



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117254792 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 19

(21) 申请号 202311544933.2

(22) 申请日 2023.11.20

(71) 申请人 深圳安德空间技术有限公司

地址 518000 广东省深圳市福田区莲花街道景华社区商报路奥林匹克大厦501DE

(72) 发明人 高波 庄锦锋 党成冲

(74) 专利代理机构 深圳市锷剑恒富知识产权代理有限公司 44769

专利代理师 温玉珍

(51) Int. Cl.

H03K 3/86 (2006.01)

G01S 7/282 (2006.01)

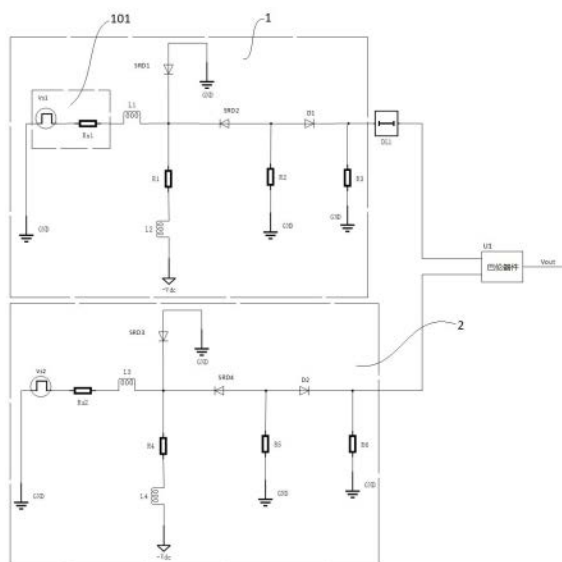
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于SRD的高斯单脉冲生成电路

(57) 摘要

本发明提供一种基于SRD的高斯单脉冲生成电路,包括:第一高斯脉冲生成电路、第二高斯脉冲生成电路、微带延迟线和巴伦器件,所述第一高斯脉冲生成电路与微带延迟线的一端连接,所述巴伦器件分别与所述微带延迟线的另一端和所述第二高斯脉冲生成电路连接;所述第一高斯脉冲生成电路和第二高斯脉冲生成电路采用相同的电路结构,并分别产生相同的第一高斯脉冲和第二高斯脉冲;所述第一高斯脉冲经过所述微带延迟线后,相对于所述第二高斯脉冲产生相位差,最后通过所述巴伦器件合成高斯单脉冲。本发明所输出的合成高斯单脉冲具有高功率和窄脉宽的特点,有较简单的电路结构,成本较低且易于实现,可以广泛应用于军事雷达、测距、定位及通信系统领域。



1. 一种基于SRD的高斯单脉冲生成电路,其特征在于,包括:第一高斯脉冲生成电路、第二高斯脉冲生成电路、微带延迟线和巴伦器件,所述第一高斯脉冲生成电路与微带延迟线的一端连接,所述巴伦器件分别与所述微带延迟线的另一端和所述第二高斯脉冲生成电路连接;所述第一高斯脉冲生成电路包括矩形脉冲源、电阻R1、电阻R2、阶跃恢复二极管SRD1、阶跃恢复二极管SRD2和电感L2,所述矩形脉冲源一端接地,所述矩形脉冲源另一端与分别与所述阶跃恢复二极管SRD1的负极和所述电阻R1一端相连,所述阶跃恢复二极管SRD1的正极接地,所述电阻R1的另一端通过所述电感L2与负电压电源相连,所述阶跃恢复二极管SRD2的负极与阶跃恢复二极管SRD1的负极相连,所述阶跃恢复二极管SRD2的正极通过所述电阻R2接地,所述阶跃恢复二极管SRD2的正极连接至所述微带延迟线;所述第一高斯脉冲生成电路和第二高斯脉冲生成电路采用相同的电路结构,其中,所述第一高斯脉冲生成电路和第二高斯脉冲生成电路同时产生相同的高斯脉冲,所述第一高斯脉冲生成电路生成的第一高斯脉冲经过所述微带延迟线后,相对于第二高斯脉冲电路产生的第二高斯脉冲产生相位差,所述巴伦器件将经过微带延迟线之后的第一高斯脉冲与所述第二高斯脉冲合成高斯单脉冲。

2. 根据权利要求1所述的基于SRD的高斯单脉冲生成电路,其特征在于,所述第一高斯脉冲生成电路还包括电感L1,所述电感L1的一端与所述矩形脉冲源相连,所述电感L1的另一端分别与所述阶跃恢复二极管SRD1的负极、所述电阻R1和所述阶跃恢复二极管SRD2的负极相连。

