



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102147460 B

(45) 授权公告日 2014. 05. 14

(21) 申请号 201010111349. 4

(22) 申请日 2010. 02. 10

(73) 专利权人 中国科学院电子学研究所

地址 100080 北京市海淀区北四环西路 19  
号(72) 发明人 刘丽华 陈洁 黄琼 吴秉横  
孟升卫 方广有(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021

代理人 周国城

(51) Int. Cl.

G01S 7/285(2006. 01)

## (56) 对比文件

CN 101581781 A, 2009. 11. 18, 全文 .

CN 2365679 Y, 2000. 02. 23, 全文 .

US 2004/0249258 A1, 2004. 12. 09, 全文 .

US 2004/0178947 A1, 2004. 09. 16, 全文 .

US 6577978 B1, 2003. 06. 10, 全文 .

US 5523760 A, 1996. 06. 04, 全文 .

李文超 . 超宽带探地雷达探测性能及数据处理方法研究 . 《中国优秀硕士学位论文全文数据库科技信息辑, 2008/05, I136-257》. 2008, 全文 .

屈义萍 . 冲击脉冲型探地雷达等效采样方法

的研究 . 《电子测量技术》. 2010, 第 33 卷 (第 1 期), 全文 .

刘丽华等 . 超宽带穿墙探测雷达接收机的设计 . 《仪器仪表学报》. 2009, 第 30 卷 (第 6 (增刊) 期), 正文第 1-3 部分及图 1-2.

严明等 . 冲击型探地雷达回波信号的等效采样方法研究 . 《武汉大学学报 · 信息科学版》. 2007, 第 32 卷 (第 4 期), 全文 .

范国新等 . 探地雷达原理、设计思想及其实现——介绍一种工程实用化探地雷达 . 《电波科学学报》. 1992, 第 7 卷 (第 3 期), 全文 .

陶锐 . 冲激脉冲探地雷达接收机技术的研究 . 《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑, 2007/02, I136-393》. 2007, 全文 .

Ming Yan 等 . Impulse Ground Penetrating Radar Hardware System Design. 《6th International Conference on ITS Telecommunications Proceedings, 1244-1247, 2006 IEEE》. 2006, 正文第 I , II 部分及图 1.

审查员 王晓东

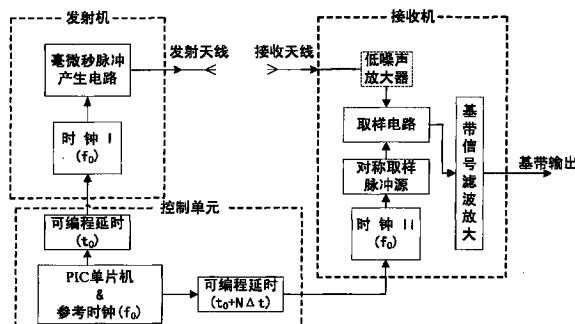
权利要求书3页 说明书6页 附图2页

## (54) 发明名称

超宽带脉冲雷达接收系统及方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种超宽带脉冲雷达接收系统, 由超宽带接收机和控制单元两大部分组成。超宽带雷达脉冲接收机采用取样相位检测器 (SPD) 作为接收机采样门的关键部件, 利用微波三极管结合电容充放电过程产生采样脉冲, 取样带宽高达 6GHz ; 控制单元以 PIC 单片机为核心, 结合可编程延时芯片为接收机提供采样时钟信号。本发明的超宽带无线电脉冲雷达接收系统能够精确重构来自天线的超宽带信号波形, 从而实现利用低速 A/D 进行信号采集, 降低系统成本。



1. 一种超宽带脉冲雷达接收系统,其特征在于,包括超宽带接收机和雷达控制单元,二者集成在一个模块上,与电源电路电连接;

超宽带接收机,包括接收天线、低噪声放大器、取样电路、取样脉冲产生电路、时钟 II、信号保持及滤波电路;

雷达控制单元为雷达的控制中心,包括 PIC 单片机、可编程固定延时芯片、参考时钟、可编程步进延时芯片、串口 SPI 通信模块、雷达专用软件;

雷达控制单元分别与发射机、超宽带接收机电连接;可编程固定延时芯片与发射机的时钟 I 电连接,可编程步进延时芯片与超宽带接收机的时钟 II 电连接;其功能是为超宽带接收机提供控制时钟,将雷达回波信号进行采样接收,并将其数字化,然后与上位机进行数据通信,以及后续的信号处理;

超宽带接收机,其电路包括:

