

# DRV2605 和 DRV2604 触觉效果设计

Flora Wang

Shenzhen OEM Team

## 摘要

目前，越来越多的电子产品开始给用户反馈，不仅向用户传达信息，还增强了用户体验感。最常用的反馈是声的反馈和光的反馈。触觉反馈是区别于听觉反馈，视觉反馈的一种新型反馈技术。触觉反馈技术不仅使产品在声音嘈杂和光线受限的环境里也能灵活自如地与用户进行沟通，还能够改善当前以平面触控为主的操作方式带来的单调的操作体验。DRV2605 和 DRV2604 是德州仪器半导体公司（Texas Instruments）推出的转子马达和线性马达驱动芯片。它们具有自动过驱/制动控制，自动频率追踪，自动故障诊断和自动校正等优势功能，能够加快马达的反应速度，提高震动强度，优化产品的触觉体验感。

本文主要介绍了如何利用 DRV2605 和 DRV2604 设计出多种触觉效果，并且给出了常见的触觉效果设计的例子，使用户了解如何在 DRV2605 和 DRV2604 上获得更多的触觉效果。

<b>1</b>	<b>触觉效果波形组成 .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>如何利用 DRV2605 设计触觉效果 .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>如何利用 DRV2604 设计触觉效果 .....</b>	<b>5</b>
3.1	触觉效果库格式 .....	5
3.2	触觉效果库 Header .....	6
3.3	触觉效果库 Data .....	8
3.3.1	Voltage/Time pair 模式 .....	8
3.3.2	Liner Ramp 模式 .....	10
<b>4</b>	<b>多个触觉效果播放顺序控制方法 .....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>DRV2605/4 触觉效果播放 .....</b>	<b>12</b>
5.1	如何播放 ROM 触觉效果 .....	12
5.2	如何播放 RAM 触觉效果 .....	12
	<b>附录 A 实验平台 .....</b>	<b>13</b>

## 图例

<b>图 1.</b>	<b>Click 触觉效果加速度波形 .....</b>	<b>2</b>
-------------	------------------------------	----------

图 2.	Click 触觉效果的驱动波形.....	3
图 3.	Strong Click 触觉效果马达加速度波形.....	4
图 4.	Sharp Click - 100%触觉效果马达加速度波形.....	4
图 5.	Strong Click 触觉效果驱动电压波形 .....	5
图 6.	Sharp Click-100%触觉效果驱动电压波形.....	5
图 7.	DRV2604 RAM 效果库格式 .....	6
图 8.	不同电压设置下的触觉效果波形 .....	9
图 9.	不同时间设定下的触觉效果波形 .....	10
图 10.	Ramp UP 触觉效果波形.....	11
图 11.	Double Click 触觉效果波形 .....	12

## 表格

表 1.	触觉效果顺序寄存器设置 .....	11
------	-------------------	----

## 1 触觉效果波形组成

DRV2605/4 可以模拟 Click, Pulse, Bump, Ramp up, Ramp down 等多种触觉效果。触觉效果取决于驱动马达的波形。不同的驱动波形给用户带来不同的触觉效果。图 1 显示了 Click 的触觉效果的加速度波形。Click 效果有强, 中等, 微弱等不同的强度; 持续时间可以短促, 长, 较长等不同的时间。这些不同效果取决于不同的驱动电压和驱动时间。

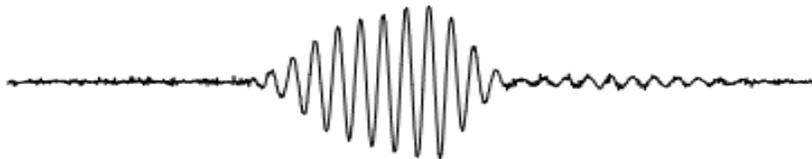


图 1. Click 触觉效果加速度波形

DRV2605/4 驱动线性马达时的驱动波形如图 2 所示。驱动电压波形通常包括三部分：过驱电压，驱动保持电压，制动电压。对应的时间段被称为：过驱时间，驱动保持时间和制动时间。在过驱阶段，DRV2605/4 给马达一个大于额定电压的驱动电压，使马达迅速的起动。马达完成起动后，速度保持恒定，进入一个稳定的状态，该阶段称为驱动阶段。制动阶段，即为 DRV2605/4 给马达一个反向的驱动电压，使得马达能够更快地克服惯性，速度减为零。改变每个阶段的时间和电压，马达转动的加速度就会不同，得到的触觉效果也会不同。

