



编码技术（RZ、NRZ、NRZI、曼彻斯特、差分曼彻斯特等）

[关注他](#)

收录于 · 408计算机网络学习笔记-考研向 >

80 人赞同了该文章 >

1 引子

在全国硕士研究生入学统一考试中，计算机科学与技术学科联考的计算机学科专业基础综合的考核中，截止到2022年计算机网络部分在2013年、2015年、2021年的【34】题都考核了[编码技术⁺](#)的知识点。所以本文主要就编码技术做一个讲解。真题在知识点之后，可以用来检验学习成果。

这部分知识点本身并不难。但是很多同学看完教材信心满满地去做网上的题目时，却好像一拳打到空处，做不出正确答案。之所以会这样，是因为不同的教材采用的编码标准不同，但是讲述时又没有特别指明，导致去做采用另一套标准的题目时，老是做不对。

编码技术解决的问题是提高信息传输的有效性和可靠性。

编码技术有两种方式，[Line coding⁺](#)（有的译为线路编码、信道编码）和[Block coding⁺](#)（有的译为块编码、分组编码）。对于所有通信，行编码是必需的，而块编码是可选的。本文主要讲解行编码。

所有的Line coding方案都有一个共同点，那就是它们都以某种方式修改信号电压以表示二进制的0和1。在由双绞线或同轴电缆组成的有线信道中，传输数据表现为电脉冲信号；在光纤通道中，它通过改变光脉冲的强度来表示数据值。

2 Line coding分类

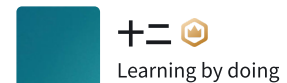
Line coding按照使用到的电压等级（level）不同可以分成[单极性码⁺](#)（Uni-polar Encoding）、[极性码](#)（Polar Encoding）、[双极性码](#)（Bipolar Encoding）、[曼彻斯特编码](#)（Manchester Encoding）、[差分曼彻斯特编码](#)（Differential Manchester Encoding）；

单极性码有两种类型：单极性不归零码（Unipolar NRZ）、单极性归零码（Unipolar RZ）；

极性码有两种类型：极性归零码（Polar NRZ）、极性不归零码（Polar RZ）；其中极性不归零码又分成NRZL(NRZ-Level)和[NRZI⁺](#)(NRZ-Invert)两种。

双极性码分成AMI和Pseudoternary两个版本。如图1所示。

关于作者



✓ 教师资格证持证人

回答

117

文章

73

关注者

1,889

[关注他](#)[发私信](#)

考研中目前已考过的题目涉及到的主要是NRZ、NRZI、曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码。可以先优先掌握这四种。

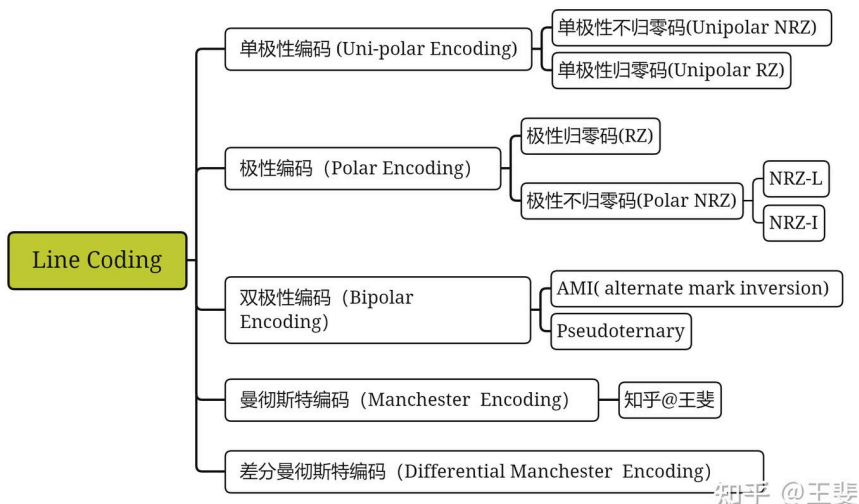


图1 Line Coding分类

3 例子

下面将以传输W、F两个字符的二进制序列01010111 01000110为例，讲解各个编码方案。

3.1 单极性编码 (Uni-polar Encoding)

3.1.1 单极性不归零码 (Unipolar NRZ)