微波三极管开关电路:变压器 T1 的初级两端分别接时钟触发信号的输入,及接地,变压器的次级两端分别接两微波三极管 Q1、Q2 的基极,次级中间抽头接地,三极管 Q1、Q2 的基极间接有肖特基二极管 D1;两微波三极管 Q1、Q2 的发射极相连,集电极分别接一充放电电路中电容 C1、C2 的一端;三极管 Q1 的集电极经电阻 R1 接电源正极,三极管 Q2 的集电极经电阻 R2 接电源负极;其中,与微波三极管 Q1 连接的第一充放电电路包括第一电阻 R1、第三电阻 R3 和第一电容 C1,微波三极管 Q1 的集电极连接于第一电容 C1 的一端,取样相位检测器 SPD 的阶跃恢复二极管 SRD 的正极连接于第一电容 C1 的另一端,并通过第三电阻 R3 接电源正极;与微波三极管 Q2 连接的第二充放电电路包括第二电阻 R2、第四电阻 R4 和第二电容 C2,微波三极管 Q2 的集电极连接于第二电容 C2 的一端,取样相位检测器 SPD 的阶跃恢复二极管 SRD 的负极连接于第二电容 C2 的另一端,并通过第四电阻 R4 接电源负极;

取样脉冲产生电路:包括微波三极管开关电路及取样相位检测器 SPD 中集成的阶跃恢复二极管 SRD,在阶跃恢复二极管 SRD 的两极产生两路对称的极窄取样脉冲信号,其脉冲宽度由取样相位检测器 SPD 中阶跃恢复二极管 SRD 的上升时间决定;

取样电路:取样相位检测器 SPD 内部集成有两个肖特基二极管 T2、T3 和两个取样电容 C 构成的接收机取样门,其中,两个肖特基二极管 T2、T3 串联,其结点接射频信号 RF-in 输入端,两路对称的取样脉冲信号接入两串联肖特基二极管 T2、T3 的两端;

信号保持及滤波电路:电容 C1、C2 通过由电阻 R5, R6 及保持电容 C3 组成的放电回路放电,将采样电容 C 上集聚的电荷转移至 C3 上,使 C3 两端电压与 RF 信号电压成一定比例关系,并实时反映 RF 信号的大小变化;保持电路包括保持电容 C3 和运算放大电路, R5, R6 及保持电容 C3 组成的低通滤波电路滤除输出基带信号中的高频杂波。

2. 如权利要求 1 所述的超宽带脉冲雷达接收系统,其特征在于,所述超宽带接收机的工作方法,包括步骤:

步骤一、触发信号产生:

变压器得到一对平衡信号,在此平衡信号的驱动下,微波三极管 Q1 和 Q2 同时导通,迅速从截止区经过放大区进入饱和区,两个微波三极管 Q1、Q2 的发射极相连,形成两个快速开关;

步骤二、取样脉冲产生:

利用 SRD 的阶跃特性,结合充放电电容 C1、C2,在 Q1 与 Q2 的集电极分别得到一对完全

对称的窄脉冲信号,作为接收机取样门的取样脉冲;阶跃恢复二极管 SRD 的两极产生两路对称脉冲信号,脉冲宽度由阶跃恢复二极管 SRD 的上升时间决定;

步骤三、取样开始:

当对称取样脉冲信号到来时,两肖特基二极管 T2、T3 取样门迅速打开,使 RF-in 端输入的射频回波信号对取样相位检测器 SPD 中的保持电容 C 进行充电,取样开始;

步骤四、取样结束:

当取样脉冲消失时取样门迅速关断,取样结束;

步骤五、信号保持:

电容 C1、C2 通过由电阻 R5, R6 以及保持电容 C3 组成的放电回路放电,将采样电容 C 上集聚的电荷转移至 C3 上,使 C3 两端电压与 RF 信号电压成一定比例关系,并实时反映 RF 信号的大小变化;保持电路包括保持电容 C3 和运算放大电路, R5, R6 以及保持电容 C3 组成的低通滤波电路滤除输出基带信号中的高频杂波。

3. 如权利要求 1 所述的超宽带脉冲雷达接收系统,其特征在于,所述超宽带接收机,其中,阶跃恢复二极管 SRD 的渡跃时间小于 60ps;电容 C 为 0.5pF;两肖特基二极管 T2、T3 工作频率为 22GHz,采样带宽为 6GHz。

4. 如权利要求 1 所述的超宽带脉冲雷达接收系统,其特征在于,所述雷达控制单元,其中,

a) 单片机为采用 MICROCHIP 公司的 PIC24HJ64GP206,具有两个串口 SPI 口用于数据的交换;

b) 可编程固定延时模块用来补偿发射机时钟 I 与超宽带接收机时钟 II 这两路时钟信号的线路固有延时,调整这两路时钟信号之间的时间同步;

c) 可编程步进延时模块与单片机之间通过串口 SPI 连接,通过对编写控制字程序控制时钟信号的步进延迟;

d) 单片机内置 A / D 模块将等效采样后的基带模拟信号转换为数字信号,通过串口与 PC 机进行数据通信。

5. 如权利要求 4 所述的超宽带脉冲雷达接收系统,其特征在于,所述雷达控制单元中的超宽带雷达系统时钟系统,包括所述 PIC 单片机、时钟信号 I 和时钟信号 II;其中,PIC 单片机为雷达系统提供控制时钟及与雷达上位机进行数据通信;