3. 根据权利要求1或2所述的基于SRD的高斯单脉冲生成电路,其特征在于,所述第一高斯脉冲生成电路还包括二极管D1和电阻R3,所述二极管D1的正极与所述阶跃恢复二极管SRD2的正极相连,所述二极管D1的负极通过所述电阻R3接地,所述二极管D1的负极与所述微带延迟线相连。

4. 根据权利要求3所述的基于SRD的高斯单脉冲生成电路,其特征在于,所述二极管D1为肖特基二极管。

5. 根据权利要求4所述的基于SRD的高斯单脉冲生成电路,其特征在于,通过改变所述阶跃恢复二极管SRD2的反向恢复时间 T_s ,对所述第一高斯脉冲生成电路产生的高斯脉冲的脉宽时间进行调控,所述阶跃恢复二极管SRD2的反向恢复时间 T_s 的计算公式为:

$T_s = \tau_R \times \ln(1 + \frac{I_{F2}}{I_{R2}})$,其中, τ_R 为所述阶跃恢复二极管SRD2的少数载流子寿命; I_{F2} 为所述阶跃恢复二极管SRD2的前向电流大小; I_{R2} 为所述阶跃恢复二极管SRD2的反向电流大小。

6. 根据权利要求5所述的基于SRD的高斯单脉冲生成电路,其特征在于,所述阶跃恢复二极管SRD2的反向电流大小 I_{R2} 的计算公式是: $I_{R2} \approx \frac{V_{Rev} - V_{SD}}{R_2 || R_3}$,其中, V_{SD} 是所述二极管D1的导通压降, V_{Rev} 是所述阶跃恢复二极管SRD2的负极一侧所能提供的最大电压,R2是所述电阻R2的电阻阻值,R3是所述电阻R3的电阻阻值。

7. 根据权利要求6所述的基于SRD的高斯单脉冲生成电路,其特征在于,所述阶跃恢复

二极管SRD2的负极一侧所能提供的最大电压 V_{Rev} 的计算公式为: $V_{Rev} = \frac{V_{s1} \times (R_2 || R_3)}{R_{s1} + (R_2 || R_3)}$, 其中 V_{s1} 是所述矩形脉冲源发出的矩形脉冲的高电平电压, R_{s1} 是所述矩形脉冲源的等效电阻。

8. 根据权利要求1或2所述的基于SRD的高斯单脉冲生成电路, 其特征在于, 实时调节所述微带延迟线的长度以实现与所述第一高斯脉冲和第二高斯脉冲之间相位差的控制, 并记录所述巴伦器件对应输出的波形, 直到输出的波形符合预设的高斯单脉冲波形要求。

一种基于SRD的高斯单脉冲生成电路

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高斯单脉冲生成电路,尤其涉及一种基于SRD的高斯单脉冲生成电路。

背景技术

[0002] 在探地雷达领域中,对雷达的要求为高功率及高分辨率,高功率在实际中体现为能探测掩埋物的深度,高分辨率体现为不同掩埋物可被分辨的最小距离。探地雷达的高探测深度和高分辨率的特点,分别对所发射的脉冲功率及脉冲宽度提出了高要求。

[0003] 适用于探地雷达的脉冲应为含较少低频分量和直流的高斯单脉冲,以利于天线辐射。但现有技术中的高斯单脉冲生成电路,不仅仅采用了较为复杂的电路结构,进而导致成本较高,而且还不能产生窄脉冲宽度(简称窄脉宽)和高脉冲功率的高斯单脉冲,无法满足探地雷达这一特殊应用领域的探测需求。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是如何提供一种能够产生窄脉冲宽度和高脉冲功率的高斯单脉冲生成电路。