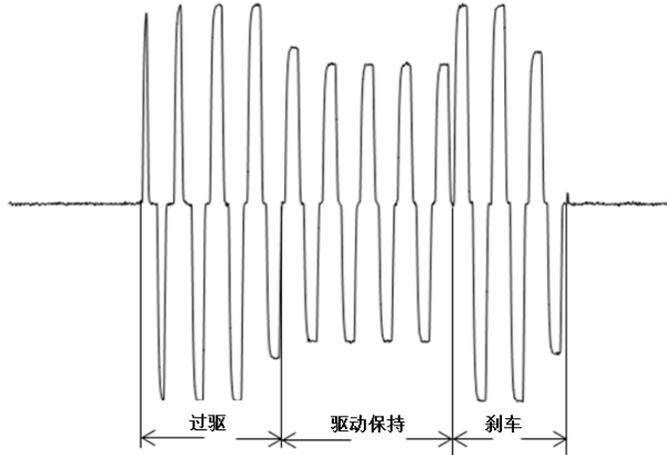


图 2. Click 触觉效果的驱动波形

DRV2605 的 ROM 内置 6 个 Immersion 公司设计的效果库。前 5 个效果库适用于转子马达，第 6 个效果库适用于线性马达。DRV2604 没有内置的 ROM 的效果库，但是提供 2K 的 RAM，用户可以自行设计触觉效果。

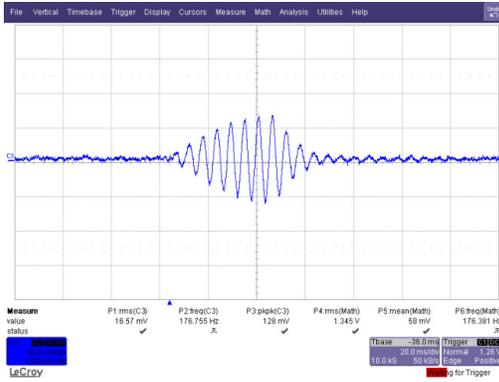
文中所有的波形都是在 DRV2604EVM-CT 上测试，测试波形中各个通道的含义如下：

- C1: OUT+输出波形
- C2: OUT-输出波形
- Math: C1-C2 波形
- C3: 触觉震动马达加速度大小

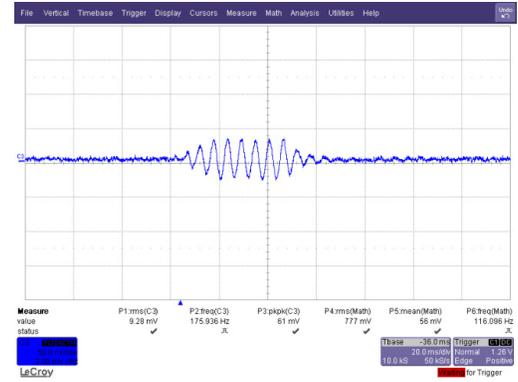
## 2 如何利用 DRV2605 设计触觉效果

利用 DRV2605 设计触觉效果非常简单。DRV2605 内置 6 个震动波形库，每个库中均有 123 种震动波形，均由 Immersion 公司提供。包括 Click, Bump, Tick, Alert, Ramp 等多种触觉效果。用户可以根据 ROM 中的触觉效果自由播放或是组合播放。

图 3 是线性马达效果库的 Strong Click 的震动波形。Strong Click - 100%代表触觉感震动受最强，Strong Click - 60%代表震动强度稍弱，Strong Click - 30%，代表更弱的震动强度。这些不同强度的触觉效果适用于不同场景的场景需求。例如，可以用来为手机短震动设置不同的情景模式。



(a) Strong Click - 100%



(b) Strong Click - 60%

图 3. Strong Click 触觉效果马达加速度波形

图 4 给出了另一种 Click 波形，这种 Click 持续时间为 45ms，上图显示的 Strong Click - 100% 持续时间为 60ms。持续 45ms 的 Click 给人一种短暂的触觉效果，因而我们称之为 Sharp Click - 100%。

