。

52



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

0

-50

-100

-150

-200

-250

-300

-350

500

1000

1500

2000

2500

3000

3500

4000

Frequency (Hz)

图 6.2 带通滤波器频谱响应

压缩

音频压扩器由压缩器和解压缩器组成，可以降低噪声对音频质量的影响。

在发送端采用压缩器，通过将小信号放大，大信号缩小，来降低音频信号的动态范围。

HR\_C6000 中采用 Syllabic 压扩器，根据时间常数 t，改变信号平均包络的幅度。压缩

器的稳态输出值为输入信号的均方根，即当输入信号增大或减小 2dB 时，输出信号相应的

增大或者减少 1dB。通常，在语音通信系统中，通过音频压缩技术，可以将动态范围由输入

信号的 60dB 转变为输出信号的 30dB。用户可以通过配置寄存器 0x34[6]=1’b1，可以打开压

缩模块。需要注意的是，压缩器应该与解压缩配套使用。

1.5

1

-0.5

-1

-1.5

0

500

1000

1500

2000

2500

3000

3500

4000

4500

图 6.3 压缩时域响应

同时，用户可以通过配置寄存器 0x2D[3:0]来设置压缩器的 0dB 压缩点。

加重

53



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

HR\_C6000 提供可选的满足 TIA 要求的加重模块，加重模块对 300Hz 到 3000Hz 频段的

音频信号按照+6dB/Oct 进行处理。通过配置寄存器 0x34[5]=1’b1，可以打开加重模块。

15

10

5

0

-5

-10

-15

-20

-25

-30

101

102

103

Frequency(Hz)

图 6.4 加重频率响应曲线

滤波器

HR\_C6000 提供两组内嵌软限幅器的低通滤波器，带宽为 2.55KHz 及 3KHz 的低通滤波

器，其中 2.55KHz 可以用于 12.5KHz 信道间隔，以提供更好的 ACPR 指标；3KHz 的低通滤

波器通常用于 25KHz 的信道间隔。通过配置寄存器 0x34 进行选择。

FM 调制

若将 HR\_C6000 的发送射频接口配置为基带 IQ 或者中频模式，则需利用 HR\_C6000 内

部的 FM 调制器对音频信号进行 FM 调制。通过配置 0x3E 及 Mic 增益 0x0F 来调整调制频

偏，同时通过配置发送低通滤波器的软限幅寄存器 0x3F，以防止过度调制。

**6.1.1** **CTCSS** 发送

系统根据已设置的 CTCSS 发送地址代码（1～51）确定亚音频率（62.5～254.1Hz），亚

音信号是采用查询正弦表的方式生成，不同的频率对应不同寻址步进长度，通过相位累加的

方式依次将正弦数据以采样时钟为速率输出。

图 6.5 CTCSS 发送框图

在 PTT 按键释放的瞬间，音频信号传输结束，而亚音信号发生相位翻转并继续在空中

维持约 155ms，以确保接收端有充足的语音通路关闭处理时间。其中，亚音相位的翻转是通

过上述正弦表寻址相位跳变的方式来实现的。

亚音信号经过调制系数加权（该系数可由软件配置）与音频信号叠加后，经 FM 调制后

输出。

详细使用方式详见附表 A2.2.1。

54



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

**6.1.2** **CDCSS** 发送

发射机首先将原始数据 12bit 经 golay 编码循环发送 23bitDCS 码，然后再将 DCS 码进行

NRZ（ 1）映射，通过两级内插滤波后的数据输入 FM 调制器得到调制相位值和基带调制

形成 CDCSS 的基带信号输出。

图 6.6 发送端系统框图

详细使用方式详见附表 A2.2.2。

**6.1.3** **DTMF** 发送

DTMF 信号由 4 组高频信号和 4 组低频信号，一共有 16 种方式组合产生。其中低频信

号比高频信号的幅值低 2.5dB。DTMF 信号发送于音频信号的开始之前，PTT 有效之后，并

且在通常情况下，从 PTT 按下到 DTMF 信号的发送，这中间有大约 600ms 的空闲状态，目

的是为了接收端有足够的时间进入到检测模式。

流程说明：

与 CTCSS 相同，DTMF 信号也是由查询正弦表的方式产生。高频信号与低频信号叠加

后经调制频偏系数加权，由 FM 调制后输出。每个 DTMF 码对应 50ms 的信号长度，紧接着

的是 50ms 的 IDLE 状态。DTMF 可支持的编码长度由用户确定。

图 6.7 DTMF 发送框图

详细使用方式详见附表 A2.2.3。

**6.1.4** **2-tone** 发送

2-tone 信号有带内单音信号以及 IDLE 间隙组成单音序列，以 EIA 标准为例，每组单音

的持续时长为 33ms，IDLE 间隙为 0。但是考虑到兼容其他标准，保留了对信号长度和 IDLE

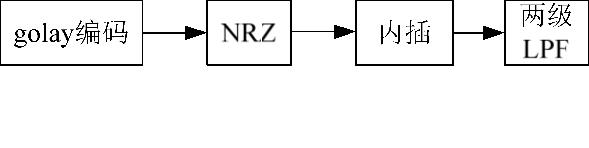
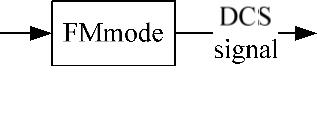
间隙时长的软件可配。如下图所示，在计时模块和通路选择模块的配合下，实现单音信号与

IDLE 间隙的切换。

Selcall tone 发生在 PTT 按下后，音频信号传输之前。Selcall tone 经调制系数加权以及

FM 调制后输出。

55



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

Selcall tone单

音产生模块

通路选择器

调制系数加权

FM调制

IDLE

计时模块

图 6.8 2-tone 发送框图

详细使用方式详见附表 A2.2.4。

**6.1.5 5-tone** 发送

5-tone 的发送过程与 2-tone 相同，通过不同的寄存器控制位进行区分。详细使用方式详

见附表 A2.2.5。

**6.2 FM** 接收

当配置寄存器 0x60=0x00，HR\_C6000 处于接收模式。HR\_C6000 对接收到的 IQ(或者

中频)信号进行滤波鉴相后送给 FM 处理模块。鉴相后的信号由音频滤波器进行滤波，然后

经过可选的去加重、解压缩模块处理后，由 Codec 输出。

在上述模拟通道上主要支持模拟语音、模拟/数字亚音（CTCSS 和 CDCSS）、DTMF、

2-tone/5-tone 和 MSK 等语音和信令的接收。

滤波器

HR\_C6000 在 FM 接收处理通道中提供两组低通滤波器，带宽为 2.55KHz 及 3KHz 的低

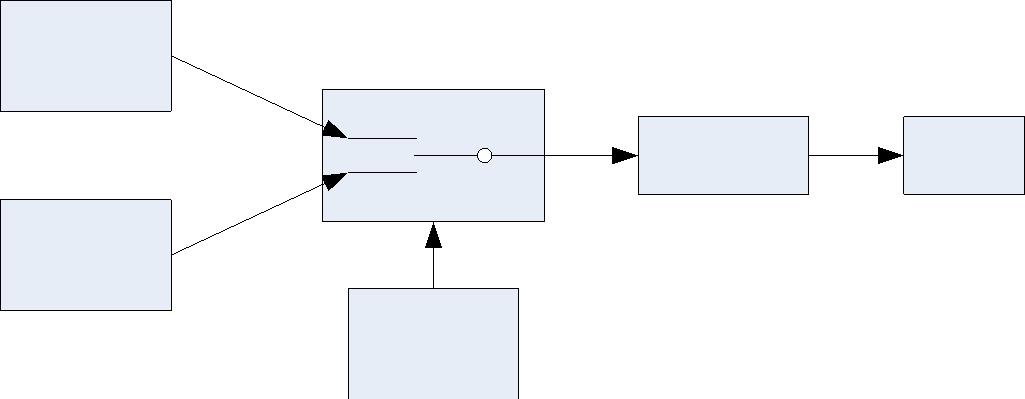
通滤波器，其中 2.55KHz 可以用于 12.5KHz 信道间隔；3KHz 的低通滤波器通常用于 25KHz

的信道间隔。可通过配置 0x34 寄存器进行选择。

HR\_C6000 提供可选的满足 TIA 要求的去加重模块，去加重模块对 300Hz 到 3000Hz 频

段的音频信号按照-6dB/Oct 进行处理。通过配置寄存器 0x34[5]=1’b1，可以打开去加重模块。

56



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

30

25

20

15

10

5

0

-5

-10

-15

101

102

103

Frequency(Hz)

图 6.9 去加重频率响应曲线

解压缩

在接收端端采用解压缩器，通过将大信号缩小，小信号放大，来提高音频信号的动态范

围。

解压缩器的稳态输出值为输入信号的平方，即当输入信号增大或减小 1dB 时，输出信

号相应的增大或者减少 2dB。通常，在语音通信系统中，通过音频压缩技术，可以将动态范

围由输入信号的 30dB 转变为输出信号的 60dB。用户可以通过配置寄存器 0x34[6]=1’b1，可

以打开压缩模块。

1.5

1

-0.5

-1

-1.5

0

500

1000 1500 2000

2500 3000 3500 4000

4500

图 6.10 解压缩时域响应

同时，用户可以通过配置寄存器 0x2D[7:4]来设置压缩器的 0dB 压缩点。

带通滤波器

57



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

HR\_C6000 在 FM 接收端内置了可选带通滤波器，信号带宽为 300Hz 至 3400Hz，通过

配置寄存器 0x34[7]=1’b1，可以开启带通滤波器。

**6.2.1** **CTCSS** 接收

CTCSS 空中信号经鉴相器产生相位信息，由频偏校准模块消除信号的直流偏置，限幅

处理后，由 4 阶 IIR 300Hz 低通滤波器滤除高频音频部分。

频响幅值检测结果与预设门限值进行比较，大于门限则语音使能开启，并输出中断信

号通知外设打开扬声器及语音通路。

图 6.11 CTCSS 接收框图

详细使用方式详见附表 A2.2.1。

**6.2.2** **CDCSS** 接收

CDCSS 调制包含 FM 解调模块，即采用非相干的解调方案。CDCSS 信号接收包含差分

鉴相、频偏估计、判决，golay 译码等关键步骤。后端基带处理的流程由图 6.12 所示。

图 6.12 接收基带处理流程图

CDCSS 基带信号经过低通滤波滤去部分带外噪声经 FM 解调还原成幅度值，再由下一两级

LPF 进一步滤去噪声及音频信号后进行频偏补偿；此时得到的信号经过 7 倍符号率上的抽取

硬判 golay 译码来选取最佳一路。

详细使用方式详见附表 A2.2.2。

**6.2.3** **DTMF** 接收

DTMF 的解调过程即分析空中信号频率分布，根据 DTMF 组合方式逆向解码。计算空

中信号在 8 组频率下了频响幅值，分别选取高频部分中的最大幅值和低频部分中的最大幅

值。这两者的组合即可以确定 DTMF 码。

每一组 DTMF 解码结束，都将产生一次系统中断，和一个表明 DTMF 检测是否结束标

志信息。外设在接收到中断后，将该 DTMF 码保存在一个缓存区域，在某次中断来临并且

检测结束标志信息有效时，将之前保存的所有 DTMF 码组成一帧输出。

58



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

图 6.13 DTMF 接收框图

详细使用方式详见附表 A2.2.3。

**6.2.4 2-tone** 接收

2-tone 的解调机制类似于地址匹配，只有当 2-tone 与接收地址设置匹配上，才能打开语

音通路。2-tone 包含两组单音或一组长单音，因此每当匹配正确一次，解调系数随即设置为

下一组接收频点的对应值。此外在模块中加入了超时机制，如果长时间不能匹配到频点，则

之前的结果清零，匹配过程重新开始。

图 6.14 2-tone 接收框图

详细使用方式详见附表 A2.2.4。

**6.2.5 5-tone** 接收

5-tone 的接收过程与 2-tone 相同，通过不同的寄存器控制位进行区分。详细使用方式详

见附表 A2.2.5。

**7 MSK** 应用说明

**7.1 MSK** 发送

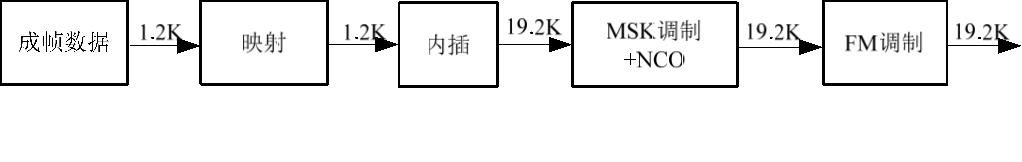
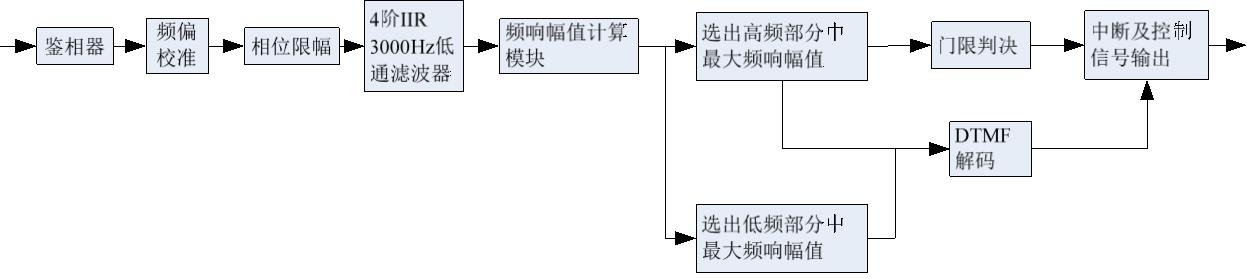
MSK 发送首先将信息数据按照帧结构要求成帧，然后将数据进行映射内插送入 MSK