[0005] 对此,本发明提供一种基于SRD的高斯单脉冲生成电路,该高斯单脉冲生成电路包括:第一高斯脉冲生成电路、第二高斯脉冲生成电路、微带延迟线和巴伦器件,所述第一高斯脉冲生成电路与微带延迟线的一端连接,所述巴伦器件分别与所述微带延迟线的另一端和所述第二高斯脉冲生成电路连接;所述第一高斯脉冲生成电路包括矩形脉冲源、电阻R1、电阻R2、阶跃恢复二极管SRD1、阶跃恢复二极管SRD2和电感L2,所述矩形脉冲源一端接地,所述矩形脉冲源另一端与分别与所述阶跃恢复二极管SRD1的负极和所述电阻R1一端相连,所述阶跃恢复二极管SRD1的正极接地,所述电阻R1的另一端通过所述电感L2与负电压电源相连,所述阶跃恢复二极管SRD2的负极与阶跃恢复二极管SRD1的负极相连,所述阶跃恢复二极管SRD2的正极通过所述电阻R2接地,所述阶跃恢复二极管SRD2的正极连接至所述微带延迟线;所述第一高斯脉冲生成电路和第二高斯脉冲生成电路采用相同的电路结构,其中,所述第一高斯脉冲生成电路和第二高斯脉冲生成电路同时产生相同的高斯脉冲,所述第一高斯脉冲生成电路生成的第一高斯脉冲经过所述微带延迟线后,相对于第二高斯脉冲电路产生的第二高斯脉冲产生相位差,所述巴伦器件将经过微带延迟线之后的第一高斯脉冲与所述第二高斯脉冲合成高斯单脉冲。

[0006] 本发明的进一步改进在于,所述第一高斯脉冲生成电路还包括电感L1,所述电感L1的一端与所述矩形脉冲源相连,所述电感L1的另一端分别与所述阶跃恢复二极管SRD1的负极、所述电阻R1和所述阶跃恢复二极管SRD2的负极相连。

[0007] 本发明的进一步改进在于,所述第一高斯脉冲生成电路还包括二极管D1和电阻R3,所述二极管D1的正极与所述阶跃恢复二极管SRD2的正极相连,所述二极管D1的负极通过所述电阻R3接地,所述二极管D1的负极与所述微带延迟线相连。

[0008] 本发明的进一步改进在于,所述二极管D1为肖特基二极管。

[0009] 本发明的进一步改进在于,通过改变所述阶跃恢复二极管SRD2的反向恢复时间 T_s ,对所述第一高斯脉冲生成电路产生的高斯脉冲的脉宽时间进行调控,所述阶跃恢复二极管SRD2的反向恢复时间 T_s 的计算公式为: $T_s = \tau_R \times \ln(1 + \frac{I_{F2}}{I_{R2}})$,其中, τ_R 为所述阶跃恢复二极管SRD2的少数载流子寿命; I_{F2} 为所述阶跃恢复二极管SRD2的前向电流大小; I_{R2} 为所述阶跃恢复二极管SRD2的反向电流大小。

[0010] 本发明的进一步改进在于,所述阶跃恢复二极管SRD2的反向电流大小 I_{R2} 的近似计算公式是: $I_{R2} \approx \frac{V_{Rev}-V_{SD}}{R_2||R_3}$,其中, V_{SD} 是所述二极管D1的导通压降, V_{Rev} 是所述阶跃恢复二极管SRD2的负极一侧所能提供的最大电压, R_2 是所述电阻R2的电阻阻值, R_3 是所述电阻R3的电阻阻值。

[0011] 本发明的进一步改进在于,所述阶跃恢复二极管SRD2的负极一侧所能提供的最大电压 V_{Rev} 的计算公式是: $V_{Rev} = \frac{V_{s1} \times (R_2 || R_3)}{R_{s1} + (R_2 || R_3)}$,其中 V_{s1} 是所述矩形脉冲源发出的矩形脉冲的高电平电压, R_{s1} 是所述矩形脉冲源的等效电阻。

[0012] 本发明的进一步改进在于,实时调节所述微带延迟线的长度以实现与所述第一高斯脉冲和第二高斯脉冲之间相位差的控制,并记录所述巴伦器件对应输出的波形,直到输出的波形符合预设的高斯单脉冲波形要求。

[0013] 与现有技术相比,其优点在于,所述第一高斯脉冲生成电路和第二高斯脉冲生成电路分别通过基于SRD阶跃二极管电路产生相同窄脉冲宽度的第一高斯脉冲和第二高斯脉冲,所述第一高斯脉冲经过微带延迟线后与所述第二高斯脉冲产生相位差,最后由所述巴伦器件合成高斯单脉冲,输出的合成高斯单脉冲具有高功率和窄脉宽的特点,非常适用于探地雷达这一特殊的应用领域。该电路具有较简单的电路结构,成本较低且易于实现,可以广泛应用于军事雷达、测距、定位及通信系统领域。

附图说明

[0014] 图1是本发明一种实施例的电路原理图;

图2是本发明一种实施例的高斯单脉冲的合成原理示意图;

图3是本发明一种实施例的高斯脉冲测试波形示意图。

[0015] 附图标识:1-第一高斯脉冲生成电路;101-矩形脉冲源;2-第二高斯脉冲生成电路。

具体实施方式

[0016] 在本发明的描述中,如果涉及到方位描述,例如“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。如果某一技术特征被称为“设置”、“固定”、“连