在单极性不归零码的编码方案中，所有非零信号元素具有相同的极性——要么都是正的，要么都是负的（图2中都是正的）。它类似于一个简单的开关键控方案，其中正电压表示二进制1，零电压表示二进制0，无论正电压还是零电压都占据整个比特时间（bit time）。单极性不归零码是这些编码方案中最简单的。最古老的单极性编码方案是非归零（NRZ）方案。

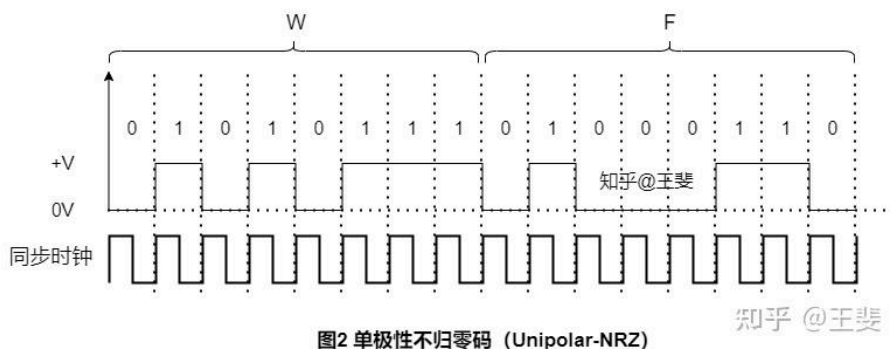


图2 单极性不归零码 (Unipolar-NRZ)

图2单极性不归零码 (Unipolar-NRZ)

3.1.2 单极性归零码 (Unipolar RZ)

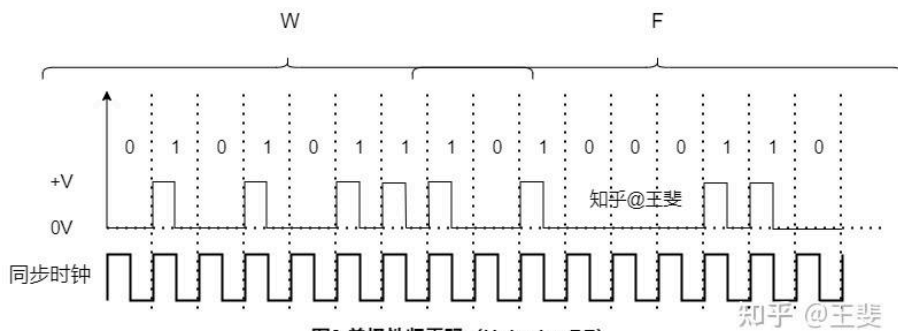


图3 单极性归零码 (Unipolar-RZ)

单极性归零码与单极性不归零码的区别就是传输1时，在一个比特时间中间会归零；而传输0时仍然为零电平，并且占据整个比特时间。

3.2 极性编码 (Polar Encoding)

极性码方案使用正电压和负电压来表示二进制值。与上面描述的单极性码方案一样，极性码方案也有NRZ和RZ两种版本。

对于极性编码的NRZ版本，有两种不同的NRZ方案。我们先看一下NRZ-level (NRZ-L)。

3.2.1 极性不归零码 NRZ-L (Polar NRZ-Level)

