

### 1 概述

编写该说明的主要目的是基于 NNC6521EVKA（NNC6521EVKAL）双通道开发板使用需求，由本公司技术人员给与技术问题说明，并形成文字形式的报告，可用于客户研发人员自行了解与测试 NNC6521EVKA（NNC6521EVKAL）双通道开发板。

#### 1.1 适用范围

本文档适用于 NNC6521EVKA（NNC6521EVKAL）双通道开发板操作参考。

#### 1.2 参考资料

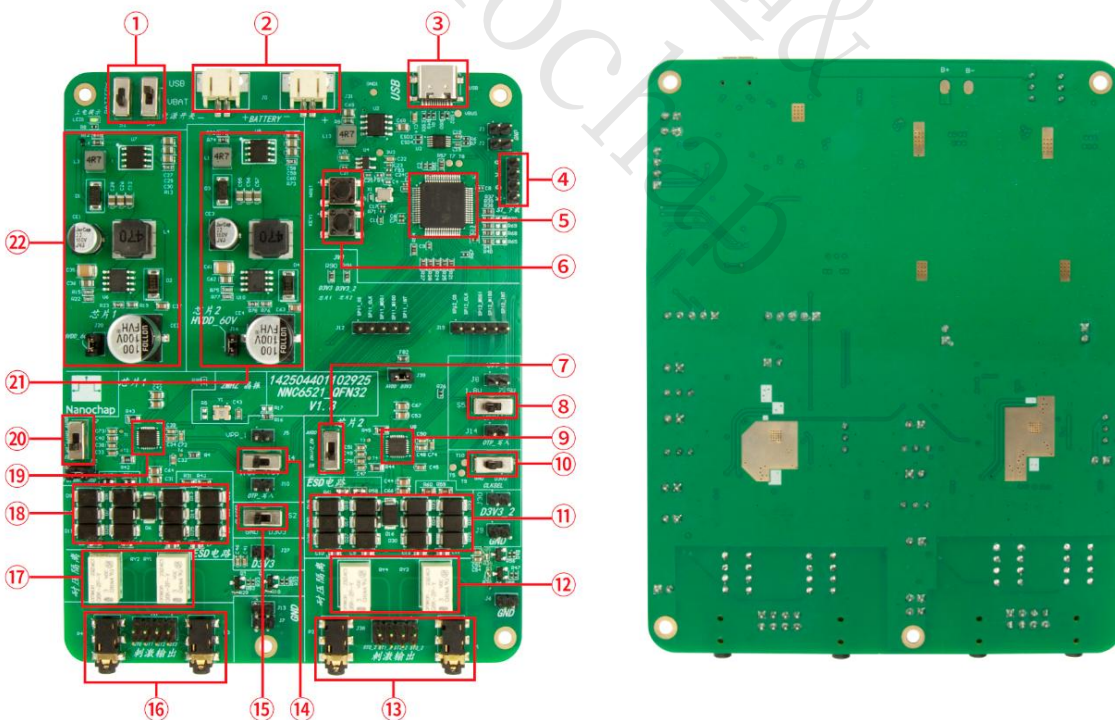
参考资料描述如表 1。

表 1 资料明细

| 序号 | 文档名称            | 作者  | 版本  |
|----|-----------------|-----|-----|
| 1  | NNC6521 数据手册    | 暖芯迦 | A/0 |
| 2  | NNC6521EVKA 原理图 | 暖芯迦 | A/0 |

#### 1.3 NNC6521EVKA（NNC6521EVKAL）双通道开发板图片及说明

图 1 NNC6521EVKA\AL 双通道开发板图



- ① 通过开关来选择供电模式。
- ② 编号 2 支持 3.7V 锂电池供电。
- ③ 编号 3 CH340E 芯片，将 NNC6521EVKA 的 UART 通过此芯片接到 TypeC 接口端，使用 USB 线连接可以直接进行串口通信。支持串口 5V 供电。
- ④ 编号 4 JLINK 下载器烧录口
- ⑤ 编号 5 使用 STM32F103RCT6 来作为主控 MCU，通过 SPI 来配置芯片 1 和芯片 2 的相关寄存器。
- ⑥ 编号 6key1 为预留的按钮，NRST 为芯片 1 和 2 的复位按钮。
- ⑦ 编号 7 和编号 20 为芯片 2 和 1 使能 CHIP\_EN，可以选择软件使能或者硬件使能（注意只能选择一个）。

开关置于低电平---软件控制

开关置于高电平---硬件控制

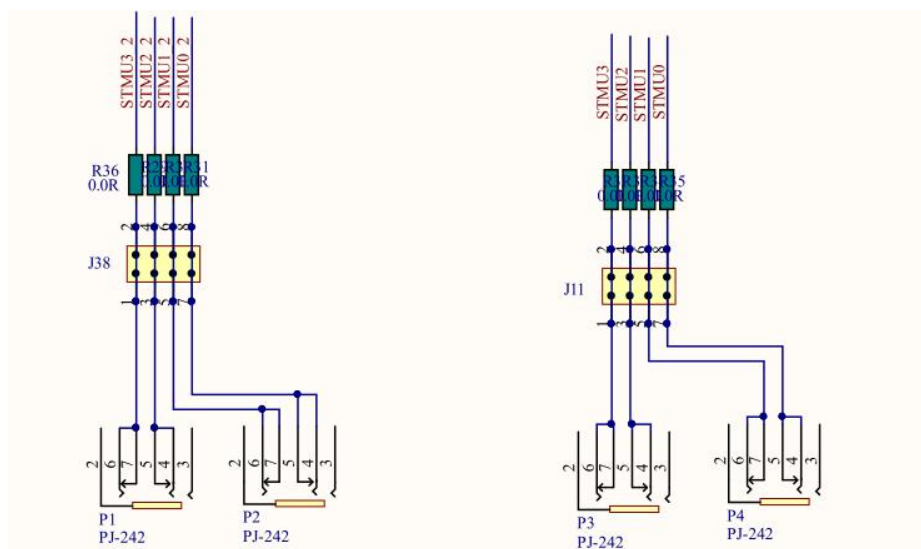
```

44  MX_SPI2_Init();
45  MX_USART1_UART_Init();
46  HAL_GPIO_WritePin(CHIP1_EN_GPIO_Port, CHIP1_EN_Pin, GPIO_PIN_RESET);
47  HAL_GPIO_WritePin(CHIP2_EN_GPIO_Port, CHIP2_EN_Pin, GPIO_PIN_RESET);
48  HAL_Delay(1);
49  HAL_GPIO_WritePin(CHIP1_EN_GPIO_Port, CHIP1_EN_Pin, GPIO_PIN_SET); // 芯片1, 片选使能, 高电平有效
50  HAL_GPIO_WritePin(CHIP2_EN_GPIO_Port, CHIP2_EN_Pin, GPIO_PIN_SET); // 芯片2, 片选使能, 高电平有效
51  HAL_Delay(500);

```

- ⑧ 编号 8 为芯片 1VPP 选择按钮，编号 14 为芯片 2VPP 选择按钮（在使用时读取 OTP 需要 1.8V，拨至 1.8V）。
- ⑨ NNC6521 模拟前端芯片（编号 9 为芯片 2，编号 19 为芯片 1）。
- ⑩ 编号 15 按钮拨至 DVSS 芯片 1 内部晶振，D3V3 芯片 1 外部晶振（连接 R5）；编号 10 按钮拨至 DVSS 芯片 2 内部晶振，D3V3 芯片 1 的内部晶振作为芯片 2 的时钟输出。
- ⑪ 编号 11 和编号 18 分别为芯片 2 和芯片 1 的 ESD 电路。
- ⑫ 编号 12 和编号 17 分别为耐压继电器，在刺激输出的时候需要打开继电器。
- ⑬ 编号 16 和编号 13 分别为芯片 1 和 2 用于刺激电流的输出与测试

图 2 电刺激输出接口及板上测试电路



其中：  
耳机接口用于连接 2.5mm 一拖二导线和凝胶电极片，用于直接贴在人体体验电刺激波形。

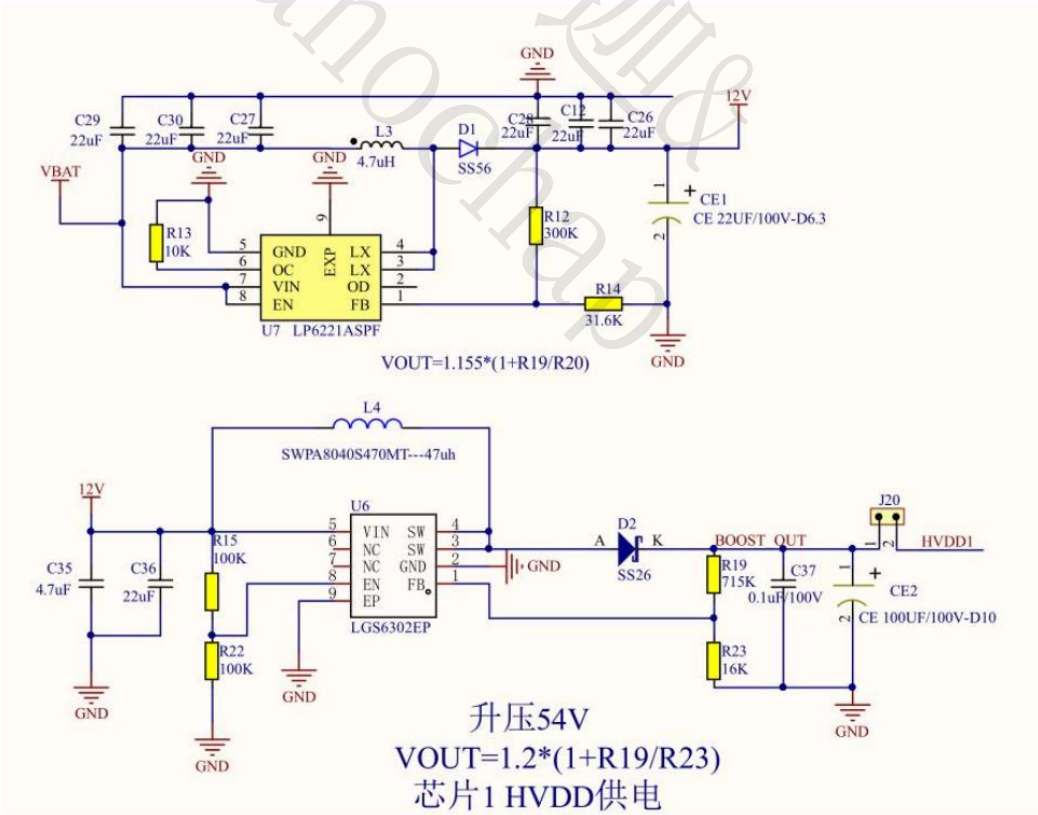
图 3 电刺激线及电极贴片（参考）



芯片 1 的 J11 和芯片 2 的 J38 近芯片一排的每一个点对应芯片的一个刺激电极引脚，如 ST0 对应 STMU0 引脚，ST1 对应 STMU1 引脚，共有从 STMU0–STMU3 共 4 个引脚，都属于 NNC6521EVKB 芯片的 DRIVER-A 部分，其组合方式是固定的，由 ST0 和 ST1 组成通道 1，其中 ST1 输出正向波形，ST0 输出负向波形；由 ST2 和 ST3 组成通道 2，其中 ST3 输出正向波形，ST2 输出负向波形。