时钟信号 I 为发射机时钟,通过可编程固定延时芯片调整发射机与超宽带接收机之间的时间同步;

时钟信号 II 为超宽带接收机时钟,通过可编程步进延时芯片实现与时钟 I 之间的时间步进。

6. 如权利要求 1 或 4 所述的超宽带脉冲雷达接收系统,其特征在于,所述雷达控制单元的工作流程,包括步骤:

步骤一、雷达控制单元为发射机与接收机提供两路重复频率相同的时钟控制信号;

步骤二、两路时钟控制信号一路经延时处理直接与发射机相连,另一路经过可编程步进延时芯片与接收机相连,

步骤三、两路时钟信号之间有一个很小且递增的步进时间,递增的步进时间通过 PIC 单片机对高精度可编程步进延时芯片发送控制字来实现;

步骤四、接收机在控制单元的时钟控制下完成等效采样过程,对接收信号实现波形重建,得到接收信号的下变频基带信号;

步骤五、PIC 单片机内部集成的 A / D 变换器为低速 A / D, 将等效采样后的基带模拟信号转换为数字信号;

步骤六、数字信号通过单片机串口与 PC 机进行数据交换上传给 PC 机, 后续单元对变换后的数字信号进行信号处理。

7. 如权利要求 1 或 4 所述的超宽带脉冲雷达接收系统, 其特征在于, 所述雷达专用软件, 包括:

- a) 用雷达专用软件控制, 对雷达系统参数进行调配、设定, 使雷达在不同的应用环境中性能达到最优;
- b) 对雷达回波信号进行处理, 通过信号实时叠加去除随机干扰噪声, 提高系统信噪比;
- c) 经雷达专用软件处理后, 雷达回波信号以伪彩色电平图或灰色电平图或波形堆积图的方式显示。

## 超宽带脉冲雷达接收系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及雷达接收技术领域，是一种超宽带脉冲雷达接收系统及方法，为脉冲型超宽带雷达对带宽高达几个 GHz 的雷达回波信号进行采样接收提供了可靠有效的解决方法，并降低了雷达系统的成本。

### 背景技术

[0002] 超宽带脉冲雷达是一种工作于无载频毫微秒脉冲体制下的时域成像探测系统，它涉及到时域瞬态电磁场和电磁波理论、超宽带天线理论与技术、瞬态信号检测和处理技术、微电子技术等多门学科。通常，探测雷达与探测对象之间存在非电磁透明的介质屏障，该介质屏障使雷达和目标处于不同的自由空间，并且阻断了可见光、红外线和部分高频电磁波的传播。

[0003] 超宽带脉冲雷达最常见的应用形式是探地雷达，它是一种利用电磁波探测地下介质分布和地下物体埋藏情况的无损伤探测技术，与其它方法相比，具有探测速度快、分辨率高等优点，被广泛应用于地质勘探、工程质量检测等众多领域。一方面，发射脉冲信号的超宽频带可以获取高距离分辨率，有利于目标的检测与定位；另一方面，脉冲信号中的低频成分可以有效地穿透介质，以保证雷达有很好的穿透能力。因此，超宽带脉冲信号在探地或者穿墙探测应用中具有很大的优势与潜力。

[0004] 已经产品化的探地雷达基本上都是采用无载频毫微秒脉冲信号体制，发射机结构差别不大，接收机的技术实现途径和电路形式较多。工程实践表明，接收机性能往往是决定探地雷达系统能力的核心因素。无载频脉冲探地雷达的发射信号为皮秒或纳秒量级脉冲信号，如果直接对回波信号进行采集，将对 A/D 转换器的转换速率要求极高，不仅成本高，而且在信号中心频率大于 500MHz 时实现难度极大甚至是不现实的。为了解决该矛盾，无载频脉冲探地雷达接收机一般都采用等效采样方法实现。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种超宽带脉冲雷达接收系统及方法，包括雷达控制单元、超宽带接收机。本发明的接收系统具有电路集成度高，结构紧凑，成本低廉的特点，非常适合雷达小型化设计，接收机重建后的低频基带信号与原始的超宽带雷达信号波形一致度高，满足超宽带脉冲雷达对接收系统的应用要求。

[0006] 为达到上述目的，本发明的技术解决方案是：

[0007] 一种超宽带脉冲雷达接收系统，其包括超宽带接收机和雷达控制单元，二者集成在一个模块上，与电源电路电连接；

[0008] 超宽带接收机，包括接收天线、低噪音放大器、取样电路、对称取样脉冲源、时钟 II、基带信号滤波放大电路；

[0009] 控制单元为雷达的控制中心，包括 PIC 单片机、可编程固定延时芯片、参考时钟、可编程步进延时芯片、SPI 通信模块、雷达专用软件；

[0010] 雷达控制单元分别与发射机、超宽带接收机电连接；可编程固定延时芯片与发射机的时钟 I 电连接，可编程步进延时芯片与超宽带接收机的时钟 II 电连接；其功能是为超宽带接收机提供控制时钟，将雷达回波信号进行采样接收，并将其数字化，然后与上位机进行数据通信，以及后续的信号处理。