接”、“安装”在另一个技术特征,可以直接设置、固定、连接在另一个技术特征上,也可以间接地设置、固定、连接、安装在另一个技术特征上。

[0017] 在本发明的描述中,如果涉及到“若干”,其含义是一个以上;如果涉及到“多个”,其含义是两个以上;如果涉及到“大于”、“小于”、“超过”,均应理解为不包括本数;如果涉及到“以上”、“以下”、“以内”,均应理解为包括本数。如果涉及到“第一”、“第二”等,应当理解为仅用于相同或是相似技术特征名称的区分,而不能理解为暗示/指明技术特征的相对重要性,不能理解为暗示/指明技术特征的数量,也不能理解为暗示/指明技术特征的先后关系。

[0018] 下面结合附图,对本发明的较优的实施例作进一步的详细说明:

如图1至图3所示,本实施例提供一种基于SRD的高斯单脉冲生成电路,包括:第一高斯脉冲生成电路1、第二高斯脉冲生成电路2、微带延迟线DL1和巴伦器件U1,所述第一高斯脉冲生成电路1与微带延迟线DL1的一端连接,所述巴伦器件U1分别与所述微带延迟线DL1的另一端和所述第二高斯脉冲生成电路2连接;所述第一高斯脉冲生成电路1包括矩形脉冲源101、电阻R1、电阻R2、阶跃恢复二极管SRD1、阶跃恢复二极管SRD2和电感L2,所述矩形脉冲源101一端接地,所述矩形脉冲源101另一端与分别与所述阶跃恢复二极管SRD1的负极和所述电阻R1一端相连,所述阶跃恢复二极管SRD1的正极接地,所述电阻R1的另一端通过所述电感L2与负电压电源相连,所述阶跃恢复二极管SRD2的负极与阶跃恢复二极管SRD1的负极相连,所述阶跃恢复二极管SRD2的正极通过所述电阻R2接地,所述阶跃恢复二极管SRD2的正极连接至所述微带延迟线DL1;所述第一高斯脉冲生成电路1和第二高斯脉冲生成电路2采用相同的电路结构,其中,所述第一高斯脉冲生成电路1和第二高斯脉冲生成电路2同时产生相同的高斯脉冲,所述第一高斯脉冲生成电路1生成的第一高斯脉冲经过所述微带延迟线DL1后,相对于第二高斯脉冲电路产生的第二高斯脉冲产生相位差,所述巴伦器件U1将经过微带延迟线DL1之后的第一高斯脉冲与所述第二高斯脉冲合成高斯单脉冲。所述巴伦器件也称Balun器件。

[0019] 本实施例的工作原理如下:所述电感L2和电阻R1作为所述阶跃恢复二极管SRD1和阶跃恢复二极管SRD2的偏压电路;所述阶跃恢复二极管SRD1作为所述阶跃恢复二极管SRD2和电阻R2的偏压电路;所述矩形脉冲源101发出正脉冲时,为所述阶跃恢复二极管SRD1提供反向偏压,由于阶跃恢复二极管的反向导通特性:当处于导通状态的二极管突然加上反向电压时,瞬间反向电流立即达到最值,并维持一定的时间,接着又立即恢复到零。这一段时间内所述阶跃恢复二极管SRD1产生一个尖的正脉冲,随后这个正脉冲进入所述阶跃恢复二极管SRD2,使所述阶跃恢复二极管SRD2进行反偏,所述阶跃恢复二极管SRD2产生的反偏电流经过电阻R2(即负载),这一阶段可以产生ps级脉宽的高斯脉冲,即产生如图3所示的约500ps脉宽的脉冲,ps指的是皮秒;所述阶跃恢复二极管SRD1对脉冲波形的作用为产生一个快速的上升沿,所述阶跃恢复二极管SRD2的作用主要为与电阻R2配合控制反向电流大小来控制高斯脉冲下降沿的下降速度,从而对脉宽进行可调控制。因此,本实施例所述第一高斯脉冲与所述第二高斯脉冲指的是皮秒级高斯脉冲,脉冲宽度窄且功率高;在此基础上,还可以进一步实现对脉冲宽度的可调控制。

[0020] 优选的,所述第一高斯脉冲生成电路1和第二高斯脉冲生成电路2中的各个对应的元器件采用相同的参数,以确保所述第一高斯脉冲生成电路1和第二高斯脉冲生成电路2同