调制，再将调制后的数据通过 NCO 搬到 1.5KHz 中频上，MSK 和频谱搬移在一个模块里完

成，产生连续相位信号，最后输入到 FM 调制。这样整个数据的调制过程即告完成。

图 7.1 发送端系统框图

59



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

**7.2 MSK** 接收

MPT1327 提出的 MSK 调制包含一个 FM 调制器，故接收机的设计与调制过程相逆，加

入 FM 解调模块，即采用非相干的解调方案。接收机分为前端数据采集和后端基带信号处理。

前端数据采集部分与发送端的后半部分处理类似，这里不再赘述。后端信号处理部分，到达

检测、定时同步、判决等关键步骤均在该部分完成。MSK 基带处理的流程由图 7.2 所示。

图 7.2 接收基带处理流程图

接收机设计采用非相干解调，利用前端数据采集模块得到两路基带 IQ 信号，接着进行

差分鉴相，然后送入低通滤波器以消除带外噪声，最后进行后端信号处理。

**7.3 MCU** 使用说明

**7.3.1 MCU** 工作流程

**7.3.1.1** 初始化

MCU 初始化，配置寄存器 TrainErrorThreshold 为 5、DTBeforeTransAndRec 为 160、

Channel\_Delay 为 20，NT 为 103

**7.3.1.2** 发送控制

控制信道发送

MCU 需要发送数据时，当检测到接收时隙中断时，先写满发送乒乓缓存，然后配置寄

存器 OperationType 为 1，ChannelType 为 0，TranOrRecFlag 为 1，MacFrameEn（MAC 组帧

时为 1，PHY 组帧时为 0），Unsolicited 为 0，MultiMessageTransFlag 为 0。MAC 接收到乒

乓缓存半满中断时，分两种情况：

PHY 组帧。每次发送的数据为 64 比特。如果还有比特数据没有发送完的，则继续

发 64 比特。如果没有数据要发了则对 MACTransFinishFlag 置 1。

MAC 组帧。前面的数据每次都是 64 比特，最后一次的发送数据有可能小于 64 比

特。如果还有比特数据没有发完，则继续发送。如果是最后一次的发送数据则对

MACTransFinishFlag 置 1，同时发送数据并配置 RemBitNum 为剩余数据比特长度。

业务信道发送控制

MCU 需要发送数据时，先写满发送乒乓缓存，然后 MCU 配置寄存器 OperationType 为

60



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

1，ChannelType 为 1，TranOrRecFlag 为 1，MacFrameEn（MAC 组帧时为 1，PHY 组帧时为

0），Unsolicited 为 1。MAC 接收到乒乓缓存半满中断时，分两种情况

PHY 组帧。每次发送的数据为 64 比特。如果还有比特数据没有发送完的，则继续

发 64 比特。如果没有数据要发了则对 MACTransFinishFlag 置 1。如果发的是多帧

信息，第一个信息发完了，则给出对 MultiMessageTransFlag 寄存器置一，并发送

下一个信息的 64 比特数据。

MAC 组帧。前面的数据每次都是 64 比特，最后一次的发送数据有可能小于 64 比

特。如果还有比特数据没有发完，则继续发送。如果是最后一次的发送数据则对

MACTransFinishFlag 置 1，同时发送数据并配置 RemBitNum 为剩余数据比特长度。

数据信道发送控制

数据信道发送控制和控制信道发送一样，只是把 ChannelType 置为 2

**7.3.1.3** 接收控制

控制信道接收

MCU 需要接收收据时，配置寄存器 OperationType 为 1，ChannelType 为 0，TranOrRecFlag

为 0，AcqEnable 为 1， RxInterMask 为 0，CtrlDataInterMask 为 0。MCU 接收中断处理程序

在 检 测 到 接 收 终 端 脉 冲 后 ， 读 取 寄 存 器 值 （ RecBitLen 、 TrainCodewordFlag 和

TrainErrorBitNum），并根据寄存器值读取相应长度的数据。

业务信道接收

MCU 需要接收收据时，配置寄存器 OperationType 为 1，ChannelType 为 1，TranOrRecFlag

为 0，AcqEnable 为 1，RxInterMask 为 0，CtrlDataInterMask 为 0。MCU 接收中断处理程序

在 检 测 到 接 收 终 端 脉 冲 后 ， 读 取 寄 存 器 值 （ RecBitLen 、 TrainCodewordFlag 和

TrainErrorBitNum），并根据寄存器值读取相应长度的数据。

数据信道接收

MCU 需要接收收据时，配置寄存器 OperationType 为 1，ChannelType 为 2，TranOrRecFlag

为 0，AcqEnable 为 1，RxInterMask 为 0，CtrlDataInterMask 为 1。MCU 接收中断处理程序

在 检 测 到 接 收 终 端 脉 冲 后 ， 读 取 寄 存 器 值 （ RecBitLen 、 TrainCodewordFlag 和

TrainErrorBitNum），并根据寄存器值读取相应长度的数据。

**7.3.2** 复位操作

在需要重新捕获时，可以通过配置寄存器 SoftRest 先为 1 再为 0 复位物理层。

61



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

**7.4** 参数配置

**7.4.1** 基础参数配置

1）捕获和同步判决门限

2）接收脉冲和发射起始脉冲之间的延迟。

3）NT

表 7.1 基础参数配置

地址

名称

缺省值

定义

0x12A TrainErrorThreshold

Bit7-Bit6 保留

Bit5-Bit0 捕 获 和 同 步 时 的

训 练 序 列 判 决 门

限。

0x12B DTBeforeTransAndRec

接 收 脉 冲 和 发 射

起 始 脉 冲 之 间 的

延迟。这里配置的

值是以 19.2kHz 采

样 时 钟 为 基 值 假

设配置值为 n，则

延迟时间为 n/19.2

毫秒。

0x12C NT

MAC 组帧到空口

发 送 起 点 的 时 延

差值

0x12D ChannelDelay

业务信道上 TSC

响 应 手 台 主 动 消

息的最大延迟（单

位比特）。

**7.4.2 MAC** 下发的参数配置

1）是否进行捕获的消息（AcqEnable）。

2）当前信道是什么信道的消息（控制信道、话务或者数据信道，Channel Type）。

3）当前时隙为发送或者接收的消息（TranOrRecFlag）。

4）工作模式（工作状态还是空闲状态，OperationType）。

5）剩余发送比特数据长度的消息。组帧分为 MAC 组帧和 PHY 组帧，在 MAC 组帧的

62



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

情况下，由于总的比特数不一定是 64 的倍数（包括链路确立时间等），因此当发送比特数小

于 64 比特的时候必须告知 PHY 还剩下多少比特没有发送（RemBitNum）。

6）软件复位消息（SoftRest）。

7）多信息帧传输消息（MultiMessageTransFlag），当传输多信息帧时，在两个信息的交

界处需插入翻转比特位前，给出这个消息，PHY 组帧的时候给出，MAC 组帧不用给出。

8）接收中断屏蔽消息（RxInterMask）。

9）控制数据中断屏蔽消息（CtrlDataInterMask）。

10）组帧方式，决定由 MAC 组帧还是由 PHY 组帧（MacFrameEn）。

11）MAC 传输结束消息（MACTransFinishFlag）。

12）主动发帧信息（Unsolicited）。在业务信道发送的时候有效。

表 7.2 MAC 下发参数配置

地址

名称

缺省值

定义

Bit7

说明

0xd5

AcqEnable

1：PHY 进行捕获操作。

0：不起作用。

注：此信息为上跳变起作用，因

此 PHY 读到 AcqEnable 被 MAC

置 1 之后，立即清 0。

OperationType

ChannelType

0：表示空闲状态。

1：表示工作状态。

Bit5- Bit4

基站作为发送信道类型，手台通

用

00：控制信道。

01：业务信道。

10：数据信道。

11：保留。

TranOrRecFlag

SoftReset

Bit3

Bit2

0：接收。

1：发送。

基站作为发送模块复位信号，手

台即作接收复位又做发送复位

0：不起作用。

1：复位。

Bit1- Bit0 保留

Bit7- Bit6 保留

0xd6

63



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

RemBitNum

Bit5- Bit0 MAC 剩余没有发的 Bit 位。范围

0-63。

0xd7

MultiMessageTr

ansFlag

Bit7

0：不起作用

1：当前码字发完之后，要添加翻

转比特位。

注：此信息为上跳变起作用，因

此 PHY 读到 AcqEnable 被 MAC

置 1 之后，立即清 0。并且只对

PHY 组帧有效。

RxInterMask

Bit6

Bit5

Bit4

Bit3

0:不起作用。

1:接收中断屏蔽。

CtrlDataInterMa

sk

0:不起作用。

1:接收中断屏蔽。

MacFrameEn

0：PHY 组帧。

1：MAC 组帧。

MACTransFinis

hFlag

0：不起作用。

1：对 PHY 组帧来说当前码字取

完毕之后结束取比特数据。对

MAC 组帧来说当前码字取完并

且再取RemBitNum长度之后结束

取比特数据。

Unsolicited

0：发送响应信息。

1：主动发送信息。

msk\_voice\_send

\_en

0：发送 MSK 信令信息。

1：发送 FM 语音。

Bit0

保留

0xd8

ChannelType\_R

X

Bit1- Bit0

基站作为接收信道类型，手台不

使用

00：控制信道。

01：业务信道。

10：数据信道。

11：保留。

SoftReset\_RX

Bit2

基站作为接收模块复位信号，手

台不使用

0：不起作用。

1：复位。

保留

Bit7- Bit3

64



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

**7.4.3 MAC** 获取的参数配置

1）中断类别的消息（CtlDataInterpType）。PHY 给 MAC 的中断可以是多个的，一共两个

中断管脚，其中一个是接收时隙中断（接收解调中断由接收时隙中断代替，通过增加寄存器

标志位判断当前数据是否有效），另外一个为控制数据中断（该中断包括发送乒乓缓存半满

中断和 PHY 发送结束中断，通过寄存器向量区分）。

2）接收数据长度（RecBitLen）。接收数据长度分为 128 比特和 64 比特。捕获时的接收数

据长度为 128 比特。同步时的接收数据长度为 64 比特。

3）同步序列码字标志（TrainCodewordFlag）。这个消息是告诉 MAC 当前解出来的码字是

否具有同步序列。当接收数据长度为 128 比特时，这个消息可以忽略。

4）同步序列误比特数（TrainErrorBitNum）。当接收数据长度为 128 比特或者同步序列码

字标志为 1 的时候这个数据有效。

表 7.3 MAC 获取参数信息

地址

0x96

0x97

名称

RecBitLen

缺省值

定义

说明

Bit7- Bit0 接收的数据比特长度。

Bit7- Bit6 保留

TrainCodewordFlag

TrainErrorBitNum

0：数据码字。

1：带同步序列码字。

Bit4- Bit0 表示训练序列的错误比特数（范围

0

—

31 ） 。

只

有

在

TrainCodewordFlag为1 时才有效。

65



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

**8** 寄存器说明

表 8.1 系统参数表

类型

地址

读写

名称

缺省值

定义

Bit7

说明

Reset

0x00

W

DMRnRst

为 0 时复位 DMR 协议，一个系统

时钟内有效，HR\_C6000 内部自动

撤销，以下复位处理相同。

为 0 时复位物理层

PHYnRst

0x00

Bit6

Bit5

Bit4

Bit3

Bit2

Bit1

Bit0

CodernRst

FMnRst

为 0 时复位编解码器

为 0 时复位 FM

VoCoderRst

MSKRst

IISRst

为 0 时复位声码器接口

为 0 时复位 MSK 模块

为 0 时复位 I2S 接口

CodeCRst

为 0 时复位内置 CodeC，3 个系统

时钟内有效，HR\_C6000 内部自动

撤销

硬件

配置

0x01

W/R RFTransIQMode

IQ 模式下：

