

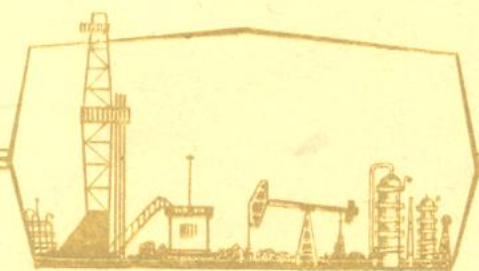
高等学校教学用书

数字地震仪

下 册

电路原理

《数字地震仪》编写组编



石油工业出版社

数 字 地 震 仪

下 册

电 路 原 理

《数字地震仪》编写组 编

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

全书分上、下两册。本册共分五篇，比较全面、系统地介绍了数字地震仪的电路原理、功能及特点，可供数字地震仪操作、维修人员及有关院校师生自学或参考。

数 字 地 震 仪

下 册

电路原理

《数字地震仪》编写组 编

*

石油工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

大厂县印刷厂印刷

*

开本787×1092¹/₁₆印张38⁵/₈字数957千字印数5,901—8,100

1979年8月北京第1版 1980年6月北京第2次印刷

书号15037·2098 定价3.95元

限国内发行

前 言

随着我国石油地震勘探技术和装备的不断革新和发展，数字地震仪和数字电子计算机越来越广泛地应用于地震勘探和资料处理。为了适应新的形势，满足石油物探工作人员的需要，在石油工业部地质勘探司的大力支持下，由大港油田地质调查指挥部、胜利油田地质调查指挥部、华东石油学院勘探系和江汉石油学院勘探系组成《数字地震仪》编写组，编写了《数字地震仪》一书，全书分两册出版。

上册《数字地震仪——集成电路基础》的第一篇数字集成电路，由董栋、饶文松、陈重明同志编写，由潘正良同志审阅。第二篇模拟集成电路，由徐孝文同志编写，原稿经周宁华同志审阅。

下册《数字地震仪——电路原理》由张昌义、陈正华、陈其威、王本善、宋金印、王安南、张均林、周宝成等同志编写，经张昌义和陈正华两同志审阅定稿。

全书在编写过程中，得到了西安石油勘探仪器总厂、重庆地质仪器厂、北京半导体元件二厂、上海元件五厂、北京大学、复旦大学、北京航空学院等单位的大力支持，在此顺致谢意。

由于编写水平有限，书中难免出现错误和不足之处，恳请读者批评指正。

《数字地震仪》编写组

一九七八年五月

绪 言

地震勘探是本世纪以来人们认识地下地质构造形态，并借以寻找石油和其它矿藏的重要地球物理方法之一。地震勘探仪器是为了接收和记录地震波（含有地层性质与状态信息）而设计制作的一种精密电子仪器。由于地下地质情况错综复杂，在激发、传播和接收地震波的过程中又可能引入一些规则和不规则的干扰，加之地震波的能量随着地层深度的增加衰减很快，浅层与深层振幅相差很大（约在 $1V \sim 1\mu V$ 之间变化），这就要求地震勘探仪器必须具有精确度高、灵敏度大、动态范围大，去干扰能力强，信号在放大和记录过程中失真度小等特点。为了不断提高地震勘探仪器的性能指标，在设计与制造勘探仪器时，我们总是力图采用最先进的理论与电子技术。数字磁带地震仪（后简称数字仪）就是继模拟磁带地震仪之后，把信息论、数理统计、数字技术（数字集成电路与电子计算机）等先进技术应用到地震勘探仪器上的一个重大成果。