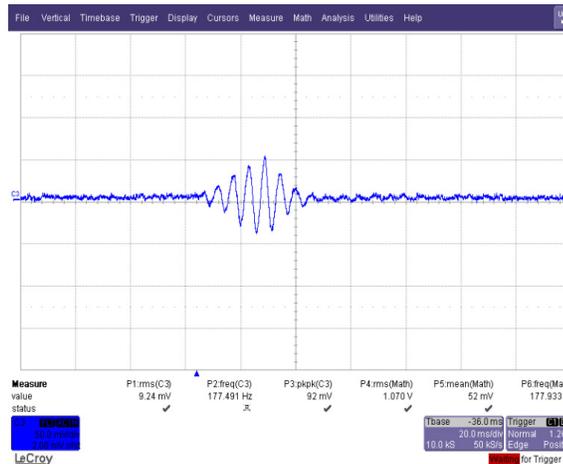
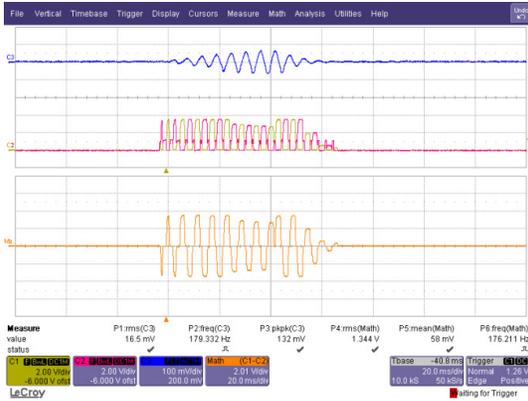
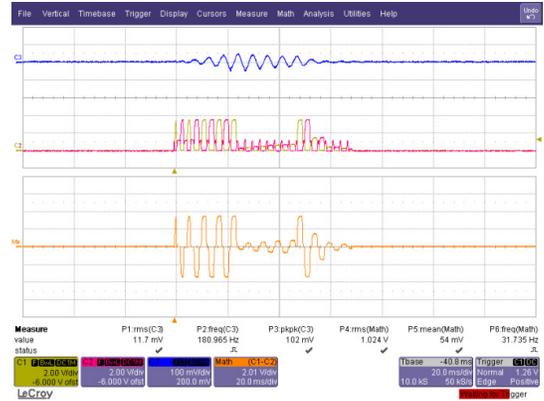


图 4. Sharp Click - 100% 触觉效果马达加速度波形

DRV2605 是如何驱动线性马达获得这些不同的触觉效果的呢？首先，不同的触觉感受强度取决于 DRV2605 驱动电压，如图 5 所示。例如为了获得 Strong Click - 100% 的触觉效果，驱动阶段的电压达到了线性马达的额定电压。过驱电压和制动电压不需要用户设定，DRV2605 是 smart loop 的架构，会自行检测马达内部的反电动势，反馈给 PWM 控制信号，控制过驱的电压和过刹电压的大小。其次，触觉效果的持续时间取决于 DRV2605 各个阶段的驱动时间。增加过驱时间，线性马达的启动速度会更快；减少驱动时间，Click 的效果就显得短暂。如图 6 所示，Sharp Click - 100% 的驱动电压波形持续时间仅为 45ms。



(a) Strong Click - 100%



(b) Strong Click - 60%

图 5. Strong Click 触觉效果驱动电压波形

DRV2605 的 ROM 触觉效果库中有很多种触觉效果，例如：Sharp Tick 1 - 100%，Sharp Tick 2 - 80%，Sharp Tick 2 - 60%；Pulsing Strong 1 - 100%，Pulsing Strong 1 - 60%.....它们的含义都可以按照上文的方式解释。

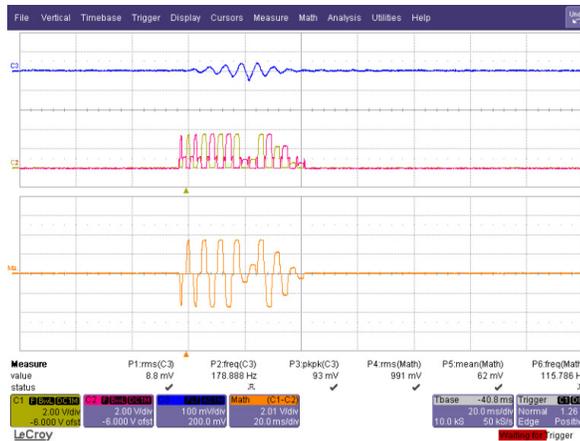


图 6. Sharp Click-100%触觉效果驱动电压波形

### 3 如何利用 DRV2604 设计触觉效果

#### 3.1 触觉效果库格式

使用 DRV2604 设计触觉效果时，需要遵循芯片自定义的格式。DRV2604 定义的效果库格式包含版本信息，Header 和 Data 三部分，具体解释如下：

- DRV2604 版本信息为零
- 触觉效果库的 Header 定义了每个触觉效果起始地址，重复次数以及占用的字节数
- 触觉效果库的 Data 定义了每个触觉效果的驱动电压幅值和持续时间大小