⑭ 编号 21 和编号 22 分别为为芯片 1 和芯片 2 的 BOOST 电路，默认升压是 55V，包含电感、电容、肖特基二极管，DC-DC 升压转换器，其中编号 22 是芯片 1 的 BOOST 电路连接短路帽到 J20，编号 21 是芯片 2 的 BOOST 电路连接短路帽到 J16。如图为元器件的连接位置。

图 4 电感、电容、肖特基二极管位置



## 目录

|                                    |   |                                                               |    |
|------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------|----|
| 1 概述 .....                         | 1 | 3.2 开发板的供电说明 .....                                            | 8  |
| 1.1 适用范围 .....                     | 1 | 3.2.1 开发板供电连接方式（此处命名使用原理图中的信号名称） .....                        | 8  |
| 1.2 参考资料 .....                     | 1 | 3.2.2 刺激电流输出以及模拟负载说明 .....                                    | 9  |
| 1.3 NNC6521EVKA/AL 双通道开发板图片及说明 ... | 1 | 3.3 关键寄存器说明及例程的使用 .....                                       | 10 |
| 2 NNC6521/NNC6521L 芯片说明 .....      | 6 | 3.3.1 软件准备 .....                                              | 10 |
| 2.1 NNC6521/NNC6521L 芯片简介 .....    | 6 | 3.3.2 NNC6521EVKA/AL 的波形发生原理及寄存器配置 .....                      | 11 |
| 2.2 引脚说明 .....                     | 7 | 3.3.3 NNC6521EVKA/AL 的波形发生相关寄存器说明（本文档仅描述与 DRIVER-A 相关的） ..... | 15 |
| 3 NNC6521EVKA/AL 双通道开发板操作说明 .....  | 8 | 3.3.4 NNC6521EVKA/AL 的波形发生例程 .....                            | 18 |
| 3.1 准备工具 .....                     | 8 | 4 联系方式 .....                                                  | 21 |
| 3.1.1 硬件工具及名称描述 .....              | 8 |                                                               |    |
| 3.1.2 软件工具及名称描述 .....              | 8 |                                                               |    |

## 图目录

|                                      |   |                                         |    |
|--------------------------------------|---|-----------------------------------------|----|
| 图 1 NNC6521EVKA/AL 双通道开发板图 .....     | 1 | U3 .....                                | 9  |
| 图 2 电刺激输出接口及板上测试电路 .....             | 2 | 图 10 NNC6521EVKA/AL 电刺激输出耳机孔及输出开关 ..... | 10 |
| 图 3 电刺激线及电极贴片（参考） .....              | 3 | 图 11 KEIL 的 options 界面 .....            | 10 |
| 图 4 电感、电容、肖特基二极管位置 .....             | 3 | 图 12 KEIL 的 flash 烧录文件选择界面 .....        | 11 |
| 图 5 NNC6521/NNC6521L 芯片框图 .....      | 6 | 图 13 编译器选择 .....                        | 11 |
| 图 6 NNC6521EVKA 的 BOOST 电路 .....     | 7 | 图 14 双向方波 .....                         | 12 |
| 图 7 Type-C 接口输入供电图示 .....            | 8 | 图 15 示波器探头连接方法 .....                    | 14 |
| 图 8 锂电池供电 .....                      | 9 | 图 16 示波器处理 .....                        | 15 |
| 图 9 NNC6521EVKA/AL 电刺激输出引脚 STMU0-STM |   |                                         |    |

## 表目录

|                               |   |                   |    |
|-------------------------------|---|-------------------|----|
| 表 1 资料明细 .....                | 1 | 表 3 部分寄存器说明 ..... | 15 |
| 表 2 NNC6521/NNC6521L 芯片 ..... | 6 |                   |    |

文档修订记录

| 序号 | 版本号  | 修订日期       | 修订概述 | 修订人 | 审核人 | 批准人 | 备注 |
|----|------|------------|------|-----|-----|-----|----|
| 1  | V1.0 | 2025-06-16 | 首次编制 |     |     |     |    |
|    |      |            |      |     |     |     |    |
|    |      |            |      |     |     |     |    |

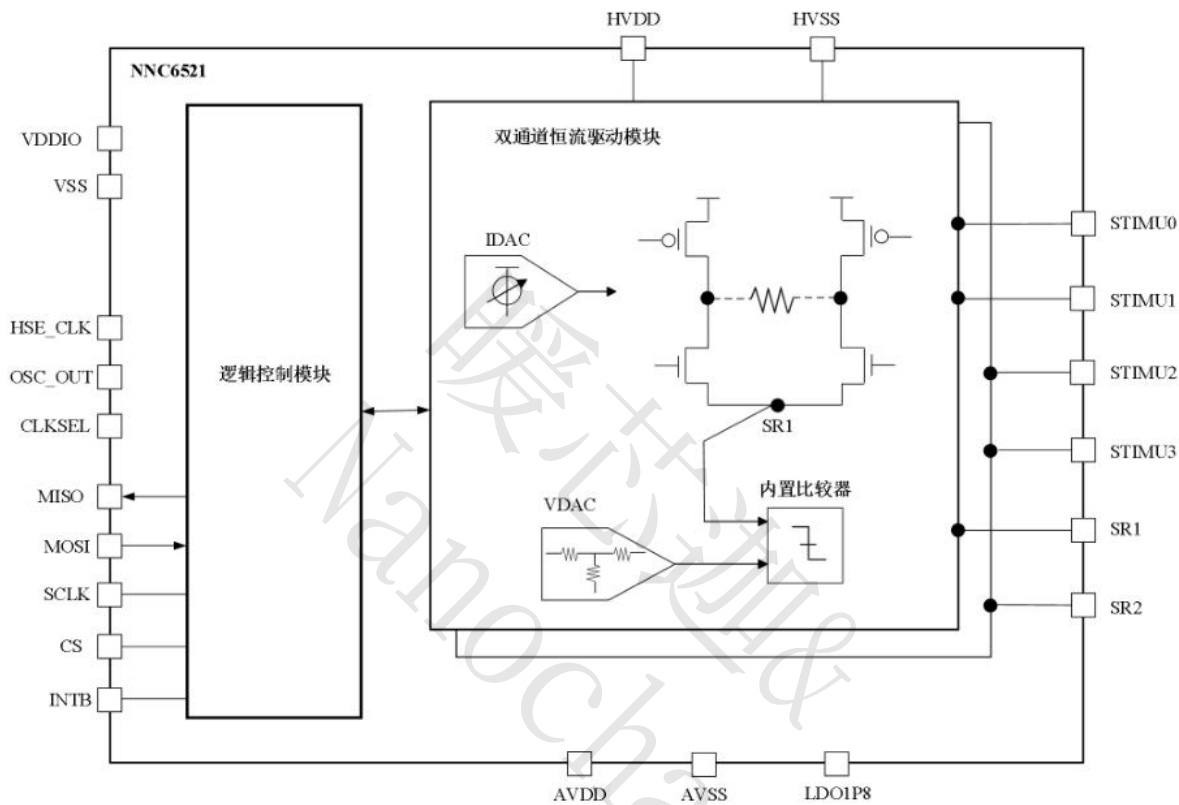
暖芯道 Nanochap

2 NNC6521/NNC6521L 芯片说明

2.1 NNC6521/NNC6521L 芯片简介

NNC6521/NNC6521L 芯片是一款低成本模拟前端芯片，该芯片可支持 3V~5.5V 供电范围，高压供电范围 10V~60V，支持两通道输出刺激信号。恒流源驱动电流输出 1~100mA，刺激电流精度达 25  $\mu$  A，内置刺激电流及电极脱落检测且支持 1 个 MCU 可连接多个模拟前端刺激芯片确保产品开发的灵活性和安全性，其中 NNC6521 进行电流校准，误差不超过 10%，NNC6521L 未进行电流校准。

图 5 NNC6521/NNC6521L 芯片框图



其中刺激驱动器部分：有 STMU0~STMU3 共 4 个电刺激引脚。

表 2 NNC6521/NNC6521L 芯片

|             |                                                                            |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 型号          | NNC6521/NNC6521L（双通道）                                                      |
| 封装          | QFN32/4*4mm                                                                |
| 电刺激通道数量     | DRIVER-A: STMU0~STM3                                                       |
| 输出电流能力/单元电流 | DRIVER-A:<br>每通道 1mA~100mA（最大可输出 100mA 电流，配置方法见芯片规格书）<br>单元电流 25.5 $\mu$ A |