数字地震仪的原理框图如图0-0-1所示。

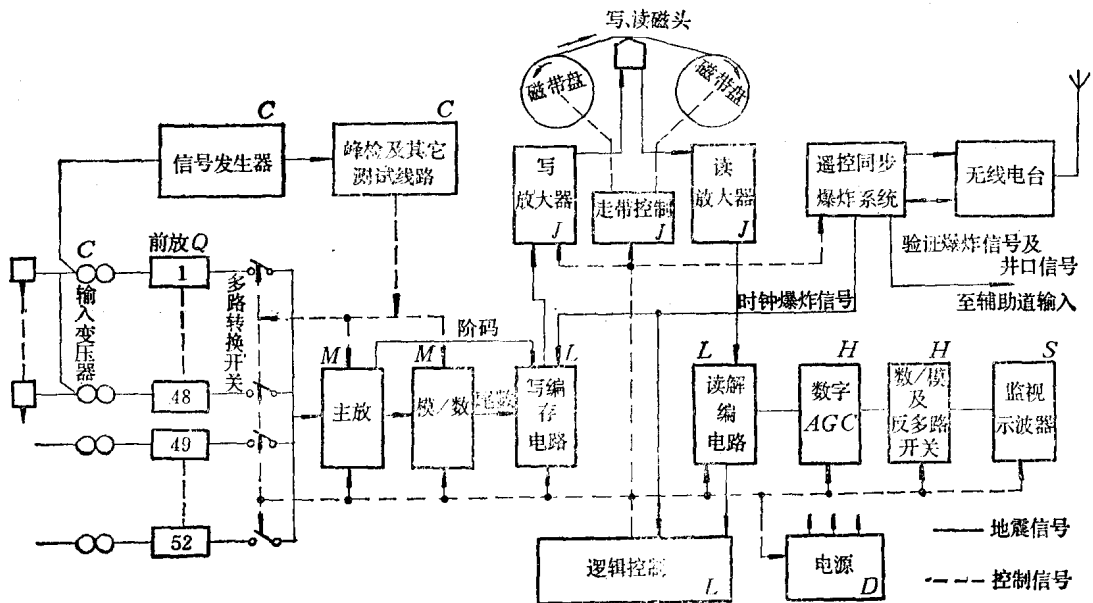


图 0-0-1 数字磁带地震仪原理总框图

C—测试箱体；Q—前放箱体；M—模拟箱体；L—逻辑箱体；J—磁带机；H—回放箱体；S—静电记录示波器；D—电源箱体；1~48—为地震道；49~52—为辅助道

人工爆炸或可控震源所产生并通过地层反射（或折射）到达地面的地震信息（简称地震波），由地震检波器拾取、转换成为电模拟信号，然后被送到前置放大器进行固定增益的放大与滤波，经多路转换开关将多道并行连续的地震模拟信号进行逐次的离散化，变为串行离散的模拟脉冲信号（简称子样），此脉冲信号被送至主放大器进行增益可以瞬时调节的放大，以使信号达到一定的幅度范围，再送至模/数转换器转换为相应的数字信号，逻辑控制电路将这些数字信号按规定格式送至写放大器，最后经磁头记录在磁带上。

为了能对野外生产情况及时的进行监视和仪器自检,仪器中还设置有回放显示系统,录在磁带上的数字信号由读磁头读出后,经放大、解编并恢复成可见的模拟地震波形记录。

图0-0-1上方的信号发生器和峰值检测器是对模拟放大单元进行检测时用的。仪器的爆炸系统采用无线电编码传送、遥控同步引爆等一套装置。

由于数字地震仪比模拟磁带地震仪具有精度高(主放增益精度 $\leq 0.1\%$,模数转换最低位为500 μ V),动态范围大(可达160db以上),增益跟踪速度快(采用瞬时浮点增益放大器),讯噪比高等优点,所以能保留更丰富更精确的地震信息。这就给地震资料解释过程中应用地震波的动力学特征,解决复杂地质现象和进行直接找油、找气等方面的研究工作提供了条件,并可充分利用电子计算机的逻辑能力强、计算速度快、精确度高、存贮量大等特点对地震信息进行灵活多样的数字处理,从而大大提高了地震解释工作的效率与精度。

我国六十年代初期就已开始研制数字地震仪。当前国产数字地震仪已经投入批量生产。地震勘探资料数字处理的专用设备也有很大发展,许多单位正在研究试制新型的 数字地震仪。随着我国电子工业技术的发展,微型组件、大规模高速度的集成电路将会广泛的使用在野外数字地震仪上,这就会使新型的数字仪体积更小,耗电量减小,重量更轻。同时随着野外非炸药震源与可控震源的推广使用,对仪器的灵敏度、精度和操作自动化的要求将更进一步提高。现在有些数字仪配备有小型计算机,可对野外仪器进行多功能的实时控制,并可在现场对地震资料初步进行垂直迭加和相关处理,以便于及时指导现场施工。这类仪器特别适用于城市附近、平原、沙漠以及海上的大面积勘探。

