

عسدي اءوار

آآلق و آآبر

آالء آان ٱوسفزان

khalidyousafzai@hotmail.com

۲۰/ ءسمبر ۲۰۲۳

عنوان

ویسپاچیہ

میری پہلی کتاب کا دیباچہ

۱	۱	شنائی نظام
۱	۱.۱	اعشاری نظام گنتی
۳	۲.۱	ہشتمی نظام گنتی
۴	۳.۱	شنائی نظام گنتی
۶	۴.۱	اعشاری نظام سے شنائی نظام میں تبادلہ
۷	۵.۱	اساس سولہ (سادس عشری) نظام گنتی
۹	۶.۱	اساس دو کا اساس آٹھ میں تبادلہ
۹	۷.۱	اساس دو کا اساس سولہ میں تبادلہ
۹	۸.۱	اساس آٹھ اور اساس سولہ سے اساس دو میں تبادلہ
۱۳	۲	بنیادی حساب
۱۴	۱.۲	شنائی نظام میں اعداد منفی کرنا
۱۵	۲.۲	اسی تکملہ یا r کا تکملہ
۱۶	۳.۲	اساس منفی ایک تکملہ یا $(r - 1)$ کا تکملہ
۱۷	۴.۲	دو اعداد کی منفی بذریعہ اسی تکملہ
۱۹	۵.۲	دو اعداد کی منفی بذریعہ اساس منفی ایک کا تکملہ
۲۱	۶.۲	مثبت اور منفی اعداد
۲۴	۷.۲	علامت دار و تکملہ نظام
۲۹	۳	یوولین الجبرا
۲۹	۱.۳	یوولین الجبرا کے بنیادی تصورات
۳۰	۱.۱.۳	منطقی ضرب

۳۱	منطقی جمع	۲.۱.۳
۳۳	منطقی نفی	۳.۱.۳
۳۳	منطقی بلا شرکت جمع	۴.۱.۳
۳۴	منطقی ضد بلا شرکت جمع	۵.۱.۳
۳۴	برقی تاروں میں جوڑ کی وضاحت	۲.۳
۳۵	عددی گیٹ	۳.۳
۳۵	ضرب گیٹ	۱.۳.۳
۳۶	جمع گیٹ	۲.۳.۳
۳۷	غنی گیٹ	۳.۳.۳
۳۷	متعدد مداحل گیٹ	۴.۳.۳
۳۹	ضرب متمم گیٹ اور جمع متمم گیٹ	۵.۳.۳
۴۲	بلا شرکت جمع گیٹ اور بلا شرکت جمع متمم گیٹ	۶.۳.۳
۴۴	گیٹوں کے برقی خواص	۴.۳
۴۵	محکم کار	۱.۴.۳
۴۸	مخلوط ادوار	۲.۴.۳
۴۹	بوولین تفاعل کا تخمینہ	۵.۳
۵۰	بوولین تفاعل کا تخمینہ	۱.۵.۳
۵۲	قوسین میں بند بوولین تفاعل	۶.۳
۵۳	بوولین الجبرا کے بنیادی قوانین	۷.۳
۵۸	ڈی مارگن کے کلیات	۸.۳
۶۱	حبرواں بوولین تفاعل	۹.۳
۶۱	ارکان ضرب کے مجموعہ کی ترکیب	۱۰.۳
۶۴	ارکان جمع کی ترکیب	۱۱.۳
۶۹	مجموعہ ارکان ضرب اور ضرب بعد از جمع کے مابین تبادلہ	۱۲.۳
۶۹	ضرب و جمع دورے متمم ضرب و متمم ضرب دور کا حصول	۱۳.۳
۷۱	جمع و ضرب دورے متمم جمع و متمم جمع دور کا حصول	۱۴.۳
۷۲	علامتی روپ یا رموز	۱۵.۳
۷۳	ایک رموز اور عالمی رموز	۱.۱۵.۳
۷۳	اعشاری اعداد کے شنائی رموز	۲.۱۵.۳
۷۵	گرے رموز	۳.۱۵.۳

۸۱	کارناف نقشہ جات	۴
۸۱	کارناف نقشے کا بنیادی حنا کہ	۱.۴
۸۳	کارناف نقشے کی بھرائی	۲.۴
۸۳	کارناف نقشے سے تفاعل کی سادہ مساوات کا حصول	۳.۴
۸۵	دو آزاد متغیر تفاعل	۱.۴.۴
۸۸	تین متغیر تفاعل	۲.۴.۴
۹۱	چار متغیر تفاعل	۳.۴.۴
۹۳	سادہ مساوات سے تفاعل کے ارکان ضرب کا حصول	۴.۴.۴
۹۳	ضرب بعد از جمع کی شکل میں سادہ مساوات	۴.۴

۵.۴ غیر دلچسپ حال ۹۵

۹۷	۵	ترکیبی منطق اور ترکیبی ادوار
۹۷	۱.۵	شنائی جمع کار اور شنائی منفی کار
۹۸	۱.۱.۵	نصف جمع کار
۱۰۰	۲.۱.۵	مکمل جمع کار
۱۰۴	۳.۱.۵	منفی کار
۱۰۷	۴.۱.۵	اعشاری جمع کار
۱۰۹	۲.۵	شنائی ضرب کار
۱۱۰	۳.۵	شناخت کار
۱۱۷	۴.۵	شناخت کار کی مدد سے تفاعل کا حصول
۱۲۰	۵.۵	داخلی منتخب کار اور خارجی منتخب کار
۱۲۰	۱.۵.۵	خارجی منتخب کار
۱۲۱	۲.۵.۵	داخلی منتخب کار
۱۲۳	۳.۵.۵	داخلی منتخب کار سے تفاعل کا حصول
۱۲۵	۶.۵	متوازی شنائی ضرب کار

۱۳۳	۶	معاصر ترتیبی منطق اور ادوار
۱۳۴	۱.۶	گیٹوں کے اوقات کار
۱۳۵	۲.۶	پلٹ کار
۱۳۹	۳.۶	ساعت
۱۴۰	۴.۶	متمم ضرب گیٹ ایس آر پلٹ کار
۱۴۱	۱.۴.۶	غیر فعال مد داخل پلٹ کار، حال برقرار رکھتا ہے
۱۴۱	۲.۴.۶	مد داخل S فعال کرنے سے پلٹ کار بلند حال اختیار کرتا ہے
۱۴۲	۳.۴.۶	مد داخل \bar{R} فعال کرنے سے پلٹ کار پست حال اختیار کرتا ہے
۱۴۳	۴.۴.۶	حال دوڑ
۱۴۳	۵.۶	زیادہ مد داخل پلٹ کار
۱۴۴	۶.۶	متابل محباز و معذور پلٹ کار
۱۴۶	۷.۶	آفت اعلا م پلٹ کار
۱۴۹	۸.۶	ڈی پلٹ کار
۱۴۹	۱.۸.۶	آفت اعلا م پلٹ کار سے حاصل کردہ ڈی پلٹ کار
۱۵۱	۹.۶	ڈی پلٹ کار
۱۵۴	۱۰.۶	جے کے پلٹ کار
۱۵۷	۱.۱۰.۶	ٹی پلٹ کار
۱۵۸	۱۱.۶	شنائی گنت کار
۱۵۹	۱۲.۶	سلسلہ وار شنائی جمع کار
۱۶۰	۱۳.۶	معاصر ترتیبی ادوار کا تجزیہ
۱۶۰	۱.۱۳.۶	مساوات حال
۱۶۱	۲.۱۳.۶	حال کا جدول
۱۶۲	۳.۱۳.۶	حال کا خاکہ

۱۶۲	۴.۱۳.۶	ڈی پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور
۱۶۳	۵.۱۳.۶	جے کے پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور
۱۶۷	۶.۱۳.۶	ٹی پلٹ کار کی مدد سے ترتیبی دور کا جائزہ
۱۶۸	۱۴.۶	میلی اور موری نمونہ
۱۶۹	۱.۱۴.۶	حال اور ان کی مقرری
۱۷۰	۱۵.۶	معاصر ترتیبی ادوار کی بناوٹ

۱۷۹	۷	دفتر
۱۸۱	۱.۷	سلسلہ وار دفتر
۱۸۱	۱.۱.۷	دائیں انتقال دفتر
۱۸۱	۲.۱.۷	بائیں انتقال دفتر
۱۸۲	۳.۱.۷	دائیں و بائیں انتقال دفتر
۱۸۲	۲.۷	متوازی بھرائی دفتر
۱۸۳	۳.۷	عالمگیر انتقال دفتر
۱۸۷	۴.۷	سلسلہ وار شنائی جمع کار

۱۸۹	۸	گنت کار
۱۸۹	۱.۸	شنائی گنت کار
۱۹۱	۲.۸	معاصر گنت کار
۱۹۱	۱.۲.۸	معاصر شنائی گنت کار
۱۹۴	۲.۲.۸	شنائی سر موزاعشاری معاصر گنت کار
۱۹۸	۳.۸	دیگر گنت کار
۱۹۸	۱.۳.۸	متغیر لمبائی گنت کار
۲۰۰	۲.۳.۸	بے ترتیب گنت کار
۲۰۱	۳.۳.۸	چھلانگ گنت کار
۲۰۲	۴.۳.۸	دھڑکن پیدا کار

۲۰۵	۹	حافظہ
۲۰۶	۱.۹	عارضی حافظہ
۲۱۵	۲.۹	پختہ حافظہ
۲۱۸	۳.۹	حافظہ کی استعداد بڑھانے کی ترکیب
۲۱۸	۱.۳.۹	دو عدد 4×4 حافظہ سلسلہ وار جوڑ کر ایک عدد 8×4 حافظہ کا حصول
۲۲۱	۲.۳.۹	تین 8×16 حافظہ سلسلہ وار جوڑ کر ایک 8×48 حافظہ کا حصول
۲۲۵	۳.۳.۹	دو 4×4 حافظہ متوازی جوڑ کر 8×4 حافظہ کا حصول
۲۲۵	۴.۹	حافظہ کے اوقات کار
۲۳۰	۵.۹	پختہ حافظہ سے ترکیبی ادوار کا حصول

۲۳۵	۱۰	قابل تفکیک ترکیبی منطقی ادوار
۲۳۶	۱.۰.۱۰	قابل تفکیک ضرب ترکیبی منطقی ادوار
۲۳۷	۲.۰.۱۰	قابل تفکیک ضرب و جمع ترکیبی منطقی ادوار
۲۴۰	۱.۱۰	قابل تفکیک ترتیبی ادوار

۲۴۳	غیر معاصر ترتیبی ادوار	۱۱
۲۴۷	تجربہ	۱.۱۱
۲۴۷	عبوری جدول	۱.۱.۱۱
۲۵۱	ہساو کا جدول	۲.۱.۱۱
۲۵۳	حالت دوڑ	۳.۱.۱۱
۲۵۶	توازن اور ارتعاش	۴.۱.۱۱
۲۵۸	حالت دوڑ سے پاک شنائی علامتوں کا تقرر	۲.۱۱
۲۶۱	عبوری جدول کی مدد سے پلٹ کا تجربہ	۳.۱۱
۲۶۱	ایس آر پلٹ	۱.۳.۱۱
۲۶۳	ساعت کے کنارہ پر چلتا ہوا ڈی پلٹ	۲.۳.۱۱
۲۶۹	ایس آر پلٹوں پر مبنی غیر معاصر ادوار کا قدم با قدم تجربہ	۳.۳.۱۱

۲۷۱	کمپیوٹر الف	۱۲
۲۷۱	بناؤٹ	۱.۱۲
۲۷۷	ہدایات کی فہرست	۲.۱۲
۲۸۱	کمپیوٹر کی برنامہ نویسی	۳.۱۲
۲۸۶	بازیابی پھیلا	۴.۱۲
۲۹۱	تعمیلی پھیلا	۵.۱۲
۲۹۹	خبردرنامہ	۶.۱۲
۳۰۱	کمپیوٹر الف کا نقشہ	۷.۱۲
۳۱۱	خبردرنامہ نویسی	۸.۱۲

۳۲۱	کمپیوٹر با	۱۳
۳۲۱	دو طرفہ دفاتر	۱.۱۳
۳۲۳	طرز تعمیر	۲.۱۳
۳۲۶	حفاظت سے رجوع کرنے والی راجع ہدایات	۳.۱۳
۳۳۰	دفتری ہدایات	۴.۱۳
۳۳۰	۱.۴.۱۳ لاد	
۳۳۱	۲.۴.۱۳ جمع اور منفی	
۳۳۳	شاخ اور طبعی ہدایات	۵.۱۳
۳۴۴	منطقی ہدایات	۶.۱۳
۳۴۶	دیگر ہدایات	۷.۱۳
۳۵۱	کمپیوٹر با کا خلاصہ	۸.۱۳

۳۶۹	جوابات	
-----	--------	--

دیباچہ

یہ کتاب اس عزم سے لکھی گئی ہے کہ یہ ایک دن برقی انجینئرنگ کی نصابی کتاب کے طور پر پڑھائی جائے گی۔ امید کی جاتی ہے کہ اب بھی طلبہ و طالبات اس سے استفادہ حاصل کر سکیں گے۔ میں ڈاکٹر محمد اشرف عطا (ہلال امتیاز، ستارہ امتیاز) کا خصوصی طور پر نہایت مشکور و ممنون ہوں جنہوں نے اپنے مصروفیات سے وقت نکال کر اس کتاب کو پڑھ کر نہ صرف درست کیا بلکہ بہت سارے تکنیکی اصطلاحات بھی فراہم کئے۔ میں امید رکھتا ہوں کہ مجھے آئندہ بھی ان کی مدد حاصل ہوگی۔

میں یہاں کامیٹ کے طلبہ و طالبات کا بھی شکریہ ادا کرنا چاہتا ہوں جنہوں نے اس کتاب کو بار بار پڑھ کر غلطیوں کی نشاندہی کی۔

اس کتاب کے پڑھنے والوں سے گزارش کی جاتی ہے کہ وہ اس کتاب کو زیادہ سے زیادہ طلبہ و طالبات تک پہنچائیں اور اس میں غلطیوں کی نشاندہی میرے ای میل پتہ پر کریں۔

حنالہ حنان پوسٹل 5 منسوری 2013

میری پہلی کتاب کا دیباچہ

گزشتہ چند برسوں سے حکومت پاکستان اعلیٰ تعلیم کی طرف توجہ دے رہی ہے جس سے ملک کی تاریخ میں پہلی مرتبہ اعلیٰ تعلیمی اداروں میں تحقیق کا رجحان پیدا ہوا ہے۔ امید کی جاتی ہے کہ یہ سلسلہ جاری رہے گا۔ پاکستان میں اعلیٰ تعلیم کا نظام انگریزی زبان میں رائج ہے۔ دنیا میں تحقیقی کام کا بیشتر حصہ انگریزی زبان میں ہی چھپتا ہے۔ انگریزی زبان میں ہر موضوع پر لاتعداد کتابیں پائی جاتی ہیں جن سے طلب و طالبات استفادہ کرتے ہیں۔

ہمارے ملک میں طلب و طالبات کی ایک بہت بڑی تعداد بنیادی تعلیم اردو زبان میں حاصل کرتی ہے۔ ان کے لئے انگریزی زبان میں موجود مواد سے استفادہ کرنا تو ایک طرف، انگریزی زبان از خود ایک رکاوٹ کے طور پر ان کے سامنے آتی ہے۔ یہ طلب و طالبات ذہین ہونے کے باوجود آگے بڑھنے اور قوم و ملک کی بھرپور خدمت کرنے کے قابل نہیں رہتے۔ ایسے طلب و طالبات کو اردو زبان میں نصاب کی اچھی کتابیں درکار ہیں۔ ہم نے قومی سطح پر ایسا کرنے کی کوئی خاطر خواہ کوشش نہیں کی۔

میں برسوں تک اس صورت حال کی وجہ سے پریشانی کا شکار رہا۔ کچھ کرنے کی نیت رکھنے کے باوجود کچھ نہ کر سکتا تھا۔ میرے لئے اردو میں ایک صفحہ بھی لکھنا ناممکن تھا۔ آخر کار ایک دن میں نے اپنی اس کمزوری کو کتاب نہ لکھنے کا جواز بنانے سے انکار کر دیا اور یوں یہ کتاب وجود میں آئی۔

یہ کتاب اردو زبان میں تعلیم حاصل کرنے والے طلب و طالبات کے لئے نہایت آسان اردو میں لکھی گئی ہے۔ کوشش کی گئی ہے کہ اسکول کی سطح پر نصاب میں استعمال ہونے والے تکنیکی الفاظ ہی استعمال کئے جائیں۔ جہاں ایسے الفاظ موجود نہ تھے وہاں روزمرہ میں استعمال ہونے والے الفاظ چنے گئے۔ تکنیکی الفاظ کی چٹائی کے وقت اس بات کا دہان رکھا گیا کہ ان کا استعمال دیگر مضامین میں بھی ممکن ہو۔

کتاب میں بین الاقوامی نظام اکائی استعمال کی گئی ہے۔ اہم متغیرات کی علامتیں وہی رکھی گئی ہیں جو موجودہ نظام تعلیم کی نصابی کتابوں میں رائج ہیں۔ یوں اردو میں لکھی اس کتاب اور انگریزی میں اسی مضمون پر لکھی کتاب پڑھنے والے طلب و طالبات کو ساتھ کام کرنے میں دشواری نہیں ہوگی۔

امید کی جاتی ہے کہ یہ کتاب ایک دن حوالہ اردو زبان میں انجینئرنگ کی نصابی کتاب کے طور پر استعمال کی جائے گی۔ اردو زبان میں برقی انجینئرنگ کی مکمل نصاب کی طرف یہ پہلا قدم ہے۔

اس کتاب کے پڑھنے والوں سے گزارش کی جاتی ہے کہ اسے زیادہ سے زیادہ طلب و مطالبات تک پہنچانے میں مدد دیں اور انہیں جہاں اس کتاب میں غلطی نظر آئے وہ اس کی نشاندہی میری ای۔ میل پر کریں۔ میں ان کا نہایت شکر گزار ہوں گا۔

اس کتاب میں تمام غلطیاں مجھ سے ہی سرزد ہوئی ہیں البتہ انہیں درست کرنے میں بہت لوگوں کا ہاتھ ہے۔ میں ان سب کا شکریہ ادا کرتا ہوں۔ یہ سلسلہ ابھی جاری ہے اور مکمل ہونے پر ان حضرات کے تاثرات یہاں شامل کئے جائیں گے۔

میں یہاں کامیٹ یونیورسٹی اور ہائر ایجوکیشن کمیشن کا شکریہ ادا کرنا چاہتا ہوں جن کی وجہ سے ایسی سرگرمیاں ممکن ہوئیں۔

حنالد حنان یوسفزئی

28 اکتوبر 2011

باب ۱

شنائی نظام

۱.۱ اعشاری نظام گنتی

روزمرہ زندگی میں اعشاری نظام گنتی استعمال ہوتا ہے، جو 0 تا 9 کے ہندسوں پر مبنی ہے۔ کسی بھی گنتی کے نظام میں کل علامات کی تعداد کو اس نظام کی اساس کہتے ہیں۔ اعشاری نظام میں 0 تا 9، یعنی دس 10 علامات ہیں، یوں اعشاری نظام کی اساس دس ہے اور اس کو اساس 10 کا نظام کہتے ہیں۔

مثلاً ۱.۱ میں 538.72 کو اعشاری نظام میں لکھتے ہوئے زیر نوشتہ میں 10 لکھا گیا ہے، جو اس بات کی یاد دہانی کراتا ہے کہ یہ عدد اساس دس کے نظام میں لکھا گیا ہے۔ اس کتاب میں چونکہ کئی نظام گنتی استعمال ہوں گے، لہذا جہاں متن سے واضح نہ ہو وہاں اعداد کے ساتھ ان کی اساس زیر نوشتہ میں لکھی جائے گی۔

$$(۱.۱) \quad 538.72_{10}$$

اس نظام میں اعشاریہ کی بائیں جانب پہلا ہندسہ اکائی وزن رکھتا ہے، دوسرا دہائی، تیسرا سینکڑا، وغیرہ۔ یوں مساوات ۱.۲ میں دیے گئے ہندسوں میں 8 کا مطلب $8 \times 10^0 = 8 \times 1 = 8$ ہے، جبکہ 3 کا مطلب $3 \times 10^1 = 30$ اور 5 کا $5 \times 10^2 = 500$ ہے۔ اسی طرح اعشاریہ کے دائیں جانب پہلے ہندسے کا وزن ایک ہندس ہے، دوسرے ہندسے کا ایک ہندس، اور تیسرے ہندسے کا ایک ہندس، وغیرہ۔ یوں اس عدد میں 7 دراصل $7 \times 10^{-1} = 0.7$ جبکہ 2 دراصل $2 \times 10^{-2} = 0.02$ ہے۔

$$(۱.۲) \quad 538.72_{10} = (5 \times 10^2) + (3 \times 10^1) + (8 \times 10^0) + (7 \times 10^{-1}) + (2 \times 10^{-2})$$

یعنی 10^1 ، وزن رکھنے والے مقام پر 0 کی بجائے 1 لکھا جاتا ہے اور اکائی، یعنی 10^0 ، وزن رکھنے والے مقام پر دوبارہ 0 تا 9 گنتی کی جاتی ہے۔

اگر آپ کو اس پیراگراف کی سمجھ نہیں آئی تو اسے دوبارہ پڑھیں۔ اس میں سادہ گنتی کی وضاحت کی گئی ہے۔

اعشاری نظام میں اگر اعداد کو ایک ہندسے تک محدود کر دیا جائے تو اس میں 0_{10} سے 9_{10} تک گنتی ممکن ہوگی۔ اگر اعداد کو دو ہندسوں تک محدود کر دیا جائے، یعنی اس میں زیادہ سے زیادہ دو ہندسے ہوں، تب 00_{10} سے 99_{10} تک گنتی ممکن ہوگی، اسی طرح تین ہندسوں تک کے عدد استعمال کرنے سے 000_{10} سے 999_{10} تک گنتی کی جاسکتی ہے، وغیرہ۔

۱.۲ ہشتی نظام گنتی

ہشتی نظام 0 تا 7 ہندسوں پر مبنی ہے۔ اس نظام میں آٹھ ہندسے ہیں لہذا یہ اساس آٹھ نظام ہے۔ بالکل اعشاری نظام کی طرح، اس نظام میں اعداد لکھتے ہوئے اعشاریہ کے بائیں جانب پہلے ہندسے کا وزن $8^0 = 1_{10}$ ، دوسرے ہندسے کا $8^1 = 8_{10}$ ، تیسرے کا $8^2 = 64_{10}$ ، وغیرہ، جبکہ اعشاریہ کے دائیں جانب پہلے ہندسے کا وزن $8^{-1} = 0.125_{10}$ ، دوسرے کا $8^{-2} = 0.015625_{10}$ ہوگا، وغیرہ۔

$$\begin{aligned}
 538.72_8 &= [(5 \times 8^2) + (3 \times 8^1) + (8 \times 8^0) + (7 \times 8^{-1}) + (2 \times 8^{-2})]_{10} \\
 &= [(5 \times 64) + (3 \times 8) + (8 \times 1) + (7 \times 0.125) + (2 \times 0.015625)]_{10} \\
 (1.5) \quad &= [320 + 24 + 8 + 0.875 + 0.03125]_{10} \\
 &= 352.90625_{10}
 \end{aligned}$$

ہشتی نظام گنتی کے لئے مساوات ۱.۳ درج ذیل روپ اختیار کرتی ہے۔

$$\begin{aligned}
 (1.۶) \quad \dots a_2 \times 8^2 + a_1 \times 8^1 + a_0 \times 8^0 + a_{-1} \times 8^{-1} + a_{-2} \times 8^{-2} \dots \\
 = (\dots a_2 a_1 a_0 . a_{-1} a_{-2} \dots)_8
 \end{aligned}$$

ہشتی نظام میں دیے گئے عدد کو اعشاری نظام میں تبدیل کرنا مساوات ۱.۵ میں دکھایا گیا ہے۔ ہشتی عدد کے زیر نوشت میں 8 اس بات کی یاد دہانی کراتا ہے کہ یہ عدد ہشتی نظام میں لکھا گیا ہے۔

اس نظام میں گنتی 0 سے شروع ہوتی ہے، 7 تک پہنچنے کے بعد 8^1 وزن رکھنے والے مقام پر 0 کی بجائے 1 لکھا جاتا ہے اور 8^0 وزن رکھنے والے مقام پر دوبارہ 0 سے 7 کی گنتی شروع ہوتی ہے۔

۱.۳ ثنائی نظام گنتی

مائیکرو کنٹرولر کی دنیا میں ثنائی نظام گنتی استعمال ہوتا ہے۔ ثنائی نظام دو ہندسوں، 0 اور 1، پر مبنی ہے، لہذا یہ اساس دو کا نظام ہے۔ اس نظام میں گنتی 0 سے شروع ہوتی ہے، 1 تک پہنچنے کے بعد 2^1 وزن رکھنے والی مقام پر 0 کی بجائے 1 لکھا جاتا ہے، اور 2^0 وزن رکھنے والے مقام پر دوبارہ 0 سے 1 گنتی شروع ہوتی ہے۔ اس نظام میں گنتی کو مساوات ۱.۷ میں دکھایا گیا ہے، جہاں زیر نوشتہ میں اساس لکھنے سے گریز کیا گیا ہے۔ موازنہ کے لئے اعشاری گنتی بھی پیش کی گئی ہے۔

0 =	0	16 =	10000
1 =	1	17 =	10001
2 =	10	18 =	10010
3 =	11	19 =	10011
4 =	100	20 =	10100
5 =	101	21 =	10101
6 =	110	22 =	10110
7 =	111	23 =	10111
8 =	1000	24 =	11000
9 =	1001	25 =	11001
10 =	1010	26 =	11010
11 =	1011	27 =	11011
12 =	1100	28 =	11100
13 =	1101	29 =	11101
14 =	1110	30 =	11110
15 =	1111	31 =	11111

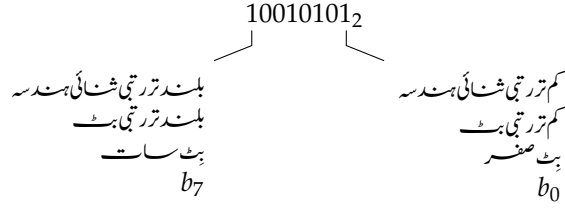
اس نظام میں اعداد لکھتے ہوئے اعشاریہ کے بائیں جانب پہلے ہندسے کا وزن $2^0 = 1_{10}$ ہوگا، دوسرے ہندسے کا $2^1 = 2_{10}$ ، تیسرے کا $2^2 = 4_{10}$ ، وغیرہ، جبکہ اعشاریہ کے دائیں جانب پہلے ہندسے کا وزن $2^{-1} = 0.5_{10}$ ، دوسرے کا $2^{-2} = 0.25_{10}$ ہوگا۔

ثنائى نظام گنتى کے لئے ی مساوات ۱.۳ درج ذیل روپ اختیار کرتی ہے۔

$$(1.8) \quad \dots b_2 \times 2^2 + b_1 \times 2^1 + b_0 \times 2^0 + b_{-1} \times 2^{-1} + b_{-2} \times 2^{-2} \dots$$

$$= (\dots b_2 b_1 b_0 . b_{-1} b_{-2} \dots)_2$$

مساوات ۱.۹ میں ثنائى نظام میں دیے گئے عدد کو اعشارى نظام میں تبدیل کرنا دکھایا گیا ہے۔ ثنائى



شکل ۱.۲: بلند تر اور کم تر ترتیبی ہندسے۔

عدد کے زیر نوشت میں 2 اس بات کی یاد دہانی کراتا ہے کہ یہ عدد ثنائی نظام میں لکھا گیا ہے۔

$$\begin{aligned}
 1011.1_2 &= [(1 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0) + (1 \times 2^{-1})]_{10} \\
 &= [(1 \times 8) + (0 \times 4) + (1 \times 2) + (1 \times 1) + (1 \times 0.5)]_{10} \\
 &= [8 + 0 + 2 + 1 + 0.5]_{10} \\
 &= 11.5_{10}
 \end{aligned}
 \tag{1.9}$$

ثنائى عدد کے ہندسوں کو پکارنے کا طریقہ شکل ۱.۲ میں دکھایا گیا ہے۔ ثنائى عدد کے دائیں ترین ہندسے کو کم تر رتیبے ہٹ یا کم تر رتیبے ثنائى ہندسہ یا ہٹ صفر یا ہٹ b_0 کہیں گے؛ اس سے اگلے کو ہٹ ایک یا ہٹ b_1 اور اس سے اگلے کو ہٹ دو یا ہٹ b_2 ، وغیرہ؛ جبکہ بائیں ترین ہندسے کو بلند تر رتیبے ثنائى ہندسہ یا بلند تر رتیبے ہٹ b_7 یا (موجودہ مثال میں) ہٹ سات یا ہٹ b_7 کہیں گے۔

اگر دیے گئے ثنائى عدد کے اعشاریہ کے دائیں جانب کچھ نہ ہو، تب درج ذیل لکھا جاسکتا ہے:

$$1011_2 = (2^3 + 2^1 + 2^0)_{10} = (8 + 2 + 1)_{10} = 11_{10} \tag{1.10}$$

جو ہندسے 1 ہیں، ان کے وزن جمع کیے جاتے ہیں۔

چار ہندسوں کا ثنائى عدد 0000_2 تا 1111_2 گنتی کر سکتا ہے؛ اس سے بڑا عدد لکھنے کے لئے چار سے زیادہ ہندسے درکار ہوں گے۔ مائکروکنٹرولر آٹھ ثنائى ہندسوں کے اعداد استعمال کرتا ہے جو 00000000_2 تا 11111111_2 ، یعنی 0_{10} تا 255_{10} ظاہر کر سکتے ہیں۔

روزمرہ زندگی میں اعشاری نظام گنتی استعمال کرتے ہوئے اعداد لکھتے ہوئے ان کی بائیں جانب اضافی صفر نہیں لکھے جاتے، یعنی 27_{10} کو 0027_{10} نہیں لکھا جاتا۔ کمپیوٹر کی دنیا میں اعداد عموماً آٹھ ہندسوں پر مبنی ثنائى عدد کی صورت میں لکھے جاتے ہیں؛ آٹھ سے کم ثنائى ہندسوں پر مبنی اعداد لکھتے ہوئے، بائیں جانب اضافی صفر لکھ کر انہیں آٹھ ہندسوں کی صورت دی جاتی ہے۔ یوں 27_{10} کو ہم 101011_2 کی بجائے 00101011_2 لکھیں گے۔

lowest significant bit, LSB
most significant bit, MSB

۱.۴. اعشاری نظام سے شنائی نظام میں تبادلہ

اعشاری نظام میں دیے گئے عدد کو شنائی نظام میں لکھنے کی خاطر اس عدد کو بار بار 2 سے تقسیم کریں، حتیٰ کہ یہ مزید تقسیم نہ ہو سکے۔ ہر مرتبہ تقسیم کے بعد حاصل باقی لیں؛ پہلے حاصل باقی کو شنائی عدد کے سب سے کم وزن کے مقام پر لکھیں؛ اگلے حاصل باقی کو اس سے دگنے وزن کے مقام پر لکھیں؛ اسی طرح آخری حاصل باقی کو سب سے زیادہ وزن کے مقام پر لکھیں۔ یوں شنائی عدد حاصل ہوگا۔ یہ طریقہ استعمال کرتے ہوئے 121_{10} کو شنائی لکھائی میں لکھتے ہیں۔

- 121 کو 2 سے تقسیم کرنے سے حاصل تقسیم 60 اور باقی 1 ملتا ہے۔
 60 کو 2 سے تقسیم کرنے سے حاصل تقسیم 30 اور باقی 0 ملتا ہے۔
 30 کو 2 سے تقسیم کرنے سے حاصل تقسیم 15 اور باقی 0 ملتا ہے۔
 15 کو 2 سے تقسیم کرنے سے حاصل تقسیم 7 اور باقی 1 ملتا ہے۔
 7 کو 2 سے تقسیم کرنے سے حاصل تقسیم 3 اور باقی 1 ملتا ہے۔
 3 کو 2 سے تقسیم کرنے سے حاصل تقسیم 1 اور باقی 1 ملتا ہے۔
 1 کو 2 سے تقسیم کرنے سے حاصل تقسیم 0 اور باقی 1 ملتا ہے۔

اب سب سے آخری ”باقی“ کو سب سے زیادہ وزن کے مقام پر اور سب سے پہلے ”باقی“ کو سب سے کم وزن کے مقام پر لکھتے ہیں۔ یوں 1111001_2 حاصل ہوگا، لہذا

$$121_{10} = 1111001_2$$

ہوگا جہاں سات شنائی ہندسے استعمال کیے گئے ہیں۔ اپنی تسلی کے لئے اس عدد کو واپس اعشاری نظام میں منتقل کرتے ہیں۔

$$1111001_2 = 2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^3 + 2^0 = 64 + 32 + 16 + 8 + 1 = 121_{10}$$

اس طریقہ کار کی بہتر صورت پیش کرتے ہیں۔

2	121	
	60	1
	30	0
	15	0
	7	1
	3	1
	1	1
	0	1

عدد میں اعشاریہ کے بائیں جانب حصہ کو صحیح، جبکہ دائیں حصہ کو حصہ مکور یا کسری کہتے ہیں۔

$$\overbrace{xxxxxx}^{\text{صحیح}} \cdot \underbrace{yyyyyy}_{\text{حصہ مکور}}$$

یوں 121.6875 میں 121 عدد صحیح اور 6875 عدد مکور ہے۔

عشری عدد کے صحیح حصہ کو ثنائی نظام میں تبدیل کرنا آپ سیکھ چکے؛ حصہ مکور تبدیل کرنے کا طریقہ ذرہ مختلف ہے۔ آئیے یہ عمل سیکھیں۔

حصہ مکور کو بار بار 2 سے ضرب دیں۔ اگر حاصل ضرب کے اعشاریہ کے بائیں جانب 1 حاصل ہو تو اس کو حاصل ضرب سے ہٹا کر ثنائی عدد کے دائیں جانب منسلک کریں ورنہ ثنائی عدد کے دائیں جانب 0 منسلک کریں۔ اس عمل کو ایک مثال کی مدد سے سیکھتے ہیں۔

ثنائی	
0.1	$2 \times 0.6875 = 1.375$
0.10	$2 \times 0.3750 = 0.750$
0.101	$2 \times 0.7500 = 1.500$
0.1011	$2 \times 0.5000 = 1.000$

یوں $0.6875_{10} = 0.1011_2$ ہوگا؛ آخر میں دونوں حصوں کو ملا کر ثنائی عدد حاصل کرتے ہیں۔

$$121.6875_{10} = 111001.1011_2$$

۱.۵ اساس سولہ (سادس عشری) نظام گنتی

اساس سولہ کے نظام، جسے سادس عشری^۵ نظام اور ششدری نظام بھی کہتے ہیں، میں اعداد کی سولہ علامتیں ہیں۔ ان میں پہلی دس علامتیں 0 تا 9 ہیں، جبکہ باقی علامتیں، بڑی لکھائی میں انگریزی حروف تہجی کے پہلے چھ حروف یعنی A، B، C، D، E اور F ہیں۔ علامت A دس (10_{10}) کو ظاہر کرتی ہے، یعنی $A = 10_{10}$ ہے، جبکہ B گیارہ کو، $B = 11_{10}$ ، اور اسی طرح چلتے ہوئے F پندرہ کو ظاہر کرتی ہے۔ مساوات ۱.۱ میں

مختلف نظام دیے گئے ہیں۔ انہیں صحیح بغیر آگے ہرگز مت بڑھیں۔

$$\begin{aligned}
 00_{10} &= 00_8 = 0000_2 = 0_{16} \\
 01_{10} &= 01_8 = 0001_2 = 1_{16} \\
 02_{10} &= 02_8 = 0010_2 = 2_{16} \\
 03_{10} &= 03_8 = 0011_2 = 3_{16} \\
 04_{10} &= 04_8 = 0100_2 = 4_{16} \\
 05_{10} &= 05_8 = 0101_2 = 5_{16} \\
 06_{10} &= 06_8 = 0110_2 = 6_{16} \\
 07_{10} &= 07_8 = 0111_2 = 7_{16} \\
 08_{10} &= 10_8 = 1000_2 = 8_{16} \\
 09_{10} &= 11_8 = 1001_2 = 9_{16} \\
 10_{10} &= 12_8 = 1010_2 = A_{16} \\
 11_{10} &= 13_8 = 1011_2 = B_{16} \\
 12_{10} &= 14_8 = 1100_2 = C_{16} \\
 13_{10} &= 15_8 = 1101_2 = D_{16} \\
 14_{10} &= 16_8 = 1110_2 = E_{16} \\
 15_{10} &= 17_8 = 1111_2 = F_{16}
 \end{aligned}$$

سادس عشری نظام میں اشاریہ کی بائیں جانب پہلے ہندسے کا وزن $16^0 = 1_{10}$ ، دوسرے کا $16^1 = 16_{10}$ ، اور تیسرے کا $16^2 = 256_{10}$ ہوگا۔

مساوات ۱.۱۲ میں سادس عشری یا اساس سولہ نظام میں دیے گئے عدد کو اعشاری نظام میں تبدیل کرنا دکھایا گیا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے $A = 10_{10}$ اور $C = 12_{10}$ لئے گئے۔

$$\begin{aligned}
 3AC.8_{16} &= (3 \times 16^2)_{10} + (10 \times 16^1)_{10} + (12 \times 16^0)_{10} + (8 \times 16^{-1})_{10} \\
 &= (3 \times 256)_{10} + (10 \times 16)_{10} + (12 \times 1)_{10} + (8 \times 0.0625)_{10} \\
 &= (768 + 160 + 12 + 0.5)_{10} \\
 &= 940.5_{10}
 \end{aligned}$$

مساوات ۱.۳ اساس سولہ کے لئے درج ذیل ہوگی۔

$$\begin{aligned}
 (1.13) \quad \dots a_2 \times 16^2 + a_1 \times 16^1 + a_0 \times 16^0 + a_{-1} \times 16^{-1} + a_{-2} \times 16^{-2} \dots \\
 = (\dots a_2 a_1 a_0 . a_{-1} a_{-2} \dots)_{16}
 \end{aligned}$$

۱.۶ اساس دو کا اساس آٹھ میں تبادلہ

مساوات ۱.۱۴ میں بائیں ہاتھ شنائی عدد دیا گیا ہے۔ اعشاریہ سے شروع کرتے ہوئے، اعشاریہ کی دونوں جانب تین تین ہندسوں کے گروہ میں، اس شنائی عدد کو لکھیں۔ اعشاریہ کی بائیں جانب اگر آخر میں تین ہندسوں کا گروہ پورا نہ ہو تو بائیں اضافی صفر منسلک کر کے تین ہندسوں کا گروہ پورا کریں؛ اسی طرح اعشاریہ کی دائیں جانب اگر آخر میں تین ہندسوں کا گروہ پورا نہ ہو تو دائیں جانب اضافی صفر منسلک کر کے تین ہندسوں کا گروہ پورا کریں۔ اب مساوات ۱.۱۱ کی مدد سے ان تین تین کے گروہ کی جگہ ان کا مساوی اساس آٹھ ہندسہ لکھیں۔ مساوات ۱.۱۴ میں یوں دو مقامات پر 100_2 کی جگہ 4_8 لکھا گیا، جبکہ 101_2 کی جگہ 5_8 ، اور 001_2 کی جگہ 1_8 لکھا گیا ہے۔ اس طرح اس عدد کو اساس آٹھ میں منتقل کیا گیا۔ یاد رہے، اعشاریہ اپنی جگہ برقرار رکھتا ہے۔

$$\begin{aligned} 1101100.1_2 &= (001\ 101\ 100.100)_2 \\ (1.14) \quad &= (1\ 5\ 4.4)_8 \\ &= 154.4_8 \end{aligned}$$

۱.۷ اساس دو کا اساس سولہ میں تبادلہ

شنائی عدد کو اساس سولہ میں لکھنے کی خاطر شنائی عدد کو اعشاریہ سے شروع کرتے ہوئے اعشاریہ کی دونوں جانب چار چار ہندسوں کے گروہ میں لکھیں۔ اگر اعشاریہ کی بائیں جانب آخر میں چار ہندسوں کا گروہ پورا نہ ہو تو عدد کی بائیں جانب اضافی صفر منسلک کر کے چار ہندسوں کا گروہ پورا کریں؛ اسی طرح اگر اعشاریہ کی دائیں جانب آخر میں چار ہندسوں کا گروہ پورا نہ ہو تو دائیں جانب اضافی صفر منسلک کر کے گروہ پورا کریں۔ اب مساوات ۱.۱۱ کی مدد سے ان چار چار کے گروہ کی جگہ ان کی مساوی اساس سولہ کا ہندسہ لکھیں۔ یوں مساوات ۱.۱۵ میں 1000_2 کی جگہ 8_{16} لکھ کر، 1100_2 کی جگہ C_{16} ، اور 0110_2 کی جگہ 6_{16} لکھ کر اساس سولہ میں مساوی عدد حاصل کیا گیا۔ یاد رہے کہ اعشاریہ اپنی جگہ برقرار رکھتا ہے۔

$$\begin{aligned} 1101100.1_2 &= (0110\ 1100.1000)_2 \\ (1.15) \quad &= (6\ C\ .\ 8)_{16} \\ &= 6C.8_{16} \end{aligned}$$

۱.۸ اساس آٹھ اور اساس سولہ سے اساس دو میں تبادلہ

انہیں طریقوں کو الٹ استعمال کرتے ہوئے اساس آٹھ اور اساس سولہ کے اعداد باآسانی اساس دو میں لکھ جاسکتے ہیں۔ مساوات ۱.۱۶ میں اساس آٹھ:

$$\begin{aligned} 372.5_8 &= (3\ 7\ 2.5)_8 \\ (1.16) \quad &= (011\ 111\ 010.101)_2 \\ &= 011111010.101_2 \end{aligned}$$

$$\underbrace{b_7 b_6 b_5 b_4}_{\text{بالا ریزہ}} \underbrace{b_3 b_2 b_1 b_0}_{\text{زیریں ریزہ}}$$

شکل ۱.۳: ایک بائٹ دو ریزوں پر مشتمل ہوگا۔

اور مساوات ۱.۱۷ میں اس سولہ کو ثنائی عدد کی صورت میں لکھنا دکھایا گیا ہے۔

$$\begin{aligned} 9A2F.7_{16} &= (\quad 9 \quad A \quad 2 \quad F \quad . \quad 7)_{16} \\ (1.12) \quad &= (1001 \ 1010 \ 0010 \ 1111 \ . \ 0111)_2 \\ &= (1001101000101111.0111)_2 \end{aligned}$$

ہم نے دیکھا کہ ثنائی عدد کے ہندسوں کو تین تین کے گروہ میں لکھنے سے اس آٹھ اور چار چار کے گروہ میں لکھنے سے اس سولہ عدد حاصل کیا جاسکتا ہے۔ آئیں درج بالا مساوات میں حاصل ثنائی عدد سے اس آٹھ اور اس سولہ اعداد حاصل کریں۔

$$\begin{aligned} 1001101000101111.0111_2 &= (001 \ 001 \ 101 \ 000 \ 101 \ 111 \ . \ 011 \ 100)_2 \\ &= (\ 1 \quad 1 \quad 5 \quad 0 \quad 5 \quad 7 \ . \ 3 \quad 4)_8 \\ &= 115057.34_8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1001101000101111.0111_2 &= (1001 \ 1010 \ 0010 \ 1111 \ . \ 0111)_2 \\ &= (\ 9 \quad A \quad 2 \quad F \ . \ 7)_{16} \\ &= 9A2F.7_{16} \end{aligned}$$

مساوات ۱.۱۶ اور مساوات ۱.۱۷ کی آخری لکیریوں میں ثنائی اعداد کو دیکھتے ہوئے بہت جلد انسان اکتا جاتا ہے، البتہ، انہیں مساوات میں جہاں ثنائی اعداد گروہ کی صورت میں لکھے گئے ہیں، وہاں انہیں سمجھنا آسان ہے۔ یہی وجہ ہے کہ ثنائی اعداد بالخصوص اور دیگر اعداد بالعموم گروہی صورت میں لکھے جاتے ہیں۔

ایک ہندسے پر مبنی ثنائی عدد کو **ثنائاتی ہندسہ** یا **بٹ**^۱ کہتے ہیں؛ آٹھ ثنائی ہندسوں،، یعنی آٹھ بٹ، کے گروہ کو **ہشتی ثنائی عدد** یا **بائٹ**^۲ کہتے ہیں۔ بائٹ کو عموماً چار چار ثنائی ہندسوں کے گروہ میں لکھا جاتا ہے، جنہیں **ریزہ**^۳ کہتے ہیں۔ زیریں چار بٹ کو ”زیریں ریزہ“ جبکہ بالا چار بٹ کو ”بالا ریزہ“ کہیں گے (شکل ۱.۳ دیکھیں)۔ یوں مساوات ۱.۱۷ میں دو بائٹ ہیں۔ اسی مساوات کو الٹ چلاتے ہوئے یہ واضح ہے کہ ہشتی ثنائی عدد کو چار چار ثنائی اعداد کے گروہ میں لکھ کر انہیں جلد اس سولہ (سادس عشری روپ) میں لکھا جاسکتا ہے۔

سوالات

سوال ۱.۱: درج ذیل اعشاری اعداد کو ثنائی روپ میں لکھیں۔

bit^۱
byte^۲
nibble^۳

ا. 33	ج. 128	د. 4096	ز. 5.625
ب. 64	د. 256	و. 0.375	ح. 13.6875

جواب: 100001 ، 1000000 ، 10000000 ، 100000000 ، 1000000000000 ، 0.011 ، 101.101 ، 1101.1011

سوال ۱.۲: درج ذیل شنائی اعداد کو اعشاری روپ میں لکھیں۔

ا. 10	ج. 1101	د. 101101011
ب. 101	د. 11011	و. 11001010011

جواب: 2 ، 5 ، 13 ، 27 ، 363 ، 1619

سوال ۱.۳: درج ذیل شنائی اعداد کو اعشاری روپ میں لکھیں۔

ا. 10.1	ج. 0.001101	د. 100.001
ب. 101.01	د. 1011.01101	و. 1111.1111

جواب: 2.5 ، 5.25 ، 0.203125 ، 11.40625 ، 4.125 ، 15.9375

سوال ۱.۴: درج ذیل اعشاری اعداد کو اساس سولہ اور اساس آٹھ میں تبدیل کریں۔

ا. 7	ج. 32	د. 1024
ب. 23	د. 64	و. 2048

جواب: اساس سولہ 7 ، 17 ، 20 ، 40 ، 400 ، 800 ؛ اساس آٹھ 7 ، 27 ، 40 ، 100 ، 2000 ، 4000

سوال ۱.۵: درج ذیل اساس سولہ اعداد کو اساس آٹھ اور شنائی روپ میں لکھیں۔

ا. 7	ج. 1A	د. A.BC	ز. F0
ب. 10	د. 2B3	و. 0.12	ح. FFFF

جواب: اساس سولہ 7 ، 20 ، 32 ، 1263 ، 12.57 ، 0.044 ، 360 ، 177777 ؛ شنائی 111 ، 10000 ، 11010 ، 1010110011 ، 1010.10111 ، 0.0001001 ، 11110000 ، 1111111111111111

باب ۲

بنیادی حساب

شنائی نظام میں حساب بالکل اسی طرح کیا جاتا ہے جس طرح اعشاری نظام میں۔ چند مثالوں کے مطالعے سے وضاحت ہوگی۔

شنائی نظام میں اعداد کا مجموعہ اعشاری نظام میں دو اعداد کے مجموعے سے سمجھا جاسکتا ہے۔ اعشاری نظام کی مندرجہ ذیل مثال پر غور کریں جس میں 37.5 اور 29.6 جمع کیے گئے ہیں۔

$$\begin{array}{r} 11 \\ 37.5 \\ +29.6 \\ \hline 67.1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 11 \\ 37.5 \\ +29.6 \\ \hline 67.1 \end{array}$$

آپ نے دیکھا کہ حاصل (1) کو (بائیں) زیادہ وزنی مقام پر منتقل کیا گیا۔ یہی شنائی جمع میں کیا جائے گا۔ شنائی نظام میں صرف دو ہندسے، 0 اور 1، پائے جاتے ہیں جن کی چار ممکنہ مجموعے درج ذیل ہیں۔

$$\begin{array}{r} 0 \\ +0 \\ \hline 00 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 1 \\ +1 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ +0 \\ \hline 01 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0 \\ +1 \\ \hline 01 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0 \\ +0 \\ \hline 00 \end{array}$$

پہلی تین جمع میں حاصل 0 جبکہ آخری میں حاصل 1 ہے۔

آئیں، زیادہ شمائی ہندسوں کے اعداد کی جمع کی مثالیں دیکھیں؛ ان کی اعشاری نظام میں جمع بھی دی گئی ہیں۔

$$\begin{array}{r}
 1 \\
 11 \\
 +10 \\
 \hline
 101_2
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 1 \\
 13 \\
 +09 \\
 \hline
 22_{10}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 1 \quad 1 \\
 1101 \\
 +1001 \\
 \hline
 10110_2
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 3 \\
 +2 \\
 \hline
 5_{10}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 1 \\
 11 \\
 +10 \\
 \hline
 101_2
 \end{array}$$

دائیں ہاتھ شمائی 11 اور 10 جمع کر کے 101_2 حاصل کیا گیا جو اعشاری نظام میں $5 = 3 + 2$ ہوگا، جبکہ بائیں ہاتھ شمائی 1101 اور 1001 جمع کر کے 10110_2 حاصل کیا گیا جو اعشاری نظام میں $22 = 13 + 9$ کے مترادف ہے۔

آخر میں، کسری اعداد کی جمع کی ایک مثال دیکھتے ہیں۔

$$\begin{array}{r}
 111 \\
 101.11 \\
 + 11.10 \\
 \hline
 1001.01_2
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 1 \\
 5.75 \\
 +3.50 \\
 \hline
 9.25_{10}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 111 \\
 101.11 \\
 + 11.10 \\
 \hline
 1001.01_2
 \end{array}$$

۲.۱ شمائی نظام میں اعداد منفی کرنا

دوہٹ (شمائی عدد) منفی کرنے کے درج ذیل چار ممکنات پائے جاتے ہیں۔

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 1 = 1 \quad (\text{ادھار ایک})$$

ی آخری مساوات میں صفر سے ایک اس صورت منفی کیا دکھایا گیا ہے جب ادھار 1 لینا ممکن ہو۔ ایک اور مثال دیکھتے ہیں۔

$$\begin{array}{r}
 110.01 \\
 -101.1 \\
 \hline
 0.11_2
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 6.25 \\
 -5.50 \\
 \hline
 0.75_{10}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 110.01 \\
 -101.1 \\
 \hline
 0.11_2
 \end{array}$$

شنائی منفی کی چند مثالیں حل کر کے اعشاری منفی سے ان کی تصدیق کریں۔ ایسا کرنے سے زیادہ وضاحت ہوگی۔

۲.۲ اسائی تکملہ یا r کا تکملہ

کسی بھی اسائی نظام میں، ہندسہ کو اساس، (r) ، سے منفی کرنے سے ہندسے کا اسائی تکملہ (یا r کا تکملہ) حاصل ہوگا۔ یوں، ہندسہ اور ہندسے کے اسائی تکملہ کا مجموعہ اساس کے برابر ہوگا۔ مثلاً، اعشاری نظام میں 3 کا اسائی تکملہ 7 جبکہ $10 - 3 = 7$ ، جبکہ 7 کا اسائی تکملہ 3 اور ان دونوں کا مجموعہ $3 + 7 = 10$ اعشاری نظام کے اساس کے برابر ہے۔ اسی طرح 5 کا اسائی تکملہ 5 ، اور 9 کا اسائی تکملہ 1 ہوگا۔

درج بالا مثالوں سے واضح ہے کہ کسی بھی ہندسہ (مثلاً 3) کے اسائی تکملہ (یعنی 7) کا اسائی تکملہ وہی ہندسہ (یعنی 3) ہوگا۔ اسائی تکملہ کے تصور کو ایک سے زائد ہندسوں پر مبنی عدد تک وسعت دیتے ہیں۔ اساس r کے اعدادی نظام میں عدد N ، جو n ہندسوں پر مبنی ہو، کے اسائی تکملہ (یا r کے تکملہ) سے مراد عدد $r^n - N$ ہوگا۔ اساس دس کے اسائی تکملہ کو عام طور 10 کا تکملہ کہتے ہیں۔ اسی طرح اساس دو کے تکملہ کو 2 کا تکملہ کہتے ہیں۔

اعشاری نظام میں عدد 10^n کے سب سے وزنی ہندسے کی قیمت 1 ہوگی، اور اس کی دائیں جانب 0 قیمت کے n ہندسے ہوں گے۔

$$10^2 = 100_{10}$$

$$(۲.۱) \quad 10^5 = 100000_{10}$$

$$10^7 = 10000000_{10}$$

اعشاری نظام کی اساس $r = 10$ ہے۔ اس نظام میں عدد N ، جس میں n ہندسے ہوں، کے اسائی تکملہ (یعنی 10 کے تکملہ) سے مراد عدد $10^n - N$ ہوگا۔ یوں $N = 5391$ جس میں چار ہندسے ($n = 4$) ہیں، کا 10 کا تکملہ درج ذیل ہوگا۔

$$(۲.۲) \quad (10^4 - 5391)_{10} = (10000 - 5391)_{10} = 4609_{10}$$

اسی طرح عدد 320753 جس میں 6 ہندسے ہیں کا اسائی تکملہ:

$$(۲.۳) \quad (10^6 - 320753)_{10} = (1000000 - 320753)_{10} = 679247_{10}$$

اور 679247 کا 2 کا تکملہ درج ذیل ہوگا۔

$$(۲.۴) \quad (10^6 - 679247)_{10} = (1000000 - 679247)_{10} = 320753_{10}$$

ہر عدد N کے اسائی تکملہ کا اسائی تکملہ وہی عدد N ہوگا۔ اس کا ثبوت کچھ یوں ہے: عددی N کا اسائی تکملہ $r^n - N$ اور عدد $r^n - N$ کا اسائی تکملہ $(r^n - (r^n - N))$ یعنی N ہوگا۔

شنائی نظام کی اساس 2 ہے لہذا n ہندسوں پر مبنی شنائی عدد N کے 2 کا تکملہ (یعنی اسائی تکملہ) $2^n - N$ ہوگا۔

شنائی نظام میں عدد 10^n کے سب سے وزنی ہندسے کی قیمت 1 ہوگی، اور اس کی دائیں جانب 0 قیمت کے n ہندسے ہوں گے۔

$$\begin{aligned} 2^2 &= 100_2 \\ 2^5 &= 100000_2 \\ 2^7 &= 10000000_2 \end{aligned} \quad (۲.۵)$$

یوں 1011_2 اور 10001_2 کے 2 کے تکرار بالترتیب درج ذیل ہوں گے۔

$$\begin{aligned} (2^4 - 1011)_2 &= (10000 - 1011)_2 = 0101_2 \\ (2^5 - 10001)_2 &= (100000 - 10001)_2 = 01111_2 \end{aligned} \quad (۲.۶)$$

۲.۳ اساس منفی ایک یا $(r - 1)$ کا تکرار

اساس r کے نظام میں، عدد N کے اساس منفی ایک $(r - 1)$ کے تکرار سے مراد $r^n - 1 - N$ ہے۔ اعشاری نظام میں اساس منفی ایک کے تکرار کو عموماً 9 کا تکرار (نو کا تکرار) اور شنائی نظام میں اسے 1 کا تکرار (ایک کا تکرار) کہتے ہیں۔

اعشاری نظام میں 376 اور 7852 کے 9 کے تکرار، بالترتیب مندرجہ ذیل ہوں گے۔

$$\begin{aligned} 10^3 - 1 - 376 &= 1000 - 1 - 376 \\ &= 999 - 376 \\ &= 623_{10} \\ 10^4 - 1 - 7852 &= 10000 - 1 - 7852 \\ &= 9999 - 7852 \\ &= 2147_{10} \end{aligned} \quad (۲.۷)$$

اعشاری نظام میں عدد $10^n - 1$ ، n ہندسوں پر مشتمل ہوگا، جہاں ہر ہندسے کی قیمت 9 ہوگی۔

$$\begin{aligned} 10^3 - 1 &= 1000 - 1 = 999_{10} \\ 10^6 - 1 &= 1000000 - 1 = 999999_{10} \\ 10^8 - 1 &= 100000000 - 1 = 99999999_{10} \end{aligned} \quad (۲.۸)$$

شنائی نظام میں عدد $2^n - 1$ ، n ہندسوں پر مشتمل ہوگا، جہاں ہر ہندسے کی قیمت 1 ہوگی۔

$$\begin{aligned} 2^3 - 1 &= 1000 - 1 = 111_2 \\ 2^5 - 1 &= 100000 - 1 = 11111_2 \\ 2^8 - 1 &= 100000000 - 1 = 11111111_2 \end{aligned} \quad (۲.۹)$$

شنائی نظام میں 1001_2 اور 101110_2 کے 1 کے تکملہ، بالستریب، درج ذیل ہوں گے۔

$$\begin{aligned} 2^4 - 1 - 1001 &= 1111 - 1001 = 0110_2 \\ (۲.۱۰) \quad 2^6 - 1 - 101110 &= 111111 - 101110 = 010001_2 \end{aligned}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ شنائی ہندسہ 0 کا ”ایک کا تکملہ“، شنائی ہندسہ 1 ہوگا، اور اسی طرح عدد 1 کا ”ایک کا تکملہ“، شنائی ہندسہ 0 ہوگا۔ ہم کہتے ہیں 0 کا متمم 1 اور 1 کا متمم 0 ہے۔

شنائی عدد N کا اساس منفی ایک کا تکملہ، \bar{N} سے ظاہر کیا جاتا ہے لہذا درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned} \bar{1}_2 &= 0_2 \\ \bar{0}_2 &= 1_2 \\ (۲.۱۱) \quad \overline{1001}_2 &= 0110_2 \\ \overline{101110}_2 &= 010001_2 \end{aligned}$$

ان دو مثالوں سے ایک اہم حقیقت واضح ہوتا ہے: شنائی عدد میں ہر ہندسے کا متمم لینے سے (یعنی ہر 0 کو 1 اور ہر 1 کو 0 کرنے سے) اس کا ایک کا تکملہ یا متمم حاصل ہوگا۔

مثانی عدد کے ہر بٹے کا متمم لینے سے عدد کا 1 کا تکملہ (یعنی متمم) ماحصل ہوگا۔

اساس r نظام میں r کے تکملہ سے مراد $r^n - N$ اور $(r - 1)$ کے تکملہ سے مراد $r^2 - 1 - N$ ہے، لہذا $(r - 1)$ کے تکملہ کے ساتھ 1 جمع کر کے r کا تکملہ حاصل کیا جاسکتا ہے، یعنی عدد کے متمم کے ساتھ 1 جمع کر کے 2 کا تکملہ حاصل ہوگا۔ اس طرح اسی تکملہ کا حصول عموماً زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے۔ مساوات ۲.۶ میں دیے گئے اعداد کے 2 کے تکملہ ہم اس طریقہ سے حاصل کرتے ہیں۔

چونکہ $\overline{1011} = 0100$ ہے لہذا 1011 کا اسی تکملہ $0101 + 1 = 0100$ ہوگا۔ اسی طرح 10001 کے متمم 01110 کے ساتھ 1 جمع کرنے سے اس کا اسی تکملہ $01111 + 1 = 01110$ حاصل ہوگا۔

۲.۴ دو اعداد کی منفی بذریعہ اسی تکملہ

مستلم و کاغذ کے ساتھ، M سے N منفی کرنا چھوٹی جماعتوں میں سکھایا جاتا ہے۔ برقیات میں تکملہ کی مدد سے دو اعداد منفی کیے جاتے ہیں، جہاں دونوں اعداد میں ہندسوں کی تعداد برابر ہونا لازم ہے۔ اسی تکملہ کی مدد سے $M - N$ مندرجہ ذیل طریقہ کار سے حاصل کیا جاتا ہے۔

• دونوں اعداد میں ہندسوں کی تعداد برابر کرنے کی خاطر، کم ہندسوں والے عدد کی بائیں جانب (درکار تعداد کی) اضافی صفریں چسپاں کریں۔ مندرجہ ذیل ہر عدد میں n ہندسے پائے جاتے ہیں۔

• M کے ساتھ N کا اسی تکملہ جمع کر کے مجموعہ $M + r^n - N$ حاصل کریں۔

• M کی قیمت N کی قیمت سے زیادہ ہونے کی صورت میں، آخری (بائیں) ہندسے جمع کرنے سے حاصل 1 پیدا ہوگا، جس کی بنیاد مجموعہ $n + 1$ ہندسوں پر مشتمل ہوگا اور اس کا بائیں ہندسہ 1 ہوگا۔ اس بائیں ہندسے کو (یعنی حاصل 1 کو) نظر انداز کریں؛ باقی n ہندسوں پر مبنی عدد اصل جواب ہوگا۔

باب ۲: بنیادی حساب

• M کی قیمت N کی قیمت سے کم ہونے کی صورت میں، آخری (بائیں) ہندسے جمع کرنے سے حاصل 1 پیدا نہیں ہوگا؛ مجموعہ منفی عدد کو ظاہر کرے گا، اور n ہندسوں پر مبني ہوگا۔ مجموعے کا اسی نمبر لے کر اس کی بائیں جانب منفی علامت منسلک کر کے جواب حاصل ہوگا۔

ان دونوں صورتوں کی وضاحت مثالوں سے ہوگی۔

مثال ۲.۱: اعداد کا حاصل منفی $974 - 7852$ دس کے نمبر کی مدد سے دریافت کریں۔

جواب: یہاں بڑا عدد 7852 چار ہندسوں پر مبني ہے، لہذا چھوٹا عدد 0974 لکھیں اور $n = 4$ لیں۔ یوں 0974 کا اسی نمبر $10000 - 0974 = 9026$ ہوگا، جس کو 7852 کے ساتھ جمع کرنے سے 5 ہندسوں کا مجموعہ $9026 + 7852 = 16878$ حاصل ہوگا۔ چونکہ یہ عدد 5 ہندسوں پر مبني ہے، لہذا بائیں ہندسے کو نظر انداز کرتے ہوئے 6878 کو جواب تسلیم کرتے ہیں۔ (ہم درحقیقت آخری ہندسوں کی جمع سے پیدا حاصل 1 کو رد کرتے ہیں۔ چونکہ یہ مجموعہ میں بائیں ترین مقام پر اترتا ہے لہذا مجموعہ کا پایاں ہندسہ رد کر کے جواب حاصل ہوگا۔)

$$\begin{array}{r}
 \text{حاصل 1 کو نظر انداز کر کے} \\
 \text{6878 کو جواب تسلیم کرتے ہیں}
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 7852 \\
 +9026 \\
 \hline
 16878
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 10000 \\
 -0974 \\
 \hline
 9026
 \end{array}$$

□

مثال ۲.۲: دس کے نمبر کی مدد سے $974 - 7852$ حاصل کریں۔

جواب: عدد 7852 کے اسی نمبر $10000 - 7852 = 2148$ کا 0974 کے ساتھ مجموعہ لیتے ہوئے: $0974 + 2148 = 3122$ آخری حاصل 1 نہیں پیدا ہوتا، لہذا یہ مجموعہ 4 ہندسوں پر مشتمل ہے؛ اس کے اسی نمبر $10000 - 3122 = 6878$ کے ساتھ منفی علامت چسپاں کرتے ہوئے 6878 - کو جواب تسلیم کرتے ہیں۔

$$\begin{array}{r}
 \text{جواب} \\
 -6878
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 10000 \\
 -3122 \\
 \hline
 6878
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 0974 \\
 +2148 \\
 \hline
 3122
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 10000 \\
 -7852 \\
 \hline
 2148
 \end{array}$$

□

ثنائی اعداد بھی بالکل اسی طرح منفی کیے جاتے ہیں۔ ان کی بھی دو مثالیں پیش کرتے ہیں۔

مثال ۲.۳: اسی نمبر کی مدد سے مندرجہ ذیل حاصل کریں۔

$$(1) \quad 11001_2 - 1011_2 \text{ اور } (ب) \quad 11001_2 - 1011_2$$

جواب: (i) چونکہ $11001 = 00110$ ہے، لہذا دو کا تکملہ $00111 = 00110 + 1$ ہوگا۔ اس کو دوسرے عدد 01011_2 (جس کی بائیں جانب اضافی 0 چسپاں کر کے ہندسوں کی تعداد پوری کی گئی) کے ساتھ جمع کرتے ہیں۔

$$\begin{array}{r} 01011 \\ +00111 \\ \hline 10010 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 01011 \\ +00111 \\ \hline 10010 \end{array}$$

بائیں آخری ہندسوں کو جمع کرتے ہوئے حاصل 1 پیدا نہیں ہوا، لہذا اس کا 2 کا تکملہ لیتا ہوگا۔ چونکہ $10010 = 01101$ ہے لہذا اسی تکملہ $01110 = 01101 + 1$ ہوگا، جس کی بائیں جانب منفی علامت چسپاں کر کے نتیجہ 01110_2 حاصل کرتے ہیں۔

جواب: (ب) یہاں ایک عدد پانچ ہندسوں پر مشتمل ہے، لہذا دوسرے عدد میں بھی پانچ ہندسے پورے کیے جائیں گے۔ یوں 1011 کو 01011 لکھ کر، اس کے متم $10100 = 01011$ سے عدد کا اسی تکملہ $10100 + 1 = 10101$ حاصل کر کے، دوسرے عدد کے ساتھ جمع کرتے ہیں۔

$$\begin{array}{r} 1 \\ 11001 \\ +10101 \\ \hline 101110 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1 \\ 11001 \\ +10101 \\ \hline 101110 \end{array}$$

آخری ہندسے جمع کرتے ہوئے حاصل 1 پیدا ہوا جس کو نظر انداز کر کے باقی مجموعہ، 01110_2 ، کو نتیجہ تسلیم کرتے ہیں۔ □

۲.۵ دو اعداد کی منفی بذریعہ اساس منفی ایک کا تکملہ

اساس منفی ایک تکملہ کی مدد سے بھی $M - N$ حاصل کیا جاسکتا ہے۔ اس کا طریقہ کار درج ذیل ہے جہاں دونوں اعداد میں ہندسوں کی تعداد برابر ہونا لازم ہے۔

• دونوں اعداد میں ہندسوں کی تعداد برابر کرنے کی خاطر، کم ہندسوں والے عدد کی بائیں جانب (درکار تعداد کی) اضافی صفریں چسپاں کریں۔ فرض کریں اب ہر عدد میں n ہندسے پائے جاتے ہیں۔

• M کے ساتھ N کا اساس منفی ایک کا تکملہ جمع کر کے مجموعہ $M + 2^n - 1 - N$ حاصل کریں۔

• M کی قیمت N کی قیمت سے زیادہ ہونے کی صورت میں، آخری (بائیں) ہندسے جمع کرنے سے حاصل 1 پیدا ہوگا، جس کی بنیاد مجموعہ $n + 1$ ہندسوں پر مشتمل ہوگا اور اس کا بائیں ہندسہ 1 ہوگا۔ اس بائیں ہندسے کو (یعنی حاصل 1 کو) نظر انداز کرنے کی بجائے، مجموعہ سے خارج کر کے، 1 وزن مختص کریں

باب ۲: بنیادی حساب

اور n ہندسوں کے باقی مجموعہ کے ساتھ جمع کر کے جواب حاصل کریں۔ اس عمل کو واپس آہٹری حاصل ایک (1) کہتے ہیں۔

• M کی قیمت N کی قیمت سے کم ہونے کی صورت میں، آہٹری (بائیں) ہندسے جمع کرنے سے حاصل 1 پیدا نہیں ہوگا؛ مجموعہ منفی عدد کو ظاہر کرے گا، اور n ہندسوں پر مبنی ہوگا۔ مجموعے کا اس منفی ایک کا نکل لے کر اس کی بائیں جانب منفی علامت منسلک کر کے جواب حاصل ہوگا۔

ان دونوں صورتوں کی وضاحت مثالوں سے ہوگی۔

مثال ۲.۴: نوکا نکلہ استعمال کرتے ہوئے $974 - 7852$ حاصل کریں۔

جواب: عدد 974 کے بائیں 0 چپاں کر کے اس میں ہندسوں کی تعداد پوری کریں اور 7852 کے اس منفی ایک کے نکلہ $9999 - 7852 = 2147$ کے ساتھ جمع کریں۔

$$\begin{array}{r} 2147 \\ +974 \\ \hline 3121 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 2147 \\ +0974 \\ \hline 3121 \end{array}$$

آہٹری (بائیں) ہندسے جمع کرنے سے حاصل 1 پیدا نہیں ہوا، لہذا مجموعہ چار ہندسوں پر مشتمل ہے۔ اس کے اس منفی ایک کے نکلہ $9999 - 3121 = 6878$ کے بائیں منفی علامت منسلک کر کے جواب $6878 -$ حاصل کرتے ہیں۔ □

مثال ۲.۵: نوکا نکلہ استعمال کرتے ہوئے $974 - 7852$ حاصل کریں۔

جواب: چھوٹے عدد 974 میں ہندسوں کی تعداد پوری کر کے اس کے اس منفی ایک کے نکلہ $9999 - 0974 = 9025$ کے ساتھ جمع کرتے ہیں۔

$$\begin{array}{r} 1 \\ 7852 \\ +9025 \\ \hline 16877 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1 \\ 7852 \\ +9025 \\ \hline 16877 \end{array}$$

آہٹری (بائیں) ہندسے جمع کرتے ہوئے حاصل 1 پیدا ہوا جس کی بنیاد مجموعہ 5 ہندسوں پر مشتمل ہے۔ ہم اس حاصل 1 کو وزن 1 مختص کر کے باقی 4 ہندسوں پر مبنی مجموعہ 6877 کے ساتھ جمع کر کے جواب $6877 + 1 = 6878$ حاصل کرتے ہیں۔ □

اب ہم شمالی اعداد کی مثال لیتے ہیں۔

مثال ۲.۶: مندرجہ ذیل کو 1 کے نکتہ کی مدد سے حل کریں۔

$$(i) 11011_2 - 101110_2, (ب) 101110_2 - 11011_2$$

حل: (i) منفی ہونے والے عدد میں ہندسوں کی تعداد پوری کر کے اس کا متمم:

$$\overline{011011} = 100100$$

دوسرے عدد کے ساتھ جمع کرتے ہیں۔

$$\begin{array}{r} 1 \\ 101110 \\ +100100 \\ \hline 1010010 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1 \\ 101110 \\ +100100 \\ \hline 1010010 \end{array}$$

آخری حاصل 1 کو باقی عدد سے علیحدہ کر کے اسے 1 کا وزن مختص کر کے (یعنی اس کو اکائی تصور کر کے)، دائیں چھ ہندسوں پر مشتمل مجموعہ 010010 کے ساتھ جمع کرتے ہوئے جواب حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{array}{r} 010010 \\ +1 \\ \hline 010011 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 010010 \\ +1 \\ \hline 010011 \end{array}$$

(ب) متمم $\overline{101110} = 010001$ کو دوسرے عدد کے ساتھ جمع کرتے ہیں۔

$$\begin{array}{r} 010001 \\ +011011 \\ \hline 101100 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 010001 \\ +011011 \\ \hline 101100 \end{array}$$

چونکہ آخری حاصل صفر ہے، لہذا مجموعے کے متمم $\overline{101100} = 010011$ کے ساتھ منفی کی علامت چسپاں کر کے جواب $010011_2 -$ حاصل کرتے ہیں۔

□

۲.۶ مثبت اور منفی اعداد

روزمرہ زندگی میں مثبت اعداد لکھتے ہوئے انہیں بغیر کسی علامت کے، یا مثبت علامت (+) کے ساتھ لکھا جاتا ہے، البتہ منفی اعداد کے ساتھ منفی علامت (-) ضرور لکھی جاتی ہے۔ یوں درج ذیل اعداد درست لکھے

$+3025, \quad 3025, \quad -3025$

کمپیوٹر شنائی اعداد 0 اور 1، استعمال کرتا ہے، اور ہر معلومات کو انہیں سے ظاہر کرتا ہے۔ روایتاً مثبت علامت (+) کو 0 (صفر) اور منفی علامت (-) کو 1 (ایک) سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ علامت عدد کی بائیں جانب لکھی جاتی ہے۔ یوں $+5_{10}$ کو چپار شنائی ہندسوں سے ظاہر کرتے ہوئے، بائیں ہندسہ مثبت علامت (+) کو جبکہ باقی تین ہندسے 5 کو ظاہر کریں گے۔ اسی طرح -5_{10} کو آٹھ شنائی ہندسوں سے ظاہر کرتے ہوئے، بائیں ہندسہ منفی علامت (-) کو جبکہ باقی سات ہندسے 5 کو ظاہر کریں گے۔

$$\underbrace{0}_{+} \underbrace{101}_{5_{10}} \quad \underbrace{1}_{-} \underbrace{0000101}_{5_{10}}$$

یہ جاننا ضروری ہے، آیا شنائی اعداد کا بایاں ہندسہ علامت کو ظاہر کرتا ہے یا یہ عدد کا حصہ ہے؛ یہ فیصلہ اعداد استعمال کرنے والے پر ہے۔ کمپیوٹر استعمال کرتے وقت آپ فیصلہ کرتے ہیں کہ علامت داریا بے علامت (غیر علامت دار) اعداد استعمال کریں گے۔ جدول ۲.۱ میں چار شنائی ہندسوں پر مشتمل علامت دار اعداد دکھائے گئے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ عنصر کو دو مختلف طریقوں سے ظاہر کیا جاسکتا ہے، ان میں ایک مثبت اور دوسرا منفی ہے!

$$\begin{aligned} 00000101_2 &= +5_{10} \\ 01111111_2 &= +127_{10} \\ 10000101_2 &= -5_{10} \\ 11111111_2 &= -127_{10} \\ 00000000_2 &= +0_{10} \\ 10000000_2 &= -0_{10} \end{aligned}$$

ان اعداد میں بھی مثبت اور منفی صفریا گیا؛ روزِ سرہ زندگی میں صفر کو ہم مثبت تصور کرتے ہیں۔

جدول ۲.۱: چار ہندسوں کے علامت دار اعداد

علامت دار	شنائی
$+7_{10}$	0111_2
$+6_{10}$	0110_2
$+5_{10}$	0101_2
$+4_{10}$	0100_2
$+3_{10}$	0011_2
$+2_{10}$	0010_2
$+1_{10}$	0001_2
$+0_{10}$	0000_2
-0_{10}	1000_2
-1_{10}	1001_2
-2_{10}	1010_2
-3_{10}	1011_2
-4_{10}	1100_2
-5_{10}	1101_2
-6_{10}	1110_2
-7_{10}	1111_2

جدول ۲.۲: علامت دار ایک کا تکملہ اور دو کا تکملہ اعداد

اعشاری عدد	علامت دار وتر	علامت دار ایک کا تکملہ	علامت دار دو کا تکملہ
+7	0111	0111	0111
+6	0110	0110	0110
+5	0101	0101	0101
+4	0100	0100	0100
+3	0011	0011	0011
+2	0010	0010	0010
+1	0001	0001	0001
+0	0000	0000	0000
-0	1000	1111	نہیں پایا جاتا
-1	1001	1110	1111
-2	1010	1101	1110
-3	1011	1100	1101
-4	1100	1011	1100
-5	1101	1010	1011
-6	1110	1001	1010
-7	1111	1000	1001
-8	نہیں پایا جاتا	نہیں پایا جاتا	1000

اتنا کچھ کہنے کے بعد آپ کو بتاتا چلوں کہ، کمپیوٹر میں منفی اعداد کو علامت دار وتر اظہار میں نہیں بلکہ علامت دار و 1 کے تکملہ یا علامت دار و 2 کے تکملہ نظام میں رکھا اور استعمال کیا جاتا ہے۔ اگلے حصہ میں ان نظام پر غور ہوگا۔

۲.۷ علامت دار و تکملہ نظام

کمپیوٹر میں عددی برقیات کی مدد سے اعداد جمع یا منفی کیے جاتے ہیں۔ یہ اعمال اسی تکملہ یا اساس منفی ایک کا تکملہ (حصہ ۲.۴ اور حصہ ۲.۵ دیکھیں) استعمال کرتے ہوئے زیادہ خوش اسلوبی سے سرانجام دیے جاتے ہیں۔

کمپیوٹر چونکہ شنائی اعداد استعمال کرتا ہے، لہذا اس میں منفی اعداد 1 کے تکملہ یا 2 کے تکملہ میں لکھے جاتے ہیں۔ جدول ۲.۲ میں چار شنائی ہندی (چار بٹ) علامت دار اعداد کا 1 کا تکملہ اور 2 کا تکملہ روپ پیش کیا گیا ہے۔

جدول ۲.۲ سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ مثبت عدد، شنائی ہندیوں میں ایک ہی طریقہ سے لکھا جاتا ہے، جبکہ منفی عدد تین طریقوں سے لکھا جاسکتا ہے۔ یوں تینوں طریقوں میں مثبت عدد کو سادہ شنائی عدد لکھیں۔

مثبت عدد x کی علامت دار روپ میں علامتی ہٹ 0 سے 1 کرنے سے x کی علامت دار روپ حاصل ہوگا۔ یوں 5- کو علامت دار روپ میں لکھنے کی خاطر 5+ کو علامت دار روپ 01012 میں لکھ کر علامتی ہٹ 1 کرنے سے 5- کی علامت دار روپ 11012 حاصل ہوگی۔

منفی عدد x کی علامت دار ایک کے تکملہ روپ میں لکھنے کی خاطر x کی علامت دار شنائی عدد (یعنی سادہ شنائی روپ میں) لکھ کر اس کا 1 کا تکملہ لیں۔ یاد رہے کہ 1 کا تکملہ حاصل کرتے ہوئے شنائی عدد کے ہر ہندسہ (بج علامتی ہٹ) کا متمم لینا ہوگا۔ یوں 5- کو علامت دار ایک کے تکملہ روپ میں لکھنے کی خاطر 5+ کو 01012 لکھ کر متمم لیں جو درکار روپ 10102 دے گا۔

منفی عدد x کی علامت دار دو کے تکملہ روپ میں لکھنے کی خاطر x کی علامت دار شنائی عدد (یعنی سادہ شنائی روپ میں) لکھ کر اس کا 2 کا تکملہ لیں۔ یاد رہے کہ 2 کا تکملہ حاصل کرتے ہوئے شنائی عدد کے ہر ہندسہ (بج علامتی ہٹ) کا متمم لینا ہوگا۔ یوں 5- کو علامت دار دو کے تکملہ روپ میں لکھنے کی خاطر 5+ کو 01012 لکھ کر دو کا تکملہ لیں جو درکار روپ 10112 دے گا۔

سوالات

سوال ۲.۱: درج ذیل شنائی مجموعے حاصل کریں۔ ان سوالات کو اعشاری روپ میں بھی حل کریں۔ جوابات کا موازنہ کریں۔

ا. $101 + 110$	ج. $1011 + 1101$	د. $1011 + 1001$	ه. $101 + 1011$
ب. $101 + 11$	د. $1011 + 1001$	و. $101 + 1111$	

جواب: شنائی 1011، 1000، 11000، 10110، 10000، 10100؛ اعشاری 1، 11، 8، 24، 22، 16، 20
سوال ۲.۲: درج ذیل شنائی اعداد کے سوالات حل کریں۔ ان سوالات کو اعشاری روپ میں بھی حل کریں۔ جوابات کا موازنہ کریں۔

ا. $101 - 110$	ج. $1101 - 1111$	د. $1001 - 1101$	ه. $1011 - 101$
ب. $101 - 111$	د. $1001 - 1101$	و. $1111 - 101$	

جواب: شنائی 1، 10، 10، 100، 110، 1010، -؛ اعشاری 1، 2، 2، 4، 6، -10
سوال ۲.۳: درج ذیل شنائی اعداد کے سوالات حل کریں۔ انہیں سوالات کو اعشاری روپ میں بھی حل کریں۔ جوابات کا موازنہ کریں۔

ا. $10.1 - 110$	ج. $1.101 - 11.11$	د. $10.01 - 110.1$	ه. $10.11 - 101.011$
ب. $10.1 - 101$	د. $10.01 - 110.1$	و. $11.01 - 111.1$	

جواب: ششائی 11.1 ، 10.1 ، 10.001 ، 100.01 ، 10.101 ، 100.01
سوال ۲.۴: درج ذیل اعشاری سوالات کو ششائی روپے میں تبدیل کر کے حل کریں۔

ا. $64 + 32$ ب. $121.2 - 94.3$ ج. $1024 - 63$
د. $256 - 128$ ہ. $36.09 + 22.24$ و. $2056 + 1024$

جواب: 11000000 ، 10000000 ، 11010.1110 ، 111010.010 ، 1111000001 ، 110000001000
سوال ۲.۵: درج ذیل اعشاری اعداد کا نمبر نو اور نمبر دس حاصل کریں۔

ا. 6 ب. 8 ج. 19
د. 205 ہ. 3160029 و. 9807568
ز. 0.63 ح. 39.09 ط. 3093.9801
ی. 23409.65487

جواب: نمبر 1 ، 3 ، 80 ، 794 ، 6839970 ، 0192431 ؛ نمبر 4 ، 2 ، 81 ، 795 ، 6839971 ، 0192432

سوال ۲.۶: درج ذیل ششائی اعداد کا (اتنے ہی ہندسوں میں) نمبر ایک اور نمبر دو حاصل کریں۔

ا. 1011 ب. 1001 ج. 111101
د. 10101010 ہ. 11.11 و. 1101.0011

جواب: نمبر 100 ، 0110 ، 000010 ، 01010101 ؛ نمبر 0101 ، 0111 ، 000011 ، 01010110

سوال ۲.۷: درج ذیل اعشاری سوالات کو نمبر نو اور نمبر دس استعمال کرتے ہوئے حل کریں۔ سادہ طریقے سے حاصل جوابات کے ساتھ موازنہ کریں۔

ا. $9 - 4$ ب. $16 - 9$ ج. $23.9 - 13$
د. $555.078 - 303.93$ ہ. $1000 - 909.5301$ و. $0.555 - 0.045$

سوال ۲.۸: درج ذیل ششائی سوالات کو نمبر ایک اور نمبر دو سے حل کریں۔ سادہ ششائی طریقے سے حاصل جوابات کے ساتھ موازنہ کریں۔

ا. $11 - 10$ ب. $1101 - 1010$ ج. $11.10 - 10.11$
د. $1101.01 - 1001.1$ ہ. $101 - 1010$ و. $0.11 - 1101.11$

سوال ۲.۹: درج ذیل اعشاری سوالات کو شنائی روپ میں تبدیل کر کے حل کریں۔ جواب کو واپس اعشاری روپ میں تبدیل کر کے اعشاری طریقے سے حاصل جواب کے ساتھ موازنہ کریں۔

ا. 3×9	ج. 15×3.625	د. 2048×2048
ب. 31×23	د. 1024×16	و. 65.75×11.625

باب ۳

بوولین الجبرا

بوولین الجبرا انگلستان کے ریاضی دان جارج بوولی کے نام سے جانا جاتا ہے، جنہوں نے اس الجبرا کو دریافت کیا۔ بوولین الجبرا ذہنی سوچ یعنی منطق کو الجبرائی روپ میں لکھنے کی صلاحیت رکھتی ہے۔ اس لئے حیرانی کی بات نہیں کہ کمپیوٹر اسی کو استعمال کرتا ہے۔

۳.۱ بوولین الجبرا کے بنیادی تصورات

عام الجبرا میں متغیرات استعمال کرتے ہوئے تصور کیا جاتا ہے کہ ان کی قیمت کچھ بھی ہو سکتی ہے۔ مثلاً، $z = f(x, y)$ ، جہاں x اور y آزاد متغیرات جبکہ z تابع متغیر ہے، میں متغیرات کی چند ممکنہ قیمتیں درج ذیل ہیں۔

x	y	z
0	0	0
1	2	5
2	1	4
3	2	7
2	2	6
3	1	5

اس تفاعل جس کو ایک نامکمل جدول کے روپ میں پیش کیا گیا ہے کا الجبرائی روپ درج ذیل ہے۔

$$z = x + 2y$$

اس کے برعکس، بوولین الجبرا میں متغیرات کی صرف دو ممکنہ قیمتیں ہیں۔ ان دو قیمتوں کو عموماً 0 (صفر) اور 1 (ایک) سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ بوولین تفاعل کی چند مثالوں پر غور کرتے ہیں۔

X	Y	Z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

جدول ۳.۱: دو متغیر منطقی ضرب

۳.۱.۱ منطقی ضرب

تصور کریں X اور Y آزاد بولین متغیرات ہیں، جبکہ Z ان کا تابع بولین متغیر $Z = f(X, Y)$ ہے۔ چونکہ X بولین متغیر ہے، لہذا اس کی ممکنہ قیمتیں صرف 0 اور 1 ہیں۔ اسی طرح Y بھی بولین متغیر ہے، لہذا اس کی قیمت بھی صرف 0 اور 1 ہو سکتی ہے۔ تابع متغیر Z بھی بولین متغیر ہے۔ اس طرح اگرچہ اس کی قیمت X اور Y کی تابع ہے، اس کے باوجود Z کی قیمت صرف 0 یا 1 ہی ہو سکتا ہے۔ متغیرات X اور Y درج ذیل چار ممکنہ ترتیب میں پائے جاسکتے ہیں۔

X	Y
0	0
0	1
1	0
1	1

ان چار ممکنہ صورتوں میں Z کی قیمت 0 یا 1 ہوگی۔

آئیں، جدول ۳.۱ میں پیش کیے گئے منطقی تفاعل پر غور کرتے ہیں جس کی تمام ممکنہ قیمتیں اس جدول میں دی گئی ہیں۔ اس مثال میں تابع متغیر Z کی قیمت صرف اس وقت 1 ہے جب X اور Y دونوں کی قیمت 1 ہے۔ یہی قیمتیں X اور Y کی سادہ ضرب $X \cdot Y$ سے بھی حاصل ہوتی ہیں (ذیل دیکھیں)۔

$$0 \cdot 0 = 0$$

$$0 \cdot 1 = 0$$

$$1 \cdot 0 = 0$$

$$1 \cdot 1 = 1$$

اسی کی بنا پر جدول ۳.۱ میں پیش تفاعل (اور عمل) کو بولین ضرب یا منطقی ضرب کہتے ہیں۔ بولین ضرب کو آزاد متغیرات کے درمیان نقطہ ” \cdot “ سے یا آزاد متغیرات کو قریب قریب لکھنے سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں بولین ضرب درج ذیل لکھا جائے گا۔

$$Z = X \cdot Y$$

(۳.۱)

$$Z = XY \quad (\text{بولین ضرب})$$

A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

جدول ۳.۲: تین متغیر بوولین ضرب

منطقی ضرب کے تصور کو وسعت دے کر متعدد آزاد متغیرات کے لئے بیان کیا جاسکتا ہے۔ منطقی ضرب کی عمومی تعریف پیش کرتے ہیں۔

تعریف: منطقی ضرب اس صورت 1 دیا جب تمام آزاد متغیرات کی قیمت 1 ہو۔

□

جدول ۳.۶ کو مثال بناتے ہیں۔ اس طرح کے جدول میں آزاد متغیرات کی تمام ممکنات لکھنے (یعنی آزاد متغیرات کے حانے پر کرنے) کی حنا طر مداحل XY کو شنائی عدد کے ہندسے تصور کر کے، جدول کے مطلوبہ حانوں میں صفر (00) تا تین (11) گنتی لکھیں۔ یوں پہلے صف میں XY کی جگہ 00، دوسری صف میں 01، تیسرے صف میں 10 اور آخری صف میں 11 لکھا جائے گا۔

تین آزاد متغیرات کے منطقی ضرب تفاعل $Z = ABC$ کو جدول ۳.۲ میں پیش کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ جدول کے تین مداحل کے حانوں میں صفر (000) تا سات (111) گنتی لکھی گئی ہے (جو تین ہندسوں کے شنائی اعداد ہیں)۔

۳.۱.۲ منطقی جمع

دو آزاد متغیرات کے بوولین تفاعل کی ایک اور مثال لیتے ہیں جس کو جدول ۳.۳ میں پیش کیا گیا ہے۔ اب Z اس صورت 1 کے برابر ہے جب X یا Y یادوں کی قیمت 1 ہو۔ اس بوولین عمل کو بوولین جمع یا منطقی جمع کہتے ہیں۔

آزاد متغیرات X اور Y کا (روزمرہ) سادہ الجبرائی مجموعہ $S = X + Y$ جدول ۳.۴ میں پیش کیا گیا ہے۔

جدول ۳.۳ اور جدول ۳.۴ کے اولین تین نتائج ایک جیسے ہیں۔ اس مشابہت کی بنا جدول ۳.۳ میں دیے گئے بوولین تفاعل کو بوولین جمع یا منطقی جمع کہتے ہیں اور اس بوولین تفاعل کو جمع کے نشان “+” سے ہی ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں

X	Y	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	2

جدول ۳.۴: دو شنائی اعداد کا سادہ مجموعہ

X	Y	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

جدول ۳.۳: دو متغیر منطقی جمع

X	Z
0	1
1	0

جدول ۳.۶: منطقی نفی یا متمم

A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

جدول ۳.۵: تین متغیر منطقی جمع

جدول ۳.۳ میں پیش بولین جمع تفاعل درج ذیل لکھا جائے گا۔

(۳.۲)

$$Z = X + Y$$

(بولین جمع)

یہ بولین تفاعل کی مساوات ہے جس کو عام الجبرائی جمع ہرگز نہ سمجھا جائے۔ بالخصوص، بولین جمع کرتے وقت یاد رہے کہ $1 + 1 = 1$ ہے۔

بولین جمع کے تصور کو وسعت دے کر متعدد آزاد متغیرات کے لئے بیان کیا جا سکتا ہے۔ بولین جمع کی عمومی تعریف درج ذیل ہے۔

تعریف: منطقی جمع اس صورت 1 دیگا جب آزاد متغیرات میں کم سے کم ایک متغیر کی قیمت 1 ہو۔

□

تین متغیر منطقی جمع تفاعل $Z = A + B + C$ جدول ۳.۵ میں پیش کیا گیا ہے۔ یاد رہے کہ تین آزاد متغیرات کے منطقی جمع کا الجبرائی جمع کے ساتھ کوئی تعلق نہیں۔ یہاں جمع کی علامت بولین جمع کو ظاہر کرتی ہے لہذا یہاں $1 + 1 + 1 = 1$ ہوگا۔

A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

جدول ۸.۳: تین متغیر بولین بلا شرکت جمع

A	B	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

جدول ۷.۳: دو متغیر منطقی بلا شرکت جمع

۳.۱.۳ منطقی غنی

بولین تفاعل $Z = f(X)$ کی تیسری مثال لیتے ہیں جہاں آزاد متغیر X اور تابع متغیر Z کا تعلق جدول ۳.۶ میں پیش کیا گیا ہے۔

اس تفاعل کو بولین غنی کہتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ درحقیقت، تابع متغیر Z ، آزاد متغیر کا متمم ہے۔ یوں بولین غنی درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

(۳.۳)

$$Z = \overline{X}$$

(بولین غنی یا متمم)

بولین غنی صرف ایک آزاد متغیر کے لئے بیان کیا جاسکتا ہے، اور اس کی تعریف درج ذیل ہے۔

تعریف: بولین غنی آزاد متغیر کا متمم دیتا ہے۔

□

۳.۱.۴ منطقی بلا شرکت جمع

دو آزاد متغیرات کا ایسا بولین تفاعل جدول ۳.۷ میں دکھایا گیا ہے، جس کا تابع متغیر اس صورت 1 ہے جب صرف ایک آزاد متغیر 1 ہو۔ یہ دو متغیر بولین بلا شرکت جمع ہے۔ اس تصور کو متعدد آزاد متغیرات تک وسعت دے کر بیان کرتے ہیں۔

تعریف: طاق تعداد کے آزاد متغیرات 1 ہونے کی صورت میں بولین بلا شرکت کا تابع متغیر 1 ہوگا۔

□

تین آزاد متغیر بلا شرکت جمع تفاعل کو جدول ۸.۳ میں پیش کیا گیا ہے۔

A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

A	B	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

جدول ۳.۱۰: تین متغیر بولین ضد بلا شرکت جمع

جدول ۳.۹: دو متغیر منطقی ضد بلا شرکت جمع

دو اور تین آزاد متغیر بولین بلا شرکت کی مساوات درج ذیل ہوں گی۔

$$\begin{aligned} Z &= A \oplus B & (\text{دو آزاد متغیر بلا شرکت جمع}) \\ Z &= A \oplus B \oplus C & (\text{تین آزاد متغیر بلا شرکت جمع}) \end{aligned} \quad (۳.۴)$$

۳.۱.۵ منطقی ضد بلا شرکت جمع

بولین بلا شرکت جمع تفاعل کا ثقی (یعنی متمم) لینے سے بولین ضد بلا شرکت جمع حاصل ہوگا، جو دو اور تین آزاد متغیرات کے لئے درج ذیل لکھا جاتا ہے۔

$$\begin{aligned} Z &= \overline{A \oplus B} \\ Z &= \overline{A \oplus B \oplus C} \end{aligned} \quad (\text{تین متغیر منطقی ضد بلا شرکت جمع}) \quad (۳.۵)$$

جدول ۳.۷ اور جدول ۳.۸ میں تابع متغیر ثقی کرنے سے بالترتیب دو اور تین بولین ضد بلا شرکت تفاعل حاصل ہوں گے جنہیں جدول ۳.۹ اور جدول ۳.۱۰ میں پیش کیا گیا ہے۔

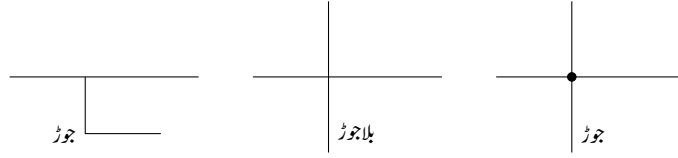
۳.۲ برقی تاروں میں جوڑ کی وضاحت

شکل ۳.۱ پر غور کریں جس میں برقی تاروں کے بیچ جوڑ کی وضاحت کی گئی ہے۔

جہاں ایک تار دوسری تار کے اوپر سے گزرتی ہو اور دونوں آپس میں جھڑی ہوں، وہاں جوڑ کے مقام پر نقطے کا نشان لگایا جاتا ہے۔ ایسی صورت میں انہیں ایک تار تصور کیا جائے۔

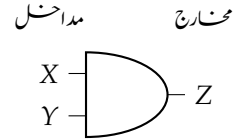
جہاں تاریں آپس میں جھڑی نہ ہوں وہاں انہیں بغیر نقطے کے نشان سے ایک دوسری کے اوپر سے گزرتا دکھایا جاتا ہے۔ نقطے کے نشان کی غیور موجودگی میں ان تاروں کو دو علیحدہ اور بلا جوڑ تاریں سمجھا جائے۔

تیسری صورت بھی شکل میں دکھائی گئی ہے جہاں عنط فنی کا امکان نہیں پایا جاتا۔ اس میں ایک تار کا سر دوسری تار پر ختم ہوتا ہے۔ ایسی صورت میں انہیں ایک تار تصور کیا جائے (یعنی یہ دونوں آپس میں جھڑی ہیں)۔



شکل ۳.۱: تاروں کے بیچ برقی جوڑ۔

X	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
Y	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0
Z	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0



شکل ۳.۳: ضرب گیٹ کی کارکردگی۔

شکل ۳.۲: دو مداحصل ضرب گیٹ۔

۳.۳ عددی گیٹ

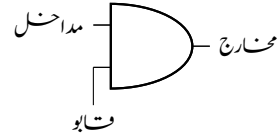
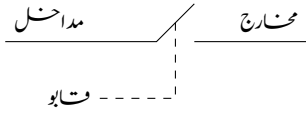
بوولین الجبرا کے تین اہم ترین تفاعل پر حصہ ۳.۱ میں غور کیا گیا۔ یہ تفاعلات عددی برقیات میں کلیدی کردار ادا کرتے ہیں، جہاں انہیں عددی ادوار کی مدد سے جامہ پہنایا جاتا ہے۔ یہ مخصوص عددی ادوار، عددی گیٹ کہلاتے ہیں۔

۳.۳.۱ ضرب گیٹ

منطقی (بوولین) ضرب تفاعل کو ضرب گیٹ سے عملی جامہ پہنایا جاتا ہے، جو شکل ۳.۲ میں دکھایا گیا ہے۔ آزاد متغیرات X اور Y، ضرب گیٹ کی بائیں جانب ہیں جبکہ تابع متغیر، Z، دائیں جانب ہے۔ آزاد متغیرات کو مداحصل جبکہ تابع متغیر کو مخارج کہتے ہیں۔ دو متغیر ضرب گیٹ (دو مداحصل ضرب گیٹ) کے دو مداحصل اور ایک مخارج ہوگا۔ یہ گیٹ، ضرب تفاعل کے جدول کو مطمئن کرتا ہے۔

شکل ۳.۳ میں دو مداحصل ضرب گیٹ کی کارکردگی ترسیم کی گئی ہے، جہاں 0 کو پست اور 1 کو بلند لکیر سے ظاہر کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ مخارج صرف اور صرف اس صورت بلند ہوتا ہے جب ضرب گیٹ کے تمام مداحصل بلند ہوں۔ ہم 0 کو پست اور 1 کو بلند بھی پکارتے ہیں۔ اس شکل میں مداحصل کو کسی خاص ترتیب سے تبدیل نہیں کیا گیا۔

ضرب گیٹ کو شکل ۳.۴ میں بطور عددی گیٹ یا عددی سوچ دکھایا گیا ہے جہاں ایک داخلي پنیہ کو فت ابو پنیہ کا نام دیا گیا ہے جبکہ دوسرے کو (اب بھی) مداحصل کہا گیا ہے۔ ضرب گیٹ کے جدول سے واضح ہے کہ جب تک فت ابو پنیہ 0 ہو، حارجی پنیہ 0 رہتا ہے۔ اس صورت میں مداحصل پر موجود مواد، حارجی پنیہ تک نہیں پہنچ سکتا، یعنی اس پر 0 یا 1 کا مخارج پر کوئی اثر نہیں ہوتا؛ ہم کہتے ہیں فت ابو پنیہ نے ضرب گیٹ کو معذور کر دیا۔ اس کے برعکس اگر فت ابو پنیہ 1 ہو تب حارجی پنیہ پر وہی کچھ ہوگا جو مداحصل پر ہوگا؛ ہم کہتے ہیں ضرب گیٹ محاذ کر دیا گیا ہے۔ فت ابو پنیہ پر ایک یا صفر سے داخلي اشارہ (مواد) کو حارجی پنیہ تک پہنچنا، ممکن یا ناممکن بنایا جاسکتا



شکل ۴: ضرب گیٹ بطور سوچ یا ایک بٹ گیٹ۔

	معدور			مجاز				معدور				
مداخل	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
مداخل	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0
مخرج	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0

شکل ۵: ضرب گیٹ کی کارکردگی۔

ہے۔ یوں یہ ایک دروازے کی طرح کام کرتا ہے، جس کی بنا پر یہ گیٹ کہلاتا ہے۔ وٹا بونپیا کو، معدور اور مجاز بنانے والا بونپیا بھی کہتے ہیں۔ شکل ۵: ۳ میں ضرب گیٹ کی کارکردگی دکھائی گئی ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ صرف مجاز صورت میں مواد مخرج تک پہنچ پاتا ہے؛ معدور صورت میں مخرج ہمیشہ پست رہے گا۔

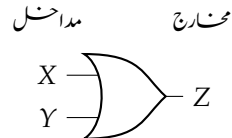
۳.۳.۲ جمع گیٹ

منطقی جمع (بولین جمع) تفاعل کو جمع گیٹ سے عملی جامع پہنایا جاتا ہے۔ دو مداخل جمع گیٹ شکل ۶: ۳ میں دکھایا گیا ہے۔ یہ گیٹ، جمع تفاعل کے جدول کو مطمئن کرتا ہے۔

جمع گیٹ کی کارکردگی شکل ۷: ۳ میں ترسیم کی گئی ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں، جمع گیٹ کا مخرج اس صورت بلند ہوگا جب کوئی مداخل بلند ہو۔

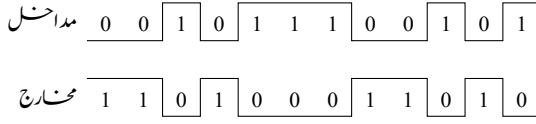
جمع گیٹ میں اگر ایک بونپیا کو وٹا بونپیا سمجھا جائے تو پست وٹا بونپیا، گیٹ کو مجاز بنا کر، داخلی مواد کو مخرج تک پہنچنے کی اجازت دیتا ہے، جبکہ بلند وٹا بونپیا کی صورت میں مخرج لازمًا بلند رہتا ہے۔

X	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
Y	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0
Z	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0

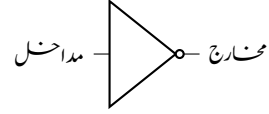


شکل ۷: ۳: جمع گیٹ کی کارکردگی۔

شکل ۶: ۳: دو مداخل جمع گیٹ۔



شکل ۹: منفی گیٹ کی کارکردگی۔



شکل ۸: منفی گیٹ

A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

شکل ۱۱: تین مداخل جمع گیٹ۔

A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

شکل ۱۰: تین مداخل ضرب گیٹ۔

۳.۳.۳ منفی گیٹ

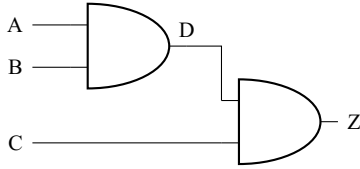
منفی تقاعسل کو منفی گیٹ سے عملی جامع پہنایا جاتا ہے، جس کی علامت شکل ۸.۳ میں دکھائی گئی ہے، اور جو مواد کو مخارج تک پہنچنے سے روک نہ پانے کے باوجود (منفی) ”گیٹ“ کہلاتا ہے۔ اس کی کارکردگی شکل ۹.۳ میں ترسیم کی گئی ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں، منفی گیٹ کا مخارج اس کے مداخل کا اُلٹ ہوگا۔ یہ گیٹ، منفی تقاعسل کے جدول کو مطمئن کرتا ہے۔

منفی تقاعسل ایک آزاد اور ایک تابع متغیر رکھتا ہے، لہذا منفی گیٹ کا ایک مداخل اور ایک مخارج ہوگا۔

۳.۳.۴ متعدد مداخل گیٹ

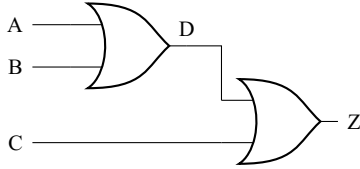
ضرب گیٹ اور جمع گیٹ کے متعدد مداخل ہو سکتے ہیں (تاہم، ان کا مخارج ایک ہوگا)۔ شکل ۱۰.۳ میں تین مداخل ضرب گیٹ اور جدول، اور شکل ۱۱.۳ میں تین مداخل جمع گیٹ اور جدول دکھائے گئے ہیں، جہاں A، B، اور C مداخل جبکہ Z مخارج ہے۔ ضرب گیٹ کا مخارج اس صورت بلند ہوگا جب تمام مداخل بلند ہوں، جبکہ جمع گیٹ کا مخارج اس صورت بلند ہوگا جب کوئی بھی مداخل بلند ہو۔

شکل ۱۲.۳ میں دو ضرب گیٹ یوں جوڑے گئے ہیں کہ ایک کا مخارج دوسرے کے مداخل سے جڑا ہے۔ ساتھ ہی اس دور کا پولین جدول دیا گیا ہے۔ پہلے جدول استعمال کیے بغیر اس دور کو سمجھنے کی کوشش کرتے ہیں۔ مخارج Z اس صورت بلند ہوگا جب دائیں گیٹ کے مداخل C اور D دونوں بلند ہوں لیکن D بلند ہونے کے لئے ضروری ہے کہ بائیں گیٹ کے مداخل A اور B دونوں بلند ہوں۔ یوں A، B اور C بلند ہونے کی صورت میں مخارج Z بلند ہوگا؛ یہی تین مداخل ضرب گیٹ کی خاصیت ہے۔



A	B	C	D	Z
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	0
1	0	1	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

شکل ۱۲: دو مداحل ضرب گیٹ سے تین مداحل ضرب گیٹ کا حصول۔



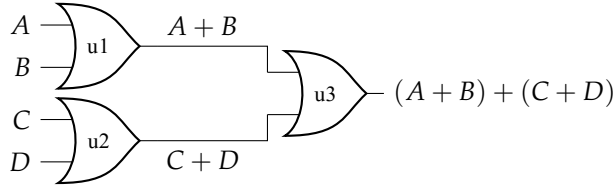
A	B	C	D	Z
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	1	1
1	0	0	1	1
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1

شکل ۱۳: دو مداحل جمع گیٹ سے تین مداحل جمع گیٹ کا حصول۔

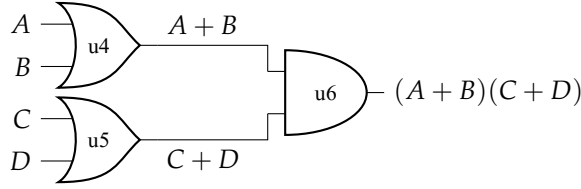
آئیں اب جدول کو سمجھتے ہیں۔ تین مداحل ABC کے حنائوں کو تین ہندسوں کے شنائی اعداد 000 تا 111 سے پڑ کریں۔ اس کے بعد بائیں ضرب گیٹ کے محارج D کے حنائے پڑ کریں۔ یاد رہے کہ یہ صرف A اور B پر منحصر ہے اور صرف اس صورت بلند ہوگا جب یہ دونوں بلند ہوں، جو آخری دو صفوں میں ہوگا۔ اس کے بعد دائیں ضرب گیٹ کے محارج Z کے حنائے پڑ کریں۔ یہ صرف C اور D پر منحصر ہے، اور بلند صرف اس صورت ہوگا جب یہ دونوں بلند ہوں۔

ان نتائج کا جدول ۳.۱۰ میں پیش تین مداحل ضرب گیٹ کے جدول کے ساتھ کریں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ شکل ۳.۱۲ میں دونوں ضرب گیٹ مل کر تین مداحل ضرب گیٹ کا کردار ادا کرتے ہیں۔ یوں دوداخلی ضرب گیٹوں کی مدد سے زیادہ مداحل کا ضرب گیٹ حاصل کیا جاسکتا ہے۔

شکل ۳.۱۳ میں دو مداحل جمع گیٹوں سے تین مداحل جمع گیٹ کا حصول دکھایا گیا ہے۔ یہاں Z صرف اس صورت پرست ہوگا جب دائیں گیٹ کے دونوں مداحل، C اور D، پرست ہوں لیکن D صرف اس صورت پرست ہو سکتا ہے جب بائیں گیٹ کے مداحل، A اور B، پرست ہوں۔ یوں Z صرف اس صورت پرست ہوگا جب A، B، اور C پرست ہوں، جو تین مداحل جمع گیٹ کی خاصیت ہے۔



(i)



(ب)

شکل ۳.۱۴: جمع اور ضرب گیٹ کے ادوار۔

جمع گیٹ اور ضرب گیٹ پر مبنی، شکل ۳.۱۴ میں دکھائے گئے ادوار کو مثال بن کر، عددی ادوار حل کرنا سیکھتے ہیں۔

شکل ۳.۱۴-الف سے آغاز کرتے ہیں جہاں گیٹوں کو $u1$ ، $u2$ ، اور $u3$ کے نام دیے گئے ہیں۔ جمع گیٹ $u1$ اور $u2$ کے حنارج پنے، جمع گیٹ $u3$ کے داخلی پیوں سے جڑے ہیں۔ چونکہ $u1$ کا محنارج $A+B$ اور $u2$ کا محنارج $C+D$ دیگا، لہذا $u3$ کا محنارج $(A+B) + (C+D)$ یعنی $A+B+C+D$ دیگا۔

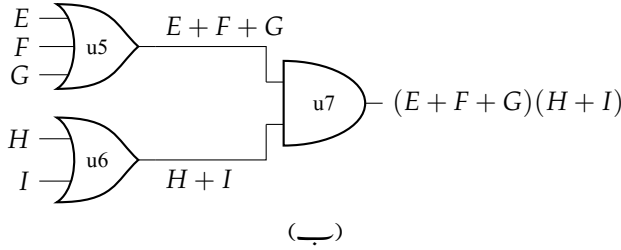
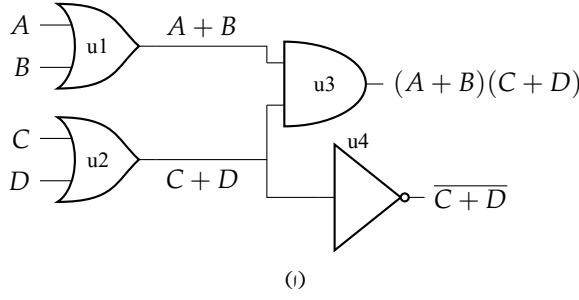
آئیں اب شکل ۳.۱۴-ب حل ہیں۔ یہاں $u4$ اور $u5$ کے محنارج بالترتیب $A+B$ اور $C+D$ دیں گے۔ چونکہ $u6$ ضرب گیٹ ہے، لہذا اس کا محنارج $(A+B)(C+D)$ دیگا۔

شکل ۳.۱۵-الف میں $u2$ کا محنارج $u3$ کے مداحل اور $u4$ کے مداحل کے ساتھ جڑا ہے۔ گیٹ $u1$ اور $u2$ کے محنارج بالترتیب $A+B$ اور $C+D$ ہیں۔ گیٹ $u3$ کا محنارج $(A+B)(C+D)$ اور $u4$ کا محنارج $\overline{C+D}$ ہوگا۔

آپ شکل ۳.۱۵-ب کا حل، شکل کو دیکھ کر سمجھ سکتے ہیں۔

۳.۳.۵ ضرب متمم گیٹ اور جمع متمم گیٹ

شکل ۳.۱۶-الف میں تین مداحل ضرب گیٹ کا محنارج ABC ہوگا، جو منفی گیٹ کا مداحل ہے، لہذا منفی گیٹ کا محنارج $Z = \overline{ABC}$ ہوگا۔ ضرب گیٹ کے محنارج کا متمم اتنی اہمیت رکھتا ہے کہ اس کے لئے علیحدہ گیٹ بنایا گیا ہے، جسے ضرب متمم گیٹ (یا ضرب گیٹ) کہتے ہیں اور جو شکل-ب میں (تین مداحل کے لئے) دکھایا گیا ہے۔ ضرب گیٹ کے جدول کا متمم لینے سے ضرب متمم گیٹ کا جدول حاصل ہوگا جو اسی شکل میں پیش کیا گیا ہے۔



شکل ۱۵: گیتوں کا دوسرا دور۔

دو مداحل ضرب متمم گیت کی مساوات درج ذیل ہوگی، جہاں X اور Y مداحل جبکہ Z محسارج ہے۔

$$(۳.۶) \quad Z = \overline{XY} = \overline{X} + \overline{Y} \quad (\text{ضرب متمم})$$

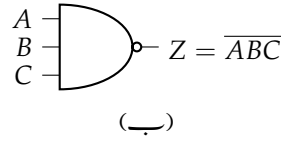
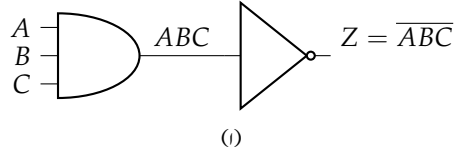
شکل ۱۷-۳ الف میں تین مداحل جمع گیت کا محسارج $A + B + C$ ہوگا، جو نفی گیت کا مداحل ہے، لہذا نفی گیت کا محسارج $Z = \overline{A + B + C}$ ہوگا۔ جمع گیت کے محسارج کا متمم اتنی اہمیت رکھتا ہے کہ اس کے لئے علیحدہ گیت بنایا گیا ہے، جسے جمع متمم گیت (یا ضد جمع گیت) کہتے ہیں اور جو شکل-ب میں (تین مداحل کے لئے) دکھایا گیا ہے۔ جمع گیت کے جدول کا متمم لینے سے جمع متمم گیت کا جدول حاصل ہوگا جو اسی شکل میں پیش کیا گیا ہے۔

دو مداحل جمع متمم گیت کی مساوات درج ذیل ہوگی، جہاں X اور Y مداحل جبکہ Z محسارج ہے۔

$$(۳.۷) \quad Z = \overline{\overline{X} + \overline{Y}} = \overline{X} \cdot \overline{Y} \quad (\text{جمع متمم})$$

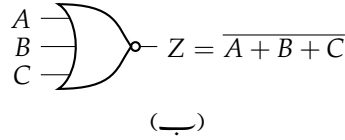
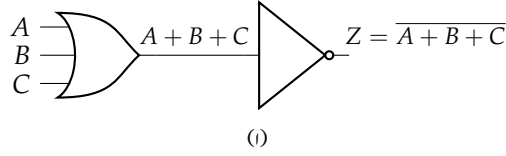
شکل ۱۸-۳ میں ضرب متمم اور جمع متمم گیت سے نفی گیت کا حصول دکھایا گیا ہے۔ ضرب متمم کے دونوں مداحل کو آپس میں جوڑا گیا ہے، لہذا دونوں مداحل پر X ہوگا۔ یوں محسارج $Z = \overline{X} \cdot \overline{X}$ یعنی $Z = \overline{X}$ ہوگا؛ یہاں اس حقیقت کو استعمال کیا گیا ہے کہ اگر $X = 0$ ہو تب $X \cdot X = 0$ ہوگا، اور اگر $X = 1$ ہو تب $X \cdot X = 1$ ہوگا؛ لہذا $X \cdot X = X$ لکھا جاسکتا ہے۔ نفی گیت کا محسارج بھی یہی ($Z = \overline{X}$) دیگا، لہذا ضرب متمم گیت کے دونوں مداحل آپس میں جوڑنے سے نفی گیت کی کارکردگی حاصل ہوگی۔ اسی طرح (تسلی کر لیں کہ) جمع گیت کے مداحل آپس میں جوڑنے سے بھی نفی گیت حاصل ہوگا۔

A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

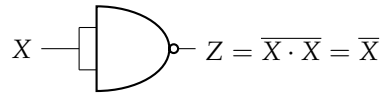
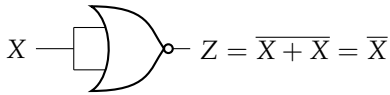


شکل ۱۶: ضرب، متمم گیت یا ضد ضرب گیت۔

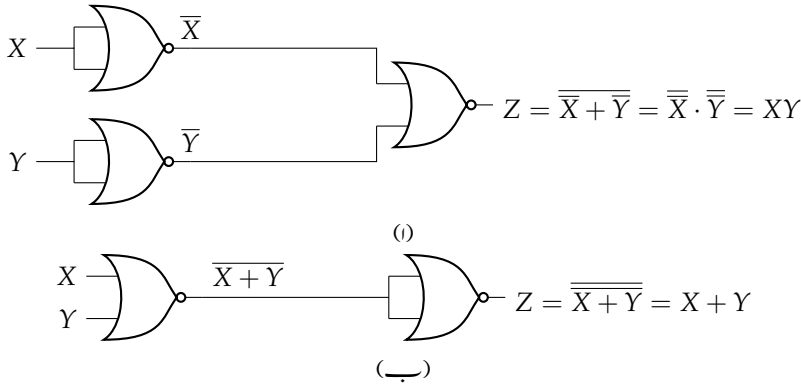
A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0



شکل ۱۷: جمع، متمم گیت یا ضد جمع گیت۔



شکل ۱۸: ضرب، متمم اور جمع متمم گیت سے منفی گیت کا حصول۔



شکل ۳.۱۹: جمع متمم سے (ا) ضرب گیٹ اور (ب) جمع گیٹ کا حصول۔

شکل ۳.۱۹-الف میں تین جمع متمم گیٹ یوں جوڑے گئے ہیں کہ $Z = XY$ حاصل ہو، جو ضرب گیٹ کی کارکردگی ہے۔ یوں جمع متمم گیٹوں سے ضرب گیٹ حاصل ہوگا۔

شکل ۳.۱۹-ب میں جمع گیٹ کا حصول دکھایا گیا ہے۔ اس کا محارج $Z = X + Y$ ہے۔

شکل ۳.۲۰ میں ضرب متمم گیٹ سے (ا) جمع گیٹ اور (ب) ضرب گیٹ کا حصول دکھایا گیا ہے۔

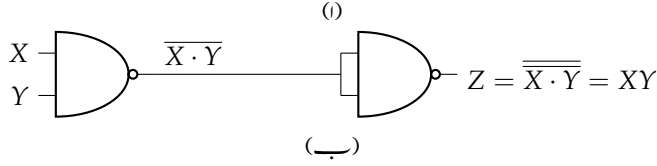
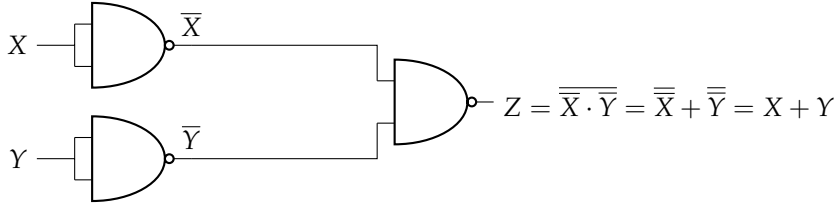
۳.۳.۶ بلا شرکت جمع گیٹ اور بلا شرکت جمع متمم گیٹ

بلا شرکت جمع تفعل کو بلا شرکت جمع گیٹ سے حاصل کیا جاتا ہے جس کا جدول اور علامت، شکل ۳.۲۱-الف میں پیش کیے گئے ہیں۔ اسی طرح بلا شرکت جمع متمم (یا ضد بلا شرکت جمع) تفعل کو بلا شرکت جمع متمم گیٹ (یعنی ضد بلا شرکت جمع گیٹ) کی مدد سے حاصل کیا جاتا ہے جس کا جدول اور علامت، شکل-ب میں پیش کیے گئے ہیں۔

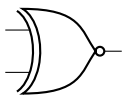
بلا شرکت جمع گیٹ کے محارج کے ساتھ نفی گیٹ منسلک کرنے سے بلا شرکت جمع متمم گیٹ حاصل کیا جاسکتا ہے۔ بلا شرکت جمع گیٹ کی کارکردگی شکل ۳.۲۲ میں دکھائی گئی ہے، جہاں X اور Y مداحل جبکہ Z محارج ہے۔

تین مداحل بلا شرکت جمع گیٹ کا محارج حاصل کرنے کے لئے اس کے کسی دو مداحل کا بلا شرکت جمع حاصل کریں اور حاصل جواب کا تیسرے مداحل کے ساتھ بلا شرکت جمع لیں۔ یہی بلا شرکت جمع ہوگا۔ متعدد مداحل بلا شرکت جمع گیٹ کا محارج اس صورت میں ہوگا جب بلند مداحل کی تعداد طاق ہو۔

آپ سے گزارش ہے کہ مذکورہ بالا تفعلات اور گیٹوں کو اچھی طرح سمجھیں اور ذہن نشین کریں۔

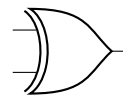


شکل ۳.۲۰: ضرب متمم سے (i) جمع گیٹ اور (ب) ضرب گیٹ کا حصول۔



A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

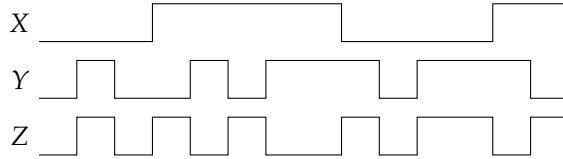
(ب)



A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

(i)

شکل ۳.۲۱: (i) بلا شرکت جمع گیٹ اور (ب) بلا شرکت جمع متمم گیٹ۔



شکل ۳.۲۲: بلا شرکت جمع گیٹ کی کارکردگی۔

۳.۴ گیتوں کے برقی خواص

گیٹ (کا مخارج) اس صورت بلند تصور کیا جاتا ہے جب اس (کے مخارج پنی) کا مخارجی دباؤ ایک مخصوص قیمت یا اس سے زیادہ ہو۔ یہ قیمت بلند مخارجی برقی دباؤ V_{OH} کہلاتی ہے۔ بلند صورت میں گیت مخارج پنیے پر ایک مخصوص قیمت تک برقی رو مخارج (مہیا) کر سکتا ہے، جو گیت کا بلند مخارجی برقی رو I_{OH} کہلاتا ہے۔

گیٹ (کا مخارج) اس صورت پست تصور کیا جاتا ہے جب اس (کے مخارج پنی) کا مخارجی دباؤ ایک مخصوص قیمت یا اس سے کم ہو۔ یہ قیمت پست مخارجی برقی دباؤ V_{OL} کہلاتی ہے۔ پست گیت، مخارج پنیے پر ایک مخصوص قیمت تک برقی رو جذب کر سکتا ہے، جو گیت کا پست مخارجی برقی رو I_{OL} کہلاتا ہے۔

گیٹ ایک مخصوص قیمت اور اس سے زیادہ داخل برقی دباؤ کو بلند تصور کرتا ہے۔ اس برقی دباؤ کو بلند داخل برقی دباؤ V_{IH} کہتے ہیں۔ گیت کے کسی ایک مد داخل کو بلند کرنے کی خاطر درکار برقی رو کو بلند داخل برقی رو I_{IH} کہتے ہیں۔

