

# PBRA9011

## W波段单通道波束赋形芯片

一款W波段高度集成的单通道相控阵前端芯片，集成了收发开关、发射通道TX、接收通道RX、COM端口T/R switch、PTAT温度补偿电路、偏置电路以及SPI，面向雷达、数据链等应用

## Data Sheet

Version 1.0 2023/07

## 1. 概述

本款W波段单通道相控阵芯片集成了收发开关、发射通道TX、接收通道RX、COM端口T/R switch、PTAT温度补偿电路、偏置电路以及SPI。其中RX通道集成了低噪声放大器LNA、移相器PS以及两级可变增益放大器VGA1和VGA2；TX通道集成了驱动放大器AMP、PS和功率放大器PA。RX通道可以实现360°移相范围，移相位数为6位，>15.5dB衰减范围，衰减步进0.5dB。RX通道还集成了高精度的相位和增益校准模块，可以对移相和衰减做进一步的校准来提升相位和衰减精度。TX通道可以实现360°移相范围，移相位数为6位。

## 2. 特性

工作频段：92-96GHz

发射增益：25dB

接收增益：29dB

移相：360°，6 位

衰减：0-15.5dB，5 位

尺寸：1.28mm× 1.35mm

封装：WLCSP

## 3. 应用

应用于雷达、导引头、数据链等。

## 4. 原理示意图

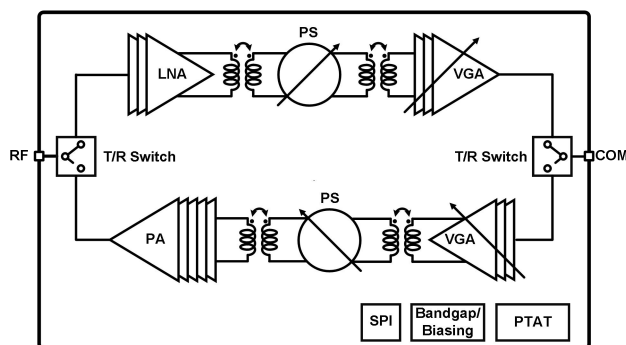


图 1 - 单通道相控阵芯片原理示意图

## 5. 规格

除非特殊说明,电气特性均是在  $AVDD=1.0V$ ,  $AGND=0V$ ,  $VDD=1V$ ,  $DGND=0V$ ,  $DVDDPST=3.3V$ ,  $TA=25^{\circ}$  下测得。所有结果均是在探针测试的结果。

表格1 - 单通道规格参数

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
工作频段	$f_0$	92		96	GHz
发射增益	Gain	0		25	dB
Psat效率			15		%
发射功耗			115		mW
接收增益	Gain	-6		29	dB
接收功耗			90		mW
移相范围		0		360	deg
移相步进			5.625		deg
发射移相 RMS				6	deg
接收移相 RMS				8	deg
发射移相附加调幅		-1		1	dB
接收移相附加调幅		-1		1	dB
衰减范围		0		15.5	dB

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
衰减步进			0.5		dB
接收衰减					dB
接收RMS		0		3.5	deg
接收衰减附加相移					deg