图 7 显示了 DRV2604 RAM 效果库的格式。

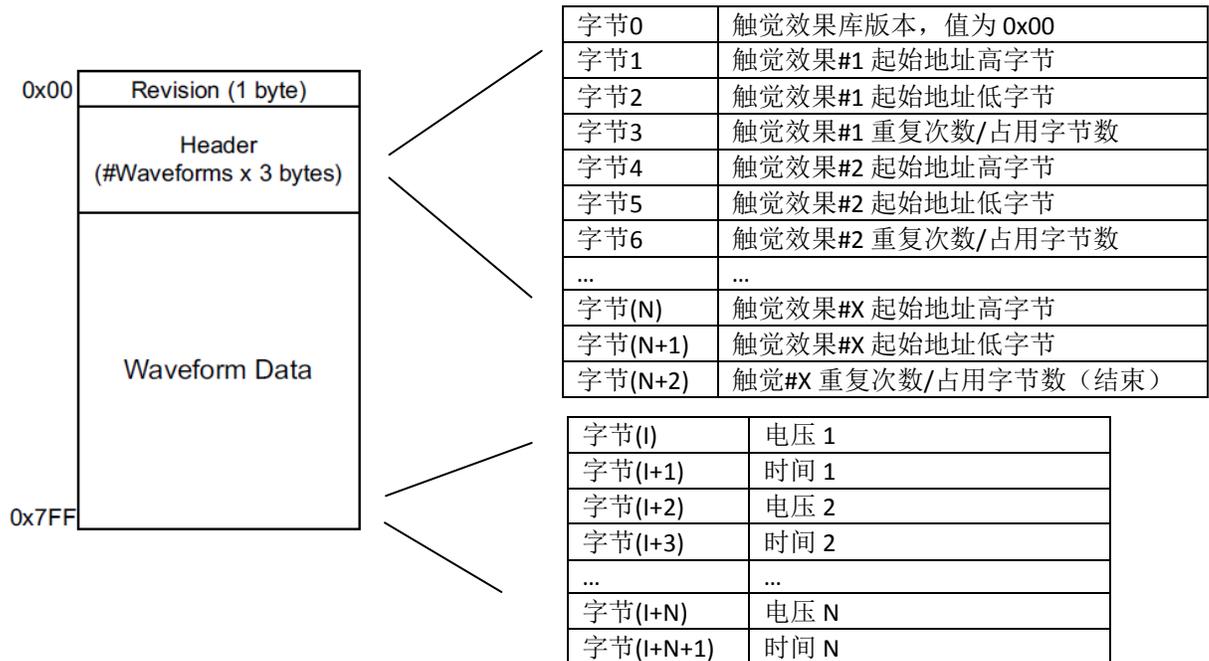


图 7. DRV2604 RAM 效果库格式

对 RAM 的操作由三个寄存器完成：0xFD,0xFE,0xFF。寄存器的解释如下：

- 0xFD: RAM 地址的高字节
- 0xFE: RAM 地址的低字节
- 0xFF: RAM 触觉效果的数据

对这三个寄存器的操作为：首先指定 RAM 的操作地址(0xFD:0xFE)；其次对 0xFF 寄存器写操作，往由(0xFD:0xFE)指定的 RAM 地址里写数据。

### 3.2 触觉效果库 Header

用户对寄存器的操作可以进行单字节写，也可以进行多字节写。多字节写时，RAM 的地址会自动加 1，无需每次都指定地址，效率更高。下文将以 Double Click 为例，详细介绍如何利用 DRV2604 设计触觉效果。

Double Click Header 多字节写脚本文件.txt

//header			
B4	FD	00	//起始地址的高字节为 0x00
B4	FE	00	//起始地址的低字节为 0x00
B4	FF	00	// 向 RAM 地址 0x0000 里写数据 0x00, 第一个数据为版本信息
B4	FF	01	// 向 RAM 地址 0x0001 里写数据 0x01

```

B4    FF    00    // 向 RAM 地址 0x0002 里写数据 0x00
B4    FF    04    // 向 RAM 地址 0x0003 里写数据 0x04
B4    FF    01    // 向 RAM 地址 0x0004 里写数据 0x01
B4    FF    04    // 向 RAM 地址 0x0005 里写数据 0x04
B4    FF    04    // 向 RAM 地址 0x0006 里写数据 0x04

//data
...
```

DRV2604 的地址是 0x5A (7-bit), 用二进制表示为 1011010。因而对于 I2C 写操作来说, 地址即为 0xB4。

执行头格式的操作后, RAM 中将会有如下数据:

RAM 地址	数据	描述
0x0000	0x00	版本信息
0x0001	0x01	效果#1 起始地址高字节
0x0002	0x00	效果#1 起始地址低字节
0x0003	0x04	效果#1 播放 1 次, 占用长度为 4 个字节
0x0004	0x01	效果#2 起始地址高字节
0x0005	0x04	效果#2 起始地址低字节
0x0006	0x04	效果#2 播放 1 次, 占用长度为 4 个字节
...	...	...