گیٹ ایک مخصوص قیمت اور اس سے کم داخل برقی دباؤ کو پست تصور کرتا ہے۔ اس قیمت کو پست داخل برقی دباؤ V_{IL} کہتے ہیں۔ گیت کے کسی ایک مد داخل کو پست کرنے کی خاطر درکار برقی رو کو پست داخل برقی رو I_{IL} کہتے ہیں۔

گیتوں کو آپس میں برقی تاروں سے جوڑا جاتا ہے۔ کبھی کبھار ان تاروں میں، بجائے استعمال پر پائے جانے والے تغیر پذیر برقی و مقناطیسی میدان کی وجہ سے، غیر ضروری اور ناپسندیدہ برقی دباؤ پیدا ہوتا ہے جسے برقی شور کہتے ہیں۔ ایک گیت کے پست مخارجی برقی دباؤ کے ساتھ یہ شور جمع ہو کر اگلے گیت کے پست داخل برقی دباؤ سے تباہ کر سکتا ہے۔ اسی طرح برقی شور بلند مخارجی برقی دباؤ سے نفی ہو کر بلند داخل برقی دباؤ سے کم ہو سکتا ہے۔ ان دونوں صورتوں میں اگلا گیت غیر متوقع نتائج دے گا۔

بلند مخارجی برقی دباؤ کی قیمت، بلند داخل برقی دباؤ کی قیمت سے زیادہ ہوتی ہے۔ ان کے مفرق کو بلند شور گنجائش V_{NH} کہتے ہیں (شکل ۳.۲۳، دیکھیں)۔

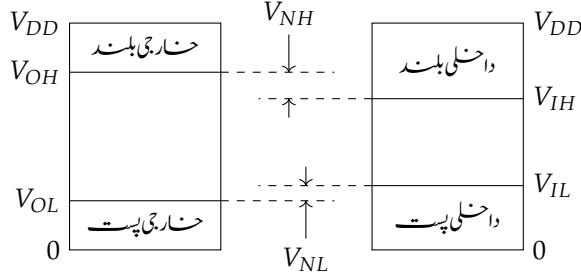
$$(۳.۸) \quad V_{NH} = V_{OH} - V_{IH}$$

پست مخارجی برقی دباؤ کی قیمت، پست داخل برقی دباؤ کی قیمت سے کم ہوتی ہے۔ ان کے مفرق کو پست شور گنجائش V_{NL} کہتے ہیں۔

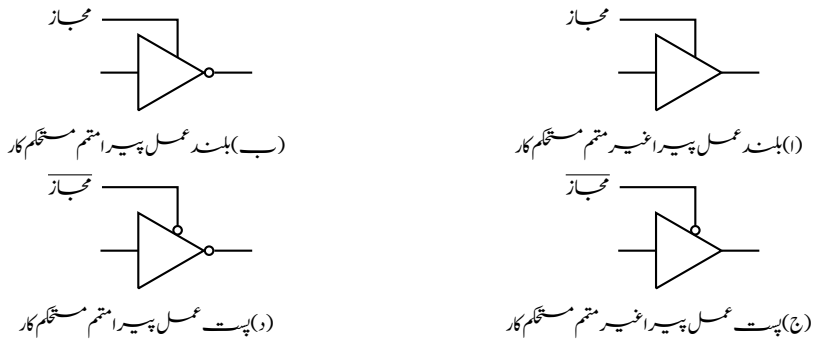
$$(۳.۹) \quad V_{NL} = V_{IL} - V_{OL}$$

شکل ۳.۲۳ میں V_{DD} گیت کو مہیا کردہ برقی دباؤ ہے جسے اس کتاب میں مثبت پانچ وولٹ (5 V) تصور کیا گیا ہے جبکہ 0 سے مراد مضمر وولٹ برقی دباؤ (یعنی برقی زمین) ہے۔

پست داخل برقی دباؤ اور بلند داخل برقی دباؤ کے بیچ سمیت (V_{IH} تا V_{IL}) معنی نہیں رکھتا اور غیر متوقع صورت پیدا کر سکتا ہے، لہذا عددی اشارات اس خط کو استعمال نہیں کرتے۔ گیت اپنے مخارج کو تب تک بلند رکھ سکتا ہے جب تک یہ (اپنی) بلند مخارجی برقی رو حد یا اس سے کم برقی رو مہیا کرتا ہو۔ اسی طرح گیت اپنے مخارج کو تب تک پست رکھ سکتا ہے جب تک گیت (اپنی) پست مخارجی برقی رو حد یا اس سے کم رو جذب کرے۔ ایسے مقام پر جہاں گیت ان حدود کے اندر رہ سکے، ایسا توانا گیت نسب کیا جائے گا جو زیادہ برقی رو مخارج یا (اور) جذب کر سکے۔ یہ توانا گیت، مستحکم کار کہلاتا ہے، جس پر اب غور کرتے ہیں۔



شکل ۳.۲۳: شور کی گنجائش کا تخمینہ۔

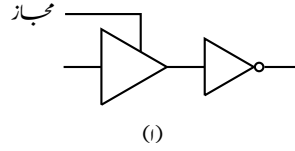
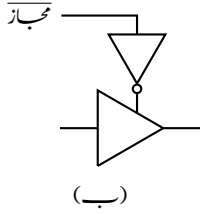


شکل ۳.۲۴: محباز و معذور صلاحیت کے مستحکم کار۔

۳.۴.۱ مستحکم کار

جیسا ذکر ہو، مستحکم کار وہ توانا گیٹ ہے جو زیادہ برقی رو خارج اور جذب کر سکتا ہے۔ اسے عموماً اس معیار پر نسب کیا جاتا ہے جہاں درکار برقی رو عام گیٹ کے برقی رو کی حدود سے تجاوز کرتا ہو۔ عموماً مستحکم کار محباز و معذور ہونے کی صلاحیت بھی رکھتا ہے۔

مستحکم کار کی مختلف اقسام کی علامتیں شکل ۳.۲۴ میں دکھائی گئی ہیں۔ محباز کردہ مستحکم کار، داخلی مواد کو خارج کرتا ہے جبکہ معذور کردہ مستحکم کار منقطع سوچ کی طرح دونوں اطراف کے ادوار منقطع کرتا ہے۔ معذور مستحکم کار ”زیادہ رکاوٹی حال“ اختیار کرتے ہوئے 0 اور 1 خارج کرتا ہے۔ زیادہ رکاوٹی حال کو ہم بلند رکاوٹی حال کہتے ہیں۔ آپ جانتے ہیں کہ عام گیٹ مثلاً جمع گیٹ یا ضرب گیٹ کا محباز لازمًا بلند یا پست ہوگا۔ ہم کہتے ہیں یہ گیٹ دو حال یا دو حال ہیں، یعنی ان کے دو حال (بلند حال اور پست حال) ممکن ہیں۔ محباز و معذور صلاحیت کا مستحکم کار تین مختلف حال



شکل ۳.۲۵: نفی گیٹ استعمال کرنے سے دیگر مستحکم کار حاصل کیے جاتے ہیں۔

(بلند حال، پست حال اور بلند رکاوٹی حال) میں ہو سکتا ہے لہذا یہ سہ **حالیہ** یا سہ **حالیہ** کہلاتے گا۔ محراز و معذور صلاحیت کے مستحکم کار بطور برقی سوچ کام کرتے ہیں۔ شکل ۳.۲۴-۱ اور ب کے مستحکم کار کو منقطع کرنے کی خاطر ”محراز“ کو پست کیا جائے گا، جبکہ اسے بلند کرنے سے مستحکم کار محراز ہو کر مداحصل کے مواد کو محراز تک پہنچائے گا۔ شکل ج اور د میں مستحکم کار کے محراز کو مداحصل سے منقطع کرنے کی خاطر محراز برقی اشارہ کو بلند کیا جائے گا، جبکہ انہیں جوڑنے کی خاطر اس برقی اشارے کو پست کیا جائے گا۔ مزید، شکل ب اور د میں محراز پر داخل اشارے کا متم حاصل ہوگا۔ انہیں وجوہات کی بنا پر شکل ۳.۲۴-۱ کا دور بلند **عمل** پیرا غیر متم مستحکم کار^۲، شکل-ب بلند **عمل** پیرا متم مستحکم کار^۵، شکل-ج پست **عمل** پیرا غیر متم مستحکم کار^۶، اور شکل-د پست **عمل** پیرا متم مستحکم کار^۷ کہلاتے ہیں۔

شکل ۳.۲۴-۱ الف کے مستحکم کار کے محراز کو نفی گیٹ سے منسلک کر کے شکل-ب کا مستحکم کار حاصل ہوگا (شکل ۳.۲۵-الف دیکھیں) جس کا محراز داخلی اشارے کا متم ہوگا۔ اسی طرح شکل ۳.۲۴-الف کے فتاوا اشارہ (محراز) سے پہلے نفی گیٹ نسب کرنے سے شکل-ج حاصل ہوگا (شکل ۳.۲۵-ب دیکھیں)۔ شکل ۳.۲۴-الف کے فتاوا اشارہ (محراز) سے پہلے اور محراز کے بعد نفی گیٹ نسب کرنے سے شکل-د حاصل ہوگا۔

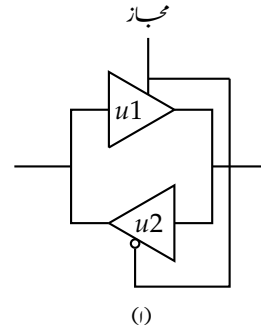
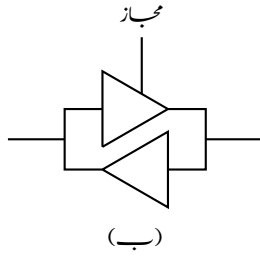
بلند عمل پیرا غیر متم مستحکم کار (شکل ۳.۲۴-الف) کی کارکردگی جدول ۳.۱۱-الف میں پیش کی گئی ہے۔ غیر محراز مستحکم کار کا محراز ”بلند رکاوٹی حال“ میں ہوگا۔ جدول-الف کی اولین دو صف اس صورت کو ظاہر کرتی ہیں؛ چونکہ غیر محراز حال میں مداحصل کی قیمت نتائج پر اثر انداز نہیں ہوتی، انہیں جدول میں x سے ظاہر کیا جاتا ہے (جدول-ب دیکھیں)؛ جہاں x ”غیر دلچسپ“ قیمتوں کو ظاہر کرتا ہے (جن کا 0 یا 1 ہونے کا کوئی اثر نہیں پایا جاتا)۔

جدول سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ”محراز“ کو پست (0) کرنے سے مستحکم کار بلند رکاوٹی حال اختیار کر کے، محراز سے

tri-state^۲
activehighnoninvertingbuffer^۲
activehighinvertingbuffer^۳
activelownoninvertingbuffer^۴
activelowinvertingbuffer^۵

جدول ۱۱.۳: بلند عمل پیرا غیر متمم مستحکم کار کی کارکردگی۔

(ب)			(۱)		
مخارج	مداحصل	مخارج	مخارج	مداحصل	مخارج
0	x	بلند رکاوٹی حال	0	0	بلند رکاوٹی حال
1	0	0	0	1	بلند رکاوٹی حال
1	1	1	1	0	0
			1	1	1



شکل ۲۶.۳: دو طرف مستحکم کار۔

حبڑے ادوار پر کسی قسم کا اثر نہیں رکھتا۔ مخارج بلند (1) کرنے سے مخارج پروبی مواد خارج ہوگا جو مداحصل پر مہیا کیا جائے۔

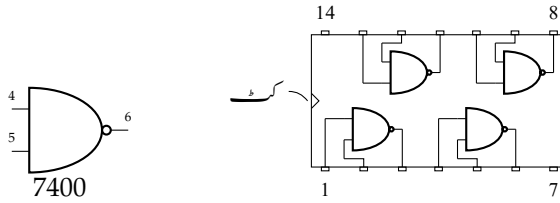
مستحکم کار داحصل جانب سے خارجی جانب مواد منتقل کرتا ہے۔ جہاں دو ادوار کے مابین دونوں جانب مواد کی ترسیل درکار ہو، وہاں دو مستحکم کار آپس میں متوازی الٹ جوڑے جاتے ہیں، شکل ۲۶.۳-الف دیکھیں۔ اس کو دو طرف مستحکم کار کہتے ہیں۔ شکل-ب میں اس کی علامت پیش کی گئی ہے۔ بلند ”مخارج“ کی صورت میں $u1$ مخارج اور $u2$ معذور ہوگا بلکہ مواد بائیں سے دائیں منتقل ہوگا، جبکہ پست ”مخارج“ کی صورت میں $u2$ مخارج اور $u1$ معذور ہوگا بلکہ مواد دائیں سے بائیں منتقل ہوگا۔

اسی طرح متمم دو طرف مستحکم کار بھی بنایا جاتا ہے، جو مواد کا متمم خارج کرے گا۔

مستحکم کار اور متمم مستحکم کار کے مداحصل آپس میں جوڑنے سے ان کے مخارج پر تضاد حاصل کیے جاسکتے ہیں؛ شکل ۲۶.۳-الف دیکھیں۔ شکل-ب میں اس کی علامت پیش کی گئی ہے۔



شکل ۳.۲: اشارہ اور اشارے کا متمم دیتا مستحکم کار۔



شکل ۳.۲۸: مخلوط دور 7400

۳.۴.۲ مخلوط ادوار

عام دستیاب ضرب متمم گیٹ شکل ۳.۲۸ میں دکھایا گیا ہے۔ برقیاتی ادوار، عموماً، اسی طرح ڈبلی میں بسند دستیاب ہوں گے جنہیں مخلوط دور کہتے ہیں۔ مخلوط ادوار پر مخلوط دور کا اعدادی نام مثلاً 7400 درج ہوگا؛ اس عدد کے ہندسوں کے بیچ یا اطراف پر حروف بھی ہوں گے جو اضافی معلومات فراہم کرتے ہیں۔ ساتھ ہی ڈبلی پر دوسرا عدد مخلوط دور تیار کرنے کی تاریخ دے گا۔ مثلاً یہاں دوسرے عدد کے مطابق یہ مخلوط دور سن 1976 کے پینتالیسویں (45) ہفتے میں کارخانے میں تیار کیا گیا۔ جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے، اس مخلوط دور میں چار ضرب متمم گیٹ موجود ہیں۔

ڈبلی پر ”کٹ“ کے نشان سے گھڑی مخالف رخ پینے گئے جاتے ہیں۔ گیٹ کی علامت میں پینے پر لکھا عدد ڈبلی میں اس پینے کا مقام دیتا ہے۔ یوں گیٹ کے خارجی پینے پر 6 اس پینے کا ڈبلی میں مقام دیتا ہے۔ گیٹ کا خانہ کہ بناتے وقت اس کے قریب مخلوط دور کا نام (یا نمبر جو یہاں 7400 ہے) بھی لکھا جاتا ہے۔

چند مخلوط ادوار درج ذیل ہیں۔

نام	گیٹ	ڈبی میں گیٹوں کی تعداد
7400	دومدا حمل ضرب متمم	4
7402	دومدا حمل جمع متمم	4
7404	نفی	6
7406	متمم مستحکم کار	6
7408	دومدا حمل ضرب	4

مشق ۱.۳: انٹرنیٹ سے مندرجہ بالا تمام مخلوط ادوار کے معلوماتی صفحات^۸ حاصل کریں اور ان میں علیحدہ علیحدہ گیٹوں کے مقام دریافت کریں۔ معلوماتی صفحات میں بکشرت مواد موجود ہوگا جنہیں دیکھ کر پریشان مت ہوں۔

آپ نے کئی مخلوط ادوار جدول ۳.۲۸ میں دیکھے جن کے نمبر 74 سے شروع ہوئے۔ دراصل 74xx مخلوط ادوار کا ایک سلسلہ ہے جس میں جیسے جیسے نئے ادوار بنائے گئے، انہیں شامل کیا گیا۔ ان اعداد (74xx) کا از خود کوئی مطلب نہیں۔ اسی طرح کا دوسرا سلسلہ 40xx پکارا جاتا ہے، جس میں تمام مخلوط ادوار کے نمبر 40 سے شروع ہوتے ہیں۔

مخلوط ادوار سے کارکردگی حاصل کرنے کے لئے ان کو برقی دباؤ مہیا کرنا لازم ہے۔ سلسلہ 7400 کے تمام مخلوط ادوار مثبت یک سمتی پانچ وولٹ (5 V) پر کام کرتے ہیں۔ شکل ۳.۲۸ میں دکھائے گئے مخلوط دور کو یک سمتی برقی دباؤ پینا سات (7) اور چودہ (14) پر مہیا کیا جائے گا، جہاں پینا 14 مثبت ہوگا۔ جن دوپنیوں پر مخلوط دور کو برقی طاقت مہیا کی جاتی ہے، انہیں طاقت پنیے کہتے ہیں۔

مشق ۲.۳: انٹرنیٹ سے سلسلہ 40xx میں دستیاب چارمدا حمل ضرب گیٹ مخلوط دور کا نمبر دریافت کریں۔ اس مخلوط دور کو کتنا برقی دباؤ درکار ہوگا؟

۳.۵ بوولین تفاعل کا تخمینہ

منطقی ضرب، جمع، نفی تفاعل کے جدول آپ نے دیکھے۔ منطقی تفاعل کے جدول کو اس کتاب میں منطقی جدول کہا جائے گا۔ منطقی تفاعل کا تخمینہ لگانے میں منطقی جدول نہایت کارآمد ثابت ہوگا۔ بوولین تفاعل کا تخمینہ

لگاتے وقت (اس کے) آزاد بولین متغیرات کی تمام ممکن قیمتوں کو ترتیب وار لکھ کر تفاعل حل کیا جائے گا۔

۳.۵.۱ بولین تفاعل کا تخمینہ

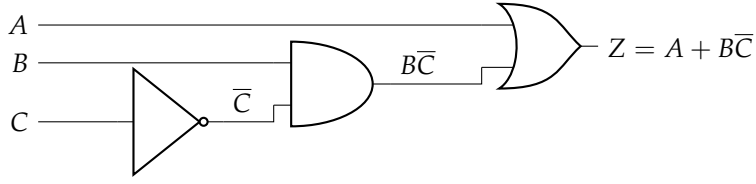
بولین تفاعل کا تخمینہ لگانے کی خاطر ہم بولین تفاعل $Z = A + B\bar{C}$ کو مثال لیتے ہیں۔ اس تفاعل کے تین آزاد متغیرات ہیں، لہذا تین ہندسوں کے تمام شنائی اعداد لکھ کر آزاد متغیرات کی تمام ممکن ترتیب کا جدول لکھتے ہیں۔

A	B	C
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

تفاعل میں C کی بجائے \bar{C} استعمال ہوا ہے، لہذا جدول میں \bar{C} خانہ شامل کرتے ہیں۔ پہلی صف میں $ABC = 000$ ہے؛ یوں C کی قیمت 0 لہذا \bar{C} کی قیمت 1 ہوگی، جس کو نئی قطار میں بطور پہلا حسبِ درج کرتے ہیں۔ یاد رہے کہ C اور \bar{C} ایک ہی متغیرہ کے دو پہلو ہیں، لہذا متغیرات کی تعداد تین رہے گی۔

A	B	C	\bar{C}
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

تفاعل کی قیمت حاصل کرنے کی خاطر B اور \bar{C} کا منطقی ضرب $B\bar{C}$ درکار ہے، لہذا صف در صف B اور \bar{C} کی (مطابقتی قیمتوں کی) منطقی ضرب لے کر نئی قطار میں (مطابقتی صف میں) درج کرتے ہیں۔

شکل ۳.۲۹: تفاعل $A + B\bar{C}$ کو عددی دور۔

A	B	C	\bar{C}	$B\bar{C}$
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0

اب بوولین تفاعل $A + B\bar{C}$ کی قیمت حاصل کرتے ہیں۔ جدول میں ایک نیا خانہ شامل کرتے ہیں، جس میں A اور $B\bar{C}$ کا منطقی جمع درج کیا جائے گا۔

A	B	C	\bar{C}	$B\bar{C}$	$A + B\bar{C}$
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	0	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	0	1

اس جدول میں دایاں خانہ (قطار) دیے گئے بوولین تفاعل کی قیمت دیتا ہے۔ یہ آزاد متغیرات کی تین ممکنہ قیمتوں کے لئے 0 اور باقی تمام کے لئے 1 کے برابر ہے۔ اس تفاعل کا منطقی گیتوں کے ذریعہ حصول شکل ۳.۲۹ میں دکھایا گیا ہے۔

درج بالا جدول میں کسی بھی صف میں A، B، اور C کی قیمتیں اس دور (شکل ۳.۲۹) کو مہیا کرنے سے دور، اسی صف میں دی گئی، تفاعل کی قیمت دے گا۔ یوں پہلی صف میں $A = 0$ ، $B = 0$ ، اور $C = 0$ کے لئے دور $Z = 0$ دے گا۔ تیسری صف میں $A = 0$ ، $B = 1$ ، اور $C = 0$ ہیں جن کے لئے، عین جدول کے مطابق، $Z = 1$ حاصل ہوگا۔

۳.۶ قوسین میں بند بولین تفاعل

روزمرہ الجبرا کی طرح بولین الجبرا میں بھی قوسین میں بند تفاعل پہلے حل کئے جاتے ہیں۔

مثال ۳.۱: تفاعل $\overline{A} + B(\overline{B} + A)$ حل کریں۔

حل: تفاعل میں دو آزاد متغیرات ہیں لہذا دو ہندسوں پر مسبئی شنائی گسختی لکھ کر آزاد متغیرات کی تمام ترتیب حاصل ہوں گی۔

A	B
0	0
0	1
1	0
1	1

تفاعل میں دونوں متغیرات کے متمم استعمال ہوئے ہیں لہذا جدول میں ان کے خانے بناتے ہیں۔

A	B	\overline{A}	\overline{B}
0	0	1	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	0	0

اب قوسین میں بند حصہ $(\overline{B} + A)$ کا خانہ بناتے ہیں۔

A	B	\overline{A}	\overline{B}	$(\overline{B} + A)$
0	0	1	1	1
0	1	1	0	0
1	0	0	1	1
1	1	0	0	1

اس کے ساتھ $B(\overline{B} + A)$ کا خانہ بناتے ہیں۔ یہ خانہ جدول میں دیے $(\overline{B} + A)$ اور B کے مطابقتی اجزاء کی منطقی ضرب سے حاصل ہوگا۔

A	B	\overline{A}	\overline{B}	$(\overline{B} + A)$	$B(\overline{B} + A)$
0	0	1	1	1	0
0	1	1	0	0	0
1	0	0	1	1	0
1	1	0	0	1	1

اب ہم مکمل بولین تفسیر کی قیمت حاصل کر سکتے ہیں۔ تفسیر $\bar{A} + B(\bar{B} + A)$ حاصل کرنے کی خاطر $B(\bar{B} + A)$ اور \bar{A} کا منطقی جمع حاصل کرنا ہوگا۔

A	B	\bar{A}	\bar{B}	$(\bar{B} + A)$	$B(\bar{B} + A)$	$\bar{A} + B(\bar{B} + A)$
0	0	1	1	1	0	1
0	1	1	0	0	0	1
1	0	0	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1	1

□

۳.۷. بولین الجبرا کے بنیادی قوانین

بولین الجبرا کے پانچ بنیادی قوانین مندرجہ ذیل ہیں۔

۱ اگر $X \neq 0$ ہو تب $X = 1$ ہوگا، اور

۲ اگر $X \neq 1$ ہو تب $X = 0$ ہوگا۔

۳ منطقی جمع

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 1$$

۴ منطقی ضرب

$$0 \cdot 0 = 0$$

$$0 \cdot 1 = 0$$

$$1 \cdot 0 = 0$$

$$1 \cdot 1 = 1$$

۵ منطقی منفی

$$\bar{0} = 1$$

$$\bar{1} = 0$$

جدول ۳.۱۲: بولین الجبرا کے چند بنیادی قوانین۔

(ب) دوسرا پہلو۔		(۱) پہلا پہلو۔	
شِق	مساوات	شِق	مساوات
1	$1 + X = 1$	1	$0 \cdot X = 0$
2	$0 + X = X$	2	$1 \cdot X = X$
3	$X + \bar{X} = 1$	3	$X \cdot \bar{X} = 0$
4	$X + X = X$	4	$X \cdot X = X$
5	$X + Y = Y + X$	5	$X \cdot Y = Y \cdot X$
6	$(X + Y) + Z = X + (Y + Z)$	6	$(X \cdot Y) \cdot Z = X \cdot (Y \cdot Z)$
7	$X(X + Y) = X$	7	$X + XY = X$
8	$X + XY = X$	8	$X(X + Y) = X$
9	$XY + XZ = X(Y + Z)$	9	$(X + Y)(X + Z) = X + YZ$
10	$X(\bar{X} + Y) = XY$	10	$X + \bar{X}Y = X + Y$
11	$(X + Y)(Y + Z)(\bar{Y} + Z) = (X + Y)Z$	11	$XY + YZ + \bar{Y}Z = XY + Z$
12	$X + YZ = (X + Y)(X + Z)$	12	$X(Y + Z) = XY + XZ$
13	$\bar{\bar{X}} = X$	13	$\bar{\bar{X}} = X$

اگرچہ یہ پانچ قوانین نہایت سادہ معلوم ہوتے ہیں، ان سے مکمل بولین الجبرا اخذ کیا جاسکتا ہے۔ بولین الجبرا کے چند قوانین جدول ۳.۱۲-الف اور ب میں پیش کیے گئے ہیں۔ یہ تمام درج بالا پانچ بنیادی قوانین سے اخذ کیے جاسکتے ہیں۔

بولین مساوات ثابت کرنے کا ایک اہم طریقہ بولین جدول سے اخذ کرنے کا طریقہ کہلاتا ہے۔ آئیں، درج بالا میں سے چند قوانین اس طریقہ سے حاصل کریں۔

مثال ۳.۲: جدول ۳.۱۲-الف کی شِق 1 کو بولین جدول کی مدد سے ثابت کریں۔

حل: اس شِق کے بائیں ہاتھ، X واحد متغیر ہے۔ اس کے بولین جدول میں دو اندراج 0 اور 1 ہوں گے، جو ایک ہندسی ثنائی عدد کی تمام ممکنہ قیمتیں ہیں۔

$$\begin{array}{c} \overline{X} \\ 0 \\ 1 \end{array}$$

اس میں $0 \cdot X$ کا خائن شامل کرتے ہیں، جس میں $0 \cdot 0 = 0$ اور $0 \cdot 1 = 0$ درج ہوں گے۔

$$\begin{array}{c|c} X & 0 \cdot X \\ \hline 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{array}$$

□ اس جدول کی دائیں قطار کہتی ہے کہ $0 \cdot X$ ہمیشہ 0 ہوگا۔ ہم یہی ثابت کرنا چاہتے تھے۔

اس طرح کے سوال، جن میں ایک متغیرہ X کو مستقل عدد C سے منطقی ضرب دینا ہو، کی قدم با قدم ترکیب دیکھتے ہیں۔ متغیرہ X کے تمام ممکنہ قیمتوں کے جدول میں مستقل C کی قطار شامل کریں۔ موجودہ مثال میں مستقل 0 ہے، لہذا C کی قطار میں تمام اندراج کی قیمت 0 ہوگی۔

C	X
0	0
0	1

اب $0 \cdot X$ کی قطار شامل کریں۔

C	X	$C \cdot X$
0	0	0
0	1	0

ہم دیکھتے ہیں کہ $C \cdot X$ ہمیشہ 0 ہے، لہذا $0 \cdot X = 0$ ہوگا۔

مثال ۳.۳: جدول ۳.۱۲-الف کی شیق 2 کو بولین جدول سے ثابت کریں۔

حل: اس شیق کے بائیں ہاتھ X واحد متغیرہ، جبکہ 1 مستقل ہے۔ متغیرہ کا بولین جدول لکھتے ہیں؛ ساتھ ہی مستقل 1 کی قطار بھی شامل کرتے ہیں، جس کے تمام اندراج کی قیمت 1 ہوگی۔ آخر میں $1 \cdot X$ کی قطار شامل کرتے ہیں۔

1	X	$1 \cdot X$
1	0	0
1	1	1

1	X
1	0
1	1

□ ہم دیکھتے ہیں کہ $1 \cdot X$ اور X کی مطابقتی قیمتیں ہمیشہ ایک جیسی ہیں، لہذا اثبات ہوا کہ $1 \cdot X = X$ ہوگا۔

مثال ۳.۴: $X \cdot \bar{X} = 0$ ثابت کریں۔ حل:

X	\bar{X}	$X \cdot \bar{X}$
0	1	0
1	0	0

□

مثال ۳.۵: ثابت کرتے ہیں کہ $X \cdot X = X$ ہے۔ اگر $X = 0$ ہو تب $X \cdot X = 0 \cdot 0 = 0$ ہوگا جو X کے

برابر ہے۔ اسی طرح $X = 1$ کی صورت میں $X \cdot X = 1 \cdot 1 = 1$ ہوگا جو X کے برابر ہے۔ ہن نے دیکھا کہ X کی تمام قیمتوں کے لئے یہ فقرہ درست ہے۔

□

مثال ۳.۶: فقرہ $\overline{\overline{X}} = X$ ثابت کریں۔ حل:

X	\overline{X}	$\overline{\overline{X}}$
0	1	0
1	0	1

□

مثال ۳.۷: ثابت کریں کہ $(0 + X = X)$ ہوگا۔ حل:

0	X	$0 + X$
0	0	0
0	1	1

□

دائیں دو قطار ایک جیسے ہیں لہذا ثبوت پورا ہوا۔

مثال ۳.۸: ثابت کریں۔ حل:

1	X	$1 + X$
1	0	1
1	1	1

□

دائیں دو قطار ایک جیسے ہیں لہذا ثبوت پورا ہوتا ہے۔

مثال ۳.۹: فقرہ $X + Y = Y + X$ ثابت کریں۔ حل:

X	Y	$X + Y$	$Y + X$
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	1	1

□

دائیں دو قطار ایک جیسے ہیں لہذا ثبوت پورا ہوتا ہے۔

مثال ۳.۱۰: ثابت کریں کہ $X(Y + Z) = XY + XZ$ ہوگا۔ حل:

X	Y	Z	$Y + Z$	XY	XZ	$X(Y + Z)$	$XY + XZ$
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1	1	1
1	1	0	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1

□ دائیں دو قطار ایک جیسے ہیں لہذا ثبوت پورا ہوا۔

مثال ۳.۱۱: ثابت کریں $X + XY = X$ ہوگا۔

حل: اس کو بولین جدول کے بجائے بولین الجبرا کی مدد سے حل کرتے ہیں۔ ہم مساوات کے بائیں ہاتھ کو $XZ + XY$ لکھ سکتے ہیں جہاں $Z = 1$ ہوگا۔ یوں جدول ۳.۱۲-الف کی شق 12 کے تحت درج ذیل ہوگا، جہاں Z کی قیمت 1 لی گئی ہے۔

$$X + XY = X(1 + Y)$$

جدول ۳.۱۲-ب کی شق 1 کے تحت $1 + Y = 1$ ہوگا، لہذا درج ذیل لکھا جاسکتا ہے

$$X + XY = X(1 + Y) = X \cdot 1 = X$$

□ جہاں آخری قدم پر جدول ۳.۱۲-الف کی شق 2 استعمال کی گئی۔

جدول ۳.۱۲-الف کی شق 5 کو متعدد متغیرات تک وسعت دی جاسکتی ہے۔ تین متغیرات کے لئے درج ذیل ہوں گے۔

$$\begin{aligned} ABC &= BAC \\ &= BCA \\ &= CBA \\ &= CAB \end{aligned}$$

اس طرح جدول ۳.۱۲-ب کی شق 5 کو بھی دو سے زیادہ متغیرات کے لئے وسعت دی جاسکتی ہے۔ تین متغیرات کے لئے، یہ شق درج ذیل صورتیں اختیار کرتی ہے۔

$$\begin{aligned}
 A + B + C &= B + A + C \\
 &= B + C + A \\
 &= C + B + A \\
 &= C + A + B
 \end{aligned}$$

۳.۸ ڈی مارگن کے کلیات

دونہایت اہم قوانین جنہیں ڈی مارگن کے کلیات (یا ڈی مارگن کے مسائل) کہتے ہیں مندرجہ ذیل ہیں۔

$$\begin{aligned}
 \overline{X + Y} &= \overline{X} \cdot \overline{Y} \\
 \overline{X \cdot Y} &= \overline{X} + \overline{Y}
 \end{aligned}
 \quad (۳.۱۰)$$

ان دو مسائل کو بولین جبر کی مدد سے ثابت کرتے ہیں۔ ڈی مارگن کے پہلے مسئلہ $\overline{X + Y} = \overline{X} \cdot \overline{Y}$ کا ثبوت درج ذیل ہے۔

X	Y	\overline{X}	\overline{Y}	$X + Y$	$\overline{X + Y}$	$\overline{X} \cdot \overline{Y}$
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	0
1	0	0	1	1	0	0
1	1	0	0	1	0	0

آپ نے دیکھا دائیں ترین دو قطاریں ہیں لہذا $\overline{X + Y}$ اور $\overline{X} \cdot \overline{Y}$ ایک دوسرے کے برابر ہیں۔ یوں ثبوت مکمل ہوتا ہے۔

ڈی مارگن کے دوسرے مسئلہ $\overline{X \cdot Y} = \overline{X} + \overline{Y}$ کا ثبوت درج ذیل ہے (جہاں دائیں ترین دو قطاروں کی یکسانیت ثبوت پیش کرتی ہے)۔

X	Y	\overline{X}	\overline{Y}	$X \cdot Y$	$\overline{X \cdot Y}$	$\overline{X} + \overline{Y}$
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1	1
1	1	0	0	1	0	0

ڈی مارگن کے مسائل منطقی جمع کو منطقی ضرب میں اور منطقی ضرب کو منطقی جمع میں تبدیل کرتے ہیں، اور بولین تقاسم حل کرنے میں مددگار ثابت ہوتے ہیں۔

مثال کے طور پر، جبرول ۳.۱۲-الف کی پہلی شق $0 \cdot X = 0$ کا متمم لیتے ہیں۔

$$\overline{0 \cdot X} = \overline{0}$$

بائیں ہاتھ ڈی مارگن کا دوسرا مسئلہ لاگو کرتے ہیں۔

$$\bar{0} + \bar{X} = \bar{0}$$

مزید، چونکہ 0 کا متمم 1 ہے، یعنی $\bar{0} = 1$ ہوگا، لہذا درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$1 + \bar{X} = 1$$

اس مساوات میں \bar{X} کو بولین متغیرہ Z تصور کیا جاسکتا ہے۔ ہوں درج ذیل حاصل ہوگا۔

$$1 + Z = 1$$

اس کا جدول ۳.۱۲-ب کی شق 1 سے موازنہ کریں۔ متغیرہ کے نام مختلف ہونے کے علاوہ دونوں یکساں ہیں۔

ڈی مارگن مسائل کی مدد سے ہم نے دیکھا کہ

$$0 \cdot X = 0$$

اور

$$1 + X = 1$$

درحقیقت ایک ہی تفاعل کے دو پہلو ہیں۔

$$(0 \cdot X = 0) \Leftrightarrow (1 + X = 1) \quad (\text{مثالہ})$$

اس مسئلہ کو ڈی مارگن کے پہلے مسئلہ کی مدد سے بھی دیکھا جاسکتا ہے۔ ایسا کرنے کی خاطر ہم بولین تفاعل $1 + X = 1$ کے دونوں اطراف کا متمم لیتے ہیں۔

$$\overline{1 + X} = \bar{1}$$

بائیں ہاتھ ڈی مارگن کا پہلا مسئلہ لاگو کرتے ہیں۔

$$\bar{1} \cdot \bar{X} = \bar{1}$$

اب $\bar{1}$ کی جگہ 0 ڈالتے ہیں۔

$$0 \cdot \bar{X} = 0$$

یہ مساوات کسی بھی متغیرہ \bar{X} کے لئے درست ہے۔ اس متغیرہ کو ہم Z بھی پکار سکتے ہیں۔ ایسا کرنے سے درج ذیل حاصل ہوگا۔

$$0 \cdot Z = 0$$

ہم دیکھتے ہیں کہ یہ بالکل $0 \cdot X = 0$ کی طرح ہے۔ منرق صرف متغیرہ کے نام کا ہے۔ لہذا ثابت ہوا کہ $1 + X = 1$ اور $0 \cdot X = 0$ ایک ہی تفاعل کے دو پہلو ہیں۔

مثال ۱۲: ثابت کریں کہ $1 \cdot X = X$ اور $0 + X = X$ ایک ہی تفاعل کی دو شکلیں ہیں۔

حل: $1 \cdot X = X$ کے دونوں اطراف کا متمم لیتے ہیں۔

$$\overline{1 \cdot X} = \overline{X}$$

بائیں ہاتھ ڈی مارگن کا دوسرا قانون لاگو کرتے ہیں

$$\overline{1} + \overline{X} = \overline{X}$$

اور $\overline{1}$ کی جگہ 0 پڑ کرتے ہیں۔

$$0 + \overline{X} = \overline{X}$$

متغیرہ \overline{X} کو نیے نام Z سے پکار تے ہیں۔

$$0 + Z = Z$$

یہ مساوات کہتی ہے کہ صفر جمع ایک بولین متغیرہ اس متغیرہ کے برابر ہوگا۔ یوں ثابت ہوا کہ $1 \cdot X = X$ اور $0 + X = X$ مماثلہ ہیں۔

□

آپ اسی مثال کو پچھلی مثال کی طرح الٹ رخ میں ثابت کریں۔

مثال ۱۳: بولین تفاعل $(X \cdot Y) \cdot Z = X \cdot (Y \cdot Z)$ کا مماثلہ ڈی مارگن کے قانون لاگو کر کے حاصل کریں۔

حل: دئے گئے تفاعل کے دونوں اطراف کا متمم لیتے ہیں۔

$$\overline{(X \cdot Y) \cdot Z} = \overline{X \cdot (Y \cdot Z)}$$

دونوں اطراف ڈی مارگن کا دوسرا قانون لاگو کرتے ہیں۔

$$(\overline{X \cdot Y}) + \overline{Z} = \overline{X} + (\overline{Y \cdot Z})$$

ڈی مارگن کا قانون استعمال کرتے وقت توسین میں بند حصہ کو ایک متغیرہ تصور کیا گیا۔ دونوں اطراف توسین میں بند تفاعل پر دوبارہ ڈی مارگن کا دوسرا قانون لاگو کرتے ہیں۔

$$(\overline{X} + \overline{Y}) + \overline{Z} = \overline{X} + (\overline{Y} + \overline{Z})$$

جدول ۳.۱۳: تفاعل کا جدول (برائے حصہ ۳.۱۰)

A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

یہاں تینوں متغیرات کے متمم لکھے گئے ہیں۔ ہم انہیں تین نئے ناموں سے پکار سکتے ہیں، مثلاً، \overline{X} کو A پکارتے ہیں، \overline{Y} کو B اور \overline{Z} کو C ، لہذا درج ذیل لکھا جائے گا، جو متغیرات کے نام مختلف ہونے کے علاوہ، جدول ۳.۱۲-ب کی شق 6 ہے۔

$$(A + B) + C = A + (B + C)$$

□

۳.۹ حبڑواں بولین تفاعل

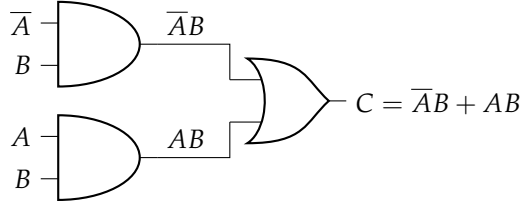
گزشتہ حصہ میں دیکھا گیا کہ بولین تفاعل کے دو پہلو ہوتے ہیں۔ یوں کسی بولین تفاعل کو ثابت کرتے ہی اس کا حبڑواں تفاعل فوراً لکھا جاسکتا ہے۔ جدول ۳.۱۲-الف اور ب میں اس طرح کے حبڑواں بولین تفاعل پیش کیے گئے ہیں۔ ان جدول میں آخری شق کے علاوہ ہر شق ایک تفاعل کے دو پہلو پیش کرتا ہے۔ مثلاً، جدول-الف کی شق 7 کا دوسرا پہلو جدول-ب کی شق 7 دے گا۔

۳.۱۰ ارکان ضرب کے مجموعہ کی ترکیب

منطقی مسئلہ کو بولین تفاعل کی صورت میں لکھنا مندرجہ ذیل مثال سے باآسانی سمجھا جاسکتا ہے۔

فرض کریں، ایک تفاعل جس کے آزاد متغیرات A اور B ، جبکہ تابع متغیرہ C ہے، اس صورت بلند ہوتا ہے جب $A = 0$ اور $B = 1$ ہو، یا جب $A = 1$ اور $B = 1$ ہو۔

ان معلومات کو جدول ۳.۱۳ میں پیش کیا گیا ہے۔ جدول میں ”ارکان ضرب“ کی قطار شامل کریں۔ اس قطار کے ہر خانے میں اسی صف کے آزاد متغیرہ پست ہونے کی صورت میں متغیرہ کا متمم اور بلند صورت میں متغیرہ بذات خود درج کیا جائے گا۔ اس عمل کو سمجھنے کی خاطر، جدول کی پہلی صف پر توجہ رکھیں۔ یہاں $A = 0$ اور $B = 0$ ہے، لہذا پہلی صف میں رکن ضرب $\overline{A}\overline{B}$ ہوگا۔ دوسری صف میں $A = 0$ اور $B = 1$ ہیں، لہذا دوسری صف میں $\overline{A}B$ درج ہوگا۔



شکل ۳.۳۰: ارکان ضرب کے مجموعہ (مساوات ۳.۱۱) کا منطقی دور۔

A	B	C	ارکان ضرب
0	0	0	$\overline{A}\overline{B}$
0	1	1	$\overline{A}B$
1	0	0	$A\overline{B}$
1	1	1	AB

تفاعل کے جدول کے ان تمام ارکان ضرب کا مجموعہ لیے جن کے صف میں تابع متغیر C کی قیمت 1 ہو۔ یہ مجموعہ تابع متغیر کے برابر ہوگا۔ اس طرح تف عمل لکھنے کو ارکان ضرب کے مجموعہ کی ترکیب کہتے ہیں۔ (اس کو مجموعہ ارکان ضرب بھی پکار سکتے ہیں)۔
یوں درج ذیل لکھ جائے گا۔

$$(3.11) \quad C = \overline{A}B + AB \quad (\text{ارکان ضرب کا مجموعہ})$$

مساوات ۳.۱۱ میں حاصل تف عمل کا منطقی دور شکل ۳.۳۰ میں دکھایا گیا ہے۔

ارکان ضرب کے مجموعہ سے حاصل مساوات ہر صورت ضرب گیٹوں کی ایک قطار (یا صنف) اور ایک جمع گیٹ سے حاصل کی جاسکتی ہے (جہاں فرض کیا جاتا ہے کہ، آزاد متغیرات کے ساتھ ان کے متمم بھی میسر ہیں)۔ ایسا دور ضربہ و جمع کہلائے گا۔

مساوات ۳.۱۱ اور شکل ۳.۳۰ کی درستگی کی تصدیق بولین جدول سے کرتے ہیں (جدول میں موازنے کے لئے C کا خانہ بھی پیش کیا گیا ہے)۔

A	B	C	\bar{A}	$\bar{A}B$	AB	$\bar{A}B + AB$
0	0	0	1	0	0	0
0	1	1	1	1	0	1
1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	1	1

اس جدول کا دایاں قطار C کے برابر ہے۔

مساوات ۳.۱۱ لکھنے کا دوسرا انداز جو نہایت مقبول ہے سمجھنے کی خاطر تفاعل کے جدول میں ”ارکان ضرب“ کے علاوہ ایک نئی قطار (m) شامل کرتے ہیں۔

A	B	C	ارکان ضرب	m
0	0	0	$\bar{A}\bar{B}$	m_0
0	1	1	$\bar{A}B$	m_1
1	0	0	$A\bar{B}$	m_2
1	1	1	AB	m_3

نئی قطار میں m ارکان ضرب کو ظاہر کرتا ہے، لہذا تفاعل C کی مساوات لکھتے ہوئے $\bar{A}B$ کی بجائے m_1 اور AB کی بجائے m_3 لکھتے ہیں۔ یوں مساوات ۳.۱۱ سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned}
 C &= \bar{A}B + AB \\
 &= m_1 + m_3 \\
 (3.12) \quad &= \sum(m_1, m_3) \\
 &= \sum(1, 3)
 \end{aligned}$$

ارکان ضرب روایتاً (چھوٹی لکھائی میں) m_x لکھے جاتے ہیں، جہاں زیر نوشت x جدول میں مطابقتی صف کے آزاد متغیرات کو شناختی عدد (کے ہندسے) سمجھ کر، برابر کا اعشاری عدد لیا جاتا ہے۔

مثال ۳.۱۴: درج ذیل بولین جدول سے بولین تفاعل کی مساوات حاصل کریں۔

A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

حل: جدول میں Z تابع متغیر ہے۔ جدول کی دائیں جانب ارکان ضرب کی قطار شامل کرتے ہیں۔

A	B	C	Z	ارکان ضرب	m
0	0	0	1	$\overline{A} \overline{B} \overline{C}$	m_0
0	0	1	0	$\overline{A} \overline{B} C$	m_1
0	1	0	1	$\overline{A} B \overline{C}$	m_2
0	1	1	1	$\overline{A} B C$	m_3
1	0	0	0	$A \overline{B} \overline{C}$	m_4
1	0	1	0	$A \overline{B} C$	m_5
1	1	0	1	$A B \overline{C}$	m_6
1	1	1	1	$A B C$	m_7

ان ارکان ضرب کا مجموعہ لیتے ہیں جن کی صف میں متغیر کی قیمت 1 ہے۔

$$Z = \overline{A} \overline{B} \overline{C} + \overline{A} B \overline{C} + \overline{A} B C + A B \overline{C} + A B C$$

یہ دیے گئے تفاعل کی مساوات ہے جس کو درج ذیل بھی لکھا جاسکتا ہے۔

$$Z = \sum (m_0, m_2, m_3, m_6, m_7)$$

جدول ۳.۱۲ میں دیے گئے قوانین استعمال کرتے ہوئے مساوات کی سادہ صورت حاصل کرتے ہیں۔

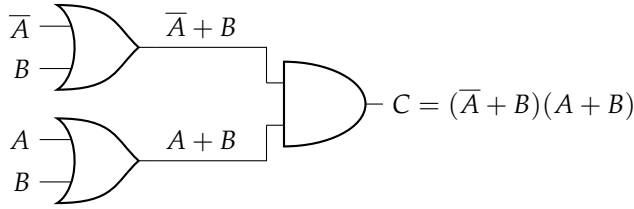
$$\begin{aligned}
 Z &= \overline{A} \overline{B} \overline{C} + \overline{A} B \overline{C} + \overline{A} B C + A B \overline{C} + A B C \\
 &= \overline{A} (\overline{B} + B) \overline{C} + \overline{A} B C + A B (\overline{C} + C) \\
 &= \overline{A} (1) \overline{C} + \overline{A} B C + A B (1) \\
 &= \overline{A} (\overline{C} + B C) + A B \\
 &= \overline{A} (\overline{C} + B) + A B \\
 &= \overline{A} \overline{C} + \overline{A} B + A B \\
 &= \overline{A} \overline{C} + (\overline{A} + A) B \\
 &= \overline{A} \overline{C} + B
 \end{aligned}$$

یہ دیے گئے بولین جدول کی سادہ ترین مساوات ہے۔ اس کا بولین جدول لکھ کر آپ ثابت کر سکتے ہیں کہ یہ اصل تفاعل ہی ہے۔

□

۳.۱۱ ارکان جمع کی ضرب کی ترکیب

گزشتہ حصہ میں بولین جدول سے تفاعل کا مساواتی روپ حاصل کیا گیا، جہاں ان صفوں کے ارکان ضرب کا مجموعہ لیا گیا جن میں متغیرات کی قیمت 1 تھی۔ آئیں اب ”ارکان جمع“ لکھنا اور ان سے تفاعل کی مساوات حاصل کرنا سیکھیں۔



شکل ۳.۳۱: ارکان جمع کی ضرب سے حاصل دور (مساوات ۳.۱۳)۔

حصہ ۳.۱۰ میں مستقل جدول ۳.۱۳ کو مثال بناتے ہوئے اس میں ارکان ضرب کی بجائے ارکان جمع کی قطار شامل کرتے ہیں۔ ارکان جمع لکھتے ہوئے، مطابقتی آزاد متغیرہ پست ہونے کی صورت میں متغیرہ بذات خود اور بلند صورت میں متغیرہ کا متمم جمع کیا جاتا ہے۔ اس عمل کو سمجھنے کی خاطر، جدول کی پہلی صف پر توجہ رکھیں۔ یہاں $A = 0$ اور $B = 0$ ہے، لہذا پہلی صف میں رکن جمع $A + B$ ہوگا۔ دوسری صف میں $A = 0$ اور $B = 1$ ہیں، لہذا دوسری صف میں $A + \bar{B}$ درج ہوگا۔

A	B	C	ارکان جمع
0	0	0	$A + B$
0	1	1	$A + \bar{B}$
1	0	0	$\bar{A} + B$
1	1	1	$\bar{A} + \bar{B}$

تقاطع کے جدول کے اتمام ارکان جمع کا حاصل ضرب لیجئے جن کے صف میں تقاطع کے تابع متغیرہ C کے قیمتے 0 ہو۔ یہ حاصل ضرب تابع متغیرہ کے برابر ہوگا۔ اس طرح تفعل عمل لکھنے کو ارکان جمع کی ضرب کی ترکیب کہتے ہیں (اس کو ضرب بعد از جمع بھی پکارا جاسکتا ہے)۔

یوں درج ذیل لکھا جائے گا۔

$$(3.13) \quad C = (A + B)(\bar{A} + \bar{B}) \quad (\text{ارکان جمع کی ضرب})$$

ارکان جمع کی ضرب سے حاصل مساوات کو ہر صورت جمع گیٹوں کی ایک قطار (یا صف) اور ایک ضرب گیٹ سے حاصل کیا جاسکتا ہے (جہاں فرض کیا جاتا ہے کہ، آزاد متغیرات کے ساتھ ان کے متمم بھی میسر ہیں)۔ یوں بنائے گئے دور کو جمع و ضرب^{۱۰} کہتے ہیں۔

مساوات ۳.۱۳ میں حاصل دور شکل ۳.۳۱ میں پیش کیا گیا ہے۔

مساوات ۳.۱۳ لکھنے کا دوسرا انداز جو نہایت مقبول ہے سمجھنے کی خاطر تفعل عمل کے جدول میں ”ارکان جمع“ کے علاوہ، بڑی لکھائی میں ایک نئی قطار (M) شامل کرتے ہیں، جو ارکان جمع کو ظاہر کرتا ہے۔

A	B	C	ارکان جمع	M
0	0	0	$A + B$	M_0
0	1	1	$A + \bar{B}$	M_1
1	0	0	$\bar{A} + B$	M_2
1	1	1	$\bar{A} + \bar{B}$	M_3

یوں مساوات ۳.۱۳ درج ذیل روپ اختیار کرتی ہے۔

$$(۳.۱۴) \quad C = (A + B)(\bar{A} + \bar{B}) = M_0 M_2 = \prod(M_0, M_2) = \prod(0, 2)$$

مثال ۳.۱۵: ڈی مارگن کے کلیات استعمال کرتے ہوئے مجموعہ ارکان ضرب سے ارکان جمع کی ترکیب حاصل کریں۔

حل: ہم حصہ ۳.۱۰ میں مستعمل جدول ۳.۱۳ کو مثال بن کر اس میں \bar{C} اور ارکان ضرب کی قطاریں شامل کرتے ہیں۔

A	B	C	\bar{C}	ارکان ضرب
0	0	0	1	$\bar{A} \bar{B}$
0	1	1	0	$\bar{A} B$
1	0	0	1	$A \bar{B}$
1	1	1	0	AB

ہم \bar{C} کے لئے ارکان ضرب کا مجموعہ لکھ کر (یعنی ان ارکان ضرب کا مجموعہ جن کے صف میں \bar{C} کی قیمت 1 ہو):

$$\bar{C} = \bar{A} \bar{B} + A \bar{B}$$

دونوں اطراف کا متمم لے کر C کی مساوات حاصل کرتے ہیں۔

$$\bar{\bar{C}} = C = \overline{\bar{A} \bar{B} + A \bar{B}}$$

ڈی مارگن کلیات بار بار استعمال کرتے ہوئے درج ذیل حاصل کیا جاسکتا ہے۔

$$C = \overline{\bar{A} \bar{B} + A \bar{B}}$$

$$= (\overline{\bar{A} \bar{B}})(\overline{A \bar{B}})$$

$$= (\bar{\bar{A}} + \bar{\bar{B}})(\bar{A} + \bar{\bar{B}})$$

$$= (A + B)(\bar{A} + \bar{B})$$

(۳.۱۵)

اس نتیجے کا مساوات ۳.۱۳ کے ساتھ موازنہ کریں۔ پس ثابت ہوا کہ مجموعہ ارکان ضرب سے ارکان جمع کی ضرب حاصل کی جاسکتی ہے۔ □

مثال ۳.۱۶: درج ذیل بولین جدول سے (۱) ارکان جمع کی ضرب، (ب) ارکان ضرب کا مجموعہ لے کر تفاعل کی مساوات حاصل کریں۔ دونوں نتائج کے ادوار دکھائیں۔

A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

حل: جدول میں ارکان جمع اور ارکان ضرب کی قطاریں شامل کرتے ہیں۔

A	B	C	Z	ارکان جمع	ارکان ضرب
0	0	0	0	$A + B + C$	$\overline{A} \overline{B} \overline{C}$
0	0	1	1	$A + B + \overline{C}$	$\overline{A} \overline{B} C$
0	1	0	1	$A + \overline{B} + C$	$\overline{A} B \overline{C}$
0	1	1	0	$A + \overline{B} + \overline{C}$	$\overline{A} B C$
1	0	0	0	$\overline{A} + B + C$	$A \overline{B} \overline{C}$
1	0	1	1	$\overline{A} + B + \overline{C}$	$A \overline{B} C$
1	1	0	1	$\overline{A} + \overline{B} + C$	$A B \overline{C}$
1	1	1	1	$\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$	$A B C$

(۱) جن صفوں میں تابع متغیرہ Z کی قیمت 0 ہے ان صفوں کے ارکان جمع کی ضرب مطلوب نتیجہ ہوگا۔

$$Z = (A + B + C)(A + \overline{B} + \overline{C})(\overline{A} + B + C) \quad (۳.۱۶)$$

اس کو درج ذیل بھی لکھ سکتے ہیں۔

$$Z = M_0 M_3 M_4 = \prod (M_0, M_3, M_4)$$

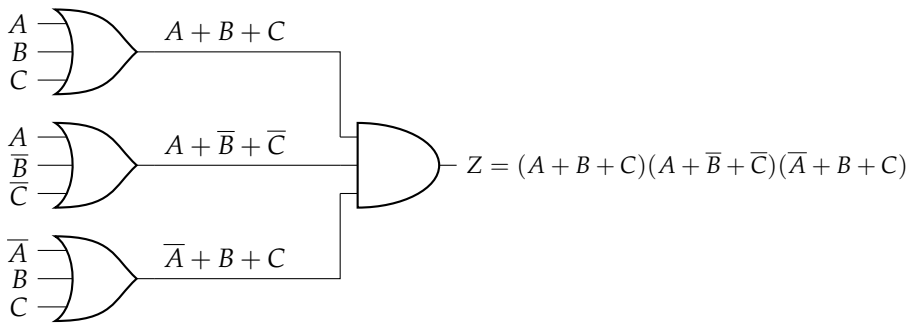
مساوات ۳.۱۶ میں حاصل نتیجہ کا جمع و ضرب دور شکل ۳.۳۲ میں پیش کیا گیا ہے۔ (ب) جدول کے ارکان ضرب کا مجموعہ لے کر ضرب و جمع دور حاصل کرتے ہیں۔

$$Z = \overline{A} \overline{B} C + \overline{A} B \overline{C} + A \overline{B} C + A B \overline{C} + A B C \quad (۳.۱۷)$$

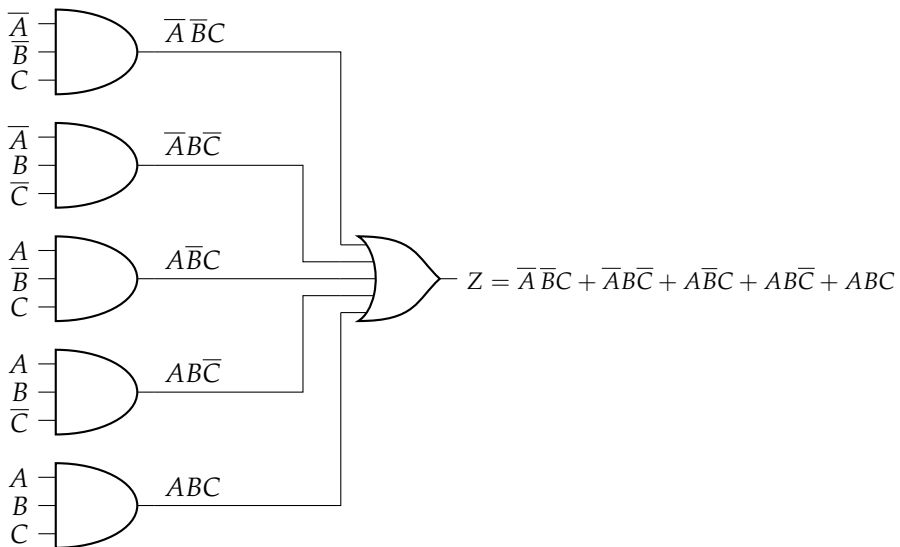
□

اس دور کو شکل ۳.۳۳ میں پیش کیا گیا ہے۔

اس مثال میں ایک ہی تفاعل کے دو ادوار، شکل ۳.۳۲ اور شکل ۳.۳۳ پیش کیے گئے۔ پہلے دور میں تین جمع اور ایک ضرب گیٹ استعمال ہوا، جبکہ دوسرے میں پانچ ضرب اور ایک جمع گیٹ استعمال ہوا۔ (جیسا ہم ذکر کر چکے



شکل ۳.۳۲: جمع و ضرب دور (مسواست ۱۶، ۳)۔



شکل ۳.۳۳: ضرب و جمع دور (مسواست ۱۷، ۳)۔

ہیں، ارکان جمع کی ضرب سے حاصل دور جمع گیٹوں کی قطار اور ایک ضرب گیٹ سے بنے گا۔ ارکان ضرب کے مجموعہ سے حاصل دور ضرب گیٹوں کی قطار اور ایک جمع گیٹ سے حاصل ہوگا۔ یوں اس تفاعل کو ضرب بعد از جمع سے حاصل کرنے میں کم منطقی گیٹ استعمال ہوئے۔ یاد رہے کہ ضرب بعد از جمع اور مجموعہ ارکان ضرب منطقی طور پر ایک ہیں۔

۳.۱۲ مجموعہ ارکان ضرب اور ضرب بعد از جمع کے مابین تبادلہ

ہم نے مثال ۳.۱۶ میں تفاعل کی مساوات، مجموعہ ارکان ضرب اور ضرب بعد از جمع کی شکل میں حاصل کی، جنہیں یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$Z = m_1 + m_2 + m_5 + m_6 + m_7 = \sum (1, 2, 5, 6, 7)$$

$$Z = M_0 M_3 M_4 = \prod (0, 3, 4)$$

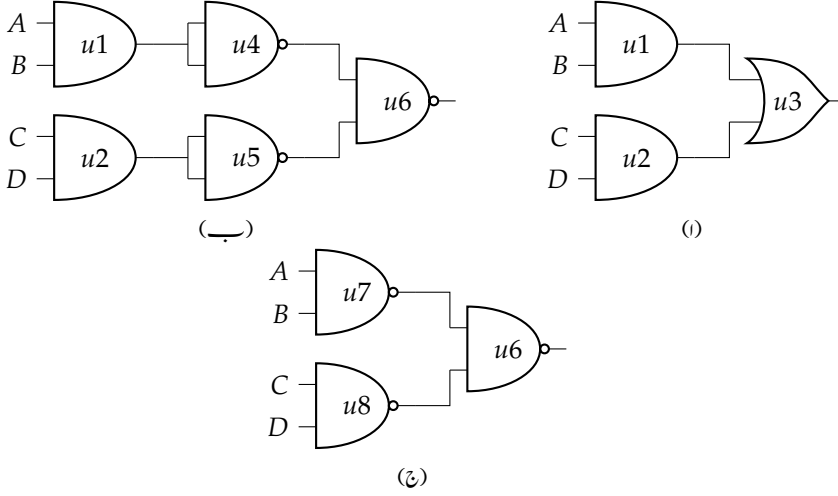
مجموعہ ارکان ضرب میں پہلا، دوسرا، پانچواں، چھٹا اور ساتواں رکن ضرب استعمال ہوا جبکہ صفروں، تیسرا اور چوتھا رکن غیر مستعمل رہے۔ ضرب بعد از جمع میں پہلا، دوسرا، پانچواں، چھٹا اور ساتواں رکن جمع غیر مستعمل، جبکہ صفروں، تیسرا اور چوتھا رکن استعمال ہوئے۔ ایک عمومی حقیقت ہے جسے استعمال کر کے تفاعل کی مساوات کو ایک روپ سے دوسرے روپ میں تبدیل کیا جاتا ہے۔ ارکان جمع سے ارکان ضرب یا ارکان ضرب سے ارکان جمع کے روپ میں مساوات حاصل کرتے ہوئے پہلے روپ میں غیر مستعمل ارکان، دوسرے روپ میں استعمال ہوں گے۔

۳.۱۳ ضرب و جمع دور سے متمم ضرب و متمم ضرب دور کا حصول

کسی بھی پولین تفاعل کو مجموعہ ارکان ضرب کی صورت میں بیان کیا جاسکتا ہے، جس کو ضرب گیٹوں کی قطار اور ایک جمع گیٹ سے حاصل کیا جاسکتا ہے۔ شکل ۳.۳۲-الف میں تفاعل $AB + CD$ کا مجموعہ ارکان ضرب دور دکھایا گیا ہے۔ جمع گیٹ u_3 کی جگہ شکل ۳.۲۰-الف کا مساوی دور نصب کرتے ہوئے شکل-ب حاصل ہوگا (جہاں u_3 کی جگہ u_4 ، u_5 اور u_6 استعمال کیے گئے)۔ شکل ۳.۱۸ میں متمم ضرب گیٹ بطور نفی گیٹ دکھایا گیا ہے۔ یوں ضرب گیٹ (مثلاً u_1) اور نفی گیٹ (مثلاً u_4) جس کو نفی گیٹ تصور کرتے ہیں) کی جگہ (شکل ۳.۱۶ دیکھیں) متمم ضرب گیٹ (مثلاً u_7) استعمال کرتے ہوئے شکل-ج حاصل ہوگا، جو صرف متمم ضرب گیٹوں پر مشتمل ہے؛ یہ متمم ضرب و متمم ضرب دور کہلاتا ہے۔

آپ نے دیکھا کہ شکل ۳.۳۲-الف کے ضرب و جمع دور میں تمام گیٹ تبدیل کر کے متمم ضرب گیٹ نسب کرنے سے شکل-ج کا متمم ضرب و متمم ضرب دور حاصل ہوگا۔ یہ ایک اہم اور عمومی مشاہدہ ہے۔ یاد رہے کہ مجموعہ ارکان ضرب کے ضرب و جمع دور میں ضرب گیٹوں کی قطار اور ایک جمع گیٹ ہوگا۔

ضرب و جمع دور کے شکل و صورت تبدیل کیے بغیر تمام گیٹوں کی جگہ متمم ضرب گیٹ نسب کرنے سے متمم ضرب و متمم ضرب دور حاصل ہوگا۔



شکل ۳.۳۴: ارکان ضرب کے مجموعے سے متم ضرب و متم ضرب دور کا حصول۔

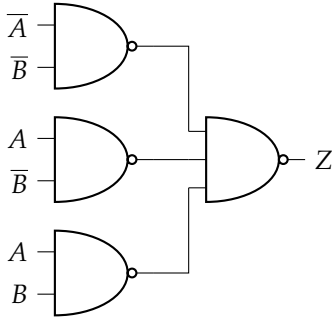
سیکان کی فی مربع سنٹی میٹر پستری پر بہت بڑی تعداد میں گیٹ بنائے جاسکتے ہیں اور یہ تعداد دن بادل بڑھتی چلی جا رہی ہے۔ سیکان کی پستری پر ایک ہی قسم کے گیٹ نسبتاً زیادہ آسانی اور بہتر بنائے جاسکتے ہیں۔ یوں کسی بھی تفاعل کو ضرب و جمع کی بجائے متم ضرب و متم ضرب دور سے حاصل کرنا زیادہ سودمند ثابت ہوگا۔ اسی وجہ سے وسیع پیمانہ کی مخلوط برقیات میں متم ضرب گیٹ نہایت مقبول ہیں۔

مثال ۳.۱۷: مندرجہ ذیل تفاعل کا متم ضرب و متم ضرب دور حاصل کریں۔

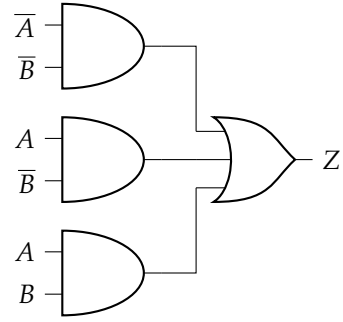
A	B	Z
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

حل: تفاعل کا مجموعہ ارکان ضرب لکھنے کی غرض سے جدول میں ارکان ضرب کی قطار شامل کرتے ہیں۔

A	B	Z	ارکان ضرب
0	0	1	$\overline{A} \overline{B}$
0	1	0	$\overline{A} B$
1	0	1	$A \overline{B}$
1	1	1	AB



(ب)



(i)

شکل ۳.۳۵: ضرب و جمع دور سے متمم ضرب و متمم ضرب (مثال ۱.۷.۳)۔

یوں $Z = \bar{A}\bar{B} + A\bar{B} + AB$ ہوگا، جو شکل ۳.۳۵-الف میں پیش ہے۔ تمام گیٹوں کی جگہ متمم ضرب گیٹ نصب کرنے سے متمم ضرب و متمم ضرب دور حاصل ہوگا جو شکل-ب میں پیش ہے۔ □

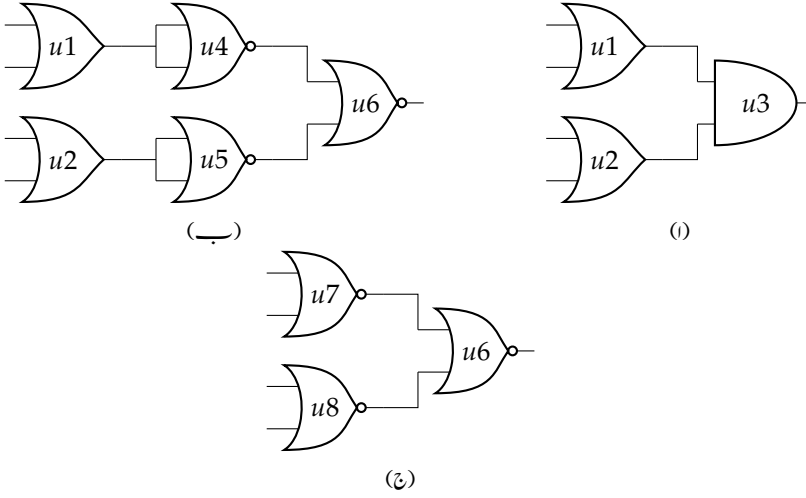
۳.۱۴ جمع و ضرب دور سے متمم جمع و متمم جمع دور کا حصول

تفعل کے ارکان جمع کی ضرب سے حاصل جمع و ضرب دور میں تمام گیٹوں کی جگہ متمم جمع گیٹ نصب کرنے سے تفعل کا متمم جمع و متمم جمع دور حاصل ہوگا۔

شکل ۳.۳۶ میں جمع و ضرب دور سے قدم با قدم متمم جمع و متمم جمع دور کا حصول دکھایا گیا ہے۔ پہلی قدم میں، شکل-الف کے ضرب گیٹ $u3$ کی جگہ (شکل ۳.۱۹-الف کی مدد سے) مساوی جمع متمم گیٹ $u4$ ، $u5$ ، $u6$ ، $u7$ کیے گئے۔ اس کے بعد (شکل ۳.۱۸ کی مدد سے) $u4$ ، اور $u5$ کو نفی گیٹ مان کر، $u1$ اور $u4$ جوڑی کی جگہ متمم جمع $u7$ جبکہ $u2$ اور $u5$ جوڑی کی جگہ متمم جمع $u8$ نصب کیا گیا۔ یوں شکل ۳.۳۶-ج کا متمم جمع و متمم جمع دور حاصل کیا گیا۔

شکل ۳.۳۶-الف کے جمع و ضرب دور کی شکل و صورت تبدیل کیے بغیر تمام گیٹ کی جگہ متمم جمع نصب کرنے سے شکل-ج حاصل ہوگا۔ یہ ایک اہم اور عمومی مشاہدہ ہے۔ یاد رہے کہ ضرب ارکان مجموعہ سے حاصل جمع و ضرب دور میں جمع گیٹوں کی قطار اور ایک ضرب گیٹ ہوگا۔

جمع و ضرب دور کے شکل و صورت تبدیل کیے بغیر تمام گیٹوں کی جگہ متمم جمع گیٹ نصب کرنے سے متمم جمع و متمم جمع دور حاصل ہوگا۔



شکل ۳.۶: جمع و ضرب سے متمم جمع و متمم جمع۔

۳.۱۵ علامتی روپ یار موز

عموماً زبانوں میں الفاظ یا معلومات کی لکھائی اس زبان کے حروف تہجی میں کی جاتی ہے۔ حروف تہجی کو سلسلہ وار اس طرح جوڑا جاتا ہے کہ ان کی آوازیں مل کر لفظ کی آواز پیدا کریں، مگر چینی زبان مختلف ہے۔ چینی زبان ایک علامتی زبان ہے جس میں ہر لفظ کی اپنی علامت یا رمز^{۱۴} ہے۔ حروف تہجی پر مبنی لکھائی، یہ حروف سیکھنے کے بعد، کوئی بھی پڑھ سکتا ہے، جبکہ رمزی لکھائی میں کسی بھی رمز کا استعمال اس وقت ممکن ہوگا جب تمام لوگ اس رمز پر متفق ہوں۔ کمپیوٹر اس لحاظ سے چینی زبان سے مشابہت رکھتا ہے، اور معلومات کو رمزی روپ میں رکھتا ہے۔

فلم و کانغز سے انسان کسی بھی شکل کی لکیر بن کر اسے ایک علامت یا رمز تصور کر سکتا ہے۔ کمپیوٹر کی دنیا میں ایسا کرنا ممکن نہیں۔ کمپیوٹر صرف 0 اور 1 جانتا ہے، لہذا اس میں رمز بھی 0 اور 1 مختلف ترتیب سے جوڑ کر بنائے جاتے ہیں۔ مثلاً، تین بٹ استعمال کر کے جدول ۳.۱۴ میں پیش رمز ممکن ہوں گے۔ یوں تین بٹ استعمال کر کے آٹھ رموز تشکیل دیے جاسکتے ہیں، جنہیں آٹھ مختلف اشیاء یا معلومات کی پہچان کے لئے استعمال کیا جاسکتا ہے۔ تین بٹ استعمال کرتے ہوئے، اس سے زیادہ رموز ممکن نہیں۔ آٹھ بٹ میں $2^8 = 256$ رموز ممکن ہیں۔

جدول ۳.۱۴: تین بٹ رموز۔

تین بٹ رموز
000
001
010
011
100
101
110
111

۳.۱۵.۱ ایسکی رموز اور عالمی رموز

ابتداء میں، کمپیوٹر استعمال کی خاطر لاطینی حروف تہجی اور اعشاری گنتی کے رمز طے کیے گئے۔ ایک بائٹ پر مبنی رموز جو نہایت مقبول ہوئے، ایسکی^{۱۳} رموز^{۱۴} کہلاتے ہیں۔ لاطینی حروف تہجی اور اعشاری ہندسوں کے رموز جدول ۳.۱۵ میں پیش کیے گئے ہیں۔ ایسکی رموز میں بڑے حرف A کو 01000001₂ یعنی 41₁₆ اور صفر کو 00110000₂ (30₁₆) کے رموز مختص کیے گئے۔ یوں، اس نظام کو استعمال کرتے ہوئے کمپیوٹر A کو 01000001₂ سے، اور صفر کو 00110000₂ سے ظاہر کرے گا۔ یاد رہے کہ، اس طرح کے نظام میں جدول دیکھ کر رمز کی معنی اخذ کی جائے گی۔

ایک بائٹ میں 00000000₂ سے 11111111₂ تک 256₁₀ مختلف رموز ہو گے، جو ایک محدود تعداد ہے۔ جیسے جیسے دنیا کی مختلف زبان بولنے والوں کے ہاں کمپیوٹر کا استعمال رائج ہوا، ایسکی رموز کے (محدود) رمز کم پڑ گئے۔ موجودہ دور میں عالمی رموز^{۱۵} رائج ہے، جس میں دنیا کی تمام زبانوں (بشمول اردو، پشتو، بلوچی، سندھی، وغیرہ) کے حروف تہجی کے رموز موجود ہیں۔ اس نظام میں ہر رمز چار بائٹ کا ہے۔ یہ کتاب عالمی رموز میں تفصیل دی گئی ہے۔ اس نظام میں ریاضیات اور سائنس کے دیگر مضامین میں درکار علامتیں بھی ڈھالی جاسکتی ہیں۔ امید یہی ہے کہ یہ نظام آنے والے زمانے میں درکار ضروریات پوری کرے گا۔

۳.۱۵.۲ اعشاری اعداد کے شنائی رموز

کمپیوٹر کی مادری زبان شنائی ہے، جبکہ انسان اعشاری نظام استعمال کرتا ہے۔ اعشاری گنتی کے کئی رموز زیر استعمال ہیں، جن میں سے ایک شنائی^{۱۶} رموز اعشاریہ^{۱۷} ہے۔ اعشاری گنتی کے کل دس رموز ہیں۔ جدول ۳.۱۴ میں تین بٹ رمز دکھائے گئے جو کل آٹھ ہیں۔ انہیں استعمال کرتے ہوئے اعشاری گنتی کے دس ہندسوں کو ظاہر نہیں کیا جاسکتا۔ اس کے برعکس چار بٹ کل سولہ رموز دیں گے، جنہیں اعشاری گنتی کے دس ہندسوں کے رموز کے طور پر استعمال کیا جاسکتا ہے۔

asciicodes^{۱۳}unicode^{۱۴}binarycodeddecimal(BCD)^{۱۵}

جدول ۱۵: ۳۰: ایسکی رموز

ایسکی رمز	لاطینی حروف یا هندسه
01000001 ₂	A
01000010 ₂	B
01000011 ₂	C
01000100 ₂	D
⋮	⋮
01011000 ₂	X
01011001 ₂	Y
01011010 ₂	Z
01100001 ₂	a
01100010 ₂	b
01100011 ₂	c
⋮	⋮
01111010 ₂	z
00110000 ₂	0 ₁₀
00110001 ₂	1 ₁₀
00110010 ₂	2 ₁₀
⋮	⋮
00111000 ₂	8 ₁₀
00111001 ₂	9 ₁₀

جدول ۳.۱۶: اعشاری اعداد کے چارہٹ شنائی رموز۔

اعشاری اعداد	شنائی رموز اعشاریہ
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

سکتا ہے۔ جدول ۳.۱۶ میں چارہٹ پر مبنی ابتدائی دس علامتیں استعمال کرتے ہوئے اعشاری گنتی کے ہندسوں کے رموز پیش کیے گئے ہیں۔ آخری چھ علامتیں زیر استعمال نہیں۔ یہ شنائی رموز اعشاریہ کہلاتے ہیں۔

۳.۱۵.۳ گرے رموز

اس نظام میں اعشاری ہندسوں کے رموز یوں رکھے گئے کہ کسی بھی دو متواتر اعشاری ہندسوں کے رموز میں صرف ایک ہٹ کا فرق ہو۔ جدول ۳.۱۷ چارہٹ گرے رموز پیش کرتا ہے۔

طبعی متغیرات کو عددی روپ میں، عموماً، گرے رموز میں لکھا جاتا ہے۔ اس کی افادیت ایک مثال سے سمجھتے ہیں۔

تصور کریں کہ ایک بڑھتے ہوئے فاصلے کو چارہٹ کے عام شنائی نظام میں ناپا جاتا ہے۔ یوں 0111_2 کے بعد 1000_2 آئے گا۔ اب تصور کریں کسی وجہ سے، اس چارہٹ شنائی عدد کا بلند رتبی ہٹ نسبتاً جلدی 0 سے 1 میں تبدیل ہوتا ہو۔ یوں ایک لمحے کے لئے 0111_2 کے بعد 1111_2 پڑھا جائے گا، جس کے بعد اصل عدد 1000_2 آجائے گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ایک لمحے کے لئے فاصلہ غلط پڑھا جائے گا، جس سے مسائل کھڑے ہو سکتے ہیں۔ اس کے برعکس اگر گرے رموز استعمال کیا جائے تب 0100 کے بعد 1100 پڑھا جائے گا جو درست قیمت ہے۔

سوالات

سوال ۳.۱: درج ذیل پولین مساوات کا جدول لکھیں۔

جدول ۳.۱: اعشاری اعداد کے چارہٹ گے رموز۔

اعشاری اعداد	چارہٹ گے رموز
0	0000
1	0001
2	0011
3	0010
4	0110
5	0111
6	0101
7	0100
8	1100
9	1101
10	1111
11	1110
12	1010
13	1011
14	1001
15	1000

$$(A + B)(AB + BC + \bar{C}A) \quad .$$

$$\bar{A}\bar{B} + \bar{A}B \quad .$$

$$\bar{A}\bar{B} + B\bar{C} \quad .$$

$$XYZ + \bar{X}Y\bar{Z} \quad .$$

$$ABC + \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} \quad .$$

$$A(B + \bar{C}) \quad .$$

A	B	C	ج
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

A	B	C	ب
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

X	Y	Z	الف
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

جواب:

سوال ۳.۲: تف عمل $AB + C\bar{D}$ کا متکم $(\bar{A} + \bar{B})(\bar{C} + D)$ ہے۔ درج ذیل کا متکم لکھیں۔

$$X\bar{Y}Z + \bar{X}Y$$

$$(A + B)(B + C)(C + A)$$

$$X + YZ + XY$$

$$AB(\bar{C}\bar{D} + \bar{C}D)$$

$$\bar{A}\bar{B} + \bar{A}\bar{B}$$

جواب: (ا) $X(\bar{Y} + Z)(\bar{X} + Y)$ ، (ب) $\bar{A} + \bar{B} + (\bar{C} + D)(C + \bar{D})$ ، (ج) $(A + B)(\bar{A} + B)$

سوال ۳.۳: درج ذیل کے ادوار جمع، ضرب اور منفی گینڈوں کی مدد سے بنائیں۔

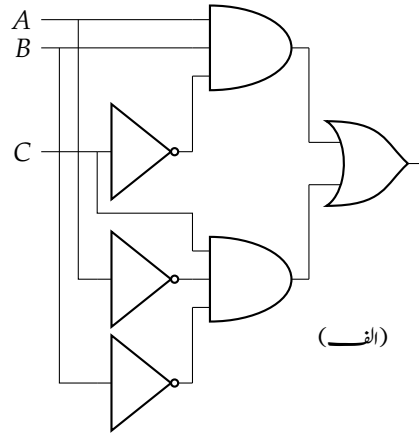
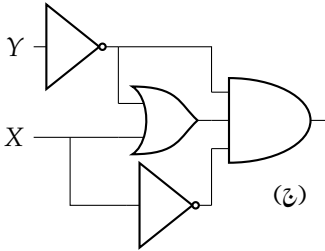
$$ABC + \bar{A}\bar{B}\bar{C} + ABC$$

$$\bar{X}\bar{Y}(X + \bar{Y})$$

$$ABC + \bar{A}\bar{B}\bar{C}$$

$$AB + BC + CA$$

$$A + B(A + \bar{C})$$



جواب:

سوال ۳.۴: ڈی مارگن کلیات کو بولین جدول سے ثابت کریں۔

سوال ۳.۵: بولین جدول سے درج ذیل ثابت کریں۔

$$X + \bar{X}Y = X + Y$$

$$X\bar{Y} + XY = X$$

جواب: درج ذیل جدول کا دایاں اور بایاں قطار ایک جیسے ہیں لہذا اجزؤ-اثابت ہوا۔

X	Y	$X\bar{Y} + XY$
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

سوال ۳.۶: درج ذیل کو مجموعہ ارکان ضرب کی شکل میں لکھیں۔ جدول لکھ کر درستگی ثابت کریں۔

$$(A + B)(A + B + C)(C + B) \quad \text{ج.}$$

$$(A + B)(C + D) \quad \text{ا.}$$

$$(A + B + C)(\bar{B} + \bar{C}) \quad \text{د.}$$

$$(A + B)(\bar{B} + C)(A + \bar{C}) \quad \text{ب.}$$

$$\text{جواب: (ا)} \quad AC + AD + BC + BD, \text{ (ب)} \quad A\bar{B} + A\bar{B}\bar{C} + AC + ABC$$

سوال ۳: (ا) بولین مثال استعمال کرتے ہوئے درج ذیل کو ضرب بعد از جمع کی شکل میں لکھیں۔ (ب) ان تقاعسل کے جدول لکھ کر یہی جواب حاصل کریں۔ (ج) دیے گئے تقاعسل اور حاصل جواب کے جدول لکھ کر جواب کی درستگی ثابت کریں۔

$$X\bar{Y}(\bar{Y}\bar{Z} + YZ) \quad \text{ج.}$$

$$XYZ + X\bar{Y} + \bar{X}\bar{Y} \quad \text{ا.}$$

$$(A + B\bar{C})(\bar{A}B + \bar{B}A) \quad \text{د.}$$

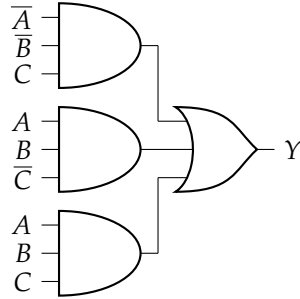
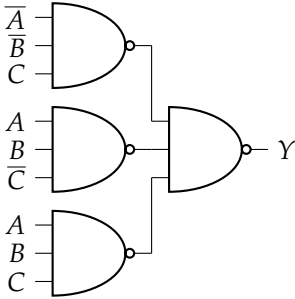
$$XY + \bar{Z}X \quad \text{ب.}$$

$$\text{جواب: (ا)} \quad (X + \bar{Y} + Z)(X + \bar{Y} + \bar{Z})(\bar{X} + \bar{Y} + Z)$$

سوال ۸: تقاعسل Y درج ذیل صورتوں میں 1 کے برابر ہے۔ اگر $A = 0$ ، $B = 0$ ، اور $C = 1$ ہو یا اگر $A = 1$ ، $B = 1$ ، اور $C = 0$ ہو اور یا اگر $A = 1$ ، $B = 1$ ، اور $C = 1$ ہو۔ دیگر صورت تقاعسل کی قیمت (0) ہے۔ ان معلومات کا جدول لکھ کر تقاعسل کی سادہ مساوات مجموعہ ارکان ضرب کے روپ میں حاصل کریں۔

$$\text{جواب: } Y = \bar{A}\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} + ABC$$

سوال ۹: (ا) گزشتہ سوال میں دیے تقاعسل Y کا ضربہ و جمعہ^{۱۶} دور بنائیں۔ (ب) اس تقاعسل کا ضربہ متعم و ضربہ متعم^{۱۷} دور بنائیں۔ مداحسل کے متمم دستیاب ہیں۔



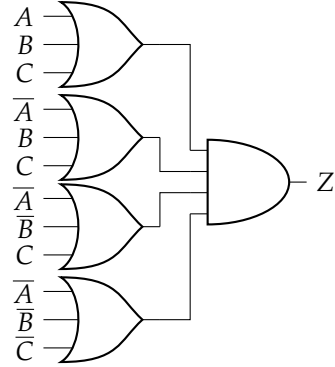
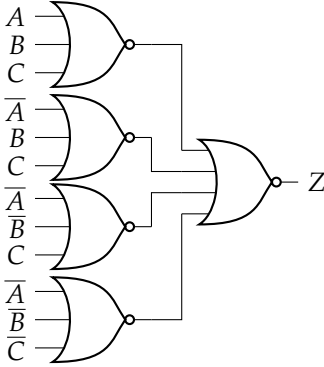
جواب:

سوال ۱۰: تقاعسل Z کی قیمت درج ذیل صورتوں میں صفر (0) ہے۔ اگر $A = 0$ ، $B = 0$ ، اور $C = 0$ ہو یا اگر $A = 1$ ، $B = 0$ ، اور $C = 0$ ہو اور یا اگر $A = 1$ ، $B = 1$ ، اور $C = 1$ ہو۔

1 = C ہو۔ ان صورتوں کے علاوہ اس کی قیمت ایک (1) رہتی ہے۔ ان معلومات کا جدول لکھ کر Z کی ضرب بعد از جمع مساوات حاصل کریں۔

$$Z = (A + B + C)(\bar{A} + B + C)(\bar{A} + \bar{B} + C)(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C})$$

سوال ۳.۱۱: (۱) گزشتہ سوال میں دیے قساعل Z کا جمع و ضرب دور بنائیں۔ (ب) اس قساعل کا جمع و ضرب متعم و جمع متعم^{۱۸} دور بنائیں۔ مداحل کے متعم دستیاب ہیں۔



جواب:

سوال ۳.۱۲: جدول میں A، B، اور C تین آزاد داخلی متغیرات جبکہ F₀، F₁، اور F₂ تابع خارجی متغیرات ہیں۔

A	B	C	F ₀	F ₁	F ₂
0	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	1
1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	1

۱. تابع متغیرات مجموعہ ارکان ضرب روپ میں لکھیں۔

ب. ضرب گیٹ اور جمع گیٹ استعمال کرتے ہوئے تابع متغیرات کے ضرب و جمع دور بنائیں۔

ج. ضرب و جمع ادوار سے تابع متغیرات کے ضرب و ضرب متعم ادوار حاصل کریں۔

د. تابع متغیرات کو ضرب بعد از جمع روپ میں لکھیں۔

۹. جمع گیٹ اور ضرب گیٹ استعمال کرتے ہوئے تابع متغیرات کے جمع و ضرب ادوار بنائیں۔

۱۰. جمع و ضرب ادوار سے تابع متغیرات کے جمع و ضرب متکم ادوار حاصل کریں۔

جواب: (۱) $F_0 = \overline{A} \overline{B} \overline{C} + \overline{A} \overline{B} C + \overline{A} B \overline{C} + \overline{A} B C$ ، $F_1 = \overline{A} \overline{B} \overline{C} + \overline{A} \overline{B} C + \overline{A} B \overline{C} + \overline{A} B C$ (۱)
 $F_2 = \overline{A} \overline{B} \overline{C} + \overline{A} \overline{B} C + \overline{A} B \overline{C} + \overline{A} B C + \overline{A} B C + \overline{A} B C + \overline{A} B C + \overline{A} B C$ (۲)
 $F_0 = (A + B + C)(A + \overline{B} + \overline{C})(\overline{A} + B + \overline{C})(\overline{A} + \overline{B} + C)(\overline{A} + \overline{B} + \overline{C})$ (۳)

سوال ۱۳: درج ذیل تفاعل مجموعہ ارکان ضرب روپ میں ہیں۔ انہیں ضرب بعد از جمع روپ میں لکھیں۔

$$Y(A, B, C) = \sum(0, 7) \quad \text{د.}$$

$$Z(A, B) = \sum(0, 1) \quad \text{ا.}$$

$$Z(A, B, C, D) = \sum(0, 2, 5, 12) \quad \text{ه.}$$

$$F(A, B, C) = \sum(1, 3, 7) \quad \text{ب.}$$

$$F(A, B, C) = \sum(0, 5, 7) \quad \text{ج.}$$

جواب: (۱) $Z = \prod(2, 3)$ (ج) $F = \prod(1, 2, 3, 4, 6)$ (ه) $Z = \prod(1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15)$
 سوال ۱۴: درج ذیل تفاعل مجموعہ ارکان ضرب روپ میں ہیں۔ انہیں مجموعہ ارکان ضرب روپ میں لکھیں۔

$$Z(A, B, C, D) = \prod(0, 1, 5, 7, 13, 15) \quad \text{ج.}$$

$$F(A, B) = \prod(1, 3) \quad \text{ا.}$$

$$Z(A, B, C) = \prod(0, 4, 7) \quad \text{ب.}$$

$$Z = \sum(2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14) \quad \text{ج.} \quad F = \sum(0, 2) \quad \text{ا.}$$

سوال ۱۵: انٹرنیٹ سے درج ذیل معلوماتی صفحات حاصل کریں۔ یہ مخلوط ادوار پاکستان کے ہر شہر میں نہایت سستے دام دستیاب ہیں۔

ط. 4070

ز. 7404

ھ. 4000

ج. 7408

ا. 7400

ح. 4049

و. 7432

د. 4081

ب. 4011

سوال ۱۶: گزشتہ سوال میں 7400 مخلوط دور کے معلومات صفحات سے دریافت کریں اس میں موجود چار گیٹوں کے محارج کن بنیوں پر دستیاب ہیں۔

جواب: پینے 3، 6، 8، اور 11

سوال ۱۷: انٹرنیٹ سے تین مداخلت ضرب گیٹ اور چار مداخلت جمع گیٹ کے مخلوط ادوار دریافت کریں۔

باب ۴

کارناف نقشہ جات

بوولین جدول سے کسی بھی تفاعل کی مساوات بذریعہ مجموعہ ارکان ضرب یا ضرب بعد از جمع حاصل کر کے اسے گیٹوں کی مدد سے جامہ پہنایا جاسکتا ہے۔ عموماً، اس مساوات میں گیٹوں کی تعداد اور فی گیٹ مداحصل کی تعداد کم کی جاسکتی ہے۔ کم مداحصل کے، کم تعداد گیٹ استعمال کرنے سے عددی دور پر کم لاگت آئے گی۔ تفاعل کی سادہ صورت بوولین منطق سے حاصل کی جاسکتی ہے، البتہ ایک نہایت عمدہ اور سادہ طریقہ کار جسے کارناف نقشہ جات کی ترکیب کہتے ہیں، استعمال کیا جاتا ہے۔ اس باب میں اس ترکیب پر غور کیا جائے گا۔ یہ ترکیب چار اور چار سے کم آزاد متغیرات کے تفاعل کی سادہ صورت حاصل کرنے میں نہایت آسان ثابت ہوگا۔

۴.۱ کارناف نقشے کا بنیادی خاکہ

دو آزاد متغیر تفاعل $F(x, y)$ کے بوولین جدول میں چار مختلف ارکان ضرب ہوں گے، جنہیں جدول ۴.۱ میں پیش کیا گیا ہے۔ اس کے کارناف نقشے میں چار خانے ہوں گے، جہاں ایک خانہ ایک رکن ضرب کو ظاہر کرتا ہے۔ کارناف نقشے میں ان چار خانوں کی ترتیب، شکل ۴.۱-الف میں دکھائی گئی ہے، جہاں بالائی صف میں $x = 0$ جبکہ نچلی صف میں $x = 1$ ہے؛ یہ قیمتیں صفوں کے بائیں طرف، خانوں سے باہر، لکھی گئی ہیں۔ اسی طرح بائیں قطار میں $y = 0$ جبکہ دائیں قطار میں $y = 1$ ہے؛ یہ قیمتیں خانوں سے باہر، قطاروں کے اوپر جانب لکھی گئی ہیں۔ یوں بالائی صف اور دائیں قطار کے مشترک خانے میں $x = 0$ اور $y = 1$ ہے۔ اس خانے کے آزاد متغیرات کی شنائی قیمتوں کو اکٹھے 01 لکھیں۔ یہ خانہ رکن ضرب $\bar{x}y$ کو ظاہر کرتا ہے، لہذا اس خانے میں $\bar{x}y$ (شکل-الف) یا m_1 (شکل-ب) لکھا جائے گا۔ باقی خانوں میں اسی طرح اندراج کیے جاتے ہیں۔ شکل ۴.۳ میں اسی طرز پر چار آزاد متغیر تفاعل کارناف نقشے میں خانہ m_{11} کی نشاندہی کی گئی ہے۔

تین آزاد متغیر تفاعل $F(x, y, z)$ کے آٹھ ارکان ضرب ہوں گے۔ انہیں شکل ۴.۲ کے کارناف نقشے میں دکھایا

جدول ۴.۱: دو متغیر ارکان ضرب۔

x	y		
0	0	$\bar{x}\bar{y}$	m_0
0	1	$\bar{x}y$	m_1
1	0	$x\bar{y}$	m_2
1	1	xy	m_3

	y	
x		
	0	m_0
	1	m_1
	0	m_2
	1	m_3

(ب)

	y	
x		
	0	1
0	$\bar{x}\bar{y}$	$\bar{x}y$
1	$x\bar{y}$	xy

اس صف میں $x = 0$ ہے

اس قطار میں $y = 1$ ہے

(۱)

شکل ۴.۱: دو آزاد متغیر کارنانف نقشے کی بنیادی صورت۔

گیا ہے۔ اس شکل میں دو صف اور چار قطار ہیں۔ صفوں کا تعین x کی قیمت، جبکہ قطاروں کا تعین yz کی قیمت کرتی ہے۔ ان قیمتوں کو (شنائی گسستی کے روپ میں نہیں بلکہ) گرے رمز میں لکھا جاتا ہے۔ یوں، بائیں ہاتھ سے شروع کر کے، پہلی قطار میں yz کی قیمت 00، دوسری میں 01، تیسری میں 11 جبکہ آخری قطار میں 10 ہوگی۔

چار آزاد متغیر تفاعل $F(w, x, y, z)$ کے سولہ ارکان ضرب ہوں گے، جنہیں چار صف اور چار قطار کے کارنانف کے نقشے میں سوایا جاسکتا ہے۔ شکل ۴.۳ میں ایسا کارنانف نقشہ دکھایا گیا ہے۔ یہاں صفوں کا تعین

	yz				
		00	01	11	10
x					
	0	m_0	m_1	m_3	m_2
	1	m_4	m_5	m_7	m_6

شکل ۴.۲: تین متغیر کارنانف نقشے کی بنیادی صورت۔

wx \ yz				
	00	01	11	10
00	m_0	m_1	m_3	m_2
01	m_4	m_5	m_7	m_6
11	m_{12}	m_{13}	m_{15}	m_{14}
10	m_8	m_9	m_{11}	m_{10}

شکل ۴.۳: چار متغیر کارنائف نقشے کی بنیادی صورت۔

wx کی قیمت، جبکہ قطاروں کا تعین yz کی قیمت کرتی ہیں۔ ان قیمتوں کو گرے رمز میں لکھ کر خانوں کی پہچان کی جاتی ہے۔

اب تک آپ پر واضح ہو چکا ہو گا کہ کارنائف نقشے بناتے ہوئے صفوں اور قطاروں کو گرے رمز میں رکھا جاتا ہے۔ چار سے زیادہ متغیرات کے کارنائف نقشوں کا استعمال نسبتاً پیچیدہ ہوتا ہے، لہذا ان سے تفاسل کا سادہ روپ عموماً کمپیوٹر کی مدد سے حاصل کیا جاتا ہے۔

۴.۲ کارنائف نقشے کی بھرائی

بوولین جدول سے کارنائف نقشے کی بھرائی نہایت آسان اور سیدھا عمل ہے۔ بوولین جدول کی جن صفوں میں تفاسل کی قیمت 1 ہو، ان کے مطابق (کارنائف نقشے کے) خانوں میں 1 پر کریں؛ باقی خانوں میں 0 پر کریں۔ شکل ۴.۳-الف میں دو آزاد متغیر تفاسل $F = \sum(m_0, m_1)$ کے لئے یہ عمل دکھایا گیا ہے۔ شکل-ج میں تفاسل کا کارنائف نقشہ پر کیا ہوا دکھایا گیا ہے۔ تفاسل کو مجموعہ ارکان ضرب کے روپ میں لکھنے سے کارنائف نقشہ میں پُر کئے جانے والے خانوں کی نشاندہی ہوتی ہے۔

تین آزاد متغیر تفاسل $F = \sum(m_3, m_5, m_6, m_7)$ کی مثال شکل ۴.۵ میں پیش کی گئی ہیں۔

۴.۳ کارنائف نقشے سے تفاسل کی سادہ مساوات کا حصول

کارنائف نقشے میں متربی خانوں سے مراد ایسے 2^n خانے ہیں جنہیں مربع یا مستطیل میں گھیرا جا سکے؛ یہاں n کی قیمت 1، 2، 3، وغیرہ ہو سکتی ہے۔ یوں 2، 4، 8، وغیرہ، ایسے خانے جنہیں مربع یا مستطیل میں گھیرا جا سکے متربی خانے کہلائیں گے۔ کوئی بھی خانہ (یا خانے) ایک سے زیادہ مربع یا مستطیل کا حصہ بن سکتا ہے (سکتے ہیں)۔

متربی خانوں میں تفاسل کی قیمت 1 ہونے کی صورت میں، ان خانوں کے ارکان ضرب کا مجموعہ بوولین

x	y	F	ارکان ضرب
0	0	1	m_0
0	1	1	m_1
1	0	0	m_2
1	1	0	m_3

$$F = \sum(m_0, m_1)$$

(د)

$x \backslash y$	0	1
0	1	1
1	0	0

(ج)

$x \backslash y$	0	1
0	m_0	m_1
1	m_2	m_3

(ب)

شکل ۴.۴: دو متغیر تقابل کارٹانف نقشے کی بھرائی۔

x	y	z	F	ارکان ضرب
0	0	0	0	m_0
0	0	1	0	m_1
0	1	0	0	m_2
0	1	1	1	m_3
1	0	0	0	m_4
1	0	1	1	m_5
1	1	0	1	m_6
1	1	1	1	m_7

$$F = \sum(m_3, m_5, m_6, m_7)$$

(د)

$x \backslash yz$	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	1	1	1

(ج)

$x \backslash yz$	00	01	11	10
0	m_0	m_1	m_3	m_2
1	m_4	m_5	m_7	m_6

(ب)

شکل ۴.۵: تین متغیر کارٹانف نقشے کی بھرائی۔

قوانین سے حل کر کے سادہ ترین رکن ضرب حاصل کیا جاسکتا ہے۔ یہ رکن ان متربی حانوں کے ارکان ضرب میں مشترک حصے پر مشتمل ہوگا۔

دو متربی بلند حانوں (جن میں تفاعل کی قیمت 1 ہوگی، کے ارکان ضرب کے مجموعے) سے حاصل، سادہ ترین رکن ضرب میں آزاد متغیرات کی تعداد، تفاعل میں آزاد متغیرات کی تعداد سے ایک کم ہوگی۔ اسی طرح، چار بلند متربی حانوں سے حاصل، سادہ ترین رکن ضرب میں آزاد متغیرات کی تعداد، تفاعل میں آزاد متغیرات کی تعداد سے دو کم ہوگی۔ آٹھ متربی بلند حانوں سے حاصل، سادہ ترین رکن ضرب میں آزاد متغیرات کی تعداد، تفاعل میں آزاد متغیرات کی تعداد سے چار کم ہوگی۔

متربی حانے گھیرتے وقت یہ کوشش ہونی چاہئے کہ بڑے سے بڑا مربع یا مستطیل بنے۔ ایسا کرنے سے سادہ ترین رکن ضرب حاصل ہوگا۔ عموماً، متربی حانوں کو ایک سے زیادہ طریقوں سے گھیرا جاسکتا ہے، جن سے تفاعل کی مختلف سادہ صورتیں حاصل ہوں گی۔

اب ہم چند مثالوں کی مدد سے اس طریقہ کار کو سیکھتے ہیں۔

۳.۴.۱ دو آزاد متغیر تفاعل

دو متغیر تفاعل کے کارناف نقشے میں m_0 اور m_1 متربی حانے ہوں گے۔ اسی طرح m_0 اور m_2 متربی حانے ہوں گے، جبکہ m_1 اور m_2 متربی حانے نہیں ہوں گے۔

شکل ۳.۶ میں دو متغیر تفاعل اور اس کا کارناف نقشہ دیا گیا ہے۔ کارناف نقشے میں حانوں سے اوپر، متغیر y کی ممکن قیمتوں 0 اور 1 کی بجائے بالترتیب \bar{y} اور y لکھا گیا ہے (یعنی 1 کی جگہ متغیر لکھا گیا ہے جبکہ 0 کی جگہ متغیر لکھ کر اس پر لکیر لگائی گئی ہے جو پست متغیر کو ظاہر کرتا ہے)۔ اسی طرح حانوں کے بائیں جانب \bar{x} اور x لکھا گیا ہے۔

کارناف نقشے کے دو متربی حانوں میں تفاعل کی قیمت 1 ہے، جنہیں نقطہ دار مستطیل میں گھیرا گیا ہے۔ شکل-د میں ان حانوں کے ارکان ضرب کے مجموعے کو بولین قوانین سے حل کر کے سادہ رکن حاصل کیا گیا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ان حانوں کے ارکان ضرب کے مجموعے سے ایک متغیر رکن حاصل ہوتا ہے؛ یعنی دو متغیر تفاعل کی صورت میں دو حانوں سے ایک متغیر رکن حاصل ہوا۔

یہی مساوات، شکل-ج کے کارناف نقشے میں نقطہ دار مستطیل میں گھیرے، دو متربی حانوں کو دیکھ کر لکھی جاسکتی ہے۔ نقطہ دار مستطیل میں گھیرے دو متربی حانوں کے ارکان ضرب $\bar{x}\bar{y}$ اور $x\bar{y}$ ہیں۔ ان ارکان ضرب میں \bar{x} مشترک ہے، جبکہ ایک رکن میں \bar{y} اور دوسرے میں y ہے۔ یوں، نقطہ دار مستطیل میں گھیرے ارکان ضرب میں وہ حصہ جو مشترک ہو مطلوب سادہ رکن ہوگا۔ (غیر مشترک حصہ رد کرنا، شکل-د میں $\bar{y} + y = 1$ کے مترادف ہے)۔ چونکہ ان حانوں کے علاوہ تمام حانوں میں 0 ہے لہذا یہی رکن تفاعل کی مساوات $(F = \bar{x})$ ہوگی۔

شکل ۳.۷ میں ایک تفاعل کا جدول دیا گیا ہے جس میں متربی حانوں کے ارکان ضرب $\bar{x}\bar{y}$ اور $x\bar{y}$ میں \bar{y} مشترک ہے۔ چونکہ باقی حانوں میں 0 ہے، لہذا اس تفاعل کی سادہ مساوات $F = \bar{y}$ ہوگی۔

شکل ۳.۸ کے تفاعل کے ارکان ضرب $x\bar{y}$ اور xy میں x مشترک ہے (شکل-ج دیکھیں)۔ چونکہ باقی

باب ۴: کارٹانف نقش جات

$$\begin{aligned}
 F &= \bar{x}\bar{y} + \bar{x}y \\
 &= \bar{x}(\bar{y} + y) \\
 &= \bar{x}(1) \\
 &= \bar{x}
 \end{aligned}$$

(د)

	\bar{y}	y
\bar{x}	$\bar{x}\bar{y}$	$\bar{x}y$
x		

(ج)

	\bar{y}	y
\bar{x}	1	1
x	0	0

(ب)

x	y	F	
0	0	1	m_0
0	1	1	m_1
1	0	0	m_2
1	1	0	m_3

(ا)

شکل ۴.۶: متریبی بلند خانوں سے سادہ رکن ضرب کا حصول۔

$$\begin{aligned}
 F &= \bar{x}\bar{y} + x\bar{y} \\
 &= (\bar{x} + x)\bar{y} \\
 &= (1)\bar{y} \\
 &= \bar{y}
 \end{aligned}$$

(ج)

	\bar{y}	y
\bar{x}	$\bar{x}\bar{y}$	
x	$x\bar{y}$	

(ب)

	\bar{y}	y
\bar{x}	1	0
x	1	0

(ا)

شکل ۴.۷: متریبی بلند خانوں سے سادہ رکن ضرب کا حصول۔

خانوں میں تفاعل کی قیمت 0 ہے لہذا تفاعل کے ارکان ضرب کا مجموعہ اسی رکن کے برابر ہوگا۔ یوں اس کی مساوات $F = x$ ہوگی۔

شکل ۴.۹ میں ایک ہی خانے کو دو متریبی خانوں کے ساتھ باری باری جوڑتے ہوئے سادہ مساوات حاصل کرنا دکھایا گیا ہے۔ آئیں اس مساوات کو بوولین منطق کی مدد سے حاصل

یہ دو مختلف ہیں

$x\bar{y}$, xy

لکھائی میں x مشترک ہے

(ج)

	\bar{y}	y
\bar{x}		
x	$x\bar{y}$	xy

(ب)

	\bar{y}	y
\bar{x}	0	0
x	1	1

(ا)

شکل ۴.۸: متریبی بلند خانوں سے سادہ رکن ضرب کا حصول۔

$\bar{x}\bar{y}$ اور $\bar{x}y$ لکھنے میں \bar{x} مشترک ہے،

$x\bar{y}$ اور $x\bar{y}$ لکھنے میں \bar{y} مشترک ہے،

لہذا مساوات $F = \bar{x} + \bar{y}$ ہوگی۔

	\bar{y}	y
\bar{x}	$\bar{x}\bar{y}$	$\bar{x}y$
x	$x\bar{y}$	

	\bar{y}	y
\bar{x}	1	1
x	1	0

شکل ۹: متربی بلند خانوں سے سادہ رکن کا حصول۔

$F = 1$

	\bar{y}	y
\bar{x}	$\bar{x}\bar{y}$	$\bar{x}y$
x	$x\bar{y}$	xy

	\bar{y}	y
\bar{x}	1	1
x	1	1

شکل ۱۰: چار متربی خانوں سے سادہ رکن 1 حاصل ہوگا۔

کریں۔ مساوات کو ارکان ضرب کا مجموعہ لکھ کر اس کی سادہ روپ اخذ کرتے ہیں:

$$\begin{aligned}
 F &= x\bar{y} + \bar{x}\bar{y} + \bar{x}y \\
 &= x\bar{y} + \bar{x}\bar{y} + \bar{x}\bar{y} + \bar{x}y \\
 &= (x + \bar{x})\bar{y} + \bar{x}(\bar{y} + y) \\
 &= (1)\bar{y} + \bar{x}(1) \\
 &= \bar{y} + \bar{x}
 \end{aligned}$$

جہاں، دوسرے قدم پر جدول ۳.۱۲-ب کی شق 4 (صفحہ ۵۴) استعمال کرتے ہوئے $\bar{x}\bar{y} = \bar{x}\bar{y} + \bar{x}\bar{y}$ لکھا گیا۔

شکل ۱۰ میں چار متربی خانے ایک مستطیل میں گھیرے جاسکتے ہیں۔ ایسی صورت میں تفاعل ہمیشہ بلند (1) رہے گا لہذا اس کی مساوات $F = 1$ ہوگی۔

شکل ۱۱ میں متربی خانے نہیں پائے جاتے، لہذا ارکان ضرب کے مجموعہ کو مزید سادہ نہیں بنایا جاسکتا۔ جب بھی کوئی خانہ کسی مستطیل میں شامل نہ ہو، اس کا رکن ضرب جوں کا توں مجموعہ (اور مساوات) میں رہے گا۔

مشق ۱: ارکان ضرب کے مجموعہ کی سادہ صورت بودیلین قوانین سے حاصل کر کے ثابت کریں کہ شکل ۱۰ مشق ۴.۱۰

	\bar{y}	y
\bar{x}		$\bar{x}y$
x	$x\bar{y}$	

$$F = x\bar{y} + \bar{x}y$$

شکل ۴.۱۱: وتریبی خانے نہیں پائے جاتے۔

	$\bar{y}\bar{z}$	$\bar{y}z$	yz	$y\bar{z}$
\bar{x}	0	0	1	0
x	0	1	1	1

$$F = \sum(m_3, m_5, m_6, m_7)$$

$$F(x, y, z) = xy + yz + xz$$

شکل ۴.۱۲: تین متغیر تفاعل کے کارنارف نقشے سے سادہ مساوات کا حصول۔

میں تفاعل کی سادہ مساوات $F = 1$ ہے۔

مشق ۴.۲: رکن ضرب نہ ہونے کی صورت میں ثابت کریں کہ تفاعل کی مساوات $F = 0$ ہوگی۔

شکل ۴.۱۱ میں ایسا تفاعل دیا گیا ہے جس کے خانے کسی مربع یا مستطیل میں نہیں گھیرے جاسکتے۔ ایسے تفاعل کی مساوات کو سادہ نہیں بنایا جاسکتا۔

۴.۳.۲ تین متغیر تفاعل

تین متغیر تفاعل اور اس کا کارنارف نقشہ شکل ۴.۱۲ میں دکھایا گیا ہے۔ کارنارف نقشے میں دو وتریبی خانوں کو گھیرنے والے تین مستطیل بنائے گئے ہیں۔ یاد رہے، مستطیل یوں بنانا لازمی ہے کہ اس میں 2^n خانے سموئے جائیں، جہاں n عدد صحیح ہے۔ یوں تین خانوں کو گھیرنے کی اجازت نہیں۔

درمیانی مستطیل m_3 اور m_7 گھیرتا ہے۔ ان خانوں کے ارکان ضرب میں x کی قیمت تبدیل ہوتی ہے، جبکہ yz

دونوں میں مشترک ہے۔ یوں ان کا سادہ رکن yz ہوگا۔ باقی دو مستطیل سے xy اور xz حاصل ہوگا۔ یوں تفاعل کی سادہ مساوات ان کا مجموعہ $(F = xy + yz + xz)$ ہوگا۔ اس مساوات کو ارکان ضرب کے مجموعہ سے بولین قوانین کی مدد سے حاصل کر سکتے ہیں (جو آپ کو اگلی مشق میں کرنا ہوگا)۔

$$F(x, y, z) = \sum(m_3, m_5, m_6, m_7)$$

(۴.۱) تفصیلی ارکان ضرب کا مجموعہ $= \bar{x}yz + x\bar{y}z + xy\bar{z} + xyz$

سادہ ارکان ضرب کا مجموعہ $= xy + yz + xz$

اس مساوات کی دوسری لکیر میں، ارکان ضرب تمام آزاد متغیرات پر مشتمل ہیں۔ اس طرح کے رکن ضرب کو تفصیلی رکن ضرب کہتے ہیں۔ مساوات کی تیسری لکیر کے ارکان ضرب میں، آزاد متغیرات کی تعداد کم ہے۔ اس طرح کے رکن ضرب کو سادہ رکن ضرب کہتے ہیں۔ اس کتاب میں، عموماً، دونوں اقسام رکن ضرب پکارے جائیں گے۔ امید کی جاتی ہے، متن سے مطلوب مطلب واضح ہوگا؛ جہاں ایسا نہ ہو، وہاں انہیں مکمل نام سے پکارا جائے گا۔

مشق ۴.۳: بولین الجبر استعمال کر کے مساوات ۴.۱ کی دوسری لکیر سے تیسری لکیر حاصل کریں۔ ساتھ ہی تسلی کر لیں کہ آپ شکل ۴.۱۲ کے کارٹانف نقشے سے سادہ ارکان ضرب حاصل کرنا چاہتے ہیں۔

شکل ۴.۱۳ میں تین متغیر کارٹانف نقشہ پیش کیا گیا ہے۔ نقشے میں $m_0 = \bar{x}\bar{y}\bar{z}$ اور $m_2 = \bar{x}y\bar{z}$ کا مجموعہ حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} m_0 + m_2 &= \bar{x}\bar{y}\bar{z} + \bar{x}y\bar{z} \\ &= \bar{x}\bar{z}(\bar{y} + y) \\ &= \bar{x}\bar{z} \end{aligned}$$

ان تین متغیر ارکان ضرب کے مجموعے سے دو متغیر رکن ضرب حاصل ہوا۔ یوں m_0 اور m_2 حنائوں کو مترہی حنائے تصور کرنا ہوگا۔ انہیں اس پر تفصیل سے گفتگو کریں۔

کارٹانف نقشے کے بایاں اور دایاں قطار کے حنائوں کو مترہی تصور کریں۔ تصور میں اس کاغذ کو، جس پر کارٹانف نقشہ بنا ہو، یوں گول کریں کہ کاغذ کا بایاں اور دایاں کنارہ آپس مل جائیں۔ اب پہلی اور آخری قطار کے حنائے مترہی ہوں گے۔ اسی طرح، دو سے زیادہ صفوں کی صورت میں، نچلی اور بالائی صف کے حنائے مترہی ہوں گے۔ تصور میں کاغذ کو یوں لپیٹیں کہ اس کا نچلا کنارہ بالائی کنارے سے جاملے۔ یوں ان صفوں کے حنائوں کو مترہی تصور کیا جاسکتا ہے۔

شکل ۴.۱۳ میں m_0 اور m_2 کو مستطیل میں گھیرا دکھایا گیا ہے۔ (تصور کریں کہ لپیٹے گئے کاغذ پر ان حنائوں کو مستطیل میں گھیرنے کے بعد، کاغذ کو دوبارہ سیدھا کیا گیا ہے؛ یوں مستطیل دو ٹکڑوں میں نظر آئے

باب ۴: کارٹانف نقشہات

$$F = \sum(m_0, m_2, m_5, m_7)$$

$$F(x, y, z) = \bar{x}\bar{z} + xz$$

	$\bar{y}\bar{z}$	$\bar{y}z$	yz	$y\bar{z}$
\bar{x}	1	0	0	1
x	0	1	1	0

شکل ۴.۱۳: کارٹانف نقشے کے اطراف آپس میں ملائیں۔

یہ کربنڈیوڈ کا کارٹانف نقشہ ہے۔ اس میں دو مضامین $\bar{x}\bar{z}$ اور xz دکھائے گئے ہیں۔

شکل ۴.۱۳: کارٹانف نقشے کے اطراف آپس میں ملائیں۔

چار کونے

\bar{x}	\bar{y}	\bar{z}
x	\bar{y}	\bar{z}
\bar{x}	y	\bar{z}
x	y	\bar{z}

	$\bar{y}\bar{z}$	$\bar{y}z$	yz	$y\bar{z}$
\bar{x}	1	0	1	1
x	1	0	1	1

شکل ۴.۱۴: چار متریبی خانے۔

یہ چار متریبی خانے ہیں۔ اس میں دو مضامین $\bar{x}\bar{z}$ اور xz دکھائے گئے ہیں۔

شکل ۴.۱۴: چار متریبی خانے۔

گ۔ ان خانوں میں $\bar{x}\bar{z}$ مشترک ہے، جو ہمارے توقع کے عین مطابق ہے۔ خانہ m_5 اور m_7 میں xz مشترک ہے۔ یوں تفاعل کی سادہ مساوات ان سادہ ارکان کا مجموعہ $F = \bar{x}\bar{z} + xz$ ہوگا۔

شکل ۴.۱۴ میں تین متغیر کارٹانف نقشہ دیا گیا ہے، جس میں چار متریبی خانوں کے دو سرے بنائے گئے ہیں۔ آپ کارٹانف نقشے کو دیکھ کر تفاعل کی سادہ مساوات لکھ سکتے ہیں۔ (اگر آپ ایسا نہیں کر سکتے، تیار ہو جائیں! اگلی مشق میں یہی کہنے کو کہا گیا ہے۔)

مشق ۴.۴: شکل ۴.۱۴ میں دئے تفاعل کی سادہ مساوات کارٹانف نقشے سے حاصل کریں۔ اسی مساوات کو بودیلین الجبرا کی مدد سے حاصل کریں۔ شکل میں چار کونوں کا مشترک حصہ (\bar{z}) دکھایا گیا ہے۔

$$F(w, x, y, z) = wx + \bar{z}$$

	$\bar{y}\bar{z}$	$\bar{y}z$	yz	$y\bar{z}$
$\bar{w}\bar{x}$	1			1
$\bar{w}x$	1			1
wx	1	1	1	1
$w\bar{x}$	1			1

شکل ۴.۱۵: چار متغیر نقشہ (برائے مثال ۴.۱)

۴.۳.۳ چار متغیر تفاعل

چار آزاد متغیر تفاعل کے سولہ ارکان ضرب ہوں گے۔ اس کے کارناف نقشے میں متربی حنائوں کو پہچانے کی خاطر نقشے کو ایسی سطح پر بنوا تصور کریں کہ نقشے کی دایاں قطار نقشے کی بائیں قطار سے جھڑا ہو۔ اسی طرح نقشے کی بالائی صف اور نچلی صف سے آپس میں جھڑے ہوں۔ یوں m_4 خانہ m_6 خانے سے جھڑتا ہے، اور m_1 خانہ m_9 خانے سے جھڑتا ہے۔

اس نقشے میں دو، چار، آٹھ اور سولہ متربی حنائے بنانا ممکن ہے۔ دو متربی حنائوں کے ارکان ضرب کا مجموعہ ایک رکن ضرب دے گا، جس میں تین متغیرات ہوں گے۔ چار متربی حنائوں کے ارکان ضرب کا مجموعہ ایک رکن ضرب دے گا، جس میں دو آزاد متغیرات ہوں گے۔ آٹھ متربی حنائوں کے ارکان ضرب کا مجموعہ ایک رکن ضرب دے گا، جس میں ایک متغیر ہوگا، جبکہ سولہ متربی حنائوں کے ارکان ضرب کا مجموعہ 1 کے برابر ہوگا۔

چار متغیر کارناف نقشوں کی چند مثالیں دیکھتے ہیں۔

مثال ۴.۱: درج ذیل تفاعل کی سادہ مساوات شکل ۴.۱۵ میں پیش کی گئی ہے۔

$$F(w, x, y, z) = \sum(m_0, m_2, m_4, m_6, m_8, m_{10}, m_{12}, m_{13}, m_{14}, m_{15})$$

□

مثال ۴.۲: درج ذیل تفاعلات کی سادہ مساوات حاصل کریں۔

$$F(w, x, y, z) = \sum(m_0, m_5, m_7, m_{10}, m_{11}, m_{13}, m_{15})$$

$$F(w, x, y, z) = \sum(m_0, m_2, m_8, m_{10})$$

باب ۴: کارناف نقش حیات

	$\bar{y}\bar{z}$	$\bar{y}z$	yz	$y\bar{z}$
$\bar{w}\bar{x}$	1			1
$\bar{w}x$				
wx				
$w\bar{x}$	1			1

$$F(w, x, y, z) = \bar{x}\bar{z}$$

(ب)

	$\bar{y}\bar{z}$	$\bar{y}z$	yz	$y\bar{z}$
$\bar{w}\bar{x}\bar{y}\bar{z}x$	1			
$\bar{w}\bar{x}$		1	1	
wx		1	1	
$w\bar{x}$			1	1

$$F(w, x, y, z) = \bar{w}\bar{x}\bar{y}\bar{z} + xz + w\bar{x}y$$

(ا)

شکل ۴.۱۶: چار متغیر نقش (برائے مثال ۴.۲)

حل: پہلا تفاعل شکل ۴.۱۶-الف میں دکھایا گیا ہے، جہاں چار متغیر ہی خانے سادہ رکن ضرب (xz) ، جبکہ دو متغیر ہی خانے $w\bar{x}y$ رکن ضرب دیں گے، اور ایک خانہ جو کسی کے متغیر نہیں پایا جاتا رکن $\bar{w}\bar{x}\bar{y}\bar{z}$ دے گا۔ یوں تفاعل کی سادہ مساوات ان ارکان کا مجموعہ $F = \bar{w}\bar{x}\bar{y}\bar{z} + xz + w\bar{x}y$ ہوگا۔

دو تفاعل شکل ۴.۱۶-ب میں پیش کیا گیا ہے، جہاں چار کونوں کو متغیر ہی تصور کریں، جو رکن $\bar{x}\bar{z}$ دیں گے۔ یہی اس تفاعل کی سادہ مساوات $F = \bar{x}\bar{z}$ ہے۔ □

مشق ۴.۵: شکل ۴.۱۶-ب کے چار خانوں کے ارکان ضرب کے مجموعہ کا سادہ روپ، بولین قوانین کی مدد سے حاصل کر کے ثابت کریں کہ یہ متغیر ہی خانے ہیں۔

مثال ۴.۳: تین آزاد متغیرات کے بلا شرکت گیٹ کا کارناف نقش حاصل کریں۔

حل: شکل ۴.۱۷ میں نقش پیش ہے۔ اس میں متغیر ہی خانے نہیں پائے جاتے، لہذا اس کی مساوات مزید سادہ نہیں بنائی جاسکتی۔ □

۴.۴ ضرب بعد از جمع کی شکل میں سادہ مساوات

۹۳

	$\bar{y}\bar{z}$	$\bar{y}z$	yz	$y\bar{z}$
\bar{x}		1		1
x	1		1	

$$F(x, y, z) = x \oplus y \oplus z$$

شکل ۴.۱۷: تین متغیر بلا شرکت گیت کا نقشہ (برائے مثال ۴.۳)