2.2 引脚说明

电源部分引脚说明

电源分为 2 个部分，第一部分是芯片供电 AVDD 3.3V~5.5V，VDDIO 为 3.3V，第二部分是 BOOST 升压及刺激驱动器部分的电源。

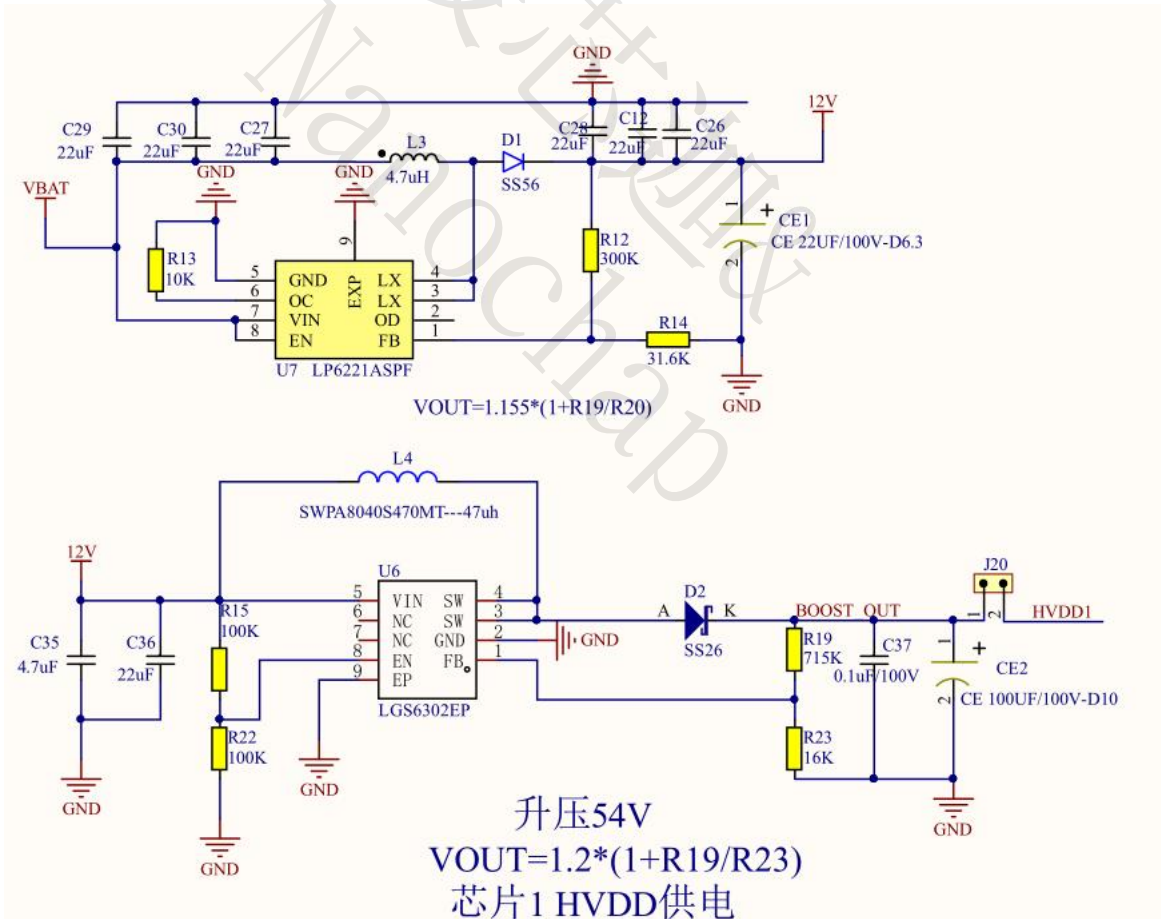
1) 第一部分

- **AVDD**：芯片模拟电源输入引脚。
  - 与锂电池正极连接（使用锂电池时）
  - 直接输入 3.3V-5.5V 直流电源（不使用电池时）
- **VDDIO**：引脚均为 3.3V 电源输入引脚，为 3.3V IO 部分电路供电。
- **LD01P8**：内部 LDO 生成的 1.8V 电源输出引脚。

2) 第二部分

- **BOOST\_OUT**：NNC6521EVKA/AL 集成了 BOOST 升压电路中的部分器件，最终电压输出引脚为 BOOST\_OUT 和 BOOST\_OUT1。

图 6 NNC6521EVKA 的 BOOST 电路



### 3 NNC6521EVKA/AL 双通道开发板操作说明

### 3.1 准备工具

### 3.1.1 硬件工具及名称描述

- J-Link 仿真器（推荐 V9 版本）
- NNC6521EVKA/AL 双通道开发板
- Type-C 线
- 2.5mm 一出二理疗仪导线和电极贴片（选配）
- 3.7V 锂电池
- 示波器
- 500 欧姆电阻

### 3.1.2 软件工具及名称描述

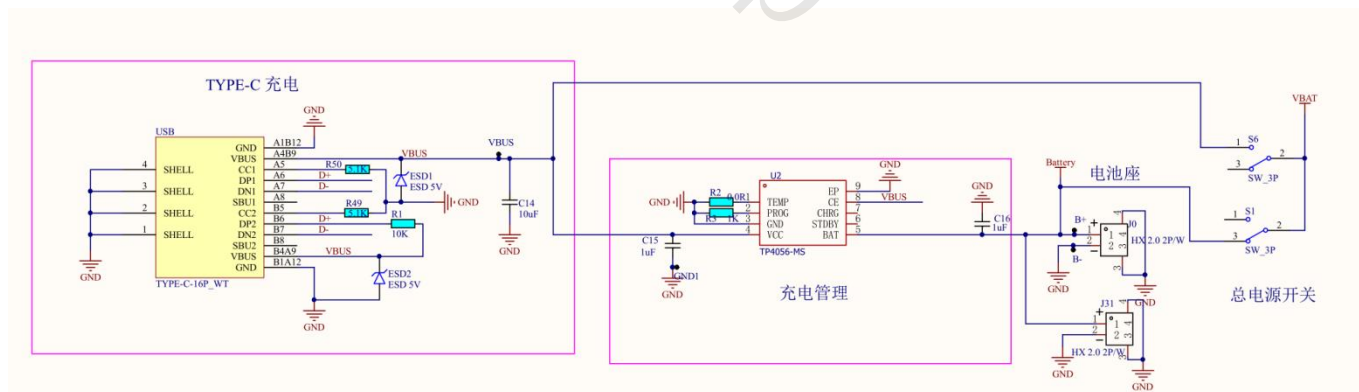
## Kei | 5.23 开发工具

### 3.2 开发板的供电说明

### 3.2.1 开发板供电连接方式（此处命名使用原理图中的信号名称）

- NNC6521/NNC6521L 芯片有 2 组电源输入引脚，分别是：VDDIO、AVDD
- 1) VDDIO 需要输入 3.3V 电源，为 GPIO 提供电源；
- 2) AVDD 需要连接 3.3V 到 5.5V 作为输入为芯片模拟部分供电，AVDD 和 VDDIO 必须有正常输入芯片才能正常工作；
- 开发板供电方法：
- 1) 将开关拨到 USB，通过 Type-C 接口供电；

图 7 Type-C 接口输入供电图示

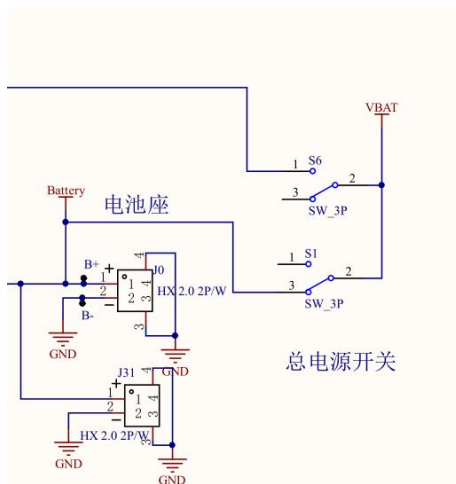




2) 通过 3.7V 锂电池供电

先连接锂电池到开发板 J0 或者 J31，并且将开关拨到 BATTERY。

图 8 锂电池供电



### 3.2.2 刺激电流输出以及模拟负载说明

双通道电刺激输出引脚如图 10，图 3.7 中的电容电阻模拟负载可用于波形测试，2.5mm 耳机孔可连接一出二理疗仪导线和电极贴片（参考图 4）用于体验不同刺激波形的实际体感。

图 9 NNC6521EVKA/AL 电刺激输出引脚 STMU0-STMU3

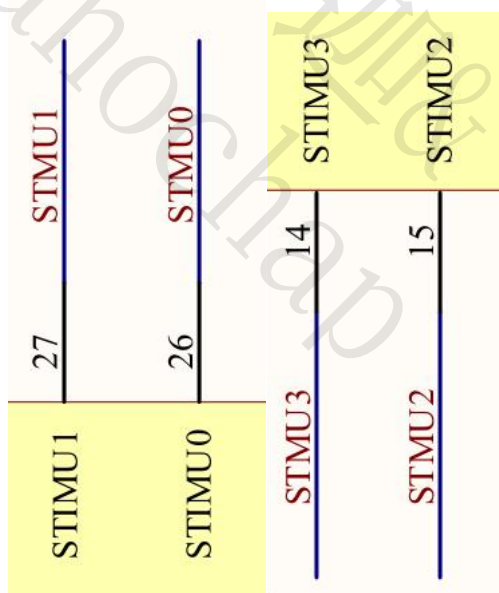
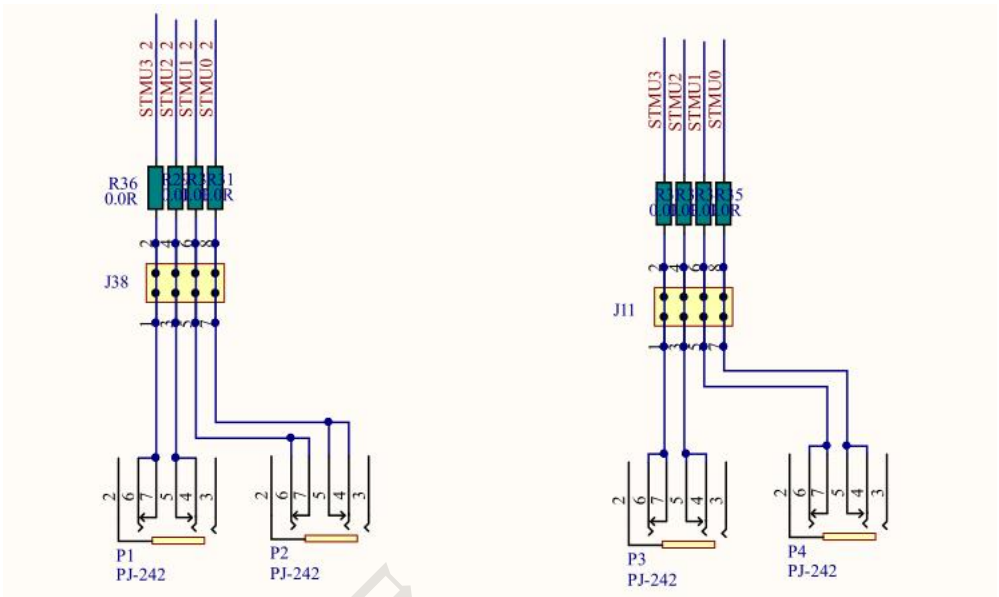


