

عددی ادوار  
تخلیق و تجزیہ

حنالہ حسان یوسفزئی

khalidyou safzai@hotmail.com

۲۳ / اکتوبر ۲۰۲۳



# عنوان

ویسپاچیہ

میری پہلی کتاب کا دیباچہ

۱	۱.۱	اعشاری نظام گنتی	۱
۲	۲.۱	ہشتمی نظام گنتی	۲
۳	۳.۱	شانئی نظام گنتی	۳
۵	۴.۱	اعشاری نظام سے شانئی نظام میں تبادلہ	۵
۷	۵.۱	اساس سولہ (سادس عشری) نظام گنتی	۷
۹	۶.۱	اساس دو کا اساس آٹھ میں تبادلہ	۹
۹	۷.۱	اساس دو کا اساس سولہ میں تبادلہ	۹
۹	۸.۱	اساس آٹھ اور اساس سولہ سے اساس دو میں تبادلہ	۹
۱۱		بنیادی حساب	۱۱
۱۲	۱.۲	شانئی نظام میں اعداد منفی کرنا	۱۲
۱۳	۲.۲	اسی تکملہ یا $r$ کا تکملہ	۱۳
۱۴	۳.۲	اساس منفی ایک تکملہ یا $(r - 1)$ کا تکملہ	۱۴
۱۵	۴.۲	دو اعداد کی منفی بذریعہ اسی تکملہ	۱۵
۱۷	۵.۲	دو اعداد کی منفی بذریعہ اساس منفی ایک کا تکملہ	۱۷
۱۹	۶.۲	مثبت اور منفی اعداد	۱۹
۲۲	۷.۲	علامت دار و تکملہ نظام	۲۲
۲۵		یوولین الجبرا	۲۵
۲۵	۱.۳	یوولین الجبرا کے بنیادی تصورات	۲۵
۲۶	۱.۱.۳	منطقی ضرب	۲۶

۲۷	منطقی جمع	۲.۱.۳
۲۹	منطقی نفی	۳.۱.۳
۲۹	منطقی بلا شرکت جمع	۴.۱.۳
۳۰	منطقی ضد بلا شرکت جمع	۵.۱.۳
۳۰	برقی تاروں میں جوڑ کی وضاحت	۲.۳
۳۱	عددی گیٹ	۳.۳
۳۱	ضرب گیٹ	۱.۳.۳
۳۲	جمع گیٹ	۲.۳.۳
۳۳	نفی گیٹ	۳.۳.۳
۳۳	متعدد مدخل گیٹ	۴.۳.۳
۳۵	ضرب متمم گیٹ اور جمع متمم گیٹ	۵.۳.۳
۳۸	بلا شرکت جمع گیٹ اور بلا شرکت جمع متمم گیٹ	۶.۳.۳
۴۰	گیٹوں کے برقی خواص	۴.۳
۴۱	مستحکم کار	۱.۴.۳
۴۳	مخلوط ادوار	۲.۴.۳
۴۵	بوولین تفاعل کا تخمینہ	۵.۳
۴۵	بوولین تفاعل کا تخمینہ	۱.۵.۳
۴۷	قوسین میں بند بوولین تفاعل	۶.۳
۴۹	بوولین الجبرا کے بنیادی قوانین	۷.۳
۵۳	ڈی مارگن کے کلیات	۸.۳
۵۶	حبزرواں بوولین تفاعل	۹.۳
۵۶	ارکان ضرب کے مجموعہ کی ترکیب	۱۰.۳
۶۰	ارکان جمع کی ترکیب	۱۱.۳
۶۴	مجموعہ ارکان ضرب اور ضرب بعد از جمع کے مابین تبادلہ	۱۲.۳
۶۵	ضرب و جمع دورے متمم ضرب و متمم ضرب دور کا حصول	۱۳.۳
۶۷	جمع و ضرب دورے متمم جمع و متمم جمع دور کا حصول	۱۴.۳
۶۸	علامتی روپ یا رموز	۱۵.۳
۶۸	ایکسی رموز اور عالمی رموز	۱.۱۵.۳
۷۰	اعشاری اعداد کے شنائی رموز	۲.۱۵.۳
۷۰	گرے رموز	۳.۱۵.۳
۷۳	کارناف نقشہ جات	۴
۷۳	کارناف نقشے کا بنیادی حنا کہ	۱.۴
۷۵	کارناف نقشے کی بھرائی	۲.۴
۷۵	کارناف نقشے سے تفاعل کی سادہ مساوات کا حصول	۳.۴
۷۷	دو آزاد متغیر تفاعل	۱.۴.۴
۸۰	تین متغیر تفاعل	۲.۴.۴
۸۳	چار متغیر تفاعل	۳.۴.۴
۸۵	سادہ مساوات سے تفاعل کے ارکان ضرب کا حصول	۴.۴.۴
۸۵	ضرب بعد از جمع کی شکل میں سادہ مساوات	۴.۴

۵.۴ غیر دلچسپ حال ..... ۸۷

۸۹	ترکیبی منطق اور ترکیبی ادوار	۵
۸۹	۱.۵ شنائی جمع کار اور شنائی منفی کار	
۹۰	۱.۱.۵ نصف جمع کار	
۹۲	۲.۱.۵ مکمل جمع کار	
۹۶	۳.۱.۵ منفی کار	
۹۹	۴.۱.۵ اعشاری جمع کار	
۱۰۱	۲.۵ شنائی ضرب کار	
۱۰۲	۳.۵ شناخت کار	
۱۰۹	۴.۵ شناخت کار کی مدد سے تفاعل کا حصول	
۱۱۲	۵.۵ داخلی منتخب کار اور خارجی منتخب کار	
۱۱۲	۱.۵.۵ خارجی منتخب کار	
۱۱۳	۲.۵.۵ داخلی منتخب کار	
۱۱۵	۳.۵.۵ داخلی منتخب کار سے تفاعل کا حصول	
۱۱۷	۶.۵ متوازی شنائی ضرب کار	

۱۲۱	معاصر ترتیبی منطق اور ادوار	۶
۱۲۲	۱.۶ گیٹوں کے اوقات کار	
۱۲۳	۲.۶ پلٹ کار	
۱۲۷	۳.۶ ساعت	
۱۲۸	۴.۶ متمم ضرب گیٹ ایس آر پلٹ کار	
۱۲۹	۱.۴.۶ غیر فعال مد داخل پلٹ کار، حال برقرار رکھتا ہے	
۱۲۹	۲.۴.۶ مد داخل S فعال کرنے سے پلٹ کار بلند حال اختیار کرتا ہے	
۱۳۰	۳.۴.۶ مد داخل $\bar{R}$ فعال کرنے سے پلٹ کار پست حال اختیار کرتا ہے	
۱۳۱	۴.۴.۶ حال دوڑ	
۱۳۱	۵.۶ زیادہ مد داخل پلٹ کار	
۱۳۲	۶.۶ متبادل محاذ و معذور پلٹ کار	
۱۳۳	۷.۶ آفت اعلا م پلٹ کار	
۱۳۷	۸.۶ ڈی پلٹ کار	
۱۳۷	۱.۸.۶ آفت اعلا م پلٹ کار سے حاصل کردہ ڈی پلٹ کار	
۱۳۹	۹.۶ ڈی پلٹ کار	
۱۴۲	۱۰.۶ جے کے پلٹ کار	
۱۴۵	۱.۱۰.۶ ٹی پلٹ کار	
۱۴۶	۱۱.۶ شنائی گنت کار	
۱۴۷	۱۲.۶ سلسلہ وار شنائی جمع کار	
۱۴۸	۱۳.۶ معاصر ترتیبی ادوار کا تجزیہ	
۱۴۸	۱.۱۳.۶ مساوات حال	
۱۴۹	۲.۱۳.۶ جدول حال	
۱۵۰	۳.۱۳.۶ ختم کہ حال	

۱۵۰	۴.۱۳.۶	ڈی پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور
۱۵۱	۵.۱۳.۶	جے کے پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور
۱۵۵	۶.۱۳.۶	ٹی پلٹ کار کی مدد سے ترتیبی دور کا جائزہ
۱۵۶	۱۴.۶	میلی اور موری نمونہ
۱۵۷	۱.۱۴.۶	حال اور ان کی مقرری
۱۵۸	۱۵.۶	معاصر ترتیبی ادوار کی بناوٹ

۱۶۳	۷	دفتر
۱۶۵	۱.۷	سلسلہ وار دفتر
۱۶۵	۱.۱.۷	دائیں انتقال دفتر
۱۶۵	۲.۱.۷	بائیں انتقال دفتر
۱۶۶	۳.۱.۷	دائیں و بائیں انتقال دفتر
۱۶۶	۲.۷	متوازی بھرائی دفتر
۱۶۷	۳.۷	عالمگیر انتقال دفتر
۱۷۰	۴.۷	سلسلہ وار شنائی جمع کار

۱۷۳	۸	گنت کار
۱۷۳	۱.۸	شنائی گنت کار
۱۷۵	۲.۸	معاصر گنت کار
۱۷۵	۱.۲.۸	معاصر شنائی گنت کار
۱۷۸	۲.۲.۸	شنائی سرموز اعشاری معاصر گنت کار
۱۸۲	۳.۸	دیگر گنت کار
۱۸۲	۱.۳.۸	متغیر لمبائی گنت کار
۱۸۴	۲.۳.۸	بے ترتیب گنت کار
۱۸۵	۳.۳.۸	چھلانگ گنت کار
۱۸۶	۴.۳.۸	دھڑکن پیدا کار

۱۸۹	۹	حافظ
۱۹۰	۱.۹	عارضی حافظ
۱۹۹	۲.۹	پختہ حافظ
۲۰۲	۳.۹	حافظ کی استعداد بڑھانے کی ترکیب
۲۰۲	۱.۳.۹	دو عدد $4 \times 4$ حافظ سلسلہ وار جوڑ کر ایک عدد $8 \times 4$ حافظ کا حصول
۲۰۵	۲.۳.۹	تین $8 \times 16$ حافظ سلسلہ وار جوڑ کر ایک $8 \times 48$ حافظ کا حصول
۲۰۹	۳.۳.۹	دو $4 \times 4$ حافظ متوازی جوڑ کر $8 \times 4$ حافظ کا حصول
۲۰۹	۴.۹	حافظ کے اوقات کار
۲۱۱	۵.۹	پختہ حافظ سے ترکیبی ادوار کا حصول