## 5. 典型性能参数

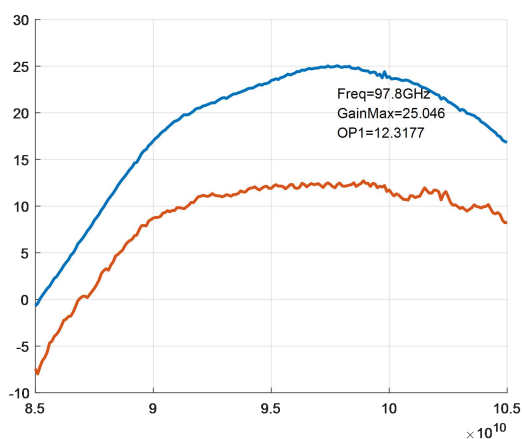


图2 - 发射增益曲线

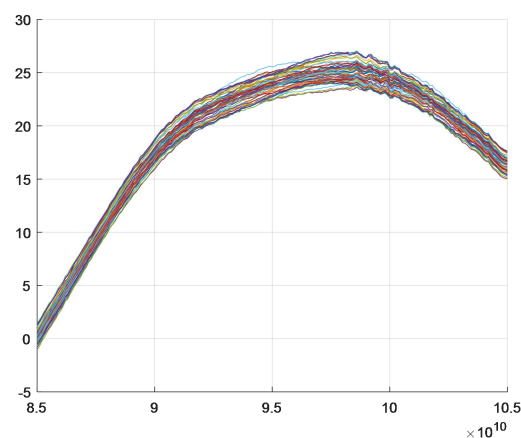


图3 - 发射移相附加调幅

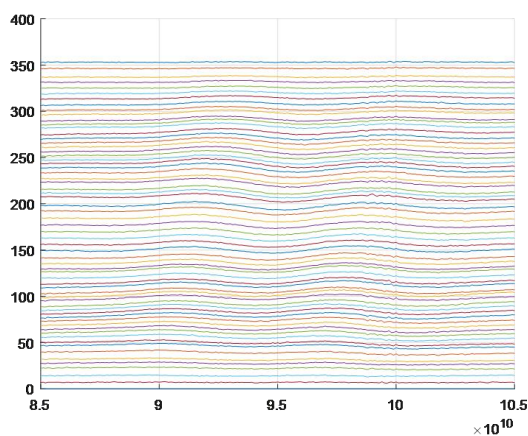


图4 - 发射相移曲线

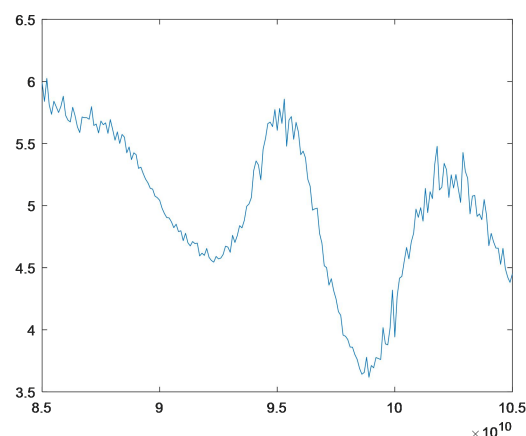


图5 - 发射相移RMS

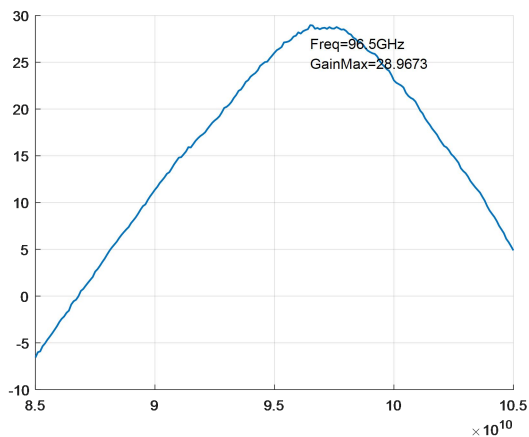


图6 - 发射增益曲线

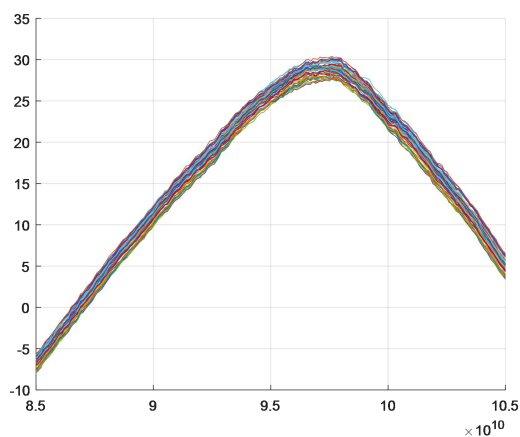


图7 - 接收移相附加调幅

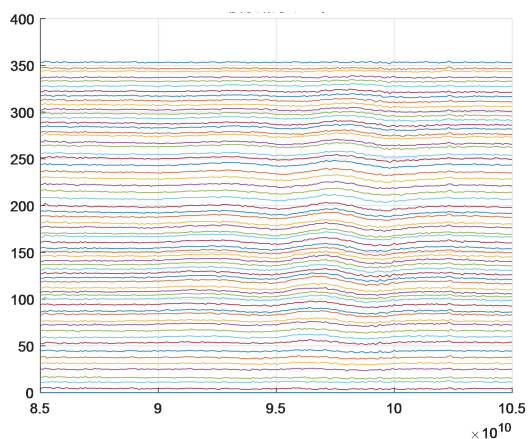


图8 - 接收相移曲线