	$\bar{y}\bar{z}$	$\bar{y}z$	yz	$y\bar{z}$
\bar{x}	1		1	1
x			1	1

$$F(x, y, z) = \sum(m_0, m_2, m_3, m_6, m_7)$$

شکل ۴.۱۸: سادہ مساوات سے ارکان ضرب کے مجموعہ کا حصول (مثال ۴.۴)

۴.۴.۴ سادہ مساوات سے تفاعل کے ارکان ضرب کا حصول

کسی بھی تفاعل کی سادہ مساوات کا حصول بذریعہ کارنائف نقشہ آپ نے دیکھا۔ اس حصے میں اس طریقہ کار کو الٹ چلا کر تفاعل کی سادہ مساوات سے ارکان ضرب کا مجموعہ حاصل کیا جائے گا۔ یہ ترکیب مثال سے بہتر سمجھ آئی گی۔

مثال ۴.۴: درج ذیل سادہ مساوات سے تفاعل کے ارکان ضرب کا مجموعہ دریافت کریں۔

$$F(x, y, z) = y + \bar{x}\bar{z}$$

حل: شکل ۴.۱۸ میں سادہ مساوات سے کارنائف نقشہ حاصل کیا گیا، جس سے مجموعہ ارکان ضرب لکھا گیا۔ □

۴.۴ ضرب بعد از جمع کی شکل میں سادہ مساوات

کارنائف نقشے کے ان حنائوں میں 1 پُر کیا جاتا ہے جن میں تفاعل کے بولین جدول میں ارکان ضرب کی قیمت 1 ہو۔ تفاعل کے متمم کے بولین جدول میں جہاں پہلے 0 تھا اب وہاں 1 ہوگا۔ اس جدول کے کارنائف نقشے سے ارکان ضرب کے مجموعے کی مساوات، تفاعل کے متمم کی سادہ مساوات ہوگی۔ یہ مساوات مجموعہ ارکان ضرب کے روپ میں ہوگی، جس کا متمم لے کر اصل تفاعل کی (ضرب بعد از جمع کی شکل میں) سادہ مساوات حاصل ہوگی۔ ایک مثال سے اس بات کی وضاحت کرتے ہیں۔

مثال ۴.۵: مندرجہ ذیل تفاعل کی مجموعہ ارکان ضرب اور ضرب بعد از جمع کی شکل میں سادہ

	$\bar{y}\bar{z}$	$\bar{y}z$	yz	$y\bar{z}$
\bar{x}	0	0	1	1
x	1	1	0	0

$$F = \bar{x}y + x\bar{y} \quad (\text{ب})$$

	$\bar{y}\bar{z}$	$\bar{y}z$	yz	$y\bar{z}$
\bar{x}	1	1	0	0
x	0	0	1	1

$$\bar{F} = \bar{x}\bar{y} + xy \quad (\text{ج})$$

x	y	z	F	\bar{F}
0	0	0	0	1
0	0	1	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	1	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	1	0	1

(۱)

شکل ۴.۱۹: مجموعہ ارکان ضرب اور ضرب بعد از جمع کی شکل میں سادہ مساوات (مثال ۴.۵)۔

مساوات حاصل کریں۔

$$F(x, y, z) = \sum(m_2, m_3, m_4, m_5)$$

حل: شکل ۴.۱۹-الف میں تفاعل اور اس کے متمم کا جدول پیش کیا گیا ہے، شکل-ب میں تفاعل کی مساوات، ارکان ضرب کے مجموعہ کی صورت میں دی گئی ہے۔ شکل-ج میں دی گئی مساوات، تفاعل کے متمم کی ہے، جس کا متمم لے کر (اور پولین کلیات استعمال کر کے) تفاعل کے ارکان جمع کی ضرب کی (درج ذیل) سادہ مساوات حاصل ہوگی۔

$$\begin{aligned}
 F &= \bar{\bar{F}} = \overline{\bar{x}\bar{y} + xy} \\
 &= (\bar{x}\bar{y})(\overline{xy}) \\
 &= (\bar{x} + \bar{y})(\bar{x} + \bar{y}) \\
 &= (x + y)(\bar{x} + \bar{y})
 \end{aligned}$$

□

	\bar{y}	y
\bar{x}	1	0
x	d	1

$$F = x + \bar{y}$$

(ج)

	\bar{y}	y
\bar{x}	1	0
x	d	1

$$F = \bar{y} + x$$

(ب)

x	y	F	\bar{F}
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	d	d
1	1	1	0

(۱)

شکل ۴.۲۰: غیر دلچسپ حال (مثال ۴.۶)۔

۴.۵ غیر دلچسپ حال

ہم نے اب تک جتنے تفاعل دیکھے، ان میں مداحل کی تمام صورتوں کے مطابقتی مخارج دستیاب اور ضروری تھے۔ بعض اوقات مداحل کی چند قیمتیں ممکن نہیں ہوں گی یا ان کے مطابقتی مخارج استعمال نہیں ہوں گے۔ مداحل کے ان قیمتوں کو غیر دلچسپ حال کہتے ہیں۔

تفاعل کی سادہ مساوات حاصل کرتے وقت، کارناف نقشے کے غیر دلچسپ حال حانوں میں 0 یا 1 کی بجائے d درج کیا جاتا ہے۔ مگر یہی خانے گھیرتے وقت اگر کسی غیر ضروری خانے میں 1 تصور کرنے سے زیادہ سادہ مساوات حاصل ہو تو اس خانے میں 1 تصور کیا جاتا ہے، اور اگر اس میں 0 تصور کرنے سے زیادہ سادہ مساوات حاصل ہوتی ہے تو اس میں 0 تصور کیا جاتا ہے۔

مثال ۴.۶: درج ذیل تفاعل کی سادہ مساوات، مجموعہ ارکان ضرب اور ضرب بعد از جمع کے روپ میں حاصل کریں۔

$$F(x, y) = \sum(m_0, m_3)$$

$$d(x, y) = \sum(m_2)$$

حل: تفاعل کا ایک حال غیر دلچسپ ہے۔ شکل ۴.۲۰ میں تفاعل کا بولین جدول اور کارناف نقشے دکھائے گئے ہیں۔ مجموعہ ارکان ضرب کے روپ میں سادہ مساوات حاصل کرتے وقت غیر دلچسپ خانے کی قیمت 1 تصور کرنے سے (زیادہ) سادہ مساوات حاصل ہوگی (شکل-ب)۔ ضرب بعد از جمع کے روپ میں بھی غیر دلچسپ خانے کی قیمت 1 تصور کرنے سے (زیادہ) سادہ مساوات حاصل ہوگی (شکل-ج)۔ □

مثال ۴.۷: درج ذیل تفاعل کی سادہ مساوات حاصل کریں۔

$$F(w, x, y, z) = \sum(m_0, m_2, m_8, m_9, m_{12}, m_{13}, m_{15})$$

$$d(w, x, y, z) = \sum(m_1, m_3, m_{11})$$

	$\bar{y}\bar{z}$	$\bar{y}z$	yz	$y\bar{z}$
$\bar{w}\bar{x}$	1	d	d	1
$\bar{w}x$		d		
wx	1	1		
$w\bar{x}$	1	1	d	

$F(w, x, y, z) = w\bar{y} + \bar{w}\bar{x}$

شکل ۴.۲۱: غیر دلچسپ حالات (مثال ۴.۷)۔

حل: شکل ۴.۲۱ میں کارٹانف نقش پیش کیا گیا ہے۔ سادہ مساوات کے حصول میں (بالائی صف کے) دو غیر دلچسپ خانوں کی قیمت 1، جبکہ باقی دو غیر دلچسپ خانوں کی قیمت 0 تصور کی گئی۔ کارٹانف نقشے میں 0 کو نظر پوش کیا گیا ہے۔ تفاعل کی مساوات شکل میں دی گئی ہے۔

□

باب ۵

ترکیبی منطق اور ترکیبی ادوار

ترکیبی منطق^۱ سے مراد وہ منطق ہے جس میں محارج موجودہ مداحل پر منحصر ہو؛ یعنی، کسی بھی لمحہ پر تقاضا کا محارج، اُسی لمحہ کے مداحل پر منحصر ہوگا۔ ایسے تقاضا کو ترکیبی ادوار سے حابہ عمل پہنایا جاتا ہے، جو شنائی گیٹ سے حاصل کئے جاتے ہیں۔ اس باب میں ترکیبی ادوار پر غور کیا جائے گا۔

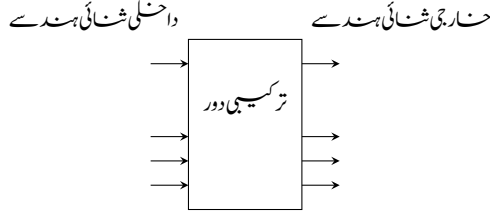
اس کے برعکس، ترتیبی منطق^۲ سے مراد وہ منطق ہے جس میں محارج موجودہ اور ماضی مداحل پر منحصر ہو؛ یعنی، کسی بھی لمحہ پر تقاضا کا محارج، گزرے اور موجودہ مداحل پر منحصر ہوگا۔ ترتیبی منطق کو ترکیبی ادوار سے حابہ عمل پہنایا جاتا ہے، جن پر اگلے باب میں غور کیا جائے گا۔

کسی بھی ترکیبی دور کو شکل ۱ کی ڈیہ شکل^۳ سے ظاہر کیا جاسکتا ہے، جہاں مداحل شنائی ہندسوں (مداحل پٹ) کو بائیں جبکہ محارج شنائی ہندسوں کو دائیں ہاتھ رکھا جاتا ہے۔

۵.۱ شنائی جمع کار اور شنائی منفی کار

دو اعداد کو جمع یا منفی کرنا بنیادی حاب کا حصہ ہے۔ آئیں دو پٹ جمع کرنے والے دور پر غور کریں۔

combinationallogic^۱
sequentiallogic^۲
boxdiagram^۳



شکل ۵.۱: ترکیبی دور کی ڈب شکل۔

۵.۱.۱ نصف جمع کار

ایک بٹ کی قیمت صرف 0 یا 1 ہو سکتی ہے، لہذا دو بٹ جمع کرتے ہوئے درج ذیل چار (شنائی) صورتیں پیدا ہوں گی۔ (اس باب میں شنائی ہندسے اور اعداد استعمال ہوں گے؛ زیر نوشتہ 2 لکھ کر وضاحت نہیں کی جائے گی۔)

$$\begin{aligned} 0 + 0 &= 0 \\ 0 + 1 &= 1 \\ 1 + 0 &= 1 \\ 1 + 1 &= 10 \end{aligned}$$

اس مساوات میں دو بٹ جمع کئے گئے، لہذا مداحصل کی تعداد دو ہوگی۔ مساوات میں اگر چہ پہلے تین جوابات ایک بٹ ہیں، لیکن آخری جواب دو بٹ ہے۔ یوں، تمام صورتوں سے نیچے کی خاطر، جوابات دو بٹ تصور کیے جائیں گے، اور ذیل لکھنا بہتر ہوگا:

$$\begin{aligned} 0 + 0 &= 00 \\ 0 + 1 &= 01 \\ 1 + 0 &= 01 \\ 1 + 1 &= 10 \end{aligned}$$

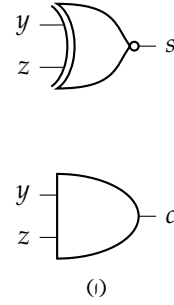
جس سے واضح ہے کہ جواب دو بٹ ہیں۔ یوں، دو بٹ جمع کرنے والے دور کے دو مداحصل اور دو مخارج ہوں گے۔ مداحصل کو y اور z ، جبکہ مخارج کو s اور c لکھ کر درج بالا مساوات کو جدول ۵.۱ میں پیش کیا گیا ہے، جس سے تقاضات c اور s کی مساوات، مجموعہ ارکان ضرب کے روپ میں حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} c &= yz \\ s &= \bar{y}z + y\bar{z} \end{aligned} \quad (5.1)$$

ان تقاضات کے (دو مختلف اتمام کے) ادوار شکل ۵.۲ میں پیش کیے گئے ہیں، جو نصف جمع کار کہلاتے ہیں۔ اس نام کی وضاحت اگلے حصے میں ہوگی۔

جدول ۱.۵: دو بیت جمع

y	z	c	s
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0



شکل ۲.۵: نصف جمع کار

جدول ۵.۲: مکمل جمع کار

x	y	z	c	s
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

۵.۱.۲ مکمل جمع کار

آئیں، ایک سے زیادہ ہٹ شنائی اعداد $y = 111_2$ اور $z = 11_2$ کے مجموعے کا حصول دیکھتے ہیں۔

$$\begin{array}{r} 11 \\ 111 \\ + 11 \\ \hline 1010 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 11 \\ 111 \\ + 11 \\ \hline 1010 \end{array}$$

پہلے قدم پر کم تر ترتیبی ہٹ y_0 اور z_0 کو نصف جمع کار حل کر سکتا ہے، لیکن اگلے قدم پر ہٹ y_1 اور z_1 جمع کرتے ہوئے گزشتہ قدم کا حاصل ۱ (1) بھی جمع کرنا ہوگا۔

ظاہر ہوا، دو اعداد جمع کرنے کی خاطر ایسا دور درکار ہوگا جو تین ہٹ جمع کر سکے۔ آئیں ایسا دور دیکھتے ہیں۔

اس دور کے مداحل x ، y اور z جبکہ محارج c اور s لیتے ہوئے (جہاں x پچھلے قدم کا حاصل ہوگا) جدول ۵.۲ لکھتے ہیں۔

جدول سے c اور s کے تفاعلات کی مساوات، مجموعہ ارکان ضرب کے روپ میں حاصل کرتے ہیں۔ یاد رہے جدول میں تین آزاد اور دو تابع متغیرات ہیں۔ ایک تابع متغیرہ کی مساوات حاصل کرتے وقت دوسرے تابع متغیرہ کو نظر انداز کریں۔ یوں c کی مساوات حاصل کرتے وقت تین مداحل x ، y ، اور z پر نظر رکھتے ہوئے c کے ارکان ضرب کا مجموعہ لیں۔ شکل ۵.۳ میں کارنانف نقٹوں سے ان تفاعلات کی (درج ذیل) سادہ مساوات حاصل کی گئی ہیں۔

$$\begin{aligned} c &= xz + xy + yz \\ s &= x \oplus y \oplus z \end{aligned} \quad (۵.۲)$$

carry^۵

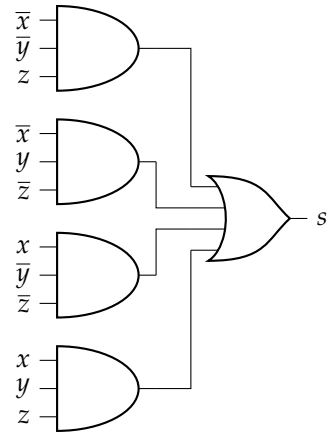
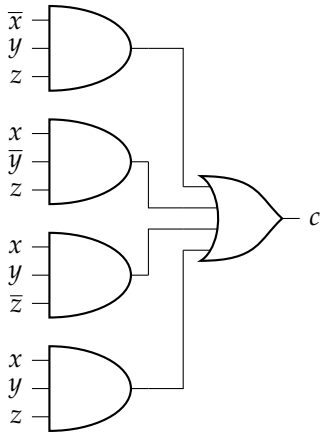
x \ yz	00	01	11	10
	0	1		1
1	1		1	

$s = x \oplus y \oplus z$

x \ yz	00	01	11	10
	0		1	
1		1	1	1

$c = xz + xy + yz$

شکل ۵.۳: مکمل جمع کار



شکل ۵.۴: مکمل جمع کار (مساوات ۵.۳)

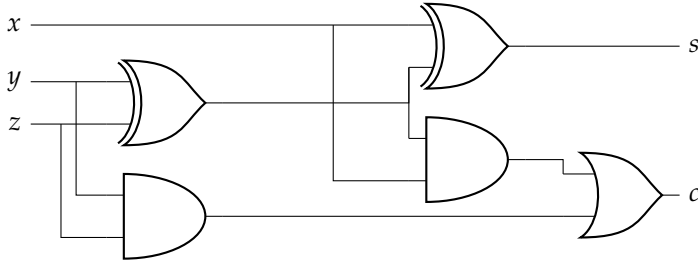
کارنات نقشہ استعمال کیے بغیر جدول ۵.۲ سے ان تقاضات کی مساوات، مجموعہ ارکان ضرب کے روپ میں لکھتے ہیں۔

$$c = \bar{x}yz + x\bar{y}z + xy\bar{z} + xyz$$

$$s = \bar{x}\bar{y}z + \bar{x}y\bar{z} + x\bar{y}\bar{z} + xyz$$

انہیں شکل ۵.۴ میں عملی جامہ پہنایا گیا ہے۔

درج بالا، عملی مساوات کے درمیانے دو اجزاء کا مجموعہ $x(\bar{y}z + y\bar{z})$ جبکہ باقی اجزاء کا $(\bar{x} + x)yz$ ہے،



شکل ۵.۵: مکمل جمع کار کا بہتر دور (مساوات ۵.۴)

لہذا c کے لئے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$c = (\bar{x} + x)yz + x(\bar{y}z + y\bar{z})$$

$$= yz + x(y \oplus z)$$

اس کو مساوات ۵.۲ میں پیش s کے ساتھ اکٹھا لکھتے ہیں۔

$$(۵.۴) \quad \left. \begin{aligned} c &= yz + x(y \oplus z) \\ s &= x \oplus y \oplus z \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{مکمل جمع کار کی} \\ \text{بہتر مساوات} \end{array}$$

ان تقاضات کو شکل ۵.۵ میں پیش کیا گیا ہے، جو شکل ۵.۴ سے بہتر (چھوٹا) ہے۔

مساوات ۵.۴ میں دیے s سے ارکان ضرب کا مجموعہ حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} s &= x \oplus (y \oplus z) \\ &= x \oplus (y\bar{z} + \bar{y}z) \\ &= x(\bar{y}\bar{z} + \bar{y}z) + \bar{x}(y\bar{z} + \bar{y}z) \\ &= x(\bar{y}\bar{z})(\bar{y}z) + \bar{x}(y\bar{z} + \bar{y}z) \\ &= x(\bar{y} + z)(y + \bar{z}) + \bar{x}(y\bar{z} + \bar{y}z) \\ &= x(yz + \bar{y}\bar{z}) + \bar{x}(y\bar{z} + \bar{y}z) \\ &= xyz + x\bar{y}\bar{z} + \bar{x}y\bar{z} + \bar{x}\bar{y}z \end{aligned}$$

شکل ۵.۵ مکمل جمع کار کہلاتا ہے، لہذا شکل ۵.۲ کو نصف جمع کار کہیں گے۔

جدول ۵.۲ میں y اور z شنائی ہندسوں کے ساتھ گزشتہ قدم کا حاصل x جمع کیا گیا۔ شکل ۵.۶ میں نصف جمع کار اور مکمل جمع کار کی علامت پیش ہیں۔ مکمل جمع کار میں گزشتہ قدم سے داخلے حاصل^۸ کو c جبکہ اس

^۸fulladder
^۹halfadder
^{۱۰}carryin



شکل ۵.۶: نصف جمع کار اور مکمل جمع کار کی علامتیں۔

قدم کے خارجی حاصل کو c سے ظاہر کیا گیا۔

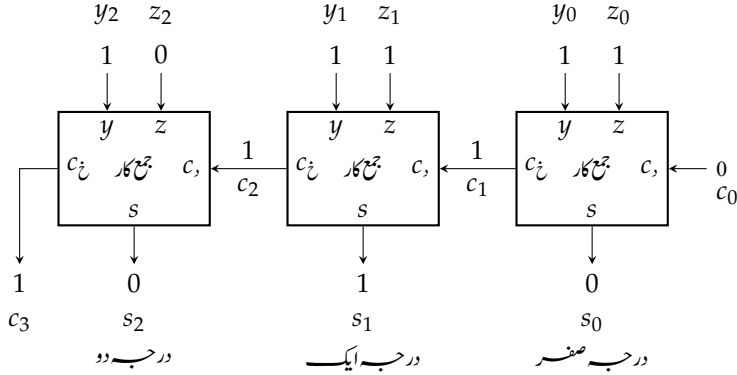
آئیں $y = 111_2$ اور $z = 11_2$ کا مجموعہ مکمل جمع کار کی مدد سے حاصل کریں۔ سب سے پہلے دونوں اعداد کو تین شنائی ہندسوں میں لکھیں، لہذا $z = 011_2$ ہو گا۔ شکل ۵.۷ میں مطلوبہ تین درجی، تین بٹ جمع کار پیش کیا گیا ہے، جہاں مکمل جمع کار کو مختصراً ”جمع کار“ کہا گیا ہے۔ شنائی عدد $y = 111 = y_2y_1y_0$ اور $z = 011 = z_2z_1z_0$ ہیں۔ یوں کم رتبی بٹ کے مکمل جمع کار کو دونوں اعداد کے کم رتبی ہندسے، $y_0 = 1$ اور $z_0 = 1$ ، منراہم کیے جائیں گے، اور ساتھ ہی چونکہ پہلے قدم میں کوئی ”داخلی حاصل“ نہیں ہو گا لہذا داخلی حاصل $c_0 = 0$ منراہم کیا جائے گا۔ اگلے قدم میں جمع کار کو $y_1 = 1$ اور $z_1 = 1$ کے ساتھ پہلے قدم کا حاصل c_1 بطور داخلی حاصل، منراہم کیا جائے گا، جبکہ آخری جمع کار کو $y_2 = 1$ اور $z_2 = 0$ کے ساتھ گزشتہ قدم کا حاصل c_2 منراہم کیا جائے گا۔ تین بٹ جمع کار، ان اعداد کا مجموعہ $c_3s_2s_1s_0 = 1010_2$ دے گا۔

$$\begin{array}{r} 111 \\ 111 \\ + 011 \\ \hline 1010 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 111 \\ 111 \\ + 011 \\ \hline 1010 \end{array}$$

شکل ۵.۷ میں چونکہ درجہ صفر کا داخلی حاصل ہمیشہ 0 ہو گا لہذا یہاں مکمل جمع کار کی بجائے نصف جمع کار بھی استعمال کیا جا سکتا تھا۔ ایسا کرتے ہوئے c_0 منراہم کرنے کی ضرورت نہیں ہو گی۔

زیادہ بٹ اعداد کے مجموعہ کے لئے شکل ۵.۷ میں بائیں جانب مزید مکمل جمع کار کا اضافہ کیا جائے گا۔ یوں 8 بٹ (یعنی ایک بائٹ) اعداد کا مجموعہ آٹھ درجی جمع کار دے گا، جو 8 مکمل جمع کار پر مشتمل ہو گا، جبکہ 64 بٹ اعداد کے مجموعہ کے لئے 64 مکمل جمع کار پر مشتمل 64 بٹ جمع کار درکار ہو گا۔



شکل ۵.۷: تین درجی، تین بٹ جمع کار

مشق ۵.۱: مخلوط دور 74283 چار بٹ مکمل جمع کار ہے (صفحہ ۴۹ پر مخلوط ادوار کے سلسلہ 74xxx کے بارے میں دوبارہ پڑھیں)۔ اس کے معلوماتی صفات انٹرنیٹ^{۱۰} سے حاصل کریں۔ اس مخلوط دور کو استعمال کرتے ہوئے 8 بٹ کے دو شناختی اعداد جمع کریں۔

۵.۱.۳ منفی کار

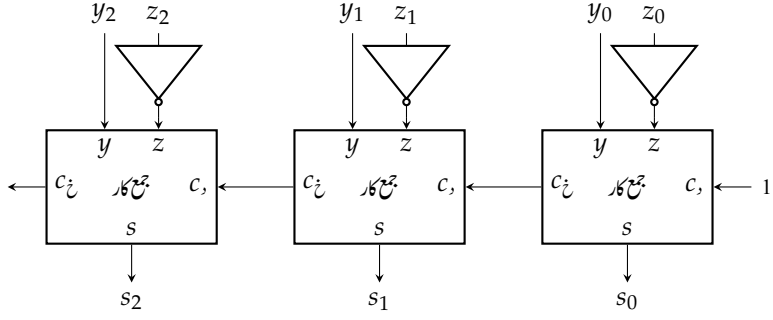
شناختی اعداد کو کمپیوٹر دو کے تکملہ کی مدد سے منفی کرتا ہے۔ دو کا تکملہ استعمال کرتے ہوئے شناختی اعداد منفی کرنے کے عمل پر دوبارہ نظر ڈالتے ہیں۔ یاد رہے، بلند ترین بٹ کی جمع سے پیدا، آخری حاصل منسلک کیا جاتا ہے، جبکہ اس کی غیر موجودگی میں نتیجہ کا دو کا تکملہ لیا جاتا ہے۔

شناختی عدد کے اس منفی ایک تکملہ (یا متمم) کے ساتھ 1 جمع کرنے سے عدد کا اسی تکملہ حاصل ہوگا۔ عدد کا متمم حاصل کرنے کی خاطر عدد کے ہر بٹ کا متمم لیا جاتا ہے۔ بٹ کا متمم بذریعہ نفی گیٹ لیا جاسکتا ہے۔

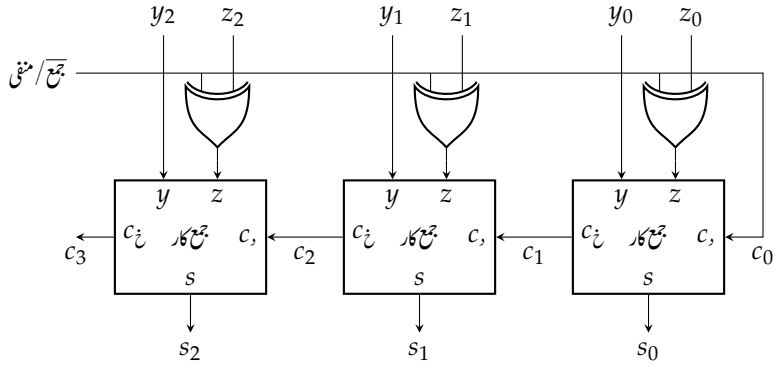
تین بٹ شناختی اعداد y اور z سے $(y - z)$ حاصل کرنے کے لئے z کے متمم کے ساتھ 1 اور y جمع کرنا ہوگا۔ شکل ۵.۸ میں اس عمل کو عملی جامہ پہنایا گیا ہے، جہاں نفی گیٹ استعمال کر کے z کا متمم (یا ایک کا تکملہ) حاصل کیا گیا، اور ساتھ 1 جمع کرنے کی خاطر درج صفر کو داخلہ حاصل 1 منہراہم کیا گیا۔

شکل ۵.۷ اور شکل ۵.۸ دونوں میں مکمل جمع کار استعمال ہوئے۔ شکل ۵.۷ کے ساتھ نفی گیٹ منسلک کر کے اور داخلہ حاصل c_0 کو 0 کی بجائے 1 رکھنے سے شکل ۵.۸ حاصل ہوگا۔ جمع اور منفی اعمال ایک ہی دور سے بھی حاصل کیے جاسکتے ہیں۔ ایسا دور جسے جمع و منفی کار کہتے ہیں شکل ۵.۹ میں پیش ہے۔

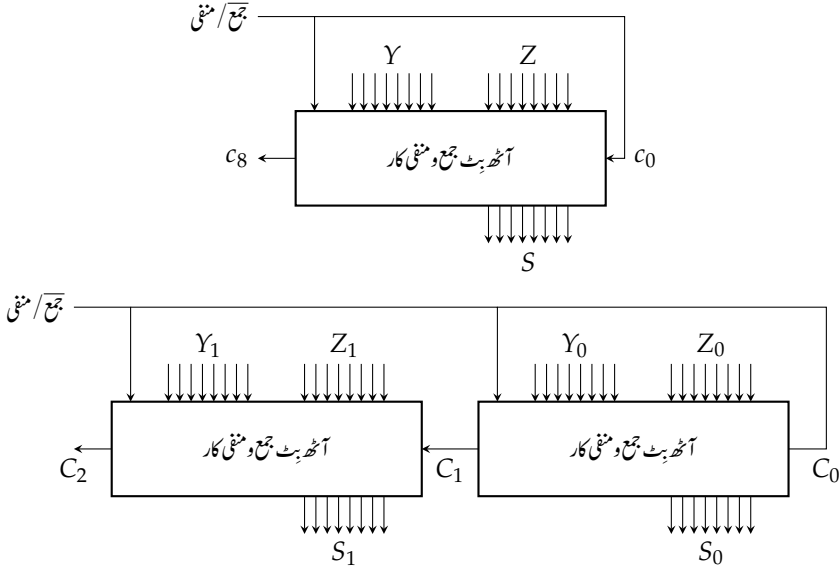
^{۱۰} انٹرنیٹ میں 74283 datasheet تلاش کریں۔



شکل ۸.۵: تین درجی، تین ہٹ منفی کار



شکل ۹.۵: تین ہٹ جمع و منفی کار



شکل ۵.۱۰: ایک اور دو بائٹ جمع و منفی کار

اس شکل میں بلا شرکت جمع گیٹ استعمال کیا گیا، اور فتاوا اشارہ جمع/منفی کا اضافہ کیا گیا۔ اس فتاوا اشارہ کی کارکردگی پر غور کرتے ہیں۔ جب جمع/منفی اشارہ پست (0) ہو بلا شرکت جمع گیٹ عدد Z جوں کا توں مکمل جمع کار تک پہنچائے گا، اور ساتھ ہی $c_0 = 0$ ہوگا؛ لہذا یہ دور تین بٹ جمع کار کی حیثیت سے کام کرے گا۔

اس کے برعکس، جمع/منفی اشارہ بلند (1) ہو بلا شرکت جمع گیٹ عدد Z کا متمم مکمل جمع کار تک پہنچائے گا، اور ساتھ ہی $c_0 = 1$ ہوگا؛ لہذا یہ دور تین بٹ منفی کار کی حیثیت سے کام کرے گا۔

فتاوا اشارہ کے نام میں ”منفی“ اور ”لکھ کر یہ“ واضح کیا گیا ہے کہ اشارہ بلند ہونے کی صورت میں منفی کار اور پست ہونے کی صورت میں جمع کار حاصل ہوگا۔

آٹھ بٹ جمع و منفی کار کو ایک بائٹ جمع و منفی کار کہتے ہیں۔ شکل ۵.۱۰ میں ایک بائٹ اور دو بائٹ جمع و منفی کار دکھائے گئے ہیں۔ اس کے بائیں جانب مزید درج بات جوڑ کر متعدد بائٹ کا دور بنایا جاسکتا ہے۔ یہاں Y_0 پہلے بائٹ (یعنی بٹ y_0 تا y_7) کو، Y_1 اگلے بائٹ (یعنی بٹ y_8 تا y_{14}) کو ظاہر کرتا ہے، جبکہ C_2 سے مراد دوسرے بائٹ کی جمع کا خارجہ حاصل ہے۔

جدول ۵.۳: اعشاری جمع کار کے مطلوبہ جواب

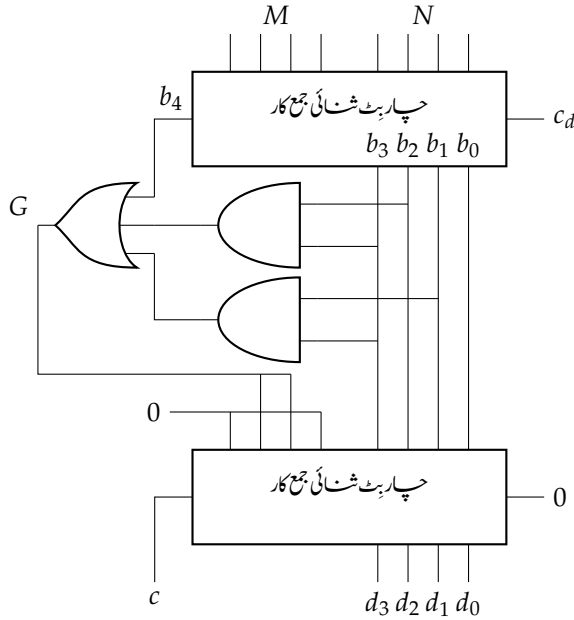
شنائی					شنائی سرموز اعشاریہ					اعشاری
b_4	b_3	b_2	b_1	b_0	c	d_3	d_2	d_1	d_0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	3
0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	4
0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	5
0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	6
0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	7
0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	8
0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	9
0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	10
0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	11
0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	12
0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	13
0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	14
0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	15
1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	16
1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	17
1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	18
1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	19

۵.۱.۴ اعشاری جمع کار

جیسا پہلے ذکر ہوا، اعشاری اعداد کو شنائی سرموز اعشاریہ^{۱۱} سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ ایسا مکمل جمع کار بناتے ہیں جو دو اعشاری ہندسوں M ، N اور داخلی حاصل c_d کو جمع کرتا ہو۔ چونکہ اعشاری ہندسے 0 تا 9، جبکہ داخلی حاصل 0 یا 1 ہو سکتا ہے، لہذا اس جمع کار کے جواب $(M + N + c_d)$ کی قیمت $(0 + 0 + 0 = 0)$ تا $(9 + 9 + 1 = 19)$ ہوگی، جنہیں اعشاری، شنائی سرموز اعشاریہ اور شنائی روپ میں جدول ۵.۳ میں پیش کیا گیا ہے۔

جدول میں، چار بٹ شنائی روپ میں خارجی حاصل کو b_4 ، جبکہ شنائی سرموز اعشاریہ میں خارجی حاصل کو c سے ظاہر کیا گیا ہے۔ ان طریقوں میں 0 تا 9 جوابات ایک جیسے، جبکہ 10 تا 19 ایک دوسرے سے مختلف لکھے جاتے ہیں۔ یوں اگر چار بٹ شنائی جمع کار استعمال ہو اور جواب 0 تا 9 ہو تب یہی جواب بطور شنائی سرموز اعشاریہ جواب قابل قبول ہوگا، البتہ 9 سے بڑے شنائی جواب کو شنائی سرموز اعشاریہ جواب تسلیم نہیں کیا جاسکتا۔ انہیں دیکھتے ہیں ایسی صورت میں کیا کیا جاسکتا ہے۔

^{۱۱}binary coded decimal (BCD)



شکل ۵.۱۱: شنائی مرموز اعشاریہ روپ میں اعشاری جمع کار

یہاں ایک دلچسپ حقیقت پر غور کرتے ہیں۔ ناقتابل مقبول شنائی جواب کے ساتھ 0110_2 شنائی طور جمع کرنے سے درست شنائی مرموز اعشاریہ جواب حاصل ہوگا۔ مثلاً، 01010_2 کے ساتھ 0110_2 جمع کرنے سے 10000_2 حاصل ہوگا، جو شنائی مرموز اعشاریہ میں درست جواب ہے۔ یوں 0 تا 9 شنائی جوابات کو جوں کا توں، جبکہ ان سے بڑے جوابات کے ساتھ 0110_2 شنائی طور جمع کر کے شنائی مرموز اعشاریہ جواب حاصل کیے جاسکتے ہیں۔

جدول سے واضح ہے کہ جب شنائی جمع کار کے جواب میں خارج حاصل b_4 بلند ہو، اس جواب کو شنائی مرموز اعشاریہ جواب تسلیم نہیں کیا جاسکتا؛ اس کے علاوہ جب b_3 کے ساتھ b_2 یا b_1 بھی بلند ہو تب بھی جواب کو شنائی مرموز اعشاریہ تسلیم نہیں کیا جاسکتا۔ ان حقائق کو درج ذیل بولین مساوات بیان کرتی ہے، جہاں ناقتابل مقبول جواب کی صورت میں G بلند ہوگا۔

$$(5.5) \quad G = b_4 + b_3b_2 + b_3b_1$$

اس حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے شنائی جمع کار کی مدد سے شنائی مرموز اعشاریہ جمع کار کا حصول شکل ۵.۱۱ میں دکھایا گیا ہے۔ اگر G پست ہو تب نچلا جمع کار بالائی جمع کار کے جواب کے ساتھ 0 جمع کر کے اسی جواب کو خارج کرتا ہے، جبکہ G بلند ہونے کی صورت میں ساتھ 0110_2 جمع کر کے درست شنائی مرموز اعشاریہ خارج کرتا ہے۔



شکل ۵.۱۲: دوہٹ شنائی ضرب کار

۵.۲ شنائی ضرب کار

شنائی ضرب بالکل اعشاری ضرب کی طرح کی جاتی ہے۔ دوہٹ شنائی اعداد y اور z کو قلم و کاغذ کی طرز پر ضرب کرتے ہیں۔

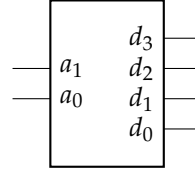
$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{cc}
 z_1 & z_0 \\
 y_1 & y_0 \\
 \hline
 y_0 z_1 & y_0 z_0 \\
 y_1 z_1 & y_1 z_0 \\
 \hline
 m_3 & m_2 & m_1 & m_0
 \end{array}
 \end{array}$$

اس مساوات سے حاصل دوہٹ شنائی ضرب کار شکل ۵.۱۲ میں پیش ہے۔ زیادہ ہٹ کے ضرب کار بھی اسی طرح تشکیل دیے جاتے ہیں۔

درج بالا قلم و کاغذ کی طرز پر ضرب میں کسٹریٹ $m_0 = y_0 z_0$ ہے جو شکل میں جمع گیٹ u_4 دیتا ہے۔ اگلا ہٹ m_1 ہے جو $y_0 z_1$ اور $y_1 z_0$ کو جمع کر کے حاصل ہوگا۔ جمع گیٹ u_3 ہمیں $y_0 z_1$ جبکہ u_2 ہمیں $y_1 z_0$ دیتا ہے، جنہیں دایاں نصف جمع کار u_6 آپس میں جمع کر کے m_1 اور حاصل (اگر موجود ہو) دیتا ہے۔ اس حاصل کو $y_1 z_1$ (جو گیٹ u_1 سے ملتا ہے) کے ساتھ بایاں نصف جمع کار u_5 ملا کر m_2 اور حاصل m_3 دیگا۔

مشق ۵.۲: شنائی اعداد 11_2 اور 10_2 جمع کرنے کے قدم شکل ۵.۱۲ کے دور میں کرتے ہوئے دکھائیں۔

داخلی بٹ		خارجی بٹ			
a_1	a_0	d_3	d_2	d_1	d_0
0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0



شکل ۵.۱۳: دو سے چار شناخت کار

مشق ۵.۳: انٹرنیٹ سے 74284 مخلوط دور کے معلوماتی صفحات حاصل کریں۔ یہ مخلوط دور کیا کام سرانجام دیتا ہے؟

۵.۳ شناخت کار

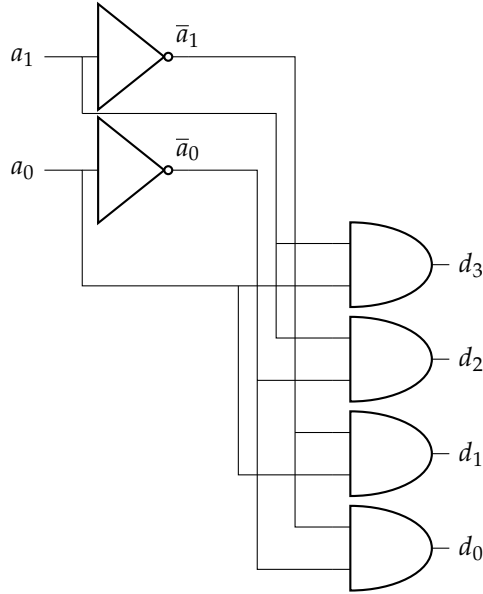
دو بٹ چار علامتوں (2^2) کو ظاہر کر سکتا ہے، جبکہ n بٹ 2^n علامتوں کو ظاہر کر سکتا ہے۔ ایسا دور جو n مداحل کو دیکھ 2^n منفرد مخارج میں سے ایک چن کے شناخت کار 2^n کہلاتا ہے۔ اگر شناخت کار کے n مداحل کے تمام ترتیب زیر استعمال نہ لائے گئے ہوں، تب اس کے مخارج 2^n سے کم ہوں گے۔ شکل ۵.۱۳ میں دو سے چار شناخت کار کی علامت اور کارکردگی کا جدول پیش ہیں۔ داخلی بٹوں کی ہر منفرد ترتیب، خارجی بٹوں میں سے ایک منفرد بٹ منتخب کرتی ہے۔ یہاں چنی گئی بٹ بلند کی گئی ہے، شناخت کار یوں بھی تشکیل دی جاسکتی ہے کہ منتخب بٹ پست ہو۔

مداحل 00 (جدول کی پہلی صف) کرنے سے چار مخارج میں سے ایک، یعنی d_0 کی شناخت ہوتی ہے۔ اسی طرح 01 مخارج d_1 کی، 10 مخارج d_2 کی، اور 11 مخارج d_3 کی شناخت کرتے ہیں۔

اگر d چار مختلف جگہیں، مثلاً، چار گلیاں، یا چار مکان، تصور کی جائیں، تب a ان کا پتہ ہوگا، جس کے ذریعہ ان تک پہنچنا ممکن ہوگا۔ اسی مشابہت سے a کو پتہ کے پٹے یا پتہ بٹے 1^3 یا صفر پتہ 0^3 کہتے ہیں۔ عددی برقیات میں اس طرح جگہ تعیین کرنے والے ”پتہ کے بٹوں“ کا استعمال عام ہے اور انہیں، عموماً، a سے ظاہر کیا جاتا ہے۔

کسی بھی پتہ کو اعشاری روپ میں لکھیں؛ یہی مقام منتخب ہوگا۔ یوں 101_2 پتہ مقام 5_{10} یعنی d_5 منتخب کرے گا۔

decoder^{۱۲}
addressbits^{۱۳}
address^{۱۴}



شکل ۵.۱۴: دو با چار شناخت کار

شکل ۵.۱۳ میں دیے جدول کو مخارج کے لئے حل کر کے درج ذیل حاصل ہوں گے۔

$$d_0 = \bar{a}_1 \bar{a}_0$$

$$d_1 = \bar{a}_1 a_0$$

$$d_2 = a_1 \bar{a}_0$$

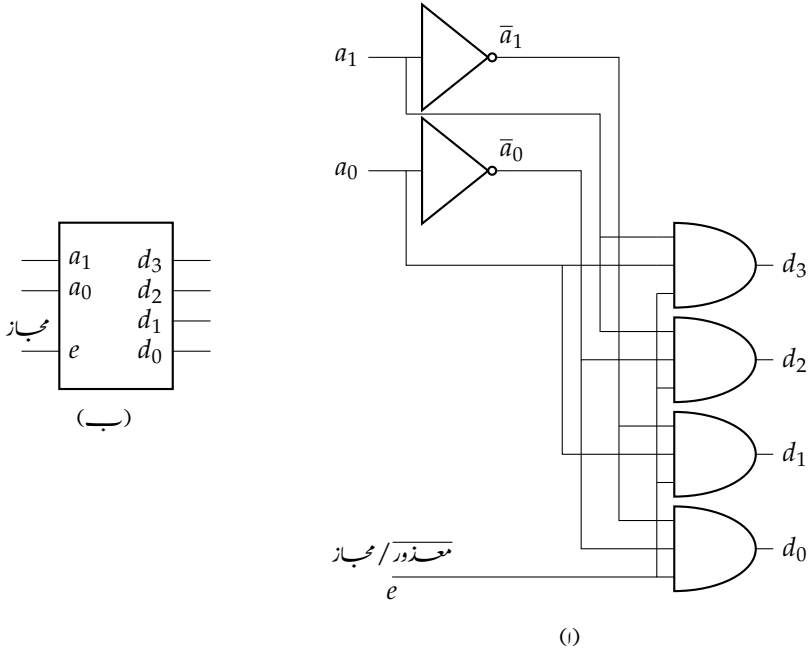
$$d_3 = a_1 a_0$$

شکل ۵.۱۴ میں ان مساوات سے حاصل دو با چار (2×4) شناختے کار پیش^{۱۵} ہے، جس کے داخلی پٹ کی تعداد دو (2)، جبکہ خارجی پٹ کی تعداد چار (4) ہے۔

شکل ۵.۱۴ میں پیش شناخت کار کے تمام ضرب گیٹوں کے ساتھ اضافی متابو مداحل جوڑ کر مجباز و معذور صلاحیت کا (2×4) شناخت کار حاصل ہوگا، جو شکل ۵.۱۵ میں پیش ہے۔ شناخت کار، بلند متابو اشارہ (e) کی صورت میں، شناخت کرنے کا مجباز ہوگا، پست اشارے کی صورت میں شناخت کار معذور ہوگا اور اس کے تمام مخارج پست ہوں گے۔ شکل-ب میں اس کی علامت پیش کی گئی ہے، جہاں متابو اشارہ کو مختصر ”مجباز“ کہا گیا ہے۔

جدول ۵.۴-الف میں مجباز و معذور صلاحیت کے شناخت کار کی کارکردگی پیش کی گئی ہے۔ اس جدول

^{۱۵} decoder



شکل ۵.۱۵: محباز و معذور صلاحیت کا دو باحپار شناخت کار

جدول ۵.۴: محباز و معذور صلاحیت کا شناخت کار

(i)

e	a_1	a_0	d_3	d_2	d_1	d_0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1	0
1	1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0

(ب)

e	a_1	a_0	d_3	d_2	d_1	d_0
0	x	x	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1	0
1	1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0

جدول ۵.۵: بلند عمل پیرا، تین با آٹھ شناخت کار

a_2	a_1	a_0	d_7	d_6	d_5	d_4	d_3	d_2	d_1	d_0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

کو مختصر جدول-ب کی صورت میں پیش کیا جاتا ہے، جہاں پہلی صف میں متابو اشارہ پست ($e = 0$) ہے لہذا a_0 اور a_1 کی قیمتیں اہمیت نہیں رکھتی؛ یوں پہلی صف میں a_0 اور a_1 کی قیمت x لکھی جاتی ہے۔

تین با آٹھ (3×8) شناخت کار کا دور حاصل کرنے کی خاطر، تین مداحل کا ایسا جدول لکھتے ہیں جس میں مداحل کی ہر ترتیب ایک منفرد مخارج منتخب کرے (جدول ۵.۵ دیکھیں)۔ چونکہ چنانگیا مخارج بلند ہوگا، لہذا ایسا شناخت کار، بلند عمل پیرا^{۱۶} کہلاتا ہے۔ مخارج تفاعلات کی مساوات، مجموعہ ارکان ضرب کی صورت میں حاصل کرتے ہیں۔

$$d_0 = \bar{a}_2 \bar{a}_1 \bar{a}_0$$

$$d_1 = \bar{a}_2 \bar{a}_1 a_0$$

$$d_2 = \bar{a}_2 a_1 \bar{a}_0$$

$$d_3 = \bar{a}_2 a_1 a_0$$

$$d_4 = a_2 \bar{a}_1 \bar{a}_0$$

$$d_5 = a_2 \bar{a}_1 a_0$$

$$d_6 = a_2 a_1 \bar{a}_0$$

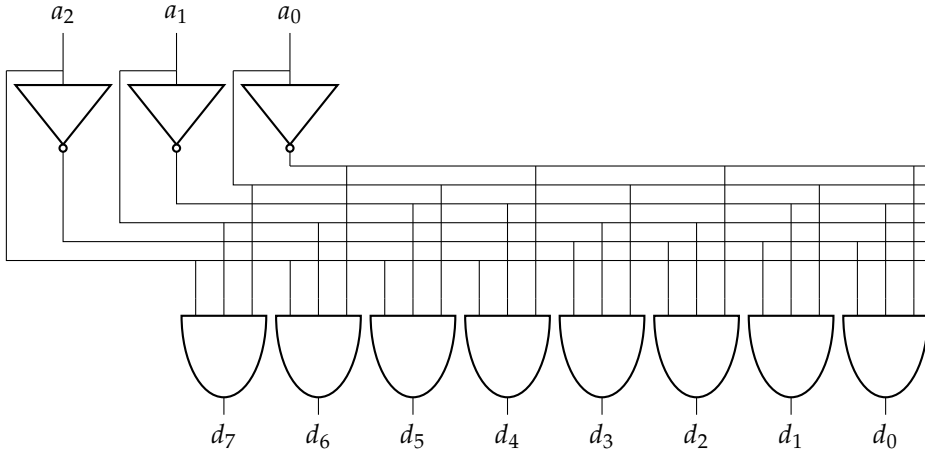
$$d_7 = a_2 a_1 a_0$$

ان تفاعلات سے حاصل، بلند عمل پیرا، تین با آٹھ (3×8) شناخت کار شکل ۵.۱۶ میں پیش ہے۔

اس میں مجاز مداحل کا اضافہ کرنے سے مجاز و معذور صلاحیت، بلند عمل پیرا، تین با آٹھ شناخت کار حاصل ہوگا جو شکل ۵.۱۷ میں پیش ہے۔ مجاز بلند ہونے کی صورت میں شناخت کار کام کرے گا، جبکہ پست مجاز کی صورت میں تمام مخارج پست رہیں گے؛ ہم کہتے ہیں یہ بلند مجاز^{۱۷} شناخت کار ہے۔ جدول ۵.۶ میں اس کی کارکردگی پیش کی گئی ہے۔ پہلی صف میں e پست ہے، لہذا، شناخت کار معذور ہوگا، اور اس کے

^{۱۶} activehigh

^{۱۷} activehigh



شکل ۵.۱۶: بلند عمل پیرا، تین با آٹھ (3×8) شناخت کار

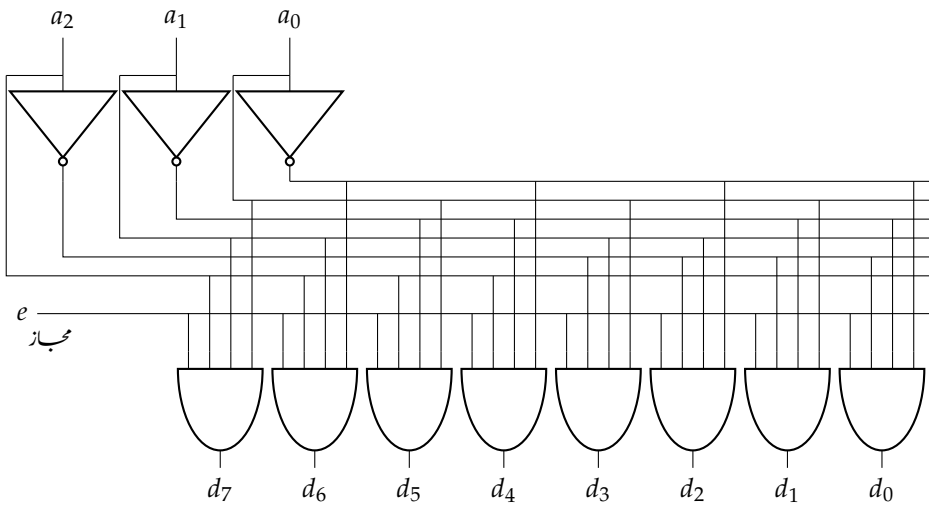
تین مداحل a_0 ، a_1 ، اور a_2 کی قیمتیں اہمیت نہیں رکھتی؛ اسی لئے انہیں x لکھا گیا ہے جو 0 یا 1 ہو سکتا ہے۔ یہ (پہلی) صف درحقیقت، $a_2 a_1 a_0$ کی آٹھ (8) قیمتوں، 000_2 تا 111_2 ، لہذا، آٹھ صفوں کو ظاہر کرتی ہے۔

مشق ۵.۴: شکل ۵.۱۷ میں دایاں جمع گیٹ کا محارج کیسے؟ باقی محارج بھی شکل سے حاصل کریں۔ کیا یہ جدول ۵.۵ پر پورا اترتے ہیں؟

بعض اوقات، ایسے شناخت کار کی ضرورت پیش آتی ہے جس کا چننا گیٹ محارج پست ہو۔ ایسا شناخت کار، پستے عمل پر^{۱۸} کہلاتا ہے۔ جدول ۵.۵ میں ایسا پست عمل پیرا، تین با آٹھ شناخت کار پیش ہے، جو فتابو اشارہ محجاز پست ہونے کی صورت میں کام کرتا ہے؛ ہم کہتے ہیں یہ پستے مجاز^{۱۹} ہے۔ روایتاً، پست عمل پیرا محارج کو \overline{y} سے ظاہر کیا جاتا ہے، جہاں \overline{y} پر ”لکیر“ اس بات کی یاد دہانی کراتی ہے کہ چننا گیٹ محارج پست ہو گا۔ فتابو اشارہ پر بھی ”لکیر“ کھینچی گئی ہے (\overline{e}) جو اس حقیقت کو ظاہر کرتی ہے کہ شناخت کار اس صورت کام کرے گا جب فتابو اشارہ پست کیا جائے۔ شکل ۵.۱۸ میں اس کا دور پیش ہے، جو شکل ۵.۱۷ میں ضرب گیٹ کی جگہ متم ضرب گیٹ ڈالنے سے، اور فتابو اشارہ کے ساتھ نفی گیٹ منسلک کرنے سے حاصل ہوگا۔

شکل ۵.۱۹ میں تین با آٹھ شناخت کار کی علامتیں پیش ہیں۔ شکل الف میں بلند محجاز، بلند عمل پیرا،

^{۱۸}activelow
^{۱۹}activelow



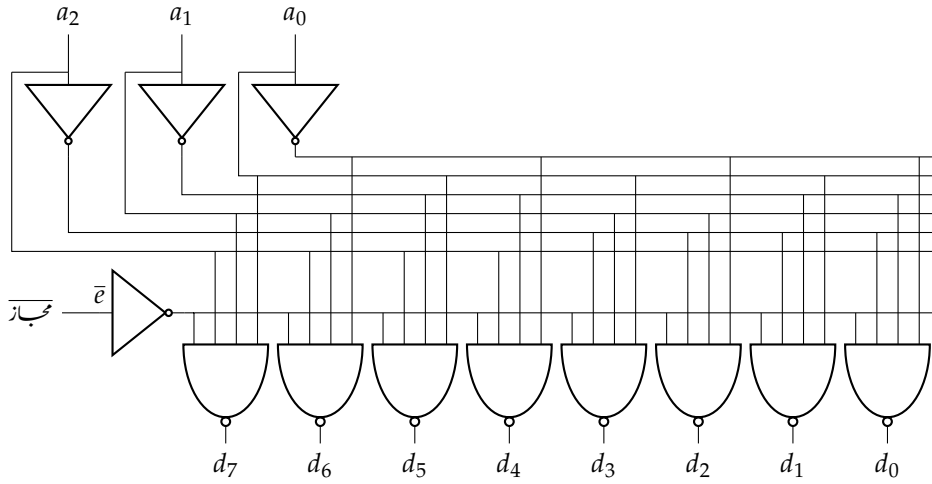
شکل ۵.۱: بلند مجاز، بلند عمل پیرا، تین با آخه شناخت کار

جدول ۵.۶: بلند مجاز، بلند عمل پیرا، تین با آخه شناخت کار

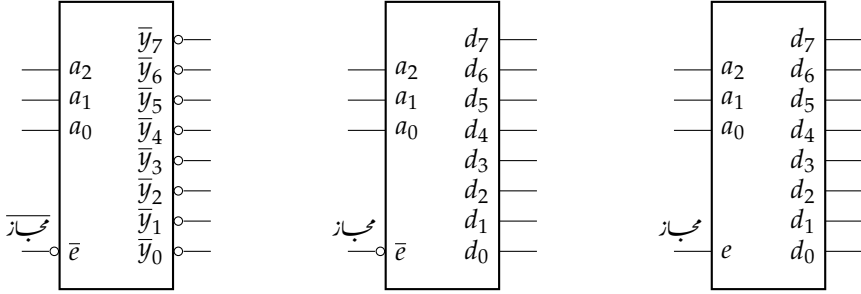
e	a_2	a_1	a_0	d_7	d_6	d_5	d_4	d_3	d_2	d_1	d_0
0	x	x	x	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

جدول ۵.۷: پست مجباز، پست عمل پیرا، تین با آٹھ شناخت کار

\bar{e}	a_2	a_1	a_0	\bar{y}_7	\bar{y}_6	\bar{y}_5	\bar{y}_4	\bar{y}_3	\bar{y}_2	\bar{y}_1	\bar{y}_0
1	x	x	x	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1



شکل ۵.۱۸: پست مجباز، پست عمل پیرا، تین با آٹھ شناخت کار



(ا) بلند محجاز، بلند عمل پیرا (ب) پست محجاز، بلند عمل پیرا (ج) پست محجاز، پست عمل پیرا

شکل ۵.۱۹: تین با آٹھ شناخت کار کی مختلف اقام کی علامتیں۔

شکل-ب میں پست محجاز، بلند عمل پیرا اور شکل-ج میں پست محجاز، پست عمل پیرا روپ دکھائے گئے ہیں۔ ان علامتوں میں خارجی پنیوں پر گول دائرہ اس بات کی یقین دہانی کراتا ہے کہ منتخب ہونے کی صورت میں یہ پست ہوگی۔ اسی طرح فتابوٹ پر گول دائرہ یاد دہانی کراتا ہے کہ شناخت کار صرف اس صورت محجاز ہوگا جب یہ اشارہ پست ہو۔

مشق ۵.۵: انٹرنیٹ سے 3 × 8 پست عمل پیرا شناخت کار کے مخلوط دور 74138 کے معلوماتی صفحات حاصل کریں۔ اس مخلوط دور کا ”دورانیہ رد عمل“ کتنا ہے؟

۵.۴ شناخت کار کی مدد سے تفاعل کا حصول

ہر تفاعل کی مساوات، ارکان ضرب کے مجموعہ کے روپ میں حاصل کی جاسکتی ہے۔ چونکہ شناخت کار تمام ممکنہ ارکان ضرب فراہم کرتا ہے، لہذا اس کے ساتھ جمع گیٹ جوڑ کر تفاعل کو عملی حساب پہنایا جاسکتا ہے۔ یہ طریقہ کار ایک مثال کی مدد سے سیکھتے ہیں۔

مثال ۵.۱: مکمل جمع کار کو شناخت کار کی مدد سے ارکان ضرب استعمال کرتے ہوئے حاصل کریں۔

حل: مکمل جمع کار کی کارکردگی جدول ۵.۸ میں پیش ہے، جہاں پست x_0 اور y_0 کے ساتھ داخلی حاصل c_0 جمع ہو کر s_0 اور خارجی حاصل c_1 پیدا ہوگا۔

جدول ۵.۸: مکمل جمع کاری کارکردگی (برائے مثال ۵.۸)

x_0	y_0	c_0	c_1	s_0
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

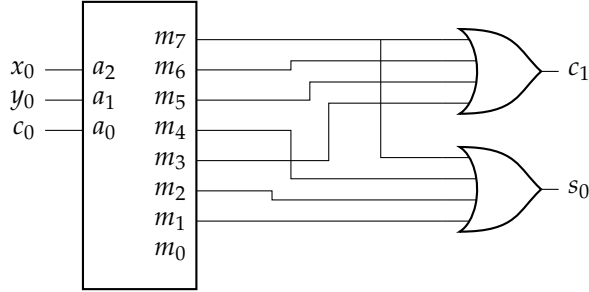
جدول ۵.۹: تین با آٹھ شناخت کار اراکان ضرب دیتا ہے (برائے مثال ۵.۱)

x_0	y_0	c_0	m_7	m_6	m_5	m_4	m_3	m_2	m_1	m_0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

اس جدول سے درج ذیل مساوات حاصل ہوتی ہیں۔

$$(5.2) \quad \begin{aligned} c_1 &= \bar{x}_0 y_0 c_0 + x_0 \bar{y}_0 c_0 + x_0 y_0 \bar{c}_0 + x_0 y_0 c_0 \\ s_0 &= \bar{x}_0 \bar{y}_0 c_0 + \bar{x}_0 y_0 \bar{c}_0 + x_0 \bar{y}_0 \bar{c}_0 + x_0 y_0 c_0 \end{aligned}$$

تین سے آٹھ شناخت کار جدول ۵.۹ میں پیش ہے، جہاں خارجی بائٹ کو مطابقتی اراکان ضرب لکھا گیا ہے۔ یوں درج



شکل ۵.۲۰: شناخت کار کی مدد سے مکمل جمع کار کا حصول

ذیل ہوں گے۔

$$\begin{aligned}
 m_7 &= x_0 y_0 c_0 \\
 m_6 &= x_0 y_0 \bar{c}_0 \\
 m_5 &= x_0 \bar{y}_0 c_0 \\
 m_4 &= x_0 \bar{y}_0 \bar{c}_0 \\
 m_3 &= \bar{x}_0 y_0 c_0 \\
 m_2 &= \bar{x}_0 y_0 \bar{c}_0 \\
 m_1 &= \bar{x}_0 \bar{y}_0 c_0 \\
 m_0 &= \bar{x}_0 \bar{y}_0 \bar{c}_0
 \end{aligned}$$

(۵.۷)

مساوات ۵.۷ کو دیکھتے ہوئے مساوات ۵.۶ درج ذیل لکھی جاسکتی ہیں، جن سے مکمل جمع کار کا شکل ۵.۲۰ حاصل ہوگا۔

$$\begin{aligned}
 c_1 &= m_3 + m_5 + m_6 + m_7 = \sum(m_3, m_5, m_6, m_7) \\
 s_0 &= m_1 + m_2 + m_4 + m_7 = \sum(m_1, m_2, m_4, m_7)
 \end{aligned}$$

(۵.۸)

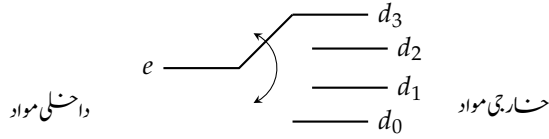
یہ تمام عمل نہایت آسان بنایا جاسکتا ہے اگر جدول ۵.۸ میں ارکان ضرب کا خاندان بنایا جائے (جدول ۵.۱۰ دیکھیں)۔ اس طرز پر جدول لکھ کر تفاعل کی مساوات، ارکان ضرب کے روپ میں حاصل کی جاسکتی ہے۔ اس جدول کو دیکھ کر مطلوب جواب فوراً لکھا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned}
 c_1 &= \sum(m_3, m_5, m_6, m_7) \\
 s_0 &= \sum(m_1, m_2, m_4, m_7)
 \end{aligned}$$

□

جدول ۵.۱۰: مکمل جمع کار کے ارکان ضرب (برائے مثال ۵.۱)

x_0	y_0	c_0	c_1	s_0	m
0	0	0	0	0	m_0
0	0	1	0	1	m_1
0	1	0	0	1	m_2
0	1	1	1	0	m_3
1	0	0	0	1	m_4
1	0	1	1	0	m_5
1	1	0	1	0	m_6
1	1	1	1	1	m_7



شکل ۵.۲۱: ایک ۴-۱ خارجی منتخب کار کا تصور۔

۵.۵ داخلی منتخب کار اور خارجی منتخب کار

ایسا دور جو اکلوتے مداحل پر مہیا شنائی مواد کو 2^n مخارج میں کسی بھی ایک پر بھیج کے خارج منتخب کار 2^n کہلاتا ہے۔
مطلوبہ مخارج کی نشاندہی n ہٹ پتہ کرتا ہے۔

ایسا دور جو 2^n مداحل میں کسی بھی ایک پر مہیا شنائی مواد کو اکلوتے مخارج پر بھیج کے داخل منتخب کار 2^n کہلاتا ہے۔
مطلوبہ مداحل کی نشاندہی n ہٹ پتہ کرتا ہے۔

۵.۵.۱ خارجی منتخب کار

شکل ۵.۲۱ میں خارجی منتخب کار کا تصور پیش کیا گیا ہے، جہاں مداحل e پر آمد شنائی مواد کو، پچی سوچ کے ذریعہ،
چار مختلف خارجی راستوں بھیجا جاسکتا ہے۔

مجاز و معذور صلاحیت کا شناخت کار بھی یہ کام سرانجام دے سکتا ہے۔ یہ دیکھنے کی خاطر جدول ۵.۴ کو
یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔



e	a_1	a_0	d_3	d_2	d_1	d_0
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0

شکل ۵.۲۲: ایک سے چار (1×4) خارجی منتخب کار

e	a_1	a_0	d_3	d_2	d_1	d_0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1	0
1	1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0

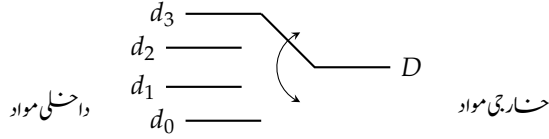
جدول میں $a_1 a_0$ کو دو بٹ پتہ، e کو داخلی مواد، اور d_0 تا d_3 کو چار مخارج راستے تصور کریں۔ جدول کی پہلی اور پانچویں صف پر نظر رکھیں، جہاں $a_1 a_0$ دو بٹ پتہ 00 ہے، جو مخارج d_0 منتخب کرے گا۔ پہلی صف میں داخلی مواد 0 جبکہ پانچویں صف میں 1 ہے۔ مخارج d_0 کی مطابقتی قیمتیں یہی ہیں۔ پہلی صف میں d_0 کی قیمت 0 جبکہ پانچویں صف میں اس کی قیمت 1 ہے۔ غیر منتخب مخارج پست رہیں گے۔

باقی تین پتے 01، 10، اور 11 بالترتیب d_1 ، d_2 ، اور d_3 منتخب کرتے ہیں۔ تسلی کر لیں کہ منتخب مخارج پر وہی مواد ہے جو مد داخل e پر ہے۔

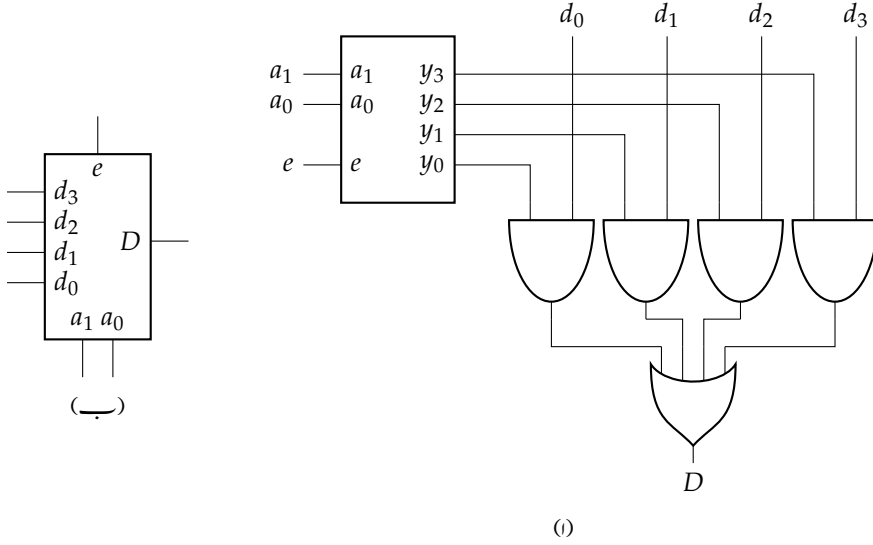
اس جدول میں صفوں کی ترتیب نو کر کے شکل ۵.۲۲ میں پیش جدول کی صورت میں لکھا جاسکتا ہے، جو اس کی کارکردگی بطور خارجی منتخب کار واضح کرتا ہے۔ اس شکل میں (1×4) منتخب کار کی علامت بھی پیش ہے۔

۵.۵.۲ داخلی منتخب کار

شکل ۵.۲۳ میں داخلی منتخب کار کا تصور پیش کیا گیا ہے، جہاں پچی سوئچ کے ذریعہ d_0 تا d_3 میں سے ایک کا مواد مخارج منتقل کیا جاسکتا ہے۔



شکل ۵.۲۳: چارے ایک داخلی منتخب کار کا تصور۔

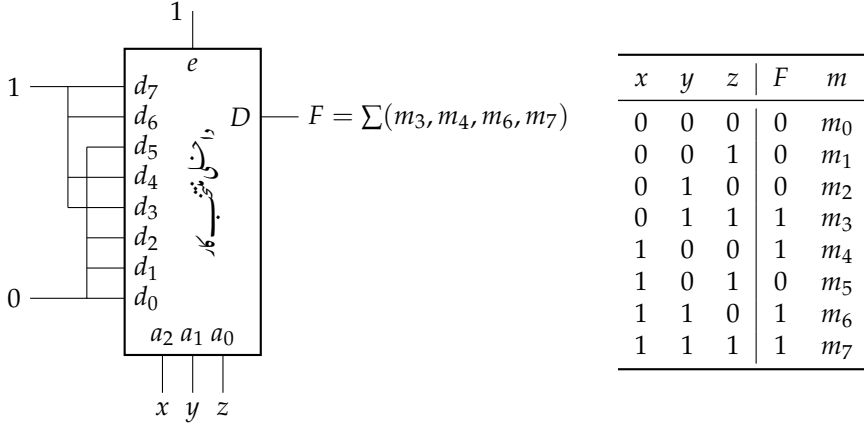


شکل ۵.۲۴: چارے ایک (4×1) داخلی منتخب کار۔

داخلی منتخب کار کو شناخت کار کی مدد سے شکل ۵.۲۴ میں حاصل کیا گیا ہے؛ شکل-ب میں اس کی علامت پیش ہے۔ یہاں محباز و معذور صلاحیت کا شناخت کار استعمال کر کے محباز و معذور صلاحیت کا داخلی منتخب کار حاصل کیا گیا۔ ایسا شناخت کار جس میں فت ابوا اشارہ نہ ہو، استعمال کرتے ہوئے حاصل داخلی منتخب کار میں بھی محباز و معذور فت ابوا اشارہ نہیں ہوگا۔

محباز کردہ شناخت کار 00 پتہ کی صورت میں y_0 بلند کرے گا، جبکہ y_1 ، y_2 اور y_3 پست رہیں گے۔ یوں دائیں تین ضرب گیٹ پست رہیں گے، جبکہ بائیں گیٹ d_0 خارج کرے گا۔ یوں جمع گیٹ بھی d_0 خارج کرے گا۔ فت ابوا اشارہ e پست کرنے سے داخلی شناخت کار معذور ہوگا اور 0 خارج کرے گا۔

تسلی کر لیں کہ محباز حال میں، پتہ کے دو بٹ a_0 اور a_1 ، چار مداحل d_0 تا d_1 ، میں سے ایک کو منتخب کر کے خارج کرتا ہے۔



شکل ۵.۲۵: داخلی منتخب کار سے تفاعل حاصل (برائے مثال ۵.۲)

مشق ۵.۶: انسٹریٹ سے 74153 کے معلوماتی صفات حاصل کریں۔ یہ مخلوط دور کیا کام سرانجام دیتا ہے؟

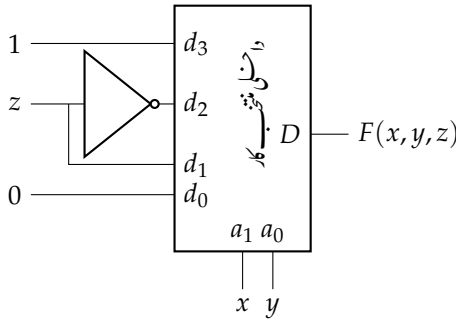
۵.۵.۳ داخلی منتخب کار سے تفاعل حاصل

شناخت کار کے ساتھ جمع گیٹ جوڑ کر مجموعہ ارکان ضرب کے روپ میں تفاعل حاصل آپ دیکھ چکے۔ داخلی منتخب کار میں شناخت کار اور جمع گیٹ دونوں موجود ہیں (شکل ۵.۲۴ دیکھیں)۔ یوں n پتہ $2^n \times 1$ داخلی منتخب کار سے n آزاد متغیر تفاعل حاصل کیا جاسکتا ہے۔ اس عمل کو ایک مثال کی مدد سے سمجھتے ہیں۔

مثال ۵.۲: درج ذیل تفاعل 8×1 داخلی منتخب کار سے حاصل کریں۔

$$F(x, y, z) = \sum(m_3, m_4, m_6, m_7)$$

حل: اس تفاعل کا جدول شکل ۵.۲۵ میں پیش ہے۔ تفاعل کے تین آزاد متغیرات xyz کو 8×1 داخلی منتخب کار کے تین پتہ بٹ تصور کر کے، داخلی منتخب کار کے آٹھ مداحل d_0 تا d_7 میں سے d_3, d_4, d_6 اور d_7 کو بلند، جبکہ باقی کو پست رکھ کر تفاعل حاصل ہوگا، جو شکل ۵.۲۵ میں پیش ہے۔ داخلی منتخب کار کو محباز (e = 1) رکھا گیا ہے۔



x	y	z	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

شکل ۵.۲۶: داخلی منتخب کارے تفاعل کا حصول (برائے مثال ۵.۳)

یوں پتہ 000، 001، 010، اور 101 کی صورت میں داخلی منتخب کار بالترتیب d_0 ، d_1 ، d_2 ، اور d_3 پر منراہم مواد خارج کرے گا: ان تمام کو پست رکھ کر درکار تفاعل کی پست صورت حاصل ہوگی۔ اسی طرح پتہ 011، 100، 110، اور 11 کی صورت میں بالترتیب d_3 ، d_4 ، d_6 ، اور d_7 کے مواد خارج ہوں گے؛ انہیں بلند رکھ کر تفاعل کی بلند صورت حاصل ہوگی۔ کسی ایک لمحہ پر پتہ صرف ایک قیمت رکھ سکتا ہے۔ □

n آزاد متغیر تفاعل، $(n-1)$ پتہ بٹ کے داخلی منتخب کار سے بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔ یہاں کوئی بھی $(n-1)$ متغیرات بطور داخلی منتخب کار کے پتہ استعمال ہوں گے، جبکہ ایک متغیر بطور مداحل استعمال ہوگا۔ ایک مثال کی مدد سے ایسا کرنا سیکھتے ہیں۔

مثال ۵.۳: درج بالا مثال میں دیا گیا تفاعل $F(x, y, z) = \sum(m_3, m_4, m_6, m_7)$ دو پتہ بٹ کے 4×1 داخلی منتخب کار سے حاصل کریں۔

حل: شکل ۵.۲۶ میں تفاعل کا جدول ایک نئے انداز میں لکھا گیا ہے۔ آزاد متغیرات xy کے دائیں کھڑی لکیر کھینچ گئی، اور xy کی قیمت کے مطابق جدول کے چار حصے کیے گئے۔ پہلے (بالائی) حصے میں (جہاں $xy = 00$ ہے) تفاعل F کی قیمت بدستور 0 ہے، لہذا اس حصے کے اضافی قطار میں $F = 0$ لکھا گیا۔ دوسرے حصے ($xy = 01$) کی دونوں صفوں میں z کی قیمت اور تفاعل F کی قیمت برابر ہیں، لہذا یہاں $F = z$ لکھا گیا۔ تیسرے حصے ($xy = 10$) میں z اور F کی قیمتیں آپ میں متم ہیں، لہذا یہاں $F = \bar{z}$ لکھا گیا ہے۔ آخری حصے ($xy = 11$) میں تفاعل بدستور بلند ہے، لہذا یہاں $F = 1$ لکھا گیا۔

شکل ۵.۲۶ میں اس جدول سے حاصل دور دکھایا گیا ہے، جہاں (مجاز و معذور صلاحیت نہ رکھنے والا) 4×1 داخلی منتخب کار استعمال کیا گیا۔ پتہ $xy = 00$ کی صورت میں داخلی منتخب کار مداحل d_0 کا مواد خارج کرے گا۔ یوں d_0 پر 0 مہیا کر کے اس صورت میں تفاعل کی درست قیمت حاصل کی گئی۔ اسی طرح $xy = 01$ کی صورت میں d_1 کا مواد خارج کیا جائے گا، لہذا یہاں متغیر z منراہم کر کے تفاعل کی درست قیمت حاصل کی گئی۔ اسی طرح $xy = 10$ کی صورت میں d_2 کا مواد خارج کیا جائے گا، لہذا

یہاں \bar{x} منراہم کر کے تفاعل کی درست قیمت حاصل کی گئی، اور آخر میں $xy = 11$ کی صورت میں تفاعل بدستور بلند رہتا ہے، لہذا d_3 پر 1 مہیا کیا گیا۔ □

۵.۶ متوازی شنائی ضرب کار

حسابی اعمال میں ضرب کار دار کلیدی ہے۔ شنائی اعداد کی ضرب کا عمل بالکل اعشاری اعداد کی ضرب کی طرح ہے۔ دو بٹ شنائی اعداد a اور b کی ضرب درج ذیل ہے، جہاں ان شنائی اعداد کو a_1a_0 اور b_1b_0 لکھا گیا ہے۔

$$\begin{array}{r} b_1 \quad b_0 \\ a_1 \quad a_0 \\ \hline a_0b_1 \quad a_0b_0 \\ a_1b_1 \quad a_1b_0 \\ \hline p_3 \quad p_2 \quad p_1 \quad p_0 \end{array}$$

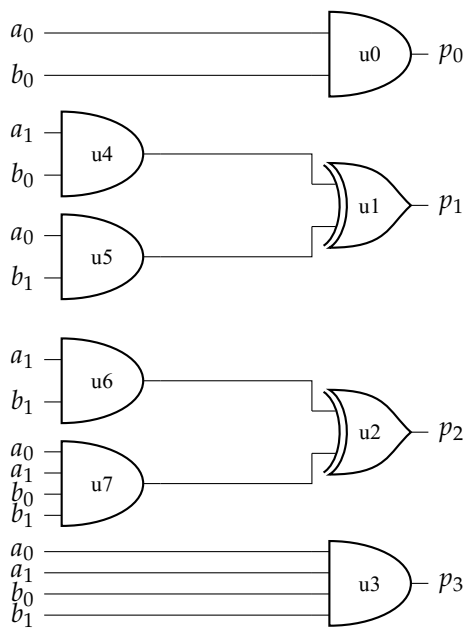
یہاں درج ذیل ہوں گے، جنہیں شنائی جمع کار کی مساوات ۵.۱ کی مدد سے حاصل کیا گیا، اور جن سے شکل ۵.۲۷ میں پیش، دو بٹ متوازی شنائی ضرب کار حاصل ہوگا۔

$$\begin{aligned} p_0 &= a_0b_0 \\ p_1 &= (a_1b_0) \oplus (a_0b_1) \\ p_2 &= (a_1b_1) \oplus (a_1b_0a_0b_1) \\ p_3 &= a_1b_1a_1b_0a_0b_1 = a_1a_0b_1b_0 \end{aligned}$$

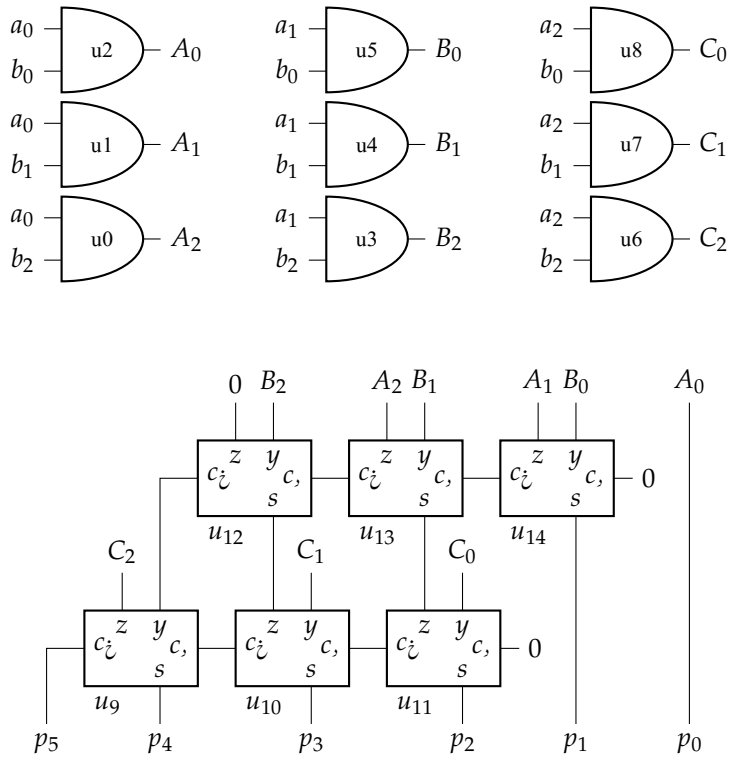
اگرچہ زیادہ بٹ ضرب کار اس طریقہ کار سے تشکیل دیے جاسکتے ہیں؛ بد قسمتی سے، اعداد کے بٹ کی تعداد بڑھانے سے ضرب کار میں درکار گیٹوں کی تعداد بہت تیزی سے بڑھتی ہے (محض آٹھ یا سولہ بٹ ضرب کار میں بھی مستعمل گیٹوں کی تعداد بہت زیادہ ہوگی)، لہذا ایسا کرنا مہنگا ثابت ہوگا۔ عموماً زیادہ بٹ کے ضرب کار مکمل جمع کار کی مدد سے حاصل کیے جاتے ہیں۔ اس طریقہ کو تین بٹ شنائی اعداد کی ضرب کار کو مثال بن کر سیکھتے ہیں۔

تین بٹ اعداد $b_2b_1b_0$ اور $a_2a_1a_0$ کی ضرب درج ذیل ہے، جس سے شکل ۵.۲۸ میں پیش تین بٹ شنائی ضرب کار حاصل ہوگا۔ اس طریقہ کار سے باآسانی زیادہ بٹ کے شنائی ضرب کار بنائے جاسکتے ہیں۔

$$\begin{array}{r} b_2 \quad b_1 \quad b_0 \\ a_2 \quad a_1 \quad a_0 \\ \hline a_0b_2 \quad a_0b_1 \quad a_0b_0 \\ a_1b_2 \quad a_1b_1 \quad a_1b_0 \\ a_2b_2 \quad a_2b_1 \quad a_2b_0 \\ \hline p_5 \quad p_4 \quad p_3 \quad p_2 \quad p_1 \quad p_0 \end{array} \quad (5.9)$$



شکل ۵.۲۷: دوپٹ شنائی متوازی ضرب کار

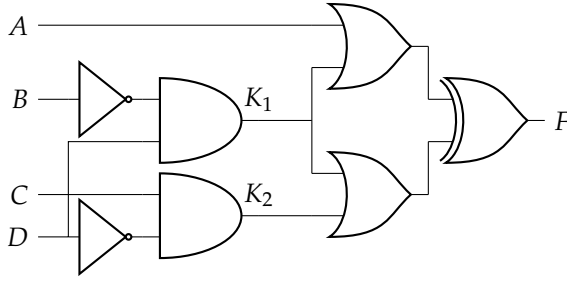


شکل ۵.۲۸: تین بیت‌شنائی ضرب کار

اس شکل میں 9 ضرب گیٹ اور 6 مکمل جمع کار مستعمل ہیں۔ ضرب گیٹ u_1 مداحصل a_0 اور b_1 کا منطقی ضرب $A_1 = a_0b_1$ دے گا، جو مکمل جمع کار u_{14} کا z مداحصل ہے۔ شکل میں u_1 کے محارج سے u_{14} کے z مداحصل تک تار نظر پوش کرتے ہوئے دونوں کو ایک نام (A_1) سے پکارا گیا ہے۔ دو نقطوں کو ایک نام سے پکارنا، دونوں کو آپس میں تار سے جوڑنے کے مترادف ہے۔

سوالات

سوال ۵.۱: شکل میں چار مداحصل دور دیا گیا ہے۔



۱. اندرونی متغیرات K_1 اور K_2 کی بولین مساوات حاصل کریں۔

ب. حارجی تابع متغیر F کی بولین مساوات حاصل کریں۔

ج. ایک بولین جدول بنائیں جس میں چار آزاد متغیرات A ، B ، C ، اور D کی تمام ممکنہ ترتیب درج ہو۔ اس جدول میں K_1 ، K_2 ، اور F کے حانے بن کر پڑ کریں۔

جواب: (۱) $K_1 = \overline{B}D$ ، $K_2 = C\overline{D}$ ؛ (ب) $F = (A + K_1) \oplus (K_1 + K_2)$
 $F = (A + \overline{B}D) \oplus (\overline{B}D + C\overline{D})$

سوال ۵.۲: ایسا بولین جدول بنائیں جس میں تین مداحصل اور ایک محارج ہو۔ جدول یوں پڑ کریں کہ محارج کی قیمت صرف اس صورت ایک (1) ہو جب صرف ایک مداحصل کی قیمت صفر (0) ہو۔ اس جدول کی مدد سے محارج کا ترکیبی دور تشکیل دیں۔

جواب:

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

$$F = \prod(0, 1, 2, 4, 7), F = \sum(3, 5, 6)$$

سوال ۵.۳: چار مداحل کا ایسا بولین جدول بنائیں جس میں محارج صرف اس صورت بلند ہو جب داخلی شنائی عدد کی قیمت اعشاری نو (9) سے کم ہو تفصیل کا ترکیبی دور تشکیل دیں۔

$$F = \sum(0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)$$

سوال ۵.۴: تین مداحل اور تین محارج کا ایسا بولین جدول تشکیل دیں جس میں داخلی شنائی عدد کی قیمت سات (7) سے کم ہونے کی صورت میں محارج کی قیمت مداحل سے ایک زیادہ ہو جبکہ داخلی قیمت سات کے برابر ہونے کی صورت میں محارج کی قیمت صفر (000) ہو۔

جواب:

A	B	C	X	Y	Z
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	1	1	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	0	0

سوال ۵.۵: اقلیتی دور^{۲۲} ایسے ترکیبی دور کو کہتے ہیں جس کا مداحل اس صورت بلند ہوتا ہے جب اس کے زیادہ تر مداحل پست ہوں۔ تین مداحل اقلیتی دور کا جدول لکھ کر دور تشکیل دیں۔

جواب:

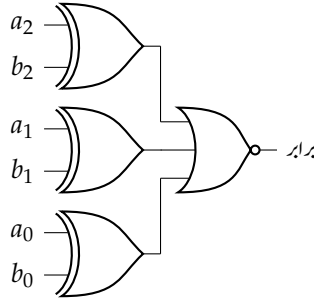
A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

سوال ۵.۶: ایک ترکیبی دور تشکیل دیں جو اعشاری ہندسے کا اساس نو مخارج کرے۔ اس دور کے چار مداخلات اور چار مخارج ہوں گے۔

A	B	C	D	W	X	Y	Z
0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	0	0	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1	0
0	1	0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	d	d	d	d
1	0	1	1	d	d	d	d
1	1	0	0	d	d	d	d
1	1	0	1	d	d	d	d
1	1	1	0	d	d	d	d
1	1	1	1	d	d	d	d

سوال ۵.۷: تین ہٹ کے دو اعداد کا موازنہ کرنے والا ایسا ترکیبی دور تشکیل دیں جس کا مخارج اس صورت بلند ہو جب دونوں اعداد کی قیمتیں برابر ہوں۔

جواب:



سوال ۵.۸: چار ہٹ کے دو شنائی اعداد ضرب کرنے والا ترکیبی دور تشکیل دیں۔

سوال ۵.۹: جمع متمم گیٹ استعمال کرتے ہوئے شناخت کار تشکیل دیں۔

سوال ۵.۱۰: ایک عدد 3×8 شناخت کار کی مدد سے درج ذیل تین تفاعلات کا دور شکل ۵.۲۰ کے طرز پر تشکیل دیں۔

$$F_0(X, Y, Z) = \sum(0, 3, 7)$$

$$F_1(X, Y, Z) = \sum(1, 2, 5)$$

$$F_2(X, Y, Z) = \sum(0, 1, 2, 3, 5, 7)$$

سوال ۵.۱۱: درج ذیل تفاعل کو 16×1 داخلی منتخب کار کی مدد سے حاصل کریں۔

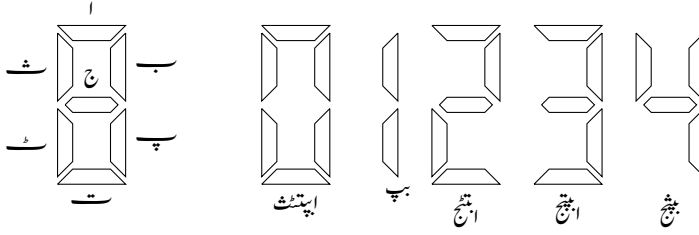
$$F(A, B, C, D) = \sum(0, 1, 4, 7, 13, 15)$$

سوال ۵.۱۲: دو داخلی منتخب کار کی مدد سے مکمل جمع کار تشکیل دیں۔

سوال ۵.۱۳: شکل ۵.۲۹ میں (بائیں جانب) اعشاری ہندسوں کی ساتھی کل نمائش تخی ۲۳ دکھائی گئی ہے جو سات متابل روشن حصوں پر مبنی ہے۔ ان حصوں میں سے کسی ایک یا ایک سے زیادہ حصوں کو بیک وقت روشن کیا جا سکتا ہے۔ یوں مختلف حصے روشن کرنے سے اعشاری ہندسے لکھے جاتے ہیں۔ مثلاً حصہ ب اور پ (یعنی پ) بیک وقت روشن کرنے سے 1 لکھا جائے گا۔ اسی طرح حصہ ا، ب، پ، ت، ٹ، اور ش (یعنی اپیتش) بیک وقت روشن کرنے سے 0 لکھا جائے گا۔ فرض کریں کسی حصے کو روشن کرنے کے لئے اس حصے کو بلند کیا جاتا ہے۔ ایک سے زیادہ سات کلی نمائش تخی ساتھ ساتھ رکھ کر زیادہ ہندسوں کی نمائش کی جا سکتی ہے۔

چار مداحل اور سات محارج کا ترکیبی دور تشکیل دیں جو مہیا کردہ اعشاری ہندسے کو اس تخی پر دکھائے (جدول سے شروع کریں)۔ اعشاری ہندسہ شنائی علامتی روپ میں مہیا کیا جائے گا۔ مخلوط دور 4511 یہی کام سرانجام دیتا ہے۔

جواب:



شکل ۵.۲۹: سات کلی نمائش تختی

d_3	d_2	d_1	d_0	ج	ش	ٹ	ت	پ	ب	ا
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1
0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	d	d	d	d	d	d	d
1	0	1	1	d	d	d	d	d	d	d
1	1	0	0	d	d	d	d	d	d	d
1	1	0	1	d	d	d	d	d	d	d
1	1	1	0	d	d	d	d	d	d	d
1	1	1	1	d	d	d	d	d	d	d
1	1	1	1	d	d	d	d	d	d	d

سوال ۵.۱۳: انٹرنیٹ سے سات کلی نمائش تختی کے معلوماتی صفحات حاصل کریں۔ یہ سات نوری ڈایوڈز پر مشتمل ہو گا۔ بعض ادوار میں تمام نوری ڈایوڈز کے منفی سر ایک ساتھ جوڑ کر مطلوب نوری ڈایوڈز کے مثبت سر پر 1 مہیا کر کے روشن کیا جاتا ہے اور بعض میں تمام کے مثبت سر آپس میں جوڑ کر مطلوب نوری ڈایوڈز کا منفی سر پت کر کے اسے روشن کیا جاتا ہے۔

باب ۶

معاصر ترتیبی منطق اور ادوار

منطق میں، عموماً، دو متضاد صورتیں سامنے آتی ہیں، مثلاً، بلند اور پست، صادق اور کاذب، صادق اور کاذب، وغیرہ؛ جنہیں عددی برقیات میں 1 اور 0 سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں، اگر بلند کو 1 سے ظاہر کیا جائے، تب پست کو 0 ظاہر کرے گا، اور اگر بلند کو 0 سے ظاہر کیا جائے، تب پست کو 1 سے ظاہر کیا جائے گا۔ اگر صادق کو 1 سے ظاہر کیا جائے، تب کاذب کو 0 ظاہر کرے گا۔ اگر صادق کو 1 سے ظاہر کیا جائے، تب کاذب کو 0 ظاہر کرے گا۔ اس کتاب میں بلند یا صادق کو 1 جبکہ پست یا کاذب کو 0 سے ظاہر کیا جائے گا۔

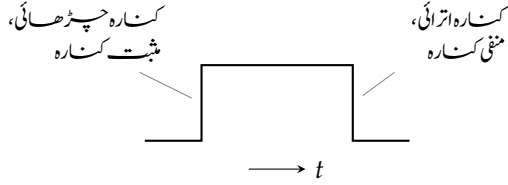
عددی برقیات میں 1 کو مثبت پانچ وولٹ (5 V) اور 0 کو صفر وولٹ (0 V) کے برقی دباؤ سے ظاہر کرنے کو مثبت منطق نظام کہتے ہیں۔ اس کتاب میں یہی نظام استعمال ہوگا۔

ہم اس کو الٹ کر کے 1 کو صفر وولٹ (0 V) اور 0 کو مثبت پانچ وولٹ (5 V) سے ظاہر کر سکتے ہیں، جو منفی منطق نظام کہلاتا ہے۔

اب تک، ہم شنائی گئیوں کا مطالعہ کرتے رہے ہیں، جن کا مخارج اسی لمحہ تبدیل ہو جاتا ہے جس لمحے ان کے مداحل تبدیل ہوں۔ عددی برقیات میں ادوار کی ایک اہم قسم ایسی ہے، جو مداحل تبدیل ہونے کے باوجود، مخارج کو اپنے حال میں برقرار رکھ سکتی ہے۔ اس قسم کے ادوار پلٹے کار کہلاتے ہیں، جن کے دو متضاد مخارج ہوں گے۔

پلٹے کار ایک شنائی ہندسہ (ایک بٹ) ذخیرہ کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے، لہذا اس کو حافظہ^۳ کے طور استعمال کیا جاسکتا ہے۔ پلٹے کار استعمال کرتے ہوئے گنتے کار^۵، وغیرہ تشکیل دیے جاتے ہیں۔ اس باب میں پلٹے کار اور اس پر مبنی معاصر ادوار پر غور کیا جائے گا۔ معاصر ادوار وہ ادوار ہیں جن کے تمام حصے قدم ملا کر چلتے ہیں۔

positivelogicsystem^۱
negativelogicsystem^۲
flipflop^۳
memory^۴
counter^۵



شکل ۶.۱: کنارہ چڑھائی اور کنارہ اترائی

۶.۱ گیٹوں کے اوقات کار

شنائی ادوار کی کارکردگی پر تبصرہ کرنے سے پہلے چند تکنیکی اصطلاحات جاننا ضروری ہے۔ شکل ۶.۱ میں گیٹ کا محارج بلند ہو کر دوبارہ پست ہوتا دکھایا گیا، جہاں (وقت t کے ساتھ دائیں رخ چلتے ہوئے) پہلے کنارے کو کنارہ چڑھائی^۱ یا مثبت کنارہ^۲، جبکہ دوسرے کو کنارہ اترائی^۳ یا منفی کنارہ^۴ کہا گیا۔ محارج کا حال یکدم تبدیل ہوتا دکھایا گیا، جو درست نہیں۔

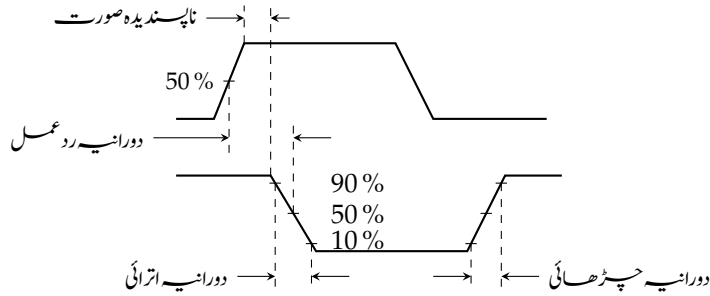
برقیاتی گیٹ نہایت نچست ہوتے ہیں، جو محارج کو پست سے بلند یا بلند سے پست بہت کم دورانیوں میں کرتے ہیں۔ یہ دورانیے کم ضرور، لیکن صفر نہیں ہوتے۔ برقی اشارہ، روشنی کی رفتار سے بھی سفر کرتے ہوئے، داخلی پنیاسے حارجی پنیے تک، متبادل پیا وقت میں پہنچے گا۔ منفی گیٹ مشال بنا کر حقیقی دورانیوں پر غور کرتے ہیں (جو باقی گیٹوں کے لئے بھی درست ہوگا)۔ اشکال پر غور کے دوران یاد رکھیں، وقت بائیں سے دائیں رخ ہوگا، اور تمام معلومات اس حقیقت کو ذہن میں رکھتے ہوئے پیش کی جائیں گی۔

شکل ۶.۲ میں منفی گیٹ کا مداحل (بالائی ترسیم) اور محارج (نچلی ترسیم) ایک وقت دکھائے گئے ہیں، جہاں دورانیوں کو بڑھا چڑھا کر پیش کیا گیا ہے۔

بلند سے پست حال پہنچنے کے دورانیہ کو دورانیہ اترائی^۵ اور پست سے بلند پہنچنے کے دورانیہ کو دورانیہ چڑھائی^۶ کہتے ہیں۔ ان دورانیوں کی پیمائش کی وضاحت شکل میں کی گئی ہے۔ داخلی برقی اشارہ بھی کسی گیٹ سے آتا ہوگا، لہذا یہ بھی پست سے بلند یا بلند سے پست ہونے میں وقت گزارے گا۔

مداحل تبدیل ہوتے ہی محارج تبدیل نہیں ہو جاتا، بلکہ کچھ دیر یوں محسوس ہوتا ہے جیسے مداحل کا محارج پر کوئی اثر نہیں۔ مداحل کے کنارہ چڑھائی پر غور کریں۔ مداحل کے بلند ہونے کے باوجود، محارج کچھ دیر بلند رہتا ہے۔ یہ نا متبادل قبول صورت حال ہے، جس پر عددی ادوار کے تفکیک کے دوران نظر رکھنی ضروری ہے۔ مداحل بلند ہونے کے کچھ وقفہ بعد محارج نیا حال اختیار کرتا ہے۔ اس وقفہ کو دورانیہ رد عمل^۷ کہتے ہیں۔ دورانیہ رد عمل ناپنے کی

risingedge^۱
positivegoingedge^۲
fallingedge^۳
negativegoingedge^۴
falltime^۵
risetime^۶
propagationdelay^۷



شکل ۶.۲: مخفی گیٹ کے دورانیے

وضاحت شکل میں کی گئی ہے۔ برقیاتی گیٹوں کے دورانیہ اترائی، دورانیہ چڑھائی، اور دورانیہ رد عمل، عموماً، چند نینوسیکنڈ ہوں گے۔

کارخانے میں گیٹ سازی کے دوران، اجزاء میں معمولی سے معمولی منرق کی بنا (ایک قسم کے دو) گیٹوں کے دورانیے کبھی ایک جیسے نہیں ہوں گے۔ ان میں 10^{-9} سیکنڈ کا نہیں تو 10^{-12} سیکنڈ کا منرق ضرور ہوگا، جو عمر رسیدگی کے ساتھ اور استعمال کے حالات (درجہ حرارت، نمی، دباؤ، وغیرہ) سے تبدیل ہوں گے۔

مشق ۶.۱: انٹرینیٹ سے $74xx$ اور $74Hxx$ سلسلہ کے دورانیوں میں منرق دریافت کریں۔

۶.۲ پلٹ کار

شکل ۶.۳ میں ایچ آر^{۱۳} پلٹ کار کا دور اور جدول پیش ہیں۔ پلٹ کار کو، روایتاً، مداحخل کے نام^{۱۴} سے پکارا جاتا ہے، جو یہاں لاطینی حروف ”ایس“^{۱۵} اور ”آر“^{۱۶} ہیں۔ پلٹ کار کے دو متضاد مخارج ہوں گے، جنہیں Q اور \bar{Q} سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں، اگر مخارج Q کی قیمت 1 ہو، تب مخارج \bar{Q} کی قیمت 0 ہوگی، اور اگر $Q = 0$ ہو تب $\bar{Q} = 1$ ہوگا۔

شکل ۶.۳ میں متمم جمع گیٹ u_1 کا مخارج، متمم جمع گیٹ u_2 کا ایک مداحخل، اور u_2 کا مخارج، u_1 کا ایک مداحخل ہے۔ متمم جمع u_1 کے مخارج پر نظر رکھیں؛ یہ مخارج، u_2 کا ایک مداحخل ہے، لہذا اس کے مخارج پر

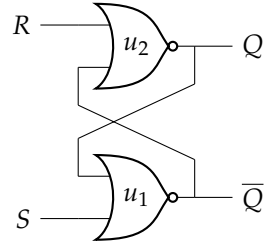
Set-ResetFlipFlop,(SRFF)^{۱۷}

^{۱۳} پلٹ کار کے مداحخل انگریزی الفاظ Set اور Reset کے سرحرف S اور R ہیں۔

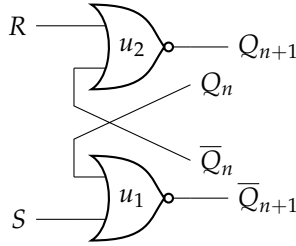
^{۱۵} S

^{۱۶} R

S	R	Q_{n+1}	\bar{Q}_{n+1}	
0	0	Q_n	\bar{Q}_n	برقرار حال
0	1	0	1	پست حال
1	0	1	0	بلند حال
1	1	?	?	ممنوعہ حال



شکل ۶.۳: بلند فعال مداحصل ایس آر پلٹ کار



شکل ۶.۴: موجودہ مخارج سے اگلے مخارج کا حصول۔

اثر انداز ہوگا؛ لیکن u_2 کا مخارج u_1 کا ایک مداحصل ہے، جو u_1 کے مخارج پر اثر انداز ہوگا؛ یوں u_1 کا مخارج، خود پر اثر انداز ہوگا! اس عمل کو بازری^{۱۷} کہتے ہیں۔

ایسا اشارہ، مثلاً \bar{Q} ، جو خود پر اثر انداز ہو بازری^{۱۸} اشارہ کہلاتا ہے۔

یہاں Q اور \bar{Q} دونوں بطور بازری اشارات استعمال کیے گئے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ Q کی قیمت جاننے کے لئے \bar{Q} کی قیمت معلوم ہونا ضروری ہے، لیکن \bar{Q} کی قیمت صرف اس صورت معلوم ہو سکتی ہے جب Q کی قیمت معلوم ہو! آئیں اس پلٹ کار کا جدول حاصل کریں۔

ہم پلٹ کار کے (n قدم گزرنے کے بعد) موجودہ مخارج کو Q_n اور \bar{Q}_n لکھتے ہیں۔ اب (بازری) مداحصل Q_n ، \bar{Q}_n اور سادہ مداحصل S ، R کو دیکھتے ہوئے ($n+1$ واں قدم گزرنے کے بعد) متوقع مخارج حاصل کرتے ہیں، جنہیں ہم Q_{n+1} اور \bar{Q}_{n+1} لکھتے ہیں۔ اس کی تصوراتی صورت شکل ۶.۴ میں پیش ہے۔

شکل ۶.۴ میں بالائی گیٹ (u_2) کے اگلے مخارج Q_{n+1} کو موجودہ مداحصل R اور \bar{Q} کے روپ میں لکھتے ہیں۔

$$(۶.۱) \quad Q_{n+1} = R + \bar{Q}_n$$

جیسا آپ نے شکل ۶.۲ میں دیکھا، گیٹ کا مخارج، دورانیہ رد عمل گزرنے کے بعد، مداحصل کے تحت حال

جدول ۶.۱: لیس آر پلٹ کار (ساوات ۶.۳ اور مساوات ۶.۴)

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

(ب)

S	R	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

(ا)

اختیار کرتا ہے۔ یوں موجودہ \overline{Q}_n اور مداحسل R جب نئی قیمت اختیار کریں، گیٹ کچھ دیر بعد نئی قیمت Q_{n+1} اختیار کرتا ہے۔

نچلی گیٹ (u_1) کے محارج کی مساوات درج ذیل ہوگی۔ یہ گیٹ بھی مداحسل تبدیل ہونے کے کچھ دیر بعد محارج تبدیل کرے گا۔

$$(۶.۲) \quad \overline{Q}_{n+1} = \overline{S + Q_n}$$

بالائی گیٹ کی خارجی مساوات حاصل کرنے کی عنرض سے مساوات ۶.۲ کو مساوات ۶.۱ میں ڈال کر مسئلہ ڈی مارگن سے حل کرتے ہیں۔

$$(۶.۳) \quad \begin{aligned} Q_{n+1} &= \overline{R + (\overline{S + Q_n})} \\ &= \overline{R(\overline{S + Q_n})} \\ &= \overline{R}(S + Q_n) \end{aligned}$$

مساوات ۶.۳ میں دائیں ہاتھ کے تین متغیرات S ، R ، اور Q_n کو آزاد متغیرات تصور کر کے تابع متغیر Q_{n+1} کو جدول ۶.۱-الف میں پیش کیا گیا ہے۔ (متغیر R مساوات میں \overline{R} کے روپ میں موجود ہے۔)

اسی طرح شکل ۶.۴ میں نچلی گیٹ کی خارجی مساوات حاصل کرنے کی عنرض سے مساوات ۶.۱ کو مساوات ۶.۲ میں ڈال کر مسئلہ ڈی مارگن سے حل کرتے ہیں۔

$$(۶.۴) \quad \begin{aligned} \overline{Q}_{n+1} &= \overline{S + (\overline{R + Q_n})} \\ &= \overline{S(R + \overline{Q_n})} \\ &= \overline{S}(R + \overline{Q_n}) \end{aligned}$$

۶.۴ مساوت میں متغیرات S ، R اور Q_n آزاد متغیرات تصور کر کے تابع متغیر \bar{Q}_{n+1} کو جدول ۶.۱. ب میں پیش کیا گیا ہے۔ (متغیر S اور Q_n مساوات میں بالترتیب \bar{S} اور \bar{Q}_n کے روپ میں موجود ہیں۔)

جدول ۶.۱. الف اور ب کو S اور R کی قیمتوں کے لحاظ سے چار حصوں میں تقسیم کیا گیا۔ پہلے حصے میں $S = 0$ اور $R = 0$ ہے، جبکہ Q_{n+1} کی قیمت Q_n کے برابر ہے۔ ہم کہتے ہیں، مداحل $S = 0$ اور $R = 0$ کی صورت میں ایس آر پلٹ کار ”برقرار حال“ ہوگا۔ جدول-ب میں \bar{Q}_{n+1} کی قیمت، جدول-الف میں Q_{n+1} کی قیمت کی متمم ہے۔ ہم چاہتے بھی یہی ہیں (کہ پلٹ کار کے دو مخارج آپس میں متضاد ہوں)۔

دوسرے حصے میں $S = 0$ اور $R = 1$ ہے، جبکہ Q_{n+1} پست ہوگا۔ ہم کہتے ہیں، ان مداحل کے لئے ایس آر پلٹ کار ”پست حال“ ہوگا۔ یہاں بھی (جدول-الف اور ب کے تحت) نئے مخارج ایک دوسرے کے متضاد ہیں۔

تیسرے حصے میں $S = 1$ اور $R = 0$ ہے، جبکہ پلٹ کار ”بلند حال“ ہے۔

چوتھے حصے میں $S = 1$ اور $R = 1$ ہے، جبکہ جدول کے تحت Q_{n+1} اور \bar{Q}_{n+1} دونوں پست ہیں، جو ہم نہیں چاہتے، ہم کہتے ہیں پلٹ کار ”ممنوع حال“ (میں) ہے۔ پلٹ کار کی صحیح کارکردگی کے لئے یہ مداحل ”ممنوعہ“ قرار دیے جاتے ہیں۔ یوں S اور R اکٹھے بلند نہیں کیے جاتے۔

ان حقائق کو شکل ۶.۳ کے جدول میں پیش کیا گیا (جو پلٹ کار کا جدول لکھنے کا درست طریقہ ہے)، جہاں آخری صف میں ؟ لکھ کر واضح کیا جاتا ہے کہ ان صف کے مداحل استعمال نہ کیے جائیں۔

ایس آر پلٹ کار کے کارکردگی

SR	Q_{n+1}	
	Q_n	برقرار حال
00	Q_n	برقرار حال
01	0	پست حال
10	1	بلند حال
11	?	ممنوع حال

پلٹ کار کی بات کرتے وقت Q کی قیمت کو پلٹ کار کا حال^{۱۹} کہتے ہیں۔ یوں $Q = 1$ کی صورت میں پلٹ کار بلند حال^{۲۰} یا صادق حال^{۲۱}، جبکہ $Q = 0$ کی صورت میں پست حال^{۲۲} یا کاذب حال^{۲۳} کہلائے گا۔

جدول سے ظاہر ہے کہ جب S بلند ہو، پلٹ کار بلند حال اختیار کرتا ہے۔ یوں، مداحل S ، بلند صورت میں فعال^{۲۴} ہوگا۔ وہ مداحل جو بلند صورت میں فعال ہو، بلند فعال^{۲۵} مداحل کہلاتا ہے۔ وہ مداحل جو پست صورت میں فعال ہو، پست فعال^{۲۶} کہلاتا ہے۔ جب بلند فعال مداحل، پست ہو، مثلاً، $S = 0$ ، ہم کہتے ہیں یہ غیر

state^{۱۹}
highstate^{۲۰}
truestate^{۲۱}
lowstate^{۲۲}
falsestate^{۲۳}
active^{۲۴}
activehigh^{۲۵}
activelow^{۲۶}

فعال^{۲۷} (حال میں) ہے۔ یوں اس پلٹ کار کا بہتر نام **بلند فعال مداخل^{۲۸} الیہ آر پلٹے** کار ہو گا۔

پلٹ کار خود اس صورت فعال کہلاتا ہے جب $Q = 1$ ہو۔ پست فعال مداخل اور مخارج (\bar{Q}) کے نام پر لکیر کھینچ کر اس کی پست فعال حیثیت واضح کی جاتی ہے؛ مزید، پلٹ کار کی علامت میں پست فعال (مداخل اور مخارج) بنیوں پر گول دائرہ لگایا جاتا ہے، جو ان کا پست فعال پن ظاہر کرتا ہے (شکل ۶.۷ دیکھیں)۔

پلٹ کار کے دونوں مداخل عام طور غیر فعال رکھے جائیں گے؛ یوں موجودہ پلٹ کار کے مداخل پست رکھے جائیں گے۔ پلٹ کار بلند (صادق) حال کرنے کے لئے S اشارہ ایک لمحے کے لئے بلند (فعال) کر کے والپس پست (غیر فعال) کیا جاتا ہے۔ پہلے سے بلند حال پلٹ کار، اسی حال میں رہے گا، جبکہ پست پلٹ کار، اشارہ ملتے ہی بلند حال اختیار کرے گا۔

اسی طرح پلٹ کار کاذب (پست) حال کرنے کے لئے R اشارہ لمحاتی فعال کیا جاتا ہے۔

مداخل S کو فعال^{۲۸} کار^{۲۹} مداخل کہہ سکتے ہیں۔

آپ نے دیکھا، پلٹ کار درحقیقت مداخل کا (بلند یا پست) حال محفوظ کرتا ہے۔ یوں اگر مداخل اشارہ لمحاتی فعال ہونے کے بعد غیر فعال ہو جائے، پلٹ کار (اگلے نئے اشارے تک) اس کا حال محفوظ رکھتا ہے۔

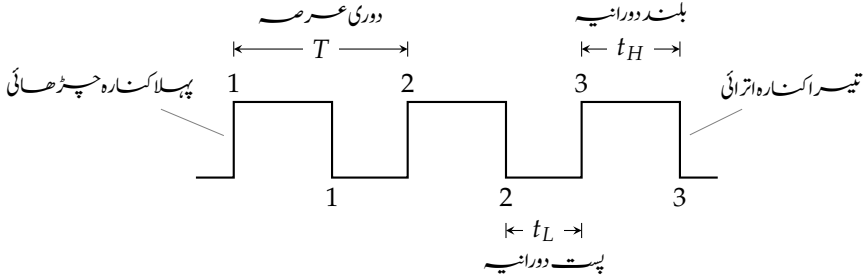
۶.۳. ساعت

عددی ادوار کی ایک قسم جو ہم عصر^{۳۰} ادوار کہلاتے ہیں، عموماً، مقررہ دورانیے کا مسلسل دہر اتاداخلی اشارہ درکار ہوگا، جو ساعت^{۳۱} کہلاتا ہے۔ ساعت اشارہ شکل ۶.۵ میں پیش ہے۔ اگرچہ اس طرح کی اشکال میں دورانیہ چپڑھائی اور دورانیہ اترائی نہیں دکھائے جاتے، امید کی جاتی ہے کہ آپ ان کی موجودگی ہر وقت ذہن میں رکھیں گے۔

ہم عصر عددی دور، مہیا کردہ ساعت کے تعدد^{۳۲} کی رفتار سے چلتا ہے، اور اس کے مختلف حصے، ساعت کے کنارہ اترائی یا کنارہ چپڑھائی پر بیک وقت حال تبدیل کرتے ہیں۔ گویا، ہم عصر دور ساعت کے ساتھ قدم ملا کر چلتا ہے۔

شکل ۶.۵ میں اوپر جانب کنارہ چپڑھائی کی گنتی، جبکہ نیچے جانب کنارہ اترائی کی گنتی دی گئی ہے۔ ساتھ ہی، دور^{۳۳} عرصہ^{۳۴}، بلند دورانیہ^{۳۵} اور پڑھتے دورانیہ^{۳۶} کی بھی وضاحت کی گئی ہے، جنہیں بالترتیب T ، t_H ، اور t_L سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں $T = t_H + t_L$ ہو گا۔ ساعت کے بلند اور پست دورانیے برابر بھی ہو سکتے ہیں۔ ہمیشہ کی

inactive^{۲۷}
setinput^{۲۸}
resetorclearinput^{۲۹}
synchronous^{۳۰}
clock^{۳۱}
frequency^{۳۲}
timeperiod^{۳۳}
hightime, ONtime^{۳۴}
lowtime, OFFtime^{۳۵}



شکل ۶.۵: ساعت

طرح، تعدد f اور دوری عرصہ T کا تعلق درج ذیل ہے، جہاں T کی اکائی "سیکنڈ" اور f کی اکائی ہرٹز^{۳۶} ہے

$$f = \frac{1}{T}$$

ساعتی اشارہ مختصر اُسامعتے پر کارا جاتا ہے۔ ساعت سے مراد متواتر تبدیل ہوتا اشارہ، یا اس کا بلند، یا پست دورانیہ، یا چپڑھائی یا اترائی کنارہ ہوگا۔ متن سے اس کا مطلوب مطلب واضح ہوگا۔ جہاں غلط فہمی کا امکان ہو، وہاں وضاحت کی جائے گی۔

ساعت کی بات کرتے ہوئے عموماً ساعت کی دھڑکن^{۳۷} (جس کو مختصر اُدھڑکن کہتے ہیں) کا ذکر ہوگا، جہاں دھڑکن سے مراد ساعت کا بلند حصہ ہوگا۔ یہ اصطلاح کسی بھی اشارے کے لئے استعمال کی جاسکتی ہے جہاں اس سے مراد مستطیل باریک (کم دورانیہ) اشارہ ہوگا۔ بلند دھڑکن کے علاوہ پست دھڑکن اور منفی دھڑکن بھی ہو سکتے ہیں۔

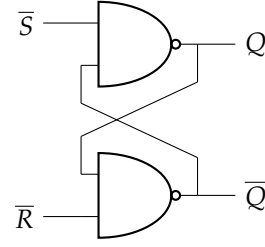
۶.۴ متم ضرب گیٹ ایس آر پلٹ کار

شکل ۶.۶ میں متم ضرب گیٹ پر مبنی پستے فعال مدخل ایس آر پلٹ کار^{۳۸} دکھایا گیا ہے۔ شکل ۶.۷ میں بلند فعال مدخل اور پست فعال مدخل ایس آر پلٹ کار کی علامتیں پیش ہیں۔ پست فعال اشارات، کے نام پر لکیر (\bar{Q} ، \bar{S}) اور ان کے پینوں پر گول دائرے ان کے پست فعال پن ظاہر کرتے ہیں۔

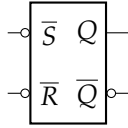
پلٹ کار کے محارج Q اور \bar{Q} آپس میں متضاد (الٹ) حال رہتے ہیں۔ انہیں اس پلٹ کار کی کارکردگی، دوسرے نقطہ نظر سے دیکھیں۔

^{۳۶}Hertz, Hz
^{۳۷}pulse
^{۳۸}active low inputs SR flip flop

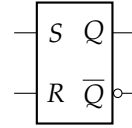
\bar{S}	\bar{R}	Q_{n+1}	\bar{Q}_{n+1}	
0	0	?	?	منوع حال
0	1	1	0	بلند حال
1	0	0	1	پست حال
1	1	Q_n	\bar{Q}_n	برقرار حال



شکل ۶.۶: پست فعال مداحل ایس آر پلٹ کار



(ب) پست فعال مداحل ایس آر پلٹ کار



(i) بلند فعال مداحل ایس آر پلٹ کار

شکل ۶.۷: ایس آر پلٹ کار کی دو علامتیں

۶.۴.۱ غیر فعال مداحل پلٹ کار، حال برقرار رکھتا ہے

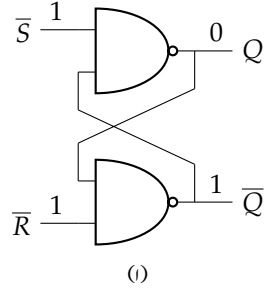
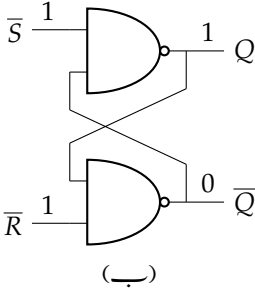
منرض کریں پہلے ایس آر پلٹ کار کے مداحل غیر فعال ہیں، یعنی $Q = 0$ ، $\bar{Q} = 1$ ، $\bar{S} = 1$ اور $\bar{R} = 1$ ہیں (شکل ۶.۸-الف)۔ یوں، بالائی متعم ضرب گیٹ کے مداحل 1 اور 1 ہیں، لہذا اس کا مداحل 0 ہوگا، جو پہلے سے ہے۔ اسی طرح نیچے متعم ضرب گیٹ کے مداحل 0 اور 1 ہیں، لہذا اس کا مداحل 1 ہوگا، جو پہلے سے ہے۔

منرض کریں بلند پلٹ کار کے مداحل غیر فعال ہیں، یعنی $Q = 1$ ، $\bar{Q} = 0$ ، $\bar{S} = 1$ اور $\bar{R} = 1$ ہیں (شکل ۶.۸-ب)۔ یوں بالائی متعم ضرب گیٹ کے مداحل 1 اور 0 ہیں، لہذا اس کا مداحل 1 ہوگا، جو پہلے سے ہے۔ اسی طرح نیچے متعم ضرب گیٹ کے مداحل 1 اور 1 ہیں، لہذا اس کا مداحل 0 ہوگا، جو پہلے سے ہے۔

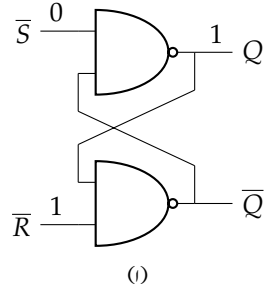
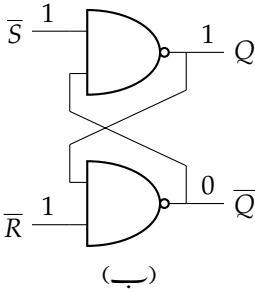
شکل ۶.۸ کی دونوں صورتوں پر غور کرنے سے معلوم ہوا کہ غیر فعال مداحل کے صورتے میں پلٹ کار اپنا حال برقرار رکھتا ہے۔ شکل ۶.۶ میں جدول کی آخری صف اس حقیقت کو بیان کرتی ہے، جہاں (اگلا حال) Q_{n+1} موجودہ Q_n کے برابر ہوگا۔

۶.۴.۲ مداحل S فعال کرنے سے پلٹ کار بلند حال اختیار کرتا ہے

تصور کریں ایس آر پلٹ کار کا مداحل \bar{S} ، ایک لمحہ فعال کرنے کے بعد دوبارہ غیر فعال کیا جاتا ہے، یعنی لمحاتی طور $\bar{S} = 0$ کیا جاتا ہے۔ شکل ۶.۹-الف میں وہ لمحہ پیش ہے جب $\bar{S} = 0$ (فعال) ہے۔ بالائی متعم ضرب گیٹ کا کوئی مداحل پست ہونے کی صورت میں اس کا مداحل بلند ہوگا، لہذا $\bar{S} = 0$ کی صورت میں بالائی گیٹ کا مداحل بلند ہوگا، جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے (پلٹ کار کے دونوں گیٹوں کی گزشتہ قیمتیں اس حقیقت پر



شکل ۶.۸: غیر فعال مداحصل کی صورت میں پلٹ کار اپنا حال برقرار رکھتی ہے۔



شکل ۶.۹: ایک لمحے کے لئے S-bar فعال کیا گیا ہے۔

اثر انداز نہیں ہوں گی۔ یوں نچلے گیٹ کے دونوں مداحصل بلند، لہذا مخارج پرست $\bar{Q} = 0$ ہوگا۔ مداحصل واپس غیر فعال $\bar{S} = 1$ کرنے سے شکل-ب ملتی ہے، لہذا پلٹ کار کا حال ($Q = 1$ اور $\bar{Q} = 0$) برقرار رہے گا۔ یوں مداحصل \bar{S} فعال کرنے سے ایس آر پلٹے کار بلند حال اختیار کرتا ہے۔

۶.۴.۳ مداحصل \bar{R} فعال کرنے سے پلٹ کار پرست حال اختیار کرتا ہے

درج ذیل مشق میں آپ سے یہی ثابت کرنے کی درخواست کی گئی ہے۔

مشق ۶.۲: ثابت کریں کہ $\bar{S} = 1$ رکھتے ہوئے، لمحائی طور $\bar{R} = 0$ کرنے سے ایس آر پلٹے کار پرست حال اختیار کرتا ہے۔

۶.۴.۳ حال دوڑ

ایس آر پلٹ کار کے دونوں مداحصل بیک وقت پست کرنے کی اجازت نہیں، چونکہ ایسی صورت میں پلٹ کار غیر یقینی حال اختیار کرتا ہے۔ دیکھتے ہیں، ایسا کیوں ہوگا۔

شکل ۶.۶ پر نظر رکھتے ہوئے آگے بڑھیں۔ تصور کریں پلٹ کار کے دونوں مداحصل بیک وقت پست (فعال) کرنے کے بعد دوبارہ بلند (غیر فعال) کیے جاتے ہیں۔ ایسا کرنے کے بعد ہم جاننا چاہتے ہیں پلٹ کار کس حال ہوگا۔

دونوں مداحصل بیک وقت پست کرنے سے (بالائی اور نچلے متم ضرب گیٹ کے مخارج بلند ہوں گے، لہذا) پلٹ کار کے دونوں مخارج بیک وقت بلند ہوں گے، جو نتائج قابل قبول صورت ہے: پلٹ کار کے مخارج Q اور \bar{Q} کا آپس میں متضاد رہنا ضروری ہے۔

دونوں مداحصل بیک وقت یکدم واپس بلند کرنے سے گیٹوں کے مخارج (یکدم حال تبدیل نہیں کرتے، صفحہ ۱۳۵ پر شکل ۶.۲ دیکھیں، بلکہ) نئے حال کی طرف روانہ ہوتے ہیں، لیکن، جب تک ان کے مخارج نئے حال اختیار نہیں کرتے، دونوں گیٹوں کے دونوں مداحصل بلند ہوں گے (مثلاً \bar{S} بلند کر دیا گیا ہے، اور فی الحال \bar{Q} نئے حال تک نہیں پہنچا، لہذا اب بھی بلند ہے؛ یوں بالائی گیٹ کے دونوں مداحصل بلند ہیں)۔ دونوں گیٹ، پست حال کی طرف گامزن ہوں گے۔ گیٹوں کے دورانیوں میں مندرجہ (جو وقت اور حالات کے ساتھ تبدیل ہو سکتے ہیں) کی بنا، ایک گیٹ (جو ہم نہیں جاننے کوں ہوگا) نئے پست حال تک، دوسرے گیٹ سے پہلے پہنچ کر (دوسرے گیٹ کا مداحصل ہونے کی وجہ سے) دوسرے گیٹ کو بلند رہنے پر مجبور کرے گا۔ یوں اگرچہ پلٹ کار کے دونوں مداحصل غیر فعال کرنے سے پلٹ کار کے مخارج آپس میں تضاد ہیں، تاہم، ہم جاننے سے متاثر ہیں آیا پلٹ کار بلند یا پست حال ہوگا۔ ایس آر پلٹ کار کے دونوں مداحصل فعال کرنے کے بعد دوبارہ بیک وقت غیر فعال کرنے سے پلٹ کار کا حال، متم ضرب گیٹوں کے پست حال تک پہنچنے کے دوڑ پر منحصر ہے۔ اسی لئے اس کو **حالت دوڑ** کہتے ہیں۔ ہم پلٹ کار کو حالت دوڑ میں ڈالنے سے گریز کرتے ہیں۔ حالت دوڑ پر حصہ ۱۱.۱.۳ میں تفصیل سے غور کیا جائے گا۔

شکل ۶.۱۰ میں پیش جدول کی پہلے صف میں پلٹ کار بلند ($Q = 1$) اور مداحصل غیر فعال ہیں۔ صف در صف نیچے چلتے ہوئے دیکھیں، مداحصل تبدیل کرنے سے پلٹ کار کیا حال اختیار کرتا ہے۔ (مداحصل کسی خاص ترتیب سے نہیں، بلکہ پلٹ کار کی کارکردگی کی ایک مثال دیکھنے کی غرض سے تبدیل کیے گئے۔)

مثبت منطقی نظام استعمال کرتے ہوئے، (1) کو 5V، جبکہ (0) کو 0V سے ظاہر کیا جائے گا۔ یوں مداحصل ایس کی فعال صورت $\bar{S} = 0$ کو 0V، جبکہ غیر فعال صورت $\bar{S} = 1$ کو 5V سے ظاہر کیا جائے گا۔ اسی طرح $Q = 0$ کو 0V اور $Q = 1$ کو 5V سے ظاہر کیا جائے گا۔ ایسا کرتے ہوئے شکل ۶.۱۰ میں پیش جدول سے اسی شکل میں پیش ترسیات حاصل ہوں گی، جہاں موازنہ کے لئے \bar{Q} بھی پیش ہے۔

۶.۵ زیادہ مداحصل پلٹ کار

پلٹ کار کے مداحصل دو سے زیادہ ہو سکتے ہیں، جیسا شکل ۶.۱۱ میں دکھایا گیا ہے۔ یہاں بلند کار مداحصل کی تعداد دو ہے، جنہیں \bar{S}_a اور \bar{S}_b کہا گیا ہے، جبکہ پست کار مداحصل ایک ہے۔ عام طور تینوں مداحصل بلند (غیر فعال) رکھے جائیں گے۔ پلٹ کار بلند حال کرنے کی خاطر \bar{S}_a یا \bar{S}_b یا دونوں کو ایک لمحہ کے لئے پست

حالت	\bar{S}	\bar{R}	Q
5V 0V	1	1	1
5V 0V	0	1	1
5V 0V	1	1	1
5V 0V	0	1	1
5V 0V	1	0	0
5V 0V	1	0	0
5V 0V	1	1	0
5V 0V	1	0	0
5V 0V	1	1	0
5V 0V	1	1	0
5V 0V	0	1	1
5V 0V	1	1	1

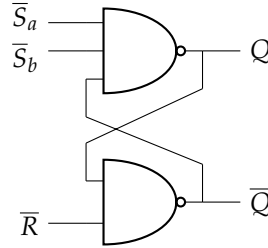
شکل ۶.۱۰: ایس آر فلیٹ کار کے استعمال کا جدول اور تریسیات۔

(فعال) کیا جائے گا، جبکہ فلیٹ کار پست حال کرنے کی خاطر \bar{R} ایک لمحہ کے لئے فعال کیا جائے گا۔ حال دوڑ سے بچنے کے لئے ضروری ہے کہ \bar{R} کے ساتھ باقی دو مداحل میں سے کوئی ایک (یادوںوں) اکٹھے فعال نہ کیا جائے۔

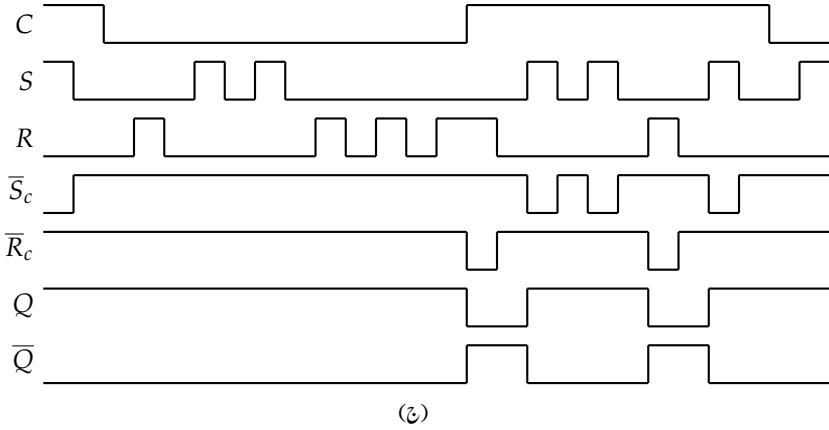
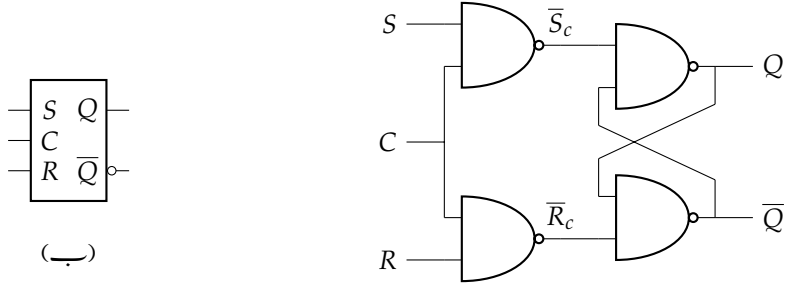
۶.۶ قابل محبازو معذور فلیٹ کار

شکل ۶.۱۰ کی تریسیات سے واضح ہے، مداحل تبدیل کرتے ہی فلیٹ کار نیا حال اختیار کرتا ہے۔ اس حصہ میں ایسی فلیٹ کار پر غور کیا جائے گا جس کے مداحل کو فلیٹ کار کے حال پر اثر انداز ہونے سے روکا جاسکتا ہو۔ شکل ۶.۱۲ الف پر غور کریں جہاں دو متمم ضرب گیٹ کے اضافہ سے قابل و فلیٹ کار حاصل کیا گیا، جس کے (بند فعال)

\bar{S}_a	\bar{S}_b	\bar{R}	Q_{n+1}	\bar{Q}_{n+1}
0	0	0	?	?
0	0	1	1	0
0	1	0	?	?
0	1	1	1	0
1	0	0	?	?
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	1	Q_n	\bar{Q}_n



شکل ۶.۱۱: زیادہ مداحل ایس آر فلیٹ کار



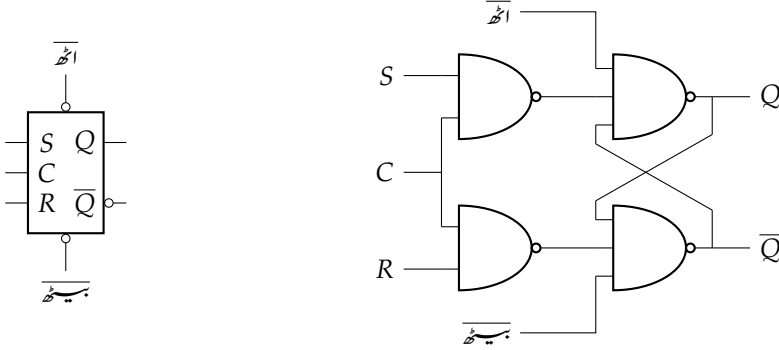
شکل ۶.۱۲: مجاز و معذور بلند فعال مداحصل ایس آر پلٹ کار

مداحصل S اور R ہیں، جنہیں عام طور غیر فعال (پست) رکھا جاتا ہے۔ پلٹ کار کی علامت شکل-ب بھی پیش ہے۔

اضافی گیٹ کے مختار ج کو \bar{S}_C اور \bar{R}_C کہا گیا، جبکہ گیٹوں کو فتابوکار اشارہ C مضراہم کیا گیا۔ مجاز و معذور بنانے والافتابوکار اشارہ C پست (معذور) کرنے سے S اور R مداحصل معذور ہوتے ہیں، \bar{S}_C اور \bar{R}_C بلند رہتے ہیں، اور پلٹ کار اپنا حال برقرار رکھتی ہے۔ فتابوکار اشارہ بلند (مجاز) کرنے سے پلٹ کار کے مداحصل S اور R مجاز ہو کر پلٹ کار کے حال پر اثر انداز ہوتے ہیں۔

شکل-ج میں مجاز و معذور فتابوکار اشارہ C کی کارکردگی واضح کی گئی۔ جب تک یہ اشارہ پست (معذور) رہے، \bar{S}_C اور \bar{R}_C بلند ہیں۔ اشارہ C بلند کرنے کے بعد S اور R پلٹ کار کا حال تبدیل کرنے کے قابل ہیں۔ یہ پلٹ کار مجاز و معذور بلند فعال مداحصل ایس آر پلٹے کار کہلاتا ہے۔

بعض اوقات، پلٹ کار کے عمومی مداحصل استعمال کیے بغیر، ہم پلٹ کار کا حال خود تعین کرنا چاہتے ہیں۔ عموماً، پلٹ کار کا ابتدائی حال منتخب کرنے کے لئے ایسا کرنا درکار ہوگا۔ شکل ۶.۱۳ میں دو مزید مداحصل، \bar{A} اور \bar{B} ،



شکل ۶.۱۳: ۱: ۱۳: بیٹھ صلاحیت پلٹ کار

مہیا کئے گئے ہیں، جنہیں پست کر کے پلٹ کار کو بالترتیب زبردستی بلند اور پست کیا جاسکتا ہے۔

۶.۷ آف غلام پلٹ کار

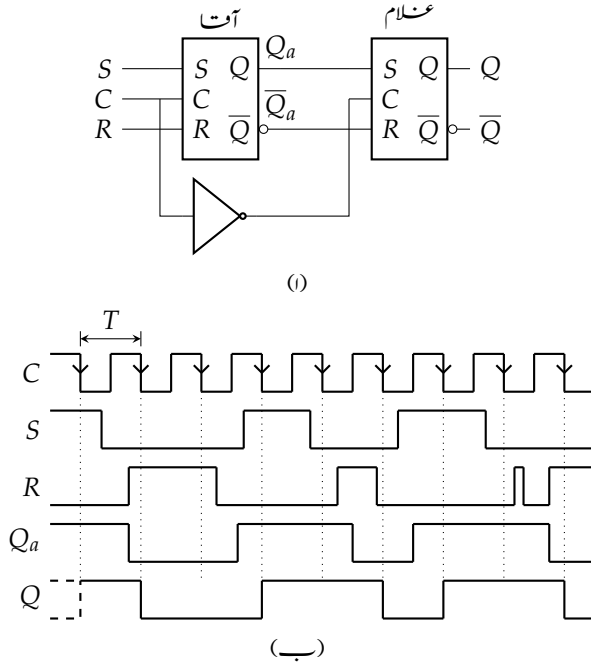
گزشتہ حصہ میں محباز و معذور بلند فعال مداحل ایس آر پلٹ کار پر غور کیا گیا۔ شکل ۶.۱۳ میں ایسے دو پلٹ کار (پہلا آف اور دوسرا غلام کہلاتا ہے) اور ایک منفی گیٹ سے آف غلام پلٹے کار تشکیل دیا گیا۔ آف کے محارج، غلام کے مداحل ہیں۔ مزید C پر اشارہ ساعتی^۱ مہیا کیا گیا ہے۔

جتنی دیر ساعت (C) بلند رہے، آف کے مداحل محباز، لہذا محارج Q_a اور Q_a قابل تبدیل ہوں گے۔ غلام کو C کا متمم C̄ محباز و معذور بناتا ہے، لہذا جتنی دیر آف محباز ہو، غلام معذور (لہذا برقرار حال) ہوگا۔

جس لمحہ ساعت پست ہو، آف اسی لمحہ کے حال میں رہ جائے گا، اور غلام محباز ہو کر فوراً آف کے محارج کے مطابق حال اختیار کر لے گا۔ یوں، غلام ہر وقت آف کی پیروی کرتا ہے۔ جتنی دیر ساعت پست رہے، Q_a اور Q_a تبدیل نہیں ہو سکتے، لہذا غلام حال تبدیل نہیں کرے گا۔

آپ دیکھ سکتے ہیں، غلام پلٹ کار صرف اور صرف ساعت (C) کے کنارہ اترائی پر حال تبدیل کرتا ہے، جس کی وجہ سے یہ کنارہ اترائی پر عمل کار آف غلام پلٹے کار^۲ کہلاتا ہے۔ ساعت کے کنارہ اترائی پر تیسرے کانٹان اس حقیقت کو ظاہر کرتا ہے۔ ساعت کا کنارہ (اترائی)، پلٹ کار کی لیلیٰ^۳ ہے، جسے پست کرنے سے، پلٹ کار داخلی اشارے کا عکس لیتا ہے۔

masterslaveflipflop^۱
clock^۲
negativeedge-triggeredMasterSlaveflipflop^۲
trigger^۳



شکل ۶.۱۳: ساعت کے کنارہ اترائی پر عمل کار آفت اعلاام پلٹ کار

جدول ۶.۲: کنارہ اترائی پر عمل کار آفت غلام پلٹ کار

C	S	R	Q_{n+1}	\overline{Q}_{n+1}
0	x	x	Q_n	\overline{Q}_n
1	x	x	Q_n	\overline{Q}_n
↓	0	0	Q_n	\overline{Q}_n
↓	0	1	0	1
↓	1	0	1	0
↓	1	1	?	?