在NRZ-L里，电压水平决定了对应的比特值。图4中用正电压表示二进制的1，用负电压表示二进制的0（其实也可以反过来，用正电压表示0，负电压表示1）。

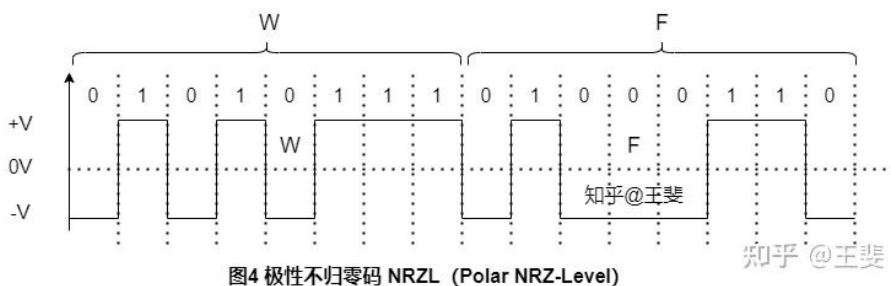


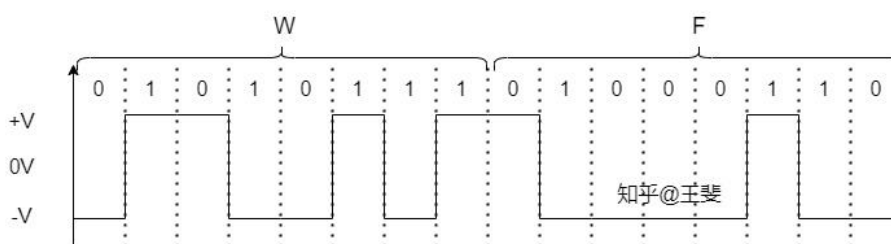
图4 极性不归零码 NRZ-L (Polar NRZ-Level)

3.2.2 极性不归零码 NRZI (Polar NRZ-Invert)

在NRZ-I里，比特值由是否存在电压转变决定，反之亦然。

在图5中，有电压转换表示下一位是二进制的1，而没有电压转换则表示二进制的0（这个也是人为规定的，在USB3.0以前的NRZI编码中与下图正好相反）。

第一位也是人为规定的，图5中规定的是第一位用负电压表示0用正电压表示1。所以如果是实际工作的话，遵循约定即可。如果是做题的话，可以观察除了第一个比特之外的其他比特中0和1变化的规律来确定。



图中为遇到1翻转；在USB3.0以前的NRZI编码中，是遇到0翻转

图5 极性不归零码 NRZ-I (Polar NRZ-Invert)

3.2.3 极性归零码RZ (Polar RZ)

极性归零码RZ是极性编码的归零形式。在极性归零码中有三个信号级别。图6中用负电压表示0用正电压表示1。和不归零码的区别是，信号电平在比特时间的中间归零，并保持在那里，直到下一个比特被传输。

备注：有些地方将这种编码方案称为双极RZ（Bipolar RZ）或BPRZ，这也是给人造成困扰的地方。后文会讲双极性编码（Bipolar Encoding），可以比对。

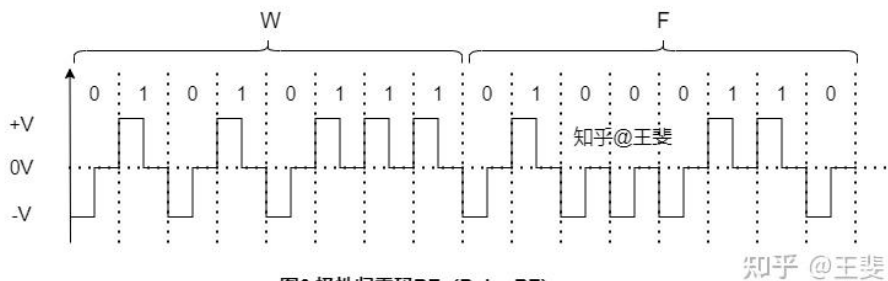


图6 极性归零码RZ (Polar RZ)

图6 极性归零码RZ (Polar RZ)

3.2.4 曼彻斯特编码 (Manchester Encoding)

曼彻斯特编码是一种广泛使用的编码方案，它将时钟信息嵌入到传输信号中（自含时钟）。

它通过确保在每个比特时间中间有一个转换（高到低或低到高）来实现这一点，使接收器很容易从传入的比特流中识别时钟信号并保持与传输信号的同步。

曼彻斯特编码有两种标准：G.E. Thomas Convention 和 IEEE 802.3 Convention，G.E. Thomas Convention如图7所示。