0 ：表示发送端 I 路在 DAC 的 I

路输出，发送端的 Q 路在

DAC 的 Q 路输出；

1 ：表示发送端 I 路在 DAC 的 Q

路输出，发送端的 Q 路在

DAC 的 I 路输出。

两点模式下：调整调制频偏映射

关系，详见 4.7.2 说明。

0 ：表示接收端 I 路在 ADC 的 I

路输入，接收端的 Q 路在

ADC 的 Q 路输入；

RFRecvIQMode

Bit6

1 ：表示接收端 I 路在 ADC 的 Q

路输入，接收端的 Q 路在

ADC 的 I 路输入。

RFTransMode

RFRecvMode

Bit5-Bit4

Bit3-Bit2

00 表示发送中频模式，01 表示发

送中频 IQ 模式，10 表示发射基带

IQ 模式，11 为发送两点调制模式

00 表示接收中频模式，01 表示接

收中频 IQ 模式，10 表示接收基带

IQ 模式

Bit1

Bit0

IQ 路平衡调试，1 表示发出信号为

0 加偏置值，0 表示为正常值

控制 ADC 和 DAC 模块输入时钟

的相位使能，配置为 1 时候，该时

钟与系统时钟相位相反，否则相

同。

66



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

0x02

W/R TransIsigCenter

0x00

Bit7-Bit0

IQ 模式下：发送 I 路的偏置值，

如果 RFTransIQMode 为 0，则该

偏置加在 DAC 的 I 路，否则应该

加在 DAC 的 Q 路；

两点模式下：调整输出 MOD2 路

偏置，调整范围约为±422mV，最

小调整步径为 3.3mV。

0x03

0x04

W/R RecvIsigCenter

W/R TransQsigCenter

0x00

0x00

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

接 收 I 路 的 偏 置 值 ， 如 果

RFRecvIQMode 为 0，则该偏置加

在 ADC 的 I 路，否则应该加在

ADC 的 Q 路；

IQ 模式下：发送 Q 路的偏置值，

如果 RFTransIQMode 为 0，则该

偏置加在 DAC 的 Q 路，否则应该

加在 DAC 的 I 路；

两点模式下：调整输出 MOD2 路

偏置，调整范围约为±422mV，最

小调整步径为 3.3mV。

0x05

0x06

W/R RecvIsigCenter

0x00

Bit7-Bit0

接 收 Q 路 的 偏 置 值 ， 如 果

RFRecvIQMode 为 0，则该偏置加

在 ADC 的 Q 路，否则应该加在

ADC 的 I 路

W/R Vocoder

DMRFrom

Bit7-Bit6

Bit5

00 选择 V\_SPI 声码器

01 选择 AMBE3000

11 选择 AMBE1000

0

表 示 选 择 两 种 声 码 器

(AMBE3000 , AMBE1000)其中一

个作为音源编码输出，1 表示通过

V\_SPI 通用接口接入的声码器编

码输出。

0x40

VocoderFrom

Bit4

Bit3

0 表示语音编解码包给 DMR 协议

层处理，此时声码器正常工作在语

音发送状态；

1 表示语音编码后直接送入声码

器的解码 buffer；此时声码器工作

在自环测试状态。

SPIFrom

0 表示通用 V\_SPI 接口从 DMR 芯

片的协议层读出语音数据，此时声

码器正常工作在语音接收状态；

1 表示通用 V\_SPI 接口直接从

DMR 芯片的声码器读出编解码

包。此时声码器工作在语音的录

音。

CodeCMode

Bit2

0 表示内置，1 表示外置

67



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

OpenMusic

Bit1

1 开启用于播放开机声音或来电

提示等，0 关闭

LocalVoCoderControl

Bit0

0 表示系统自动控制，1 表示 MCU

控制声码器的开关

0x07

W/R IFFreq2

0x0B

Bit7-Bit0

中频频率字高 8 位，24 位中频频

率字除以 2^24 乘 9.8304M 得到最

终中频频率。

0x08

0x09

0x0A

W/R IFFreq1

W/R IFFreq0

0xB8

0x00

0x81

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7

中频频率字中 8 位

中频频率字低 8 位

W/R

Clk\_enb

时钟切换控制位。内部时钟从晶振

时钟切换到 PLL 的输出时钟控制

位，高电平表示内部时钟直接为晶

振给出时钟，更改配置 reg0x0B 和

reg0x0C 之后需要等待大于 500μs

才能将内部时钟从晶振切换回

PLL 输出。

Bit6-Bit1

Bit0

保留

HR\_C6000 的 CLKOUT 管脚时钟

输出控制使能。

0x0B

0x0C

W/R PLLM

W/R PLLBP

0x28

0xB3

0x02

Bit7-Bit0

Bit7

PLL M 寄存器

0 表示使用 PLL， 1 表示 PLL

bypass

PLL SLEEP

Bit6

保留

Bit5-Bit4

Bit3-Bit0

Bit7-Bit4

Bit3-Bit0

PLL 输出分频数

PLL 输入分频数

0x0D

W/R Voice\_superframe

保留

语音异常检测等待退出的超帧长

度 ， 内 部 实 际 检 测 时 间 为

（Voice\_superframe+1）\*360ms

W/R 保留

FSKErro

Bit7-Bit0

统计 FSKErro 或者 EVM 值，该值

在时隙中断时候获取有效。

系统

参数

配置

0x10

W/R ModulatorMode

TierMode

0x73

Bit7

Bit6

Bit5

0 表示 DMR，1 表示 FM

0 表示 TierI，1 表示 TierII

ContinueMode

0 表示 Continue，1 表示 TimeSlot。

在二层模式下，需要接收 CACH

信息时候必须将该 bit 置 0。

00 表示物理层模式，01 表示第二

层模式，10 表示第三层模式

0 表示非中继，1 表示中继

LayerMode

Bit4-Bit3

ISRepeater

ISAligned

Bit2

Bit1

0 表示偏移(非中继模式下的偏移

模式表示单频中继)，1 表示对齐

在三层模式下：必须配置成 1；

RepeaterSlot

Bit0

68



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

在二层模式下：0 表示 Slot1，1

表示 Slot2

0x11

W/R LocalChanMode

Bit7

Bit6

置 1 有效。在中继模式下表示

RepeatedSimplex；在直接模式下表

示 DirectSimplex

置 1 有效。在中继模式下表示

RepeatedDuplex；在直接模式下表

示 DirectDuplex

0x80

Bit5

Bit4

Bit3

Bit2

Bit1

Bit0

置 1 表示数模同时接收开启控制

使能，置 0 表示只开启数字或者模

拟接收。

0x12

W/R rf\_pre\_on

0x00

时隙边界信号强度平滑上升和平

滑下降使能

Bit6

两点调制测试使能，该 bit 使能，

DAC 端输出 40Hz 正弦波。

射频从收切换到发中断提前量，递

增步长为约 100μs。

Bit5-Bit0

从发切换到收的中断提前量在寄

存器 0xC0 中定义。

0x13

W

Cend\_band

0x00

Bit7-Bit4

Bit3-Bit0

rf\_tx\_en 或 rf\_rx\_en 有效到无效时

候相对 30ms 边界的提前量，100μs

间隔为步长增加，最大值配置不超

过 11\*100μs，仅在非连续模式下

有效。

Rf\_tx\_en或rf\_rx\_en无效到有效时

候相对 30ms 边界的延时量，以

100μs 间隔为步长增加，最大值配

置不超过 11\*100μs，仅在非连续

模式下有效。

0x14

0x15

0x16

0x17

0x18

0x19

0x1A

0x1B

0x1C

W/R LocalSreAdrressL

W/R LocalSreAdrressM

W/R LocalSreAdrressH

W/R LocalGroupAdrressL

W/R LocalGroupAdrressM

W/R LocalGroupAdrressH

W/R LocalBSAdrressL

W/R LocalBSAdrressM

W/R LocalBSAdrressH

0x01

0x00

0x00

0x33

0xef

0x00

0xff

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

本机地址低 8Bit

本机地址中 8Bit

本机地址高 8Bit

本机所在组地址低 8Bit

本机所在组地址中 8Bit

本机所在组地址高 8Bit

本机所在 BS 地址低 8Bit

本机所在 BS 地址中 8Bit

本机所在 BS 地址高 8Bit

0xff

0xff

69



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

0x1D

0x1E

0x1F

W/R LocalUnaddress

MaskUnaddr

0xff

Bit7-Bit4

Bit3-Bit0

无地址呼接收地址

无地址呼匹配码，对于匹配码为 1

的对应 bit 在地址匹配的时候予以

忽略，即对该位不进行比对。

广播接收地址

W/R LocalBroadCast

MaskBroadCast

0xff

Bit7-Bit4

Bit3-Bit0

全呼(广播)匹配码，对于匹配码为

1 的对应 bit 在地址匹配的时候予

以忽略，即对该位不进行比对。

本地 CC 设置

W/R LocalEMB

0x10

Bit7-Bit4

Bit3

PI 位设置

Bit2

Bit1-Bit0

EMB 区域 PI 加密信息与后接入信

息交替次数比例。00 表示没有加

密信息；01 表示 1：1；10 表示 1：

2；11 表示 1：4

0x20

0x21

W/R LocalAccessPolicy

W/R LocalAccessPolicy1

0xAA Bit7-Bit6

00 表示 impolite ，01 表示 polite to

all，10 表示 polite to cc。

与 Bit7-Bit6 相同

Bit5-Bit4

Bit3-Bit2

Bit1-Bit0

与 Bit7-Bit6 相同

与 Bit7-Bit6 相同

0xA0

Bit7-Bit6

Bit5-Bit4

Bit3

与 Bit7-Bit6 相同

与 Bit7-Bit6 相同

确认包反馈 polite 策略，0 表示

impolite，1 表示 polite

Bit2

Bit1

保留

清除声码器编码缓存 buffer 中数

据的控制使能，该 bit 为 1 后清除

该 buffer 中的值，然后系统自动回

复该 bit 为 0

Bit0

清除声码器解码缓存 buffer 中数

据的控制使能，该 bit 为 1 后清除

该 buffer 中的值，然后系统自动回

复该 bit 为 0

0x22

W/R EncodeStart

EncodeStop

0x01

Bit7

Bit6

Bit5

Bit4

Bit3

Bit2

写入 1 表示声码器编码开始

写入 1 表示声码器编码结束

写入 1 表示声码器译码开始

写入 1 表示声码器译码结束

保留

DecodeStart

DecodeStop

sel\_I2S\_mode

选择 I2S 主从模式，当该 bit 为 1，

表示与声码器接口 I2S 为主模式，

否 则 为 从 模 式 。 该 bit 仅 当

sel\_I2StoI2S 控制位设置为 1 后才

有效。

70



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

sel\_I2StoI2S

Bit1

选择与声码器传输 PCM 数据的接

口为 I2S 接口还是 SPI 接口。该 bit

为 1 则选择是 I2S 接口，否则位

SPI 接口。

Ambe1000\_noise\_enb

Bit0

AMBE1000 静噪使能，0 为静噪功

能无效。

0x23

0x24

W/R

W/R

Bit7-Bit0

保留

0xF8

0x0B

Bit7-Bit2

Bit1

保留

AMBE1000FrameRept

AMBE1000ForceSilen

spi\_clk\_cnt

AMBE1000 帧重复

AMBE1000 强制解码器静音

Bit0

声 码 器

SPI 比例

参数

0x2A

W/R

Bit7- Bit0 C\_SPI 时 钟 ＝ Codec 时 钟

/[2\*( spi\_clk\_cnt+1)]