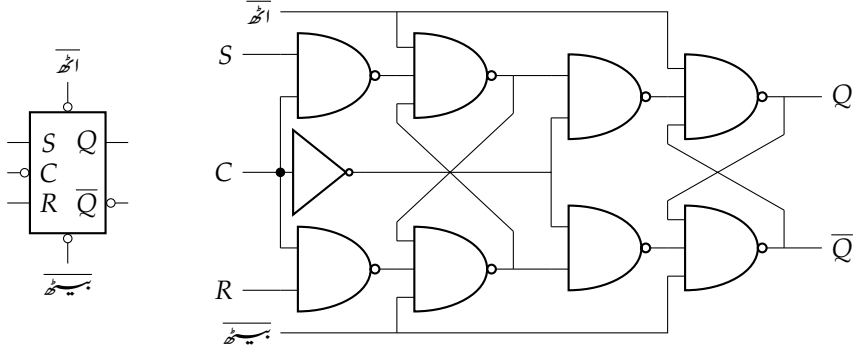
پلٹ کار کو پہلی مرتبہ برقی طاقت مندرام کرنے سے، حال دوڑ پیدا ہوگی جس کے اختتام پر پلٹ کار بلند یا پست ہوگا۔ شکل میں پہلے کنارہ اترائی سے قبل Q مبہم دکھایا گیا ہے (سایہ دار حصہ)، جو اس حقیقت کو ظاہر کرتا ہے۔ ساعت کے اول کنارہ اترائی پر فعال S کے تحت آفت غلام پلٹ کار یقینی طور پر بلند حال اختیار کرتا ہے۔ (شکل ۶.۱۳ میں اٹھ بیٹھتے اشارات اس طرح مبہم صورت سے نمٹنے کے لئے ہیں۔)

شکل ۶.۱۴ میں ساعت کے آٹھویں کنارہ اترائی کے بعد پست ساعت کے دوران R بلند ہو کر واپس پست ہوتا ہے، جو آفت غلام پلٹ کار کو پست کرنے میں ہرگز کامیاب نہیں ہوگا۔ پلٹ کار کو بلند یا پست کرنے کے لئے، ضروری ہے کہ داخلی اشارات S اور R کسی مخصوص دورانیے سے زیادہ وقت کے لئے فعال ہوں۔ داخلی اشارہ اس صورت کو رد ادا کرتا ہے، جب بلند ساعت اس کا عکس محفوظ کر لے۔ ساعت کے پست دورانیہ t_L (شکل ۶.۱۵) سے زیادہ دیر فعال رہنے والا مداحخل اشارہ، ساعت کے کنارہ اترائی کے فوراً بعد فعال ہونے کی صورت میں بھی ساعت کی آگلی بلندی تک فعال رہے گا، لہذا آفت غلام پلٹ کار اس پر ضرور عمل کرے گا۔ البتہ، ایسی صورت میں عین ممکن ہے، کنارہ اترائی پر کوئی مداحخل فعال نہ ہو (شکل ۶.۱۴ میں چھٹا کنارہ اترائی دیکھیں)، لہذا، عین کنارہ اترائی کے لمحہ موجود مداحخل کا حال محفوظ کرنے کے لئے ضروری ہے کہ مداحخل کم از کم ایک دوری عرصہ (T) دورانیے کے لئے فعال رہے (تسلی کر لیں، اگر یقین نہیں)۔ حصہ ۶.۹ میں ایسی پلٹ کار پیش کیا جائے گا، جس کے مداحخل پر کم از کم ایک دوری عرصہ فعال رہنے کی شرط مسلط نہیں۔

جدول ۶.۲ میں کنارہ اترائی پر عمل کار آفت غلام پلٹ کار پیش ہے، جہاں ساعت کے کنارہ اترائی پر پلٹ کار (نیا) حال اختیار کرتا ہے۔ بلند اور پست ساعت کے دوران، پلٹ کار حال برقرار رکھتا ہے۔

بعض اوقات، پلٹ کار کا حال، کنارہ ساعت کا انتظار کیے بغیر، تبدیل کرنا درکار ہوگا۔ شکل ۶.۱۵ میں (درکار مقامات پر تین مداحخل متم ضرب گیٹ استعمال کرتے ہوئے) آفت غلام پلٹ کار میں پست فعال مداحخل اٹھ اور بیٹھ کا اضافہ کر کے ایسی پلٹ کار تشکیل دیا گیا ہے۔ (برقی تاروں کی تعداد بہت بڑھ گئی ہے۔ بہتر ہوگا صفحہ ۳۵ پر شکل ۱۳.۱ ایک مرتبہ دوبارہ دیکھیں)۔ عام طوراً انہیں غیر فعال رکھا جائے گا، البتہ، جب ضرورت پیش آئے، انہیں استعمال کرتے ہوئے، ساعت کے کنارہ اترائی کا انتظار کیے بغیر، پلٹ کار کا حال مرضی کے مطابق منتخب کیا جاسکے گا۔

شکل میں منفی کنارے پر عمل کرنے، اور اٹھ بیٹھ صلاحیت کے، آقا غلام پلٹ کار کی علامت بھی پیش ہے، جہاں



شکل ۶.۱۵: اٹھ بیٹھ صلاحیت رکھنے اور منفی کنارے پر عمل کرنے والا آفت اعلام پلٹ کار

ساعت (C) پر گول دائرہ منفی، اور نکلون کنارے کو ظاہر کرتا ہے۔ یوں اس سے مسرہ ”ساعت کے منفی کنارے پر عمل پیرا ہونا“ کیا جائے گا۔

۶.۸ ڈی پلٹ کار

۶.۸.۱ آفت اعلام پلٹ کار سے حاصل کردہ ڈی پلٹ کار

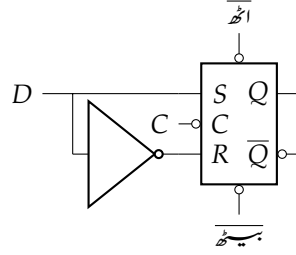
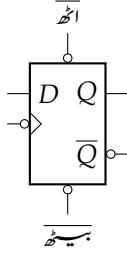
آفت اعلام پلٹ کار کے ساتھ منفی گیٹ منسلک کر کے ڈی پلٹے کار^{۳۳} حاصل کیا جاتا ہے، جو شکل ۶.۱۶ میں پیش ہے۔ پلٹ کار کی علامت میں C واضح طور نہیں لکھا گیا، چونکہ علامت پر داخلی جانب گول دائرہ اور نکلون ساعت کے منفی کنارہ کو ظاہر کرتے ہیں (مثبت کنارہ، صرف نکلون سے ظاہر کیا جاتا ہے)۔ مداحل D پر کم از کم ایک دوری عرصہ (T) بلند یا پست رہنے کی شرط ملط ہے۔

پلٹ کار کی کارکردگی کا جدول بھی شکل ۶.۱۶ میں پیش ہے، جس کے تحت، بلند یا پست ساعت کے دوران، مداحل D، پلٹ کار کے حال پر اثر انداز نہیں ہوگا۔ پلٹ کار (صرف) ساعت کے کنارہ اترائی پر D دیکھ کر (نیا) حال اختیار کرتا ہے۔ یوں اس کا نام کنارہ اترائی پر عمل کار ڈی پلٹے کار^{۳۵} ہوگا۔ ساعت کو منفی گیٹ سے گزار کر کنارہ چڑھائی پر عمل کار ڈی پلٹے کار^{۳۶} حاصل ہوگا۔

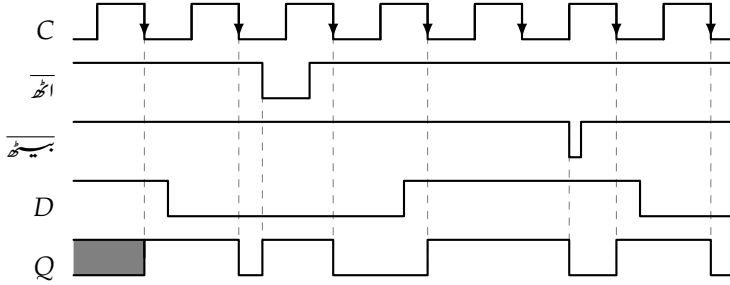
شکل ۶.۱۷ میں ڈی پلٹ کار کی کارکردگی کی مشال پیش ہے۔ آفت اعلام پلٹ کار کے R مداحل سے چھٹکارا حاصل کرنے کی بدولت، ڈی پلٹ کار کسی صورت ”حال دوڑ“ سے دوچار نہیں ہوگا۔ ساعت کے اول کنارہ اترائی سے قبل، پلٹ کار کا حال مبہم ہے، جس کو سیاہ کر کے (بلند و پست دونوں) دکھایا گیا ہے۔

^{۳۳} DFF^{neg}
negative edge triggered, D flip flop^{۳۵}
positive edge triggered, D flip flop^{۳۶}

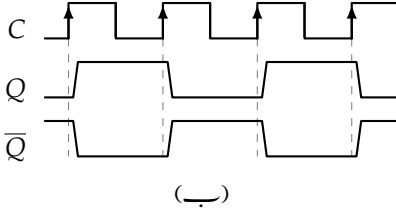
C	D	Q_{n+1}
0	x	Q_n
1	x	Q_n
↓	0	0
↓	1	1



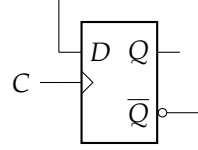
شکل ۶.۱۶: آؤت علام سے حاصل ڈی پلٹ کار



شکل ۶.۱۷: کنارہ اترائی پر عمل کار ڈی پلٹ کار کی کارکردگی کی مثال



(ب)



(۱)

شکل ۶.۱۸: تعدد دو سے تقسیم کیا گیا

شکل ۶.۱۸ میں کنارہ چڑھائی پر عمل کارڈی پلٹ کار کا \bar{Q} مداحخل D سے جوڑ کر، پلٹ کار کو ساعت (C) منراہم کی گئی۔ شکل-ب میں ساعت کے اول کنارہ چڑھائی پر توجہ دیں۔ یہاں $\bar{Q} = 1$ ہے، لہذا D بلند ہوگا اور ساعت کے کنارہ چڑھائی پر پلٹ کار اس کا عکس محفوظ کرتے ہوئے بلند حال اختیار کرتی ہے۔ پلٹ کار کا مخارج \bar{Q} کچھ دیر بعد نیا حال $\bar{Q} = 0$ اختیار کرے گا، لیکن اس وقت تک ساعت کا کنارہ گزر چکا ہوگا۔ ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر $\bar{Q} = 0$ دیکھ کر پلٹ کار پست ہوگا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ Q (یا \bar{Q}) کا تعدد ساعت کے تعدد کا نصف ہے۔

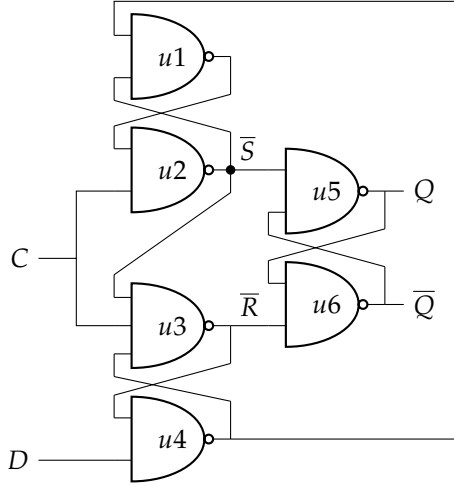
کنارہ اترائی پر عمل کار پلٹ کار کے استعمال میں اس بات کو یقینی بنانا ضروری ہے کہ مداحخل، ساعت کے کنارہ اترائی کے دوران، تبدیل نہ ہو۔ حقیقتاً، کنارہ اترائی کے آغاز سے چند لمحات قبل سے لے کر، کنارہ گزرنے کے چند لمحات بعد تک، مداحخل D کا برقرار ایک حال میں رہنا ضروری ہے۔ ان لمحات کو بالترتیب دورانیہ تیاری^۷ اور دورانیہ ٹھیراؤ^۸ کہتے ہیں۔ دورانیہ تیاری اور دورانیہ ٹھیراؤ کی معلومات پلٹ کار کے تحقیق کار مہیا کرتے ہیں۔ کنارہ چڑھائی پر عمل کار پلٹ کار کی صورت میں مداحخل کو دوران چڑھائی تبدیل نہیں ہونے دیا جاتا۔

۶.۹ ڈی پلٹ کار

گزشتہ حصہ میں آفت اعلام پلٹ کار سے ڈی پلٹ کار حاصل کیا گیا، جس کے مداحخل پر، کم از کم ایک دوری عرصہ دورانیہ کے لئے حال برقرار رکھنے کی شرط مسلط ہے۔ شکل ۶.۱۹ میں نسبتاً بہتر، (کنارہ چڑھائی پر عمل کار) ڈی پلٹ کار پیش ہے، جو واقعہً، ساعت کے کنارہ چڑھائی پر (نیا) حال اختیار کرتا ہے، اور جو وسیع پیمانہ مخلوط ادوار^۹ میں باکشریت مستعمل ہے۔

اس پلٹ کار کی بناوٹ میں تین ایس آر پلٹ کار مستعمل ہیں۔ گیٹ $u1$ ، $u2$ ایک ایس آر، گیٹ $u3$ ، $u4$ دوسرا، اور گیٹ $u5$ ، $u6$ تیسرا ایس آر پلٹ کار تشکیل دیتے ہیں۔ تیسرا ایس آر پلٹ کار خارجی ہے جو \bar{S} اور \bar{R} کے مطابق مخارج Q اور \bar{Q} منراہم کرتا ہے۔ برقرار حال کے لئے $\bar{S} = 1$ اور $\bar{R} = 1$ درکار ہے، $\bar{S} = 0$ اور $\bar{R} = 1$ بلند حال، جبکہ $\bar{S} = 1$ اور $\bar{R} = 0$ پست حال دے گا، اور $\bar{S} = 0$ اور $\bar{R} = 0$ ممنوع ہے۔ مداحخل \bar{S} اور \bar{R} باقی دو ایس آر پلٹ کار پر منحصر ہیں، جنہیں بیرونی اشارات D (مواد) اور C (ساعت)

^۷setuptime
^۸holdtime
^۹verylargescaleintegration(VLSI)

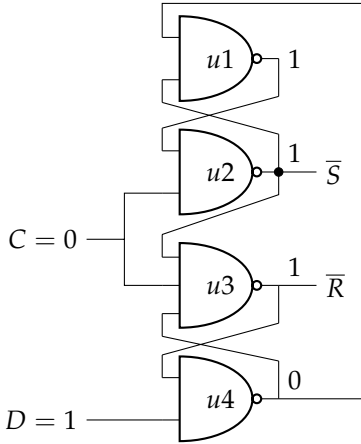


شکل ۶.۱۹: کنسارہ چپڑھائی پر عمل کارڈی پلٹ کار

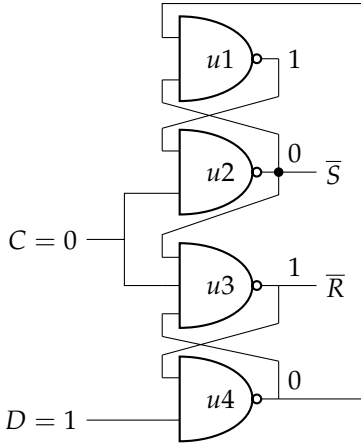
تعیین کرتے ہے۔

شکل ۶.۲۰ میں دور کی کارکردگی کی وضاحت کی گئی ہے، جہاں صرف گیٹ $u1$ تا $u4$ کو دکھاتے ہوئے تمام (چپار) ممکنہ صورتیں پیش کی گئی ہیں۔ گیٹ $u2$ اور $u3$ کے محارج \bar{S} اور \bar{R} شکل ۶.۱۹ کے گیٹ $u5$ اور $u6$ کے ساتھ جڑے ہیں، جو ڈی پلٹ کار کے محارج Q اور \bar{Q} مہیا کرتے ہیں۔ شکل ۶.۲۰ الف اور ب میں پست ساعت $(C = 0)$ کی صورت میں $D = 0$ اور $D = 1$ کے لئے گیٹوں کے شمائی محارج پیش ہیں۔ دونوں اشکال میں $C = 0$ کی بدولت $u2$ اور $u3$ کے محارج، D کی قیمت سے قطع نظر، بلند ہوں گے، لہذا $\bar{S} = 1$ اور $\bar{R} = 1$ ہوگا، جس کے تحت $u5$ ، $u6$ (پر مبنی تیسرا) پلٹ کار برقرار حال ہوگا۔ جب $D = 0$ ہو، $u4$ کا محارج 1 ہوگا، جو $u2$ کے بلند محارج کے ساتھ مل کر $u1$ کا محارج 0 کرے گا۔ جب $D = 1$ ہو، (چونکہ $u3$ بلند ہے لہذا) $u4$ پست (0) ہوگا، جس کی بنا پر $u1$ بلند (1) ہوگا۔ ساعت 0 کی صورت میں، جو D سے قطع نظر ڈی پلٹ کار برقرار حال رکھتا ہے، یہی دو ممکنات پائے جاتے ہیں۔

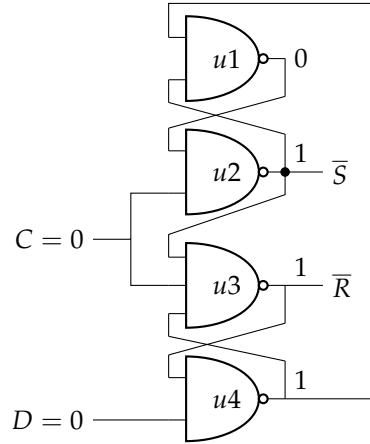
کنسارہ چپڑھائی سے قبل ایک غیر مبہم وقت کے لئے، جو دورانیہ تیاری کہلاتا ہے، مداحل D کی قیمت لازماً مستقل رکھنی ہوگی۔ دورانیہ تیاری گیٹ $u1$ اور $u4$ کے دورانیہ رد عمل کا مجموعہ ہے، چونکہ D میں تبدیلی ان گیٹوں کے محارج پر اثر انداز ہوتی ہے۔ اب فرض کریں دورانیہ تیاری میں D تبدیل نہیں ہوتا، جبکہ ساعت (پست حال سے) بلند (1) ہوتا ہے۔ یہ صورت شکل ۶.۲۰ ج اور د میں پیش ہے۔ اگر $C = 1$ ہونے کے لمحے پر $D = 0$ ہو، تب $\bar{S} = 1$ رہتا ہے، جبکہ \bar{R} تبدیل ہو کر 0 ہو جائے گا (شکل ج۔ یوں (شکل ۶.۱۹ میں) ڈی پلٹ کار کا محارج Q پست (0) حال اختیار کرے گا۔ اب اگر $C = 1$ (یعنی بلند حال) کے دوران، D کی قیمت تبدیل ہو، (\bar{R} کی بدولت جو 0 ہے) $u4$ بلند (1) رہے گا۔ گیٹ $u4$ صرف اس وقت حال تبدیل کر سکتا ہے جب ساعت دوبارہ پست (0) ہو، لیکن اس وقت \bar{S} اور \bar{R} دونوں 1 ہوں گے، اور ڈی پلٹ کار برقرار حال ہو گا۔ البتہ، ساعت کے کنسارہ چپڑھائی کے بعد ایک غیر مبہم دورانیہ کے لئے، جو دورانیہ ٹھیراؤ کہلاتا ہے، D



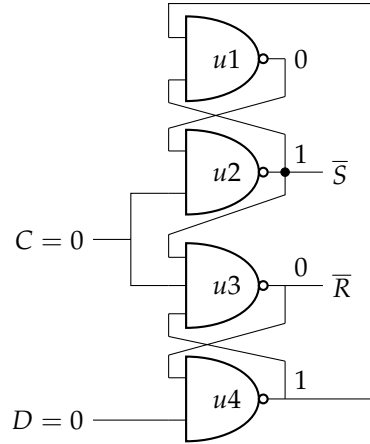
(ب) پلٹ مواد، پلٹ ساعت



(د) پلٹ مواد، پلٹ ساعت



(i) پلٹ مواد، پلٹ ساعت



(ج) پلٹ مواد، پلٹ ساعت

شکل ۶.۲۰: کنسارہ چپڑھائی پر عمل کارڈی پلٹ کار کی کارکردگی۔

کی قیمت تبدیل نہیں ہونی چاہیے۔ دورانیہ ٹھیسراؤ گیٹ $u3$ کے دورانیہ رد عمل کے برابر ہے، چونکہ D کی قیمت سے قطع نظر، $u4$ کا معارج 1 پر رکھنے کے لئے \bar{R} کا 0 ہونا لازمی ہے۔

اگر $C = 1$ ہونے کے لئے $D = 1$ ہو، تب \bar{S} تبدیل ہو کر 0 ہوگا، جبکہ R کی قیمت 1 رہے گی (شکل-د)، جس کی بنا پر (شکل ۶.۱۹ میں) ڈی پلٹ کار کا معارج Q بلند (1) ہوگا۔ بلند ساعت ($C = 1$) کے دوران، D کی تبدیلی \bar{S} اور \bar{R} پر اثر انداز نہیں ہوگی، چونکہ \bar{S} پست (0) ہے جو $u1$ کو 1 رکھے گا۔ جب C واپس 0 ہو، \bar{S} اور \bar{R} دونوں 1 حال اختیار کر کے Q برقرار رکھیں گے۔

خلاصہ کچھ یوں ہے۔ ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر D کی قیمت Q کو متاثر ہوتی ہے۔ بلند ساعت کے دوران D میں تبدیلیاں Q پر اثر انداز نہیں ہوتیں۔ مزید، ساعت کا کنارہ اترائی اور پست ساعت، Q پر اثر انداز نہیں ہوتے۔

اشارہ $D = 0$ گیٹ $u4$ اور $u1$ سے گزر کر $u1$ کو پست کرتا ہے، جو $u2$ کو بلند کیے رکھتا ہے۔ یوں ساعت کے کنارہ چپڑھائی سے ($u4$ اور $u1$ کے مجموعی دورانیہ رد عمل کے برابر وقفہ) دورانیہ تیاری کے برابر وقت قبل، ضروری ہے کہ D کی قیمت مستقل صورت اختیار کر لے۔ اسی طرح $\bar{R} = 0$ جو (D کی قیمت سے قطع نظر) $u4$ کو بلند کیے رکھتا ہے، کے لئے ضروری ہے کہ D کی قیمت کنارہ چپڑھائی کے بعد دورانیہ ٹھیسراؤ ($u3$ جو $u3$ کے دورانیہ رد عمل کے برابر ہے) کے لئے تبدیل نہ ہو۔

آفت اعلام پلٹ کار کی طرح، کنارہ پر عمل کار پلٹ کار، ترتیبی ادوار میں باز سی کے مسائل سے چھٹکارا دیتا ہے۔ اس قسم کا ڈی پلٹ کار استعمال کرتے وقت دورانیہ تیاری اور دورانیہ ٹھیسراؤ پر توجہ دینی ہوگی۔

ترتیبی ادوار میں مختلف پلٹ کار استعمال کرتے وقت، اس بات کو یقینی بنائیں کہ تمام پلٹ کار بیک وقت (یعنی تمام پلٹ کار ساعت کے کنارہ اترائی پر یا تمام پلٹ کار کنارہ چپڑھائی پر) حال تبدیل کرتے ہوں۔ وہ پلٹ کار جو منتخب کنارہ کے مخالف کنارے پر حال تبدیل کرتے ہوں، کی ساعت نفی گیٹ سے گزار کر، منتخب کنارے کے ہم عصر بنایا جاسکتا ہے۔

مشق ۶.۳: انٹرنیٹ سے ڈی پلٹ کار کے معلوماتی صفحات اتاریں۔ (۱) اس مخلوط دور میں کتنے ڈی پلٹ کار ہیں؟ (ب) یہ پلٹ کار ساعت کے کس کنارے پر عمل کار ہے؟

۶.۱۰ جے کے پلٹ کار

ڈی پلٹ کار استعمال کر کے مختلف اقسام کے پلٹ کار تفصیل دیے جاسکتے ہیں، جن میں جے کے پلٹے کار^{۵۰} اور ٹی پلٹے کار^{۵۱} بہت مقبول ہیں۔ ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر عمل کار جے کے پلٹ کار کی بناوٹ شکل ۶.۲۱

JKFF^{۵۰}
TFF^{۵۱}

میں، اور کارکردگی جدول ۶.۳-ب میں پیش ہے۔ کنارہ اترائی پر عمل کار جے کے پلٹ کار بھی پایا جاتا ہے۔

شکل میں مداحل D ذیل ہوگا، جہاں پلٹ کار کے موجودہ محارج Q_n اور \bar{Q}_n لکھے گئے ہیں۔

$$(۶.۶) \quad D = J\bar{Q}_n + \bar{K}Q_n$$

ساعت کے اگلے کنارہ چپڑھائی پر ڈی پلٹ کار اس مداحل کے تحت حال اختیار کرتا ہے، لہذا جے کے پلٹ کار کی کارکردگی کی مساوات درج ذیل ہوگی، جہاں موجودہ محارج Q_n اور اگلا Q_{n+1} ہے۔

$$(۶.۷) \quad Q_{n+1} = J\bar{Q}_n + \bar{K}Q_n$$

مساوات ۶.۶ کو جدول ۶.۳-الف میں پیش کیا گیا ہے۔ جدول کی پہلی صف میں پلٹ کار کا موجودہ حال $Q_n = 0$ ، اور مداحل $J = 0$ اور $K = 0$ ہیں، لہذا مساوات ۶.۶ کے تحت $D = 0$ ہوگا۔ یوں ساعت کے اگلے کنارہ چپڑھائی پر پلٹ کار پست حال اختیار کرتے ہوئے موجودہ حال برقرار رکھتا ہے۔ جدول کی دوسری صف میں موجودہ حال $Q_n = 1$ جبکہ مداحل $J = 0$ اور $K = 0$ ہیں، جن سے $D = 1$ حاصل ہوگا، لہذا ساعت کے اگلے کنارہ چپڑھائی پر پلٹ کار بلند حال اختیار کرتے ہوئے موجودہ حال برقرار رکھتا ہے۔

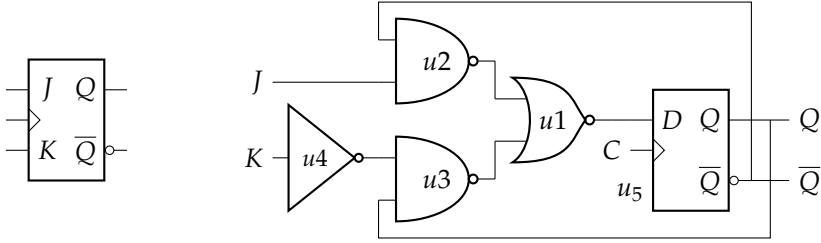
آپ نے دیکھا کہ $K = 0$ ، $J = 0$ کی صورت میں پلٹ کار برقرار حال $(Q_{n+1} = Q_n)$ ہوگا۔ جدول کے اضافی خانے میں یہ معلومات درج کی گئی ہے۔ تسلی کر لیں (اگلے مشق میں ایسا کرنے کو کہا گیا ہے) کہ جدول میں D اور Q_{n+1} کی تمام معلومات مساوات ۶.۶ کے عین مطابق ہیں۔ اس جدول کی بہتر صورت جدول-ب ہے، جہاں غیر ضروری معلومات روپوش کی گئی، اور کنارہ چپڑھائی کی معلومات منراہم کی گئی۔

جے کے پلٹ کار کے کارکردگی درج ذیل ہے۔

JK	Q_{n+1}	
00	Q_n	برقرار حال
01	0	پست حال
10	1	بلند حال
11	\bar{Q}_n	متمم حال

اس مساوات کی پہلی تین صورتوں میں، J اور K بالترتیب S اور R مداحل کا کردار ادا کرتے ہیں، یعنی فعال J ، پلٹ کار کو (ساعت کے عمل کار کنارہ پر) بلند حال، اور فعال K اسے پست حال کرتا ہے۔ البتہ یہاں دونوں مداحل فعال ہونے کی اجازت ہے، جو حال متمم کرتے ہیں۔ دونوں مداحل غیر فعال ہونے کی صورت میں پلٹ کار موجودہ حال برقرار رکھتا ہے۔

مشق ۶.۴: جدول ۶.۳-الف اور ب کی تصدیق کریں۔



شکل ۶.۲۱: جے کے پلٹ کار کی بساؤٹ اور علامت۔

جدول ۶.۳: کنسارہ چپڑھائی پر عمل کار جے کے پلٹ کار

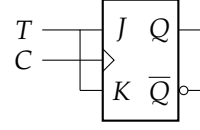
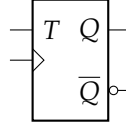
(ب)

C	J	K	Q_{n+1}
↑	0	0	Q_n
↑	0	1	0
↑	1	0	1
↑	1	1	\bar{Q}_n

(i)

J	K	Q_n	D	Q_{n+1}
0	0	0	0	Q_n
0	0	1	1	
0	1	0	0	0
0	1	1	0	
1	0	0	1	1
1	0	1	1	
1	1	0	1	\bar{Q}_n
1	1	1	0	

C	T	Q_{n+1}
0	x	Q_n
1	x	Q_n
↑	0	$\overline{Q_n}$
↑	1	$\overline{Q_n}$



شکل ۶.۲۲: ٹی پلٹ کار کی بساؤٹ اور علامت

۶.۱۰.۱ ٹی پلٹ کار

جے کے پلٹ کار کے دونوں مداحسل آپس میں جوڑنے سے ٹی پلٹے کار^{۵۲} حاصل ہوگا، جو شکل ۶.۲۲ میں بج علامت اور جدول پیش ہے۔

پست مداحسل ($T = 0$) کی صورت میں ٹی پلٹ کار برقرار حال رہے گا، جبکہ بلند مداحسل ($T = 1$) کی صورت میں ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر متمم حال اختیار کرے گی۔ یوں بلند T کی صورت میں بلند پلٹ کار اگلے کنارہ چپڑھائی پر پست ہوگا، جبکہ پست پلٹ کار اگلے کنارہ چپڑھائی پر بلند ہوگا۔

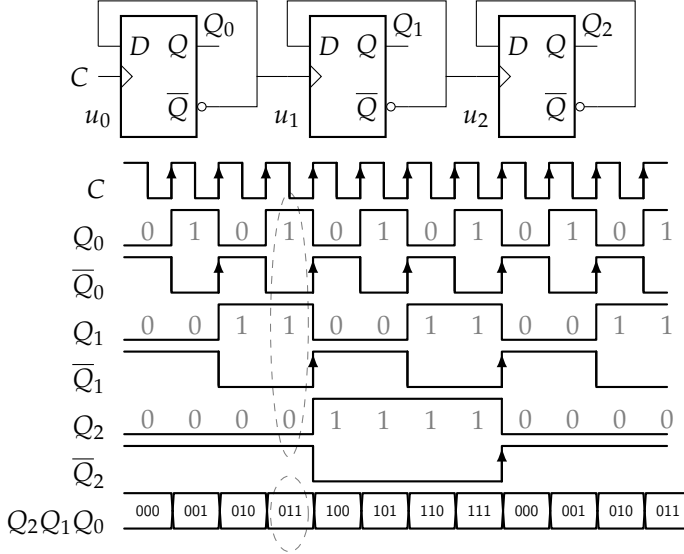
ٹی پلٹ کار کی مساوات، جے کے پلٹ کار کی مساوات ۶.۷ سے حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 Q_{n+1} &= J\overline{Q}_n + \overline{K}Q_n \\
 &= T\overline{Q}_n + \overline{T}Q_n \\
 &= T \oplus Q_n
 \end{aligned}
 \tag{۶.۹}$$

مساوات کے حصول میں J اور K دونوں کی جگہ T استعمال کیا گیا۔

مشق ۶.۵: ٹی پلٹ کار کے جدول کی تصدیق کریں۔

مشق ۶.۶: انٹرنیٹ سے 74xx اور 40xx سلسلہ میں جے کے اور ٹی پلٹ کار تلاش کریں۔



شکل ۶.۲۳: تین ہندسی شنائی گنت کار

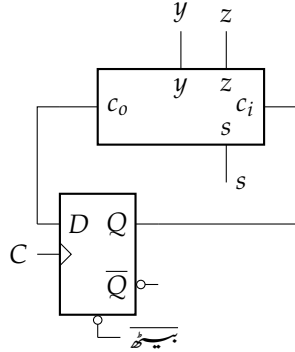
۶.۱۱ شنائی گنت کار

شکل ۶.۱۸ میں پیش دور تین مرتبہ استعمال کر کے شکل ۶.۲۳ حاصل ہو گا۔ بائیں جانب سے اول پلٹ کار (u_0) کا مخارج Q_0 ، دوم پلٹ کار کا مخارج Q_1 اور u_2 کا مخارج Q_2 پکارا گیا ہے۔

پلٹ کار u_0 ساعت (C) کا تعدد 2 سے تقسیم کرتا ہے۔ اس کے دونوں مخارج شکل میں پیش ہیں، جو ساعت کے کنارہ چڑھائی پر حال تبدیل کرتے ہیں، اور جن کا تعدد C کے تعدد کا نصف ہے۔ اشارہ $\overline{Q_0}$ پلٹ کار u_1 کو بطور ساعت مہیا کیا گیا ہے، جس کو u_1 دو سے تقسیم کرتا ہے۔ یوں Q_1 کا تعدد C کے تعدد سے 4 گنا کم ہو گا۔ پلٹ کار u_1 کا مخارج $\overline{Q_1}$ ، تیسرے پلٹ کار کی ساعت ہے جو اسے 2 سے تقسیم کرے گا، لہذا Q_2 کا تعدد C کے تعدد سے 8 گنا کم ہو گا۔

پلٹ کار کے مخارج، شنائی عدد کے تین ہندسے تصور کر کے، $Q_2Q_1Q_0$ روپ میں لکھیں۔ شکل ۶.۲۳ کے آخری صف میں یہ عدد پیش ہے، جہاں تینوں پلٹ کار ابتدائی طور پر 0 تصور کیے گئے۔ نقطہ دار گھیرے میں $Q_0 = 1$ (بلند)، $Q_1 = 1$ (بلند)، اور $Q_2 = 0$ (پست) ہیں جنہیں $Q_2Q_1Q_0 = 011$ لکھا پیش کیا گیا ہے، جو اعشاری تین کے برابر ہے۔ یہ دور ساعت کا کنارہ چڑھائی، (تین ہندسی شنائی عدد کے روپ میں) گنتا ہے، جس کی بنا پر اس کا نام **تین ہندسی، شنائی گنت کار** ^{۵۳} ہے۔

گنت کار صفر (000_2) تا سات (111_2) (یعنی آٹھ، 2^3 ، کنارے) گنتی کرنے کے بعد دوبارہ صفر (000_2)



شکل ۶.۲۳: سلسلہ وار شنائی جمع کار

سے شروع کرتا ہے۔ ساعت C کی بجائے گنت کار کو کوئی بھی عددی اشارہ گنتی کے لئے مندر اہم کیا جاسکتا ہے۔ گنت کار اشارے کے کنارہ چپڑھائی کی گنتی کر کے نتیجہ مہیا کرے گا۔

ڈی پلٹ کار کی تعداد 4 کر کے، سولہ ($2^4 = 16$) کنارے گنتی کے متبادل گنت کار بنایا جاسکتا ہے جو مندر (0000₂) تا پندرہ (1111₂) گنتی کرے گا۔ یوں n پلٹ کار پر مشتمل شنائی گنت کار 2^n کنارے گنتی کے متبادل ہو گا۔

۶.۱۲ سلسلہ وار شنائی جمع کار

شکل ۶.۲۳ میں مکمل جمع کار (u_1) اور ڈی پلٹ کار (u_2) کی مدد سے اصطلاحاً سلسلہ وار شنائی جمع کار^{۵۴} تشکیل دیا گیا ہے (مکمل جمع کار کی ڈب علامت کو یوں بنایا گیا ہے کہ دور میں صفائی پیدا ہو)۔ مکمل جمع کار کو جمع کرنے والے دو شنائی اعداد x اور y سلسلہ وار مندر اہم کئے جاتے ہیں۔ کمتر ترتیبی بٹ سے شروع کر کے ساعت کے ہر کنارہ چپڑھائی پر دونوں اعداد کے اگلے بٹ مندر اہم کئے جاتے ہیں۔ کسی بھی قدم پر ڈی پلٹ کار حاصل جمع (یعنی مکمل جمع کا خارجی حاصل) ذخیرہ کر کے اگلے قدم پر مکمل جمع کو بطور داخلی حاصل مہیا کرتا ہے۔ مجموعہ کے حصول سے قبل ڈی پلٹ کار زبردستی پست کیا جاتا ہے تاکہ پہلا داخلی حاصل مندر ہو۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ s پر سلسلہ وار دونوں شنائی اعداد کا مجموعہ خارج ہو گا۔

اس باب کے آخر میں آپ سے گزارش کی جائے گی کہ سلسلہ وار شنائی جمع کار استعمال کرتے ہوئے دو شنائی اعداد جمع کریں۔

۶.۱۳ معاصر ترتیبی ادوار کا تجزیہ

ساعت پر عمل کار، پلسٹ کار پر مبنی ادوار معاصر ترتیبی ادوار^{۵۵} کہلاتے ہیں، جو پلسٹ کار کے موجودہ حال اور مداحصل دیکھ کر نئے حال اختیار کرتے ہیں۔ معاصر ترتیبی ادوار، عموماً، کنارہ ساعت کے ساتھ قدم ملا کر چلتے ہیں۔ ہم زیادہ تر کنارہ ساعت پر عمل کار ترتیبی ادوار پر تبصرہ کریں گے (جو مستن سے واضح ہوگا)۔ معاصر ترتیبی ادوار میں ترکیبی حصے کا موجود ہونا لازم نہیں۔

کنارہ پر عمل کار معاصر ترتیبی ادوار کنارہ ساعت پر نیا حال اختیار کرتے ہیں۔ موجودہ حال نے حال پر اثر انداز ہو سکتا ہے، لہذا نئے حال دریافت کرتے وقت موجودہ حال (کو بھی) مداحصل تصور کریں۔ ترکیبی ادوار کی طرح ترتیبی ادوار کا جدول، جو حال کا جدول^{۵۶} کہلاتا ہے، نئے حال دریافت کرنے میں مددگار ثابت ہوگا۔ نیا حال مساوات^{۵۷} سے بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔ دونوں طریقوں پر غور مثالوں کی مدد سے کرتے ہیں۔

۶.۱۳.۱ مساوات حال

دور کے موجودہ حال اور موجودہ مداحصل کے روپ میں، مساوات حال دور کے اگلے حال بیان کرتی ہیں۔ کنارہ ساعت پر دور اگلے (نئے) حال اختیار کرتا ہے۔ یوں، ساعت کے n کنارے گزرنے کے بعد حال کو موجودہ حال تصور کر کے، اس کے لئے اشاریہ n استعمال کرتے ہوئے، مثلاً $Q(n)$ ، اگلا حال $Q(n+1)$ ہوگا۔

شکل ۶.۲۵ مثال بنا کر آگے بڑھتے ہیں، جہاں کنارہ چپڑھائی پر عمل کار ڈی پلسٹ کار مستعمل ہیں۔ موجودہ مداحصل $x(n)$ جبکہ موجودہ مخارج $Q_0(n)$ اور $Q_1(n)$ ہیں۔ ان تینوں کو مداحصل تصور کر کے D_0 کی ترکیبی مساوات لکھتے ہیں۔ ضرب گیٹ u_4 کا مخارج xQ_0 اور u_5 کا xQ_1 ہے، جو متمم جمع u_3 کے مداحصل ہیں، لہذا (بالائی پلسٹ کار کا مداحصل) D_0 جو u_3 کا مخارج ہے، ان کے منطقی جمع کا متمم ہوگا۔

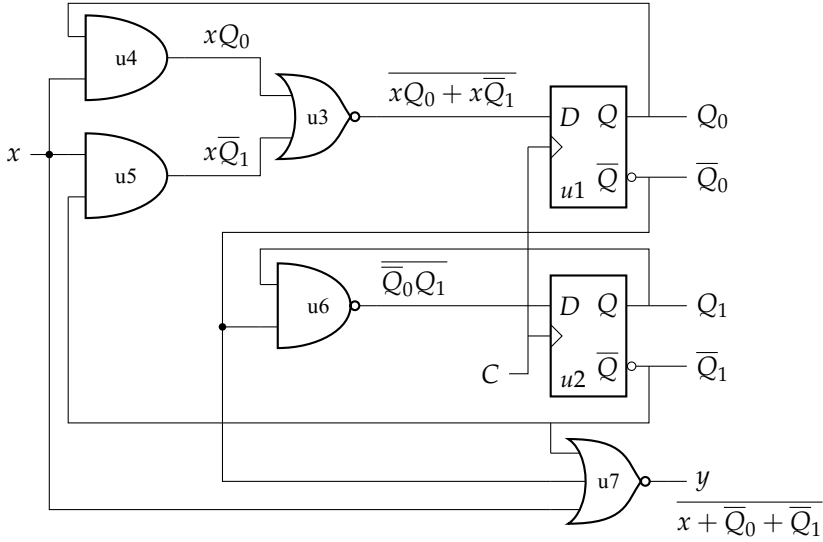
$$D_0(n) = \overline{x(n)Q_0(n) + x(n)Q_1(n)}$$

اس مساوات میں ہر جزو کے ساتھ (n) چسپاں کر کے واضح کیا گیا کہ یہ موجودہ متغیرات ہیں۔ ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر u_1 اس مساوات کے مطابق اگلا حال اختیار کرے گا۔ یوں، نیا حال $Q_0(n+1)$ درج ذیل ہوگا۔

$$(۶.۱۰) \quad Q_0(n+1) = \overline{x(n)Q_0(n) + x(n)Q_1(n)}$$

اسی طرح متمم ضرب u_6 کے مداحصل Q_0 ، Q_1 لہذا مخارج $\overline{Q_0}Q_1$ ہوگا، جو پلسٹ کار u_2 کا مداحصل D_1 ہے۔ یوں اس پلسٹ کار کا اگلا حال درج ذیل ہوگا۔

$$(۶.۱۱) \quad Q_1(n+1) = \overline{Q_0(n)Q_1(n)}$$



شکل ۶.۲۵: ترتیبی دور بطور مثال

تیسرا مخارج y ہے جو متمم جمع $u7$ کا مخارج $x + \overline{Q_0} + \overline{Q_1}$ ہے، اور جو سماعت کا تابع نہیں، لہذا y صرف موجودہ حال اور مداحصل پر منحصر ہے، یعنی یہ ہر صورت موجودہ مخارج ہوگا۔

$$(۶.۱۲) \quad y(n) = \overline{x(n) + \overline{Q_0}(n) + \overline{Q_1}(n)}$$

مسوات ۶.۱۰ تا ۶.۱۲ میں بار بار (n) اور $(n+1)$ لکھنے سے گریز کرتے ہوئے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(۶.۱۳) \quad \begin{aligned} Q_0 &= \overline{xQ_0 + xQ_1} \\ Q_1 &= \overline{\overline{Q_0}Q_1} \\ y &= \overline{x + \overline{Q_0} + \overline{Q_1}} \end{aligned}$$

۶.۱۳.۲ حال کا جدول

معاصر حال جدول میں لکھے جاسکتے ہیں۔ شکل ۶.۲۵ کی مثال آگے بڑھاتے ہوئے مسوات ۶.۱۳ سے جدول لکھتے ہیں۔ موجودہ مداحصل (x) اور موجودہ حال (Q_1, Q_0) آزاد متغیرات، جبکہ اگلے مخارج اور حال تابع متغیرات تصور کریں۔ یوں $x(n)$ ، $Q_0(n)$ ، اور $Q_1(n)$ آزاد متغیر تصور کر کے ان کی تمام ترتیب (000_2) تا (111_2) لکھیں۔ مسوات ۶.۱۳ سے ہر ترتیب کے مطابق اگلے حال $Q_0(n+1)$ ، $Q_1(n+1)$ ، اور اگلے مخارج $y(n)$ حاصل کر کے جدول میں درج کریں۔ یوں جدول ۶.۴ حاصل ہوگا، جو حال کا جدول^{۵۸} کہلاتا ہے۔

جدول ۶.۴: حال کا جدول (برائے مساوات ۶.۱۳)

موجودہ حال	اگلا حال		موجودہ مخارج	
	$x = 0$	$x = 1$	$x = 0$	$x = 1$
$Q_1 Q_0$	$Q_1 Q_0$	$Q_1 Q_0$	y	y
00	11	10	0	0
01	11	10	0	0
10	01	01	0	0
11	11	10	1	0

۶.۱۳.۳ حال کا خاکہ

حال کے جدول میں موجود معلومات کا خاکہ بنایا جاسکتا ہے جو **حال کا خاکہ** کہلاتا ہے۔ جدول ۶.۴ کا حال کا خاکہ شکل ۶.۲۶ میں پیش ہے۔

حال کے خاکہ میں دور کا حال گول دائروں سے ظاہر کیا جاتا ہے، جبکہ موجودہ حال سے اگلے حال منتقلی تیردار لکیر سے ظاہر کی جاتی ہے، جس کی دم موجودہ حال پر اور سر اگلے حال پر رکھا جاتا ہے۔ تیردار لکیر پر دو اعداد لکھے جاتے ہیں، جن کے بیچ ترچھی لکیر کھینچی جاتی ہے۔ وہ داخلی قیمت جو انتقال کا سبب بنتی ہے، ترچھی لکیر کے اوپر اور موجودہ مخارج نیچے لکھا جاتا ہے۔

شکل ۶.۲۵ کے ترتیبی دور میں دو پلسٹ کار مستعمل ہیں، جن کا حال $Q_1 Q_0$ لکھ کر 00، 01، 10، اور 11 ممکن حال ہیں۔ حال 00 سے 10 انتقال کی تیردار لکیر پر 1/0 لکھا گیا ہے، جس کے تحت انتقال $x = 1$ کی بدولت پیش آیا اور $y = 0$ ہے۔

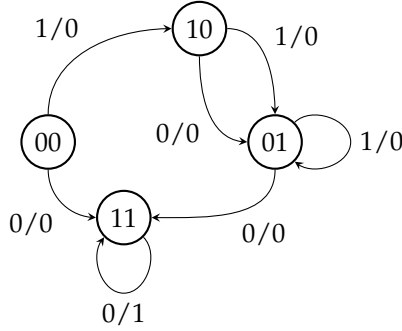
حال کا خاکہ دیکھ کر کئی حقائق باآسانی واضح ہوں گے۔ مثلاً، خاکہ دیکھ کر واضح ہے یہ دور کسی دوسرے حال سے 00 منتقل نہیں ہوگا؛ حال 10 سے یہ اگلے قدم میں 01 منتقل ہوگا، جس کے بعد جب تک $x = 1$ رہے حال تبدیل نہیں ہوگا اور $x = 0$ کرنے سے حال 11 حاصل ہوگا، جس سے نکلنے کا کوئی راستہ موجود نہیں۔

حال کا خاکہ اور حال کا جدول ایک ہی معلومات دو مختلف طریقوں سے پیش کرتے ہیں۔ دونوں میں پیش معلومات ہر طرح یکساں ہے۔

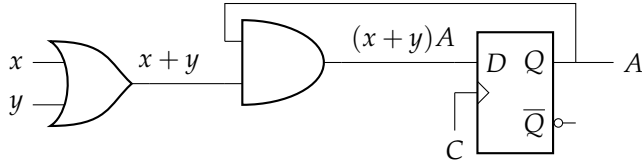
۶.۱۳.۴ ڈی پلسٹ کار پر مبنی ترتیبی دور

ترتیبی ادوار کے حل کی مزید مثالوں پر غور کرتے ہیں۔ پہلی مثال ڈی پلسٹ کار پر مبنی ہے جو شکل ۶.۲۷ میں پیش ہے۔ دور میں ایک پلسٹ کار پایا جاتا ہے جس کا مخارج A لکھ کر، مداحصل $A(x + y)$ ہوگا۔

ساعت کے کنارہ چڑھائی پر ڈی پلسٹ کار مداحصل کے تحت نیا حال اختیار کرتا ہے، لہذا اگلے حال کی



شکل ۶.۲۶: حال کا حنا کہ (برائے شکل ۶.۲۵)



شکل ۶.۲۷: ڈی پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور۔

مساوات درج ذیل ہوگی

$$A(n+1) = A(n)(x(n) + y(n))$$

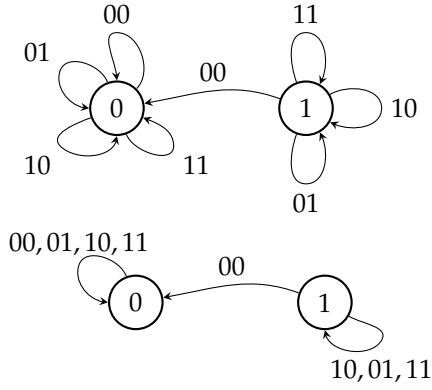
جس کی سادہ صورت ذیل ہے۔

$$A = A(x + y)$$

اس مساوات کے نتائج شکل ۶.۲۸ میں جدول میں پیش ہیں۔ حال کا حنا کہ اور اس کا سادہ روپ (نچلا حنا کہ) بھی شکل پیش ہیں۔ پلٹ کار کے حال 0 اور 1 دائروں میں رکھے گئے ہیں، جبکہ ان کے بیچ انتقال تیردار لکیر سے دکھایا گیا ہے۔ تیردار لکیروں پر مداحل xy کی موجودہ قیمتیں لکھی گئی ہیں۔ ایک ہی حال میں رہنے کے تمام امکانات کو اکٹھا بھی لکھا جا سکتا ہے، جیسے نچلے حنا کہ میں کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ حال 1 سے 0 اس وقت انتقال ہوگا جب مداحل 00 ہو۔ باقی تمام حال میں پلٹ کار موجودہ حال برقرار رکھتا ہے۔ مزید، حال 0 سے حال 1 منتقلی کا کوئی راستہ موجود نہیں۔

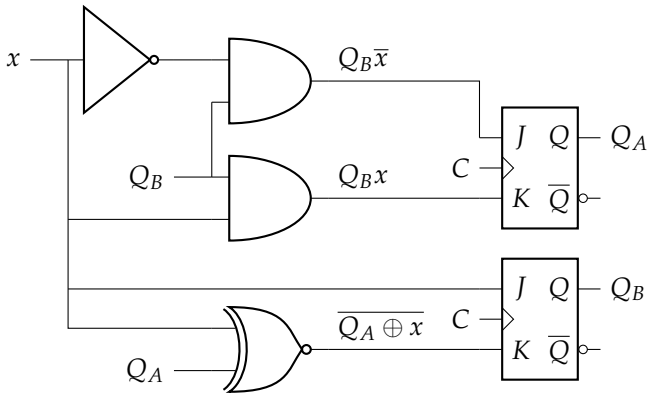
۶.۱۳.۵ جے کے پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور

شکل ۶.۲۹ میں جے کے پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور پیش ہے۔ بلا پلٹ کار کا حال Q_A اور مداحل J_A ، K_A ہیں، جبکہ زیریں پلٹ کار کا حال Q_B اور مداحل J_B ، K_B ہیں۔



موجودہ			اگلا
A	x	y	A
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

شکل ۶.۲۸: حال کا جدول اور حال کا حنا کہ (برائے شکل ۶.۲۷)



شکل ۶.۲۹: جے کے پلاٹ کار پر مبنی ترتیبی دور

دور میں متمم بلاشرکت جمع گیٹ کا ایک مداحل Q_A ہے جو بالائی پلٹ کار کا موجودہ حال ہے۔ پلٹ کار کے مخارج سے گیٹ کے مداحل تک تار کھینچنے کی بجائے دونوں کا نام (Q_A) رکھا گیا ہے۔ جب بھی دو معتمات کا ایک نام رکھا جائے، انہیں آپس میں برقی طور حبڑا تصور کریں۔ یوں، دونوں ضرب گیٹ کا ایک ایک مداحل زیریں پلٹ کار کے مخارج سے حبڑا ہے۔

مداحل کی مساوات ذیل ہیں۔

$$\begin{aligned} J_A &= \bar{x}Q_B \\ K_A &= xQ_B \\ J_B &= x \\ K_B &= \overline{x \oplus Q_A} \end{aligned} \quad (۶.۱۴)$$

ان مساوات سے جدول ۶.۵ حاصل ہوگا، جس سے اضافی مواد نکال کر حال کا جدول حاصل ہوگا (شکل ۶.۳۰)۔ حال کے جدول سے حاصل حال کا حنا کہ بھی شکل میں پیش ہے۔

مساوات ۶.۱۳ سے جدول ۶.۵ لکھتے ہوئے موجودہ حال Q_A ، اور مداحل x کی تمام ممکنات 000_2 تا 111_2 لکھیں (جدول میں بائیں ہاتھ تین قطاریں)۔ ہر صف کے لئے پلٹ کار کے مطابق موجودہ مداحل J_A ، K_A ، J_B ، اور K_B مساوات ۶.۱۴ سے حاصل کریں۔ یوں پہلی صف کے لئے، جہاں موجودہ قیمتیں $Q_A = 0$ ، $Q_B = 0$ ، اور $x = 0$ ہیں، درج ذیل حاصل ہوگا۔

$$\begin{aligned} J_A &= \bar{x}Q_B = \bar{0} \cdot 0 = 1 \cdot 0 = 0 \\ K_A &= xQ_B = 0 \cdot 0 = 0 \\ J_B &= x = 0 \\ K_B &= \overline{x \oplus Q_A} = \overline{0 \oplus 0} = \bar{0} = 1 \end{aligned}$$

انہیں جدول کی پہلی صف میں درج کریں۔ پلٹ کار کے موجودہ مداحل جانتے ہوئے ساعت کے اگلے کنارہ چپڑھائی پر اگلے حال مساوات ۶.۴ $Q(n+1) = J\bar{Q}_n + \bar{K}Q_n$ یا مساوات ۶.۸ سے

$$\begin{aligned} Q_A &= J_A\bar{Q}_A + \bar{K}_AQ_A = 0 \cdot \bar{0} + \bar{0} \cdot 0 = 0 \cdot 1 + 1 \cdot 0 = 0 + 0 = 0 \\ Q_B &= J_B\bar{Q}_B + \bar{K}_BQ_B = 0 \cdot \bar{0} + \bar{1} \cdot 0 = \end{aligned}$$

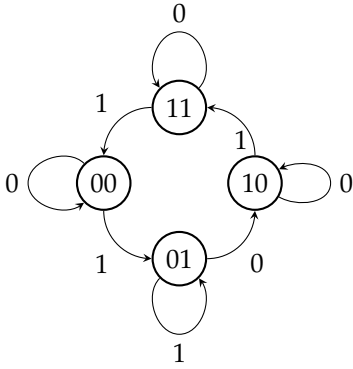
حاصل کر کے جدول کی پہلی صف میں درج کریں۔ باقی صف کے لئے مواد حاصل کے جدول بھریں۔ آپ J اور K کی مساوات استعمال کر کے بھی Q تلاش کر سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned} Q_A(n+1) &= J_A\bar{Q}_A + \bar{K}_AQ_A = (\bar{x}Q_B)\bar{Q}_A + (\overline{xQ_B})Q_A \\ Q_B(n+1) &= J_B\bar{Q}_B + \bar{K}_BQ_B = x\bar{Q}_B + (\overline{x \oplus Q_A})Q_B \end{aligned}$$

حال کے حنا کہ (شکل ۶.۳۰) پر توجہ دیں۔ حال 00 سے 01 اور یہاں سے 10 اور اس کے بعد 11 حبا حبا سکتا ہے، جس کے بعد دوبارہ 00 سے پوری کہانی شروع ہوگی۔ یہ 00 تا 11 شاننی گنت کار معلوم ہوتا ہے۔ ماسوائے

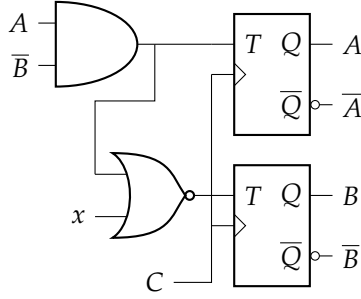
جدول ۶.۵: جے کے پلٹ کار دور کی مساوات ۶.۱۳ سے حاصل جدول

موجودہ مداحل اور حال			پلٹ کار کے مداحل				اگلے حال	
Q_A	Q_B	x	J_A	K_A	J_B	K_B	Q_A	Q_B
0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	1	1	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	1	0	0	1	1	1	1
1	1	0	1	0	0	0	1	1
1	1	1	0	1	1	1	0	0



موجودہ حال $Q_A Q_B$	اگلے حال	
	$x = 0$ $Q_A Q_B$	$x = 1$ $Q_A Q_B$
00	00	01
01	10	01
10	10	11
11	11	00

شکل ۶.۳۰: حال کا جدول اور حال کا خاکہ برائے شکل ۶.۲۹



شکل ۶.۳۱: ٹی پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور

حال 11 کے، ہر مرتبہ x تبدیل کرنے سے حال تبدیل ہوگا۔ یوں 00 میں جب تک $x = 0$ رہے، دور اسی حال میں رہتا ہے، البتہ x بلند کرنے سے 01 حال حاصل ہوگا، جہاں اس وقت تک رہا جائے گا جب تک $x = 1$ رہے۔

۶.۱۳.۶ ٹی پلٹ کار کی مدد سے ترتیبی دور کا حبابزہ

شکل ۶.۳۱ میں ٹی پلٹ کار پر مبنی دور پیش ہے۔ پلٹ کار کے حال A اور B سے ظاہر کیے گئے ہیں۔ یوں پہلے پلٹ کار کا مداحل T_A اور دوسرے کا T_B ہے۔

پلٹ کار کا اگلا حال مساوات ۶.۹ سے ملتا ہے جسے یہاں دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$Q_{n+1} = T \oplus Q_n$$

موجودہ ضرورت کے تحت مساوات سے درج ذیل لکھا جاتا ہے۔

$$\begin{aligned} A_{n+1} &= T_A \oplus A = T_A \bar{A} + \bar{T}_A A \\ B_{n+1} &= T_B \oplus B = T_B \bar{B} + \bar{T}_B B \end{aligned} \quad (۶.۱۵)$$

پلٹ کار کے مداحل کی مساوات شکل ۶.۳۱ سے حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} T_A &= A\bar{B} \\ T_B &= \overline{A\bar{B} + x} \end{aligned}$$

ان مساوات کو مساوات ۶.۱۵ میں ڈالنے سے پلٹ کار کے حال کی مساواتیں حاصل ہوں گی:

$$\begin{aligned} A_{n+1} &= (A\bar{B}) \oplus A \\ B_{n+1} &= (\overline{A\bar{B} + x}) \oplus B \end{aligned}$$

جدول ۶.۶: ٹی پلٹ کار دور (شکل ۶.۳۱) کا حال کا جدول

(۱)

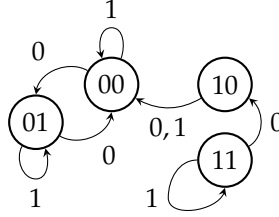
			مداخل					
			موجودہ مواد			اگلا حال		
			A	B	x	A	B	T _A T _B
(ب)	موجودہ	اگلا حال		0	0	0	0	1
		x = 0	x = 1					
	AB	AB	AB					
	00	01	00					
	01	00	01					
	10	00	00					
	11	10	11					
	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	1	1	0	0	0	1	0
	1	0	0	0	0	0	1	0
	1	0	1	0	0	0	1	0
	1	1	0	1	0	0	0	1
	1	1	1	1	1	1	0	0

جن سے جدول ۶.۶-الف ملتا ہے۔ مداخل x اور موجودہ حال A اور B کو پہلی تین قطاروں میں لکھا گیا ہے۔ ان کی تمام ترتیب (000₂ تا 111₂) پہلی تین قطاروں میں بھر کر، ہر صف کے لئے مطابقتی موجودہ مداخل حاصل کیے جاتے ہیں، جنہیں دائیں قطاروں میں لکھا گیا ہے۔ موجودہ مداخل سے ساعت کے اگلے کنارہ چپڑھائی پر اگلے حال حاصل ہوں گے۔ جدول ۶.۶-الف سے جدول-ب لکھا جاسکتا ہے، جو حال کا جدول کہلاتا ہے۔

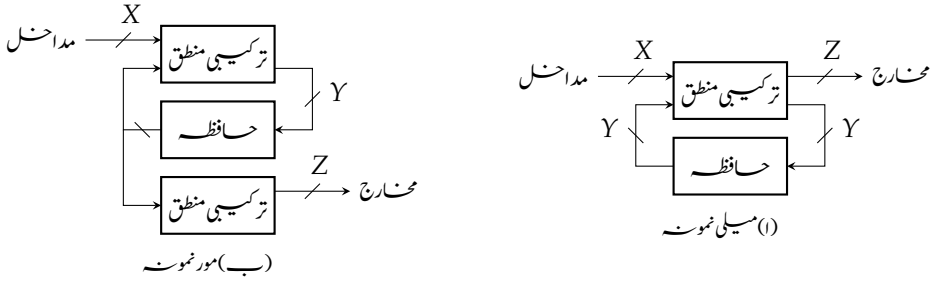
حال کے جدول کے مواد کو حال کے حنا کے کی صورت میں شکل ۶.۳۲ میں پیش کیا گیا ہے۔ جدول ۶.۶-ب میں AB کو ساتھ ساتھ لکھ کر ایک حال تصور کریں۔ یوں 00، 01، 10، اور 11 حال ممکن ہیں۔ حال کے حنا کے میں حال کو گول دائرہ میں لکھا جاتا ہے، اور ایک حال سے دوسرے حال (یا اسی حال) انتقال کو تیسرے دار لکیر سے ظاہر کیا جاتا ہے، جن پر آزاد مداخل (x) کی وہ قیمت درج کی جاتی ہے، جو انتقال کا سبب بنتی ہے۔ مثلاً، جدول-ب کی پہلی صف میں موجودہ حال 00 ہے؛ اب $x = 1$ کی صورت میں دور اسی حال (00) میں رہتا ہے، جس کو حال کے حنا کے میں 00 حال سے ابتدا اور اختتام کرنے والی تیسرے دار لکیر سے ظاہر کیا گیا ہے، جس پر 1 لکھا گیا ہے؛ البتہ $x = 0$ کی صورت میں دور حال 01 اختیار کرتا ہے، جس کو 00 سے 01 جانے والی تیسرے دار لکیر ظاہر کرتی ہے، جس پر 0 لکھا گیا ہے۔

۶.۱۴ میلی اور مَور نمونہ

ترتیبی دور میں مداخل، محارج اور اندرونی حال پائے جاتے ہیں۔ ترتیبی ادوار کے دو نمونے پائے جاتے ہیں، جنہیں میلی نمونہ^{۶۰} اور مَور نمونہ^{۶۱} کہتے ہیں۔ میلی نمونہ میں محارج کا دار و مدار موجودہ مداخل اور موجودہ اندرونی حال پر، جبکہ مَور نمونہ میں صرف موجودہ حال پر ہوگا۔ یہ دو نمونے شکل ۶.۳۳ میں پیش ہیں۔



شکل ۶.۳۲: حال کا خاکہ برائے شکل ۶.۳۱ اور جدول ۶.۶



شکل ۶.۳۳: مور اور میلی نمونے

ان اشکال میں مداحل تیر دار لکیر پر ترجیحی لکیر کھینچ کر X لکھا گیا ہے، جو مداحل شنائی ہندسوں (بٹ) کی تعداد بیان کرتا ہے۔ یوں $X = 8$ کی صورت میں ایک ایک بٹ کے آٹھ مداحل ہوں گے۔ حافظہ کے مداحل اور مخارج کی تعداد برابر ہوگی، لہذا اس کے مداحل (یا مخارج) پر Y لکھنے کے بعد مخارج (یا مداحل) پر صرف ترجیحی لکیر کھینچنا کافی ہوگا۔

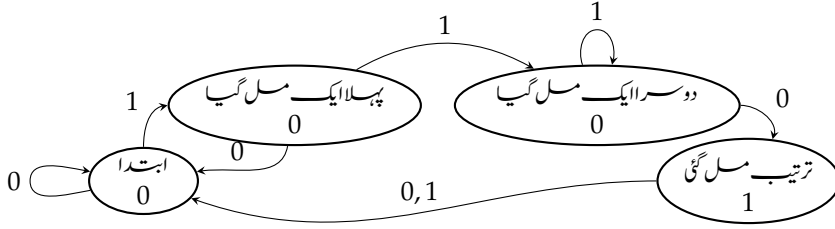
۶.۱۴.۱ حال اور ان کی مقرری

حصہ ۶.۱۳.۳ میں حال کے خاکہ پر غور کیا گیا۔ ان خاکوں میں پلٹ کار کے مخارج کی بجائے دیگر ناموں سے حال ظاہر کر کے حال کا خاکہ سمجھنا آسان بنایا جاسکتا ہے (درج ذیل مثال دیکھیں)۔

مثال ۶.۱: ایسے ایک مداحل، ایک مخارج معاصر ترتیبی دور کا حال کا خاکہ تیار کریں، جو 110_2 مداحل کے حصول پر 1 خارج کرتا ہو۔ بلند رتی بٹ پہلا بٹ تصور کریں۔ ایسے دور کو ترتیبی شناخت کہتے ہیں۔

حل: شکل ۶.۳۴ میں حال کا خاکہ پیش ہے، جسے دیکھ کر دور کی کارکردگی سمجھنا آسان ہے۔ دائرے میں حال کا نام، اور نام کے نیچے 0 یا 1 موجودہ مخارج ظاہر کرتا ہے۔

□



شکل ۶.۳۴: حال کو الفاظ سے پکار کر حنا کہ بہتر سمجھ آتا ہے (مثال ۶.۱)

۶.۱۵ معاصر ترتیبی ادوار کی بناوٹ

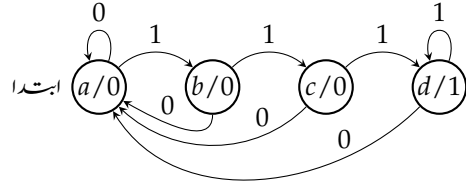
گزشتہ حصے میں مختلف اقسام کے پلٹ کار استعمال کر کے معاصر ترتیبی ادوار تشکیل دیے گئے۔ ان ادوار کے حصول کا بانسابطہ طریقہ کار درج ذیل ہے۔

۱. مسئلہ کے بیان سے حال کا حنا کہ تیار کریں۔
۲. درکار حال کی تعداد کم کریں۔
۳. ہر حال (کو ظاہر کرنے) کی منفرد شنائی قیمت منتخب کریں۔
۴. حال کا جدول حاصل کریں۔
۵. پلٹ کار (کی قسم) کا انتخاب کریں۔
۶. پلٹ کار کی داخلی اور حنا راجی سادہ ترین مساوات حاصل کریں۔
۷. ان مساوات سے معاصر ترتیبی دور تشکیل دیں۔

مثال ۶.۲: ایسا معاصر ترتیب شناس تشکیل دیں جو تین متواتر 1 مداحل کے حصول پر 1 حنا راج کرے۔

حل: ترتیب شناس کی کارکردگی کے بیان سے شکل ۶.۳۵ کا حال کا حنا کہ کھینچا جاتا ہے۔ گول دائروں میں ترتیبی لکیر سے اوپر حال کا نام اور نیچے حنا راج کی قیمت لکھی گئی ہے۔ شناس کا ابتدائی حال a اور حنا راج پست (0) ہے۔ پہلی 1 کی حصول کے بعد حال b اور حنا راج پست ہوگا۔ دوسری 1 کے بعد حال c اور حنا راج پست، تیسری 1 کے بعد حال d اور حنا راج بلند ہوگا۔ مزید 1 ملنے سے شناس حال d میں رہتے ہوئے حنا راج بلند رکھتا ہے۔ کسی بھی موقع پر 0 کا حصول، شناس کو واپس ابتدائی حال a منتقل کرتا ہے۔ حال کے حنا کہ سے حاصل جدول، شکل ۶.۳۵ میں پیش ہے، جس میں بائیں ہاتھ موجودہ مداحل اور موجودہ حال، جبکہ دائیں ہاتھ اگلا حال اور موجودہ حنا راج درج ہیں۔

موجودہ		اگلا	
مداحل	مداخل	حال	مخرج
a	0	a	0
a	1	b	0
b	0	a	0
b	1	c	0
c	0	a	0
c	1	d	0
d	0	a	1
d	1	d	1



شکل ۶.۳۵: ترتیب شناس کا حال کا خاکہ (مثال ۶.۲)

حال کے خاکہ سے واضح ہے کہ حال کی تعداد چار ہے، جنہیں دوپٹ کا شنائی عدد دظاہر کر سکتا ہے۔

$$a = 00$$

$$b = 01$$

$$c = 10$$

$$d = 11$$

(۶.۱۶)

(آپ کوئی دوسری انتخاب کر سکتے ہیں۔ مشق ۶.۷ دیکھیں۔) دوپٹ کے لئے دو پلٹ کار درکار ہوں گے۔ ہم ڈی پلٹ کار منتخب کر کے، ان کے مخرج A اور B، اور مداحل D_A اور D_B لکھتے ہیں۔

شنائی علامت استعمال کرتے ہوئے شکل ۶.۳۵ میں پیش جدول دوبارہ جدول ۶.۷ میں پیش کیا گیا ہے، جس سے ڈی پلٹ کار کی درج ذیل مساوات اخذ ہوتی ہیں۔

$$A(n+1) = D_A(A, B, x) = \sum (3, 5, 7)$$

$$B(n+1) = D_B(A, B, x) = \sum (1, 5, 7)$$

$$y(A, B, x) = \sum (6, 7)$$

جدول ۶.۷ سے شکل ۶.۳۶ کے کارناف نقشے بنا کر درج ذیل سادہ مساوات حاصل ہوتی ہیں، جن سے شکل ۶.۳۷ حاصل ہوگا۔

$$D_A = Ax + Bx$$

$$D_B = Ax + \overline{B}x$$

$$y = AB$$

ترتیب شناس ابتدائی پست حال میں، سیٹھ اشارہ کی مدد سے لایا جاتا ہے، جو شکل میں نہیں دکھایا گیا۔

جدول ۶.۷: ترتیب شناس کا حال کا جدول

موجودہ			اگلا		موجودہ
A	B	x	A	B	y
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	0
1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	1	1

AB	x	
	0	1
00	0	0
01	0	0
11	1	1
10	0	0

$y = AB$

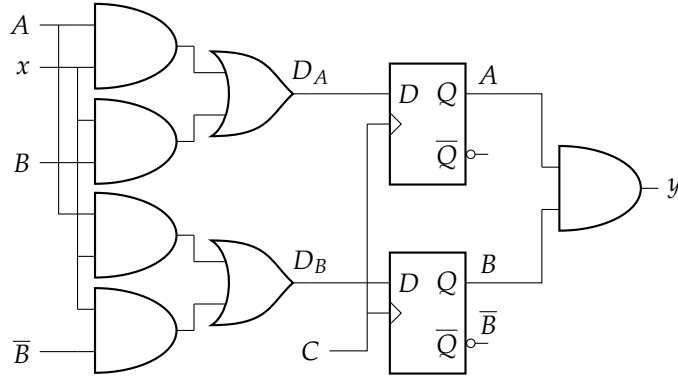
AB	x	
	0	1
00	0	1
01	0	0
11	0	1
10	0	1

$D_B = xA + x\bar{B}$

AB	x	
	0	1
00	0	0
01	0	1
11	0	1
10	0	1

$D_A = xA + xB$

شکل ۶.۳۶: کارنائف نقشے برائے مثال ۶.۲



شکل ۶.۳۷: ترتیب شناس (مثال ۶.۲)

□

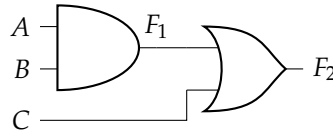
مشق ۶.۷: مساوات ۶.۱۶ میں حال کے اظہار کا ایک انتخاب دکھایا گیا ہے۔ آپ کوئی دوسرا انتخاب کر سکتے ہیں، مثلاً $a = 01$ ، $b = 10$ ، $c = 11$ اور $d = 00$ جس سے دوسرا دور حاصل ہو گا۔ یہ دور حاصل کریں۔

سوالات

سوال ۶.۱: ثابت کریں جے کے پلٹ کے محسار \bar{Q}_{n+1} کی مساوات درج ذیل ہے۔

$$\bar{Q}_{n+1} = \bar{J}\bar{Q} + KQ$$

سوال ۶.۲: شکل میں ضرب گیٹ کا دورانیہ رد عمل 10 نینو سیکنڈ جبکہ جمع گیٹ کا 15 نینو سیکنڈ ہے۔ تینوں مداحل بیک وقت تبدیل کیے جاتے ہیں۔ کتنی دیر بعد محسار F_1 اور F_2 مستحکم حال میں ہوں گے؟

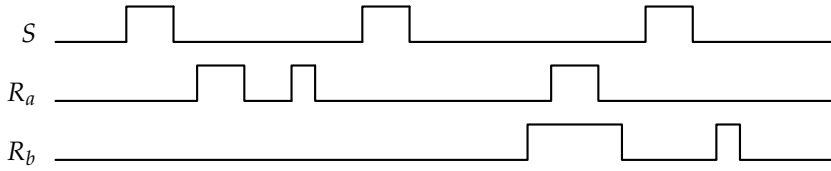


جواب: 10 ns ، 25 ns

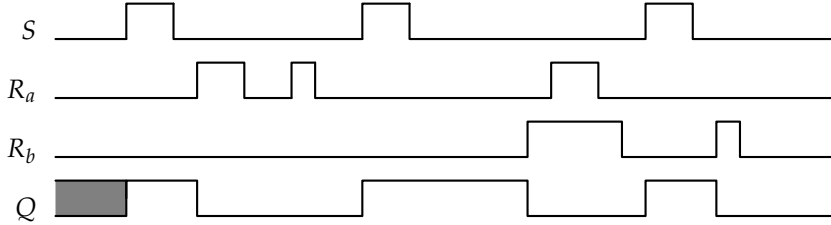
سوال ۶.۳: ایک کمپیوٹر 2 GHz ساعتی اشارے سے چلتا ہے۔ یہ اشارہ تیس فی صد وقت بلند رہتا ہے جبکہ اس کا دورانیہ اترائی پانچ فی صد اور دورانیہ چڑھائی پانچ فی صد وقت لیتے ہیں۔ ساعتی اشارے کا دوری عرصہ، دورانیہ چڑھائی اور پست دورانیہ حاصل کریں۔

جواب: 3×10^{-10} s ، 2.5×10^{-11} s ، 5×10^{-10} s

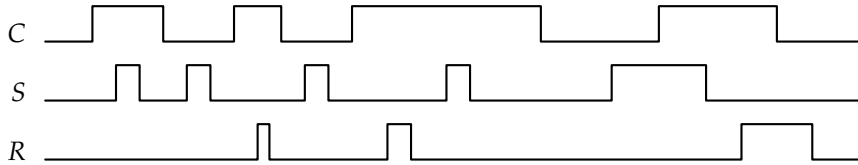
سوال ۶.۴: جمع متمم گیٹ پر مبنی متعدد (بلند فعال) مداحل ایس آر پلاٹ کے مداحل ترسیم کیے گئے ہیں۔ اس کا محضارج ترسیم کریں۔



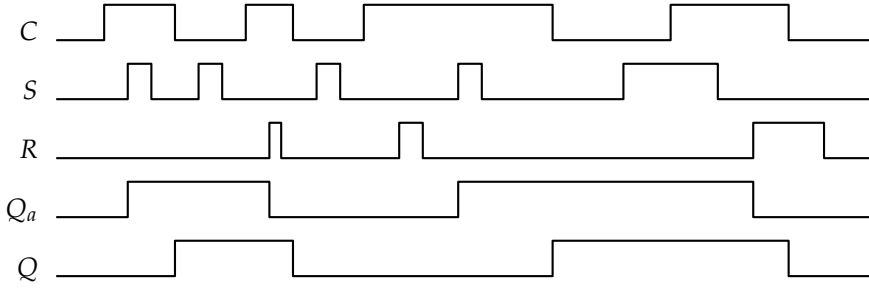
جواب:



سوال ۶.۵: آفت و غلام پلاٹ کے مداحل ترسیم کیے گئے ہیں۔ آفت محضارج Q_a اور غلام محضارج Q ترسیم کریں۔



جواب:



سوال ۶.۶: شکل ۶.۲۴ میں سلسلہ وار شناختی جمع کار پیش ہے۔ اسے استعمال کرتے ہوئے 10110011_2 اور 00110011_2 متدم باقدم جمع کریں۔ ہر قدم پر تمام معتمات پر متغیرات دریافت کریں۔

سوال ۶.۷: ایک ترتیبی دور جس کے مداخل x اور y جبکہ مخارج z ہے میں دو ڈی پلٹ، A اور B متعمل ہیں۔ دور کی مساوات درج ذیل ہیں۔ یاد رہے ہم $A(t+1)$ کو اگلا حال جبکہ $A(t)$ کو موجودہ حال یا بازاری اشارہ تصور کر سکتے ہیں۔

$$A(t+1) = \bar{x}y + xA(t)$$

$$B(t+1) = \bar{x}B(t) + xA(t)$$

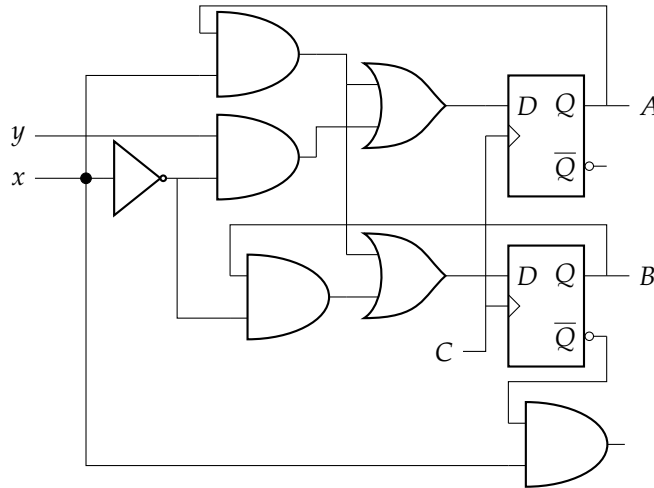
$$z(t) = x\bar{B}(t)$$

۱. ترتیبی دور بنائیں۔

ب. ان مساوات سے حال کا جدول حاصل کریں۔

ج. حال کے جدول سے حال کا خاکہ حاصل کریں۔

جواب:



AB	x=1		x=0	
	y = 1	y = 0	y = 1	y = 0
00	00	00	10	00
01	00	00	11	01
10	11	11	10	00
11	11	11	11	01

سوال ۶.۸: مداحصل x اور دو جے کے پلسٹ، A اور B ، پر مبنی ترتیبی دور درج ذیل مساوات پر پورا اترتا ہے۔

$$J_A = \bar{B}$$

$$K_A = x$$

$$J_B = A$$

$$K_B = x$$

ا. ان سے حال کی مساوات $A(t+1)$ اور $B(t+1)$ حاصل کریں۔

ب. ان مساوات سے حال کا خاکہ بنائیں۔

جواب:

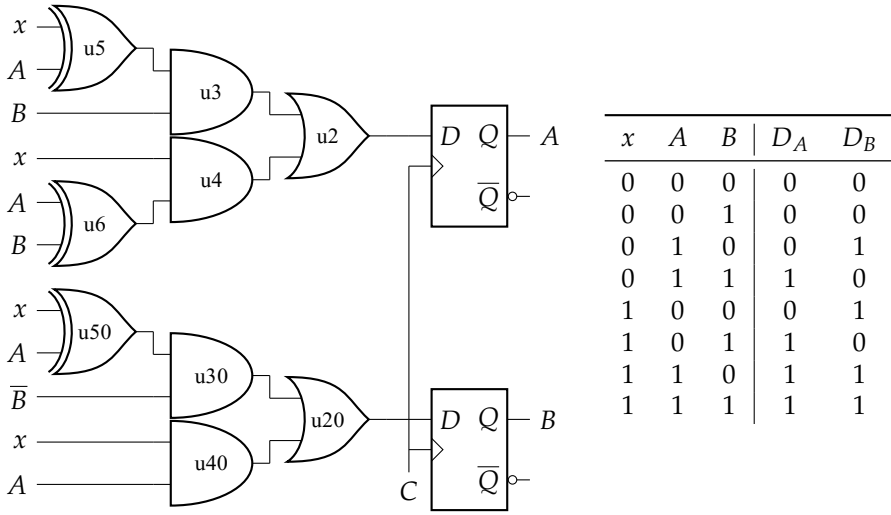
$$A(t+1) = \bar{B}\bar{A} + \bar{x}A$$

$$B(t+1) = A\bar{B} + xB$$

موجودہ حال AB	اگلا حال	
	x = 1	x = 0
00	10	10
01	00	01
10	01	11
11	00	11

سوال ۶.۹: دو ڈی پلسٹ، A اور B ، استعمال کر کے مداحصل x کا ترتیبی دور تخلیق دیں جو بالترتیب 00، 01، 10، اور 11 حال اختیار کر سکتا ہو۔ بلند مداحصل کی صورت میں بڑھتی گنتی اور پست مداحصل کی صورت میں گھٹتی گنتی حاصل کرنی ہے۔ بڑھتی گنتی کی صورت میں 11 کو پہنچنے کے بعد بلند مداحصل کی صورت میں دور اسی حال میں رہنا چاہیے۔ گھٹتی گنتی کرتے ہوئے 00 کو پہنچنے کے بعد پست مداحصل کی صورت میں دور 00 میں رہنا چاہیے۔

جواب:



سوال ۶.۱۰: گزشتہ سوال میں مداحل e کا اضافہ کریں۔ بلند e کی صورت میں دور جوں کا توں چلتا ہو جبکہ پتہ e کی صورت میں دور اپنا حال برقرار رکھتا ہو۔

جواب: ساعت C کو ضرب گیٹ سے گزاریں۔ ضرب گیٹ کا دوسرا مداحل e ہوگا۔

سوال ۶.۱۱: پچھلے سوال میں مداحل کی تعداد میں مزید اضافہ کرتے ہوئے مداحل s کا اضافہ کریں۔ مداحل s بلند کرنے سے دور کو حال 00 اختیار کر لینا چاہیے جبکہ پتہ s کی صورت میں دور کو پہلے کی طرح کام کرنا چاہیے۔

جواب: دونوں ڈی پلٹ کے بلند فعال زبردستی پلٹے مداحل کو s منراہم کریں۔

باب ۷

دفتر

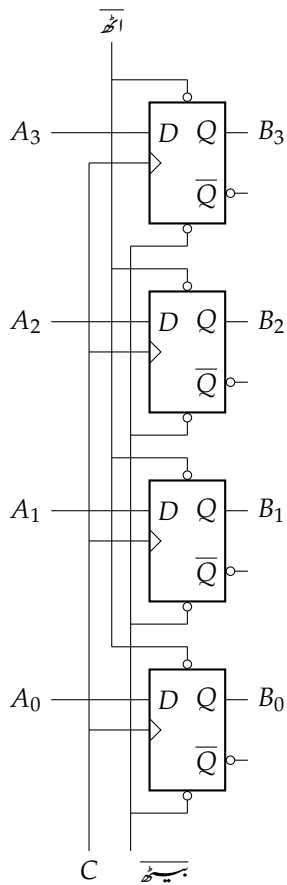
ایک پلٹ کار ایک شنائی ہند سے (ہٹ) کی معلومات ذخیرہ کر سکتا ہے۔ آٹھ ہٹ معلومات ذخیرہ کرنے کے لئے آٹھ پلٹ کار درکار ہوں گے۔ دفتر اے سراد وہ دور ہے جو معلومات ذخیرہ، اور ایک جگہ سے دوسری جگہ منتقل کرنے کی صلاحیت رکھتا ہو۔ یوں، n ہٹ دفتر سے مراد n پلٹ کار پر مبنی وہ دور ہوگا، جو n ہٹ ذخیرہ اور منتقل کر کے معلومات کے انتقال کا انداز (سلسلہ وار یا متوازی) دور کے ترکیبی حصہ پر منحصر ہوگا۔

سادہ ترین چار ہٹ دفتر شکل ۱.۷ میں پیش ہے۔ شکل -الف میں مداخل A جبکہ مخارج B ہے۔ مداخل کے چار ہٹ A_0 ، A_1 ، A_2 ، اور A_3 ، جبکہ مخارج کے چار ہٹ B_0 ، B_1 ، B_2 ، اور B_3 ہیں۔

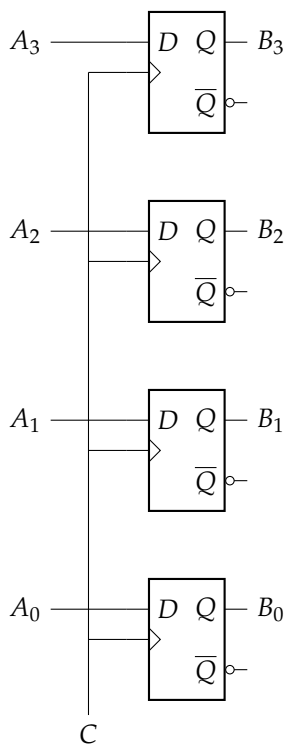
ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر داخلی چار ہٹ پلٹ کار کو منتقل ہو جاتے ہیں۔ ہم کہتے ہیں دفتر میں مواد کا اندراج ہو گیا، یا مواد دفتر میں درج ہو گیا، یا مواد دفتر میں لکھ لیا گیا۔ ساعت کے اگلے کنارہ چپڑھائی تک یہ چار ہٹ معلومات دفتر میں محفوظ، اور مخارج پر دستیاب ہوگی۔

شکل ۱.۷-ب میں بلند اور پست صلاحیت کا پلٹ کار استعمال کیا گیا۔ یوں، ساعت کے کنارہ چپڑھائی کا انتظار کیے بغیر، تمام خارجی ہٹ زبردستی بلند یا پست کیے جاسکتے ہیں۔ زبردستی پست کرنے سے دفتر صاف ہو کر 0000_2 ، جبکہ زبردستی بلند کرنے سے 1111_2 حنا راج کرتا ہے۔

اس دور میں پلٹ کار کی تعداد n کر کے n ہٹ دفتر تشکیل دیا جاسکتا ہے۔ ہر ہٹ کا متم بھی دفتر کے مخارج سے دستیاب ہوگا۔ یوں B_0 کا متم \bar{B}_0 مطابقتی پلٹ کار کے \bar{Q} سے دستیاب ہوگا۔

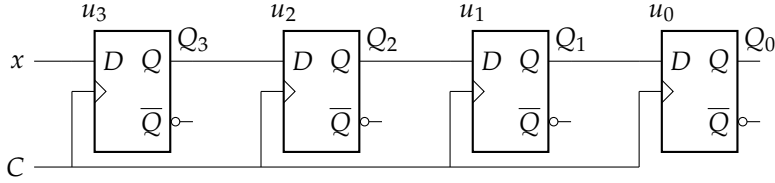


(ب)



(i)

شکل ۱.۷: چار بیت دفتر



شکل ۷.۲: دائیں انتقال دفتر

۷.۱ سلسلہ وار دفتر

۷.۱.۱ دائیں انتقال دفتر

شکل ۷.۲ میں (سلسلہ وار) دائیں انتقال دفتر پیش ہے، جہاں (متواتر) ایک پلٹ کار کا محارج، دوسرے کامد اخل ہے، اور شنائی مواد، x ، بائیں (جانب) سے مہیا کیا گیا ہے۔ شکل میں زبردستی پست پن نہیں دکھایا گیا تا کہ اصل مضمون پر توجہ رہے، تاہم تصور کریں ساعت کے پہلے کنارہ چڑھائی سے قبل، تمام پلٹ کار زبردستی پست کیے گئے۔

ساعت کے پہلے کنارہ چڑھائی پر u_0 کو $Q_1 = 0$ ، u_1 کو $Q_2 = 0$ ، u_2 کو $Q_3 = 0$ اور u_4 کو $x = 1$ مواد منراہم ہے، جنہیں پلٹ کار، ساعت کے کنارہ چڑھائی پر، محارج منتقل کرتے ہیں۔ یوں پہلے کنارہ چڑھائی گزرنے کے بعد $Q_0 = 0$ ، $Q_1 = 0$ ، $Q_2 = 0$ اور $Q_3 = 1$ ہوگا۔ یاد رہے، ساعت کے کنارہ چڑھائی کے دوران، پلٹ کار گزشتہ حال میں رہتا ہے، اور نیا مواد کنارہ گزرنے کے بعد محارج کو پہنچتا ہے۔ آپ نے دیکھا، یہ دور، مواد کی دائیں رخ نقل مکانی کرتا ہے، جس کی وجہ سے اس کو دائیں انتقال دفتر کہتے ہیں۔

ساعت کے دوسرے کنارہ چڑھائی کے وقت، u_0 کو $Q_1 = 0$ ، u_1 کو $Q_2 = 0$ ، u_2 کو $Q_3 = 1$ اور u_4 کو x (جو 0 یا 1 ہوگا) مواد منراہم ہے، لہذا ساعت کا دوسرا کنارہ چڑھائی گزرنے کے بعد $Q_0 = 0$ ، $Q_1 = 0$ ، $Q_2 = 1$ اور $Q_3 = x$ ہوگا۔

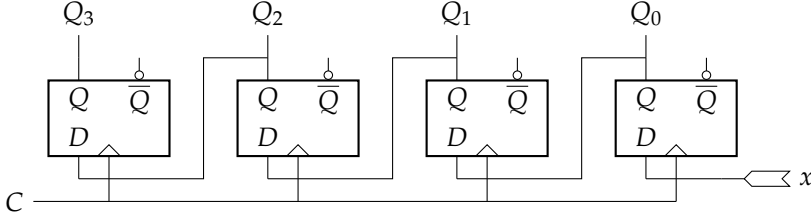
دور کو سلسلہ وار منراہم بائیں سے مواد، سلسلہ وار دائیں پلٹ کے محارج Q_0 سے اسی ترتیب میں حاصل کیا جا سکتا ہے۔

۷.۱.۲ بائیں انتقال دفتر

شکل ۷.۳ میں (سلسلہ وار) بائیں انتقال دفتر دکھایا گیا ہے، جو مواد کی بائیں نقل مکانی کرتا ہے۔ اس کی بناوٹ بالکل دائیں انتقال دفتر کی طرح ہے۔ منرق صرف اتنا ہے، بائیں انتقال دفتر میں دایاں پلٹ کار کا محارج پڑوسی دایاں پلٹ کار کامد اخل ہے۔

ساعت کے کنارہ چڑھائی پر دایاں پلٹ کار منراہم کردہ مواد x کی نقل حاصل کر کے Q_0 پر محارج کرتا ہے۔

shiftregister^r
shiftleftregister^r



شکل ۷.۳: بائیں انتقال دفتر

اگلے کنارہ پر یہ مواد Q_1 کو منتقل ہوگا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہاں مواد دائیں سے منراہم کیا گیا ہے، جو دور میں سے گزرتے ہوئے بائیں منتقل ہوگا۔

۷.۱.۳ دائیں و بائیں انتقال دفتر

شکل ۷.۴ میں (سلسلہ وار) بائیں و دائیں انتقال دفتر پیش ہے جو مواد کی بائیں یا دائیں نقل مکانی کی صلاحیت رکھتا ہے۔ محتاج Q_2 پلٹ کار کے مداحل D اور اس سے منسلک جمع گیٹ اور (دو) ضرب گیٹ پر توجہ رکھیں۔ و تابو اشارہ (بائیں / دائیں) بلند ہونے کی صورت میں، دایاں ضرب گیٹ معذور جبکہ بایاں محباز ہو کر، جمع گیٹ تک Q_3 پہنچاتے ہیں جو D پر دستیاب اور ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر پلٹ کار میں درج ہو کر بطور Q_2 خارج ہوگا۔ یوں مواد Q_3 سے Q_2 یعنی دائیں منتقل ہوا۔ اس کے برعکس و تابو اشارہ پرست ہونے کی صورت میں، دایاں ضرب گیٹ محباز اور بایاں معذور ہو کر، جمع گیٹ تک Q_1 پر موجود مواد پہنچاتے ہیں، جو آخر کار Q_2 پہنچتا ہے، اور یوں مواد بائیں منتقل ہوتا ہے۔

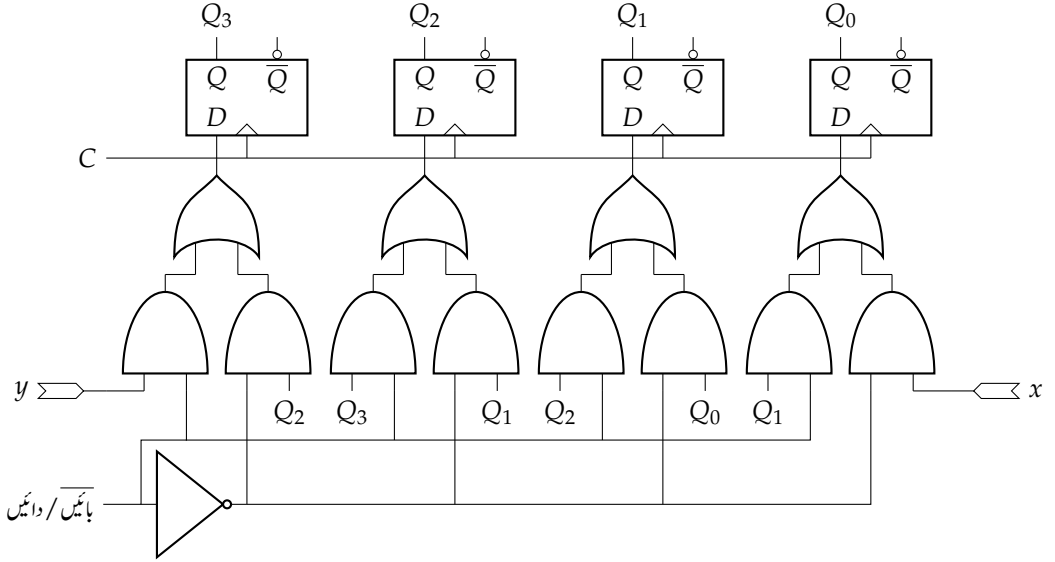
بائیں ترین پلٹ کار کو بیرونی مواد y جبکہ دائیں ترین کو x منراہم کیا گیا ہے۔ و تابو اشارہ ان میں سے ایک منتخب کرتا ہے جو مطلوب سمت (دائیں یا بائیں) منتقل ہوگا۔

بائیں نقل مکانی کے دوران x پر میسر مواد ساعت کے کنارہ چڑھائی پر Q_0 پہنچتا ہے۔ اگلے کنارہ پر یہی مواد Q_1 ، اس سے اگلے پر Q_2 اور آخر میں Q_3 پہنچتا ہے۔ دائیں نقل مکانی کی صورت میں y پر موجود مواد الٹ رخ Q_3 سے نقل مکانی کرتا ہے۔

۷.۲ متوازی بھرائی دفتر

بعض اوقات، دفتر میں بیک وقت مواد چڑھانے کی ضرورت پیش آتی ہے۔ شکل ۷.۵ میں دائیں انتقال، متوازی بھرائی دفتر پیش ہے، جس میں متوازی مواد بیک وقت چڑھانا ممکن ہے۔ یہ مختصر متوازی دائیں انتقال دفتر کہلاتا ہے۔

پلٹ کار کو جمع گیٹ معلومات منراہم کرتا ہے جس کو دو ضرب گیٹ مواد منراہم کرتے ہیں۔ و تابو اشارہ



شکل ۷.۳: بائیں و دائیں انتقال دفتر

متوازی بھرائی عام طور غیر فعال (بند) رکھا جاتا ہے۔ یوں دایاں ضرب گیٹ معذور جبکہ بائیں گیٹ محباز ہو کر، بائیں پلٹ کار کا محسار ج، جمع گیٹ کے راستے پلٹ کار کو منسراہم کرتا ہے، جو ساعت کے اگلے کنارہ چپڑھائی پر پلٹ کار میں درج ہوگا۔

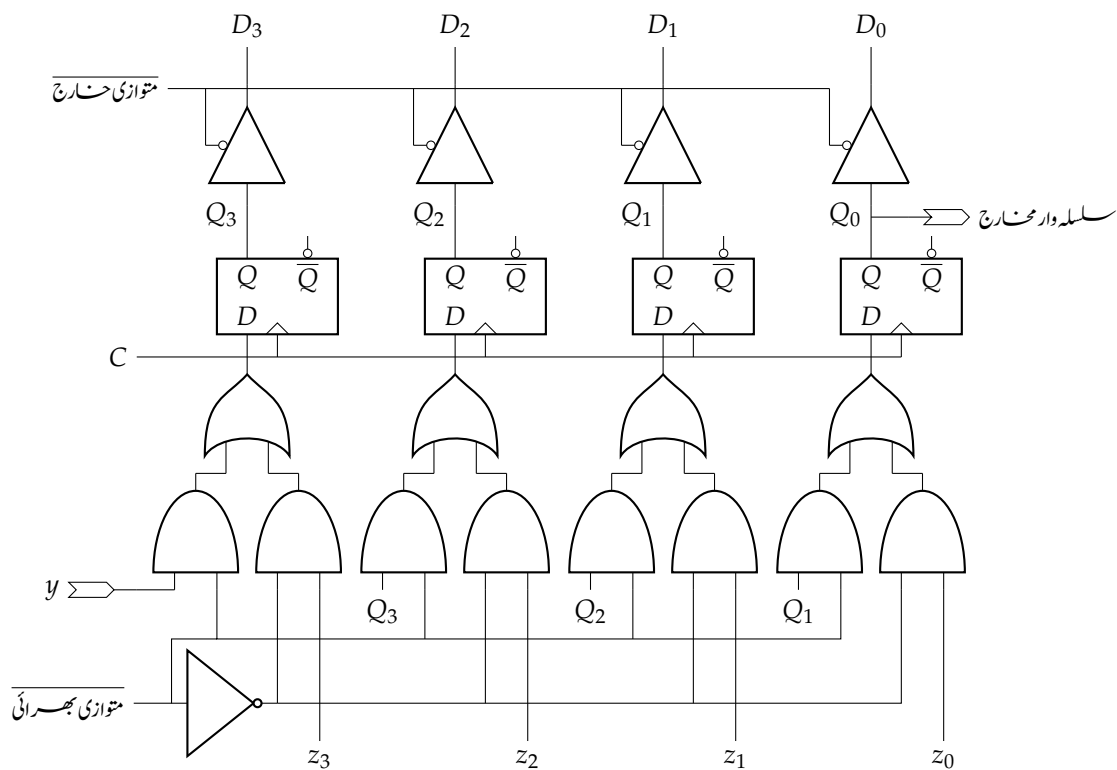
مواد z_0 تا z_3 پلٹ کار میں چپڑھانے کے لئے متوازی بھرائی پست کیا جاتا ہے۔ یوں پلٹ کار کو مواد منسراہم کرنے والا بائیں ضرب گیٹ معذور جبکہ دایاں محباز ہوگا۔ محباز گیٹ متوازی مواد کو جمع گیٹ کے راستے پلٹ کار تک پہنچاتا ہے۔

یوں پلٹ کار میں مواد سلسلہ وار (y) یا متوازی (z_0 تا z_3) بھرا جاسکتا ہے۔

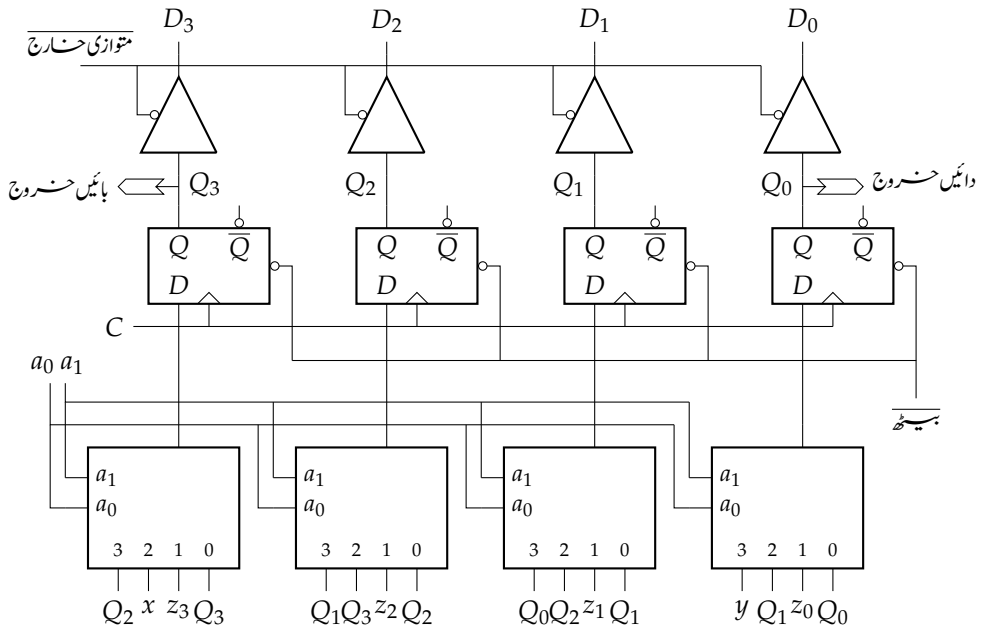
شکل میں پلٹ کار کا محسار ج، محباز و معذور صلاحیت مستحکم کار سے منسلک کیا گیا ہے۔ فتا بو اشارہ متوازی محسار ج پست کر کے پلٹ کار کا مواد Q_0 تا Q_3 بطور D_0 تا D_3 حاصل کیا جاسکتا ہے۔ فتا بو اشارہ معذور (بند) ہونے کی صورت میں مستحکم کار کا محسار ج بند رکاوٹ حال میں ہوگا۔

۷.۳ عالمگیر انتقال دفتر

ہم مختلف صلاحیت کے دفاتر پر غور کر چکے، جن کی خوبیاں ایک دور میں سمجھنی جاسکتی ہیں۔ ایسا ایک عالمگیر انتقال دفتر شکل ۷.۶ میں پیش ہے۔



شکل ۷.۵: متوازی داین انتقال دفتر



شکل ۷.۶: چارپټ، عملگر انتقال دفتر

بائیں انتقال کے دوران مواد y پر سلسلہ وار داخل^۱ ہو کر آخر کار بائیں خروج^۲ سے سلسلہ وار خارج^۳ ہوگا، جبکہ دائیں انتقال کے دوران مواد x سے سلسلہ وار داخل ہو کر آخر کار دائیں خروج سے سلسلہ وار خارج ہوگا۔

شکل ۷.۶ میں چار یکساں حصے ہیں، جن کی کارکردگی ایک جیسی ہے۔ دایاں حصہ پر غور کرتے ہیں۔

پلٹ کار کے ساتھ چار سے ایک منتخب کنندہ جوڑا گیا ہے۔ پتہ کے دوپٹ a_0 اور a_1 مداحل میں سے ایک چن کر خارجی پن پہنچاتے ہیں۔ مداحل کا انتخاب درج ذیل جدول کے تحت ہوگا۔

a_1	a_0	D_0
0	0	Q_0 سال برقرار
0	1	z_0 متوازی داخل
1	0	Q_1 دائیں انتقال
1	1	y بائیں انتقال

پتہ 002 مواد Q_0 منتخب کر کے پلٹ کار کے مداحل پر مہیا کرتا ہے جو اگلے کنارہ ساعت پر پلٹ کار کے خارجی پن پر خارج ہوگا۔ یوں دفتر اپنا حال برقرار رکھے گا (اور مواد دائیں یا بائیں منتقل نہیں ہوگا)۔

پتہ 012 مواد z_0 پلٹ کار کو مہیا کرے گا جو ساعت کے اگلے کنارہ ساعت پر Q_0 متوازی مہیا کردہ مواد ہے لہذا متوازی مواد دفتر میں چپڑھے گا۔

پتہ 102 پلٹ کار کو Q_1 مہیا کرے گا۔ یوں موجودہ Q_1 ساعت کے اگلے کنارے پر بطور Q_0 نمودار ہوگا۔ یعنی دفتر مواد دائیں منتقل کرے گا۔

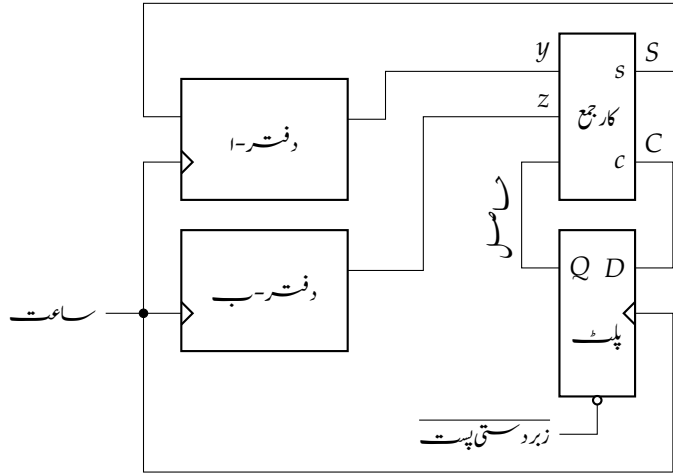
پتہ 112 سلسلہ وار مہیا کردہ مواد y منتخب کرے گا جو ساعت کے اگلے کنارہ پر بطور Q_0 نمودار ہوگا۔ یوں دفتر مواد بائیں منتقل کرے گا۔