[0011] 所述的超宽带脉冲雷达接收系统，其所述超宽带接收机，其电路包括：

[0012] 微波三极管开关电路：变压器 T1 的初级两端分别接时钟触发信号的输入，及接地，变压器的次级两端分别接两微波三极管 Q1、Q2 的基极，次级中间抽头接地，三极管 Q1、Q2 的基极间接有肖特基二极管 D1；两微波三极管 Q1、Q2 的发射极相连，集电极分别接一充放电电路中电容 C1、C2 的一端；三极管 Q1 的集电极经电阻 R1 接电源正极，三极管 Q2 的集电极经电阻 R2 接电源负极；

[0013] 取样脉冲产生电路：包括微波三极管电路开关电路及取样相位检测器（SPD）中集成的阶跃恢复二极管（SRD），在阶跃恢复二极管的两级产生两路对称的极窄取样脉冲信号，其脉冲宽度由取样相位检测器中阶跃恢复二极管的上升时间决定；

[0014] 取样门电路：取样相位检测器（SPD）内部集成有两个肖特基二极管（T2、T3）和两个取样电容 C 构成的接收机取样门，其中，两个肖特基二极管 T2、T3 串联，其结点接射频信号 RF-in 输入端，两路对称的取样脉冲信号接入两串联肖特基二极管 T2、T3 的两端；

[0015] 信号保持及滤波电路：电容 C1、C2 通过由电阻 R5，R6 及保持电容 C3 组成的放电回路放电，将采样电容 C 上集聚的电荷转移至 C3 上，使 C3 两端电压与 RF 信号电压成一定比例关系，并实时反映 RF 信号的大小变化；保持电路包括保持电容 C3 和运算放大电路，R5，R6 及保持电容 C3 组成的低通滤波电路滤除输出基带信号中的高频杂波。

[0016] 所述的超宽带脉冲雷达接收系统，其所述超宽带接收机的工作方法，包括步骤：

[0017] 步骤一、触发信号产生：

[0018] 变压器得到一对平衡信号，在此平衡信号的驱动下，微波三极管 Q1 和 Q2 同时导通，迅速从截止区经过放大区进入饱和区，两个微波三极管 Q1、Q2 的发射极相连，形成两个快速开关；

[0019] 步骤二、取样脉冲产生：

[0020] 利用 SRD 的阶跃特性，结合充放电电容 C1、C2，在 Q1 与 Q2 的集电极分别得到一对完全对称的窄脉冲信号，作为接收机取样门的取样脉冲；阶跃恢复二极管的两级产生两路对称脉冲信号，脉冲宽度由阶跃恢复二极管的上升时间决定；

[0021] 步骤三、取样开始：

[0022] 当对称取样脉冲信号到来时，两肖特基二极管 T2、T3 取样门迅速打开，使 RF-in 端输入的射频回波信号对 SPD 中的保持电容 C 进行充电，取样开始；

[0023] 步骤四、取样结束：

[0024] 当取样脉冲消失时取样门迅速关断，取样结束。

[0025] 步骤五、信号保持：

[0026] 电容 C1、C2 通过由电阻 R5，R6 以及保持电容 C3 组成的放电回路放电，将采样电容 C 上集聚的电荷转移至 C3 上，使 C3 两端电压与 RF 信号电压成一定比例关系，并实时反映 RF 信号的大小变化；保持电路包括保持电容 C3 和运算放大电路，R5，R6 以及保持电容 C3 组成的低通滤波电路滤除输出基带信号中的高频杂波。

[0027] 所述的超宽带脉冲雷达接收系统,其所述超宽带接收机,其中,阶跃恢复二极管的渡跃时间小于 60ps ;电容 C 为 0.5pF ;两肖特基二极管 T2、T3 工作频率为 22GHz,采样带宽为 6GHz。

[0028] 所述的超宽带脉冲雷达接收系统,其所述雷达控制单元,其中,

[0029] a) 单片机为采用 MICROCHIP 公司的 PIC24HJ64GP206,具有两个 SPI 口用于数据的交换;

[0030] b) 固定延时模块用来补偿两路时钟信号的线路固有延时,调整这两路时钟信号之间的时间同步;

[0031] c) 可编程延时模块与单片机之间通过 SPI 口连接,通过对其编写控制字程序控制时钟信号的步进延迟;