图 10 NNC6521EVKA/AL 电刺激输出耳机孔及输出开关



3.3 关键寄存器说明及例程的使用

3.3.1 软件准备

- 1) 打开 NNC6521EVKA/AL 开发板资料\波形发生例程路径下的任一例程，打开配置窗口->Debug 页面（图 15）->Setting 窗口->Flash Download 页面->添加 XXXXX.FLM 包；

图 11 KEIL 的 options 界面

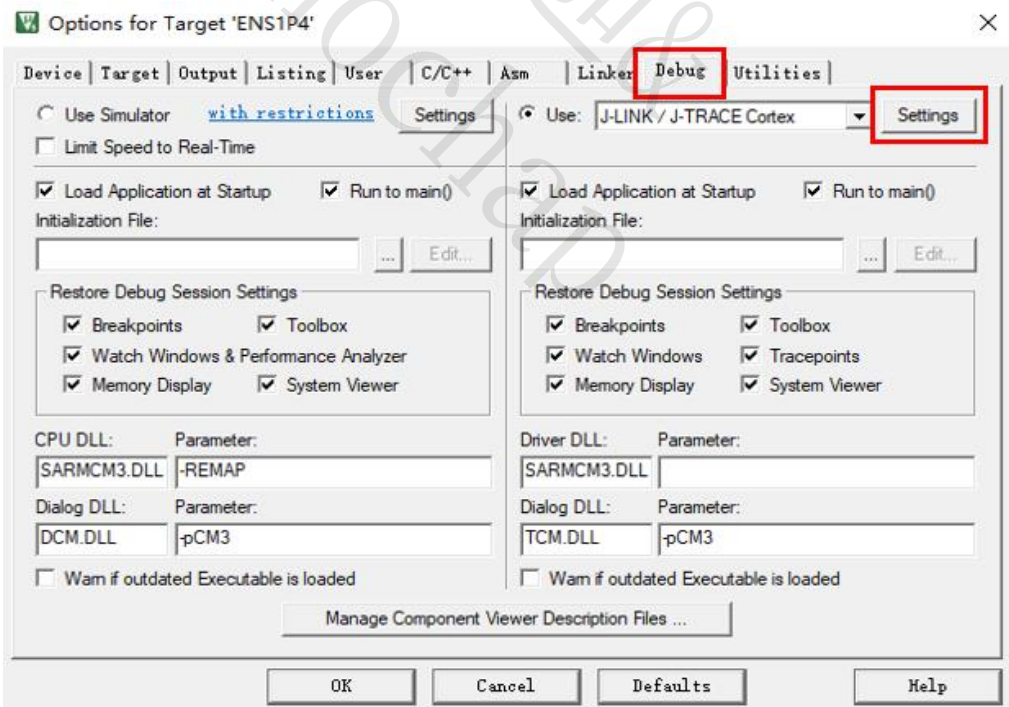
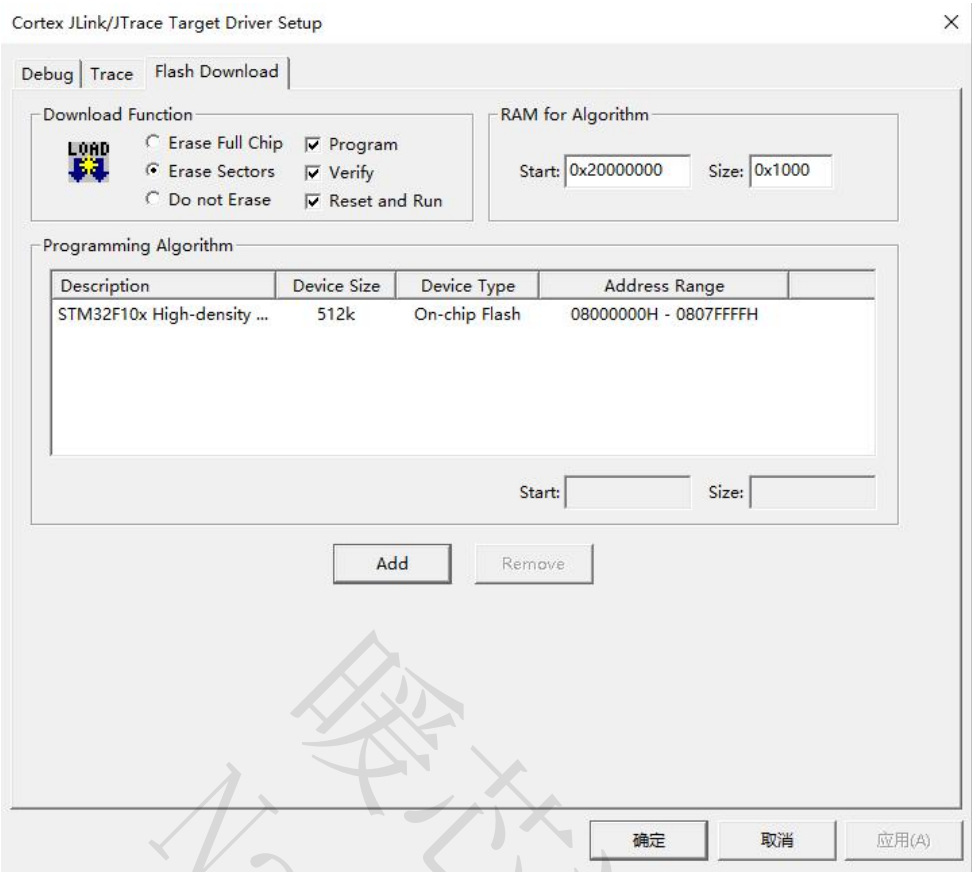
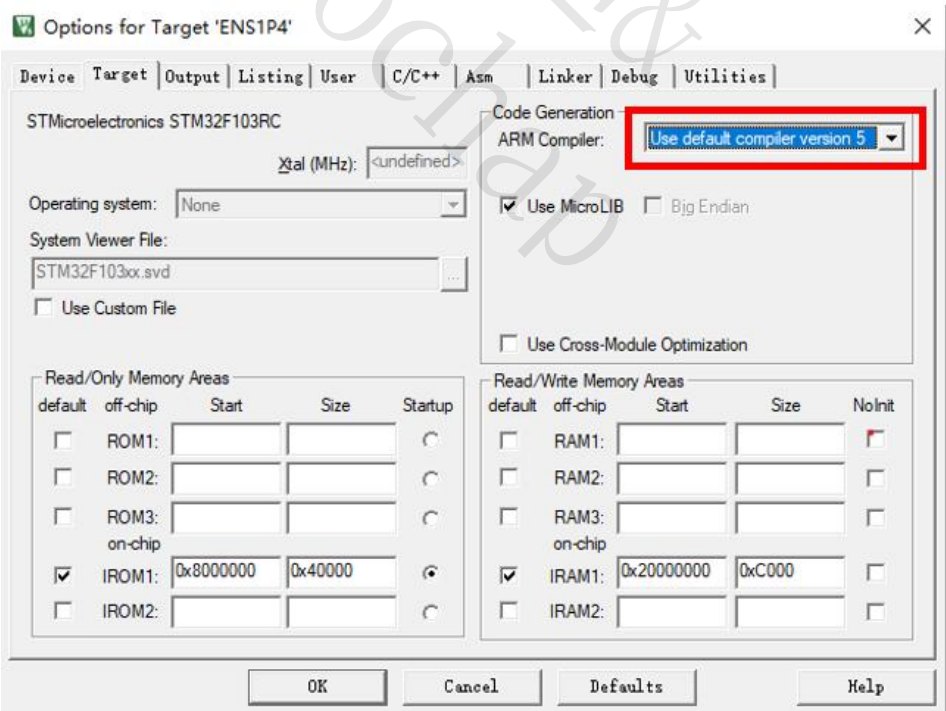


图 12 KEIL 的 flash 烧录文件选择界面



2) 选择编译器版本（选择为您软件现有的版本即可）。

图 13 编译器选择



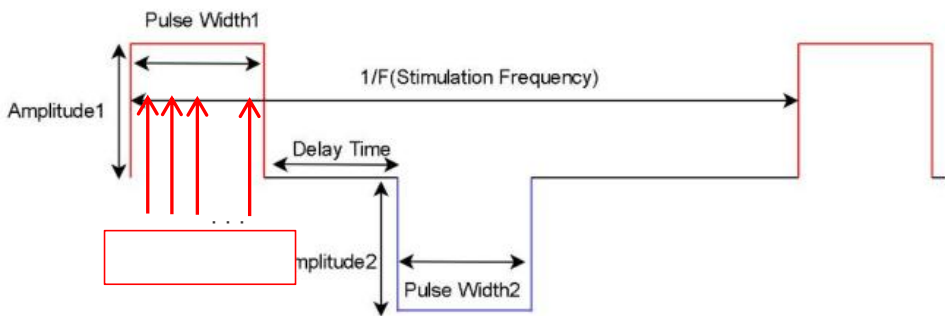
3.3.2 NNC6521EVKA/AL 的波形发生原理及寄存器配置

NNC6521EVKA/AL 可以生成双向电流刺激波形，其生成波形的方式为“描点法”，对于对称波形，每个周期的波形由 128 个点“描出”，负半周期的波形由正半周期镜像或者“拉伸”得到，因此在“描