۲۱۳	۱۰	قابل تفکیک ترکیبی منطقی ادوار
۲۱۴	۱.۰.۱۰	قابل تفکیک ضرب ترکیبی منطقی ادوار
۲۱۵	۲.۰.۱۰	قابل تفکیک ضرب و جمع ترکیبی منطقی ادوار
۲۱۸	۱.۱۰	قابل تفکیک ترتیبی ادوار

۲۱۹	غیر معاصر ترتیبی ادوار	۱۱
۲۲۳	تجزیہ	۱.۱۱
۲۲۳	عبوری جدول	۱.۱.۱۱
۲۲۷	ہساو کا جدول	۲.۱.۱۱
۲۲۹	حالت دوڑ	۳.۱.۱۱
۲۳۲	توازن اور ارتعاش	۴.۱.۱۱
۲۳۳	حالت دوڑ سے پاک شنائی علامتوں کا تقرر	۲.۱۱
۲۳۵	عبوری جدول کی مدد سے پلٹ کا تجزیہ	۳.۱۱
۲۳۵	ایس آر پلٹ	۱.۳.۱۱
۲۳۶	ساعت کے کنارہ پر چلتا ہوا ڈی پلٹ	۲.۳.۱۱
۲۳۸	ایس آر پلٹوں پر مبنی غیر معاصر ادوار کا قدم باقدم تجزیہ	۳.۳.۱۱
۲۳۵	سوالات	۱۲
۲۵۱	جوابات	

## باب ۱۱

### غیر معاصر ترتیبی ادوار

وسیع پیمانہ عددی ادوار عموماً معاصر ادوار کے طرز پر بنائے جاتے ہیں۔ ان کے اگلے حال مکمل طور پر موجودہ حال سے حاصل ہوتے ہیں۔ حال صرف ساعت کے کنارے پر تبدیل ہوتے ہیں اور باقی اوقات کے لئے انہیں غیر متغیر تصور کیا جاسکتا ہے۔ ساعت کے کنارے سے چند لمحات قبل تا چند لمحات بعد تک تمام حال کا پائیدار ہونا یقینی بنایا جاتا ہے۔ یوں کنارہ ساعت پر معلوم حال پائے جاتے ہیں جن سے اگلے پر یقین حاصل ہوتے ہیں۔

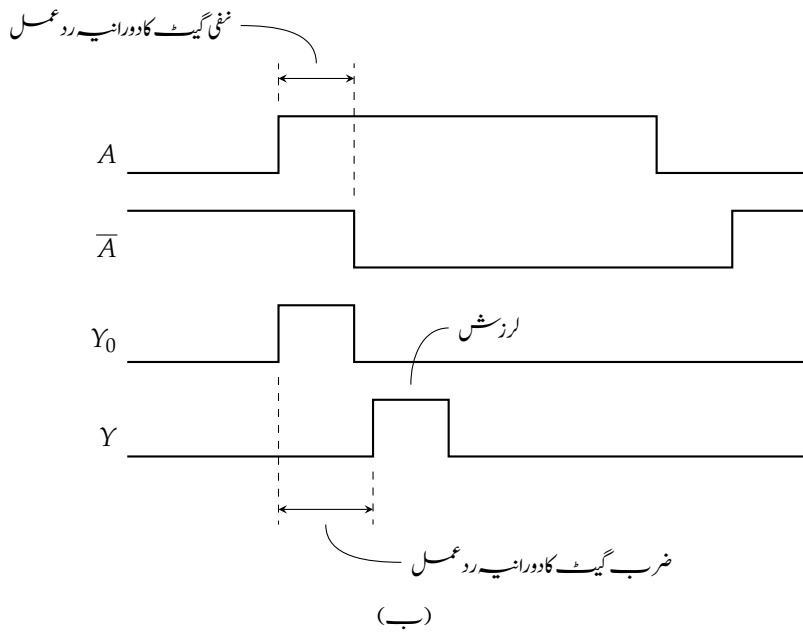
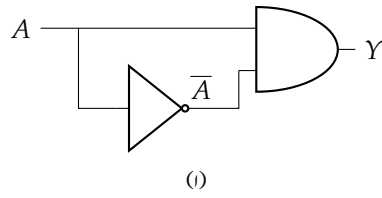
اس کے برعکس غیر معاصر ادوار کے حال کسی لمحہ تبدیل ہو سکتے ہیں جس سے حالت دوڑ اور دیگر مسائل کھڑے ہوتے ہیں جن پر اس باب میں غور کیا جائے گا۔

غیر معاصر ادوار کی اپنی ایک اہمیت ہے۔ یہ ساعت کے کنارے کا انتظار کیے بغیر اشارہ کو رد عمل کر سکتے ہیں۔ عموماً کسی بھی عددی دور میں کچھ حصہ معاصر اور کچھ غیر معاصر ہوگا۔

شکل ۱۱۔۱ میں نہایت سادہ دور دکھایا گیا ہے جس کو سرسری نظر سے دیکھ کر یوں محسوس ہوتا ہے کہ ضرب گیت کا محارج کبھی بلند نہیں ہو سکتا۔ غور کرنے سے ثابت ہوتا ہے کہ مسئلہ اتنا سادہ نہیں۔ جب بھی مداحل  $A$  حال تبدیل کرے اس کے چند لمحوں بعد منفی گیت کا محارج حال تبدیل کرے گا۔ یہ تاخیر منفی گیت کے دورانیہ رد عمل کی بدولت ہے۔ شکل میں  $A$  اور  $\bar{A}$  کے خط کھینچے ہوئے یہ تاخیر بڑھا چڑھا کر دکھائی گئی ہے۔ اگر ضرب گیت کا دورانیہ رد عمل صفر ہوتا تب ضرب گیت کا محارج ان دو مداحل کے مطابق حال  $Y_0$  اختیار کرتا۔ حقیقتاً ضرب گیت کو بھی رد عمل کے لئے چند لمحات درکار ہوں گے لہذا ضرب گیت کا محارج  $Y$  ہوگا۔

آپ دیکھ سکتے ہیں ضرب گیت کا محارج غیر مطلوبہ طور پر، منفی گیت کے دورانیہ رد عمل کے برابر دورانیہ کے لئے، بلند ہوگا۔ اس طرح کے، غیر مطلوبہ نہایت کم دورانیہ کے لئے، حال کی تبدیلی کو برقی لڑش یا مختصراً





شکل ۱۱.۱: مثبت برقی لرزش۔

لرزش<sup>۲</sup> کہتے ہیں۔ برقی لرزش مثبت یا منفی ہو سکتی ہے لہذا موجودہ لرزش کو مثبت لرزش کہیں گے۔ لرزش نہایت کم دورانیے کی دھڑکن تصور کی جا سکتی ہے، تاہم لرزش کی اصطلاح عموماً غنیر مطلوب دھڑکن کے لئے استعمال کی جاتی ہے اور ان سے معاصر ادوار کو پاک رکھا جاتا ہے۔

لرزش کی وجہ سے ادوار عبوری حالت<sup>۳</sup> اختیار کرتے ہیں۔ اس باب میں عبوری حال پر تفصیلاً بحث ہوگی۔

آپ نے دیکھا کہ ضرب گیٹ تک اشارہ  $\bar{A}$  پہنچنے میں تاخیر کی بدولت لرزش پیدا ہوئی۔ تاخیر کی مزید ایک مثال دیکھتے ہیں۔

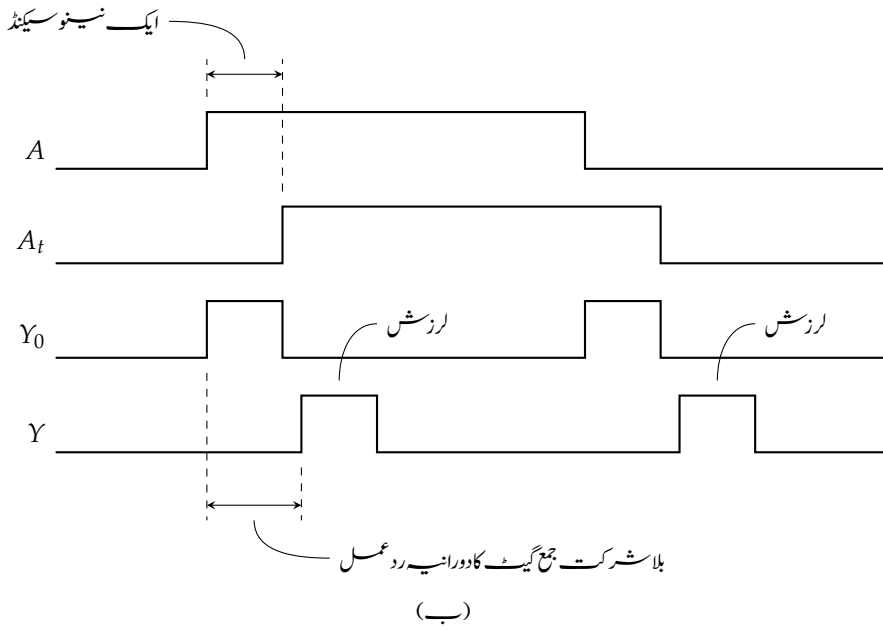
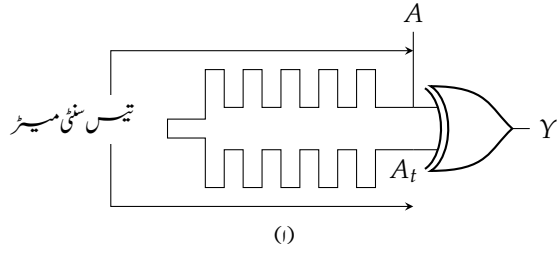
برقی تار میں برقی دباؤ کی رفتار تقریباً حلاء<sup>۴</sup> میں روشنی کی رفتار کے برابر ہوتی ہے۔ یوں ایک نینوسیکنڈ میں برقی دباؤ تقریباً  $0.3 = 10^{-9} \times 10^8 \times 3$  میٹر یعنی 30 میٹر فی منسلطے کرتا ہے۔ آئیے دیکھتے ہیں اگر پچھلی مثال تبدیل کر کے نفی گیٹ کی جگہ 30 سینٹی میٹر برقی تار لگائی جائے اور ضرب گیٹ کی جگہ بلاشرکت جمع گیٹ نصب کیا جائے تو دور کار رد عمل کیا ہوگا (شکل ۲.۱۱ دیکھیں)۔