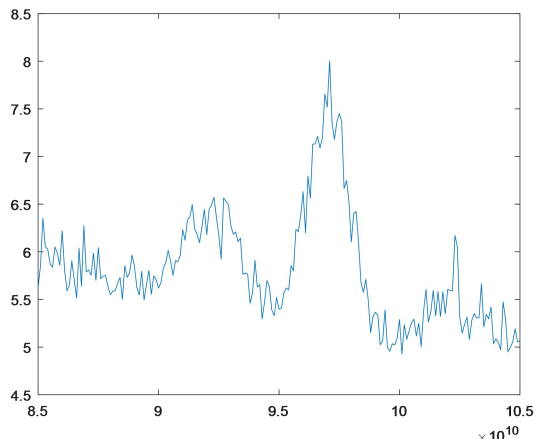


图9 - 接收移相附加调幅

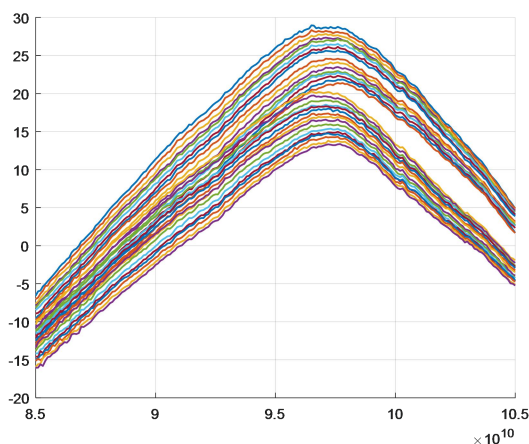


图10 - 接收衰减

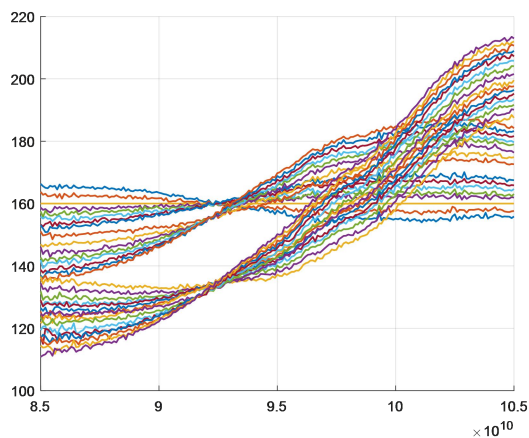


图11 - 接收衰减附加相移

6. 芯片布局

芯片尺寸为长1280um×宽1350um。本芯片集成了开关，共用天线和COM口。RX输入信号从天线口输入，经过RX通道放大从芯片右方COM端口输出，TX输入信号从芯片右方COM端口输入，经过TX通道放大从天线口输出。

芯片焊盘布局如图12所示，包括数字IO焊盘组（数字控制信号和数字电源DVDD3P3，DVDD1P0以及数字地DVSS3P3和DVSS1P0），模拟电源，模拟地。COM口位于芯片的中间，天线口位于芯片的左侧和右侧。