点”时，只需描出正半周期的 128 个点的电流值即可；对于非对称波形，每个周期的波形由 128 个点“描出”，其中正半周期 64 个点，负半周期 64 个点。

以 ST0+ST1（通道 1）生成双向方波步骤为例：

图 14 双向方波



- 1) 在 ST0 和 ST1 中间连接一个 500 欧姆电阻；
- 2) 配置 ADDR\_WG\_DRV\_CONFIG\_REG 寄存器：使能死区时间（bit0: rest enable），使能负半周期波形发生（bit1: negative enable），使能静默时间（bit2: silent enable），使能负半周电极的 SOURCE 开关（bit3: source B enable）；

表 6- 45 波形设置寄存器 ADDR\_WG\_DRV\_CONFIG\_REG0 (00h/40h).

| 位 | 名称                             | 读/写 | 默认值 | 描述                                         |
|---|--------------------------------|-----|-----|--------------------------------------------|
| 7 | Positive phase <i>disables</i> | R/W | 0   | 0: 使能正半周<br>1: 禁用正半周                       |
| 6 | Multi electrodes               | R/W | 0   | 使能多电极，必需设置为 1                              |
| 5 | Reserved                       | R   | 0   | 保留位                                        |
| 4 | Alternating enable bit         | R/W | 0   | 交变模式使能位                                    |
| 3 | Source B enable bit            | R/W | 0   | 0: 禁用电流源 (Source B)<br>1: 使能电流源 (Source B) |
| 2 | Silent time enable bit         | R/W | 0   | 0: 禁用静默时间<br>1: 使能静默时间                     |
| 1 | Negative phase enable bit      | R/W | 0   | 0: 禁用负半周<br>1: 使能负半周                       |
| 0 | Rest time enable bit           | R/W | 0   | 0: 禁用死区时间<br>1: 使能死区时间                     |

注：禁用电流源（Source B），以及禁用正/负半周使能位，能够实现仅输出正半周或负半周的刺激波形。

- 3) 配置 ADDR\_WG\_DRV\_REST\_CLK\_REG: 0x05~0x06 寄存器，设置死区时间且死区时间必须大于 5us；

表 6- 51 死区时间寄存器 ADDR\_WG\_DRV\_REST\_CLK\_REG (05~06h/45~46h).

| 位    | 名称                              | 读/写 | 默认值 | 描述                           |
|------|---------------------------------|-----|-----|------------------------------|
| 7:0  | ADDR_WG_DRV_REST_CLK_REG1 (05h) | R/W | 00h | 死区时间: 1 ~ 65535 个时钟周期 (PCLK) |
| 15:8 | ADDR_WG_DRV_REST_CLK_REG2 (06h) | R/W | 00h |                              |

- 4) 配置 ADDR\_WG\_DRV\_SILENT\_CLK\_REG: 0x07~0x09 寄存器，设置静默时间；



表 6- 52 静默时间寄存器 ADDR\_WG\_DRV\_SILENT\_CLK\_REG (07~09h/47~49h).

| 位     | 名称                              | 读/写 | 默认值 | 描述                         |
|-------|---------------------------------|-----|-----|----------------------------|
| 7:0   | ADDR_WG_DRV_REST_CLK_REG1 (07h) | R/W | 00h | 静默时间(24 位), 单位: 时钟周期(PCLK) |
| 15:8  | ADDR_WG_DRV_REST_CLK_REG2 (08h) | R/W | 00h |                            |
| 23:16 | ADDR_WG_DRV_REST_CLK_REG3 (09h) | R/W | 00h |                            |

- 5) 配置 ADDR\_WG\_DRV\_HLF\_WAVE\_CLK\_PNT\_REG:0x0A~0x0B 寄存器, 设置正半周期的脉宽时间=点间隔\*PCLK\*点数 (单位 us);

表 6- 53 正半周点间隔寄存器 ADDR\_WG\_DRV\_HLF\_WAVE\_CLK\_PNT\_REG (0A~0Bh/4A~4Bh).

| 位    | 名称                                      | 读/写 | 默认值 | 描述                          |
|------|-----------------------------------------|-----|-----|-----------------------------|
| 7:0  | ADDR_WG_DRV_HLF_WAVE_CLK_PNT_REG1 (0Ah) | R/W | 00h | 点间隔时间: 0 ~ 65535 时钟周期(PCLK) |
| 15:8 | ADDR_WG_DRV_HLF_WAVE_CLK_PNT_REG2 (0Bh) | R/W | 00h |                             |

- 6) 配置 ADDR\_WG\_DRV\_NEG\_HLF\_WAVE\_CLK\_PNT\_REG 寄存器, 设置负半周期的脉宽时间=点间隔\*PCLK\*点数 (单位 us);

表 6- 54 负半周点间隔寄存器 ADDR\_WG\_DRV\_NEG\_HLF\_WAVE\_CLK\_PNT\_REG (0C~0Dh/4C~4Dh).

| 位    | 名称                                          | 读/写 | 默认值 | 描述                          |
|------|---------------------------------------------|-----|-----|-----------------------------|
| 7:0  | ADDR_WG_DRV_NEG_HLF_WAVE_CLK_PNT_REG1 (0Ch) | R/W | 00h | 点间隔时间: 0 ~ 65535 时钟周期(PCLK) |
| 15:8 | ADDR_WG_DRV_NEG_HLF_WAVE_CLK_PNT_REG2 (0Dh) | R/W | 00h |                             |

表 6- 56 负半周缩小寄存器 ADDR\_WG\_DRV\_NEG\_SCALE\_REG (22h/62h).

| 位   | 名称                                  | 读/写 | 默认值 | 描述                   |
|-----|-------------------------------------|-----|-----|----------------------|
| 7   | Negative Amplitude Reduction Enable | R/W | 0   | 1: 使能缩小, 右移 [6:0] 的值 |
| 6:0 | Amplitude reduction Coefficient     | R/W | 00h | 右移位数, 即 $C_N$        |

负半周偏移量寄存器 (ADDR\_WG\_DRV\_NEG\_OFFSET\_REG) (23h/63h)

返回寄存器列表

表 6- 57 负半周偏移量寄存器 ADDR\_WG\_DRV\_NEG\_OFFSET\_REG (23h/63h).

| 位   | 名称              | 读/写 | 默认值 | 描述                   |
|-----|-----------------|-----|-----|----------------------|
| 7:0 | Negative Offset | R/W | 00h | 负半周电流偏移量, 即 $C_{No}$ |

备注: 负半周偏移量寄存器仅在自定义波形模式下有效。使用时需确保各采样点的电流幅值与偏移量之和不超过 255, 否则可能导致数据溢出或输出波形异常。

正半周缩小寄存器 (ADDR\_WG\_DRV\_POS\_SCALE\_REG) (24h/64h)

返回寄存器列表

表 6- 58 正半周缩小寄存器 ADDR\_WG\_DRV\_POS\_SCALE\_REG (24h/64h).

| 位   | 名称                                  | 读/写 | 默认值 | 描述                   |
|-----|-------------------------------------|-----|-----|----------------------|
| 7   | Positive Amplitude Reduction Enable | R/W | 0   | 1: 使能缩小, 右移 [6:0] 的值 |
| 6:0 | Amplitude Reduction Coefficient     | R/W | 00h | 右移位数, 即 $C_P$        |

正半周偏移量寄存器（ADDR\_WG\_DRV\_POS\_OFFSET\_REG）（25h/65h）

返回寄存器列表

表 6- 59 正半周偏移量寄存器 ADDR\_WG\_DRV\_POS\_OFFSET\_REG（25h/65h）.

| 位   | 名称              | 读/写 | 默认值 | 描述                  |
|-----|-----------------|-----|-----|---------------------|
| 7:0 | Positive Offset | R/W | 00h | 正半周电流偏移量，即 $C_{Po}$ |

备注：正半周偏移量寄存器仅在自定义波形模式下有效。使用时需确保各采样点的电流幅值与偏移量之和不超过 255，否则可能导致数据溢出或输出波形异常。

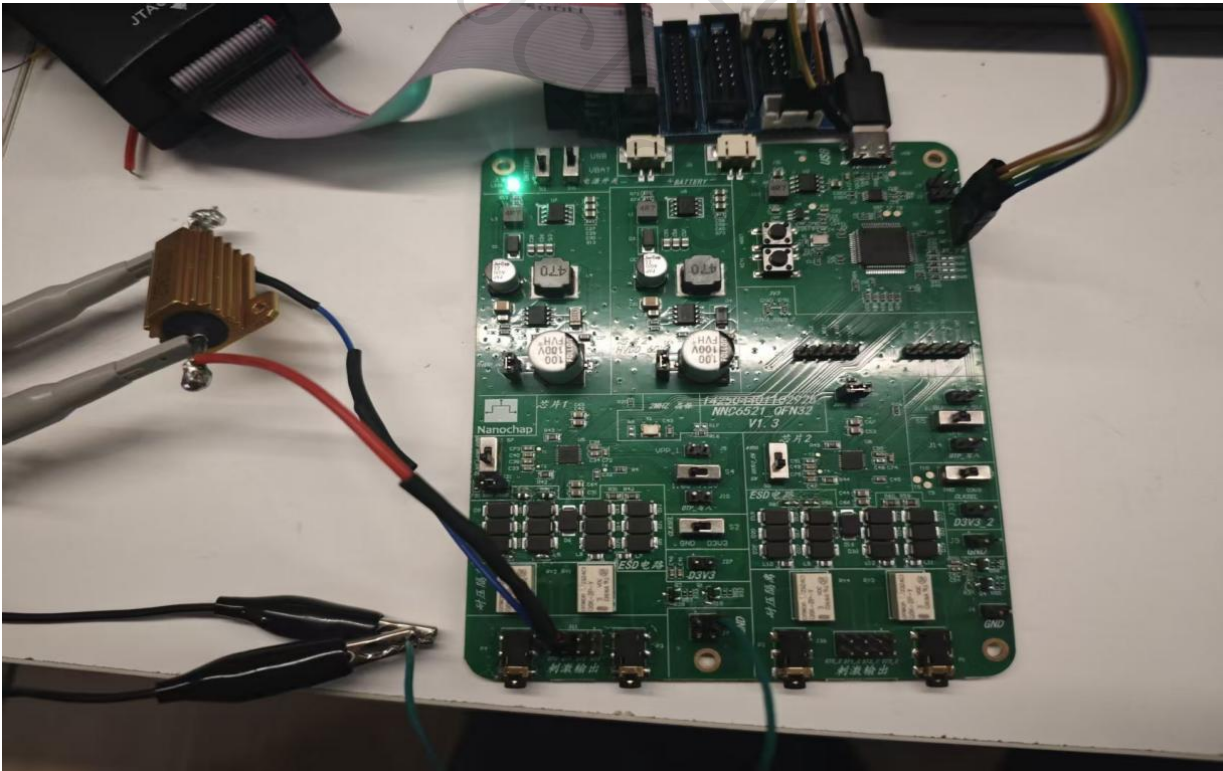
表 6- 66 驱动电流控制寄存器 2 DRIVE\_REG\_CTRL2（31h/71h）.