• 曼彻斯特编码G.E. Thomas Convention

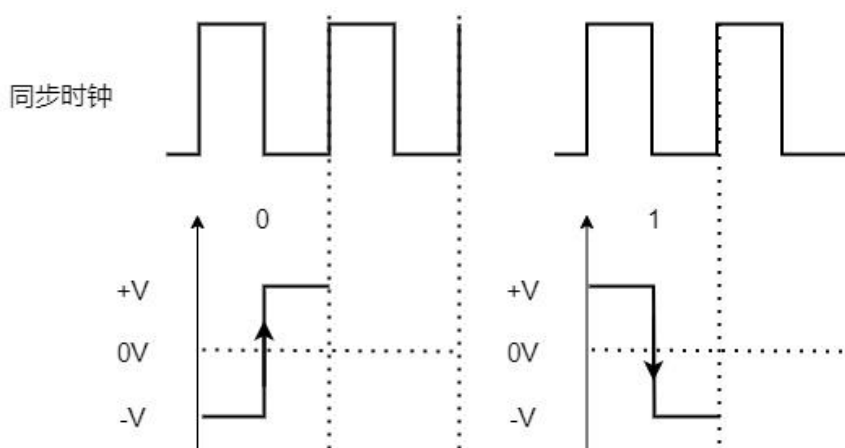


图7 G.E. Thomas Convention曼彻斯特编码对于0和1的定义

图7 G.E. Thomas Convention曼彻斯特编码对于0和1的定义

在G.E. Thomas Convention的曼彻斯特编码中，在一个时钟周期 T 的 $T/2$ 位置会发生跳变，电压由低到高的跳变被定义成二进制的0，电压由高到低的跳变被定义成二进制的1。（考研408参考书，谢希仁老师的《计算机网络（第7版）》一书中就是遵循这个标准的画法，但是同时也说明了「也可以反过来定义」）。

(1) 常用编码方式

常用编码方式如图 2-2 所示。

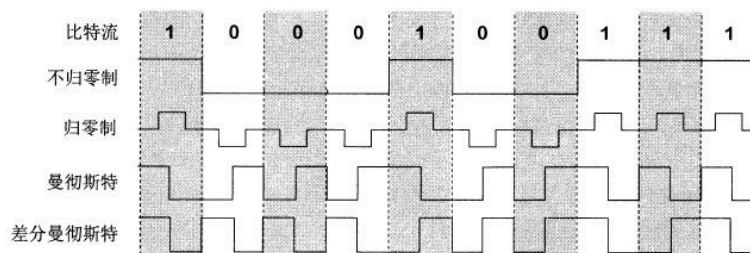


图 2-2 数字信号常用的编码方式

- **不归零制** 正电平代表 1，负电平代表 0。
- **归零制** 正脉冲代表 1，负脉冲代表 0。
- **曼彻斯特编码** 位周期中心的向上跳变代表 0，位周期中心的向下跳变代表 1。但也可反过来定义。
- **差分曼彻斯特编码** 在每一位的中心处始终都有跳变。位开始边界有跳变代表 0，而位开始边界没有跳变代表 1。

谢希仁老师《计算机网络（第7版）》教材中对常用编码方式的描述

• **曼彻斯特编码IEEE 802.3 Convention**

IEEE 802.3 Convention曼彻斯特编码对于0和1的定义如图8所示。

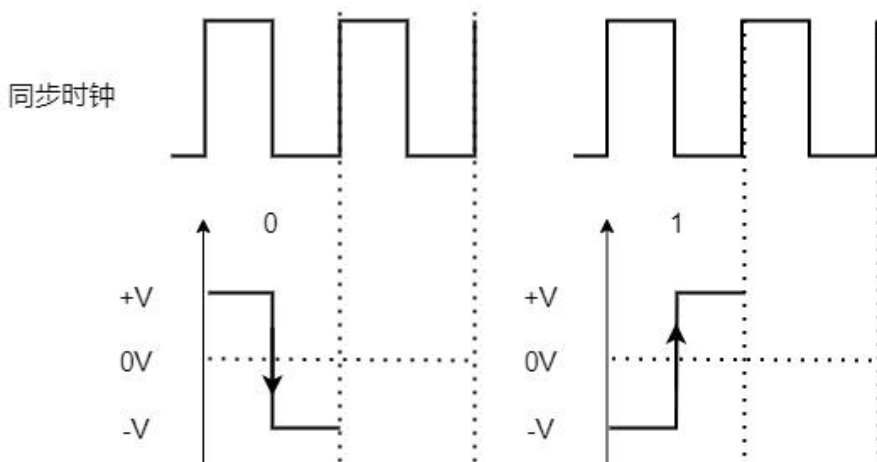
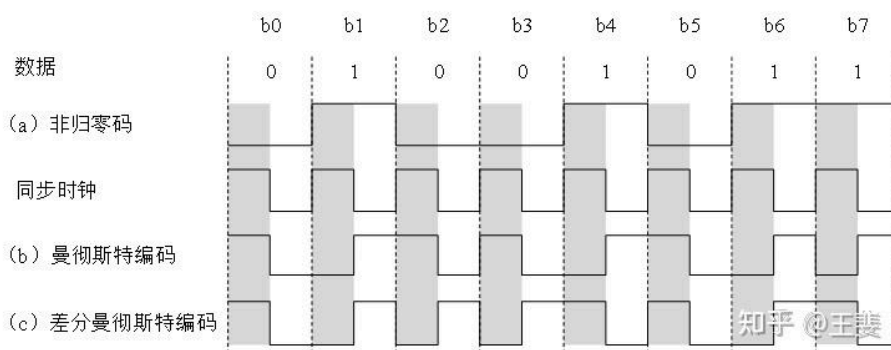