触觉效果重复次数和震动效果占用的字节数共同一个字节, 设定如下: {重复次数[2:0], 占用字节数[4:0]}。重复次数为零, 即为播放 1 次; 重复次数为 1, 即为播放 2 次.....依次类推。当重复次数为 7 时, 表示永久播放, 直至 GO 清零即停止。占用字节数表示该触觉效果需要占用 RAM 的大小, 任意一个效果的大小可以从 2-30 字节变化。描述 RAM 的数据通常是电压和时间成对出现, 因而占用字节数是偶数, 0 和奇数都会引起报错。

在这里我们定义了两个触觉效果, 触觉效果 1 的起始地址为 0x0100, 长度为 4 个字节, 播放次数为 1。触觉效果 2 的起始地址为 0x0104, 长度也为 4 个字节, 播放次数也为 1。

设置好 header 后, 还需要定义震动波形, 主要是电压和时间, 这两个变量决定了震动的实际效果。

### 3.3 触觉效果库 Data

DRV2604 有两种数据格式，一种是 Voltage/Time Pair 模式，另外一种是 Linear Ramp 模式。上文中的 Double click 范例，运用的是 Voltage/Time Pair 模式，Linear Ramp 格式将会在下文中的“Ramp up”示例中介绍。

#### 3.3.1 Voltage/Time pair 模式

Voltage/Time pair 格式遵循“设置，等待”的协议，也就是数据格式为“电压 1 时间 1 电压 2 时间 2.....电压 n 时间 n”。这种方式对于控制大多数触觉效果来说都是一种高效率的设定方式。下文显示了效果库的数据脚本文件：

Double click 头格式多字节写脚本文件.txt

```
//header
...
//data
B4 FD 01 //起始地址的高字节为 0x01
B4 FE 00 //起始地址的低字节为 0x00
B4 FF 3F // 向 RAM 地址 0x0100 里写数据 0x3F
B4 FF 08 // 向 RAM 地址 0x0101 里写数据 0x08
B4 FF 41 // 向 RAM 地址 0x0102 里写数据 0x41
B4 FF 04 // 向 RAM 地址 0x0103 里写数据 0x04
B4 FF 1F // 向 RAM 地址 0x0104 里写数据 0x1F
B4 FF 08 // 向 RAM 地址 0x0105 里写数据 0x08
B4 FF 41 // 向 RAM 地址 0x0106 里写数据 0x41
B4 FF 04 // 向 RAM 地址 0x0107 里写数据 0x04
```

经过这些设定，RAM 中的数据为：

RAM 地址	数据	描述
...	...	...
0x0100	0x3F	效果#1, 电压 1, 0x0100 为效果 1 数据的入口
0x0101	0x08	效果#1, 时间 1, 播放 0x3F 对应的电压达 40ms
0x0102	0x41	效果#1, 电压 2, 反向制动电压
0x0103	0x04	效果#1, 时间 2, 制动时间为 20ms
0x0104	0x1F	效果#2, 电压 1, 0x0104 为效果 2 的数据入口
0x0105	0x08	效果#2, 时间 1, 播放 0x1F 的电压 40ms
0x0106	0x41	效果#2, 电压 2, 反向制动电压

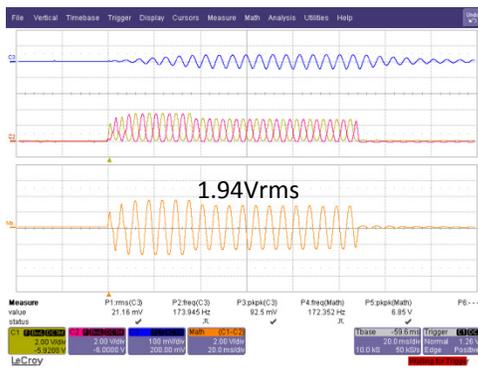
0x0107	0x04	效果#2, 时间 2, 制动时间为 20ms
--------	------	------------------------