时产生相同的高斯脉冲。

[0021] 更详细的,由于高频信号对应波长较短,高频信号极易受到微带延迟线长度的影响从而在传输过程中产生延迟而改变相位。高斯单脉冲的合成原理图如图2所示,通过调节微带延迟线DL1长度对第一高斯脉冲生成电路1产生的第一高斯脉冲产生延迟,相对于第二高斯脉冲生成电路2产生的高斯脉冲产生相位差,缓慢调节微带延迟线DL1的长度来改变两路高斯脉冲的之间的相位差,直至在巴伦器件U1合成后检测到产生一个理想的高斯单脉冲波形。由于电路将两个高斯脉冲合成一个高斯单脉冲,因此两路高斯脉冲的合成输出的高斯单脉冲具有高功率和窄脉宽的特点。

[0022] 需要说明的是,巴伦器件具有互易性,即双端或者单端均可作为输入端。当采用单端输入方式时,单端为输入端,双端为输出端,理想的巴伦器件的双端会输出两个相位互为180度且振幅一致的信号;当采用双端端输入方式时,双端为输入端,单端为输出端,理想的巴伦器件会先将双端的其中一路相位翻转180度后与另一路未进行相位翻转的信号相叠加,然后实现输出;双端输入方式其实就是单端输入方式的逆过程。在本实施例中,使用的是双端输入方式的原理。本实施例所述巴伦器件U1型号优选为TCM2-43X+。

[0023] 因此,本实施例实时调节所述微带延迟线的长度以实现对所述第一高斯脉冲和第二高斯脉冲之间相位差的控制,实时调整的长度大小可以根据实际情况和需求进行自定义设置,并同时记录所述巴伦器件对应输出的波形,直到输出的波形符合预设的高斯单脉冲波形要求,即直至在巴伦器件输出如图2所示的高斯单脉冲波形;预设的高斯单脉冲波形的要求也可以根据实际情况/需求进行自定义设置和调整。

[0024] 如图1所示,所述第一高斯脉冲生成电路1还包括电感L1,所述电感L1的一端与所述矩形脉冲源相连,所述电感L1的另一端分别与所述阶跃恢复二极管SRD1的负极、所述电阻R1和所述阶跃恢复二极管SRD2的负极相连。更具体的,电感L1是用于阻断所述第一高斯脉冲生成电路1产生的高斯脉冲进入前一级电路而造成影响。

[0025] 如图1所示,所述第一高斯脉冲生成电路1还包括二极管D1和电阻R3,所述二极管D1的正极与所述阶跃恢复二极管SRD2的正极相连,所述二极管D1的负极通过所述电阻R3接地,所述二极管D1的负极与所述微带延迟线DL1相连。所述二极管D1为肖特基二极管。更具体的,所述二极管D1用于消除第一高斯脉冲生成电路1产生的高斯脉冲的负电平和振铃影响。

[0026] 如图1所示,所述第一高斯脉冲生成电路1产生的高斯脉冲的脉宽时间是通过改变所述阶跃恢复二极管SRD2的反向恢复时间 T_s 来调控,所述阶跃恢复二极管SRD2的反向恢复时间 T_s 的计算公式是: $T_s = \tau_R \times \ln(1 + \frac{I_{F2}}{I_{R2}})$,其中, τ_R 是阶跃恢复二极管SRD2的少数载流子寿命,该少数载流子寿命 τ_R 是与所述阶跃恢复二极管SRD2对应的特定常数; I_{F2} 是阶跃恢复二极管SRD2的前向电流大小, $I_{F2} = \frac{V_{R2} - V_{Rev}}{R_2}$, V_{R2} 是所述电阻R2非接地端的电压值, R_2 是所述电阻R2的电阻阻值, V_{Rev} 是所述阶跃恢复二极管SRD2的负极一侧所能提供的最大电压; I_{R2} 是阶跃恢复二极管SRD2的反向电流大小。

[0027] 更为具体的,如图1所示,所述电感L2和电阻R1作为所述阶跃恢复二极管SRD2和SRD1的偏压电路,阶跃恢复二极管SRD1作为阶跃恢复二极管SRD2和电阻R2的偏压电路。矩