| 位   | 名称                | 读/写 | 默认值 | 描述                                     |
|-----|-------------------|-----|-----|----------------------------------------|
| 7   | Reserved          | R/W | 0   | 保留位                                    |
| 6:4 | Amplitude Scaling | R/W | 0   | 驱动电流放大系数 $C_I$ （仅限 8 位数据）<br>000: 16 倍 |

| 位   | 名称       | 读/写 | 默认值 | 描述                                                       |
|-----|----------|-----|-----|----------------------------------------------------------|
|     |          |     |     | 001: 8 倍<br>010: 4 倍<br>011: 2 倍<br>100: 1 倍<br>其他: 16 倍 |
| 3:0 | Reserved | R/W | 0   | 保留位                                                      |

7) 启动刺激输出：将 ADDR\_WG\_DRV\_CTRL\_REG0 赋 1，启动输出。  
连接示波器，使用双探头分别测量电阻两端的输出电压，如图：

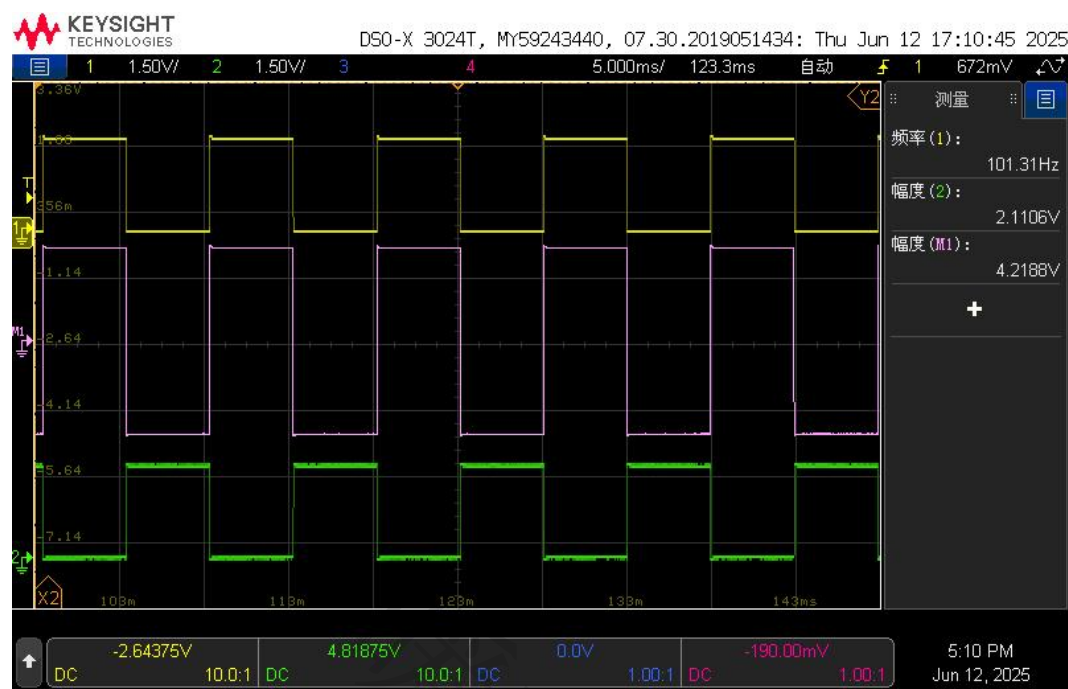
图 15 示波器探头连接方法



需要使用示波器的 math 功能，将 CH1 与 CH2 的波形做差，得到最终波形。



图 16 示波器处理



3.3.3 NNC6521EVKA/AL 的波形发生相关寄存器说明（本文档仅描述与 DRIVER-A 相关的）

表 3 部分寄存器说明

| 寄存器名                    | 地址   | 读写    | 功能描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------|------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ADDR_WG_DRV_CONFIG_REG0 | 0x00 | RD/WR | <p>bit0: 使能死区时间, 如果使能了这一位, 则&lt;ADDR_WG_DRV_REST_T_REG&gt;寄存器不能赋值为 0; 如果使能了这一位, 则需要赋值为 0, 否则无波形输出。</p> <p>Bit1: 负半周期波形使能, 如果需要输出负半周期波形, 需要将这一位使能。</p> <p>Bit2: 静默时间使能, 静默时间是负半周期波形结束后的不输出时间。</p> <p>Bit3: 负半周期的 source 开关, 需要负半周期波形时, 此位也需要置 1。</p> <p>Bit 4: alternating (+/-) the positive side</p> <p>Bit 5:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 1: continue repeating the waveform when getting second interrupt</li><li>- 0: don' t continue repeating the waveform when getting second interrupt</li></ul> <p>Bit 6: multi-electrode ,if user wants to use any drivers other than driver index 0, the multi electrode option of the corresponding driver needs</p> |

|                       |      |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |      |       | <p>to be set to 1. If this is 0, but driver 1 is enabled, then both driver 0 and driver 1 waveforms will come out of driver 0 electrodes. Driver 0 gets higher priority. That is, if driver 0 is outputting a waveform value (that is not 0), then this value goes to the electrode 0, otherwise driver 1 value goes to the electrode 0.</p> <p>Bit7:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 0: enable positive</li> <li>- 1: disable positive</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ADDR_WG_DRV_CTRL_REG0 | 0x01 | RD/WR | <p>Bit 0 only:</p> <p>1: enabling the wave gen block;<br/>0: disable the wave gen</p> <p>Bit[2:1]:</p> <p>00: Use the preloaded sine value<br/>01 : Use the preloaded pulse value<br/>10 : Use the preloaded triangle value<br/>11: use the waveform loaded by SPI</p> <p>bit[5:3]: how many waveforms are inside the loaded SPI waveform</p> <p>000: 1 waveform<br/>001: 2 waveforms<br/>010: 3 waveforms<br/>Others: 1 waveform</p> <p>Bit-6:</p> <p>0: repeats the wave data after reaching number of points per half wave (0x30)<br/>1:</p> <p>For 1 waveform (which means bits[5:3] is 000), goes through pos and neg periods and loads data from wave data (loaded using 0x11 already) continuously until reaches max integer multiple of the number of points (0x30) which is less than 128</p> <p>For 2 waveforms or 3 waveforms (which means bits[5:3] is 001 or 010), goes through pos and neg periods and loads data from wave data loaded using 0x11 already) continuously until reaches number of points (0x30) multiply by number of waves (bit[5:3] + 1).</p> <p>(for preload function, this bit should keep 0)</p> <p>Bit7:</p> <p>0: if, in one period we have positive and negative side, then neg side loads data from different wave data address</p> <p>1: if, in one period we have positive and negative</p> |

|                                      |           |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------|-----------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      |           |       | <p>side, then neg side loads data from the same wave data address as positive side (which makes waveform symmetric).</p> <p>(for example, when point register (0x30) is 8' h14, there are 20 points for pos period and 20 points for neg period. If bit6 is 0, both pos and neg load data from point0~point19 of data register (bit7 not effective). However, if bit6 is 1 and bit7 is 0, for waveform0, pos period loads data from point0~point19 and neg period loads data from point20~point39; for waveform1, pos period loads data from point40~point59, neg period loads data from point60~point79; for waveform2, pos period loads data from point80~point99, neg period loads data from point100~point119;</p> <p>if bit6 is 1 and bit7 is 1, for waveform0, pos period loads data from point0~point19 and neg period loads data from point0~point19; for waveform1, pos period loads data from point20~point39, neg period loads data from point20~point39; for waveform2, pos period loads data from point40~point59, neg period loads data from point40~point59; that means if we set bit7 1, we can get a higher resolution)</p> <p>If using 2 or 3 waveforms, bit 6 must set 1</p> |
| ADDR_WG_DRV_REST_CLK_REG             | 0x05~0x06 | RD/WR | 死区时间时长设置, 死区时间不能小于 5us。死区时间是图 14 的 delay_time, 如果需要使用到 255us 以上的时间, 需要借用波形脉宽时间。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ADDR_WG_DRV_SILENT_CLK_REG           | 0x07~0x09 | RD/WR | 静默时间时长设置 (单位 us)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| ADDR_WG_DRV_HLF_WAVE_CLK_PNT_REG     | 0x0A~0x0B | RD/WR | 正半周期的脉宽时间 (单位 us)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ADDR_WG_DRV_NEG_HLF_WAVE_CLK_PNT_REG | 0x0C~0x0D | RD/WR | 负半周期的脉宽时间 (单位 us)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ADDR_WG_DRV_IN_WAVE_ADDR_REG         | 0x03      | RD/WR | <p>Address for SPI writing the next 8 bit of the waveform value to the register where the wave values are stored</p> <p>The value is 0~127.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ADDR_WG_DRV_IN_WAVE_REG              | 0x04      | RD/WR | <p>Next half wave point value to be written to the address specified by ADDR_WG_DRV_IN_WAVE_ADDR_REG.</p> <p>(depend-on ADDR_WG_DRV_POINT_CONFIG), each point 8 bit between 0 and 255.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