0x2B

0x2C

0x2D

R

Sql\_l

0x00

0x00

0x0B

Bit7- Bit0 FM 模式下，静噪信号的低 8bit

Bit7- Bit0 FM 模式下，静噪信号的高 8bit

Bit7- Bit4 用于配置 FM 模式下解压缩的 0dB

增益点

R

Sql\_h

FM

W/R

shift\_radix

Bit3- Bit0 用于配置 FM 模式下压缩的 0dB

增益点

0x2E

W/R

tx\_pre\_on

Bit7- Bit5 保留

Bit4- Bit0 发送提前量配置值，由于射频通道

延时不同，为保证空中 DMR 信号

严格在 30ms 的时隙边界发送，通

过配置该寄存器，抵消射频通道的

延时量，延时单位值为 100us。如

配置值为 0x04，则表示发送提前

配置约 400us。

Codec 接

口

0x2F

0x32

W/R

W/R

0x00

Bit7- Bit0 配置声码器 I2S 接口在主模式下

的时钟频率（I2S\_CK\_M）。计算

方法为：I2S\_CK\_M =codec 工作频

率 /(2\*( par\_ck\_cnt +1)) ， 且

I2S\_CK\_M 要求大于 272KHz。

Bit7- Bit0 Codec 在 主 动 模 式 下 ， 配 置

I2S\_FS\_M 的时钟频率，计算方法

为：I2S\_FS\_M =codec 工作频率

Bit7- Bit0 /[2\*( LRCK\_CNT＋1)]，且必须保

证 I2S\_FS\_M=8KHz。

参数

LRCK\_CNT\_H

0x02

0xff

0x33

0x34

W/R

W/R

LRCK\_CNT\_L

FMBpfOn

FM

Bit7

0 表示带通滤波器关闭，1 表示开

启

FMCompressorOn

FMPreEmphasisOn

0xbe

Bit6

Bit5

0 表示压缩关闭，1 表示开启

0 表示预加重关闭，1 表示预加重

开启

FMBandWidth

Bit4

FM 发送带宽选择，0 表示 12.5K，

71



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

1 表示 25K

FMBandWidth\_adj

Bit3

FM 模式下，采用基带 IQ 及中频、

中频 IQ 发送时，发送邻道抑制滤

波器的带宽选择。0 表示 12.5KHz

带宽，1 表示 25KHz 带宽

FM 接收带宽选择，0 表示 12.5K，

1 表示 25K

FMBandWidth\_r

Bit2

Bit1

Bit0

FMBandWidth\_ctc

亚音 CTCSS 接收带宽选择，0 表

示 12.5K，1 表示 25K

保留

0x35

0x36

W/R

FM\_dev\_coef\_t

0x14

0x00

Bit7- Bit0 FM 发端调制频偏系数

W/R mcu\_alc\_clk\_down

Bit7

外置 Codec 的 BCLK 和 LRCK 关

闭使能，高有效

mcu\_vspi\_clk\_down

mcu\_vspi\_cs\_down

Bit6- Bit5 声码器 C\_SPI 接口的 SCK 时钟关

闭使能。2’bx1 时，SCK 始终处于

关闭状态；2’b00 时，SCK 时钟始

终处于开启状态；2’b10 时，根据

SPI 接口的 CS 状态确定 SCK 是否

关闭，在 CS 处于有效状态(低电

平)，则 SCK 时钟开启，否则 SCK

时钟关闭。

当使用 I2S 接口作为声码器 PCM

传输接口时候，bit6 同时定义为控

制 I2S\_CK 和 I2S\_FS 的使能开关。

Bit6 为 1 时，开启这两个时钟的使

能，否则关闭这两个时钟使能。

mcu\_pkt\_clk\_down

mcu\_ctr\_rst1000

Bit4

Bit3

声码器编解码数据包接口时钟关

闭使能，高有效

是否由 mcu 控制 AMBE1000 的

reset，0 表示系统自动控制，1 表

示 mcu 控制

mcu\_val\_rst1000

Bit2

Bit1

mcu 设置 AMBE1000 的 reset 信

号，1 表示高电平

FM 模式下接收开启语 音通道

Codec 开关，1 表示开启 0 表示关

闭。

Bit0

Bit7

保留

0x37

W/R mcu\_control\_shift

zoom

0x00

mcu 控制内置与外置 Codec 的

DACDATA 变化，0 表示不变，1

表示变化

Bit6

Bit5

在 mcu\_control\_shift 为 1 的状态

下，0 表示变小，1 表示变大

0

72



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

shift\_size

Bit4- Bit0 内置或外置 Codec 的 DACDATA

变化范围， 5’b00001-5’b11111 表

示 DACDATA 逐渐增大，变化步

长为 1.5dB。

FM

0x3e

0x3f

W/R

W/R

FM\_dev\_coef\_r

TR\_SIG\_LIM

0x08

0x10

Bit7- Bit0 FM 收端调制频偏系数

Bit7- Bit0 FM 限幅调制系数

PHY/DL

L

0x40

W/R TxEn

RxEn

0x03

Bit7

Bit6

发送同步开始使能，0 为关闭，1

为开启

接收同步开始使能，0 为关闭，1

为开启

MasterMode

Bit5

Bit4

0 表示被动模式，1 表示主动模式

该 bit 为 mcu 提供给 HR\_C6000 当

前二层模式下使用时隙情况。在二

层模式切换到三层时候时隙的平

滑使用。1 表示当前时隙是通信使

用的，0 表示当前时隙是通信不使

用的。

Layer2Slot

CRC\_MCU\_Control

Decode\_Mode

Bit3

控制 CRC 校验方式，如果该 bit

为 1，则 CRC 校验过程有 MCU 处

理，否则 HR\_C6000 自动完成校验

过程。

Bit2

保留

Bit1-Bit0

测试误码模式。00 表示物理层不

带 decode 测试模式，11 表示非测

试模式通信。

0x41

W/R TxNxtSlotEn

0x00

Bit7

Bit6

下一时隙发送使能。

0 为即将到来的时隙中断开始不

发送；

1 为即将到来的时隙中断开始发

送

RxNxtSlotEn

下一时隙接收使能。

0 为即将到来的时隙中断开始不

接收；

1 为即将到来的时隙中断开始接

收

SyncFail

Bit5

Bit4

失同步，0 表示同步信号存在，1

表示无同步信息存在，要求物理层

重新搜索。

begin\_v\_layer2

二层模式下，接入成功标志，软件

写入 1 后，语音开始正常接入语

音，但在不接收语音的那个时隙需

要将 bit 置零

73



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

CC\_Match\_Ctrl

Bit3

接收解帧处理是否需要CC匹配控

制设计，0 表示接收需要 CC 匹配

才做解帧处理，1 表示接收无需

CC 匹配便做解帧处理。

保留

Bit1

Bit0

Bit7

AutoTest

TransSlot

物理层测试使能，1 有效

1 表示当前时隙为发送，0 表示当

前时隙不发送

0x42

R

RecvSlot

UsedSlot

Bit6

Bit5

1 表示当前时隙为接收，0 表示当

前时隙不接收

0 表示当前时隙是通信使用的，1

表示当前时隙是通信不使用的。

HR\_C6000 提交给 MCU 当前的时

隙使用情况。

Bit4-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

0x43

0x44

0x45

R

R

RSSILevelH

RSSILevelL

Sig\_Reduce

RSSI 检测值高 8bit

RSSI 检测值低 8bit

W/R

0x00

Bit7-Bit0

IQ 模式下调整 IQ 路幅度大小；两

点调制模式下调整 Mod2 幅度大

小。

0x46

0x47

W/R

W/R

Phase\_Reduce

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

调整两点调制模式下 Mod1 幅度

大小

Two\_Point\_ Bias

两点调制偏置调整，共 10bit，其

中高 2bit 定义在 reg0x48 的低 2bit

中。

0x48

W/R

Two\_Point\_ Bias

0x00

Bit7

选择 FSKError 输出使能，该 bit

为 1，表示寄存器 0x0F 当前输出

值为 FSKError 统计值，否则位

EVM 统计值。

Bit6-Bit2

Bit1-Bit0

保留

两点调制偏置调整，共 10bit，其

中低 8bit 定义在 reg0x47 中。

限制发送频偏门限值，共 16bit，

该寄存器为其中高 8bit。当发送频

偏高于该值时候，均以该值输出。

限制发送频偏门限值，共 16bit，

该寄存器为其中低 8bit。当发送频

偏高于该值时候，均以该值输出。

自定义数据类型帧（DataType 为

1011）的编解码类型选择：

00 表示 BPTC96 编解码；

01 表示卷积 3/4 编解码；

10 表示无编解码；

0x49

0x4A

0x4B

DEV\_LIMITERH

DEV\_LIMITERL

Code\_Type1

0xFF

0x00

0x00

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit6

W

W/R

74



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

11 表示 BPTC72 编解码；

自定义数据类型帧（DataType 为

1100）的编解码类型选择：

00 表示 BPTC96 编解码；

01 表示卷积 3/4 编解码；

10 表示无编解码；

Bit5-Bit4

11 表示 BPTC72 编解码；

自定义数据类型帧（DataType 为

1101）的编解码类型选择：

00 表示 BPTC96 编解码；

01 表示卷积 3/4 编解码；

10 表示无编解码；

Bit3-Bit2

Bit1-Bit0

11 表示 BPTC72 编解码；

自定义数据类型帧（DataType 为

1110）的编解码类型选择：

00 表示 BPTC96 编解码；

01 表示卷积 3/4 编解码；

10 表示无编解码；

11 表示 BPTC72 编解码；

自定义数据类型帧（DataType 为

1111）的编解码类型选择：

00 表示 BPTC96 编解码；

01 表示卷积 3/4 编解码；

10 表示无编解码；

0x4C

W/R

Code\_Type2

Bit7-Bit6

11 表示 BPTC72 编解码；

保留

Bit5-Bit3

Bit2

data\_embrc\_ctrl

数据控制帧 EMB 区域插入 RC 信

息选择控制，写 0 表示选择直接从

CPU 获取，写 1 表示内部进行Ｒ

Ｃ编码处理

data\_embrc\_en

Bit1

Bit0

数据帧SYNC 区域嵌入RC 信息控

制使能，写 1 表示有效，写 0 表示

关闭

voice\_burstF\_emb\_ctr

语音 F 帧嵌入式信息选择，写 0

表示直接从 CPU 获取，写 1 表示

内部进行 RC 编码

0x4E

0x4F

R

R

AD\_Bias\_I

AD\_Bias\_Q

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

AD 的 I 路输入直流偏置检测

AD 的 Q 路输入直流偏置检测

DLL

0x50

W/R

LocalDataType

LocalVoD

Bit7-Bit4

每一个发送时隙的 DataType、语

音 A～F 以及 RC 帧类型

Bit3

Bit2

0 表示数据，1 表示语音或者 RC

该位置 1，DataType 为数据帧头时

75



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

表示数据 2 头，否则数据头。对其

他帧类型无用。

LocalLCSS

Bit1-Bit0

Bit7-Bit4

每一个发送时隙的 LCSS

若接收到数据帧则表示接收到的

DataType ； 若 接 收 到 语 音 帧 则

Bit6-Bit4 表示接收到的语音 A、B、

C、D、E、F 帧（分别用 123456

表示）,Bit7 为 1。

0x51

R

DLLRecvDataType

DLLRecvPI

Bit3

Bit2

接收到的 PI

DLLRecvCRC

接收到的数据校验结果，0 为正

确，1 为错误

SyncClass

Bit1-Bit0

00 表示无同步头，01 表示语音，

10 表示数据，11 表示 RC

接收到的 CC

0x52

0x52

R

DLLCC

CACH

Bit7-Bit4

Bit3

芯片接收获取到的 AT

芯片接收获取到的 TC

芯 片 接 收 获 取 到 的 CACH 的

LCSS[1:0]

Bit1-Bit0

W

R

CACH

Bit3

芯片 BS 下行发送配置字 AT

芯片 BS 下行发送配置字 TC

RC 信息的高 8bit 或帧 F 信息的超

帧序号

Bit2

0x53

RC\_Info

RC\_Info

Bit7-Bit0

0x54

0x55

R

Bit7-Bit6

Bit5-Bit3

Bit2-Bit0

语音帧 EMB 区域的 LCSS 信息

保留

RC 信息的低 3 位或帧 F 信息的算

法 ID

R

Check\_sum\_reg

Bit7

保留

Bit6

CRC8 error flag

Bit5

gdout check error

Bit4

qr check error

Bit3

cs check error

Bit2

crc16 check error

Bit1

crc 24 check error

Bit0

crc 9 check error

0x5F

W/R

Sync\_Detect\_Ctrl

Bit7-Bit4

二层模式下对应四组同步帧序列

可检测控制使能，1 表示可检测，

0 表示不可以检测。

Bit7：MS

Bit6：BS

Bit5：TDMA1

Bit4：TDMA2

保留

R

Recv\_Sync\_Type

Bit1-Bit0

接收到的同步帧序列类型

76



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

00：MS

01：BS

10：TDMA1

11：TDMA2

CCL

0x60

TransControl

Bit7-Bit6

Bit5-Bit0

10 表示语音发送请求，01 表示数

据发送请求

保留

0x61

0x62

0x63

LocalDestAdrressL

LocalDestAdrressM

LocalDestAdrressH

0x03

0x00

0x00

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

本机呼叫目的地址低 8Bit

本机呼叫目的地址中 8Bit

本机呼叫目的地址高 8Bit

中断和数

据

0x81

0x82

W

R

InterClass1Mask

InterRequestDeny

Bit7-Bit0

Bit7

0x82 表述的中断类型的 Mask，对

应 bit 为 0 则屏蔽该中断。

DMR 模式下表示发送请求拒绝；

FM 模式下表示发送数据请求中

断。

InterSendStart

InterSendStop

Bit6

Bit5

DMR 模式下 1 表示发送开始；

MSK 模式下 1 表示发送乒乓缓存

半满中断。

DMR 模式下 1 表示发送结束；

MSK 模式下 1 表示 PHY 发送结束

中断。

InterLateEntry

InterRecvData

Bit4

Bit3

DMR 模式下 1 表示后接入；

MSK模式下1表示应答响应中断。

DMR 模式下 1 表示接收数据控制

帧类型；

MSK 模式下 1 表示接收中断。

DMR 模式下表示接收信息；

FM 模式下表示 FM 功能接收检测

中断。

InterRecvMessage

InterQuit

Bit2

Bit1

DMR 模式下语音异常退出中断；

FM 模式下表示接收数据中断。

1 表示物理层单独工作接收终端

按照比特位清空相应的中断寄存

器。

InterPHYOnly

InterClear

Bit0

0x83

W

Bit7-Bit0

Bit7: 发送请求拒绝

Bit6: 发送开始

Bit5: 发送结束

Bit4: 语音后接入中断

Bit3: 收到数据控制帧

Bit2: 收到短信

Bit1: 异常退出

Bit0: 物理层单独工作接收中断

77



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

0x84

R

SendStartVoice

Bit7

语音发送

SendStartCSBK1

KeyUpdateInterp

Over\_VocoderRespon

SendStartData

Bit6

OACSU 请求发送

Bit5

端-端语音加密密钥更新请求中断

AMBE3000 配置返回中断

数据发送

Bit4

Bit3

SendStartDataPart

SendStartDataFull

config\_done\_pulse

SendStartMask

Bit2

数据部分重传

Bit1

数据全部重传

Bit0

声码器初始化中断

0x85

W/R

Bit7-Bit0

SendStart 中断的使能

Bit7: 语音开始

Bit6: Oacsu 请求第一次

Bit5: 语音密钥更新中断

Bit4: VocoderRespon

Bit3: 数据首发

Bit2: 数据部分重传

Bit1: 数据全部重传

Bit0: 声码器初始化中断

发送完全结束，包括语音和数据

无需等待反馈的确认数据包的一

个 fragment 发送完成

语音 OACSU 等待超时

二层模式处理中断，软件配置信息

的最后处理时机控制中断

需要等待反馈的确认数据包的一

个 fragment 发送完成

ShortLC 的接收中断

0x86

R

Tx\_finished

Bit7

Bit6

tx\_complet\_data

tx\_denied\_overtime\_o

rdy\_lst\_interp

Bit5

Bit4

tx\_complet\_confirmed

Bit3

Bit2

tx\_denied\_overtime\_bs

lost\_gps\_pps

Bit1

BS 激活超时中断

Bit0

GPS 秒脉冲丢失中断

SendStop 中断的使能

Bit7: 发送结束，包括数据和语音

Bit6: 无需等待反馈的确认数据包

的一个 fragment 发送完成

Bit5: Oacsu 请求超时

SendStopMask

Bit7-Bit0

Bit4: 二层模式处理中断

Bit3: 需要等待反馈的确认数据包

的一个 fragment 发送完成

Bit2: ShortLC 接收中断

Bit1: BS 激活超时

Bit0: GPS 秒脉冲丢失中断

1 表示 DMR 对声码器的自动初始

化完成

0x88

R

config\_done\_auto

config\_done\_force

Bit7

Bit6

1 表示 DMR 对声码器的自动初始

化未完成

78



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

key\_update\_interp

emb\_update\_interp

embF\_update\_interp

Bit5

Bit4

Bit3

语音加密密钥更新中断

语音加密 EMB 区域更新中断

F 帧 EMB 信息发送中断

Bit2- Bit1 保留

FIFO\_FULL

Bit0

MCU 写 PCM 数据给 HR\_C6000

的空满标志位，当该 bit 为 1 时候，

表示 fifo 已经写满。MCU 停止向

fifo 中继续送数据，直到该 bit 为 0

后才能继续送数据。

0x89

0x90

W/R

rf\_tx\_interp\_mask

rf\_rx\_interp\_mask

Bit7

Bit6

发送开始射频中断掩码

发送结束射频中断掩码

R

R

Bit5- Bit0 同步字段误码统计结果

RecvDataCRC

Bit7

数据接收中的整个 Fragment 的

32bit CRC 校验结果，1 为正确，0

为出错。

非确认短信异常错误标志。为 1

则表示对应中断为非确认短信异

常错误产生。

Bit5

FM 模式下 FM 功能接收检测中断

保留

Bit4

Bit3-Bit0

保留

0x98

W/R

R

voice\_lostmask

Bit7~Bit5 语音异常中断掩码

Bit2~Bit0 语音异常中断类型

voice\_abnormal\_state

Bit2 ： 时 隙

1

语 音 统 计

voice\_sync\_lost 时间超时后给出异

常中断

Bit1 ： 时 隙

0

语 音 统 计

voice\_sync\_lost 时间超时后给出异

常中断

Bit0：三层模式语音接收失同步后

给出的异常中断

0x93

0x94

0x95

R

R

R

decode\_flag[7:0]

decode\_flag[15:8]

decode\_flag[19:16]