目前国内外数字地震仪器的主要趋向:一是向获取多信息量方面发展,以适应野外采用大排列、多记录道、宽线勘探、面积、三维勘探等工作方法的需要,所以地震仪的道数,已从48道扩展到96道、256道、500道,以至于超过1000道以上的趋势。另一方面是向小型轻便、自控、遥控以提高野外工效为主的方向发展,这种仪器特别适用于沼泽、湖泊、高原山区使用。可以确信,当前卫星通信、数据传输、光纤通信、全息技术以及遥测、遥感等科学技术的新成果,会不断引进到地震勘探的领域中来,最终将导致地震勘探仪器跃向更高的水平。

目 录

绪言	I
----	---

第一篇 模 拟 单 元

第一章 概述	1
第一节 数字仪记录系统方框图	1
一、方框图	1
二、方框图简介	1
第二节 数字仪模拟单元的功能与电路特点	4
一、功能	4
二、电路特点	4
第二章 前置放大器	5
第一节 前放的功能与组成框图	5
一、功能	5
二、方框图	5
第二节 第一批国产数字仪的前放电路	5
一、输入变压器和低噪音放大器	5
二、高通和低通有源滤波器	8
三、有源双T滤波器(50Hz陷波器)	16
四、输出级	19
第三节 辅助道前放	19
一、陆用数字仪的辅助道前放	19
二、海用数字仪的辅助道前放	21
附录 关于采样定理	23
第四节 本章小结	25
第三章 多路转换开关	26
第一节 多路转换开关的功能与组成	26
一、功能	26
二、组成	26
第二节 多路转换开关电路中的开关器件	27
一、对开关器件的要求	27
二、开关器件的选择	27
第三节 多路转换开关电路	30
一、驱动电路	30
二、热线与冷线开关	31
第四节 多路转换开关的逻辑控制电路	31

一、主开关 K_0 通、断的逻辑控制电路	31
二、主回零开关、付开关和付回零开关	35
第四章 主放大器	37
第一节 瞬时浮点增益放大器的组成框图与工作原理	37
一、七阶型瞬时浮点增益放大器	37
二、游标型瞬时浮点增益放大器简介	39
三、瞬时浮点增益放大器的特点	40
第二节 主放大器电路的模拟部分	43
一、七阶放大级	43
二、差分输入级	48
三、缓冲输出级	48
四、零漂补偿回路(自动校零回路)	49
五、比较级	51
六、增益开关	56
七、主放电路中的跨接线开关(插接开关)	56
附录	56
第三节 主放大器逻辑控制电路	58
一、主放逻辑方框图	58
二、主放逻辑控制电路的一般介绍	59
三、主放逻辑电路在自动增益状态时的工作	61
四、主放的三种增益工作方式	66
第五章 二采保持电路	70
第一节 二采保持电路的功能	70
一、设置二采保持电路的必要性	70
二、二采保持电路组成方框图	70
第二节 二采保持电路原理	71
一、开关放大级	71
二、输出匹配级	75
第三节 本章小结	77
第六章 模数转换器(M/S)	78
第一节 模数转换器的功能和基本原理	78
一、模数转换器的功能	78
二、逐位电压比较型模数转换器的基本原理	78
第二节 数字仪中的模数转换器	79
一、比较型模数转换器简化框图	79
二、数字仪所用的比较型模数转换器方框图	80
第三节 模数转换器的模拟电路	81
一、解码网络	81
二、标准电压源	87
三、比较器	88

第四节 模数转换器的逻辑电路	90
一、钟源	90
二、模数转换结束触发器 C_{MSJ} 和控制触发器 C_{KZ}	92
三、移位寄存器 $J_{\text{ш}}$	93
四、数码寄存器 J_M	94
五、置位脉冲发生器 FM_m 和模数转换结束寄存器 J_{MSJ}	95
六、比较寄存器 J_B	95
七、输出缓冲寄存器	96
第五节 模拟子样电压的转换过程	96
一、双极性子样变单极性子样	96
二、模数转换的主要过程	97
三、变码器	98
四、举例	99
第六节 模数转换器的显示电路	102
一、模数转换结果的显示	102
二、编码错误的显示	102
三、溢出显示	104
第七节 本章小结	106
第七章 模拟单元测试线路	107
第一节 测试线路简介	107
一、“方式”开关	107
二、测试线路总方框图	109
第二节 欧姆表电路	111
一、简单原理	111
二、电路工作原理	112
第三节 低频正弦信号发生器	114
一、用精密电阻分压构成的正弦信号发生器	114
二、采用数模转换技术构成的正弦信号发生器	115
三、低频正弦信号发生器的实际电路	116
四、信号发生器的衰减器	122
第四节 仿真地震信号发生器与脉冲信号发生器	124
一、仿真地震信号发生器	124
二、脉冲信号发生器	129
第五节 峰值检测器	130
一、峰检器的基本原理	130
二、峰检器电路的一般介绍	131
三、峰检器的工作过程	134
四、各道前放的相对相位差测量	136
第六节 分频器组合电路和测试启动电路	138
一、分频器组合电路	138