Voltage/Time pair 模式中，DRV2604 用一个 7 位数据表示电压，最高位用于设置是否进入 Linear Ramp 模式。

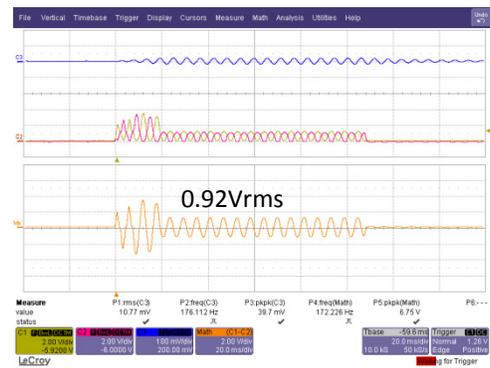
DRV2604 可以工作在开环状态也可以工作在闭环状态：

开环状态下，该 7 位数据是有符号数据，负数用二进制补码表示，代表的电压范围为-63~63，对应的电压范围为“-ODClamp 电压~ODClamp 电压”。

闭环状态下，该 7 位数据可以是有符号数据也可以是无符号数据。寄存器 0x1C 的 BiDir\_Input 位用来设置数据格式，当设置为有符号数据模式 (BiDir\_Input = 1) 时，表示的数据范围为-63~63，对应的电压范围是“制动电压~额定电压”；当设置为无符号数据模式时 (BiDir\_Input = 0) 时，数据范围为 0~127，代表的电压范围仍为“制动电压~额定电压”，但是数据和对应的电压大小关系发生了变化。DRV2604 规格书第 18 页给出了具体的讲解。



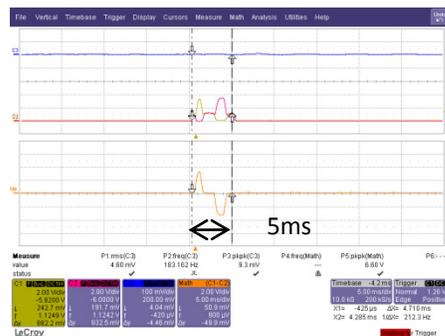
(a) 0x3F 满幅电压波形



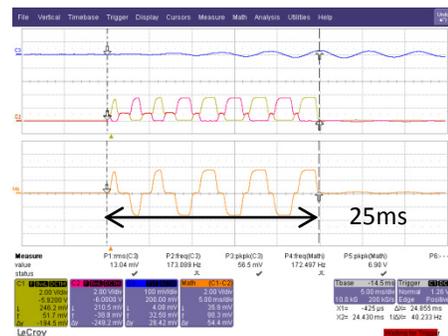
(b) 0x1F 1/2 满幅电压波形

图 8. 不同电压设置下的触觉效果波形

图 8 显示了闭环工作下，无符号数据模式下，触觉效果的驱动电压为 0x3F 和 0x1F 的波形。此时 DRV2604 给出的驱动电压对应为线性马达的额定电压 (2Vrms) 和 1/2 额定电压 (1Vrms)。



(a) Time=0x01, 5ms



(b) Time=0x05, 25ms

**图 9. 不同时间设定下的触觉效果波形**

Voltage/Time pair 模式中的时间代表了该电压持续的时间，持续的绝对时间是  $\text{time} \times 5\text{ms}$ 。图 9 显示了持续时间为 5ms 和 25ms 的波形图。

范例中的触觉效果可以解释为：触觉效果 1，电压为线性马达的额定电压，持续时间为 40ms，刹车电压对应为强度最大，持续时间 20ms。触觉效果 2，电压为 1/2 额定电压，持续时间为 40ms，制动强度最大，持续时间 20ms。

### 3.3.2 Liner Ramp 模式

如果将 Voltage/Time pair 模式运用在产生 Ramp 感觉的触觉效果上，频繁的写入电压，时间的值，就显得效率很低。所以对于产生 Ramp 感觉的触觉效果上，通常采用插值的方法，在两端的电压中间线性的插入一系列电压，这样只需要设定两端的电压值，节省了 RAM 的开支，提高了效率。设定电压值的最高位为 1，即进入 Liner ramp 模式。

Ramp UP 触觉效果脚本文件.txt

```
//header
B4 FD 00 //起始地址的高字节为 0x00
B4 FE 00 //起始地址的低字节为 0x00
B4 FF 00 // 向 RAM 地址 0x0000 里写数据 0x00，版本信息
B4 FF 01 // 向 RAM 地址 0x0001 里写数据 0x01
B4 FF 04 // 向 RAM 地址 0x0002 里写数据 0x04
B4 FF 06 // 向 RAM 地址 0x0003 里写数据 0x06

//data
B4 FD 01 //起始地址的高字节为 0x01
B4 FE 04 //起始地址的低字节为 0x04
B4 FF 80 // 向 RAM 地址 0x0104 里写数据 0x80
B4 FF 64 // 向 RAM 地址 0x0105 里写数据 0x64
B4 FF 3F // 向 RAM 地址 0x0105 里写数据 0x3F
B4 FF 02 // 向 RAM 地址 0x0106 里写数据 0x02
B4 FF 41 // 向 RAM 地址 0x0107 里写数据 0x41
B4 FF 08 // 向 RAM 地址 0x0108 里写数据 0x08
```