Bit7- Bit0 5-tone 模式：decode\_flag [19:0]为

Bit7- Bit0 5-tone 解调输出；

Bit3- Bit0 2-tone 模式：decode\_flag[11:8]为

2-tone 中 的 长 音 输 出 ；

decode\_flag[7:0]为 2-tone 中的两

音输出；

CTCSS/CDCSS

模

式

：

decode\_flag[0]为扬声器开启使能；

DTMF 模式： decode\_flag[4]为

DTMF 接收解调结束状态标志；

decode\_flag[3:0]为 DTMF 解码输

出；

79



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

XTCSS 模 式 ： decode\_flag[9] 为

XTCSS 个 呼 标 志 寄 存 器 ；

decode\_flag[8]为 XTCSS 全呼标志

寄存器；decode\_flag[7:0]为 XTCSS

解调类型标志寄存器。

Bit7- Bit4 保留

MSK 接

0x96

0x97

R

R

Bit7-Bit0

接收的数据比特长度。

收状态

Bit7- Bit6 保留

TrainCodewordFlag

TrainErrorBitNum

Bit5

0：数据码字。

1：带同步序列码字。

Bit4- Bit0 表示训练序列的错误比特数(范围

0-31)。只有在 TrainCodewordFlag

为 1 时才有效。

FM

0xa0

0xa1

subvoice\_dev\_coef

fm\_mod

0x0e

0x08

Bit7- Bit0 subvoice\_dev\_coef，亚音频调制频

偏

W/R

Bit7

Bit6

Bit5

Bit4

Bit3

Bit2

Bit1

Bit0

保留，需要配置成 0

MSK 模式

5-Tone

2-Tone

CTCSS

CDCSS

DTMF

XTCSS

0xa2

W/R

0x10

Bit7- Bit6 选择 XTCSS 发送信令长度

Bit5- Bit4 选择是否发送 CTCSS 净噪尾音，

以及配置相位翻转角度；

Bit3

Bit2

Bit1

Bit0

CDCSS 发送相位正反

CDCSS 接收相位正反

CDCSS 发送尾音关闭码使能

选择是否发送 XTCSS 结束信息

0xa3

0xa4

W/R

W/R

intertone\_time

0x05

0x05

Bit7- Bit0 2-tone/5-tone 模式：Selcall 相邻两

帧间隙时长（step = 100ms）；

DTMF 模式 ：DTMF 相邻两帧间

隙时长（step = 2ms）；

first\_tone\_length

Bit7- Bit0 2-tone 模式：2-tone 第一音发送、

接收时长（step = 100ms）；

5-tone 模式：5-tone 各单音发送、

接收时长（step = 100ms）；

DTMF 模式： 单个 DTMF 码发送

时间（step = 2ms）；

0xa5

0xa6

W/R

W/R

second\_tone\_length

long\_tone\_length

0x05

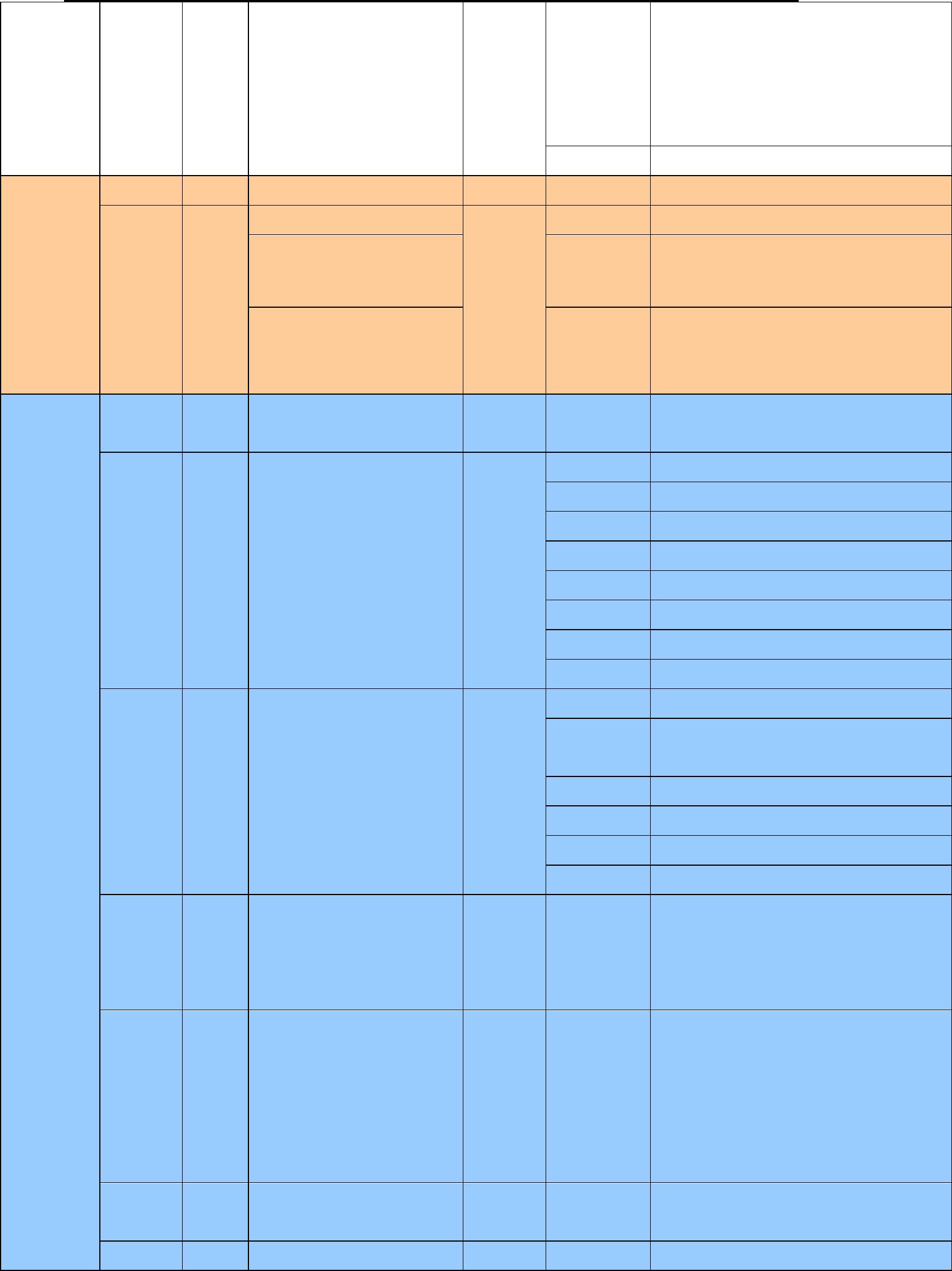
0x0a

Bit7- Bit0 2-tone 第二音发送、接收时长（step

= 100ms）

Bit7- Bit0 2-tone 长音解调时长

80



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

0xa7

0xa8

W/R

W/R

FREQ\_AMP\_LIMIT

0x10

Bit7- Bit0 FM 各子模块接收频率能量解调门

限

0x01

Bit7- Bit0 DTMF 模式：DTMF\_tone[7:0]，

DTMF 发送地址；

CTCSS 模式：ctcss\_send\_addr，

CTCSS 发送地址。

0xa9

0xaa

0xab

W/R

W/R

W/R

0x00

0x00

0x00

Bit7- Bit0 DTMF 模式：DTMF\_tone[15:8]，

DTMF 发送地址；

XTCSS 模式：xtc\_send\_hi，XTCSS

发送地址。

Bit7- Bit0 DTMF 模式：DTMF\_tone[23:16]，

DTMF 发送地址；

XTCSS 模 式 ： xtc\_send\_low ，

XTCSS 发送类型。

Bit7- Bit0 DTMF 模式：DTMF\_tone[31:24]，

DTMF 发送地址；

CDCSS 模 式 ： dcs\_code[7:0] ，

CDCSS 发送编码的低 8 位。

0xac

W/R

0x00

0x00

Bit7- Bit0 DTMF 模式：DTMF\_tone[39:32]，

DTMF 发送地址；

CDCSS 模 式 ： dcs\_code[8] ，

CDCSS 发送编码的最高位，Bit0

表示。

0xad

0xae

0xaf

W/R

W/R

W/R

Bit7- Bit0 DTMF 模式：DTMF\_tone[47:40]，

DTMF 发送地址；

2-Tone/5-Tone 模式：selcall\_tone

[7:0]，Selcall-tone 发送地址。

Bit7- Bit0 DTMF 模式：DTMF\_tone[55:48]，

DTMF 发送地址；

2-Tone/5-Tone 模式：selcall\_tone

[15:8]，Selcall-tone 发送地址。

Bit7- Bit0 DTMF 模式：DTMF\_tone[63:56]，

DTMF 发送地址；

0x00

2-Tone/5-Tone 模式：selcall\_tone

[19:16]，Selcall-tone 发送地址，

Bit3-Bit0。

其他配置

0xb0

0xb1

0xb2

0xb3

0xb4

0xb5

W/R

W/R

W/R

W/R

W/R

W/R

Ambe1000\_noise\_reg0

Ambe1000\_noise\_reg1

Ambe1000\_noise\_reg2

Ambe1000\_noise\_reg3

Ambe1000\_noise\_reg4

Ambe1000\_noise\_reg5

0xCE

0xC9

0x32

0xE8

0xA4

0x06

Bit7- Bit0 配置 AMBE1000 的静噪输出控制

Bit7- Bit0 包的 9 个 byte 参数。

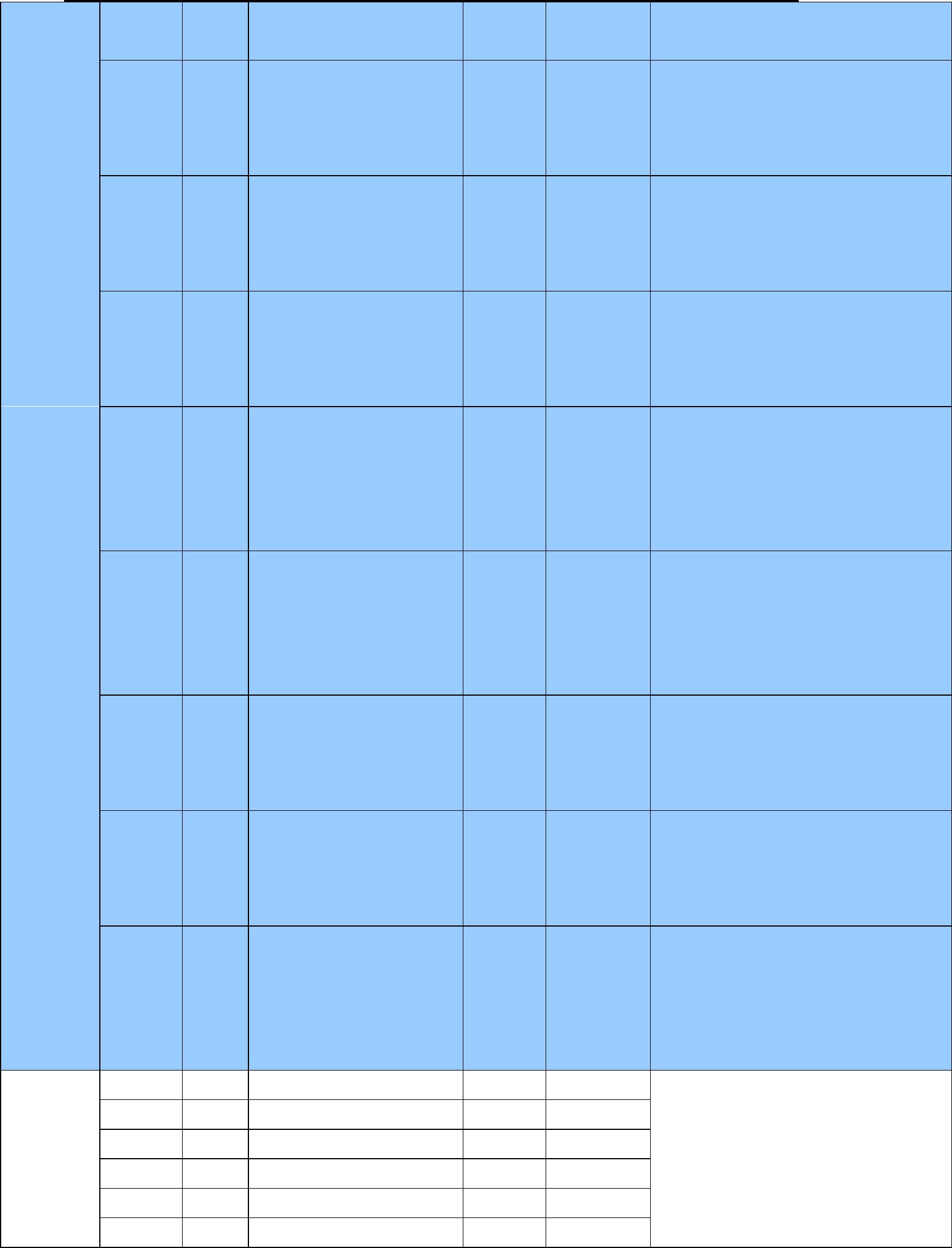
Bit7- Bit0

Bit7- Bit0

Bit7- Bit0

Bit7- Bit0

81



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

0xb6

0xb7

0xb8

0xb9

0xba

0xbb

0xc0

W/R

W/R

W/R

W/R

W/R

W/R

W/R

Ambe1000\_noise\_reg6

Ambe1000\_noise\_reg7

Ambe1000\_noise\_reg8

Sys\_clk\_Reg

0x2C

0xF7

0xB4

0x05

0x04

0x02

0x00

Bit7- Bit0

Bit7- Bit0

Bit7- Bit0

时钟配置

Bit7- Bit0 配置系统时钟频率

Bit7- Bit0 配置内置 codec 工作时钟的频率

Bit7- Bit0 配置输出时钟工作频率

Bit7- Bit6 保留

Codec\_clk\_Reg

ClkOut\_Reg

rf\_pre\_on\_rx

Bit5- Bit0 射频发切换到收中断位置提前可

配，递增步长为约 100μs。

0xc1

W/R

RF\_LEVEL

0x00

Bit7

RF\_LEVEL 控制选择，0 表示由芯

片内部产生，1 表示由 MCU 外部

配置写入

Bit6

Bit5

外部 MCU 配置的 RF\_LEVEL 值

三层模式下 30ms 时隙中断开放使

能

Bit4- Bit0 保留

Bit7 Codec 的 mic 增益 AGC 控制使能，

1 表示开启，0 表示关闭

0xc2

W/R

Codec\_AGC\_CTRL

0x00

Bit6- Bit0 保留

0xc3

0xc4

W/R

W/R

CODEC\_OPTIMALH

CODEC\_OPTIMALL

Bit7- Bit0 Codec 输出最佳幅度值高 8 位，获