[0032] d) 单片机内置 A/D 模块将等效采样后的基带模拟信号转换为数字信号,通过串口与 PC 机进行数据通信。

[0033] 所述的超宽带脉冲雷达接收系统,其所述雷达控制单元中的超宽带雷达系统时钟系统,包括 PIC 单片机、时钟信号 I 和时钟信号 II ;其中,PIC 单片机为雷达系统提供控制时钟及与雷达上位机进行数据通信;

[0034] 时钟信号 I 为发射机时钟,通过固定延时芯片调整发射机与超宽带接收机之间的时间同步;

[0035] 时钟信号 II 为超宽带接收机时钟,通过可编程延时芯片实现与时钟 I 之间的时间步进。

[0036] 所述的超宽带脉冲雷达接收系统,其所述雷达控制单元的工作流程,包括步骤:

[0037] 步骤一、雷达主机控制单元为发射机与接收机提供两路重复频率相同的时钟控制信号;

[0038] 步骤二、两路时钟控制信号一路经延时处理直接与发射机相连,另一路经过可编程延时芯片与接收机相连,

[0039] 步骤三、两路时钟信号之间有一个很小且递增的步进时间,递增的步进时间通过 PIC 单片机对高精度可编程延时芯片发送控制字来实现;

[0040] 步骤四、接收机在控制单元的时钟控制下完成等效采样过程,对接收信号实现波形重建,得到接收信号的下变频基带信号;

[0041] 步骤五、PIC 单片机内部集成的 A/D 变换器为低速 A/D,将等效采样后的基带模拟信号转换为数字信号;

[0042] 步骤六、数字信号通过单片机串口与 PC 机进行数据交换上传给 PC 机,后续单元对变换后的数字信号进行信号处理。

[0043] 所述的超宽带脉冲雷达接收系统,其特征在于,所述雷达专用软件,包括:

[0044] a) 用雷达专用软件控制,对雷达系统参数进行调配、设定,使雷达在不同的应用环境中性能达到最优;

[0045] b) 对雷达回波信号进行处理,通过信号实时叠加去除随机干扰噪声,提高系统信噪比;

[0046] c) 经雷达专用软件处理后,雷达回波信号以伪彩色电平图或灰色电平图或波形堆积图的方式显示。

[0047] 本发明的积极效果和优点：本发明基于取样相位检测器为核心器件，结合微波三极管、充放电电容、肖特基二极管和阶跃恢复二极管产生对称性好的高斯取样脉冲信号，接收机带宽高达 6GHz，达到了雷达对系统距离分辨率的要求；另外，接收机电路工作稳定，结构小巧，便于雷达的小型化设计；该接收机相比传统的接收机结构，具有更大采样带宽和更高的采样效率的特点，能准确重构被采样雷达回波信号，降低系统成本，为提高雷达系统的分辨率和成像精度提供了技术支持。

### 附图说明

- [0048] 图 1 为本发明的超宽带脉冲雷达系统结构框图；
- [0049] 图 2 为本发明的超宽带脉冲雷达系统流程示意图；
- [0050] 图 3 为本发明的超宽带脉冲雷达接收系统中的超宽带接收机结构及流程示意图；
- [0051] 图 4 为本发明的超宽带脉冲雷达接收系统中的超宽带接收机电路原理图。

### 具体实施方式

[0052] 本发明的超宽带脉冲雷达接收系统，是基于等效时间采样原理的超宽带接收系统，对携带有目标信息的宽带信号进行采样接收，并重构其基带信号，利用低成本 A/D 进行数据采集。

[0053] 见图 1，为本发明的超宽带雷达系统框架示意图，包括发射机、接收机和雷达控制单元。雷达控制单元与发射机、超宽带接收机连接，控制发射机、超宽带接收机时钟；其中，本发明的超宽带脉冲雷达接收系统包括超宽带接收机和控制单元，二者集成在一个模块上。控制单元分别与上位机、发射机、超宽带接收机连接，控制发射机、超宽带接收机时钟。

[0054] 雷达控制单元产生两路重复频率相同的时钟控制信号 (TTL)，时钟 I 与毫微秒脉冲电路电连接，时钟 II 与时钟 I 与一个很小且递增的步进时间，与超宽带接收机电连接；

[0055] 超宽带接收机包括控制时钟 II、取样门电路、对称取样脉冲电路、基带信号滤波放大电路；超宽带接收机与雷达控制单元相连，构成脉冲雷达的接收系统，对来自天线的雷达回波信号进行采样和保持，并重构其基带波形。

[0056] 超宽带接收机，包括接收天线、低噪音放大器、取样电路、对称取样脉冲源、时钟 II、基带信号滤波放大电路。

[0057] 雷达控制单元为雷达的控制中心，包括 PIC 单片机、可编程固定延时芯片、参考时钟、可编程步进延时芯片、SPI 通信模块、雷达专用软件等。控制单元的功能是为接收机提供控制时钟，将雷辔回波信号进行采样接收，并将其数字化，然后与上位机进行数据通信，以及后续的信号处理。