图8 IEEE 802.3 Convention曼彻斯特编码对于0和1的定义

图8 IEEE 802.3 Convention曼彻斯特编码对于0和1的定义

在IEEE 802.3 Convention的曼彻斯特编码中，在一个时钟周期 T 的 $T/2$ 位置会发生跳变，电压由高到低的跳变被定义成二进制的0，电压由低到高的跳变被定义成二进制的1。（吴功宜、吴英所著的《计算机网络（第5版）》中就是遵循这种画法。并且描述了曼彻斯特编码的规则：「每比特的周期 T 分为前 $T/2$ 与后 $T/2$ 两部分，前 $T/2$ 传送该比特的反码，后 $T/2$ 传送该比特的原码」）。



吴功宜、吴英所著的《计算机网络（第5版）》对编码方式的描述

• 例子的曼彻斯特编码画法

前面例子的两个版本曼彻斯特编码的画法分别如图9和图10所示。

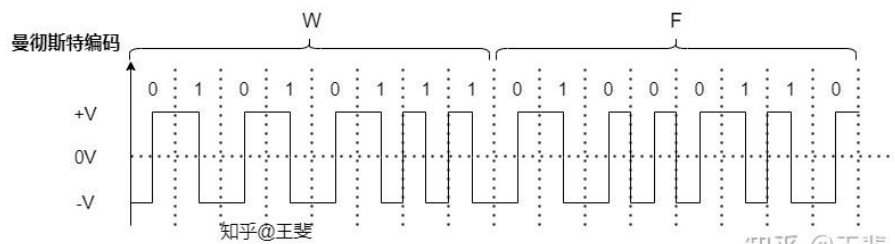


图9 G.E. Thomas Convention版本的曼彻斯特编码

图9 G.E. Thomas Convention版本的曼彻斯特编码

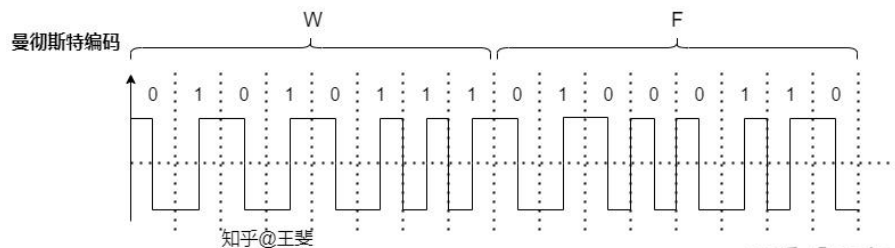


图10 IEEE 802.3 Convention版本的曼彻斯特编码

图10 IEEE 802.3 Convention版本的曼彻斯特编码

3.2.5 差分曼彻斯特编码（Differential Manchester Encoding）

差分曼彻斯特编码是一种差分编码，使用比特时间开始位置是否发生跳变来表示二进制0或1（无跳变为1，有跳变为0）。不需要知道发送信号的极性，因为信息不是保存在电压的实际值中，而是保存在它们的变化中。被用于IEEE 802.5令牌环局域网。