取 Codec 输出幅度均值高 8 位

Bit7- Bit0 Codec 输出最佳幅度值低 8 位，获

取 Codec 输出幅度均值低 8 位

0xc5

0xc6

0xc7

W/R

W/R

W/R

CODEC\_LOWLEVELH

CODEC\_LOWLEVELL

RF\_3TC\_ON

0x00

0x64

0x00

Bit7- Bit0 Codec 输出最低幅度值高 8 位

Bit7- Bit0 Codec 输出最低幅度值高 8 位

Bit7

Bit6

管脚复用控制

1 表示 RF\_3TC 开启在 30ms 时隙

边界之后；0 表示 RF\_3TC 开启在

30ms 时隙边界之前；

Bit5- Bit0 根据 Bit6 定义，相对 30ms 边界的

提前或延时的时间量设置，递增步

长为约 100μs。

RF\_3TC\_OFF

0x00

Bit7

Bit6

保留

1 表示 RF\_3TC 关闭在 30ms 时隙

边界之后；0 表示 RF\_3TC 关闭在

30ms 时隙边界之前；

Bit5- Bit0 根据 Bit6 定义，相对 30ms 边界的

提前或延时的时间量设置，递增步

长为约 100μs。

0xc9

W/R

RF\_5TC\_ON

0x00

Bit7

Bit6

管脚复用控制

1 表示 RF\_5TC 开启在 30ms 时隙

边界之后；0 表示 RF\_5TC 开启在

30ms 时隙边界之前；

82



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

Bit5- Bit0 根据 Bit6 定义，相对 30ms 边界的

提前或延时的时间量设置，递增步

长为约 100μs。

0xca

0xcb

0xcc

W/R

W/R

W/R

RF\_5TC\_ OFF

RF\_ANT\_ON

RF\_ANT\_OFF

0x00

0x00

0x00

Bit7

Bit6

保留

1 表示 RF\_5TC 关闭在 30ms 时隙

边界之后；0 表示 RF\_5TC 关闭在

30ms 时隙边界之前；

Bit5- Bit0 根据 Bit6 定义，相对 30ms 边界的

提前或延时的时间量设置，递增步

长为约 100μs。

Bit7

Bit6

管脚复用控制

1 表示 RF\_ANT 开启在 30ms 时隙

边界之后；0 表示 RF\_ANT 开启在

30ms 时隙边界之前；

Bit5- Bit0 根据 Bit6 定义，相对 30ms 边界的

提前或延时的时间量设置，递增步

长为约 100μs。

Bit7

Bit6

保留

1 表示 RF\_ANT 关闭在 30ms 时隙

边界之后；0 表示 RF\_ANT 关闭在

30ms 时隙边界之前；

Bit5- Bit0 根据 Bit6 定义，相对 30ms 边界的

提前或延时的时间量设置，递增步

长为约 100μs。

0xcd

0xce

W/R

W/R

RF\_3RC\_ON

RF\_3RC\_OFF

0x00

0x00

Bit7

Bit6

管脚复用控制

1 表示 RF\_3RC 开启在 30ms 时隙

边界之后；0 表示 RF\_3RC 开启在

30ms 时隙边界之前；

Bit5- Bit0 时间量设置，递增步长为约 100μs。

Bit7

Bit6

保留

1 表示 RF\_3RC 关闭在 30ms 时隙

边界之后；0 表示 RF\_3RC 关闭在

30ms 时隙边界之前；

Bit5- Bit0 根据 Bit6 定义，相对 30ms 边界的

提前或延时的时间量设置，递增步

长为约 100μs。

0xcf

W/R

W/R

RF\_5RC\_ON

RF\_5RC\_OFF

0x00

0x00

Bit7

Bit6

管脚复用控制

1 表示 RF\_5RC 开启在 30ms 时隙

边界之后；0 表示 RF\_5RC 开启在

30ms 时隙边界之前；

Bit5- Bit0 时间量设置，递增步长为约 100μs。

0xd0

Bit7

Bit6

保留

1 表示 RF\_5RC 关闭在 30ms 时隙

83



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

边界之后；0 表示 RF\_5RC 关闭在

30ms 时隙边界之前；

Bit5- Bit0 根据 Bit6 定义，相对 30ms 边界的

提前或延时的时间量设置，递增步

长为约 100μs。

FM 亚音

0xd1

0xd2

0xd3

W/R

W/R

W/R

dtmf\_code\_width

0x04

0xd0

Bit7- Bit5 保留

控制

Bit4- Bit0 DTMF 发送帧数标志位

Bit7- Bit0 sample\_size[7:0]，FM 各子模块采

样深度

0x07

0x01

0x00

Bit7- Bit5 保留

Bit4

CDCSS 接收地址的最高位

Bit3- Bit0 sample\_size[11:8]，FM 各子模块采

样深度

0xd4

0xd5

W/R

W/R

Bit7- Bit0 CTCSS 模式：CTCSS 接收地址

CDCSS 模式：CDCSS 接收地址低

8 位

XTCSS 模式：XTCSS 接收地址

MSK 模

AcqEnable

1：PHY 进行捕获操作。

0：不起作用。

式

注：此信息为上跳变起作用，因此

PHY 读到 AcqEnable 被 MAC 置 1

之后，立即清 0。

OperationType

ChannelType

Bit6

0：表示空闲状态。

1：表示工作状态。

00：控制信道。

Bit5- Bit4

01：业务信道。

10：数据信道。

11：保留。

0：接收。

TranOrRecFlag

SoftReset

Bit3

Bit2

1：发送。

0：不起作用。

1：复位。

Bit1- Bit0 保留

0xd6

0xd7

W/R

W/R

0x00

0x00

Bit7- Bit6 保留

RemBitNum

Bit5- Bit0 MAC 剩余没有发的 Bit 位。范围

0-63。

MultiMessageTransFlag

Bit7

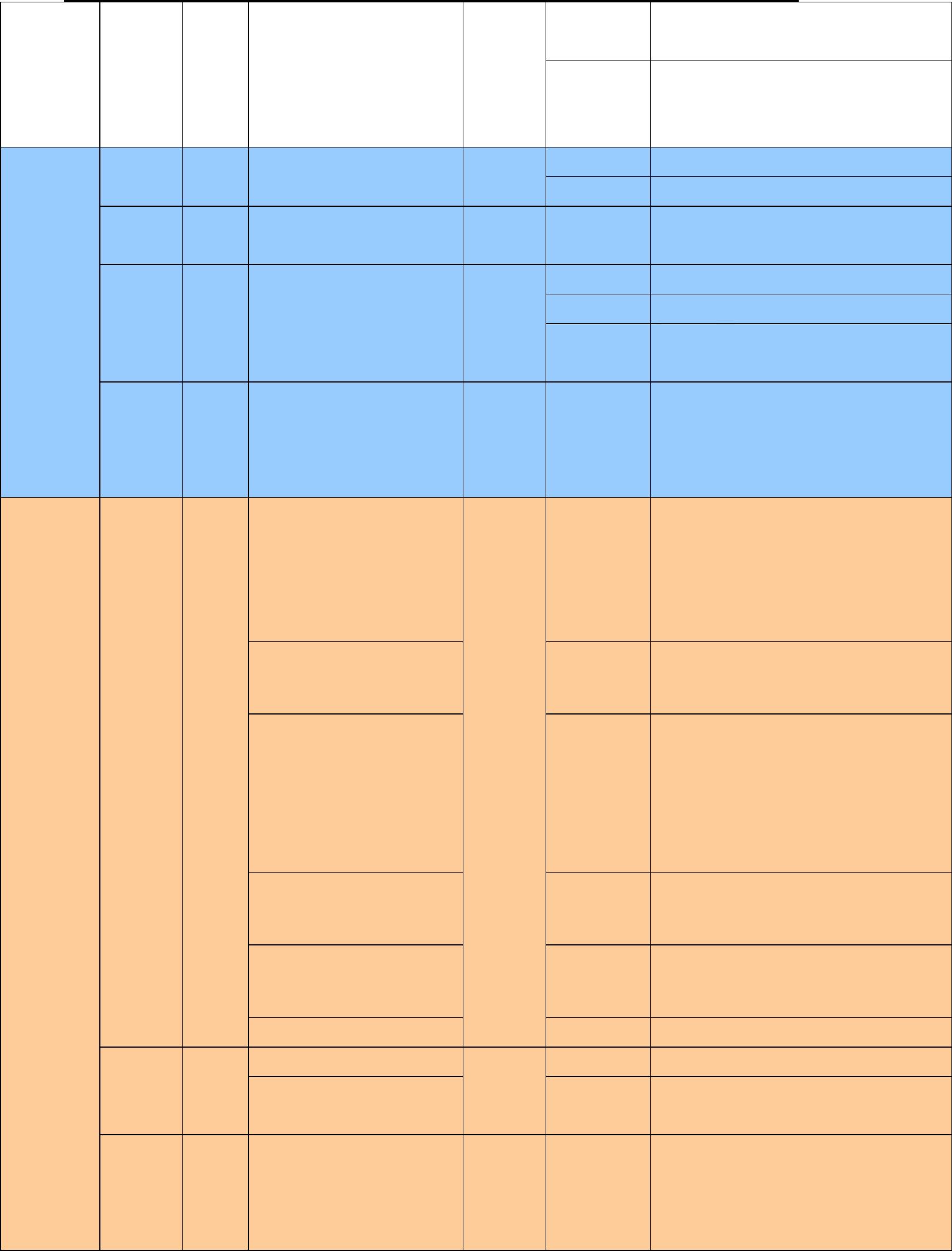
0：不起作用

1：当前码字发完之后，要添加翻

转比特位。

注：此信息为上跳变起作用，因此

84



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

PHY 读到 AcqEnable 被 MAC 置 1

之后，立即清 0。并且只对 PHY

组帧有效。

RxInterMask

Bit6

Bit5

Bit4

Bit3

0:不起作用。

1:接收中断屏蔽。

CtrlDataInterMask

MacFrameEn

0:不起作用。

1:接收中断屏蔽。

0：PHY 组帧。

1：MAC 组帧。

MACTransFinishFlag

0：不起作用。

1：对 PHY 组帧来说当前码字取完

毕之后结束取比特数据。对 MAC

组帧来说当前码字取完并且再取

RemBitNum 长度之后结束取比特

数据。

Unsolicited

0：发送响应信息。

1：主动发送信息。

0：发送 MSK 信令信息。

1：发送 FM 语音。

保留

msk\_voice\_send\_en

Bit0

Bit0

0xdc

0xdd

0xe0

TDMA\_Slot\_Num\_H

TDMA\_Slot\_Num\_L

集群模式下从 short\_lc 信息中获取

Bit7- Bit0 的复帧号

内

置

W/R

Bit7

Codec 配置控制使能。置 1 时候，

CPU 通过寄存器配置控制 Codec

开关；置 0 时候，HR\_C6000 自动

控制 Codec 的开关。

codec

参数配置

Bit6

Bit5

Bit4

Bit3

Bit2

Bit1

Bit0

Linein1 使能控制，1 开启。

Linein2 使能控制，1 开启。

LineOut1 使能控制，1 开启。

LineOut2 使能控制，1 开启。

Mic\_n 使能控制，1 开启；

Mic\_p 使能控制，1 开启；

I2S 模式选择，HR\_C6000 工作在

Slave 模式，应配置为 1。

Default 0

0xe2

W/R

Bit7

Bit6

DAC 开关使能，正常工作模式为

0。

Bit5

Codec 偏置开关使能，正常工作模

式为 0；配置为 1 后，Codec 的 DAC

和 ADC 均不能正常工作。在待机

模式下，该值为 1.