مذکورہ بالا تجزیہ باقی تین حصوں پر لاگو کر کے عالم گیر دفتر کی کارکردگی جدول میں پیش کرتے ہیں۔

a_1	a_0	D_3	D_2	D_1	D_0
0	0	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0 سال برقرار
0	1	z_3	z_2	z_1	z_0 متوازی داخل
1	0	x	Q_3	Q_2	Q_1 دائیں انتقال
1	1	Q_2	Q_1	Q_0	y بائیں انتقال

مشق ۷.۱: اسٹریٹ سے عالم گیر انتقال دفتر 74194 کے معلوماتی صفحات حاصل کریں۔ یہ کتنے پٹ کا عالم گیر انتقال دفتر ہے؟

serialin^۱
output^۲
serialout^۳



شکل ۷.۷: متعدد ہٹ سلسلہ وار شنائی جمع کار

۷.۴ سلسلہ وار شنائی جمع کار

صفحہ ۱۵۹ پر شکل ۶.۲۴ میں سلسلہ وار شنائی جمع کار پیش ہے جس کو استعمال کر کے شکل ۷.۷ میں پیش متعدد ہٹ سلسلہ وار شنائی جمع کار حاصل کیا گیا۔ یہاں n ہٹ متوازی دائیں انتقال دفتر (۱ اور ۲) متعمل ہیں۔

ساعت کے پہلے کنارے سے قبل (یعنی مجموعہ لینے سے قبل)، دفتر-۱ میں شنائی عدد y ، دفتر-۲ میں شنائی عدد z متوازی منتقل کیے جاتے ہیں اور زبردستی پست اشارہ لمحاتی پست کر کے ڈی پلٹ کار پست کیا جاتا ہے (تاکہ مکمل جمع کار کا داخلی حاصل 0 ہو)۔ شکل میں متوازی چڑھائی نہیں دکھائی گئی تاکہ اصل موضوع پر توجہ رہے۔

مکمل جمع کار ان دو شنائی اعداد کے کم تر ترتیبی ہٹ اور داخلی حاصل 0 جمع کر کے جمع s_0 اور خارجی حاصل c_1 خارج کرتا ہے۔ ساعت کے پہلے کنارے پر c_1 کو ڈی پلٹ کار محفوظ کر کے اگلے شنائی ہٹ کی جمع کے دوران مکمل جمع کار کو بطور داخلی حاصل منراہم کرتا ہے جبکہ دفتر-۱ اور دفتر-۲ اگلے شنائی ہٹ منراہم کرتے ہیں۔ جمع s_0 شکل میں دفتر-۱ کو سلسلہ وار مدخل کے طور پر کیا گیا ہے۔ یوں جیسے جیسے دفتر شنائی عدد y دائیں جانب خارج کرتا ہے ویسے ویسے اس کی جگہ دو اعداد کا مجموعہ جگہ لیتا ہے۔ ساعت کے n کنارے گزرنے کے بعد دو شنائی اعداد کا مجموعہ دفتر-۱ میں محفوظ ہو گا جہاں سے اسے متوازی پڑھا جاسکتا ہے جبکہ مجموعے کا آخری حاصل مکمل جمع کار کے خارج c سے پڑھا جاسکتا ہے۔

سوالات

سوال ۷.۱: چار ہٹ سلسلہ وار دائیں منتقل دفتر میں ابتدائی شنائی مواد 1011 موجود ہے۔ دفتر کا محارج اسی دفتر کو بطور مداحل مہیا کیا جاتا ہے۔ سات ساعت کے کنارے گزرنے کے بعد دفتر میں کیا عدد ہوگا؟

جواب: 0111

سوال ۷.۲: گزشتہ سوال میں دائیں منتقل دفتر کے بجائے بائیں منتقل دفتر استعمال کرتے ہوئے جواب معلوم کریں۔

جواب: 1101

سوال ۷.۳: گزشتہ دو سوالات میں ساعت کے ہر کنارے پر دفتر میں شنائی عدد معلوم کریں۔

سوال ۷.۴: آٹھ ہٹ سلسلہ وار دائیں منتقل دفتر کا محارج چار ہٹ سلسلہ وار دائیں منتقل دفتر کو بطور مداحل فراہم کیا جاتا ہے۔ آٹھ ہٹ دفتر میں ابتدائی مواد 10110110 پایا جاتا ہے اور اسے 1010 (کتر ہٹ سے آغاز کر کے) فراہم کیا جاتا ہے۔ ساعت کے چار کنارے گزرنے کے بعد ان دفتر میں کیا اعداد پائے جائیں گے؟

جواب: 0110، 10101010

سوال ۷.۵: گزشتہ سوال میں بائیں منتقل دفتر استعمال کرتے ہوئے جواب حاصل کریں۔ چار ہٹ مداحل کا بلند تر ہٹ پہلے فراہم کیا جاتا ہے۔

جواب: 1011، 01101010

سوال ۷.۶: آٹھ ہٹ کے دو عدد بائیں انتقال دفتر استعمال کرتے ہوئے سولہ ہٹ کا بائیں انتقال دفتر حاصل کریں۔ سوال ۷.۷: شکل ۷.۷ میں سلسلہ وار شنائی جمع کار دکھایا گیا ہے۔ آٹھ ہٹ دفتر میں 11001010 اور آٹھ ہٹ دفتر میں 11100001 پایا جاتا ہے۔ تصور کریں زبردستی پست لحتاتی پست کرنے کے بعد ساعت کے آٹھ کنارے گزرتے ہیں۔ ساعت کا ہر کنارہ گزرنے کے بعد دفتر میں کیا مواد موجود ہوگا؟

جواب: پہلے کنارے کے بعد دفتر میں 11100101 ہوگا۔ آخری کنارے کے بعد $C = 1$ اور دفتر میں 10101011 ہوگا۔

سوال ۷.۸: سلسلہ وار شنائی جمع کار سے سلسلہ وار شنائی منفی کار حاصل کریں۔ منفی کردہ عدد کا مکملہ دفتر میں متوازی لکھنا بھی دکھائیں۔

باب ۸

گنت کار

شنائی گنت کار آپ دیکھ چکے ہیں۔ گنت کار کا بنیادی مقصد داخلی برقی اشارے کی گنتی کرنا ہے۔ برقی اشارہ اسے بطور ساعت یا سادہ مداحل کے طور پر مہیا کیا جاتا ہے۔

وہ دفتر جس کے خارجی برقی اشارات شنائی گنتی کے تحت ترتیب وار حال تبدیل کرتے ہوں **ثنائی گنتے کار** کہلاتا ہے۔ وہ دفتر جس کے خارجی اشارات اعشاری گنتی کے تحت ترتیب وار حال تبدیل کرتے ہوں **اعشاری گنتے کار** کہلاتا ہے۔

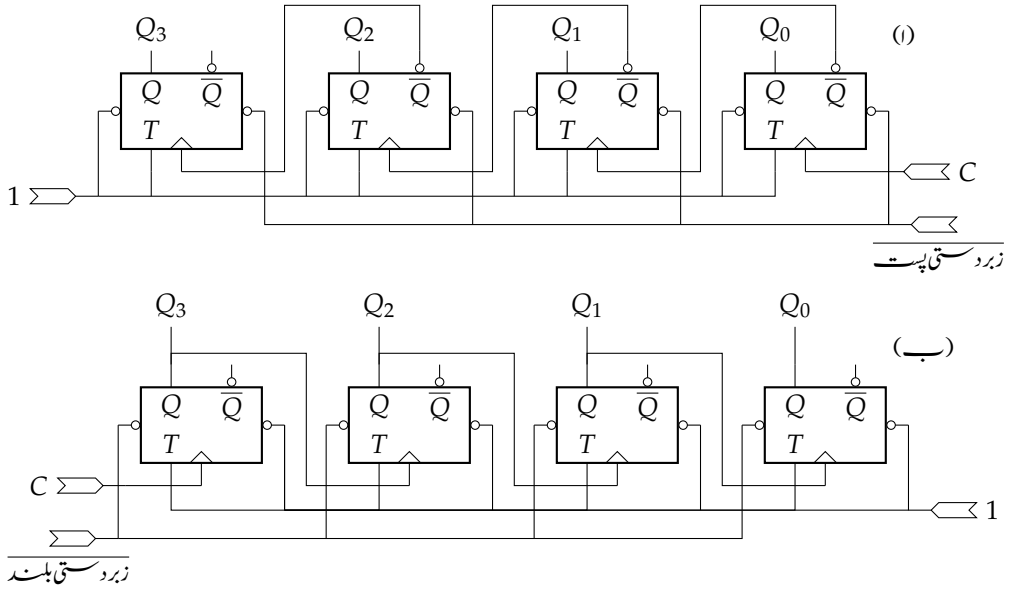
ان کے علاوہ، کوئی بھی دور جو کسی متعین ترتیب کے تحت متواتر حال تبدیل کرتا ہو گنت کار کہلائے گا۔ گنت کار ادوار پر اس باب میں غور کیا جائے گا۔

۸.۱ شنائی گنت کار

چار بت شنائی سیدھی گنتی 0000_2 تا 1111_2 ممکن ہے۔ اسی طرح الٹی گنتی 1111_2 سے شروع ہو کر 0000_2 پر ختم ہوگی۔ دونوں صورتوں میں گنتی پوری ہونے کے بعد عموماً دوبارہ نئے سرے سے شروع کی جاتی ہے۔ شکل ۸.۱-الف میں چار بتے **ثنائی سیدھا گنتے کار**^۱ اور شکل ۸.۱-ب میں چار بتے **ثنائی الٹے گنتے کار**^۲ پیش ہیں۔ ان کی بناوٹ ملتی جلتی ہے۔

ثنائی گنتے کار^۳ آپ پہلے بھی دیکھ چکے ہیں۔ سیدھے گنتے کار میں زبردستی بلند کو بلند (1) یعنی غیر فعال رکھا جاتا ہے۔ گنتی شروع کرنے سے قبل زبردستی پست کو لمحاتی پست (0) کر کے گنتی (کی ابتدائی قیمت)

electrical signal^۱
fourbit binary up counter^۲
fourbit binary down counter^۳
binary counter^۴



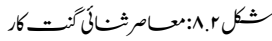
شکل ۸.۱: (ا) سیدھا گنت کار؛ (ب) الٹ گنت کار۔

0000₂ کی جاتی ہے۔ گنتی کے دوران کسی بھی وقت زبردستی پست اشارہ پست کر کے گنتی دوبارہ صفر سے شروع کی جاسکتی ہے۔

الٹے گنتی کار میں زبردستی پست کو غیر فعال رکھا جاتا ہے جبکہ زبردستی بلند اشارے کو گنتی شروع کرنے سے قبل لمباتی فعال کر کے گنتی 1111₂ سے شروع کی جاتی ہے۔ گنتی کے دوران کسی بھی وقت اس اشارے کو پست کر کے گنتی دوبارہ 1111₂ سے شروع کی جاسکتی ہے۔

سیدھے گنت کار کو مثال بناتے ہوئے ایک اہم صورت حال پر غور کرتے ہیں۔ شکل میں بیاں ترین پلٹ، ساعت کے (ہر) کنارہ چپڑھائی پر حال تبدیل کرتا ہے۔ ساعت کے کنارہ چپڑھائی کے کچھ دیر بعد \bar{Q}_3 حال تبدیل کرے گا۔ اس دوران یہ کو پلٹ کا دورانیہ رد عمل کہتے ہیں۔ یوں اگلے پلٹ کو، جسے \bar{Q}_3 بطور ساعت منراہم کیا گیا ہے، حال تبدیل کرنے کا خبر اصل ساعت (کے کنارہ چپڑھائی) سے کچھ دیر بعد پہنچتا ہے۔ اس پلٹ کو بھی محارج (\bar{Q}_2) تبدیل کرنے کے لئے پلٹ کے دورانیہ رد عمل جتنا وقت درکار ہوگا۔ اسی طرح اس سے اگلے پلٹ کو، جسے \bar{Q}_2 بطور ساعت منراہم کیا گیا ہے، حال تبدیل کرنے کا اشارہ، اصل ساعت (کے کنارہ چپڑھائی) سے دورانیہ رد عمل کے دگنے وقت کے برابر تاخیر سے ملے گا۔

آپ دیکھ سکتے ہیں اس دور میں تمام پلٹوں کے محارج بیک وقت تبدیل نہیں ہوں گے بلکہ محارج کی تبدیلی بائیں پلٹ سے شروع ہوتی ہے اور بدستور دائیں جانب بڑھتی ہے۔ محارج کی تبدیلی اس دور میں لہر کی طرح گزرتی



۸.۲ معاصر گنت کار

۸.۲.۱ معاصر شنائی گنت کار

جدول ۸.۱ میں موجودہ حال کی قطار میں تین بٹ شنائی گسٹ لکھی گئی ہے جو کسی بھی لمحے پلٹ کا موجودہ حال پیش کرتی

threebitsynchronouscounter^

جدول ۸.۱: معاصر شائی گنت کار کے حال

موجودہ حال			اگلا حال			مداخلہ		
Q_2	Q_1	Q_0	Q_2	Q_1	Q_0	T_2	T_1	T_0
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1

جدول ۸.۲: ٹی پلٹ کی کارکردگی

$$\frac{T \quad Q_{n+1}}{0 \quad \frac{Q_n}{Q_n}}$$

ہے۔ موجودہ حال استعمال کرتے ہوئے باقی جدول حاصل ہو گا۔ جدول کی پہلی صف پر غور کریں جہاں موجودہ گنتی یا موجودہ حال 000_2 ہے۔ ہم چاہتے ہیں کہ اگلا عدد 001_2 ہو، لہذا اگلے حال کی پہلی صف میں ہم 001_2 لکھتے ہیں۔ آخری صف میں موجودہ حال 111_2 ہے۔ تین بٹ استعمال کرتے ہوئے یہیں تک گنتی ممکن ہے۔ اس آخری گنتی تک پہنچ کر ہم دوبارہ 000_2 سے گنتی شروع کرتے ہیں، لہذا آخری صف میں اگلا حال 000_2 ہو گا۔ یوں موجودہ حال کی دوسری صف درحقیقت اگلے حال کی پہلی صف ہوگی۔ اسی طرح موجودہ حال کی تیسری صف اگلے حال کی دوسری صف ہوگی، اور موجودہ حال کی پہلی صف اگلے حال کی آخری صف ہوگی۔

پہلی صف کے مستر تہی بٹ Q_0 پر غور کرتے ہیں۔ اس بٹ کی موجودہ قیمت کو موجودہ حال Q_0 ظاہر کرتا ہے جو 0 ہے جبکہ اس کی اگلی قیمت اگلا حال Q_0 ظاہر کرتا ہے جو 1 ہے۔ ٹی پلٹ استعمال کرتے ہوئے ساعت کے کنارہ چڑھائی پر پلٹ کا حال 0 سے 1 کرنے کی خاطر پلٹ کے مخارج T_0 کو بلند کرنا ہو گا۔ یہ معلومات جدول ۸.۲ سے حاصل کی گئی۔ یوں جدول میں مداخلہ کا خاندان بنا کر اس کی پہلی صف میں T_0 کی قیمت 1 لکھتے ہیں۔

اسی (پہلی) صف میں اگلے بٹ Q_1 پر غور کرتے ہیں۔ اس بٹ کی موجودہ قیمت 0 ہے اور اس کی اگلی قیمت بھی 0 ہے، لہذا ساعت کے اگلے کنارے پر ہم نہیں چاہتے کہ یہ پلٹ اپنا حال تبدیل کرے۔ یوں اس پلٹ کے مداخلہ T_1 کو پست رکھنا ہو گا۔ اس طرح T_1 کے خانے میں 0 لکھا جائے گا۔ اسی طرز پر تمام صفوں کے تمام مداخلہ کے لئے جدول کے خانے پُر کیے گئے ہیں۔

دور بنانے کے لئے جدول ۸.۱ میں مداخلہ کی قطار استعمال ہوگی جس سے مجموعہ ارکان ضرب کی ترکیب سے درج

		Q_1Q_0			
		00	01	11	10
Q_2	0			1	
	1			1	

$T_2 = Q_1Q_0$

		$Q_1 Q_0$			
		00	01	11	10
Q_2	0		1	1	
	1		1	1	

$T_1 = Q_0$

		$Q_1 Q_0$			
		00	01	11	10
Q_2	0	1	1	1	1
	1	1	1	1	1

$T_0 = 1$

شکل ۸.۳: تین بٹ معاصر گنت کار کی سادہ مساواتیں

ذیل مساوات لکھے جاسکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 T_0 &= 1 \\
 T_1 &= \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 + \overline{Q_2} Q_1 Q_0 + Q_2 \overline{Q_1} Q_0 + Q_2 Q_1 Q_0 \\
 T_2 &= \overline{Q_2} Q_1 Q_0 + Q_2 Q_1 Q_0
 \end{aligned}
 \tag{۸.۱}$$

یہ مساوات موجودہ حال کی قیمتیں مد نظر رکھ کر لکھی گئی ہیں۔ جدول ۸.۱ میں موجود مواد سے شکل ۸.۳ میں پیش

کارنامہ گفتوں کی مدد سے درج ذیل سادہ مساواتیں حاصل کی گئی ہیں۔

$$\begin{aligned} T_0 &= 1 \\ T_1 &= Q_0 \\ T_2 &= Q_1 Q_0 \end{aligned} \quad (۸.۲)$$

شکل ۸.۲ میں تین پلٹوں کو مساوات ۸.۲ سے حاصل برقی اشارات بطور مداحصل منراہم کر کے نتیجے بڑے معاصر ثنائی گنتے کار حاصل کیا گیا ہے۔

جدول ۸.۱ دیکھ کر بھی مساوات ۸.۲ حاصل کی جاسکتی ہیں۔ اس جدول پر غور کرنے سے دیکھا جاسکتا ہے کہ Q_0 ہر ساعت کے کنارے پر تبدیل ہوتا ہے۔ T_0 پر 1 مہیا کرنے سے یہی حاصل ہوگا (جو مساوات ۸.۲ کا پہلا اجزو ہے)۔ جدول میں جب بھی Q_0 کی قیمت 1 ہو، اگلی ساعت کے کنارے پر Q_1 کی قیمت تبدیل ہوتی ہے، جو T_1 کو Q_0 منراہم کرنے سے حاصل ہوگا (یہ درج بالا مساوات کا دوسرا اجزو ہے)۔ اسی طرح جدول میں جب بھی Q_0 اور Q_1 کی قیمتیں بیک وقت 1 ہوں، اگلی ساعت کے کنارے پر Q_2 کی قیمت تبدیل ہوتی ہے۔ یوں T_2 کو $Q_1 Q_0$ منراہم کرنا ہوگا (درج بالا مساوات کا تیسرا اجزو)۔ متعدد پٹ ثنائی گنتی پر غور کرنے سے دیکھا جاسکتا ہے کہ کوئی بھی منراج، ساعت کے اگلے کنارے، تب حال تبدیل کرتا ہے جب اس سے کمتر تمام منراج کی قیمتیں بیک وقت 1 ہوں۔ یوں چار بڑے معاصر ثنائی گنتے کار 10 کے لئے درج ذیل ہوگا۔

$$\begin{aligned} T_0 &= 1 \\ T_1 &= Q_0 \\ T_2 &= Q_1 Q_0 \\ T_3 &= Q_2 Q_1 Q_0 \end{aligned} \quad (۸.۳)$$

۸.۲.۲ ثنائی مرموز اعشاری معاصر گنت کار

گزشتہ حصے میں تین پٹ ثنائی گنت کار پر غور کیا گیا، جو 2^{000} تا 2^{111} گنتی کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ چار پٹ ثنائی گنت کار 2^{0000} تا 2^{1111} ثنائی گنتی کر سکتا ہے۔ چار پٹ ثنائی گنت کار کو 2^{0000} تا 2^{1001} گنتی کرنے کا پابند بنانے سے ثنائی مرموز اعشاری گنتے کار^۹ حاصل ہوگا، جس پر اس حصے میں غور کیا جائے گا۔

جدول ۸.۳ میں ثنائی مرموز اعشاری گنت کار کے حال پیش ہیں۔ جدول میں مختار y کی قطار کا اضافہ کیا گیا ہے۔ منراج y منصر سے نو تک گنتی پوری ہونے پر ساعت کے ایک دوری عرصہ 12 کے لئے بلند ہوتا ہے۔ ہم آگے دیکھیں گے کہ y استعمال کرتے ہوئے متعدد اعشاری ہندسوں کے گنت کار تخلیق دیے جاتے ہیں۔

^۹threebitsynchronousbinarycounter
^{۱۰}fourbitsynchronousbinarycounter
^{۱۱}BCDdecimalcounter
^{۱۲}timeperiod

		Q_1Q_0			
		00	01	11	10
Q_3Q_2	00			1	
	01			1	
	11			d	d
	10	d	d	d	d

$$T_2 = Q_1Q_0$$

		Q_1Q_0			
		00	01	11	10
Q_3Q_2	00				
	01			1	
	11		1	d	d
	10	d	d	d	d

$$T_3 = Q_3Q_0 + Q_2Q_1Q_0$$

		Q_1Q_0			
		00	01	11	10
Q_3Q_2	00	1	1	1	1
	01	1	1	1	1
	11	1	1	d	d
	10	d	d	d	d

$$T_0 = 1$$

		Q_1Q_0			
		00	01	11	10
Q_3Q_2	00		1	1	
	01		1	1	
	11			d	d
	10	d	d	d	d

$$T_1 = \bar{Q}_3Q_0$$

		Q_1Q_0			
		00	01	11	10
Q_3Q_2	00				
	01				
	11		1	d	d
	10	d	d	d	d

$$y = Q_3Q_0$$

جدول ۸.۳: ثنائی سرموز اعشاری گنت کار کے حال

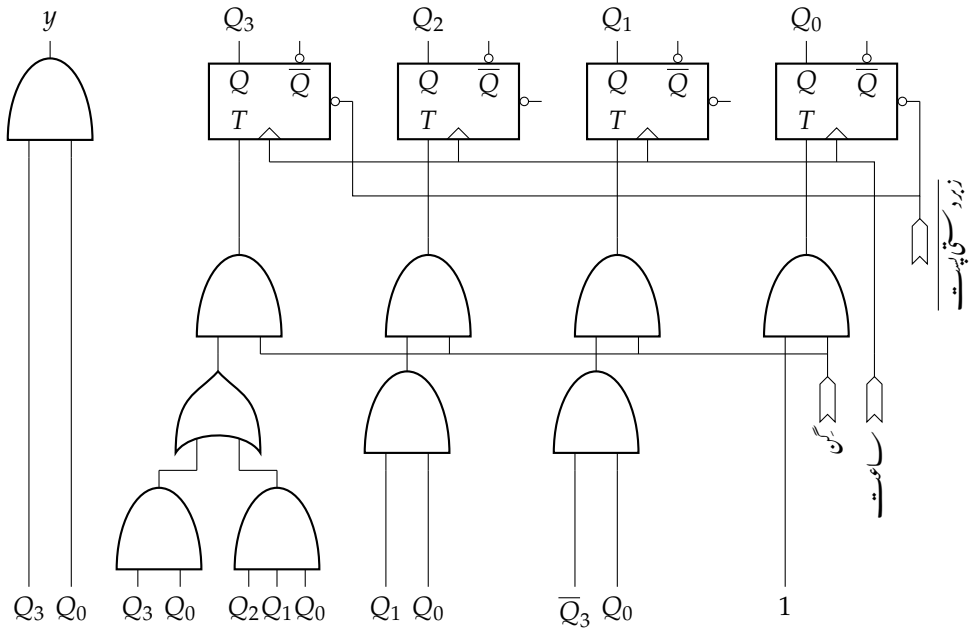
موجودہ حال				اگلا حال				مخرج	مداحل			
Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	y	T_3	T_2	T_1	T_0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1

اس جدول میں 1010_2 تا 1111_2 ترتیب استعمال نہیں ہوتے، لہذا اکارناف نقشوں کی مدد سے پلٹوں کے مداحل T_0 تا T_3 اور مخرج y کی سادہ مساوات حاصل کرتے وقت انہیں **غیر ضروری حالت** تصور کیا جاتا ہے۔ شکل ۸.۴ میں درج ذیل سادہ مساوات حاصل کرنا دکھایا گیا ہے۔

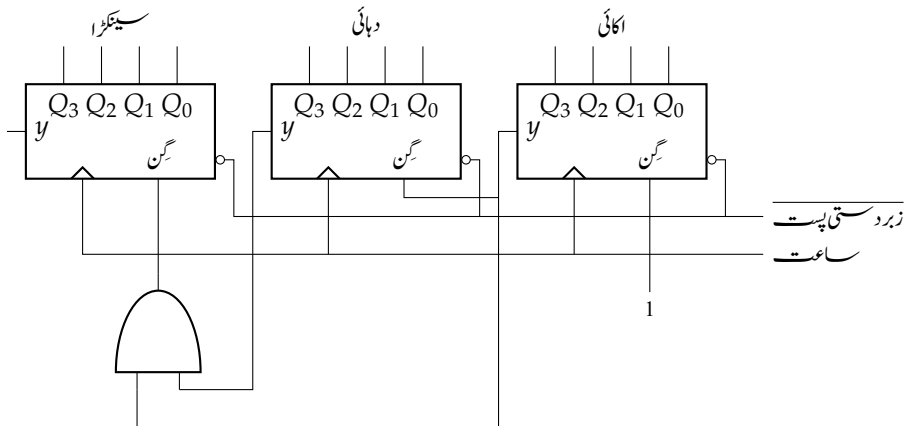
$$\begin{aligned}
 T_0 &= 1 \\
 T_1 &= \overline{Q_3}Q_0 \\
 T_2 &= Q_1Q_0 \\
 T_3 &= Q_3Q_0 + Q_2Q_1Q_0 \\
 y &= Q_3Q_0
 \end{aligned}
 \tag{۸.۴}$$

ان مساوات سے حاصل دور شکل ۸.۵ میں پیش ہے، جہاں تمام پلٹ کے مداحل پر اضافی ضرب گیٹ نصب کر کے گنتی شروع اور روکنے کی اضافی صلاحیت بھی پیدا کی گئی ہے۔ ان اضافی ضرب گیٹوں کو برقی اشارہ **گنت** مہیا کیا گیا ہے۔ یہ اشارہ بلند ہونے کی صورت میں دور گنتی کرتا ہے اور اشارہ پست ہونے کی صورت میں گنتی روکتا ہے۔

شکل ۸.۶ میں تین درجی دور بنایا گیا ہے جو 000_{10} تا 999_{10} گنتی کرتا ہے۔ اسے بنانے کی خاطر تین عدد **ثنائی سرموز اعشاری گنتی کار** (شکل ۸.۵) استعمال کیے گئے۔ اسی طرح مزید درجہ جات جوڑ کر درکار ہندسوں کا گنت کار بنایا جاتا ہے۔ اکائیوں کی گنتی 9_{10} کو پہنچنے پر اکائی گنت کار بلند y مخرج کرتا ہے جو دہائی گنت کار کے **گنت** مداحل کو مندرہم کیا گیا ہے۔ یوں ساعت کے اگلے کنارے پر دہائی کی گنتی میں 1 کا اضافہ ہوگا۔ اسی طرح 99_{10} کو پہنچنے پر سینکڑا گنت کار کا **گنت** مداحل بلند ہوگا اور اگلے کنارہ ساعت پر سینکڑا کی گنتی میں 1 کا اضافہ ہوگا۔



شکل ۸.۵: شنائی مسر موز اعشاری معاصر گنت کار



شکل ۸.۶: ۰۰۰_{۱۰} تا ۹۹۹_{۱۰} معاصر گنت کار

اس دور کی کار کردگی کچھ یوں ہے۔ گنتی شروع کرنے سے قبل زبردستی پست کو لمبائی پست کر کے گنتی 000_{10} کر دی جاتی ہے۔ ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر اکائی ہندسے کی گنتی بتدریج بڑھتی ہے؛ اکائی درجے کا محارج y پست رہتا ہے جو دہائی اور سینکڑا کی گنتی روک کر رکھتا ہے۔ گنتی 009_{10} تک پہنچتے ہی اکائی درجہ کا محارج y ایک دوری عرصہ کے لئے بلند ہو گا۔ یوں اگلے ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر اکائی درجہ کا ہندسہ 9_{10} سے 0_{10} ہو جائے گا، جبکہ دہائی درجہ کا ہندسہ 0_{10} سے بڑھ کر 1_{10} ہو جائے گا اور اسی وقت اکائی کا محارج y واپس پست حال اختیار کرے گا۔ یوں اس سے اگلے ساعت کے کنارے پر صرف اکائی درجہ کی گنتی چالو رہتی ہے جبکہ دہائی اور سینکڑا کی گنتی رکی رہتی ہے۔ اسی طرح 099_{10} کے بعد اکائی اور دہائی درجہ کے محارج y بلند ہوتے ہیں جس کی وجہ سے اگلے ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر سینکڑا 0_{10} سے بڑھ کر 1_{10} ہو جائے گا جبکہ اکائی اور دہائی درجہ کے محارج 9_{10} سے 0_{10} ہو جائیں گے اور ساتھ ہی ان کے محارج y دوبارہ پست ہو جائیں گے۔

مشق ۸.۱: انٹرنیٹ سے 7493 اور 4516 کے معلوماتی صفحات حاصل کریں۔ انہیں استعمال کرتے ہوئے متعدد گنت کار تحقیق دیں۔

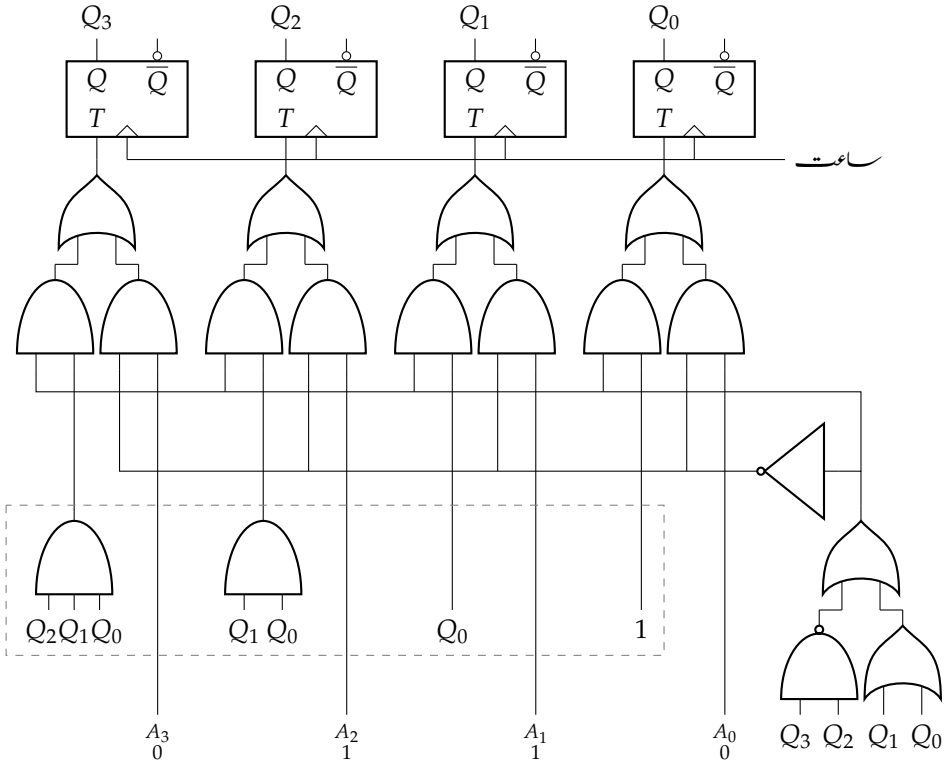
۸.۳ دیگر گنت کار

۸.۳.۱ متغیر لمبائی گنت کار

چارپٹ شنائی گنت کار 0000_2 تا 1111_2 گنتی کرتا ہے۔ متوازی دخول استعمال کر کے اس کو دو اعداد کے بیچ گنتی کرنے پر مجبور کیا جاسکتا ہے۔ ایسے گنت کار کو ہم متغیر لمبائی گنتی کار کہیں گے۔ جس عدد سے گنتی کا آغاز کرنا ہو وہ عدد دور کو متوازی منراہم کیا جاتا ہے اور جہاں گنتی کا اختتام کرنا ہو وہاں پہنچ کر دور کو مجبور کیا جاتا ہے کہ وہ دوبارہ متوازی منراہم کر دہ عدد داخل کر کے گنتی از سرے نو شروع کرے۔

چارپٹ معاصر شنائی گنت کار مثال بناتے ہوئے 0110_2 سے 1100_2 تک گنتی کرنے والا گنت کار بناتے ہیں، جو شکل ۸.۷ میں پیش ہے۔ نقطہ دار مستطیل میں مساوات ۸.۲ سے حاصل دور دکھایا گیا ہے، البتہ یہاں ہر پلٹ کے ساتھ اضافی دو ضرب گیٹ اور ایک جمع گیٹ جوڑ کر متوازی دخول کی صلاحیت پیدا کی گئی ہے۔

اس دور میں ابتدائی عدد، جس کو $A_3A_2A_1A_0$ سے ظاہر کیا گیا ہے اور جس کی قیمت 0110_2 ہے، متوازی داخل کیا جاتا ہے۔ اختتامی عدد 1100_2 ہے۔ ایک ضرب متمم دور دو جمع گیٹ پر مشتمل دور اختتامی عدد کو پہچان کر نفی گیٹ کا مد داخل پست کرتا ہے اور یوں ساعت کے اگلے کنارے پر 0110_2 دور میں متوازی داخل ہو گا۔ اس طرح گنت کار 0110_2 اور 1100_2 کے بیچ گنتی کرتا ہے۔



شکل ۸.۷: دو ششانی اعداد، 0110_2 اور 1100_2 ، کے بیچ گنتی کرنے والا معاصر گنت کار

جدول ۸.۴: بے ترتیب گنت کار، برائے مشق ۸.۲

موجودہ حال		
Q_2	Q_1	Q_0
1	0	1
0	1	1
1	1	0
0	1	0
1	0	0
0	0	0
0	0	1

دور میں 0110_2 پہلی مرتبہ داخل کرنے کا طریقہ نہیں دکھایا گیا۔

۸.۳.۲ بے ترتیب گنت کار

معاصر شمائی گنت کار پر بحرث کے دوران جدول ۸.۱ پیش کیا گیا۔ اس جدول کے موجودہ حال خانوں میں 000_2 ، 001_2 ، 011_2 ، وغیرہ پڑ کر کے باقی جدول حاصل کیا گیا۔ یوں حاصل گنت کار 000_2 سے بتدریج بڑھتے ہوئے 111_2 تک گنتا ہے۔

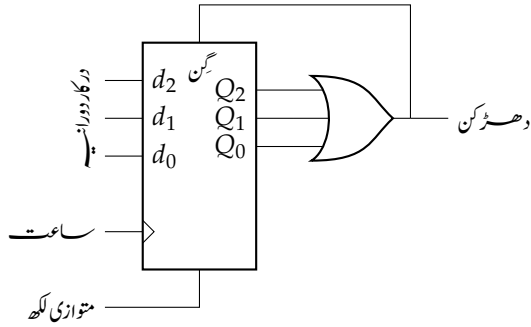
یہ ضروری نہیں کہ گنت کار عام فہم گنتی کی ترتیب میں ہی گنتے۔ موجودہ حال صفوں میں کوئی بھی ترتیب لکھی جا سکتی ہے۔ فقط اتنا خیال رکھنا ضروری ہے کہ ہر صف میں منفرد عدد دکھا جائے۔ باقی جدول ان اندراج کے مطابق پورا کرنے سے ایسا گنت کار حاصل ہو گا جو موجودہ حال صفوں میں لکھے گئے اعداد کے مطابق گنتی کرے گا۔ ہم اس کو بے ترتیب گنتے کار پکار سکتے ہیں۔

مشق ۸.۲: ایسا بے ترتیب گنتے کار تخلیق دیں جو جدول ۸.۴ میں پیش اعداد کی ترتیب کے مطابق گنتا ہو۔ یہ گنت کار 101_2 سے آغاز کرے گا۔ پہلی ساعت پر 011_2 اور دوسری ساعت پر 110_2 دے گا اور 001_2 تک پہنچنے کے بعد دوبارہ 101_2 سے گنتا شروع کرے گا۔

Q_3Q_2	Q_1Q_0			
	00	01	11	10
00	d	1	d	0
01	0	d	d	d
11	d	d	d	d
10	0	d	d	d

$T_3 = Q_0$

شکل ۸.۹: چھلا گنت کار کے مداحصل T_3 کا حصول۔



شکل ۸.۱۰: دھڑکن پیدا کار

۸.۳.۴ دھڑکن پیدا کار

بعض اوقات ہمیں مقررہ دورانیہ کا بلند یا پست اشارہ درکار ہوتا ہے۔ تین بٹ کا معاصر ثنائی الٹ گنت کار استعمال کرتے ہوئے ایسا دور تشکیل دیتے ہیں۔ اس دور کو ہم دھڑکن پیدا کار^{۱۵} کہیں گے۔

تین بٹ الٹ گنت کار 111_2 تا 000_2 دہراتا ہے۔ شکل ۸.۱۰ میں متوازی دخول صلاحیت رکھنے والا تین بٹ الٹ گنت کار استعمال کیا گیا ہے جو اس دوران گنتی کرے گا جب مداحصل گنت بلند ہو۔ اس دور کو تین بٹ بطور درکار دورانیہ منراہم کیے جاتے ہیں، جو متوازی لکھ مداحصل لہجائی بلند کرنے سے گنت کار میں لکھے جاتے ہیں۔ جب تک گنت کار کے تینوں خارجی بٹ بیک وقت پست^{۱۶} نہ ہوں جمع گیٹ بلند رہتا ہے لہذا گنت کار الٹ

^{۱۵} pulse generator

^{۱۶} یہ دور لرزش کا شکار ہو سکتا ہے جس سے بچنے کی بات ہم یہاں نہیں کرتے۔ باب ۱۱ میں لرزش پر تفصیلاً غور کیا جائے گا۔

گنتی جاری رکھے گا۔ جیسے ہی گنت کار 0002 کو پہنچتا ہے، جمع گیٹ کا مندرجہ پست ہوگا اور گنت کار گنتی روک دے گا۔ یوں تین بٹ میں پیش درکار دورانیہ کے لئے دھڑکنے بند رہتا ہے۔

سوالات

سوال ۸.۱: چار بٹ معاصر سیدھا گنت کار کی موجودہ گنتی 01012 ہے۔ ساعت کے کتنے کناروں بعد 00002 ہوگا؟
جواب: گیارہ کناروں بعد۔

سوال ۸.۲: سولہ بٹ معاصر گنت کار کی موجودہ گنتی 3FA716 ہے۔ ساعت کے کتنے کنارے گزرنے کے بعد 000016 ہوگا؟ (۱) تصور کریں یہ سیدھا گنت کار ہے۔ (ب) تصور کریں یہ الٹ گنت کار ہے۔
جواب: (۱) 4924110، (ب) 1629510

سوال ۸.۳: چار بٹ شنائی لہریا گنت کار استعمال کر کے شنائی سرموز اعشاری گنت کار بنایا جاسکتا ہے۔ پس امتحان کرنا ہوگا کہ 10102 پر پہنچ کر گنتی فوراً زبردستی 00002 کی جائے۔ زبردستی پست صلاحیت رکھنے والی پلٹ استعمال کرتے ہوئے دور تخلیق دیں۔

سوال ۸.۴: ڈی پلٹ استعمال کرتے ہوئے چار بٹ معاصر شنائی گنت کار تشکیل دیں۔
سوال ۸.۵: جے کے پلٹ استعمال کر کے ایسا معاصر گنت کار تشکیل دیں جو 0، 2، 3، اور 7 کا گردان کرے۔ جدول لکھ کر سے شروع کریں۔ گنت کار میں زبردستی پست کامداحصل رکھیں تاکہ 0 سے گردان شروع کی جائے۔

جواب:

موجودہ گنتی			اگلی گنتی		
Q ₂	Q ₁	Q ₀	Q ₂	Q ₁	Q ₀
0	0	0	0	1	0
0	0	1	d	d	d
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	1	1
1	0	0	d	d	d
1	0	1	d	d	d
1	1	0	d	d	d
1	1	1	0	0	0

سوال ۸.۶: ٹی پلٹ استعمال کرتے ہوئے ایسا چار بٹ شنائی معاصر گنت کار تشکیل دیں جو صفر (00002) سے چودہ (11102) تک جفت گنتی کے بعد ایک (00012) سے پندرہ (11112) تک طاق گنتی کرے اور اس ترتیب کو دہراتا رہے۔ ابتدا 00002 سے کریں۔

سوال ۸.۷: ایسا چار بٹ چملا گنت کار تخلیق دیں جو بلند بٹ کو Q₀ سے Q₁ رخ گھماتا ہو۔

سوال ۸.۸: شکل ۸.۱۰ میں دھڑکن پیدا کار (دورانیہ پیدا کار) دکھایا گیا ہے۔ ساعت کا تعدد 10 MHz اور درکار دورانیہ 500 ns ہے۔ درکار دورانیہ کے تین بٹ کیا ہوں گے؟

جواب: 110₂

سوال ۸.۹: کارٹائف نقشے استعمال کر کے مساوات ۸.۳ حاصل کریں۔ گنت کار کے جدول سے ابتدا کریں۔

سوال ۸.۱۰: جے کے پلسٹ استعمال کرتے ہوئے مساوات ۸.۳ کی متبادل مساوات کیا ہوں گی؟

باب ۹

حافظ

ایک پلٹ ایک **ثنائی** ہندسہ معلومات (مواد) ذخیرہ کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ ثنائی ہندسے کو پلٹ^۱ بھی کہتے ہیں۔ یوں ایک پلٹ ایک ثنائی ہندسہ **حافظ**^۲ کے طور پر کام کر سکتا ہے۔ آٹھ پلٹ جوڑ کر آٹھ ثنائی ہندسہ حافظہ حاصل کیا جاسکتا ہے۔ اسی طرح n پلٹ سے n پلٹ کا حافظہ بنایا جاسکتا ہے۔ آٹھ ثنائی پلٹ کو ایک **ہشتی** عدد یا ایک **بائٹ**^۳ کہتے ہیں۔ حافظہ میں رکھے گئے مواد کو **لفظ**^۴ کہتے ہیں۔ حافظہ میں الفاظ کی لمبائی قطعی ہوتی ہے۔ یوں آٹھ پلٹ لفظ ایک **بائٹ** پر مشتمل ہوگا جبکہ سولہ پلٹ لفظ دو **بائٹ** پر مشتمل ہوگا۔ کمپیوٹر میں موجود کل حافظہ کی پیمائش **بائٹ** میں بیان کی جاتی ہے۔ یوں دو سو الفاظ کا حافظہ جس میں ہر لفظ ایک **بائٹ** پر مشتمل ہو دو سو **بائٹ** **حافظہ** کہلائے گا۔ حافظہ میں مواد داخل کرنے کو مواد **لکھنا**^۵ یا حافظہ **لکھنا** کہتے ہیں جبکہ حافظہ سے مواد کے حصول کو مواد **پڑھنا**^۶ یا حافظہ **پڑھنا** کہتے ہیں۔ اس باب میں انہیں قسم کے برقیاتی حافظہ پر غور کیا جائے گا۔

حافظوں کی دو اہم قسمیں ہیں۔ حافظہ کی پہلی قسم، جو **عارضی حافظہ**^۷ کہلاتا ہے، میں معلومات اس وقت تک محفوظ رہتی ہے جتنی دیر حافظہ کو درکار برقی طاقت مہیا کی جائے۔ کسی بھی وقت، عارضی حافظہ میں کسی بھی مقام پر معلومات لکھی یا اس مقام سے معلومات پڑھی جاسکتی ہے۔ معلومات کا، حافظہ میں کسی بھی مقام پر لکھنے یا اس سے پڑھنے میں درکار وقت تمام مقامات کے لئے تقریباً برابر ہوگا۔ اس دورانیہ کو **حافظ کا دورانیہ** **رسائی** یا مختصر **دورانیہ رسائی**^۸ کہتے ہیں۔

bit¹
memory²
byte³
word⁴
write⁵
read⁶
random access memory, RAM⁷
access time⁸

جدول ۹.۱: حافظے سے مواد مٹانے کا مفہوم

1111 1111	1011 0101
1111 1111	0000 0000
1111 1111	1111 1111
1111 1111	0110 0110

(ب) مواد سے خالی حافظے

(۱) مواد سے بھرا حافظے

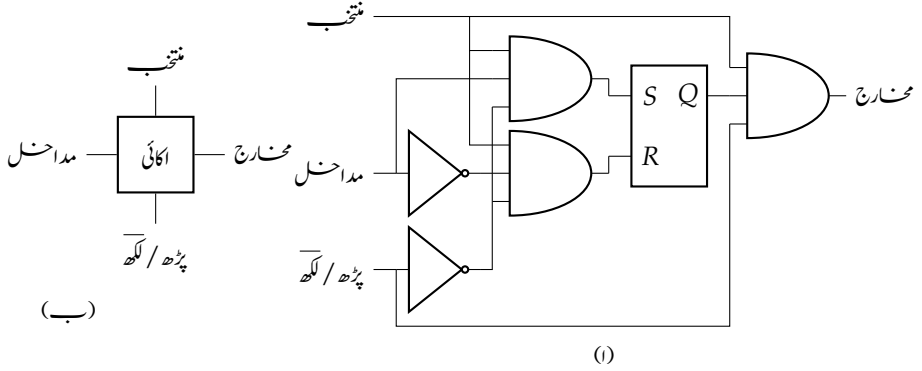
دوسری قسم کا حافظے، جو **پیمائش حافظے** کہلاتا ہے، میں برقی طاقت کی عدم موجودگی میں بھی مواد محفوظ رہتا ہے تاہم اس سے معلومات پڑھنے کی خاطر حافظے کو درکار برقی طاقت فراہم کرنا لازم ہے۔ پخت حافظے سے معلومات کسی بھی وقت کسی بھی مقام سے پڑھی جاسکتی ہے۔ حافظے کے تمام مقامات سے مواد پڑھنے کے لئے درکار وقت، جو حافظے کا دورانیہ **رسائی** کہلاتا ہے، تقریباً ایک جیسا ہوگا۔ عام استعمال میں پخت حافظے سے معلومات صرف پڑھی جاتی ہے۔ پخت حافظوں کی مختلف اقسام میں معلومات محفوظ کرنے کے طریقے ایک دوسرے سے مختلف ہوں گے۔ ایک قسم کے پخت حافظے میں معلومات صرف اور صرف ایک مرتبہ لکھی جاسکتی ہے، لہذا اسے صرف ایک مرتبہ معلومات کی لکھائی کے لئے استعمال کیا جاسکتا ہے۔ اس کو ایک مرتبہ قابل لکھائی **پیمائش حافظے** کہتے ہیں۔ دوسری قسم کی پخت حافظے میں معلومات بار بار لکھی جاسکتی ہے تاہم ایسا کرنے سے پہلے اس سے پرانی معلومات **مٹائی** ضروری ہے۔ جدید پخت حافظے سے معلومات برق کی مدد سے مٹائی جاتی ہے۔ ایسے پخت حافظے کو **برقی مٹائی پیمائش حافظے** کہتے ہیں۔ شروع میں پخت حافظے کی ایک قسم کو شعاع سے مٹایا جاتا تھا۔ اس کو **شعاع مٹائی پیمائش حافظے** کہتے ہیں۔

کاغذ پر لکھائی کو مٹانے سے صاف ستھرا کاغذ ملتا ہے۔ پلٹ ہر صورت بلند یا پست حال ہوتا ہے لہذا اس سے مواد کاغذ کی طرح نہیں مٹایا جاسکتا۔ لکھائی سے صاف حافظے سے مراد وہ حافظے ہوگا جس کے تمام ہٹ بلند (1) ہوں۔ جدول ۹.۱ میں آٹھ ہٹ لمبائی کے چار لفظ حافظے استعمال کرتے ہوئے مواد سے بھرے اور خالی حافظے کی وضاحت کی گئی ہے۔ یقیناً، حافظے کے تمام ہٹ پر 1 لکھنا اور حافظے سے مواد مٹانا ایک جیسا ہوگا۔

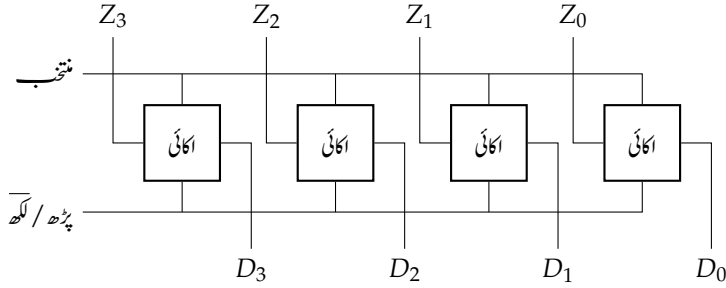
۹.۱ عارضی حافظے

اس حصے میں عارضی حافظے کی بناوٹ پر غور کیا جائے گا۔ ایک ہٹ حافظے بنیادی طور پر ایک پلٹ ہوگا، جس میں مواد لکھنے اور پڑھنے کی صلاحیت موجود ہوگی۔ حافظے عموماً کثیر تعداد بنوں پر مشتمل ہوگا لہذا حافظے میں ہر پلٹ تک، لکھنے اور پڑھنے کی خاطر، رسائی ضروری ہے۔ شکل ۹.۱ میں **ثنائی عارضی حافظے** کے

ROM, read only memory^۹
 onetime programmable read only memory, OTP^{۱۰}
 electricallyerasable read only memory, EEROM, E²PRAM^{۱۱}
 UVerasable read only memory, UVerasable ROM^{۱۲}



شکل ۹.۱: اکائی حافظہ

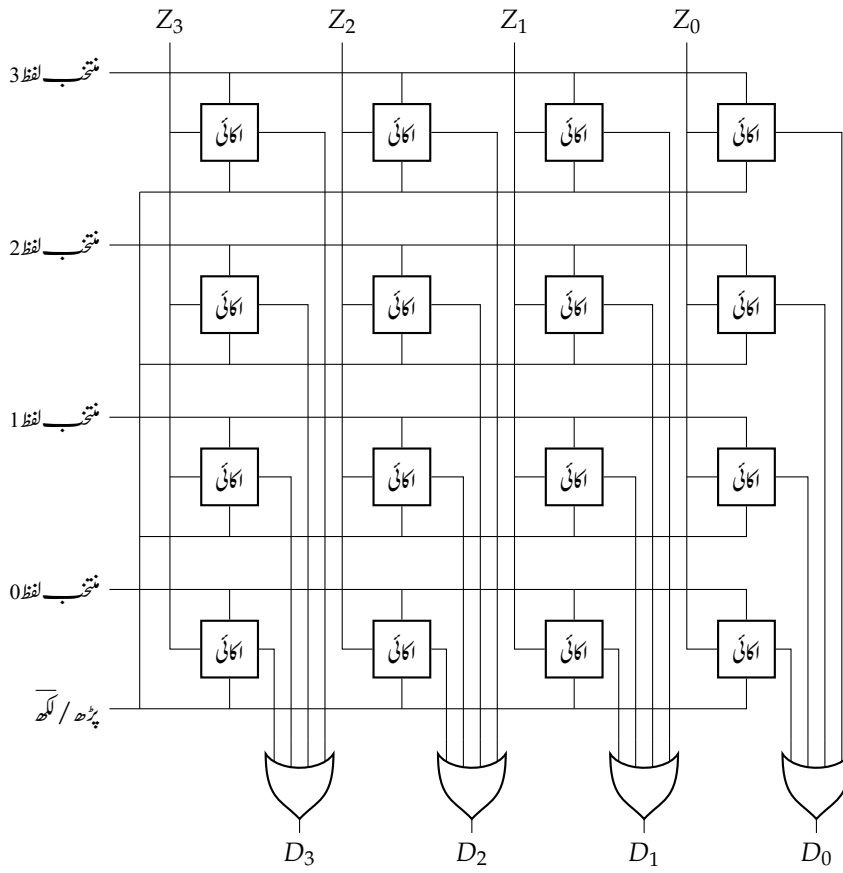


شکل ۹.۲: ایک لفظ حافظہ

اکائی^{۱۳}، جس کو مختصراً **اکائی حافظہ** کہتے ہیں، کی بناوٹ اور علامت پیش ہے، جہاں مواد ذخیرہ کرنے کے لئے ایس آر فلپ استعمال کیا گیا ہے۔ حقیقت میں کئی طریقے مستعمل ہیں جن پر بعد میں غور کیا جائے گا۔

اکائی حافظہ سے رجوع کے لئے اس کا **منتخب** اشارہ بلند کیا جاتا ہے اور مواد لکھنے کی خاطر ساتھ ہی پڑھ / لکھ پست کر کے داخلی مواد مندرجہ ذیل کیا جاتا ہے جبکہ مواد پڑھنے کی خاطر پڑھ / لکھ بلند کر کے مواد پڑھا جاتا ہے۔

متعدد بٹ حافظہ اس اکائی حافظہ کی مدد سے حاصل ہو گا۔ شکل ۹.۲ میں چار بٹ لفظ کا حافظہ پیش ہے جہاں تمام اکائی حافظوں کے ”منتخب“ و ”اشارے“ ایک ساتھ اور ”پڑھ / لکھ“ ایک ساتھ جوڑے گئے ہیں۔ یوں لفظ کے چاروں بٹ بیک وقت منتخب ہوتے ہیں اور اس میں مواد Z بیک وقت لکھا جاسکتا ہے، یا ذخیرہ مواد بیک وقت D سے پڑھا جاسکتا ہے۔



شکل ۹.۳: چار لفظ عارضی حافظ

جدول ۹.۲: عارضی حافظے کا استعمال

عمل	A_0	A_1	پڑھ / لکھ	مجاز
بلند رکاوٹی حال	×	×	×	0
لفظ 0 کے مقام پر لکھ	0	0	0	1
لفظ 1 کے مقام پر لکھ	1	0	0	1
لفظ 2 کے مقام پر لکھ	0	1	0	1
لفظ 3 کے مقام پر لکھ	1	1	0	1
لفظ 0 کے مقام سے پڑھ	0	0	1	1
لفظ 1 کے مقام سے پڑھ	1	0	1	1
لفظ 2 کے مقام سے پڑھ	0	1	1	1
لفظ 3 کے مقام سے پڑھ	1	1	1	1

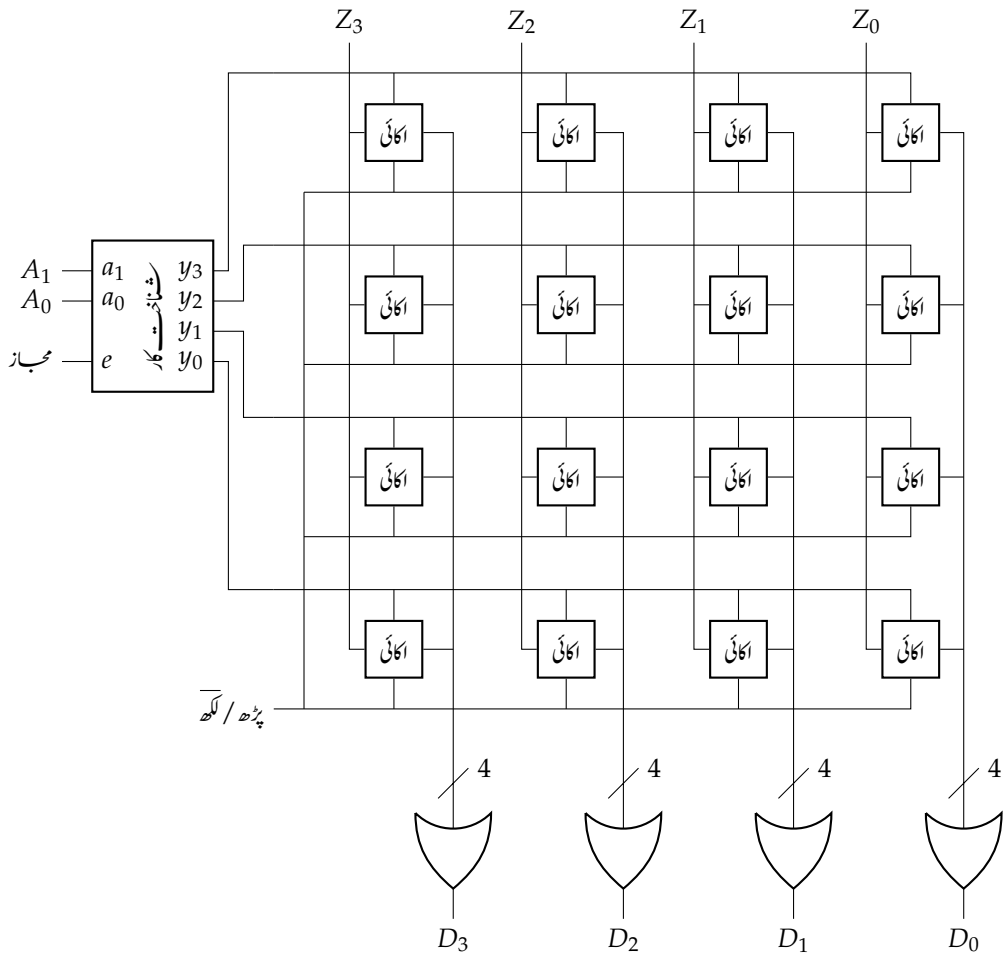
اس طرح کے کئی الفاظ جوڑ کر متعدد لفظ حافظہ حاصل کیا جاسکتا ہے۔ شکل ۹.۳ میں چار الفاظ جوڑ کر چار لفظ حافظہ تخلیق کیا گیا ہے۔

متعدد لفظ حافظہ کی تمام اکائیوں کا ”منتخب“ اشارہ عام صورت پرست رہتا ہے۔ یوں حافظہ کے کسی بھی لفظ تک رسائی ممکن نہیں ہوگی۔ حافظہ میں مواد لکھنے کی خاطر مواد Z داخلی راستے مندرجہ ذیل کے پڑھ / لکھ پرست رکھ کر مطلوبہ مقام کا ”منتخب“ اشارہ بلند کیا جاتا ہے۔ یوں مواد مطلوبہ مقام پر لکھا جاتا ہے۔ مندرجہ ذیل ہم اعشاری تین (3_{10}) کے ششائی سرموز اعشاری 0011_2 کو حافظہ کے لفظ 2 کے مقام پر لکھنا چاہتے ہیں۔ ہم مداحل پر 0011_2 مہیا کر کے پڑھ / لکھ پرست رکھ کر ”منتخب لفظ 2“ اشارہ بلند کریں گے۔ ایسا کرنے سے شکل ۹.۳ میں لفظ 2 پر 0011_2 لکھا جائے گا۔ یاد رہے کہ اس دوران باقی ”منتخب“ اشارے پرست رہیں گے۔ اسی لفظ کو پڑھنے کے لئے ہم پڑھ / لکھ بلند رکھ کر لفظ 2 کا ”منتخب“ بلند کریں گے۔ ایسا کرنے سے مخارج D پر 0011_2 خارج ہوگا جہاں سے اسے پڑھا جاسکتا ہے۔

حقیقی حافظہ میں الفاظ تک رسائی پتہ کے ذریعے کی جاتی ہے۔ چار لفظ حافظہ میں الفاظ تک رسائی، دوپٹ پتہ استعمال کرتے ہوئے دو سے چار شناخت کار کی مدد سے ممکن ہے۔ شکل ۹.۴ میں یہ عمل پیش کیا گیا ہے جہاں A_0 ، اور A_1 پتہ بٹ ہیں۔ پتہ کو دیکھ کر شناخت کار مطلوبہ مخارج بلند کر کے لفظ کا مقام منتخب کرتا ہے۔

عارضی حافظہ کا استعمال جدول ۹.۲ میں دکھایا گیا ہے۔ مجاز پرست ہونے کی صورت میں حافظہ بلند رکاوٹی حال اختیار کر کے بیرونی ادوار سے مکمل منقطع ہوگا۔

شکل ۹.۴ میں چار بٹ جمع گیٹ کی ایک نئی علامت استعمال کی گئی ہے۔ گیٹ کا ایک مداحل دکھایا گیا ہے جس پر چھوٹی ترچھی لکیر کے ساتھ 4 لکھ کر اس بات کی وضاحت کی گئی ہے کہ دراصل یہ چار داخلی جمع گیٹ



شکل ۹.۴: چهار لفظ عارضی حافظه کا بہتر خاکہ

ہے۔ اس طرح کی علامت میں گیٹ کے مداحل علیحدہ علیحدہ نہیں دکھائے جاتے بلکہ تمام مداحل ایک داخلی تار سے ظاہر کیے جاتے ہیں۔ یوں دور کا نقشہ کاغذ پر کھینچتے ہوئے تاروں کے ہجوم سے نجات حاصل ہوتی ہے اور دور صاف ستھرا نظر آتا ہے۔ یاد رہے کہ ایسا صرف دور صاف ستھرا نظر آنے کے لئے کیا جاتا ہے۔ یوں حافظہ کے گزشتہ دوا شکل ایک ہی دور بنانے کے دو طریقے ہیں۔

اسی طرح پر متعدد لفظ حافظے کی علامت بھی بنائی جاتی ہے۔ دس بٹ پتہ سے $2^{10} = 1024_{10}$ یعنی تقریباً ایک ہزار مقامات تک رسائی ممکن ہے۔ کمپیوٹر کی دنیا میں کلو (ہزار) سے مراد 1024_{10} لیا جاتا ہے۔ یوں دو کلو سے مراد 2048_{10} ہوگا۔

شکل ۹.۵ میں منظم کار کے استعمال پر غور کریں۔ مجاز اور پڑھ / لکھ دونوں بلند ہونے کی صورت میں حافظہ میں ذخیرہ مواد D پر خارج ہوگا جبکہ محباز بلند اور پڑھ / لکھ پست ہونے کی صورت میں D پر مہیا مواد حافظہ میں لکھا جائے گا۔ یوں D بطور مداحل و خارج کام کرتا ہے۔ شکل ۹.۴ میں مداحل Z کے لئے چار اور خارج D کے لئے چار بیٹوں کی ضرورت تھی۔ یہاں شکل ۹.۵ میں صرف چار بیٹوں کی ضرورت ہوگی۔

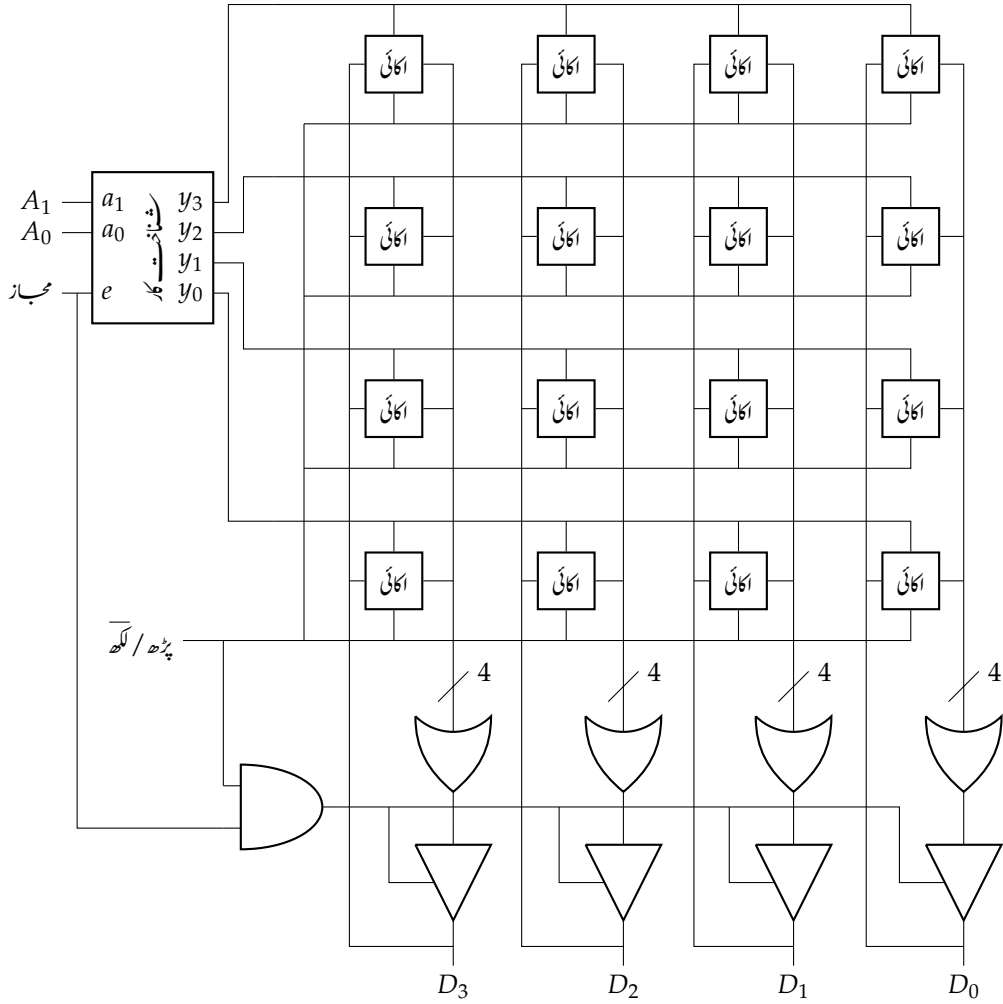
جدید عارضی حافظوں میں کثیر تعداد کے الفاظ ذخیرہ کرنے کی گنجائش ہوتی ہے۔ شکل ۹.۶-۱ میں چار لفظ حافظے کے مخلوط دور^{۱۶} کی علامت دکھائی گئی ہے جہاں لفظ کے چار داخلی و خارجی بیٹوں کو D کی بجائے I/O کہا گیا ہے۔ شکل-ب میں مجباز کی جگہ محباز استعمال کیا گیا ہے، جو شکل-ا کے مجباز مداحل پر غنی گیٹ نصب کرنے سے حاصل ہوگا؛ مزید پڑھ / لکھ کو مختصراً لکھ پکار کر اور پنی پر گول دائرہ ڈال کر اس کا پستے فعال^{۱۷} ہے۔ ظاہر کیا گیا ہے۔ یوں لکھ پست ہونے کی صورت میں حافظے میں مواد لکھا اور بلند صورت میں حافظے سے مواد پڑھا جاتا ہے۔

شکل-ج میں بارہ بٹ پتہ، ایک بائٹ لفظ عارضی حافظے کی علامت دکھائی گئی ہے۔ بارہ بٹ پتہ $2^{12} = 4096_{10}$ بٹ تک رسائی ممکن بناتا ہے لہذا یہ چار کلو بائٹ عارضی حافظے کی علامت ہے۔ اس مخلوط دور میں بیدار مداحل^{۱۸} کا اضافہ کیا گیا ہے جو پستے فعال ہے۔ اس پر اب بات کرتے ہیں۔

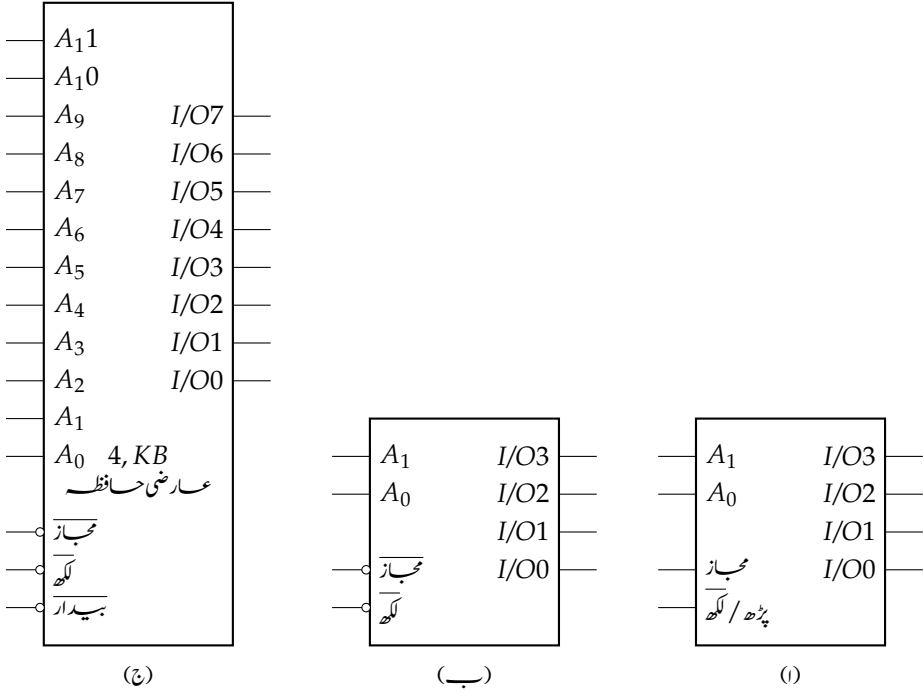
مخلوط دور میں متعدد گیٹ پائے جاتے ہیں اور جدید برقیاتی آلات کئی مخلوط ادوار پر مشتمل ہوتے ہیں۔ یہ سب برقی طاقت سے چلتے ہیں۔ ہم کہتے ہیں برقی طاقت انہیں بیدار رکھتی ہے۔ برقیاتی آلات عموماً بیٹری سے برقی طاقت حاصل کرتے ہیں۔ درکار برقی طاقت کم کرنے سے بیٹری زیادہ دیر کا کامد رہتی ہے۔

برقیاتی آلات میں مختلف مخلوط ادوار کی ضرورت مختلف لمحات پر ہوگی۔ ان لمحات کے علاوہ انہیں بیدار رکھنے سے بلا ضرورت برقی توانائی ضائع ہوگی۔ غیر مستعمل مخلوط ادوار کی برقی طاقت منقطع نہیں کی جاسکتی ہے۔ عارضی حافظے کی مثال ایسے ہوئے ہم جانتے ہیں کہ برقی طاقت نہ ملنے پر ان میں مواد محفوظ نہیں رہتا، البتہ یہ ممکن ہے کہ عارضی حافظے کو صرف اتنی برقی طاقت مہیا کی جائے کہ یہ صرف مواد محفوظ رکھنے کے قابل ہو، یعنی اسے نڈھال سی کیفیت میں ڈالا جاسکتا ہے۔ عارضی حافظے کے مخلوط دور میں بیدار مداحل اس مقصد کے لئے

integrated circuit, IC^{۱۶}
active low^{۱۷}
CS, chip select^{۱۸}



شکل ۹.۵: مشترک داخلی و خارجی راه کا چار لفظ عارضی حافظ



شکل ۹.۶: عارضی حافظوں کے مخلوط ادوار کی علامتیں

1023	1000 0001
1022	0010 1001
1021	0011 1010
1020	1000 1101
⋮	⋮
3	1011 0001
2	1110 1001
1	0000 1010
0	1011 1101

(ب)

پتہ	مواد
11	1001
10	1101
01	0000
00	0110

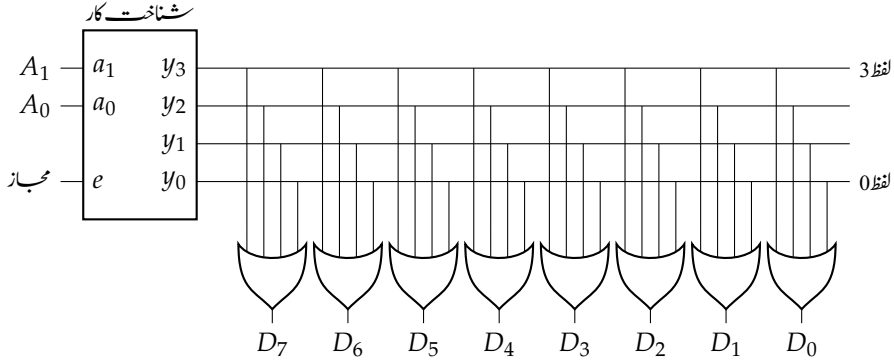
(i)

شکل ۹.۷: حافظ کی تصوراتی تصویر

مہیا کیا گیا ہے۔ جس لمحے پر مخلوط دور کی ضرورت ہو، بیدار پست (فعال) کر کے اسے جگایا جاتا ہے اور استعمال کے بعد فوراً دوبارہ نڈھال کر دیا جاتا ہے۔ نڈھال صورت میں مخلوط دور بیرونی دنیا سے، دو طرف مستحکم کار کی مدد سے، مکمل طور پر منقطع رہتا ہے اور اس میں نہ کچھ لکھا جاسکتا ہے اور نہ ہی اس سے کچھ پڑھا جاسکتا ہے۔ نڈھال حال میں حافظ کم تر برقی توانائی صرف کرتا ہے۔ عام طور شناخت کار کی مدد سے بیدار کیے جانے والے مخلوط دور کی شناخت کی جاتی ہے۔

چار لفظ حافظ کی تصوراتی تصویر شکل ۹.۷-۱ میں دکھائی گئی ہے جہاں دو پتہ اور چار پٹ مواد شنائی روپ میں دکھائے گئے ہیں۔ شکل-ب میں ایک کلو بائٹ حافظے کی تصوراتی تصویر پیش ہے جہاں مواد کو شنائی جبکہ پتہ کو اعشاری روپ میں دکھایا گیا ہے۔ چار لفظ حافظ کا پہلا لفظ مقام 00_2 اور آخری مقام 11_2 پر پایا جاتا ہے۔ اسی طرح ایک کلو بائٹ حافظے میں پہلا لفظ مقام 0_{10} اور آخری مقام 1023_{10} ہے۔ چار پٹ حافظے میں پہلا لفظ 0110_2 اور آخری 1001_2 ہے۔ ایک کلو بائٹ حافظے میں مقام 1021_{10} پر مواد 00111010_2 درج ہے۔

مشق ۹.۱: عارضی حافظ 6116 کے معلوماتی صفحات سے اس کی استعداد ”کلو بائٹ“ میں معلوم کریں۔



شکل ۹.۸: چار بائٹ پخت حافظہ کی اندرونی ساخت

۹.۲ پخت حافظہ

پخت حافظے سے مراد وہ حافظہ ہے جس میں مواد برقی طاقت کی عدم موجودگی میں بھی محفوظ رہتا ہو۔ پخت حافظہ کا بنیادی استعمال وہاں ہوگا جہاں مواد تبدیل نہ ہو۔

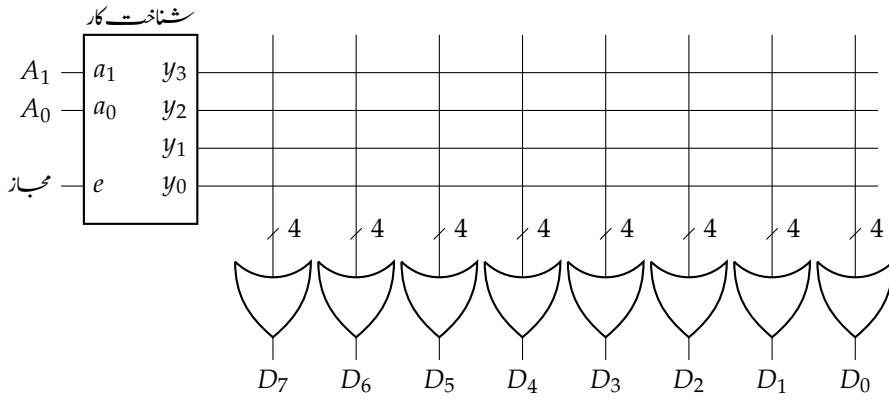
عارضی حافظے کی طرح پخت حافظہ بھی مختلف لمبائی کے الفاظ پر مشتمل ہوگا۔ لفظوں تک رسائی پخت کے ذریعہ ہوگی؛ n بٹ پخت کے پخت حافظہ میں 2^n لفظ ہوں گے۔

بائٹ لمبائی چار لفظ پخت حافظے کی اندرونی ساخت شکل ۹.۸ میں دکھائی گئی ہے جس کی بہتر صورت شکل ۹.۹ پیش کرتی ہے، جہاں چار داخلی جمع گیٹ کی صاف شکل استعمال کی گئی ہے۔ متحمل دو سے چار شناخت کار، پخت کے دو بٹ سے چار متحملات تک رسائی ممکن بناتا ہے۔ یوں چار الفاظ تک رسائی ممکن ہوگی۔

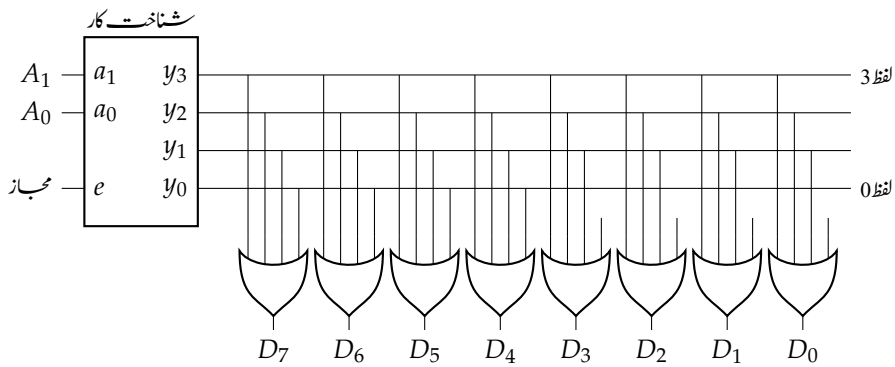
شکل ۹.۸ میں بالکل نیا غیر استعمال شدہ پخت حافظہ دکھایا گیا ہے۔ پخت 002 کی صورت میں دو سے چار شناخت کار y_0 بلند کر کے لفظ 0 چنے گا۔ تمام جمع گیٹ بلند ہوں گے اور D پر 11111111_2 خارج ہوگا۔ پخت 012 لفظ 1 چنے گا اور D پر 11111111_2 خارج ہوگا۔ آپ تسلی کر لیں کہ چاروں پخت پر یہی مواد ملتا ہے۔ کسی بھی نئے غیر استعمال شدہ پخت حافظے کے ہر لفظ کے تمام بٹ بلند (1) ہوں گے۔

آپ نے دیکھا کہ بلند y_0 کی صورت میں تمام جمع گیٹ کو یہی بلند اشارہ ملتا ہے اور یوں تمام جمع گیٹ کے محارج بلند ہوں گے۔ جمع گیٹ سے y_0 کا جوڑ منقطع کرنے سے y_0 جمع گیٹ تک نہیں پہنچے گا۔ شکل ۹.۱۰ میں دائیں چار جمع گیٹ y_0 سے منقطع ہیں لہذا y_0 بلند کر کے لفظ 0 پڑھنے سے D پر 11110000_2 ملتا ہے۔ یہاں ایک بات ذہن نشین کریں: ایسے اشکال میں جمع گیٹ کا منقطع مداحل جمع گیٹ کے محارج پر اثر انداز نہیں ہوگا۔

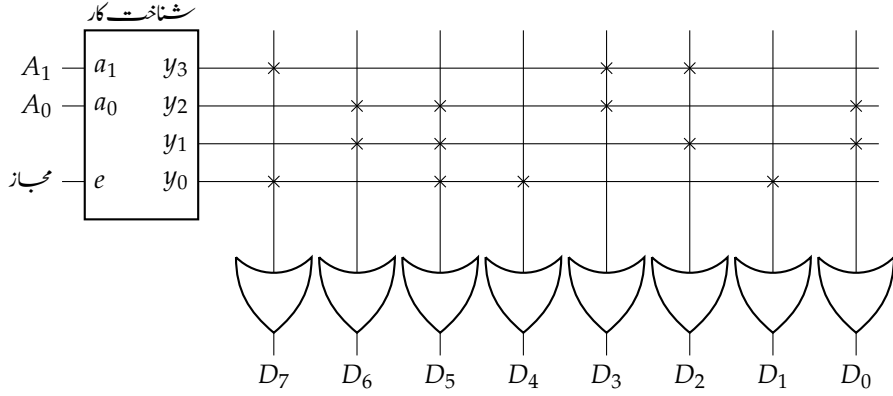
امید کی جاتی ہے آپ پخت حافظہ میں لکھائی کا عمل بخوبی سمجھ گئے ہوں گے۔ پخت حافظے میں جوڑوں کو توڑ کر مواد لکھا جاتا ہے۔ اس قسم حافظہ میں ہر جوڑ دراصل ایک برقی فٹیلہ^{۱۹} (فیوز) ہوتا ہے۔ فٹیلے کی استعداد سے



شکل ۹.۹: چار بانہ پخت حافظ کی اندرونی ساخت



شکل ۹.۱۰: پخت حافظ میں لکھائی



(۱)

پتہ	مواد
00	1011 0010
01	0110 0101
10	0110 1001
11	1000 1100

(ب)

شکل ۹.۱۱: پخت حافظہ میں لکھا گیا مواد

زیادہ برقی رو فنتیلے سے گزار کر اسے پگھلا کر جوڑ منقطع کیا جاتا ہے۔

حافظہ میں لکھا مواد شکل ۹.۷ کی طرح جدول میں لکھا جاتا ہے۔ اس جدول میں باری باری ایک لفظ کو دیکھتے ہوئے جس پتہ کے معتام پر 0 ہو، حافظہ کے اندر اس لفظ کے اس پتہ کا جوڑ تباہ کیا جاتا ہے۔

شکل ۹.۱۱-۱ میں غیر تباہ شدہ جوڑ صلیبی نشان (×) سے ظاہر کیے گئے ہیں۔ اس حافظہ میں لکھا مواد شکل-ب میں پیش ہے۔

اب تک چار لفظ حافظہ پر بات کی گئی جس کی وجہ سے 4 داخلی جمع گیر استعمال کیے گئے۔ ایک لفظ 8 پتہ ہونے کی وجہ سے کل 8 جمع گیر استعمال کیے گئے۔ یوں ان حافظوں میں کل 8×4 یعنی پتہ (32) جوڑ یا فنتیلے ہوں گے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ n پتہ کے حافظے میں 2^n لفظ ہوں گے لہذا ایسے حافظے میں 2^n داخلی جمع گیر ہوں گے۔ اگر حافظہ کا ایک لفظ m پتہ ہو تب جمع گیروں کی تعداد m ہوگی۔ یوں حافظے میں جوڑوں کی تعداد $m \times 2^n$ ہوگی۔

شمار متناہتہ حافظہ میں بار بار لکھائی ممکن ہے۔ ان میں جوڑ، برقی فنتیلہ سے نہیں بنائے جاتے بلکہ ان جوڑ کو ایک

سوچئے^{۲۰} تصور کریں جنہیں مخصوص طریقے سے برقی طاقت کے ذریعے منقطع کیا جاتا ہے۔ منقطع جوڑوں کو دوبارہ جوڑنے کی خاطر حافظے کو شعاع میں کچھ دیر رکھا جاتا ہے۔

جدید برقی مٹا ہینتہ حافظوں میں بار بار لکھائی ممکن ہے۔ ان حافظوں میں لکھائی برقی دباؤ سے کی جاتی ہے اور اسے صاف بھی برقی دباؤ سے کیا جاتا ہے۔

پختہ حافظہ میں لکھائی مخلوط ادوار برنامہ نویس^{۲۱} کی مدد سے کی جاتی ہے۔

۹.۳ حافظہ کی استعداد بڑھانے کی ترکیب

عارضی حافظوں (کے مخلوط ادوار) کے فتابو مداحل عموماً بیدار، محباز اور پڑھ / لکھ جبکہ پختہ حافظوں کے بیدار اور محباز ہوں گے۔ اس جے میں ہم تصور کرتے ہیں کہ حافظوں کے فتابو اشارات صرف بیدار اور پڑھ / لکھ ہیں جنہیں استعمال کرتے ہوئے ایک سے زیادہ حافظے آپس میں جوڑنا دکھایا جائے گا۔ حقیقت میں عموماً بیدار کے علاوہ تمام حافظوں کے ایک جیسے فتابو مداحل ایک ساتھ جوڑے جاتے ہیں۔ یوں تمام حافظوں کے محباز مداحل اکٹھے جوڑے جائیں گے اور اسی طرح تمام کے پڑھ / لکھ ایک ساتھ جوڑے جائیں گے۔

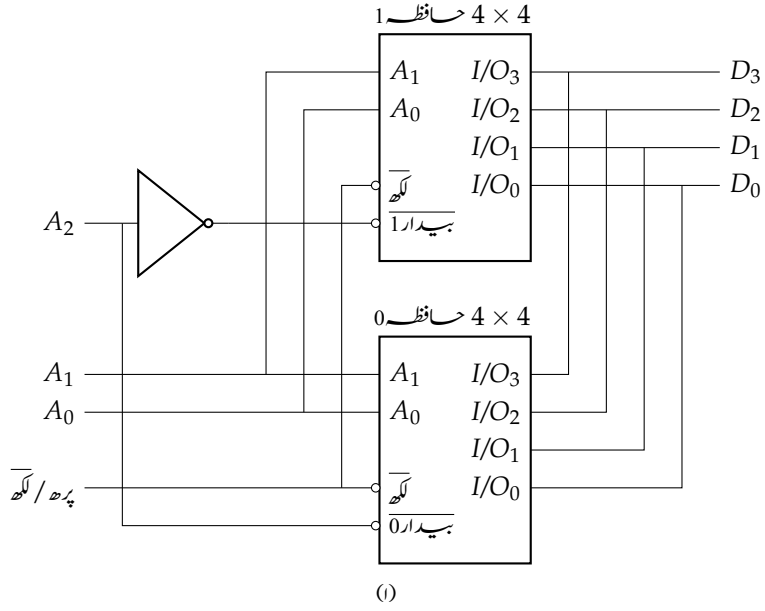
۹.۳.۱ دو عدد 4×4 حافظے سلسلہ وار جوڑ کر ایک عدد 8×4 حافظہ کا حصول

کبھی کبھار درکار استعداد کا حافظہ میسر نہیں ہوگا۔ ایسی صورت میں ایک سے زیادہ حافظے اکٹھے جوڑ کر درکار بائرنڈ ذخیرہ کرنا ممکن بنایا جاتا ہے۔ شکل ۹.۱۲-۱ میں 4×4 کے دو حافظے جوڑ کر دگنی استعداد کا 8×4 حافظہ (شکل-ب) حاصل کیا گیا۔ چھوٹے حافظوں کو حافظہ 0 اور حافظہ 1 کہا گیا ہے۔ شکل-۱ میں ایک جیسے پتہ بٹ ساتھ ساتھ جوڑے گئے ہیں یعنی حافظہ 0 کا A_0 حافظہ 1 کے A_0 سے جوڑا گیا ہے، اور حافظہ 0 کا A_1 حافظہ 1 کے A_1 سے جوڑا گیا ہے۔ اسی طرح ایک جیسے مواد بٹ ساتھ ساتھ جوڑے گئے ہیں یعنی حافظہ 0 کے D_0, D_1, D_2, D_3 بالترتیب حافظہ 1 کے D_0, D_1, D_2, D_3 سے جوڑے گئے ہیں۔ البتہ حافظہ 0 کا بیدار مداحل (جے بیدار 0 کہا گیا ہے) سیدھا A_2 کے ساتھ ملایا گیا ہے جبکہ حافظہ 1 کا بیدار مداحل (جے بیدار 1 کہا گیا ہے) خفی گیٹ کے ذریعہ A_2 سے جوڑا گیا ہے۔ حافظہ 0، حافظہ 1، اور خفی گیٹ کو ہم ایک بڑا حافظہ تصور کر سکتے ہیں جس کی علامت شکل-ب میں پیش ہے۔

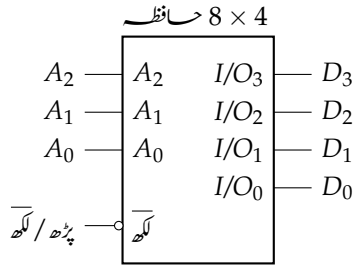
شکل ۹.۱۳-۱ میں تین پتہ بٹ کی تمام ترتیب دی گئی ہیں۔ (شکل ۹.۱۱ دیکھتے ہوئے آگے پڑھیں)۔ پست A_2 سے مراد پست بیدار 0 اور بلند بیدار 1 ہوگا جس سے حافظہ 0 حباگ اٹھتا ہے اور حافظہ 1 نڈھال رہتا ہے۔ اسی طرح بلند A_2 سے بیدار 0 بلند اور بیدار 1 پست ہوگا جس سے حافظہ 0 نڈھال اور حافظہ 1 حباگ اٹھے گا۔

یوں پست A_2 کی صورت میں پتہ کے باقی دو بٹ A_0 اور A_1 حافظہ 0 کے مختلف مقامات تک رسائی ممکن بنائیں گے۔ پتہ 0002 حافظہ 0 کے منصرویں مقام اور پتہ 0112 حافظہ 0 کے تیسرے مقام تک رسائی دیتا ہے۔

اسی طرح بلند A_2 کی صورت میں پتہ کے باقی دو بٹ A_0 اور A_1 حافظہ 1 کے مختلف مقامات تک



(i)



(ب)

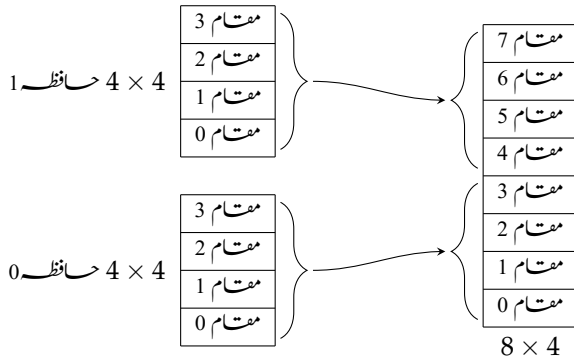
شکل ۹.۱۲: دو حافظے جوڑ کر بڑے حافظے کا حصول

	A_2	A_1	A_0	
حافظ 0 کا مقام 0	0	0	0	
	0	0	1	
	0	1	0	
	0	1	1	
حافظ 1 کا مقام 0	1	0	0	
	1	0	1	
	1	1	0	
	1	1	1	

حافظ 0 بیدار ہے

حافظ 1 بیدار ہے

(i)



(ب)

شکل ۹.۱۳: کل حافظ میں چھوٹے حافظوں کا مقام

جدول ۹.۳: جدول برائے شکل ۹.۱۳

A_5	A_4	\bar{y}_3	\bar{y}_2	\bar{y}_1	\bar{y}_0	$A_5 A_4 A_3 A_2 A_1 A_0$
0	0	1	1	1	0	000000 – 001111
0	1	1	1	0	1	010000 – 011111
1	0	1	0	1	1	100000 – 101111
1	1	0	1	1	1	110000 – 111111

رسانی ممکن بنائیں گے۔ پتہ 000_2 حافظہ 1 کے ضروریوں اور پتہ 011_2 حافظہ 1 کے تیسرے مقام تک رسانی دیتا ہے۔

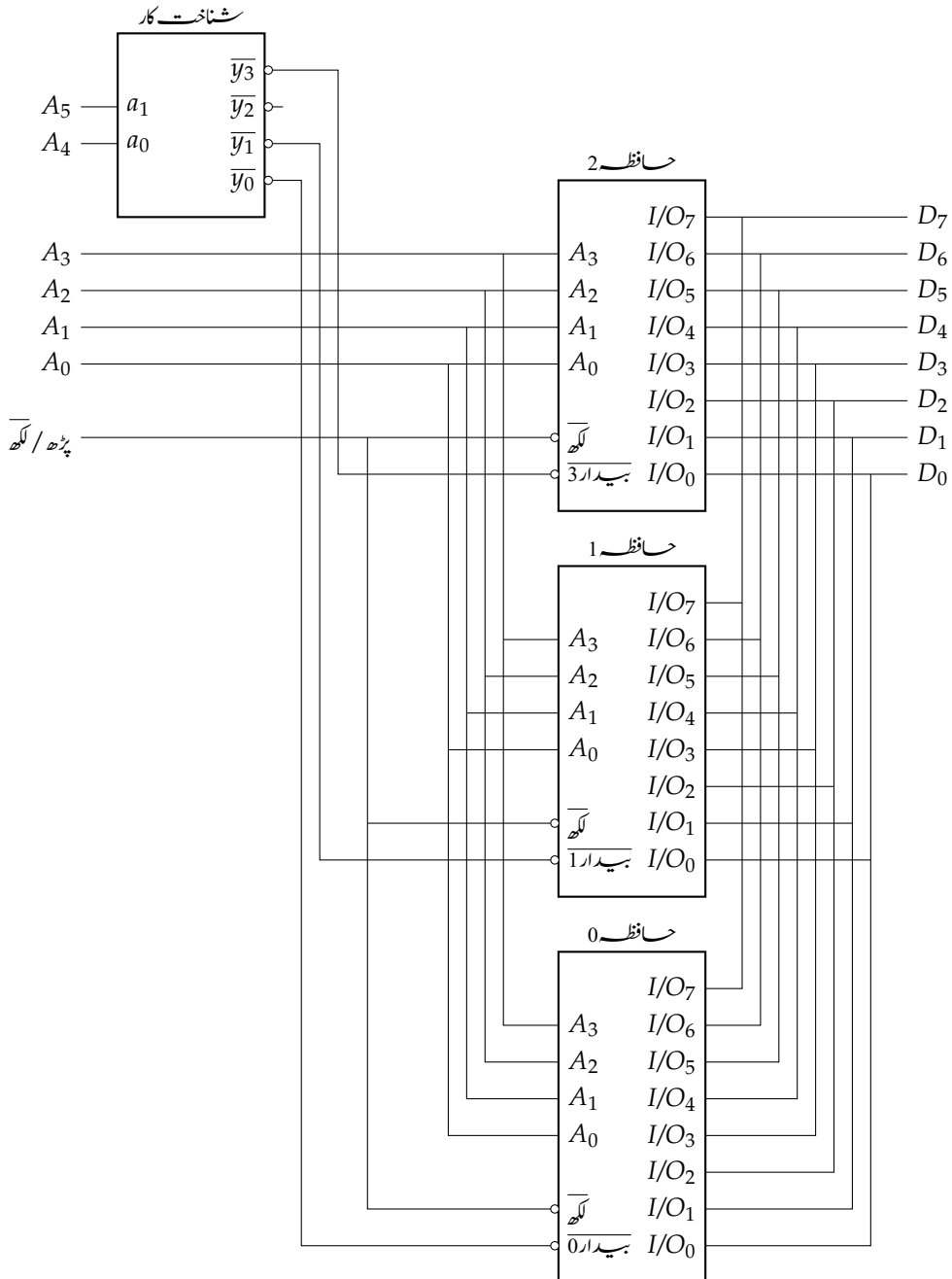
گزشتہ دو نشر پاروں کا خلاصہ درج ذیل ہے۔ چار لفظ کے دو حافظے مسل کر آٹھ لفظ حافظہ کے طور پر کام کرتے ہیں۔ الفاظ کی لمبائی جوں کی توں چار بٹ رہتی ہے۔ اس طرح پتہ 000_2 کل حافظے کے ضروریوں مقام تک رسانی دیتا ہے، پتہ 011_2 کل حافظے کے تیسرے، پتہ 100_2 کل حافظہ کے چوتھے اور پتہ 111_2 ساتویں مقام تک رسانی دیتا ہے۔ یوں دو عدد حافظے جوڑ کر ایک عدد حافظہ حاصل کیا جاسکتا ہے اور ان کی اندرونی ساخت پر ہر وقت غور کرنے کی ضرورت نہیں۔ شکل ۹.۱۱۔ ب میں اس حقیقت کو مد نظر رکھتے ہوئے ان دو حافظوں جمع ثمنی گیٹ کو بطور ایک 4×8 حافظہ دکھایا گیا ہے جس کے تین پتہ بٹ اور چار مواد بٹ ہیں۔ شکل ۹.۱۳۔ ب میں تین بٹ پتہ کی نسبت سے دونوں حافظوں کے مقامات دکھائے گئے ہیں، جہاں سے واضح ہے کہ دو چھوٹے حافظوں کو پتہ کے لحاظ سے علیحدہ علیحدہ مقامات پر رکھا گیا ہے اور حافظہ 0 کے آخری لفظ سے اگلے مقام پر حافظہ 1 کا منبرواں لفظ پایا جاتا ہے۔ یوں پتہ کے لحاظ سے ان دو حافظوں کو سلسلہ وار ترتیب رکھا گیا ہے۔ دو یاد سے زیادہ حافظے جوڑتے وقت اس طرح کی تصوراتی شکل ذہن میں بنایا کریں۔

مذکورہ بالا میں 4×4 استعداد کے حافظے استعمال کیے گئے جنہیں دو پتہ بٹ A_0 اور A_1 درکار تھے۔ ان دو بٹ کو استعمال کر کے بیدار حافظے کے مختلف مقامات تک رسانی حاصل کی جاتی ہے جبکہ اگلا پتہ بٹ A_2 استعمال کر کے ان حافظوں کو پتہ کے لحاظ سے مختلف مقامات پر رکھا گیا۔ یہی طریقہ کار زیادہ استعداد کے حافظوں کے ساتھ بھی استعمال کیا جاسکتا ہے۔ یوں دو عدد دس پتہ بٹ کے حافظے جوڑتے وقت A_0 تا A_9 بیدار حافظہ کے مختلف مقامات تک رسانی دیں گے جبکہ A_{10} انہیں جداگانہ بیدار کرے گا۔

۹.۳.۲ تین 8×16 حافظے سلسلہ وار جوڑ کر ایک 8×48 حافظے کا حصول

شکل ۹.۱۳ میں پست معارج شناخت کار استعمال کر کے تین 8×16 حافظے (حافظہ 0، حافظہ 1، حافظہ 2) سلسلہ وار جوڑے گئے ہیں۔ تین حافظوں کے ایک جیسے پتہ بٹ ساتھ ساتھ جوڑے گئے ہیں۔ یوں تینوں کے A_0 ایک ساتھ جڑے ہیں، وغیرہ۔ اسی طرح ایک جیسے مواد بٹ ساتھ ساتھ جوڑے گئے ہیں، لہذا تینوں D_0 ایک ساتھ جڑے ہیں، وغیرہ۔ تاہم ان کے بیدار مداحل علیحدہ علیحدہ رکھے گئے ہیں تاکہ کسی ایک وقت پر صرف ایک حافظے کا بیدار فعال (پست) کر کے A_0 تا A_3 کے ذریعہ اس ایک حافظے کے سولہ مقامات تک رسانی حاصل کی جاسکے۔

شناخت کار کو پتہ بٹ A_4 اور A_5 بطور مداحل منبر اہم کیے گئے جبکہ اس کے معارج \bar{y}_0 ، \bar{y}_1 ، \bar{y}_2 ، اور \bar{y}_3 ہیں، جو مطلوب حافظے کی شناخت کرتے ہیں۔ شناخت کار کا نام یہیں سے نکلا ہے۔



شکل ۹.۱۴: حافظے جوڑنے کا عمومی طریقہ

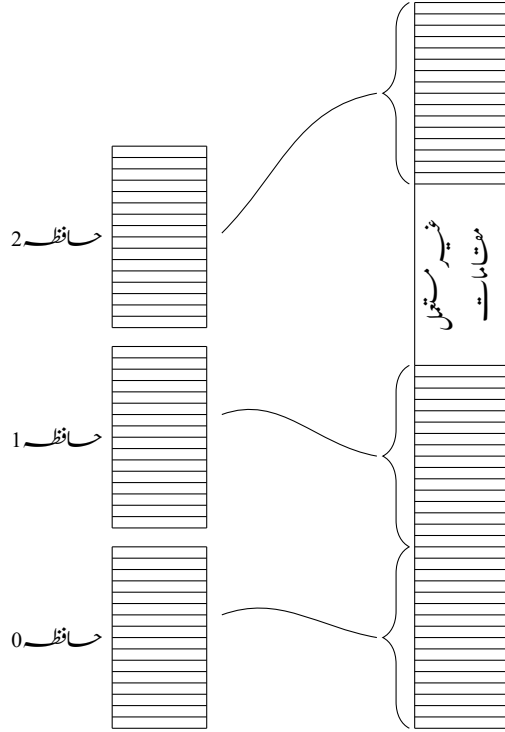
جیسا آپ جانتے ہیں، شناخت کار کے مداحل کی ہر ترتیب ایک منفرد مخارج چنتی ہے۔ جدول ۹.۳ شناخت کار کے مخارج دیتا ہے۔ اس جدول میں دائیں جانب ایک اضافی قطار بنائی گئی ہے۔ آئیں اس جدول پر غور کرتے ہیں۔ پست A_4 اور پست A_5 کی صورت میں \bar{y}_0 پست ہو گا جو حافظہ 0 کے بیدار 0 کے ساتھ جڑا ہے۔ یوں $A_5A_4 = 00$ حافظہ 0 کی شناخت کر کے اسے بیدار کرتا ہے۔ $A_5A_4 = 00$ رکھتے ہوئے باقی چار پست بٹ آزادانہ طور پر بلند یا پست کیے جاسکتے ہیں یعنی $A_3A_2A_1A_0$ کی قیمت 0000_2 تا 1111_2 ہو سکتی ہے، جو حافظہ 0 کے سولہ مقامات تک رسائی ممکن بناتا ہے۔ حافظہ 0 کے تمام مقامات تک رسائی کے لئے یوں پست بٹ $A_5A_4A_3A_2A_1A_0$ کی قیمت 000000_2 تا 001111_2 ہوگی۔ جدول کی دائیں قطار میں یہ حدود درج ہیں اور شکل ۹.۱۵ میں نچلے سولہ خانے ان مقامات کو ظاہر کرتے ہیں۔ حافظہ 0 کا آخری مقام کل حافظہ کے مقام 001111_2 پر پایا جاتا ہے۔

بلند A_4 اور پست A_5 کی صورت میں \bar{y}_1 پست ہو گا جو بیدار 1 سے جڑا ہے۔ یوں $A_5A_4 = 01$ حافظہ 1 کی شناخت کر کے اسے بیدار کرتا ہے۔ $A_5A_4 = 01$ رکھتے ہوئے باقی چار پست بٹ آزادانہ طور پر بلند یا پست کیے جاسکتے ہیں یعنی $A_3A_2A_1A_0$ کی قیمت 0000_2 تا 1111_2 ہو سکتی ہے، جو حافظہ 1 کے سولہ مقامات تک رسائی دیتا ہے۔ حافظہ 1 کے مختلف مقامات تک رسائی کے لئے $A_5A_4A_3A_2A_1A_0$ کی قیمت 010000_2 تا 011111_2 ہوگی۔ جدول کی دائیں قطار میں یہ حدود درج ہیں۔ شکل ۹.۱۵ میں نیچے سے سولہ خانے چھوڑ کر اگلے سولہ خانے ان مقامات کو ظاہر کرتے ہیں۔ جیسا پہلے ذکر کیا گیا، حافظہ 0 کا آخری مقام کل حافظہ کے مقام 001111_2 پر پایا جاتا ہے جبکہ حافظہ 1 کا منبرواں مقام اس سے اگلے مقام یعنی 010000_2 پر پایا جاتا ہے۔ شکل ۹.۱۵ سے ظاہر ہے جہاں حافظہ 0 کا اختتام ہے وہیں سے حافظہ 1 کی شروعات ہوتی ہے۔

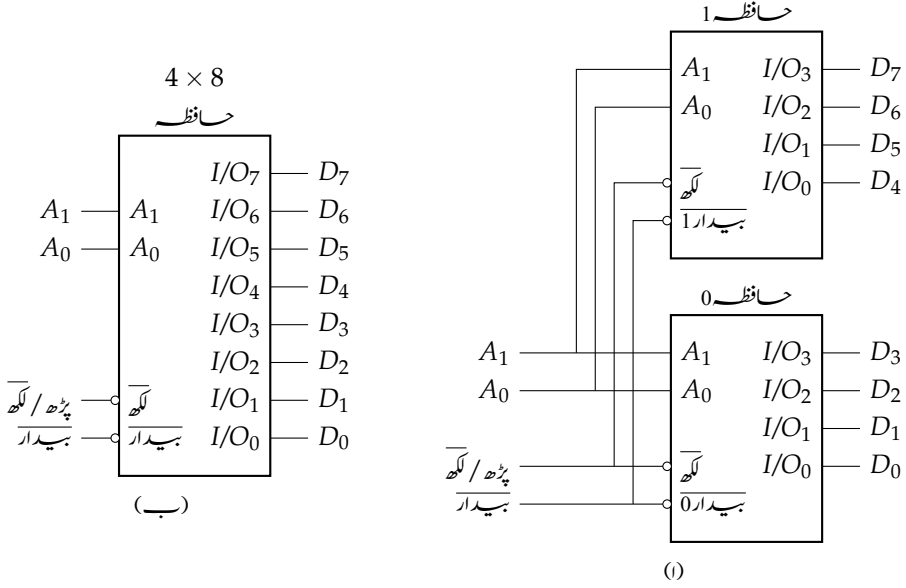
پست A_4 اور بلند A_5 پست \bar{y}_2 دے گا جو کہ کسی بھی حافظہ کے ساتھ نہیں جڑا۔ یوں $A_5A_4 = 10$ کسی بھی حافظہ کی شناخت نہیں کرتے لہذا باقی چار پست بٹ کی قیمتیں 0000_2 تا 1111_2 کرنے سے کسی بھی حافظہ کی کسی بھی مقام تک رسائی نہیں ہوگی۔ یوں پست 100000_2 تا 101111_2 حافظہ کے کسی بھی مقام تک رسائی نہیں دیں گے لہذا اس خطے میں نہ مواد لکھا جاسکتا ہے اور نہ ہی اس خطے سے مواد پڑھا جاسکتا ہے۔ جدول کی دائیں قطار میں یہ حدود درج ہیں۔ شکل ۹.۱۵ میں انہیں غیر متعلقہ مقامات لکھ کر ظاہر کیا گیا ہے۔

بلند A_4 اور بلند A_5 پست \bar{y}_3 دے کر حافظہ 3 کو بیدار کرتا ہے۔ $A_5A_4 = 11$ رکھتے ہوئے باقی چار پست بٹ کی قیمتیں 0000_2 تا 1111_2 کرنے سے حافظہ 3 کے سولہ مقامات تک رسائی ہوگی۔ یوں $A_5A_4A_3A_2A_1A_0$ کی قیمت 110000_2 تا 111111_2 کرنے سے حافظہ 3 کے سولہ مقامات تک رسائی ہوگی۔ جدول کی دائیں قطار میں یہ حدود درج ہیں۔ شکل ۹.۱۵ میں بالائی سولہ خانے ان مقامات کو ظاہر کرتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ جہاں حلالی مقامات کا اختتام ہوتا ہے وہیں سے حافظہ 3 شروع ہوتا ہے۔

یہاں کل چھ پست بٹ A_0 تا A_5 استعمال کیے گئے جو چونسٹھ ($2^6 = 64$) مقامات تک رسائی دے سکتے ہیں۔ ہم نے سولہ سولہ لفظ کے تین حافظے استعمال کرتے ہوئے اڑتالیس ($16 \times 3 = 48$) مقامات استعمال کیے جبکہ سولہ ($64 - 48 = 16$) مقامات (غالب مقامات) کا استعمال نہیں کیا گیا۔ اگرچہ ان تین حافظوں کو سلسلہ وار جوڑا گیا ہے، تاہم ان میں صرف حافظہ 0 اور حافظہ 1 متفریق متفریق ہیں جبکہ حافظہ 3 دور رکھا گیا ہے۔ ہم سولہ لفظ کا مزید ایک حافظہ شناخت کار کے ساتھ جوڑ کر تمام چونسٹھ مقامات بروئے کار لاسکتے ہیں۔



شکل ۹.۱۵: متعل اور غیر متعل مقامات (برائے شکل ۹.۱۴)



شکل ۹.۱۶: حافظوں کو متوازی جوڑ کر لفظ کی لمبائی بڑھائی گئی ہے۔

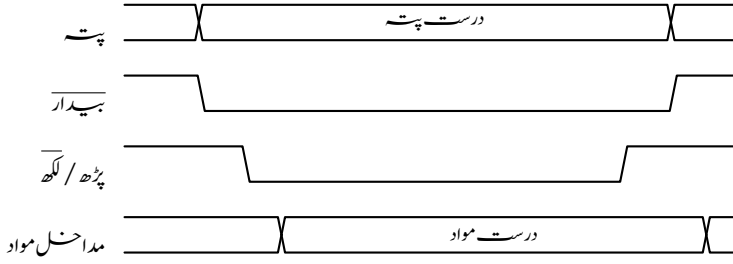
۹.۳.۳ دو 4x4 حافظے متوازی جوڑ کر 4x8 حافظے کا حصول

شکل ۹.۱۶-۱ میں دو 4x4 حافظے متوازی جوڑ کر ایک 4x8 حافظے حاصل کیا گیا ہے۔ دونوں حافظے بیک وقت بیدار ہوتے ہیں اور پتے کے دو بٹ A₀ اور A₁ دونوں حافظوں کے چار مقام تک رسائی دیتے ہیں۔ حافظہ 0 کے مواد کو D₀ تا D₃ جبکہ حافظہ 1 کے مواد کو D₄ تا D₇ تصور کر کے ان (D₀ تا D₇) آٹھ بٹوں کو ایک بائٹ تصور کیا جاسکتا ہے۔ اس طرح متوازی جوڑے دو حافظوں کو 4x8 استعداد کا ایک حافظے تصور کیا جاسکتا ہے جسے شکل-ب میں تصوراتی شکل دی گئی ہے۔

۹.۴ حافظے کے اوقات کار

حافظے عموماً خرد عامل کار^{۲۲} (مائیکروپراسیسر) کے ساتھ منسلک استعمال کیا جاتا ہے۔ عام طور پر مخلوط ادوار کوئی مخصوص کام سرانجام دینے کے لئے تخلیق کیے جاتے ہیں۔ خرد عامل کار ان سے مختلف نوعیت کا مخلوط دور ہے جو احکامات^{۲۳} پر چلتا ہے۔ ان احکامات کو تبدیل کر کے مائیکروپراسیسر سے مختلف کام لیے جاسکتے ہیں۔ یہ احکامات (پہلے سے) پنخت حافظے میں لکھے جاتے ہیں جہاں سے مائیکروپراسیسر انہیں پڑھ کر ان کی تعیل کرتا ہے۔ مائیکروپراسیسر کے ساتھ عموماً عارضی حافظے منسلک کیا جاتا ہے جہاں یہ عارضی مواد لکھ کر ذخیرہ کر سکتا ہے، جسے

microprocessor^{۲۲}
commands^{۲۳}

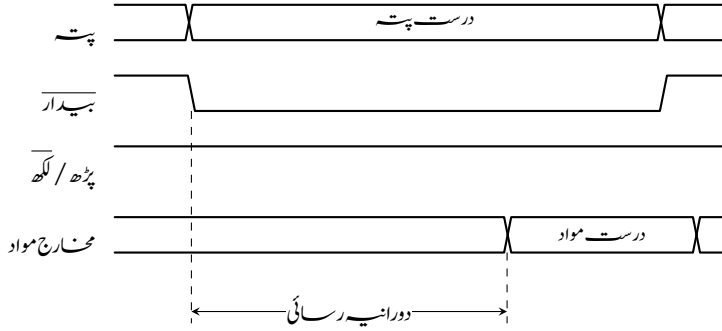


شکل ۹.۱۷: حافظہ میں مواد لکھنے کا عمل

مائیکروپراسیسر بعد میں پڑھ سکتا ہے۔ مختلف صنعت کاروں کے تخلیق کردہ حنرد عامل کار کے اپنے اپنے مخصوص احکامات ہوں گے جنہیں یہ سمجھ سکتا ہے اور جن پر یہ عمل کر سکتا ہے۔ کسی بھی مائیکروپراسیسر کے تمام احکامات کو اس مائیکروپراسیسر کی مادرِ زبان^{۲۴} کہتے ہیں جبکہ کسی ایک حکم کو ہدایت^{۲۵} کہتے ہیں۔

حنرد عامل کار بیرونی حبڑے مخلوط ادوار کے ساتھ گفتگو بذریعہ پتہ، مواد اور فتاویٰ اشارات کرتا ہے۔ شکل ۹.۱۷ میں حنرد عامل کار بیرونی حبڑے عارضی حافظے گفتگو کر رہا ہے۔ اس گفتگو کا مقصد حافظہ میں مواد لکھنا ہے۔ گفتگو کا آغاز اس وقت ہوتا ہے جب حنرد عامل کار درکار عارضی حافظے کا پتہ خارج کرتا ہے۔ اس پتے کے چند ہندسے عارضی حافظہ کی نشاندہی (بذریعہ شناخت کار) کرتے ہیں اور باقی حافظہ میں لکھنے کے مقام کی نشاندہی کرتے ہیں۔ شناخت کار چند ہی لمحوں میں پتے (کے چند نشانی ہندسوں) سے درکار عارضی حافظے کے مخلوط دور کی شناخت کر کے اسے بیدار کرتا ہے۔ شکل میں بیدار مداخلہ کا ”پتہ“ ہونا اس عمل کو ظاہر کرتا ہے۔ حنرد عامل کار خارجی فتاویٰ اشارہ پڑھ / لکھ پتہ کر کے حافظہ کو خبردار کرتا ہے کہ حنرد عامل کار حافظہ میں مواد لکھنا چاہتا ہے اور ساتھ ہی اس مواد کو خارج کرتا ہے۔ اس مواد کو درست مواد لکھ کر ظاہر کیا گیا ہے۔ حافظہ اس مواد کو پڑھ / لکھ اشارے کے کنارہ چپڑھائی پر مطلوب مقام پر (جس کی نشاندہی باقی پتہ بٹ کرتے ہیں) محفوظ کرتا ہے۔ حنرد عامل کار کسی بھی ایسے عمل کے دوران پتہ برقرار رکھتا ہے۔ یاد رہے، پڑھ / لکھ کے کنارہ چپڑھائی سے قبل درست مواد مہیا کر دیا جاتا ہے جو کنارہ گزرنے کے بعد چند لمحات تک برقرار رہتا ہے۔ پتے کی تبدیلی کو دو لکیریوں کی آپس میں جگہ بدلنے سے ظاہر کیا گیا ہے۔

شکل ۹.۱۸ میں حنرد عامل کار حافظہ سے مواد پڑھنا چاہتا ہے۔ اس گفتگو میں حنرد عامل کار پڑھ / لکھ بلندرکھ کر پتہ خارج کرتا ہے۔ اس پتے کے چند ہندسے عارضی حافظہ کی اور باقی حافظہ سے مواد پڑھنے کے مقام کی نشاندہی کرتے ہیں۔ شناخت کار چند ہی لمحوں میں (پتے کے چند ہندسوں سے) حافظہ کی نشاندہی کر کے اسے خبردار کرتا ہے کہ حنرد عامل کار حافظہ سے مواد پڑھنا چاہتا ہے۔ حافظہ بیدار ہوتے ہی اس کوشش میں لگ جاتا ہے کہ درکار مقام سے مواد حاصل کر کے حنرد عامل کار کے حوالے کرے۔ ایسا کرنے



شکل ۹.۱۸: حافظے سے مواد پڑھنے کا عمل

کے لئے حافظے کو کچھ وقت درکار ہوگا جسے حافظے کا دورانیہ رسائی^{۲۶} کہتے ہیں۔ حافظے مطلوبہ مقام سے مواد حاصل کر کے خارج کرتا ہے۔ اس مواد کو ”درست مواد“ کہا گیا ہے۔ حشر د عامل کار مواد کو درست پتے کے اختتام (یعنی بیدار کے کنارہ چپڑھائی) پر پڑھتا ہے۔ حشر د عامل کار اس مواد کو پڑھنے کے بعد اگلا ہدایت پختہ حافظے سے پڑھ کر اس کی تعیل کرتا ہے۔

مشق ۹.۲: انشورنیٹ سے عارضی حافظے 6116، 74LS219، اور پختہ حافظے 2732 کے دورانیہ رسائی معلوم کریں۔

مثال ۹.۱: شکل ۹.۱۹ میں 74LS219 حافظے کا دور پیش کیا گیا ہے۔ کسی بھی مخلوط دور کی طرح، اس حافظے کو استعمال کرنے کے لئے ضروری ہے کہ اس کو برقی طاقت مںراہم کی جائے، جو پیا 8 اور 16 پر مںراہم کرنی ہوگی؛ پیا 8 کے لحاظ سے 16 پر مثبت پانچ وولٹ دینا ہوگا؛ یوں پیا 8 برقی زمین ہے۔

a_0 تا a_3 سوچ پتہ تعین کرتے ہیں۔ d_0 تا d_3 سوچ لکھا گیا مواد تعین کرتے ہیں۔

حافظے کے مختلف مقامات تک رسائی

حافظے کے چار پتہ بٹ (A_0 تا A_3) ہیں جو 16_{10} مقامات تک رسائی دیں گے۔ ان مقامات تک رسائی سوچ a_0 تا a_3 استعمال کر کے ہوگی۔ شکل ۹.۱۹ میں یہ سوچ منقطع (کھڑا) دکھائے گئے ہیں۔ پتے کا کھڑا سوچ بلند بٹ (1) ظہر کرتا ہے۔ غیر منقطع (پیٹھا) سوچ پست بٹ (0) ظہر کرتا ہے۔ دکھائی گئی شکل میں پتہ 1111₂ ہے۔

مواد کی تیاری

داخلی مواد کے پٹ D_0 تا D_3 ہیں لہذا حافظہ میں چار پٹ مواد ذخیرہ ہو سکتا ہے۔ خارجی مواد کے پٹ O_0 تا O_3 ہیں۔ سوئچ d_0 تا d_3 لکھی جانی والی معلومات دیتے ہیں۔ ہر ایک سوئچ ایک پٹ کو ظاہر کرتا ہے۔ اگر ہم چاہتے ہیں کہ حافظہ کے کسی مقام سے 1100_2 پڑھا جائے، ہم اس مقام پر 1100_2 لکھیں گے جو d_0 اور d_1 غیر منقطع جبکہ d_2 اور d_3 منقطع کرنے سے ملتا ہے۔ آپ نے دیکھا کہ کھڑا سوئچ بلند پٹ لکھے گا اور جو حافظہ سے پڑھتے وقت 1 دیگا۔

حافظہ کی برنامه نویسی

حافظہ کی برنامه نویسی (جس سے مراد حافظہ میں مواد لکھنا ہے) کے لئے S_2 سوئچ برقی زمین سے جوڑ کر (جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے) مخلوط دور کا بیدار پست (فعال) کیا جاتا ہے۔ سوئچ S_1 بٹھانے سے لکھ مداحل پست (فعال) ہوگا اور داخلی مواد حافظہ میں داخل ہوگا۔ سوئچ S_1 کھڑا کرنے سے لکھ بلند ہو کر حافظہ میں مواد محفوظ کرتا ہے۔ اس کے بعد S_2 کھڑا کیا جاسکتا ہے۔

فرض کریں ہم درج ذیل محفوظ کرنا چاہتے ہیں۔

پتہ	مواد
0000	1111
0001	1110
0010	1101
0011	1000

سوئچ S_2 کو زمینی (برنامہ نویسی کے) مقام پر رکھنے سے آغاز کریں۔ مقام 0000 پر 1111 لکھنے کے لئے پست اور مواد کے سوئچ درج ذیل رکھیں، جہاں ”ب“ سے مراد سوئچ بٹھانا اور ”ک“ سے مراد سوئچ کھڑا رکھنا ہے۔

مواد				پست			
d_3	d_2	d_1	d_0	a_3	a_2	a_1	a_0
ک	ک	ک	ک	ب	ب	ب	ب

ہم پست سوئچ کو $a_3a_2a_1a_0$ اور مواد سوئچ $d_3d_2d_1d_0$ لکھتے ہیں۔

اب S_1 سوئچ کو بٹھانے سے مقام 0000 پر مواد 1111 نقل ہوگا۔ سوئچ S_1 منقطع (کھڑا) کرنے سے مواد حافظہ میں محفوظ ہوگا۔ جب تک سوئچ S_1 بیٹھارہ، مواد سوئچ تبدیل کرنے سے حافظہ میں نقل کردہ مواد بھی تبدیل ہوگا؛ سوئچ کھڑا کرنے کے بعد مواد سوئچ کی تبدیلی کا حافظہ میں لکھے گئے مواد پر اثر نہیں ہوگا۔ اسی طرح بیٹھے S_1 کے دوران پست سوئچ تبدیل کرنے سے نقل کا مقام تبدیل ہوگا۔ یوں جس لمحے S_1 کھڑا ہوگا اس لمحے پست سوئچ، حافظہ میں مقام اور مواد سوئچ، لکھا گیا مواد تعین کرتے ہیں۔ گویا لکھ اشارے کے کنارہ چڑھائی پر حافظہ میں مواد لکھا جاتا ہے۔ سوئچ S_1 منقطع (کھڑا) کرنے سے پڑھ / لکھ بلند ہو کر حافظہ کو ”پڑھ“ حالت میں ڈالتا ہے۔ ہم اب کسی دوسرے مقام (یا اسی مقام) پر کوئی دوسرا (یا بیسی) مواد لکھنے کے لئے تیار ہیں۔

اگلے مقام 0001 پر 1110 لکھنے کے لئے سوئچ درج ذیل حالت میں ڈالیں۔ (یاد رہے S_2 زمین سے جڑا ہے۔)

ک ب ب ب پت مواد ک ک ک ب ک

سوئچ S_1 کو بٹھا کر دوبارہ کھڑا کرنے سے مقام 0001 پر مواد 1110 لکھا جائے گا۔ اسی طرح چلتے ہوئے حافظہ میں باقی مواد لکھا جائے گا۔