اشارہ A گیٹ کے ایک داخلہ پن پر مہیا کیا گیا ہے جبکہ یہی اشارہ تیس نئی میٹر برقی تار سے گزار کر دوسرے داخلہ پن پر مہیا کیا گیا ہے جہاں (تاخیر سے پہنچنے والے) اشارے کو  $A_t$  کہا گیا ہے۔ تار کو بل دار لکیر سے ظاہر کیا گیا ہے۔ یوں اشارہ  $A_t$  گیٹ کے دوسرے پن تک (تار میں ترسیل کے بعد) تاخیر سے پہنچتا ہے۔ اشارہ A بلند یا پست ہونے کے ایک نینوسیکنڈ بعد اشارہ  $A_t$  بلند یا پست ہوگا۔ گیٹ کا دورانیہ رد عمل نظر انداز کرتے ہوئے گیٹ کا محارج  $Y_0$  ہوگا۔ گیٹ کا دورانیہ رد عمل مد نظر رکھتے ہوئے محارج Y ہوگا۔ گیٹ کے محارجی اشارے میں دو بلند برقی لرزشیں دیکھنے کو ملتی ہیں جن کے دورانیے برقی تار میں تاخیر کے برابر ہیں۔ یوں اشارے کی راہ میں تاخیر، حافظہ کی طرح، معلومات لمحاتی طور پر یاد رکھنے کی صلاحیت رکھتی ہیں۔

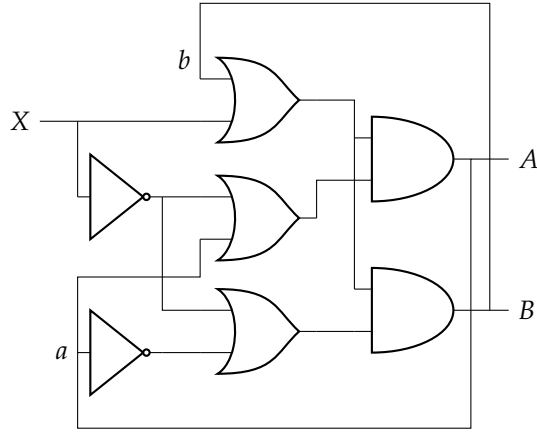
آپ نے دیکھا مختلف طرز کی تاخیر دور میں لرزشیں پیدا کرتی ہیں۔ جہاں بازار سہ اشارہ ۵ تاخیر سے پہنچ کر محارج تبدیل کرتا ہو وہاں دوران تاخیر محارج اور تاخیر کے بعد محارج مختلف ہوں گے جس سے نا پائیدار حالت<sup>۵</sup> پیدا ہوگی۔

جب بھی ایک سے زیادہ اشارے بیک وقت تبدیل ہوں، گیٹ اور برقی تاروں میں نا قابل معلوم تاخیر کی بدولت، ان کے اثرات جانباً تقریباً ناممکن ہوگا۔ اس مسئلے سے بچنے کی خاطر غنیر معاصر ادوار درج ذیل دو شرائط کے تحت بنائے جاتے ہیں: (۱) ایک وقت پر صرف ایک اشارہ تبدیل ہو؛ (ب) اشاروں کی تبدیلی کے درمیان اتنا وقفہ دیا جائے کہ تاخیر کے باوجود دور پائیدار حال اختیار کرتا ہو۔ ان شرائط کے تحت چلنے کو بنیادی طریقے کار کے تحت چلتا کہتے ہیں۔

glitch<sup>۲</sup>  
transition state<sup>۳</sup>  
۴ ہے۔ سیکنڈ فی میٹر  $3 \times 10^8$  رفتار کی روشنی میں حلاء  
feedback signal<sup>۵</sup>  
unstable condition<sup>۱</sup>  
fundamental mode<sup>۶</sup>



شکل ۱۱.۲: دو برقی تاروں کی لمبائی میں فرق کی بدولت پیدا ہونے والی لرزشیں۔



شکل ۱۱.۳: غیر معاصر دور۔

## ۱۱.۱. تجزیہ

غیر معاصر ترتیبی ادوار<sup>۸</sup> سے مراد ایسے ادوار ہیں جن میں (i) بغیر ساعت والے پلٹ پائے جوائیں اور یا (ب) ان میں ایک یا ایک سے زیادہ مخارج بطور باز سی اشارات استعمال ہوں۔ جیسے اوپر ذکر کیا گیا، مختلف نوعیت کی تاخیر کی بنا پر باز سی اشارات لمحاتی طور پر حافظہ کی صلاحیت رکھتے ہیں۔

جب خارجی اشارہ، مثلاً  $D$ ، بطور داخلی اشارہ استعمال ہو کر اپنی ہی قیمت ( $D$ ) تعیین کرنے میں کردار ادا کرتا ہو، یہ باز سی اشارہ کہلاتا ہے۔

اس حصہ میں بغیر پلٹ ادوار پر غور کیا جائے گا۔ پلٹ والے دور پر اگلے حصہ میں غور کیا جائے گا۔

### ۱۱.۱.۱ عبوری جدول

غیر معاصر ترتیبی ادوار پر غور ان کے عبوری جدول<sup>۹</sup> کی مدد سے کیا جاتا ہے۔ یہ طریقہ شکل ۱۱.۳ میں دیے گئے دور کی مدد سے کیے جاتے ہیں۔

پلٹ کی غیر موجودگی کے باوجود اس کو ترتیبی دور اس لئے کہیں گے کہ خارجی اشارے  $A$  اور  $B$  بطور باز سی اشارات<sup>۱۰</sup>،  $a$  اور  $b$ ، استعمال کیے گئے ہیں۔ دور سے خارجی حال کی مساوات لکھتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A &= (b + x) \cdot (a + \bar{x}) \\ B &= (b + x) \cdot (\bar{a} + \bar{x}) \end{aligned} \quad (11.1)$$

<sup>۸</sup> asynchronous combinational circuit  
<sup>۹</sup> feedback signal  
<sup>۱۰</sup> transition table  
<sup>۱۱</sup> feedback signals

جدول ۱۱.۱: دور کا بولین جدول۔

$a$	$b$	$x$	$A$	$B$
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	0

مساوات حاصل کرتے وقت بازاری اشاروں کو عام مداحل تصور کریں۔ یوں  $x$  کو بیرونی مداحل جبکہ  $a$  اور  $b$  کو اندرونی مداحل تصور کریں۔ ان مساوات میں  $a$  اور  $b$  موجودہ **مخارج** جبکہ  $A$  اور  $B$  اگلے **مخارج** ہیں۔ ان مساوات سے جدول ۱۱.۱ حاصل ہوگا جس سے عبوری جدول کا حصول شکل ۱۱.۴ میں دکھایا گیا ہے۔

جدول ۱۱.۱ میں پیش حال کے متغیرات  $A$  اور  $B$  کی معلومات کو علیحدہ علیحدہ کارناف نقتوں کی طرز پر لکھا گیا ہے جس سے عبوری جدول کے حصول میں آسانی پیدا ہوتی ہے۔ کارناف نقتوں کی بائیں جانب قطار کی صورت میں اندرونی مداحل  $ab$  کی قیمتیں جبکہ اوپر جانب صف کی صورت میں بیرونی مداحل  $x$  کی قیمتیں لکھی جاتی ہیں۔

**عبوری جدول** میں  $A$  اور  $B$  کی قیمتیں ساتھ ساتھ  $AB$  لکھی جاتی ہیں۔ کارناف نقتوں کی آخری صف کی دائیں قطاروں میں  $A$  کی قیمت 1 جبکہ  $B$  کی قیمت 0 ہے۔ عبوری جدول کی نچلی صف اور دائیں قطار کے مطابق حنائے میں ان قیمتوں کو ساتھ ساتھ 10 لکھا گیا ہے۔ اس عمل کی وضاحت تیسرے درجہ لکیروں سے کی گئی ہے۔

عبوری جدول میں صف در صف چلتے ہوئے جب بھی صف میں موجودہ مخارج  $ab$  اور اگلے مخارج  $AB$  کی قیمت یکساں ہو، وہاں  $AB$  کی قیمت دائرے میں بند کریں۔ یوں عبوری جدول کی پہلی صف میں (جدول سے باہر بائیں جانب)  $ab$  کی قیمت 00 ہے؛ اسی صف اور بائیں قطار میں  $AB$  کی قیمت بھی 00 ہے لہذا اس قیمت کو دائرے میں بند کیا گیا ہے۔ دائرہ میں بند حال پائیدار (مستحکم) جبکہ باقی ناپائیدار یعنی عبوری <sup>۱۳</sup> ہوں گے۔

شکل ۱۱.۵ پر نظر رکھ کر عبوری جدول کے استعمال پر غور کرتے ہیں۔ جدول کی  $ab = 00$  صف اور  $x = 0$  قطار میں واقع حنائے کو ابتدائی خانہ <sup>۱۴</sup> کہا گیا ہے، جس میں  $ab = 00$  اور  $x = 0$  کی صورت میں  $AB$  کی قیمت درج ہے۔ مندرجہ کریں ابتدائی حنائے دور کا ابتدائی حال ظاہر کرتا ہے۔

اب اگر  $ab = 00$  رکھتے ہوئے بیرونی مداحل  $x$  کی قیمت 0 سے 1 کر دی جائے تو عبوری جدول کے مطابق  $AB$  کی قیمت 00 سے 01 ہو جائے گی۔ یوں موجودہ حال  $ab$  اور اگلے حال  $AB$  کی قیمتیں مختلف ہوں گی جو عبوری