二、电流发生器	141
三、测试启动电路	142

第二篇 逻辑系统

第八章 概述	145
第一节 逻辑系统简介	145
一、逻辑系统在数字仪整机中的地位和作用	145
二、逻辑系统的线路结构特点	146
三、几点说明	148
第二节 一张记录的段落划分和记录格式	149
一、一张记录的段落划分	149
二、记录格式	151
第九章 写编排电路	158
第一节 记录控制电路的组成方框图	158
一、数据信息寄存电路	158
二、数据信息编排电路	159
三、程序控制电路	160
四、时钟电路及节拍	161
第二节 时钟电路	162
一、时钟电路方框图	162
二、钟源	163
三、付写节拍器 JP_{1x}	165
四、写节拍器 JP_x	166
五、序列计数器 JS_{XL}	167
第三节 子样数据寄存部件	172
一、变码器 BM	172
二、尾数寄存器 J_w	176
三、写增益寄存器 $J_{Z(x)}$	178
第四节 变码器中缓冲寄存器的作用	183
一、假设在 BM 中没有缓冲寄存器	183
二、在 BM 中设一个缓冲寄存器	185
第五节 头段数据的寄存部件	186
一、记录号机电计数器	186
二、 Cy 、 Xs 、 Z_g 代码产生电路	187
三、补充资料数据代码的产生电路	187
第六节 写编排器 BP_x	191
一、 BP_x 和 J_x 中的一位传输门和一位寄存器	191
二、 BP_x 的原理电路	193
三、关于 BP_x 中传输门的扇入系数问题	194
第七节 写寄存器及其附属逻辑部件	195

一、 J_v 的原理电路	195
二、送数触发器、写行触发器、写指令触发器	197
三、写寄存器中各项微操作指令的逻辑条件	198
四、关于CRC与LRC数据	199
第八节 本章小结	199
一、各种数据信息的传输通道	200
二、各条微指令在时间轴上的位置	200
三、写编排电路逻辑部件的工作特点	202
四、关于TD、SJD、LC、JW操作流程	202
第十章 操作程序控制电路	203
第一节 仪器功能和功能开关	203
一、仪器功能	203
二、功能开关和微震监视触发器、回放上张触发器	205
三、仪器功能电位信号、操作指令和微操作指令的相互关系	206
第二节 程序寄存器 J_{cx}	207
一、实现仪器功能的各种操作序列组合	207
二、 J_{cx} 是一个不规则计数器	207
三、 J_{cx} 的状态与操作码之间的对应关系	209
四、 J_{cx} 的工作状态真值表及原理电路	211
五、 J_{cx} 的时钟脉冲和强制微指令的逻辑条件	212
六、关于仪器启动时的一点说明	214
第三节 两个时间控制部件	215
一、时钟启停开关	215
二、时间间隔计数器 J_{Sig}	217
三、1072分频器	220
第四节 微操作指令发生器——控制链	221
一、控制链的概念	222
二、控制链电路举例	222
三、微操作控制举例	224
第五节 记录过程中各项操作的流程图	229
一、ZB _i 操作流程	229
二、TD 操作流程	231
三、SJD 操作流程	231
四、LC、 JX_m 、 JX_w 、JW、 JX_w 操作流程	238
第十一章 读解编电路	241
第一节 读解编电路组成方框图	241
一、读出数据的缓冲寄存和子样数据的解编部件	241
二、记录号识别部件	242
三、记录号显示部件	242
四、读节拍器和丢码控制器	242