## 3.3.4 NNC6521EVKA/AL 的波形发生例程

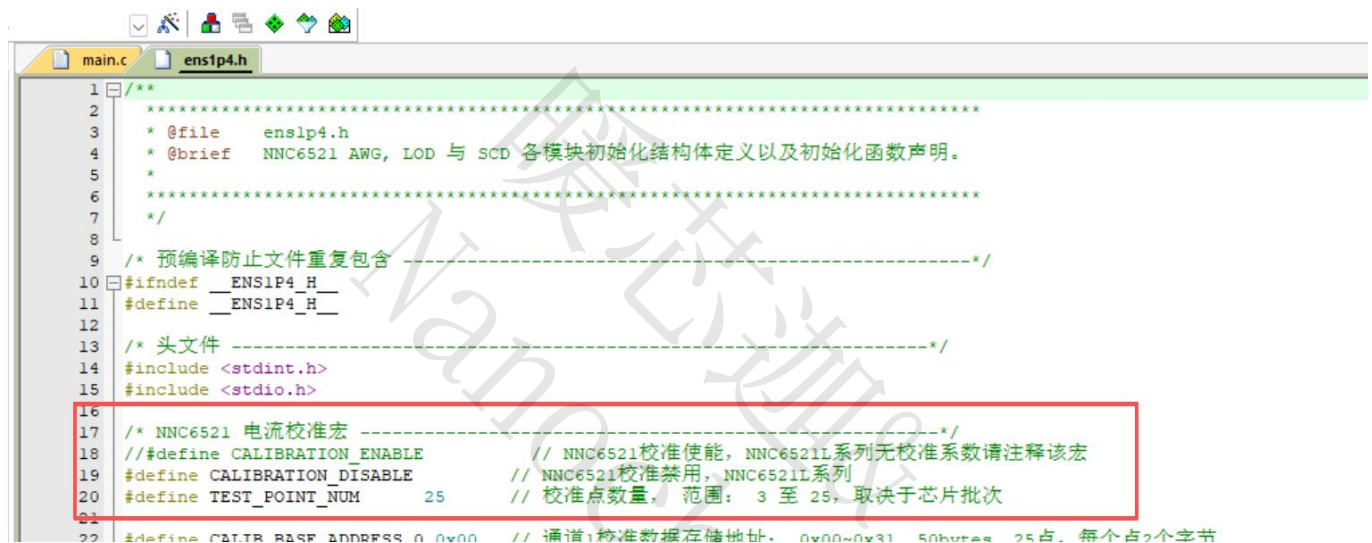
波形发生例程的路径为：NNC6521EVKA development board\2. 软件 software\01 波形驱动器例程\NNC6521\_General\_Demo\_2025

硬件设置部分：

1. 使用跳线帽连接 HVDD (芯片 1J20, 芯片 2J16)。
2. 使用跳线帽连接 AVDD (芯片 1J21, 芯片 2J39)。
3. 因为在固件里进行了 CHIP\_IN 的操作所以无需在连接，否则容易烧毁 MCU (开关往下拨)

```
HAL_GPIO_WritePin(CHIP1_EN_GPIO_Port, CHIP1_EN_Pin, GPIO_PIN_RESET);
HAL_GPIO_WritePin(CHIP2_EN_GPIO_Port, CHIP2_EN_Pin, GPIO_PIN_RESET);
HAL_Delay(1);
HAL_GPIO_WritePin(CHIP1_EN_GPIO_Port, CHIP1_EN_Pin, GPIO_PIN_SET); // 芯片1, 片选使能, 高电平有效
HAL_GPIO_WritePin(CHIP2_EN_GPIO_Port, CHIP2_EN_Pin, GPIO_PIN_SET); // 芯片2, 片选使能, 高电平有效
HAL_Delay(500);
```

4. 用户可以根据需要选择是否引用校准系数（注意：其中 NNC6521EVKAL 无校准系数）



主函数设置步骤为：

- 1) 设置时钟相关的参数，SystemClock\_Config；
- 2) 对 GPIO、SPI 和 UART 进行初始化；
- 3) 芯片使能脚拉高，芯片使能；
- 4) 自定义的归一化数组来生成自定义波形；

#### 5. 正弦波，方波，三角波取决于归一化数组

```

4 //
5 // 示例1: 输出自定义波形, 可选对称或非对称波形 (SPI)
6 // @函数参数1 uint8_t u8_Channel 输出波形通道: WAVEFORM_GEN_CH0 或 WAVEFORM_GEN_CH1
7 // @函数参数2 float *f_Normalized_array 归一化自定义波形数组指针
8 // @函数参数3 uint32_t u32_Max_current, 刺激波形的电流最大值 1000 ~ 100000 (1 to 100) mA
9 // @函数参数4 uint32_t u32_Positive_Interval 设置波形正半周点间隔: 16位, 单位PCLK (0.5uS, 2MHz)
10 // @函数参数5 uint32_t u32_Negative_Interval 设置波形负半周点间隔: 16位, 单位PCLK (0.5uS, 2MHz)
11 // @函数参数6 uint32_t u32_Silent_time 设置静默时间24位, 单位PCLK (0.5uS, 2MHz)
12 // @函数参数7 uint16_t u16_Rest_time 设置死区时间16位, 0 ~ 65535, 单位PCLK (0.5uS, 2MHz)
13 // @函数参数8 uint8_t u8_Asymmetric_Symmetric 设置对称或非对称波形, 0: 对称波形, 1: 非对称波形 (点数64, 数组中前64点用于正半周, 后64点用于负半周)
14 //
15 NNC6521_Customized_Waveform(WAVEFORM_GEN_CH0, normalized_sine_waveform, 30000, 10, 10, 0, 0, 0);
16 // NNC6521_Customized_Waveform(WAVEFORM_GEN_CH0, normalized_triangle_waveform, 30000, 10, 10, 100, 0, 0);
17 // NNC6521_Customized_Waveform(WAVEFORM_GEN_CH0, normalized_pulse_waveform, 30000, 10, 10, 100, 0, 0);
18
19 NNC6521_Customized_Waveform(WAVEFORM_GEN_CH1, normalized_sine_waveform, 30000, 10, 10, 0, 0, 0);
20 // NNC6521_Customized_Waveform(WAVEFORM_GEN_CH1, normalized_triangle_waveform, 30000, 10, 10, 100, 0, 0);
21 // NNC6521_Customized_Waveform(WAVEFORM_GEN_CH1, normalized_pulse_waveform, 30000, 10, 10, 100, 0, 0);
22 //
23 // 示例2: 由精密电压检测模块初始化