和曼彻斯特编码一样，在一个时钟周期 T 的 $T/2$ 位置一定会发生跳变。但是与曼彻斯特编码不同的是这个跳变不再代表0或1，而只起到一个同步时钟的作用。

在一个比特时间开始的时候跟前一个比特时间比，如果没有发生跳变就代表1，发生了跳变就代表0。差分曼彻斯特编码中0和1的定义如图11所示。

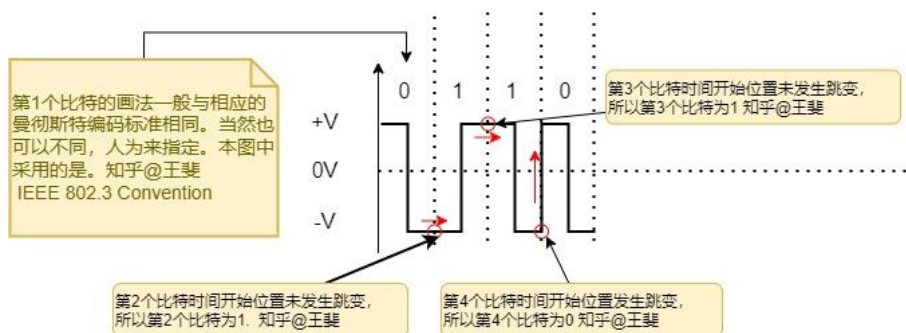
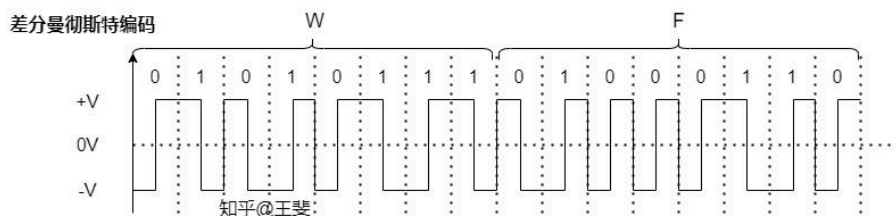


图11 差分曼彻斯特编码中0和1的定义

图11 差分曼彻斯特编码中0和1的定义

• 差分曼彻斯特编码画法

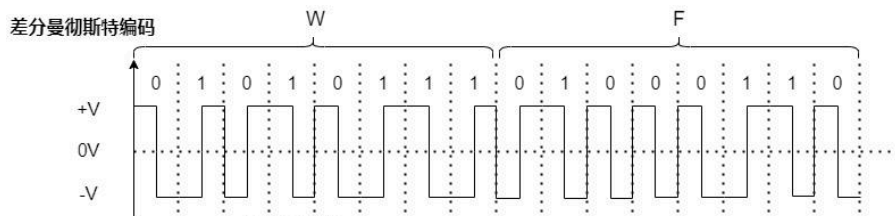
前面例子的两个版本差分曼彻斯特编码的画法分别如图12和图13所示。



G.E. Thomas Convention

图12 G.E. Thomas Convention版本的差分曼彻斯特编码

图12 G.E. Thomas Convention版本的差分曼彻斯特编码



IEEE 802.3 Convention

图13 IEEE 802.3 Convention版本的差分曼彻斯特编码

图13 IEEE 802.3 Convention版本的差分曼彻斯特编码

3.3 双极性编码（Bipolar Encoding）

像极性RZ一样，双极性编码方案（有时称为多级二进制或双二进制），它使用三个电压（正电压、负电压和零电压）。双极性编码有两个版本，AMI(alternate mark inversion)和伪三元码(Pseudoternary)。

• 双极交替信号反转（AMI）

双极交替信号反转（AMI）使用交替的正负电压表示二进制的1，用零电压表示二进制0。前面的例子用AMI编码后如图14所示。

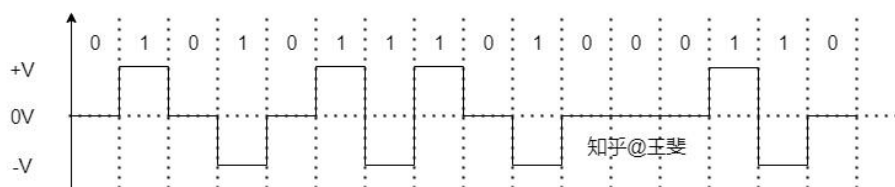


图14 双极性码（AMI版本）Bipolar Encoding (AMI)

图14 双极性码（AMI版本）Bipolar Encoding (AMI)