五、数行、字段和间隙判别部件·····	243
六、几点说明·····	243
第二节 读钟脉冲·····	243
一、读钟脉冲的意义·····	243
二、读钟脉冲的形成·····	244
第三节 读节拍器 JP_D ·····	245
第四节 读行计数器 JS_{dh} ·····	246
一、 JS_{dh} 应当是一个十进制计数器·····	246
二、 JS_{dh} 的最大计数容量限定在134 (48道B格式)·····	247
三、如何在读出过程中区分一个字的前后行·····	248
四、 JS_{dh} 被强制到0的逻辑条件·····	248
五、数据段每个采样间隔中同步组的意义及同步组计数器 JS_{tb} ·····	249
六、 JS_{dh} 的译码输出·····	250
第五节 子样数据的解编及对回放电路的控制·····	251
一、读缓冲寄存器 J_d ·····	251
二、读增益寄存器 $J_{z(a)}$ ·····	252
三、启动回放钟微指令·····	254
四、对回放单元进行控制的其它微指令·····	255
第六节 丢码控制器 KZ_{dm} ·····	257
一、行错位现象·····	258
二、电路原理·····	260
第七节 字段和间隙·····	265
一、字段触发器和磁钟计数器·····	266
二、假钟计数器和间隙触发器·····	267
第八节 记录号识别·····	268
一、头段的识别·····	269
二、比较(符合)·····	270
三、对记录号比较结果相等次数的计数·····	271
四、识别触发器·····	272
第九节 记录号显示·····	272
第十节 读解编过程与识别操作流程·····	275
第十二章 仪器的查号功能·····	280
第一节 各种查号功能的意义及仪器的动作·····	280
一、反转查号·····	280
二、正转查号·····	281
三、找位·····	282
第二节 与查号功能有关的电路·····	282
一、识别次数计数器·····	282
二、磁带机正转、反转触发器和启动静电显示触发器·····	283
三、实现查号功能时程序寄存器和写节拍器的工作·····	284

四、查号继电器	285
第三节 查号功能流程图	285
一、反转查号流程	285
二、对其它查号功能的说明	291
第十三章 安全联锁控制及故障检测	292
第一节 仪器电源的通断控制	292
一、仪器电源的联锁控制	292
二、逻辑系统电源的控制	294
第二节 安全联锁控制	296
一、仪器启动前的联锁控制	296
二、仪器启动后的安全联锁	302
三、故障显示	304
四、特殊联锁控制电路	304
第三节 动态故障的检测和显示	307
一、模数转换错误触发器 C_{mse}	307
二、 P 校验出错计数器 JS_{JC}	308
三、丢码计数器 JS_{dm}	308
第四节 静态故障检测	310
一、静态故障测试的基本原理	310
二、静态测试时的时钟系统	311
三、静态测试时的时钟启停控制	314
四、静态测试举例	315

第三篇 数 字 磁 带 机

第十四章 概述	317
第一节 磁带机的功能	317
第二节 磁带机的组成结构	317
一、写读及其校验电路	317
二、走带机构及其控制电路	319
第十五章 磁带机的写读及其校验电路	320
第一节 磁带机的写读原理	320
一、磁带记录的写入原理	320
二、磁带记录的读出原理	320
三、数字磁带记录的特点	320
第二节 数字磁带记录的写入方式	321
一、归零制	321
二、不归零制	322
三、调相制	323
四、调频制	323
第三节 磁头与磁带	324

一、磁头	324
二、磁带	325
第四节 写入电路	326
一、写放大器	326
二、写控制器	331
第五节 读出电路	335
一、读前置放大器	335
二、读放大器	336
三、磁钟电路	342
第六节 冗余校验电路	346
一、在数字地震仪中为什么要进行冗余校验	346
二、冗余校验的方法与电路	347
第十六章 走带机构及其控制电路	351
第一节 走带机构	351
一、走带驱动机构	351
二、磁带基准边的控制机构	352
三、走带速度与磁带张力传感器	352
四、特殊控制机构	354
第二节 走带伺服控制电路	355
一、走带伺服控制的对象和意义	355
二、走带伺服控制原理	356
三、走带伺服控制电路	358
四、调制器	365
五、功率放大器	370
第三节 电源通断控制电路	372
一、启动前的准备	372
二、数字仪启动和停机时“电源”的通断过程	374
第四节 走带逻辑控制电路	377
一、磁带运行的手动控制和自动控制	377
二、带到头、带到尾停转及断带停机控制电路	380
三、恒速标记信号和末尾标记信号的产生	381

第四篇 回放单元

第十七章 概述	383
第一节 回放单元概述	383
第二节 存贮器概述	387
一、存贮器一般概念	387
二、参数存贮器 CU_{cs}	388
三、增益存贮器 CU_z	389
第三节 运算器YS概述	394

