

成绩	
教师签字	

通 信 工 程 学 院

实 验 报 告

( 信 号 与 系 统 )

实验题目：离散信号的频谱

专业：	通信工程	年级：	2022 级
姓名：	苏睿杰	学号：	20220826
实验时间：	2023 年 11 月 3 日	班级：	42

## 实验二十 离散信号的频谱

### 一、实验目的

1. 观察离散信号并绘制其频谱，了解离散信号频谱的特点。
2. 验证抽样定理。

### 二、实验设备

1. 信号与系统试验箱。
2. 数字信号发生器。
3. 数字示波器。
4. 选频电平表。

### 三、实验原理

1. 离散时间信号可以从离散信号源获得，也可以从连续时间信号经抽样得到，抽样信号  $f_s(t)$  可以看成连续信号  $f(t)$  和一组开关函数  $s(t)$  的乘积，即  $f_s(t) = f(t)s(t)$ 。

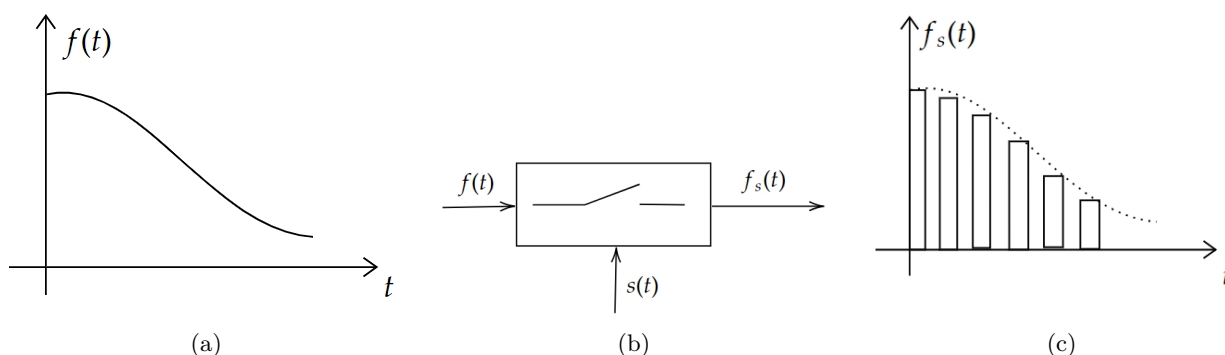


图 1: 对连续时间信号进行取样

$s(t)$  是一组周期性窄脉冲，周期  $T$  称为抽样周期。其倒数  $f_s = \frac{1}{T_s}$  称为抽样频率。

若连续信号  $f(t)$  的频谱如图 2 所示，则以  $f(t)$  取样获得的取样信号  $f_s(t)$  的频谱包括了原连续信号  $f(t)$  的频谱以及无限个经过平移的原信号频谱，平移的频率间隔等于取样频率  $\omega_s = \frac{2\pi}{T_s}$ ，如图 3 所示，如果开关函数是周期性矩形脉冲，且脉冲宽度  $\tau$  不为零时，则取信号  $f_s(t)$  的频谱  $F_s(\omega)$  的包络线按  $\frac{\sin x}{x}$  的规律接减 ( $X = \frac{n\pi\tau}{T_s}$ )。

取样信号  $f_s(t)$  的频谱与连续时间信号测试方法一样，此时须注意频谱的周期性延拓。

2. 正如测得了足够的实验数据以后，我们可以在坐标纸上把一系统数据点连起来，得到一条光滑的曲线。抽样信号在一定条件下也可以恢复到原信号，只要用一截止频率等于原信号频谱中最高频率  $\omega_m$  的低