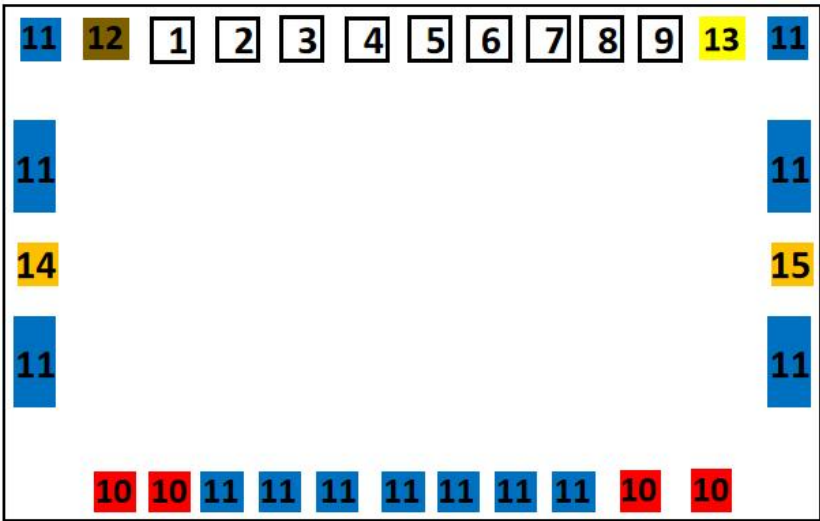


图 12 - 芯片焊盘布局

表格2 - 芯片焊盘布局说明

编号	名称	说明	默认值 (V)
1	CTR_R	接收通道使能信号	置3.3V打开RX通道
2	CTR_T	发射通道使能信号	置3.3V打开TX通道
3	CTR_TRSW	收发通道开关使能信号	3.3V@TX 0V@RX
4	SPI_SDO_I	SPI写信号	
5	SPI_SDO_O	SPI读信号	

编号	名称	说明	默认值 (V)
6	SPI_CLK_I	时钟信号	
7	SPI_CS_I	片选信号	
8	RSTN	复位信号	
9	CLK	时钟信号	
10	AVDD	模拟域电源1V	1
11	AVSS	模拟域地	0
12	DVDD3P3	数字域电源3.3V	3.3
13	DVDD1P0	数字域电源1V	1
14	COM	COM端口	
15	RF1	天线射频口1	

## 7. 控制字说明

芯片外部数字控制信号均为0/3.3V电压，可以直接由FPGA控制，不需要额外的电压转换。模拟域只需加AVDD（1V）和AVSS（地），在测试板上，DVDD3P3，DVDD1P0以及AVSS这三个地可以接在一起。

## 8. T/R切换

收发切换信号（CTR\_TRSW）以及RX（CTR\_R）和TX（CTR\_T）的使能信号为并行控制信号，可通过芯片焊盘直接加电控制。

表格3 - T/R切换说明

	寄存器地址	寄存器名称	默认控制字	描述
CTR_TRSW				控制芯片通道的TR模式切换，置0切换至RX模式，置1切换至TX模式
CTR_T			0	发射通道使能信号置1TX通道偏置被打开
CTR_R			0	接收通道1使能信号置1RX通道偏置被打开

表格4 - T/R切换控制字

	TX模式	RX模式
CTR_TRSW	1	0
CTR_T	1	0
CTR_R	0	1

## 8. 通道通断

表格5 -通道通断说明

	寄存器地址	寄存器名称	默认控制字	描述
CTR_RXPD_C1	0x2B	WQQ3<0>	0	控制Bandgap/PTAT输出栅压，1关闭输出，0正常工作。
CTR_TXPD_C1	0x2B	WQQ3<1>	0	控制Bandgap/PTAT输出栅压，1关闭输出，0正常工作。