Bit4

Codec 的 ADC 使能开关，正常工

作模式为 0，ADC 不工作时候需

85



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

要配置成 1；

Bit3

Codec 的 ADC 端 Mic 放大模块使

能，正常工作模式为 0，ADC 不

工作时候需要配置成 1.

Bit2

Bit1

Bit0

抗 POP 噪音使能，需要在 DAC 正

常工作 1ms 后配置成 1，在关闭前

10ms 配置成 0。

DAC 输出到功放前的开关，正常

工作模式配置为 1；配置成 0 则

DAC 无法输出到 LineOut。

Codec 的 PowerDown 控制，正常

工作模式下配置为 0；待机时候为

1。

0xe3

0xe4

W/R

W/R

Bit7- Bit6 Default 01

Bit5- Bit4 Default 01

Bit3- Bit1 Default 001

Codec 内部 DAC 和 ADC 直通使

能，置 1 时使能有效，正常工作时

候配置为 0。

Bit7-Bit6

Lineout 输出增益。其中 00 对应

0dB；01 对应 2dB；10 对应 4dB；

11 对应 6dB。

Bit5-Bit4

Bit3-Bit0

Mic 第一级增益。00 对应 0dB；01

对应-6dB；其他对应-12dB

Mic 第二级增益，在第一级增益的

基础上按照 3dB 阶梯递增。其中

0000 最小。

0xe5

0xe6

W/R

W/R

Bit7-Bit1

Bit7

Default: 00001010

HP\_PREV\_EN，默认为 0

HP\_TIME\_SET，默认为 00

POP\_SEL\_EN，默认为 0

保留

Bit6-Bit5

Bit4

Bit3-Bit0

附属参数配置表

类型

DATA

SYNC

地址

名称

缺省值

0xdf

定义

说明

发 送 数 据 同 步 字

段 48bit

0x04 DATA SYNC1

0x05 DATA SYNC2

0x06 DATA SYNC3

0x07 DATA SYNC4

0x08 DATA SYNC5

0x09 DATA SYNC6

0x0a RC SYNC1

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

0xf5

0x7d

0x75

0xdf

0x5d

0xdf

RC

发送 RC 同步字段

SYNC

0x0b RC SYNC2

0xf5

48bit

86



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

0x0c RC SYNC3

0x7d

0x75

0xdf

0x5d

0x00

0x00

0x00

0x00

0x00

0x00

0x00

0x00

0x00

0x00

0x00

0x00

0x00

0x00

0x00

0x00

0x00

0x00

0x00

0xd5

0xd7

0xf7

0x7f

0xd7

0x57

0x00

0x00

0x00

0x00

0x1a

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

0x0d RC SYNC4

0x0e RC SYNC5

0x0f RC SYNC6

0x24 scramble\_reg0

0x25 scramble\_reg1

0x26 dscramble\_reg0

0x27 dscramble\_reg1

0x2A RS\_H\_INITREG0

0x2B RS\_H\_INITREG1

0x2C RS\_H\_INITREG2

0x2D RS\_T\_INITREG0

0x2E RS\_T\_INITREG1

0x2F RS\_T\_INITREG2

0x30 CSBK\_INITREG0

0x31 CSBK\_INITREG1

0x3A DATAH\_INITREG0

0x3B DATAH\_INITREG1

0x3C PI\_INITREG0

0x3D PI\_INITREG1

0x3E MBC\_INITREG0

0x3F MBC\_INITREG1

0x40 CRC8\_INITREG

0x47 DATA SYNC1

0x48 DATA SYNC2

0x49 DATA SYNC3

0x4a DATA SYNC4

0x4b DATA SYNC5

0x4c DATA SYNC6

0x4d CRC9\_INITREG0

0x4e CRC9\_INITREG1

0x4f CRC9\_INITREG2

0x50 CRC9\_INITREG3

0x52 RSSIBottonH

语 音 加 密 初 始 化

寄存器

语 音 解 密 初 始 化

寄存器

语音帧头 RS 校验

初值

帧尾 RS 校验初值

CSBK包CRC16校

验初值

数据帧头 CRC16

校验初值

PI 帧 CRC16 校验

初值

MBC 帧 CRC16 校

验初值

CRC8 校验初值

接收 MS 数据同步

字段 48bit

MS

DATA

SYNC

各 速 率 确 认 短 信

CRC9 校验初值

DMR 模式下，信

号检测阈值高 8 位

DMR 模式下，信

号检测阈值低 8 位

同步帧检测阈值

信 号 到 达 检 测 阈

值

0x53 RSSIBottonL

0xf0

Bit7-Bit0

0x54 MaxValue

0x78

0x67

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

0x55 Sig\_COR\_VALUE

BS

0x56 DATA SYNC1\_1

0x57 DATA SYNC2\_1

0x58 DATA SYNC3\_1

0xdf

0xf5

0x7d

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

接收 BS 数据同步

字段 48bit

DATA

SYNC

87



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

0x59 DATA SYNC4\_1

0x5a DATA SYNC5\_1

0x5b DATA SYNC6\_1

0x5c CRC32\_INITREG0

0x5d CRC32\_INITREG1

0x5e CRC32\_INITREG2

0x5f CRC32\_INITREG3

0x60 GroupAddr\_L1

0x61 GroupAddr\_M1

0x62 GroupAddr\_H1

0x75

0xdf

0x5d

0x00

0x00

0x00

0x00

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

… …

CRC32 校验计算

初值

第 1 组 24bit 组呼

地址

多组呼

地址

… …

… …

0xbd GroupAddr\_L32

0xbe GroupAddr\_M32

0xbf GroupAddr\_H32

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit6

Bit5-Bit0

第 32 组 24bit 组呼

MSK 模 0x12a TrainErrorThreshold

式

捕 获 和 同 步 时 的

训 练 序 列 判 决 门

限。

0x12b DTBeforeTransAndRec

接 收 脉 冲 和 发 射

起 始 脉 冲 之 间 的

延迟。这里配置的

值是以 19.2kHz 采

样 时 钟 为 基 值 假

设配置值为 n，则

延迟时间为 n/19.2

毫秒。

0x12c NT

MAC 组帧到空口

发 送 起 点 的 时 延

差值

0x12d ChannelDelay

业务信道上 TSC

响 应 手 台 主 动 消

息的最大延迟（单

位比特）。

RC

0x12e RC SYNC1

0x12f RC SYNC2

0x130 RC SYNC3

0x131 RC SYNC4

0x132 RC SYNC5

0x133 RC SYNC6

0x77

0xd5

0x5f

0x7d

0xfd

0x77

0xf7

0xfd

0xd5

0xdd

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

接收 RC 同步字段

48bit

SYNC

TDMA1 0x134 DATA SYNC1\_2

接收 TDMA1 数据

同步字段 48bit

SYNC

0x135 DATA SYNC2\_2

0x136 DATA SYNC3\_2

0x137 DATA SYNC4\_2

88



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

0x138 DATA SYNC5\_2

0x139 DATA SYNC6\_2

0xfd

0x55

0xd7

0x55

0x7f

0x5f

0xf7

0xf5

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

Bit7-Bit0

TDMA2 0x13a DATA SYNC1\_3

接收TDMA2 数据

同步字段48bit

SYNC

0x13b DATA SYNC2\_3

0x13c DATA SYNC3\_3

0x13d DATA SYNC4\_3

0x13e DATA SYNC5\_3

0x13f DATA SYNC6\_3

附录：

A FM通路具体使用说明

A1 提示音通路

A1.1 参数配置

提示音主要包括开机铃声，来电、来信铃声等。

配置0x06[2]，选择内置或外置Codec。

2

当使用外置Codec 时，需要配置0x36[7]＝0，用于开启与外置Codec I S 接口相连

的BCLK、LRCK 信号；配置寄存器0x30、0x31 用于BCLK 频率的确定，配置寄

2

存器0x32、0x33 用于LRCK 频率的确定，具体确定方法见外置Codec I S 接口读

写时序。

当使用内置Codec 时，配置寄存器0x0D＝0x10，内置Codec 在正常工作模式并且

由系统自动控制其AD/DA 开关，当内置Codec 不工作时可以通过修改该寄存器配

置进入低功耗状态；配置寄存器0x0E＝0x8E，开启MicEn、HPoutEn、LineoutEn，

默认HPoutVol 为0db，可以根据实际调节；配置寄存器0x0F＝0xB8，默认ADLinVol

与MicVol 为0dB，可以根据实际调节；配置寄存器0x38＝0x00，不做任何修改。

配置寄存器0x37＝0x00，不改变DACDATA 的大小。

配置0x06[1]＝1，开启提示音通路。

此后需立即通过操作U\_SPI 接口写数据给Codec 实现提示音放音。

提示音结束，需立即配置0x06[1]＝0，关闭提示音通路。

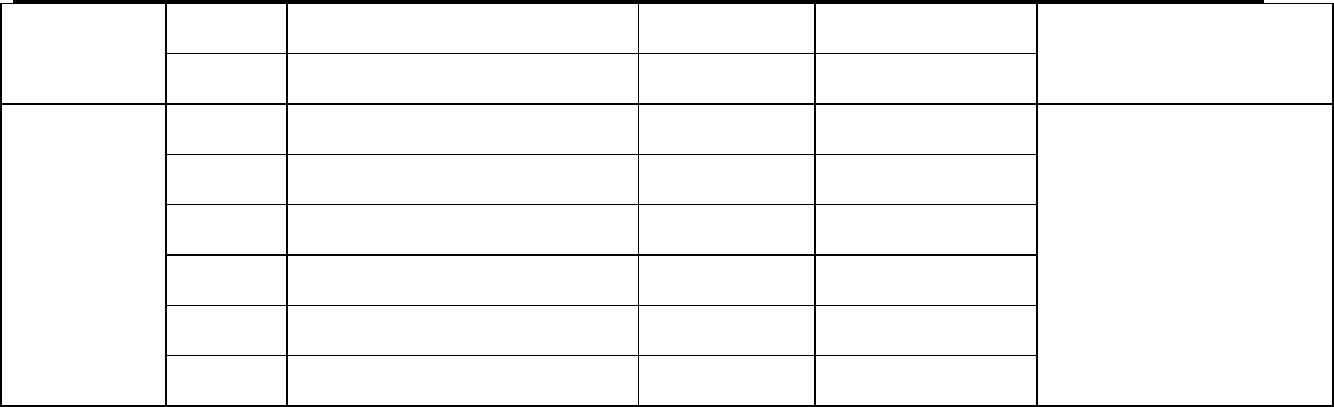
A1.2 使用说明

通过操作U\_SPI 接口，写数据给Codec，实现提示音的放音。

U\_SPI 接口帧格式与要求

图A.1 提示音操作U\_SPI 接口帧格式

89



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

其中：Cmd=8’h03，Addr=8’h00，由于一个DACDATA 为16bits，所以需要64 个8bits DATA。

提示音通路内部缓存深度为64，通过MCU 操作提示音通路为：首先打开提示音通路，

然后每1ms MCU 读取寄存器0x88[0]，当寄存器值为0 时，MCU 通过U\_SPI 连续写32 个

DACDATA 给HR\_C6000，提示音结束关闭此通路。

A2 模拟通路

A2.1 参数配置

配置0x06[1]＝0，0x10[7]＝1，关闭提示音通路，开启FM 通路；

配置0x06[2]，选择内置或外置Codec。

选择内置或者外置 Codec 后，需要对内置或者外置 Codec 相关寄存器做进一步配

置，具体见提示音通路。

配置寄存器0x37＝0x00，不改变DACDATA 的大小。

A2.2 使用说明

A2.2.1 **CTCSS**

配置0xa1[7:0]＝8’h08 进入CTCSS 模式；

A2.2.1.1 参数配置与初始化

设置CTCSS 亚音发送调制频偏，窄带模式为350Hz，配置0xa0[7:0]＝8’h0d，宽带

模式为600~900Hz，配置0xa0=8’h1a 等；

配置0xa2[5:4]＝2’b01（默认），设置CTCSS 尾音消除相位翻转的类型；

其中：

00 表示尾音消除功能关；01 表示标准相位翻转（240 度）;

10 表示非标准相位翻转(180 度)

配置0x34[1]，设置接收带宽。

设置CTCSS亚音检测门限，宽带模式下配置0xa7[7:0]＝8’h28，窄带模式下为8’h10;

配置0xa8[7:0]＝8’h04，设置CTCSS 亚音发送频率;

CTCSS 一共包含有51 组模拟亚音频率，范围从62.5~254.1Hz，如下表所示：

1

67

2

71.9

9

3

4

77

5

79.7

12

6

7

亚音频率（Hz）

亚音频率（Hz）

亚音频率（Hz）

亚音频率（Hz）

亚音频率（Hz）

74.4

10

82.5

13

85.4

14

8

11

88.5

15

91.5

16

94.8

17

97.4

18

100

19

103.5 107.2

20 21

110.9 114.8 118.8

22 23 24

123

25

127.3 131.8 136.5

26 27 28

141.3 146.2 151.4 156.7 162.2 167.9 173.8

29 30 31 32 33 34 35

179.9 186.2 192.8 203.5 210.7 218.1 225.7

36 37 38 39 40 41 42

90



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

49

亚音频率（Hz）

亚音频率（Hz）

亚音频率（Hz）

233.6 241.8 250.3 69.3

43 44 45 46

62.5

47

159.8 165.5

48

171.3 177.3 183.5 189.9 196.6 199.5 206.5

50 51

229.1 254.1

配置0xd3[7:0]＝8’h07，0xd2[7:0]＝8’hd0，设置CTCSS 解调采样深度，默认为2000

（8KHz，250ms）；

配置0xd4[7:0]＝8’h04，设置CTCSS 接收频率，与上表相对应；

A2.2.1.2 发送与接收

发送：当 PTT 按键按下后，系统判断当前状态是否处于 CTCSS 模式（0xa1[7:0]