• 伪三元码（Pseudoternary）

伪三元码（Pseudoternary）与AMI正好相反。使用交替的正负电压表示二进制的0，用零电压表示二进制1。前面的例子用AMI编码后如图14所示。

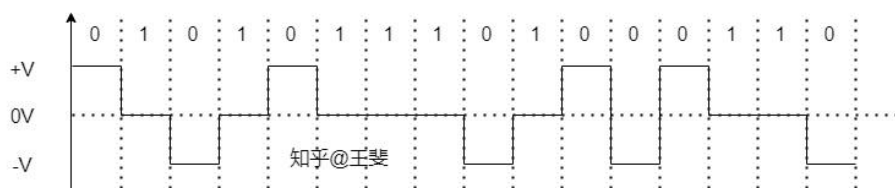


图15 双极性码（伪三元码Pseudoternary版本）

Bipolar Encoding (Pseudoternary)

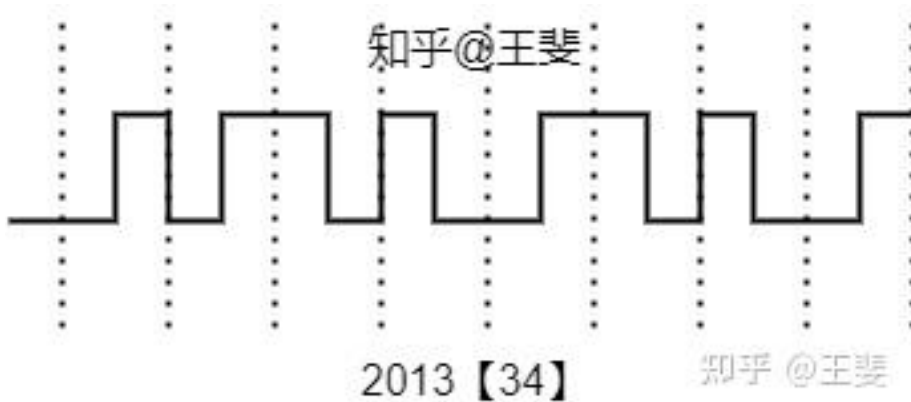
图15 双极性码（伪三元码Pseudoternary版本）Bipolar Encoding (Pseudoternary)