<sup>۱۲</sup> state variables

<sup>۱۳</sup> transient state

<sup>۱۴</sup> کسی بھی مستحکم حال حنائے کو ابتدائی حنائے منتخب کیا جاسکتا ہے۔

عسبوری جدول

		$x$	
		0	1
$ab$	00	00	01
	01	11	01
	11	11	10
	10	00	10

کارٹاف نقشہ برائے A

		$x$	
		0	1
$ab$	00	0	0
	01	1	0
	11	1	1
	10	0	1

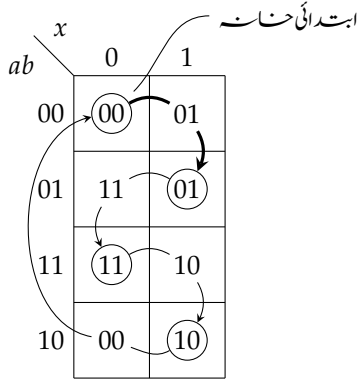
کارٹاف نقشہ برائے B

		$x$	
		0	1
$ab$	00	0	1
	01	1	1
	11	1	0
	10	0	0

$$A = (b + x)(a + \bar{x})$$

$$B = (b + x)(\bar{a} + \bar{x})$$

شکل ۱۱.۴: عسبوری جدول کا حصول۔



شکل ۱۱.۵: عسبوری جدول کا استعمال۔

حال کی نشانی ہے اور جس میں دور زیادہ دیر نہیں رہ سکتا۔ برقی تاروں میں تاخیر کے بعد  $ab$  کی قیمت 01 ہو جائے گی جبکہ  $x$  اپنی (نئی) قیمت (1) برقرار رکھے گا۔ یوں دور تاخیر کے بعد عبوری جدول کی  $x = 1$  قطار اور  $ab = 01$  صف پر پائے جانے والے خانے تک پہنچے گا جہاں  $AB$  اور  $ab$  دونوں کی قیمت 01 ہے، جو مستحکم حال کو ظاہر کرتا ہے (اور اسی لئے دائرے میں بند دکھایا گیا ہے)۔ اس پورے مرحلہ کو، جسے ہم ”پہلا قدم“ کہتے ہیں (وضاحت کی خاطر) موٹی تیر دار لکیر سے ظاہر کیا گیا ہے جو عبوری خانے (عبوری حال 01) سے گزر کر مستحکم خانے (مستحکم حال 01) پر اختتام پذیر ہوتا ہے۔

مستحکم (پائیدار) حال سے ابتدا کرتے ہوئے  $x$  کی قیمت تبدیل کرنے سے دور کچھ لمحوں کے لئے عبوری حال اختیار کر گیا۔ یہ صورت زیادہ دیر برقرار نہیں رہی۔ تاروں میں تاخیر کے بعد بازاری اشارے تبدیل ہوئے اور دور دوبارہ مستحکم حال اختیار کر گیا۔ عموماً ادوار کا عمل اسی طرح ہوگا۔

اسی طرح  $ab = 01$  رکھتے ہوئے  $x$  کی قیمت 1 سے 0 کرنے سے عبوری جدول کے مطابق دور  $x = 0$  قطار اور  $ab = 01$  صف کے خانے میں درج حال  $AB = 11$  اختیار کرے گا۔ اس مرتبہ بھی  $AB$  اور  $ab$  مختلف ہیں (جو عبوری حال کو ظاہر کرتا ہے) لہذا دور اس سے نکلنے کی کوشش کرے گا۔ برقی تاروں میں تاخیر کے بعد  $AB$  کی نئی قیمتوں کی خبر  $ab$  کے مقام تک پہنچے گی لہذا  $ab$  کی قیمت بھی 11 ہو جائے گی۔ یوں دور  $x = 0$  قطار اور  $ab = 11$  صف میں درج (دائرے میں بند) مستحکم حال  $AB = 11$  اختیار کرے گا۔ تیسرے مرحلے میں مستحکم حال 01 سے آغاز کرتے ہوئے عبوری حال 11 سے گزر کر مستحکم حال (11) پر اختتام پذیر ہوگا۔ اسی طرح چلتے ہوئے  $x$  کی قیمت بار بار تبدیل کرنے سے دور بالترتیب 00، 01، 11، اور 10 مستحکم حال اختیار کرے گا، جس کے بعد یہ دوبارہ مستحکم حال 00 پہنچ کر نئے سرے سے اس ترتیب کو دہرائے گا۔ شکل میں تیسرے مرحلے کے لکیروں سے یہ مرحلہ حاصل دکھائے گئے ہیں۔

دور کا حال  $AB$  کی بجائے  $ABx$  لکھا جاتا ہے۔ یوں 000، 011، 110، اور 101 مستحکم حال جبکہ 001، 010، 111، اور 100 عبوری حال ہیں۔

عبوری جدول کی ہر صف میں، عموماً، کم از کم ایک مستحکم حال ضرور پایا جاتا ہے۔ ایسا نہ ہونے کی صورت میں اس صف میں پہنچ کر دور عبوری حال اختیار کرے گا۔

عبوری جدول حاصل کرنے کا طریقہ کار یہاں بیان کرتے ہیں۔

• دور میں تمام بازار سے اشارے اور بازار سے دائروں<sup>۱۵</sup> کی نشاندہی کریں۔

• کسی بھی ترتیب سے بازاری دائروں کے محارج کی شناخت  $A$ ،  $B$ ،  $C$ ، وغیرہ جبکہ اسی ترتیب سے ان کے بازاری اشارات کی شناخت  $a$ ،  $b$ ،  $c$ ، وغیرہ سے کریں۔

• بیرونی اور اندرونی مداحل کی صورت میں تمام محارج کے بولین تقاطع حاصل کریں۔

• ان تقاطع کے کارٹائف نقشے بنائیں۔

		x	
		0	1
ab	a	(a)	b
	b	d	(b)
	d	(d)	c
	c	a	(c)

بہاؤ کا جدول

$$\begin{aligned} 00 &= a \\ 01 &= b \\ 10 &= c \\ 11 &= d \end{aligned}$$

		x	
		0	1
ab	00	(00)	01
	01	11	(01)
	11	(11)	10
	10	00	(10)

عسبوری جدول

شکل ۱۱.۶: عسبوری جدول سے بہاؤ کے جدول کا حصول۔

- تمام کارٹائف فنکشن کو ایک عسبوری جدول میں یکجا کریں۔ عسبوری جدول کے خانوں میں  $ABC \dots$  قیمتیں جبکہ جدول کے بائیں جانب ہر صف میں  $abc \dots$  قیمتیں اسی ترتیب سے لکھیں۔
- جہاں  $ABC \dots$  اور اسی صف میں  $abc \dots$  کی قیمت یکساں ہو، وہاں  $ABC \dots$  کو دائرے میں بند کریں۔

عسبوری جدول کے حصول کے بعد بیرونی مداحصل تبدیل کر کے دور کے عسبوری حال پر غور کیا جاسکتا ہے۔

### ۱۱.۱.۲ بہاؤ کا جدول

شکل ۱۱.۳ میں عسبوری جدول لکھتے ہوئے خانوں میں بولین طرز پر حال درج کیے گئے۔ دو مخارج کی صورت میں چار حال (00، 01، 10، اور 11) ممکن ہیں جنہیں نام بھی دیے جاسکتے ہیں۔ مثلاً حال 00 کو حال  $a$  پکارا جاسکتا ہے۔ اسی طرح 01 کو حال  $b$ ، 10 کو حال  $c$ ، اور 11 کو حال  $d$  نام دیے جاسکتے ہیں۔ عسبوری جدول میں یہ نام استعمال کر کے، شکل ۱۱.۶ میں پیش، بہاؤ کا جدول<sup>۱۶</sup> حاصل ہوگا۔

شکل ۱۱.۶ میں پیش بہاؤ کے جدول کی ہر صف میں صرف ایک مستحکم حال پایا جاتا ہے۔ پہلی صف میں صرف 000 اور دوسری صف میں صرف 011 مستحکم حال پائے جاتے ہیں۔ ایسا جدول جس کی ہر صف میں صرف ایک مستحکم حال پایا جاتا ہو **بہاؤ کا جدول** کہلاتا ہے۔

شکل ۱۱.۷ میں ایک ایسا بہاؤ کا جدول پیش کیا گیا ہے جس کی صفوں میں ایک سے زیادہ مستحکم حال پائے جاتے ہیں۔ مثلاً، پہلی صف میں مستحکم حال 000، 011، اور 010 ہیں۔ ایسے جدول کو **غیر اولیٰ بہاؤ کا جدول**<sup>۱۸</sup> کہلاتا ہے۔

<sup>۱۶</sup> flow table

<sup>۱۷</sup> primitive flow table

<sup>۱۸</sup> non primitive flow table



		$x_1x_0$			
		00	01	11	10
$y$	$a$	0	1	0	0
	$b$	0	1	1	1

عسبوری جدول

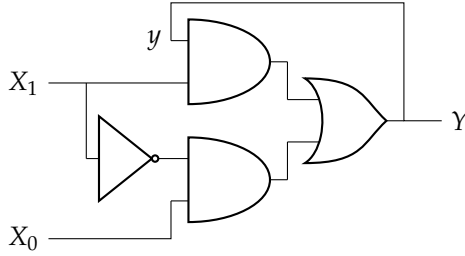
$$a = 0$$

$$b = 1$$

		$x_1x_0$			
		00	01	11	10
$y$	$a$	$a$	$b$	$a$	$a$
	$b$	$a$	$b$	$b$	$b$

غیر اولین بہاؤ کا جدول

شکل ۷۔ ۱۱: غیر اولین بہاؤ کے جدول سے عسبوری جدول کا حصول۔



شکل ۸۔ ۱۱: غیر اولین بہاؤ کے جدول سے حاصل دور۔

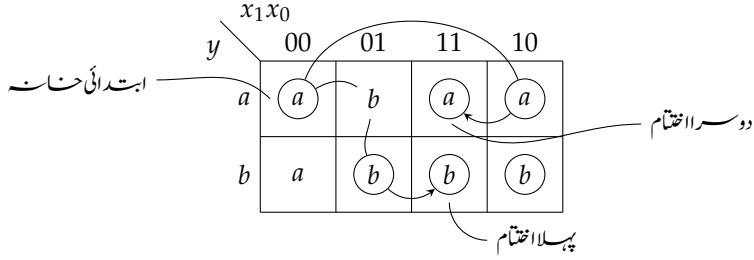
کہتے ہیں۔

بہاؤ کے جدول سے دور حاصل کرنے کے لئے پہلے عسبوری جدول حاصل کیا جاتا ہے۔ بہاؤ کے جدول کے دو صف ہیں لہذا دور کے دو حال ہوں گے۔ دو ممکنہ صورتوں کو ایک بٹ عدد ظاہر کر سکتا ہے۔ یوں حال  $a$  کو 0 اور حال  $b$  کو 1 لکھ کر عسبوری جدول حاصل کرتے ہیں، جو شکل ۱۱۔۷ میں دکھایا گیا ہے۔ دور کے اگلے محارج کو  $Y$  اور موجودہ محارج کو  $y$  سے ظاہر کر کے عسبوری جدول سے  $Y$  (نقطہ دار مستطیلوں سے گروہ بندی کر کے) کا تفسر حاصل کرتے ہیں۔

$$(11.2) \quad Y = \bar{x}_1x_0 + x_1y$$

اس تفسر کا دور شکل ۱۱۔۸ میں پیش ہے۔

شکل ۱۱۔۷ میں پیش بہاؤ کے جدول کے استعمال پر شکل ۱۱۔۹ کی مدد سے غور کرتے ہیں۔ فرض کریں بیرونی مداحل  $x_1x_0$  کی قیمت 00 ہے، یعنی  $x = 00$ ، اور دور حال  $a$  میں ہے۔ اگر  $x_1$  تبدیل کیے بغیر  $x_0$  کی قیمت 1 کر دی جائے، یعنی  $x = 01$  کر دی جائے، تو عسبوری جدول کے مطابق دور چند لمحوں کے لئے عسبوری حال  $b$  اختیار کرنے کے بعد مستحکم حال  $b$  اختیار کرے گا۔ اب اگر  $x_0$  کی قیمت 1 رکھتے ہوئے  $x_1$  کی قیمت بھی 1 کر دی جائے، یعنی  $x = 11$  کر دی جائے، تو حال  $b$  برقرار رہے گا۔ اس کو پہلا اختتام کہا گیا ہے۔ ابتدائی خانے سے پہلے اختتام تک پہنچنے کا عمل دو تیر دار لکیریوں سے ظاہر کیا گیا ہے۔ پہلی تیر دار لکیر مستحکم حال  $a$  سے آغاز کر کے عسبوری