＝8’h08），如果是，则将调制频偏为 350Hz 的亚音信号加载在语音上一同输出。

在 PTT 释放的时刻，如果开启了尾音消除功能，则经过相位翻转后的亚音信号将

继续发送大约155ms；

接收：CTCSS 接收模式下，系统解调空中信号亚音频率，如果与预设的地址相匹

配，则寄存器0x93[0]将被自动置高；MCU 在接收到FM 中断后，判断该bit 的状

态选择开启（0x36[7:0]＝8’h72）或者关闭扬声器（0x36[7:0]＝8’h80）；

A2.2.2 **CDCSS**

配置0xa1[7:0]＝8’h04 进入CDCSS 模式；

A2.2.2.1 参数配置与初始化

设置 CDCSS 亚音发送调制频偏，窄带模式为 350Hz，配置 0xa0[7:0]＝8’h03；宽

带模式为600~900Hz 之间，配置0xa0＝8’h06；

配置0xa2[3:1]＝3’b001（默认），设置CDCSS 信号标准；

0xa2[3]： “1” 为CDCSS 发送相位反， “0”为正；

0xa2[2]： “1” 为CDCSS 接收相位反， “0”为正；

0xa2[2]： “1” 为CDCSS 发送尾音关闭码功能开启；

“0” 为发送尾音关闭码功能关闭；

配置0xac[0]=0，0xab[7:0]＝8’h4c，设置CDCSS 发送码“114”；

配置0xd3[3:0]＝4’h3，0xd2[7:0]＝8’h20，设置CDCSS 解调采样深度，默认为800

（8KHz，100ms）；

配置0xd3[4]=0，0xd4[7:0]＝8’h4c，设置CDCSS 接收码“114”；

配置0x34[1]，配置接收端带宽，该寄存器与CTCSS 共用；

配置0x104[7:0]= 8’h7f，0x103[7:0]= 8’h49，0x102[7:0]= 8’h9d，设置CDCSS 尾音

关闭码检测解调系数。默认为24bit的十进制数8341917，对应的检测频率为134.4Hz

单音（标准）。由公式：2\*COS(2\*π\*134.4Hz/8000Hz 采样时钟)经过2^22 量化后得

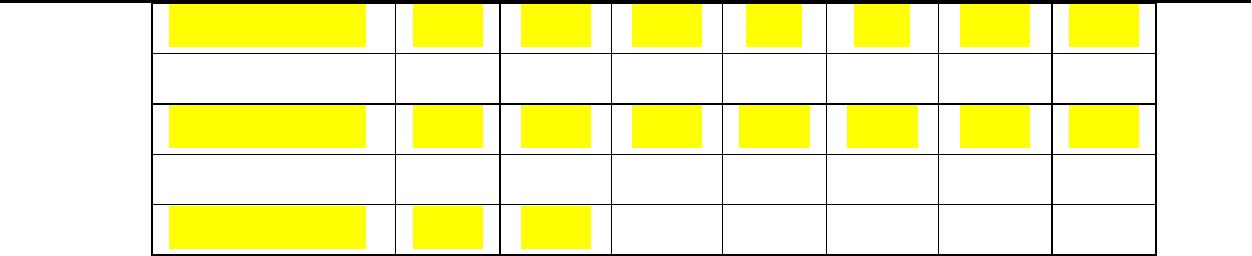
到；

A2.2.2.2 发送与接收

发送：PTT 有效时，调制频偏为350Hz 的CDCSS 信号伴随语音信号一同发送，在

PTT 释放时，如果尾音关闭码功能开启，则继续发送一段频率为134.4Hz 的单音，

91



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

反之则发送结束；

接收：CDCSS 检测到与接收地址相匹配的CDCSS 码时，则寄存器0x93[0]将被自

动置高；MCU 在接收到FM 中断后，判断该bit 的状态选择开启（0x36[7:0]＝8’h72）

或者关闭扬声器（0x36[7:0]＝8’h80），此处操作与CTCSS 相同；

A2.2.3 **DTMF**

配置0xa1[7:0]＝8’h02 进入DTMF 模式；

A2.2.3.1 参数配置与初始化

配置0xa0[7:0]＝8’h39，设置DTMF 发送调制频偏为1.8KHz；

配置0xa4[7:0]＝8’h32，设置DTMF 信号单次发送时长，默认100ms，可调节的步

进长度为2ms；

配置 0xa3[7:0]＝8’h19，设置 DTMF 相邻帧间隙时长，默认 50ms，可调节的步进

长度为2ms；

配置0xa7[7:0]＝8’h0a，设置DTMF 解调门限；

配置0xaf，0xae，0xad，0xac，0xab，0xaa，0xa9，0xa8，设置DTMF 发送码（最

高支持16 位）。自高向低配置，例如配置“1234”，则为0xaf＝8’h12，0xae＝8’h34；

配置0xd1[4:0]＝5’b00100，设置DTMF 发送帧长，例如DTMF 码“1234”的发送

帧长为4；

配置0xd3[3:0]＝4’h4，0xd2[7:0]＝8’h20，设置DTMF 解调采样深度，默认为1056

（32KHz，33ms）；

接收解调系数配置：

配置{0x104，0x103，0x102}=24’h7ecd9d (频率697Hz 对应解调值)；

配置{0x107，0x106，0x105}=24’h7e8a34 (频率770Hz 对应解调值)；

配置{0x10a，0x109，0x108}=24’h7e368c (频率852Hz 对应解调值)；

配置{0x10d，0x10c，0x10b}=24’h7dd245 (频率941Hz 对应解调值)；

配置{0x110，0x10f，0x10e}=24’h7c690d (频率1209Hz 对应解调值)；

配置{0x113，0x112，0x111}=24’h7b9f03 (频率1336Hz 对应解调值)；

配置{0x116，0x115，0x114}=24’h7aa7a8 (频率1477Hz 对应解调值)；

配置{0x119，0x118，0x117}=24’h7979f5 (频率1633Hz 对应解调值)；

由公式：2\*COS(2\*π\*待检测频率/32000Hz 采样时钟)经过2^22 量化后得到；

发送频率配置：

配置{0x11b，0x11a}=16’h0593 （频率697Hz 对应相位值)；

配置{0x11d，0x11c}=16’h0629 （频率770Hz 对应相位值)；

配置{0x11f，0x11e}=16’h06d1 （频率852Hz 对应相位值)；

配置{0x121，0x120}=16’h0787 （频率941Hz 对应相位值)；

配置{0x123，0x122}=16’h09ac （频率1209Hz 对应相位值)；

配置{0x125，0x124}=16’h0ab0 （频率1336Hz 对应相位值)；

配置{0x127，0x126}=16’h0bd1 （频率1477Hz 对应相位值)；

配置{0x129，0x128}=16’h0d10 （频率1633Hz 对应相位值)；

由公式：(待发送频率/32000Hz 采样时钟)经过2^16 量化后得到。

DTMF 码与频率对应关系如下表所示：

92



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

A2.2.3.2 发送与接收

发送：PTT 有效时，系统将保存在寄存器0xaf～0xa8 中的DTMF 码发送，发送帧

长由 0xd1[4:0]中指定，DTMF 均为 single 模式，即每次只发送一遍序列码，下次

发送需等到新的PTT 有效；

接收：MCU 在每次FM 中断来临时将寄存器0x93[3:0]中的数据保存在一个队列空

间，当检测到0x93[4] = 1 时，将队列中的信息与软件提前配置的DTMF 接收地址

比较，如果匹配则打开语音通路（0x36[7:0]＝8’h72），反之则关闭扬声器（0x36[7:0]

＝8’h80）。

A2.2.4

Selcall-tone（**2-tone**）

配置0xa1[7:0]＝8’h10 进入2-tone 模式；

A2.2.4.1 参数配置与初始化

配置0xa0[7:0]＝8’h39，设置2-tone 发送调制频偏为1.8KHz；

配置0xa4[7:0]＝8’h05，设置2-tone 第一音发送时长，默认500ms，可调节的步进

长度为100ms；

配置0xa3[7:0]＝8’h05，设置2-tone 相邻帧间隙时长，默认500ms，可调节的步进

长度为100ms；

配置0xa5[7:0]＝8’h05，设置2-tone 第二音发送时长，默认500ms，可调节的步进

长度为100ms；

配置0xa6[7:0]＝8’h0a，设置2-tone 的长音发送时长，默认1000ms，可调节的步进

长度为100ms；

配置0xa7[7:0]＝8’h0a，设置2-tone 解调门限；

配置{0xaf[3:0], 0xae[7:4] }，设置2-tone 发送码，由“A”、“B”、“C”、“D”两两

配对组成或者单独输出作为长音，例如“A-B”或者“long A”；

配置0xd3[3:0]＝4’hc，0xd2[7:0]＝8’h80，设置2-tone 解调采样深度，默认为3200

（32KHz，100ms）；

接收解调系数配置：

配置{0x104，0x103，0x102}=24’h767041 (A 音1981Hz 对应解调值)；

配置{0x107，0x106，0x105}=24’h7ce537 (B 音1124Hz 对应解调值)；

配置{0x10a，0x109，0x108}=24’h7c7b1e (C 音1197Hz 对应解调值)；

配置{0x10d，0x10c，0x10b}=24’h7c0285 (D 音1275Hz 对应解调值)；

93



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

配置{0x110，0x10f，0x10e}=24’h7b7a03 (E 音1358Hz 对应解调值)；

由公式：2\*COS(2\*π\*待检测频率/32000Hz 采样时钟)经过2^22 量化后得到；

发送频率配置：

配置{0x11b，0x11a}=16’h0fd9 （A 音1981Hz 对应相位值)；

配置{0x11d，0x11c}=16’h08fe （B 音1124Hz 对应相位值)；

配置{0x11f，0x11e}=16’h0993 （C 音1197Hz 对应相位值)；

配置{0x121，0x120}=16’h0a33 （D 音1275Hz 对应相位值)；

配置{0x123，0x122}=16’h0add （E 音1358Hz 对应相位值)；

由公式：(待发送频率/32000Hz 采样时钟)经过2^16 量化后得到。

2-tone 码与频率对应关系默认采用CCIR1 标准。

A2.2.4.2 发送与接收

发送：PTT 有效时，系统将保存在寄存器0xaf[3:0], 0xae[7:4]中的2-tone 码发送，

发送格式由0xa3～0xa6 指定，2-tone 均为single 模式，即每次只发送一遍序列码，

下次发送需等到新的PTT 有效；

接收：MCU 在每次FM 中断来临时将寄存器0x93 中的数据与软件预设的两音接收

地址比较，将寄存器 0x94[3:0]中的数据与软件预设的长音接收地址比较，如果其

中有一种匹配，则打开扬声器通路（0x36[7:0]＝8’h72），反之则关闭扬声器（0x36[7:0]

＝8’h80）。

A2.2.5

Selcall-tone（**5-tone**）

配置0xa1[7:0]＝8’h20 进入5-tone 模式；

A2.2.5.1 参数配置与初始化

配置0xa0[7:0]＝8’h39，设置5-tone 发送调制频偏为1.8KHz；

配置0xa4[7:0]＝8’h05，设置5-tone 单次发送时长，默认500ms，可调节的步进长

度为100ms；

配置0xa3[7:0]＝8’h05，设置5-tone 相邻帧间隙时长，默认500ms，可调节的步进

长度为100ms；

配置0xa7[7:0]＝8’h0a，设置5-tone 解调门限；

配置{0xaf[3:0], 0xae，0xad }，设置5-tone 发送码，由“A”、“B”、“C”、“D”、“E”

5 个配对组成，例如“A-B-C-D-E”；

配置0xd3[3:0]＝4’hc，0xd2[7:0]＝8’h80，设置5-tone 解调采样深度，默认为3200

（32KHz，100ms）；

接收解调系数配置：

与上述2-tone 设置相同。

发送频率配置：

与上述2-tone 设置相同。

A2.2.5.2 发送与接收

发送：PTT 有效时，系统将保存在寄存器0xaf[3:0], 0xae，0xad 中的5-tone 码发送，

发送格式由0xa3，0xa4 指定，5-tone 均为single 模式，即每次只发送一遍序列码，

下次发送需等到新的PTT 有效；

94



浙江宏睿通信技术有限公司

用户手册

接收：MCU 在每次FM 中断来临时将寄存器{0x95[3:0]，0x94，0x93}中的数据与

软件预设的 5-tone 接收地址比较，如果匹配，则打开扬声器通路（0x36[7:0]＝

8’h72），反之则关闭扬声器（0x36[7:0]＝8’h80）。

B **ADC** 输入电压与**RSSI** 值关系

低中频450KHz 的DMR 信号，通过RF cable 线直接输入到HR\_C6000 的ADC 端，通

过寄存器得到RSSI 值与ADC 的I 路输入电压之间的关系如图。

AD输入功率与RSSI值关系

2000

1800

1600

1400

1200

1000

800

600

400

200

0

0

0.5

1

1.5

2

2.5

3

3.5

4

4.5

AD输入电压值平方

图B.1 ADC 输入电压平方值同RSSI 值对应关系

95



浙江宏睿通信技术有限公司

AD输入电压与RSSI均方根值关系

用户手册

45

40

35

30

25

20

15

10

5

0

0

0.5

1

2

2.5

AD输入电压值

图 B.2 ADC 输入电压同 RSSI 均方根值对应关系

表 B.1 ADC 输入电压对应 450KHz 的 DMR 输入信号幅度值如下表：

输入信号幅度(dBm)

I 路单端输入电压（V）

RSSI 值

0

-34

-28

-22

-16

-10

-4

0.048

0.080

0.125

0.340

0.560

0.970

1.060

1.200

1.300

1.500

1.660

1.880

2.020

1

4

19

75

294

370

500

628

790

993

1250

1980

3

96