[0058] 可编程固定延时芯片与时钟 I 电连接，可编程步进延时芯片与时钟 II 电连接。

[0059] 雷达专用软件在雷达实时探测过程中，可以控制雷达系统的技术参数，以使雷达工作在最佳状态，以满足不同系统的应用要求。雷达专用软件还可以选择背景消除、波形叠加去噪声、数据存储、图象显示的方式，在工程实践中实现短距离目标的高分辨率探测，并能够给出被检测目标所在的位置和深度。（这种简单的说明，是否普通技术人员就可以实施了？如果使用了已有的软件，说出名称就可以了）

[0060] 见图 2，为了实现脉冲雷达系统对接收宽的精确控制，以及对接收信号的处理，本

发明的超宽带脉冲雷达接收系统中的雷达控制单元功能模块包括 :PIC 单片机核心、固定延时模块、可编程延时模块、A/D 变换器、SPI 通信模块。其中，

[0061] a) 单片机为采用 MICROCHIP 公司的 PIC24HJ64GP206, 具有两个 SPI 口用于数据的交换；

[0062] b) 固定延时模块用来补偿两路时钟信号的线路固有延时, 调整这两路时钟信号之间的时间同步；

[0063] c) 可编程延时模块与单片机之间通过 SPI 口连接, 通过对编写控制字程序控制时钟信号的步进延迟；

[0064] d) 单片机内置 A/D 将等效采样后的基带模拟信号转换为数字信号, 通过串口与 PC 机进行数据通信。

[0065] 图 2 中的超宽带雷达系统时钟系统, 包括 PIC 单片机、时钟信号 I 和时钟信号 II。

[0066] PIC 单片机为雷达控制单元的核心, 为雷达系统提供控制时钟及与雷达上位机进行数据通信；

[0067] 时钟信号 I 为发射机时钟, 通过固定延时芯片调整发射机与超宽带接收机之间的时间同步；

[0068] 时钟信号 II 为超宽带接收机时钟, 通过可编程延时芯片实现与时钟 I 之间的时间步进。

[0069] A/D 变换器对超宽带接收机采样接收到的基带信号进行模数变换。

[0070] 图 3 为超宽带接收机结构及流程框图, 包括取样门、保持放大电路、A/D 变换器。超宽带接收机取样门对射频回波信号进行等效时间采样, 得到下降频基带信号, 再进行模数变换, 有利于后续单元进行信号处理。其中,

[0071] 取样门采用两基于肖特基二极管 T2、T3(见图 4) 的平衡取样门结构, 对超宽带接收机输入的宽带信号进行等效时间采样；

[0072] 保持放大电路由保持电容和运算放大电路组成, 对取样门采样得到的信号进行保持和放大, 得到其低频基带信号；

[0073] 取样脉冲与取样门连接, 控制取样门的快速开启和关断, 并防止出现二次开门, 影响采样效果。

[0074] A/D 变换器采用低速 A/D 即可, 与超宽带接收机输出端相连, 将超宽带接收机输出的低频模拟信号进行数字化。

[0075] 图 4 为本发明的超宽带接收机电路原理图, 包括 :宽带变压器 T1、微波三极管 Q1 和 Q2、充放电电容 C2 和 C3、肖特基二极管 D1, 取样相位检测器 (SPD) MSPD2018、信号保持及滤波电路。取样相位检测器 (SPD) 内部集成的阶跃恢复二极管 (SRD) 的两端产生双路对称的高斯脉冲信号, 其脉冲宽度与幅度分别由阶跃恢复二极管 (SRD) 的上升沿和充放电电容的大小决定。本发明超宽带接收机电路包括 :微波三极管开关电路、取样脉冲产生电路、取样门电路、信号保持及滤波电路。

[0076] 微波三极管开关电路 :变压器的初级两端分别接时钟触发信号的输入, 及接地, 变压器的次级两端分别接两微波三极管 Q1、Q2 的基极, 电感的中间抽头接地, 三极管 Q1、Q2 的基极间接有肖特基二极管 D1 ;两微波三极管 Q1、Q2 的发射极相连, 集电极分别接一充放电电路中电容 C1、C2 的一端 ;三极管 Q1 的集电极经电阻 R1 接电源正极, 三极管 Q2 的集电极

经电阻 R2 接电源负极。

[0077] 取样脉冲产生电路：由微波三极管电路开关电路以及取样相位检测器（SPD）中集成的阶跃恢复二极管（SRD）组成，在阶跃恢复二极管的两级产生两路对称性好、边沿快，驱动能力强的极窄取样脉冲信号，其脉冲宽度由 SPD 中阶跃恢复二极管的上升时间决定。

[0078] 取样门电路：取样相位检测器（SPD）内部集成的两个肖特基二极管（Schottky diode）和两个取样电容 C 构成超宽带接收机的取样门，其中，两个肖特基二极管串联，其结点接射频信号 RF-in 输入端，两路对称的取样脉冲信号接入串联两肖特基二极管 T2、T3 的两端。