该范例意为从电压从零电压（0x80）到额定电压（0x3F），线性爬坡，持续时间为 500ms，如图 10 所示。爬坡中间的电压全部由线性插值器自动插值完成。

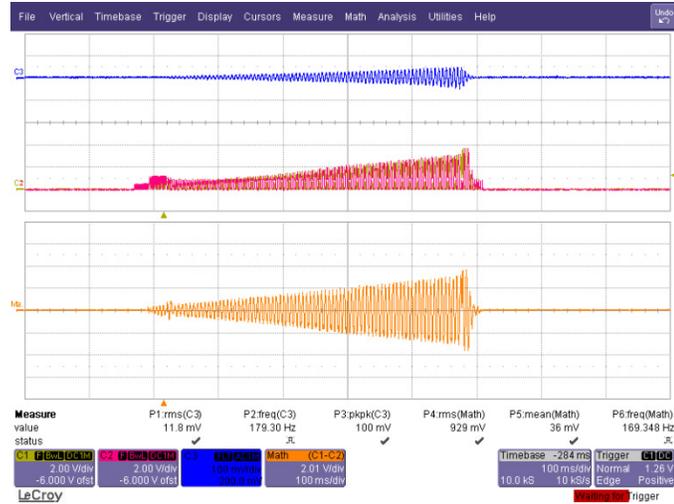


图 10. Ramp UP 触觉效果波形

#### 4 多个触觉效果播放顺序控制方法

对于多种触觉效果，可以用触觉效果顺序控制寄存器来控制播放的顺序。同时，利用该寄存器也可以在多种触觉效果中插入延迟时间。DRV2605/4 一共有 8 个这样的顺序控制寄存器:0x04~0x0B。置位顺序控制寄存器 D7 位，D[6:0]位就代表设置多个触觉效果之间的等待时间。等待时间的大小是  $10\text{ms} * \text{WavefrmSeq}[6:0]$ 。如果 D7=0，WavefrmSeq[6:0]的值就代表触觉效果的序列号，决定了播放的顺序。

例如上文中的 Double Click: 如果按照表 1 设定触觉效果顺序控制寄存器，先播放触觉效果 1，然后等待 20ms，然后播放触觉效果 2。最终得到的 Double click 波形如图 11 所示。

表 1. 触觉效果顺序寄存器设置

效果播放顺序寄存器	数据	描述
0x04	0x01	播放触觉效果#1
0x05	0x82	等待 20ms
0x06	0x02	播放触觉效果#2
0x07	0x00	停止播放
...	...	...
0x0B	0x00	停止播放

设置 0x04 寄存器的值为 0x02，0x05 寄存器的值为 0x01 即为先播放触觉效果 1，再播放触觉效果 2。触觉效果顺序控制寄存器可以帮助用户灵活的组合不同的触觉效果，得到新的触觉效果。