## 9. RX模式

表格6 - RX偏置说明

	寄存器地址	寄存器名称	默认控制字	描述
CTR_LNA_C1 <0:4>	0x37	WQI8<0:4>	10101	通道1的LNA偏置控制信号（600-650mV），当需要更高偏置电压，减小该二进制控制码，反之增大该二进制控制码
CTR_VGA_C1 <0:4>	0x36	WQI6<0:4>	10101	通道1的第一级VGA偏置控制信号（600-850mV），当需要更高偏置电压，减小该二进制控制码，反之增大该二进制控制码
CTR_ANT_C1 <0:4>	0x35	WQI4<0:4>	10101	通道1的第二级VGA偏置控制信号（600-650mV），当需要更高偏置电压，减小该二进制控制码，反之增大该二进制控制码

表格7 - RX移相说明

通道1	寄存器地址	寄存器名称	默认控制字	描述
CTR_PSRX_C1 <0:5>	0x32	WQQ17<0:5>	000000	接收通道1移相寄存器



**表格8 - RX衰减说明**

通道1	寄存器地址	寄存器名称	默认控制字	描述
<b>CTR_GAIN_C1 &lt;0:4&gt;</b>	<b>0x2F</b>	<b>WQQ11&lt;0:4&gt;</b>	<b>00000</b>	接收通道1衰减寄存器

## 10. TX模式

**表格9 - TX偏置说明**

	寄存器地址	寄存器名称	默认控制字	描述
<b>CTR_AMP_C1 &lt;0:4&gt;</b>	<b>0x33</b>	<b>WQQ19&lt;0:4&gt;</b>	<b>10101</b> 建议 给更低偏置	通道1的TX Driver级偏置控制信号（600-650mV），当需要更高偏置电压，减小该二进制控制码，反之增大该二进制控制码
<b>CTR_PA_C1 &lt;0:4&gt;</b>	<b>0x34</b>	<b>WQI2&lt;0:4&gt;</b>	<b>01001</b>	通道1的PA偏置控制信号（600-700mV），当需要更高偏置电压，减小该二进制控制码，反之增大该二进制控制码

**表格10 - TX移相说明**

通道1	寄存器地址	寄存器名称	默认控制字	描述
<b>CTR_PSTX_C1 &lt;0:5&gt;</b>	<b>0x31</b>	<b>WQQ15&lt;0:5&gt;</b>	<b>000000</b>	发射通道1移相寄存器

**表格11 - TX衰减说明**

通道1	寄存器地址	寄存器名称	默认控制字	描述
<b>CTR_GAIN_TX _C1&lt;0:4&gt;</b>	<b>0x2E</b>	<b>WQQ9&lt;0:4&gt;</b>	<b>00000</b>	发射通道1衰减寄存器

## 12. 附录

**表格12 - SPI寄存器详细描述**

寄存器名	地址	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
<b>BAG_CTR</b>	<b>0x5A</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>BUF1_TEST</b>	<b>0x01</b>	<b>08</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

寄存器名	地址	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
BUF1_DIV	0x02	08	0	0	0	0	1	0	0	0
BUF1_TX	0x03	08	0	0	0	0	1	0	0	0
BUF1_RX	0x04	08	0	0	0	0	1	0	0	0
BUF2_IN	0x05	08	0	0	0	0	1	0	0	0
BUF2_DIV	0x06	08	0	0	0	0	1	0	0	0
BUF2_TX	0x07	08	0	0	0	0	1	0	0	0
BUF2_RX	0x08	08	0	0	0	0	1	0	0	0
FRONTEND_ICTR	0x09	00	0	0	0	0	0	0	0	0
PA_LNA	0x0A	CC	1	1	0	0	1	1	0	0
DOWN_M	0x0B	3C	0	0	1	1	1	1	0	0
UP_M	0x0C	CC	1	1	0	0	1	1	0	0
IFAMP	0x0D	F0	1	1	1	1	0	0	0	0
DIV	0x0E	07	0	0	0	0	0	1	1	1
VCO	0x0F	02	0	0	0	0	0	0	1	0
ILFD	0x10	1C	0	0	0	1	1	1	0	0
MMD	0x11	08	0	0	0	0	1	0	0	0
PRBS	0x12	0C	0	0	0	0	1	1	0	0
BB_RST	0x13	00	0	0	0	0	0	0	0	0
SW_FRE	0x14	00	0	0	0	0	0	0	0	0
CR_SEL	0x15	00	0	0	0	0	0	0	0	0
DFE_SEL	0x16	05	0	0	0	0	0	1	0	1
WII1	0x17	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WII3	0x18	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WII5	0x19	00	0	0	0	0	0	0	0	0