شکل ۱۱.۹: دو مختلف ترتیب سے مداحصل تبدیل کیے گئے۔

حال  $b$  سے گزر کر مستحکم حال (b) پہنچتی ہے۔ دوسری تیسر دار لکیر مستحکم حال  $b$  سے آغاز کر کے پہلے اختتام مستحکم حال  $b$  پہنچتی ہے۔

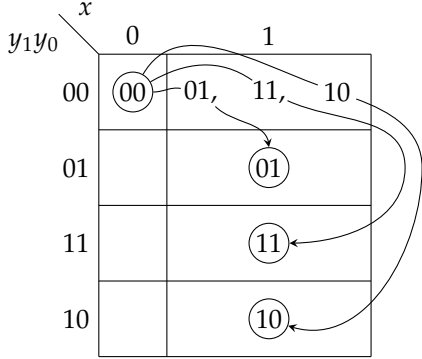
اس کے برعکس، ابتدائی حانہ سے آغاز کرتے ہوئے  $x_1$  برقرار اور  $x_0$  تبدیل کرنے کی بجائے ہم  $x_0$  کی قیمت 0 رکھتے ہوئے  $x_1$  کی قیمت 1 کرتے ہیں، یعنی  $x = 10$  کرتے ہیں۔ یہاں کے جدول کے مطابق حال  $a$  برقرار رہے گا۔ اب اگر  $x_0$  کی قیمت بھی 1 کر دی جائے، یعنی  $x = 11$  کر دی جائے، تو اختتامی حال برقرار  $a$  رہے گا۔ اس کو دوسرا اختتام کہا گیا ہے۔

آپ نے دیکھا اختتامی حال بیرونی مداحصل کی تبدیلی کی ترتیب پر منحصر ہے۔ اس مثال میں ابتدائی بیرونی مداحصل 00 جبکہ اختتامی بیرونی مداحصل 11 ہیں۔ یاد رہے بنیادی طریقہ کار کی شرائط کے تحت، (دور کی درست کارکردگی کے لئے ضروری ہے کہ) ایک سے زیادہ بیرونی مداحصل بیک وقت تبدیل نہ کیے جائیں۔ یوں 00 سے آغاز کر کے ہم سیدھا 11 نہیں کر سکتے۔ ایسا کرنے سے (نا قابل معلوم تاخیر کی بنا پر) درست اختتامی حال جاننا ناممکن ہوگا۔

### ۱۱.۱.۳ حالت دوڑ

حالت دوڑ<sup>۱۹</sup> کا تذکرہ ایس آر پلٹ پر تبصرے کے دوران کیا گیا۔ اس حصے میں اس پر تفصیلاً گفتگو کی جائے گی۔ حالت دوڑ اس صورت کو کہتے ہیں جب بیرونی اشارے کی تبدیلی ایک سے زیادہ حال تبدیل کرتا ہو۔ نا معلوم تاخیر کی بنا پر حال کی تبدیلی مکمل طور پر جاننا ممکن نہیں ہوگا۔ مثلاً، فرض کریں دو حال دور کا موجودہ مستحکم حال 00 ہے اور بیرونی مداحصل تبدیلی کرنے سے دونوں حال تبدیل ہوتے ہیں، اور دور آخر کار 11 مستحکم حال اختیار کرتا ہے۔ پہلی بازرسی راہ کی تاخیر دوسری بازرسی راہ کی تاخیر سے کم ہونے کی صورت میں دور مستحکم حال 00 سے عبوری حال 10 اور آخر کار مستحکم حال 11 اختیار کرے گا جبکہ دوسری راہ کی تاخیر پہلی راہ کی تاخیر سے کم ہونے کی صورت میں دور عبوری حال 01 سے گزر کر مستحکم حال 11 تک پہنچے گا۔ آپ نے دیکھا کہ (نامعلوم تاخیر کی بنا پر) حال تبدیل ہونے کی ترتیب جاننا ممکن نہیں۔

<sup>۱۹</sup> race condition



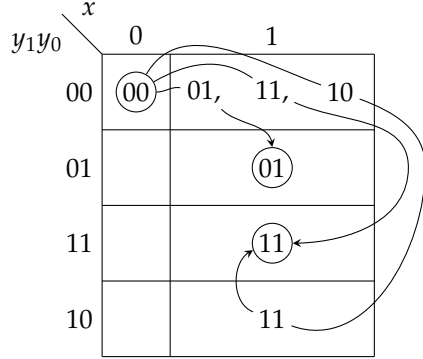
ممکنہ تبادلہ حال

00 → 01 → 01

00 → 11 → 11

00 → 10 → 10

شکل ۱۱.۱: بحیرانی دوڑ کی دوسری مثال



ممکنہ تبادلہ حال

00 → 01 → 01

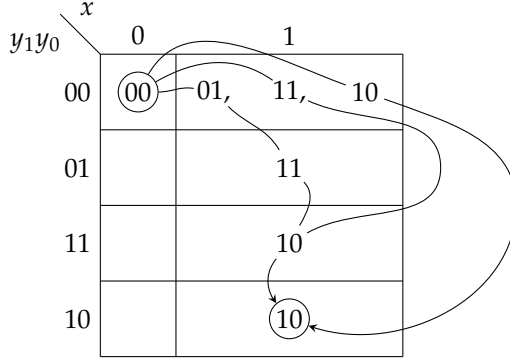
00 → 11 → 11

00 → 10 → 11 → 11

شکل ۱۱.۱۰: بحیرانی دوڑ کی ایک مثال۔

جب عبوری حال کی تبدیلی کی ترتیب اختتامی حال متعین کرنے میں کردار ادا کرتی ہو اور دور دور مختلف اختتامی مستحکم حال اختیار کرنے کی صلاحیت رکھتا ہو وہاں دوڑ کو **بحیرانی دوڑ** ۲۰ کہیں گے۔ سودمند استعمال کے لئے ضروری ہے کہ دور میں بحیرانی دوڑ کی صورت پیدا نہ ہوتی ہو۔ جہاں عبوری حال کی تبدیلی کی ترتیب اختتامی مستحکم حال پر اثر انداز نہ ہوتی ہو وہاں دوڑ کو **غیر بحیرانی دوڑ** ۲۱ کہیں گے۔

شکل ۱۱.۱۰ میں بحیرانی دوڑ کی ایک مثال دکھائی گئی ہے جہاں بیرونی مداحصل  $x$  اور بازاری اشارات  $y_0$ ، اور  $y_1$  (یعنی محارج  $Y_0$  اور  $Y_1$ ) ہیں۔ حال کو **مکمل حال**  $Y_1 Y_0 x$  لکھتے ہوئے حال 000 سے آغاز کر کے بیرونی مداحصل 0 سے 1 کرنے سے دور اختتامی حال کی جانب دوڑ لگائے گا۔ نامعلوم تاخیر کی بنا پر ہم نہیں جانتے دور تین ممکنہ حال 011، 111، اور 101 میں سے کس حال کو پہلے پہنچے گا۔ یہ تینوں عبوری حال پہلی صف میں دکھائے گئے ہیں۔ عبوری حال 011 پہلے پہنچنے کی صورت میں دور یہاں سے ہوتے ہوئے اختتامی مستحکم حال 011 اختیار کرے گا، جس کو دوسری صف میں دائرے میں بند دکھایا گیا ہے۔ اگر دونوں بازاری راہ میں مائل تاخیر برابر ہوں، دور پہلے عبوری حال 111 پہنچے گا اور یہاں سے ہوتے ہوئے اختتامی مستحکم حال 111 اختیار کرے گا، جس کو تیسری صف میں دائرہ میں بند دکھایا گیا ہے۔ تیسری صورت میں دور عبوری حال 101 پہلے پہنچتا ہے جہاں سے یہ آخری صف کی جانب رواں ہوگا، لیکن آخری صف از خود عبوری حال ہے لہذا دور اس عبوری حال سے بھی گزر کر آخر کار تیسری صف کے اختتامی مستحکم حال 111 پہنچے گا۔ اس مثال میں دو اختتامی حال ممکن ہیں۔ یہ دریافت کرنا ناممکن ہے کہ دور ان میں سے کس اختتامی حال کو پہنچے گا۔ شکل میں بائیں جانب  $x = 0$



ممکنہ تبادلہ حال

$00 \rightarrow 01 \rightarrow 11 \rightarrow 10 \rightarrow 10$

$00 \rightarrow 11 \rightarrow 10 \rightarrow 10$

$00 \rightarrow 10 \rightarrow 10$

شکل ۱۱.۱۲: غیر بحرانی دوڑ کی ایک مثال

کی قطار اس لئے حالی رکھی گئی ہے کہ ہم صرف  $x = 0$  سے  $x = 1$  کرتے ہوئے دور پر غور کر رہے ہیں جس میں بائیں قطار کے اندر احبات درکار نہیں۔