形脉冲源101发出正脉冲时,由于阶跃恢复二极管的反向导通特性,当处于导通状态的二极管突然加上反向电压时,瞬间反向电流立即达到最值,并维持一定的时间,接着又立即恢复到零,这一段时间内可以产生ps级脉宽的高斯脉冲。通过改变不同的负电压电源-Vdc的电压和所述电阻R2的阻值来改变对阶跃恢复二极管SRD2的电流偏置,不同电流偏置体现为阶跃恢复二极管SRD2的前向电流大小 I_{F2} , I_{F2} 决定着SRD2反向导通期间反向电流的大小,从而实现在阶跃恢复二极管SRD2反向导通时对高斯脉冲的峰值调控。

[0028] 如图1所示,所述阶跃恢复二极管SRD2的反向电流大小 I_{R2} 的近似计算公式是:

$I_{R2} \approx \frac{V_{Rev}-V_{SD}}{R_2||R_3}$,其中, V_{SD} 是所述二极管D1的导通压降, V_{Rev} 是所述阶跃恢复二极管SRD2的负极一侧所能提供的最大电压,R2是所述电阻R2的电阻阻值,R3是所述电阻R3的电阻阻值。

[0029] 如图1所示,所述阶跃恢复二极管SRD2的负极一侧所能提供的最大电压 V_{Rev} 的计算公式是: $V_{Rev} = \frac{V_{S1} \times (R_2 || R_3)}{R_{S1} + (R_2 || R_3)}$,其中 V_{S1} 是所述矩形脉冲源101发出的矩形脉冲的高电平电压, R_{S1} 是所述矩形脉冲源101的等效电阻,R2是所述电阻R2的电阻阻值,R3是所述电阻R3的电阻阻值。

[0030] 更具体的,由上可见改变所述电阻R2的阻值大小,将会引起阶跃恢复二极管SRD2的反向恢复时间 T_s 的变化, T_s 越小代表着阶跃恢复二极管SRD2阻值从0变到无穷大的时间越小,因此第一高斯脉冲生成电路1产生的高斯脉冲的脉冲宽度也会变小,所以通过改变电阻R2的阻值可以实现对第一高斯脉冲生成电路1产生的高斯脉冲的脉冲宽度的调控,从而产生窄脉冲宽度的高斯脉冲。

[0031] 需要指出的是,如图1所示,所述第一高斯脉冲生成电路1和第二高斯脉冲生成电路2具有相同的电路结构,第二高斯脉冲生成电路2对应第一高斯脉冲生成电路1的各部分器件具有相同的原理和功能,相应参数的计算方式也相同。

[0032] 综上所述,本发明通过优化设计的电路,实现了一种基于SRD的高斯单脉冲生成电路,通过基于SRD阶跃二极管电路产生窄脉冲宽度的高斯脉冲,并且将两条相同高斯脉冲合成电路的其中一路经过微带延迟线产生相位差后由巴伦器件将两路合成高斯单脉冲,两路高斯脉冲的合成使输出的高斯单脉冲具有高功率的特点。该电路具有较简单的电路结构,成本较低且易于实现,可以广泛应用于军事雷达、测距、定位及通信系统领域。