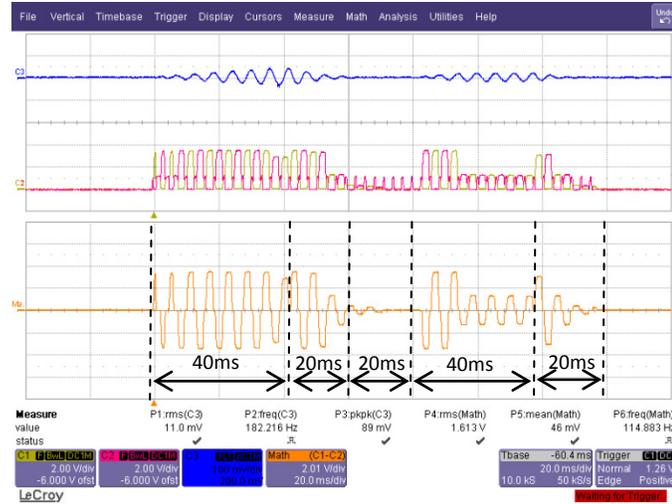


图 11. Double Click 触觉效果波形

## 5 DRV2605/4 触觉效果播放

### 5.1 如何播放 ROM 触觉效果

DRV2605 带有 ROM 触觉效果库，因而在 DRV2605 上设计触觉效果显得尤为简单。遵循以下步骤即可：

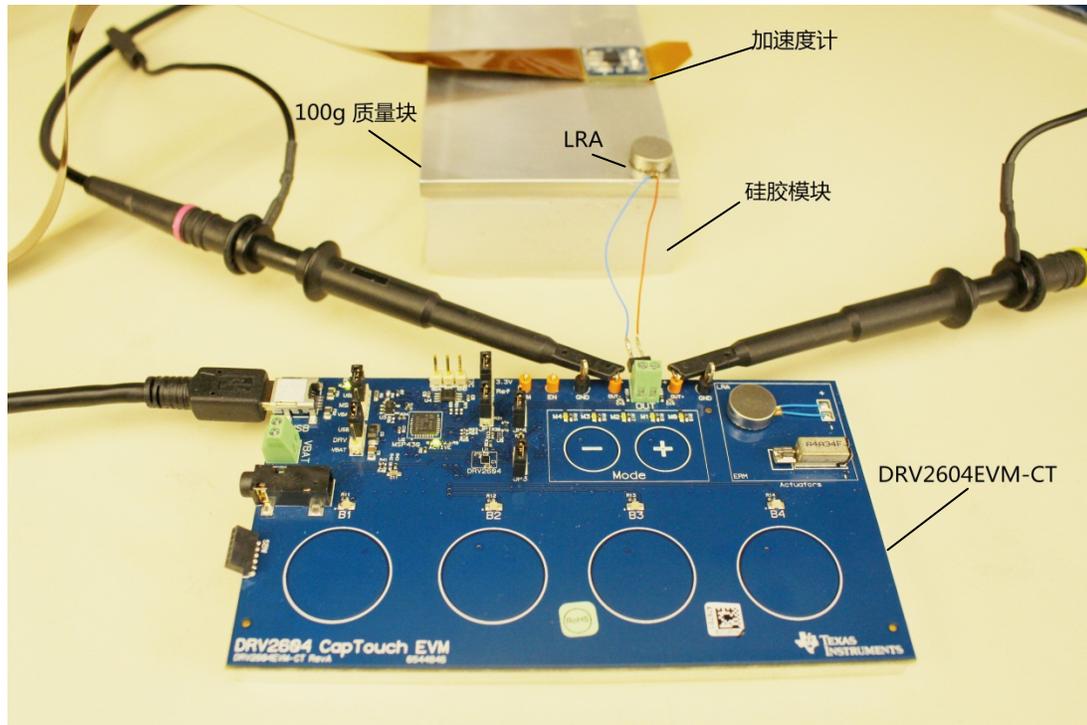
- 设定 library selection 寄存器( address 0x03)，选择不同的效果库。
- 通过设定 waveform sequencer 寄存器(address 0x04 to 0x0B)，选择触觉效果的播放顺序。该寄存器可以用于多种触觉效果的组合播放，带来新的触觉效果。
- 置位 GO bit(address 0x0C, bit 0)，启动播放触觉效果。
- 当 waveform sequencer 寄存器遇到零或执行完所有非零值时，触觉效果停止播放。

### 5.2 如何播放 RAM 触觉效果

播放 RAM 中的触觉效果非常简单，置位寄存器 0x0C 中的 GO 位，DRV2604 将会按照顺序寄存器设定的播放顺序播放触觉效果。

此外，值得说明的是：EN 引脚拉低后，RAM 中的触觉效果还会存在。置位 STANDBY，使 DRV2604 进入低功耗模式，器件中的 RAM 也会保持数据。

## 附录 A 实验平台



## 重要声明

德州仪器(TI)及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准,对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改,并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息,并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内,且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定,否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险,客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息,不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可,或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分,仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时,如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分,则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权,且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意,尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供,但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意,他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识,可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中,为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此,此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备)的授权许可,除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意,对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用,其风险由客户单独承担,并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品,这些产品主要用于汽车。在任何情况下,因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

	产品		应用
数字音频	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a>	通信与电信	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">www.ti.com.cn/amplifiers</a>	计算机及周边	<a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">www.ti.com.cn/dataconverters</a>	消费电子	<a href="http://www.ti.com.cn/consumer-apps">www.ti.com.cn/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>	能源	<a href="http://www.ti.com.cn/energy">www.ti.com.cn/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">www.ti.com.cn/dsp</a>	工业应用	<a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">www.ti.com.cn/clockandtimers</a>	医疗电子	<a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">www.ti.com.cn/interface</a>	安防应用	<a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">www.ti.com.cn/logic</a>	汽车电子	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">www.ti.com.cn/power</a>	视频和影像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">www.ti.com.cn/microcontrollers</a>		
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">www.ti.com.cn/rfidsys</a>		
OMAP应用处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/omap">www.ti.com.cn/omap</a>		
无线连通性	<a href="http://www.ti.com.cn/wirelessconnectivity">www.ti.com.cn/wirelessconnectivity</a>	德州仪器在线技术支持社区	<a href="http://www.deyisupport.com">www.deyisupport.com</a>

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道1568号, 中建大厦32楼 邮政编码: 200122  
Copyright © 2014, 德州仪器半导体技术(上海)有限公司