شکل ۱۱.۱۱ میں بحرانی دوڑ کی دوسری مثال پیش ہے جہاں تین اختتامی حال ممکن ہیں۔ مکمل مستحکم حال سے  $Y_1Y_0x = 000$  سے آغاز کرتے ہوئے بیرونی مداحل  $x$  کی قیمت 1 کرنے سے دور اختتامی حال کی طرف دوڑ لگائے گا۔ بالکل اوپر مثال کی طرح، تین ممکنہ عبوری حال ممکن ہیں۔ ایک عبوری حال 011 ہے جہاں سے یہ دوسری صف میں دکھائے اختتامی مستحکم حال 011 پہنچے گا۔ دوسرا عبوری حال 111 ہے جہاں سے یہ تیسری صف کے اختتامی مستحکم حال 111 پہنچے گا اور تیسرا عبوری حال 101 ہے جہاں سے یہ آخری صف میں اختتامی مستحکم حال 101 پہنچے گا۔ نامعلوم تاخیر کی بنا پر یہ جاننا ممکن نہیں کہ دور حقیقت میں کس اختتامی حال کو پہنچے گا۔

اب غیر بحرانی دوڑ کی ایک مثال دیکھتے ہیں جو شکل ۱۲.۱۱ میں دکھائی گئی ہے۔ اس مثال میں  $Y_1Y_0x = 000$  سے آغاز کرتے ہوئے تین عبوری حال ممکن ہیں۔ ایک عبوری حال 011 ہے جہاں سے دور دوسری صف کے عبوری حال 111 اور اس کے بعد تیسری صف کے عبوری حال 101 سے گزر کر آخر کار چوتھی صف کے اختتامی مستحکم حال 101 پہنچے گا۔ دوسرا عبوری حال 111 ہے جہاں سے دور تیسری صف کے عبوری حال 101 سے گزرتے ہوئے آخر کار آخری صف کے اختتامی مستحکم حال 101 پہنچے گا۔ تیسرا عبوری حال 101 ہے جہاں سے گزر کر دور آخری صف کے اختتامی مستحکم حال 101 پہنچے گا۔

$y_1y_0$	$x$	
	0	1
00	(00)	10
01		(01)
11		(11)
10		11

تبادلہ حال  
 $00 \rightarrow 10 \rightarrow 11$   
 (ب)

$y_1y_0$	$x$	
	0	1
00	(00)	10
01		(01)
11		01
10		11

تبادلہ حال  
 $00 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 01$   
 (i)

شکل ۱۱.۱۳: پھیرے

اس مثال میں اگرچہ تین مختلف ممکنات موجود ہیں تاہم اختتامی مستحکم حال سب کا ایک ہے لہذا یہ غیر بحرانی دور ہوگی۔

مخصوص اور منفرد عبوری حال سے گزر کر اختتامی مستحکم حال اختیار کرنے کو پھیرا<sup>۲۲</sup> لگانا کہتے ہیں۔ اس کی مثال شکل ۱۱.۱۳ میں دی گئی ہے۔ ان اشکال میں حالت دور نہیں پائی جاتی چونکہ ایک وقت میں صرف ایک بحرانی حال تبدیل کرتا ہے، البتہ اختتامی حال تک پہنچنے کی خاطر دور کو مخصوص اور منفرد عبوری حال سے گزرنا ہوگا۔

شکل - الف میں مستحکم حال 00 سے آغاز کرتے ہوئے عبوری حال 10 کے بعد عبوری حال 11 سے گزر کر اختتامی مستحکم حال 01 پہنچ گیا۔ شکل - ب میں مستحکم حال 00 سے آغاز کرتے ہوئے عبوری حال 10 کے راستے اختتامی مستحکم حال 11 اختیار کیا گیا۔

۱۱.۱.۴ توازن اور ارتعاش

ایسا دور جو پھیرے لگاتے ہوئے کسی بھی اختتامی مستحکم حال تک نہ پہنچ پائے غیر مستحکم دور<sup>۲۳</sup> کہلاتا ہے۔ شکل ۱۱.۱۴ میں اس کی مثال دکھائی گئی ہے جہاں بیرونی مداحسل 1 کرنے سے دور مستحکم حال تک پہنچنے بغیر عبوری حال سے عبوری حال منتقل ہوگا۔ ایسے ادوار بطور مرتعش<sup>۲۴</sup> استعمال کیے جاتے ہیں۔ ادوار کو کبھی بھی غیر مستحکم نہیں

cycle<sup>۲۲</sup>  
 unstable circuit<sup>۲۲</sup>  
 oscillator<sup>۲۴</sup>

ہونے دیا جاتا ماسوائے جب انہیں بطور سر نقش استعمال کرنا مقصد ہو۔

## ۱۱.۲ حالت دوڑ سے پاک شنائی علامتوں کا تقرر

حالت دوڑ کی صورت۔ اس وقت پیدا ہوگی ہے جب ایک سے زیادہ مخارج بیک وقت حال تبدیل کرنے کی کوشش کریں۔ بحرانی دوڑ کی صورت میں ادوار قابل استعمال نہیں رہتے۔ اس جھے میں بحرانی دوڑ کے حنا تے پر غور کیا جائے گا۔ یاد رہے (بنیادی طریقہ کار پر چلنے کے تحت) ایک وقت پر غیر معاصر دور کا صرف ایک مداخل تبدیل ہو سکتا ہے، لہذا یہ حصہ پڑھتے ہوئے ایک سے زیادہ مداخل کی تبدیلی کی منکرمت کریں۔

جن ادوار میں ایک وقت پر صرف ایک مخارج حال تبدیل کرنے کی کوشش کرتا ہو، وہ حالت دوڑ سے دوچار نہیں ہوتے۔ اس حقیقت کو بروئے کار لاتے ہوئے حالت دوڑ ختم کی جاتی ہے۔

عسبوری جدول کے حصول کے بعد اس میں درج حال کو شنائی علامتیں تعین کی جاتی ہیں۔ ان حال کو ہمسایہ شنائی علامتیں مختص کرنے سے جن کے مابین عسبوری جدول میں تبادلہ پایا جاتا ہو بحرانی دوڑ سے پاک دور حاصل ہوگا۔ دوائے شنائی اعداد ہمسایہ اعداد ۲۵ کہلاتے ہیں جن میں صرف ایک ہندسے کا مندرق ہو۔ یوں 1010 اور 1110 ہمسایہ اعداد ہیں چونکہ ان میں صرف ایک ہٹ مختلف ہے۔ اسی طرح 1110 اور 0110 آپس میں ہمسایہ ہیں جبکہ 1010 اور 0110 آپس میں ہمسایہ نہیں۔

اس ترکیب کو شکل 15.11- میں دی مثال کی مدد سے دیکھتے ہیں جس میں چار صنف ہیں۔ یوں دوہٹ حال کا متغیر  $f_1 f_0$  اس کے چار ممکنہ حال بیان کر سکتا ہے۔ ہم حال  $a$  کے لئے  $f = 00$ ، حال  $b$  کے لئے  $f = 01$ ، حال  $c$  کے لئے  $f = 11$ ، اور حال  $d$  کے لئے  $f = 10$  حال کے متغیر منتخب کر کے دیکھتے ہیں کیا نتائج رونما ہوتے ہیں۔

پہلی صنف میں  $x$  کی قیمت 00 سے 01 کرنے سے حال تبدیل ہو کر  $a$  سے  $b$  ہوگا، لہذا حال کا متغیر  $f$  تبدیل ہو کر 00 سے 01 ہوگا۔ چونکہ حال کے متغیر کا صرف ایک ہٹ تبدیل ہو لہذا حالت دوڑ پیدا نہیں ہو گی۔ اس کے برعکس، پہلی صنف میں  $x$  کی قیمت 00 سے 10 کرنے سے حال تبدیل ہو کر  $a$  سے  $c$  ہوگا لہذا  $f$  کی قیمت 00 سے تبدیل ہو کر 11 ہوگی۔ چونکہ  $f$  کے دو ہندسے بیک وقت تبدیل ہونے کی کوشش کرتے ہیں لہذا حالت دوڑ پیدا ہوگی۔ یوں دوہٹ حال کا متغیر تقرر کرنے سے حالت دوڑ پیدا ہوگی۔ ایسی صورت میں دو سے زیادہ ہٹ حال کا متغیر استعمال کر کے دیکھا جاتا ہے کہ آیا حالت دوڑ سے چھٹکارا ممکن ہے۔

کبھی کبھار چار صنف عسبوری جدول میں دوہٹ حال کا متغیر یوں تقرر کرنا ممکن ہوگا کہ حالت دوڑ پیدا نہ ہو۔

شکل 15.11- ب میں حال کے متغیر کی ترتیب بدل کر حالت دوڑ سے بچنے کی (ناکام) کوشش کی گئی ہے۔ یہاں  $a$ ،  $b$ ،  $c$ ، اور  $d$  کے لئے بالترتیب  $f = 00$ ،  $f = 01$ ،  $f = 10$ ، اور  $f = 11$  مختص کیے گئے۔ پہلی صنف میں  $a$  سے  $b$  کرنے سے  $f$  کی قیمت 00 سے تبدیل ہو کر 01، جبکہ  $a$  سے  $c$  کرنے سے  $f$  کی قیمت 00 سے 10 ہوگی۔ دونوں صورتوں میں  $f$  کا صرف ایک ہٹ تبدیل ہوگا، لہذا پہلی صنف میں حالت دوڑ پیدا نہیں ہوگا۔ البتہ

دوسری صف میں  $x$  کی قیمت 01 سے 11 کرنے سے حال تبدیل ہو کر  $b$  سے  $c$  ہوگا اور یوں  $f$  کی قیمت 01 سے 10 ہوگی۔ حال کے متغیر کے دو بٹ کی تبدیلی سے سراد حالت دوڑ ہے۔

مذکورہ بالا دو مثالوں سے ظاہر ہے کہ موجودہ مسئلے میں دو بٹ حال کا متغیر مختص کرنے سے حالت دوڑ سے نجات حاصل کرنا ممکن نہیں۔ ایسی صورت میں حالت دوڑ سے پاک حال کا متغیر منتخب کرنے کے لئے ہم ایک بلند بٹے تقریر کا طریقہ استعمال کرتے ہیں، جس کا استعمال نہایت آسان ہے۔ آئیے اسی مثال پر اسے استعمال کرتے ہیں۔