06考研真题

学习了前面的知识，可以检验一下学习成果。请缓慢拖动屏幕，不要急于看答案和解析。

2013年【34】

若下图为10 Base-T 网卡接收到的信号波形，则该网卡收到的比特串是（ ）。



A. 0011 0110

B. 1010 1101

C. 0101 0010

D. 1100 0101

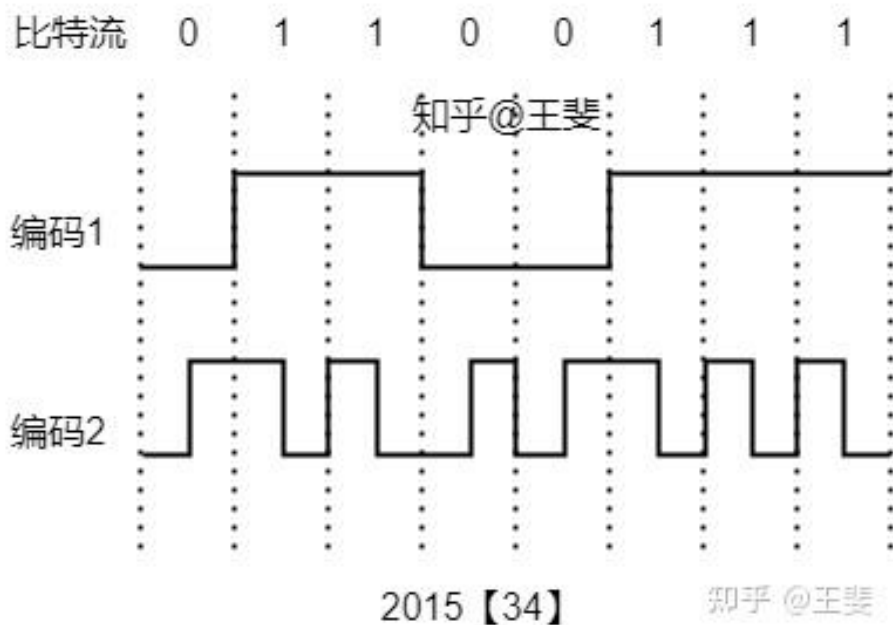
【答案】A

【解析】10 Base-T是传统以太网IEEE 802.3，使用的是曼彻斯特编码。所以这个波形代表的比特串应该符合AABB ABBA形式。

要么是1100 1001(IEEE 802.3 Convention)，要么是0011 0110(G.E. Thomas Convention)。所以答案选A。

2015年【34】

使用两种编码方案对比特流01100111进行编码的结果如下图所示，编码1和编码2分别是（ ）。



- A. NRZ和曼彻斯特编码
- B. NRZ和差分曼彻斯特编码
- C. NRZI和曼彻斯特编码
- D. NRZI和差分曼彻斯特编码

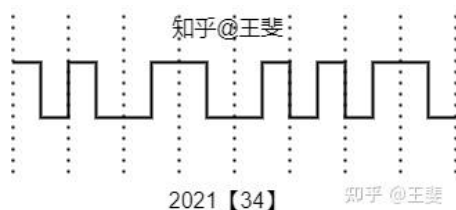
【答案】A

【解析】编码1为全宽码，在每个比特时间内中间（或者说在一个时钟周期 T 的 $T/2$ 处）未发生跳变，并且所有的0电压相同，所有的1电压也相同，综合考虑确定，编码1为NRZ。知乎@王斐

编码2在每个比特时间内中间（或者说在一个时钟周期 T 的 $T/2$ 处）均发生跳变，并且所有的0波形相同，所有的1波形也相同，综合考虑确定，编码2为曼彻斯特编码。并且可以看出符合IEEE 802.3 Convention。

2021年 【34】

若下图为一段差分曼彻斯特编码信号波形，则其编码的二进制位串是（）。



- A. 1011 1001
- B. 1101 0001
- C. 0010 1110
- D. 1011 0110

【答案】A

【解析】因为不确定第一个比特位是什么，所以暂时以X代替，则该波形应为X0111001。观察答案只有A选项符合。

备注：可见第一个比特是将电压由高到低的跳变定义为1，由此推断第一个比特是按照G.E. Thomas Convention标准来画的。

当然有些教材刻意强调了：

在差分曼彻斯特编码中，第一个信号：如果中间位电平从低到高，则表示0；如果中间位电平从高到低，则表示1。所以本题也可能是据此画出。

结论：并不影响做题。



所属专栏 · 2023-02-06 22:33 更新



408计算机网络学习笔记-考研向

十二 教师资格证持证证人

8 篇内容 · 151 赞同

订阅

最热内容 · 2012年-408（计算机网络部分）真题及详解

编辑于 2023-01-30 08:12 · 辽宁

曼彻斯特编码 计算机网络 考研



理性发言，友善互动

2 条评论

默认 最新



清清

2015年34题编码2是符合Thomas标准吧
01-16 · 广东

回复 喜欢



隐入尘烟_Li

我有个关于manchester编码物理实现时钟同步的疑惑：自含时钟，是采用正电极、负电极、地极，三个极性作为上升沿、下降沿的依据吗？差别于只含有地极、正电极两个极性的高低电平型号吗？

感谢博主的分析，我搜索了好多，只有您这边有关于manchester编码的极性描述：
+3v、0v、-3v的时钟变化图形。期待您这边能够说明一下这里的正、负、地极性描述是另一种时序图的画法还是如我猜想那般。嵌入式纯软流泪乞求博主彼此辛苦回答🙏🙏
2023-11-13 · 四川

回复 喜欢

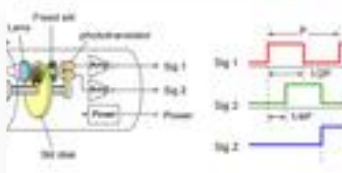
推荐阅读



这样讲“变分自编码器VAE”很容易理解



从自编码器（AE）到变分自编码器（VAE）再到条件变分自...



【学渣的自我修养】正交编码器的原理与使用

8B/10B编码

8B/10B编码是目前高速串行通信中经常用到的一种编码方式。直观的理解就是把8bit数据编码成10bit来传输，为什么要引入这种机制呢？其根本目的是“直流平衡（DC Balance）”。当高速串行流的...