[0033] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换,都应当视为属于本发明的保护范围。

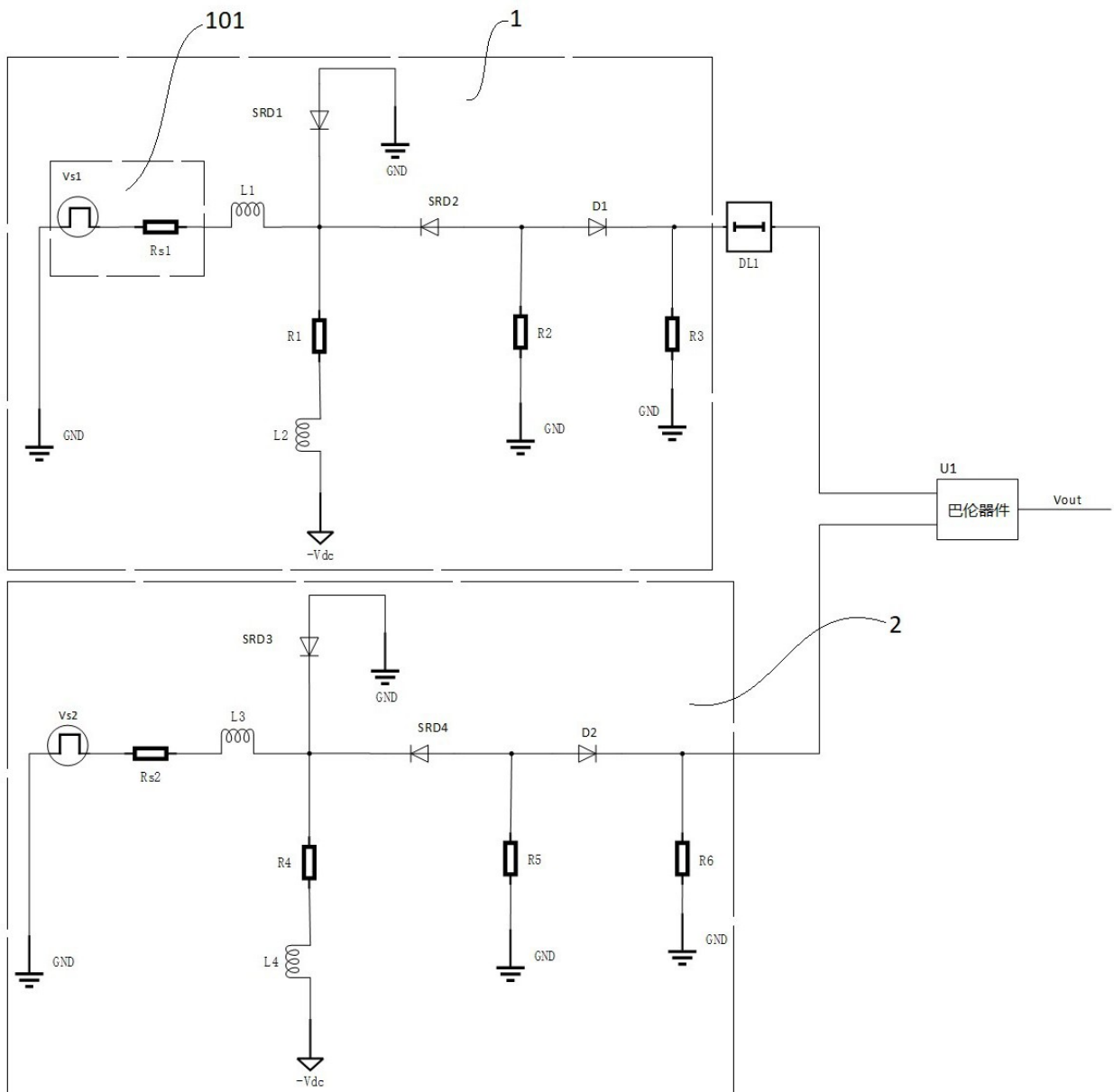