شکل 16.11 میں حال کا متغیر چار بٹ رکھا گیا ہے اور اس میں ایک وقت پر صرف ایک بٹ بلند ہے۔ یوں حال  $a$ ،  $b$ ،  $c$ ، اور  $d$  کے لئے حال کے متغیر بالترتیب 0001، 0010، 0100، اور 1000 مقرر کیے گئے۔

شکل 16.11 میں جدول کی پہلی صف میں مداحل کی قیمت 00 سے 01 کرنے سے دور حال  $a$  سے حال  $b$  منتقل ہوتا ہے۔ یوں حال کا متغیر 0001 سے 0010 ہوگا اور اس میں دو بٹ کی تبدیلی حالت دوڑ پیدا کرے گی۔ اس سے بچنے کے لئے جدول میں ایک نیا عبوری حال،  $e$ ، شامل کیا جاتا ہے۔ حال  $a$  سے  $b$  پہنچنے کے لئے اس عبوری حال سے گزرنا لازمی بنایا جاتا ہے۔ عبوری حال  $e$  کے لئے حال کا متغیر یوں مقرر کیا جاتا ہے کہ یہ  $a$  اور  $b$  دونوں کا ہمساہ عدد ہو۔ ایسا عدد 0011 ہے۔ یوں  $e$  کے لئے حال کا متغیر 0011 مقرر کیا جاتا ہے اور جدول کو تبدیل کر کے  $x = 01$  کی قطار کے حال  $a$  کی صف میں  $b$  کی بجائے  $e$  لکھا جاتا ہے جبکہ اسی قطار میں حال  $e$  کی صف میں  $b$  لکھا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے جدول تبدیل ہو کر شکل 17.11 اختیار کرتا ہے۔

اب پہلی صف میں مداحل 00 سے 01 کرنے سے دور حال  $a$  سے عبوری حال  $e$  اختیار کرتے ہوئے آخر کار اختتامی مستحکم حال  $b$  پہنچتا ہے۔ اس عمل کو نقطہ دار تیر دار لکیریوں سے ظاہر کیا گیا ہے۔ اس پورے عمل میں ہر قدم پر حال کے متغیر کا صرف ایک بٹ تبدیل ہوتا ہے لہذا حالت دوڑ پیدا نہیں ہوگی۔ عبوری حال  $e$  کی صف میں باقی خانے خالی رکھے گئے ہیں۔ ان میں سے کچھ خانے زیر استعمال آئیں گے اور کچھ نہیں۔ استعمال میں نہ آنے والے خانے خالی رکھے جاتے ہیں اور ان خانوں کی قیمت غیر ضروری ہوگی۔

پہلی صف میں مداحل 00 سے 10 کرنے سے شکل 17.11 میں حال  $a$  سے حال  $c$  حاصل ہوگا۔ حال کا متغیر 0001 سے تبدیل ہو کر 0100 ہونا چاہیے گا۔ البتہ ایسا کرنے سے حالت دوڑ پیدا ہوگی، جس سے ہم مذکورہ بالا طریقے سے چھوٹا کار حاصل کرتے ہیں۔

اس حالت دوڑ سے بچنے کے لئے جدول میں عبوری حال،  $f$ ، شامل کیا جاتا ہے اور حال  $a$  سے عبوری حال  $f$  کے ذریعہ حال  $c$  پہنچا جاتا ہے۔ عبوری حال  $f$  کے لئے حال کا متغیر یوں مقرر کیا جاتا ہے کہ یہ  $a$  اور  $c$  دونوں کا ہمساہ عدد ہو۔ ایسا عدد 0101 ہے۔ یوں  $f$  کے لئے حال کا متغیر 0101 مقرر کیا جاتا ہے اور جدول کو تبدیل کر کے  $x = 10$  کی قطار میں حال  $a$  کی صف  $c$  کو تبدیل کر کے  $f$  لکھا جاتا ہے جبکہ اسی قطار میں حال  $f$  کی صف میں  $c$  لکھا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے شکل 18.11 ملتا ہے۔

یہی طریقہ کار تمام خانوں کے لئے دہرایا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے شکل 19.11 حاصل ہوگا۔ آپ سے گزارش

کی جاتی ہے کہ یہ جدول خود حاصل کریں۔ تسلی کر لیں کہ اس جدول میں کسی بھی حال سے دوسرے حال تک پہنچنے میں حالت دوپیدا نہیں ہوتی۔

### ۱۱.۳ عبوری جدول کی مدد سے پلٹ کا تجزیہ

عبوری جدول استعمال کر کے اس حصے میں پلٹ کا تجزیہ کیا جائے گا۔ چند مثالوں کے بعد حصہ ۱۱.۳ میں اس طریقہ کار پر قدم بہ قدم غور کیا جائے گا۔

#### ۱۱.۳.۱ ایس آر پلٹ

عبوری جدول استعمال کر کے سب سے پہلے ایس آر پلٹ پر غور کرتے ہیں۔ شکل 20.11 میں اوپر ایس آر پلٹ اور نیچے اسی کو بطور بازار سے دور پیش کیا گیا ہے جہاں بازار سے اشارہ  $q$  کی پہچان آسان ہے۔

حال کے متغیر  $Q$  کو بطور بازی اشارہ  $q$  استعمال کیا گیا ہے۔ یوں حال کا متغیر  $Q$ ، اندرونی مداخل  $q$  جبکہ بیرونی مداخل  $S$  اور  $R$  ہیں۔ انہیں استعمال کرتے ہوئے عبوری جدول حاصل کی گئی ہے (شکل 20.11 دیکھیں)۔ آئیے اس پلٹ کا تجزیہ اس کے عبوری جدول کی مدد سے کریں۔ پلٹ کا جدول صداقت مندرجہ ذیل ہے۔

$S$	$R$	$Q_{n+1}$	$\overline{Q}_{n+1}$
0	0	$Q_n$	$\overline{Q}_n$
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0

جدول سے ظاہر ہے کہ جمع متغیر گیت پر مبنی ایس آر پلٹ استعمال کرتے ہوئے دونوں مداخل بیک وقت بلند کرنے کی اجازت نہیں۔ دونوں مداخل بیک وقت بلند کرنے سے پلٹ کے خارج  $Q$  اور  $\overline{Q}$  بیک وقت پرست ہوں گے جبکہ ہر صورت ان کا آپس میں متضاد رہنا ضروری ہے۔ درج ذیل مساوات پر پورا اترنے سے یہ شرط پوری ہوگی۔

$$(11.3) \quad S \cdot R = 0$$

شکل 21.11 پر نظر رکھ کر آگے پڑھیں۔ عبوری جدول کی  $SR = 01$  قطار اور  $q = 0$  صف میں مستحکم حال پایا جاتا ہے جہاں حال کا متغیر پرست ( $Q = 0$ ) ہے۔ عبوری جدول کے تحت  $SR = 00$  کرنے سے حال کا متغیر پرست رہے گا۔ شکل - الف میں نقطہ دار تیسرے دار لکیر اس عمل کو ظاہر کرتی ہے۔

اسی طرح  $SR = 10$  کی صورت میں پلٹ کا بلند مستحکم حال  $q = 1$  کی صف میں پایا جاتا ہے۔ عبوری جدول کے مطابق  $SR = 00$  کرنے سے پلٹ بلند حال میں رہے گا، جیسا شکل - ب میں دکھایا گیا ہے۔ یہ دونوں اعمال پلٹ کے دو لین جدول سے بھی واضح ہیں۔

اب دیکھتے ہیں  $SR = 11$  سے آغاز کرتے ہوئے  $SR = 00$  کرنے سے کیا صورت پیدا ہوتی ہے۔ یاد رہے ان ادوار کو بنیادی طریقہ کار کے تحت چلایا جاتا ہے جہاں ایک سے زیادہ بیرونی مداخل تبدیل کرنے کی اجازت



نہیں۔ بسر حال پھر بھی دیکھتے ہیں کہ ایسا کرنے سے کیا مسائل کھڑے ہوتے ہیں۔ بوولین جدول کے مطابق  $SR = 00$  کرنے سے قبل  $Q$  اور  $\bar{Q}$  دونوں پست ہوں گے تاکہ آپس میں متضاد جبکہ کسی بھی پلٹ کے لئے لازم ہے کہ اس کے دونوں محنا جہر وقت متضاد حال ہوں۔ ساتھ ہی، عبوری جدول کے تحت اگر  $S$  پہلے پست حال اختیار کر لے تو اختتامی حال 0 ہوگا جبکہ اگر  $R$  پہلے پست ہو تب اختتامی حال 1 ہوگا۔ چونکہ قبل از وقت یہ جاننا ممکن نہیں کہ  $S$  یا  $R$  پہلے پست ہوگا لہذا اختتامی حال جاننا ممکن نہیں۔ دور کا یوں استعمال غیر یقینی صورت پیدا کرے گا۔

### ۱۱.۳.۲ ساعت کے کنارہ پر چلتا ہوا ڈی پلٹ

شکل 22.11 ڈی پلٹ دکھایا گیا ہے جو ساعت کے کنارہ پر چلتا ہے۔ ڈی پلٹ میں اندرونی بازاری دور پایا جاتا ہے جس کے اندرونی حال کے متغیرات  $S$  اور  $R$  جبکہ بازاری اشارات  $s$  اور  $r$  ہیں<sup>۲۸</sup>۔ شکل میں ڈی پلٹ کو دوبارہ بازاری دور کے طرز پر بنایا گیا ہے تاکہ بازاری اشارات  $s$  اور  $r$  کی پہچان آسان ہو۔

اس دور میں  $S$  اور  $R$  حال کے متغیرات،  $s$  اور  $r$  بازاری اشارات، جبکہ  $C$  اور  $D$  بیرونی مداحل ہیں۔ یوں درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned} A &= \bar{s}\bar{B} \\ B &= \bar{D}r \\ S &= \overline{AC} = \overline{A + C} = \overline{\bar{s}\bar{B} + C} = sB + \bar{C} = s(\bar{r}\bar{D}) + \bar{C} \\ &= s(\bar{r} + \bar{D}) + \bar{C} \\ R &= \overline{BCs} = \overline{B + C} + \bar{s} = \overline{Dr} + \bar{C} + \bar{s} \\ &= Dr + \bar{C} + \bar{s} \end{aligned} \quad (11.۴)$$

ان مساوات سے حاصل  $S$  اور  $R$  کے بوولین جدول کو کارٹائف نقشوں کی طرز پر لکھ کر شکل 23.11 میں دکھایا گیا عبوری جدول حاصل کیا گیا۔ مکمل حال<sup>۲۹</sup>  $srCD$  کی صورت میں لکھتے ہوئے اس جدول پر غور کرتے ہیں۔