حافظ سے مواد کا حصول

سوئچ S_1 کو کھڑا کر کے حافظہ سے مواد پڑھا جاسکتا ہے۔ پت سوئچ کے ذریعہ مطلوب مقام کا پت حافظہ کو مہیا کر کے بیدار پست کرنے سے حافظہ O_0 تا O_3 پر مواد برآمد کرے گا۔ ہم حافظہ میں لکھائی کے دوران S_2 کو زمین کے ساتھ جوڑ کر رکھتے ہیں جبکہ عام استعمال میں حافظہ سے مواد پڑھنے کے لئے S_2 کو زمین سے منقطع کر کے اشارہ \bar{E}_R کے ساتھ جوڑتے ہیں۔ یوں جب مواد پڑھنا ہو \bar{E}_R پست کیا جائے گا اور جب حافظہ غیر متعمل ہو، \bar{E}_R بلند رکھا جائے گا۔ □

۹.۵ پنخت حافظہ سے ترکیبی ادوار کا حصول

اس کتاب کے حصہ ۵.۴ میں شناخت کار کے ساتھ ایک جمع گیٹ استعمال کر کے تفاعل کا حصول دکھایا گیا۔ n بٹ پت والے شناخت کار کے 2^n مخارج دراصل پت بٹوں کے تمام ممکنہ مجموعہ ارکان ضربے ہوتے ہیں۔ ہر تفاعل کو مجموعہ ارکان ضرب کے روپ میں لکھ کر اسے شناخت کار کے مطلوبہ مخارج اور ایک جمع گیٹ سے حاصل کیا جاسکتا ہے۔

m بٹ لفظ پنخت حافظہ میں شناخت کار اور m جمع گیٹ موجود ہوتے ہیں لہذا اس کو m تفاعل کے حصول کے لئے تشکیل دیا جاسکتا ہے۔ یوں شکل ۹.۱۱ (صفحہ ۲۱۷) کو درج ذیل آٹھ تفاعل (اگر چہ D_6 تفاعل D_0 دہراتا ہے) حاصل کرنے والا دور تصور کیا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned}
 D_7 &= \sum (0, 3) \\
 D_6 &= \sum (1, 2) \\
 D_5 &= \sum (1, 2, 3) \\
 D_4 &= \sum (3) \\
 D_3 &= \sum (0, 1) \\
 D_2 &= \sum (0, 2) \\
 D_1 &= \sum (3) \\
 D_0 &= \sum (1, 2)
 \end{aligned}
 \tag{۹.۱}$$

ان تفاسل کو ایک مختلف نقطہ نظر سے دیکھتے ہیں۔ کمتر دوہٹ D_0 اور D_1 کو ایک ساتھ D_1D_0 دیکھیں تو یہ مداحسل A_0 اور A_1 جمع کرنے والا نصف جمع کار ہے۔ اسی طرح D_2 دراصل A_0 اور D_3 دراصل A_1 ہے۔ اسی طرح D_4 دراصل دونوں مداحسل کا منطقہ ضرب ہے جبکہ D_5 ان کا منطقہ جمع، D_6 بلا شرکت جمع اور D_7 ان کا متمم بلا شرکت جمع ہے۔

سوالات

سوال ۹.۱: مختلف جامت کے حافظوں میں پتہ بٹ کی اعشاری تعداد (i) 4، (ب) 16، اور (ج) 32 ہے۔ ان حافظوں میں الفاظ ذخیرہ کرنے کے مقام کتنے ہوں گے؟

جواب: (i) 16، (ب) 65536، (ج) 4294967296

سوال ۹.۲: حافظ کی جامت عموماً $N \times D$ لکھی اور پکاری جاتی ہے، جہاں N حافظ میں الفاظ کی تعداد اور D ایک لفظ میں بتوں کی تعداد ہے۔ یوں (i) $64K \times 8$ ، (ب) $16K \times 4$ ، (ج) $256K \times 8$ ، اور (د) $1G \times 32$ حافظوں میں پتہ پن اور مواد پن کتنے ہوں گے؟ (یاد رہے ایک گلوبائٹ سے مراد 1024 بائٹ ہے۔)

جواب: (i) سولہ پتہ اور آٹھ مواد پتہ، (ج) اٹھارہ پتہ اور آٹھ مواد پتہ۔

سوال ۹.۳: حافظ کے 50293_{10} پتہ پر 172_{10} مواد لکھا ہے۔ اس تک رسائی کے لئے سولہ بٹ پتہ کیا ہوگا اور اس مقام سے کیا آٹھ بٹ مواد پڑھائے گا؟

جواب: پتہ 10101100، مواد 1100010001110101

سوال ۹.۴: چار عدد $2K \times 8$ حافظ اور ایک عدد 4×2 شناخت کار کی مدد سے $8K \times 8$ حافظ حاصل کریں۔

سوال ۹.۵: دو عدد $256K \times 8$ حافظے استعمال کر کے $256K \times 16$ حافظ حاصل کریں۔

سوال ۹.۶: چار پتہ اور آٹھ مواد بٹ حافظے استعمال کر کے نو کا پہلا حاصل کرنا ہے۔ حافظہ کو شنائی سرموز اعشاری روپ میں 0 تا 9 اعشاری عدد بطور پتہ منراہم کیا جائے گا۔ حافظہ نے مواد بٹ پر جواب شنائی سرموز اعشاری روپ میں پیش کرنا ہے۔ مثلاً، اگر اسے دو (0010₂) منراہم کیا جائے تو یہ اٹھارہ (00011000₂) خارج کرے۔ (i) حافظہ میں لکھا مواد جدول کی شکل میں لکھیں۔ (ب) حافظہ میں کتنے مقام غیر متمم ہوں گے؟

جواب: چھ مقام غیر متمم ہوں گے۔

مواد	مقام
0000 0000	0000
0000 1001	0001
0001 1000	0010
0010 0111	0011
0011 0110	0100
0100 0101	0101
0101 0100	0110
0110 0011	0111
0111 0010	1000
1000 0001	1001

سوال ۹.۷: چار ہٹ شنائی عدد میں 1 کی تعداد جاننا مقصود ہے۔ اس کام کے لئے 4×16 حافظ استعمال کیا جاتا ہے۔ حافظ کو شنائی عدد بطور پتہ مہیا کیا جاتا ہے۔ حافظ نے اس عدد میں 1 کی تعداد بطور مواد خارج کرنا ہے۔ یوں اگر 1011 مشراہم کیا جائے تو 0011₂ وصول ہوگا۔ حافظ میں لکھا گیا مواد جدول میں لکھیں۔

جواب:

اکائیاں	عدد
0000	0000
0001	0001
0010	0001
0011	0010
0100	0001
0101	0010
0110	0010
0111	0011
1000	0001
1001	0010
1010	0010
1011	0011
1100	0010
1101	0011
1110	0011
1111	0100

سوال ۹.۸: انٹرنیٹ سے (ا) 2708، (ب) 2732، (ج) 2764، (د) 27256، (ه) 6116، اور (و) 62256 حافظوں کے معلوماتی صفحات حاصل کر کے ان کی قسم (یعنی پختہ یا عارضی)، جامت اور دورانیہ رسائی دریافت کریں۔ (یہ حافظے مختلف دورانیہ رسائی کی صلاحیت کے لئے دستیاب ہیں۔)

باب ۱۰

قابل تشکیل ترکیبی منطقی ادوار

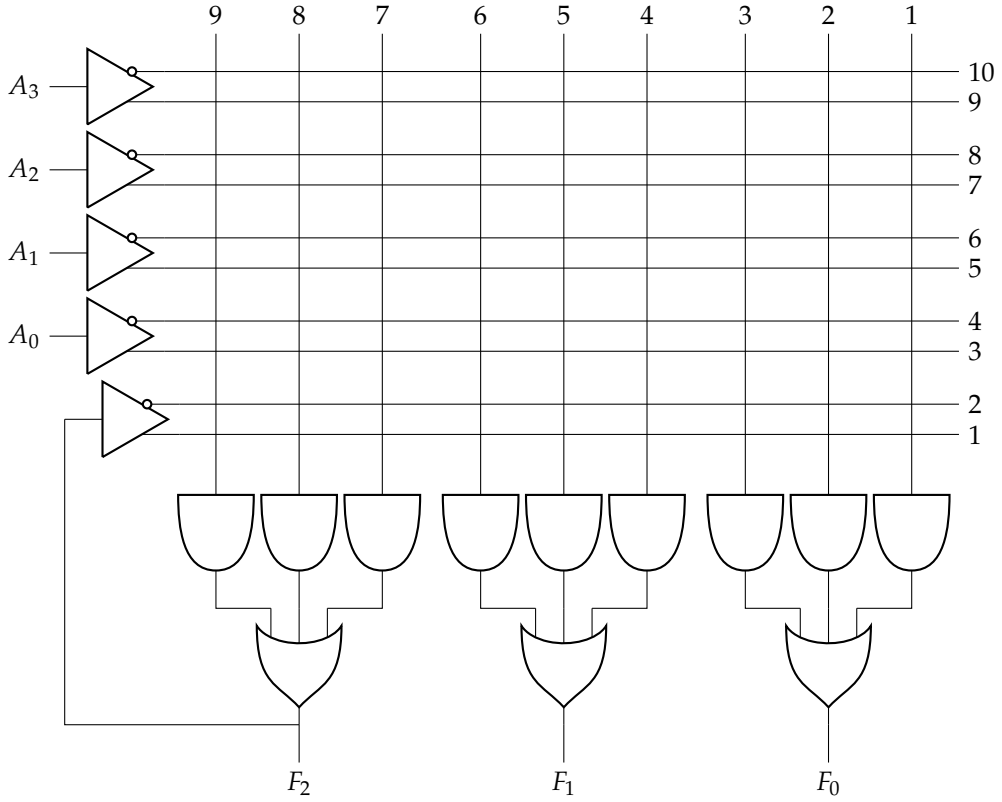
پختہ حافظہ استعمال کرتے ہوئے تفاعل کا حصول گزشتہ باب میں دکھایا گیا۔ m پختہ پختہ حافظہ میں تمام ممکن 2^m ارکان ضرب موجود ہوتے ہیں جنہیں جمع گیٹوں سے جوڑ کر درکار تفاعل حاصل کیے جاسکتے ہیں۔ پختہ حافظہ قابل تشکیل ترکیبی منطقی ادوار^۱، جن پر یہاں غور کیا جائے گا، کی ایک قسم ہے۔

قابل تشکیل ترکیبی منطقی ادوار کی پہلی قسم قابل تشکیل جمع ترکیبی منطقی ادوار^۲ ہے، جن میں پہلا صنف ضرب گیٹ اور دوسرا جمع گیٹ کا ہوتا ہے اور جو مجموعہ ارکان ضرب کی صورت میں تفاعل دیتے ہیں۔ ضرب گیٹوں کی صنف میں داخلی برقی جوڑا مل جبکہ دوسری صنف کے جمع گیٹوں کے داخلی برقی جوڑا قابل تشکیل ہوتے ہیں۔ پختہ حافظہ اس قسم میں شمار ہوتا ہے۔

قابل تشکیل ترکیبی منطقی ادوار کی دوسری قسم قابل تشکیل ضرب ترکیبی منطقی ادوار^۳ ہے، جن میں پہلا صنف ضرب گیٹ اور دوسرا جمع گیٹ کا ہوتا ہے اور جو مجموعہ ارکان ضرب کی صورت میں تفاعل دیتے ہیں۔ پہلی صنف کے ضرب گیٹوں کے داخلی برقی جوڑا قابل تشکیل جبکہ دوسری صنف کے جمع گیٹوں کے داخلی برقی جوڑا مل ہوتے ہیں۔

تیسری اور سب سے زیادہ چمک دار قابل تشکیل ترکیبی منطقی ادوار کی قسم میں پہلی صنف کے ضرب گیٹوں کے داخلی جوڑا اور دوسری صنف کے جمع گیٹوں کے داخلی جوڑا دونوں قابل تشکیل ہوتے ہیں۔ انہیں قابل تشکیل ضرب و جمع ترکیبی منطقی ادوار^۴ کہتے ہیں۔

^۱programmable logic devices (PLDs)
^۲programmable array logic (PAL)
^۳programmable logic array (PLA)
^۴CPLD, complex programmable logic devices



شکل ۱۰.۱: متابل تشکیل ضرب جو ڈوالے ترکیبی دور کی عمومی ساخت

مذکورہ بالا ادوار پروگرامر^۵ (مخلوط دور برنامہ نویس) سے تشکیل دیے جاتے ہیں۔

۱۰.۰.۱ متابل تشکیل ضرب ترکیبی منطقی ادوار

متابل تشکیل ضرب ترکیبی منطقی ادوار کی عمومی ساخت شکل ۱۰.۱ میں دکھائی گئی ہے جہاں دور کے چار مداحل اور تین مخارج ہیں۔ ان ادوار میں عموماً کئی مخارج اشارے بھی بطور مداحل استعمال کیے جاتے ہیں جیسے یہاں F_2 استعمال کیا گیا ہے۔

دکھائے گئے دور کے تین یکاں حصے ہیں۔ ہر حصے میں دس مداحل تین ضرب گیٹ ہیں جو تین مداحل ایک جمع گیٹ کو جاتے ہیں۔ ضرب گیٹ کے مداحل متابل تشکیل جبکہ جمع گیٹ کے مداحل اٹل ہیں۔ دور کے کل چار

مداخلہ ہیں جنہیں مستحکم کار سے گزار کر ان کے متم بھی ضرب گیٹ کو مہیا کیے گئے ہیں۔ اس دور میں 10 داخلہ کُل 9 جمع گیٹ ہیں لہذا اس میں $9 \times 10 = 90$ فٹبے ہوں گے۔

عام دستیاب ادوار میں مداخلہ اور مخرج کی تعداد اس سے زیادہ ہوگی، مثلاً ان میں سولہ مداخلہ، آٹھ مخرج اور آٹھ یکاں اندرونی حصے ہو سکتے ہیں جن میں ہر حصہ آٹھ ضرب اور ایک جمع گیٹ پر مشتمل ہوگا۔ مزید مخرجی اشاروں پر مستحکم کار نصب ہو سکتے ہیں جنہیں بلند رکاوٹی حال کیا جاسکتا ہے۔

آئیں اس دور کو استعمال کرتے ہوئے درج ذیل تفاعل حاصل کرتے ہیں جو ارکان ضرب کے روپ میں دیے گئے ہیں۔

$$\begin{aligned} F_0(A, B, C, D) &= \sum(4, 5, 10, 14) \\ F_1(A, B, C, D) &= \sum(0, 1, 5, 7, 9, 13, 14, 15) \\ F_2(A, B, C, D) &= \sum(0, 1, 5, 7, 14, 15) \end{aligned} \quad (10.1)$$

کارنانف نقشہ جات سے ان تفاعل کا درج ذیل سادہ روپ حاصل کیا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned} F_0 &= \overline{ABC} + AC\overline{D} \\ F_1 &= \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}BD + ABC + A\overline{B}C = F_2 + A\overline{B}C \\ F_2 &= \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}BD + ABC \end{aligned} \quad (10.2)$$

ان مساواتوں میں کوئی بھی ضربی رکن تین سے زیادہ مداخلہ پر مشتمل نہیں لہذا درج بالا تفاعلات کو شکل ۱۰.۱ میں پیش متابل تشکیل ترکیبی منطقی دور استعمال کر کے حاصل کیا جاسکتا ہے۔ شکل ۱۰.۲ میں درج بالا تفاعلات کا دور دکھایا گیا ہے جہاں سالم جوڑ صلیبی نشان سے ظاہر کیے گئے ہیں۔ باقی جوڑ منقطع کیے گئے ہیں۔

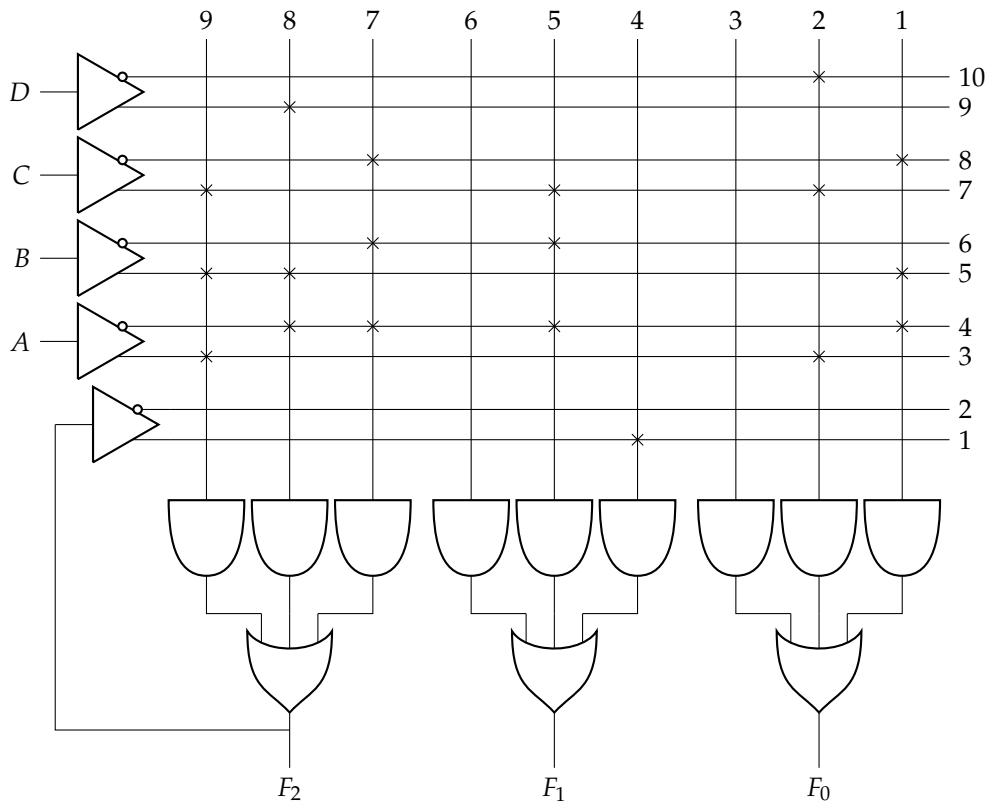
۱۰.۲ متابل تشکیل ضرب و جمع ترکیبی منطقی ادوار

ان ادوار میں بھی پہلی صف ضرب گیٹ اور دوسری صف جمع گیٹوں کی ہوتی ہے البتہ ان میں ضرب گیٹوں اور جمع گیٹوں کے تمام جوڑ متابل تشکیل ہوتے ہیں۔ یوں استعمال کے نکتہ نظر سے یہ نہایت پکڑ دار ہوتے ہیں۔

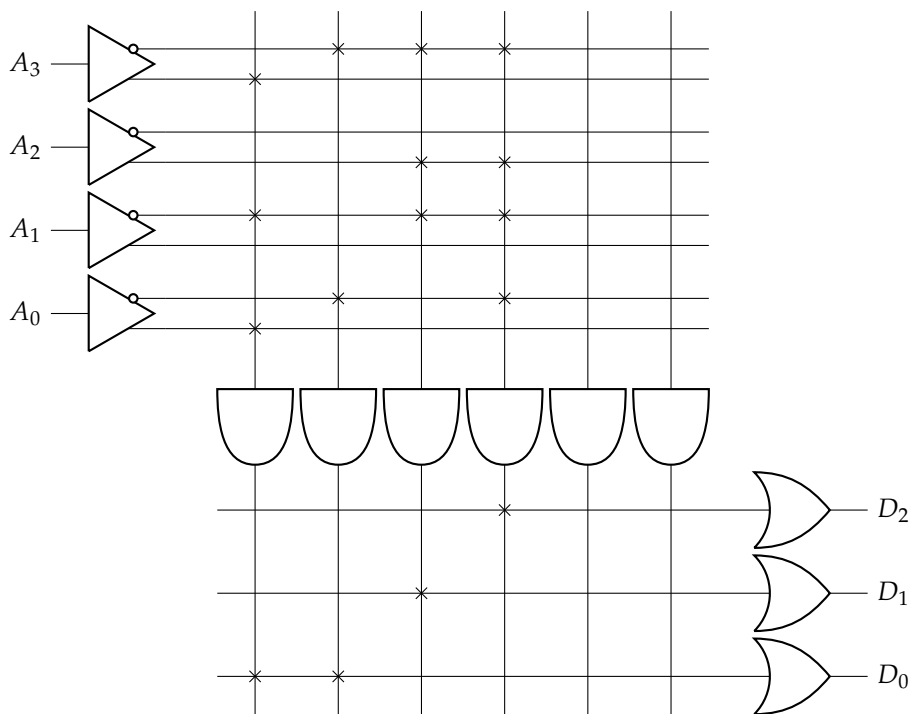
شکل ۱۰.۳ میں متابل تشکیل ضرب و جمع ترکیبی منطقی دور دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں تمام ضرب گیٹوں کے داخلہ جوڑ اور تمام جمع گیٹوں کے داخلہ جوڑ متابل تشکیل ہیں۔ اس دور میں آٹھ داخلہ ضرب گیٹ اور چھ داخلہ تین جمع گیٹ ہیں۔ یوں اس میں کُل جوڑ 66 ہوں گے۔

اس شکل میں درج ذیل تین تفاعل حاصل کیے گئے ہیں جہاں صلیبی نشان سلامت جوڑ کو ظاہر کرتے ہیں۔ ان تفاعل کے حصول میں چار ضرب گیٹ اور تینوں جمع گیٹ کی ضرورت پیش آئی، جبکہ دو ضرب گیٹ زیر استعمال نہیں آئے۔

$$\begin{aligned} D_2 &= \overline{A_0}\overline{A_1}A_2\overline{A_3} \\ D_1 &= \overline{A_1}A_2\overline{A_3} \\ D_0 &= A_0\overline{A_1}A_3 + \overline{A_0}\overline{A_3} \end{aligned} \quad (10.3)$$



شکل ۱۰.۲: تین تفسعات کا حصول



شکل ۱۰.۳: چھ ضرب اور تین جمع گیٹ پر مشتمل تابل تفکیک ضرب و جمع منطقی ترکیبی دور

یہاں دکھایا گیا قابل تشکیل ضرب و جمع ترکیبی منطقی دور صرف سمجھانے کی خاطر ہے۔ حقیقی ادوار میں کئی گنا زیادہ مداحصل، محارج، اور گیٹ ہوں گے۔ شنائی تفاعل کی سادہ ترین صورت حاصل کر کے اسے مخلوط دور میں ڈالا جاتا ہے۔ سادہ ترین روپ کا حصول، جو عموماً ایک مشکل کام ہوگا، کمپیوٹر کے ذریعے کیا جاتا ہے۔ منقطع ہونے والے فنتیوں کی معلومات بھی کمپیوٹر منسراہم کرتا ہے۔ فنتیلے مخلوط ادوار کا پروگرامر منقطع کرتا ہے۔

جیاحص ۳.۱۳ میں ذکر کیا گیا، ضرب و جمع دور کو ضرب متمم و ضرب متمم سے حاصل کیا جاسکتا ہے۔ اسی طرح ضرب متمم گیٹ کے تمام مداحصل ایک ساتھ جوڑنے سے نفی گیٹ حاصل ہوتا ہے۔ اسی لئے حقیقتاً قابل تشکیل ادوار صرف ضرب متمم گیٹ سے بنائے جاتے ہیں۔ شکل ۱۰.۳ میں تمام ضرب، جمع اور نفی گیٹ کی جگہ ضرب متمم نب کرنے سے ایسا دور حاصل ہوگا۔ ایسا دور قابل تشکیل ضرب متمم و ضرب متمم منطقی دور کہلائے گا۔

۱۰.۱ قابل تشکیل ترتیبی ادوار

جیاس باب کی شروع میں ذکر ہوا، وسیع پیمانے کے مخلوط ادوار ترتیبی بناوٹ رکھتے ہیں۔ قابل تشکیل ترکیبی ادوار کے ساتھ پلٹ منسلک کر کے قابل تشکیل ترتیبی ادوار حاصل کیے جاتے ہیں۔ اس طرح کے یکاں کئی حصے ایک مخلوط دور پر میں ڈال کر پیچیدہ قابل تشکیل ترتیبی ادوار بنائے جاتے ہیں۔ ان ادوار میں تمام انفرادی حصوں کے مابین، قابل تشکیل ترکیبی ادوار کی طرح، برقی جوڑوں (فنتیوں) کا جال بچھایا جاتا ہے، اور بیرونی مداحصل کے ساتھ ساتھ دور کے محارج بطور مداحصل استعمال کیے جاسکتے ہیں۔

انتہائی وسیع پیمانے کے مخلوط ادوار^۸ کی بناوٹ صف در صف گیٹوں پر مبنی ہوتی ہے۔ ایسے جدید مخلوط ادوار میں گیٹوں کی تعداد اربوں میں ہوتی ہے۔

انتہائی وسیع پیمانے کے مخلوط ادوار کا ذکر کرتے ہوئے مور کی پیشین گوئی کا ذکر کرنا لازم ہے جنہوں نے ۱۹۶۵ میں پیشین گوئی کی کہ مخلوط ادوار میں گیٹوں کی تعداد ہر دو سال میں دگنی ہوگی۔ یہ پیشین گوئی جسے مور کا قانون^۹ کہتے ہیں اب تک درست ثابت ہوتا آ رہا ہے۔

انتہائی وسیع پیمانے کے مخلوط دور تشکیل دینے کی خاطر تفاعل میں مستعمل گیٹ اور ان کے بیچ جوڑ کی معلومات مخلوط دور تیار کرنے والے صنعت کار کو منسراہم کیا جاتا ہے۔ مخلوط دور بناتے وقت اس معلومات کے تحت گیٹوں کے بیچ درکار جوڑ بنا دیے جاتے ہیں۔ کبھی کبھار صنعت کار صارف کے ضرورت کے مطابق مخلوط دور تیار کرتا ہے۔ ایسے تیار کیے جانے والے ادوار کو خصوصی استعمال کے مخلوط ادوار^{۱۰} کہتے ہیں۔

اس سلسلہ کی آخری قسم موقع پر قابل تشکیل گیٹے صف^{۱۱} ہے جو دراصل انتہائی وسیع پیمانے کے مخلوط ادوار کی وہ قسم

^۸ largescaleintegration (LSI)

^۹ complexPLD (CPLD)

^۸ verylargescaleintegration (VLSI)

^۹ Moore's law

^{۱۰} applicationspecificintegratedcircuit (ASIC)

^{۱۱} fieldprogrammablegatearray (FPGA)

ہے جسے صرف خود تشکیل دے سکتا ہے۔ انہیں بار بار تشکیل دیا جاسکتا ہے۔ ان ادوار میں گیٹ، پلسٹ، شناخت کار، عارضی حافظہ اور اس قسم کے دیگر ادوار پائے جاتے ہیں۔ موقع پر قابل تشکیل گیٹ صف استعمال کرنے کی خاطر کمپیوٹر کا بھرپور استعمال کیا جاتا ہے۔ کمپیوٹر کے مدد سے تیار کرنے کی خاطر کئی کمپیوٹر پروگرام استعمال کیے جاسکتے ہیں۔

مشق ۱۰.۱: انسٹریٹ سے EPM7032 مخلوط دور کے معلوماتی صفات حاصل کریں۔ (i) اس میں کتنے یکساں جے ہیں؟ (ب) کیا ہر جے میں پلسٹ بھی پایا جاتا ہے؟

سوالات

سوال ۱۰.۱: تین کے پہاڑے کا حصول۔ قابل تشکیل ضرب منطقی دور استعمال کر کے ایسا دور تخلیق دیں جس کا مداحل شنائی عدد $A_3A_2A_1A_0$ اور محارج عدد کا تین گنا ہو۔

سوال ۱۰.۲: قابل تشکیل ضرب منطقی دور سے نصف جمع کار کا حصول۔ ایسا دور تخلیق دیں جو شنائی عدد $A_3A_2A_1A_0$ اور $A_7A_6A_5A_4$ جمع کرتا ہو۔

سوال ۱۰.۳: قابل تشکیل ضرب منطقی دور سے مکمل جمع کار کا حصول۔ ایسا دور تخلیق دیں جو شنائی اعداد $A_3A_2A_1A_0$ ، $A_7A_6A_5A_4$ اور حاصل A_8 جمع کر کے $D_5D_4D_3D_2D_1D_0$ حارج کرتا ہو۔

سوال ۱۰.۴: قابل تشکیل ضرب متمم و ضرب متمم منطقی دور استعمال کر کے مساوات ۱۰.۳ کا دور تخلیق دیں۔

سوال ۱۰.۵: قابل تشکیل ضرب متمم و ضرب متمم منطقی دور استعمال کرتے ہوئے ایسا دور تخلیق دیں جو شنائی مسر موز اعشاری اعداد $A_3A_2A_1A_0$ اور $A_7A_6A_5A_4$ کا شنائی مسر موز حاصل ضرب حارج کرتا ہو۔

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۔

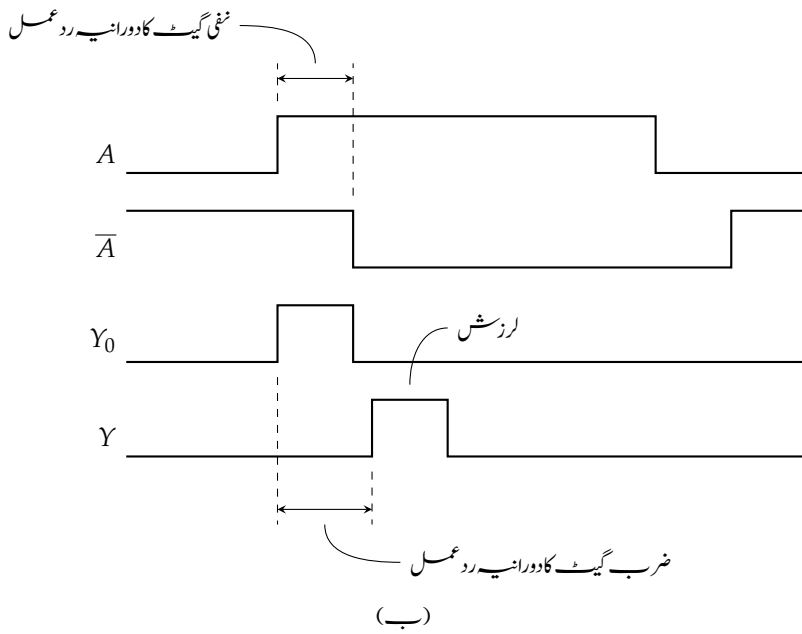
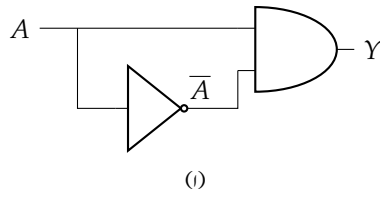
اس کے برعکس غیر معاصر ادوار کے حال کسی لمحہ تبدیل ہو سکتے ہیں جس سے حالت دوڑ اور دیگر مسائل کھڑے ہوتے ہیں جن پر اس باب میں غور کیا جائے گا۔

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

delay^۱



شکل ۱۱.۱: ثبت برقی لرزش.

لرزش^۲ 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 جاسکتی 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^۳ 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۔

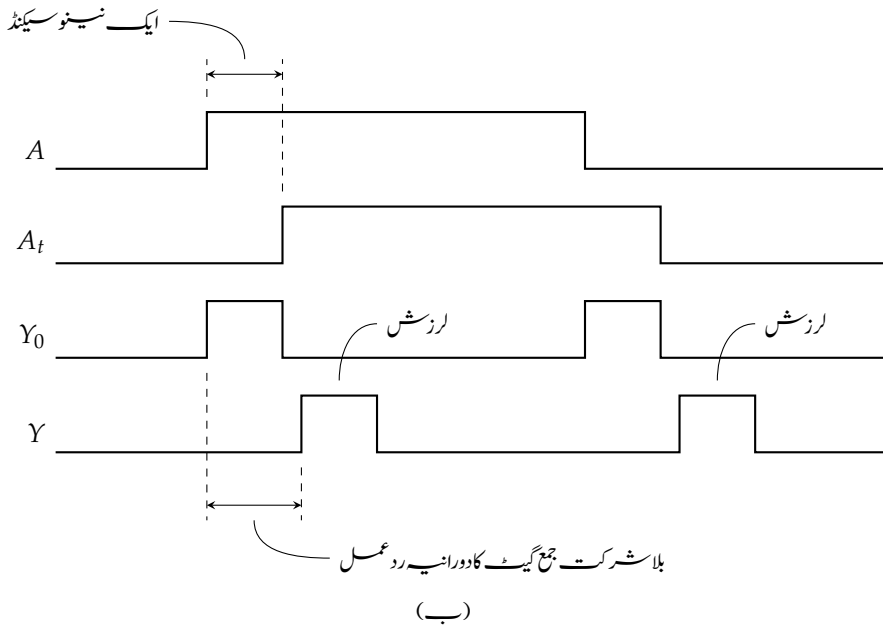
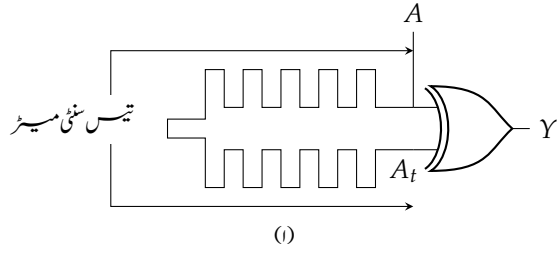
برقی تار میں برقی دباؤ کی رفتار تقریباً حلاء میں روشنی کی رفتار کے برابر ہوتی ہے۔ یوں ایک نینوسیکنڈ میں برقی دباؤ تقریباً $0.3 = 10^{-9} \times 10^8 \times 3$ میٹر یعنی 30 سنی میٹر فاصلہ طے کرتا ہے۔ آئیے دیکھتے ہیں اگر پچھلی مثال تبدیل کر کے نفی گیٹ کی جگہ 30 سنی میٹر برقی تار لگائی جائے اور ضرب گیٹ کی جگہ بلاشرکت جمع گیٹ نصب کیا جائے تو دور کار د عمل کیا ہوگا (شکل ۱۱.۲ دیکھیں)۔

اشارہ A گیٹ کے ایک داخلہ پن پر مہیا کیا گیا ہے جبکہ یہی اشارہ تیس سنی 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 س 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^۴ پیدا ہوگی۔

جب بھی ایک سے زیادہ اشارے بیک وقت تبدیل ہوں، گیٹ اور برقی تاروں میں نا متابل معلوم تاخیر کی بدولت، ان کے اثرات حبا نہ تقریباً ناممکن ہوگا۔ اس مسئلے سے بچنے کی حنا طر 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^۲
transition state^۳
۲ ہے۔ سیکنڈی میٹر 3×10^8 رفتار کی روشنی میں حلاء
feedback signal^۵
unstable condition^۱
fundamental mode^۴



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

asynchronouscombinationalcircuit[^]
feedbacksignal^g
transitiontable^h
feedbacksignalsⁱⁱ

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 محتاج جبکہ A اور B اگلے محتاج 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 محتاج ab اور اگلے محتاج 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 ^{۱۳} 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 ^{۱۴} 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

^{۱۲} statevariables

^{۱۳} transientstate

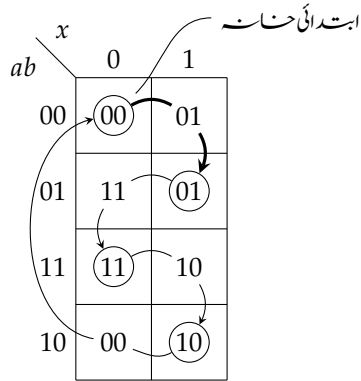
^{۱۴} کسی بھی مستحکم حال حنائے کو ابتدائی حنائے منتخب کیا جاسکتا ہے۔

		عسبوری جدول		کارٹاف نقشہ برائے A		کارٹاف نقشہ برائے B	
ab	x	0	1	ab	x	0	1
	00	00	01	00	0	0	0
01	01	11	01	01	1	1	0
11	11	11	10	11	1	1	1
10	10	00	10	10	0	0	1

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

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

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۔ تیر دار لکیر 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 تیر دار لکیروں سے یہ مراحل 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^{۱۵} 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 پولین 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 مداحل تبدیل کر کے دور کے عسبوری حال پر غور کیا جاسکتا ہے۔

۱۱.۱.۲ بہاؤ کا جدول

شکل ۱۱.۴ 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^{۱۶} 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**^{۱۸} کہلاتا ہے۔

^{۱۶} flowtable
^{۱۷} primitiveflowtable
^{۱۸} nonprimitiveflowtable

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

عسبوری جدول

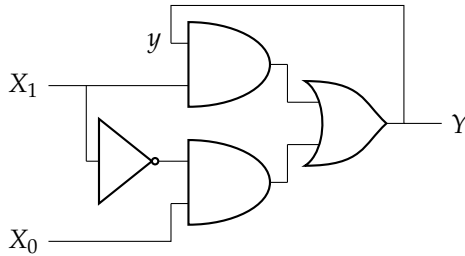
$$a = 0$$

$$b = 1$$

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

غیر اولین ہسا کا جدول

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



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

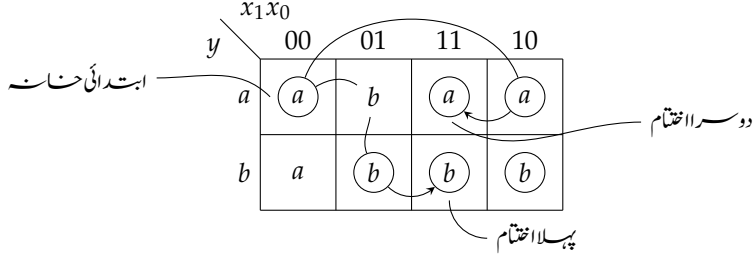
کہتے ہیں۔

ہسا کے جدول سے دور حاصل کرنے کے لئے پہلے عسبوری جدول حاصل کیا جاتا ہے۔ ہسا 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 ۷۔ ۱۱ میں دکھایا گیا ہے۔ دور کے اگلے محسار y کو Y اور موجودہ محسار y کو y سے ظاہر کر کے عسبوری جدول سے Y (نقطہ دار مستطیلوں سے گروہ بندی کر کے) کا تقف عمل حاصل کرتے ہیں۔

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

اس تقف عمل کا دور شکل ۱۱.۸ میں پیش ہے۔

شکل ۷۔ ۱۱ میں پیش ہسا کے جدول کے استعمال پر شکل ۱۱.۹ کی مدد سے غور کرتے ہیں۔ مشرض 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



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

کر کے عبوری حال b سے گزر کر مستحکم حال (b) پہنچتی ہے۔ دوسری تیسرے وار لکیر مستحکم حال b سے آغاز کر کے پہلے اختتامی مستحکم حال b پہنچتی ہے۔

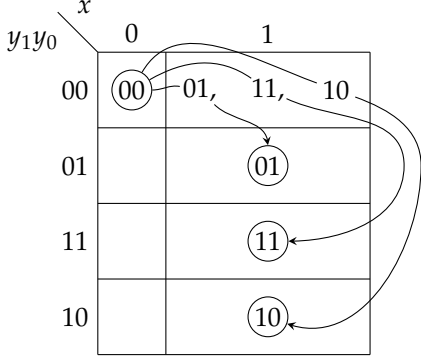
اس کے برعکس، ابتدائی خانے سے آغاز کرتے ہوئے x_1 برقرار اور x_0 تبدیل کرنے کی بجائے ہم x_0 کی قیمت 0 رکھتے ہوئے x_1 کی قیمت 1 کرتے ہیں، یعنی $x = 10$ کرتے ہیں۔ بہاؤ کے جدول کے مطابق حال a برقرار رہے گا۔ اب اگر x_0 کی قیمت بھی 1 کر دی جائے، یعنی $x = 11$ کر دی جائے، تو اختتامی حال برقرار a رہے گا۔ اس کو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

۱۱.۱.۳ حالت دوڑ

حالت دوڑ^{۱۹} 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 بازری راہ کی تاخیر دوسری بازری 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 (نا معلوم تاخیر کی بنا پر) حال تبدیل ہونے کی ترتیب جاننا ممکن نہیں۔

^{۱۹} racecondition



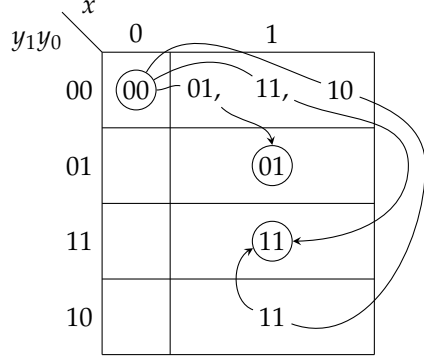
ممکنہ تبادلہ حال

00 → 01 → 01

00 → 11 → 11

00 → 10 → 10

شکل ۱۱.۱۰: بحیرانی دوڑ کی دوسری مثال



ممکنہ تبادلہ حال

00 → 01 → 01

00 → 11 → 11

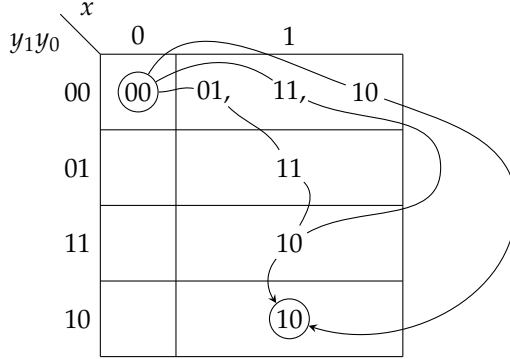
00 → 10 → 11 → 11

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 مداحسل x اور بازرسی اشارات y_0 ، اور y_1 (یعنی محسار ج Y_0 اور Y_1) ہیں۔ حال کو **مکمل حال** $Y_1 Y_0 x$ لکھتے ہوئے حال 000 سے آغاز کر کے بیرونی مداحسل 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 بازرسی 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 $x = 0$

^{۲۰}criticalrace
^{۲۱}non-criticalrace



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 حثالی 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 $Y_1 Y_0 x = 000$ 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 ۱۱.۱۲ میں دکھائی گئی ہے۔ اس مثال میں $Y_1 Y_0 x = 000$ 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 ہوتے 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
 $00 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 01$
 (۱)

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 دوڑ ہوگی۔

مخصوص اور منفرد عبوری حال سے گزر کر اختتامی مستحکم حال اختیار کرنے کو پھیرا^{۲۲} لگانا کہتے ہیں۔ اس کی مثال شکل ۱۱.۱۳ میں دی گئی ہے۔ ان اشکال میں حالت دوڑ نہیں پائی جاتی چونکہ ایک وقت میں صرف ایک مختارج 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 پہنچا 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^{۲۳} کہلاتا ہے۔ شکل ۱۱.۱۴ میں اس کی مثال دکھائی گئی ہے جہاں بیرونی مداخلت 1 کرنے سے دور مستحکم حال تک پہنچنے بغیر عبوری حال سے عبوری حال منتقل ہوگا۔ ایسے ادوار بطور مر تعیش^{۲۴} استعمال کیے جاتے ہیں۔ ادوار کو کبھی بھی غیر مستحکم نہیں ہونے دیا جاتا ماسوائے جب انہیں بطور مر تعیش استعمال کرنا مقصد ہو۔

اس مر تعیش کی کارکردگی پر غور کرتے ہیں۔ جدول میں بیرونی مختارج Y_0 اور Y_1 کو ایک ساتھ ملا کر Y_1Y_0

cycle^{۲۲}
 unstable circuit^{۲۲}
 oscillator^{۲۴}

		x	
		0	1
y_1y_0	00	00	01
	01		11
	11		01
	10		01

01	→	11	→	01
ارتعاش				

شکل ۱۱.۱۴: مارتعش

لکھا جاتا ہے۔ انہیں بیرونی مخارج سے بالترتیب ازری اشارات y_0 اور y_1 حاصل کیے گئے ہیں، جنہیں جدول کے بائیں جانب قطار میں ایک ساتھ ملا کر y_1y_0 لکھا گیا ہے۔ فرض کریں $x = 0$ رکھتے ہوئے (جہاں x بیرونی مداحصل ہے)، ہم مستحکم حال 00 سے آغاز کرتے ہیں جو دائرہ میں بند دکھایا گیا ہے۔ جدول کے تحت حال $Y_1Y_0 = 00$ ہوگا اور $y_1y_0 = 00$ ہوگا۔ اب ہم مستقل طور پر $x = 1$ کرتے ہیں، جس سے حال پہلی (بالائی) صف میں رہتے ہوئے دائیں قطار منتقل ہوگا جہاں حال $Y_1Y_0 = 01$ ہے۔ یوں $Y_1Y_0 = 01$ اور $y_1y_0 = 00$ ہوں گے جو غیر مستحکم یعنی عبوری حال کی نشاندہی ہے (مستحکم حال کی صورت میں حال اور بازری اشارات ایک جیسے ہوں گے)۔ غیر مستحکم حال جدول میں غیر دائرہ بند ہیں۔

بیرونی مداحصل بلند رہنے کی صورت میں ہم جدول کی دائیں قطار میں رہتے ہیں۔ کچھ تاخیر کے بعد بازری اشارات تک حال $Y_1Y_0 = 01$ کی خبر پہنچتی ہے لہذا ان تاخیر کے بعد $y_1y_0 = 01$ ہوگا۔ لیکن جدول کے تحت $x = 1$ کی قطار اور $y_1y_0 = 01$ کی صف میں حال $Y_1Y_0 = 11$ پایا جاتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ اب بھی حال $Y_1Y_0 = 11$ اور بازری اشارات $y_1y_0 = 01$ ایک دوسرے سے مختلف ہیں۔ یوں ہم اب بھی عبوری حال میں ہیں، جس میں دور زیادہ دیر نہیں ٹہر سکتا۔

چند لمحوں کی تاخیر کے بعد بازری اشارات تک اس حال کی خبر پہنچتی ہے اور $y_1y_0 = 11$ ہوگا۔ لیکن $x = 1$ کی قطار اور $y_1y_0 = 11$ کی صف میں حال $Y_1Y_0 = 01$ ہے جو عبوری ہے۔ چند لمحوں بعد بازری اشارات بھی $y_1y_0 = 01$ ہوں گے لیکن ہم دیکھ چکے کہ وہاں سے دور جلد واپس حال 11 منتقل ہوگا۔ یوں اس جدول کے تحت چلتا ہوا دور حال $Y_1Y_0 = 01$ اور $Y_1Y_0 = 11$ کے بیچ ارتعاش کرے گا۔

		مداخل x_1x_0			
f_1f_0	حالت	00	01	11	10
00	a	(a)	b	c	c
01	b	a	(b)	c	d
10	c	a	b	(c)	(c)
11	d	(d)	b	c	(d)

(ب)

		مداخل x_1x_0			
f_1f_0	حالت	00	01	11	10
00	a	(a)	b	c	c
01	b	a	(b)	c	d
11	c	a	b	(c)	(c)
10	d	(d)	b	c	(d)

(ا)

شکل ۱۱.۱۵: حالات کے متغیرات کا تقعر

۱۱.۲ حالت دوڑ سے پاک شنائی علامتوں کا تقعر

حالات دوڑ کی صورت۔ اس وقت پیدا ہوگی ہے جب ایک سے زیادہ محارج بیک وقت حال تبدیل کرنے کی کوشش کریں۔ بحرانی دوڑ کی صورت میں ادوار قابل استعمال نہیں رہتے۔ اس حصے 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 حاصل 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 محارج حال تبدیل کرنے کی کوشش کرتا ہو، وہ حالات دوڑ سے دوچار نہیں ہوتے۔ اس حقیقت کو بروئے کار لاتے ہوئے حالات دوڑ ختم کی جاتی ہے۔

عبوری جدول کے حصول کے بعد اس میں درج حال کو شنائی علامتیں تعین کی جاتی ہیں۔ جن حال کے مابین عبوری جدول میں تبادلہ پایا جاتا ہو، ان حال کو ہمماہیہ شنائی علامتیں مختص کرنے سے بحرانی دوڑ سے پاک دور حاصل ہوگا۔ دواہیے شنائی اعداد ہمماہیہ اعداد^{۲۱} کہلاتے ہیں جن میں صرف ایک ہندسے کا فرق ہو۔ یوں 1010 اور 1110 ہمماہیہ اعداد ہیں چونکہ ان میں صرف ایک ہٹ مختلف ہے۔ اسی طرح 1110 اور 0110 آپس میں ہمماہیہ ہیں جبکہ 1010 اور 0110 آپس میں ہمماہیہ نہیں۔

اس ترکیب کو شکل ۱۱.۱۵-۱ میں دی مثال کی مدد سے دیکھتے ہیں جس میں چار صف ہیں۔ یوں دو ہٹ **حالت** کا متغیر f_1f_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 صف 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 ہوا لہذا حالات دوڑ پیدا نہیں ہو

		مد اخل x_1x_0			
$f_3f_2f_1f_0$	حال	00	01	11	10
0001	a	(a)	b	c	c
0010	b	a	(b)	c	d
0100	c	a	b	(c)	(c)
1000	d	(d)	b	c	(d)

شکل ۱۱.۱۶: حالات دوڑ سے پاک حال کے متغیرات کا تقصر

گی۔ اس کے برعکس، پہلی صف 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 دوہندے بیک وقت تبدیل ہونے کی کوشش کرتے ہیں لہذا حالت دوڑ پیدا ہوگی۔ یوں دوہندے حال کا متغیر تقصر کرنے سے حالت دوڑ پیدا ہوگی۔ ایسی صورت میں دو سے زیادہ ہندے حال کا متغیر استعمال کر کے دیکھا جاتا ہے کہ آیا حالات دوڑ سے چھٹکارا ممکن ہے۔

کبھی کبھار چار صف عبوری جدول میں دوہندے حال کا متغیر یوں تقصر کرنا ممکن ہوگا کہ حالات دوڑ پیدا نہ ہو۔

شکل ۱۱.۱۵-ب میں حال کے متغیر کی ترتیب بدل کر حالات 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 $f = 11$ متحقق کیے گئے۔ پہلی صف 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 ہندے تبدیل ہوگا، لہذا پہلی صف میں حالات 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 دوہندے کی تبدیلی سے سراسر حالات دوڑ ہے۔

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

شکل ۱۱.۱۶ میں حال کا متغیر چار ہندے رکھا گیا ہے اور اس میں ایک وقت پر صرف ایک ہندے بلند ہے۔ یوں حال a ، b ، c اور d کے لئے حال کے متغیر بالترتیب 0001، 0010، 0100، اور 1000 مقرر کیے گئے۔

شکل ۱۱.۱۶ میں جدول کی پہلی صف میں مد اخل کی قیمت 00 سے 01 کرنے سے دور حال a سے حال

		مداخل x_1x_0			
$f_3f_2f_1f_0$	حال	00	01	11	10
0001	a	a	e	c	c
0010	b	a	b	c	d
0100	c	a	b	c	c
1000	d	d	b	c	d
0011	e	—	b	—	—

شکل ۱۱.۱۷: عبوری حال سے حالت دوڑ کا خاتمہ

b منتقل ہوتا ہے۔ یوں حال کا متغیر 0001 سے 0010 ہو گا 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 ۱۱.۱۷ اختیار کرتا ہے۔

اب پہلی صف میں مداخل 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 تیسر دار لکیر سے ظاہر کیا گیا ہے۔ اس پورے عمل میں ہر قدم پر حال کے متغیر کا صرف ایک بٹ تبدیل ہوتا ہے لہذا احالت 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^{۲۸} ہوگی۔

اس کے برعکس، پہلی صف میں مداخل 00 سے 10 کرنے سے شکل ۱۱.۱۷ میں حال a سے حال c حاصل ہو گا۔ 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 چھٹکارا 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 ۱۱.۱۸ ملتا ہے۔

^{۲۸}don't care

		مد داخل x_1x_0			
$f_3f_2f_1f_0$	حال	00	01	11	10
0001	a	(a)	e	f	f
0010	b	a	(b)	c	d
0100	c	a	b	(c)	(c)
1000	d	(d)	b	c	(d)
0011	e	—	b	—	—
0101	f	—	—	c	c

شکل ۱۱.۱۸: عبوری حال سے حالت دوڑ کا خاتمہ

یہی طریقہ کار تمام خانوں کے لئے دہرایا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے شکل ۱۱.۱۹ 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 دوڑ پیدا 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

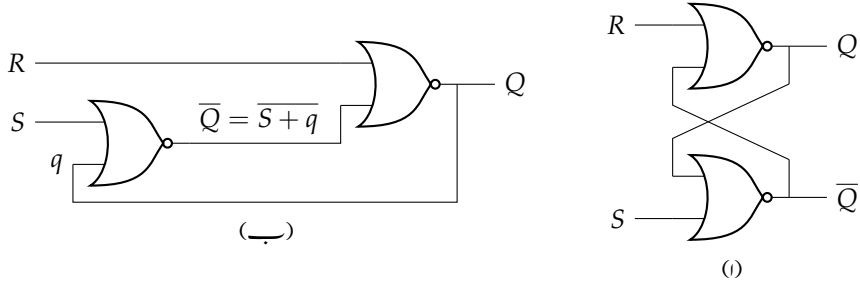
عبوری جدول استعمال کر کے ایس آر پلٹ پر غور کرتے ہیں۔ شکل ۱۱.۲۰ میں ایس آر پلٹ اور شکل-ب میں اسی کو بطور بازار سے دور پیش کیا گیا ہے جہاں بازار سے اشارہ q کی پہچان آسان ہے۔ شکل-ب سے درج ذیل حاصل ہوگا۔

$$Q = \overline{\overline{R + S + q}} \\ = \overline{RS + Rq}$$

حال کے متغیر Q کو بطور بازار سے اشارہ q استعمال کیا گیا ہے۔ یوں حال کا متغیر Q ، اندرونی مد داخل q جبکہ بیرونی مد داخل S اور R ہیں۔ انہیں استعمال کرتے ہوئے (درج بالا مساوات کی مدد سے) شکل-ج میں پیش عبوری جدول حاصل کی گئی جہاں جدول کے اندر Q کی قیمت درج ہے۔ آئیے اس پلٹ کا تجزیہ اس کے عبوری جدول کی مدد سے کریں۔ پلٹ کا جدول صداقت مندرجہ ذیل ہے۔

		مداخل x_1x_0			
$f_3f_2f_1f_0$	حال	00	01	11	10
0001	a	(a)	b', e	ϕ, f	ϕ, f
0010	b	ϕ, e	(b)	c	d
0100	c	ϕ, f	b', g	(c)	(c)
1000	d	(d)	b', h	ϕ, i	(d)
0011	e	a	b	—	—
0101	f	a	—	c	c
0110	g	—	b	c	—
1010	h	—	b	—	d
1100	i	—	—	c	—

شکل ۱۱.۱۹: حالات دوڑے مکمل پاک حال کے متغیرات کا تقرر



(ب)

		SR			
	q	00	01	11	10
0		0	0	0	1
1		1	0	0	1

(ج)

شکل ۱۱.۲۰: ایس آر پلٹ

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

جدول سے ظاہر ہے کہ جمع متمم گیٹ پر مبنی ایس آر پلٹ استعمال کرتے ہوئے دونوں مداحخل بیک وقت بلند کرنے کی اجازت نہیں۔ دونوں مداحخل بیک وقت بلند کرنے سے پلٹ کے مخارج Q اور \bar{Q} بیک وقت پست ہوں گے جبکہ ہر صورت ان کا آپس میں متضاد رہنا ضروری ہے۔ درج ذیل مساوات پر پورا اترنے سے یہ شرط پوری ہوگی۔

(۱۱.۳)

$$S \cdot R = 0$$

شکل ۱۱.۲۱ 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 پست ($Q = 0$) ہے۔ عبوری جدول کے تحت $SR = 00$ کرنے سے حال کا متغیر پست رہے گا۔ شکل الف میں تیردار 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

		SR			
q	0	00	01	11	10
	0	0	0	0	1
	1	1	0	0	1

(ب)

		SR			
q	0	00	01	11	10
	0	0	0	0	1
	1	1	0	0	1

(ا)

شکل ۱۱.۲۱: ایس آر پلٹ کا استعمال

جدول کے مطابق $SR = 00$ کرنے سے پلٹ بلند حال میں رہے گا، جو شکل-ب میں تیردار لکیر سے دکھایا گیا ہے۔ یہ دونوں اعمال پلٹ کے بولین جدول سے بھی واضح ہیں۔

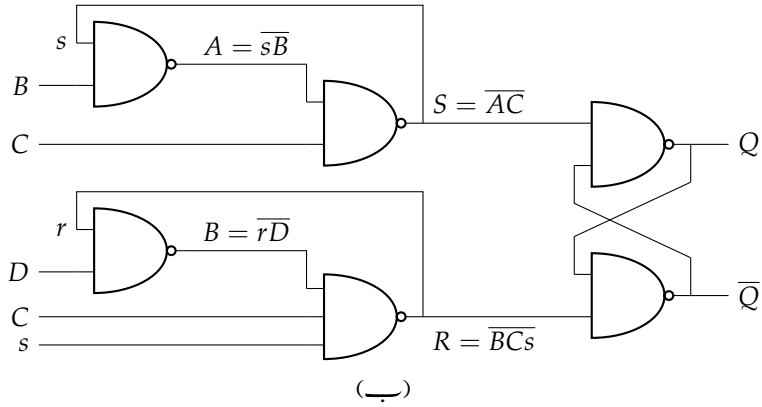
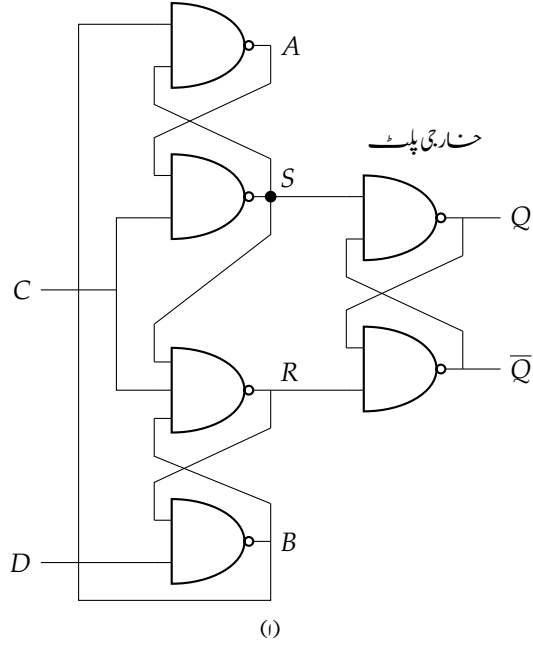
اب دیکھتے ہیں $SR = 11$ سے آغاز کرتے ہوئے $SR = 00$ کرنے سے کیا صورت پیدا ہوتی ہے۔ یاد رہے ان ادوار کو بنیادی طریقہ کار کے تحت چلایا جاتا ہے جہاں ایک سے زیادہ بیرونی مداحل تبدیل کرنے کی اجازت نہیں۔ بہر حال پھر بھی دیکھتے ہیں کہ ایسا کرنے سے کیا مسائل کھڑے ہوتے ہیں۔ بولین جدول کے مطابق $SR = 00$ کرنے 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 مختار جہز 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 ۱۱.۲۲-۱ میں ڈی پلٹ دکھایا گیا ہے جو ساعت کے کنارہ پر چلتا ہے۔ ڈی پلٹ میں اندرونی بازری دور پلٹا جاتا ہے جس کے اندرونی حال کے متغیرات S اور R جبکہ بازری اشارات s اور r ہیں^{۲۹}۔ شکل-ب میں ڈی پلٹ کو بازری دور کے طرز پر بنایا گیا ہے تاکہ بازری اشارات s اور r کی پہچان آسان ہو۔

اس دور میں S اور R حال کے متغیرات، s اور r بازری اشارات، جبکہ C اور D بیرونی مداحل

^{۲۹} اس کتاب میں ضرب متعم گیت پر مبنی ایس آر پلٹ کے مداحل عموماً \bar{S} اور \bar{R} لکھے گئے ہیں۔ یہاں S اور R لکھا گیا ہے۔ امید کی جاتی ہے کہ اس سے پریشانی پیدا نہیں ہوگی۔



شکل ۱۱.۳۲: ڈی پلٹ بطور بازرسی دور

ہیں۔ یوں درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned}
 A &= \overline{sB} \\
 B &= \overline{Dr} \\
 S &= \overline{AC} = \overline{A} + \overline{C} = \overline{sB} + \overline{C} = sB + \overline{C} = s(\overline{rD}) + \overline{C} \\
 &= s(\overline{r} + \overline{D}) + \overline{C} \\
 R &= \overline{BCs} = \overline{B} + \overline{C} + \overline{s} = \overline{Dr} + \overline{C} + \overline{s} \\
 &= Dr + \overline{C} + \overline{s}
 \end{aligned}
 \tag{۱۱.۴}$$

ان مساوات سے حاصل S اور R کے بولین جدول کو کارٹائف نقشہ جات کے طرز پر شکل ۱۱.۲۳-۱۱ اور شکل-ب میں لکھ کر شکل-ج کا عبوری جدول حاصل کیا گیا۔ مکمل حال $srCD$ کی صورت میں لکھے ہوئے اس جدول پر غور کرتے ہیں۔

منرض کریں جس لمحے پلٹ کو برقی طاقت مہیا کر کے زندہ کیا جاتا ہے اس لمحے ساعت، C ، اور بیرونی مداحسل، D ، دونوں پست ہیں۔ عبوری جدول کے مطابق دور $CD = 00$ کی قطار میں ہوگا۔ اس قطار میں پہلا خانہ 0000، دوسرا خانہ 0100، اور چوتھا خانہ 1000 عبوری حال کے متغیر ظاہر کرتے ہیں۔ ان خانوں میں عبوری حال $SR = 11$ ہے۔ تیسرا خانہ 1100، مستحکم حال $SR = 11$ ظاہر کرتا ہے۔ اگر برقی طاقت کی منراہی 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 ہونے ہی دور سیدھا 1100 خانے میں داخل ہو تب وہ یہی رہے گا۔

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 جاننے ہیں ایس آر پلٹ کے دونوں مداحسل بلند ہونے کی صورت میں پلٹ اپنا حال برقرار رکھتی ہے۔ یوں شکل ۱۱.۲۲ میں خداجی 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 حال $srCD = 1100$ بطور مستحکم حال ملتا ہے۔ جدول کے اس خانے میں a لکھ کر اسے احبا کر کیا گیا ہے۔ یہاں $SR = 11$ کی بدولت خداجی 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

sr	CD			
	00	01	11	10
00	1	1	0	0
01	1	1	0	0
11	1	1	0	1
10	1	1	1	1

$$S = s(\bar{r} + \bar{D}) + \bar{C}$$

(ب)

sr	CD			
	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	1	1	1	1
11	1	1	1	0
10	1	1	0	0

$$R = rD + \bar{C} + \bar{s}$$

(د)

sr	CD			
	00	01	11	10
00	11	11	x 01	x 01
01	u 11	v 11	n (01)	q (01)
11	a (11)	b (11)	k 01	e 10
10	p 11	j 11	i (10)	m (10)

(ج)

شکل ۱۱.۲۳: ڈی پلٹ کے عبوری جدول کا حصول اور استعمال

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 مداخلت C بلند ہوتا ہے۔ بیرونی مداخلت C جس لمحہ 0 سے 1 ہوتا ہے اس لمحے کو ساعت کا کنارہ چڑھائی^{۳۱} کہتے ہیں۔ یوں $D = 0$ کی صورت میں ساعت کے کنارہ چڑھائی 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 تیسر دار لکیر سے ظاہر کیا گیا ہے۔ خلاصہ یہ ہے کہ $D = 0$ کی صورت میں ساعت کے کنارہ چڑھائی پر $Q = 0$ ہو جائے گا یعنی ڈی پلٹ پست حال اختیار کرے گی۔

اس پورے عمل پر دوبارہ غور کرتے ہیں۔ ساعت کے کنارہ چڑھائی 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 غنیر یقینی صورت پیدا نہیں ہوگی۔

اسی طرح مکمل حال $srCD = 1101$ میں موجود دور، ساعت کے کنارہ چڑھائی 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 تیسر دار لکیر ظاہر کرتی ہے۔ یہ قدم بلند بیرونی مداخلت $D = 1$ اور ساعت کے کنارہ چڑھائی پر $SR = 01$ کی صورت میں ہونے والا عمل ہے جس سے داخلی پلٹ بلند ہو کر ڈی پلٹ کا محارج بلند ($Q = 1$) کرتا ہے۔

ساعت کے کنارہ اترائی پر ہونے والے عمل کو تیسر دار لکیروں سے ظاہر کیا گیا ہے۔ انہیں آپ خود سمجھ سکتے ہیں۔ یہ دونوں لکیریں یہ حقیقت واضح کرتی ہیں کہ ساعت کے کنارہ اترائی پر عبوری حال اور اختتامی مستحکم حال دونوں میں $SR = 11$ ہوگا لہذا بیرونی پلٹ اپنا حال برقرار رکھے گی اور یوں ساعت کے کنارہ اترائی پر ڈی پلٹ کے حال میں کسی قسم کی تبدیلی رونم نہیں ہوگی۔

ایک آخری بات۔ اس پلٹ کے حوالے سے کرتے ہیں۔ شکل ۱۱.۲۲ 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 محارج بلند ہو جائیں گے جو کہ ناممکن قبول 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 مبسبی غیر معاصر ادوار کا قدم با قدم تجزیہ

مذکورہ بالا مثالوں میں استعمال کیے گئے طریقہ کار کو یہاں بیان کرتے ہیں۔ پلٹ کے اپنے بازاری اشارات کو نظر 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 مداحل کی مساوات حاصل کریں۔

• جمع متمم گیٹ پر مبسبی ایس آر پلٹ کے لئے تسلی کر لیں کہ $SR = 0$ ہے جبکہ ضرب متمم گیٹ پر مبسبی ایس آر پلٹ کے لئے $\bar{S} \bar{R} = 0$ ہونا ضروری ہے۔ ایسا ہونے کی صورت میں پلٹ عنط متانج 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 مداحل x لکھیں جہاں y سے مراد $y_3 y_2 y_1 y_0 \dots$ جبکہ x سے مراد $x_3 x_2 x_1 x_0 \dots$ ہے۔

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

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

باب ۱۲

کمپیوٹر الف

اس باب میں کمپیوٹر کی سادہ ترین ساخت پر غور کیا جائے گا۔ سادہ ہونے کے باوجود اس میں کئی اعلیٰ تصورات شامل ہیں۔ اس باب کو پڑھنے اور سمجھنے کے بعد آپ جدید کمپیوٹر کی بناؤٹ سمجھ پائیں گے۔

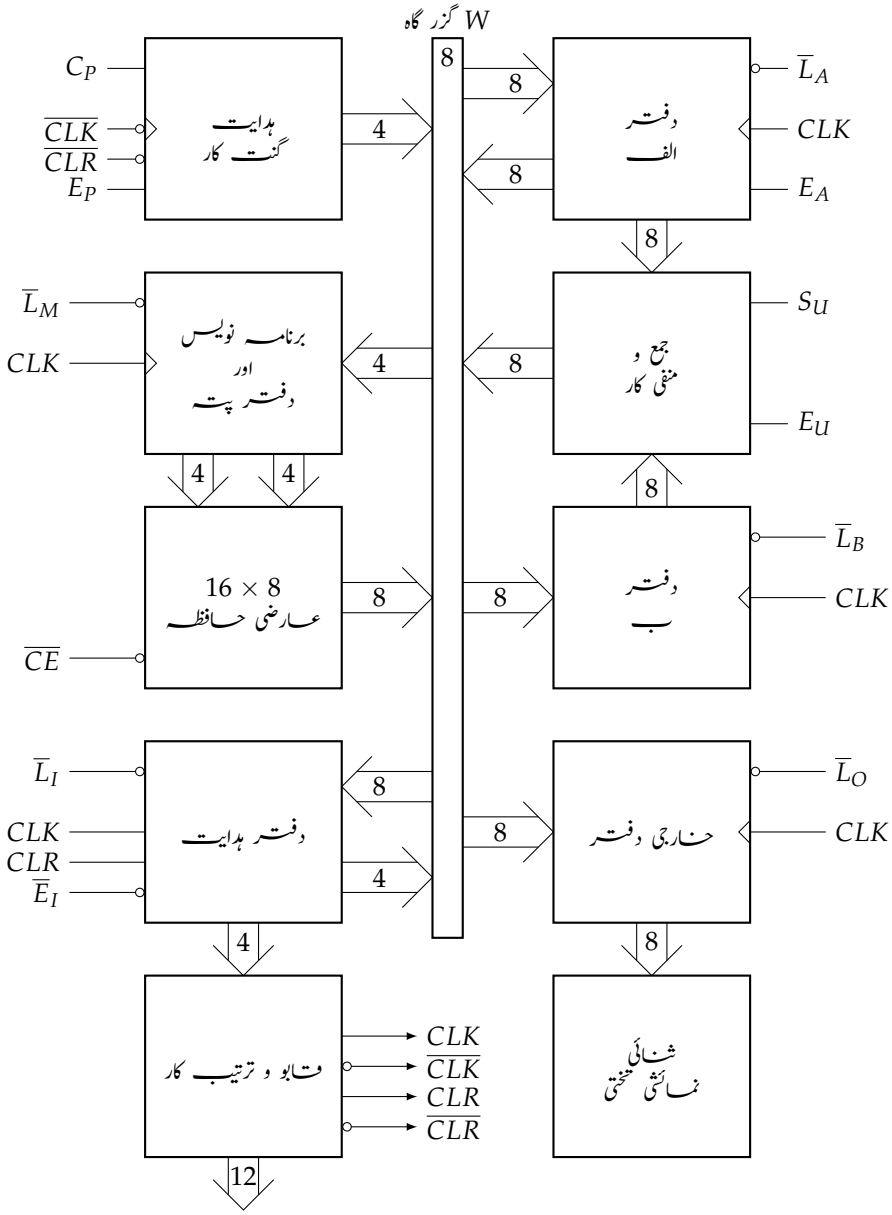
۱۲.۱ بناؤٹ

اس سادہ ترین کمپیوٹر (جس کو ہم کمپیوٹر الف کہیں گے) کی بناؤٹ شکل ۱۲.۱ میں پیش ہے۔ یہ ایک مکمل کمپیوٹر ہے۔ دفاتر کے وہ حنروج جو آٹھ ہٹ گزر گاہ سے جڑے ہیں، سہ **حالیہ** ہیں؛ جو مواد کی منظم ترسیل ممکن بناتا ہے۔ آٹھ ہٹ گزر گاہ سے مراد آٹھ برقی تاریں ہیں جو ذیلی ادوار (مثلاً حافظہ، جمع و منفی کار) کے مابین مواد کی ترسیل ممکن بناتے ہیں۔ دفاتر کے باقی حنروج دو **حالیہ**^۲ ہیں؛ یہ حنروج ان ڈب ادوار کو مسلسل معلومات (مواد، پتہ، شمار وغیرہ) منراہم کرتے ہیں جن سے یہ منسلک ہیں۔

کمپیوٹر الف کے مختلف حصے واضح کرنے کی عنرض سے شکل ۱۲.۱ بنایا گیا ہے۔ اسی لئے تمام متابو اشارات ایک ڈب جسے **قلبو مرکز**^۳ کہتے ہیں، تمام داخلی اور حنراجی ادوار ایک ڈب جسے **دخول و خروج مرکز**^۴ کہتے ہیں، وغیرہ، میں نہیں رکھے گئے ہیں۔

شکل ۱۲.۱ میں پیش کئی دفاتر آپ پہلے سے جانتے ہیں۔ ہر ڈب کی مختصر خصوصیات بیان کرتے ہیں؛ ان پر تفصیلی گفتگو بعد میں کی جائے گی۔

tri-state^۱
two-state^۲
control unit^۳
input-output unit^۴



$$C_P E_P \bar{L}_M \bar{C}E \bar{L}_I \bar{E}_I \bar{L}_A E_A S_U E_U \bar{L}_B \bar{L}_O$$

شکل ۱۲.۱: کمپیوٹر الف کی بناوٹ

ہدایت گنت کار

حافظہ کے شروع میں برنامہ^۵ (پروگرام) رکھا جاتا ہے۔ پہلا ہدایت شنائی پتہ 0000 پر، دوسرا ہدایت پتہ 0001، اور تیسرا ہدایت 0010 پر ہوگا۔ ہدایت گنتے کار^۶، جو تباہی مرکز کا حصہ ہے، 0000 تا 1111 گردان کرتا ہے۔ اس کا کام حافظہ کو وہ پتہ فراہم کرنا ہے جس سے اگلا ہدایت پڑھ کر عمل میں لایا جائے گا۔ یہ کام درج ذیل طریقے سے سرانجام ہوگا۔

کمپیوٹر کی ہر دوڑ سے قبل ہدایت گنت کار 0000 کر دیا جاتا ہے۔ جب کمپیوٹر کی دوڑ شروع ہوتی ہے ہدایت گنت کار حافظہ کو پتہ 0000 فراہم کرتا ہے۔ اس کے بعد ہدایت گنت کار ایک قدم بڑھا کر 0001 کر دیا جاتا ہے۔ پہلا ہدایت (مقام 0000 سے) پڑھ کر اس پر عمل کیا جاتا ہے، جس کے بعد ہدایت گنت کار حافظہ کو پتہ 0001 بھیجتا ہے اور ہدایت گنت کار ایک قدم بڑھا کر 0010 کر دیا جاتا ہے۔ دوسرا ہدایت پڑھنے اور اس پر عمل کرنے کے بعد ہدایت گنت کار حافظہ کو 0010 پتہ بھیجتا ہے۔ اس طرح، ہدایت گنت کار ہر وقت اگلی ہدایت پر نظر جمائے رکھتا ہے۔

گویا ہدایت گنت کار اس شخص کی طرح ہے جو ہدایت کی فہرست کی طرف اشارہ کرتے ہوئے کہتا ہے یہ کام پہلے کریں، یہ کام دوسرے نمبر پر کریں، یہ تیسرے نمبر پر کریں، وغیرہ۔ اسی لئے ہدایت گنت کار بعض اوقات اشارہ گر کہلاتا ہے؛ یہ حافظہ میں اس مقام کی طرف اشارہ کرتا ہے جہاں کوئی اہم معلومات درج ہوگی۔

برنامہ نویس اور دفتر پتہ

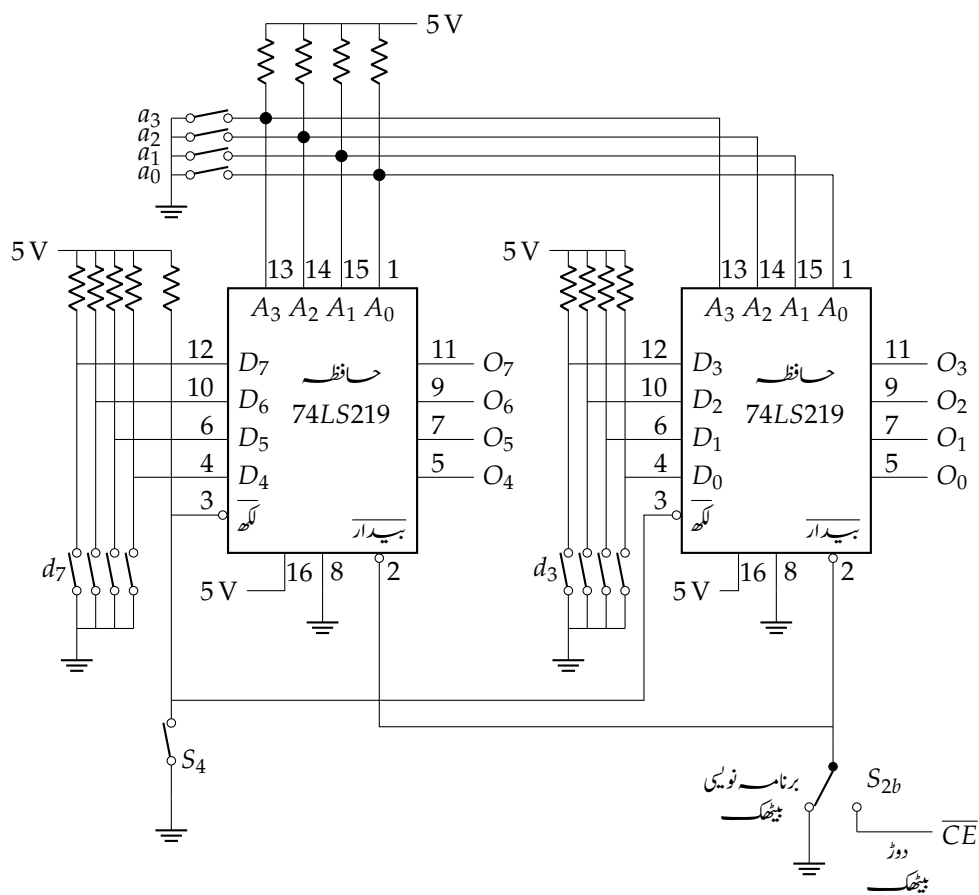
ہدایت گنت کار کے نیچے برنامہ نویس اور دفتر پتہ کا ڈبہ ہے۔ شکل ۱۲.۲ میں برنامہ نویس پیش ہے (صفحہ ۲۲۸ پر شکل ۹.۱۹ سمجھیں) جس کے ذریعے سوئچوں کی مدد سے عارضی حافظہ کو 4 پتہ اور 8 مواد پتہ فراہم کر کے بھرا جاتا ہے۔ یاد رہے کمپیوٹر کی (بامقصد) دوڑ سے قبل عارضی حافظہ میں برنامہ لکھنا لازمی ہے۔

”دفتر پتہ“ کمپیوٹر الف کے عارضی حافظے کا حصہ ہے۔ کمپیوٹر کی دوڑ کے دوران، ہدایت گنت کار میں موجود پتہ اس (دفتر پتہ) میں نقل کیا جاتا ہے۔ دفتر پتہ چند لمحوں بعد یہ پتہ عارضی حافظہ کو فراہم کرتا ہے، جہاں سے اگلی ہدایت پڑھی جاتی ہے۔

عارضی حافظہ

کمپیوٹر کی دوڑ سے قبل 8×16 عارضی حافظہ میں ہدایت اور درکار مواد لکھا جاتا ہے۔ کمپیوٹر کی دوڑ کے دوران، حافظہ کو دفتر پتہ 4 پتہ فراہم کرتا ہے؛ جہاں سے ہدایت یا مواد پڑھ کر W گزرگاہ پر رکھ دیا جاتا ہے جسے کمپیوٹر کا کوئی دوسرا حصہ استعمال کر سکتا ہے۔ عارضی حافظہ کے محارج \overline{O}_0 تا \overline{O}_7 آٹھ برقی تاروں کے ذریعے کمپیوٹر کے باقی حصوں کے ساتھ جبراً ہے۔ ان آٹھ تاروں کو W گزرگاہ کہتے ہیں۔

^۵ program
^۶ program counter
^۷ pointer



شکل ۱۲.۲: برنامه نویسی

دفتر ہدایت

فتابو سرکڑ کا ایک حصہ دفتر ہدایت^۸ ہے۔ حافظہ سے ہدایت پڑھنے کی حناطر کمپیوٹر جو عمل سرانجام دیتا ہے اس کو ہدایت پڑھ عمل^۹ کہتے ہیں۔ حافظہ کے مخاطب مقام پر موجود ہدایت (یا مواد) کو یہ عمل W گزرگاہ پر رکھتا ہے۔ ساتھ ہی ساعت کے اگلے مثبت کنارے پر دفتر ہدایت بھرائی کے لئے تیار کر دیا جاتا ہے۔

دفتر ہدایت میں موجود معلومات کو دو حصوں میں تقسیم کیا جاتا ہے۔ نچلے (زیریں) چارہٹ سہ حالی مخارج ہے جو بوقت ضرورت W گزرگاہ پر ڈال دیا جاتا ہے جبکہ بالا چارہٹ دو حالی مخارج ہے جو سیدھا فتابو ترتیب کار کو مہیا کیا جاتا ہے۔

فتابو ترتیب کار

کمپیوٹر کی ہر دوڑ سے قبل ہدایت گنت کار کو CLR اور دفتر ہدایت کو CLR اشارہ بھیجا جاتا ہے، جو ہدایت گنت کار 0000 کرتا ہے اور دفتر ہدایت میں موجود ہدایت زائل کرتا ہے۔

تمام مستحکم کار دفاتر کو ساعتی اشارہ CLK بھیجا جاتا ہے جو کمپیوٹر کے مختلف اعمال ہم قدم کرتے ہوئے یقینی بناتا ہے کہ سب کچھ اپنے وقت پر ہو۔ دوسرے لفظوں میں، دفاتر کے مابین معلومات کا تبادلہ مشترک ساعت CLK کے مثبت کنارے پر ہو۔ دھیان رہے، ہدایت گنت کار کو CLK اشارہ بھی فراہم کیا گیا ہے۔

فتابو ترتیب کار 12 ہٹ لفظ حناطر کرتا ہے جو باقی کمپیوٹر کو فتابو کرتا ہے۔ وہ 12 برقی تار جن پر یہ لفظ ترسیل ہوتا ہے فتابو گزرگاہ^{۱۰} کہلاتا ہے۔

بارہ ہٹ فتابو لفظ درج ذیل ہے۔

$$CpEp\bar{L}_M\bar{C}\bar{E} \quad \bar{L}_I\bar{E}_I\bar{L}_A E_A \quad S_U E_U \bar{L}_B \bar{L}_O = \text{فتابو لفظ}$$

ساعت CLK کے اگلے مثبت کنارے پر دفاتر کا عمل اس لفظ کے تحت ہوگا۔ مثلاً، بلند E_p اور پست \bar{L}_M کی صورت میں ساعت کے اگلے مثبت کنارے پر ہدایت گنت کار کی معلومات دفتر پست میں نقل ہوگی۔ اسی طرح، پست $\bar{C}\bar{E}$ اور پست \bar{L}_A کی صورت میں ساعت کے اگلے مثبت کنارے پر دفتر الف میں عارضی حافظہ کا مخاطب لفظ نقل ہوگا۔ انتقال مواد کی وقتیہ ترسیلات پر غور (جس سے ہم حناٹ پائیں گے یہ انتقال کیے اور کب ہوں گے) بعد میں کیا جائے گا۔

دفتر الف

کمپیوٹر کی دوڑ کے دوران حاصل نتائج دفتر الف میں ذخیرہ کیے جاتے ہیں۔ شکل ۱۲.۱ میں الف کے دو مخارج دکھائے گئے ہیں۔ اس کا دو حالی مخارج سیدھا جمع و منفی کار کو جاتا ہے جبکہ تین حالی مخارج W گزرگاہ کو جاتا ہے۔ یوں الف کا آٹھ ہٹ لفظ جمع و منفی کار کو مسلسل فراہم ہوگا؛ یہی لفظ بلند E_A کی صورت میں W گزرگاہ پر بھی ڈالا جائے گا۔

^۸ instruction register
^۹ memory read operation
^{۱۰} control bus

جمع و منفی کار

یہاں تکملہ 2 کا جمع و منفی کار مستعمل ہے۔ پست S_{UI} کی صورت میں شکل ۱۲.۱ میں جمع و منفی کار کا محارج S درج ذیل ہو گا۔

$$S = B + \text{الف}$$

بلند S_{UI} کی صورت میں جمع و منفی کار درج ذیل دیگا جہاں B' سے مراد B کا اس 2 تکملہ ہے۔ (یاد رہے، 2 کا تکملہ علامت تبدیل کرنے کے مترادف ہے۔)

$$S = B' + \text{الف}$$

جمع و منفی کار غیر معاصر ہے (یعنی اس کی کارکردگی ساعت پر منحصر نہیں)؛ یوں جیسے ہی داخلی الفاظ تبدیل ہوں، اس کا محارج تبدیل ہوگا۔ بلند E_{UI} کی صورت میں یہ محارج W گزرگاہ پر ڈالا جائے گا۔

دفتر

دفتر ب حابی اعمال میں استعمال کیا جاتا ہے۔ پست \bar{L}_B کی صورت میں ساعت کے مثبت کنارے پر W گزرگاہ پر موجود لفظ میں نقل ہوگا۔ دفتر کا دو حالی محارج مسلسل جمع و منفی کار کو منراہم کیا جاتا ہے۔ یہ عدد الف میں موجود عدد کے ساتھ جمع یا اس سے منفی ہوگا۔

خارجی دفتر

کسی بھی مسئلے کو حل کرنے کے بعد حاصل نتیجہ دفتر الف میں ہوگا۔ یہ نتیجہ بیرونی دنیا کو بتانا مقصود ہو گا۔ یہ کام خارجی دفتر^{۱۱} کے سپرد ہے۔ بلند E_A اور پست \bar{L}_O کی صورت میں ساعت کے اگلے مثبت کنارے پر الف میں موجود معلومات خارجی دفتر میں نقل کی جاتی ہے۔

چونکہ خارجی دفتر کے ذریعہ مواد کمپیوٹر سے باہر منتقل ہوتا ہے لہذا اسے عموماً خارجی روزانہ^{۱۲} بھی کہتے ہیں۔ خارجی روزانہ ملاپ^{۱۳} ادوار^{۱۴} سے منسلک ہوگا جو بیرونی آلات مثلاً پرنٹر^{۱۵}، سات کلی نمائشی تختی، کمپیوٹر کاشیشہ، وغیرہ چلاتے ہیں۔

شنائی نمائشی تختی

شنائی نمائشی تختی آٹھ نوری ڈایوڈ^{۱۵} پر مبسنی ہے۔ خارجی روزانہ کے ہر بٹ کے ساتھ ایک نوری ڈایوڈ منسلک ہے۔ یوں شنائی نمائشی تختی پر خارجی دفتر میں موجود معلومات شنائی روپ میں نظر آئے گی۔

output register^{۱۱}
output port^{۱۲}
interface circuits^{۱۳}
printer^{۱۴}
LED^{۱۵}

خلاصہ

اس کمپیوٹر کا فوٹر مرکز ہدایت گنت کار، ہدایت دفتر، اور فوٹر اور ترتیب کار (جو فوٹر لفظ، ساعت CLK، اور زائل اشارہ CLR پیدا کرتا ہے) پر مشتمل ہے۔ کمپیوٹر کا حسابہ مرکز ۱۶ دفتر الف، دفتر ب، اور جمع و منفی کار پر مشتمل ہے۔ کمپیوٹر کا حافظہ دفتر پتہ اور 16×8 عارضی حافظہ پر مشتمل ہے۔ درآمدی سوئچ، خارجی رولز، اور شنائی نمائندگی سختی مل کر دخول و خروج مرکز دیتے ہیں۔

۱۲.۲ ہدایات کی فہرست

کمپیوٹر کی با مقصد دوڑ سے قبل اس کے حافظہ میں ہدایات قدم با قدم بھرنے لازم ہے۔ البتہ، ایسا کرنے سے پہلے آپ کو یہ ہدایات جاننی ہوگی۔ ان ہدایات سے مراد وہ اعمال ہیں جو یہ کمپیوٹر سر انجام دے سکتا ہے۔ اس کمپیوٹر کی ہدایات کی فہرست پر اب غور کرتے ہیں۔ ہدایات کا مجموعہ کمپیوٹر کی مادری زبان کہلاتا ہے۔

نقل

حافظہ کے مقام 00002 پر موجود معلومات کو ہم R_0 کہتے ہیں، مقام 00012 پر R_1 ہوگا، وغیرہ۔ یوں R_0 مقام 0H پر محفوظ ہے، R_1 پتہ 1H پر، R_2 پتہ 2H پر، وغیرہ، جہاں 0H سے مراد 016 ہے۔ سادس عشری اعداد کے آخر میں زیر نوشتہ 16 لکھنے کی بجائے ہم عدد کے آخر میں H لکھتے ہیں۔

نقل اس کمپیوٹر کی ایک ہدایت ہے جو کہتی ہے دفتر الف میں مواد نقل کریں۔ پوری ہدایت میں اس مواد کا سادس عشری پتہ بھی دیا جاتا ہے جو دفتر الف میں بھرا جائے گا، لہذا مکمل ہدایت درج ذیل ہے جو جدول ۱۲.۱ میں پیش ہے۔

نقل پتہ

یوں ”نقل 8H“ کہتی ہے کہ عارضی حافظہ کے پتہ 8H پر درج معلومات کو دفتر الف میں نقل کریں۔ اس ہدایت پر عمل کرنے کے بعد دفتر الف میں اور حافظہ کے مقام 8H پر ایک جیسا مواد پایا جائے گا۔ یوں درج ذیل صورت میں

$$R_8 = 1111\ 0000$$

جو کہتی ہے مقام R_8 پر شنائی معلومات 1111 0000 محفوظ ہے، ذیل ہدایت

نقل 8H

پر عمل کرنے کے بعد درج ذیل ہوگا۔

$$\text{الف} = 1111\ 0000$$

آپ نے دیکھا یہ ہدایت دفتر الف میں معلومات نقل کرتے ہوئے حافظہ میں درج معلومات پر اثر انداز نہیں ہوتی۔

اسی طرح ”نقل AH“ معتم 10₁₀ سے دفتر الف میں معلومات نقل کرے گی، اور ”نقل FH“ معتم F₁₆ سے معلومات دفتر الف میں نقل کرے گی۔

جمع

کمپیوٹر کی یہ ہدایت دو اعداد جمع کرنے کو کہتی ہے۔ پہلا عدد دفتر الف میں ہوگا جبکہ دوسرے عدد کاپیت مکمل ہدایت میں شامل ہوگا؛ نتیجہ دفتر الف میں محفوظ ہوگا، لہذا دفتر الف میں پہلے سے موجود مواد زائل ہوگا۔ یوں اگر دفتر الف میں 2₁₀ اور حافظہ کے معتم 9H پر 3₁₀ ہو:

$$\begin{aligned} \text{الف} &= 0000\ 0010 \\ R_9 &= 0000\ 0011 \end{aligned}$$

تب ذیل ہدایت

جمع 9H

پر عمل کرنے کے لئے درج ذیل اقدام پر عمل کرنا ہوگا۔ پہلے قدم پر، دفتر ب میں R₉ ڈالاجائے گا:

$$\text{ب} = 0000\ 0011$$

جس کے فوراً بعد جمع و منفی کار الف اور ب کا مجموعہ

$$\text{مجموعہ} = 0000\ 0101$$

معلوم کرتا ہے۔ دوسرے قدم پر، یہ مجموعہ دفتر الف میں ڈالاجاتا ہے۔

$$\text{الف} = 0000\ 0101$$

جب بھی ”جمع“ کی ہدایت پر عمل کیا جائے درج بالا اقدام اٹھانے ہوں گے؛ دیے گئے پتہ سے مواد دفتر ب میں ڈال کر جمع و منفی کار سے مجموعہ حاصل کرنے کے بعد نتیجہ دفتر الف میں ڈالاجاتا ہے۔ چونکہ دفتر الف میں پہلے سے موجود مواد کے اوپر نیا مواد (حاصل جمع) لکھا جاتا ہے لہذا دفتر الف کا پرانا مواد زائل ہوگا۔ اسی طرح چونکہ دفتر ب میں دیے گئے پتے کا مواد ڈالاجاتا ہے لہذا دفتر ب کا پرانا مواد بھی زائل ہوگا۔ اس طرح ”جمع 9H“ پر عمل کرنے سے دفتر الف کا مواد اور R₉ کا مجموعہ دفتر الف میں حاصل ہوگا۔ ”جمع FH“ پر عمل کے بعد دفتر الف میں R_F اور دفتر الف کا مجموعہ پایا جائے گا۔

منفی

دو اعداد منفی کرنے کے لئے کمپیوٹر کی ہدایت منفی ہے جو دفتر الف میں موجود عدد سے دیا گیا عدد منفی کر کے نتیجہ دفتر الف میں دے گی۔ مکمل ہدایت میں منفی ہونے والے عدد کے معتم کاپیت بھی شامل ہوگا۔

منفی پتہ

جدول ۱۲.۱: کمپیوٹر کی مادری زبان کی ہدایت

عمل	ہدایت
دفتر الف میں حافظہ سے مواد نقل کریں	نقل پتہ
دفتر الف کے ساتھ حافظہ کا مواد جمع کریں	جمع پتہ
دفتر الف سے حافظہ کا مواد منفی کریں	منفی پتہ
دفتر الف کا مواد رجی دفتر میں ڈالیں	برآمد
کام کرنا روک دیں	رک

یوں ”منفی CH“ کا مطلب ہے دفتر الف میں موجود مواد سے حافظہ کے مقام CH پر موجود مواد R_C منفی کر کے نتیجہ دفتر الف میں ڈالیں۔

مشال کی خاطر مندرجہ کریں دفتر الف میں اعشاری 7 اور حافظہ کے مقام CH پر اعشاری 3 پایا جاتا ہے۔

$$\text{الف} = 0000\ 0111$$

$$R_C = 0000\ 0011$$

”منفی CH“ پر عمل درج ذیل اقدام اٹھانے سے ہوگا۔ پہلے قدم پر، دفتر ب میں R_C ڈالا جاتا ہے:

$$\text{ب} = 0000\ 0011$$

جس کے فوراً بعد جمع و منفی کار دفتر الف اور ب کا منفرق:

$$\text{منفرق} = 0000\ 0100$$

معلوم کرتا ہے۔ دوسرے قدم پر یہ منفرق دفتر الف میں ڈالا جاتا ہے۔

$$\text{الف} = 0000\ 0100$$

منفی ہدایت پر عمل درج بالا اقدام کے ذریعہ ہوگا؛ دیے گئے پتہ پر موجود مواد حافظہ سے دفتر ب میں ڈال کر جمع و منفی کار کو مہیا کیا جاتا ہے جو فوراً ان کا منفرق معلوم کرتا ہے۔ یہ منفرق دفتر الف میں ڈالا جاتا ہے۔ یوں ”منفی CH“ پر عمل کرتے ہوئے R_C کو دفتر الف سے منفی کر کے نتیجہ دفتر الف میں ڈالا جائے گا۔ ”منفی EH“ مقام EH پر موجود مواد R_E کو دفتر الف سے منفی کر کے نتیجہ دفتر الف میں ڈالتا ہے۔

برآمد

کمپیوٹر کی ہدایت برآمد کہتی ہے دفتر الف کا مواد رجی دفتر میں ڈالیں۔ اس ہدایت پر عمل کرنے کے بعد دفتر الف کا مواد کمپیوٹر سے باہر دستیاب ہوگا جہاں سے آپ نتیجہ دیکھ سکتے ہیں۔

اس ہدایت پر عمل کرنے کے لئے حافظہ سے رجوع کرنے کی ضرورت نہیں لہذا اس ہدایت میں پتہ درکار نہیں ہے۔

رک

یہ ہدایت، جو برنامے کی آخری ہدایت ہوگی، کمپیوٹر کو مزید ہدایات پر عمل کرنے سے روکتی ہے۔ یہ ہدایت، جملہ مکمل ہونے کے بعد (جملے کے آخر میں) ختمہ^{۱۸} کے مترادف ہے۔ ہر برنامے کے آخر میں یہ ہدایت ضروری ہے؛ ورنہ کمپیوٹر بے باق دوڑتا رہے گا اور بے مقصد (اور غلط) نتائج فراہم کرتا رہے گا۔

رک کی ہدایت از خود مکمل ہے۔ اس پر عمل کرنے کی خاطر حافظے سے رجوع کرنے کی ضرورت نہیں لہذا اس ہدایت میں پتے کی شمولیت نہیں ہوگی۔

حافظے سے رجوع کرنے والی راجع ہدایات

نقل، جمع، اور منفی ہدایات حافظے سے رجوع کرتی ہیں لہذا یہ راجع ہدایات^{۱۹} کہلاتی ہیں۔ اس کے برعکس برآمد اور رک حافظے سے رجوع نہیں کرتی ہیں لہذا یہ ہدایات غیر راجع ہیں۔

8080 اور 8085

وسیع پیمانے پر استعمال ہونے والا پہلا خرد عامل کار^{۲۰} (مائیکروپراسیسر) 8080 تھا۔ اس کی کل 72 ہدایات ہیں۔ اس خرد عامل کار 8085 ہے جو انہیں ہدایات پر چلتا ہے۔ کمپیوٹر الف کو حقیقتاً قبل استعمال بنانے کی غرض سے ہم اس کی ہدایات کو 8080/8085 کی ہدایت کے ہم آہنگ بناتے ہیں۔ دوسرے لفظوں میں نقل، جمع، منفی، برآمد، اور رک 8080/8085 کی بھی ہدایات ہیں۔

مثال ۱۲.۱: کمپیوٹر الف کا ایک برنامہ پیش ہے۔

پتہ	ہدایات
0H	نقل 9H
1H	جمع AH
2H	جمع BH
3H	منفی CH
4H	برآمد
5H	رک

حافظے میں برنامہ سے اوپر درج ذیل مواد پایا جاتا ہے۔

^{۱۸}fullstop
^{۱۹}memory-reference instructions
^{۲۰}microprocessor

پست	مواد
6H	FFH
7H	FFH
8H	FFH
9H	01H
AH	02H
BH	03H
CH	04H
DH	FFH
EH	FFH
FH	FFH

یہ ہدایات کیسے کریں گے؟

حل: برنامہ نیچے حافظہ میں 0H تا 5H مقامات پر رکھا گیا ہے۔ پہلی ہدایت حافظہ کے مقام 9H سے مواد 01H دفتر الف میں منتقل کرتی ہے۔

$$\text{الف} = 01H$$

دوسری ہدایت مقام AH کا مواد دفتر الف کے ساتھ جمع کر کے نتیجہ دفتر الف میں ڈالتی ہے۔

$$\text{الف} = 01H + 02H = 03H$$

تیسری ہدایت حافظہ کے مقام BH کے مواد کو دفتر الف (جس میں اس وقت 03H موجود ہے) کے ساتھ جمع کر کے نتیجہ دفتر الف منتقل کرتی ہے۔

$$\text{الف} = 03H + 03H = 06H$$

چوتھی ہدایت مقام CH کے مواد کو دفتر الف سے منفی کر کے نتیجہ دفتر الف میں ڈالتی ہے۔

$$\text{الف} = 06H - 04H = 02H$$

پانچویں ہدایت دفتر الف کے مواد کو خارجی دفتر میں منتقل کرتی ہے۔ خارجی دفتر کے ساتھ شنائی مناشی تختی منسلک ہے جس پر یہ مواد شنائی روپ میں نظر آئے گا۔ یوں نوری ڈیوڈ راج ذیل دکھائیں گے۔

$$0000\ 0010$$

□

آخری ہدایت رکے ہے جو کمپیوٹر کو مزید ہدایات پر عمل کرنے سے روکتی ہے۔

۱۲.۳ کمپیوٹر کی برنامہ نویسی

کمپیوٹر حافظہ میں ہدایات اور مواد بھرنے کے لئے ہمیں ایسی زبان استعمال کرنی ہوگی جو کمپیوٹر سمجھ سکے۔ جدول ۱۲.۲ میں کمپیوٹر کے ہدایتی رموز^{۲۱} پیش ہیں۔ یوں ”نقل“ کی ہدایت کے لئے کمپیوٹر 0000 کاشنئی رمز استعمال کرتا ہے۔

^{۲۱} operationcodes.opcodes

جدول ۱۲.۲: کمپیوٹر الف کے ہدایتی رموز

ہدایت	ہدایتی رمز
نقل	0000
جمع	0001
منفی	0010
برآمد	1110
رک	1111

جمع کے لئے 0001، ”منفی“ کے لئے 0010، ”برآمد“ کے لئے 1110، اور ”رک“ کے لئے 1111 رموز استعمال ہوگا۔ جیسا پہلے ذکر کیا گیا، (صفحہ ۲۲۷ پر مثال ۹.۱ دیکھیں) برنامہ نویس (شکل ۱۲.۲) سوئچ کے ذریعہ حافظہ میں معلومات ڈالتا ہے۔ ان سوئچ کو یوں استعمال کیا گیا ہے کہ کھڑا (منقطع) سوئچ 1 اور بیٹھا (غیر منقطع یا چالو) سوئچ 0 دیتا ہے۔ برنامہ نویس کے دوران سوئچ d_4 تا d_7 ہدایت کے رموز کے مطابق رکھے جاتے ہیں جبکہ d_0 تا d_3 ہدایت کے باقی زیر عمل^{۲۲} کے مطابق رکھے جاتے ہیں۔ مثلاً، مندرجہ کریں ہم درج ذیل ہدایات حافظہ میں بھرنا چاہتے ہیں۔

پتہ	ہدایت
0H	نقل FH
1H	جمع EH
2H	رک

سب سے پہلے ایک ایک ہدایت کا شنائی روپ حاصل کرتے ہیں۔

نقل FH	=	0000 1111
جمع EH	=	0001 1110
رک	=	1111 xxxx

پہلی ہدایت ”نقل FH“ ہے جس کے دو حصے ہیں۔ اس کا پہلا حصہ ہدایت ”نقل“ ہے جس کا شنائی رمز 0000 ہے؛ اس کا دوسرا حصہ FH ہے جو اس مقام کا پتہ ہے جہاں سے مواد لیا جائے گا۔ یہ ہدایت کا زیر عمل^{۲۳} ہے۔ اس پتے کا شنائی مشل 1111 ہے۔ یوں ”جمع FH“ کی جگہ ان کے شنائی مشل جوڑ کر 0000 1111 حاصل کیا گیا ہے۔ دوسری ہدایت میں جمع کا رمز 0001 اور زیر عمل حصہ EH کا شنائی مشل 1110 ہے۔ ان کو ساتھ ساتھ لکھ کر 0001 1110 حاصل کیا گیا ہے۔ آخری ہدایت میں رک کا رمز 1111 ہے جبکہ اس کا کوئی زیر عمل حصہ نہیں پایا جاتا، لہذا زیر عمل حصہ غیر مطلوب ہے جس میں کچھ بھی لکھا

جاسکتا ہے۔ اس غیر مطلوب حصہ کو xxxx سے ظاہر کیا گیا ہے۔ یوں 1111 xxxx حاصل کیا گیا ہے۔

اب S_{2b} کو ”برنامہ نویسی پیٹھک“ پر بٹھا کر (یعنی اس کا بازو زمین کے ساتھ جوڑ کر) پتہ اور مواد کے سوئچ قدم یا قدم درج ذیل رکھیں، جہاں ”ک“ سے مراد کھڑا یعنی منقطع سوئچ ہے جو 1 ظاہر کرتا ہے، ”ب“ سے مراد بیٹھا یا غیر منقطع (چالو) سوئچ ہے جو 0 ظاہر کرتا ہے، اور ”x“ سے مراد غیر دلچسپ حالت ہے جس میں سوئچ کسی بھی حالت (منقطع یا غیر منقطع) میں ہو سکتا ہے۔

مواد	پتہ
ک ک ک ک ک ک ک ب	ب ب ب ب ب ب ب
ب ب ب ب ب ب ب ک	ک ک ک ک ک ک ک
ک ک ک ک ک ک ک	ب ب ب ب ب ب ب
x x x x	

S_4 دا بے بنام 2^4 ہے جو دبانی سے بیٹھتا اور چھوڑنے سے اٹھتا ہے۔ آزاد (بغیر دبائے گئے) حالت میں دا بے بنام کھڑا رہتا ہے۔ ہر قدم پر پتہ اور مواد سوئچ مطلوبہ حالت میں رکھ کر S_4 لمحاتی بٹھا کر واپس اٹھنے دیا جاتا ہے تاکہ مطلوب پتے پر مواد لکھی جائے۔ تینوں پتہ پر مواد لکھنے کے بعد S_{2b} کو ”دوڑ پیٹھک“ پر بٹھائیں (یعنی اس کے بازو کو زمین کی بجائے ”دوڑ“ کے معام پر رکھیں جو \overline{CE} اشارے سے حبڑا ہے)۔ حافظہ کے ابتدائی تین معامات پر اب درج ذیل پایا جائے گا۔

مواد	پتہ
0000 1111	0000
0001 1110	0001
1111 xxxx	0010

آپ نے دیکھا کہ ہم کمپیوٹر کی مادری زبان میں اردو کے الفاظ مثلاً ”نقل“، اور ”جمع“ استعمال کر کے کمپیوٹر کو ہدایات جاری کرتے ہیں۔ کمپیوٹر از خود ”شنائی زبان“ سمجھتا ہے جو مشینی زبان^{۲۵} کہلاتی ہے۔ مشینی زبان میں 0 اور 1 سے الفاظ بنائے جاتے ہیں۔ درج ذیل مثال ان زبانوں میں فرق اجاگر کرتا ہے۔

مثال ۱۲.۲: گزشتہ مثال میں دیے گئے برنامے کا ترجمہ مشینی زبان میں کریں۔

حل: مثال ۱۲.۱ کا برنامہ جو مادری زبان میں ہے ذیل ہے۔

پت	ہدایت
0H	نقل 9H
1H	جمع AH
2H	جمع BH
3H	منفی CH
4H	برآمد
5H	رک

اس کا ترجمہ مشینی زبان میں کرتے ہیں۔

پت	ہدایت
0000	1001 0000
0001	1010 0001
0010	1011 0001
0011	1100 0010
0100	xxxx 1110
0101	xxxx 1111

اس شناختی برنامہ میں ہدایت کے چار بلند تر تہیہٹ ”عمل“ کو ظاہر کرتے ہیں جبکہ چار کم تر تہیہٹ ”پتہ“ فراہم کرتے ہیں۔ بعض اوقات ہم چار بلند تر تہیہٹ کو جزو ہدایت^{۲۶} اور چار کم تر تہیہٹ کو جزو پتہ^{۲۷} کہتے ہیں۔

$$\underbrace{XXXX}_{\text{جزو پتہ}} \underbrace{YYYY}_{\text{جزو ہدایت}} = \text{ہدایت}$$

□

مثال ۱۲.۳: درج ذیل حساب کرنے کے لئے کمپیوٹر کا برنامہ لکھیں۔ تمام اعداد اعشاری ہیں۔

$$16 + 20 + 24 - 32$$

حل: گزشتہ مثال کا برنامہ لے کر حافظہ کے مقام 9H تا CH میں بالترتیب مواد 16 ، 20 ، 24 ، اور 32 کے سادس عشری مثال لکھ کر درج ذیل مطلوبہ برنامہ حاصل ہوگا۔ (اعشاری 16 کا سادس عشری مثال 10H ہے۔)

پت	ہدایت
0H	نفسل 9H
1H	جمع AH
2H	جمع BH
3H	منفی CH
4H	برآمد
5H	رک
6H	XX
7H	XX
8H	XX
9H	10H
AH	14H
BH	18H
CH	20H
DH	XX
EH	XX
FH	XX

اس کا ترجمہ مشینی زبان میں کرتے ہیں۔

پت	ہدایت
0000	0000 1001
0001	0001 1010
0010	0001 1011
0011	0010 1100
0100	1110 xxxx
0101	1111 xxxx
0110	xxxx xxxx
0111	xxxx xxxx
1000	xxxx xxxx
1001	0001 0000
1010	0001 0100
1011	0001 1000
1100	0010 0000
1101	xxxx xxxx
1110	xxxx xxxx
1111	xxxx xxxx

یاد رہے برنامے کی پہلی ہدایت حافظہ کے معتام 0000 سے پڑھی جاتی ہے، دوسری معتام 0001 سے پڑھی جاتی ہے، وغیرہ، لہذا برنامہ زیریں حافظہ میں اور مواد بالا میں رکھا گیا ہے۔ غیر متعلقہ مقامات میں معلومات کو xxxx xxxx دکھایا گیا ہے۔

□

مثال ۱۲.۴: درج بالا مثال میں حاصل شدہ برنامہ کو سادس عشری روپ میں لکھیں۔ شائی روپ کی بجائے ہم عموماً برنامے کا سادس عشری روپ استعمال کرتے ہیں۔
حل:

پت	ہدایت
0H	09H
1H	1AH
2H	1BH
3H	2CH
4H	EXH
5H	FXH
6H	XXH
7H	XXH
8H	XXH
9H	10H
AH	14H
BH	18H
CH	20H
DH	XXH
EH	XXH
FH	XXH

سادس عشری میں لکھی گئی زبان بھی مشینی زبان کہلاتی ہے۔

مشینی زبان میں منی عدد کا اساس 2 تکملہ استعمال کیا جاتا ہے۔ مثال کے طور پر، 03H کی بجائے FDH حافظہ میں ڈالا جائے گا۔
□

۱۲.۴ بازیابی پھیرا

کمپیوٹر کی خود کار کردگی کا دار و مدار ”فتابو مسرکز“ پر ہے۔ حافظہ سے باری باری ایک ہدایت اٹھانے اور اس پر عمل کرنے کے احکامات فتابو مسرکز جاری کرتا ہے۔ ہدایت اٹھانے اور اس پر عمل کرنے کے دوران کمپیوٹر مختلف وقتیہ حالت^{۲۸} (T حال) سے گزرتا ہے، جس میں دفاتر کا مواد تبدیل ہوتا ہے۔ انہیں وقتیہ حال پر غور کریں۔

چھلا گنت کار

اس کمپیوٹر میں چھلا گنت کار مستعمل ہے جو شکل ۱۲.۳ میں پیش ہے۔ مخلوط دور 74107 میں دو عدد دے کے پلٹ کار پائے جاتے ہیں لہذا تین مخلوط دور استعمال کیے گئے۔ اس مخلوط دور میں زبردستی پت کا مداحل موجود ہے، تاہم اس میں زبردستی بلند کا مداحل موجود نہیں۔ استعمال سے پہلا ایک مسرتب چھلا گنت کار

^{۲۸} timing states

کو ابتدائی حال میں لانا ضروری ہے جس میں صرف ایک مخارج بلند ہو۔ زبردستی پست مداحل پلٹ کے مخارج پس کرتا ہے جبکہ ہمیں ایک مخارج بلند چاہیے۔ اسی لئے بایاں ترین پلٹ باقی سے مختلف طریقے سے استعمال کیا گیا ہے۔ پست حال میں اس کا \bar{Q} بلند ہوگا جو ساعت کے کنارہ اترائی پر اگلی پلٹ کو منتقل ہوگا۔

شکل ۱۲.۳- ب میں گنت کار کی ڈبہ شکل جبکہ شکل-د میں ساعت اور وقتیہ ترسیلات پیش ہیں۔ چھلا گنت کار کا مخارج درج ذیل ہے۔

$$T_6 T_5 T_4 T_3 T_2 T_1 = T$$

کمپیوٹر کی دوڑ کے آغاز میں چھلا لفظ درج ذیل ہوگا۔

$$000001 = T$$

یک بعد دیگرے ساعت کی دھڑکن ذیل چھلا الفاظ پیدا کرتا ہے۔

$$000010 = T$$

$$000100 = T$$

$$001000 = T$$

$$010000 = T$$

$$100000 = T$$

اس کے بعد چھلا گنت کار 000001 پہنچتا ہے اور دوبارہ چکر کاٹنا شروع کرتا ہے۔ یہ عمل مسلسل چلتا ہے۔ ہر ایک چھلا لفظ ایک T پھیرا ظاہر کرتا ہے۔

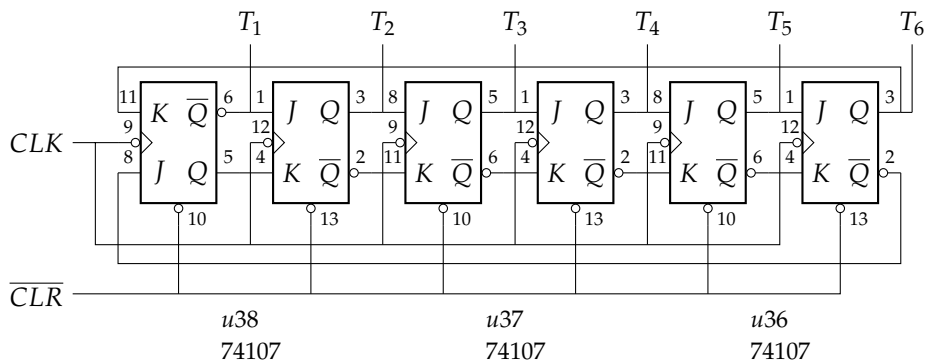
شکل-ج میں وقتیہ ترسیلات پیش ہیں۔ ابتدائی T_1 حال کا آغاز ساعت کے پہلے کنارہ اترائی پر اور اختتام اگلے کنارہ اترائی پر ہوگا۔ اس T حال میں چھلا گنت کار کا T_1 بٹ بلند رہے گا۔

اگلے حال میں T_2 بلند ہوگا؛ اس سے اگلے میں T_3 ؛ اس کے بعد T_4 ؛ وغیرہ۔ جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں چھلا گنت کار چھ T حال پیدا کرتا ہے۔ ان چھ T حال کے دوران (ہر) ایک ہدایت اٹھایا جاتا ہے اور اس پر عمل کیا جاتا ہے۔

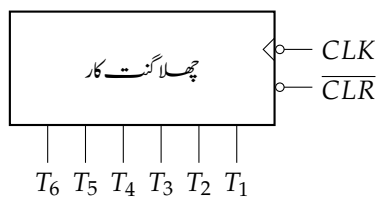
جیسا دکھایا گیا ہے، ساعت کا کنارہ چپڑھائی نصف T حال گزرنے کے بعد (یعنی وسط میں) آتا ہے۔ یہ ایک اہم حقیقت ہے جس پر حبلہ روشنی ڈالی جائے گی۔

پست حال

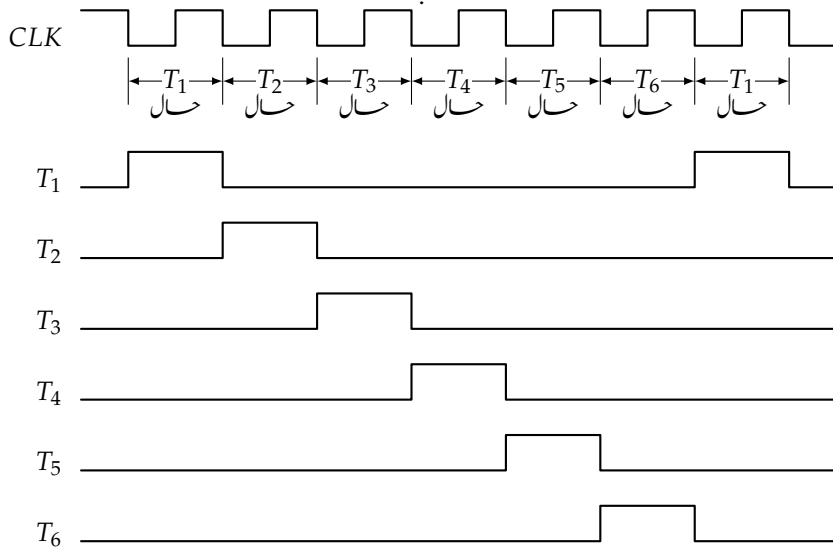
برنامہ گنت کار سے حافظہ کو پست T_1 حال کے دوران منتقل ہوتا ہے، لہذا یہ پستہ ^{۲۹} کہلاتا ہے۔ شکل ۱۲.۴- الف میں کمپیوٹر کے وہ حصے گہری سیابی سے احبا گریے گئے ہیں جو T_1 حال کے دوران فعال ہیں (غیر فعال حصے ہلکی سیابی میں دکھائے گئے ہیں؛ مزید، ڈبہ ادوار کے مختصر نام لکھ گئے ہیں)۔



(۱)



(ب)



(ج)

شکل ۱۲.۳: (۱) چھ لائینٹ کار، (ب) ڈبہ شکل، (ج) ساعت، اور وقت تیز تر سیات۔

پتہ حال کے دوران E_P اور \bar{L}_M فعال جبکہ باقی تمام بٹ غیر فعال ہوں گے۔ یوں اس حال کے دوران فتابو و ترتیب کار درج ذیل فتابولفظ خارج کرتا ہے۔

$$\begin{array}{cccccc} C_P E_P \bar{L}_M \bar{C}E & \bar{L}_I \bar{E}_I \bar{L}_A E_A & S_U E_U \bar{L}_B \bar{L}_O & = & \text{فتابولفظ} \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & = \end{array}$$

بڑھوتری حال

شکل ۱۲.۴-ب میں کمپیوٹر کے وہ حصے احباگر کیے گئے ہیں جو T_2 حال کے دوران فعال ہیں۔ اس حال میں گنت کار کا شمار (گنتی) ایک قدم بڑھایا جاتا ہے لہذا اس کو بڑھوتری حال^{۳۰} کہتے ہیں۔ بڑھوتری حال کے دوران فتابو و ترتیب کار درج ذیل فتابولفظ خارج کرتا ہے۔

$$\begin{array}{cccccc} C_P E_P \bar{L}_M \bar{C}E & \bar{L}_I \bar{E}_I \bar{L}_A E_A & S_U E_U \bar{L}_B \bar{L}_O & = & \text{فتابولفظ} \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & = \end{array}$$

جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں C_P فعال ہوگا۔

حافظہ حال

حافظہ سے ہدایت دفتر کو T_3 حال کے دوران ہدایت منتقل کی جاتی ہے۔ یہ ہدایت منبراہم کردہ پتہ کے معتام سے پڑھی جاتی ہے۔ اس حال کے دوران فعال حصے شکل ۱۲.۴-ج میں دکھائے گئے ہیں۔ اس حال میں صرف $\bar{C}E$ اور \bar{L}_I فتابو بٹ فعال ہوں گے۔ اس حال کے دوران فتابو و ترتیب کار درج ذیل فتابولفظ خارج کرتا ہے۔

$$\begin{array}{cccccc} C_P E_P \bar{L}_M \bar{C}E & \bar{L}_I \bar{E}_I \bar{L}_A E_A & S_U E_U \bar{L}_B \bar{L}_O & = & \text{فتابولفظ} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & = \end{array}$$

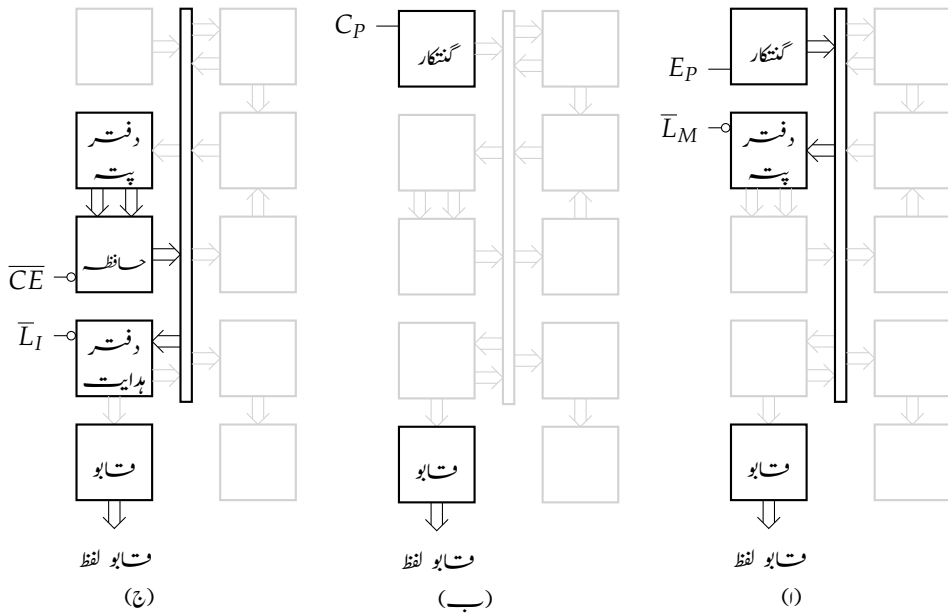
بازیابی پھیرا

پتہ حال، بڑھوتری حال، اور حافظہ حال مل کر بازیابی پھیرا^{۳۱} دیتے ہیں۔ پتہ حال کے دوران E_P اور \bar{L}_M فعال ہوں گے، یوں برنامہ گنت کار W گزرگاہ کے ذریعہ دفتر پتہ کو تیار کرتا ہے۔ جیسا شکل ۱۲.۴-ج میں دکھایا گیا، ساعت کا مثبت کنارہ نصف پتہ حال گزرنے کے بعد (یعنی پتہ حال کے وسط میں) آتا ہے، اور یوں گنت کار کی معلومات دفتر پتہ میں درج کرتا ہے۔

بڑھوتری حال کے دوران صرف C_P فتابو بٹ فعال ہوگا۔ یہ بٹ برنامہ گنت کار کو ساعت کے مثبت کنارہ گنتی کی اجازت دیتا ہے۔ بڑھوتری حال کے وسط میں ساعت کا مثبت کنارہ آنے لگا، جو برنامہ گنت کار کی گنتی میں 1 کا اضافہ کرے گا۔

حافظہ حال کے دوران $\bar{C}E$ اور \bar{L}_I فعال ہوں گے۔ یوں، حافظہ کے معتام پتہ پر موجود لفظ کی رسائی، W گزرگاہ کے ذریعہ، دفتر ہدایت تک ہوگی۔ حافظہ حال کے وسط میں ساعت کا آنے والا مثبت کنارہ دفتر ہدایت میں یہ لفظ درج کرتا ہے۔

^{۳۰}incrementstate
^{۳۱}fetchcycle



شکل ۱۲.۳: بازیابی پھیرا: (ا) T_1 حال: (ب) T_2 حال: (ج) T_3 حال.