一、加减法运算基础·····	394
二、运算器的组成和工作原理·····	395
第十八章 回放计时逻辑 ·····	405
第一节 计时逻辑的启动·····	405
一、计时逻辑的功能·····	405
二、为什么计时逻辑需要启动·····	405
三、回放计时逻辑的启动电路·····	407
第二节 回放节拍·····	408
一、钟源·····	409
二、回放辅助节拍器·····	409
三、回放节拍器·····	410
第三节 回放序列计数器·····	413
一、结构与原理·····	413
二、 JX 和 $\bar{J}X$ 段 JS_{hXL} 的工作过程 ·····	416
第四节 本章小结·····	417
第十九章 子样处理 ·····	419
第一节 码制变换·····	419
一、码制变换的原则·····	419
二、码制变换前的操作·····	420
三、码制变换过程·····	422
第二节 真值恢复·····	424
第三节 真值恢复操作·····	425
一、起始增益的存贮·····	425
二、增益阶码的运算·····	426
三、补码结果变为原码·····	428
四、移位·····	429
五、超容量补偿·····	430
第四节 本章小结·····	431
第二十章 起始增益的释放 ·····	434
第一节 起始增益释放的基本工作原理·····	434
一、地震波传播特点·····	434
二、起始增益释放时间·····	436
三、起始增益释放过程·····	437
第二节 释放顺序的存贮·····	437
一、第一循环与第二循环的划分·····	437
二、选择与准备工作·····	438
三、释放道序数的修改与存贮·····	440
四、举例·····	442
第三节 起始增益释放·····	443
一、 t_0, P 延迟时间的建立 ·····	444

二、释放道序的比较·····	448
三、起始增益释放的标志·····	448
四、举例·····	451
第四节 本章小结·····	453
第二十一章 数字自动增益控制 ·····	455
第一节 数字AGC工作原理·····	455
第二节 窗口测试及其判断指令·····	458
一、AGC判断矩阵·····	458
二、AGC判断矩阵的微操作过程·····	459
第三节 延迟时间测试与增益值修正·····	461
一、延迟时间的测试·····	461
二、增益值修正与存贮·····	464
第四节 本章小结·····	467
第二十二章 模拟地震信号的恢复 ·····	469
第一节 模拟地震信号的恢复过程·····	469
一、电路组成与原理方框·····	469
二、关于单极性数模转换·····	470
第二节 数模转换器(S/M)·····	472
一、数模转换器工作原理·····	472
二、数模转换器转换过程·····	475
第三节 反多路转换及其控制·····	476
一、反多路转换电路原理·····	476
二、反多路转换控制电路·····	479
第四节 本章小结·····	482
第二十三章 辅助道、增益曲线及记录号的回放 ·····	483
第一节 增益曲线道的回放·····	483
一、监视记录上增益曲线道的回放·····	483
二、回放增益的数字显示·····	487
第二节 记录号道回放·····	488
一、将代码并行传输转换为串行传输的电路·····	488
二、十毫秒计数器 JS_{10ms} ·····	490
第三节 辅助道回放·····	491
一、时断(爆炸)信号的回放·····	491
二、井口信号道的回放·····	492
第四节 本章小结·····	492
第二十四章 回放单元检测 ·····	494
第一节 静态检测·····	494
一、静态检测电路·····	494
二、静态检测工作过程·····	496
第二节 动态检测·····	497

一、动态检测基本原理	497
二、电路结构与工作原理	498
三、动态检测过程	500
四、故障判断	506
第三节 用数字三角波信号源测试	506
一、数字三角波信号源电路及原理	506
二、用数字三角波信号源检查 AGC 工作及回放单元工作	508
第四节 本章小结	509
第二十五章 静电照相显示	515
第一节 基本工作原理	515
一、磁系及光系统	515
二、传动推纸及显影部分	515
三、电子线路及控制部分	516
第二节 计时系统	518
一、时基电路	518
二、输入接口电路	519
三、计时逻辑电路	519
第三节 示波器的光源	521
一、氙灯	521
二、检流计灯光源	521
三、计时线光源	524
第四节 静电照相示波器的电源电路	527
一、逻辑稳压电源	527
二、电晕电源	527
三、驱纸马达电源	530
四、泵马达电源调节电路	532

第五篇 电源及辅助设备

第二十六章 仪器的电源	533
第一节 简介	533
第二节 开关式稳压电路	534
一、电路工作原理	534
二、开关式稳压电路举例	535
三、功率驱动级及滤波储能电路	537
四、关于 $\pm 22.5\text{V}$ 与 $\pm 18\text{V}$ 的储能电路	538
第三节 检测报警电路	539
一、电瓶故障检测电路	539
二、电源故障检测电路	540
第四节 开关延时控制电路	541
一、电源的接通过程	541