图 1

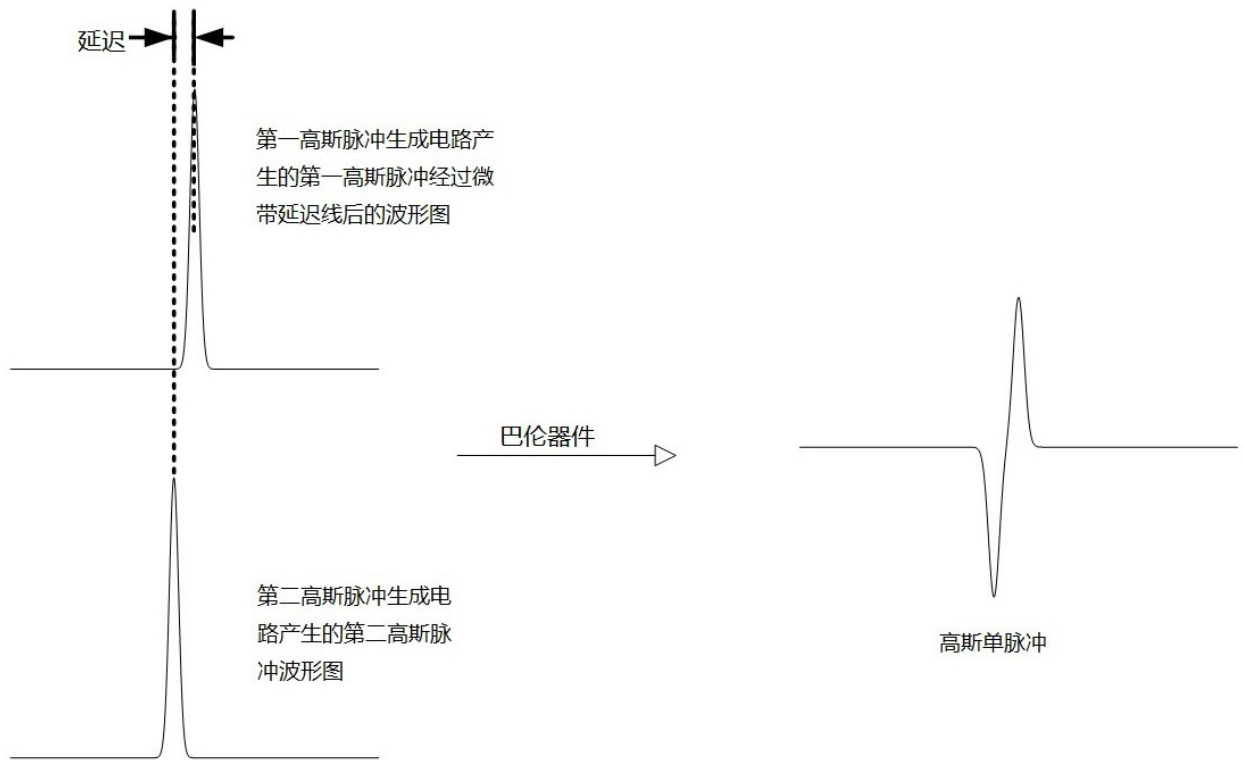


图 2

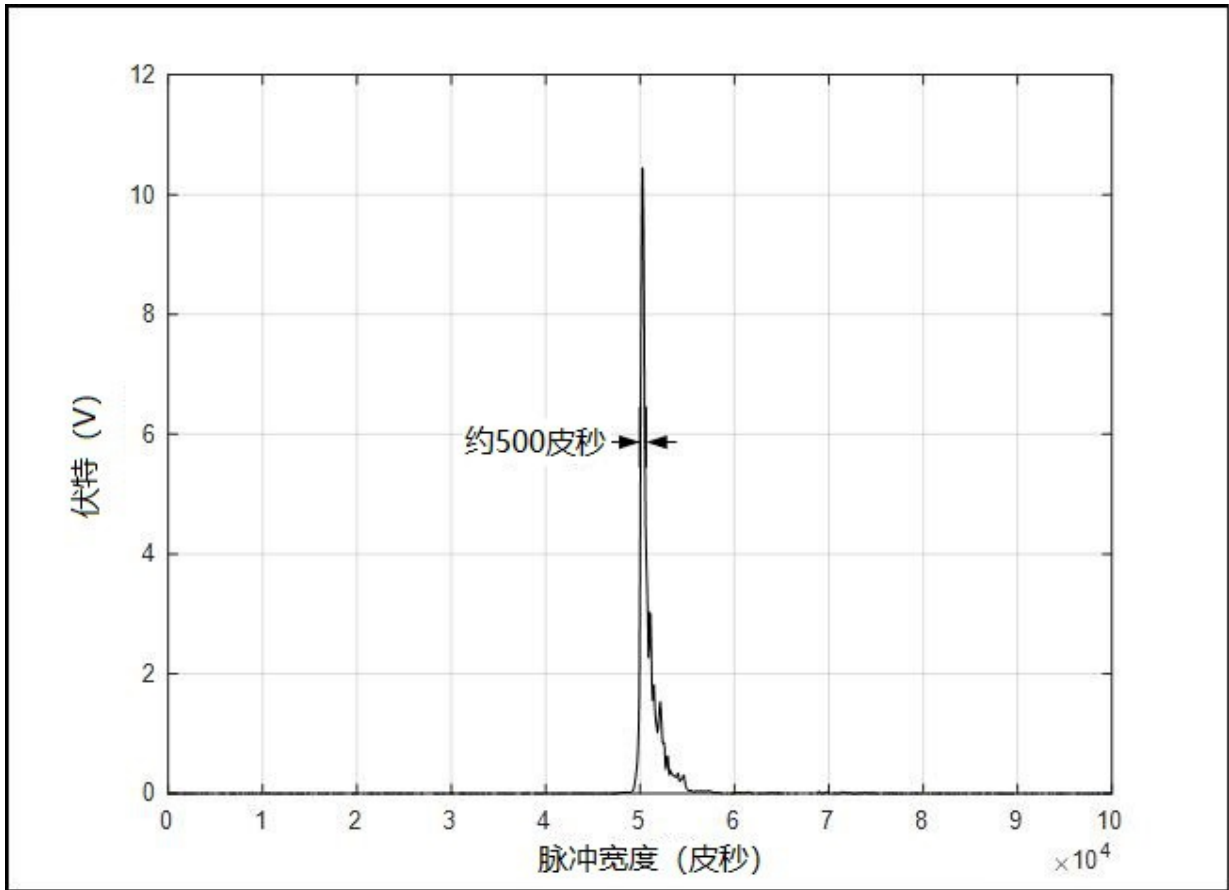


图 3