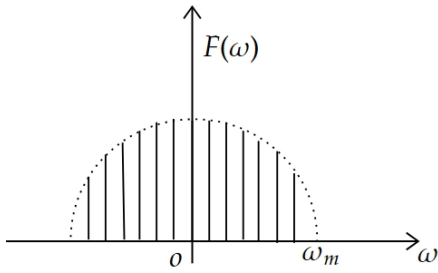


图 2: 原信号频谱图

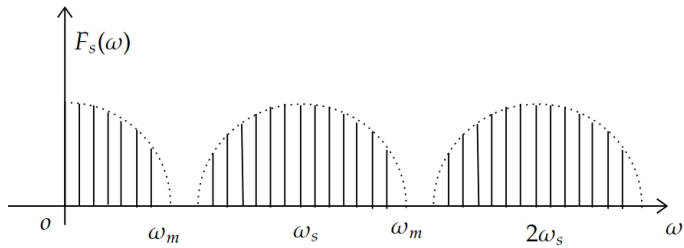
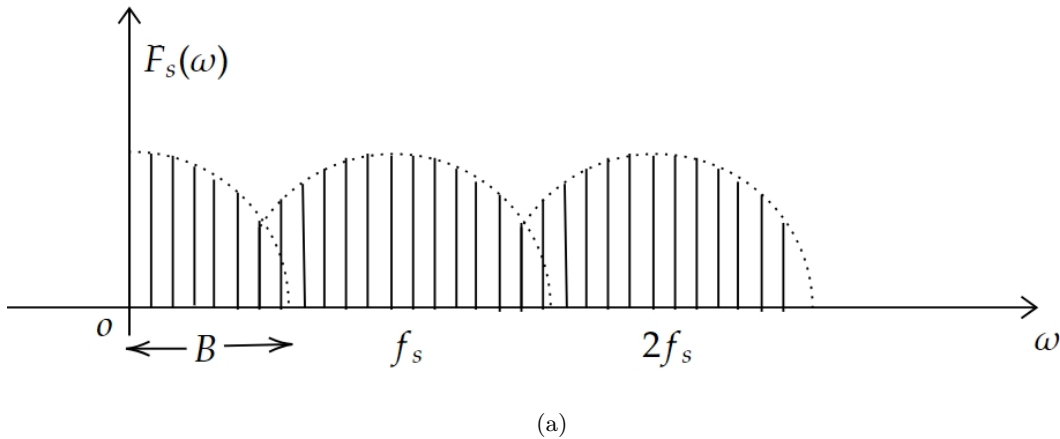


图 3: 取样信号频谱

通滤波器滤除高频分量，而仅存原信号频谱的频率成分，这样，低通滤波器的输出是得到恢复的原信号。

根据采样定理，原信号得以恢复的条件是取样频率  $f_s \geq 2B$ 。  $f_s$  为取样频率，  $B$  为原信号的有效频带宽度。当取样频率  $f_s < 2B$  时，取样信号的频谱会发生混迭。如图 4 所示，此时，我们无法用低通滤波器获得原信号频谱的全部信息内容。



(a)

图 4:  $f_s < 2B$  时，取样信号频谱

实验中选用  $f_s < 2B$ ，  $f_s = 2B$ ，  $f_s > 2B$  三种抽样频率对连续信号进行抽样，以验证抽样定理一要使信号抽样后能不失真地还原，抽样频率  $f_s$  必须大于信号频谱中最高频率的两倍。

- 有效频带宽度：严格地说，周期性信号所包含的谐波分量有无限多，不过由于谐波振幅随频率增高而减小，通常只考虑频率较低的一些分量就够了。从 0 频率到需要考虑最高次谐波频率间的频段称为信号的频带宽度。信号频带宽度的具体定义视情况而定，有时将谐波振幅下降到最大值的  $\frac{1}{K}$ （例如  $\frac{1}{10}$ ）的频段称为信号的频带宽度。本实验对于周期正弦信号频率为  $25KHz$ ，从频谱图可以看出，该信号为单频信号，抽样脉冲控制信号频率  $f_s$  取  $50KHz$ 。对于周期方波和三角波信号，若其基频率为  $5KHz$ ，从频谱图可以看出，可取 5 倍于基波频率作为有效的频带宽度，则抽样脉冲控制信号的频率  $f_s$  取  $50KHz$ 。

四、实验内容与步骤

1. 输入信号为  $5KHz$  的方波信号， $V_{p-p} = 2V$ ，观察抽样后离散方波信号的波形并测绘出其频谱图。
- (1) 用选频电平表测量抽样后离散信号  $f_s(t)$  的频谱。

表 1

f(kHz)	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145
Pn(dB)															
Un															

注：  $U_n = 0.775 \times 10^{\frac{P_n}{20}}$

- (2) 调整  $f(t)$  和  $s(t)$  的频率，使抽样信号通过滤波器后能较好地复原。
- (3) 改变抽样频率为  $f_s < 2B$  和  $f_s \geq 2B$ ，观察并描绘复原后的信号，比较其失真程度。

五、实验注意事项

1. 只有当取样脉冲的频率与被取样信号 1 频率保持整数倍数关系时，示波器上才能得到稳定的波形，故需微调脉冲的频率。
2. 被取样信号的幅度不宜过大。否则将得不到良好的离散信号。