[0079] 信号保持电路及滤波电路：电容 C1、C2 通过由电阻 R5，R6 以及保持电容 C3 组成的放电回路放电，将采样电容 C 上集聚的电荷转移至 C3 上，从而使 C3 两端电压与 RF 信号电压成一定比例关系，并实时反映了 RF 信号的大小变化。保持电路由保持电容 C3 和运算放大电路组成，R5，R6 以及保持电容 C3 组成的低通滤波电路滤除输出基带信号中的高频杂波。

[0080] 参见图 3、图 4，本发明的超宽带脉冲雷达接收系统中超宽带接收机的工作方法，包括步骤：

[0081] 步骤一、触发信号的产生：

[0082] 变压器得到一对平衡信号，在此平衡信号的驱动下，微波三极管 Q1 和 Q2 同时导通，迅速从截止区经过放大区进入饱和区。两个微波三极管的发射极相连，形成两个快速开关。

[0083] 步骤二、取样脉冲产生：

[0084] 利用阶跃恢复二极管（SRD）的阶跃特性，结合充放电电容 C1、C2，在 Q1 与 Q2 的集电极分别得到一对完全对称的窄脉冲信号，作为接收机取样门的取样脉冲。阶跃恢复二极管（SRD）的两级产生两路对称脉冲信号，脉冲宽度由阶跃恢复二极管的上升时间决定。

[0085] 步骤三、取样开始：

[0086] 当对称取样脉冲信号到来时，肖特基二极管 D1 取样门迅速打开，使 RF-in 端输入的射频回波信号对 SPD 中的保持电容 C 进行充电，取样开始。

[0087] 步骤四、取样结束：

[0088] 当取样脉冲消失时取样门迅速关断，取样结束。

[0089] 步骤五、信号保持：

[0090] 电容 C1、C2 通过由电阻 R5，R6 以及保持电容 C3 组成的放电回路放电，将采样电容 C 上集聚的电荷转移至 C3 上，从而使 C3 两端电压与 RF 信号电压成一定比例关系，并实时反映了 RF 信号的大小变化。

[0091] 本发明结合现有的超宽带接收机设计方法的优点，以取样相位检测器为核心器件，突破其用于锁相环的传统用法，结合微波三极管、充放电电容、肖特基二极管和阶跃恢复二极管产生对称性好的高斯取样脉冲信号，控制超宽带接收机取样门的快速开启和关断，使超宽带接收机采样带宽高达 6GHz；相比传统的超宽带接收机结构，本发明接收系统具有更大的采样带宽和更高的采样效率，能准确重构被采样的雷达回波信号，为提高雷达系统的分辨率和成像精度提供了技术支持。