معرض کریں جس لمحے پلٹ کو برقی طاقت مہیا کر کے زندہ کیا جاتا ہے اس لمحے ساعت،  $C$ ، اور بیرونی مداحل،  $D$ ، دونوں پست ہیں۔ عبوری جدول کے مطابق دور  $CD = 00$  کی قطار میں ہوگا۔ اس قطار میں تین خانے 0000، 0100، اور 1000 عبوری حال کے متغیر ظاہر کرتے ہیں۔ ان خانوں میں عبوری حال  $SR = 11$  ہے۔ چوتھا خانہ، 1100، مستحکم حال  $SR = 11$  ظاہر کرتا ہے۔ اگر برقی طاقت کی مبراہی کے لمحے تاخیر ایسی ہوں کہ دور ان تین عبوری خانوں میں سے کسی ایک میں داخل ہو تو وہ یہاں سے جلد  $sr = 11$  کی صف پہنچ کر مستحکم حال اختیار کرے گا۔ اگر زندہ ہوتے ہی دور سیدھا 1100 خانے میں داخل ہو تب وہ یہی رہے گا۔

<sup>۲۸</sup> اس کتاب میں ضرب متمم گیٹ پر مبنی ایس آر پلٹ کے مداحل عموماً  $\bar{S}$  اور  $\bar{R}$  لکھے گئے ہیں۔ یہاں  $S$  اور  $R$  لکھا گیا ہے۔ اسید کی جاتی ہے کہ اس سے پریشانی پیدا نہیں ہوگی۔  
complete state<sup>۲۹</sup>

اس کے برعکس برقی طاقت مہیا کرنے کے لمحے اگر  $C = 1$  اور  $D = 1$  ہو تب عبوری جدول کے مطابق دور 0111 یا 1011 مستحکم حال پہنچ کر یہی رہے گا، جبکہ  $C = 1$  اور  $D = 0$  کی صورت میں دور 0110 یا 1010 حال میں ہوگا۔

پست ساعت کی صورت میں حال کے متغیر SR کی قیمت 11 رہتی ہے۔ عبوری جدول میں  $CD = 00$  اور  $CD = 01$  کی دو قطاریں اس حقیقت کو ظاہر کرتی ہیں جہاں تمام SR کی قیمت 11 ہے۔ ہم جانتے ہیں ایس آر پلٹ کے دونوں مداحخل بلند ہونے کی صورت میں پلٹ اپنا حال برقرار رکھتی ہے۔ یوں شکل 22.11 میں خارجی پلٹ اپنا حال برقرار رکھے گی۔

پست ساعت،  $C = 0$ ، اور پست  $D$  کی صورت میں مستحکم حال کا متغیر SR حاصل کرنے کی خاطر ہم عبوری جدول کی  $CD = 00$  قطار میں دیکھتے ہیں جہاں ہمیں مکمل طور پر  $srCD = 1100$  بطور مستحکم حال ملتا ہے۔ جدول کے اس خانے میں  $a$  لکھ کر اسے احبا گر کیا گیا ہے۔ یہاں  $SR = 11$  کی بدولت خارجی پلٹ اپنا حال برقرار رکھے گی۔

پست ساعت اور بلند  $D$  کی صورت میں  $CD = 01$  کی قطار میں مستحکم حال 1101 پایا جاتا ہے جہاں  $SR = 11$  ہے اور یوں خارجی پلٹ اپنا حال برقرار رکھے گی۔ جدول کے اس خانے میں  $b$  لکھ کر اسے احبا گر کیا گیا ہے۔

فرض کریں دور مستحکم حال 1100، یعنی خانہ  $a$ ، میں ہے جب بیرونی مداحخل  $C$  بلند ہوتا ہے۔ بیرونی مداحخل  $C$  جس لمحہ 0 سے 1 ہوتا ہے اس لمحے کو ساعت کا کنارہ چڑھائی<sup>۲۰</sup> کہتے ہیں۔ یوں  $D = 0$  کی صورت میں ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر دور خانہ  $a$  کی صف میں رہتے ہوئے،  $CD = 00$  سے  $CD = 10$  کی قطار میں داخل ہو کر عبوری حال 1110 اختیار کرتا ہے۔ اس عبوری حال کو خانہ  $e$  کہا گیا ہے، جہاں سے دور جلد اختتامی مستحکم حال 1010 پہنچے گا جس کو خانہ  $m$  ظاہر کرتا ہے۔ حال 1010 میں حال کا متغیر  $SR = 10$  ہے۔ خارجی پلٹ  $SR = 10$  کی صورت میں پست حال اختیار کرے گی لہذا  $Q = 0$  ہو جائے گا۔ اس قدم کو خانہ  $a$  سے خانہ  $e$  کے راستے خانہ  $m$  تک تیردار لکیر سے ظاہر کیا گیا ہے۔ خلاصہ یہ ہے کہ  $D = 0$  کی صورت میں ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر  $Q = 0$  ہو جائے گا یعنی ذی پلٹ پست حال اختیار کرے گی۔

اس پورے عمل پر دوبارہ غور کرتے ہیں۔ ساعت کے کنارہ چپڑھائی آتے ہی دور عبوری حال 1110 سے گزر کر مستحکم حال 1010 اختیار کرتا ہے۔ ان دونوں حال میں  $SR = 10$  رہتا ہے اور یوں عبوری حال سے گزرتے ہوئے لرزش پیدا نہیں ہوگی۔ آگے پڑھتے ہوئے تسلی کر لیں کہ ہر قدم پر کسی بھی عبوری حال سے گزرتے وقت  $SR$  کی قیمت وہی ہوگی جو اس قدم کے اختتامی حال میں ہوگی۔ یوں ان لمحات پر لرزش سے کسی قسم کی غیر یقینی صورت پیدا نہیں ہوگی۔

اسی طرح مکمل حال  $srCD = 1101$  میں موجود دور، ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر، عبوری حال 1111 سے گزر کر مستحکم حال 0111 اختیار کرے گا۔ اس قدم کو خانہ  $b$  سے خانہ  $k$  کے راستے خانہ  $n$  تک تیردار لکیر ظاہر کرتی ہے۔ یہ قدم بلند بیرونی مداحخل  $D = 1$  اور ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر

$SR = 01$  کی صورت میں ہونے والا عمل ہے جس سے داخلی پلٹ بلند ہو کر ڈی پلٹ کا مخارج بلند ( $Q = 1$ ) کرتا ہے۔

ساعت کے کنارہ اترانے پر ہونے والے عمل کو نقطہ دار تیردار لکسروں سے ظاہر کیا گیا ہے۔ انہیں آپ خود سمجھ سکتے ہیں۔ یہ دونوں لکسریں یہ حقیقت واضح کرتی ہیں کہ ساعت کے کنارہ اترائی پر عبوری حال اور اختتامی مستحکم حال دونوں میں  $SR = 11$  ہو گا بلکہ، بیرونی پلٹ اپن حال برقرار رکھے گی اور یوں ساعت کے کنارہ اترائی پر ڈی پلٹ کے حال میں کسی قسم کی تبدیلی رونما نہیں ہوگی۔

ایک آخری بات اس پلٹ کے حوالے سے کرتے ہیں۔ شکل 22.11 میں  $R$  پیدا کرنے والے ضرب متمم گیٹ کو  $S$  بطور داخلی اشارہ مہیا کیا گیا ہے، جس کی بدولت  $S$  اور  $R$  کسی صورت بیک وقت پست نہیں ہو سکتے۔ یاد رہے کہ  $S$  اور  $R$  دونوں بیک وقت پست ہونے سے بیرونی پلٹ کے دونوں مخارج بلند ہو جائیں گے جو کہ نامتابل مقبول صورت ہوگی۔ یوں عبوری جدول میں 0010 اور 0011 کے خانے کوئی معنی نہیں رکھتے۔ ان خانوں کو  $x$  لکھ کر احبا گر کیا گیا ہے۔

### ۱۱.۳.۳ ایس آر پلٹوں پر مبنی غیر معاصر ادوار کا قدم باقدم تجزیہ

مذکورہ بالا مثالوں میں استعمال کیے گئے طریقہ کار کو یہاں بیان کرتے ہیں۔ پلٹ کے اپنے بازاری اشارات کو نظیر انداز کرتے ہیں۔

- تمام پلٹوں کے مخارج کو  $Y_i$  سے ظاہر کریں جہاں  $i = 0, 1, 2, \dots$  ہے۔ مخارج سے حاصل بازاری اشارے کو اس مخارج کا  $i$  استعمال کرتے ہوئے  $y_i$  لکھیں۔ یوں  $Y_3$  سے حاصل بازاری اشارہ  $y_3$  کہلائے گا۔
- تمام پلٹوں کے  $S_i$  اور  $R_i$  مداحخل کی مساوات حاصل کریں۔

- جمع متمم گیٹ پر مبنی ایس آر پلٹ کے لئے تسلی کر لیں کہ  $SR = 0$  ہے جبکہ ضرب متمم گیٹ پر مبنی ایس آر پلٹ کے لئے  $\bar{S}\bar{R} = 0$  ہونا ضروری ہے۔ ایسا نہ ہونے کی صورت میں پلٹ عمل منتانج دے سکتا ہے۔

- $S_i$  اور  $R_i$  دیکھ کر تمام پلٹ کے  $Y_i$  حاصل کریں۔

- ہر  $Y_i$  کو کارناف نقشے کے طرز پر لکھیں۔ ان نقشوں کی بائیں جانب قطار میں بازاری اشارات  $y$  جبکہ نقشوں کے اوپر صف میں بیرونی مداحخل  $x$  لکھیں جہاں  $y$  سے مراد  $y_0 y_1 y_2 y_3 \dots$  جبکہ  $x$  سے مراد  $x_0 x_1 x_2 x_3 \dots$  ہے۔

- ان نقشوں کو عبوری جدول میں یکجا کریں۔ ان نقشوں کے خانوں میں  $Y$  لکھیں، جہاں  $Y$  سے مراد  $Y_0 Y_1 Y_2 Y_3 \dots$  ہے۔

- وہ خانے جن میں  $y = Y$  ہو، مستحکم حال ظاہر کرتے ہیں۔ انہیں دائرہ میں بند کریں۔ یوں عبوری جدول حاصل ہوگا۔

جوابات