```

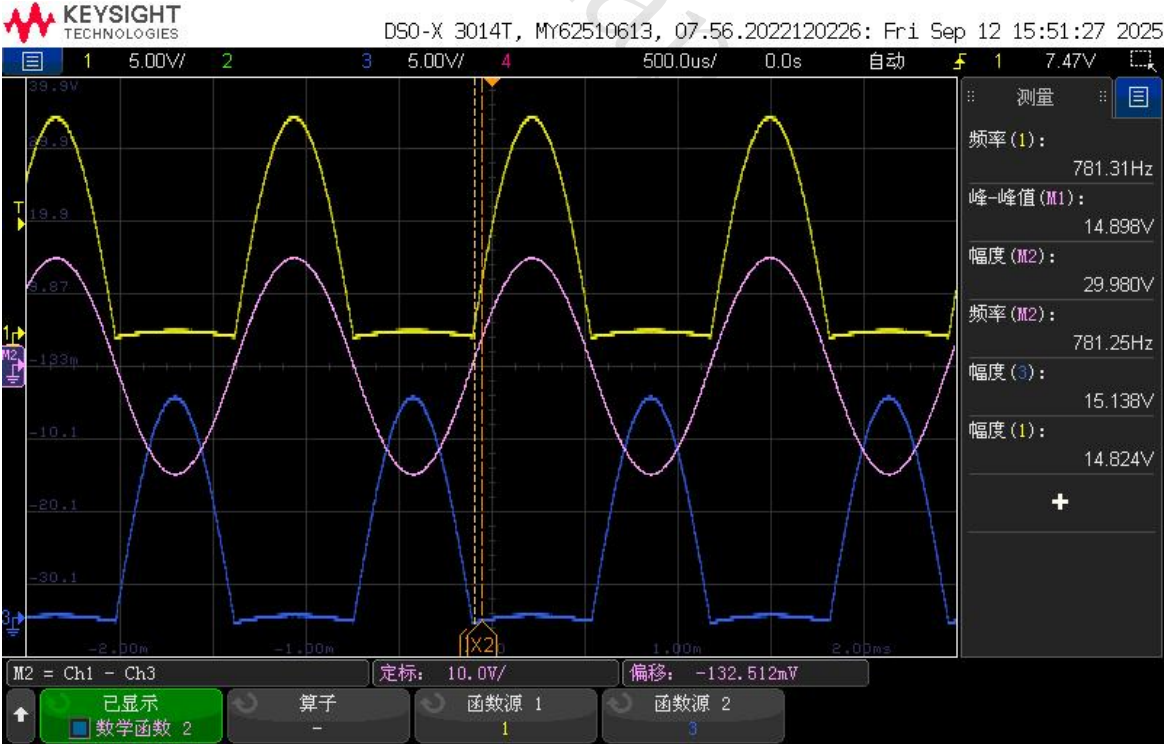


我们目前在固件里面已经封装好了，只需要修改以上参数就可以了，如电流大小，点间隔，静默时间，死区时间

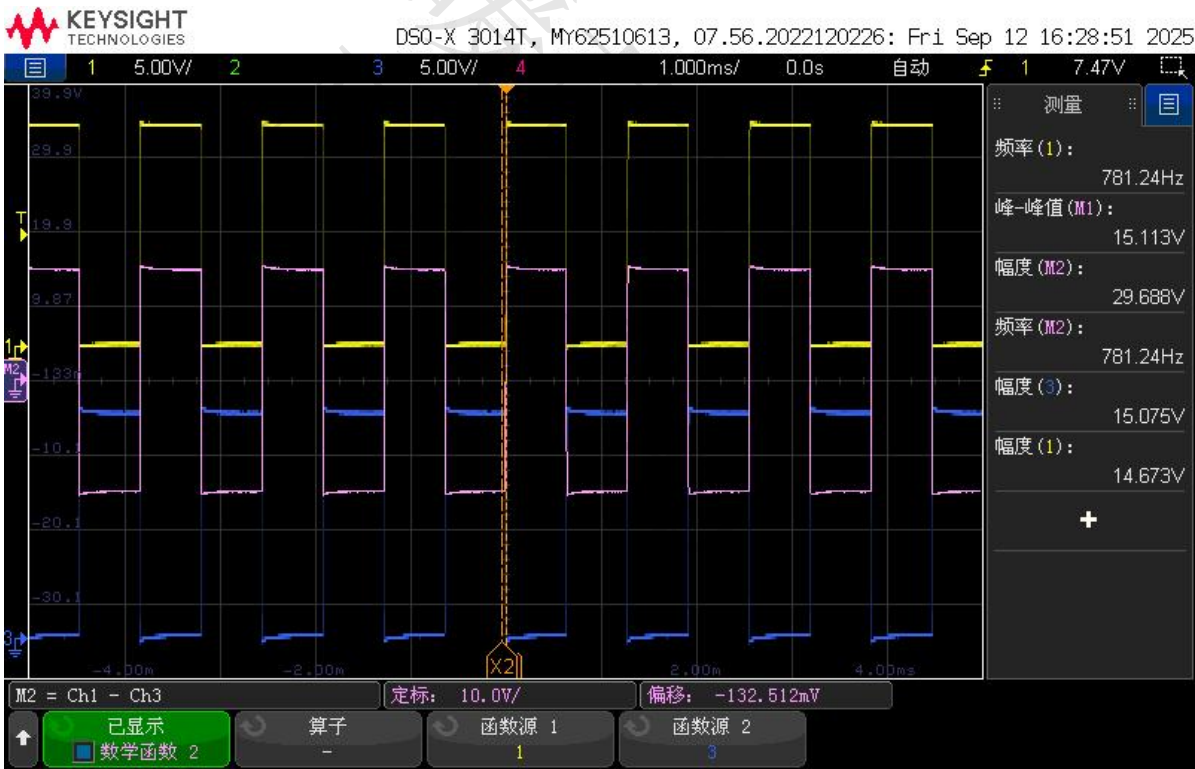
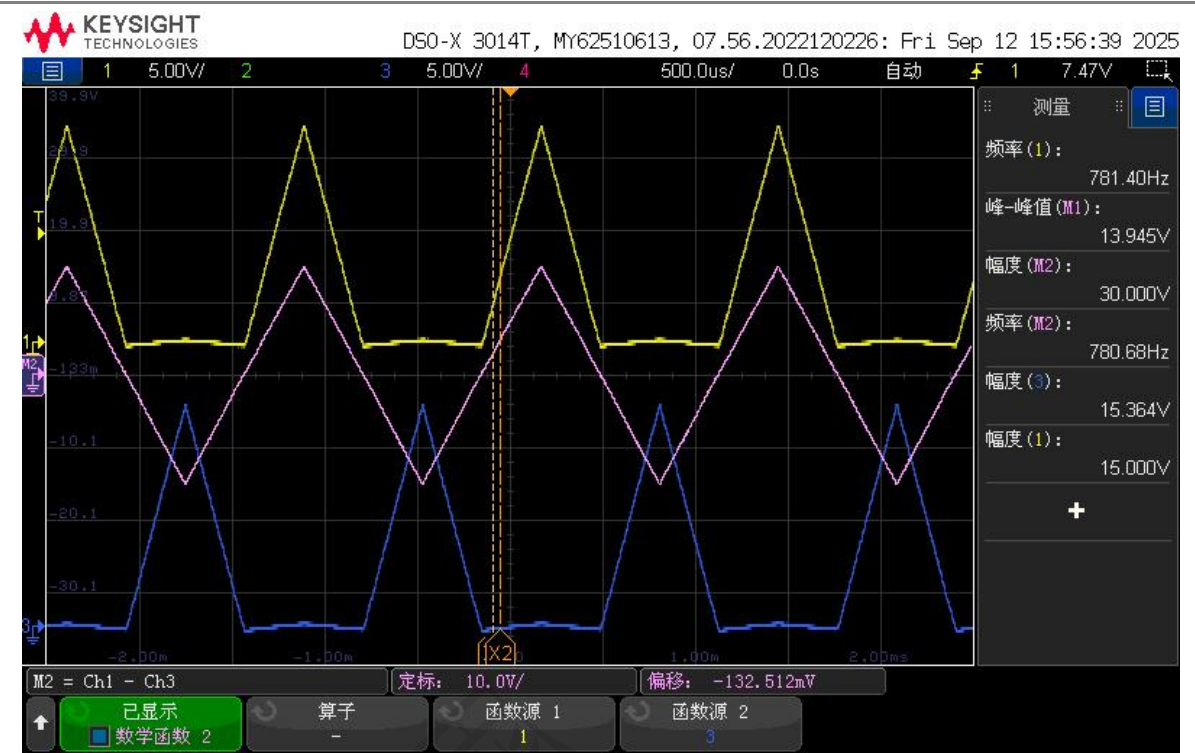
```
uint8_t u8_Asymmetric_Symmetric)
{
    waveform_TypeDef wf = (0); // 定义波形初始化结构体
    wf.CHANNEL = u8_Channel; // 设置制数通道 WAVEFORM_GEN_CH0或 WAVEFORM_GEN_CH1
    if (u8_Asymmetric_Symmetric==0)
    {
        wf.WG_DRV_POINT_CONFIG.value = u8_PointNum; // 设置半周点数寄存器，范围：1~128
        wf.WG_DRV_CTRL_REG0.bits.symmetric_wave = 0; // 设置波形控制寄存器，选择输出：0：对称波形 1：非对称波形
    }
    else
    {
        wf.WG_DRV_POINT_CONFIG.value = u8_PointNum/2; // 非对称波形：设置半周点数寄存器为数组长度的一半
        wf.WG_DRV_CTRL_REG0.bits.symmetric_wave = 1; // 设置波形控制寄存器，选择输出：0：对称波形 1：非对称波形
    }
    wf.WG_DRV_CONFIG_REG0.bits.rest_enable = 1; // 设置波形设置寄存器，使能或禁用死区时间
    wf.WG_DRV_CONFIG_REG0.bits.negative_enable = 1; // 设置波形设置寄存器，使能或禁用负半周
    wf.WG_DRV_CONFIG_REG0.bits.silent_enable = 1; // 设置波形设置寄存器，使能或禁用静默时间
    wf.WG_DRV_CONFIG_REG0.bits.sourceB_enable = 1; // 设置波形设置寄存器，使能或禁用Source B
    wf.WG_DRV_CONFIG_REG0.bits.multi_electrode = 1; // 设置波形设置寄存器，使能多电极模式
    wf.WG_DRV_CONFIG_REG0.bits.continue_repeat = 1;
    wf.WG_DRV_SILENT_CLK.value = u32_Silent_Time; // 设置静默时间24位，范围：0~FFFFFFh
    wf.WG_DRV_HALF_WAVE_CLK_PNT.value = u32_Positive_Interval; // 设置正半周点间隔16位，范围：0~FFFFh
    wf.WG_DRV_NEG_HALF_WAVE_CLK_PNT.value = u32_Negative_Interval; // 设置负半周点间隔16位，范围：0~FFFFh
    wf.WG_DRV_REST_CLK.value = u16_Rest_Time; // 设置死区时间16位，范围：0~FFFFh
    wf.WG_DRV_CTRL_REG0.bits.enable_wavgen = 1; // 设置波形控制寄存器，使能波形发生器模块
    wf.WG_DRV_CTRL_REG0.bits.waveform_select = WAVEFORM_SPI; // 设置波形控制寄存器，选择输出自定义波形
    wf.WG_DRV_CTRL_REG0.bits.preload_mode = 0; // 设置波形控制寄存器
    wavgen_config(&wf, f_Normalized_array, u32_Max_current); // 调用波形设置函数，按照初始化结构体设置配置相关寄存器，调用自定义波形数组，驱动模块使能放在函数最后
}
```

```
float normalized_sine_waveform_128[128] =
{
    0.000000, 0.024541, 0.049068, 0.073565, 0.098017, 0.122411, 0.146730, 0.170962,
    0.195090, 0.219101, 0.242980, 0.266713, 0.290285, 0.313682, 0.336890, 0.359895,
    0.382683, 0.405241, 0.427555, 0.449611, 0.471397, 0.492898, 0.514103, 0.534998,
    0.555570, 0.575808, 0.595699, 0.615232, 0.634393, 0.653173, 0.671559, 0.689541,
    0.707107, 0.724247, 0.740951, 0.757209, 0.773010, 0.788346, 0.803208, 0.817585,
    0.831470, 0.844854, 0.857729, 0.870087, 0.881921, 0.893224, 0.903989, 0.914210,
    0.923880, 0.932993, 0.941544, 0.949528, 0.956940, 0.963776, 0.970031, 0.975702,
    0.980785, 0.985278, 0.989177, 0.992480, 0.995185, 0.997290, 0.998795, 0.999699,
    1.000000, 0.999699, 0.998795, 0.997290, 0.995185, 0.992480, 0.989177, 0.985278,
    0.980785, 0.975702, 0.970031, 0.963776, 0.956940, 0.949528, 0.941544, 0.932993,
    0.923880, 0.914210, 0.903989, 0.893224, 0.881921, 0.870087, 0.857729, 0.844854,
    0.831470, 0.817585, 0.803208, 0.788346, 0.773010, 0.757209, 0.740951, 0.724247,
    0.707107, 0.689541, 0.671559, 0.653173, 0.634393, 0.615232, 0.595699, 0.575808,
    0.555570, 0.534998, 0.514103, 0.492898, 0.471397, 0.449611, 0.427555, 0.405241,
    0.382683, 0.359895, 0.336890, 0.313682, 0.290285, 0.266713, 0.242980, 0.219101,
    0.195090, 0.170962, 0.146730, 0.122411, 0.098017, 0.073565, 0.049068, 0.024541
};
```

可以自行修改点数，来自定义需要的波形







## 4 联系方式

可通过以下方式了解更多产品详情：

1) 公司电话：4008605922 ； 180 9470 6680

2) 技术人员 QQ：1708154204



3) 公众号：暖芯迦电子



Copyright© 2025 by Hangzhou Nanochap Electronics Co.,Ltd.

使用指南中所出现的信息在出版当时相信是正确的，然而暖芯迦对于说明书的使用不负任何责任。文中提到的应用目的仅仅是用来做说明，暖芯迦不保证或表示这些没有进一步修改的应用将是适当的，暖芯迦拥有不事先通知而修改产品的权利，对于最新的信息，请参考我们的网址 <https://www.nanochap.cn> 或与我们直接联系（4008605922）。