寄存器名	地址	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
WII7	0x1A	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WII9	0x1B	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WII11	0x1C	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WII13	0x1D	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WII15	0x1E	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WII17	0x1F	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WII19	0x20	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WIQ2	0x21	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WIQ4	0x22	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WIQ6	0x23	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WIQ8	0x24	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WIQ10	0x25	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WIQ12	0x26	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WIQ14	0x27	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WIQ16	0x28	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WIQ18	0x29	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQQ1	0x2A	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQQ3	0x2B	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQQ5	0x2C	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQQ7	0x2D	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQQ9	0x2E	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQQ11	0x2F	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQQ13	0x30	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQQ15	0x31	00	0	0	0	0	0	0	0	0

寄存器名	地址	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
WQQ17	0x32	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQQ19	0x33	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQI2	0x34	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQI4	0x35	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQI6	0x36	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQI8	0x37	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQI10	0x38	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQI12	0x39	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQI14	0x3A	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQI16	0x3B	00	0	0	0	0	0	0	0	0
WQI18	0x3C	00	0	0	0	0	0	0	0	0
SPI_PPI	0x3D	00	0	0	0	0	0	0	0	0
SPI_NPI	0x3E	3F	0	0	1	1	1	1	1	1
SPI_PPQ	0x3F	00	0	0	0	0	0	0	0	0
SPI_NPQ	0x40	3F	0	0	1	1	1	1	1	1
SPI_PPREFI	0x41	3F	0	0	1	1	1	1	1	1
SPI_NPREFI	0x42	00	0	0	0	0	0	0	0	0
SPI_PPREFQ	0x43	3F	0	0	1	1	1	1	1	1
SPI_NPREFQ	0x44	00	0	0	0	0	0	0	0	0
CTR_TAPII	0x45	00	0	0	0	0	0	0	0	0
CTR_TAPIQ	0x46	00	0	0	0	0	0	0	0	0
CTR_TAPQQ	0x47	00	0	0	0	0	0	0	0	0
CTR_TAPQI	0x48	00	0	0	0	0	0	0	0	0
TOP_IN	0x49	30	0	0	0	0	0	0	0	0

寄存器名	地址	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
TOP_SEL	0x4A	30	0	0	0	0	0	0	0	0
TOP_SW	0x4B	30	0	0	0	0	0	0	0	0
DUTY_C	0x4C	30	0	0	0	0	0	0	0	0
QDCC	0x4D	30	0	0	0	0	0	0	0	0
QDCC_PI	0x4E	00	0	0	0	0	0	0	0	0
PWD_I	0x4F	DF	0	0	0	0	0	0	0	0
PWDN_I	0x50	DF	1	1	1	1	1	1	1	1
PWD_Q	0x51	DF	0	0	0	0	0	0	0	0
PWDN_Q	0x52	00	1	1	1	1	1	1	1	1
AMP_IREG	0x53	00	0	1	1	1	0	1	1	1
AMP_QREG	0x54	00	0	1	1	1	0	1	1	1
BACK1	0x55	00	0	0	0	0	0	0	0	0
BACK2	0x56	00	0	0	0	0	0	0	0	0
BACK3	0x57	00	0	0	0	0	0	0	0	0
BACK4	0x58	00	0	0	0	0	0	0	0	0
BACK5	0x59	00	0	0	0	0	0	0	0	0