۱۲.۵ تعمیلی پھیرا

اگلے تین حال (T_4 ، T_5 ، اور T_6) کمپیوٹر کا تعمیل پھیرا^{۳۲} کہلاتے ہیں۔ تعمیلی پھیرا کے دوران دفناتر میں معلومات کا انتقال اس ہدایت پر منحصر ہے جس کی تعمیل کی جا رہی ہو۔ مثلاً، ”قتل 9H“ کی تعمیل کے دوران دفناتر میں معلومات کا انتقال ”جمع BH“ کی تعمیل کے دوران دفناتر میں معلومات کے انتقال سے مختلف ہوگا۔ آئیں اب مختلف ہدایت کی تعمیل کے لئے ”فتابو طریقہ کار“ پر غور کریں۔

طریق قتل

اس گفتگو کو آگے بڑھانے کے لئے فرض کریں دفتر ہدایت میں قتل 9H بھرا گیا ہے۔

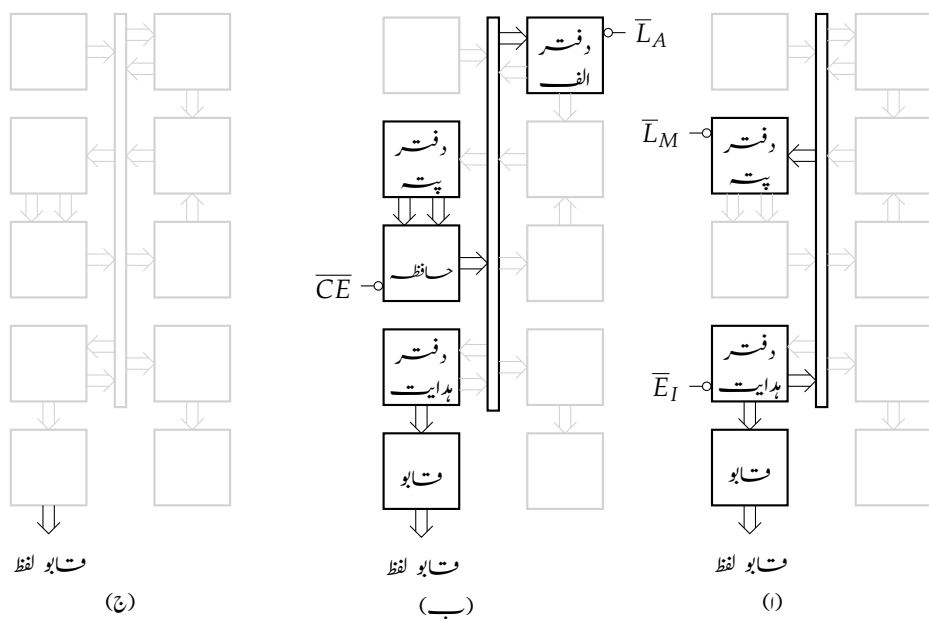
$$\text{دفتر ہدایت} = 0000\ 1001$$

حبز و ہدایت 0000 فتابو ترتیب کار کو T_4 حال کے دوران جاتا ہے، جہاں اس کی رمز کشائی ہوگی؛ حبز و پتہ 1001 دفتر پتہ میں ڈالا جاتا ہے۔ شکل ۱۲.۵-الف میں T_4 حال کے دوران فعال حصے احبا گر کیے گئے ہیں۔ جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں، \bar{E}_I اور \bar{L}_M فعال ہیں، جبکہ باقی تمام فتابوٹ غیر فعال ہیں۔

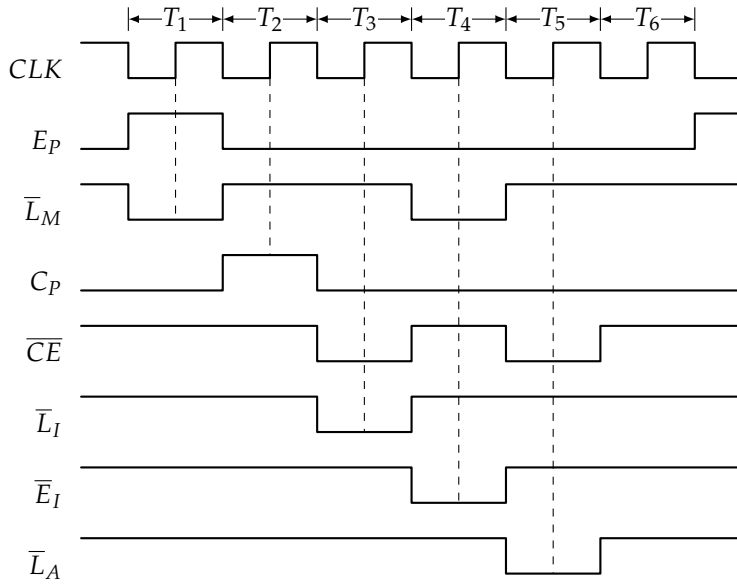
دوران T_5 حال، $\bar{C}\bar{E}$ اور \bar{L}_A پتہ ہوں گے۔ یوں ساعت کے اگلے کنارہ چپڑھائی پر حافظہ کے مقام پتہ سے مواد کا لفظ دفتر الف میں قتل ہوگا (شکل ۱۲.۵-ب دیکھیں)۔

T_6 فارغ حال^{۳۳} ہے۔ اس (تیسرے تعمیلی) حال کے دوران تمام دفناتر غیر فعال ہیں (شکل ۱۲.۵-ج دیکھیں)۔ یوں فتابو و ترتیب کار ایسا فتابو لفظ خارج کرتا ہے جس کے تمام بٹ غیر فعال ہوں گے۔ فارغ حال (بلا عمل حال) میں کام سرانجام نہیں ہوگا۔

شکل ۱۲.۶ میں بازیابی اور قتل طریق کی وقتیہ ترسیات پیش ہیں۔ T_1 حال کے دوران E_P اور \bar{L}_M فعال ہیں؛ اس حال کے وسط میں ساعت کا آنے والا کنارہ چپڑھائی، دفتر پتہ میں برنامہ گنت کار سے پتہ منتقل کرتا ہے۔ T_2 حال کے دوران C_P فعال ہے لہذا ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر برنامہ گنت کار کی گنتی میں 1 کا اضافہ ہوگا۔ T_3 حال کے دوران $\bar{C}\bar{E}$ اور \bar{L}_I فعال ہیں؛ ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر دفتر ہدایت میں، پتہ کی نشاندہی پر حافظہ کے مطلوب (نشان زد) مقام سے، لفظ بھرا حباے گا۔ ”قتل“ کی ہدایت پر عمل درآمد T_4 حال سے شروع ہوگی، جہاں \bar{L}_M اور \bar{E}_I فعال ہیں؛ دفتر ہدایت میں موجود حبز و پتہ، ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر، دفتر پتہ میں منتقل ہوگا۔ T_5 حال کے دوران $\bar{C}\bar{E}$ اور \bar{L}_A فعال ہیں؛ دفتر الف میں، ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر، حافظہ کے مطلوب مقام سے مواد کا لفظ بھرا حباے گا۔ ”قتل“ ہدایت میں T_6 حال کچھ نہیں کرتا۔ ہم کہتے ہیں یہ فارغ حال ہے۔



شکل ۱۲.۵: طریق نقل: (ا) T_4 حال؛ (ب) T_5 حال؛ (ج) T_6 حال.



شکل ۱۲.۶: بازیابی اور نقل کی وقفہ ترتیبات۔

طریق جمع

فرض کریں بازیابی پھیرا کے اختتام پر دفتر ہدایت میں ”جمع BH“ پایا جاتا ہے۔

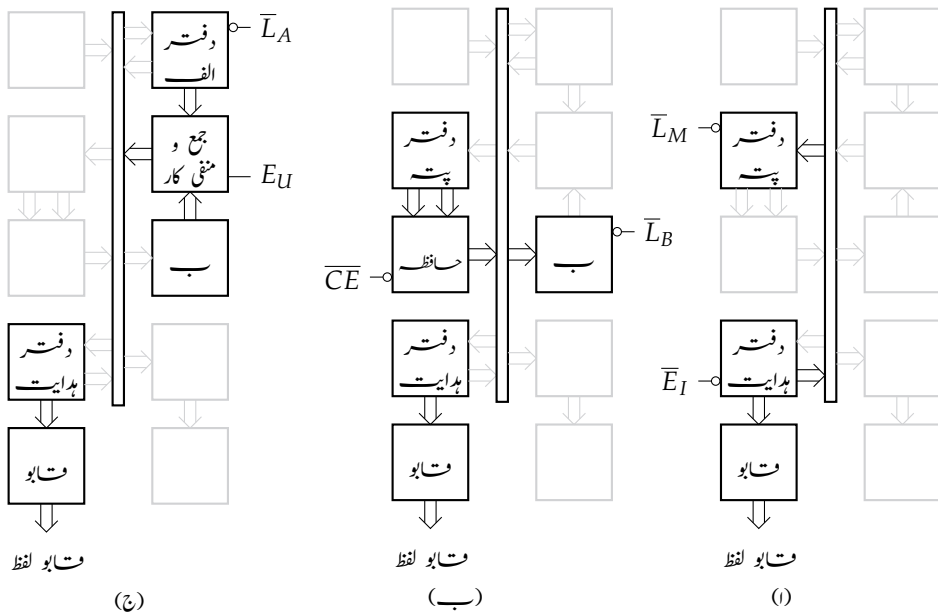
$$0001\ 1011 = \text{دفتر ہدایت}$$

دوران T_4 حال متابو و ترتیب کار کو حبزو ہدایت اور دفتر پستہ کو حبزو پستہ بجائے گا (شکل ۱۲.۷-الف دیکھیں)۔ اس حال کے دوران \bar{E}_I اور \bar{L}_M فعال ہوں گے۔

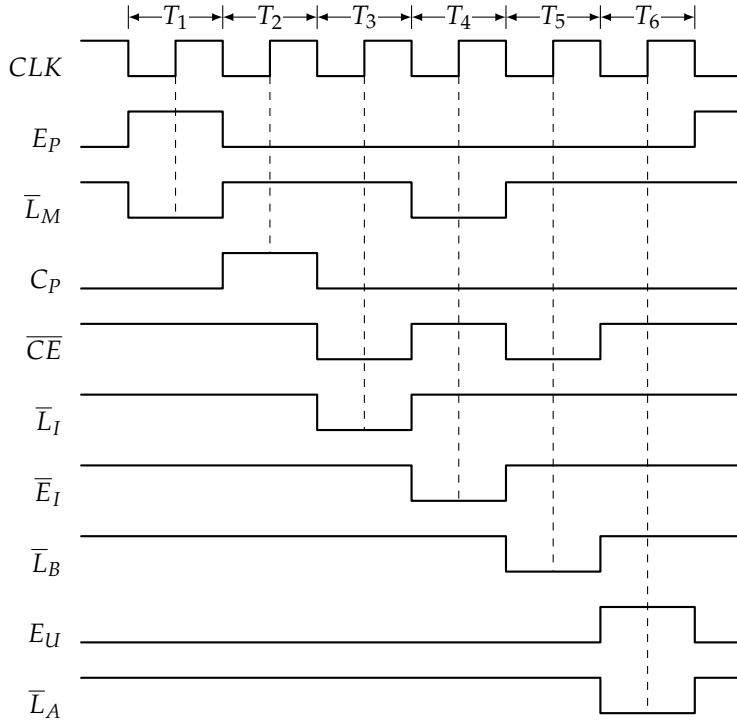
T_5 حال کے دوران متابو پستہ \bar{C}_E اور \bar{L}_B فعال ہوں گے۔ یوں پستہ کی نشاندہی کے معتام پر لفظ حافظہ سے دفتر ب میں لکھا جاسکتا ہے (شکل ۱۲.۷-ب)۔ ہمیشہ کی طرح، اس حال کے وسط میں آنے والے ساعت کے کنارہ چڑھائی پر مواد دفتر ب میں منتقل ہوگا۔

T_6 حال کے دوران، E_U اور \bar{L}_A فعال ہوں گے؛ لہذا دفتر الف تک جمع و منفی کار کا محارج پہنچے گا (شکل ۱۲.۷-ج)۔ اس حال کے وسط میں جمع و منفی کار کا محارج دفتر الف منتقل ہوگا۔

اتفاق سے، دورانیہ تیاری اور دورانیہ رد عمل کی بدولت دفتر الف حالت دوڑ سے دوچار نہیں ہوتا۔ شکل 6c.10 میں ساعت کے کنارہ چڑھائی پر دفتر الف کا مواد تبدیل ہوگا، جس کی وجہ سے جمع و منفی کار کا محارج تبدیل ہوگا۔ یہ نیا مواد دفتر الف کے مداحل تک پہنچتا ہے، تاہم یہ مواد ساعت کے کنارہ چڑھائی کے دو تاخیر بعد یہاں پہنچے گا (پسلی تاخیر دفتر الف اور دوسری تاخیر جمع و منفی کار کی بدولت ہوگی)۔ اس وقت



شکل ۱۲.۷: طریق جمع و منفی؛ (a) T_4 حال؛ (ب) T_5 حال؛ (ج) T_6 حال.

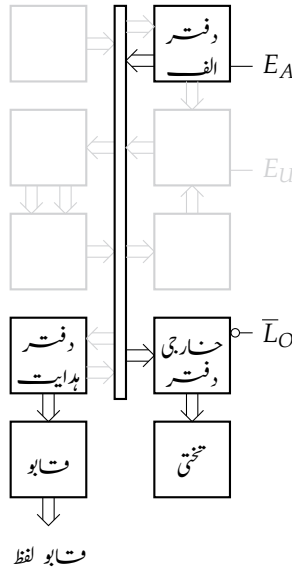


شکل ۱۲.۸: بازیابی اور جمع وقتیہ ترسیات۔

تک دفتر الف میں مواد لکھنے کا لمحہ گزر چکا ہوگا۔ یوں دفتر الف حالت دوڑ (جس میں ساعت کے ایک ہی کنارے پر ایک سے زیادہ مرتبہ مواد بھرا جاتا ہو) سے دوچار نہیں ہوگا۔

شکل ۱۲.۸ میں بازیابی اور ”طریق جمع“ کی وقتیہ ترسیات پیش ہیں۔ طریق بازیابی ہمیشہ کی طرح T_1 حال میں دفتر پتہ میں برنامہ گنت کار کا مواد منتقل کرتا ہے؛ T_2 حال میں گنت کار کی گنتی میں ایک کا اضافہ کیا جاتا ہے؛ T_3 حال میں دفتر ہدایت کو، پتہ کی نشاندہی پر، حافظہ سے ہدایت منتقل کی جاتی ہے۔

T_4 حال کے دوران، \bar{E}_I اور \bar{L}_M فعال ہوں گے؛ ساعت کے اگلے کنارہ چپڑھائی پر، دفتر پتہ کو دفتر ہدایت سے حبز و پتہ منتقل ہوگا۔ T_5 حال کے دوران، \bar{C}_E اور \bar{L}_B فعال ہوں گے؛ لہذا ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر دفتر ب میں پتہ کی نشاندہی پر حافظہ سے لفظ منتقل ہوگا۔ T_6 حال کے دوران، E_U اور \bar{L}_A فعال ہوں گے؛ دفتر الف میں، ساعت کے کنارہ چپڑھائی پر، جمع و منفی کار کا حاصل نتیجہ منتقل ہوگا۔



شکل ۱۲.۹: برآمد ہدایت کے دوران T_4 حال۔

طریق منفی

طریق منفی اور طریق جمع ملتے جلتے ہیں۔ شکل ۱۲.۷-الف اور ب میں طریق منفی کے لئے T_4 اور T_5 حال کے دوران فعال حصے دکھائے گئے ہیں۔ T_6 حال کے دوران شکل ۱۲.۷-ج کے جمع و منفی کار کو بلند S_U (جو شکل میں نہیں دکھایا گیا) بھیجا جاتا ہے۔ وقتیہ ترسیم شکل ۱۲.۸ سے تقریباً مکمل مماثلت رکھتی ہے۔ T_1 تا T_5 حال کے دوران پست S_U اور T_6 حال کے دوران بلند S_U تصور کریں۔

طریق برآمد

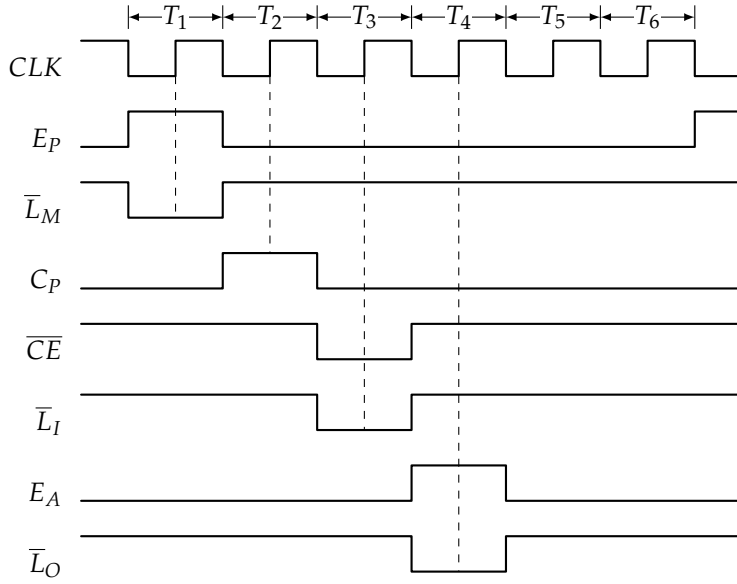
معرض کریں بازیابی پھیرا کے آخر میں دفتر ہدایت میں برآمد کی ہدایت موجود ہو۔ یوں درج ذیل ہوگا۔

$$1110xxxx = \text{دفتر ہدایت}$$

مٹابو و ترتیب کار کو رمز کشائی کے لئے جزو ہدایت بھیجا جاتا ہے۔ رمز کشائی کے بعد مٹابو و ترتیب کار خارجی دفتر میں دفتر الف کا مواد منتقل کرنے کے لئے مٹابو لفظ جاری کرتا ہے۔

برآمد کی ہدایت کے دوران فعال حصے شکل ۱۲.۹ میں پیش ہیں۔ چونکہ E_A اور \bar{L}_O فعال ہیں، لہذا ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر دفتر الف کی معلومات خارجی دفتر میں، T_4 حال کے دوران، منتقل ہوگی۔ T_5 اور T_6 حال منارغ ہیں۔

شکل ۱۲.۱۰ میں بازیابی اور برآمد وقتیہ ترسیمات پیش ہیں۔ بازیابی حال ہمیشہ کی طرح پست حال، بڑھوتری حال،



شکل ۱۲.۱۰: بازیابی اور برآمد وقت پر سیات۔

اور حافظہ حال پر مشتمل ہو گا۔ T_4 حال کے دوران، E_A اور \bar{L}_O فعال ہوں گے؛ لہذا ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر دفتر الف کی معلومات خارجی دفتر کو منتقل ہوگی۔

رک

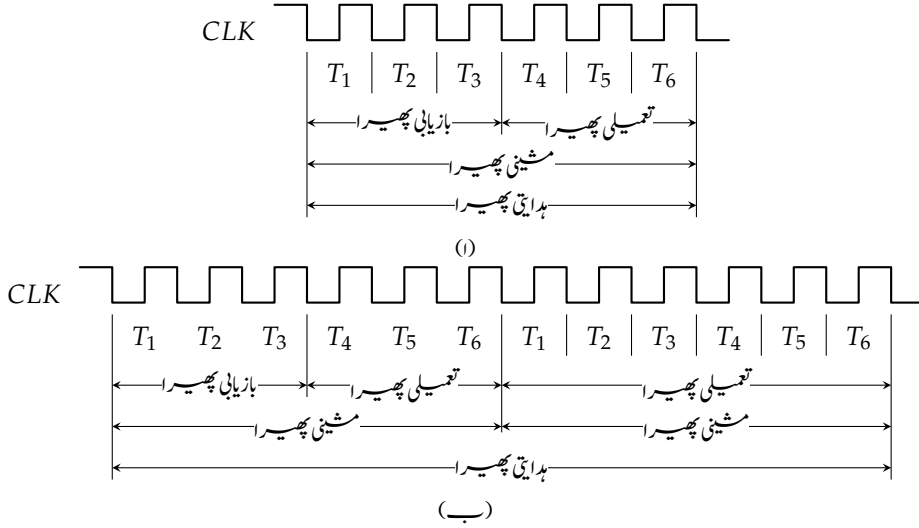
رک کی ہدایت پر عمل در آمد کے دوران کسی دفتر کی ضرورت پیش نہیں آتی، لہذا اس کے لئے طریق متبادل کار نہیں ہوگا۔ جب دفتر ہدایت میں درج ذیل موجود ہو

$$\text{دفتر ہدایت} = 1111xxxx$$

حسز و ہدایت 1111 متبادل و ترتیب کار کو مواد پر عمل نہ کرنے کا اشارہ کرتا ہے۔ متبادل و ترتیب کار ساعت (جس کے دور پر کچھ دیر میں غور کیا جائے گا) روک کر کمپیوٹر کو مسزید کام کرنے سے روک لیتا ہے۔

مشینی پھیرا اور ہدایتی پھیرا

کمپیوٹر الف کے چھ T حال ہیں، جن میں سے تین بازیابی اور تین تعمیلی ہیں۔ ان چھ حال کو **مشینی پھیرا**^{۳۴} کہتے ہیں (شکل ۱۲.۱۱-الف دیکھیں)۔ ایک مشینی پھیرے میں ایک ہدایت کی بازیابی اور تعمیلی کی جاتی ہے۔ کمپیوٹر الف کی ساعت کا تعدد 1 kHz ہے، لہذا اس کا دوری عرصہ 1 ms ہوگا۔ یوں ہر مشینی پھیرا 6 ms لگے گا۔



شکل ۱۲.۱۱: (ا) ہدایتی پھیرا؛ (ب) دو مشینی پھیروں پر مبسب ہدایتی پھیرا۔

کئی کمپیوٹر میں ہدایت کی بازیابی اور تعیل کرنا ایک سے زائد مشینی پھیروں میں ممکن ہوگا۔ شکل ۱۲.۱۱-ب میں دو مشینی پھیروں کی ہدایت کا وقت پرسم پیش ہے۔ اولین تین T حال بازیابی پھیرا دیتے ہیں؛ تاہم تعیلی پھیرے کو اگلے نو T حال درکار ہیں۔ دو مشینی پھیرے کی ہدایت زیادہ پیچیدہ ہوگی جس کی تعیل کے لئے اضافی T حال درکار ہوں گے۔

ایک ہدایت کی بازیابی اور تعیل کے لئے درکار T حال کو ہدایتی پھیرا^{۲۵} کہتے ہیں۔ کمپیوٹر الف میں ہدایتی پھیرا اور مشینی پھیرا ایک برابر ہیں، جبکہ شکل ۱۲.۱۱-ب میں ہدایتی پھیرا دو مشینی پھیروں کے برابر ہے۔

8080 اور 8085 کے ہدایتی پھیرے ایک سے پانچ مشینی پھیروں کے برابر ہو سکتے ہیں۔

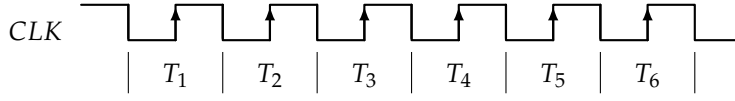
مثال ۱۲.۵: 8080/8085 کا معلوماتی کتابچہ کہتا ہے ”نقل“ کی ہدایت کی بازیابی اور تعیل کے لئے تیرہ T حال درکار ہوں گے۔ اگر کمپیوٹر کی ساعت کا تعدد 2.5 MHz ہو، اس ہدایت کو کتنا وقت درکار ہوگا؟

حل: ساعت کا دوری عرصہ درج ذیل ہوگا۔

$$400 \text{ ns} = \frac{1}{2.5 \text{ MHz}} = \frac{1}{f} = T$$

چونکہ ہر ایک T حال کو 400 ns درکار ہیں اور ”نقل“ کی ہدایت کی بازیابی اور تعیل تیرہ T حال میں ممکن ہے لہذا اس ہدایت کو درج ذیل وقت درکار ہوگا۔

$$5.2 \mu\text{s} = 13 \times 400 \text{ ns}$$



شکل ۱۲.۱۲: ساعت کا کنارہ چپڑھائی T حال کے وسط میں پایا جاتا ہے۔

□

مثال ۱۲.۶: شکل ۱۲.۱۲ میں کمپیوٹر الف کے چپڑھائی T حال دکھائے گئے ہیں۔ ساعت کا (تیسر دار) کنارہ چپڑھائی نصف حال گزر کر آتا ہے۔ ایسا کیوں ہے؟

حل: جدید کمپیوٹر کی طرح اس کمپیوٹر میں مواد کا تبادلہ بذریعہ W گزرگاہ ہوتا ہے۔ تاہم دفتر کی بغیر مسئلہ بھرائی اس صورت ممکن ہوگی جب دورانیہ تیاری اور دورانیہ ٹھیراؤ مطمئن ہوں۔ نصف دوری عرصہ انتظار کر کے دفتر میں بھرائی، دورانیہ تیاری کو مطمئن کرتا ہے؛ بھرائی کے بعد نصف دوری عرصہ کا انتظار، دورانیہ ٹھیراؤ کو مطمئن کرتا ہے۔ اسی لئے ساعت کا کنارہ چپڑھائی T حال کے عین وسط میں رکھا جاتا ہے (شکل ۱۲.۱۲)۔

نصف دوری عرصہ انتظار کرنے کی دوسری وجہ بھی ہے۔ مواد ترسیل کرنے والے دفتر کا ”مجباز“ اشارہ فعال کرنے سے W گزرگاہ پر مواد ایک دم ڈلتا ہے۔ غیر مطلوبہ برقی گنجائش اور تاروں کے امالہ کی بدولت گزرگاہ تاروں میں برقی دباؤ کی درست سطح کے حصول میں وقت درکار ہوتا ہے۔ دوسرے لفظوں میں W گزرگاہ پر عبوری حال پیدا ہوگا؛ بوقت بھرائی درست مواد یقینی بنانے کے لئے ضروری ہے کہ عبوری حال کے اختتام کا انتظار کیا جائے۔ □

۱۲.۶ خنرد برنامہ

ہم جلد کمپیوٹر الف کے نقشہ پر غور کریں گے، لیکن اس سے قبل بہتر ہوگا ہم اس کی ہدایات کی تعمیل کو ایک جدول میں، جسے خرد برنامہ^{۳۶} کہتے ہیں، یکجا کریں۔

خنرد ہدایات

ہر ایک T حال کے دوران فتو و ترتیب کار ایک فتو لفظ خارج کرتا ہے۔ یہ لفظ کمپیوٹر کے باقی حصوں کو بتاتا ہے کہ ان نے کیا کام سرانجام دینا ہے۔ چونکہ یہ لفظ مواد پر عمل کا ایک چھوٹا قدم پیدا کرتا ہے لہذا یہ خرد ہدایت^{۳۷} کہلاتا ہے۔ شکل ۱۲.۱۱ کو دیکھتے ہوئے فتو و ترتیب کار سے باقی ادوار کو مسلسل خنرد ہدایات جاری ہونا ہم تصور کر سکتے ہیں۔

جدول ۱۲.۳: نقل ہدایت تین خسر ہدایات پر مشتمل ہے۔

کلاں	حال	$S_U E_U \bar{L}_B \bar{L}_O$	$\bar{L}_I \bar{E}_I \bar{L}_A E_A$	$C_P E_P \bar{L}_M \bar{C} \bar{E}$	فعال
نقل	T_4	0 0 1 1	1 0 1 0	0 0 0 1	\bar{L}_M, \bar{E}_I
	T_5	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 1 0	$\bar{C} \bar{E}, \bar{L}_A$
	T_6	0 0 1 1	0 0 1 0	0 0 1 1	کوئی نہیں

جدول ۱۲.۴: نقل ہدایت کی سادس عشری خسر ہدایات۔

جدول ۱۲.۵: کمپیوٹر الف کا خسر درنامہ

کلاں	حال	متابو لفظ	فعال
نقل	T_4	1A3H	\bar{L}_M, \bar{E}_I
	T_5	2C3H	$\bar{C} \bar{E}, \bar{L}_A$
	T_6	3E3H	کوئی نہیں
جمع	T_4	1A3H	\bar{L}_M, \bar{E}_I
	T_5	2E1H	$\bar{C} \bar{E}, \bar{L}_B$
	T_6	3C7H	\bar{L}_A, E_U
منفی	T_4	1A3H	\bar{L}_M, \bar{E}_I
	T_5	2E1H	$\bar{C} \bar{E}, \bar{L}_B$
	T_6	3CFH	\bar{L}_A, S_U, E_U
برآمد	T_4	3F2H	E_A, \bar{L}_O
	T_5	3E3H	کوئی نہیں
	T_6	3E3H	کوئی نہیں

کلاں	حال	متابو لفظ	فعال
نقل	T_4	1A3H	\bar{L}_M, \bar{E}_I
	T_5	2C3H	$\bar{C} \bar{E}, \bar{L}_A$
	T_6	3E3H	کوئی نہیں

کلاں ہدایات

برنامے کی ہدایات (نقل، جمع، منفی، وغیرہ) کو بعض اوقات **کلاں ہدایات** ^{۳۸} کہتے ہیں تاکہ ان میں اور خسر ہدایات میں تمیز ہو۔ کمپیوٹر الف کی ہر ایک کلاں ہدایت تین خسر ہدایات پر مشتمل ہے۔ مثلاً، نقل کی کلاں ہدایت جدول ۱۲.۳ میں پیش تین خسر ہدایات پر مشتمل ہے۔ آسان بنانے کی غرض سے ہم خسر ہدایات کو سادس عشری میں لکھتے ہیں (جدول ۱۲.۴ دیکھیں)۔

جدول ۱۲.۵ میں کمپیوٹر الف کا خسر درنامہ پیش ہے، جس میں ہر کلاں ہدایت اور اس کی تعیل کے لئے درکار خسر ہدایات دیے گئے ہیں۔ یہ جدول کمپیوٹر الف کے طریق تعیل کا خلاصہ ہے۔ زیادہ جلد ہدایات کے لئے بھی ایسا جدول لکھا جاسکتا ہے۔

۱۲.۷ کمپیوٹر الف کائنات

اس حصے میں کمپیوٹر الف کے مکمل نقشہ پر غور کیا جائے گا۔ شکل ۱۲.۱۳ تا شکل ۱۲.۱۹ میں تمام مخلوط ادوار، برقی تاریں، اور اشارات دکھائے گئے ہیں۔ آگے پڑھتے ہوئے ان اشکال سے رجوع کریں۔ جہاں ضرورت ہو، مستعمل مخلوط ادوار کی معلومات انٹرنیٹ سے حاصل کریں۔

برنامہ گنت کار

شکل ۱۲.۱۳ میں مخلوط ادوار $u1$ ، $u2$ ، اور $u3$ ”برنامہ گنت کار“ دیتے ہیں۔ مخلوط دور $u1$ جو 74LS107 ہے، دوہرا بے کے پلٹ کار ہے، جو پتے کے زیریں دوہٹ A_0 اور A_1 دیتا ہے۔ $u2$ دوسرا 74LS107 ہے جو پتے کے بالاہٹ A_2 اور A_3 دیتا ہے۔ $u3$ (74LS126) سے حال چو مستحکم کار ہے جو برنامہ گنت کار کے ہٹ A_0 تا A_3 کو W گزر گاہ پر ضرورت کے وقت ڈالنے کی صلاحیت دیتا ہے۔

کمپیوٹر کی دوڑ سے قبل، پست \overline{CLR} برنامہ گنت کار کو زبردستی پست (0000) کرتا ہے۔ T_1 حال کے دوران بلند E_p پتے کو W گزر گاہ پر ڈالتا ہے۔ T_2 کے دوران برنامہ گنت کار کو بلند C_p مہیا کیا جاتا ہے؛ نصف حال گزر کر \overline{CLK} کا کنارہ اترائی (جو CLK کے کنارہ چپڑھائی کے مترادف ہے) برنامہ گنت کار کی گنتی میں 1 کا اضافہ کرتا ہے۔

T_3 تا T_6 حال کے دوران برنامہ گنت کار غیر فعال ہوگا۔

شکل ۱۲.۱۳ میں $u1$ کے پتہ 12 کو \overline{CLK} کا اشارہ منراہم کیا گیا ہے جو درحقیقت شکل ۱۲.۱۷ میں $u27$ کے پتہ 6 سے آتا ہے۔ صفائی کی خاطر، نقشہ جات میں لمبی تاروں کو کھینچ کر دکھانے سے گریز کیا جاتا ہے۔ ایسی تار کے دونوں سروں کو ایک نام دے کر جوڑنا ہر کیا جاتا ہے۔ یوں شکل ۱۲.۱۳ میں $u1$ کے پتہ 12 اور شکل ۱۲.۱۷ میں $u27$ کے پتہ 6 کو ایک نام (CLK) دے کر انہیں آپس میں جبرٹا ہر کیا گیا ہے۔

دفتربت

مخلوط دور $u4$ (74LS173) چارہٹ سے حال مستحکم کار ہے، جو بطور ”دفتربت“ کردار ادا کرتا ہے۔ دھیان رہے، پتہ 1 اور 2 برقی زمین سے جڑے ہیں، جس کی بدولت $u4$ سے حال کی بجائے دو حال ہوگا۔ دوسرے لفظوں میں، چونکہ یہ گزر گاہ سے نہیں جبرٹا ہذا اس کی سے حال صلاحیت درکار نہیں۔

دو تا ایک داخلی منتخب کار

مخلوط دور $u5$ (74LS157) 2 تا 1 ریزہ ”داخلی منتخب کار“ ہے۔ بایاں ریزہ (پتے 2، 5، 11، اور 14) پتہ چو سوچ S_1 سے آتا ہے جو AA_0 تا AA_3 ہٹ دستی مہیا کرتا ہے۔ S_1 درحقیقت چار سوچوں کو ظاہر کرتا ہے جن کے بازو انفسرادی کھڑے یا بٹھائے جاسکتا ہے۔ (یاد رہے 74LSxxxx سلسلہ کے مخلوط ادوار کا داخلی پتہ برقی زمین سے جوڑ کر پتے پر 0 منراہم ہوگا، جبکہ آزاد (منقطع) پتے پر 1 ہوگا۔) S_1 کا بازو بٹھانے سے $u5$ کے مطابقتی پتہ کو 0 جبکہ کھڑا کرنے سے 1 مہیا کیا جاتا ہے۔ دایاں ریزہ (پتے 13، 10، 6، اور 3) دفتربت ($u4$) سے آتا ہے۔ داخلی منتخب کار $u5$ کے محنا رت تک پتے والے ریزے کا فیصلہ سوچ S_{2a} کرتا ہے۔ جب S_{2a} ”برنامہ لکھ“ پیچھا کر ہو (جو $u5$ کا پتہ 1 پست کرے گا) تب S_1 کا دستی پتہ $u5$ کے محنا رت ($a_3a_2a_1a_0$) منتقل ہوگا، اور جب S_{2a} ”دوڑ“ پیچھا کر ہو

(یعنی جب پینا 1 بلند) ہو تب دفتر پتہ $u4$ کا مواد (پتہ) $u5$ کے مختارج مقتتل ہوگا۔ دھیان رہے، S_{2a} کی ”دوڑ“ بیٹھک پر کوئی برقی تار نسب نہیں، لہذا یہ نقطہ کہیں نہیں حبڑا۔ سوچ S_2 کے دو بازو، جنہیں S_{2a} اور S_{2b} کہا گیا ہے، ایک ساتھ کھڑا ہوں گے یا بیٹھیں گے، ان کو انفرادی کھڑا کرنا یا بیٹھنا ممکن نہیں۔

8 × 16 عارضی حافظہ

$u6$ اور $u7$ مخلوط دور $74LS219$ ہیں۔ مخلوط دور 16×4 عارضی حافظہ ہے۔ $u6$ اور $u7$ مل کر 8×16 ”عارضی حافظہ“ دیتے ہیں۔ سوچ S_3 (جو آٹھ سوچوں کو ظاہر کرتا ہے) آٹھ بٹ مواد (D_0 تا D_7) منراہم کرتا ہے۔ اس کے آٹھ بازوؤں کو انفرادی کھڑا یا بیٹھایا جاسکتا ہے۔ داب بتام S_4 (جو آزاد حالت میں ”پڑھ“ بیٹھک پر ہوگا) پڑھ/لکھ اشارہ منراہم کرتا ہے۔ حافظہ کی برنامہ نویسی S_{2b} (اور S_{2a}) ”برنامہ لکھ“ پر رکھ کر ہوگی۔ S_{2b} کو ”برنامہ لکھ“ بیٹھک پر بیٹھ کر، نیا 2 پست کر کے، درست دستی پتہ بٹ (AA_0 تا AA_3) اور دستی مواد بٹ (D_0 تا D_3) رکھ کر S_4 ایک لمحے کے لئے دبا کر لکھ (پینا 3) لمحاتی پست کرتے ہوئے حافظہ میں مطلوب پتہ ($a_3a_2a_1a_0$) پر مواد لکھا جاتا ہے۔

یاد رہے برنامہ نویسی کے دوران S_2 (یعنی S_{2a} اور S_{2b}) کے بازو ”برنامہ لکھ“ بیٹھک پر ہوں گے جس کی بدولت AA_0 تا AA_3 دستی پتہ اور D_0 تا D_7 دستی مواد حافظہ کو منراہم ہوگا۔

حافظہ میں برنامہ اور مواد لکھنے کے بعد S_2 کو ”دوڑ بیٹھک“ پر رکھ کر کمپیوٹر کو چلنے کے لئے تیار کیا جاتا ہے۔

دفتر ہدایت

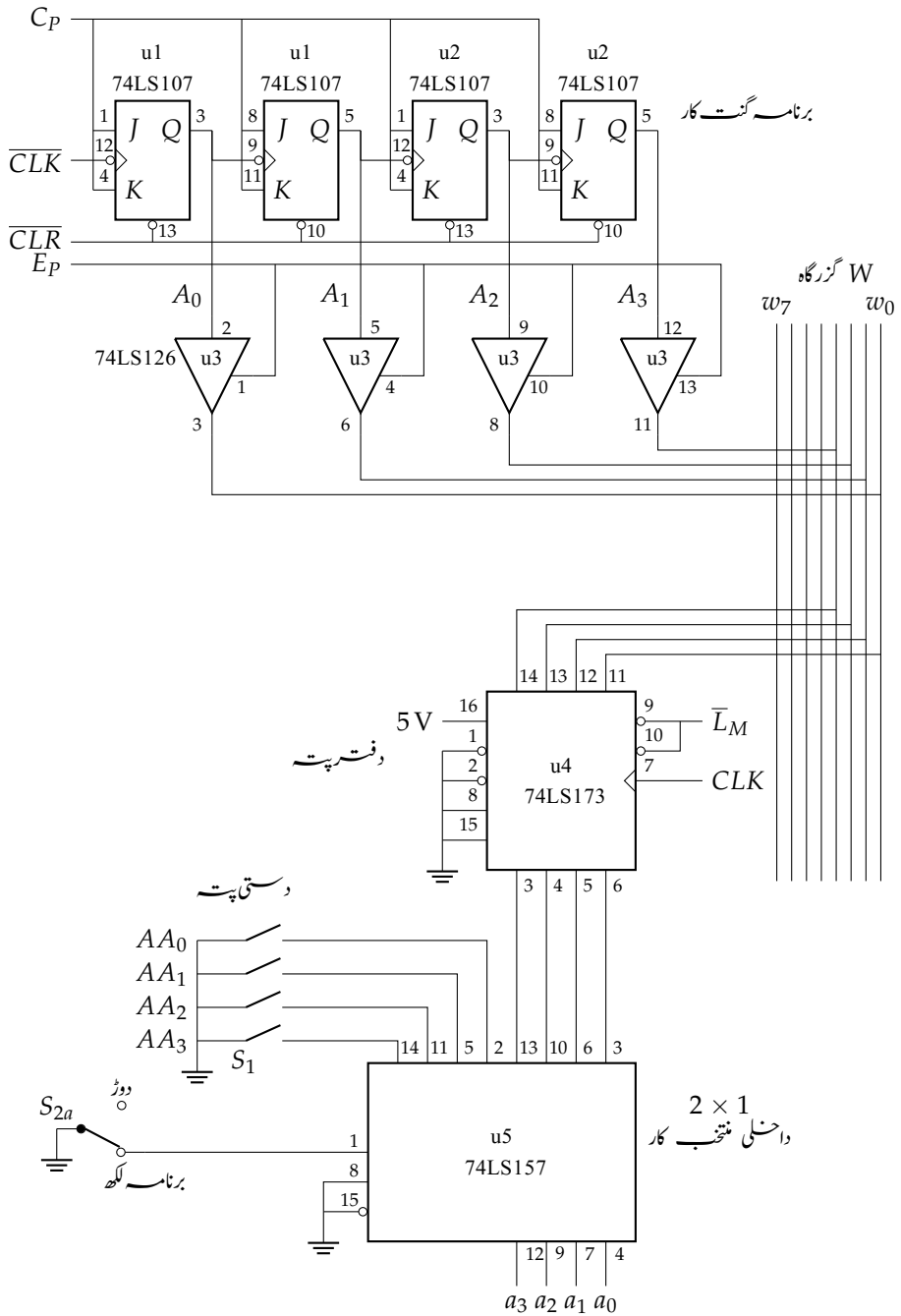
$u8$ اور $u9$ مخلوط دور $74LS173$ ہیں۔ ایک مخلوط دور میں سہ حال 4 بٹ مستحکم کار دفنا پائے جاتے ہیں۔ یہ دو مخلوط ادوار مل کر 8 بٹ ”دفتر ہدایت“ دیتے ہیں۔ $u8$ کے 1 اور 2 پینے زمین سے جوڑ کر مخلوط دور کا مختارج $I_4I_5I_6I_7$ دو حال بنایا گیا ہے۔ یہ ریزہ متابو ترتیب کار کے ”ہدایت رمز کشا“ کو جاتا ہے۔ دفتر ہدایت کے زیریں ریزہ کو، جو $u9$ کا مختارج ہے، \bar{E}_I اشارہ متابو کرتا ہے۔ پست \bar{E}_I اس ریزہ کو W گزرگاہ پر ڈالتا ہے۔

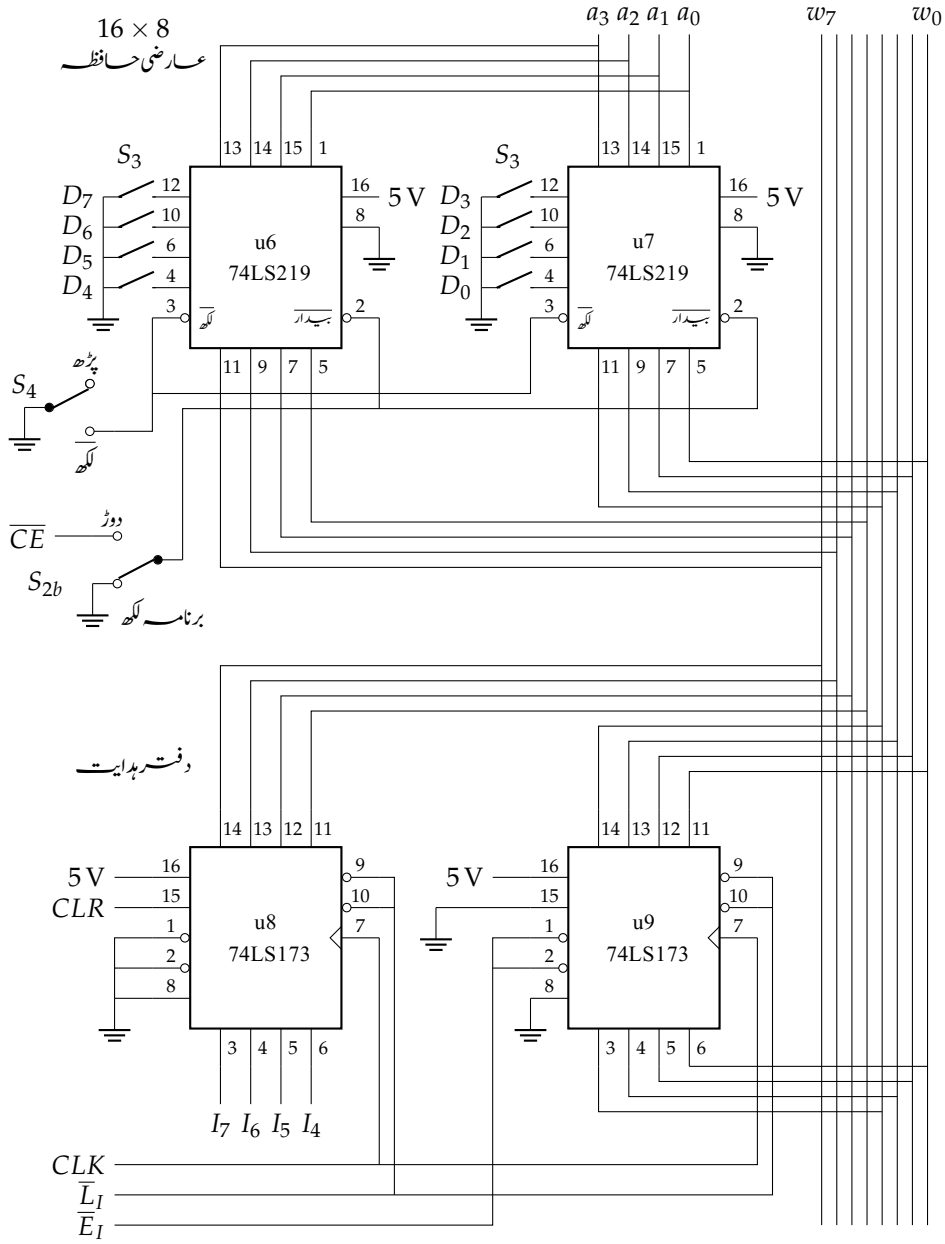
دفتر الف

مخلوط ادوار $u10$ اور $u11$ ، جو $74LS173$ ہیں، ”دفتر الف“ دیتے ہیں (شکل ۱۲.۱۵ دیکھیں)۔ دونوں مخلوط دور کے 1 اور 2 پینے زمین سے جوڑ کر مختارج دو حال بنایا گیا ہے۔ دو حال مختارج جمع و منفی کار کو منراہم کیا گیا ہے۔ $u12$ اور $u13$ مخلوط دور ($74LS126$) سہ حال سوچ ہیں جو بلند E_A کی صورت میں دفتر الف کا مختارج W گزرگاہ پر ڈالتے ہیں۔

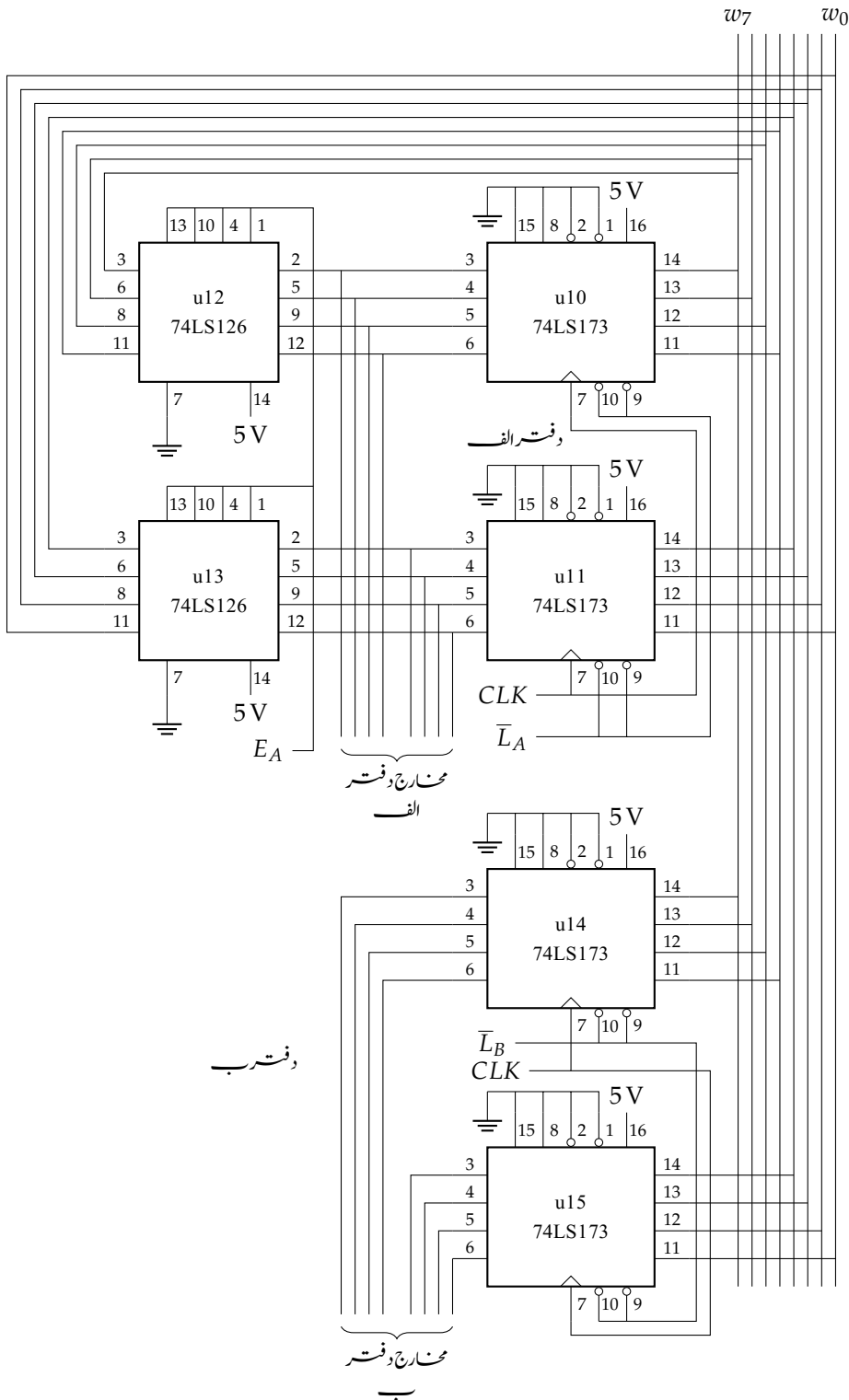
جمع و منفی کار

$u18$ اور $u19$ مخلوط دور $74LS86$ ہیں۔ یہ بلا مشرکت جمع گیٹ بطور متابو کردہ متمم کار کاردار ادا کرتے ہیں۔ پست S_U کی صورت میں دفتر ب کا مواد بغیر تبدیل ہوئے ان گیٹ سے گزرتا ہے۔ بلند S_U کی صورت میں ب کے مواد کا تکملہ 1 ان گیٹوں سے مختارج ہوگا اور ساتھ ہی کمتر تر ترتیبی بٹ کے ساتھ 1 جمع ہو کر تکملہ 2 دیگا۔

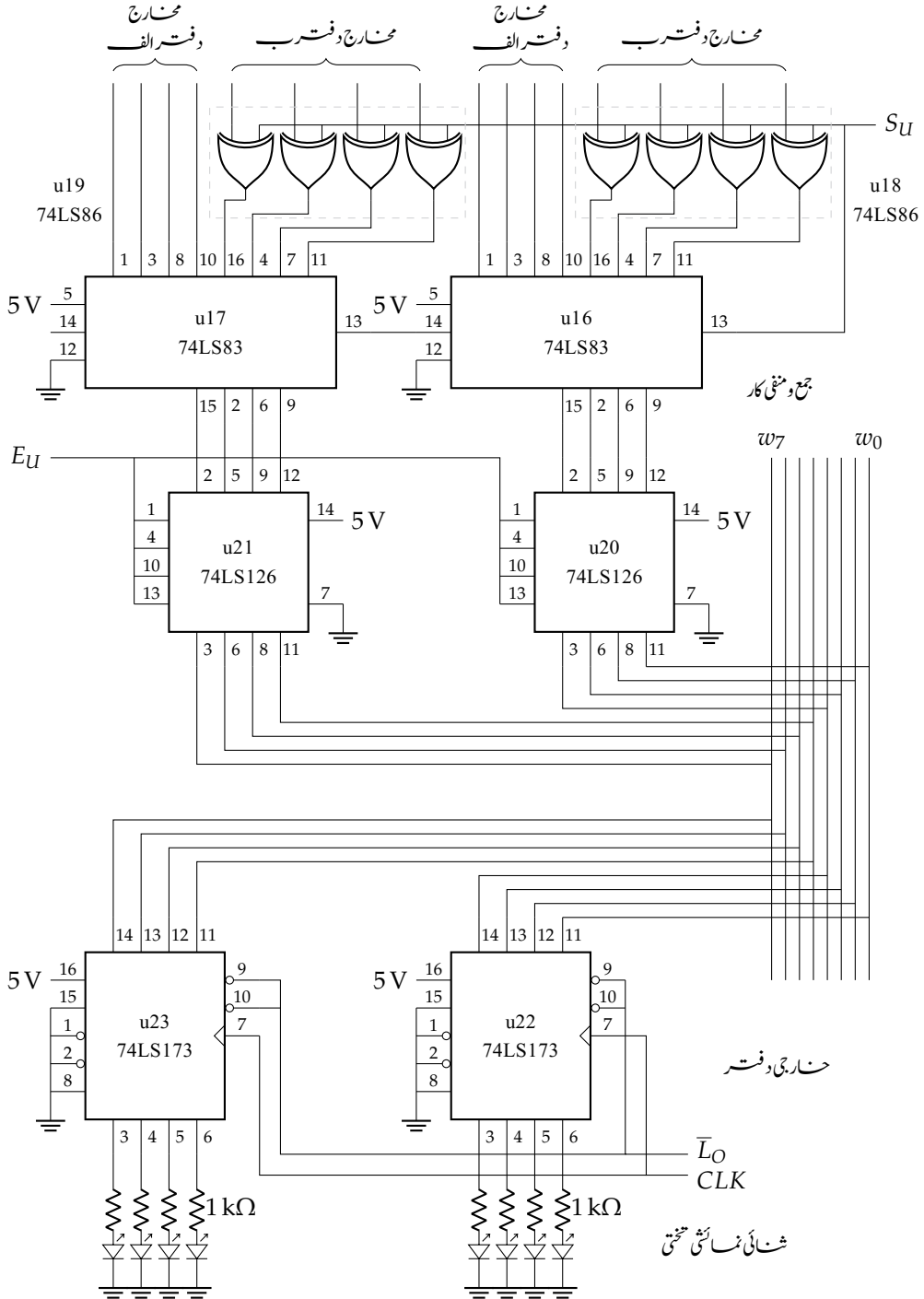




شکل ۱۲.۱۳: حافظه اور دست بردایت



شکل ۱۵.۱۲: دفتر الف اور جمع و منفی کار



شکل ۱۲.۱۶: جمع و منفی کار اور خارجی دفتر

u16 اور u17 مخلوط دور 74LS83 ہیں، جو 4 بٹ مکمل جمع کار ہے۔ دونوں کو جوڑ کر 8 بٹ ”مکمل جمع و منفی کار“ حاصل کیا گیا ہے۔ u20 اور u21، جو 74LS126 ہیں، 8 بٹ نتیجہ کو سہ سال بنا کر W گزر گاہ پر ڈالتے ہیں۔

دفتر ب اور خارجی دفتر

u14 اور u15، جو 74LS173 ہیں، سل کر ”دفتر ب“ دیتے ہیں۔ دونوں کے پینا 1 اور 2 زمین سے جوڑ کر خارجی دور حال بنا گیا ہے۔ دفتر الف کے مواد کے ساتھ دفتر ب کا مواد جمع کیا جاتا ہے یا اس سے دفتر ب کا مواد منفی کیا جاتا ہے۔

u22 اور u23، جو 74LS173 ہیں، ”خارجی دفتر“ دیتے ہیں۔ خارجی دفتر شنائی نمائشی تختی کو چلاتا ہے۔ نمائشی تختی پر ہم نتائج دیکھ سکتے ہیں۔

بلا ٹپک صاف و چل

شکل ۱۲.۱۷ میں ”بلا ٹپک صاف و چل دور“ پیش ہے، جس کے دو مخارج ہیں؛ دفتر ہدایت کے لئے \overline{CLR} جبکہ برنامہ گنت کار اور چھلا گنت کار کے لئے CLR اشارہ۔ \overline{CLR} ساعت چالو کرنے والے پلٹ u29 کو بھی جاتا ہے۔ S5 داب بتام ہے جو د آزاد حالت میں ”چل بیٹھک“ پر رہتا ہے۔ دبانے سے اس کا بازو ”صاف“ کو زمین سے ملا کر بلند CLR اور پست \overline{CLR} پیدا کرتا ہے۔ بتام کو آزاد چھوڑنے سے اس کا بازو ”چل“ کو زمین سے ملا کر پست CLR اور بلند \overline{CLR} پیدا کرتا ہے۔ یوں داب بتام کو دبا کر دونوں اشارے فعال ملیں گے۔

سوچ کا بازو ایک بیٹھک سے دوسری بیٹھک منتقل کرتے وقت بازو ٹپکیاں کھا کر بیٹھتا ہے، جس سے متعدد اشارات پیدا ہوتے ہیں۔ ہمیں عموماً ایک مستند اشارہ درکار ہوگا۔ شکل ۱۲.۱۷ میں S6 کا بازو ”صاف“ پر بٹھانے سے ٹپکیوں کی بدولت ”صاف“ پر متعدد 0 اور 1 پیدا ہوں گے، تاہم u24 کے دو ضرب متمم گیٹ صرف ایک پست \overline{CLR} پیدا کرتے ہیں؛ گویا، سوچ بلا ٹپک^{۴۹} کر دیا گیا۔

دھیان رہے u24 کا آدھا حصہ ”بلا ٹپک صاف و چل“ اور باقی ”بلا ٹپک قدم با قدم“ دور میں مستعمل ہے۔ u24 مخلوط دور 74LS00 کو غاہر کرتا ہے جس میں 2 داخلی چو ضرب متمم گیٹ پائے جاتے ہیں۔

بلا ٹپک قدم با قدم دور

یہ کمپیوٹر دو طرز میں چل سکتا ہے؛ دستی یا خود کار۔ S6 ایک قطب دو چال^{۴۰} سوچ ہے، جو ”بلند“ بیٹھک پر یا ”پست“ بیٹھک پر بیٹھارہ سکتا ہے۔ دستی طرز میں S6 ایک مرتب ”بلند“ اور ایک مرتب ”بیٹھک“ پر بٹھانے سے ساعت کی ایک مکمل دھڑکن پیدا ہوگی۔ ”بلند“ بیٹھک پر S6 بلند CLK دیگا؛ ”پست“ بیٹھک پر S6 پست CLK دیگا۔ دوسرے لفظوں میں، جیسے جیسے آپ S6 کو ایک بیٹھک سے دوسری بیٹھک پر بٹھاتے ہیں، شکل ۱۲.۱۷ میں پیش، ”بلا ٹپک قدم با قدم دور“ باری باری ایک T حال پیدا ہوگا۔ یوں آپ کمپیوٹر کو مختلف T حال سے گزار کر اس کا تفصیلی معائنہ کر سکتے ہیں، جو خرابی کی صورت میں کمپیوٹر ٹھیک کرنے میں مددگار ثابت ہوگا۔

^{۴۹}debounced
^{۴۰}spdt,single-poledouble-throw

بلائیپک دستی و خود کار

S₇ ایک قلعہ دو پال سوئچ ہے۔ جب سوئچ دستی بیٹھک پر ہو، u26 کا پینا 1 بلند ہوگا اور یوں قدم با قدم بتام فعال ہوگا (یعنی u24 کے پینا 11 پر موجود اشارہ u26 سے گزر کر u25 کے پینا 11 پہنچ کر CLK اور \overline{CLK} پیدا کرے گا)۔ جب سوئچ خود کار بیٹھک پر بیٹھا ہو، کمپیوٹر خود کار کام کرے گا (یعنی u25 کے پینا 11 تک ساعت پیدا کرنے والا اشارہ u29 کے پینا 3 سے پہنچے گا)۔ u25 کے دو ضرب متمم گیٹ S₇ کو بلائیپک بناتے ہیں۔ u25 کے باقی دو ضرب متمم گیٹ قدم با قدم ساعت یا خود کار ساعت میں سے ایک کو CLK اور \overline{CLK} تک پہنچاتے ہیں۔

ساعت مستحکم کار

u25 کا پینا 11 ”ساعت مستحکم کار“ کو حبا تا ہے۔ u27 کے دو سلسلہ وار حبڑے نفی گیٹ CLK اور ایک نفی گیٹ \overline{CLK} پیدا کرتے ہیں۔ اب تک 74LSxxxx سلسلہ کے کم طامتی مخلوط ادوار استعمال کیے گئے جو حنا رچی پنیوں پر زیادہ طامت منرا ہم نہیں کر سکتے۔ u27 مخلوط دور 74xxxx سلسلہ سے منتخب کیا گیا جو حنا رچی پنیوں پر زیادہ طامت منرا ہم کرتے ہوئے 74LSxxxx سلسلہ کے 20 برقی بو جھ چلا سکتے ہیں۔

ان نقٹوں میں 74LS107 اور 74LS173 کی تعداد سے CLK، \overline{CLK} ، CLR، اور \overline{CLR} پر LS برقی بو جھ دریافت کیا جاسکتا ہے۔ ایک LS بو جھ سے مراد 74LSxxxx سلسلہ مخلوط ادوار کا ایک داخلہ پنی ہے۔

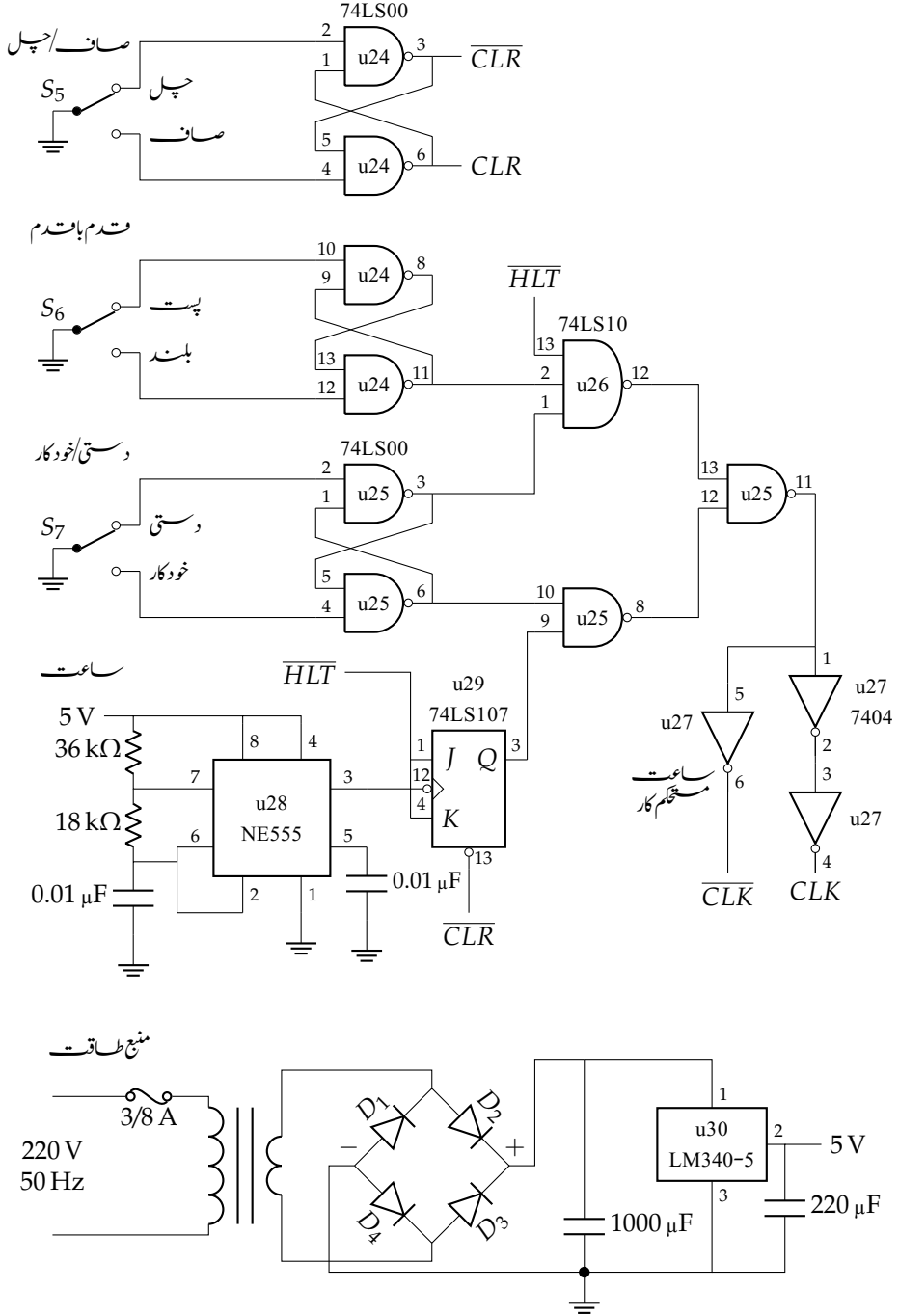
$$\begin{aligned} \text{CLK} &= 19 \text{ برقی بو جھ} \\ \overline{CLK} &= 2 \text{ برقی بو جھ} \\ \text{CLR} &= 1 \text{ برقی بو جھ} \\ \overline{CLR} &= 20 \text{ برقی بو جھ} \end{aligned}$$

یوں u27 کے خا رچی اشارات CLK اور \overline{CLK} اپنا بو جھ اٹھا سکتے ہیں۔ اسی طرح u25 کے حنا رچی اشارے CLR اور \overline{CLR} بھی اپنا بو جھ اٹھا سکتے ہیں۔

ساعت اور منبع طامت

u28 مخلوط دور NE555 کو ظا ہر کرتا ہے جو مختلف دورانیے پیدا کر سکتا ہے۔ یہاں اس سے 75 فی صد فعال عرصے کا مستطیل 2 kHz اشارہ حاصل کیا گیا ہے جو u29 پلٹ کو حبا تا ہے۔ یہ پلٹ اس اشارے سے 50 فی صد فعال عرصے کا 1 kHz اشارہ پیدا کرتا ہے۔

منبع طامت کو گھریلو 220 V (50 Hz) برقی طامت مہیا کی جاتی ہے جس کو ٹرانسفارمر گھٹاتا ہے۔ مکمل لہر سمٹنے کا ر ۱ اور ۱۰۰۰ μF کا برقی گیر ۱۰۰ اس سے تقریباً 20 V یک سمت رو حاصل کرتے ہیں۔ u30 جو LM340T - 5 کو ظا ہر کرتا ہے مستحکم 5 V دے گا۔



شکل ۱۳.۱۷: ساعت، منبع طاق، اور بلائیپک صاف و چیل۔

ہدایت رمز کشا

u31 کے چار خفی گیت ہدایتی رمز ہٹ $I_7 I_6 I_5 I_4$ کا متمم دیتے ہیں (شکل ۱۲.۱۸ دیکھیں)۔ u32 ، u33 ، اور u34 ہدایتی رموز سے (جدول ۱۲.۲ کے تحت) پانچ ہدایات: نقتل، جمع، منفی، برآمد، اور رک حاصل کرتے ہیں۔ یاد رہے، ایک وقت صرف ایک ہدایت فعال ہوگی۔ (رک اشارہ پست فعال جبکہ باقی بلند فعال ہیں۔)

جب ”رک“ دفتر ہدایت میں ہو، $I_7 I_6 I_5 I_4$ ہٹ 1111 ہوں گے اور رک پست ہوگا۔ یہ اشارہ قدم با قدم ساعت کے دور میں u26 کے پینا 13 اور خود کار ساعت کے دور میں u29 کو حبا تے۔ جب رک فعال (پست) ہو کمپیوٹر کی دستی اور خود کار ساعت رک حبا ئیں گی لہذا CLK اور \overline{CLK} اشارے رک حبا ئیں گے اور کمپیوٹر کام کرنا روک دیگا۔

چھلا گنت کار

چھلا گنت کار، جس کو بعض اوقات **حال گنتے کار**^{۴۳} کہتے ہیں، u36 ، u37 ، اور u38 پر مشتمل ہے (شکل ۱۲.۱۸ دیکھیں)۔ یہ تینوں مخلوط دور 74LS107 کو ظاہر کرتے ہیں۔ ایک 74LS107 میں دو جے کے آت اعنلام پلٹ پائے حبا تے ہیں۔ S_5 ، شکل ۱۲.۱۷ میں موجود ہے، دبانے سے چھلا گنت کار ابتدائی حال اختیار کرتا ہے جس میں صرف T_1 بلند ہوگا۔ یاد رہے بائیں ترین پلٹ کے \overline{Q} (u38 کا پینا 6) سے T_1 حاصل کیا گیا ہے، جو \overline{CLR} پست کرنے سے بلند ہوگا۔ CLK اشارہ پست فعال مداحخل کو مہیا کیا گیا ہے لہذا T حال ساعت کے کسارہ اترا ئی پر تبدیل ہوگا۔ نصف ساعت بعد، جیسا ہم ذکر کر چکے، کسارہ چپڑھائی دفنا تر میں مواد بھرتا ہے۔

تالو تالب

ہدایت رمز کشا سے نقتل، جمع، منفی، اور برآمد اشارے **تالو تالبے**^{۴۴}، u39 تا u48 ، کو حبا تے ہیں (شکل ۱۲.۱۹ دیکھیں)۔ ساتھ ہی چھلا گنت کار کے T_1 تا T_6 اشارے بھی تالو تالب کو فسا رام کیے حبا تے ہیں۔ (ایسا دور جس کو مختلف جگہوں سے بٹوں کے دو گروہ ملتے ہوں **تالو تالبے** کہلاتا ہے۔) یہ تالب 12 ہٹ فسا رم ہدایت کا ”تالو لفظ“ پیدا کرتا ہے، جو کمپیوٹر کو بتاتا ہے کہ اس نے کیا کرنا ہے۔

(شکل ۱۲.۱۹ میں پہلے T_1 اور اس کے بعد T_2 ، اور اسی طرح چلتے ہوئے T_3 بلند ہوگا۔ تالو تالب پر غور کے دوران آپ درج ذیل دریافت کریں گے۔ بلند T_1 کی صورت میں بلند E_P اور پست \overline{L}_M (پست حال) پیدا ہوگا؛ بلند T_2 کی صورت میں بلند C_P (بڑھوتری حال) پیدا ہوگا؛ اور بلند T_3 کی صورت میں پست \overline{C}_E اور پست \overline{L}_I (حافظہ حال) پیدا ہوگا۔ یوں اس کمپیوٹر میں پہلے تین T حال لازماً بازیابی پھیلا ہوں گے۔ بازیابی پھیلا کے تالو لفظ درج ذیل ہیں۔

فعال بٹ	متابولفظ	حال
E_P, \bar{L}_M	5E3H	T_1
C_P	BE3H	T_2
$\bar{C}\bar{E}, \bar{L}_I$	263H	T_3

تعمیلی پھیرا کے دوران T_4 تا T_6 یک بعد دیگرے بلند ہوں گے۔ ساتھ ہی رمز کش اشاروں (قتل تا برآمد) میں سے صرف ایک بلند (فعال) ہوگا۔ ان وجوہات کی بدولت، متابوتاب فعال بٹوں کو درست متابوتاروں تک پہنچا پاتا ہے۔

مشال کے طور پر، جب ”قتل“ بلند ہو، 2 داخلی ضرب متمم گیٹوں میں (نیچے سے گنتے ہوئے) پہلا، چوتھا، ساتواں، اور دسواں فعال ہوں گے۔ جب T_4 بلند ہو، پہلا اور ساتواں ضرب متمم گیٹ فعال ہو کر پست \bar{L}_M اور پست \bar{E}_I دیں گے (لہذا دفتر پست میں پست ڈالا جائے گا)۔ جب T_5 بلند ہو، چوتھا اور دسواں ضرب متمم گیٹ فعال ہوں گے، جو پست $\bar{C}\bar{E}$ اور پست \bar{L}_A دیں گے (لہذا حافظہ سے مواد دفتر الف منتقل ہوگا)۔ جب T_6 بلند ہو، تمام متابوتاب غیر فعال ہوں گے (لہذا اکیپیڈٹ فارغ ہوگا)۔

آپ سے گزارش ہے کہ باقی ہدایات کی تعمیل (بلند جمع، بلند منفی، اور بلند برآمد) کے دوران متابوتاب کی کارکردگی پر غور کریں تاکہ آپ دیکھ پائیں متابوتاب کیسے جدول ۱۲.۵ کی حشر دہدایات پیدا کرتا ہے۔

حپل

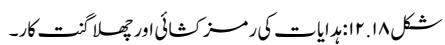
کمپیوٹر سے کوئی کام لینے سے پہلے اس کے حافظہ میں برنامہ اور مواد بھرا جاتا ہے۔ برنامہ خپلے حافظہ اور مواد بالا حافظہ میں رکھ کر ”حصاف“ بتام دیا کر واپس اٹھنے دیا جاتا ہے جس سے ایک لمحے کے لئے CLR اور $\bar{C}\bar{L}\bar{R}$ فعال ہوں گے۔ CLK اور $\bar{C}\bar{L}\bar{K}$ ساعتی اشارے دفاتر کو اور گنت کار چلاتے ہیں۔ متابوتاب ترتیب کار سے خارج حشر دہدایت ساعت کے کنارہ چٹھائی پر عمل کا تعین کرتا ہے۔

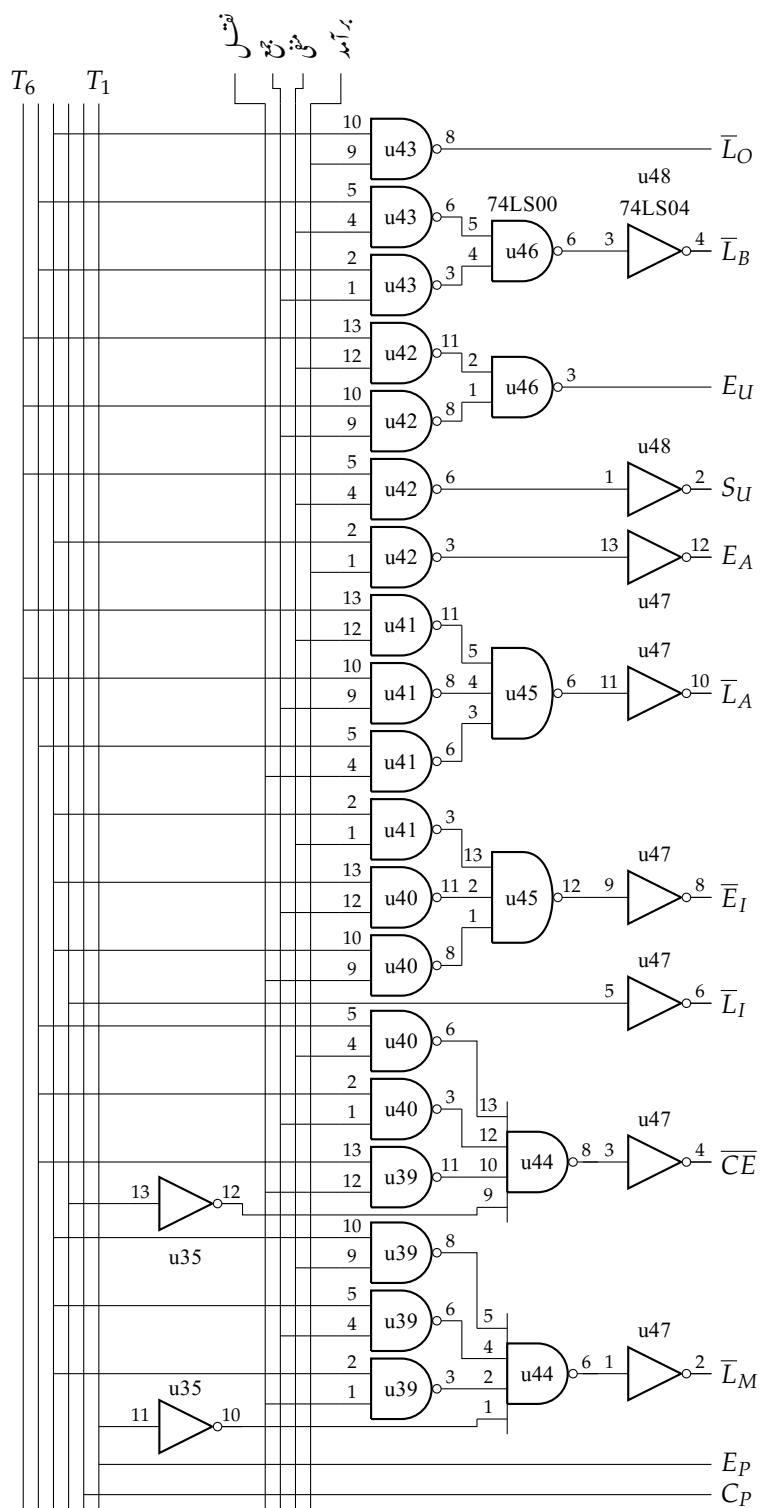
ہر ایک مشینی پھیرا بازیابی پھیرے سے آغاز کرتا ہے۔ T_1 پست حال، T_2 بڑھوتری حال، اور T_3 حافظہ حال ہوگا۔ بازیابی پھیرے کے اختتام پر دفتر دہدایت میں ہدایت پائی جائے گی۔ حشر دہدایت کی رمز کشائی کے بعد متابوتاب خود بخود درست تعمیلی طریق پیدا کرتا ہے۔ تعمیلی پھیرا کی تکمیل پر چھلا گنت کار دوبارہ T_1 سے آغاز کرتا ہے اور اگلا مشینی پھیرا شروع ہوتا ہے۔

دفتر دہدایت میں ”رک“ ہدایت بھرتے ہی کمپیوٹر کام کرنا روک دیگا۔

۱۲.۸ حشر در نامہ نویسی

ہر ایک تعمیلی پھیرے کے لئے درکار حشر دہدایت کے حصول کا ایک طریقہ شکل ۱۲.۱۹ میں پیش کیا گیا ہے۔ زیادہ تعداد کی ہدایات کے لئے درکار متابوتاب بہت بڑا ہوگا جس میں سیکڑوں یا ہزاروں کی تعداد میں گیرٹ متعل ہوں گے۔ اتنی زیادہ تعداد میں گیٹوں کو برقی تاروں کے ذریعہ آپس میں جوڑنا آسان نہیں۔ یہی وجہ ہے کہ تحقیق کاروں نے دیگر راہ تلاش کیے۔





شکل ۱۲.۱۹: دیتا بوک ال

خسرد برنامہ نویسی ایک ایسی متبادل ترکیب ہے۔ بنیادی طور پر متابو متالب سے خسرد ہدایات پیدا کرنے کی بجائے انہیں پختہ حافظہ میں رکھا جاتا ہے، جس سے متابو ترتیب کار بنانا آسان ہو جاتا ہے۔

خسرد برنامہ ذخیرہ کرنے کا عمل

پتے مختص کر کے اور تعمیلی طریق شامل کرتے ہوئے ہم جدول ۱۲.۶ میں پیش خسرد ہدایات حاصل کر سکتے ہیں، جنہیں **قالبو** الفاظ کے پختہ حافظہ میں ذخیرہ کیا جاسکتا ہے۔ بازیابی طریق 0H تا 2H پتے پر، نقل طریق 3H تا 5H، جمع طریق 6H تا 8H، منفی طریق 9H تا BH، اور برآمد طریق CH تا EH پر رکھے گئے ہیں۔

کسی بھی طریق تک رسائی کے لئے درست پتہ مہیا کرنا ہوگا۔ مثلاً، جمع طریق کے لئے ہمیں 6H، 7H، اور 8H پتے منراہم کرنا ہوگا۔ برآمد طریق چلانے کے لئے CH، DH، اور EH پتے منراہم کرنا ہوگا۔ یوں کسی بھی طریق تک رسائی درج ذیل تین اقدام پر چلتے ہوئے ممکن ہوگی۔

۱. طریق کا ابتدائی پتہ جاننا ہوگا۔
۲. طریق کے پتوں سے باری باری گزرنا ہوگا۔
۳. متابو الفاظ کے پختہ حافظہ کو پتے منراہم کرنا ہوگا۔

پختہ حافظہ برائے پتہ

شکل 10-16 میں کمپیوٹر کی خسرد برنامہ نویسی دکھائی گئی ہے، جو پتہ **محنتہ حافظہ**^{۴۵}، **قابل پیش بھرائی**^{۴۶} گنت کار، اور **قالبو محنتہ حافظہ**^{۴۷} پر مشتمل ہے۔ پتہ حافظہ میں، جدول ۱۲.۶ میں دیے گئے، ہر ہدایت کا ابتدائی پتہ پایا جاتا ہے۔ دوسرے لفظوں میں پتہ حافظہ میں جدول ۱۲.۷ کا مواد پایا جاتا ہے۔ جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں، نقل طریق کا ابتدائی پتہ 0011، جمع طریق کا ابتدائی پتہ 0110 ہے، وغیرہ۔

جب ہٹ $I_7 I_6 I_5 I_4$ پتہ پختہ حافظہ کو چلائیں، ابتدائی پتہ پیدا ہوگا۔ مثلاً، اگر جمع ہدایت زیر تعمیل ہو، $I_7 I_6 I_5 I_4$ میں 0001 ہوگا، جو پتہ پختہ حافظہ کو منراہم ہوگا؛ پختہ حافظہ 0110 دیگا۔

متابیل پیش بھرائی گنت کار

جب T_3 بلسد ہو، متابیل پیش بھرائی گنت کار کا ”بھسر“ مداحسل بلسد ہوگا لہذا پتہ پختہ حافظہ سے گنتکار ابتدائی گنتی حاصل کرے گا۔ باقی T حال کے دوران گنت کار گنتی کرے گا۔

ابتدائی طور، صاف / چپل بلائیک دور بلسد CLR اشارہ پیدا کرتا ہے۔ جمع گیٹ کے محسارچ پر نسب RC اس اشارے کا تفرق لیتے ہوئے ایک باریک **سوز**^{۴۸} پیدا کرتا ہے جو گنت کار کو صاف کرتی ہے۔ کمپیوٹر کی دوڑ شروع ہونے کے بعد T_1 حال میں گنت کار کی گنتی 0000، T_2 حال میں 0001، اور T_3 حال میں 0010 ہو

^{۴۵} addressROM
^{۴۶} presettable
^{۴۷} controlROM
^{۴۸} spike

جدول ۱۲.۶: کمپیوٹر الف کا پختہ حافظہ برائے فتاویٰ الفاظ

پتہ	مواد	طریق	فعال
0H	5E3H	بازیاب	E_P, \bar{L}_M
1H	BE3H		C_P
2H	263H		\overline{CE}, \bar{L}_I
3H	1A3H	نقل	\bar{L}_M, \bar{E}_I
4H	2C3H		\overline{CE}, \bar{L}_A
5H	3E3H		کوئی نہیں
6H	1A3H	جمع	\bar{L}_M, \bar{E}_I
7H	2E1H		\overline{CE}, \bar{L}_B
8H	3C7H		\bar{L}_A, E_U
9H	1A3H	منفی	\bar{L}_M, \bar{E}_I
AH	2E1H		\overline{CE}, \bar{L}_B
BH	3CFH		\bar{L}_A, S_U, E_U
CH	3F2H	برآمد	E_A, \bar{L}_O
DH	3E3H		کوئی نہیں
EH	3E3H		کوئی نہیں
FH	X	X	غیر متعمل

جدول ۱۲.۷: پختہ حافظہ برائے پتہ

پتہ	مواد	طریق
0000	0011	نقل
0001	0110	جمع
0010	1001	منفی
0011	xxxx	کوئی نہیں
0100	xxxx	کوئی نہیں
0101	xxxx	کوئی نہیں
0110	xxxx	کوئی نہیں
0111	xxxx	کوئی نہیں
1000	xxxx	کوئی نہیں
1001	xxxx	کوئی نہیں
1010	xxxx	کوئی نہیں
1011	xxxx	کوئی نہیں
1100	xxxx	کوئی نہیں
1101	xxxx	کوئی نہیں
1110	1100	برآمد
1111	xxxx	کوئی نہیں

گی۔ بازیابی کا ہر پھیرا ایک جیسا ہوگا، چونکہ T_1 ، T_2 ، اور T_3 حال کے دوران گنت کار بالترتیب 0000، 0001، اور 0010 دیگا۔

دفتر ہدایت میں موجود ہدایتی رمز تعمیلی پھیرا بتا کر رہا ہے۔ اگر جمع ہدایت بازیاب کی جائے، $I_7 I_6 I_5 I_4$ کے پٹ 0001 ہوں گے۔ یہ ہدایتی رمز پتہ پنخت حافظہ کو چلاتے ہوئے 0110 (جدول ۱۲.۷ دیکھیں) پیدا کرے گا، جو متابل پیش بھرائی گنت کار کو بطور ابتدائی پتہ منراہم کیا جاتا ہے۔ بلند T_3 کے دوران سمعت کے اگلے کنارہ اترائی پر 0110 متابل پیش بھرائی گنت کار میں بھرا جائے گا۔ یوں گنت کار ”جمع“ طریق کے ابتدائی گنتی سے آغاز کرتے ہوئے آگے گنتا ہے۔ T_4 حال کے دوران گنت کار کا مخارج 0110، T_5 حال کے دوران 0111، اور T_6 حال کے دوران 1000 ہوگا۔

T_1 حال کے شروع میں، T_1 اشارے کا پیش کنارہ تصرف کرتے ہوئے ایک باریک مثبت سوزن پیدا کیا جاتا ہے، جو گنت کار کو صاف کر کے 0000 کرتی ہے؛ یہ بازیابی طریق کا ابتدائی پتہ ہے۔ یوں ایک نئے مشین پھیرے کا آغاز ہوگا۔

متابو پنخت حافظہ

متابو پنخت حافظہ میں کمپیوٹر کے خنر دہدایات ذخیرہ کیے جاتے ہیں۔ بازیابی پھیرے کے دوران، متابو پنخت حافظہ کو 0000، 0001، اور 0010 پتہ منراہم کیا جاتا ہے، لہذا یہ درج ذیل مخارج کرے گا۔

5E3H

BE3H

263H

یہ خنر دہدایات، جو جدول ۱۲.۶ میں پیش ہیں، پتہ حال، بڑھوتری حال، اور حافظہ حال پیدا کرتے ہیں۔

”جمع“ ہدایت کی تعمیل کے دوران، متابو پنخت حافظہ کو تعمیلی پھیرے کے دوران 0110، 0111، اور 1000 پتے منراہم ہوں گے۔ پنخت حافظہ کے مخارج بالترتیب درج ذیل ہوں گے۔

1A3H

2E1H

3C7H

جیسا ہم پہلے ذکر کر چکے، یہ خنر دہدایات ”جمع“ کی تعمیل کراتے ہیں۔

منرض کریں ”برآمد“ ہدایت کی تعمیل کی جبار ہی ہے۔ ہدایتی رمز 1110 ہوگا اور ابتدائی پتہ 1100 ہوگا (جدول ۱۲.۷ دیکھیں)۔ تعمیلی پھیرے کے دوران، گنت کار کے مخارج 1100، 1101، اور 1110 ہوں گے۔ متابو پنخت حافظہ کے مخارج 3F2H، 3E3H، اور 3E3H ہوں گے (جدول ۱۲.۶ دیکھیں)۔ یہ طریق دفتر الف کا مواد برآمدی روزن کو منتقل کرتا ہے۔

متغیر مشینی پھیرا

جدول ۱۲.۶ میں خسرو ہدایت 3E3H فنارغ رہنے کی ہدایت ہے۔ یہ نقل طریق میں ایک مرتبہ اور برآمد طریق میں دو مرتبہ پایا جاتا ہے۔ کمپیوٹر الف میں فنارغ ہدایت استعمال کر کے تمام ہدایات کے لئے مقررہ مشین پھیرا^۹ حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں ہر ہدایت ٹھیک چھ T حال کا ہوگا۔ بعض کمپیوٹر میں مقررہ مشینی پھیرا موزوں ہوگا تاہم، جہاں تیز رفتار درکار ہو وہاں فنارغ ہدایت سے چھکارا حاصل کر کے رفتار بڑھائی جاسکتی ہے۔

ایسا T حال جس میں فنارغ ہدایت موجود ہو کو نظر انداز کرتے ہوئے آگے بڑھنے سے رفتار بڑھائی جاسکتی ہے۔ شکل 10-16 میں معمولی تبدیلی سے ایسا کرنا ممکن ہوگا۔ اس سے نقل ہدایت کا مشینی پھیرا گھٹ کر پانچ T حال (T_1, T_2, T_3, T_4 ، اور T_5) کا رہ جائے گا۔ برآمد ہدایت کا مشینی پھیرا گھٹ کر چار T حال (T_1, T_2, T_3 ، اور T_4) کا رہ جائے گا۔

متغیر مشین پھیرا^{۱۰} حاصل کرنے کا ایک طریقہ شکل 10-17 میں پیش ہے۔ نقل ہدایت کے لئے T_1 تا T_5 حال ہو، ہو مقررہ مشینی پھیرا کی طرح ہیں۔ T_6 حال کے آغاز میں وٹا پونخت حافظہ 3E3H (یعنی فنارغ خسرو ہدایت) پیدا کرے گا۔ ضرب متمم گیٹ اس ہدایت کو فوراً پچپان کر پست فنارغ خارج کرتا ہے۔ جیسا شکل 10-18 میں دکھایا گیا ہے، ضرب گیٹ کی مدد سے فنارغ چھلا گنت کار کو مہیا کیا گیا ہے۔ چھلا گنت کار فوراً T_1 حال اختیار کر کے نئے مشینی پھیرے کا آغاز کرتا ہے۔ یوں نقل ہدایت چھ سے گھٹ کر پانچ حال کا ہوگا۔

برآمد ہدایت میں پہلا فنارغ خسرو ہدایت T_5 حال میں پایا جاتا ہے۔ یوں T_5 حال کے آغاز میں وٹا پونخت حافظہ 3E3H دیگا جس کو ضرب متمم گیٹ پچپان کر پست فنارغ پیدا کر کے چھلا گنت کار کو T_1 حال اختیار کرنے پر مجبور کرتا ہے۔ یوں، برآمد ہدایت چھ حال سے گھٹ کر چار حال کا ہوگا۔

خرد عامل کار (مائکروپراسیسر)^{۱۱} عموماً متغیر مشینی پھیرا استعمال کرتے ہیں۔ مثال کے طور پر، 8085 میں، تمام فنارغ خسرو ہدایت سے چھکارا حاصل کرتے ہوئے، مشینی پھیرا دو سے چھ T حال پر مشتمل ہوگا۔

فوائد

خسرو برنامہ نویسی کا ایک فائدہ ہدایت رمز کش اور وٹا پونخت الب سے چھکارا ہے؛ زیادہ ہدایات کی صورت میں دونوں نہایت پیچیدہ ہوں گے۔ دوسرے لفظوں میں، پونخت حافظہ میں خسرو ہدایات ذخیرہ کرنا ہدایت رمز کش اور وٹا پونخت الب استعمال کرنے سے زیادہ آسان ہے۔

مزید، ہدایت رمز کش اور وٹا پونخت الب بنانے کے بعد ان میں تبدیلی لانا آسان نہیں ہوگا۔ آپ کو تاریں اتار کر دوبارہ لگانی ہوں گی۔ خسرو برنامہ نویسی کی صورت میں ایسا کرنے کی ضرورت نہیں؛ آپ کو صرف وٹا پونخت حافظہ اور ابتدائی پتے کا پونخت حافظہ تبدیل کرنا ہوگا۔

خلاصہ

جدید حسرد عامل کار زیادہ تر تاو پخت حافظہ اور ابتدائی پست حافظہ استعمال کرتے ہیں۔ ان کے حسرد برنامہ جدول زیادہ پیچیدہ ہوں گے، تاہم بنیادی فلسفہ یہی ہو گا جو اس باب میں بتایا گیا۔ حسرد ہدایات تاو پخت حافظہ میں ذخیرہ کیے جاتے ہیں اور ان تک رسائی درکار ہدایت کے پست منراہم کرنے سے ہو کی جاتی ہے۔

سوالات

سوال ۱۲.۱: کمپیوٹر الف کا (مشال ۱۲.۱ کی طرز پر) ایسا برنامہ لکھیں جو درج ذیل کا نتیجہ شنائی مناشی تختی پر دکھائے۔

$$5 + 4 - 6$$

مواد کے لئے DH ، EH ، اور FH پست استعمال کریں۔

جواب:

پست	ہدایات
0H	نقل DH
1H	جمع EH
2H	منفی FH
3H	برآمد
4H	رک
DH	05H
EH	04H
FH	06H

سوال ۱۲.۲: آپ نے سوال ۱۲.۱ میں برنامہ لکھا۔ اس کا ترجمہ مشینی زبان میں کریں۔ مشینی زبان میں جواب شنائی اور سادس عشری روپ میں پیش کریں۔

سوال ۱۲.۳: درج ذیل حل کرنے کے لئے کمپیوٹر کی مادری زبان میں برنامہ لکھیں۔ مواد کے لئے BH تا FH پست استعمال کریں۔

$$8 + 4 - 3 + 5 - 2$$

جواب:

پت	ہدایات
0H	نقل BH
1H	جمع CH
2H	منفی DH
3H	جمع EH
4H	منفی FH
5H	رک
BH	08H
CH	04H
DH	03H
EH	05H
FH	02H

سوال ۱۲.۴: گزشتہ سوال میں لکھا گیا برنامه مشینی زبان میں ترجمہ کریں۔ جواب شنائی اور سادس عشری روپ میں پیش کریں۔

سوال ۱۲.۵: جمع ہدایت کی وقتیہ ترسیلات شکل میں پیش ہیں۔ منفی ہدایت کی وقتیہ ترسیلات کھینچیں۔

سوال ۱۲.۶: فرض کریں 8085 کی ساعت کا تعدد 3 MHz ہے۔ جمع ہدایت کی بازیابی اور تعمیل کے لئے چار T حال درکار ہیں۔ یہ کتنا وقت ہے؟

سوال ۱۲.۷: کمپیوٹر الف کے نقل طریق کی حشر ہدایات کیا ہیں؟ منفی طریق کے لئے کیا ہیں؟ جواب شنائی اور سادس عشری روپ میں پیش کریں۔

جواب: ”نقل“ کے لئے 1A3H ، 2C3H ، 3E3H یا 000110100011 ، 001011000011 ، 001111100011 ؛ منفی کے لئے 1A3H ، 2E1H ، 3CFH یا 000110100011 ، 001011100111 ، 001011100001

سوال ۱۲.۸: فرض کریں ہم دفتر الف کا مواد دفتر ب میں منتقل کرنا چاہتے ہیں۔ ہمیں ایک نئی حشر ہدایت درکار ہے۔ یہ حشر ہدایت کیا ہوگی؟ جواب شنائی اور سادس عشری روپ میں پیش کریں۔

سوال ۱۲.۹: کمپیوٹر کا نقشہ دیکھتے ہوئے درج ذیل کو جواب دیں۔

ا. دفتر الف کا مواد \overline{CLK} کے کنارہ چٹھائی پر کہ کنارہ اترائی پر تبدیل ہوگا؟ اس لمحے CLK کا کنارہ چٹھائی ہوگا یا کنارہ اترائی؟

ب. برنامه گنت کار کو بڑھانے کے لئے C_p بلند ہوگا یا پست؟

ج. برنامه گنت کار صاف کرنے کے لئے \overline{CLR} بلند ہوگا یا پست؟

د. برنامه گنت کار کا مواد W گزرگاہ پر رکھنے کے لئے E_p بلند ہوگا یا پست؟

جواب: (ا) کنارہ اترائی؛ CLK کا کنارہ چٹھائی ہوگا۔ (ب) بلند (ج) پست (د) بلند

سوال ۱۲.۱۰: کمپیوٹر کا نقشہ دیکھتے ہوئے درج ذیل کو جواب دیں۔

- ا. بلند \bar{L}_A کی صورت میں ساعت کے اگلے کنارہ چٹھائی پر دفتر الف کے مواد کو کیا ہوگا؟
- ب. اگر $00101100 = \text{الف}$ اور $11001110 = \text{ب}$ ہوں تب بلند E_A کی صورت میں W گزرگاہ پر کیا ہوگا؟
- ج. اگر $00001111 = \text{الف}$ ، $00000001 = \text{ب}$ ، اور $S_U = 1$ ہو تب بلند E_U کی صورت میں W گزرگاہ پر کیا ہوگا؟
- سوال ۱۱.۱۲: کمپیوٹر کا نقشہ دیکھتے ہوئے درج ذیل کو جواب دیں۔
- ا. جب S_5 صاف پیچھک پر ہو کیا \overline{CLR} بلند یا پست ہوگا؟
- ب. جب S_6 پست پیچھک پر ہو کیا u_{24} کا پینا 11 بلند یا پست ہوگا؟
- ج. u_{29} کے پینا 3 پر ساعت کا اشارہ موجود ہونے کے لئے \overline{HLT} بلند یا پست ہونا ہوگا؟
- جواب: (ا) پست۔ (ب) پست۔ (ج) بلند
- سوال ۱۲.۱۲: شکل ۱۲.۱۸ اور شکل ۱۲.۱۹ کو دیکھ کر درج ذیل کا جواب دیں۔
- ا. اگر $I_7 I_6 I_5 I_4 = 1110$ ہو، u_{35} کے خارجی پینوں میں صرف ایک بلند ہوگا۔ وہ پینا کونسا ہے؟ (پینا 12 اور 10 نظر انداز کریں۔)
- ب. جب \overline{CLR} پست ہوتا ہے، T_1 تا T_6 میں کونسا بلند ہوتا ہے؟
- ج. ”قتل“ اور T_5 بلند ہیں۔ u_{45} کے پینا 6 پر کیا ہوگا؟
- د. ”جمع“ اور T_4 بلند ہیں۔ کیا u_{45} کا پینا 12 پست یا بلند ہوگا؟

باب ۱۳

کمپیوٹر با

ارتقائی طور پر کمپیوٹر الف ایک قدیم مشین ہے جو چند سادہ ہدایت پر عمل درآمد کر سکتا ہے۔ اس باب میں ارتقائی اگلی کڑی پر غور کیا جائے گا جسے ہم کمپیوٹر یا کہیں گے۔ کمپیوٹر با چھلانگ کی ہدایت جانتا ہے جو برنامہ کے کسی حصے پر دوبارہ عمل کرنے یا اس حصے کو نظر انداز کرنے پر کمپیوٹر کو مجبور کر سکتی ہیں۔ جیسا آپ جلد جان پائیں گے، چھلانگ ہدایت کی بدولت کمپیوٹر کی طاقت بہت زیادہ بڑھتی ہے۔

۱۳.۱ دو طرفہ ونا تر

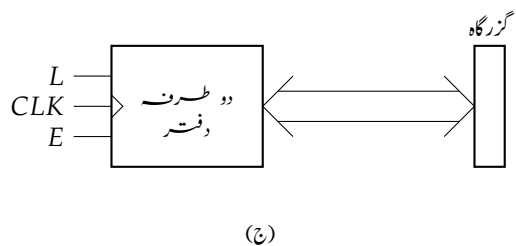
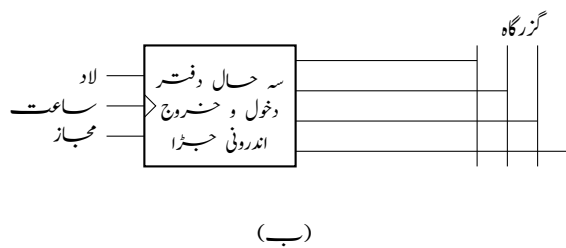
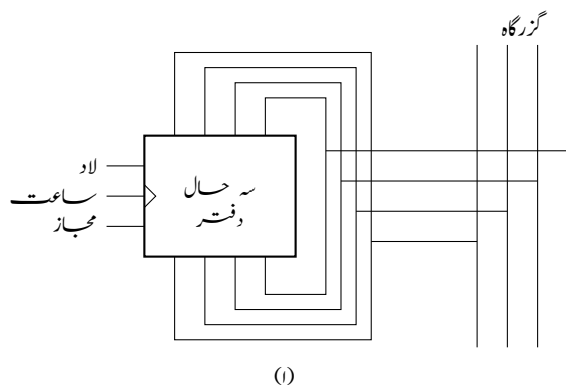
تاروں کی برقی گنجائش کم کرنے کی عنصر سے ہم کمپیوٹر با کے ہر ایک دفتر اور W گزرگاہ کے بیچ تاروں کا صرف ایک سلسلہ بچائیں گے۔ شکل ۱۳.۱-الف میں اس تصور کی وضاحت کی گئی ہے۔ درآمدی اور برآمدی پنیے آپس میں جوڑے گئے ہیں؛ گزرگاہ تک تاروں کا صرف ایک گروہ جاتا ہے۔

کیا درآمدی اور برآمدی پنیے آپس میں جوڑنا کوئی مسئلہ کھڑا کرتا ہے؟ جی نہیں۔ کمپیوٹر کی دوڑ کے دوران کسی ایک وقت پر ”لاڈ“ اور ”محباز“ میں سے صرف ایک فعال ہوگا۔ فعال ”لاڈ“ کی صورت میں شنائی مواد گزرگاہ سے دفتر کی درآمد کی جانب گامزن ہوگا؛ لاڈ عمل کے دوران، برآمدی راہیں غیر وابستہ ہوں گی۔ اس کے برعکس، فعال ”محباز“ کی صورت میں، شنائی مواد دفتر سے گزرگاہ کی طرف گامزن ہوگا، اور درآمدی راہیں غییر وابستہ ہوں گی۔

سہ حال دفتر کے درآمدی اور برآمدی پنیوں کو مخلوط دور ساز اندرونی طور پر آپس میں جوڑ سکتا ہے۔ اس سے ناصرف تاروں کی برقی گنجائش کم ہوگی بلکہ درآمدی و برآمدی پنیوں کی تعداد بھی کم ہوگی۔ مثلاً، شکل ۱۳.۱-ب میں آٹھ کی بجائے چار درآمدی و برآمدی پنیے ہیں۔

شکل ۱۳.۱-ج میں سہ حال دفتر، جس کے درآمدی اور برآمدی راہ اندرونی طور پر آپس میں جبڑے ہیں، کی علامت

floating^۱



شکل ۱۳.۱: دو طرفہ دفتر

پیش ہے۔ دو طرفہ تیسرے ہمیں یاد دلاتا ہے کہ یہ راہ دو طرفہ^۲ ہے؛ اس پر مواد کسی بھی طرف چل سکتا ہے۔

۱۳.۲ طرز تعمیر

شکل ۱۳.۲ میں کمپیوٹر باکی طرز تعمیر پیش ہے۔ دفاتر کے وہ برآمدات جو گزرگاہ W سے منسلک ہیں سہ حال ہیں؛ جو گزرگاہ سے منسلک نہیں، وہ دو حال ہیں۔ یہاں بھی ہر ایک دفتر کو فوٹو ترتیب کا فوٹو اشارات (جو یہاں دکھائے نہیں گئے) بھیجتا ہے۔ فوٹو اشارات ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر دفتر کو لادنے، یا محباز ہونے، یا کسی دوسرے مقصد کے لئے تیار کرتے ہیں۔ ہر ڈبے کی مختصر تفصیل درج ذیل ہے۔

داخلی روزن

کمپیوٹر باکے دو داخلی روزن ہیں جنہیں روزن 1 اور روزن 2 کہتے ہیں۔ سادس عشری سرموزمانچے کار تختی^۳ روزن 1 کے ساتھ جڑی ہے۔ یوں ہم روزن 1 کے ذریعے سادس عشری برنامہ ہدایات اور مواد داخل کر سکتے ہیں۔ جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں، سادس عشری ٹائپ کار تختی روزن 2 کے ہٹ 0 کو تیار^۴ کا اشارہ بھیجتی ہے۔ یہ اشارہ روزن 1 میں درست مواد کی نشاندہی کرتا ہے۔

روزن 2 کے پنی 7 کو جاتا ہوا سلسلہ وار مدخل^۵ اشارے پر بھی نظر ڈالیں۔ کچھ دیر بعد، ایک مثال کی مدد سے، سلسلہ وار داخل مواد کو متوازی مواد میں تبدیل کرنا دکھایا جائے گا۔

برنامہ گنت کار

یہاں برنامہ گنت کار 16 (سولہ) ہٹ ہے لہذا یہ

$$0000\ 0000\ 0000\ 0000 = \text{برنامہ گنت کار}$$

تا

$$1111\ 1111\ 1111\ 1111 = \text{برنامہ گنت کار}$$

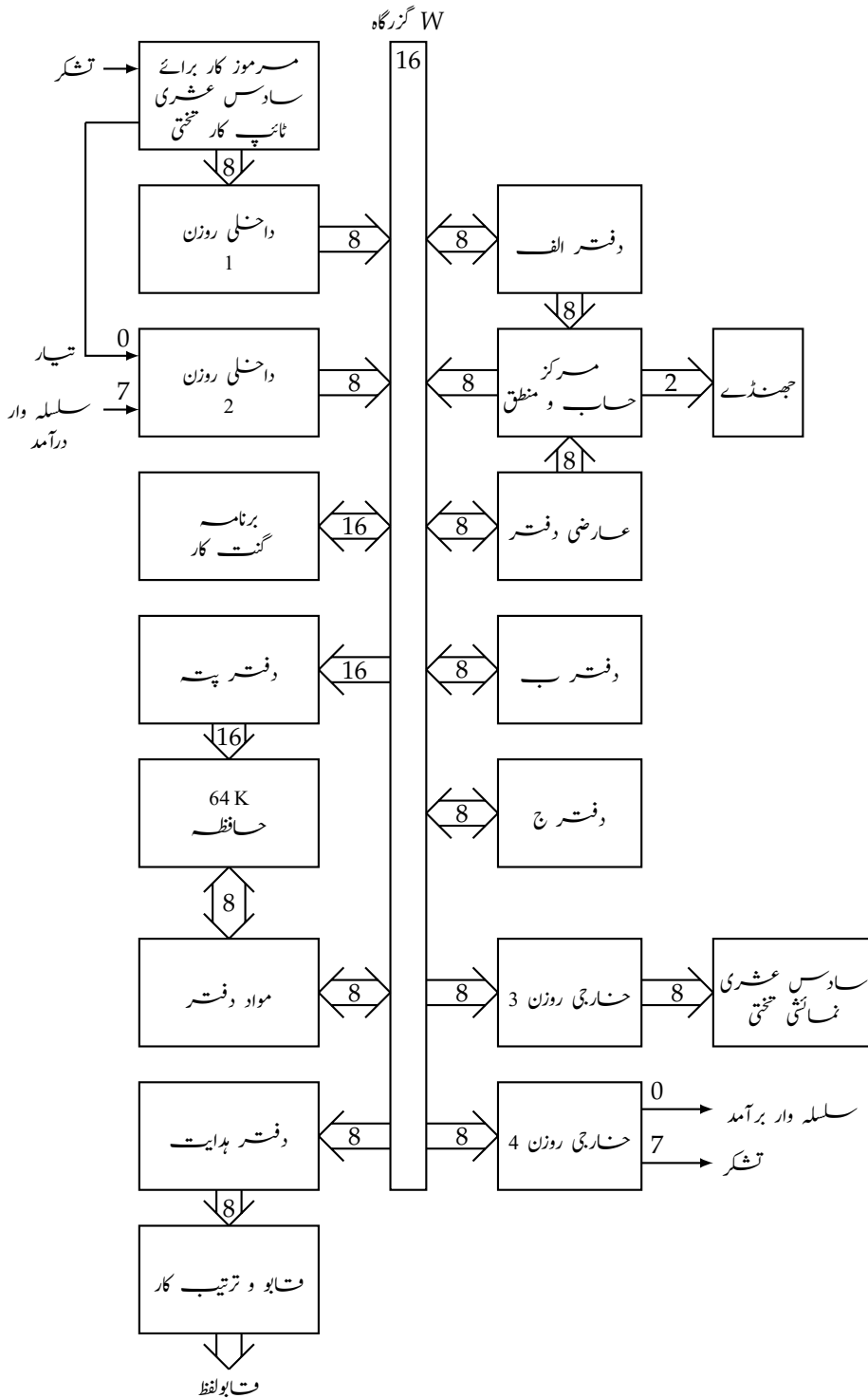
گن سکتا ہے، جو 0000H تا FFFFH، یا اعشاری 0 تا 65535 کے برابر ہے۔

کمپیوٹر کی ہر دوڑ سے قبل پست CLR اشارہ برنامہ گنت کار کو زبردستی صاف کرتا ہے؛ یوں حافظہ کے مقام 0000H پر موجود ہدایت سے عمل شروع ہوگا۔

دفتریت اور حافظہ

بازیابی پھیرے کے دوران، دفتریت کو برنامہ گنت کار 16 ہٹ پست منراہم کرے گا، جس کے بعد حافظہ کے مطلوبہ مقام سے دو حال ”دفتریت“ مخاطب ہوگا۔ کمپیوٹر باس میں 0000H تا 07FFH پست 2K پست

bidirectional^۲
keyboard^۳
READY^۴
serialin^۵



حافظ استعمال کرتا ہے۔ پخت حافظہ میں موجود برنامے کو **نگرائز**^۱ کہتے ہیں۔ برقی طاقت کی مندرجہ پر کمپیوٹر کی ابتدائی صورت طے کرنا، ٹائپ کار تختی کے مواد کی تشریح، اور ایسے دیگر کام ”نگران برنامہ“ کی ذمہ داری ہے۔ باقی 62K عارضی حافظہ کے لئے مختص ہے۔ یوں 0800H تا FFFFH پتے عارضی حافظہ کے لئے استعمال ہوں گے۔

دفتر مواد

حافظہ کے مواد کا دفتر جس کو ہم مختصراً دفتر مواد^۲ کہیں گے آٹھ بٹ مستحکم کار ہے۔ اس کا مخارج عارضی حافظہ سے جڑا ہے۔ یہ دفتر لکھ عمل سے قبل گزرگاہ سے مواد حاصل کرتا ہے، اور پڑھ عمل کے بعد گزرگاہ کو مواد بھیجتا ہے۔

دفتر ہدایت

کمپیوٹر باکی ہدایات کی تعداد کمپیوٹر الف کی ہدایات کی تعداد سے زیادہ ہے لہذا اس کا دفتر ہدایت 4 بٹ کی بجائے 8 بٹ ہے۔ آٹھ بٹ میں 256 ہدایات سموئے جاسکتے ہیں۔ کمپیوٹر باکے کل 42 ہدایتی رمزیں جنہیں 8 بٹ میں ڈالنا مسئلہ پیش نہیں کریگا۔ آٹھ بٹ ہدایتی رمزا استعمال کرتے ہوئے کمپیوٹر باکی ہدایت کو 8080/8085 کی ہدایات (جو خود آٹھ بٹ ہیں) کے ہم آہنگ رکھا گیا ہے۔ کمپیوٹر باکی تمام ہدایات 8080/8085 کی ہدایت کے عین مطابق ہیں۔

فتابو ترتیب کار

فتابو ترتیب کار وہ فتابو الفاظ یا خنرد ہدایات پیدا کرتا ہے جو کمپیوٹر کے باقی حصوں کو ساتھ چلاتے اور ان سے کام لیتے ہیں۔ کمپیوٹر باکی ہدایات کی تعداد زیادہ ہے لہذا اس کے فتابو ترتیب کار کا دور بھی زیادہ بڑا ہوگا۔ اگرچہ، فتابو لفظ بڑا ہوگا، بنیادی تصور میں کوئی فرق نہیں: ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر دفن تر کار د عمل فتابو لفظ یا خنرد ہدایات کے تحت ہوگا۔

دفتر الف

دفتر الف کا دو حال مخارج ”مرکز حساب و منطق“ کو جاتا ہے؛ اس کا سر حال مخارج W گزرگاہ کو جاتا ہے۔ یوں دفتر الف میں موجود 8 بٹ لفظ مسلسل مرکز حساب و منطق کو چلاتا ہے، تاہم یہی لفظ گزرگاہ پر صرف اس وقت ڈالا جاتا ہے جب E_A فعال ہو۔

مرکز حساب و منطق اور جھنڈے

معیاری مرکز حساب و منطق^۳ کے مخلوط ادوار عام دستیاب ہیں۔ ان ”مرکز حساب و منطق“ میں عموماً 4 یا اس سے زیادہ فتابو بٹ ہوں گے، جو الف اور ب الفاظ پر درکار حسابی اور منطقی عمل تعین کرتے ہیں۔ کمپیوٹر با میں مستعمل مرکز حساب و منطق، حسابی اور منطقی اعمال کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے۔

^۱ monitor

^۲ memory data register

^۳ ALU, arithmetic logic unit

جھنڈا^۹ سے مراد ایک پلٹ کار ہے، جو کمپیوٹر دوڑ کے دوران بدلتے حالات پر نظر رکھتا ہے۔ کمپیوٹر بائیس دو جھنڈے پائے جاتے ہیں۔ کسی ہدایت پر عمل کے دوران دفتر الف کا مواد مٹنی ہونے کی صورت میں جھنڈا علامت^{۱۰} بلند ہوگا۔ دفتر الف کا مواد صفر ہونے پر جھنڈا صفر^{۱۱} بلند ہوگا۔

عارضی دفتر، دفتر ب، اور دفتر ج

دفتر الف کے ساتھ جمع یا اسے مٹنی ہونے والا مواد دفتر ب کی بجائے عارضی دفتر میں رکھا جاتا ہے۔ یوں دفتر ب دیگر کام کے لئے استعمال کیا جاسکتا ہے۔ عارضی دفتر اور دفتر ب کے علاوہ کمپیوٹر بائیس دفتر ج بھی پایا جاتا ہے۔ یوں کمپیوٹر دوڑ کے دوران مواد کی ترسیل میں ہم زیادہ چلک سے کام لے سکتے ہیں۔

خارجی روزن

کمپیوٹر بائیس دو خارجی روزن ہیں جنہیں روزن 3 اور روزن 4 کہا گیا ہے۔ دفتر الف کے مواد کو روزن 3 پر لا دیا جاسکتا ہے، جو سادس عشری نمائندگی کو چلاتا ہے۔ یوں ہم نتائج دیکھ سکتے ہیں۔

دفتر الف کا مواد روزن 4 پر بھی ڈالا جاسکتا ہے۔ روزن 4 کا پتہ 7 سادس عشری سرموز کار کو^{۱۲} تشکر کا اشارہ بھیجتا ہے۔ ”تشکر اشارہ“ اور تیار^{۱۳} اشارہ مصافحہ^{۱۴} کے تصور کا حصہ ہیں، جس پر جلد غور کیا جائے گا۔

روزن 4 کے پتہ 0 پر بھی نظر ڈالیں جو سلسلہ وار^{۱۵} اشارے کو ظاہر کرتا ہے۔ ایک مثال میں ہم دفتر الف کے متوازی مواد کو سلسلہ وار خارجی مواد میں تبدیل کریں گے۔

۱۳.۳ حافظہ سے رجوع کرنے والی راجع ہدایات

کمپیوٹر باکاز بائی پھیرا وہی ہے جو پہلے تھتا۔ T_1 اب بھی پتہ حال، T_2 بڑھوتری حال، اور T_3 حافظہ حال ہے۔ چونکہ بائی پھیرا میں حافظہ سے دفتر ہدایت میں برنامہ ہدایت ڈالی جاتی ہے لہذا کمپیوٹر بائی تمام ہدایات حافظہ استعمال کرتی ہیں۔

تاہم تعمیلی پھیرا کے دوران حافظہ سے رجوع بعض اوقات کیا جاتا ہے اور بعض اوقات نہیں کیا جاتا؛ اس کا دارومدار ہدایت کی نوعیت پر ہے۔ ”راجع ہدایت“ وہ ہدایت ہوگی جو تعمیلی پھیرا کے دوران حافظہ سے رجوع کرے۔

کمپیوٹر بائی کل 42 ہدایات ہیں۔ ان میں سے راجع ہدایات پر غور کریں۔

flag^۹
signflag^{۱۰}
zeroflag^{۱۱}
ACKNOWLEDGE^{۱۲}
ready^{۱۳}
handshaking^{۱۴}
serialout^{۱۵}

نقل اور ذخیرہ

”نقل“ کی ہدایت وہی ہے جو پہلے تھی: مخاطب معتام (نشان زد معتام) سے دفتر الف میں حافظے سے مواد ڈالنا۔ مندرجہ فقط اتنا ہے کہ کمپیوٹر باکی رسائی 0000H تا FFFFH مقامات تک ممکن ہے۔ مثال کے طور پر، ”نقل 2000H“ سے سراد حافظے کے معتام 2000H سے دفتر الف میں مواد نقل کرنا ہے۔

ہدایت کے مختلف حصوں میں مندرجہ کرنے کے لئے بعض اوقات ہدایت کے پہلے حصے کو ہدایتی رمز^{۱۶} جبکہ باقی حصے کو رقم زیر عمل^{۱۷} کہتے ہیں۔ یوں ”نقل 2000H“ کی ہدایت میں ”نقل“ کو ہدایتی رمز اور ”2000H“ کو رقم زیر عمل کہیں گے۔ یوں ہدایتی رمز کے دو مختلف معنی لئے جاسکتے ہیں؛ یہ ہدایت کے لئے یا ہدایت کے شنائی رمز کے لئے استعمال کیا جاسکتا ہے۔ اصل معنی متن سے واضح ہوگی۔

”ذخیرہ“ ایک ایسی ہدایت ہے جو دفتر الف کے مواد کو حافظے میں محفوظ کرتی ہے۔ اس ہدایت کو پستہ درکار ہو گا۔ یوں ”ذخیرہ 7FFFH“ کی ہدایت دفتر الف کے مواد کو حافظے میں معتام 7FFFH پر رکھتی ہے۔ اگر

$$\text{الف} = 8AH$$

ہو تب ”ذخیرہ 7FFFH“ کی تعمیل معتام 7FFFH پر 8AH لکھے گی۔

متصل

”متصل“ ہدایت دیے گئے دفتر میں متصل مواد منتقل کرتی ہے۔ یہ کمپیوٹر سے کہتی ہے کہ ہدایت رمز کے بعد پیش مواد کو دیے گئے دفتر میں ڈالے۔ مثال کے طور پر،

$$\text{متصل الف، } 37H$$

کمپیوٹر کو کہتی ہے کہ دفتر الف میں 37H ڈالے۔ اس ہدایت کی تعمیل کے بعد دفتر الف میں درج ذیل شنائی مواد ہوگا۔

$$\text{الف} = 00110111$$

آپ ”متصل“ ہدایت کو دفاتر الف، ب، اور ج کے ساتھ ملا کر استعمال کر سکتے ہو۔ ان ہدایات کی اشکال درج ذیل ہیں۔

متصل الف، بائٹ

متصل ب، بائٹ

متصل ج، بائٹ

جدول ۱۳.۱: کمپیوٹر باکے ہدایتی رموز

ہدایتی رموز	ہدایت	ہدایتی رموز	ہدایت
47	لا د ب، الف	80	جمع ب
41	لا د ب، ج	81	جمع ج
4F	لا د ج، الف	A0	ضرب منطقی ب
48	لا د ج، ب	A1	ضرب منطقی ج
3E	متصل الف، بانٹ	E6	ضرب منطقی متصل بانٹ
06	متصل ب، بانٹ	CD	طبعی پتہ
0E	متصل ج، بانٹ	2F	متمم
00	منارخ	3D	گھٹا الف
B0	جمع منطقی ب	05	گھٹا ب
B1	جمع منطقی ج	0D	گھٹا ج
F6	جمع منطقی متصل بانٹ	76	رک
D3	برآمد بانٹ	DB	درآمد بانٹ
17	گھوم بائیں	3C	بڑھا الف
1F	گھوم دائیں	04	بڑھا ب
C9	لوٹ	0C	بڑھا ج
32	ذخیرہ پتہ	FA	شاخ منفی پتہ
90	منفی ب	C3	شاخ پتہ
91	منفی ج	C2	شاخ غیر صفر پتہ
A8	بلاشرکت ب	CA	شاخ صفر پتہ
A9	بلاشرکت ج	3A	نقل پتہ
EE	بلاشرکت متصل بانٹ	78	لا د الف، ب
		79	لا د الف، ج

ہدایتی رموز

جدول ۱۳.۱ میں کمپیوٹر باکی تمام ہدایات پیش ہیں۔ یہ 8080/8085 کی ہدایتی رموز ہیں۔ جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں ”نقل“ کا ہدایتی رموز 3A ہے، ”ذخیرہ“ کا ہدایتی رموز 32 ہے، وغیرہ۔ اس باب کو پڑھتے ہوئے اس جدول سے رجوع کریں۔

مثال ۱۳.۱: دفتر الف میں، 49H دفتر ب میں، 4AH اور دفتر ج میں 4BH ڈالنے کے لئے برنامہ لکھیں؛ اس کے بعد دفتر الف کا مواد حافظہ کے مقام 6285H پر رکھیں۔

حل: ایسا ایک برنامہ درج ذیل ہے۔

متصل الف، 49H
 متصل ب، 4AH
 متصل ج، 4BH
 ذخیرہ 6285H
 رک

پہلی تین ہدایت 49H، 4AH اور 4BH بالترتیب دفتر الف، ب، اور ج میں ڈالتے ہیں۔ ذخیرہ 6285H ہدایت دفتر الف کا مواد حافظہ کے مقام 6285H میں رکھتی ہے۔

برنامے کی آخری ہدایت رک ہے جو ہمیشہ کی طرح کمپیوٹر کو مواد کی عمل کاری سے روکتی ہے۔ □