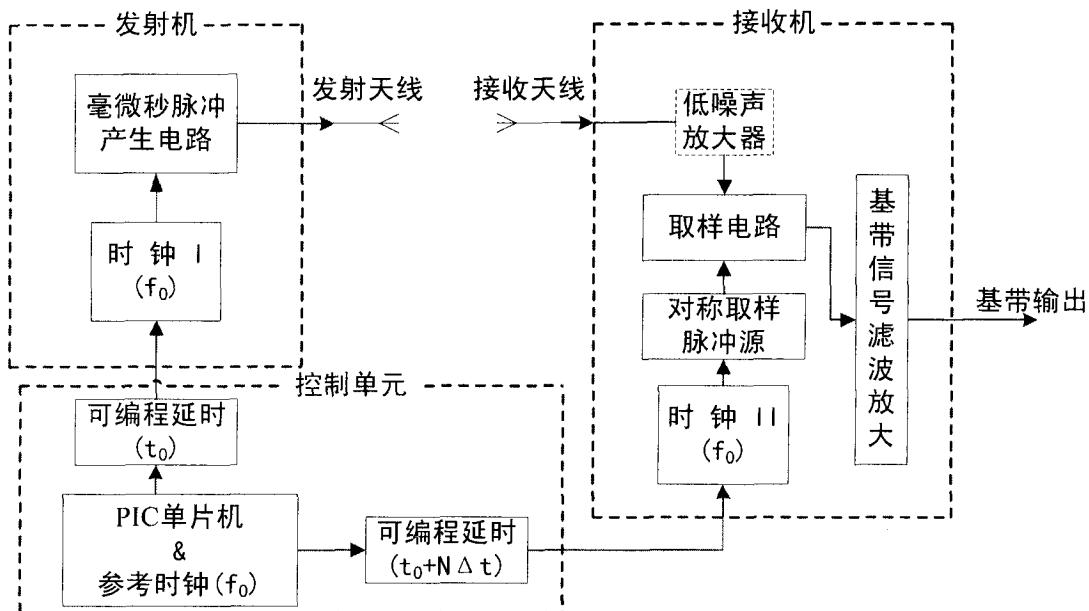


图 1

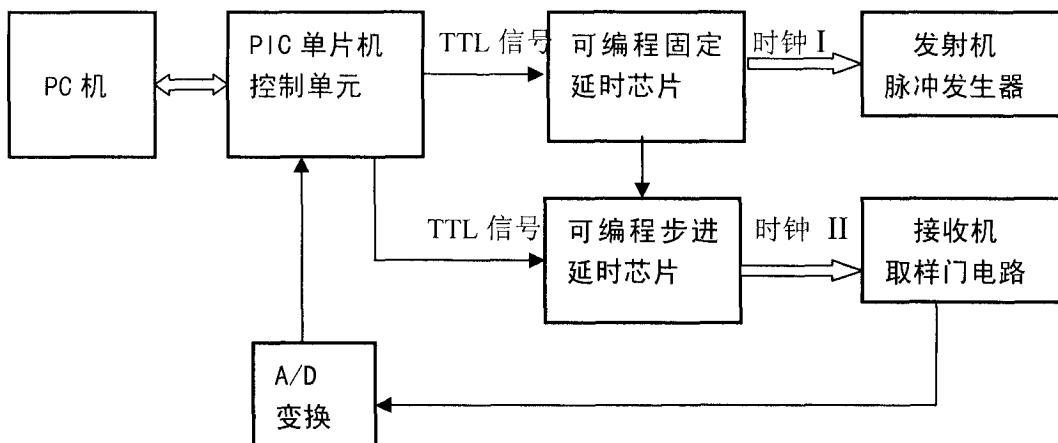


图 2

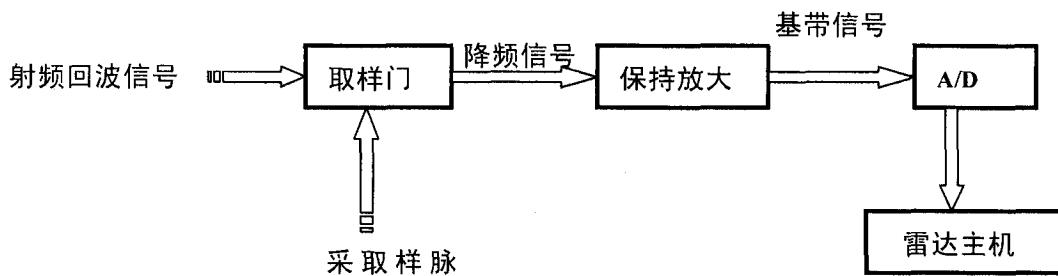


图 3

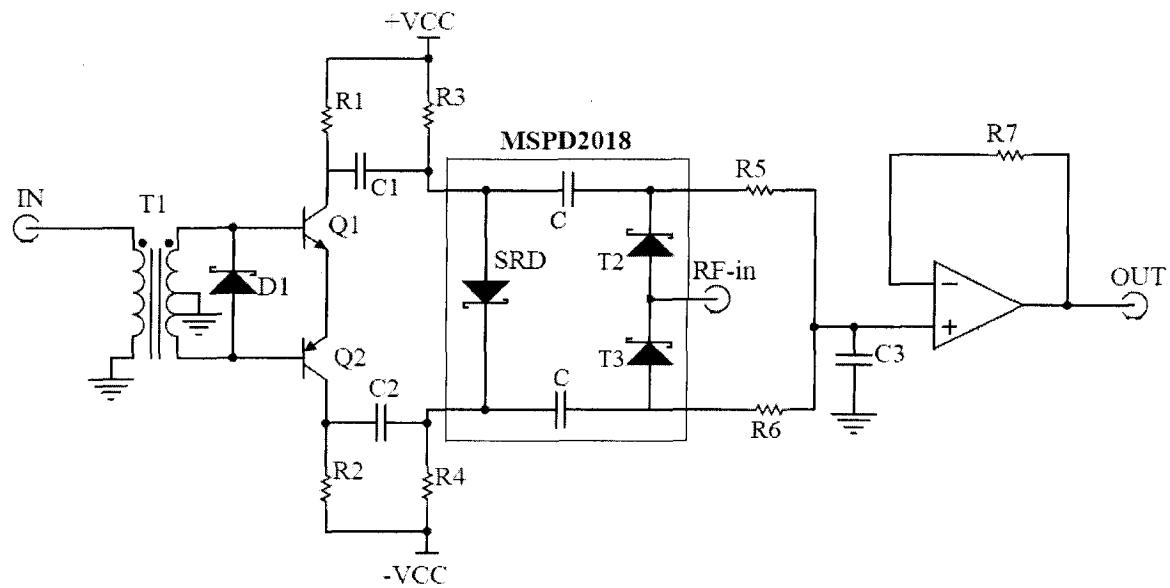


图 4