مثال ۱۳:۲: درج بالا برنامے کا ترجمہ، جدول ۱۳:۱ کی مدد سے، 8080/8085 کی مشینی زبان میں کریں۔ پتہ 2000H سے شروع کریں۔

حل:

پتہ	مواد	علامتی روپ
2000H	3EH	متصل الف، 49H
2001H	49H	
2002H	06H	متصل ب، 4AH
2003H	4AH	
2004H	0EH	متصل ج، 4BH
2005H	4BH	
2006H	32H	ذخیرہ 6285H
2007H	85H	
2008H	62H	
2009H	76H	رک

مشینی زبان کے اس برنامے میں کئی نئے تصور پیش ہیں۔ پہلی ہدایت

متصل الف، 49A

کا ہدایتی رمز پہلے پتہ پر اور رستم زیر عمل بانٹ دوسرے پتے پر رکھا گیا ہے۔ تمام 2 بانٹ ہدایت کے لئے ایسا ہوگا: ہدایتی رمز پہلے دستیاب پتے پر جبکہ رستم زیر عمل بانٹ اگلے پتے پر رکھا جائے گا۔ درج ذیل ہدایت 3 بانٹ لمبی ہے (ہدایتی رمز 1 بانٹ جبکہ رستم زیر عمل مواد 2 بانٹ ہے)۔

ذخیرہ 6285H

ہدایت ذخیرہ کا ہدایتی رمز 32H ہے۔ یہ بانٹ پہلے دستیاب پتہ، 2006H، پر رکھا گیا ہے۔ اس ہدایت میں دیا گیا پتہ (6285H) دو بانٹ لمبا ہے۔ زیریں بانٹ 85H اگلے پتہ (2007H) پر، اور بالا بانٹ 62H اس سے اگلے پتے (2008H) پر رکھا گیا ہے۔

پتہ بظاہر الٹ کیوں رکھا گیا (یعنی زیریں بانٹ کے بعد بالا بانٹ)؟ اولین 8080 میں ایسا کیا گیا۔ اس (اولین) حنرد عامل کار کے ساتھ ہم آہنگی کی بنا پر 8085 اور دیگر حنرد عامل کار میں یہی طریقہ اختیار کیا گیا۔ یوں زیریں بانٹ زیریں پتے پر، اور بالا بانٹ بالا پتے پر رکھا جاتا ہے۔

آخری ہدایت رک ہے جس کا ہدایتی رمز 76H پتہ 2009H پر رکھا گیا ہے۔

آپ نے دیکھا کہ متصل ہدایت 2 بانٹ، ذخیرہ ہدایت 3 بانٹ، اور رک ہدایت 1 بانٹ ہے۔ □

۱۳.۴ دفتری ہدایات

ہدایتی پھیرے کے دوران راجع ہدایت ایک سے زیادہ مرتب حافظے سے رجوع کرتی ہیں، لہذا یہ ہدایات نسبتاً سست رفتار ہیں۔ مزید، کئی مرتب ہم چاہتے ہیں کہ حافظے سے گزرے بغیر ایک دفتر سے مواد دوسرے دفتر منتقل ہو۔ آئیں کمپیوٹر باکی ایسی 2 بانٹ ہدایات پر غور کریں جو کم سے کم وقت میں ایک دفتر سے دوسرے دفتر مواد منتقل کرتی ہیں۔

۱۳.۴.۱ لاد

ہدایت لاد کو ”لاد“ پڑھیں (جیسا گھوڑے پر بوجھ لادنا)۔ یہ کمپیوٹر سے کہتی ہے کہ ایک دفتر سے مواد دوسرے دفتر منتقل کرے۔ مثال کے طور پر،

لاد الف، ب

کمپیوٹر سے کہتی ہے کہ دفتر ب سے مواد دفتر الف منتقل کریں۔ یہ عمل غیر تبہ کن ہے، یعنی دفتر ب کا مواد نقل ہوگا لیکن یہ مواد دفتر ب میں بھی رہے گا۔ مثلاً، درج ذیل صورت میں

$$9DH = \text{ب}$$

$$34H = \text{الف}$$

ہدایت لاد الف، ب کی تعمیل کے بعد نتائج درج ذیل ہوں گے۔

$$9DH = \text{الف}$$

$$9DH = \text{ب}$$

آپ دفاتر الف، ب، اور ج کے بیچ مواد کا انتقال کر سکتے ہیں۔ ان ہدایات کی شکل و صورت درج ذیل ہے۔

لاد الف، ب

لاد الف، ج

لاد ب، الف

لاد ب، ج

لاد ج، الف

لاد ج، ب

یہ کمپیوٹر باکی تیز ترین ہدایات ہیں جنہیں محض ایک مشینی پھیرا درکار ہے۔

ہدایت جمع کہتی ہے دفتر الف کے ساتھ دیے گئے دفتر کا مواد جمع کر کے نتیجہ دفتر الف میں ڈال۔ مثلاً،
جمع ب

کمپیوٹر سے کہتی ہے دفتر ب کا مواد دفتر الف کے مواد کے ساتھ جمع کر۔ یوں اگر اس ہدایت کی تعمیل سے قبل ان
دفتر میں درج ذیل ہو:

$$02H = \text{ب}$$

$$04H = \text{الف}$$

تب جمع ب کی تعمیل کے بعد ان دفتر میں درج ذیل ہوگا۔

$$02H = \text{ب}$$

$$06H = \text{الف}$$

دفتر الف میں نتیجہ جبکہ دفتر ب اپنا مواد برقرار رکھتا ہے۔

اسی طرح منفى کہتی ہے دیے گئے دفتر کا مواد دفتر الف سے منفى کر کے دفتر الف میں نتیجہ رکھ۔ دیے گئے دفتر کا مواد
تبدیل نہیں ہوگا۔ منفى ج دفتر کا مواد دفتر الف کے مواد سے منفى کر کے نتیجہ دفتر الف میں رکھے گی۔
ہدایات جمع اور منفى کی مختلف شکل و صورتیں درج ذیل ہیں۔

جمع ب

جمع ج

منفى ب

منفى ج

بڑھا اور گھٹا

بعض اوقات ہم دفتر کا مواد بڑھانا یا گھٹانا چاہتے ہیں۔ بڑھوتری کے لئے ہدایت بڑھا ہے؛ ب کمپیوٹر سے کہتی ہے، دیے
گئے دفتر کے مواد میں 1 کا اضافہ کر۔ دفتر کے مواد میں کمی لانے کی ہدایت گھٹا ہے، جو دیے گئے دفتر کے مواد
میں 1 کی کمی پیدا کرتی ہے۔ ان ہدایات کی مختلف اشکال درج ذیل ہیں۔

بڑھا الف

بڑھا ب

بڑھا ج

گھٹا الف

گھٹا ب

گھٹا ج

یوں اگر دفتر میں

$$8AH = \text{ج}$$

$$56H = \text{ب}$$

ہو تب بڑھا ب کی تعمیل کے بعد

ب=57H

اور گھٹا ج کی تعیل کے بعد درج ذیل ہوگا۔

ج=89H

مثال ۱۳.۳: اعشاری 23 اور 45 جمع کرنے کی ہدایت لکھیں۔ نتیجہ حافظہ میں مقام 5600H پر رکھیں۔ نتیجے میں 1 کا اضافہ کر کے جواب دفتر میں ڈالیں۔

حل: اعشاری 23 اور 45 کو دس عشری میں لکھنا ہوگا جو بالترتیب 17H اور 2DH ہیں۔ درج ذیل برنامہ اس کام کو سرانجام دے سکتا ہے۔

متصل الف، 17H
متصل ب، 2DH
جمع ب
ذخیرہ 5600H
بڑھا الف
لا د ج، الف
رک

□

مثال ۱۳.۴: ماخذ برنامہ^{۱۸} کا مشینی زبان میں ترجمہ عموماً کمپیوٹر کے مخصوص برنامے کی مدد سے کیا جاتا ہے جسے مترجم برنامہ یا مختصر مترجم^{۱۹} کہتے ہیں۔ یہی کام دستی بھی کیا جاسکتا ہے۔ درج بالا ماخذ برنامے کا دستی ترجمہ مشینی زبان میں کریں۔

حل:

پت	مواد	علامتی روپ
2000H	3EH	متصل الف، 17H
2001H	17H	
2002H	06H	متصل ب، 2DH
2003H	2DH	
2004H	80H	جمع ب
2005H	32H	ذخیرہ 5600H
2006H	00H	
2007H	56H	
2008H	3CH	بڑھا الف
2009H	4FH	لا د ج، الف
200AH	76H	رک

یاد رہے، جمع، بڑھنا، لاؤ، اور رک ہدایات 1 بانٹ ہیں؛ متصل ہدایات 2 بانٹ، اور ذخیرہ ہدایت 3 بانٹ ہے۔ □

۱۳.۵ شاخ اور طبعی ہدایات

کمپیوٹر باکی چار ہدایات ایسی ہیں جو برنامے کی ترتیب تبدیل کر سکتی ہیں۔ دوسرے لفظوں میں، ہمیشہ کی طرح اگلی ہدایت بازیاں کرنے کی بجائے، کمپیوٹر برنامے کے دوسرے حصے پہنچ کر وہاں سے اگلی ہدایت بازیاں کرتا ہے۔ ہم کہتے ہیں کمپیوٹر دوسری شاخ^{۲۰} لیتا ہے یا دوسری شاخ پر چل پڑتا ہے۔

فرض کریں آپ چاہتے ہیں کہ دفتر الف میں صفحہ 0 ہونے کی صورت میں ایک کام اور غیر صفحہ ہونے کی صورت میں دوسرا کام سرانجام ہو۔ جہاں کمپیوٹر نے یہ کو فیصلہ کرنا ہوگا، وہاں برنامے کی دو شاخ ہوں گی۔ کمپیوٹر کو فیصلہ کرنا ہوگا کہ وہ کس ”شاخ“ پر چلے۔

شاخ

نئی شاخ پر چلنے کی ایک ہدایت شاخ ہے؛ یہ کمپیوٹر کو اگلی ہدایت دے گئے پتے سے بازیاں کرنے کو کہتی ہے۔ شاخ ہدایت کے ساتھ پتہ ہوگا جو برنامہ گنت کار میں ڈال دیا جاتا ہے۔ مثال کے طور پر،

شاخ 3000H

کمپیوٹر کو اگلی ہدایت حافظہ کے مقام 3000H سے بازیاں کرنے کو کہتی ہے۔

آئیں اس عمل پر غور کریں۔ فرض کریں، شاخ 3000H مقام 2005H پر موجود ہے (شکل ۱۳.۳-الف دیکھیں)۔ بازیاں پھیرے کے اختتام پر، برنامہ گنت کار میں درج ذیل ہوگا۔

برنامہ گنتکار = 2006H

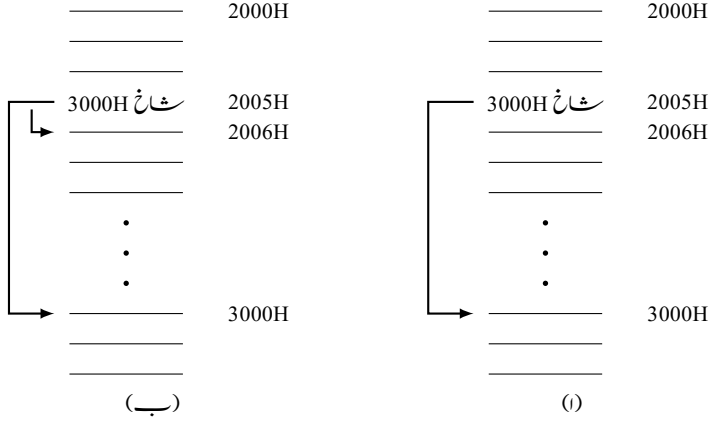
تعمیلی پھیرے کے دوران، شاخ 3000H برنامہ گنت کار میں مطلوب پتہ ڈالتی ہے۔

برنامہ گنتکار = 3000H

اگلا بازیاں پھیرا، اگلی ہدایت 2006H کی بجائے 3000H سے پڑھے گا (شکل ۱۳.۳-الف دیکھیں)۔

شاخ منفی

کمپیوٹر باس میں دو جھنڈے ہیں جنہیں جھنڈا علامت اور جھنڈا صفر کہتے ہیں۔ بعض ہدایات کی تعمیل کے دوران، دفتر الف کے مواد کو دیکھتے ہوئے یہ جھنڈے بلند یا پست ہوں گے۔ دفتر الف کے مواد کی علامت منفی (−) ہونے کی صورت میں جھنڈا علامت بلند ہوگا؛ دیگر صورت یہ جھنڈا پست ہوگا۔ علامتی طور پر درج ذیل لکھا جائے گا،



شکل ۱۳.۳: (i) غیر مشروط شاخ؛ (ب) مشروط شاخ

جہاں S جھنڈا علامت کو ظاہر کرتا ہے۔

$$S = \begin{cases} 0 & A \geq 0 \\ 1 & A < 0 \end{cases}$$

جھنڈا علامت اس وقت تک بلند یا پست رہے گا جب تک کوئی دوسری ہدایت (جو اس جھنڈے کو تبدیل کر سکتی ہو) اسے تبدیل نہ کرے۔

ہدایت شاخ منفی کہتی ہے، ”منفی صورت میں شاخ“ (منفی کی صورت میں نئی شاخ ہر چل)؛ کمپیوٹر نامزد پتے پر صرف اس صورت پہنچے گا جب جھنڈا علامت بلند ہو۔ مثال کے طور پر، فرض کریں شاخ منفی $3000H$ حافظہ میں $2005H$ پر موجود ہو۔ اس ہدایت کی بازیابی کے بعد درج ذیل ہوگا۔

برنامہ گنتکار $2006H =$

اگر $S = 1$ ہو، شاخ منفی $3000H$ کی تعمیل برنامہ گنت کار میں $3000H$ ڈالے گی۔

برنامہ گنتکار $3000H =$

چونکہ برنامہ گنت کار اب $3000H$ پر نظر جمائے ہوئے ہے لہذا اگلی ہدایت حافظہ کے مقام $3000H$ سے پڑھی جائے گی۔

اس کے برعکس، اگر $S = 0$ ہو، شاخ پر چلنے کا جواز موجود نہیں ہوگا، لہذا برنامہ گنت کار کا مواد تبدیل نہیں ہوگا اور اگلے بازیابی پھیرا میں ہدایت $2006H$ سے پڑھی جائے گی۔

شکل ۱۳.۳-ب میں دونوں صورتوں کی وضاحت کی گئی ہے۔ اگر منفی کی شرط مطمئن ہو، کمپیوٹر اگلی ہدایت کے لئے

3000H کی شاخ (3000H پر موجود شاخ) لے گا۔ اگر منفی شرط مطمئن نہ ہو، کمپیوٹر شاخ کے بغیر سیدھا گزرا کر^{۲۱} اگلی ہدایت اٹھائے گا۔

شاخ صفر

دوسرا جھنڈا جو دفتر الف کے مواد سے متاثر ہو ”جھنڈا صفر“ ہے۔ بعض ہدایات کی تعمیل پر دفتر الف کا مواد صفر (0) ہو گا۔ اس واقع کو جھنڈا صفر بلند ہو کر یاد رکھتا ہے؛ اگر دفتر الف کا مواد صفر نہ ہو یہ جھنڈا پست ہو گا۔ علامتی طور پر درج ذیل ہو گا، جہاں Z جھنڈا صفر کو ظاہر کرتا ہے۔

$$Z = \begin{cases} 0 & A \neq 0 \\ 1 & A = 0 \end{cases}$$

ہدایت شاخ صفر کہتی ہے، ”صفر کی صورت میں شاخ“ (اگر دفتر الف میں صفر ہو، اگلی ہدایت کے لئے شاخ کر)؛ کمپیوٹر شاخ پر صرف اس صورت چلے گا جب دفتر الف کا مواد صفر کے برابر ہو۔ فرض کریں، شاخ صفر 3000H حافظہ میں مقام 2005H پر موجود ہو۔ اس ہدایت کی تعمیل کے دوران اگر $Z = 1$ ہو، اگلی ہدایت 3000H سے اٹھائی جائے گی۔ اس کے برعکس، اگر $Z = 0$ ہو، اگلی ہدایت 2006H سے پڑھی جائے گی۔

شاخ غیر صفر

ہدایت شاخ غیر صفر کہتی ہے، ”غیر صفر صورت میں شاخ“۔ یوں شاخ پر اس صورت چلا جائے گا جب جھنڈا صفر پست ہو؛ بلند جھنڈے کی صورت میں شاخ پر نہیں چلا جائے گا۔ فرض کریں شاخ غیر صفر 7800H مقام 2100H ہے۔ اگر $Z = 0$ ہو، اگلی ہدایت 7800H سے اٹھائی جائے گی؛ تاہم $Z = 1$ کی صورت میں کمپیوٹر شاخ نہیں کرتا اور اگلی ہدایت 2101H سے اٹھائی جائے گی۔

ہدایات شاخ منفی، شاخ صفر، اور شاخ غیر صفر کو مشروط شاخ^{۲۲} کہتے ہیں۔ کمپیوٹر صرف اس صورت شاخ کرتا ہے جب کوئی مخصوص شرط مطمئن ہو۔ اس کے برعکس، شاخ غیر مشروط^{۲۳} ہے؛ اس ہدایت کی بازیابی کے بعد کمپیوٹر لازماً شاخ کر کے دئے گئے پتے پر پہنچے گا۔

طبعی اور لوٹ

ذیل^{۲۴} معمول سے مراد ایسا برنامہ ہے جو حافظہ میں اس مقصد سے رکھا جاتا ہے کہ کوئی دوسرا برنامہ اسے استعمال کر سکے۔ سائن، کوسائن، ٹینجٹ، لوگار تھم، جذر، وغیرہ معلوم کرنے کے لئے کئی حشر کمپیوٹر کے ذیلی معمول موجود ہیں۔ یہ ذیلی معمولے صارف کو کمپیوٹر کے ساتھ فراہم کیے جاتے ہیں۔

^{۲۱}fallthrough

^{۲۲}conditional jumps

^{۲۳}unconditional jump

^{۲۴}subroutine

”ذیلی معمولہ طلب کرنے“ کی ہدایت طلبی ہے۔ مطلوبہ ذیلی معمولہ کا ابتدائی پتہ طلبی ہدایت کے ساتھ مندرجہ ذیل ہوتا ہے۔ مثال کے طور پر، اگر جہز کا ذیلی معمولہ پتہ 5000H سے اور لوگار تھم کا ذیلی معمولہ 6000H سے آغاز کرتا ہو، درج ذیل کی تعمیل

طلبی 5000H

جہز کا ذیلی معمولہ کو نشان کرے گا (ہم کہتے ہیں اختیار جہز کا ذیلی معمولہ کو دیا جائے گا)۔ اس کے برعکس،

طلبی 6000H

لوگار تھم کے ذیلی معمولہ کو نشان کرے گا۔

ہدایت لوٹ سے سراد واپس ”لوٹنا“ ہے۔ ہر ذیلی معمولہ کا اختتام اس ہدایت پر ہوگا، جو کمپیوٹر کو برنامے میں اس مقام پر واپس پہنچنے کو کہتی ہے جہاں سے ذیلی معمولہ طلب کیا گیا۔ ہر ذیلی معمولہ کے اختتام پر اس ہدایت کو شامل کرنا مت بھولیں، ورنہ کمپیوٹر ذیلی معمولہ کے اختتام پر پہنچ کر واپس جانے کی بجائے اگلے مقام سے ہدایت اٹھا کر بے وقوف ہوگا۔

کمپیوٹر یا میں طلبی کی تعمیل پر برنامہ گنت کار کا مواد (اگلی ہدایت کا پتہ) حافظہ کے آخری دو مقامات FFFEH اور FFFFH پر خود بخود رکھ دیا جاتا ہے۔ اس کے بعد طلبی میں دیا گیا پتہ برنامہ گنت کار میں ڈالا جاتا ہے، تاکہ ذیلی معمولہ کی پہلی ہدایت اٹھائی جائے۔ ذیلی معمولہ کے اختتام پر لوٹ ہدایت ہوگی، جو FFFEH اور FFFFH پر رکھا گیا پتہ برنامہ گنت کار میں ڈالتی ہے۔ یوں اصل برنامے کو اختیار لوٹا جاتا ہے۔

شکل ۱۳.۴ میں ذیلی معمولہ کے دوران برنامے کا چپلن پیش ہے۔ طلبی 5000H ہدایت کمپیوٹر کو 5000H پر موجود ذیلی معمولہ پر بھیجتی ہے۔ اس ذیلی معمولہ کے اختتام پر لوٹ کمپیوٹر کو طلبی کے بعد آنے والی ہدایت پر بھیجتی ہے۔

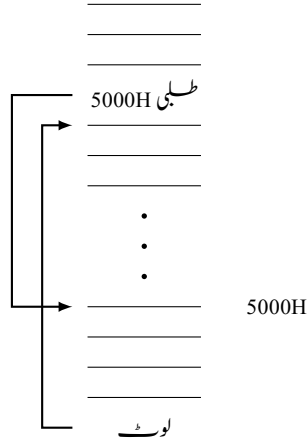
ہدایت شاخ کی طرح طلبی غیر مشروط ہے۔ ہدایتی دفتر میں طلبی ہدایت پہنچنے پر کمپیوٹر لازماً ذیلی معمولہ کی پہلی ہدایت کو نشان کرے گا۔

جھنڈوں پر مزید معلومات

علامت اور صفر جھنڈا بعض ہدایات کے دوران بلند یا پست ہو سکتے ہیں۔ جدول ۱۳.۲ میں ان ہدایات کی فہرست پیش ہے جو جھنڈوں کو متاثر کر سکتے ہیں۔ یہ ہدایات تعمیلی پھیرے کے دوران دفتر الف استعمال کرتی ہیں۔ اگر ان ہدایات میں سے کسی ایک کی تعمیل کے دوران دفتر الف کا مواد صفر یا منفی ہو، جھنڈا صفر یا جھنڈا علامت بلند ہوگا۔

مثلاً، صفر صفر کریں ہدایت جمع کی تعمیل جاری ہے۔ دفتر ج کا مواد دفتر الف کے مواد کے ساتھ جمع ہو کر دفتر الف میں ڈالا جائے گا۔ اگر دفتر الف کا مواد صفر ہو، جھنڈا صفر بلند ہوگا (جبکہ جھنڈا علامت پست ہوگا)؛ اگر دفتر الف کا مواد منفی ہو، جھنڈا علامت بلند ہوگا (جبکہ جھنڈا صفر پست ہوگا)۔ اگر دفتر الف کا مواد مثبت ہو، دونوں جھنڈے پست ہوں گے۔

اب بڑھ اور گھٹا ہدایات پر نظر ڈالتے ہیں۔ چونکہ یہ ہدایات دفتر الف کے ساتھ 1 جمع کرتے ہیں یا اس سے 1 منفی کرتے ہیں لہذا یہ ہدایات بھی دونوں جھنڈوں پر اثر انداز ہوں گی۔ مثال کے طور پر، گھٹا ج کی تعمیل میں، دفتر ج کا مواد



شکل ۱۳.۴: ہدایت طلب

جدول ۱۳.۲: جھنڈوں پر اثر انداز ہونے والی ہدایت۔

متاثر جھنڈے	ہدایت
Z، S	جمع
Z، S	منفی
Z، S	بڑھا
Z، S	گھٹا
Z، S	ضرب منطقی
Z، S	جمع منطقی
Z، S	بلا شرکت
Z، S	ضرب منطقی متصل
Z، S	جمع منطقی متصل
Z، S	بلا شرکت متصل

دفتر الف بھیج کر اس سے 1 منفی کر کے نتیجہ (دفتر الف کا مواد) واپس دفتر ج بھیج جاتا ہے۔ اگر گھٹا کی تعمیل کے دوران دفتر الف کا مواد صفر ہو، جھنڈا صفر بلند ہوگا؛ اگر دفتر الف کا مواد منفی ہو، جھنڈا علامت بلند ہوگا۔

مثال ۱۳.۵: درج ذیل برنامے کا دستی ترجمہ مشینی زبان میں کریں۔ پتہ 2000H سے آغاز کریں۔

متصل ج، 03H

گھٹا ج

شاخ صفر 0009H

شاخ 0002H

رک

حل:

پتہ	مواد	علامتی روپ
2000H	0EH	متصل ج، 03H
2001H	03H	
2002H	0DH	گھٹا ج
2003H	CAH	شاخ صفر 2009H
2004H	09H	
2005H	20H	
2006H	C3H	شاخ 2002H
2007H	02H	
2008H	20H	
2009H	76H	رک

□

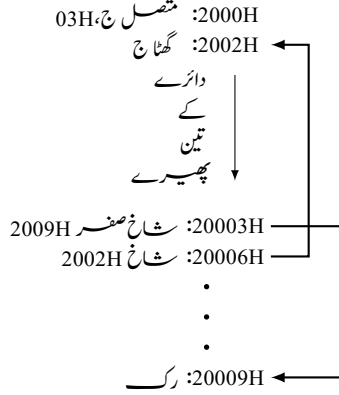
مثال ۱۳.۶: درج بالا برنامہ میں گھٹا ہدایت کی تعمیل کتنی مرتبہ ہوگی؟

حل: شکل ۱۳.۵ میں برنامے کا بہاؤ دکھایا گیا ہے۔ متصل ج، 03H ہدایت دفتر ج میں 03H ڈالتی ہے۔ گھٹا ج اس مواد کو گھٹا کر 02H کرتی ہے۔ یہ صفر سے زیادہ ہے؛ لہذا جھنڈا صفر پست ہوگا، اور شاخ صفر 2009H ہدایت نظر انداز ہوگی۔ شاخ 2002H ہدایت کمپیوٹر کو واپس گھٹا ج ہدایت پر بھیجتی ہے۔

ہدایت گھٹا ج کی تعمیل دوسری مرتبہ کرنے سے مواد گھٹ کر 01H ہو جائے گا؛ جھنڈا صفر اب بھی پست ہوگا، اور شاخ صفر 2009H نظر انداز ہوگی، اور شاخ 2002H کمپیوٹر کو واپس گھٹا ج پر بھیجے گی۔

تیسری مرتبہ گھٹا ج کی تعمیل مواد کو صفر کرتی ہے لہذا جھنڈا صفر بلند ہوگا، اور شاخ صفر 2009H کمپیوٹر کو رک ہدایت پر بھیجے گی۔

برنامے کا وہ حصہ جو دہرایا جائے دائرہ منبرنگ دائرہ ۲۵ کہلاتا ہے۔ جیسا شکل ۱۳.۵ میں دکھایا گیا ہے، اس مثال میں ہم دائرہ (گھٹا ج اور شاخ صفر 2009H) سے تین مرتبہ گرتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دائرے سے گزرنے کی



شکل ۱۳.۵: دائرے پر چپلن

تعداد اور دفتر کی ابتدائی قیمت برابر ہے۔ اگر ہم پہلی ہدایت کو تبدیل کر کے درج ذیل کر دیں

متصل ج، 07H:

کمپیوٹر اس دائرے سے 7 مرتبہ گزرے گا۔ اسی طرح اگر ہم چاہتے ہوں کہ دائرے سے 200 مرتبہ (جو C8H کے برابر ہے) گزرا جائے، پہلی ہدایت درج ذیل ہوگی۔

متصل ج، C8H:

دفتر بطور متبادل پیش قیمت بھرائی گنت کار کردار ادا کرتا ہے۔ اسی لئے بعض اوقات ہم اسے ”گنت کار“ کہتے ہیں۔

جو نقطہ یاد رکھنے کے قابل ہے، وہ یہ ہے۔ ہم متصل، گھٹا، شاخ صفر، اور شاخ استعمال کر کے دائرہ پیدا دے سکتے ہیں۔ نامزد دفتر (جو بطور گنت کار کام کرے گا) میں وہ عدد ڈالا جائے گا جتنی مرتبہ دائرے سے گزرتا مقصود ہو۔ اس دائرے میں جو ہدایت ڈالی جائیں، ان تمام کی تعمیل اتنی مرتبہ ہوگی جو عدد گنت کار دفتر میں ابتدائی طور ڈالا گیا ہو۔ □

مثال ۱۳.۷: کمپیوٹر خریدتے وقت آپ اس کا نرم افزار^{۲۶} (سافٹ ویئر) بھی خریدیں گے۔ ایک برنامه جو آپ خرید سکتے ہیں مترجم ہے۔ آپ علامتی روپ میں برنامه لکھ کر مترجم کی مدد اس کا ترجمہ مشینی زبان میں کرتے ہیں۔ دوسرے لفظوں میں، اگر آپ کے پاس مترجم ہو، آپ کو دستی ترجمہ کرنے کی ضرورت نہیں ہوگی؛ کمپیوٹر آپ کے لئے کام کرے گا۔

مثال ۱۳.۵ میں دیا گیا برنامه مادری زبان کے روپ میں لکھیں۔ سرفی^{۲۷} اور تبصرہ^{۲۸} شامل کریں۔

^{۲۶} software
^{۲۷} labels
^{۲۸} comments

حل:

سرخی	ہدایت	تبصرہ
متصل ج، 03H	گھٹا ج	گھٹکار میں اعشاری 3 ڈالیں
دوبارہ:	شاخ صفر اختتام	گھٹکار گھٹائیں
	شاخ دوبارہ	صفر کے لئے پرکھیں
اختتام:	رک	دائرے سے دوبارہ گزریں

برنامہ لکھتے وقت ”تبصرہ“ شامل کرنا سودمند ثابت ہوتا ہے۔ اس تبصرے میں آپ اپنا مقصد بیان کرتے ہیں جو بعض اوقات کمپیوٹر کی ہدایت دیکھ کر واضح نہیں ہوگا۔ کئی مہینوں یا کئی برس بعد یہ برنامہ پڑھتے ہوئے یہ تبصرے آپ کو اپنا لکھا ہوا برنامہ سمجھنے میں مدد دیں گے۔ پہلا تبصرہ ہمیں یاد دلاتا ہے کہ ہم دفتر ج کو بطور گھٹکار استعمال کرتے ہوئے دائرے سے تین مرتبہ گزرنے چاہتے ہیں۔ دوسرا تبصرہ کہتا ہے کہ ایک مرتبہ دائرے سے گزرنے پر گھٹکار کی گنتی کم کی جاتی ہے۔ تیسرا تبصرہ کہتا ہے کہ ہم جھنڈا صفر کو دیکھ کر شاخ لیں گے۔ چوتھا تبصرہ کہتا ہے کہ دائرے سے دوبارہ گزریں۔

مشینی زبان میں ترجمہ کرتے ہوئے، وقفہ ناقص (:) اور اس لکیر پر اس کے بعد جو کچھ ہو، کو مترجم نظر انداز کرتا ہے۔ کیوں؟ وجہ یہ ہے کہ مترجم برنامے اسی طرح لکھے جاتے ہیں۔ وقفہ ناقص کمپیوٹر کو بتاتا ہے کہ جو کچھ آگے لکھا گیا ہے، برنامہ نویس کے ذاتی استعمال اور یادداشت کے لئے ہے۔

شاخ اور طلبی کے ساتھ ”سرخی“ کا استعمال مددگار ثابت ہوتا ہے۔ کمپیوٹر کی مادری زبان میں برنامہ لکھتے وقت ہم عموماً نہیں جانتے کہ شاخ یا طلبی ہدایت کے ساتھ کیا پتہ شامل کریں۔ اعدادی پتے کی بجائے سرخی استعمال کرنے سے برنامے کا ہوا سمجھنا زیادہ آسان ہوگا۔ مترجم ان سرخیوں کو دیکھتے ہوئے شاخ اور طلبی ہدایات میں درست پتے شامل کرتا ہے۔

مشال کے طور پر، درج بالا برنامے کو مشینی زبان میں لکھتے ہوئے مترجم شاخ صفر کی جگہ اس کا ہدایتی رمز CA (جدول ۱۳.۱ سے رجوع کریں) اور ”اختتام“ کی جگہ رک ہدایت کا پتہ ڈالے گا۔ اسی طرح شاخ کی جگہ مترجم ہدایتی رمز C3 اور ”دوبارہ“ کی جگہ ہدایت گھٹا ج کا پتہ ڈالے گا۔ مترجم تمام ہدایات کو درکار بائٹ گن کر مشینی برنامہ میں رک اور شاخ ہدایت کے پتے جان پاتا ہے۔

آپ کو صرف اتنا یاد رکھنا ہوگا کہ شاخ اور طلبی ہدایت کے ساتھ استعمال کے لئے آپ کوئی بھی سرخی استعمال کر سکتے ہیں۔ اسی سرخی کے آخر میں: چسپاں کر کے اس ہدایت کے آگے لکھیں جس پر آپ شاخ کرنا چاہتے ہیں۔ جب مترجم آپ کے برنامے کو پڑھتا ہے یہ نشان (:) مترجم کو خبردار کرتا ہے کہ اس جگہ سرخی مستعمل ہے۔

کمپیوٹر بائیں سرخی کے لئے ایک تاجچہ علامت (حرف یا ہندسے) استعمال کیے جاسکتے ہیں، تاہم پہلی علامت کا لازماً ایک حرف ہونا ہوگا۔ سرخی عموماً معنی خیز الفاظ ہوں گے، تاہم ہندسوں کا استعمال جائز ہے۔ حبان سرخیوں کی مشال درج ذیل ہے۔

دوبارہ
یہاں
تختہ
ب 4053
ج 34م 22

پہلی دو سرخیاں عام الفاظ ہیں؛ تیسری سرخی ”تختی پڑھ“ کہنا چاہتی ہے؛ چوتھی اور پانچویں سرخیاں بے معنی ہیں، تاہم ان کا استعمال جائز ہے۔ سرخی کی لمبائی پرچھ علامتوں کی پابندی اور پہلی علامت پر حرف ہونے کی پابندی، عام دستیاب مترجم بھی عائد کرتے ہیں۔ □

مثال ۸: ۱۳۔ ایسا برنامہ لکھیں جو عشری 12 اور 8 آپس میں جمع کرے۔

حل:

سرخ	ہدایت	تبصرہ
متصل الف، 00H	دفترا الف صاف کریں	
متصل ب، 0CH	دفترب میں اعشاری 12 ڈالیں	
متصل ج، 08C	گنتکار کو 8 پر رکھیں	
جمع ب	اعشاری 12 جمع کریں	
گھٹا ج	گنتکار گھٹائیں	
شاخ صفر ہو گیا	صفر کے لئے پر رکھیں	
شاخ دوبارہ	دوبارہ دائرے سے گزریں	
رک	کمپیوٹر روک دیں	

برنامے میں کیا گیا تبصرہ ہمیں کم و بیش پوری کہانی بتا پاتا ہے۔ سب سے پہلے ہم دفترا الف کو صاف کرتے ہیں۔ اس کے بعد عشری 12 دفترب میں ڈالا جاتا ہے۔ اس کے بعد گنت کار میں 8 ڈال کر تیار کیا جاتا ہے۔ مذکورہ بالا تین ہدایات، دائرے میں داخل ہونے سے قبل، ابتدائی حالت تعین کرتے ہیں۔

دائرے کا آغاز جمع ب کرتی ہے جو دفترا الف کے ساتھ عشری 12 جمع کرتی ہے۔ گنتکار کی گنتی گھٹا ج گھٹا کر 7 کرتی ہے۔ جھنڈا صفر پرست ہونے کی بدولت اس مرتب شاخ صفر ہو گیا نظر انداز ہو گا اور کمپیوٹر سیدھا آگے بڑھتے ہوئے شاخ دوبارہ کی تعمیل کر کے جمع ب پہنچے گا۔

چونکہ جمع ب دائرے کے اندر پایا جاتا ہے لہذا اس کی تعمیل 8 مرتب ہو گی اور یوں دفترا الف (جو آغاز میں حثالی تھا) کے ساتھ 8 مرتب 12 جمع ہو گا۔ یہی 8 اور 12 ضرب کرنے سے حاصل ہو گا۔ دائرے کے 8 چکر کانٹے کے بعد گنتکار میں 0 ہو گا، لہذا جھنڈا صفر بلند ہو گا؛ یوں شاخ صفر ہو گیا کی تعمیل ہو گی اور کمپیوٹر دائرے سے نکل کر رک کو شاخ کرے گا۔

چونکہ عشری 12 کو 8 مرتبہ جمع کیا گیا لہذا دفتر الف میں اور ج ذیل ہوگا۔

$$12 + 12 + 12 + 12 + 12 + 12 + 12 + 12 = 96$$

عشری 96 سادس عشری 60 کے برابر ہے لہذا دفتر الف میں شنائی 01100000 ہوگا۔ یوں بار بار جمع کرنا ضرب دینے کے مترادف ہے۔ دوسرے لفظوں میں آٹھ مرتبہ 12 اور 8 \times 12 برابر ہیں۔

آپ گنت کار میں عشری 12 اور دفتر ب میں 8 ڈال کر بھی ان اعداد کو ضرب کر سکتے ہیں۔

زیادہ تر حشر د عامل کاروں میں ضرب کرنے کا سختی افزار ۲۹ نہیں پایا جاتا؛ ان میں، کمپیوٹر الف کی طرح، صرف جمع و منفی کار ہوگا۔ یوں، عموماً حشر د عامل کار استعمال کرتے ہوئے ضرب کرنے کی خاطر آپ کو کسی قسم کا برنامہ (مثلاً بار بار جمع کرنے کا برنامہ) لکھنا ہوگا۔

□

مثال ۱۳.۹: درج بالا برنامہ تبدیل کر کے شاخ صفر کی جگہ شاخ غیر صفر ہدایت استعمال کریں۔

حل:

سرخی	ہدایت	تبصرہ
	متصل الف، 00H	؛ دفتر الف صاف کریں
	متصل ب، 0CH	؛ دفتر ب میں اعشاری 12 ڈالیں
	متصل ج، 08C	؛ گنت کار کو 8 پر رکھیں
دوبارہ:	جمع ب	؛ اعشاری 12 جمع کریں
	گھٹا ج	؛ گنت کار گھٹائیں
	شاخ غیر صفر دوبارہ	؛ صفر کے لئے پرکھیں
	رک	؛ کمپیوٹر روک دیں

یہ برنامہ نسبتاً سادہ ہے۔ اس میں ایک شاخ ہدایت اور ایک سرخی کم ہیں۔ جب تک گنت کار صفر سے بڑا ہو، شاخ غیر صفر کمپیوٹر کو واپس ”دوبارہ“ پر بھیجے گی۔ جب گنت کار صفر ہو جائے، برنامہ شاخ غیر صفر سے سیدھا گزر کر رک تک پہنچے گا۔

□

مثال ۱۳.۱۰: درج بالا کاتر جسے مشینی زبان میں دستی کریں۔ ابتدا کی پتہ 2000H رکھیں۔

حل:

پتہ	مواد	علامتی روپ
2000H	3EH	متصل الف، 00H
2001H	00H	
2002H	06H	متصل ب، 0CH
2003H	0CH	
2004H	0EH	متصل ج، 08H
2005H	08H	
2006H	80H	جمع ب
2007H	0DH	گھٹا ج
2008H	C2H	شاخ غیر صنف 2006H
2009H	06H	
200AH	20H	
200BH	76H	رک

اولین تین ہدایات، ضرب شروع ہونے سے قبل، دفاتر کی ابتدائی حالت تعین کرتی ہیں۔ ابتدائی حالت تبدیل کرنے سے ہم دیگر اعداد آپس میں ضرب کر سکتے ہیں۔

□

مثال ۱۳.۱۱: درج بالا برنامے میں ضرب کرنے والے حصے کو ذیلی معمولہ میں تبدیل کر کے پتہ F006H پر رکھیں۔

حل:

پتہ	مواد	علامتی روپ
F006H	80H	جمع ب
F007H	0DH	گھٹا ج
F008H	C2H	شاخ غیر صنف F006H
F009H	06H	
F00AH	F0H	
F00BH	C9H	لوٹ

اس طرح سوچیں: ابتدائی حالت تعین کرنے والی ہدایات کا ضرب دینے کے عمل سے کوئی تعلق نہیں۔ یہ صرف ان اعداد سے تعلق رکھتی ہیں جنہیں ضرب کرنا مقصود ہو۔ ذیلی معمولہ صرف اس حصے پر مشتمل ہوگا جس کا ضرب کرنے سے تعلق ہو۔

برنامے کو نئی جگہ منتقل کرتے ہوئے ہم نے F006H تا 200BH پتوں کو F006H تا F00BH پر نقش کیا۔ ساتھ ہی رک کی جگہ لوٹ استعمال کیا، تاکہ اصل برنامے کو اختیار منتقل کرنا ممکن ہو۔

□

مثال ۱۳.۱۲: درج بالا ضرب کار ذیلی معمولہ درج ذیل برنامے میں مستعمل ہے۔ یہ برنامہ کیا کرتا ہے؟

متصل الف، 00H
 متصل ب، 10H
 متصل ج، 0EH
 طلبی F006H
 رک

حل: سادس عشری 10H اعشاری 16 کے برابر، اور سادس عشری 0EH اعشاری 14 کے برابر ہے۔ اولین تین ہدایات دفتر الف کو صاف کرتی ہے، دفتر ب میں عشری 16، اور دفتر ج میں عشری 14 ڈالتی ہے۔ طلبی ہدایت (گزشتہ مثال میں دیے گئے) ضرب کار ذیلی معمولہ کو طلب کرتی ہے۔ ضرب کے اختتام پر لوٹ کی تعمیل کے وقت دفتر الف میں E0H ہوگا جو عشری 224 کے برابر ہے، جو مطلوبہ جواب ہے۔

مقدار معلوم ۳۰ اس معلومات کو کہتے ہیں جس کی بنا ذیلی معمولہ صحیح کام کرنے سے متاثر ہوگا۔ پتہ F006H پر رکھے گئے ضرب کار ذیلی معمولہ کو، صحیح کام کرنے کے لئے، تین مقدار معلوم (الف، ب، ج) درکار ہیں۔ دفتر الف کو صاف کر کے، دفتر ب میں مضروب، اور دفتر ج میں ضارب ڈال کر ہم یہ مقدار معلوم ذیلی معمولہ کو مہیا کرتے ہیں۔ دوسرے لفظوں میں ہم $A = 00H$ ، $B = 10H$ ، اور $C = 0EH$ رکھ کر ذیلی معمولہ کو طلب کرتے ہیں۔ ذیلی معمولہ کو معلومات دفاتر کے ذریعہ فراہم کرنے کو ”دفتری مقدار معلوم کی فراہمی“ کہتے ہیں۔ □

۱۳.۶ منطقی ہدایات

خبردعاسل کار حساب کے علاوہ منطق بھی کر سکتا ہے۔ آئیں کمپیوٹر یا کی منطقی ہدایات پر غور کریں۔ یہ ہدایات بھی 8080/8085 کی ہدایات کا ذیلی سلسلہ ۳۱ ہے۔

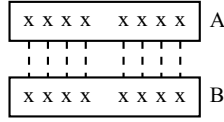
متمم

ہدایات متمم کہتی ہے ”دفتر الف متمم کر“۔ اس ہدایت کی تعمیل دفتر الف کے ہر بٹ کو متمم کر کے دفتر الف کا تکملہ 1 پیدا کرتی ہے۔

ضرب منطقی

یہ ہدایت دفتر الف اور دیے گئے دفتر کا منطقی ضرب حاصل کر کے نتیجہ دفتر الف میں ڈالتی ہے۔ مثال کے طور پر،

ضرب منطقی ب



شکل ۱۳.۶: منطقی ہدایات ہٹ باہٹ عمل کرتی ہیں۔

کہتی ہے دفتر ب اور دفتر الف کے مواد کا منطقی ضرب لے کر نتیجہ دفتر الف میں ڈال۔ منطقی ضرب ہٹ باہٹ حاصل کیا جاتا ہے۔ اگر ان دو دفتر الف میں درج ذیل ہو

$$\begin{aligned} \text{الف} &= 1100 \ 1100 \\ \text{ب} &= 1111 \ 0001 \end{aligned} \quad (۱۳.۱)$$

تب ہدایت کی تعمیل کے بعد دفتر الف میں درج ذیل ہوگا۔

$$\text{الف} = 1100 \ 0000$$

یاد رہے، منطقی ضرب ہٹ باہٹ حاصل کیا جاتا ہے (شکل ۱۳.۶ دیکھیں)۔ منطقی ضرب مطابقتی بیٹوں کی جوڑیوں کا لیا جاتا ہے: ہٹ A7 اور ہٹ B7 کا منطقی ضرب لیا جائے گا، ہٹ A6 اور ہٹ B6 کا منطقی ضرب لیا جائے گا، ہٹ A5 اور ہٹ B5 کا منطقی ضرب لیا جائے گا، وغیرہ۔ نتیجہ دفتر الف میں ڈالا جائے گا۔ کمپیوٹر بائیں ضرب منطقی کی دو ہدایات ہیں: ضرب منطقی ب اور ضرب منطقی ج جن کے علامتی رموز جدول ۱۳.۱ میں پیش ہیں۔

جمع منطقی

ب ہدایت دفتر الف اور دیے گئے دفتر کا منطقی جمع حاصل کر کے دفتر الف میں ڈالتی ہے۔ کمپیوٹر بائیں جمع منطقی کی دو ہدایات جمع منطقی ب اور جمع منطقی ج ہیں۔ مثال کے طور پر، اگر مساوات ۱۳.۱ دفتر الف اور ب میں دیٹی ہو تب

جمع منطقی ب

کے بعد دفتر الف میں درج ذیل ہوگا۔

$$\text{الف} = 1111 \ 1101$$

بلا شرکت

یہ ہدایت ”دفتر الف کی بلا شرکت جمع“ دیے گئے دفتر کے ساتھ لے کر نتیجہ دفتر الف میں ڈالتی ہے۔ کمپیوٹر بائیں ہدایت کے سلسلہ ۳۲ میں بلا شرکت ب اور بلا شرکت ج ہدایات موجود ہیں۔ اگر مساوات ۱۳.۱ دفتر الف اور ب دیٹی ہو تب بلا شرکت ب کی تعمیل کے بعد دفتر الف میں درج ذیل ہوگا۔

$$\text{الف} = 0011 \ 1101$$

ضرب منطقی متصل

کمپیوٹریا میں متصل منطقی ہدایات بھی موجود ہیں۔ ضرب منطقی متصل کہتی ہے ”دفتر الف کا منطقی ضرب متصل بائٹ کے ساتھ“ حاصل کر۔ مثال کے طور پر اگر

$$\text{الف} = 0101\ 1110$$

ہو، تب ضرب منطقی متصل C7H کی تعمیل

$$0101\ 1110 \quad \text{اور} \quad 1100\ 0111$$

کا منطقی ضرب لے کر نتیجہ دفتر الف میں ڈالے گی، لہذا دفتر الف میں درج ذیل حاصل ہوگا۔

$$\text{الف} = 0100\ 0110$$

جمع منطقی متصل

یہ ہدایت ”دفتر الف کا منطقی جمع متصل بائٹ کے ساتھ“ حاصل کرنے کو کہتی ہے۔ ہدایتی رمز کے بعد دیے گئے بائٹ کا منطقی جمع دفتر الف کے ساتھ حاصل کر کے نتیجہ دفتر الف میں ڈالا جائے گا۔ یوں اگر

$$\text{الف} = 0011\ 1000$$

ہو تب جمع منطقی متصل 5AH کی تعمیل

$$0011\ 1000 \quad \text{اور} \quad 0101\ 1010$$

کا منطقی جمع حاصل کر کے نتیجہ دفتر الف میں ڈالے گی، لہذا دفتر الف میں درج ذیل حاصل ہوگا۔

$$\text{الف} = 0111\ 1010$$

بلا شرکت متصل

یہ ہدایت ”متصل بائٹ کے ساتھ بلا شرکت جمع“ دیتی ہے۔ یوں اگر

$$\text{الف} = 0001\ 1100$$

ہو، تب بلا شرکت متصل D4H کی تعمیل

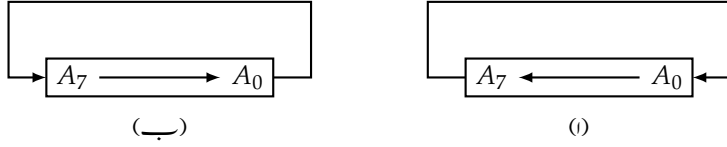
$$0001\ 1100 \quad \text{اور} \quad 1101\ 0100$$

کا بلا شرکت جمع حاصل کر کے نتیجہ دفتر الف میں ڈالے گی، لہذا دفتر الف میں درج ذیل حاصل ہوگا۔

$$\text{الف} = 1100\ 1000$$

۱۳.۷ دیگر ہدایات

اس حصے میں دیگر ہدایات پر غور کیا جائے گا۔



شکل ۷.۱۳: گھوم ہدایت: (a) گھوم بائیں: (ب) گھوم دائیں

فنا رخ

یہ ہدایت کمپیوٹر کو ”فنا رخ“ رہنے کی ہدایت ہے۔ اس ہدایت کی تعمیل کے دوران تمام T حال کچھ نہیں کرتے۔ یوں اس ہدایت کے دوران کوئی دفتر متاثر نہیں ہوتا۔

یہ ہدایت وقت ضائع کرنے کے لئے استعمال کی جاتی ہے۔ فنا رخ ہدایت بازیاں کرنے کے لئے اور اس کی تعمیل میں کل چار T حال درکار ہوتے ہیں۔ کئی فنا رخ ملا کر وقتی وقفہ پیدا کیا جاسکتا ہے۔ مثال کے طور پر، فنا رخ کو ”دائرے“ میں رکھ کر، اس کی تعمیل 100 مرتبہ کر کے $400 T$ حال کے برابر وقفہ پیدا کیا جاسکتا ہے۔

رک

یہ ہدایت، جسے ہم کمپیوٹر الف میں دیکھ چکے، ”کام روکتی“ ہے۔

درآمد

ہدایت درآمد ”مواد درآمد“ کرتی ہے۔ کمپیوٹر کو یہ ہدایت نامزد روزن سے مواد اٹھانے کو کہتی ہے۔ چونکہ کمپیوٹر بائیں دو روزن موجود ہیں لہذا آپ نے روزن نامزد کرنا ہوگا۔ یوں درج ذیل روزن 2 سے ایک بائیں دفتر الف میں درآمد کرے گی۔

درآمد 02H

برآمد

ہدایت برآمد ”مواد برآمد“ کرتی ہے۔ اس ہدایت کی تعمیل پر دفتر الف کا مواد نامزد روزن پر ڈالا جاتا ہے۔ چونکہ خارجی روزن 3 اور روزن 4 کہتے ہیں لہذا آپ کو خارجی روزن نامزد کرنا ہوگا۔ یوں درج ذیل ہدایت، دفتر الف کا مواد روزن 3 پر ڈالتی ہے۔

برآمد 03H

گھوم بائیں

یہ ہدایت کہتی ہے ”دفتر الف کو بائیں گھم“۔ یہ ہدایت تمام ہٹ کو بائیں منتقل کرتے ہوئے بلند ترین ہٹ کو کم تر رتبی مقام پر ڈالتی ہے (شکل ۷.۱۳-الف دیکھیں)۔ مثال کے طور پر، فرض کریں دفتر الف میں درج ذیل مواد موجود ہے۔

الف = 1011 0100

ہدایت گھوم بائیں کی تعمیل کے بعد درج ذیل ہوگا۔

الف = 0110 1001

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ، ہر بٹ ایک قدم بائیں لیتا ہے اور بلند تر تری بٹ گھوم کر کم تر تری بٹ کا مقام لیتا ہے۔

گھوم دائیں

یہ ہدایت کہتی ہے ”دفتر الف کو دائیں گھما“۔ اس مرتبہ دفتر الف کے تمام بٹ ایک قدم دائیں لیتے ہیں اور کم تر تری بٹ گھوم کر بلند تر تری بٹ کے مقام پر جاتا ہے (شکل ۷، ۱۳-ب دیکھیں)۔ یوں درج ذیل صورت میں

الف = 1011 0100

ہدایت گھوم دائیں کی تعمیل کے بعد درج ذیل ہوگا۔

الف = 0101 1010

مثال ۱۳.۱۳: بائٹ میں بٹوں کی گنتی (کم تر تری تا بلند تر تری) 0 تا 7 کی جاتی ہے۔ ایک برنامہ لکھیں جو روزانہ 2 سے بائٹ لے کر معلوم کرے آیا بٹ 0 بلند یا پست ہے۔ بلند بٹ کی صورت میں دفتر الف میں لاطینی حرف Y کا، اور پست بٹ کی صورت میں N کا ایسی رموز ڈال کر روزانہ 3 سے برآمد کریں۔

حل:

سرخی	ہدایت	تبصرہ
درآمد 02H	؛ روزانہ 2 سے بائٹ لیں	
ضرب منطقی متصل 01H	؛ بٹ 0 علیحدہ کریں	
شاخ غیر صفر ہاں	؛ بلند بٹ کی صورت میں شاخ لیں	
متصل الف، 4EH	؛ پست بٹ کی صورت میں N ہوگا	
شاخ اختتام	؛ اگلی ہدایت نظر انداز کریں	
متصل الف، 59H	؛ بلند بٹ کی صورت میں Y ہوگا	
برآمد 03H	؛ روزانہ 3 پر نتیجہ خارج کریں	
رک		

روزانہ 2 سے دفتر الف میں (درج ذیل روپ کا) مواد داخل کیا جاتا ہے۔

الف = $A_7 A_6 A_5 A_4 A_3 A_2 A_1 A_0$

ہدایت ضرب منطقی متصل 01H میں متصل بائٹ درج ذیل ہے

0000 0001

جس کو نفاذ^{۳۳} کہتے ہیں۔ اس بانٹ میں پست (0) ہٹ، دفتر الف کے مطابقتی بلند ہٹ نصاب پوش کر کے پست کرتے ہیں۔ دوسرے لفظوں میں، ضرب منطقی متصل 01H کی تعیل کے بعد دفتر الف میں درج ذیل ہو گا۔

$$\text{الف} = 0000\ 000A_0$$

اگر A_0 بلند (1) ہو، شاخ غیر صفر شاخ کرتے ہوئے متصل الف، 59H کو پہنچے گا؛ جو دفتر الف میں Y کا ایسی رمز 59H ڈالتا ہے۔ اگر A_0 پست ہو، برنامہ متصل الف، 4EH سے سیدھا گزرتے ہوئے، دفتر الف میں N کا ایسی رمز ڈالتا ہے۔

ہدایت برآمد 03H دفتر الف کا مواد وزن 3 سے خارج کرتا ہے۔ یوں شنائی متقی پر 59H یا 4EH نظر آئے گا۔ □

مثال ۱۳.۱۴: متوازی محارج کی بجائے ہم وزن 4 سے مواد سلسلہ وار برآمد کرنا چاہتے ہیں۔ مذکورہ بالا برنامے میں تبدیلی پیدا کرتے ہوئے جواب (59H یا 4EH) وزن 4 کے ہٹ 0 سے سلسلہ وار خارج کریں۔

حل:

سرخی	ہدایت	تبصرہ
	درآمد 02H	
	ضرب منطقی متصل 01H	
	شاخ غیر صفر ہاں	
	متصل الف، 4EH	
	شاخ ہو گیا	
ہاں:	متصل الف، 59H	
ہو گیا:	متصل ج، 08H	؛ گنتیکار میں 8 ڈالیں
دوبارہ:	برآمد 04H	؛ کمستر تہی ہٹ خارج کریں
	گھوم دائیں	؛ اگلی ہٹ تیار کریں
	گھٹا ج	؛ گنتیکار گھٹائیں
	شاخ غیر صفر دوبارہ	؛ گنتی پر نظر رکھیں
	رک	

مواد کو متوازی سے سلسلہ وار بن کر، ہٹ A_0 سے پہلے بھیجا جاتا ہے؛ اس کے بعد A_1 ، اور اس کے بعد A_2 ؛ اسی طرح چلتے ہوئے ہٹ A_7 سب سے آخر میں خارج کیا جاتا ہے۔ □

مثال ۱۳.۱۵: برآمد اور درآمد کے دوران حشر د عامل کار اور (اس کے ساتھ جڑے) بیرونی آلے کے بیچ تبادلے (بات چیت) کو مصافحہ^{۳۴} کہتے ہیں۔

کمپیوٹر بائیس مصنفہ درج ذیل صورت اختیار کرتا ہے۔ جب آپ شکل ۱۳.۲ کے سادس عشری سرموز کار میں دو اعداد (ایک بائٹ) داخل کرتے ہیں، یہ مواد روزن 1 میں ڈالا جاتا ہے؛ ساتھ ہی روزن 2 کو بلند ”تیار“ اشارہ بھیج جاتا ہے۔

داخلی مواد قبول کرنے سے قبل، حشر د عمل کار روزن 2 میں ”تیار“ اشارے کو دیکھتا ہے۔ اگر ”تیار“ اشارہ پست ہو، حشر د عمل کار انتظار کرے گا۔ اگر ”تیار“ بلند ہو، حشر د عمل کار مواد قبول کر کے روزن 1 میں ڈالتا ہے۔ مواد کی ترسیل مکمل ہونے پر حشر د عمل کار، سادس عشری ٹائپ کار کے سرموز کار کو ”تشکر“ اشارہ بھیجتا ہے؛ جس کی بدولت ”تیار“ پست کر دیا جائے گا۔ ”تشکر“ پست اس کے بعد پست کر دیا جاتا ہے۔

ٹائپ کار تختی پر نیا بائٹ لکھنے پر یہی عمل دوبارہ کیا جائے گا؛ روزن 2 کو ”تیار“ اشارہ بھیج جائے گا اور نیا مواد روزن 1 میں ڈالا جائے گا۔

کمپیوٹر باک مصنفہ درج ذیل اقدام پر مشتمل ہے۔

۱. ”تیار“ پست (روزن 2 کا پست 0) بلند ہوگا۔

۲. حشر د عمل کار کے روزن 1 میں مواد داخل ہوگا۔

۳. ”تیار“ پست کرنے کی خاطر ”تشکر“ پست (روزن 4 کا پست 7) بلند ہوگا۔

۴. ”تشکر“ پست ہوگا۔

مصنفہ استعمال کر کے روزن 1 سے ایک بائٹ مواد درآمد کریں۔ اس بائٹ کو دفتر ب میں ڈالیں۔
حل:

سرفی	ہدایت	تبصرہ
کیفیت:	درآمد 02H	؛ روزن 2 سے بائٹ لیں
ضرب منطقی متصل 01H		؛ تیار پست کو علیحدہ کریں
شاخ صفر کیفیت		؛ تیار نہ ہونے کی صورت میں انتظار کریں
درآمد 01H		؛ روزن 1 میں بائٹ لیں
لاد ب، الف		؛ دفتر الف سے مواد دفتر ب میں ڈالیں
متصل الف، 80H		؛ تشکر کا پست بلند کریں
برآمد 04H		؛ بلند تشکر خارج کریں
متصل الف، 00H		؛ تشکر پست کریں
برآمد 04H		؛ پست تشکر خارج کریں
رک		

اگر ”تیار“ پست ہو ضرب منطقی متصل 01H کی تعمیل دفتر الف کے مواد کو صفر بنائے گی جس سے جھنڈا صفر بلند ہوگا۔ پول شاخ صفر کیفیت۔ ہدایت والپس دائرے کے آغاز میں درآمد 02H کو شاخ کرے گی۔ جب تک ”تیار“ پست بلند نہ ہو، کمپیوٹر دائرے میں رہے گا۔

بلند ”تیار“ اشارہ درست مواد کی تصدیق کرتا ہے۔ بلند ”تیار“ پست کی صورت میں برنامہ شاخ صفر سے گزر

کر درآمد 02H پہنچے گا۔ یوں روزانہ 1 سے دفتر الف میں بائٹ منتقل ہوگا۔ لاد اس بائٹ کو دفتر ب منتقل کرتی ہے۔ ہدایت متصل الف، 80H ”تشکر“ ہٹ (ہٹ 7) بلند کرتی ہے۔ برآمد 04H ہدایت بلند ”تشکر“ اشارہ سادس عشری سرموز کار کو بھیجتی ہے، جس کا اندرونی سخت افزار ”تیار“ ہٹ پست کرتا ہے۔ اس کے بعد ”تشکر“ ہٹ پست کیا جاتا ہے تاکہ اگلا ہٹ درآمد کرنا ممکن ہو۔ □

۱۳.۸ کمپیوٹر باک خلاصہ

اس حصے میں کمپیوٹر باک کے T حال، جھنڈے، اور پست نشر کرنے کے انداز پر غور کیا جائے گا۔

T حال

کمپیوٹر باک کا ترتیب کار کا برنامہ متغیر مشینی پھیرے کے لئے ہے۔ یوں بعض ہدایات کی تعمیل باقی ہدایات کی تعمیل سے زیادہ لے گی۔ جیسا آپ کو یاد ہوگا، خسر درنامہ نویسی کا مقصد پختہ حافظہ میں فتاویٰ معمولے ذخیرہ کرنا ہے، جہاں سے انہیں ضرورت کے پیش اٹھایا جاسکتا ہے۔

جدول ۱۳.۳ میں ہر ایک ہدایت اور ہدایت کی تعمیل کے لئے درکار T حال کی تعداد پیش ہے۔ مثلاً، جمع کی تعمیل چار T حال میں ہوگی، ضرب منطقی متصل بائٹ کی تعمیل سات میں، اور طلبی کی اٹھارہ میں، وغیرہ۔ وقتیہ استعمال میں T حال کی تعداد جاننا ضروری ہوگا۔

دھیان رہے کہ شاخ منفی کو درکار T حال کی تعداد 10/7 ہے۔ شاخ لینے کی صورت میں درکار T حال کی تعداد 10 اور سیدھا گزرنے کی صورت میں 7 ہے۔ یہی تصور باقی مشروط شاخ ہدایات کے لئے بھی ہے؛ شاخ کی صورت میں درکار T حال کی تعداد 10 اور شاخ لینے کی صورت میں 7 ہوگی۔

جھنڈے

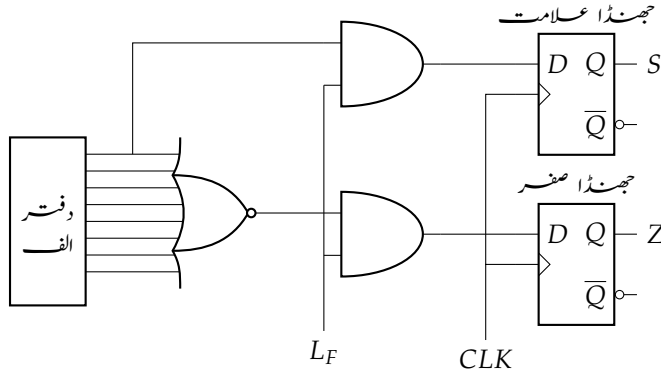
جیسا آپ جانتے ہیں، بعض ہدایات کی تعمیل کے دوران دفتر الف منفی یا صفر ہو سکتا ہے، جس سے بالترتیب جھنڈا منفی اور جھنڈا صفر اثر انداز ہوں گے۔ شکل ۱۳.۸ میں کمپیوٹر باک کے جھنڈے بلند کرنے کے ادوار پیش ہیں۔

دفتر الف کا مواد منفی ہونے کی صورت میں A7 ہٹ 1 ہوگا۔ یہ علامت ہٹ زیریں ضرب گیٹ کو چلاتی ہے۔ جب دفتر کا مواد صفر ہو، تمام ہٹ پست ہوں گے، اور جمع متمم گیٹ کا محارج بلند (1) ہوگا۔ اس جمع متمم گیٹ کا محارج بالا ضرب گیٹ کو چلاتا ہے۔ اگر L_F بلند ہو، جھنڈے ان نتائج کے تحت صورت اختیار کر کے دفتر الف کی علامت اور صفر صورت کا عکس پیش کریں گے۔ یوں دفتر الف کا مواد منفی ہونے کی صورت میں S بلند ہوگا، اور مواد صفر ہونے کی صورت میں Z بلند ہوگا۔

ایسا نہیں کہ تمام ہدایات جھنڈوں پر اثر انداز ہوتی ہیں۔ جیسا جدول ۱۳.۳ میں دکھایا گیا ہے جمع، ضرب منطقی، ضرب منطقی متصل، گٹھا، بڑھا، جمع منطقی، منفی، بلا شرکت، اور بلا شرکت متصل وہ ہدایات ہیں جو جھنڈوں پر اثر انداز ہوتی ہیں۔ صرف یہ ہدایات کیوں؟ اس لئے کہ شکل ۱۳.۸ میں L_F اشارہ صرف اس وقت بلند ہوگا جب ان ہدایات کی تعمیل ہو۔ ان ہدایات کے لئے L_F ہٹ کی خسر درنامہ نویسی سے یہ ممکن بنایا جاتا ہے۔ دوسرے لفظوں

جدول ۱۳.۳: کمپیوٹر با کی ہدایات کا سلسلہ

ہدایت	ہدایتی رمز	T حال	جھنڈے	انداز پتہ	بائٹ
جمع ب	80	4	Z, S	دفتری	1
جمع ج	81	4	Z, S	دفتری	1
ضرب منطقی ب	A0	4	Z, S	دفتری	1
ضرب منطقی ج	A1	4	Z, S	دفتری	1
ضرب منطقی متصل بائٹ	E6	7	Z, S	متصل	2
طلبی پتہ	CD	18	کوئی نہیں	متصل	3
متمم	2F	4	کوئی نہیں	مضمر	1
گھٹا الف	3D	4	Z, S	دفتری	1
گھٹا ب	05	4	Z, S	دفتری	1
گھٹا ج	0D	4	Z, S	دفتری	1
رک	76	5	کوئی نہیں	کوئی نہیں	1
درآمد بائٹ	DB	10	کوئی نہیں	بلا واسطہ	2
بڑھا الف	3C	4	Z, S	دفتری	1
بڑھا ب	04	4	Z, S	دفتری	1
بڑھا ج	0C	4	Z, S	دفتری	1
شاخ منفی پتہ	FA	10/7	کوئی نہیں	متصل	3
شاخ پتہ	C3	10	کوئی نہیں	متصل	3
شاخ غیر مضمر پتہ	C2	10/7	کوئی نہیں	متصل	3
شاخ مضمر پتہ	CA	10/7	کوئی نہیں	متصل	3
نقل پتہ	3A	13	کوئی نہیں	بلا واسطہ	3
لا د الف، ب	78	4	کوئی نہیں	دفتری	1
لا د الف، ج	79	4	کوئی نہیں	دفتری	1
لا د ب، الف	47	4	کوئی نہیں	دفتری	1
لا د ب، ج	41	4	کوئی نہیں	دفتری	1
لا د ج، الف	4F	4	کوئی نہیں	دفتری	1
لا د ج، ب	48	4	کوئی نہیں	دفتری	1
متصل الف، بائٹ	3E	7	کوئی نہیں	متصل	2
متصل ب، بائٹ	06	7	کوئی نہیں	متصل	2
متصل ج، بائٹ	0E	7	کوئی نہیں	متصل	2
فنا رخ	00	4	کوئی نہیں	کوئی نہیں	1
جمع منطقی ب	B0	4	Z, S	دفتری	1
جمع منطقی ج	B1	4	Z, S	دفتری	1
جمع منطقی متصل بائٹ	F6	7	Z, S	متصل	2
برآمد بائٹ	D3	10	کوئی نہیں	بلا واسطہ	2
گھوم بائیں	17	4	کوئی نہیں	مضمر	1
گھوم دائیں	1F	4	کوئی نہیں	مضمر	1
لوٹ	C9	10	کوئی نہیں	مضمر	1
ذخیرہ پتہ	32	13	کوئی نہیں	بلا واسطہ	3
منفی ب	90	4	Z, S	دفتری	1
منفی ج	91	4	Z, S	دفتری	1
بلا شرکت ب	A8	4	Z, S	دفتری	1
بلا شرکت ج	A9	4	Z, S	دفتری	1
بلا شرکت متصل بائٹ	EE	7	Z, S	متصل	2



شکل ۱۳.۸: جھنڈوں کا بند ہونا۔

میں، واپس پختہ حافظہ میں ہم مذکورہ بالا ہدایات کے لئے L_F بٹ بند رکھتے ہیں، جبکہ باقی ہدایات کے لئے ہم L_F بٹ پست رکھتے ہیں۔

مشروط شاخ

جیسا ذکر کیا گیا، شاخ لینے کی صورت میں مشروط شاخ ہدایت دس T حال، جبکہ سیدھا گزرنے کی صورت میں سات T حال لیتے ہیں۔ اس کی وجہ مختصراً درج ذیل ہے۔ تعمیلی پھیرے کے دوران پتہ پختہ حافظہ، کمپیوٹر کو مشروط شاخ کے خنجر معمولہ کی پہلی ہدایت کے پتے پر بھیجتا ہے۔ خنجر معمولہ کا ابتدائی حصہ جھنڈے کو پرکھ کر شاخ لینے یا نہ لینے کا فیصلہ کرتا ہے۔ اگر شاخ لینا مقصود ہو، خنجر معمولہ کا باقی حصہ زیر عمل آئے گا؛ دیگر صورت خنجر معمولہ کا باقی حصہ رد کیا جاتا ہو اور کمپیوٹر سیدھا گزر کر اگلی ہدایت اٹھاتا ہے۔

پتہ نشر کرنے کے انداز

کمپیوٹر باکی ہدایات مختلف طریقوں سے مواد تک رسائی حاصل کرتی ہیں۔ رستم زیر عمل ہمیں بتاتا ہے کہ مواد تک رسائی کس طرح حاصل کرنی ہے۔ مثال کے طور پر، درج ذیل ہدایات میں مواد کا پتہ مندرجہ ذیل ہے۔

نقل پتہ
ذخیرہ پتہ

یہ بلا واسطہ پتے کا اندازہ کی مثال ہیں۔

متصل پتے کا اندازہ مندرجہ ذیل کرنے کا اندازہ اس سے مختلف ہے۔ مواد کا پتہ مندرجہ ذیل کرنے کی بجائے، ہم مواد مندرجہ ذیل کرتے ہیں۔ مثلاً، درج ذیل ہدایت میں درکار بانٹ، حافظہ میں ہدایتی رمز کے فوراً بعد پایا جاتا ہے۔

direct addressing^{۳۵}
immediate addressing^{۳۶}

متصل الف، بانڈ

جدول ۱۳.۳ میں متصل پتے کے دیگر ہدایت پیش ہیں۔

درج ذیل ہدایت میں مطلوبہ مواد، حافظہ کی بجائے دفتر میں پایا جاتا ہے۔ یہ دفتر پتہ اندازہ کی مثال ہے۔

لا د الف، ب

دفتری پتے کے انداز میں T حال کی تعداد کم ہے لہذا یہ نہایت چست ہدایت دیتی ہیں۔

مضمون پتہ کا اندازہ ۳۸ میں مواد کا پتہ ہدایت کے اندر موجود ہوگا۔ مثال کے طور پر،

گھوم پائیں

کہتی ہے دفتر الف کے پتہ پائیں گھمائیں۔ مواد دفتر الف میں موجود ہے؛ یہی وجہ ہے کہ مضمون پتے کے انداز میں رستم زیر عمل کی ضرورت نہیں ہوگی۔

بانڈ

ہدایت کو حافظہ میں رکھنے کے لئے ایک یا ایک سے زیادہ بانڈ کی جگہ درکار ہوگی۔ کمپیوٹر یا ہدایت کو 1، 2، یا 3 بانڈ جگہ چاہیے ہوگی۔ جدول ۱۳.۳ میں ہر ہدایت کو درکار بانڈ بتائے گئے ہیں۔ جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں، جمع ہدایت کو 1 بانڈ، ضرب منطقی متصل ہدایت کو 2 بانڈ، اور طبعی ہدایت کو 3 بانڈ جگہ چاہیے، وغیرہ۔

مثال ۱۳.۱۶: کمپیوٹر یا کی ساعت کا تعدد 1 MHz ہے۔ یوں ایک T حال کا دورانیہ 1 μs ہوگا۔ درج ذیل ذیلی معمولہ کی تعمیل کتنی دیر میں ہوگی؟

سرخی	ہدایت	تبصرہ
	متصل ج، 46H	؛ گنتکار عشری 70 رکھیں
دوبارہ:	گھٹا ج	؛ نیچے شمار کریں
	شاخ غیر صفر دوبارہ	؛ گنتی پر رکھیں
	منارخ	؛ منزید وقفہ دیں
	لوٹ	

حل: گنتکار کی ابتدائی قیمت تعین کرنے کی خاطر متصل ہدایت کی تعمیل ایک مرتبہ کی جاتی ہے۔ ہدایت گھٹا کی تعمیل 70 مرتبہ ہوگی۔ ہدایت شاخ غیر صفر پورے 69 مرتبہ شاخ لی گی اور ایک مرتبہ سیدھا گزرنے دے گی۔ جدول ۱۳.۳ میں T حال کی تعداد پیش ہے، جنہیں استعمال کر کے ذیلی معمولہ کی تعمیلی دورانیہ معلوم کرتے ہیں۔

	$1 \times 7 \times 1 \mu s = 7 \mu s$	متصل
	$70 \times 4 \times 1 \mu s = 280 \mu s$	گھٹا
(شاخ لیا گیا)	$69 \times 10 \times 1 \mu s = 690 \mu s$	شاخ غیر صفر
(شاخ نہیں لیا گیا)	$1 \times 7 \times 1 \mu s = 7 \mu s$	شاخ غیر صفر
	$1 \times 4 \times 1 \mu s = 4 \mu s$	فشار
	$1 \times 10 \times 1 \mu s = 10 \mu s$	لوٹ

یوں درکار وقت $998 \mu s = 10 + 4 + 7 + 690 + 280 + 7$ ہوگا، جو تقریباً 1 m second کے برابر ہے۔

اس ذیلی معمولہ کو طلب کر کے 1 ms کا وقفہ پیدا کیا جاسکتا ہے۔

جدول ۱۳.۳ کے تحت اس ذیلی معمولہ میں مستعمل ہدایات کی لمبائی درج ذیل ہے۔

ہدایت	متصل	گھٹا	شاخ غیر صفر	فشار	لوٹ
ہائٹ	2	1	3	1	1

اس معمولہ کی کل لمبائی 8 ہائٹ ہے۔ کمپیوٹر باکے نرم افزار کے طور پر اس معمولہ کا ترجمہ مشینی زبان میں کر کے $F010H$ تا $F017H$ پتے پر رکھا جاسکتا ہے۔ ایسا کرنے کے بعد، طلبی $F010H$ میں 1 ms وقفہ دیگا۔ □

مثال ۱۳.۱: درج ذیل معمولہ کتنا وقفہ پیدا کرتا ہے؟

سرخی	ہدایت	تبصرہ
	متصل ب، 0AH	گنتکار ب عشری 10 ہے
دائرہ 1:	متصل ج، 47H	گنتکار ج عشری 71 رکھیں
دائرہ 2:	گھٹا ج	ج گھٹائیں
	شاخ غیر صفر دائرہ 2	ج صفر ہونے پر نظر رکھیں
	گھٹا ب	ب گھٹائیں
	شاخ غیر صفر دائرہ 1	ب صفر ہونے پر نظر رکھیں
	لوٹ	

حل: اس ذیلی معمولہ میں دو دائرے ہیں۔ بیرونی دائرے کو دائرہ 1 کہا گیا ہے؛ اندرونی کو دائرہ 2 کہا گیا ہے۔ اندرونی دائرہ گھٹا ج اور شاخ غیر صفر دائرہ 2 ہدایات پر مشتمل ہے۔ اندرونی دائرہ $991 \mu s$ کا وقفہ پیدا کرتا ہے، جس کی تفصیل ذیل ہے۔

	$71 \times 4 \times 1 \mu s = 284 \mu s$	گھٹا
(شاخ لیا گیا)	$70 \times 10 \times 1 \mu s = 700 \mu s$	شاخ غیر صفر
(شاخ نہیں لیا گیا)	$1 \times 7 \times 1 \mu s = 7 \mu s$	شاخ غیر صفر

جب گنتکار ج صفر کو پہنچتا ہے، برنامہ شاخ غیر صفر دائرہ 2 سے نیچے گرتا ہے؛ گنتکار ب گھٹتا ہے اور شاخ غیر صفر دائرہ 1 ہدایت، برنامے کو واپس متصل ج، 47H بھیجتی ہے۔ ہم دائرہ 2 میں دوسری مرتبہ داخل

ہوتے ہیں۔ چونکہ دائرہ 1 کے اندر دائرہ 2 پایا جاتا ہے لہذا دائرہ 2 کی تعمیل 10 مرتبہ ہوگی اور یوں کل وقفہ تقریباً 10 ms پیدا ہوگا۔

پورے ذیلی معمولہ کے حساب کی تفصیل درج ذیل ہے، جو $10 \times 134 \mu s$ (تقریباً 10 ms) وقفہ دیتا ہے۔

$1 \times 7 \times 1 \mu s = 7 \mu s$	متصل ب، 0AH
$1 \times 7 \times 1 \mu s = 7 \mu s$	متصل ج، 47H
$10 \times 991 \mu s = 9910 \mu s$	دائرہ 2
$10 \times 4 \times 1 \mu s = 40 \mu s$	گھٹا ب
$9 \times 10 \times 1 \mu s = 90 \mu s$	شاخ غیر صنصر دائرہ 1 (شاخ لیگ)
$1 \times 7 \times 1 \mu s = 7 \mu s$	شاخ غیر صنصر دائرہ 1 (شاخ نہیں لیگ)
$1 \times 10 \times 1 \mu s = 10 \mu s$	لوٹ

اس ذیلی معمولہ کی لمبائی (13 بائٹ) درج ذیل ہے۔

$$2 + 2 + 1 + 3 + 1 + 3 + 1 = 13$$

اس ذیلی معمولہ کا ترجمہ مشینی زبان میں کر کے F020H تا F02CH پتے پر رکھتے ہیں۔ ایسا کرنے کے بعد، طلبی F020H ہدایت ہمیں تقریباً 10 ms کا وقفہ دیگی۔

پہلی ہدایت کو تبدیل کر کے درج ذیل بنانے سے گنتکار ب میں عشری 100 ڈالا جائے گا۔

$$\text{متصل ب، 64H}$$

اندرونی دائرے کی تعمیل 100 مرتبہ ہوگی، اور کل وقفہ تقریباً 100 ms ہوگا۔ اس ذیلی معمولہ کو، جو 100 ms وقفہ دیتا ہے، پتہ F030H تا F03CH پر رکھتے ہیں۔ □

مثال ۱۳.۱۸: درج ذیل ذیلی معمولہ محیط دائروں^{۳۹} پر مشتمل ہے جو ایک دوسرے کے اندر رکھے گئے ہیں۔ یہ کتنا وقفہ پیدا کرتا ہے؟

حل:

جدول ۱۳.۴: کمپیوٹر باکے ذیلی معمولے

سرخی	اہدائی پتہ	وقفہ	مستعمل دستا
دق 1 م	F010H	1 ms	ج
دق 10 م	F020H	10 ms	ج، ب
دق 100 م	F030H	100 ms	ج، ب
دق 1 س	F040H	1 s	الف، ب، ج
دق 10 س	F060H	10 s	الف، ب، ج

سرخی	ہدایت	تبصرہ
دائرہ 1	متصل الف، 0AH	؛ گنتکار الف میں عشری 10 ڈالیں
دائرہ 2:	متصل ب، 64H	؛ گنتکار ب عشری 100 ہے
دائرہ 3:	متصل ج، 47H	؛ گنتکار ج عشری 71 رکھیں
	گھٹا ج	؛ ج گھٹائیں
	شاخ غیر صفر دائرہ 3	؛ ج صفر ہونے پر نظر رکھیں
	گھٹا ب	؛ ب گھٹائیں
	شاخ غیر صفر دائرہ 2	؛ ب صفر ہونے پر نظر رکھیں
	گھٹا الف	؛ گنتکار الف گھٹائیں
	شاخ غیر صفر دائرہ 1	؛ الف کو صفر کے لئے پرکھیں
	لوٹ	

حل: دائرہ 3 سے گزر تقریباً 1 ms میں ہو گی۔ دائرہ 3 سے دائرہ 2 سو مرتبہ گزرتا ہے جو تقریباً 100 ms میں ہو گا۔ دائرہ 2 سے دائرہ 1 پورے دس مرتبہ گزرتا ہے، جو تقریباً ایک سیکنڈ (1 s) لیگا۔ یوں ذیلی معمولہ کل ایک سیکنڈ وقفہ پیدا کرتا ہے۔

کیا آپ دیکھ سکتے ہیں، ہم کہاں جاسے ہیں؟ ہم نے ایک سیکنڈ کا ذیلی معمولہ حاصل کر لیا ہے۔ اس کو F040H تا F052H پتے پر رکھتے ہیں۔ ایک سیکنڈ وقفہ پیدا کرنے کے لئے ہم طلبی F040H ہدایت استعمال کریں گے۔

اول ہدایت کو تبدیل کر کے درج ذیل بنانے سے دائرہ 2 سے دائرہ 1 سو مرتبہ گزرتا ہے، جو خود دائرہ 0 سے سو مرتبہ گزرتا ہے۔ حاصل ذیلی معمولہ دس سیکنڈ کا وقفہ دیگا۔

متصل الف، 64H

اس کو F060H تا F072H پتے پر رکھتے ہیں۔ اس ذیلی معمولہ کو طلب کرنے سے 10 سیکنڈ کا وقفہ حاصل ہو گا۔

جدول ۱۳.۴ میں کمپیوٹر باکے وقتی دورانیے پیش ہیں۔ انہیں استعمال کر کے 1 ms تا 10 s وقفے حاصل ہوں گے۔

□

مثال ۱۹: چوراہے پر نسب آمد و رفتی ہفتی ۶۰ سیکنڈوں کی حرکت متاثر کرتی ہے۔ یہ ہفتی 50 s کے لئے سبز، 6 s کے لئے پیلی، اور 30 s کے لئے لال رہتی ہے۔ روزانہ 4 کے ہٹ 1، 2، اور 3 بالترتیب سبز، پیلی، اور لال بلب روشن کرنے والے ادوار کو جباتی ہیں۔ اس ہفتی کو چلانے کے لئے برنامہ لکھیں۔

حل:

سرخی	ہدایت	تبصرہ
دوبارہ:	متصل الف، 32H	؛ سبز ہفتی کو چپاس سیکنڈ کا وقفہ درکار ہے
	ذخیرہ حفاظت	؛ گنتکار الف کی موجودہ گنتی حفاظت سے رکھیں
	متصل الف، 02H	؛ ہٹ 1 بلند کر کے سبز ہفتی منتخب کریں
	برآمد 04H	؛ سبز ہفتی روشن کریں
دائرہ مس:	طلبی وق 1 س	؛ ایک سیکنڈ ذیلی معمولہ طلب
	نقل حفاظت	؛ گنتکار الف کی موجودہ گنتی اٹھائیں
	گھٹا الف	؛ گنتکار الف گھٹائیں
	ذخیرہ حفاظت	؛ نئی گنتی کی حفاظت کریں
	شاخ غیر صفر دائرہ مس	؛ سبز ہفتی روشن رکھیں
	متصل الف، 06H	؛ پیلی ہفتی کو چھ سیکنڈ چاہیے
	ذخیرہ حفاظت	
	متصل الف، 04H	؛ ہٹ 2 بلند کر کے پیلی ہفتی کی نشاندہی کریں
	برآمد 04H	؛ پیلی ہفتی روشن کریں
دائرہ پ:	طلبی وق 1 س	
	نقل حفاظت	
	گھٹا A	
	ذخیرہ حفاظت	
	شاخ غیر صفر دائرہ پ	
	متصل الف، 1EH	؛ لال ہفتی 30 سیکنڈ روشن رہے گی
	ذخیرہ حفاظت	
	متصل الف، 08H	؛ لال ہفتی کا انتخاب کریں
	برآمد 04H	؛ لال ہفتی روشن کریں
دائرہ مل:	طلبی وق 1 س	
	نقل حفاظت	
	گھٹا الف	
	ذخیرہ حفاظت	
	شاخ غیر صفر دائرہ مل	
	شاخ دوبارہ	
حفاظت:	مواد	

آئیں ذیلی معمولہ کے سبز بتی حصہ کو تفصیل سے دیکھیں؛ پیلی بتی اور لال بتی کے حصے بھی اسی طرح ہیں۔ آغاز متصل الف، 32H ہدایت سے ہوتا ہے جو عشری 50 گنتکار الف میں ڈالتی ہے۔ دفتر الف دیگر کاموں کے لئے بھی مستعمل ہے لہذا اس میں موجود مواد کو ذخیرہ حفاظت حافظہ میں ”حفاظت“ پتے پر رکھتی ہے۔ ذیلی معمولہ کا آخری مقام ”حفاظت“ کے لئے مختص ہے، جس کی نشاندہی ذیلی معمولہ میں آخری سرخی کرتی ہے۔ متصل الف، 02H دفتر الف کا بائٹ 1 بلند کرتی ہے، جو وزن 4 میں سبز بتی کے لئے مختص ہے؛ برآمد 04H وزن 4 کے بٹ 1 کو بلند کرتی ہے، جو بیرونی دور کو سبز بتی روشن کرنے کا حکم ہے۔

جدول ۱۳.۴ میں ایک سیکنڈ وقفہ کے ذیلی معمولہ کا ابتدائی پتہ F040H دیا گیا ہے۔ یوں ایک سیکنڈ وقفہ پیدا کرنے کے لئے ہم طلبی F040H لکھ سکتے ہیں، تاہم سرخی استعمال کرتے ہوئے اسی ذیلی معمولہ کو طلبی وق 1 اس لکھ کر طلب کیا جاسکتا ہے۔ ذیلی معمولہ کے ابتدائی مقام کو با معنی سرخی سے منسوب کر کے پتہ کی بجائے استعمال کرنا آسانی پیدا کرتا ہے۔

یوں ہدایت طلبی وق 1 اس ایک سیکنڈ وقفہ کے ذیلی معمولہ کو طلب کرتی ہے۔ نفصل حفاظت گنتکار میں موجودہ گنتی ڈالتی ہے جو اس وقت عشری 50 ہوگی۔ گٹا الف اس گنتی کو گھٹا کر عشری 49 کرتی ہے۔ ذخیرہ حفاظت نئی گنتی (عشری 49) کا تحفظ کرتی ہے۔ اس کے بعد شاخ غیر صفر دائرہ بس (دائرہ سبز چھوٹا کر کے ”دائرہ بس“ لکھا گیا ہے، تاکہ سرخی پر عائد زیادہ سے زیادہ چھ علامتوں کی شرط مطمئن ہو) مزید ایک سیکنڈ کا وقفہ پیدا کرنے کے لئے واپس طلبی وق 1 اس کو شاخ کرتی ہے۔

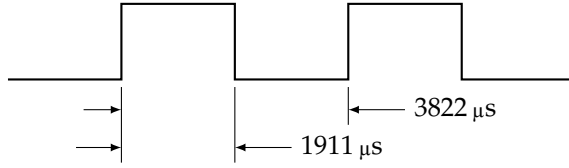
ہدایت طلبی وق 1 اس پورا 50 مرتبہ طلب کیا گیا ہے؛ یوں سبز بتی 50 سیکنڈ روشن رہتی ہے۔ اس کے بعد برنامہ شاخ غیر صفر دائرہ بس سے نیچے گر کر متصل الف، 06H پہنچتا ہے۔ یہاں سے پیلی بتی متاثر کرنے حصہ شروع ہوتا ہے۔ گنتکار الف میں عشری 6 ڈال کر ایک سیکنڈ وقفہ کا ذیلی معمولہ چھ مرتبہ طلب کیا جاتا ہے؛ یوں پیلی بتی 6 سیکنڈ روشن رہے گی۔

پیلی بتی کے بعد لال بتی کی باری آتی ہے۔ لال بتی سے فارغ ہونے کے بعد شاخ دوبارہ ہدایت برنامے کو نئے سرے چلاتی ہے۔ یوں بتیاں مسلسل باری باری روشن ہوں گی۔ □

مثال ۱۳.۲۰: مختلف صوتی تعدد پیدا کرنے کے لئے چند عوامل کار بروئے کار لایا جاسکتا ہے۔ وزن 4 کا بٹ 5 افزائش کار^۱ (ایمپلی فائر) کے ساتھ جوڑا گیا ہے۔ افزائش کار تا صفر برقی اشارہ مستحکم بناتا ہے بلکہ اس کا محیط بڑھانے کی صلاحیت بھی رکھتا ہے۔ یہ بلند گو^۲ کو چلاتا ہے، تاکہ ہم پیدا آواز سن سکیں۔ ایک برنامہ لکھیں جو 261.63 Hz تعدد کی آواز پیدا کرتا ہو۔

حل: درکار تعدد کا دوری عرصہ معلوم کرتے ہیں۔

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{261.63 \text{ Hz}} = 3822 \mu\text{s}$$



شکل ۱۳.۹: آواز کی چوکور موج۔

ہم شکل ۱۳.۹ میں دکھائے گئے چوکور موج کی طرح اشارہ روزن 4 کے پٹ 5 پر بھیجیں گے۔ چوکور اشارہ 1911 μs کے لئے بلند، اور 1911 μs کے لئے پست ہوگا۔ بلند اور پست حصے ملا کر 3822 μs دیتے ہیں، جو 261.63 Hz تعدد دیگا۔ پیدا کردہ آواز سننا ہونے کی بجائے چوکور ہے، لہذا یہ سریلی نہیں ہوگی۔

درکار نامہ درج ذیل ہے۔ یاد رہے، روزن 4 کے دیگر پٹ کہیں نہیں جوڑے گئے، لہذا ان پر مواد بھیجنا یا نہ بھیجنا ایک برابر ہے۔

سرخی	ہدایت	تبصرہ
دائرہ 1:	برآمد 04H	افزائش کار کو اشارہ بھیجیں
	متصل ج. 86H	گنتکار میں عشری 134 ڈالیں
دائرہ 2:	گھٹا ج	گنتی گھٹائیں
	متعم	پٹ 5 متمم کریں
	فنارغ	بالکل درست دورانہ پیدا کرنے کے لئے
	فنارغ	بالکل درست دورانہ پیدا کرنے کے لئے
	شناخ دائرہ 1	موج کا دوسرا حصہ پیدا کریں

ہدایت برآمد 04H روزن 4 (یعنی بلند گو) کو دفتر الف کا مواد بھیجتا ہے۔ ہم نہیں جانتے پٹ 5 میں کیا ہوگا، تاہم ہمیں اس سے عنرض نہیں۔ یہ پٹ ضرور بلند یا پست ہوگا۔ متصل گنتکار میں عشری 134 ڈالتی ہے۔ اس کے بعد دائرہ 2 شروع ہوگا، اور گھٹا اور شناخ غیر صفر سے گزر کر متمم کو پہنچ کر 1866 μs وقفہ حاصل ہوگا۔ یہ ہدایت دفتر الف کے تمام پٹ متمم کرتی ہے لہذا پٹ 5 بلند سے پست اور پست سے بلند ہوگا۔ دو عدد فنارغ مل کر مزید 8 μs دیتے ہیں۔ شناخ دائرہ 1 برنامے کو واپس بھیجتی ہے۔ برآمد 04H کی تعمیل بلند گو کو متمم پٹ 5 بھیجتی ہے۔ یوں اگر اس سے قبل بلند گو کو بلند اشارہ دیا گیا تھا تو اب اس کو پست اشارہ ملے گا، اور اگر اس کو پست اشارہ دیا گیا تھا تو اب اس کو بلند اشارہ ملے گا۔ موج کے دونوں نصف حصے ملا کر 3824 μs ہوگا، جو درکار دوری عرصہ کے کافی قریب ہے۔

وقفوں کا حساب درج ذیل ہے۔

$1 \times 10 \times 1 \mu s = 10 \mu s$	برآمد 04H
$1 \times 7 \times 1 \mu s = 7 \mu s$	متصل ج 86H
$134 \times 4 \times 1 \mu s = 536 \mu s$	گھٹا ج
$133 \times 10 \times 1 \mu s = 1330 \mu s$	شان غیر صفر دائرہ 2
$1 \times 7 \times 1 \mu s = 7 \mu s$	شان غیر صفر دائرہ 2
$1 \times 4 \times 1 \mu s = 4 \mu s$	متمم
$1 \times 4 \times 1 \mu s = 4 \mu s$	فشارغ
$1 \times 4 \times 1 \mu s = 4 \mu s$	فشارغ
$1 \times 10 \times 1 \mu s = 10 \mu s$	شان دائرہ 1

□ درج بالا وقفے مل کر $1912 \mu s$ دیتے ہیں، جو نصف موج کے برابر ہے۔

مثال ۱۳.۲۱: مواد کی سلسلہ وار ترسیل میں بٹوں کا بہاؤ ایک دوسرے کے بعد ہوتا ہے لہذا سلسلہ وار مواد کو بعض اوقات سلسلہ وار مواد کے دھار^{۴۴} کہتے ہیں۔ شکل ۱۳.۲ (صفحہ ۳۲۴) میں سلسلہ وار مواد کی دھار سے، روزن 2 کے بٹ 7 پر، مواد کی آمد تقریباً 600 بٹ فی سیکنڈ سے ہوتی ہے۔ ایک برنامه لکھیں جو سلسلہ وار مواد کی دھار سے آٹھ بٹ حاصل کر کے انہیں حافظہ کے مقام $2100H$ میں متوازی ذخیرہ کرے۔

حل: فی سیکنڈ 600 بٹ پہنچتے ہیں، لہذا ایک بٹ کا دوری عرصہ درج ذیل ہوگا۔

$$\frac{1}{600} = 1667 \mu s$$

ہم روزن 2 سے بٹ حاصل کر کے، دفتر الف کو دائیں گھا کر، روزن سے دوسرا بٹ لیں گے؛ اسی طرح تمام آٹھ بٹ حاصل کیے جائیں گے۔ درج ذیل برنامه یہ کام سرانجام دے سکتا ہے۔

سرخی	ہدایت	تبصرہ
متصل ب، 00H	دفترب صاف کریں	
متصل ج، 07H	گنتکار میں عشری 7 رکھیں	
درآمد 02H	مواد درآمد کریں	
بٹ:	بٹ 7 علیحدہ کریں	
ضرب منطقی متصل 80H	اس بٹ کو پہلے وصول بٹ کے شامل کریں	
جمع منطقی ب	تمام بٹ دائیں گھمائیں	
گھوم دائیں	دفترب میں حاصل بٹ محفوظ کریں	
لا د ب، الف	1600 μ S کا وقفہ پیدا کریں	
متصل الف، 73H		
گھٹا الف		
وقف:	شاخ غیر صفر وقفہ	
	گھٹا ج	
	شاخ غیر صفر بٹ	
	درآمد 02H	
	ضرب منطقی متصل 80H؛ بٹ 7 علیحدہ کریں	
	جمع منطقی ب	
	ذخیرہ 2100H	
	حاصل بائٹ ذخیرہ کریں	

پہلی ہدایت دفترب صاف کرتی ہے، جس میں حاصل بٹ محفوظ کرائے جائیں گے۔ دوسری ہدایت گنتکار ج میں عشری سات ڈالتی ہے، جو بٹوں کی تعداد گنتا ہے۔ سات بٹ دائرے میں رہ کر حاصل کیے جائیں گے جبکہ آٹھواں دائرے سے باہر حاصل کیا جائے گا۔ درآمد 02H ہدایت روزن 2 سے ایک بائٹ درآمد کرتی ہے، جس سے نقاب 80H ساتواں بٹ (جو درکار سلسلہ وار بٹ ہے) ضرب منطقی متصل کی تعمیل کے ذریعہ علیحدہ کرتا ہے۔ پہلی مرتبہ جمع منطقی ب کچھ نہیں کرتی، چونکہ دفترب میں صرف 0 بھرے ہیں۔ گھوم دائیں دفترب الف کے بٹ دائیں گھماتی ہے۔ پہلے سات بٹ مواد اکٹھا کرنے کے دوران دفترب الف کا کمترین بٹ 0 رہے گا، جو گھوم دائیں کے دوران بلند تر تہی مقام پر منتقل ہوگا؛ یوں پہلے سات بٹ حاصل کرتے ہوئے گھوم دائیں کے بعد دفترب الف کا بلند تر تہی بٹ 0 ہوگا۔ حاصل بٹوں کو لا د ب، الف محفوظ کرتی ہے۔

ہدایت متصل الف، 73H گنتکار میں عشری 115 بھرتی ہے۔ اس کے بعد گھٹا الف اور شاخ غیر صفر وقفہ کا دائرہ آتا ہے جو تقریباً 1600 μ S کا وقفہ پیدا کرتا ہے۔

ہدایت گھٹا ج دفترب گھماتی ہے اور شاخ غیر صفر بٹ صفر پر نظر رکھ کر سات بٹ گنتی ہے۔ برنامہ واپس درآمد 02H کو لوٹ کر اگلا بٹ حاصل کرتا ہے۔ ضرب منطقی متصل بٹ 7 علیحدہ کر کے سلسلہ وار مواد کی دھار سے اگلا بٹ حاصل کرتی ہے، جس کو دفترب کے مواد کے ساتھ منطقی جمع کیا جاتا ہے؛ یوں گزشتہ بٹوں کے بائیں جانب، نیا بٹ چسپاں کیا جاتا ہے۔ گھوم دائیں کے بعد، اب تک حاصل دو بٹوں کو دفترب میں محفوظ کیا جاتا ہے۔ اس کے بعد دوبارہ تقریباً 1600 μ S کا وقفہ لیا جاتا ہے۔

برنامہ مسلسل اسی طرح چلتے ہوئے 7 بٹ حاصل کرتا ہے۔ ساتواں بٹ کے بعد برنامہ شاخ غیر صفر بٹ سے پیچ کر جاتا ہے۔

آخری چار ہدایات درج ذیل کرتی ہیں۔ درآمد 02H آٹھواں مرتبہ روزن سے مواد درآمد کرتی ہے۔ ضرب منطقی متصل ہٹ 7 علیحدہ کرتی ہے۔ جمع منطقی ب اس ہٹ کو گزشتہ ہٹوں کے بائیں چسپاں کرتی ہے۔ یہاں پہنچ کر دفتر الف میں پورا بائٹ موجود ہوگا۔ ذخیرہ 2100H اس بائٹ کو حافظہ میں مقام 2100H پر ذخیرہ کرتی ہے۔

اس پورے عمل کی وضاحت ایک ٹھوس مثال سے کرتے ہیں۔ فرض کریں درآمد مواد 57H ہے، جو W کا ایسی رمز ہے۔ کسٹمر تہی ہٹ سب سے پہلے، اور بلند تر تہی ہٹ سب سے آخر میں حاصل ہوگا۔ جمع منطقی ب کی باری باری تعمیل کے بعد دفتر الف میں موجود مواد درج ذیل ہوگا۔

(دائری سے پہلی گزر)	الف = 1000 0000
(دوسری گزر)	الف = 1100 0000
(تیسری گزر)	الف = 1110 0000
(چوتھی گزر)	الف = 0111 0000
(پانچویں گزر)	الف = 1011 1000
(چھٹی گزر)	الف = 0101 1100
(ساتویں گزر)	الف = 1010 1110
(اختتامی مواد)	الف = 0101 0111

□

سوالات

سوال ۱۳.۱: ایک ماخذ برنامہ لکھیں جو دفتر الف میں عشری 100، دفتر ب میں عشری 150، اور دفتر ج میں عشری 200 ڈالے۔

جواب:

ہدایت
متصل الف، 64H
متصل ب، 96H
متصل ج، C8H
رک

سوال ۱۳.۲: درج بالا ماخذ برنامے کا دستی ترجمہ مشینی زبان میں کریں۔ ابتدائی پتہ 2000H رکھیں۔

سوال ۱۳.۳: ایک ماخذ برنامہ لکھیں جو حافظہ میں مقام 4000H پر عشری 50، مقام 4001H پر عشری 51، اور مقام 4002H پر عشری 52 ذخیرہ کرے۔

جواب:

ہدایت

متصل الف، 32H

ذخیرہ 4000H

متصل الف، 33H

ذخیرہ 4001H

متصل الف، 34H

ذخیرہ 4002H

رک

سوال ۱۳.۴: درج بالا ماخذ برنامے کا دستی ترجمہ مشینی زبان میں کریں۔

سوال ۱۳.۵: ایسا ماخذ برنامہ لکھیں جو عشری 68 اور عشری 34 جمع کر کے نتیجہ حافظہ میں معتم 5000H پر رکھے۔

جواب:

ہدایت

متصل الف، 44H

متصل ب، 22H

جمع ب

ذخیرہ 5000H

رک

سوال ۱۳.۶: درج بالا ماخذ برنامے کا دستی ترجمہ مشینی زبان میں کریں۔ ابتدائی پتہ 2000H رکھیں۔

سوال ۱۳.۷: درج ذیل برنامے پر غور کریں۔

سرخی

متصل ج، 78H

گھٹا ج

شاخ غیر صفر دائرہ

رک

۱. ہدایت گھٹا ج کی تعمیل کتنی مرتبہ کی جاتی ہے؟ عشری جواب پیش کریں۔

ب. برنامہ کتنے مرتبہ دائرہ پرواپس لوٹتا ہے؟

ج. دائرہ 210 مرتبہ لینے کے لئے برنامے میں کی تبدیلی کرنی ہوگی؟

جواب: (ا) 120، (ب) 119، (ج) پہلی ہدایت کی جگہ متصل ج، D2H استعمال کریں۔

سوال ۱۳.۸: درج ذیل میں کون کون سے سرخیاں درست ہیں؟

۱. غ 100

ب. باخبر

ج. 5 مرتب

د. دوسری جگہ

ه. م

و. دوبارہ

سوال ۱۳.۹: پتہ F006H پر واقع ضرب کار ذیلی معمولہ بروئے کار لاتے ہوئے عشری 25 اور 7 ضرب کر کے جواب 2000H پر رکھنے کا برنامہ لکھیں۔

جواب:

ہدایت

متصل الف، 00H

متصل ب، 19H

متصل ج، 07H

طبی F006H

ذخیرہ 2000H

رک

سوال ۱۳.۱۰: ایک برنامہ لکھیں جو روزن 1 سے بائٹ لے کر دیکھے آیا بائٹ طاق یا جفت ہے۔ طاق صورت میں روزن 3 پر O کا ایسی رمز اور جفت صورت میں E کا ایسی رمز بھیجے۔

سوال ۱۳.۱۱: درج بالا برنامے کو یوں تبدیل کریں کہ جواب سلسلہ وار روزن 4 کے ہٹ 0 پر برآمد کیا جائے۔ (فی سیکنڈ بھیجے گئے ہٹوں کی تعداد جو بھی ہو، متاثر نہیں ہوگا۔)

جواب:

سرخی

ہدایت

درآمد 01H

ضرب منطقی متصل 01H

شاخ غیر صفر طاق

متصل الف، 45H

متصل الف، 4FH

متصل ج، 08H

برآمد 04H

گھوم دائیں

گھٹا ج

شاخ غیر صفر دوبارہ

رک

سوال ۱۳.۱۲: ایک برنامہ لکھیں جو مصنفہ استعمال کرتے ہوئے روزانہ 1 سے ایک بائٹ درآمد کر کے اس کو 4000H پر ذخیرہ کرے۔

سوال ۱۳.۱۳: درج بالا ماخذ برنامے کا دستی ترجمہ کر کے 2000H ابتدائی پتے پر رکھیں۔

جواب:

پتہ	مواد
2000H	DBH
2001H	02H
2002H	E6H
2003H	01H
2004H	CAH
2005H	00H
2006H	20H
2007H	DBH
2008H	01H
2009H	32H
200AH	00H
200BH	40H
200CH	76H

سوال ۱۳.۱۴: ایک ذیلی معمولہ لکھیں جو تقریباً 500 μ s کا وقفہ دے۔

سوال ۱۳.۱۵: درج بالا ذیلی معمولہ کا دستی ترجمہ کر کے 2000H ابتدائی پتے پر رکھیں۔

جواب:

پتہ	مواد
2000H	0EH
2001H	23H
2002H	0DH
2003H	C2H
2004H	02H
2005H	20H
2006H	C9H

سوال ۱۳.۱۶: کمپیوٹر یا کا ایک ذیلی معمولہ طلب کر کے تقریباً 35 ms وقفہ پیدا کرنے والا ذیلی معمولہ لکھیں۔ اس کا دستی ترجمہ کر کے ابتدائی پتہ E000H پر رکھیں۔

سوال ۱۳.۱۷: کمپیوٹر یا کا ایک ذیلی معمولہ بروئے کار لاتے ہوئے تقریباً 50 ms وقفہ پیدا کرنے والا ذیلی معمولہ لکھیں۔ اس کا دستی ترجمہ کر کے پتہ E100H پر رکھیں۔

جواب:

سرخ
ہدایت
متصل الف، 05H
طیلی ۲020H
گھٹا الف
شاخ غیر صفر دائرہ
لوٹ

مواد	پتہ
3EH	E100H
05H	E101H
CDH	E102H
20H	E103H
F0H	E104H
3DH	E105H
C2H	E106H
02H	E107H
E1H	E108H
C9H	E109H

سوال ۱۸.۱۳: ہدایت طیلی F060H استعمال کر کے ایک منٹ وقفہ پیدا کرنے والا ذیلی معمولہ لکھیں۔

سوال ۱۹.۱۳: درج بالا معمولہ کا دستی ترجمہ کر کے پتہ F080H پر رکھیں۔

جواب:

پت	مواد
F080H	3EH
F081H	06H
F082H	32H
F083H	93H
F084H	F0H
F085H	CDH
F086H	60H
F087H	F0H
F088H	3AH
F089H	93H
F08AH	F0H
F08BH	3DH
F08CH	32H
F08DH	93H
F08EH	F0H
F08FH	C2H
F090H	85H
F091H	F0H
F091H	C9H

سوال ۱۳.۲۰: روزن 4 کے ہٹ 4 پر 523.25 Hz کی آواز پیدا کرنے کے لئے برنامه لکھیں۔

سوال ۱۳.۲۱: درج بالا کا دستی ترجمہ کر کے پتہ 2000H پر رکھیں۔

جواب:

پت	مواد
2000H	D3H
2001H	04H
2002H	0EH
2003H	42H
2004H	0DH
2005H	C2H
2006H	04H
2007H	20H
2008H	2FH
2009H	00H
200AH	C3H
200BH	00H
200CH	20H

جوابات

فهرست

branch,333
buffer
 activehighnoninverting,46
 activehigh,inverting,46
 activelownoninverting,46
 activelow,inverting,46
bus
 control,275
byte,,10205

CAD,241
capacitor,308
carry,100
 in,102
 out,103
clear
 input,139
clock,,139146
code,72
 uni,73
codes
 ascii,73
combinationallogic,97
commands,225
comments,339
configure,230
controlROM,314
controlunit,271
counter,133
 binary,189
 binary,ripple,191
 binary,threebit,158

accesstime,205
ACKNOWLEDGE,326
active,138
 high,,113138
 low,,114138
activelow,211
adder
 full,102
 half,,98102
address,110
 ROM,314
addressbits,110
addressfield,284
addressing
 direct,353
 immediate,353
 implied,354
 register,354
adjacentnumbers,258
ALU,,277325
amplifier,359
AND-OR,,6278
ASIC,240
assembler,332
assemblylanguage,226
asynchronous
 combinationalcircuit,247

bidirectional,323
binarycodeddecimal(BCD),,73107
bit,,10205
boxdiagram,97

zero,326
 flipflop,133
 D,negativeedge,149
 D,positiveedge,149
 JK,154
 masterslave,146
 T,154
 floating,321
 flowtable
 nonprimitive,252
 primitive,251
 FPGA,240
 frequency,139
 full-waverectifier,308
 fullstop,280
 fundamentalmode,245
 fuse,215

glitch,245

handshaking,,326349
 hardware,342
 Hertz,140
 hexadecimal,7
 hightime,139

IC

 programmer,218
 IC,integratedcircuit,211
 inactive,139
 inputoutputunit,271
 instruction,226
 instructionfield,284
 instructionregister,275
 interfacecircuit,276

jump

 conditional,335
 unconditional,335

keyboard,323

labels,339

binary,serial,159
 decimal,BCD,194
 fourbitbinary,down,189
 fourbitbinary,up,189
 ring,201
 ripple,191
 synchronous,binary,fourbit,194
 synchronous,threebit,191
 synchronous,threebitbinary,194
 variablelength,198

CPLD,235

CPLD,complexPLD,240

CS,chipselect,211

cycle,256

 execution,291
 fetch,289
 instruction,298
 machine,297

datasheet,49

debounce,307

decoder,,110111

delay,243

demultiplexer,120

don'tcare,260

edge

 falling,134
 negativegoing,134
 positivegoing,134
 rising,,134268

fallthrough,335

feedback,136

 signal,136

feedbacksignal,,245247

feedbacksignals,247

FF

 D,149

 T,157

flag,326

 sign,326

- MSB,5
- multiplexer,120
- NAND-NAND,,6978
- nestedloops,356
- nibble,10
- nop,291
- onehotbitassignment,259
- opcode,281
- opcode,327
- operand,,282327
- operation
 - memoryread,275
- OR-AND,65
- oscillate,257
- oscillator,256
- OTP,206
- output,186
- PAL,programmablearraylogic,235
- parameter,344
- PLA,programmablelogicarray,235
- PLD,programmablelogicdevice,235
- pointer,273
- port
 - output,276
- presetable,314
- printer,276
- program,273
 - source,332
- programcounter,273
- programmer,236
- propagationdelay,134
- propagationtime,190
- pulse,140
- pulsegenerator,202
- pushbutton,283
- race
 - critical,254
 - non-critical,254
- language
 - assembly,277
 - machine,283
- LED,276
- logicsystem
 - negative,133
 - positive,133
- loop,338
- loudspeaker,359
- lowtime,139
- lowestsignificantdigit,2
- LSB,5
- LSI,largescaleintegration,240
- machinecycle
 - fixed,317
 - variable,317
- machinelanguage,283
- macroinstructions,300
- mask,349
- masterslave
 - negativeedge-triggered,146
- matrix
 - control,310
- Mealy,168
- memory,,133205
 - accesstime,227
 - binarycell,207
 - RAM,205
 - ROM,206
 - unit,207
- memorydataregister,325
- memoryreferenceinstructions,280
- microinstruction,299
- microprocessor,,225280
- microprogram,299
- minoritycircuit,129
- monitor,325
- Moore,168
- Moore'slaw,240
- mostsignificantdigit,2

- complete, 266
- counter, 310
- diagram, 162
- equation, 160
- false, 138
- high, 138
- high impedance, 45209
- increment, 289
- low, 138
- table, 160161
- transition, 245
- tri, 46271
- true, 138
- two, 45271
- state variables, 248
- subroutine, 335
- subset, 344
- switch, 218
- synchronous, 139
 - sequential circuits, 160
- table
 - flow, 251
- time
 - fall, 134
 - hold, 151
 - setup, 151
- time period, 139194
- times
 - rise, 134
- timing states, 286
- traffic lights, 358
- transient state, 248
- transition table, 247
- trigger, 146
- unstable circuit, 256
- unstable condition, 245
- VLSI, 151
- VLSI, very large scale integration, 240
- race condition, 143253
- read, 205
- READY, 323
- register, 179
 - output, 276
 - parallel load, 182
 - shift left, 181
 - shift right, 181
- reset
 - input, 139
- ROM
 - EEROM, 206
 - UVerasable, 206
- sequence
 - detector, 169
- sequential logic, 97
- serial
 - in, 323
 - out, 326
- serial data stream, 361
- serial in, 186
- serial out, 186
- set
 - input, 139
 - instruction, 345
- seven segment display, 131
- shift register
 - universal, 183
- signal
 - electrical, 189
 - ready, 326
- software, 339
- spdt, 307
- spike, 314
- square wave, 360
- SRFF, 135
- SR flip flop
 - active low inputs, 140
- state, 138
 - address, 287

- آفت اعلاام
 كناره اترائی پر عمل كار، 146
 آمدورفت، 358
- ادكلمات، 225
 ارتعاش، 257
 اشاره
 برقی، 189
 تیار، 326
 اشارہ گر، 273
 انزائش كار، 359
 اقلیتی دور، 129
 انتقال دفتر
 عالمگیر، 183
 ایس آر
 پست فعال مداحل، 140
 ایک بلند پست تقرری، 259
- بازرسی، 136
 اشاره، 136
 بازرسی اشارات، 247
 بازرسی اشاره، 245، 247
 بانٹ، 10، 205
 بٹ، 10، 205
 برق گیر، 308
 برنامہ، 273
 ماخذ، 332
 مترجم، 332
 بلائیک، 307
 بلند تر تہی بٹ، 5
 بلند تر تہی شائی ہندسہ، 5
 بلند تر تہی ہندسہ، 2
 بلند فعال، 138
 بلند گو، 359
 بنیادی طریقہ کار، 245
 بہاؤ کا جدول
 اوٹی، 251
 غنیر اوٹی، 251
 بیدار، 211
 پتہ، 110

word,205

write,205

و قابل تشکیل ضرب و جمع، 235
 تشکر، 326
 تشکیل، 230
 تعدد، 139
 تیار، 323
 ٹائپ کار تختی، 323
 شنائی سر موز اعشاریہ، 107، 73
 شنائی ہندسہ، 10، 205
 جدول
 ہساو کا، 251
 حبز و پتہ، 284
 حبز و ہدایت، 284
 جمع کار
 شنائی سلسلہ وار، 159
 مکمل، 102
 نصف، 98، 102
 جمع و ضرب، 65
 جھنڈا، 326
 صنف، 326
 جھنڈا
 علامت، 326
 چوکور موج، 360
 حال، 138
 بڑھوتری، 289
 بلند، 138
 بلند رکاوٹی، 45، 209
 پتہ، 287
 پرست، 138
 دو، 45، 271
 سہ، 46، 271
 صادق، 138
 ف نارغ، 291
 کاذب، 138
 گنت کار، 310
 مساوات، 160
 مکمل، 266
 حاصل، 100

بلا واسطہ انداز، 353
 دفتری انداز، 354
 متصل انداز، 353
 مضرب انداز، 354
 پتہ بڑ، 110
 پتہ پخت حافظہ، 314
 پخت حافظہ
 ایک مرتبہ قابل لکھائی، 206
 برق مشتا، 206
 شعاع مشتا، 206
 پرنسٹر، 276
 پروگرامر، 236
 پڑھنا، 205
 پست فعال، 138
 پست فعال پن، 211
 پلٹ کار، 133
 آفت علام، 146
 ایس آر، 135
 ٹی، 154، 157
 جے کے، 154
 ڈی، 149
 ڈی، کنارہ اترائی لبلی، 149
 ڈی، کنارہ چپڑھائی لبلی، 149
 پھیلا، 256
 بازیابی، 289
 تعمیل، 291
 مشینی، 297
 ہدایتی، 298
 تاخیر، 243
 تبصرہ، 339
 ترتیب
 شناس، 169
 ترتیبی دور
 غیر معاصر، 247
 ترتیبی منطق، 97
 ترکیبی منطق، 97
 ترکیبی منطق ادوار
 و قابل تشکیل جمع، 235
 و قابل تشکیل ضرب، 235

- ۱۰۳، حصارچی
 ۱۰۲، داخل
 ۱۳۳، حافظہ
 ۲۰۷، اکائی
 ۲۰۶، پختہ
 ۲۰۵، دورانیہ رسائی
 ۲۲۷، عارضی
 ۲۰۵، عارضی
 ۲۴۵، ناپیدار
 ۱۴۳، ۲۵۳، حالت
 ۱۶۰، ۱۶۱، حال کا جدول
 ۱۶۲، حال کا خاکہ
 ۲۴۸، حال کے متغیرات
 ۲۷۷، حالی مرکز
 ۲۷۶، حصارچی دفتر
 ۲۷۶، حصارچی روزانہ
 ۲۸۰، ختمہ
 ۲۹۹، حصار دہ نامہ
 ۲۸۰، ۲۲۵، ۲۸۰، ۳۱۷، حصار دہ سال کار
 ۲۹۹، حصار دہ ایست
 ۱۸۶، حصار دہ
 ۲۸۳، دابہ نامہ
 ۲۷۱، دخول و حصار دہ مرکز
 ۳۳۲، دستی
 ۱۷۹، ترجمہ
 ۱۸۱، بانیں انتہا سال
 ۱۸۱، دائیں انتہا سال
 ۱۸۲، متوازی بھرائی
 ۳۲۵، دفتر مواد
 ۲۷۵، دفتر ہدایت
 ۲۵۴، دور
 ۲۵۴، بحرائی
 ۲۵۴، غیر بحرائی
 ۲۷۶، ملائی
 ۱۳۴، اترائی
 ۱۳۹، بلند
- ۱۳۹، پست
 ۱۵۱، تیاری
 ۱۵۱، ٹھیراؤ
 ۱۳۴، چڑھائی
 ۱۳۴، ۱۹۰، رد عمل
 ۲۰۵، دورانیہ رسائی
 ۱۳۹، ۱۹۴، دوری عرصہ
 ۳۲۳، دو طرفہ
 ۲۰۲، دھڑکن پیدا کار
 ۹۷، ڈبہ شکل
 ۳۳۵، ذیلی معمولہ
 ۲۸۰، راجع ہدایت
 ۳۲۷، رستم زیر عمل
 ۷۲، رمز
 ۷۳، ایسی
 ۷۳، عالی
 ۱۰، ریزہ
 زبان
 ۲۷۷، مادری
 ۲۸۳، مشینی
 ۲۸۲، زیر عمل
 ۱۳۱، سات کلی نشتی تختی
 ۷، سادس عشری
 ۱۳۹، ۱۴۶، سماعت
 ۱۴۰، دھڑکن
 ۳۴۲، سخت افزا
 ۳۳۹، سرخی
 سلسلہ
 ۳۴۴، ذیلی
 ۳۴۵، ہدایتی
 سلسلہ وار
 ۱۸۶، حصار
 ۱۸۶، داخل
 ۳۲۶، محاصرہ
 ۳۲۳، مد داخل
 ۳۶۱، سلسلہ وار مواد کی دھار
 ۳۱۴، سوزن

- سوچ، 218
ایک قطب دو حپال، 307
سیدھا گزرنہا، 335
- شان، 333
غیر مشروط، 335
مشروط، 335
شناخت کار، 110، 111
- ضرب متمم و ضرب متمم، 78
ضرب متمم و ضرب متمم منطقی دور
و تابل تشکیل، 240
ضرب و جمع، 78
ضرب و جمع، 62
- عارضی حافظہ
اکائی، 207
عبوری جدول، 247
عبوری حال، 245، 248
عمل پیرا
بلند، 113
پست، 114
- غیر ضروری، 260
غیر فعال، 139
غیر فعال کار
مداحل، 139
غیر مستحکم دور، 256
غیر وابستہ، 321
- فتیلہ، 215
فعال، 138
فعال کار
مداحل، 139
- و تابل پیش بھرائی، 314
و تابل تشکیل
پچیدہ ترتیبی دور، 240
و تابل تشکیل منطقی دور، 235
و تابل پخت حافظہ، 314
و تابل مرکز، 271
و تابل
- و تابل، 310
و تابل
مور، 240
- کلاں ہدایات، 300
کمپیوٹر کی مدد سے تیار، 241
کم تر تہی ہندسہ، 5
کم تر تہی ہندسہ، 2
کنارہ
اترائی، 134
چڑھائی، 134، 268
مثبت، 134
منفی، 134
- گزرگاہ
و تابل، 275
گنت کار، 133
بے ترتیب، 200
تین ہٹ، معاصر، 191
شنائی، 189
شنائی تین ہندسی، 158
شنائی سر موزاعشاری، 194
شنائی، معاصر، حپار ہٹ، 194
حپار ہٹ شنائی، الرٹ، 189
حپار ہٹ شنائی سیدھا، 189
چھلا، 201
لہریا، 191
لہریا، شنائی، 191
متغیر لہائی، 198
معاصر، تین ہٹ شنائی، 194
- لسبلی، 146
لرزش، 245
لفظ، 205
لکھن، 205
- مادری زبان، 226، 277
مانگر و پراسیر، 225، 317
مترجم، 332
متمم ضرب و متمم ضرب، 69

- و قتیہ حال، 286
- محباز
- بلند، 113
- پست، 114
- محیط دائرے، 356
- مخلوط دور، 211
- انتہائی وسیع پیسان، 240
- برنامہ نویس، 218
- خصوصی استعمال، 240
- وسیع پیسان، 240، 151
- مسر نقش، 256
- مسر کز حساب و منطق، 325
- مستقام کار
- بلند عمل پیرا غیر متمم، 46
- بلند عمل پیرا متمم، 46
- پست عمل پیرا غیر متمم، 46
- پست عمل پیرا متمم، 46
- مشینی پھیلا
- متغیر، 317
- مقررہ، 317
- مشینی زبان، 283
- مصافحہ، 349، 326
- معاصر
- ترتیبی ادوار، 160
- معلوماتی صفحات، 49
- مقدار معلوم، 344
- مکمل ابھر سمت کار، 308
- منتخب کار
- حسار جی، 120
- داخلی، 120
- منطقی نظام
- مبشت، 133
- منفی، 133
- مور نمونہ، 168
- موقع پر و تابل تشکیل گیٹ صنف، 240
- میلی نمونہ، 168
- نرم افشار، 339
- نقش، 349
- نگران، 325
- نوری ڈایوڈ، 276
- ہدایت، 226
- ہدایت پڑھ عمل، 275
- ہدایت گنت کار، 273
- ہدایتی رمنز، 327، 281
- ہرگز، 140
- ہشتی شانی عدد، 10
- ہشتی عدد، 205
- ہمایہ اعداد، 258
- ہم عصر، 139